

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

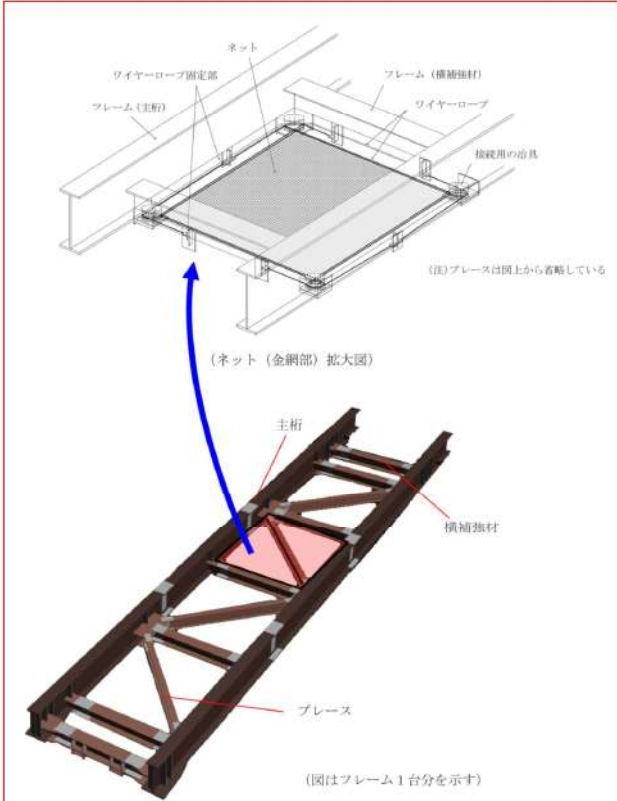
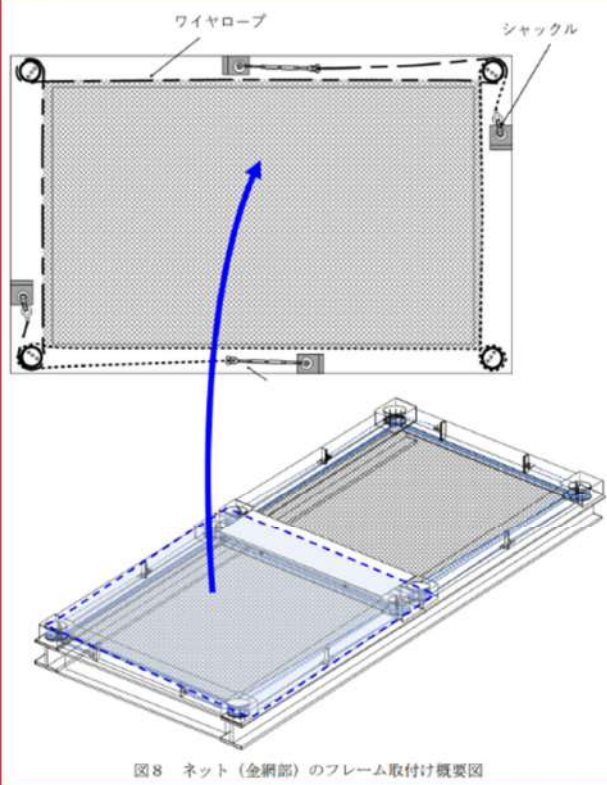
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																										
	<p>3.3.3 竜巻防護ネット各部位の設計方針</p> <p>各部位の役割を踏まえ、竜巻防護ネットの各部位に対する設計方針及び評価項目について表6に整理した。なお、先行プラントとの設計方針の比較について別紙1に整理する。</p> <table border="1" data-bbox="712 587 1326 1168"> <caption>表6 竜巻防護ネット各部位に対する設計方針</caption> <thead> <tr> <th>部位の名称</th> <th>設計方針</th> <th>評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">ネット（金網部）</td> <td rowspan="3">ネットは、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、非常用海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が非常用海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。</td> <td>吸収エネルギー評価</td> </tr> <tr> <td>破断評価</td> </tr> <tr> <td>たわみ評価</td> </tr> <tr> <td>防護板</td> <td>防護板は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。</td> <td>貫通評価</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">支持部材</td> <td>フレーム</td> <td rowspan="6">支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。</td> <td rowspan="6">支持機能評価</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> </tr> <tr> <td>ブラケット</td> </tr> <tr> <td>フレームゴム支承</td> </tr> <tr> <td>大梁ゴム支承</td> </tr> <tr> <td>可動支承</td> </tr> <tr> <td>ストッパー</td> </tr> </tbody> </table>	部位の名称	設計方針	評価項目	ネット（金網部）	ネットは、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、非常用海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が非常用海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。	吸収エネルギー評価	破断評価	たわみ評価	防護板	防護板は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	貫通評価	支持部材	フレーム	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	支持機能評価	大梁	ブラケット	フレームゴム支承	大梁ゴム支承	可動支承	ストッパー	<p>3.3.3 竜巻防護ネット各部位の設計方針</p> <p>各部位の役割を踏まえ、竜巻防護ネットの各部位に対する設計方針及び評価項目について表6に整理した。</p> <table border="1" data-bbox="1344 587 1957 1401"> <caption>表6 竜巻防護ネット各部位に対する設計方針</caption> <thead> <tr> <th>部位の名称</th> <th>設計方針</th> <th>評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">ネット（金網部）</td> <td rowspan="3">金網部は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、原子炉補機冷却海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。</td> <td>吸収エネルギー評価</td> </tr> <tr> <td>破断評価</td> </tr> <tr> <td>たわみ評価</td> </tr> <tr> <td>ネット（鋼製枠）</td> <td>鋼製枠は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット（金網部）及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、設計飛来物の貫通及び脱落を生じない設計とする。</td> <td>貫通評価 支持機能評価</td> </tr> <tr> <td>すり抜け防止用鋼材</td> <td>鋼材は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。</td> <td>貫通評価</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">支持部材</td> <td>架台</td> <td>架台は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、転倒及び脱落を生じない設計とする。</td> <td>貫通評価 支持機能評価</td> </tr> <tr> <td>ブラケット</td> <td>ブラケットは架台を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプに波及的影響を与えないために、脱落を生じない設計とする。</td> <td>支持機能評価</td> </tr> </tbody> </table>	部位の名称	設計方針	評価項目	ネット（金網部）	金網部は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、原子炉補機冷却海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。	吸収エネルギー評価	破断評価	たわみ評価	ネット（鋼製枠）	鋼製枠は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット（金網部）及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、設計飛来物の貫通及び脱落を生じない設計とする。	貫通評価 支持機能評価	すり抜け防止用鋼材	鋼材は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	貫通評価	支持部材	架台	架台は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、転倒及び脱落を生じない設計とする。	貫通評価 支持機能評価	ブラケット	ブラケットは架台を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプに波及的影響を与えないために、脱落を生じない設計とする。	支持機能評価	<p>相違理由</p> <p>【女川】          女川における別紙1は、先行プラントで実績のなかったゴム支承及び可動支承を採用しているために、設計方針の比較をしたものと考えている。泊においては、ゴム支承及び可動支承を採用していないため、設計方針の比較は不要のため作成しない。</p> <p>【女川】          ・竜巻防護設備の構造の相違。          ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。          ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。          ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</p>
部位の名称	設計方針	評価項目																																											
ネット（金網部）	ネットは、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、非常用海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が非常用海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。	吸収エネルギー評価																																											
		破断評価																																											
		たわみ評価																																											
防護板	防護板は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	貫通評価																																											
支持部材	フレーム	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	支持機能評価																																										
	大梁																																												
	ブラケット																																												
	フレームゴム支承																																												
	大梁ゴム支承																																												
	可動支承																																												
ストッパー																																													
部位の名称	設計方針	評価項目																																											
ネット（金網部）	金網部は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、原子炉補機冷却海水ポンプ等の機能喪失に至る可能性がある飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等と衝突しないよう捕捉できる設計とする。	吸収エネルギー評価																																											
		破断評価																																											
		たわみ評価																																											
ネット（鋼製枠）	鋼製枠は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット（金網部）及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、設計飛来物の貫通及び脱落を生じない設計とする。	貫通評価 支持機能評価																																											
すり抜け防止用鋼材	鋼材は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護板を貫通せず、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	貫通評価																																											
支持部材	架台	架台は原子炉補機冷却海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、ネット及びすり抜け防止鋼材を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、転倒及び脱落を生じない設計とする。	貫通評価 支持機能評価																																										
	ブラケット	ブラケットは架台を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、原子炉補機冷却海水ポンプに波及的影響を与えないために、脱落を生じない設計とする。	支持機能評価																																										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																											
<p>3.4 ネット（金網部）の構造設計</p> <p>3.4.1 基本設計</p> <p>設計飛来物が衝突した際に局部的に生じる衝撃荷重に耐え、変形することにより設計飛来物の持つ運動エネルギーを吸収し、<b>非常用海水ポンプ等</b>への衝突を防止する。</p> <p>竜巻防護ネットの基本仕様は、電力中央研究所にて評価、試験を行い、検証されたものを適用し、防護性能の評価は以下のとおり実施する。</p> <p>設計飛来物の衝突位置の影響として、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ネットの吸収エネルギー評価</li> <li>・ネットの破断評価</li> <li>・ネットのたわみ量評価</li> </ul> <p>電中研報告<sup>*1</sup>によるネットの吸収エネルギーは表7のとおりであり、当社の設計飛来物の速度条件を包絡する。</p> <div data-bbox="712 730 1326 970" style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>表7 竜巻防護ネット（金網部）の吸収エネルギーと設計飛来物の衝突エネルギー</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">限界吸収エネルギー<sup>*2</sup></td> <td style="text-align: center;">183 (kJ)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 16.7m/s)</td> <td style="text-align: center;">19 (kJ)</td> </tr> </table> <p><small>※1：竜巻設計飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の提案（電力中央研究所報告書 N13014, 平成26年3月）</small></p> <p><small>※2：電力中央研究所報告書O01「高強度金網を用いた竜巻設計飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法」</small></p> </div> <p>3.4.2 構造設計</p> <p>ネット（金網部）は、ひし形金網の高強度金網を使用しており、<b>50mm目合いの主ネット2枚と40mm目合いの補助ネット1枚を重ねて取り付ける。</b></p> <p>ネット（金網部）は、金網部の端部にワイヤロープを通すことによって支持し、ワイヤロープの端部はフレームに取り付けた接続用の治具を介して、ワイヤロープ固定部に接続する。</p> <p>ネットに作用する自重や設計飛来物による衝撃荷重等の荷重は、ワイヤロープを通じてフレームに伝達する。</p> <p>ネットを取り付けるフレームは、<b>主桁、横補強材、ブレースで構成</b></p>	限界吸収エネルギー <sup>*2</sup>	183 (kJ)	設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 16.7m/s)	19 (kJ)	<p>3.4 ネット（金網部）の構造設計</p> <p>3.4.1 基本設計</p> <p>設計飛来物が衝突した際に局部的に生じる衝撃荷重に耐え、変形することにより設計飛来物の持つ運動エネルギーを吸収し、<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>への衝突を防止する。</p> <p>竜巻防護ネットの基本仕様は、電力中央研究所にて評価、試験を行い、検証されたものを適用し、防護性能の評価は以下のとおり実施する。<b>設計の考え方については別紙1～7に示す。</b></p> <p>設計飛来物の衝突位置の影響として、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ネットの吸収エネルギー評価</li> <li>・ネットの破断評価</li> <li>・ネットのたわみ量評価</li> </ul> <p>電中研報告<sup>*1</sup>によるネットの吸収エネルギーは表7のとおりであり、当社の設計飛来物の速度条件を包絡する。</p> <div data-bbox="1348 730 1962 1024" style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>表7 竜巻防護ネット（金網部）の吸収エネルギーと設計飛来物の衝突エネルギー</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">設置場所</th> <th colspan="2">海水ポンプエリア上部開口部</th> <th colspan="2">海水ストレーナエリア上部開口部</th> </tr> <tr> <th>Aトレン</th> <th>Bトレン</th> <th>海側</th> <th>山側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ネット</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>限界吸収エネルギー<sup>*2</sup></td> <td style="text-align: center;">324[kJ]</td> <td style="text-align: center;">327[kJ]</td> <td style="text-align: center;">252 [kJ]</td> <td style="text-align: center;">251 [kJ]</td> </tr> <tr> <td>設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 38m/s)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">98 [kJ]</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※1：竜巻設計飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の提案（電力中央研究所報告書 N13014, 平成26年3月）</small></p> <p><small>※2：電力中央研究所報告書O01「高強度金網を用いた竜巻設計飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法」</small></p> </div> <p>3.4.2 構造設計</p> <p>ネット（金網部）は、ひし形金網の高強度金網を使用しており、<b>海水ポンプエリア開口部に設置するネット（金網部）は、50mm目合いの主ネット2枚と40mm目合いの補助ネット1枚を重ねて取り付ける。</b></p> <p><b>海水ストレーナエリア開口部に設置するネット（金網部）は、40mm目合いの主ネット2枚と40mm目合いの補助ネット1枚を重ねて取り付ける。</b></p> <p>ネット（金網部）は、金網部の端部にワイヤロープを通すことによって支持し、ワイヤロープの端部は鋼製棒に取り付けた接続用の治具を介して、ワイヤロープ固定部に接続する。</p> <p>ネット（金網部）に作用する自重や設計飛来物による衝撃荷重等の荷重は、ワイヤロープを通じて鋼製棒に伝達する。</p> <p>ネットを取り付ける鋼製棒は、<b>ビット開口部の周囲に配した架台の</b></p>	設置場所	海水ポンプエリア上部開口部		海水ストレーナエリア上部開口部		Aトレン	Bトレン	海側	山側	ネット					限界吸収エネルギー <sup>*2</sup>	324[kJ]	327[kJ]	252 [kJ]	251 [kJ]	設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 38m/s)	98 [kJ]				<p>る。</p> <p>【女川】 設置場所の相違</p> <p>【女川】 記載の充実 ・大飯審査実績の反映</p> <p>【女川】 ・設置状況の相違</p> <p>【女川】 ネットの仕様の相違。 泊はネットの面積が小さい海水ポンプ出口ストレーナ上部開口部については、主ネットも40mm目合いを採用していることによる相違</p> <p>【女川】 ・記載表現の相違</p> <p>【女川】</p>
限界吸収エネルギー <sup>*2</sup>	183 (kJ)																													
設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 16.7m/s)	19 (kJ)																													
設置場所	海水ポンプエリア上部開口部		海水ストレーナエリア上部開口部																											
	Aトレン	Bトレン	海側	山側																										
ネット																														
限界吸収エネルギー <sup>*2</sup>	324[kJ]	327[kJ]	252 [kJ]	251 [kJ]																										
設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度 38m/s)	98 [kJ]																													



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>され、主桁と横補強材で区切られるセル毎にネットを支持する。1台のフレームに対して、セルは4つとし、5台のフレームで海水ポンプ室のほぼ全域を覆う構造とする。ネット（金網部）のフレーム取付け概要を図8に示す。</p>  <p>図8 ネット（金網部）のフレーム取付け概要図</p> <p>3.5 フレーム、大梁の構造設計                      3.5.1 基本設計                      竜巻防護ネットのフレームは、設計飛来物の衝突において貫通が発生しない設計とする。                      また、ネット（金網部）や防護板で受けた設計飛来物による衝撃荷重等が伝達されることから、荷重条件に対して上載するネット、防護板を支持可能な構造強度を有する設計とする。設計飛来物の衝突位置により各部材に加わる荷重が異なることから、設計飛来物衝突位置の影響を考慮した設計を実施する。                      地震に対しては、耐震Cクラスの静的地震力に耐えるとともに、基準地震動Ssによる地震力によって崩壊及び落下せず、非常用海水ボ</p>	<p>上に固定し、架台は床面及びブラケットに固定される。ネット（鋼製枠）の取付け概要を図8に示す。</p>  <p>図8 ネット（鋼製部）のフレーム取付け概要図</p> <p>3.5 架台及びブラケットの構造設計                      3.5.1 基本設計                      竜巻防護ネットの架台は、設計飛来物の衝突において貫通が発生しない設計とする。                      また、ネットやすり抜け防止用鋼材で受けた設計飛来物による衝撃荷重等が伝達されることから、荷重条件に対して上載するネット、すり抜け防止用鋼材を支持可能な構造強度を有する設計とする。設計飛来物の衝突位置により各部材に加わる荷重が異なることから、設計飛来物衝突位置の影響を考慮した設計を実施する。                      地震に対しては、耐震Cクラスの静的地震力に耐えるとともに、基準地震動Ssによる地震力によって崩壊及び落下せず、原子炉補機冷</p>	<p>ネットの設置方法の相違</p> <p>【女川】                      竜巻防護ネットの構造の相違</p> <p>【女川】                      ネットの設置方法の相違</p> <p>【女川】                      ネット構造の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>ンブ等への波及的影響を与えることのない設計とするとともに、海水ポンプ室補機ポンプエリアの壁部材等に対して、海水ポンプ室補機ポンプエリアの強度を踏まえた荷重支持位置を考慮することにより、耐震安全性を確保する。</p> <p>3.5.2 構造設計                      ネット（金網部）及びフレームで発生した荷重は、海水ポンプ室補機ポンプエリアの壁面に伝達する構造とする。                      海水ポンプ室の壁面のうち、隔壁（南側）は厚さ0.6mであり、荷重に対して十分な強度を確保できない可能性があるため、十分な厚み（厚さ2m）がある側壁（東側）及び側壁（西側）にブラケットを取付け、大梁を設置することで、フレームを支持する。もう一方の支持は厚さ1.5mの隔壁（北側）にて実施する。                      以上により、十分な厚みがあり強度が確保できる隔壁（北側）と側壁（東側、西側）で荷重を受ける構造とする。                      ゴム支承、可動支承に支持されているフレーム、ゴム支承に支持されている大梁は、地震力等によって水平方向の変位が生じることから、他の設備との干渉について考慮する必要がある。そのため、フレーム間及びフレームや大梁と海水ポンプ室補機ポンプエリア壁面との間に地震時に発生する変位を踏まえてクリアランスを確保する設計とする。                      また、フレームを支持するゴム支承に期待しない場合でも竜巻防護ネットが非常用海水ポンプ等に落下しないように、フレーム等にストッパーを取り付けフレームの水平方向移動を拘束し、竜巻防護ネットの落下を防止する設計とする。                      フレーム、大梁の設置状況を図9に示す。</p>	<p>却海水ポンプ等への波及的影響を与えることのない設計とする。                      竜巻防護ネットのブラケットは、ネットやすり抜け防止用鋼材で受けた設計飛来物による衝撃荷重等が架台を介して伝達されることから、荷重条件に対して上載する架台を支持可能な構造強度を有する設計とする。</p> <p>3.5.2 構造設計                      ネット及び架台で発生した荷重は、循環水ポンプ建屋床面及びブラケットに伝達する構造とする。                      ブラケット部の架台で発生した荷重は、ブラケットを介して海水ポンプエリア壁面に伝達する構造とする。                      海水ポンプエリア開口部周囲の床面のうち、原子炉補機冷却海水ポンプエリアの南側の一部については、架台を設置するスペースが十分に確保できないため、海水ポンプエリア壁面にブラケットを取付け、ネット及び架台を支持する。</p>	<p>【女川】                      ネットの設置方法の相違</p> <p>【女川】                      ネットの設置方法の相違</p> <p>【女川】                      ・竜巻防護設備の構造の相違。                      ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。                      ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。                      ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としてい</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図9 フレーム、大梁の設置状況</p> <p>3.6 ゴム支承、可動支承の構造設計</p> <p>3.6.1 基本設計</p> <p>地震によるフレーム、大梁の発生応力及び海水ポンプ室補機ポンプエリア壁面への支点反力を低減・分散させることを目的として、支持部にはゴム支承を採用する。また、フレームと大梁の接続部には、温度変化によるフレームの伸縮を吸収し、変形による荷重発生を防ぐため、水平変位に追従する可動支承を設置する。</p> <p>ゴム支承を用いることの効果としては、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護ネットの水平方向の固有周期を長周期側に移動させることで、応答を下げるができる。</li> <li>・大梁の両端で水平力を支持し、海水ポンプ室壁面への荷重を分散することができる。</li> </ul> <p>地震に対しては、耐震Cクラスの静的地震力に耐えるとともに、基準地震動Ssによる地震力によって崩壊及び落下せず、非常用海水ポンプ等への波及的影響を与えることのない設計とする。竜巻に対しては、ネット（金網部）や防護板及びフレームで受けた設計飛来物による衝撃荷重等が伝達されることから、竜巻による荷重に対して上載するフレーム等を支持可能な構造強度を有する設計とする。</p> <p>3.6.2 構造設計</p> <p>ゴム支承はフレームと隔壁（北側）の接続部及び大梁とブラケットの接続部に設置する。</p> <p>フレームと隔壁（北側）の接続部は、フレーム1基に対して、隔壁（北側）の天面に設置した2個のゴム支承を取り付ける構造とする。（隔壁（北側）には計10個のゴム支承を設置）</p>		<p>る。</p> <p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>大梁の支持は、片側1箇所あたり2基のブラケットを設置し、各ブラケットの上に1個のゴム支承を設置する。（ブラケットには計4個のゴム支承を設置）</p> <p>大梁とフレームの接続部は可動支承を用いる。可動支承はフレーム1基に対して、2個の可動支承で支持する。（大梁には計10個の可動支承を設置）可動方向は南北方向のみである。</p> <p>支持構造模式図を図10、ゴム支承及び可動支承概略図を図11に示す。</p>  <p>図10 支持構造模式図</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確認している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

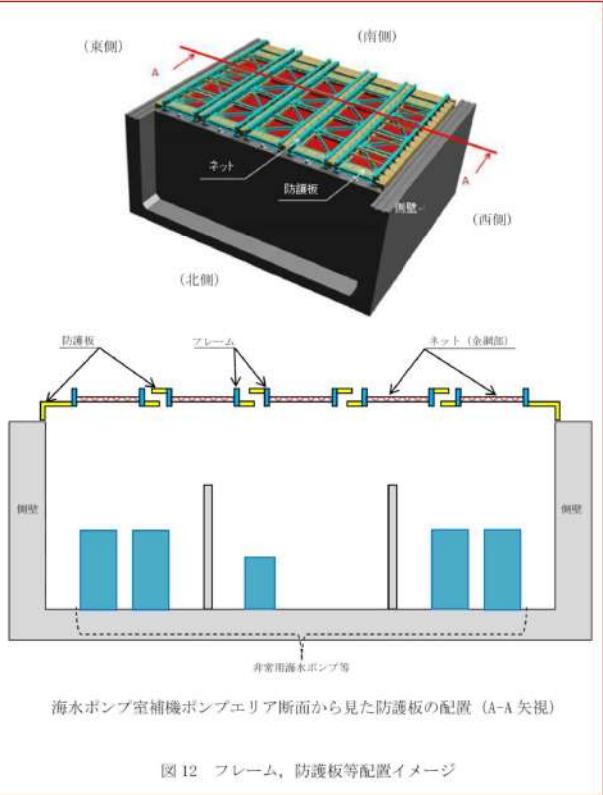
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>図 11 ゴム支承及び可動支承概略図</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																			
	<p>3.7 防護板の構造設計</p> <p>3.7.1 基本設計</p> <p>竜巻防護ネットのうち、ゴム支承に支持されているフレーム、大梁は、地震力によって水平方向の変位が生じることから、他の設備との干渉を回避する必要がある。このため、フレーム間及びフレームと海水ポンプ室補機ポンプエリア壁面との間に隙間を設けており、隙間からの設計飛来物の侵入を防ぐために、防護板を設置する。</p> <p>防護板は、設計飛来物の衝突に対して、BRL式※3を用いて算出される貫通限界厚さ以上の板厚を確保することで、貫通せず変形に留まる設計とする。また、防護板は地震時にフレームが移動しても干渉しない構造であるとともに、設計飛来物である鋼製材が海水ポンプ室補機ポンプエリアに侵入しない構造とする。</p> <p>3.7.2 構造設計</p> <p>竜巻防護ネットの5台のフレームは、地震時に発生する変位を踏まえて隙間を確保している。また、同様に海水ポンプ室補機ポンプエリアの側壁との間にも隙間を設けている。防護板はフレームの変位を考慮した上で、ラビリンス構造とすることで、設計飛来物である鋼製材（縦4.2m×横0.3m×高さ0.2m）が通過しない構造とする。</p> <p>また、BRL式による貫通厚さは表8に示すとおりであり、防護板に対する垂直方向の衝突を考慮する。図12にフレーム、防護板等の配置イメージを示す。</p> <table border="1" data-bbox="712 807 1326 1007"> <caption>表8 BRL式※3による貫通厚さ</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">設計飛来物</th> <th colspan="2">仕様</th> <th colspan="2">貫通限界厚さ (mm)</th> </tr> <tr> <th>サイズ (m)</th> <th>質量 (kg)</th> <th>水平方向の衝突</th> <th>鉛直方向の衝突</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鋼製材</td> <td>縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2</td> <td>135</td> <td>27.6</td> <td>7.1</td> </tr> <tr> <td>(参考) 砂利</td> <td>縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04</td> <td>0.2</td> <td>0.9</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>※3：「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式</p>	設計飛来物	仕様		貫通限界厚さ (mm)		サイズ (m)	質量 (kg)	水平方向の衝突	鉛直方向の衝突	鋼製材	縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2	135	27.6	7.1	(参考) 砂利	縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04	0.2	0.9	0.2	<p>3.6 すり抜け防止用鋼材の構造設計</p> <p>3.6.1 基本設計</p> <p>竜巻防護ネットのうち、すり抜け防止用鋼材は、ネット（鋼製棒）間の隙間から設計飛来物の侵入を防ぐために、防護板を設置する。</p> <p>3.6.2 構造設計</p> <p>すり抜け防止用鋼材は、設計飛来物である鋼製材（縦4.2m×横0.3m×高さ0.2m）が通過しない構造とする。</p>	<p>【女川】 記載表現の相違</p> <p>【女川】 防護ネットの構成部材の相違</p> <p>【女川】 記載表現の相違</p> <p>【女川】 防護ネットの構成部材の相違 評価結果については設工認で説明する方針。</p>
設計飛来物	仕様		貫通限界厚さ (mm)																			
	サイズ (m)	質量 (kg)	水平方向の衝突	鉛直方向の衝突																		
鋼製材	縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2	135	27.6	7.1																		
(参考) 砂利	縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04	0.2	0.9	0.2																		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図12 フレーム、防護板等配置イメージ</p> <p>3.8 ゴム支承，可動支承の採用による設計への反映事項              3.8.1 ゴム支承，可動支承の影響に対する検討              竜巻防護ネットの各構造に対して，設計竜巻荷重より外部事象防護対象施設である非常用海水ポンプ等を防護できない事象（損傷モード）を検討し，その損傷モードを踏まえ，各部位に必要な評価項目及び構造強度上の評価方針を整理する。ゴム支承，可動支承の特性を考慮し，ゴム支承，可動支承の採用による設計上の配慮又は対策を抽出する。              抽出された設計上の配慮又は対策に対する対応方針を検討し，設計に反映する。検討フローを図13，ゴム支承，可動支承の特性を表9，竜巻防護ネットの損傷モードを整理した結果を表10に示す。</p>	<p>竜巻防護ネットの損傷モードを整理した結果を表8に示す。</p>	<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため，可動支承，ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として，ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては，女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面，ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから，女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から，泊の竜巻防護ネットは，先行プラント（大飯，高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており，架構に直接，竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul> <p>【女川】              記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由							
	<div data-bbox="712 145 1317 564" data-label="Diagram"> <p>図13 ゴム支承、可動支承の影響に対する検討フロー</p> </div> <div data-bbox="712 616 1317 794" data-label="Table"> <p>表9 ゴム支承、可動支承の特性</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>支承の種類</th> <th>特性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ゴム支承</td> <td>作用荷重により変形する</td> </tr> <tr> <td>荷重の伝達時に、反力を低減・分散する</td> </tr> <tr> <td>可動支承</td> <td>すべり機構により、1軸方向に可動する</td> </tr> </tbody> </table> </div>	支承の種類	特性	ゴム支承	作用荷重により変形する	荷重の伝達時に、反力を低減・分散する	可動支承	すべり機構により、1軸方向に可動する		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>
支承の種類	特性									
ゴム支承	作用荷重により変形する									
	荷重の伝達時に、反力を低減・分散する									
可動支承	すべり機構により、1軸方向に可動する									



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

表10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(1/6)

評価対象	作用荷重	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針	ゴム支承、可動支保架使用による設計上の配慮又は対策
ネット (金網部)	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	ネットの破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【喚起エネルギー評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、限界喚起エネルギーが作用荷重によるエネルギー以上であることを確認する（電中研報告書 <sup>※1</sup> による評価）	ゴム支承、可動支保架使用による設計上の配慮又は対策
			【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることを確認する（電中研報告書 <sup>※1</sup> による評価）	
ワイヤーロープ ターンバックル シャックル 接続器具	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	ネットがたわむことによる設計飛来物の防護対象施設への衝突	【たわみ評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、防護対象施設までの距離距離が作用荷重によるワイヤーロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量以上であることを確認する	(1)衝撃荷重に対するゴム支承・可動支保架の必要性に配慮する必要がある
		ネットがたわむことによる設計飛来物の防護対象施設への衝突	【たわみ評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重が素材の持つ破断強度以下であることを確認する	
		部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、防護対象施設までの距離距離が作用荷重によるワイヤーロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量以上であることを確認する	
		部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重が素材の持つ破断強度以下であることを確認する	

※1:竜巻設計飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の概要(電力中央研究所報告 N1304、平成25年3月)、電力中央研究所東部DB「高強度金網を用いた竜巻設計飛来物対策工の合理的な実施設計評価手法」

表8 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(1/2)

評価対象	作用荷重	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針
ネット (金網部)	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	ネットの破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【喚起エネルギー評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、限界喚起エネルギーが作用荷重によるエネルギー以上であることを確認する（電中研報告書 <sup>※1</sup> による評価）
		ネットがたわむことによる設計飛来物の防護対象施設への衝突	【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることを確認する（電中研報告書 <sup>※1</sup> による評価）
ワイヤーロープ ターンバックル シャックル 接続器具	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【たわみ評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、防護対象施設までの距離距離が作用荷重によるワイヤーロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量以上であることを確認する
		部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【たわみ評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重が素材の持つ破断強度以下であることを確認する
		部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、防護対象施設までの距離距離が作用荷重によるワイヤーロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量以上であることを確認する
		部材の破断による設計飛来物の防護対象施設への衝突	【破断評価】	ネットに設計飛来物が衝突した場合に、作用する荷重が素材の持つ破断強度以下であることを確認する

※1:竜巻設計飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の概要(電力中央研究所報告 N1304、平成25年3月)、電力中央研究所東部DB「高強度金網を用いた竜巻設計飛来物対策工の合理的な実施設計評価手法」

【女川】  
 ・竜巻防護設備の構造の相違。  
 ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支保、ゴム支保を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。  
 ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支保のような可動式の機構を持たせる必要はない。  
 ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。

【女川】  
 記載表現の相違（表番号）

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

表10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(2/6)

評価対象	評価モード	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針	ゴム支承・可動支保機構による設計上の風荷重と対照
防風板	主桁 横断梁材	主桁、横断梁材を貫通することによる設計対象物の防護対象施設への衝突	【貫通評価】 図1式による縦厚評価	設計対象物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所に発生する衝撃荷重によって貫通が生じないように、フレームの剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要に応じて補強を要する (2) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響を評価し、必要がある
			【貫通評価】 ひずみ量	設計対象物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所に発生する衝撃荷重によって貫通が生じないように、フレームの剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要がある
フレーム	フレーム	フレームを貫通することによる設計対象物の防護対象施設への衝突	【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	フレームはネットの上部に設置しており、破断したフレームによる荷重の影響は、設計対象物におけるネットの破断エネルギー評価、破断評価に反映される	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要がある
			【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	フレームはネットの上部に設置しており、破断したフレームによる荷重の影響は、設計対象物におけるネットの破断エネルギー評価、破断評価に反映される	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要がある
フレーム全体	フレーム全体	フレームを貫通することによる設計対象物の防護対象施設への衝突	【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	作用荷重により破損が発生しないことを確認する	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要がある
			【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	作用荷重により破損が発生しないことを確認する	(1) 損傷位置に於けるゴム支承・可動支保機構の剛性を評価し、必要がある
スタックパー	スタックパー	スタックパーを貫通することによる設計対象物の防護対象施設への衝突	【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物に発生する衝撃荷重に耐え、フレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容耐力範囲内の許容耐力を超えないことを確認する	(2) スタックパーの設置（許容耐力に対し強度を有する設計） (3) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響を評価し、必要がある
			【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物に発生する衝撃荷重に耐え、フレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容耐力範囲内の許容耐力を超えないことを確認する	(2) スタックパーの設置（許容耐力に対し強度を有する設計） (3) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響を評価し、必要がある

※：「フレーム・主桁」評価は「図1」にて図示した通りである。

表8 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(2/2)

評価対象	作用荷重	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針
すり抜け防止用剛材	衝撃荷重 電巻風荷重 自重	防護板を貫通することによる設計対象物への防護対象施設への衝突	【貫通評価】 ひずみ量	衝突箇所に発生する衝撃荷重によって貫通が生じないよう、終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する
			【貫通評価】 ひずみ量	設計対象物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所に発生する衝撃荷重によって貫通が生じないよう、終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する
茶台	衝撃荷重 電巻風荷重 ネット荷重	茶台を貫通することによる設計対象物への防護対象施設への衝突	【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物による衝撃荷重に耐え、上載するネットを支持するため、茶台の剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する
			【貫通評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物による衝撃荷重に耐え、上載するネットを支持するため、茶台の剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する
支持部材	衝撃荷重 電巻風荷重 ネット荷重 茶台荷重 自重	茶台に設計対象物が衝突することによる破断	【支持機能評価】 ひずみ量	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物による衝撃荷重に耐え、上載するネットを支持するため、茶台の剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	電巻の風圧力による荷重及び設計対象物による衝撃荷重に耐え、上載するネットを支持するため、茶台の剛材が終局状態に至るようなひずみを生じないことを確認する

【女川】

- ・竜巻防護設備の構造の相違。
- ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支保、ゴム支保を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。
- ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支保のような可動式の機構を持たせる必要はない。
- ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。

【女川】  
記載表現の相違（表番号）

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由				
表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)							
<p>評価対象</p> <p>大梁</p> <p>ブレーム ゴム支承</p> <p>ゴム体</p> <p>内部鋼板</p> <p>ゴム支承 取付ボルト</p> <p>アンカーボルト</p>	<p>損傷モード</p> <p>大梁が破断・落下し防護対象施設に衝突</p> <p>ゴム体の破断によりフレイムが落下し防護対象施設に衝突 ゴム体の破損によるアイソレレータ機能の喪失</p> <p>内部鋼板の破損によるアイソレレータ機能の喪失</p> <p>破損によりフレイムが落下し防護対象施設に衝突 破損によるアイソレレータ機能の喪失</p>	<p>作用荷重</p> <p>衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレイム荷重 自重</p> <p>衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレイム荷重 自重</p>	<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>				
				<p>評価項目</p> <p>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</p> <p>【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ</p> <p>【支持機能評価】 引張応力</p> <p>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</p>	<p>構造強度上の評価方針</p> <p>竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に 対し、上載するフレイム等を支 持する構造強度を維持するた め、作用する応力が許容応力状 態IVSの許容応力を超えない ことを確認する。</p> <p>竜巻の風圧力による荷重及び 設計飛来物による衝撃荷重に 対し、支持機能を維持するた め、作用する応力が「道路橋 示方書・同解説 V 耐震設計編 (H14.3)」に基づく基準値を超 えないことを確認する。</p> <p>竜巻の風圧力による荷重及び 設計飛来物による衝撃荷重に 対し、支持機能を維持するた め、作用する応力が許容応力状 態IVSの許容応力を超えない ことを確認する。</p>	<p>ゴム支承、可動支承採用に よる設計上の配慮又は対策</p> <p>(1) 衝突解析に対するゴム 支承・可動支承の影響に配 慮する必要がある (2) 作用荷重による大梁の 変位に対する影響に配慮す る必要がある</p> <p>(1) 衝突解析に対するゴム 支承・可動支承の影響に配 慮する必要がある (2) 作用荷重によるフレイ ムの変位に対する影響に配 慮する必要がある</p>	
				<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>
				<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>	<p>表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(3/6)</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
表 10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(4/6)			
評価対象 大梁ゴム 支承	作用荷重 衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重	損傷モード ゴム体の破断によるアイソレート機能の喪失 内部鋼板の破断によるアイソレート機能の喪失 破損によるアイソレート機能の喪失	評価項目 【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 セン断ひずみ 【支持機能評価】 引張応力 【支持機能評価】 引張応力 セン断ひずみ
			構造強度上の評価方針 竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するたため、作用する応力等が「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編（旧4.3）」に基づき基準値を超えないことを確認する 竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するたため、作用する応力が許容応力（其他IV.S）の許容応力を超えないことを確認する
			ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策 (1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響に配慮する必要がある (2) 衝撃荷重による大梁の変位に対する影響に配慮する必要がある
【女川】 ・竜巻防護設備の構造の相違。 ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。 ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。 ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																					
表10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表(5/6)																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>評価対象</th> <th>作用原状</th> <th>損傷モード</th> <th>評価項目</th> <th>構造強度上の評価方針</th> <th>ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">可動支承</td> <td rowspan="10">新巻荷重 竜巻荷重 ネット自重 フレーム荷重 自重</td> <td>ソーラープレート</td> <td>破断によるすべり機能喪失・回着 破断による隣のフレームへの衝突</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する</td> <td rowspan="10">(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響に配慮する必要がある (2) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響に配慮する必要がある</td> </tr> <tr> <td>すべり材</td> <td>圧縮破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する</td> </tr> <tr> <td>圧縮ゴム</td> <td>圧縮破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する</td> </tr> <tr> <td>ピストン</td> <td>圧縮破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>理念</td> <td>圧縮破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>突出部</td> <td>破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 せん断応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ベース ジョット</td> <td>破断による隣のフレームへの衝突</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>支圧部</td> <td>圧縮破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>レール</td> <td>破断によるすべり機能喪失・回着</td> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する</td> </tr> <tr> <td>レール取付ボルト エンドプレート 接合ボルト 上部接合ボルト 下部接合ボルト</td> <td>破断による隣のフレームへの衝突</td> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ベースプレート</td> <td>破断による隣のフレームへの衝突</td> <td>【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	評価対象	作用原状	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針	ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策	可動支承	新巻荷重 竜巻荷重 ネット自重 フレーム荷重 自重	ソーラープレート	破断によるすべり機能喪失・回着 破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する	(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響に配慮する必要がある (2) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響に配慮する必要がある	すべり材	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する	圧縮ゴム	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する	ピストン	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 曲げ応力		理念	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力		突出部	破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 せん断応力		ベース ジョット	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 支圧応力		支圧部	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力		レール	破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する	レール取付ボルト エンドプレート 接合ボルト 上部接合ボルト 下部接合ボルト	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力		ベースプレート	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力				<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>
評価対象	作用原状	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針	ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策																																																			
可動支承	新巻荷重 竜巻荷重 ネット自重 フレーム荷重 自重	ソーラープレート	破断によるすべり機能喪失・回着 破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する	(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響に配慮する必要がある (2) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響に配慮する必要がある																																																		
		すべり材	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する																																																			
		圧縮ゴム	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力がマーガラーの許容応力を超えないことを確認する																																																			
		ピストン	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 曲げ応力																																																				
		理念	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力																																																				
		突出部	破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 せん断応力																																																				
		ベース ジョット	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 支圧応力																																																				
		支圧部	圧縮破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 支圧応力																																																				
		レール	破断によるすべり機能喪失・回着	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計乗乗物による衝撃荷重に対し、支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態N/Sの許容応力を超えないことを確認する																																																			
		レール取付ボルト エンドプレート 接合ボルト 上部接合ボルト 下部接合ボルト	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力																																																				
ベースプレート	破断による隣のフレームへの衝突	【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力																																																						

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

表10 竜巻防護ネットの損傷モード整理表 (6/6)

評価対象	作用荷重	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針	ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策
ブラケット 本体	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重	破断による大梁の落下	【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、上載するフレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容応力状態V <sub>0</sub> の許容応力を超えないことを確認する	ゴム支承、可動支承採用による設計上の配慮又は対策  (1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響に配慮する必要がある
ブラケット アンカーボルト					

(比較のため再掲)

表8 竜巻防護ネットの損傷モード整理表 (2/2)

評価対象	作用荷重	損傷モード	評価項目	構造強度上の評価方針
すり抜け防止用鋼材	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	防護板を貫通すること により設計飛来物の 防護対象施設への 衝突	【貫通評価】 ひずみ量	衝突箇所が発生する衝撃荷重によって貫通が生じないように、終局状態に至るようひずみを生じないことを確認する
架台  支持部材	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重	架台を貫通すること による設計飛来物の 防護対象施設への衝 突 ネット（金網部）が 破断することによる 架台に設計飛来物が 衝突すること、破 断・落下し防護対象 施設に衝突	【貫通評価】 ひずみ量	設計飛来物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所 に発生する衝撃荷重によって貫通が生じないよう に、架台の鋼材が終局状態に至るようひずみを生 じないことを確認する
	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 架台荷重 自重	破断による架台の落 下	【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 引張応力	竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝 撃荷重に対し、上載するネットを支持するため、架 台の鋼材が終局状態に至るようひずみを生じない ことを確認する
ブラケット アンカーボ ルト				

【女川】  
 ・竜巻防護設備の構造の相違。  
 ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。  
 ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。  
 ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。

【女川】  
 記載表現の相違（表番号）



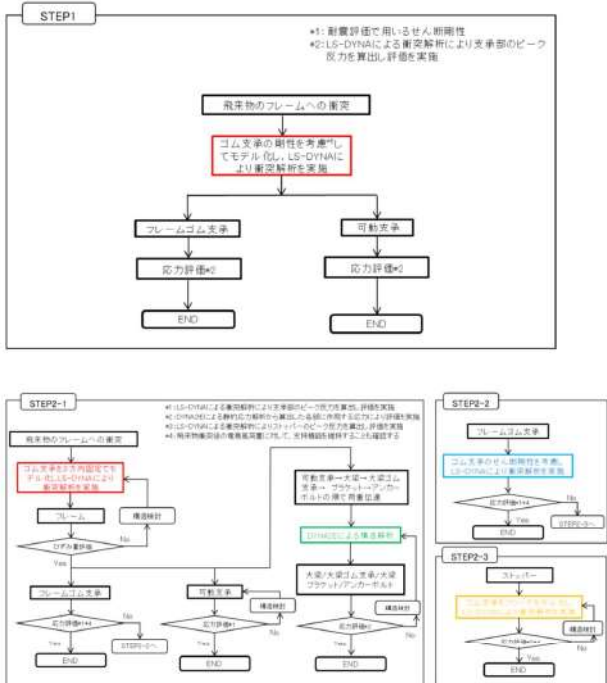
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																												
	<p>3.8.2 設計上の配慮又は対策が必要となる事項</p> <p>竜巻防護ネットの各構造について、ゴム支承、可動支承の採用による設計上の配慮又は対策が必要な事項を表11にまとめる。</p> <div data-bbox="712 264 1326 683" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>表11 ゴム支承、可動支承の採用による設計上の配慮又は対策が必要な事項</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価部位</th> <th colspan="4">設計上の配慮又は対策が必要な事項</th> </tr> <tr> <th>(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響</th> <th>(2) ストッパーの設置</th> <th>(3) 作用荷重による変位に対する影響</th> <th>(4) 作用荷重により発生する振動の影響</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ネット（金網部）</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>防護板</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>フレーム</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ゴム支承</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>可動支承</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ブラケット</td> <td>○</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: right;">凡例 ○：配慮又は対策が必要 —：対応不要</p> </div> <p>3.8.3 設計上の配慮又は対策が必要となる事項に対する対応</p> <p>「3.8.2 設計上の配慮又は対策が必要となる事項」で抽出された事項について、適切に設計に反映することで、竜巻防護ネットにより非常用海水ポンプ等を設計飛来物の衝突から防護し、安全機能が損なわれない設計とする。設計上の配慮又は対策が必要な事項に対する対応方針について、(1)～(4)に示す。</p> <p>(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響</p> <p>衝撃荷重に対するゴム支承や可動支承の影響は、地震時における部材の特性（役割・挙動）から、飛来物の衝突時において以下の影響が考えられる。</p> <p>a. 飛来物の衝突におけるゴム支承の変形等の影響</p> <p>飛来物が部材に衝突した場合には、伝達された荷重によってゴム支承が変形、可動支承が1軸方向にすべることにより、他の部材と干渉する可能性がある。</p> <p>b. 飛来物の衝突における部材間の荷重の伝達</p> <p>飛来物が部材に衝突した場合に、ゴム支承に荷重が伝達されるが、ゴム支承が変形することにより、荷重が低減される可能性がある。</p> <p>これらの影響を踏まえて、構造成立性の見直しを確認するために、竜巻防護ネットを構成する支持部材に対し、代表的な飛来物衝突の解析評価を実施する。評価は以下の2ステップで実施する。各STEPの評価フローを図14に示す。また、支持部材の評価方法については別紙2に整理する。</p>	評価部位	設計上の配慮又は対策が必要な事項				(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響	(2) ストッパーの設置	(3) 作用荷重による変位に対する影響	(4) 作用荷重により発生する振動の影響	ネット（金網部）	○	—	—	—	防護板	○	—	○	—	フレーム	○	○	○	○	大梁	○	—	○	—	ゴム支承	○	—	○	—	可動支承	○	—	○	—	ブラケット	○	—	—	—		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>
評価部位	設計上の配慮又は対策が必要な事項																																														
	(1) 衝撃荷重に対するゴム支承・可動支承の影響	(2) ストッパーの設置	(3) 作用荷重による変位に対する影響	(4) 作用荷重により発生する振動の影響																																											
ネット（金網部）	○	—	—	—																																											
防護板	○	—	○	—																																											
フレーム	○	○	○	○																																											
大梁	○	—	○	—																																											
ゴム支承	○	—	○	—																																											
可動支承	○	—	○	—																																											
ブラケット	○	—	—	—																																											

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

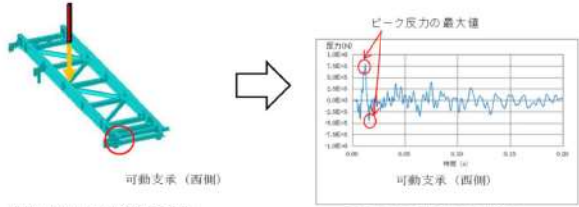
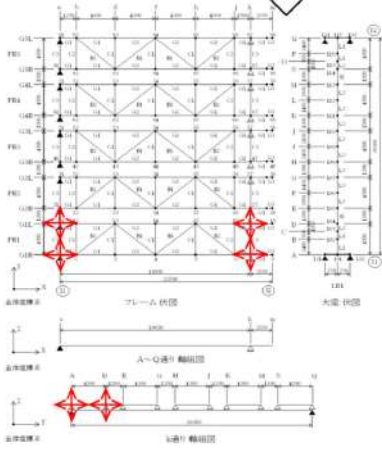
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p><b>【STEP1】</b>                      ゴム支承に支持されるフレームに飛来物が衝突した際の挙動を確認するため、ゴム支承の剛性を考慮した衝突解析を実施する。衝突解析は、フレームゴム支承による影響が最も大きくなると想定される条件（飛来物姿勢、衝突位置、飛来方向）で実施し、ゴム支承の影響を考慮した場合において、フレームゴム支承、可動支承がフレームを支持する機能を維持可能な構造強度を有することを確認する。STEP1の評価結果について別紙3に整理する。</p> <p><b>【STEP2】</b>                      衝突時の竜巻防護ネットを構成する支持部材の構造成立性を確認するため、以下の評価を実施する。STEP2の評価結果については別紙4に整理する。                      STEP2-1：竜巻防護ネットを構成する支持部材（ストッパーを除く）はゴム剛性の結合条件を3方向固定（衝撃荷重のピーク値が大きくなると推測される条件）にて衝突解析を行い、構造成立性の確認を行う。                      STEP2-2：STEP2-1はフレームゴム支承に対し非常に厳しい条件であるため、STEP2-1の条件で評価を実施した結果、許容値を満足しない場合には、詳細評価としてゴム支承のせん断剛性を考慮した解析条件にて評価を実施する。                      STEP2-3：STEP2-2のフレームゴム支承の評価結果を踏まえて、ストッパーの評価を実施する。ストッパーの評価はゴム剛性の結合条件を自由（ゴム支承による荷重の負担は期待せずストッパーに全ての荷重を伝達する条件）とし衝突解析を行い、構造成立性の確認を行う。</p>		<p><b>【女川】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図14 STEP1, STEP2 評価フロー</p> <p>応力等の算出方法について図15に示す。                  衝突解析はLS-DYNAを使用し、モデル化の対象は飛来物が衝突するフレームとする。フレームゴム支承、可動支承は各STEPにおいて設定した結合条件を設定する。LS-DYNAにより衝突部であるフレームのひずみ評価を実施するとともに、支承部のピーク反力を算出し、フレームゴム支承及び可動支承の評価を実施する。（自重及び竜巻による風荷重についても反力として考慮する）                  可動支承に発生した荷重は大梁、大梁ゴム支承、ブラケット、ブラケットアンカーボルトに伝達されるため、LS-DYNAにより算出した可動支承に作用するピーク反力を解析モデル（耐震評価と同様のモデル：DYNA2E）に入力し、各部に作用する応力を算出する。</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>



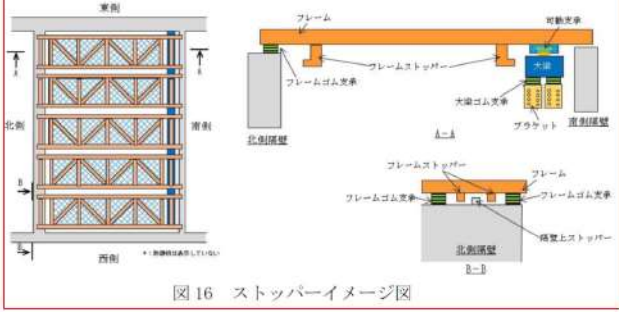
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p data-bbox="719 156 1003 188">フレームの接合部の形状をフラットに設定することで、飛来物の衝突影響を大きく受けるようにしている。</p>  <p data-bbox="741 368 958 384">可動支承（西側）</p> <p data-bbox="741 403 931 419">①LS-DYNAにより衝突解析を実施</p> <p data-bbox="1077 161 1317 193">ピーク反力の最大値が静的に継続作用すると設定し応力評価を実施</p> <p data-bbox="1099 212 1216 228">ピーク反力の最大値</p> <p data-bbox="1122 368 1238 384">可動支承（西側）</p> <p data-bbox="1077 403 1267 419">②支承部の反力の最大値を算出</p>  <p data-bbox="887 946 1128 962">図15 応力等の算出方法（例）</p> <p data-bbox="712 1015 1317 1062">表12～15に、衝突解析における各STEPごとのフレームゴム支承、可動支承の結合条件を整理する。</p> <p data-bbox="712 1074 1323 1265">STEP2-1は、下部構造に対し支承部の荷重がそのまま伝達される条件で評価を実施し、ゴム支承における荷重の低減・分散効果を期待しない衝突解析となるため、これまでの他プラントでの適用実績がある竜巻防護ネットの衝突解析と同等の条件となる。また、ネット（金網部）の電中研報告による評価及び防護板のBRL式による評価手法は、STEP2-1の条件で適用が可能である。よって、STEP2-1の条件は、ストッパーを除く部材に適用する。</p> <p data-bbox="712 1276 1317 1324">STEP2-2の条件は、STEP2-1でフレームゴム支承が許容値を満足しない場合のフレームゴム支承評価に適用する。</p> <p data-bbox="712 1335 1323 1383">STEP2-3は、STEP2-2でフレームゴム支承が許容値を満足しない場合のストッパー評価に適用する。</p>		<p data-bbox="1977 145 2040 161">【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1977 172 2145 220">・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li data-bbox="1977 231 2145 507">・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li data-bbox="1977 518 2145 799">・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li data-bbox="1977 810 2145 1062">・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																
	<p>表12 【STEP1】衝突解析におけるゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" data-bbox="824 177 1216 323"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレーム ゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>弾性</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>弾性</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table> <p>表13 【STEP2-1】衝突解析におけるゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" data-bbox="824 411 1216 558"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレーム ゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>剛</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table> <p>表14 【STEP2-2】衝突解析におけるゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" data-bbox="824 646 1216 793"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレーム ゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>弾性</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>弾性</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table> <p>表15 【STEP2-3】衝突解析におけるゴム支承、可動支承結合条件</p> <table border="1" data-bbox="824 880 1216 1027"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレーム ゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>自由</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>自由</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>自由</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2)ストッパーの設置                      ストッパーはSTEP2-2の評価結果（別紙4参照）において、許容値を満足しない場合に、支持機能としての役割が必要となるものである。                      ストッパーの設計は、STEP2-3の解析条件にて実施し、ストッパーはゴム支承による荷重の負担を期待せず全ての荷重を伝達する条件で、衝撃荷重に対し許容応力を満足し、竜巻防護ネットを支持する構造強度を有する設計とする。                      ストッパーの設置イメージを図16に示す。</p>	方向	フレーム ゴム支承	可動支承	X	弾性	自由	Y	弾性	剛	Z	剛	剛	方向	フレーム ゴム支承	可動支承	X	剛	自由	Y	剛	剛	Z	剛	剛	方向	フレーム ゴム支承	可動支承	X	弾性	自由	Y	弾性	剛	Z	剛	剛	方向	フレーム ゴム支承	可動支承	X	自由	自由	Y	自由	剛	Z	自由	剛		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>
方向	フレーム ゴム支承	可動支承																																																	
X	弾性	自由																																																	
Y	弾性	剛																																																	
Z	剛	剛																																																	
方向	フレーム ゴム支承	可動支承																																																	
X	剛	自由																																																	
Y	剛	剛																																																	
Z	剛	剛																																																	
方向	フレーム ゴム支承	可動支承																																																	
X	弾性	自由																																																	
Y	弾性	剛																																																	
Z	剛	剛																																																	
方向	フレーム ゴム支承	可動支承																																																	
X	自由	自由																																																	
Y	自由	剛																																																	
Z	自由	剛																																																	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図16 ストッパーイメージ図</p> <p>(3) 作用荷重によるフレームの変位に対する影響              ゴム支承、可動支承に支持されているフレーム及びゴム支承に支持されている大梁は、設計竜巻による風荷重や地震によって水平方向の変位が生じることから、他の設備との干渉について考慮する必要がある。              そのため、フレーム間や大梁と海水ポンプ室補機ポンプエリア壁面との間等に、設計竜巻による風荷重や地震により発生する変位を踏まえてクリアランスを確保する設計とする。              地震力による水平方向の変位についての評価は、設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設計基準対象施設について（第4条地震による損傷の防止）』で説明する。なお、風圧力による水平方向の変位については、地震力による水平方向の変位に包絡される。              また、フレーム間及びフレームと海水ポンプ室補機ポンプエリア壁面にクリアランスを確保していることから、これらの隙間から設計飛来物の侵入を防ぐために、フレームに防護板を設置する。              防護板はフレームの水平変位を考慮した上で、ラビリンス構造とすることで、設計飛来物である銅製材（縦4.2m×横0.3m×高さ0.2m）が通過しない構造とする。</p> <p>(4) 振動による影響              竜巻防護ネットに飛来物衝突した際に振動が発生するが、飛来物衝突による振動は一時的なものであり、共振が発生して構造健全性に影響を与える可能性は低い。              また、竜巻による風の影響により振動が発生する可能性があるが、共振が発生するには一定の風が吹き続ける必要があることから、竜巻による瞬間的な風に対し、共振が発生する可能性は低い。              一定の風が継続して吹く場合、風による共振が発生する可能性が考えられるため、共振や疲労など風による振動への影響について検討し、必要に応じ、竜巻防護ネットの構造設計に反映する。</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>



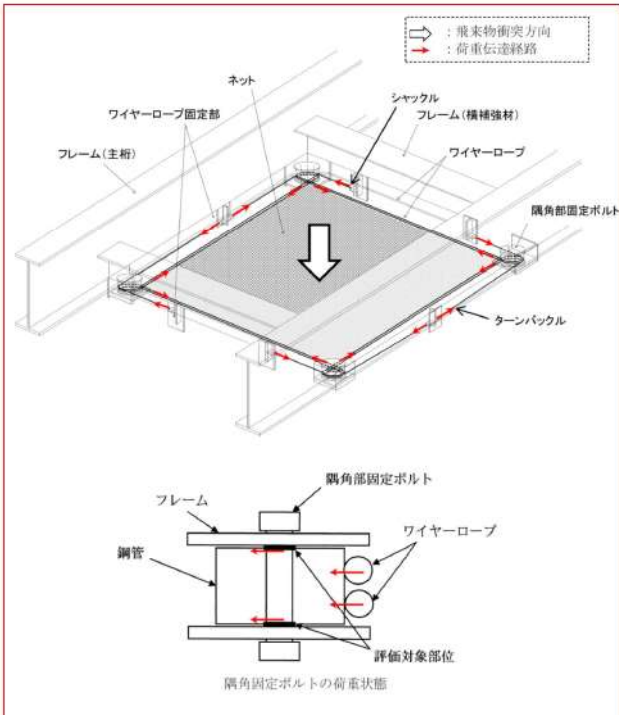
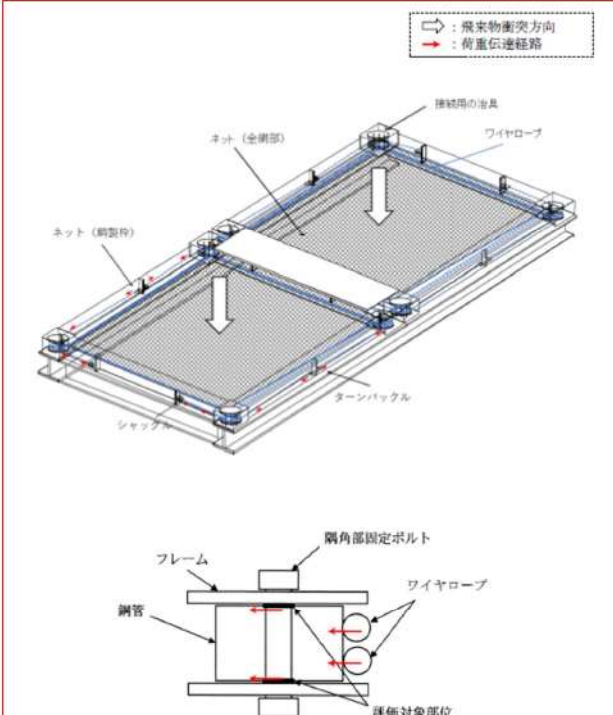
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>4. 竜巻防護に対する評価方針</p> <p>4.1 強度評価</p> <p>4.1.1 ネット（金網部）</p> <p>ネット（金網部）の強度評価は「3.2.1 荷重条件」で設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1)評価項目</p> <p>設計荷重に対してネットは、設計飛来物を捕捉し<b>非常用海水ポンプ等</b>へ衝突させないために、破断が生じない強度を有すること及びたわみが生じても、設計飛来物が<b>非常用海水ポンプ等</b>と衝突しないよう<b>非常用海水ポンプ等</b>との隔離が確保できることを確認する。</p> <p>破断が生じないことの確認として、ネットが設計飛来物の<b>エネルギー</b>を吸収できること及び設計飛来物の衝突箇所において、ネットの破断が生じない強度を有することを評価する。また、防護ネットが設計飛来物を捕捉可能であることを確認するために、設計荷重に対してネットを支持する<b>ワイヤーロープ</b>、<b>ターンバックル</b>、<b>シャックル</b>及び接続用の治具に破断が生じない強度を有することを評価する。</p> <p>設計飛来物の衝突位置の影響として、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。</p> <p>(2)評価対象部位</p> <p>ネット（金網部）の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。</p> <p>①ネット</p> <p>ネットには設計竜巻荷重が直接作用するため、評価対象部位とする。</p> <p>②<b>ワイヤーロープ</b>、<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b></p> <p>ネットに作用した荷重は、<b>ワイヤーロープ</b>を介して<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b>に作用するため、<b>ワイヤーロープ</b>、<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b>を評価対象部位とする。</p> <p>③<b>接続用の治具</b></p> <p>接続用の治具及び<b>ワイヤーロープ</b>固定部には、<b>ワイヤーロープ</b>を介して伝達された荷重が作用するため、接続用の治具である隅角部固定ボルト、<b>ワイヤーロープ</b>固定部を評価対象部位とする。</p> <p>図17にネット（金網部）の評価対象部位、図18に設計飛来物衝突時の荷重伝達を示す。</p>	<p>4. 竜巻防護に対する評価方針</p> <p>4.1 強度評価</p> <p>4.1.1 ネット（金網部）</p> <p>ネット（金網部）の強度評価は「3.2.1 荷重条件」で設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1)評価項目</p> <p>設計荷重に対してネットは、設計飛来物を捕捉し<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>へ衝突させないために、破断が生じない強度を有すること及びたわみが生じても、設計飛来物が<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>と衝突しないよう<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>との隔離が確保できることを確認する。</p> <p>破断が生じないことの確認として、ネットが設計飛来物の<b>エネルギー</b>を吸収できること及び設計飛来物の衝突箇所において、ネットの破断が生じない強度を有することを評価する。また、防護ネットが設計飛来物を捕捉可能であることを確認するために、設計荷重に対してネットを支持する<b>ワイヤロープ</b>、<b>ターンバックル</b>、<b>シャックル</b>及び接続用の治具に破断が生じない強度を有することを評価する。</p> <p>設計飛来物の衝突位置の影響として、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。</p> <p>(2)評価対象部位</p> <p>ネット（金網部）の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。</p> <p>①ネット</p> <p>ネットには設計竜巻荷重が直接作用するため、評価対象部位とする。</p> <p>②<b>ワイヤロープ</b>、<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b></p> <p>ネットに作用した荷重は、<b>ワイヤロープ</b>を介して<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b>に作用するため、<b>ワイヤロープ</b>、<b>ターンバックル</b>及び<b>シャックル</b>を評価対象部位とする。</p> <p>③<b>接続用の治具</b></p> <p>接続用の治具及び<b>ワイヤロープ</b>固定部には、<b>ワイヤロープ</b>を介して伝達された荷重が作用するため、接続用の治具である隅角部固定ボルト、<b>ワイヤロープ</b>固定部を評価対象部位とする。</p> <p>図9にネット（金網部）の評価対象部位、図10に設計飛来物衝突時の荷重伝達を示す。</p>	<p>【女川】                  竜巻防護ネットで防護する対象機器の相違</p>





赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図18 設計飛来物衝突時の荷重伝達図（ネット（金網部））</p>	 <p>図10 設計飛来物衝突時の荷重伝達図（ネット（金網部））</p>	<p>【女川】                  ・プラント設計の相違による設置設備の相違                  女川は開口部が泊よりも広いこと等から、竜巻防護ネットの構造が異なる。</p> <p>【女川】                  記載表現の相違（図番号）</p> <p>【女川】                  女川の別紙5には竜巻防護ネットの構造健全性評価基準について記載されている。当該資料は、ゴム支承、可動支承の評価項目や許容限界等を整理する目的で作成されたと考えている。泊においては、ゴム支承、可動支承を採用していないため、設工認段階で女川の別紙5に対応する内容を記載するため、当該別</p>
<p>(3) 許容限界（詳細は別紙5参照）</p> <p>①吸収エネルギー評価                  吸収エネルギー評価においては、計算により算出するネットの限界吸収エネルギーがネットに作用するエネルギー以上であることにより、ネットが破断しないことを確認する。</p> <p>②破断評価                  ネット（金網部）の破断評価においては、計算により算出するネットに作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることにより、ネットに破断が生じない強度を有することを確認する。                  ワイヤロープは、ネットと一体となって設計飛来物を捕捉するため、ネットと同様に塑性変形を許容することから、破断荷重を許容限界とする。</p> <p>ターンバックル及びシャックルは、破断しなければネットを設置位置に保持することができ、設計飛来物を捕捉可能である。したがっ</p>		<p>(3) 許容限界</p> <p>①吸収エネルギー評価                  吸収エネルギー評価においては、計算により算出するネットの限界吸収エネルギーがネットに作用するエネルギー以上であることにより、ネットが破断しないことを確認する。</p> <p>②破断評価                  ネット（金網部）の破断評価においては、計算により算出するネットに作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることにより、ネットに破断が生じない強度を有することを確認する。                  ワイヤロープは、ネットと一体となって設計飛来物を捕捉するため、ネットと同様に塑性変形を許容することから、破断荷重を許容限界とする。</p> <p>ターンバックル及びシャックルは、破断しなければネットを設置位置に保持することができ、設計飛来物を捕捉可能である。したがっ</p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>て、ワイヤロープの張力に対し、破断しないことを確認する。                      接続用の治具の破断評価は、計算により算出する応力により接続用の治具を破断しない強度を許容限界とする。</p> <p>③たわみ評価                      竜巻防護ネット本体は、自重、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、計算により算出する竜巻防護ネット本体の最大たわみ量がネットと非常用海水ポンプ等の離隔距離未満であることを確認するため、ネットと非常用海水ポンプ等の最小離隔距離を許容限界として設定する。</p> <p>4.1.2 支持部材（フレーム、大梁、フレームゴム支承、大梁ゴム支承、可動支承、ブラケット、ストッパー）                      支持部材（フレーム、大梁、フレームゴム支承、大梁ゴム支承、可動支承、ブラケット、ストッパー）の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目                      設計荷重に対してフレームは、設計飛来物が貫通せず非常用海水ポンプ等への到達を阻止できること（貫通評価）、また、非常用海水ポンプ等へ波及的影響を与えないよう落下が生じないこと（支持機能評価）を衝突解析により確認する。                      大梁、フレームゴム支承、大梁ゴム支承、可動支承、ブラケット、ストッパーは、フレームで受けた荷重が伝達されるため、衝突解析に</p>	<p>て、ワイヤロープの張力に対し、破断しないことを確認する。                      接続用の治具の破断評価は、計算により算出する応力により接続用の治具を破断しない強度を許容限界とする。</p> <p>③たわみ評価                      竜巻防護ネット本体は、自重、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、計算により算出する竜巻防護ネット本体の最大たわみ量がネットと原子炉補機冷却海水ポンプ等の離隔距離未満であることを確認するため、ネットと原子炉補機冷却海水ポンプ等の最小離隔距離を許容限界として設定する。</p> <p>4.1.2 ネット（鋼製枠）                      ネット（鋼製枠）の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目                      設計荷重に対してネット（鋼製枠）は、設計飛来物が貫通せず原子炉補機冷却海水ポンプ等への到達を阻止できること（貫通評価）、また、原子炉補機冷却海水ポンプ等へ波及的影響を与えないよう落下が生じないこと（支持機能評価）を衝突解析により確認する。                      評価においては、飛来物の衝突位置により各部位に発生する応力が変わることから、各部位に対し最も条件の厳しい衝突箇所を考慮し評価を実施する。</p> <p>(2) 評価対象部位                      ネット（鋼製枠）の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。</p> <p>4.1.3 架台及びブラケット                      架台の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目                      設計荷重に対して架台は、設計飛来物が貫通せず原子炉補機冷却海水ポンプ等への到達を阻止できること（貫通評価）、また、原子炉補機冷却海水ポンプ等へ波及的影響を与えないよう落下が生じないこと（支持機能評価）を衝突解析により確認する。                      ブラケットは、架台で受けた荷重が伝達されるため、衝突解析によって算出した荷重によって落下が生じないこと（支持機能評価）を確</p>	<p>て、ワイヤロープの張力に対し、破断しないことを確認する。                      接続用の治具の破断評価は、計算により算出する応力により接続用の治具を破断しない強度を許容限界とする。</p> <p>③たわみ評価                      竜巻防護ネット本体は、自重、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、計算により算出する竜巻防護ネット本体の最大たわみ量がネットと原子炉補機冷却海水ポンプ等の離隔距離未満であることを確認するため、ネットと原子炉補機冷却海水ポンプ等の最小離隔距離を許容限界として設定する。</p> <p>4.1.2 ネット（鋼製枠）                      ネット（鋼製枠）の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目                      設計荷重に対してネット（鋼製枠）は、設計飛来物が貫通せず原子炉補機冷却海水ポンプ等への到達を阻止できること（貫通評価）、また、原子炉補機冷却海水ポンプ等へ波及的影響を与えないよう落下が生じないこと（支持機能評価）を衝突解析により確認する。                      評価においては、飛来物の衝突位置により各部位に発生する応力が変わることから、各部位に対し最も条件の厳しい衝突箇所を考慮し評価を実施する。</p> <p>(2) 評価対象部位                      ネット（鋼製枠）の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。</p> <p>4.1.3 架台及びブラケット                      架台の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目                      設計荷重に対して架台は、設計飛来物が貫通せず原子炉補機冷却海水ポンプ等への到達を阻止できること（貫通評価）、また、原子炉補機冷却海水ポンプ等へ波及的影響を与えないよう落下が生じないこと（支持機能評価）を衝突解析により確認する。                      ブラケットは、架台で受けた荷重が伝達されるため、衝突解析によって算出した荷重によって落下が生じないこと（支持機能評価）を確</p>	<p>紙は作成しない。</p> <p>【女川】                      竜巻防護ネットで防護する対象機器の相違</p> <p>【女川】                      ・構造の相違。                      ・泊はネット鋼製枠が架台の上に設置されている構造のため、記載するもの。</p> <p>【女川】                      記載表現の相違</p> <p>【女川】                      竜巻防護ネットで防護する対象機器の相違</p> <p>【女川】                      ネット構造の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由												
	<p>よって算出した荷重によって落下が生じないこと（支持機能評価）を確認する。</p> <p>評価においては、飛来物の衝突位置により各部材に発生する応力が変わることから、各部材に対し最も条件の厳しい衝突箇所を考慮し評価を実施する。</p> <p>支持部材に対する支持機能評価は、「3.8.3 設計上の配慮又は対策が必要となる事項に対する対応（1）」で定めたSTEP2で実施し、衝突解析におけるゴム支承、可動支承の解析条件を表16に整理する。</p> <table border="1" data-bbox="712 414 1326 790"> <caption>表16 衝突解析におけるゴム支承、可動支承の解析条件</caption> <thead> <tr> <th>解析条件</th> <th>ゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>【STEP2-1】 （大梁、フレーム ゴム支承、大梁 ゴム支承、可動 支承、ブラケッ トの評価に適用）</td> <td>ゴム支承の結合条件を3方向固定（下部構造に対し、支承部のピーク荷重がそのまま伝達される条件で評価を実施）</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【STEP2-2】 （フレームゴム 支承の評価に適用）</td> <td>ゴム支承の結合条件を耐震評価で用いるせん断剛性（実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から適用する）</td> <td>可動方向の結合条件をフリー 反可動方向、鉛直方向の結合条件を固定</td> </tr> <tr> <td>【STEP2-3】 （ストッパーの評 価に適用）</td> <td>ゴム支承の結合条件をフリー（ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件で評価を実施）</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 評価対象部位</p> <p>支持部材の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、<b>フレーム、大梁、フレームゴム支承、大梁ゴム支承、可動支承、ブラケット、ストッパー</b>を評価対象部位として設定する。なお、<b>ゴム支承と可動支承の部材のうち支持機能評価の対象部材については、飛来物衝突時及び衝突後の竜巻風荷重の役割を踏まえて選定する。（詳細は別紙2参照）</b></p> <p>また、図19～図21に各衝突方向からの設計飛来物衝突時の荷重伝達の例を示す。</p>	解析条件	ゴム支承	可動支承	【STEP2-1】 （大梁、フレーム ゴム支承、大梁 ゴム支承、可動 支承、ブラケッ トの評価に適用）	ゴム支承の結合条件を3方向固定（下部構造に対し、支承部のピーク荷重がそのまま伝達される条件で評価を実施）		【STEP2-2】 （フレームゴム 支承の評価に適用）	ゴム支承の結合条件を耐震評価で用いるせん断剛性（実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から適用する）	可動方向の結合条件をフリー 反可動方向、鉛直方向の結合条件を固定	【STEP2-3】 （ストッパーの評 価に適用）	ゴム支承の結合条件をフリー（ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件で評価を実施）		<p>認する。</p> <p>評価においては、飛来物の衝突位置により各部材に発生する応力が変わることから、各部材に対し最も条件の厳しい衝突箇所を考慮し評価を実施する。</p> <p>(2) 評価対象部位</p> <p>支持部材の強度評価においては、その構造を踏まえて、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、<b>鋼製柱、架台、ブラケット</b>を評価対象として選定する。</p> <p>また、図11～図13に各衝突方向からの設計飛来物衝突時の荷重伝達の例を示す。</p>	<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>
解析条件	ゴム支承	可動支承													
【STEP2-1】 （大梁、フレーム ゴム支承、大梁 ゴム支承、可動 支承、ブラケッ トの評価に適用）	ゴム支承の結合条件を3方向固定（下部構造に対し、支承部のピーク荷重がそのまま伝達される条件で評価を実施）														
【STEP2-2】 （フレームゴム 支承の評価に適用）	ゴム支承の結合条件を耐震評価で用いるせん断剛性（実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から適用する）	可動方向の結合条件をフリー 反可動方向、鉛直方向の結合条件を固定													
【STEP2-3】 （ストッパーの評 価に適用）	ゴム支承の結合条件をフリー（ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件で評価を実施）														







泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>とにより、貫通及び落下が生じないことを確認する。</p> <p>大梁、ゴム支承（構成部材のうち鋼製部品）、可動支承、ブラケット、ストッパーにおいては、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601・補-1984）」に基づいて、許容応力状態IVASの許容応力を許容限界として設定する。ゴム支承のうちゴム部分については、「道路橋示方書・同解説V耐震設計編（H14.3）」に基づく評価基準値を設定する。</p>	<p>より、貫通及び落下が生じないことを確認する。</p>	<p>載されている。当該資料は、ゴム支承、可動支承の評価項目や許容限界等を整理する目的で作成されたと考えている。泊においては、ゴム支承、可動支承を採用していないため、設工認段階で女川の別紙5に対応する内容を記載するため、当該別紙は作成しない。</p> <p>【女川】 構造の相違</p> <p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> </ul>

赤字:設備、運用又は体制の相違(設計方針の相違)  
 青字:記載箇所又は記載内容の相違(記載方針の相違)  
 緑字:記載表現、設備名称の相違(実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

(4) 支持部材に対する性能目標と評価方針  
 (1)~(3)を踏まえ、支持部材に対する構造強度上の性能目標と評価方針を表17に整理する。

表17 支持部材に対する構造強度上の性能目標と評価方針 (1/2)

評価対象	支持部材の設計方針	構造強度上の性能目標	構造強度上の評価方針	評価部材	主な機能損傷モード		許容限界
					作用荷重	限界状態	
竜巻防護ネット(支持部材)	【共通】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止するため、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載部材を貫通せず、上載部材による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止するため、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	【共通】 設計飛来物の支持部材への衝突に対して、衝突箇所での貫通させない。  【支持機能】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止する機能を維持可能な構造強度を有する。	設計飛来物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所が発生する衝撃荷重によって貫通が生じないように、フレームの隅材が終局状態に至るよう十分な荷重及び電巻の風圧力による衝撃荷重に耐え、上載するネットを支持するため、フレームの隅材が終局状態に至るよう十分な荷重を生じないことを確認する。	フレーム	自重 ・上載荷重 (ネット) ・電巻風荷重 ・衝撃荷重	(衝突面の)全断面欠損	NE10F-13号炉にIF(多相性伝熱)を考慮して設計した破断ひずみ以下。最大ひずみが破断ひずみを超える場合には、破断面所を確認し、全断面に発生しないこと。  (IS-DNAによる衝突解析によりひずみ量を算出)
			竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に耐え、上載するフレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容応力状態IV.Sの評価応力を超えないことを確認する。	ブракケット ブракケットア ンカーポルト	自重 ・上載荷重(ネット、フレーム、大梁) ・電巻風荷重 ・衝撃荷重		

※: NE10F-13:Technology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Design.

(4) 支持部材に対する性能目標と評価方針  
 (1)~(3)を踏まえ、支持部材に対する構造強度上の性能目標と評価方針を表9に整理する。

表9 支持部材に対する構造強度上の性能目標と評価方針

評価対象	支持部材の設計方針	構造強度上の性能目標	構造強度上の評価方針	評価部材	主な機能損傷モード		許容限界
					作用荷重	限界状態	
竜巻防護ネット(支持部材)	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止するため、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及びブラスケットを貫通せず、上載部材による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止するため、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	【共通】 設計飛来物の支持部材への衝突に対して、衝突箇所での貫通させない。  【支持機能】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に非常用海水ポンプ等へ衝突すること防止する機能を維持可能な構造強度を有する。	設計飛来物が支持部材に衝突した場合に、衝突箇所が発生する衝撃荷重によって貫通が生じないように、ネット(鋼製枠)の隅材が終局状態に至るよう十分な荷重及び電巻の風圧力による衝撃荷重に耐え、上載するフレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容応力状態IV.Sの評価応力を超えないことを確認する。	ネット(鋼製枠)	自重 ・上載荷重(ネット、金網部) ・電巻風荷重 ・衝撃荷重	(衝突面の)全断面欠損	破断ひずみ以下。最大ひずみが破断ひずみを超える場合には、破断面所を確認し、全断面に発生しないこと。
			竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に耐え、上載するフレーム等を支持する構造強度を維持するため、作用する応力が許容応力状態IV.Sの評価応力を超えないことを確認する。	ブракケット 本体 ブракケットア ンカーポルト	自重 ・上載荷重(ネット、ブラスケット、ブラスケット本体) ・電巻風荷重 ・衝撃荷重		

【女川】  
 記載表現の相違  
 【女川】  
 防護ネットの構成部材の相違  
 【女川】  
 記載表現の相違(表番号)

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																															
表17 支持部材に対する構造強度上の性能目標と評価方針 (2/2)																																		
<p>評価対象：竜巻防護ネット（支持部材）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価対象</th> <th rowspan="2">支持部材の設計方針</th> <th rowspan="2">構造強度上の性能目標</th> <th rowspan="2">構造強度上の評価方針</th> <th colspan="2">評価部材</th> <th rowspan="2">主な竜巻荷重モード 作用荷重</th> <th rowspan="2">許容限界</th> </tr> <tr> <th>大飯 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト</th> <th>女川 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 取付ボルト アンカーボルト</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突すること、飛来物が支持部材を通過せず、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。</td> <td>【支持機軸】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。</td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに解凍V相設計仕様(014.3)又は許容応力状態IVSの許容応力に基づき、確認する。</td> <td>ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト</td> <td>自重 ・上載荷重(ネット、フレーム、大梁) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重</td> <td>・発生する引張応力が設計値を超えない ・発生するせん断応力が設計値を超えない ・発生する応力がJIS 4001のIVS以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。</td> <td>可動支承</td> <td>自重 ・上載荷重(ネット、フレーム) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重</td> <td>・発生する応力がJIS 4001のIVS以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。</td> <td>ストッパー</td> <td>自重 ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重</td> <td>発生する応力がJIS 4001のIVS以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：フレームゴム支承は、2つのうち1つ以上の支承が構造強度上の性能目標を満足することを確認する。詳細設計段階で許容限界を満足しない結果となつた場合、二次的影響評価を実施する。</p>				評価対象	支持部材の設計方針	構造強度上の性能目標	構造強度上の評価方針	評価部材		主な竜巻荷重モード 作用荷重	許容限界	大飯 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト	女川 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 取付ボルト アンカーボルト		支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突すること、飛来物が支持部材を通過せず、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	【支持機軸】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに解凍V相設計仕様(014.3)又は許容応力状態IVSの許容応力に基づき、確認する。	ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト	自重 ・上載荷重(ネット、フレーム、大梁) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	・発生する引張応力が設計値を超えない ・発生するせん断応力が設計値を超えない ・発生する応力がJIS 4001のIVS以下				竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。	可動支承	自重 ・上載荷重(ネット、フレーム) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	・発生する応力がJIS 4001のIVS以下				竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。	ストッパー	自重 ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	発生する応力がJIS 4001のIVS以下
評価対象	支持部材の設計方針	構造強度上の性能目標	構造強度上の評価方針					評価部材				主な竜巻荷重モード 作用荷重	許容限界																					
				大飯 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト	女川 ゴム体 ゴム板 内部鋼板 取付ボルト アンカーボルト																													
	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突すること、飛来物が支持部材を通過せず、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	【支持機軸】 支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に對し、上部鋼板を支持する機能を維持し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えない設計とする。	竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに解凍V相設計仕様(014.3)又は許容応力状態IVSの許容応力に基づき、確認する。	ゴム体 ゴム板 内部鋼板 木造ゴム支承 取付ボルト	自重 ・上載荷重(ネット、フレーム、大梁) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	・発生する引張応力が設計値を超えない ・発生するせん断応力が設計値を超えない ・発生する応力がJIS 4001のIVS以下																												
			竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。	可動支承	自重 ・上載荷重(ネット、フレーム) ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	・発生する応力がJIS 4001のIVS以下																												
			竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に對し、作用するに確認する。	ストッパー	自重 ・竜巻風荷重 ・衝撃荷重	発生する応力がJIS 4001のIVS以下																												
<p>(4) 評価結果</p> <p>STEP2の評価結果を別紙4に整理する。</p> <p>竜巻防護ネットの支持部材のうち、可動支承を除く部材については構造強度上の評価方針を満足し、飛来物衝突時及び衝突後において竜巻防護ネットの支持機能を維持することから、構造成立性の見通しがあることを確認した。</p> <p>可動支承については、詳細設計段階で、サイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p>		<p>(4) 評価結果</p> <p>評価結果については詳細設計段階で整理する。</p> <p>詳細設計段階で、仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p>																																
		<p>【女川】 防護ネットの構成部材の相違</p> <p>【女川】 記載表現の相違（表番号）</p> <p>【女川】 記載方針の相違。 泊においては、設工認の段階で構造成立性を示す。</p>																																



泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>4.1.3 防護板</p> <p>防護板の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等の評価方針について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目</p> <p>非常用海水ポンプ等が安全機能を損なうことのないことの確認として、設計飛来物が防護板に衝突した場合の貫通に対する評価(以下「貫通評価」という)を実施し、非常用海水ポンプ等に到達しないことを確認する。</p> <p>(2) 評価対象部位</p> <p>防護板は設計飛来物の衝突に対し、非常用海水ポンプ等を防護するための設備であることから評価対象部位とする。</p> <p>(3) 許容限界（詳細は別紙5参照）</p> <p>防護板の貫通評価における許容限界は、防護板の板厚が貫通限界厚さを上回る値とする。貫通限界厚さは「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。</p> <p>5. 竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）に対する評価方針</p> <p>5.1 竜巻以外の自然現象に対する評価</p> <p>(1) 竜巻以外の自然現象の影響抽出</p> <p>竜巻防護ネットは、竜巻以外の自然現象によって非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさないことを確認する。</p> <p>竜巻防護ネットに対する竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）の影響を、表18に示す。</p> <p>竜巻防護ネットを設置する海水ポンプ室（コンクリート壁含む）</p>	<p>4.1.4 すり抜け防止用鋼材</p> <p>すり抜け防止用鋼材の強度評価は、「3.2.1 荷重条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せを踏まえて、評価対象部位に作用する応力等の評価方針について確認するものである。</p> <p>(1) 評価項目</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプ等が安全機能を損なうことのないことの確認として、設計飛来物が防護板に衝突した場合の貫通に対する評価(以下「貫通評価」という)を実施し、原子炉補機冷却海水ポンプ等に到達しないことを確認する。</p> <p>(2) 評価対象部位</p> <p>すり抜け防止用鋼材は設計飛来物の衝突に対し、原子炉補機冷却海水ポンプ等を防護するための設備であることから評価対象部位とする。</p> <p>(3) 許容限界</p> <p>すり抜け防止用鋼材の貫通評価における許容限界は、破断ひずみの範囲内であることを確認する。最大ひずみが破断ひずみを超える場合には、破断箇所を確認し、全断面に発生しないことにより、貫通及び落下が生じないことを確認する。</p> <p>5. 竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）に対する評価方針</p> <p>5.1 竜巻以外の自然現象に対する評価</p> <p>(1) 竜巻以外の自然現象の影響抽出</p> <p>竜巻防護ネットは、竜巻以外の自然現象によって原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさないことを確認する。</p> <p>竜巻防護ネットに対する竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）の影響を表10に示す。</p> <p>竜巻防護ネットを設置する取水ビットポンプ室（コンクリート壁含む）</p>	<p>【女川】 記載表現の相違</p> <p>【女川】 防護ネットの構成部材の相違</p> <p>【女川】 竜巻防護ネットで防護する対象機器の相違</p> <p>【女川】 防護ネットの構成部材の相違</p> <p>【女川】 女川の別紙5には竜巻防護ネットの構造健全性評価基準について記載されている。当該資料は、ゴム支承、可動支承の評価項目や許容限界等を整理する目的で作成されたと考えている。泊においては、ゴム支承、可動支承を採用していないため、設工認段階で女川の別紙5に対応する内容を記載するため、当該別紙は作成しない。</p> <p>【女川】 鋼製部材の評価方法の相違</p> <p>【女川】</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																					
	<p>及び                      竜巻防護ネットの耐震評価方針については、設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設計基準対象施設について（第4条地震による損傷の防止）』で説明する。</p> <table border="1" data-bbox="712 316 1323 770"> <caption>表 18 竜巻防護ネットに対する竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）の影響</caption> <thead> <tr> <th>事象</th> <th>確認結果</th> <th>考慮の要否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風（台風）</td> <td>・風（台風）の荷重を考慮する ・風による振動の影響を考慮する</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>凍結</td> <td>・設備構造上、凍結の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>降水</td> <td>・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>積雪</td> <td>・積雪荷重を考慮する</td> <td>○（荷重）</td> </tr> <tr> <td>落雷</td> <td>・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>火山の影響</td> <td>・降下火砕物の荷重を考慮する ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない</td> <td>○（荷重）</td> </tr> <tr> <td>生物学的事象</td> <td>・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>森林火災</td> <td>・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>地震</td> <td>・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照</td> <td>○（荷重）</td> </tr> <tr> <td>津波</td> <td>・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 設計条件                      竜巻以外の自然現象による波及的影響の評価の条件を以下に示す。                      a. 荷重条件                      (a) 風（台風）による荷重                      風（台風）による荷重は、建設省告示第1454号に定められた女川町の基準風速30m/sによる荷重とする。                      (b) 積雪荷重                      積雪荷重として以下の条件を考慮する。                      積雪量：43cm（積雪深さの月最大値）*1                      単位荷重：20N/m2*2                      *1：建築基準法施行細則（宮城県）に定められる女川町の垂直積雪量は40cmであるが、保守的に既往最大である垂直積雪量43cmを用いる。                      *2：建築基準法施行令に基づく積雪の単位荷重（積雪1cm当たり20N/m2）                      (c) 火山の影響による荷重                      火山事象における降下火砕物による静的荷重として以下の条件を考慮する。                      堆積量：15cm                      密度：1.5g/cm3（湿潤状態）</p>	事象	確認結果	考慮の要否	風（台風）	・風（台風）の荷重を考慮する ・風による振動の影響を考慮する	○	凍結	・設備構造上、凍結の影響を受けない	—	降水	・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない	—	積雪	・積雪荷重を考慮する	○（荷重）	落雷	・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない	—	火山の影響	・降下火砕物の荷重を考慮する ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない	○（荷重）	生物学的事象	・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない	—	森林火災	・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない	—	地震	・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照	○（荷重）	津波	・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）	—	<p>む）及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室（コンクリート壁含む）の竜巻防護ネットの耐震評価方針については、設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設置許可基準規則等への適合状況について（設計基準対象施設等） 第4条 地震による損傷の防止』で説明する。</p> <table border="1" data-bbox="1346 304 1955 786"> <caption>表 10 竜巻防護ネットに対する竜巻以外の自然現象（地震、津波含む）の影響</caption> <thead> <tr> <th>事象</th> <th>確認結果</th> <th>考慮の要否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風（台風）</td> <td>・建屋内に設置するため風（台風）の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>凍結</td> <td>・設備構造上、凍結の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>降水</td> <td>・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>積雪</td> <td>・建屋内に設置するため積雪の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>落雷</td> <td>・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>地滑り</td> <td>・地滑り地形から離隔距離を確保した位置に設置するため、地滑りの影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>火山の影響</td> <td>・建屋内に設置するため降下火砕物の荷重の影響を受けない ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>生物学的事象</td> <td>・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>森林火災</td> <td>・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>地震</td> <td>・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照</td> <td>○（荷重）</td> </tr> <tr> <td>津波</td> <td>・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 設計条件                      竜巻以外の自然現象による波及的影響の評価の条件を以下に示す。                      a. 荷重条件</p>	事象	確認結果	考慮の要否	風（台風）	・建屋内に設置するため風（台風）の影響を受けない	—	凍結	・設備構造上、凍結の影響を受けない	—	降水	・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない	—	積雪	・建屋内に設置するため積雪の影響を受けない	—	落雷	・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない	—	地滑り	・地滑り地形から離隔距離を確保した位置に設置するため、地滑りの影響を受けない	—	火山の影響	・建屋内に設置するため降下火砕物の荷重の影響を受けない ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない	—	生物学的事象	・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない	—	森林火災	・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない	—	地震	・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照	○（荷重）	津波	・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）	—	<p>設置場所の相違                      【女川】                      記載表現の相違                      【女川】                      記載表現の相違（表番号）                      【女川】                      泊は防護ネットが屋内設置であることによる想定事象の相違                      ・設計方針の相違                      ・泊は立地的要因により地滑りを考慮する                      【女川】                      ・設置状況の相違                      ・泊は防護ネットが屋内設置であることによる想定事象の相違</p>
事象	確認結果	考慮の要否																																																																						
風（台風）	・風（台風）の荷重を考慮する ・風による振動の影響を考慮する	○																																																																						
凍結	・設備構造上、凍結の影響を受けない	—																																																																						
降水	・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない	—																																																																						
積雪	・積雪荷重を考慮する	○（荷重）																																																																						
落雷	・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない	—																																																																						
火山の影響	・降下火砕物の荷重を考慮する ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない	○（荷重）																																																																						
生物学的事象	・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない	—																																																																						
森林火災	・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない	—																																																																						
地震	・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照	○（荷重）																																																																						
津波	・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）	—																																																																						
事象	確認結果	考慮の要否																																																																						
風（台風）	・建屋内に設置するため風（台風）の影響を受けない	—																																																																						
凍結	・設備構造上、凍結の影響を受けない	—																																																																						
降水	・構内排水施設により排水することで設備が浸水することはない	—																																																																						
積雪	・建屋内に設置するため積雪の影響を受けない	—																																																																						
落雷	・電気設備を持たないことから電気的影響を受けない	—																																																																						
地滑り	・地滑り地形から離隔距離を確保した位置に設置するため、地滑りの影響を受けない	—																																																																						
火山の影響	・建屋内に設置するため降下火砕物の荷重の影響を受けない ・腐食に対しては金属材料を用い、亜鉛メッキや外装塗装を実施していることから短期的な影響は小さい ・設備構造上、降下火砕物による閉塞・摩耗・電気的影響を受けない	—																																																																						
生物学的事象	・設備構造上、生物学的事象の影響を受けない	—																																																																						
森林火災	・防火帯により、森林から約300mの離隔がある ・設備構造上、ばい煙による影響を受けない	—																																																																						
地震	・地震の荷重を考慮する（第4条 地震による損傷の防止）参照	○（荷重）																																																																						
津波	・基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないため、荷重・浸水の影響を受けない（第5条 津波による損傷の防止）	—																																																																						



泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(d) 地震荷重                      波及的影響の評価は基準地震動 Ss による地震力に対して実施する。                      竜巻防護ネットには、ゴム支承、可動支承を用いており、ゴム支承、可動支承をモデル化した3次元はりモデルによる地震応答解析は、他プラントを含む既工認及び新規制審査での適用実績がない。                      そのため、耐震設計の審査において既工認との手法の相違点を整理し、説明をしている。（設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設計基準対象施設について（第4条地震による損傷の防止）』別紙-1参照）</p> <p>b. 荷重の組合せ                      荷重の組合せは「女川原子力発電所2号炉外部事象の考慮について」に示す自然現象の組合せの方針に従い、以下のとおりとする。</p> <p>(a) 地震荷重+風荷重                      地震と風については、ともに最大荷重の継続時間が短く、同時に発生する確率は低い。また、竜巻防護ネットは風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設でないため、地震荷重と風荷重との組合せは考慮しない。</p>	<p>(a) 地震荷重                      波及的影響の評価は基準地震動 Ss による地震力に対して実施する。</p> <p>b. 荷重の組合せ                      荷重の組合せは「泊発電所3号炉外部事象の考慮について」に示す自然現象の組合せの方針に従い、以下のとおりとする。</p> <p>(a) 地震荷重+風荷重                      地震と風については、ともに最大荷重の継続時間が短く、同時に発生する確率は低い。また、竜巻防護ネットは風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設でないため、地震荷重と風荷重との組合せは考慮しない。</p>	<p>【女川】                      記載表現の相違</p> <p>【女川】                      ・竜巻防護設備の構造の相違。                      ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。                      ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。                      ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</p> <p>【女川】                      記載表現の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(b)地震荷重+積雪荷重                      女川原子力発電所は多雪地域ではないため、建築基準法による「積雪荷重と他の荷重の組合せ」を考慮する必要はないが、原子力発電所の重要性を鑑み、多雪区域の基準を準用して、建築基準法施行令の積雪荷重に地震や暴風と組合せる際に用いる平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35の係数を考慮して地震評価における静的荷重として組み合わせる。</p> <p>(c)降下火砕物荷重+風荷重+積雪荷重                      降下火砕物荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せは、3つの荷重が同時に発生することを考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせることとしている。</p> <p>ただし、竜巻防護ネットは風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設でないため、上記3つの荷重のうち降下火砕物荷重と積雪荷重の組合せを考慮する。</p> <p>組み合わせる荷重は、降下火砕物荷重と積雪荷重は相関性が低い事象の組合せであるが、個別の事象が重畳した場合には堆積荷重が増加すると考えられるため、Turkstraの法則を適用して設定することとし、降下火砕物による荷重を主荷重（湿潤状態の降下火砕物の荷重（層厚15cm））、積雪による荷重（石巻における年最大積雪深さの平均値17cm）を従荷重として組み合わせる。</p> <p>c. 風（台風）による振動の影響                      一定の風が継続して吹く場合、風による共振が発生する可能性が考えられるため、風による共振への影響について検討し、必要に応じ、竜巻防護ネットの構造設計に反映する。</p> <p>6. 竜巻随伴事象に対する評価                      (1)火災                      竜巻随伴事象として、建屋外については、発電所敷地内の屋外にある危険物貯蔵施設等の火災がある。火災源と竜巻防護ネットの位置関係を踏まえて火災の影響を評価（「6条（外部火災）」により評価）した上で、竜巻防護ネットが非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>また、竜巻防護ネットは発火性、引火性のある物質を使用しないため、火災の原因とはならない。</p> <p>(2)溢水                      建屋外については、設計竜巻による飛来物の衝突による屋外タンク等の破損に伴う溢水を想定されるが、竜巻防護ネットは構造上、溢水により機能を損なわないため、溢水により竜巻防護ネットが非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼすことはない。</p> <p>また、竜巻防護ネットは液体を内包する構造でないため、溢水の原因とはならない。</p> <p>(3)外部電源喪失                      設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷又はダウンバースト等の</p>	<p>6. 竜巻随伴事象に対する評価                      (1)火災                      竜巻随伴事象として、建屋外については、発電所敷地内の屋外にある危険物貯蔵施設等の火災がある。火災源と竜巻防護ネットの位置関係を踏まえて火災の影響を評価（「6条（外部火災）」により評価）した上で、竜巻防護ネットが原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>また、竜巻防護ネットは発火性、引火性のある物質を使用しないため、火災の原因とはならない。</p> <p>(2)溢水                      建屋外については、設計竜巻による飛来物の衝突による屋外タンク等の破損に伴う溢水を想定されるが、竜巻防護ネットは構造上、溢水により機能を損なわないため、溢水により竜巻防護ネットが原子炉補機冷却海水ポンプ等に波及的影響を及ぼすことはない。</p> <p>また、竜巻防護ネットは液体を内包する構造でないため、溢水の原因とはならない。</p> <p>(3)外部電源喪失                      設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷又はダウンバースト等の</p>	<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設置状況の相違</li> <li>・泊は防護ネットが屋内設置であることによる想定事象の相違。</li> </ul>

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>影響により外部電源喪失が想定されるが、竜巻防護ネットは、電源を用いておらず、外部電源喪失の影響を受けないため<b>非常用海水ポンプ等</b>に波及的影響を及ぼすことはない。また、竜巻防護ネットは飛来物化せず、送電網に関する施設等を損傷させることはないから、外部電源喪失の原因とならない。</p> <p>7. 竜巻防護ネットの維持管理について                  竜巻防護ネットは、<b>非常用海水ポンプ等</b>を竜巻による飛来物から防護する機能及び、<b>非常用海水ポンプ等</b>に波及的影響を与えないための設備であることから、設置環境や、部材の劣化、故障モード等を踏まえた管理基準を定め、保全計画を策定し、点検を実施することにより、適切に設備の維持管理を実施する。  <b>非常用海水ポンプ等</b>の点検時には、竜巻防護ネットの<b>フレーム</b>の取外し、取付けを実施することから、接続部（<b>可動支承等</b>）の健全性を確認して据付を実施する。                  また、予備品の確保等により、部材が損傷した場合であっても、速やかに補修が行えるようにする。</p>	<p>影響により外部電源喪失が想定されるが、竜巻防護ネットは、電源を用いておらず、外部電源喪失の影響を受けないため<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>に波及的影響を及ぼすことはない。また、竜巻防護ネットは飛来物化せず、送電網に関する施設等を損傷させることはないから、外部電源喪失の原因とならない。</p> <p>7. 竜巻防護ネットの維持管理について                  竜巻防護ネットは、<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>を竜巻による飛来物から防護する機能及び、<b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>に波及的影響を与えないための設備であることから、設置環境や部材の劣化、故障モード等を踏まえた管理基準を定め、保全計画を策定し、点検を実施することにより、適切に設備の維持管理を実施する。  <b>原子炉補機冷却海水ポンプ等</b>の点検時には、竜巻防護ネットの取外し、取付けを実施することから、接続部の健全性を確認して据付を実施する。                  また、予備品の確保等により、部材が損傷した場合であっても、速やかに補修が行えるようにする。</p>	<p>【女川】                  ・竜巻防護設備の構造の相違。                  ・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。                  ・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川の竜巻防護ネットの可動支承のような可動式の機構を持たせる必要はない。                  ・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</p>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>8. 設置許可段階と工認段階における説明内容</p> <p>設置許可段階では、STEP1 及びSTEP2 の評価のとおり、竜巻防護ネットの構造成立性に係る代表的な評価結果をもって、構造成立性の見通しを説明した。詳細設計段階では、設置許可断面の評価を踏まえて詳細設計を行い、改めて竜巻防護ネットの強度計算結果を説明する。                      (別紙6参照)</p>	<p>8. 設置許可段階と工認段階における説明内容</p> <p>設置許可段階では、竜巻防護ネットの構造成立性に係る設計方針を説明した。詳細設計段階では、設置許可断面の設計方針を踏まえて詳細設計を行い、竜巻防護ネットの強度計算結果を説明する。</p>	<p>【女川】                      設置許可と設工認での記載方針の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																								
	別紙 1																										
	<p>竜巻防護ネットの設計方針に関する先行プラントとの比較</p> <p>竜巻防護ネットの設計方針等について、先行プラントと比較した結果を表1に整理する。構成部材のうち、ネット（金網部）と防護板は先行プラントと構造設計の相違がないが、ゴム支承及び可動支承を用いることで先行プラントと支持部材が異なることを踏まえて、支持部材に対する設計方針について比較を実施した。</p>																										
	<p>表1 竜巻に対する設計の基本方針、竜巻防護ネットの設計方針等の比較</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">プラント</th> <th style="width: 30%;">女川</th> <th style="width: 30%;">(参考) 東海第二</th> <th style="width: 25%;">差異理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>竜巻に対する設計の基本方針</td> <td>竜巻飛来物防護対策設備は、竜巻防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 (主とめ資料:1.8.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋)</td> <td>竜巻飛来物防護対策設備は、防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 【設備変更許可申請書（一部補正）1.7.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋】</td> <td>差異無し</td> </tr> <tr> <td>竜巻防護ネットの設計方針</td> <td>竜巻防護ネットは、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する非常用海水ポンプ等が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が非常用海水ポンプ等に衝突することを防止可能な設計とする。 また、竜巻防護ネットは、その他考えられる自然現象に対して、非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさない設計とする。</td> <td>防護対策施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物等が外部事象防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とする。 また、防護対策施設は、その他考えられる自然現象（地震等）に対して、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。 【工藤 V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針 2.1.3 竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計方針 c. 防護対策施設】</td> <td>設備名称の相違</td> </tr> <tr> <td>支持部材の設計方針</td> <td>支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。</td> <td>架橋は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、飛来物が架橋を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護網板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、架橋を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする 【工藤 V-9-別添 1-2 防護対策施設の強度計算の方針 2.2 構造強度の設計方針 (3) 架橋】</td> <td>部材名称の相違 設備名称の相違</td> </tr> <tr> <td>支持機能を担持する部材</td> <td>フレーム、大梁、ブACKET、ゴム支承、可動支承、ストッパ</td> <td>架橋</td> <td>支持構造の相違</td> </tr> <tr> <td>支持部材に対する評価項目</td> <td>貫通評価及び支持機能評価</td> <td>貫通評価及び支持機能評価</td> <td>差異無し</td> </tr> </tbody> </table>	プラント	女川	(参考) 東海第二	差異理由	竜巻に対する設計の基本方針	竜巻飛来物防護対策設備は、竜巻防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 (主とめ資料:1.8.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋)	竜巻飛来物防護対策設備は、防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 【設備変更許可申請書（一部補正）1.7.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋】	差異無し	竜巻防護ネットの設計方針	竜巻防護ネットは、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する非常用海水ポンプ等が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が非常用海水ポンプ等に衝突することを防止可能な設計とする。 また、竜巻防護ネットは、その他考えられる自然現象に対して、非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさない設計とする。	防護対策施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物等が外部事象防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とする。 また、防護対策施設は、その他考えられる自然現象（地震等）に対して、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。 【工藤 V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針 2.1.3 竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計方針 c. 防護対策施設】	設備名称の相違	支持部材の設計方針	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	架橋は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、飛来物が架橋を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護網板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、架橋を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする 【工藤 V-9-別添 1-2 防護対策施設の強度計算の方針 2.2 構造強度の設計方針 (3) 架橋】	部材名称の相違 設備名称の相違	支持機能を担持する部材	フレーム、大梁、ブACKET、ゴム支承、可動支承、ストッパ	架橋	支持構造の相違	支持部材に対する評価項目	貫通評価及び支持機能評価	貫通評価及び支持機能評価	差異無し		
プラント	女川	(参考) 東海第二	差異理由																								
竜巻に対する設計の基本方針	竜巻飛来物防護対策設備は、竜巻防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 (主とめ資料:1.8.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋)	竜巻飛来物防護対策設備は、防護ネット、防護網板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。 【設備変更許可申請書（一部補正）1.7.2.1設計方針(1) 竜巻に対する設計の基本方針より抜粋】	差異無し																								
竜巻防護ネットの設計方針	竜巻防護ネットは、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する非常用海水ポンプ等が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が非常用海水ポンプ等に衝突することを防止可能な設計とする。 また、竜巻防護ネットは、その他考えられる自然現象に対して、非常用海水ポンプ等に波及的影響を及ぼさない設計とする。	防護対策施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、内包する外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物等が外部事象防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とする。 また、防護対策施設は、その他考えられる自然現象（地震等）に対して、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。 【工藤 V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針 2.1.3 竜巻の影響を考慮する施設の竜巻防護設計方針 c. 防護対策施設】	設備名称の相違																								
支持部材の設計方針	支持部材は設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が防護部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないために、支持部材を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする。	架橋は、設計竜巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が外部事象防護対象施設へ衝突することを防止するために、飛来物が架橋を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護網板を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないために、架橋を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とする 【工藤 V-9-別添 1-2 防護対策施設の強度計算の方針 2.2 構造強度の設計方針 (3) 架橋】	部材名称の相違 設備名称の相違																								
支持機能を担持する部材	フレーム、大梁、ブACKET、ゴム支承、可動支承、ストッパ	架橋	支持構造の相違																								
支持部材に対する評価項目	貫通評価及び支持機能評価	貫通評価及び支持機能評価	差異無し																								
	<p>女川2号炉の竜巻防護ネットは、先行プラントと支持構造に相違はあるが、「竜巻に対する設計の基本方針」、「竜巻防護ネットの設計方針」、「支持部材の設計方針」、「評価項目」に対して、先行プラントとの相違はないことを確認した。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・女川における別紙-1は、竜巻防護ネットの支持部材にゴム支承及び可動支承を介して支持したフレームに電中研で開発した竜巻防護ネットを固定する設置方法を採用したことによる設計方針の比較を目的とした資料と考えた。</li> <li>・泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様に鉄骨構造の架構に電中研で開発した竜巻防護ネットを固定して支持することから、設計方針の比較は必要ないと考え、本資料は作成していない。</li> <li>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</li> </ul>																								

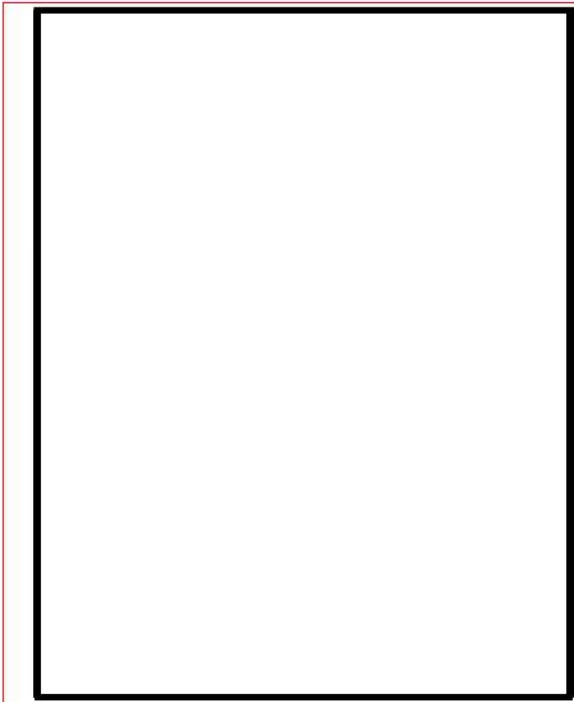
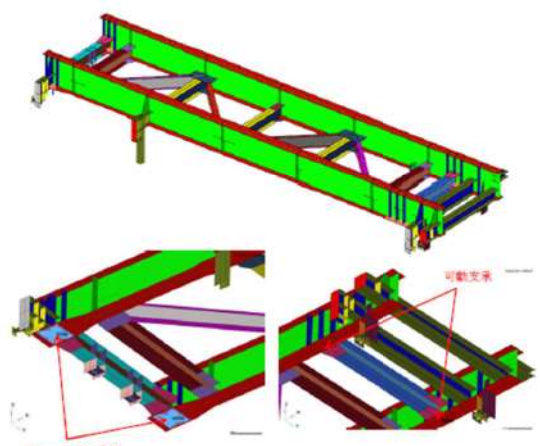
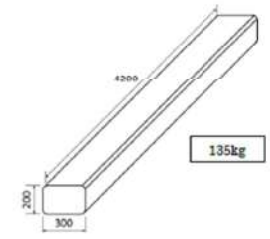
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: center;">別紙5</p> <p style="text-align: center;">金網を支える鉄骨構造物への衝突評価</p> <p>1. 海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備について</p> <p>1.1 基本構造について</p> <p>金網を支える鉄骨構造物の設計に当たっては、400mm×400mm、横板t21mm、縦板t13mmのH型钢を用い、側面については海水ポンプ室の両サイドに槽を組み、鋼製材による貫通破損を防止するために槽の側面外側に厚さ11mm以上の鋼板を設置する設計としている。海水ポンプ室上部については、H型钢を槽状もしくは上下2段の梯子状に組んだ梁を渡し、その上にH型钢等によるフレームに締結した金網を設置する設計としている。</p> <p>上記の構造から、海水ポンプ上部の鉄骨構造物に飛来物が衝突することを想定し、その際、衝突部の部材が破断したりすることがないような確認を行い、防護用の構造物が落下などにより、海水ポンプ等に影響しないことを確認した。</p> <p>1.2 評価方針について</p> <p>海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備の概略図を図1に示す。影響評価として、図1の天井梁①及び柱②への箇所へ設計飛来物が衝突することを想定し、部材が破断したりすることがないこと、及び防護用構造物の落下等により、海水ポンプ等に影響しないことを確認した。</p> <p>衝突箇所の選定については、保守的な評価となるよう、梁および柱に直接飛来物が衝突するケースを選定した。</p>	<p style="text-align: center;">別紙2</p> <p style="text-align: center;">支持部材の評価方法について</p> <p>1. 基本方針</p> <p>設計飛来物がフレームに衝突した際の貫通評価及び支持機能評価は、フレーム及び設計飛来物である鋼製材をLS-DYNAによりモデル化し、衝突解析により実施する。</p> <p>設計飛来物がフレームに衝突した際には可動支承を介して大梁、大梁ゴム支承ブラケット、ブラケットアンカーボルトに荷重が伝達されるため、LS-DYNAにより算出される可動支承に作用する反力を用いてDYNA2E（耐震評価と同様の解析モデル）により大梁、大梁ゴム支承、ブラケット、ブラケットアンカーボルトの応力評価を実施する。</p> <p>2. 解析モデル</p> <p>LS-DYNAにおけるモデル化対象はフレーム及び鋼製材とする。フレームゴム支承、可動支承は各STEPにおいて設定した結合条件を設定する。</p> <p>LS-DYNAによる解析モデルを図1に示す。また、設計飛来物の鋼製材を図2に、鋼製材の緒元について、表1に示す。</p> <p>DYNA2Eにおけるモデル化対象は耐震評価と同様とし、フレーム、大梁、フレームゴム支承、大梁ゴム支承、可動支承とする。各部材は梁要素でモデル化し、ゴム支承は線形ばね要素でモデル化する。解析モデルを図3に示す。なお、解析モデルの詳細は、詳細設計により変更もあり得る。</p> <p>3. 評価方法</p> <p>LS-DYNAにより、フレームに設計飛来物が衝突した被衝突部に対し、ひずみ量を算出し、ひずみ量評価を実施する。</p> <p>また、LS-DYNAにより可動支承の水平方向/鉛直上向き/鉛直下向きに作用するピーク反力を算出し、DYNA2Eの解析モデルに入力して、各部材の応力評価を実施する(図4参照)。フレームの位置により大梁以降に発生する応力が異なるため、DYNA2Eにて反力を入力するフレームは端部と中央に存在する2つを選定する。</p> <p>飛来物衝突後の竜巻による風荷重に対して、フレームが落下しないことを確認するため、フレームゴム支承及び可動支承に対し、竜巻風荷重に対する支持機能評価を実施する。</p> <p>評価条件は、飛来物衝突時の荷重にて、許容限界を超える部材が確認された支承については、飛来物衝突後に負荷される竜巻の風荷重を負担しないものとする。(風荷重による荷重が各支承に分散されない設定とすることで、残存する支承に対し厳しい評価となる。)</p> <p>また、竜巻による風荷重は、フレームの形状により決まる受圧面積と風力係数から算出し、風荷重が静的に負荷される条件で評価を実施する。</p> <p>飛来物衝突後の風荷重に対する評価モデルを図5に示す。</p>		<p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・大飯は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアにH型钢で槽を設置し、槽にネット、防護板を設置する構造としている。</li> <li>・泊においては、大飯と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、大飯で採用している槽を設置する必要はない。</li> <li>・本資料は、槽の設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、槽を設置しないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> </ul> <p>(竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針)</p> <p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネット</li> </ul>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																								
 <p>図1 海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備概略図</p>	 <p>図1 LS-DYNA 解析モデル</p>  <p>図2 設計飛来物（鋼製材）</p>		<p>トは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</p> <p>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</p> <p>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</p> <p>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</p> <p>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</p>																																								
<p>1.3 評価条件</p> <p>飛来物の仕様を表1に、海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備架台の仕様を表2に示す。</p> <table border="1" data-bbox="134 1053 627 1133"> <caption>表1 飛来物の仕様</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛来物の種類</th> <th rowspan="2">質量(kg)</th> <th colspan="2">衝突速度</th> </tr> <tr> <th>水平速度 <math>V_h</math>(m/s)</th> <th>鉛直速度 <math>V_v</math>(m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鋼製材</td> <td>135</td> <td>57</td> <td>38</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="112 1141 649 1197"> <caption>表2 海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備架台の仕様</caption> <thead> <tr> <th>材質</th> <th>寸法(mm)</th> <th>ヤング率(N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>設計基準強度(N/mm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SN490B</td> <td>400×400×13×21</td> <td>2.05×10<sup>5</sup></td> <td>325<sup>a</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 鋼構造設計基準より引用</p> <p>枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。</p>	飛来物の種類	質量(kg)	衝突速度		水平速度 $V_h$ (m/s)	鉛直速度 $V_v$ (m/s)	鋼製材	135	57	38	材質	寸法(mm)	ヤング率(N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> )	SN490B	400×400×13×21	2.05×10 <sup>5</sup>	325 <sup>a</sup>	<table border="1" data-bbox="716 1069 1299 1436"> <caption>表1 設計飛来物の諸元</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>種類</td> <td>鋼製材</td> </tr> <tr> <td>形状(mm)</td> <td>200×300×4200</td> </tr> <tr> <td>重量(kg)</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>衝突速度(m/s)</td> <td>水平：46.6 鉛直：16.7</td> </tr> <tr> <td>要素タイプ</td> <td>シェル要素</td> </tr> <tr> <td>ひずみ速度依存性</td> <td>NEI07-13のDIF</td> </tr> <tr> <td>破断ひずみ</td> <td>0.14/TF, TF=1 (破断ひずみを超えても要素を消去しない)</td> </tr> <tr> <td>質量密度</td> <td>7.85 ton/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>縦弾性係数</td> <td>2.05×10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>ポアソン比</td> <td>0.3</td> </tr> </tbody> </table>	項目	諸元	種類	鋼製材	形状(mm)	200×300×4200	重量(kg)	135	衝突速度(m/s)	水平：46.6 鉛直：16.7	要素タイプ	シェル要素	ひずみ速度依存性	NEI07-13のDIF	破断ひずみ	0.14/TF, TF=1 (破断ひずみを超えても要素を消去しない)	質量密度	7.85 ton/m <sup>3</sup>	縦弾性係数	2.05×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>	ポアソン比	0.3		
飛来物の種類			質量(kg)	衝突速度																																							
	水平速度 $V_h$ (m/s)	鉛直速度 $V_v$ (m/s)																																									
鋼製材	135	57	38																																								
材質	寸法(mm)	ヤング率(N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> )																																								
SN490B	400×400×13×21	2.05×10 <sup>5</sup>	325 <sup>a</sup>																																								
項目	諸元																																										
種類	鋼製材																																										
形状(mm)	200×300×4200																																										
重量(kg)	135																																										
衝突速度(m/s)	水平：46.6 鉛直：16.7																																										
要素タイプ	シェル要素																																										
ひずみ速度依存性	NEI07-13のDIF																																										
破断ひずみ	0.14/TF, TF=1 (破断ひずみを超えても要素を消去しない)																																										
質量密度	7.85 ton/m <sup>3</sup>																																										
縦弾性係数	2.05×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>																																										
ポアソン比	0.3																																										



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>1.4 評価モデルについて</p> <p>海水ポンプ室竜巻飛来物防護対策設備架台の基本構造を図2に示す。</p> <p>対策設備はトラス構造をしているが、評価では、トラス構造を加味*した単純梁にモデル化し、発生応力及び撓み量を算出する。</p> <p>※ 基本的な評価手法は単純梁だが、部分的にトラス構造の数値を採用する。</p> <p>具体的には、以下の2点をトラス構造の数値を採用。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 周波数（14.3Hz）</li> <li>・ 断面係数（ただし、斜材・束材は考慮しない。詳細は図4参照）</li> </ul> <div data-bbox="85 523 683 687" style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">図2 竜巻防護施設の断面図</p> <div data-bbox="85 778 683 1220"> <p style="text-align: center;">鉛直方向評価モデル</p> <p style="text-align: center;">水平方向評価モデル</p> <p style="text-align: center;">図3 評価モデル（海水ポンプ竜巻防護施設）</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">                 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。             </div> </div>	<div data-bbox="716 151 1310 774"> <p style="text-align: center;">図3 DYNAGEの解析モデル図（1/2）</p> <p>注）▲印はゴム支束を示す。△印は可動支束を示す。                  各点数字は節点番号を示す。                  大梁ゴム支束の節点番号：121, 122, 131, 132                  フレームゴム支束の節点番号：1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91                  可動支束の節点番号：7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97                  *印の断面性能はL2とL3の平均値とする。</p> </div>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

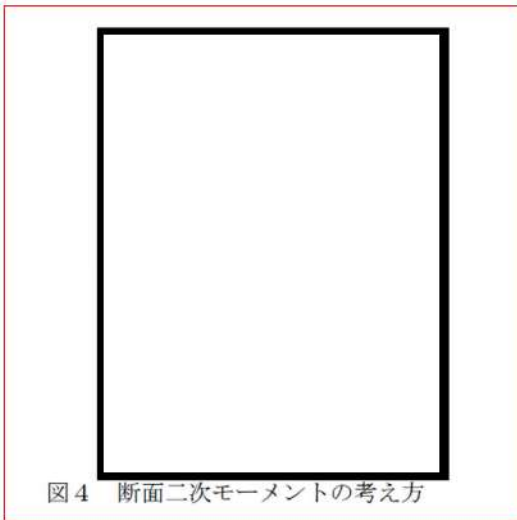
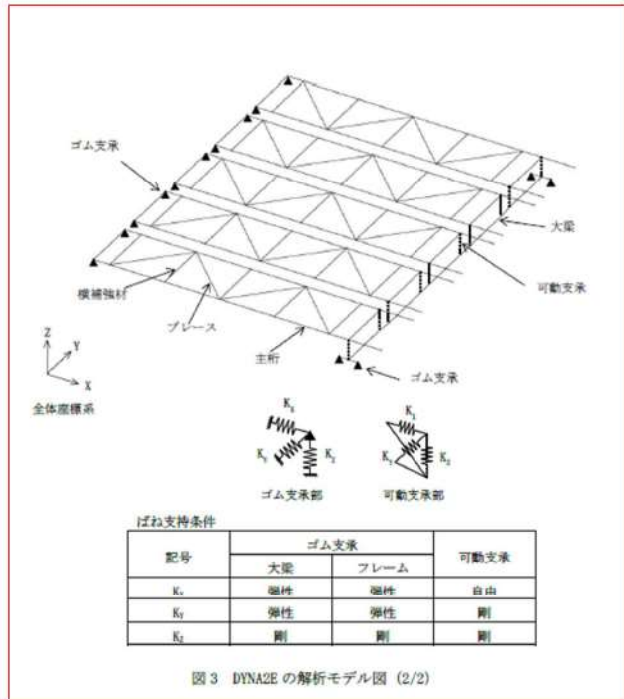


図4 断面二次モーメントの考え方



ばね支持条件

記号	ゴム支承		可動支承
	大梁	フレーム	
Kx	弾性	弾性	自由
Ky	弾性	弾性	剛
Kz	剛	剛	剛

図3 DYNAGEの解析モデル図(2/2)

1.5 評価内容

1.5.1 鉛直方向評価

a. 衝突荷重の算出

梁に作用する荷重Fを運動量と力積の関係から算出する。荷重と時間の関係は図5に示すように、signカーブと仮定し、積分計算により力積を算出する。

$$m \cdot v = \frac{F \cdot \Delta T}{\pi/2} \dots (1)$$

ここで、

m：鋼製材の質量

v：鉛直方向の衝突速度

$\Delta T$ ：架構の一次固有周期の1/4

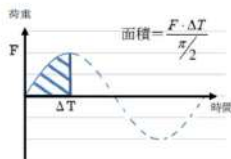


図5 荷重と時間の関係

b. 発生応力及び撓み量の算出

a) 曲げ応力の算出

曲げ応力を下式により算出する。

$$\sigma_M = \sigma_1 + \sigma_2 \dots (2)$$

ここで、 $\sigma_1$ は飛来物による曲げ応力、 $\sigma_2$ は自重による曲げ応力であり、それぞれ下式により算出する。

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{Z} \dots (3)$$

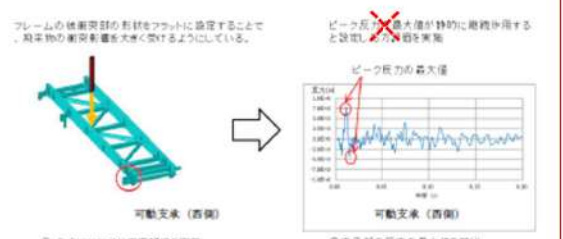
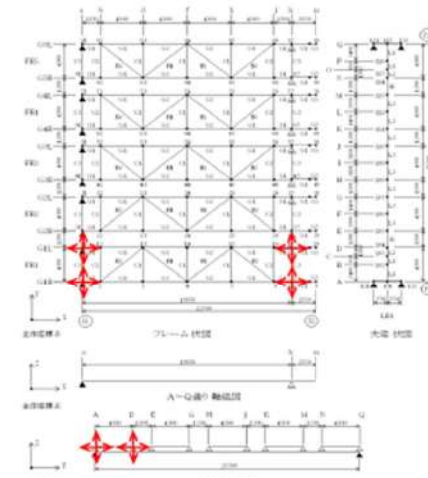
$M_1$ ：飛来物による曲げモーメント

$$M_1 = \frac{F \cdot L}{4} \dots (4)$$

Z：断面係数

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p><math display="block">\sigma_2 = \frac{M_2}{Z} \dots (5)</math></p> <p><math>M_2</math>：自重による曲げモーメント</p> <p><math display="block">M_2 = \frac{w \cdot L^2}{8} \dots (6)</math></p> <p>b)せん断応力の算出                  せん断応力を下式により算出する。  <math display="block">\sigma_r = \sigma_{r1} + \sigma_{r2} \dots (7)</math>                 ここで、<math>\sigma_{r1}</math>は飛来物によるせん断応力、<math>\sigma_{r2}</math>は自重によるせん断応力であり、それぞれ下式により算出する。  <math display="block">\sigma_{r1} = \frac{F/2}{A} \dots (8)</math> <math display="block">\sigma_{r2} = \frac{w \cdot L/2}{A} \dots (9)</math></p> <p>c) 撓み量の算出                  撓み量を下式により算出する  <math display="block">\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 \dots (10)</math>                 ここで、<math>\delta_1</math>は飛来物の衝突による撓み量、<math>\delta_2</math>は鋼材の自重による撓み量であり、それぞれ下式により算出する。  <math display="block">\delta_1 = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \dots (11)</math> <math display="block">\delta_2 = \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \dots (12)</math>                 E：縦弾性係数                  I：断面2次モーメント</p>	<p>フレームの被衝面側の形状をフットに設定することで、飛来物の衝突荷重を大きく変けるようにしている。</p> <p>ピーク応力が最大値が特的に継続作用すると設定し、応力履歴を算出</p>  <p>可動支束（西側）</p> <p>DL5-DYNALによる衝突解析を実施</p> <p>◎主梁部の応力の最大値を算出</p>  <p>図4 応力等の算出方法（例）</p>		
<p>1.5.2 水平方向評価</p> <p>a.衝突荷重                  鉛直方向と同様、(1)式より算出する。</p> <p>b.風荷重                  風荷重を下式により算出する。  <math display="block">P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A \dots (13)</math>                 q：設計用速度圧  <math display="block">q = 1/2 \cdot \rho \cdot V_D^2</math>                 V<sub>D</sub>：最大風速                  G：ガスト影響係数                  C：風力係数                  A：受圧面積</p> <p>なお、受圧面積については、図6に示すように両隣の柱の間に設置されている鋼製の半分を柱一本が負担するものとする。</p>	<p>風荷重の負担を期待しない*                  *フレームゴム支束（兼物）</p> <p>竜巻風荷重                  100m/s</p> <p>※風荷重による荷重が各支束に分散されないため、残存する支束に対し厳しい評価となる。</p> <p>図5 飛来物衝突後の風荷重に対する評価モデル（イメージ）</p> <p>4. フレーム及び大梁の部材断面寸法                  表2に部材の断面寸法の一覧を示す。また、図6に断面寸法の記号説明図を示す。</p>		



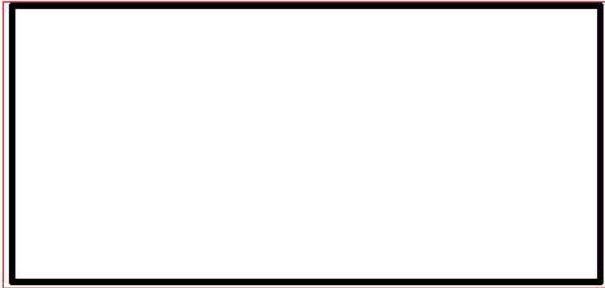
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由



c.発生応力及び撓み量

a)曲げ応力

曲げ応力を下式により算出する。

$$\sigma_M = \sigma_1 + \sigma_2 \dots (14)$$

ここで、 $\sigma_1$ は飛来物による曲げ応力、 $\sigma_2$ は風荷重による曲げ応力であり、それぞれ下式により算出する。

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{Z} \dots (15)$$

$M_1$ ：飛来物による曲げモーメント

$Z$ ：断面係数

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z} \dots (16)$$

$M_2$ ：風荷重による曲げモーメント

b)せん断応力の算出

せん断応力を下式により算出する。

$$\sigma_r = \sigma_{r1} + \sigma_{r2} \dots (17)$$

ここで、 $\sigma_{r1}$ は飛来物によるせん断応力、 $\sigma_{r2}$ は荷重によるせん断応力であり、それぞれ下式により算出する。

$$\sigma_{r1} = \frac{F/2}{A} \dots (18)$$

$$\sigma_{r2} = \frac{w/2 \cdot L}{A} \dots (19)$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

c)撓み量

撓み量を下式により算出する。

$$\delta_{Max} = \delta_1 + \delta_2 \dots (20)$$

ここで、 $\delta_1$ は飛来物の衝突による撓み量、 $\delta_2$ は風荷重による撓み量であり、それぞれ下式により算出する。

$$\delta_1 = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} \dots (21)$$

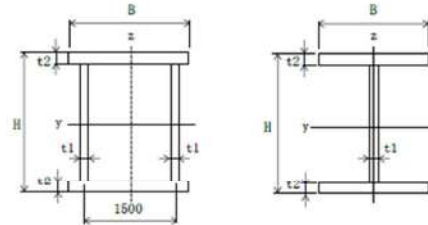
$E$ ：縦弾性係数

$I$ ：断面2次モーメント

$$\delta_2 = \frac{w/2 \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I} \dots (22)$$

表2 部材断面寸法

部材	記号	材質	断面寸法 (mm)				
			H	B	t1	t2	
大梁	L1	SM490A	1300	1580	32	40	
	L2	SM520B	1300	1580	40	40	
	L3	SM520B	1500	1580	40	40	
フレーム	主桁	G1	SM490A	1000	450	19	25
		G2	SM490A	1000	560	19	25
		G3	SM490A	900	450	19	25
	横補強材	C1	SM400A	400	400	19	22
		C2	SM490A	400	400	19	22
		C3	SM490A	400	400	19	25
	ブレース	B1	SS400	400	200	8	13
		B2	SM400A	400	200	9	22



(a) 大梁 (b) 主桁、横補強材、ブレース

図6 部材断面寸法の記号説明図

5.フレーム及び大梁の部材剛性

表3に解析に用いる部材剛性の一覧を示す。

表3 部材剛性

部材	記号	A (cm <sup>2</sup> )	Iz (cm <sup>4</sup> )	Iy (cm <sup>4</sup> )	Ix (cm <sup>4</sup> )	Asy (cm <sup>2</sup> )	Asz (cm <sup>2</sup> )	
大梁	L1	2,045	7,020,000	5,990,000	9,300,000	1,264	780.8	
	L2	2,240	8,120,000	6,230,000	10,400,000	1,264	976.0	
	L3	2,400	9,020,000	8,650,000	13,000,000	1,264	1,136	
フレーム	主桁	G1	405.5	38,000	671,000	688	225.0	180.5
		G2	460.5	73,200	801,000	801	280.0	180.5
		G3	386.5	38,000	528,000	663	225.0	161.5
	横補強材	C1	243.6	23,500	70,100	365	176.0	67.64
		C2	243.6	23,500	70,100	365	176.0	67.64
		C3	286.5	28,700	77,200	497	200.0	66.50
	ブレース	B1	83.37	-	-	-	-	-
		B2	120.0	-	-	-	-	-

A：断面積  
 Iz：部材z軸周りの断面2次モーメント  
 Iy：部材y軸周りの断面2次モーメント  
 Ix：ねじり剛性  
 Asy：部材y軸方向のせん断断面積  
 Asz：部材z軸方向のせん断断面積  
 部材軸方向の定義は図2に示すとおりである。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																									
<p>1.6 評価結果                      評価結果を表3に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 50px; margin: 10px 0;"></div> <p>※支柱が壊れた場合において、機器との接触がないことを確認した。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 10px auto;">                     挿入面の範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。                 </div>	<p>6. 材料定数                      鋼材の材料定数を表4に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">表4 鋼材の材料定数</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>材料</th> <th>ヤング率 (N/mm<sup>2</sup>)</th> <th>ポアソン比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鋼材</td> <td style="text-align: center;">2.03×10<sup>8</sup></td> <td style="text-align: center;">0.3</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>7. ゴム支承及び可動支承の仕様                      ゴム支承の設計仕様を表5に示す。                      可動支承の設計仕様を表6に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">表5 ゴム支承の設計仕様</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th>ブラケット</th> <th>フレーム/隔壁</th> </tr> <tr> <th>接続部</th> <th>接続部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>支承種類</td> <td colspan="2">地震時水平力分散型ゴム支承</td> </tr> <tr> <td>ゴム体種類</td> <td colspan="2">天然ゴム(NR)</td> </tr> <tr> <td>ゴム体有効平面寸法(mm)</td> <td style="text-align: center;">800×800</td> <td style="text-align: center;">550×550</td> </tr> <tr> <td>総ゴム厚(mm)</td> <td style="text-align: center;">192</td> <td style="text-align: center;">135</td> </tr> <tr> <td>(ゴム厚(mm)×層数)</td> <td style="text-align: center;">(24×8層)</td> <td style="text-align: center;">(15×9層)</td> </tr> <tr> <td>せん断弾性係数(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td style="text-align: center;">1.0(G10)</td> <td style="text-align: center;">1.2(G12)</td> </tr> <tr> <td>一次形状係数</td> <td style="text-align: center;">8.33</td> <td style="text-align: center;">9.17</td> </tr> <tr> <td>二次形状係数</td> <td style="text-align: center;">4.17</td> <td style="text-align: center;">4.07</td> </tr> <tr> <td>水平剛性(kN/mm)</td> <td style="text-align: center;">3.333</td> <td style="text-align: center;">2.689</td> </tr> <tr> <td>鉛直剛性(kN/mm)</td> <td style="text-align: center;">972</td> <td style="text-align: center;">863</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表6 可動支承の設計仕様</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th rowspan="2">材質</th> <th colspan="2">仕様</th> </tr> <tr> <th>配合</th> <th>物性値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">すべり材</td> <td rowspan="6">ポリアミド MC703HL</td> <td>配合</td> <td>ポリアミド樹脂 90%以上 固形潤滑材 10%以下</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">物性値</td> <td>引張強度(N/mm<sup>2</sup>)</td> <td>60~70 ASTM D-638</td> </tr> <tr> <td>伸び(%)</td> <td>15~25 ASTM D-638</td> </tr> <tr> <td>比重</td> <td>1.11</td> </tr> <tr> <td>表面粗さ</td> <td>Rz 25μ以下</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ステンレス SUS304 SUS316</td> <td>材料規格</td> <td>JIS G 4304 JIS G 4305</td> </tr> <tr> <td>表面処理</td> <td>JIS G 4305 No2B</td> </tr> <tr> <td>圧縮ゴム</td> <td>クロロプレン 系合成ゴム C08</td> <td>材料規格</td> <td>JIS K 6383</td> </tr> <tr> <td>鋼材 (ピストン ベースポッド レール等)</td> <td>SS400 SM490</td> <td>材料規格</td> <td>JIS G 3101 JIS G 3106</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>8. 各部の評価方法                      (1)大梁及びブラケットの応力評価                      大梁及びブラケットの断面評価は次式によって行う。                      鋼材の基準強度及び式中の各許容応力の算出方法を(a)~(e)に示す。</p>	材料	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	鋼材	2.03×10 <sup>8</sup>	0.3	項目	ブラケット	フレーム/隔壁	接続部	接続部	支承種類	地震時水平力分散型ゴム支承		ゴム体種類	天然ゴム(NR)		ゴム体有効平面寸法(mm)	800×800	550×550	総ゴム厚(mm)	192	135	(ゴム厚(mm)×層数)	(24×8層)	(15×9層)	せん断弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )	1.0(G10)	1.2(G12)	一次形状係数	8.33	9.17	二次形状係数	4.17	4.07	水平剛性(kN/mm)	3.333	2.689	鉛直剛性(kN/mm)	972	863	項目	材質	仕様		配合	物性値	すべり材	ポリアミド MC703HL	配合	ポリアミド樹脂 90%以上 固形潤滑材 10%以下	物性値	引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	60~70 ASTM D-638	伸び(%)	15~25 ASTM D-638	比重	1.11	表面粗さ	Rz 25μ以下	ステンレス SUS304 SUS316	材料規格	JIS G 4304 JIS G 4305	表面処理	JIS G 4305 No2B	圧縮ゴム	クロロプレン 系合成ゴム C08	材料規格	JIS K 6383	鋼材 (ピストン ベースポッド レール等)	SS400 SM490	材料規格	JIS G 3101 JIS G 3106		
材料	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比																																																																										
鋼材	2.03×10 <sup>8</sup>	0.3																																																																										
項目	ブラケット	フレーム/隔壁																																																																										
	接続部	接続部																																																																										
支承種類	地震時水平力分散型ゴム支承																																																																											
ゴム体種類	天然ゴム(NR)																																																																											
ゴム体有効平面寸法(mm)	800×800	550×550																																																																										
総ゴム厚(mm)	192	135																																																																										
(ゴム厚(mm)×層数)	(24×8層)	(15×9層)																																																																										
せん断弾性係数(N/mm <sup>2</sup> )	1.0(G10)	1.2(G12)																																																																										
一次形状係数	8.33	9.17																																																																										
二次形状係数	4.17	4.07																																																																										
水平剛性(kN/mm)	3.333	2.689																																																																										
鉛直剛性(kN/mm)	972	863																																																																										
項目	材質	仕様																																																																										
		配合	物性値																																																																									
すべり材	ポリアミド MC703HL	配合	ポリアミド樹脂 90%以上 固形潤滑材 10%以下																																																																									
		物性値	引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	60~70 ASTM D-638																																																																								
			伸び(%)	15~25 ASTM D-638																																																																								
			比重	1.11																																																																								
			表面粗さ	Rz 25μ以下																																																																								
		ステンレス SUS304 SUS316	材料規格	JIS G 4304 JIS G 4305																																																																								
表面処理	JIS G 4305 No2B																																																																											
圧縮ゴム	クロロプレン 系合成ゴム C08	材料規格	JIS K 6383																																																																									
鋼材 (ピストン ベースポッド レール等)	SS400 SM490	材料規格	JIS G 3101 JIS G 3106																																																																									

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																				
	<p>・圧縮応力と部材y, z軸（図6参照）周りの曲げ応力の組合せ評価</p> $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_{by}}{f_{by}} + \frac{\sigma_{bz}}{f_{bz}} \leq 1$ <p>・せん断応力の評価</p> $\tau \leq f_s$ <p>・垂直応力とせん断応力の組合せ評価</p> $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \leq f_t$ <p><math>\sigma_c</math>：圧縮応力 <math>\sigma_c=N/A</math>  <math>N</math>：軸力  <math>A</math>：断面積  <math>\sigma_{by}</math>：部材y軸周りの曲げ応力 <math>\sigma_{by}=M_y/Z_y</math>  <math>M_y</math>：部材y軸周りの曲げモーメント  <math>Z_y</math>：部材y軸周りの断面係数  <math>\sigma_{bz}</math>：部材z軸周りの曲げ応力 <math>\sigma_{bz}=M_z/Z_z</math>  <math>M_z</math>：部材z軸周りの曲げモーメント  <math>Z_z</math>：部材z軸周りの断面係数  <math>\tau</math>：せん断応力 <math>\tau=Q/A</math>  <math>Q</math>：せん断力  <math>A</math>：せん断断面積  <math>\sigma_x, \sigma_y</math>：互いに直交する垂直応力  <math>\tau_{xy}</math>：<math>\sigma_x, \sigma_y</math>の作用する面内せん断応力  <math>f_c</math>：許容圧縮応力  <math>f_{by}</math>：部材y軸周りの許容曲げ応力  <math>f_{bz}</math>：部材z軸周りの許容曲げ応力  <math>f_s</math>：許容せん断応力  <math>f_t</math>：許容引張応力</p> <p>(a) 鋼材の基準強度</p> <p>次の計算式により算出した値とする。表7に使用鋼材の設計降伏点<math>S_y</math>及び設計引張強さ<math>S_u</math>を示す。</p> $F = \text{MIN} (1.2S_y, 0.7S_u)$ <p><math>F</math>：鋼材の基準強度 (MPa)  <math>S_y</math>：「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に規定される鋼材の設計降伏点 (MPa)  <math>S_u</math>：「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に規定される鋼材の設計引張強さ (MPa)</p> <p>表7 使用鋼材の設計降伏点及び設計引張強さ</p> <table border="1" data-bbox="725 1283 1319 1398"> <thead> <tr> <th>鋼材の種類</th> <th>評価用温度 (°C)</th> <th>板厚 t (mm)</th> <th>設計降伏点 <math>S_y</math> (MPa)</th> <th>設計引張強さ <math>S_u</math> (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS400, SM400A</td> <td>40</td> <td>t ≤ 40</td> <td>235</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>SM490A</td> <td>40</td> <td>t ≤ 40</td> <td>315</td> <td>490</td> </tr> <tr> <td>SM520B</td> <td>40</td> <td>t ≤ 40</td> <td>355</td> <td>520</td> </tr> </tbody> </table>	鋼材の種類	評価用温度 (°C)	板厚 t (mm)	設計降伏点 $S_y$ (MPa)	設計引張強さ $S_u$ (MPa)	SS400, SM400A	40	t ≤ 40	235	400	SM490A	40	t ≤ 40	315	490	SM520B	40	t ≤ 40	355	520		
鋼材の種類	評価用温度 (°C)	板厚 t (mm)	設計降伏点 $S_y$ (MPa)	設計引張強さ $S_u$ (MPa)																			
SS400, SM400A	40	t ≤ 40	235	400																			
SM490A	40	t ≤ 40	315	490																			
SM520B	40	t ≤ 40	355	520																			



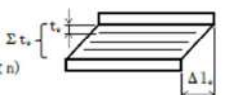
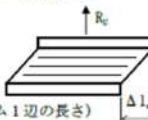
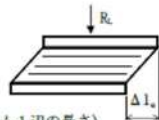
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(b) 許容引張応力                      次の計算式により算出した値とする。</p> $f_t = 1.5 \cdot \frac{F}{1.5}$ <p><math>f_t</math>：許容引張応力 (MPa)</p> <p>(c) 許容せん断応力                      次の計算式により算出した値とする。</p> $f_s = 1.5 \cdot \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ <p><math>f_s</math>：許容せん断応力 (MPa)</p> <p>(d) 許容圧縮応力                      次の計算式により算出した値とする。</p> <p>i) 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合</p> $f_c = 1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$ $\lambda = \frac{\ell_k}{i} \quad \Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}} \quad v = 1.5 + \frac{2}{3} \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p><math>f_c</math>：許容圧縮応力 (MPa)  <math>\lambda</math>：有効細長比  <math>\Lambda</math>：限界細長比  <math>v</math>：安全率  <math>\ell_k</math>：座屈長さ (mm)  <math>i</math>：座屈軸についての断面二次半径 (mm)  <math>E</math>：縦弾性係数 (ヤング係数) (MPa)</p> <p>ii) 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合</p> $f_c = 1.5 \cdot 0.277F \left( \frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2$		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

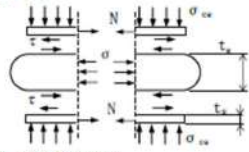
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(e) 許容曲げ応力                      次の計算式により算出した値とする。</p> <p>i) 荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼及び溶接組立鋼であって強軸周りに曲げを受けるもの（箱形断面のものを除く）。</p> <p>次の2つの計算式により計算した値のうちいずれか大きい方の値又は<math>f_c</math>のいずれか小さい方の値とする。</p> $f_b = 1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \frac{e_b^2}{C A_f i^2} \right\} f_c$ $f_b = 1.5 \cdot \frac{0.433 E A_f}{e_b h}$ <p>ここに、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>f_b</math> : 許容曲げ応力 (MPa)</li> <li><math>e_b</math> : 圧縮フランジの支点間距離 (mm)</li> <li><math>h</math> : はりのせい (mm)</li> <li><math>A_f</math> : 圧縮フランジの断面積 (mm<sup>2</sup>)</li> <li><math>i</math> : 圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸周りの断面二次半径 (mm)</li> <li><math>C</math> : 次の計算式により計算した値又は2.3のうちいずれか小さい方の値（ただし、座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが<math>M_1</math>より大きい場合は、1とする）</li> </ul> $c = 1.75 + 1.05 \left( \frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2$ <p><math>M_1, M_2</math>: それぞれ座屈区間端部における強軸周りの曲げモーメント。この場合において、<math>M_2/M_1</math>は1より小さいものとし、単曲率の場合を負に、複曲率の場合を正とする。</p> <p>ii) 荷重面内に対称軸を有する圧延形鋼及び溶接組立鋼であって弱軸周りに曲げを受けるもの、面内に曲げを受けるガゼットプレート、曲げを受ける鋼管及び箱形断面の場合は<math>f_c</math>とする。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(2) ゴム支承の評価</p> <p>(a) せん断ひずみの評価</p> <p>i) せん断ひずみの評価式</p> <p>水平力支持機能は、発生するせん断ひずみが許容せん断ひずみを超えないことを確認する。次式によって、水平変位量を総ゴム厚で除して求めたゴムのせん断ひずみを評価する。</p> $\gamma = \Delta l_s / \Sigma t_g \leq \gamma_{sa}$ <p>ここに、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\gamma</math>：せん断ひずみ</li> <li><math>\Delta l_s</math>：水平変位量</li> <li><math>\Sigma t_g</math>：総ゴム厚（=ゴム1層厚 <math>t_g</math> × 層数 <math>n</math>）</li> <li><math>\gamma_{sa}</math>：せん断ひずみの許容値</li> </ul>  <p>ii) 引張応力の評価式</p> <p>地震時の上向きの力によって生じる引張応力を次式によって評価する。</p> $\sigma_{ts} = R_c / A_{ts} \leq \sigma_{tsa}$ <p>ここに、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\sigma_{ts}</math>：引張応力</li> <li><math>R_c</math>：上向きの反力</li> <li><math>A_{ts}</math>：移動量を控除した引張に有効な面積</li> <li><math>A_{ts} = A_s - B \cdot \Delta l_s</math>（<math>B</math>：有効幅、ゴム支承の積層ゴム1辺の長さ）</li> <li><math>\sigma_{tsa}</math>：引張応力の許容値</li> </ul>  <p>(b) 座屈安定性の評価</p> <p>i) 座屈安定性の評価式</p> <p>圧縮力が作用したときゴム支承本体の座屈に対して安全でなければならない。座屈安定性は地震時のせん断変形時における圧縮に有効な面積より算出した圧縮応力により評価する。次式により座屈に対する安全性を確認する。</p> $\sigma_{cs} = R_c / A_{cs} \leq \sigma_{csa}$ <p>ここに、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\sigma_{cs}</math>：圧縮応力</li> <li><math>R_c</math>：下向きの反力</li> <li><math>A_{cs}</math>：移動量を控除した圧縮に有効な面積</li> <li><math>A_{cs} = A_s - B \cdot \Delta l_s</math>（<math>B</math>：有効幅、ゴム支承の積層ゴム1辺の長さ）</li> <li><math>\sigma_{csa}</math>：道路橋支保便覧に定める座屈を考慮した圧縮応力の許容値</li> </ul> 		



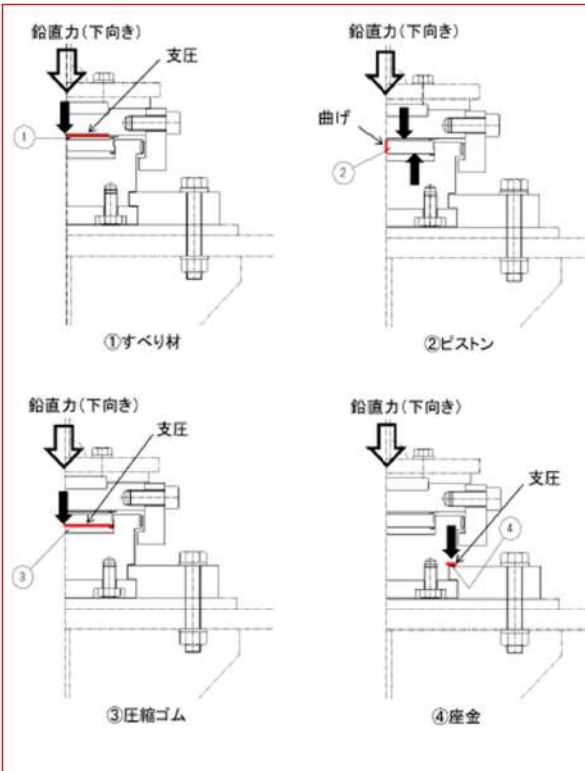
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(c) 圧縮応力の許容値                      座屈を考慮した圧縮応力の許容値は次式より求める。  <math display="block">\sigma_{ca} = G_c \cdot S_1 \cdot S_2 / f_{ca}</math>                     ここに、  <math>S_1</math> : ゴム支承の一次形状係数  <math>S_1 = A_w / (4 \cdot B \cdot t_g)</math>  <math>S_2</math> : ゴム支承の二次形状係数  <math>S_2 = B / \Sigma t_g</math>  <math>f_{ca}</math> : 荷重の大きさ及び発生頻度を考慮した係数</p> <p>(3) 内部鋼板の引張応力の評価                      (a) 内部鋼板の評価式                      ゴム支承に補強材として使用する内部鋼板には、下図のように鉛直荷重によって水平方向への引張力Nが発生する。圧縮力が作用したときゴム支承の内部鋼板に生じる引張応力を次式により評価する。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p><math display="block">\sigma_s = f_s \cdot \sigma_{ca} \cdot t_s / t_g \leq f_t</math>                             ここに  <math>\sigma_s</math> : 内部鋼板の引張応力  <math>\sigma_{ca}</math> : 圧縮応力  <math>t_g</math> : ゴム層の厚さ  <math>t_s</math> : 内部鋼板の厚さ  <math>f_s</math> : 圧縮応力の分布を考慮した引張応力の係数(=2.0)  <math>f_t</math> : 鋼材の許容引張応力</p> </div> <div style="flex: 1;">  </div> </div> <p>内部鋼板の引張応力の算出にあたっては、圧縮応力を静的荷重として内部鋼板の引張応力を求めている。ゴム支承平面内の圧縮応力分布を考慮して、実験より最大応力と平均応力の比を確認して係数 <math>f_s</math> が設定されている。</p> <p>(4) ボルト材の応力評価                      (a) 許容引張応力                      次の計算式により算出した値とする。  <math display="block">f_t = 1.5 \frac{F}{2}</math> <math>f_t</math> : 許容引張応力 (MPa)  <math>F</math> : 9. (1) (a) に定めるところによる。Sy, SuはJIS規格による降伏点、引張強さとする。ボルトの使用材料と降伏点及び引張強さは表8のとおりである。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																						
	<p>表8 ボルトの使用材料とJIS規格による降伏点及び引張強さ</p> <table border="1" data-bbox="721 188 1308 280"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>材料</th> <th>降伏点 (MPa)</th> <th>引張強さ (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>アンカーボルト</td> <td>SD390</td> <td>390</td> <td>560</td> </tr> <tr> <td>ゴム支承取付ボルト</td> <td>JIS 強度区分 8.8</td> <td>640</td> <td>800</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) 許容せん断応力                  次の計算式により算出した値とする。  <math display="block">f_s = 1.5 \cdot \frac{F}{1.5\sqrt{3}}</math> <math>f_s</math> : 許容せん断応力 (MPa)</p> <p>(c) 引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトの許容引張応力                  せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力<math>f_{ts}</math>は、次のいずれか小さい方の値とする。                  (i) <math>f_{ts} = 1.4f_{ts} - 1.6\tau</math>                  (ii) <math>f_{ts} = f_{ts}</math>  <math>f_{ts}</math> : せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (MPa)  <math>f_{ts}</math> : (a)で規定するボルトの引張応力 (MPa)  <math>\tau</math> : ボルトに作用するせん断応力 (MPa)</p> <p>(5) 可動支承の評価                  竜巻防護ネットの設計における可動支承の評価項目を表9及び図7に示す。</p> <p>表9 可動支承評価項目</p> <table border="1" data-bbox="721 724 1323 1091"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>作用力</th> <th>評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①すべり材</td> <td>鉛直力（下向き）</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>②ピストン</td> <td>鉛直力（下向き）</td> <td>曲げ</td> </tr> <tr> <td>③圧縮ゴム</td> <td>鉛直力（下向き）</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>④塵金</td> <td>鉛直力（下向き）</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>⑤ベースポット突出部</td> <td>上揚力</td> <td>曲げ、せん断、支圧</td> </tr> <tr> <td>⑥レール</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>曲げ、引張、せん断</td> </tr> <tr> <td>⑦レール取付ボルト</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>引張、せん断</td> </tr> <tr> <td>⑧エンドプレート接合ボルト</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>引張</td> </tr> <tr> <td>⑨ベースポット支圧部</td> <td>水平力</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>⑩上部接合ボルト</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>引張、せん断</td> </tr> <tr> <td>⑪下部接合ボルト</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>引張、せん断</td> </tr> <tr> <td>⑫ベースプレート</td> <td>上揚力、水平力</td> <td>曲げ、せん断</td> </tr> <tr> <td>⑬ソールプレート(上板)</td> <td>鉛直力(下向き)</td> <td>支圧</td> </tr> </tbody> </table>	部位	材料	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	アンカーボルト	SD390	390	560	ゴム支承取付ボルト	JIS 強度区分 8.8	640	800	評価部位	作用力	評価項目	①すべり材	鉛直力（下向き）	支圧	②ピストン	鉛直力（下向き）	曲げ	③圧縮ゴム	鉛直力（下向き）	支圧	④塵金	鉛直力（下向き）	支圧	⑤ベースポット突出部	上揚力	曲げ、せん断、支圧	⑥レール	上揚力、水平力	曲げ、引張、せん断	⑦レール取付ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断	⑧エンドプレート接合ボルト	上揚力、水平力	引張	⑨ベースポット支圧部	水平力	支圧	⑩上部接合ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断	⑪下部接合ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断	⑫ベースプレート	上揚力、水平力	曲げ、せん断	⑬ソールプレート(上板)	鉛直力(下向き)	支圧		
部位	材料	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)																																																						
アンカーボルト	SD390	390	560																																																						
ゴム支承取付ボルト	JIS 強度区分 8.8	640	800																																																						
評価部位	作用力	評価項目																																																							
①すべり材	鉛直力（下向き）	支圧																																																							
②ピストン	鉛直力（下向き）	曲げ																																																							
③圧縮ゴム	鉛直力（下向き）	支圧																																																							
④塵金	鉛直力（下向き）	支圧																																																							
⑤ベースポット突出部	上揚力	曲げ、せん断、支圧																																																							
⑥レール	上揚力、水平力	曲げ、引張、せん断																																																							
⑦レール取付ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断																																																							
⑧エンドプレート接合ボルト	上揚力、水平力	引張																																																							
⑨ベースポット支圧部	水平力	支圧																																																							
⑩上部接合ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断																																																							
⑪下部接合ボルト	上揚力、水平力	引張、せん断																																																							
⑫ベースプレート	上揚力、水平力	曲げ、せん断																																																							
⑬ソールプレート(上板)	鉛直力(下向き)	支圧																																																							

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図7 可動支承の評価項目模式図 (1/5)</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>図7 可動支承の評価項目模式図 (2/5)</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>図7 可動支承の評価項目模式図 (3/5)</p>		

赤字: 設備, 運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
 青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
 緑字: 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>図7 可動支承の評価項目模式図 (4/5)</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>図7 可動支承の評価項目模式図 (5/5)</p>		
	<p>9. ゴム支承と可動支承の評価対象部材の選定</p> <p>9.1 竜巻事象の経時変化を踏まえた荷重条件と評価項目</p> <p>竜巻時に考慮すべき状態は、図8に示すとおり「飛来物衝突時」及び飛来物衝突による影響を考慮した「飛来物衝突後」の状態であることから、これらの状態における荷重の組合せを考慮した上で、フレームゴム支承、可動支承に対して、波及的影響防止の観点から必要な評価対象部材の選定を実施する。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

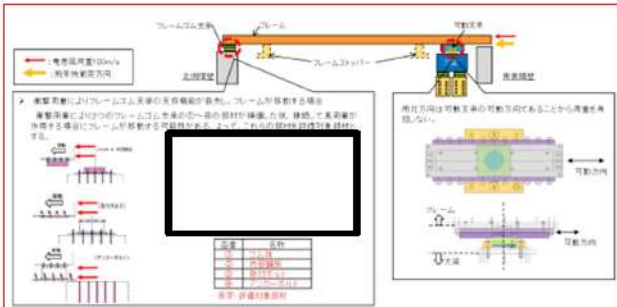
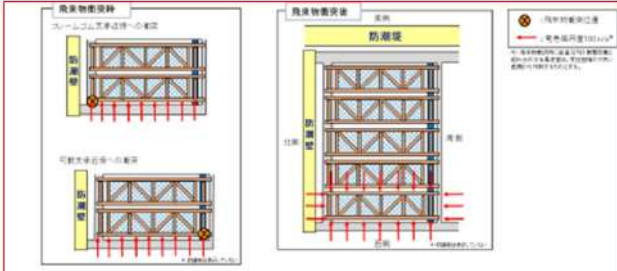
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<div data-bbox="719 145 1317 571"> <p>図8 竜巻事象の経時変化を踏まえた荷重条件（イメージ）と評価項目</p> </div> <div data-bbox="712 576 1323 778"> <p>9.2 評価対象部材の選定プロセス</p> <p>竜巻防護ネットの構成部材である「フレームゴム支承」及び「可動支承」の評価対象部材の選定フローを図9に示す。</p> <p>「飛来物衝突時」及び「飛来物衝突後」における荷重状態において、「フレームゴム支承」又は「可動支承」の支持機能が喪失することにより、非常用海水ポンプ等に波及的影響を与える落下モードは以下のとおり。</p> </div> <div data-bbox="712 810 1323 1066"> <p>I. フレームゴム支承、可動支承の支持機能喪失による竜巻防護ネット自体の落下</p> <p>II. フレームゴム支承、可動支承の損傷による構成部材の落下（二次的影響）</p> <p>波及的影響を与える落下モードに対して、非常用海水ポンプ等への波及的影響を防止するための「フレームゴム支承」及び「可動支承」の構成部材を評価対象部材として選定する。</p> </div> <div data-bbox="712 1141 1323 1465"> <p>図9 評価対象部材の選定フロー</p> </div>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>9.3 竜巻防護ネット落下防止のために支持機能が必要な部材の選定                      (1) 南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モード</p> <p>a. 落下モード検討における荷重条件                      竜巻防護ネットの北側には防潮壁があるため、南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、南側からの飛来物の水平方向</p>  <p>図10 南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モード検討における荷重条件</p> <p>b. 落下モードの検討                      南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、フレームゴム支承2つが支持機能喪失した後に、南北方向から継続して風荷重が作用し、フレームが移動し落下する場合である。</p>  <p>図11 南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モード</p> <p>c. 評価対象部材の選定                      フレームゴム支承の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、フレームの落下を防止するため支持機能を維持する必要がある部材は、「ゴム体」、「内部鋼板」、「取付ボルト」、「アンカーボルト」となる。よって、これらの部材を評価対象部材として選定する。</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図12 南北方向の衝撃荷重に対する評価対象部材の選定</p> <p>(2) 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード</p> <p>a. 落下モード検討における荷重条件</p> <p>鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、フレームゴム支承、可動支保それぞれの近傍に飛来物が鉛直衝突する場合を想定して検討する。</p>  <p>図13 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード検討における荷重条件</p> <p>b-1. 落下モードの検討【フレームゴム支承に対する検討】</p> <p>鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、フレームゴム支承2つが支持機能喪失した後に、南北方向から継続して風荷重が作用し、フレームが移動し落下する場合である。（南北方向と同様）</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

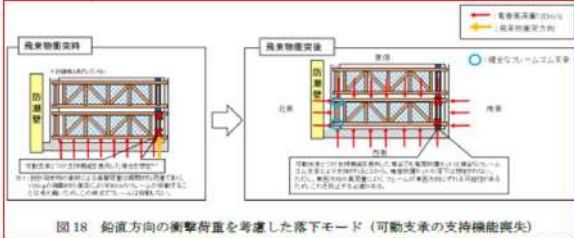
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<div data-bbox="712 140 1328 507"> <p>図14 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード（フレームゴム支承の支持機能喪失）</p> </div> <div data-bbox="712 547 1328 778"> <p><b>b-2. 落下モードの検討【可動支承に対する検討】</b></p> <p>可動支承が支持機能喪失した後に風荷重が負荷される場合でも、健全なフレームゴム支承により竜巻防護ネットは支持されることから、フレームの落下は想定されない。</p> <p>ただし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれる可能性があるため、これを防止する必要がある。対応方針については、「9.3（4）飛来物衝突後の風荷重によるフレームのずれに対する対応方針」に示す。</p> </div> <div data-bbox="712 790 1328 1058"> <p>図15 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード（可動支承の支持機能喪失）</p> </div> <div data-bbox="712 1102 1328 1473"> <p><b>c. 評価対象部材の選定</b></p> <p>フレームゴム支承の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、フレームの落下を防止するため支持機能を維持する必要がある部材は、「ゴム体」、「内部鋼板」、「取付ボルト」、「アンカーボルト」となる。よって、これらの部材を評価対象部材として選定する。（南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モードと同様）</p> <p>可動支承の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、健全なフレームゴム支承によりフレームは支持されることから、フレームの落下は想定されないことを確認した。ただし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれる可能性があるため、これを防止するための対応方針を「9.3（4）飛来物衝突後の風荷重によるフレームのずれに対</p> </div>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>する対応方針」に示す。</p> <p>(3) 東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モード</p> <p>a. 落下モード検討における荷重条件</p> <p>竜巻防護ネットの東側には防潮堤があるため、東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、西側からの飛来物の水平方向衝突を代表して検討する。</p> <p>落下モードの検討は、フレームゴム支承、可動支承それぞれの近傍に飛来物が水平衝突する場合を想定して検討する。</p> <p>図16 東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モード検討における荷重条件</p> <p>b-1. 落下モードの検討【フレームゴム支承に対する検討】</p> <p>東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モードは、フレームゴム支承2つが支持機能喪失した後に、南北方向から継続して風荷重が作用し、フレームが移動し落下する場合である。（南北・鉛直方向と同様）</p> <p>図17 東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モード（フレームゴム支承の支持機能喪失）</p> <p>b-2. 落下モードの検討【可動支承に対する検討】</p> <p>可動支承が支持機能喪失した後に風荷重が負荷される場合でも、健全なフレームゴム支承により竜巻防護ネットは支持されることから、フレームの落下が発生する可能性はない。</p> <p>ただし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれる可能性があるため、これを防止する必要がある。対応方針については、「9.3 (4) 飛来物衝突後の風荷重によるフレームのずれに対する対応方針」に示す。</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図18 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード（可動支保の支持機能喪失）</p> <p>c. 評価対象部材の選定</p> <p>フレームゴム支保の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、フレームの落下を防止するため支持機能を維持する必要がある部材は、「ゴム体」、「内部鋼板」、「取付ボルト」、「アンカーボルト」となる。よって、これらの部材を評価対象部材として選定する。（南北方向・鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モードと同様）</p> <p>可動支保の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、健全なフレームゴム支保によりフレームは支持されることから、フレームの落下は想定されないことを確認した。ただし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれる可能性があるため、これを防止するための対応方針を「9.3（4）飛来物衝突後の風荷重によるフレームのずれに対する対応方針」に示す。</p> <p>(4) 飛来物衝突後の風荷重によるフレームのずれに対する対応方針</p> <p>各方向からの衝撃荷重による落下モードを検討において、竜巻防護ネットの落下には至らないが、可動支保2つが衝撃荷重により支持機能を喪失した場合、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれるモードを確認した。フレームがずれることによって、隣のフレームへの接触や隙間が発生することから、これを防止するため、可動支保に対して、以下の方針を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 可動支保は構成する部材のうち、主な支持機能を担う部材（図19参照）について評価対象部材として選定し、フレームの東西方向のずれが生じない設計とする。</li> <li>➤ 評価対象部材のうち、可動支保の上部接合ボルトや下部接合ボルト、レール等については、設置許可段階における構造成立性の見通しにおいて可動支保近傍へ飛来物が衝突した場合、許容限界を超える結果となっているが、詳細設計段階では、可動支保のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容限界を満足させる方針とする。（設置許可段階における評価状況は別紙4参照）</li> </ul>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

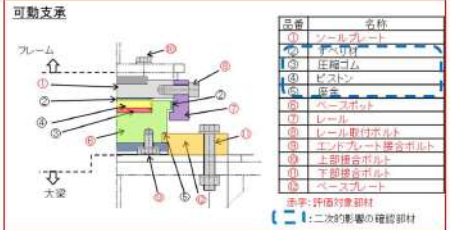
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																										
	<div data-bbox="817 204 1261 531" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>飛来物衝突後</b></p> <p>(フレームのずれが発生するモード)(西側からの風荷重を代表で検討)</p>  <p>西側からの竜巻荷重を受けた場合、隣のフレームおよび構造物があるため、竜巻防護ネットの落下は想定されない。                  ただし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれ、隣のフレームへの接触や相関が発生する。</p> </div> <div data-bbox="716 566 795 590" style="margin-top: 10px;"> <p><b>可動支承</b></p> </div> <div data-bbox="716 614 1064 861" style="margin-top: 10px;">  </div> <div data-bbox="1075 550 1299 798" style="margin-top: 10px;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>品番</th> <th>名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①</td><td>ソールプレート</td></tr> <tr><td>②</td><td>すべり材<sup>※1</sup></td></tr> <tr><td>③</td><td>圧縮ゴム<sup>※1</sup></td></tr> <tr><td>④</td><td>ピストン<sup>※1</sup></td></tr> <tr><td>⑤</td><td>座金<sup>※2</sup></td></tr> <tr><td>⑥</td><td>ベースポット</td></tr> <tr><td>⑦</td><td>レール</td></tr> <tr><td>⑧</td><td>レール取付ボルト</td></tr> <tr><td>⑨</td><td>エンドプレート接合ボルト</td></tr> <tr><td>⑩</td><td>上部接合ボルト</td></tr> <tr><td>⑪</td><td>下部接合ボルト</td></tr> <tr><td>⑫</td><td>ベースプレート</td></tr> </tbody> </table> <p>赤字: 評価対象部材                  ※1: すべり材、圧縮ゴム、ピストンは可動機能にのみ必要な部材であることから、損傷した場合でも支持機能への影響はない。                  ※2: 座金については防錆の観点から必要な部材であることから、損傷した場合でも、支持機能への影響はない。</p> </div> <div data-bbox="705 949 996 981" style="margin-top: 10px;"> <p>図 19 可動支承の評価対象部材</p> </div> <div data-bbox="716 1005 907 1037" style="margin-top: 10px;"> <p>(5) 選定結果まとめ</p> </div> <div data-bbox="739 1037 1332 1468" style="margin-top: 10px;"> <p>フレームゴム支承、可動支承の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードとして、「(1) 南北方向の衝撃荷重を考慮した落下モード」、「(2) 鉛直方向の衝撃荷重を考慮した落下モード」、「(3) 東西方向の衝撃荷重を考慮した落下モード」を検討した。</p> <p>(1)～(3)の落下モードにおいて、フレームの落下が想定されるのは、フレームゴム支承2つが支持機能喪失した後に、南北方向から継続して風荷重が負荷される場合である。フレームの落下を防止するため、支持機能を維持する必要があるフレームゴム支承の部材は、「ゴム体」、「内部鋼板」、「取付ボルト」、「アンカーボルト」となることから、これらの部材を支持機能維持のための評価対象部材として選定する。</p> <p>可動支承の支持機能喪失による竜巻防護ネットの落下モードを検討した結果、健全なフレームゴム支承によりフレームは支持されることから、フレームの落下は想定されないことを確認した。た</p> </div>	品番	名称	①	ソールプレート	②	すべり材 <sup>※1</sup>	③	圧縮ゴム <sup>※1</sup>	④	ピストン <sup>※1</sup>	⑤	座金 <sup>※2</sup>	⑥	ベースポット	⑦	レール	⑧	レール取付ボルト	⑨	エンドプレート接合ボルト	⑩	上部接合ボルト	⑪	下部接合ボルト	⑫	ベースプレート		
品番	名称																												
①	ソールプレート																												
②	すべり材 <sup>※1</sup>																												
③	圧縮ゴム <sup>※1</sup>																												
④	ピストン <sup>※1</sup>																												
⑤	座金 <sup>※2</sup>																												
⑥	ベースポット																												
⑦	レール																												
⑧	レール取付ボルト																												
⑨	エンドプレート接合ボルト																												
⑩	上部接合ボルト																												
⑪	下部接合ボルト																												
⑫	ベースプレート																												

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>だし、飛来物衝突後の東西方向の風荷重により、フレームが東西方向にずれる可能性があるため、これを防止するため、主な支持機能に係る部材として、「ソールプレート」、「ベースポット」、「レール」、「レール取付ボルト」、「エンドプレート接合ボルト」、「上部接合ボルト」、「下部接合ボルト」、「ベースプレート」を評価対象部材として選定する。</p> <p>9.4 波及的影響防止（二次的影響）のための部材の選定                      竜巻による荷重条件を踏まえた、フレームゴム支承、可動支承の損傷による構成部材の落下モード（二次的影響）を検討し、部材の落下による波及的影響を防止するために必要な構成部材を評価対象部材として選定する。</p> <p>「9.3 竜巻防護ネット落下防止のために支持機能が必要な部材の選定」において選定した部材は、既に評価対象部材として選定していることから、ここでは、支持機能評価の対象部材として選定していない可動支承の部材に対して評価を実施する。また、フレームゴム支承は、2つのうち1つ以上が構造強度上の評価方針を満足することを確認することとしていることから、仮にフレームゴム支承の1つが許容限界を上回った場合における波及的影響について評価を実施する。</p> <p>(1) 可動支承の部材のうち支持機能評価の対象部材として選定していない部材に対する二次的影響評価について                      可動支承のうち「すべり材」、「圧縮ゴム」、「ピストン」、「座金」については、支持機能評価の対象部材として選定していないため、波及的影響防止の観点から評価を実施する。</p> <p>a. すべり材、圧縮ゴム、ピストン                      「すべり材」、「圧縮ゴム」、「ピストン」については、ソールプレートとベースポットの内部にある構造物である。これらの部材は、支持機能評価対象部材であるソールプレート、ベースポットが許容値を満足することで、落下は発生しないため、波及的影響（二次的影響）に対して影響がないことを確認した。</p> <p>b. 座金                      「座金」については、ベースポットとベースプレートの間にはボルトによって挟み込まれているため、仮に損傷しても落下に至る可能性は低い。仮に落下したとしても、重量は0.1 kg程度であり、他の設計飛来物である砂利（0.2 kg）に包絡されるため、波及的影響（二次的影響）に対して影響がないことを確認した。</p> <p>以上より、可動支承の部材のうち、「すべり材」、「圧縮ゴム」、「ピストン」、「座金」については二次的影響がないことを確認した。これらの部材が竜巻による荷重により損傷</p>		




赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

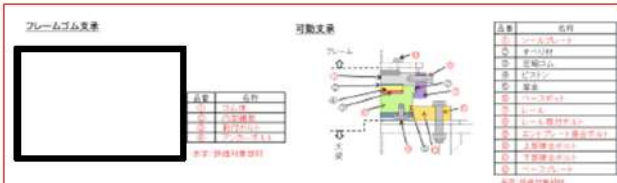
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>した場合には速やかに補修を実施することとする。</p>  <p>図20 可動支承の二次的影響確認部材</p> <p>(2) フレームゴム支承に対する二次的影響評価について                  フレームゴム支承の評価対象部材である「ゴム体」「内部鋼板」「取付ボルト」「アンカーボルト」が許容限界を超えた場合の波及的影響（二次的影響）について評価を実施する。</p> <p>a. ゴム体                  ゴム体における損傷モードは「引張による破断」、「せん断ひずみによる破断」、「圧縮による座屈」となる。このうち、「引張による破断」又は「せん断ひずみによる破断」が発生した場合に、ゴム体が上下に破断することが想定されるが、ゴム体上部は取付ボルトによりフレームに取り付けられ、ゴム体下部はアンカーボルトにより隔壁に固定されることとなり、ゴム体の落下は想定されない。                  また、圧縮により座屈した場合においても、ゴム体が上下に破断することは考え難いため、落下は想定されない。                  以上より、ゴム体が許容限界を超えた場合でも、波及的影響（二次的影響）を及ぼさないことを確認した。</p>  <p>b. 内部鋼板                  内部鋼板における損傷モードは「引張による破断」となる。                  内部鋼板が引張により破断した場合でも内部鋼板はゴム体に接着されていることから、内部鋼板の落下は想定されない。よって、内部鋼板が許容限界を超えた場合でも、波及的影響（二次的影響）を及ぼさないことを確認</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）


大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																								
	<p>した。</p> <div data-bbox="779 204 1256 421" style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;">  <p>図 22 内部鋼板の破断イメージ</p> </div> <p>c. 取付ボルト、アンカーボルト</p> <p>取付ボルト、アンカーボルトの損傷モードは「引張又はせん断によるボルトの破断」となる。ボルトが破断した場合、ボルト頂部の落下が想定されるが、フレームゴム支承の評価対象部材において、引張又はせん断力に対する許容荷重を比較すると、ゴム体が最も小さいため、取付ボルト又はアンカーボルトが損傷する前にゴム体が破断することが想定される。ゴム体が破断することにより、エネルギーの伝達経路が途切れるため、取付ボルト、アンカーボルトに対し、許容限界を超える荷重が負荷され、破断することは想定し難い。</p> <p>以上より、取付ボルト、アンカーボルトは波及的影響（二次的影響）を及ぼさないと判断する。</p> <div data-bbox="712 879 1326 1345" style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">表 10 フレームゴム支承のゴム体、取付ボルト、アンカーボルトの許容荷重比較</p> <p style="text-align: center;">(a) せん断</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>許容荷重(せん断)</th> <th>(許容値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム体 (せん断ひずり) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm</td> <td>908kN</td> <td>250%</td> </tr> <tr> <td>取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8</td> <td>2959kN</td> <td>323MPa</td> </tr> <tr> <td>アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)</td> <td>1635kN</td> <td>226MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(b) 引張</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>許容荷重(引張)</th> <th>(許容値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm</td> <td>605kN</td> <td>2.0MPa</td> </tr> <tr> <td>取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8</td> <td>3848kN</td> <td>420MPa</td> </tr> <tr> <td>アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)</td> <td>2128kN</td> <td>294MPa</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>9.5 評価対象部材の選定結果</p> <p>フレームゴム支承、可動支承に対して、支持機能・二次的影響の観点で落下モードを検討し、非常用海水ポンプ等への波及的影響</p>	仕様	許容荷重(せん断)	(許容値)	ゴム体 (せん断ひずり) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm	908kN	250%	取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8	2959kN	323MPa	アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)	1635kN	226MPa	仕様	許容荷重(引張)	(許容値)	ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm	605kN	2.0MPa	取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8	3848kN	420MPa	アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)	2128kN	294MPa		
仕様	許容荷重(せん断)	(許容値)																									
ゴム体 (せん断ひずり) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm	908kN	250%																									
取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8	2959kN	323MPa																									
アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)	1635kN	226MPa																									
仕様	許容荷重(引張)	(許容値)																									
ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm	605kN	2.0MPa																									
取付ボルト (全数) M27×16 本 強度区分 8.8	3848kN	420MPa																									
アンカーボルト (全数) D25(ねじ部 M24)×16 本 (SD390)	2128kN	294MPa																									

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																				
	<p>を防止するために必要な構成部材を検討した結果、以下の部材を評価対象部材として選定した。                  評価対象部材として選定した部材について、「飛来物衝突時」及び「飛来物衝突後」の波及的影響の確認として、支持機能評価及び二次的影響評価を実施する。</p>  <p>図23 フレームゴム支承、可動支承の評価対象部材</p> <table border="1" data-bbox="712 590 1299 813"> <caption>表11 フレームゴム支承と可動支承に対する評価項目</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価項目</th> <th rowspan="2">波及的影響</th> <th rowspan="2">支持機能評価 二次的影響評価</th> <th colspan="2">電巻時</th> <th rowspan="2">電巻通過後*</th> </tr> <tr> <th>通常状態</th> <th>飛来物衝突時 飛来物衝突後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>○</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※：電巻通過後は電巻時の評価に包絡される ○：実施項目</p> <p>9.6 フレームゴム支承、可動支承の評価対象部材以外の部材の扱いについて</p> <p>フレームゴム支承、可動支承の評価対象部材以外の部材については、各部材の許容応力から算出される許容荷重を比較し、評価対象部材と同様の荷重モードが負荷される部材については、許容荷重が小さい評価対象部材を代表として強度評価を実施することとする（各部材には、衝突解析等から算出された荷重が同一に負荷される）。以下に各部品に対する代表性を整理する。</p> <p>(1) フレームゴム支承、可動支承の評価部材の代表性について                  フレームゴム支承、可動支承の部品毎に荷重モード、評価対象部材の代表性を整理した結果を表12及び表13に整理する。</p>	評価項目	波及的影響	支持機能評価 二次的影響評価	電巻時		電巻通過後*	通常状態	飛来物衝突時 飛来物衝突後					○						○			
評価項目	波及的影響				支持機能評価 二次的影響評価	電巻時		電巻通過後*															
		通常状態	飛来物衝突時 飛来物衝突後																				
				○																			
				○																			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																							
	<p style="text-align: center;">表 12 フレームゴム支承の強度評価の代表性について</p> <table border="1" data-bbox="703 148 1303 502"> <thead> <tr> <th>品番</th> <th>名称</th> <th>評価対象部材</th> <th>主な荷重モード</th> <th>強度評価の代表性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>ゴム体</td> <td>○</td> <td>せん断 引張 圧縮</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>内部鋼板</td> <td>○</td> <td>引張</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>取付ボルト</td> <td>○</td> <td>引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>アンカーボルト</td> <td>○</td> <td>引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>上蓋</td> <td>—</td> <td>せん断*</td> <td>強度評価はゴム体で代表</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>下蓋</td> <td>—</td> <td>せん断*</td> <td>強度評価はゴム体で代表</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>締結ボルト</td> <td>—</td> <td>引張 せん断</td> <td>強度評価はゴム体で代表</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>ベースプレート</td> <td>—</td> <td>曲げ* せん断</td> <td>強度評価はアンカーボルトで代表</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>せん断キー</td> <td>—</td> <td>せん断 支圧</td> <td>フレームとゴム支承の位置決め部品であり、機能としては取付ボルトに代替されるため、取付ボルトを代表とする</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>上下鋼板</td> <td>—</td> <td>せん断*</td> <td>強度評価はゴム体で代表</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※ 厚さ40mmの鋼板であることから、引張・圧縮は十分な裕度があることを評価したため、主要な荷重モードとしてせん断又は曲げを考慮した。</small></p> <div style="text-align: center;">  <p>図 24 フレームゴム支承構成部材詳細</p> </div>	品番	名称	評価対象部材	主な荷重モード	強度評価の代表性	①	ゴム体	○	せん断 引張 圧縮	—	②	内部鋼板	○	引張	—	③	取付ボルト	○	引張 せん断	—	④	アンカーボルト	○	引張 せん断	—	⑤	上蓋	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表	⑥	下蓋	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表	⑦	締結ボルト	—	引張 せん断	強度評価はゴム体で代表	⑧	ベースプレート	—	曲げ* せん断	強度評価はアンカーボルトで代表	⑨	せん断キー	—	せん断 支圧	フレームとゴム支承の位置決め部品であり、機能としては取付ボルトに代替されるため、取付ボルトを代表とする	⑩	上下鋼板	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表		
品番	名称	評価対象部材	主な荷重モード	強度評価の代表性																																																						
①	ゴム体	○	せん断 引張 圧縮	—																																																						
②	内部鋼板	○	引張	—																																																						
③	取付ボルト	○	引張 せん断	—																																																						
④	アンカーボルト	○	引張 せん断	—																																																						
⑤	上蓋	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表																																																						
⑥	下蓋	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表																																																						
⑦	締結ボルト	—	引張 せん断	強度評価はゴム体で代表																																																						
⑧	ベースプレート	—	曲げ* せん断	強度評価はアンカーボルトで代表																																																						
⑨	せん断キー	—	せん断 支圧	フレームとゴム支承の位置決め部品であり、機能としては取付ボルトに代替されるため、取付ボルトを代表とする																																																						
⑩	上下鋼板	—	せん断*	強度評価はゴム体で代表																																																						



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																							
	<p>表13 可動支承の強度評価の代表性について</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>品番</th> <th>名称</th> <th>評価対象部材</th> <th>主な荷重モード</th> <th>強度評価の代表性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>ソールプレート</td> <td>○</td> <td>支圧</td> <td rowspan="4">支持機能に影響ないことを確認した部材</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>すべり材</td> <td>—</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>圧縮ゴム</td> <td>—</td> <td>支圧</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>ピストン</td> <td>—</td> <td>曲げ</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>座金</td> <td>—</td> <td>支圧</td> <td rowspan="2">—</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>ベースポット (突出部)</td> <td>○</td> <td>曲げ せん断 支圧</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>レール</td> <td>○</td> <td>曲げ 引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>レール取付ボルト</td> <td>○</td> <td>引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>エンドプレート接合ボルト</td> <td>○</td> <td>引張</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>上部接合ボルト</td> <td>○</td> <td>引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑪</td> <td>下部接合ボルト</td> <td>○</td> <td>引張 せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑫</td> <td>ベースプレート</td> <td>○</td> <td>曲げ せん断</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>⑬</td> <td>エンドプレート</td> <td>—</td> <td>曲げ*</td> <td>強度評価はエンドプレート接合ボルトで代表</td> </tr> <tr> <td>⑭</td> <td>せん断キー</td> <td>—</td> <td>せん断 支圧</td> <td>フレームと可動支承位置決め部品であり、機能としては上部接合ボルトに代替されるため、上部接合ボルトを代表とする</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 厚さ36mmの鋼板であることから、引張・圧縮は十分な裕度があることを評価したため、主要な荷重モードとして曲げを考慮した。</p> <p>図25 可動支承構成部材詳細</p> <p>(2) フレームゴム支承に対する評価部材の代表性検討          各部材の許容応力から算出される許容荷重を比較し、同様の荷重モードが負荷される部材については、許容荷重が小さい部材を代表として強度評価を実施することとする。</p> <p>a. 上杓・下杓・締結ボルト・上下鋼板          上杓・下杓・締結ボルト・上下鋼板に作用する主な荷重としてせん断があるが、許容荷重はゴム体が最も小さいことから、これらの部材の強度評価はゴム体で代表する。また、締結ボルト</p>	品番	名称	評価対象部材	主な荷重モード	強度評価の代表性	①	ソールプレート	○	支圧	支持機能に影響ないことを確認した部材	②	すべり材	—	支圧	③	圧縮ゴム	—	支圧	④	ピストン	—	曲げ	⑤	座金	—	支圧	—	⑥	ベースポット (突出部)	○	曲げ せん断 支圧	⑦	レール	○	曲げ 引張 せん断	—	⑧	レール取付ボルト	○	引張 せん断	—	⑨	エンドプレート接合ボルト	○	引張	—	⑩	上部接合ボルト	○	引張 せん断	—	⑪	下部接合ボルト	○	引張 せん断	—	⑫	ベースプレート	○	曲げ せん断	—	⑬	エンドプレート	—	曲げ*	強度評価はエンドプレート接合ボルトで代表	⑭	せん断キー	—	せん断 支圧	フレームと可動支承位置決め部品であり、機能としては上部接合ボルトに代替されるため、上部接合ボルトを代表とする		
品番	名称	評価対象部材	主な荷重モード	強度評価の代表性																																																																						
①	ソールプレート	○	支圧	支持機能に影響ないことを確認した部材																																																																						
②	すべり材	—	支圧																																																																							
③	圧縮ゴム	—	支圧																																																																							
④	ピストン	—	曲げ																																																																							
⑤	座金	—	支圧	—																																																																						
⑥	ベースポット (突出部)	○	曲げ せん断 支圧																																																																							
⑦	レール	○	曲げ 引張 せん断	—																																																																						
⑧	レール取付ボルト	○	引張 せん断	—																																																																						
⑨	エンドプレート接合ボルト	○	引張	—																																																																						
⑩	上部接合ボルト	○	引張 せん断	—																																																																						
⑪	下部接合ボルト	○	引張 せん断	—																																																																						
⑫	ベースプレート	○	曲げ せん断	—																																																																						
⑬	エンドプレート	—	曲げ*	強度評価はエンドプレート接合ボルトで代表																																																																						
⑭	せん断キー	—	せん断 支圧	フレームと可動支承位置決め部品であり、機能としては上部接合ボルトに代替されるため、上部接合ボルトを代表とする																																																																						

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																				
	<p>には引張も作用するが、これについても許容荷重はゴム体のほうが小さいため、ゴム体を代表として強度評価を実施する。</p> <p>表 14 上香・下香・締結ボルト・上下鋼板及びゴム体の許容荷重（せん断）比較</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>許容荷重（せん断）</th> <th>許容値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①ゴム体 (せん断ひずみ) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm</td> <td>908kN</td> <td>250%</td> </tr> <tr> <td>⑤上香 t40×□620 mm SM490A</td> <td>1521kN</td> <td>198MPa</td> </tr> <tr> <td>⑥下香 t40×□670 mm SM490A</td> <td>1917kN</td> <td>198MPa</td> </tr> <tr> <td>⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9</td> <td>2457kN</td> <td>404MPa</td> </tr> <tr> <td>⑩上下鋼板 t40×□550 mm SM490A</td> <td>966kN</td> <td>198MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>表 15 締結ボルト及びゴム体の許容荷重（引張）比較</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>許容荷重（引張）</th> <th>許容値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm</td> <td>605kN</td> <td>2.0MPa</td> </tr> <tr> <td>⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9</td> <td>3193kN</td> <td>525MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>b. ベースプレート</p> <p>ゴム支承を隔壁に固定するベースプレートについて、アンカーボルトが引張荷重を受ける場合はアンカーボルトと支承との溶接部間で曲げ荷重を受け、アンカーボルトがせん断荷重を受ける場合はせん断荷重を受ける。</p> <p>ここで、各ケースの許容荷重を整理した下表より、いずれのケースでも許容荷重はアンカーボルトの方が小さいため、ベースプレートの強度評価はアンカーボルトで代表する。</p> <p>表 16 ベースプレートとアンカーボルトの許容荷重比較</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>許容荷重</th> <th>(許容値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>④アンカーボルト D25 (ねじ部 M24) × 16 本 SD390</td> <td>665kN (引張) *</td> <td>294MPa</td> </tr> <tr> <td>⑧ベースプレート t40×1160×1050 SM490A</td> <td>763kN (曲げ)</td> <td>395MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ベースプレートとの許容荷重比較のため、下図に示すボルト5本に対する許容荷重を算出</p> <div style="border: 2px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	仕様	許容荷重（せん断）	許容値	①ゴム体 (せん断ひずみ) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm	908kN	250%	⑤上香 t40×□620 mm SM490A	1521kN	198MPa	⑥下香 t40×□670 mm SM490A	1917kN	198MPa	⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9	2457kN	404MPa	⑩上下鋼板 t40×□550 mm SM490A	966kN	198MPa	仕様	許容荷重（引張）	許容値	①ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm	605kN	2.0MPa	⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9	3193kN	525MPa	仕様	許容荷重	(許容値)	④アンカーボルト D25 (ねじ部 M24) × 16 本 SD390	665kN (引張) *	294MPa	⑧ベースプレート t40×1160×1050 SM490A	763kN (曲げ)	395MPa		
仕様	許容荷重（せん断）	許容値																																					
①ゴム体 (せん断ひずみ) せん断剛性 2.689 kN/mm 総ゴム厚 135mm □550 mm	908kN	250%																																					
⑤上香 t40×□620 mm SM490A	1521kN	198MPa																																					
⑥下香 t40×□670 mm SM490A	1917kN	198MPa																																					
⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9	2457kN	404MPa																																					
⑩上下鋼板 t40×□550 mm SM490A	966kN	198MPa																																					
仕様	許容荷重（引張）	許容値																																					
①ゴム体 総ゴム厚 135mm □550 mm	605kN	2.0MPa																																					
⑦締結ボルト M22×16 本 強度区分 10.9	3193kN	525MPa																																					
仕様	許容荷重	(許容値)																																					
④アンカーボルト D25 (ねじ部 M24) × 16 本 SD390	665kN (引張) *	294MPa																																					
⑧ベースプレート t40×1160×1050 SM490A	763kN (曲げ)	395MPa																																					

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																								
	<p>表 17 ベースプレートとアンカーボルトの許容荷重（せん断）比較</p> <table border="1" data-bbox="719 172 1299 288"> <thead> <tr> <th></th> <th>仕様</th> <th>許容荷重（せん断）</th> <th>（許容値）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>④アンカーボルト</td> <td>D25（ねじ部 M24）× 16本 SD390</td> <td>102kN*</td> <td>226MPa</td> </tr> <tr> <td>⑧ベースプレート</td> <td>t40×1160×1050 SM490A</td> <td>1584kN</td> <td>198MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ベースプレートとの許容荷重比較のため、下図に示すボルト1本に対する許容荷重を算出</p> <div data-bbox="719 309 1328 528" style="border: 2px solid black; height: 137px; width: 272px;"></div> <p>※ベースプレートとの許容荷重比較のため、下図に示すボルト1本に対する許容荷重を算出</p> <p>(3) 可動支承に対する評価部材の代表性検討</p> <p>各部材の許容応力から算出される許容荷重を比較し、同様の荷重モードが負荷される部材については、許容荷重が小さい部材を代表として強度評価を実施することとする。</p> <p>a. エンドプレート</p> <p>可動支承が上向き荷重を受ける場合、エンドプレートは主に曲げ荷重、エンドプレート接合ボルトは引張荷重を受け、許容荷重はエンドプレート接合ボルトの方が小さいため、エンドプレートの評価はエンドプレート接合ボルトで代表する。なお、設計上、エンドプレートよりもエンドプレート接合ボルトが弱部になるように設計をしている。</p> <p>表 18 エンドプレートとエンドプレート接合ボルト（評価対象部品）の許容荷重</p> <table border="1" data-bbox="734 1066 1310 1177"> <thead> <tr> <th></th> <th>仕様</th> <th>許容荷重</th> <th>（許容値）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑨エンドプレート接合ボルト</td> <td>M27×6本 強度区分 8.8以上</td> <td>240 kN（引張）*</td> <td>420MPa</td> </tr> <tr> <td>⑩エンドプレート</td> <td>t36×φ305 SS400</td> <td>247 kN（曲げ）</td> <td>323MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>※下図に示すボルト1本に対する許容荷重を算出</p> <div data-bbox="725 1222 1124 1406"> </div>		仕様	許容荷重（せん断）	（許容値）	④アンカーボルト	D25（ねじ部 M24）× 16本 SD390	102kN*	226MPa	⑧ベースプレート	t40×1160×1050 SM490A	1584kN	198MPa		仕様	許容荷重	（許容値）	⑨エンドプレート接合ボルト	M27×6本 強度区分 8.8以上	240 kN（引張）*	420MPa	⑩エンドプレート	t36×φ305 SS400	247 kN（曲げ）	323MPa		
	仕様	許容荷重（せん断）	（許容値）																								
④アンカーボルト	D25（ねじ部 M24）× 16本 SD390	102kN*	226MPa																								
⑧ベースプレート	t40×1160×1050 SM490A	1584kN	198MPa																								
	仕様	許容荷重	（許容値）																								
⑨エンドプレート接合ボルト	M27×6本 強度区分 8.8以上	240 kN（引張）*	420MPa																								
⑩エンドプレート	t36×φ305 SS400	247 kN（曲げ）	323MPa																								

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p style="text-align: right;">別紙 3</p> <p>竜巻防護ネットの構造成立性確認結果について（STEP1）                      （ゴム支承の剛性を耐震評価時に用いるせん断剛性とする場合）</p> <p>1. 解析条件</p> <p>ゴム支承に支持されるフレームに飛来物が衝突した際の挙動を確認するため、図1に示すフローのとおり、ゴム支承の剛性を考慮した衝突解析を実施する。</p> <p>衝突解析は、ゴム支承による影響が最も大きくなると想定される条件（飛来物姿勢、衝突位置、飛来方向）で実施し、ゴム支承の影響を考慮した場合において、フレームゴム支承、可動支承がフレームを支持する機能を維持可能な構造強度を有することを確認する。</p> <p>評価対象は支持機能に大きな影響を与える部材であるフレームゴム支承と可動支承とする。解析条件とその考え方を表1、2及び図2に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">STEP1</p> <pre>                     graph TD                         A[飛来物のフレームへの衝突] --&gt; B[ゴム支承の剛性を考慮*1してモデル化し、LS-DYNAにより衝突解析を実施]                         B --&gt; C[フレームゴム支承]                         B --&gt; D[可動支承]                         C --&gt; E[応力評価*2]                         D --&gt; F[応力評価*2]                         E --&gt; G[END]                         F --&gt; H[END]                     </pre> <p style="font-size: small;">*1: 耐震評価で用いるせん断剛性                          *2: LS-DYNAによる衝突解析により支承部のピーク反力を算出し評価を実施</p> </div> <p style="text-align: center;">図1 STEP1 構造成立性確認フロー</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> <li>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> </ul> <p>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																											
	<p style="text-align: center;">表1 STEP1の解析条件</p> <table border="1" data-bbox="728 172 1279 459"> <thead> <tr> <th>設定項目</th> <th>設定条件</th> <th>考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム支承の剛性</td> <td>耐震評価で用いるせん断剛性（表2参照）</td> <td>設計飛来物がフレームに衝突した場合に想定されるゴム支承の変位速度は、約0.1m/sと考えられる（別紙3（補足1）参照）。この変位速度は、地震時のゴム支承の動的特性を把握するために実施した振動数依存性試験におけるゴム支承の変位速度（0.06～0.6m/s）に包絡されることから、飛来物衝突においても、耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する。</td> </tr> <tr> <td>衝突方向</td> <td>水平方向</td> <td>配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも最大速度が大きく、ゴム支承のせん断剛性への影響が大きい方向。</td> </tr> <tr> <td>衝突位置</td> <td>ゴム支承近傍</td> <td>ゴム支承への影響が大きくなると考えられる位置。</td> </tr> <tr> <td>飛来物姿勢</td> <td>長辺全面で衝突</td> <td>フレームには防護板や補強用のリブが設置されることから、平面となる面積が限られており、長辺全面が部材に垂直に衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、最もゴム支承に対し厳しい姿勢による挙動を確認する観点から、長辺全面が衝突すると設定。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表2 フレームゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" data-bbox="842 515 1158 627"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレームゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>弾性</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>弾性</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: center;">図2 飛来物衝突位置及び解析モデル図（STEP1）</p> <p>2. 解析結果</p> <p>フレームゴム支承の衝突解析結果を表3、可動支承の衝突解析結果を表4に示す。</p> <p>フレームゴム支承の評価対象部材に発生する応力等は許容値を超えず、「4.1.2 支持部材（4）」に定める構造強度上の評価方針を満足する。</p> <p>可動支承については、評価対象部材のうち、「レール」「レール取付ボルト」「エンドプレート接合ボルト」について許容値を超える結果となった。</p> <p>STEP1の評価結果から、フレームゴム支承の剛性を考慮した場合において、フレームゴム支承による影響が最も大きくなると想定される個所に飛来物が衝突した場合でもフレームゴム支承は構造強度上の評価方針を満足し、フレームを支持する機能を維持可能な構造強度を有することを確認した。可動支承については一部部材が許容値を超える結果となったが、詳細設計段階では、可動支承のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p>	設定項目	設定条件	考え方	ゴム支承の剛性	耐震評価で用いるせん断剛性（表2参照）	設計飛来物がフレームに衝突した場合に想定されるゴム支承の変位速度は、約0.1m/sと考えられる（別紙3（補足1）参照）。この変位速度は、地震時のゴム支承の動的特性を把握するために実施した振動数依存性試験におけるゴム支承の変位速度（0.06～0.6m/s）に包絡されることから、飛来物衝突においても、耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する。	衝突方向	水平方向	配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも最大速度が大きく、ゴム支承のせん断剛性への影響が大きい方向。	衝突位置	ゴム支承近傍	ゴム支承への影響が大きくなると考えられる位置。	飛来物姿勢	長辺全面で衝突	フレームには防護板や補強用のリブが設置されることから、平面となる面積が限られており、長辺全面が部材に垂直に衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、最もゴム支承に対し厳しい姿勢による挙動を確認する観点から、長辺全面が衝突すると設定。	方向	フレームゴム支承	可動支承	X	弾性	自由	Y	弾性	剛	Z	剛	剛		
設定項目	設定条件	考え方																												
ゴム支承の剛性	耐震評価で用いるせん断剛性（表2参照）	設計飛来物がフレームに衝突した場合に想定されるゴム支承の変位速度は、約0.1m/sと考えられる（別紙3（補足1）参照）。この変位速度は、地震時のゴム支承の動的特性を把握するために実施した振動数依存性試験におけるゴム支承の変位速度（0.06～0.6m/s）に包絡されることから、飛来物衝突においても、耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する。																												
衝突方向	水平方向	配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも最大速度が大きく、ゴム支承のせん断剛性への影響が大きい方向。																												
衝突位置	ゴム支承近傍	ゴム支承への影響が大きくなると考えられる位置。																												
飛来物姿勢	長辺全面で衝突	フレームには防護板や補強用のリブが設置されることから、平面となる面積が限られており、長辺全面が部材に垂直に衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、最もゴム支承に対し厳しい姿勢による挙動を確認する観点から、長辺全面が衝突すると設定。																												
方向	フレームゴム支承	可動支承																												
X	弾性	自由																												
Y	弾性	剛																												
Z	剛	剛																												

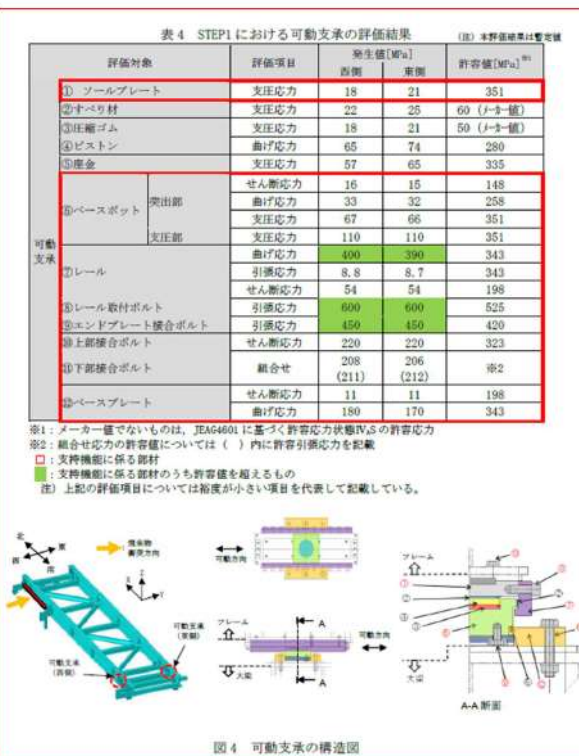
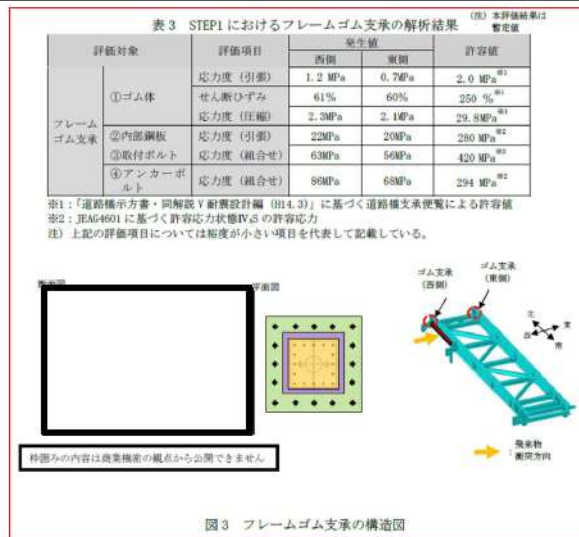
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

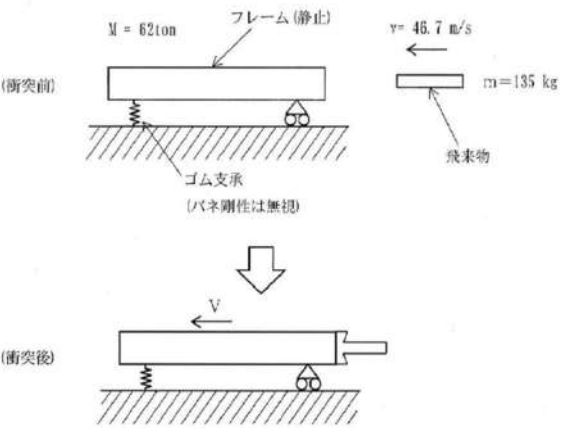


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p style="text-align: center;">別紙3（補足1）</p> <p style="text-align: center;">衝突解析に対するゴム支承の影響に対する検討</p> <p>竜巻防護ネットに採用する地震時水平力分散型ゴム支承は、ゴム支承のせん断剛性を利用して、上部構造の慣性力を複数の下部構造に分散させる機能を持つ。耐震設計については「道路橋示方書・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」及び「道路橋支承便覧（（社）日本道路協会、平成16年4月）」に則り、線形ばね要素でモデル化し、ゴム支承による荷重の低減効果を見込んだ耐震評価を実施する。（竜巻防護ネットの耐震評価方針については、設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設計基準対象施設について（第4条 地震による損傷の防止）』で説明）</p> <p>一方、飛来物の衝撃荷重によるゴム支承の影響・評価については、先行プラントにおいて審査実績がないことや、評価に関わる規格類が制定されていないことを踏まえ、衝突解析におけるゴム支承の影響について、以下のとおり検討を実施した。</p> <p>1. 飛来物衝突時と地震時におけるゴム支承変位速度の比較</p> <p>(1) 検討方法</p> <p>竜巻防護ネットのフレームはゴム支承に支持されているため、飛来物が衝突した場合や地震時にはフレームが移動する。フレームの移動速度が飛来物衝突時と地震時で異なる場合、ゴム支承の挙動が異なることが考えられる。</p> <p>この影響を検討するため、飛来物衝突後のフレーム移動速度から想定されるゴム支承の変位速度と、耐震評価において想定するゴム支承の変位速度を比較し検討する。</p> <p>(2) 飛来物衝突時のフレーム速度の算出</p> <p>竜巻防護ネットのフレームに飛来物が衝突した際のフレームの移動速度は、衝突前後の運動量保存則から算出する。算出にあたって、ゴム支承のばね剛性はフレームの移動に対し抵抗となり得るが、この影響はないものとして扱う。飛来物はフレームの南側に衝突し、衝突後はフレームと飛来物が一体となって移動を始めるものとする。（図1参照）</p> <p>以上の条件から、運動量保存則から以下の式が成り立つ</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">m v = (m+M) V \dots \textcircled{1}</math> <p>ここで、<math>m</math>：設計飛来物（鋼製材）重量（<math>m=135\text{kg}</math>）  <math>v</math>：設計飛来物（鋼製材）衝突速度（<math>v=46.6\text{m/s}</math>）  <math>M</math>：フレーム重量（<math>M=62000\text{kg}</math>）  <math>V</math>：衝突後のフレーム移動速度（<math>\text{m/s}</math>）</p> </div>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> <li>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> <li>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</li> </ul>

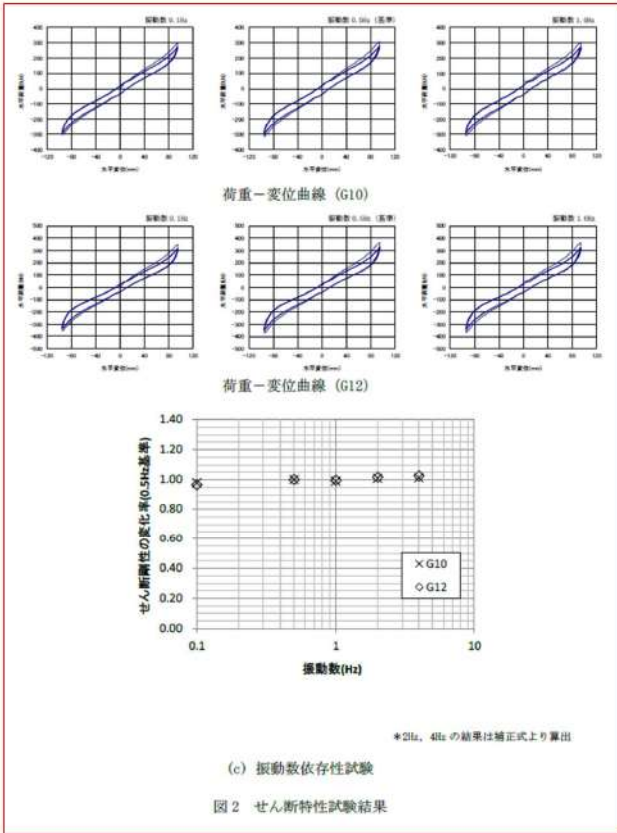


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	 <p>図1 飛来物衝突前後のイメージ</p> <p>①式より、</p> $V = m v / (m + M)$ $= 135 \times 46.6 / (135 + 62000)$ $\approx 0.1 \text{ (m/s)}$ <p>上記のとおり、フレームの質量が飛来物に比べて著しく大きいことから、衝突後のフレームの移動速度は最大でも約0.1m/sとなる。フレームはゴム支承に支持されていることから、ゴム支承の変位速度はフレームの移動速度と同等の速度になると想定される。</p> <p>(3) ゴム支承特性試験について</p> <p>ゴム支承の動的特性を把握するための試験のうち振動数依存性試験を実施している。本試験は、ゴム支承を振幅95mmの単振動（0.1～1Hzの振動数）でせん断変形させた際の剛性を実測したものである。試験結果を図2に示す。（図2は「設置許可基準規則第4条に対する適合状況説明資料『設計基準対象施設について（第4条 地震による損傷の防止）』より抜粋）</p> <p>ここで、変位 <math>x = A \sin \omega t</math> より（<math>A=95 \text{ mm}</math>, <math>\omega = 2\pi f</math>, <math>f=0.1, 0.5, 1.0 \text{ Hz}</math>）</p> <p>変位速度 <math>\dot{x} = A \omega \cos \omega t</math> であるから、変位速度の最大値は <math>A \omega</math> となる。</p> <p><math>f = 0.1 \text{ Hz}</math> のとき、<math>A \omega = 95 \times 2\pi \times 0.1 \approx 0.06 \text{ m/s}</math></p> <p><math>f = 1.0 \text{ Hz}</math> のとき、<math>A \omega = 95 \times 2\pi \times 1.0 \approx 0.60 \text{ m/s}</math></p>		



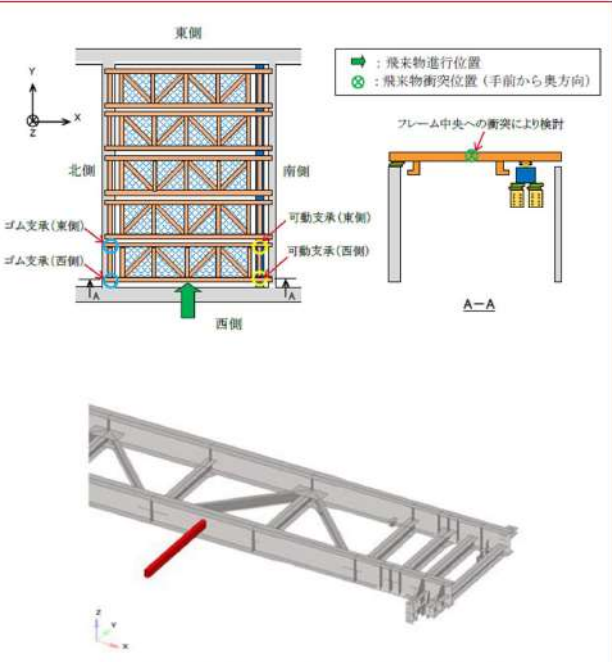
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>よって振動数依存性試験における変位速度の最大値は約0.06～0.60m/sの範囲となる。試験結果から、この速度範囲において、せん断剛性の変化は無視できるものであることを確認している</p>  <p>(c) 振動数依存性試験              図2 せん断特性試験結果</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>(4) 検討結果</p> <p>飛来物衝突後のフレーム移動速度から想定されるゴム支承の変位速度は約0.1m/s程度である。一方、振動数依存性試験結果から、ゴム支承の変位速度が約0.06~0.60m/sの速度範囲において、せん断剛性の変化は無視できるものであることを確認している。</p> <p>よって、飛来物衝突時のゴム支承の変位速度は、振動数依存性試験で確認している速度範囲内であることから、飛来物衝突時においてもゴム支承のせん断剛性は適用できると考える。</p> <p>2. 衝突解析におけるゴム支承境界条件の影響確認</p> <p>前項の検討を踏まえて、耐震評価に使用したせん断剛性を考慮した衝突解析を実施し、衝突解析におけるゴム支承せん断剛性の影響を確認する。</p> <p>(1) 検討方法</p> <p>ゴム支承に支持される竜巻防護ネットに飛来物が衝突した場合、飛来物による衝撃荷重がフレームや大梁を介してゴム支承に伝わり変形することにより、衝撃荷重が低減されることが考えられる。</p> <p>この影響について、衝突解析におけるゴム支承の境界条件を耐震評価に使用した線形ばねモデルと同等としたものと、ゴム支承の影響を排除する観点で3方向固定としてモデル化したものでそれぞれ衝突解析を実施し、ゴム支承と可動支承へ伝達される衝撃荷重の差を比較する。</p> <p>(2) 検討における解析条件</p> <p>衝突解析は、解析コード「LS-DYNA」を用いて3次元FEMモデルによりフレームをモデル化し評価を実施する。フレームはシェル要素でモデル化し、境界条件は端部を固定条件としたものと、ゴム支承を線形ばねモデルとし、水平剛性を考慮したものでそれぞれ解析を実施する。可動支承の境界条件は、可動方向はフリー、固定方向は固定の条件とする。飛来物の衝突方向については、ゴム支承の剛性が小さく、変形が大きい水平方向からの水平衝突とし、衝突位置はフレームの中央に衝突したケースを代表として実施する。検討における解析条件を表1に、検討に用いる衝突位置や解析モデルを図3に示す。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																	
	<p style="text-align: center;">表1 検討における解析条件</p> <table border="1" data-bbox="734 193 1301 475"> <tr> <td>検討ケース</td> <td>①フレームゴム支承部を固定としてモデル化</td> <td>②フレームゴム支承部を線形ばねモデル化</td> </tr> <tr> <td>解析モデル</td> <td colspan="2">LS-DYNAによる3次元FEMモデル</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">境界条件</td> <td>ゴム支承</td> <td>固定条件 線形ばねモデル*1 水平剛性：2,689 (kN/mm) 鉛直方向：863 (kN/mm)</td> </tr> <tr> <td>可動支承</td> <td>可動方向は拘束なし 非可動方向は固定条件</td> </tr> <tr> <td>衝突方向</td> <td colspan="2">ゴム支承の剛性が小さく、変形量大きい水平方向（西から東）からの衝突</td> </tr> <tr> <td>衝突位置</td> <td colspan="2">フレーム中央</td> </tr> </table> <p>*1：耐震評価モデルと同様の水平剛性を設定</p>  <p style="text-align: center;">図3 ゴム支承の影響検討における飛来物衝突位置及び解析モデル図</p>	検討ケース	①フレームゴム支承部を固定としてモデル化	②フレームゴム支承部を線形ばねモデル化	解析モデル	LS-DYNAによる3次元FEMモデル		境界条件	ゴム支承	固定条件 線形ばねモデル*1 水平剛性：2,689 (kN/mm) 鉛直方向：863 (kN/mm)	可動支承	可動方向は拘束なし 非可動方向は固定条件	衝突方向	ゴム支承の剛性が小さく、変形量大きい水平方向（西から東）からの衝突		衝突位置	フレーム中央			
検討ケース	①フレームゴム支承部を固定としてモデル化	②フレームゴム支承部を線形ばねモデル化																		
解析モデル	LS-DYNAによる3次元FEMモデル																			
境界条件	ゴム支承	固定条件 線形ばねモデル*1 水平剛性：2,689 (kN/mm) 鉛直方向：863 (kN/mm)																		
	可動支承	可動方向は拘束なし 非可動方向は固定条件																		
衝突方向	ゴム支承の剛性が小さく、変形量大きい水平方向（西から東）からの衝突																			
衝突位置	フレーム中央																			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																					
	<p>(3) 検討結果</p> <p>検討の結果、ゴム支承と可動支承へ伝達される衝撃荷重は、ゴム支承の境界条件を固定条件とした場合に大きな反力が発生する結果となることを確認した。特にゴム支承における衝撃荷重に大きな差が生じており、ゴム支承のせん断剛性を固定条件とすると、ゴム支承自体に発生する衝撃荷重が非常に大きくなることを確認した。検討結果を表2に示す。</p> <p>なお、今回の検討は水平方向からの衝突に対する結果であるが、ばね剛性を考慮することによる影響は鉛直方向についても同様であり、境界条件を固定とした場合、衝撃荷重は大きくなることが想定される。</p> <div data-bbox="712 467 1326 1027" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">表2 ゴム支承せん断剛性影響の検討結果</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" rowspan="3">評価対象</th> <th colspan="2">衝撃荷重（ピーク値）（kN）</th> </tr> <tr> <th colspan="2">ゴム支承境界条件</th> </tr> <tr> <th>固定</th> <th>せん断剛性有</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">ゴム支承 （東側）</td> <td rowspan="2">X方向</td> <td>+側</td> <td>456</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-478</td> <td>-4</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Y方向</td> <td>+側</td> <td>229</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-265</td> <td>-24</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">ゴム支承 （西側）</td> <td rowspan="2">X方向</td> <td>+側</td> <td>429</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-415</td> <td>-2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Y方向</td> <td>+側</td> <td>224</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-260</td> <td>-24</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">可動支承 （東側）</td> <td rowspan="2">X方向</td> <td>+側</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Y方向</td> <td>+側</td> <td>454</td> <td>424</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-508</td> <td>-392</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">可動支承 （西側）</td> <td rowspan="2">X方向</td> <td>+側</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Y方向</td> <td>+側</td> <td>300</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>-側</td> <td>-375</td> <td>-355</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>3. まとめ</p> <p>衝突時と地震時においてゴム支承の変位速度について有意な差がないことから、衝突解析においても耐震評価と同等条件でゴム支承をモデル化した評価が適用可能と考えられる。</p> <p>そこで、ゴム支承のせん断剛性を考慮したものと、考慮しない固定条件としたものでそれぞれ衝突解析を実施し、衝突時におけるゴム支承のせん断剛性の影響を確認した。解析の結果から、ゴム支承を固定条件とすると特にゴム支承自体に発生する衝撃荷重が非常に大きくなることを確認した。この場合、ゴム支承の下部構造に伝達される荷重も大きくなるため、下部構造に対しても厳しい条件となることを確認した。</p>	評価対象			衝撃荷重（ピーク値）（kN）		ゴム支承境界条件		固定	せん断剛性有	ゴム支承 （東側）	X方向	+側	456	2	-側	-478	-4	Y方向	+側	229	1	-側	-265	-24	ゴム支承 （西側）	X方向	+側	429	4	-側	-415	-2	Y方向	+側	224	1	-側	-260	-24	可動支承 （東側）	X方向	+側	0	0	-側	0	0	Y方向	+側	454	424	-側	-508	-392	可動支承 （西側）	X方向	+側	0	0	-側	0	0	Y方向	+側	300	265	-側	-375	-355		
評価対象					衝撃荷重（ピーク値）（kN）																																																																			
					ゴム支承境界条件																																																																			
			固定	せん断剛性有																																																																				
ゴム支承 （東側）	X方向	+側	456	2																																																																				
		-側	-478	-4																																																																				
	Y方向	+側	229	1																																																																				
		-側	-265	-24																																																																				
ゴム支承 （西側）	X方向	+側	429	4																																																																				
		-側	-415	-2																																																																				
	Y方向	+側	224	1																																																																				
		-側	-260	-24																																																																				
可動支承 （東側）	X方向	+側	0	0																																																																				
		-側	0	0																																																																				
	Y方向	+側	454	424																																																																				
		-側	-508	-392																																																																				
可動支承 （西側）	X方向	+側	0	0																																																																				
		-側	0	0																																																																				
	Y方向	+側	300	265																																																																				
		-側	-375	-355																																																																				



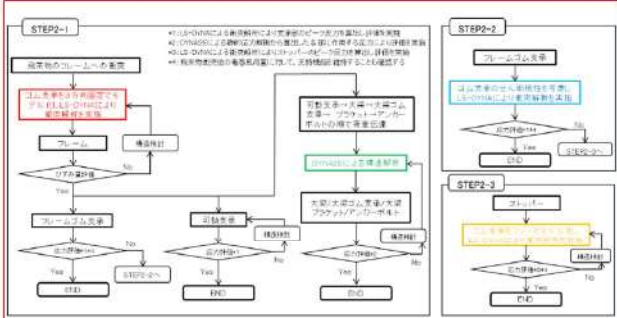
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p style="text-align: center;">別紙3（補足2）</p> <p style="text-align: center;">設計飛来物衝突によるフレームの移動量検討について</p> <p>1. 検討方法                  「衝突解析に対するゴム支承の影響に対する検討（別紙3（補足1））」の検討により、飛来物衝突後のフレームの移動速度は最大でも約0.1m/sとなる。                  飛来物の衝突により、フレームゴム支承のアンカーボルトが機能喪失し、フレームゴム支承と隔壁の拘束がなく、フレームゴム支承がフレームと一体となって水平移動する場合を想定しフレーム移動量を算出する。なお、検討にあたっては、可動支承の影響が少なく、フレームの移動量が大きくなる南側からの飛来物衝突により検討する。また、アンカーボルトの破断によるエネルギー吸収が想定されるが、この影響はないものとして扱う。（本検討条件は、フレームゴム支承のアンカーボルトが機能喪失した状態で飛来物が衝突したものに相当する）</p> <div data-bbox="712 646 1326 906" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">図1 フレーム移動量算出イメージ</p> </div> <p>2. 飛来物衝突時のフレーム移動量の算出                  エネルギー保存則により、フレームの持つ運動エネルギーは、フレーム移動時の摩擦により消費されるエネルギーと釣り合うものとして、フレームの移動量を算出する。算出にあたって、フレーム及び各支承は飛来物衝突後一体となって移動を始めるものとし、移動速度は0.1m/sとする。また、フレームゴム支承と隔壁との動摩擦係数は、コンクリートと鉄の摩擦係数0.4とする。                  以上の条件からエネルギー保存則より以下の式が成り立つ。</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してビット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> <li>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> <li>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</li> </ul>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	$\frac{1}{2}MV^2 = \mu Mg L \dots \textcircled{1}$ <p>ここで、M：フレーム重量（M=62000kg）                      V：衝突後のフレーム移動速度（m/s）                      μ：摩擦係数（0.4（出典：鋼構造設計基準））                      g：重力加速度（9.80665m/s<sup>2</sup>）                      L：フレーム移動距離</p> $\textcircled{1}\text{式より、} L = \frac{V^2}{2\mu g}$ $= \frac{0.1^2}{2 \times 0.4 \times 9.80665} \approx 1.3\text{mm}$ <p>以上より、フレームゴム支承のアンカーボルトが機能喪失した状態で飛来物が衝突した場合でも、フレームの質量が著しく大きいことから、摩擦力も非常に大きくなり、飛来物衝突によるフレームの移動量は1.3mm程度であり、ほとんど移動しない結果となった。                      また、同様に可動支承側の検討をした場合、大梁と可動支承間の鉄材同士の摩擦係数は0.35～0.40（出典：機械工学便覧）となるため、概ね同程度の移動距離となることが想定される。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p style="text-align: right;">別紙4</p> <p style="text-align: center;">竜巻防護ネット構造成立性確認結果について（STEP2） （支持部材全体の構造成立性）</p> <p>1. 評価方法</p> <p>飛来物衝突時の竜巻防護ネットを構成する支持部材全体の構造成立性を確認するため、図1に示すフローで評価を実施する。STEP2-1の条件で、支持部材全体に対し評価を実施する。STEP2-1の条件で評価を実施した結果、フレームゴム支承が許容値を満足しない場合、詳細評価としてSTEP2-2でゴム支承のせん断剛性を考慮した解析条件にて評価を実施する。STEP2-2の結果を踏まえて、STEP2-3としてストッパーの評価を実施する。</p>  <p style="text-align: center;">図1 STEP2 評価フロー</p> <p>2. ゴム剛性の結合条件を3方向固定（STEP2-1）</p> <p>(1) 解析条件</p> <p>評価はフレームに飛来物が衝突したときに、直接荷重を受けるフレーム及びその荷重が伝達されるフレームゴム支承、可動支承、大梁、大梁ゴム支承、ブラケットに対して実施する。解析条件とその考え方を表1、2及び図2に示す。</p>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> <li>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> </ul> <p>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																											
	<p style="text-align: center;">表1 STEP2-1 解析条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">設定項目</th> <th style="width: 25%;">設定条件</th> <th style="width: 60%;">考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム支承の剛性</td> <td>3方向固定 (表2参照)</td> <td>下部構造物に伝達する衝撃荷重のピーク値が大きくなるため</td> </tr> <tr> <td>衝突方向</td> <td>水平及び鉛直</td> <td>鉛直・水平方向からの衝突による部材への影響をそれぞれ確認するため (配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも速度が大きいため、評価を行う)</td> </tr> <tr> <td>衝突位置</td> <td>7パターン</td> <td>                     ▶衝突方向は衝突面積が大きい鉛直(①～③)、障害物がないNS方向南側からの水平(④)に加えて、障害物があり飛来物衝突の可能性が低いと考えられるEW方向からの水平(⑤～⑦)も考慮する                      ▶各部材に対する影響が大きいと考えられる箇所を抽出                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・フレームの曲げモーメントが最大になるフレームの中央部への衝突(②、⑥)</li> <li>・可動支承、大梁ゴム支承、ブラケットが影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(①、⑤)</li> <li>・ゴム支承が大きな影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(③、⑦)</li> <li>・可動支承のスライドによるフレームの変位によりゴム支承が大きな影響を受ける部位への衝突(④)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>飛来物姿勢</td> <td>短辺全面で衝突</td> <td>電巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定</td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">表2 フレームゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">方向</th> <th style="width: 35%;">フレームゴム支承</th> <th style="width: 50%;">可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>剛</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table>   <p style="text-align: center;">図2 飛来物衝突位置及び解析モデル図 (STEP2-1)</p> </div> <p>(2) 解析結果</p> <p>各部材の衝突解析結果を表3に示す。</p> <p>全ての衝突ケースにおいて、フレーム、大梁、ブラケット、大梁ゴム支承は許容値を超えず、構造強度上の評価方針を満足することを確認した。</p> <p>また、フレームゴム支承は表4に示すとおり、①～⑥の衝突位置の評価条件において、構造強度上の評価方針を満足することを確認した。</p> <p>⑦の衝突位置の場合には、2つのゴム支承が許容値を満足しないことから、詳細評価 (STEP2-2) としてゴム剛性を考慮した衝突解析を行い、構造成立性の確認を行う。</p> <p>可動支承については一部部材が許容値を超える結果となったが、詳細設計段階では、可動支承のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p>	設定項目	設定条件	考え方	ゴム支承の剛性	3方向固定 (表2参照)	下部構造物に伝達する衝撃荷重のピーク値が大きくなるため	衝突方向	水平及び鉛直	鉛直・水平方向からの衝突による部材への影響をそれぞれ確認するため (配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも速度が大きいため、評価を行う)	衝突位置	7パターン	▶衝突方向は衝突面積が大きい鉛直(①～③)、障害物がないNS方向南側からの水平(④)に加えて、障害物があり飛来物衝突の可能性が低いと考えられるEW方向からの水平(⑤～⑦)も考慮する ▶各部材に対する影響が大きいと考えられる箇所を抽出 <ul style="list-style-type: none"> <li>・フレームの曲げモーメントが最大になるフレームの中央部への衝突(②、⑥)</li> <li>・可動支承、大梁ゴム支承、ブラケットが影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(①、⑤)</li> <li>・ゴム支承が大きな影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(③、⑦)</li> <li>・可動支承のスライドによるフレームの変位によりゴム支承が大きな影響を受ける部位への衝突(④)</li> </ul>	飛来物姿勢	短辺全面で衝突	電巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定	方向	フレームゴム支承	可動支承	X	剛	自由	Y	剛	剛	Z	剛	剛		
設定項目	設定条件	考え方																												
ゴム支承の剛性	3方向固定 (表2参照)	下部構造物に伝達する衝撃荷重のピーク値が大きくなるため																												
衝突方向	水平及び鉛直	鉛直・水平方向からの衝突による部材への影響をそれぞれ確認するため (配置及び形状から水平方向から衝突する可能性は極めて低いと考えられるが、鉛直速度よりも速度が大きいため、評価を行う)																												
衝突位置	7パターン	▶衝突方向は衝突面積が大きい鉛直(①～③)、障害物がないNS方向南側からの水平(④)に加えて、障害物があり飛来物衝突の可能性が低いと考えられるEW方向からの水平(⑤～⑦)も考慮する ▶各部材に対する影響が大きいと考えられる箇所を抽出 <ul style="list-style-type: none"> <li>・フレームの曲げモーメントが最大になるフレームの中央部への衝突(②、⑥)</li> <li>・可動支承、大梁ゴム支承、ブラケットが影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(①、⑤)</li> <li>・ゴム支承が大きな影響を受けるように、当該部材の近傍に衝突(③、⑦)</li> <li>・可動支承のスライドによるフレームの変位によりゴム支承が大きな影響を受ける部位への衝突(④)</li> </ul>																												
飛来物姿勢	短辺全面で衝突	電巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定																												
方向	フレームゴム支承	可動支承																												
X	剛	自由																												
Y	剛	剛																												
Z	剛	剛																												



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

表3 STEP2-1における解析結果 (※ 本評価結果は暫定値)

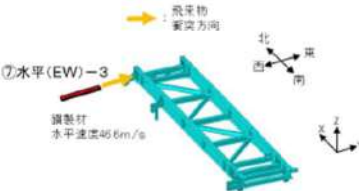
評価対象部位	評価項目(単位)	電気動機出力量												許容値			
		①		②		③		④		⑤		⑥					
		動機-1	動機-2	動機-3	水平(30°)-1	水平(30°)-2	水平(30°)-3	水平(30°)-4	水平(30°)-5	水平(30°)-6	水平(30°)-7	水平(30°)-8					
フレーム	最大ひずみ(%)	0.23	0.46	1.06	1.41	1.12	1.63	0.65*					1.0				
大梁	応力度(組合せ)(MPa)	269	190	110	120	180	139	120					※2				
	(264)	(264)	(264)	(264)	(264)	(264)	(264)	(264)									
アゴ	応力度(組合せ)(MPa)	190	94	45	47	62	53	46					※2				
	(343)	(343)	(343)	(343)	(343)	(343)	(343)	(343)									
ウェブ	応力度(引張)(MPa)	140	100	79	84	130	100	84					294				
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)									
パネル	Z4体	応力度(引張)(MPa)	0	0	1.4	0.9	14	0.6	0.3	0.2	0.1	0	1.2	0.9	2.0		
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Z6体	せん断ひずみ(%)	56	56	190	200	310	98	170	160	130	190	230	240	300	250	
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Z8体	応力度(圧縮)(MPa)	1.2	1.2	3.4	2.6	47.5	2.1	2.2	1.6	1.6	2.2	3.8	2.4	25	7.7	
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Z10体	応力度(引張)(MPa)	11	11	32	24	409	20	21	17	15	21	36	32	240	72	
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Z12体	応力度(組合せ)(MPa)	45	44	160	160	960	95	140	120	100	100	210	420	310	※2	
		(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)		
	Z14体	応力度(組合せ)(MPa)	40	38	170	160	970	90	130	110	100	130	180	180	310	210	
		(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)	(294)		
Z16体	応力度(引張)(MPa)	1.2		0.7	0.2	0.3		0.3					0.6	0.2			
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)			
Z18体	せん断ひずみ(%)	110	90	89	95	170	120	91					250				
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)					(240)				
Z20体	応力度(圧縮)(MPa)	4.7	2.8	1.8	1.9	3.2	2.3	1.9					23.1				
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)					(240)				
Z22体	応力度(引張)(MPa)	30	30	19	20	34	25	20					280				
	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)					(420)				
Z24体	応力度(組合せ)(MPa)	110	130	100	110	180	140	100					※2				
	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)	(420)					(420)				
可動支床	ジョールプレート	応力(圧縮)(MPa)	22	23	22	13	13	15	14	22	24	19	18	15	14	301	
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Zボリヤ	応力(圧縮)(MPa)	100	28	40	27	16	18	18	17	27	30	23	22	18	17	90
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	
	圧縮ボリヤ	応力(圧縮)(MPa)	22	23	22	13	13	15	14	22	24	19	18	15	14	30	
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
	Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	240	91	120	79	48	48	54	48	80	86	66	65	53	48	280
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	
	厚板	応力(圧縮)(MPa)	260	70	100	69	41	40	47	43	70	75	58	57	40	40	320
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	
	Zボリヤ	応力(せん断)(MPa)	43	20	21	12	3.5	0.1	3.9	3.3	20	10	14	11	2.7	0.4	148
		(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	91	43	45	24	7.2	0.2	7.9	6.9	42	21	30	20	5.9	0.6	258	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(圧縮)(MPa)	190	89	92	50	15	0.3	16	14	85	44	61	47	11	1.9	351	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	43	42	42	48	21	32	41	43	140	230	95	110	54	36	351	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	250	320	290	250	170	160	200	210	350	750	340	390	180	180	343	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	25	12	12	6.4	2.9	0.1	2.2	1.9	11	5.8	8.1	6.2	1.5	0.2	343	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(せん断)(MPa)	40	40	30	33	28	23	30	31	77	110	47	36	28	28	198	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	500	440	340	360	270	280	330	340	840	1220	510	610	390	525		
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)			
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	320	380	310	290	190	170	220	230	620	810	390	420	190	190	425	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(せん断)(MPa)	100	160	120	140	100	100	120	130	310	460	190	210	110	323		
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)			
Zボリヤ	応力度(組合せ)(MPa)	200	260	180	140	77	40	93	91	260	410	180	190	70	70	※2	
	(273)	(309)	(276)	(358)	(418)	(412)	(379)	(374)	(361)	(483)	(264)	(202)	(468)	(287)	(240)		
Zボリヤ	応力(せん断)(MPa)	16	10	9.1	7.0	4.0	3.2	4.7	4.7	14	16	9.3	9.5	3.9	3.3	198	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		
Zボリヤ	応力(引張)(MPa)	270	170	130	120	65	52	77	77	240	270	150	150	64	58	343	
	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)	(240)		

※1：フレーム部材端部に生じる最大ひずみが破断ひずみを上回るが、全断面欠損に至らず部材は支持されることを確認  
 ※2：組合せ応力の許容値については（ ）内に許容引張応力を記載  
 □：支持機能に係る部材  
 ■：支持機能に係る部材以外で許容値を超えるもの  
 ■：支持機能に係る部材のうち許容値を超えるもの  
 注) 上記の評価項目については精度が小さい項目を代表して記載している。また、可動支床については一部部材が許容値を超える結果となったが、詳細設計段階では、可動支床のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																									
表4 STEP2-1における支承部の評価																																																																												
<p>表4 STEP2-1における支承部の評価</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">支承部位置</th> <th rowspan="2">構造形式</th> <th colspan="2">構造形式上の評価方針</th> <th colspan="6">構造形式上の位置</th> </tr> <tr> <th>位置</th> <th>向き</th> <th>①</th> <th>②</th> <th>③</th> <th>④</th> <th>⑤</th> <th>⑥</th> <th>⑦</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">フレーム支承 *1</td> <td rowspan="2">可動支承設備</td> <td rowspan="2">フレーム 中央部</td> <td rowspan="2">鉛直</td> <td>①</td> <td>フレーム</td> <td>鉛直</td> <td>④</td> <td>水圧(WS)-1 フレーム</td> <td>⑤</td> <td>水圧(WS)-1 フレーム</td> <td>⑥</td> <td>水圧(WS)-2 フレーム</td> <td>⑦</td> <td>水圧(WS)-3 フレーム</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>③</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>④</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>⑤</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">可動支承</td> <td rowspan="2">可動支承設備</td> <td rowspan="2">フレーム</td> <td rowspan="2">鉛直</td> <td>①</td> <td>フレーム</td> <td>鉛直</td> <td>④</td> <td>水圧(WS)-1 フレーム</td> <td>⑤</td> <td>水圧(WS)-1 フレーム</td> <td>⑥</td> <td>水圧(WS)-2 フレーム</td> <td>⑦</td> <td>水圧(WS)-3 フレーム</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>③</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>④</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> <td>⑤</td> <td>可動支承設備</td> <td>鉛直</td> </tr> </tbody> </table> <p>                 *1：フレーム支承は、2つのうち1つ以上の支承が構造強度上の評価方針を満足することを確認することで行うこと。許容値を満足させる方針とする。                  *2：一部部材が許容値を超える結果となったが、詳細設計段階では、可動支承のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うこと。STEP2-2にて詳細評価を実施。                  □：STEP2-2にて詳細評価を実施。             </p>				支承部位置	構造形式	構造形式上の評価方針		構造形式上の位置						位置	向き	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	フレーム支承 *1	可動支承設備	フレーム 中央部	鉛直	①	フレーム	鉛直	④	水圧(WS)-1 フレーム	⑤	水圧(WS)-1 フレーム	⑥	水圧(WS)-2 フレーム	⑦	水圧(WS)-3 フレーム	②	可動支承設備	鉛直	③	可動支承設備	鉛直	④	可動支承設備	鉛直	⑤	可動支承設備	鉛直	可動支承	可動支承設備	フレーム	鉛直	①	フレーム	鉛直	④	水圧(WS)-1 フレーム	⑤	水圧(WS)-1 フレーム	⑥	水圧(WS)-2 フレーム	⑦	水圧(WS)-3 フレーム	②	可動支承設備	鉛直	③	可動支承設備	鉛直	④	可動支承設備	鉛直	⑤	可動支承設備	鉛直
支承部位置	構造形式	構造形式上の評価方針				構造形式上の位置																																																																						
		位置	向き	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦																																																																		
フレーム支承 *1	可動支承設備	フレーム 中央部	鉛直	①	フレーム	鉛直	④	水圧(WS)-1 フレーム	⑤	水圧(WS)-1 フレーム	⑥	水圧(WS)-2 フレーム	⑦	水圧(WS)-3 フレーム																																																														
				②	可動支承設備	鉛直	③	可動支承設備	鉛直	④	可動支承設備	鉛直	⑤	可動支承設備	鉛直																																																													
可動支承	可動支承設備	フレーム	鉛直	①	フレーム	鉛直	④	水圧(WS)-1 フレーム	⑤	水圧(WS)-1 フレーム	⑥	水圧(WS)-2 フレーム	⑦	水圧(WS)-3 フレーム																																																														
				②	可動支承設備	鉛直	③	可動支承設備	鉛直	④	可動支承設備	鉛直	⑤	可動支承設備	鉛直																																																													

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																									
	<p>3. 詳細評価（ゴム支承のせん断剛性を考慮した解析）（STEP2-2）                      (1) 解析条件                      STEP2-1における⑦の衝突位置の場合には、2つのゴム支承が許容値を満足しないことを踏まえて、詳細評価としてゴム剛性を考慮した衝突解析を行い、構造成立性の確認を行う。解析条件とその考え方を表5、6及び図3に示す。</p> <div data-bbox="712 384 1326 997" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">表5 STEP2-2解析条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">設定項目</th> <th style="width: 30%;">設定条件</th> <th style="width: 55%;">考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム支承の剛性</td> <td>耐震評価で用いるせん断剛性（表6参照）</td> <td>実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から、STEP1で用いた耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する</td> </tr> <tr> <td>衝突方向</td> <td>水平</td> <td rowspan="3">STEP2-1の⑦の衝突位置と同様</td> </tr> <tr> <td>衝突位置</td> <td>ゴム支承近傍</td> </tr> <tr> <td>飛来物姿勢</td> <td>短辺全面で衝突</td> </tr> </tbody> </table>   <p style="text-align: center;">表6 フレームゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">方向</th> <th style="width: 30%;">フレームゴム支承</th> <th style="width: 55%;">可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>弾性</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>弾性</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>剛</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table>    <p style="text-align: center;">図3 飛来物衝突位置及び解析モデル図（STEP2-2）</p> </div>	設定項目	設定条件	考え方	ゴム支承の剛性	耐震評価で用いるせん断剛性（表6参照）	実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から、STEP1で用いた耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する	衝突方向	水平	STEP2-1の⑦の衝突位置と同様	衝突位置	ゴム支承近傍	飛来物姿勢	短辺全面で衝突	方向	フレームゴム支承	可動支承	X	弾性	自由	Y	弾性	剛	Z	剛	剛		
設定項目	設定条件	考え方																										
ゴム支承の剛性	耐震評価で用いるせん断剛性（表6参照）	実現象に近いと考えられる条件で評価を行う観点から、STEP1で用いた耐震評価で用いるゴム支承のせん断剛性を適用する																										
衝突方向	水平	STEP2-1の⑦の衝突位置と同様																										
衝突位置	ゴム支承近傍																											
飛来物姿勢	短辺全面で衝突																											
方向	フレームゴム支承	可動支承																										
X	弾性	自由																										
Y	弾性	剛																										
Z	剛	剛																										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																												
	<p>(2) 解析結果                      フレームゴム支承の衝突解析結果を表7に示す。                      フレームゴム支承の部材に発生する応力等は許容値を超えず、構造強度上の評価方針を満足することを確認した。</p> <div data-bbox="712 320 1326 911" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: right;">(注) 本評価結果は暫定値</p> <p style="text-align: center;">表7 STEP2-2におけるフレームゴム支承の解析結果</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価対象</th> <th rowspan="2">評価項目</th> <th colspan="2">発生値</th> <th rowspan="2">許容値</th> </tr> <tr> <th>西側</th> <th>東側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">フレーム ゴム支承</td> <td rowspan="2">①ゴム体</td> <td>応力度（引張）</td> <td>1.1 MPa 0.8 MPa</td> <td>2.0 MPa<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td>せん断ひずみ</td> <td>62 % 62 %</td> <td>250 %<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">②内部鋼板</td> <td>応力度（圧縮）</td> <td>2.0 MPa 2.0 MPa</td> <td>29.8 MPa<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td>応力度（引張）</td> <td>19 MPa 19 MPa</td> <td>280 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③取付ボルト</td> <td rowspan="2">応力度（組合せ）</td> <td>61 MPa 60 MPa</td> <td>420 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> <tr> <td>98 MPa 82 MPa</td> <td>294 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：「道路橋示方書・同解説V耐震設計編（H14.3）」に基づく道路橋支承便覧による許容値                      ※2：JEA64601に基づく許容応力状態IV,Sの許容応力</p> <div style="text-align: center;">  <p>図4 飛来物衝突位置及び評価対象（STEP2-2）</p> </div> </div> <p>3. ストッパーの評価（ゴム剛性の結合条件を自由とした解析）                      (STEP2-3)                      (1) 解析条件                      今回実施した①～⑦の衝突ケースでは、フレームゴム支承が許容値を満足しない場合は確認されなかったことから、ストッパーに支持機能が必要な状況ではないが、STEP2-2の評価で許容値を満足しない場合を想定し、ストッパーの評価を実施する。                      飛来物の衝撃荷重に対して、ゴム支承による荷重を負担せずに、ストッパーに全ての荷重を伝達する条件で評価する。解析条件とその考え方を表8、9及び図5に示す。</p>	評価対象	評価項目	発生値		許容値	西側	東側	フレーム ゴム支承	①ゴム体	応力度（引張）	1.1 MPa 0.8 MPa	2.0 MPa <sup>※1</sup>	せん断ひずみ	62 % 62 %	250 % <sup>※1</sup>	②内部鋼板	応力度（圧縮）	2.0 MPa 2.0 MPa	29.8 MPa <sup>※1</sup>	応力度（引張）	19 MPa 19 MPa	280 MPa <sup>※2</sup>	③取付ボルト	応力度（組合せ）	61 MPa 60 MPa	420 MPa <sup>※2</sup>	98 MPa 82 MPa	294 MPa <sup>※2</sup>		
評価対象	評価項目			発生値			許容値																								
		西側	東側																												
フレーム ゴム支承	①ゴム体	応力度（引張）	1.1 MPa 0.8 MPa	2.0 MPa <sup>※1</sup>																											
		せん断ひずみ	62 % 62 %	250 % <sup>※1</sup>																											
	②内部鋼板	応力度（圧縮）	2.0 MPa 2.0 MPa	29.8 MPa <sup>※1</sup>																											
		応力度（引張）	19 MPa 19 MPa	280 MPa <sup>※2</sup>																											
③取付ボルト	応力度（組合せ）	61 MPa 60 MPa	420 MPa <sup>※2</sup>																												
		98 MPa 82 MPa	294 MPa <sup>※2</sup>																												



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																											
	<p style="text-align: center;">表8 STEP2-3 解析条件</p> <table border="1" data-bbox="725 240 1319 448"> <thead> <tr> <th>設定項目</th> <th>設定条件</th> <th>考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ゴム支承の剛性</td> <td>自由 (表9参照)</td> <td>飛来物がフレームに衝突した場合の荷重をすべて伝達し、ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件とするため</td> </tr> <tr> <td>衝突方向</td> <td>水平</td> <td>フレームの水平移動によるストッパーへの影響が大きい方向</td> </tr> <tr> <td>衝突位置</td> <td>1パターン</td> <td>可動支承の拘束が期待できない可動方向（NS側）として、南側端部への衝突を考慮</td> </tr> <tr> <td>飛来物姿勢</td> <td>短辺全面で衝突</td> <td>竜巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表9 フレームゴム支承、可動支承の結合条件</p> <table border="1" data-bbox="837 496 1189 616"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>フレームゴム支承</th> <th>可動支承</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>自由</td> <td>自由</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>自由</td> <td>剛</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>自由</td> <td>剛</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="719 692 1328 1066" style="border: 1px solid red; padding: 5px;">  <p style="text-align: center;">図5 可動支承の挙動確認における飛来物衝突位置及び解析モデル図（STEP2-3）</p> </div> <p>(2) 解析結果                  ストッパーの評価結果を図6及び表10に示す。発生する応力は許容値を満足する。</p>	設定項目	設定条件	考え方	ゴム支承の剛性	自由 (表9参照)	飛来物がフレームに衝突した場合の荷重をすべて伝達し、ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件とするため	衝突方向	水平	フレームの水平移動によるストッパーへの影響が大きい方向	衝突位置	1パターン	可動支承の拘束が期待できない可動方向（NS側）として、南側端部への衝突を考慮	飛来物姿勢	短辺全面で衝突	竜巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定	方向	フレームゴム支承	可動支承	X	自由	自由	Y	自由	剛	Z	自由	剛		
設定項目	設定条件	考え方																												
ゴム支承の剛性	自由 (表9参照)	飛来物がフレームに衝突した場合の荷重をすべて伝達し、ゴム支承による荷重の負担を期待せず、ストッパーへかかる衝撃荷重が大きくなる条件とするため																												
衝突方向	水平	フレームの水平移動によるストッパーへの影響が大きい方向																												
衝突位置	1パターン	可動支承の拘束が期待できない可動方向（NS側）として、南側端部への衝突を考慮																												
飛来物姿勢	短辺全面で衝突	竜巻防護ネットの形状、衝突時の影響、先行プラントの審査実績を踏まえて設定																												
方向	フレームゴム支承	可動支承																												
X	自由	自由																												
Y	自由	剛																												
Z	自由	剛																												

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由												
	<div data-bbox="712 150 1326 501" style="border: 1px solid red; padding: 5px;">  <p style="text-align: center;">図6 設計飛来物衝突時のフレーム変位イメージ</p> <p style="text-align: center;">表10 ストッパー応力評価結果</p> <table border="1" data-bbox="840 395 1196 485"> <thead> <tr> <th></th> <th>発生値 (MPa)</th> <th>許容値 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>せん断応力</td> <td>19</td> <td>198</td> </tr> <tr> <td>曲げ応力</td> <td>228</td> <td>343</td> </tr> <tr> <td>組合せ応力</td> <td>230</td> <td>343</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="712 576 1326 979" style="color: red; padding: 5px;"> <p>4. 飛来物衝突後の竜巻風荷重に対する評価</p> <p>飛来物衝突後の竜巻による風荷重に対して、竜巻防護ネットは非常用海水ポンプ等に波及的影響を与えないことが要求される。</p> <p>STEP2-1及びSTEP2-2の評価結果から、許容値を超えないゴム支承が少なくとも1つは残るため、フレーム全体が受ける竜巻による風荷重が、ゴム支承1つに対して作用する条件で評価を実施した。評価条件は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 風速 100m/s（設計竜巻風速）</li> <li>・ 風力係数Cは2.1とする</li> <li>・ 受圧面積は形状を考慮した投影面積</li> <li>・ フレームゴム支承（西側）のみが残存し風荷重を受ける場合を代表とした</li> <li>・ 評価モデル図は図7のとおり</li> </ul> </div> <div data-bbox="712 1018 1326 1326" style="border: 1px solid red; padding: 5px;">  <p style="text-align: center;">図7 竜巻風荷重に対する評価モデル図</p> </div>		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	せん断応力	19	198	曲げ応力	228	343	組合せ応力	230	343		
	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)													
せん断応力	19	198													
曲げ応力	228	343													
組合せ応力	230	343													

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																														
	<p style="text-align: center;">(注) 本評価結果は暫定値</p> <p style="text-align: center;">表 11 竜巻風荷重に対するフレームゴム支承の評価結果</p> <table border="1" data-bbox="721 225 1290 405"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価対象</th> <th rowspan="2">評価項目</th> <th colspan="2">発生値</th> <th rowspan="2">許容値</th> </tr> <tr> <th colspan="2">東側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">フレーム ゴム支承</td> <td rowspan="2">①ゴム体</td> <td>応力度（引張）</td> <td>0.4 MPa</td> <td>2.0 MPa<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td>せん断ひずみ</td> <td>130 %</td> <td>250 %<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td>②内部鋼板</td> <td>応力度（圧縮）</td> <td>1.2 MPa</td> <td>29.8 MPa<sup>※1</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">③取付ボルト</td> <td>応力度（引張）</td> <td>11 MPa</td> <td>280 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> <tr> <td>応力度（組合せ）</td> <td>100 MPa</td> <td>420 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> <tr> <td>④アンカーボルト</td> <td>応力度（組合せ）</td> <td>73 MPa</td> <td>294 MPa<sup>※2</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編（H14.3）」に基づく道路橋支承便覧による許容値          ※2：JEG4601に基づく許容応力状態ⅣISの許容応力</p> <p>5. STEP2 における構造成立性見直し</p> <p>①～⑦の全ての衝突位置において、フレーム、大梁、ブラケット、大梁ゴム支承は許容値を超えず、構造強度上の評価方針を満足することを確認した。</p> <p>フレームゴム支承については、STEP2-1においてフレームゴム支承近傍に設計飛来物が水平に衝突する場合のみ（⑦の衝突位置）、フレームゴム支承が2つ許容値を満足しない結果となったが、STEP2-2において詳細評価を実施し、フレームゴム支承が構造強度上の評価方針を満足することを確認した。</p> <p>また、飛来物衝突後には、構造健全性を保つゴム支承が少なくとも1つ残存することから、1つのゴム支承にて竜巻による風荷重及び常時作用する荷重に対し、フレームの支持機能を維持することを確認した。</p> <p>さらに、STEP2-1及びSTEP2-2の評価において、許容値を超えないゴム支承が1つ残存するため、ストッパーに支持機能が必要な状況ではないが、STEP2-3として飛来物の衝撃荷重に対してフレームゴム支承による荷重を負担せずに、ストッパーに全ての荷重を伝達する条件で評価を実施し、構造強度上の評価方針を満足することを確認した。可動支承については一部部材が許容値を超える結果となったが、詳細設計段階では、可動支承のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p> <p>以上より、竜巻防護ネットの支持部材は構造強度上の評価方針を満足する方針である。よって、飛来物衝突時及び衝突後において竜巻防護ネットの支持機能を維持するため、構造成立性の見直しがあることを確認した。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	評価対象	評価項目	発生値		許容値	東側		フレーム ゴム支承	①ゴム体	応力度（引張）	0.4 MPa	2.0 MPa <sup>※1</sup>	せん断ひずみ	130 %	250 % <sup>※1</sup>	②内部鋼板	応力度（圧縮）	1.2 MPa	29.8 MPa <sup>※1</sup>	③取付ボルト	応力度（引張）	11 MPa	280 MPa <sup>※2</sup>	応力度（組合せ）	100 MPa	420 MPa <sup>※2</sup>	④アンカーボルト	応力度（組合せ）	73 MPa	294 MPa <sup>※2</sup>		
評価対象	評価項目			発生値			許容値																										
		東側																															
フレーム ゴム支承	①ゴム体	応力度（引張）	0.4 MPa	2.0 MPa <sup>※1</sup>																													
		せん断ひずみ	130 %	250 % <sup>※1</sup>																													
	②内部鋼板	応力度（圧縮）	1.2 MPa	29.8 MPa <sup>※1</sup>																													
	③取付ボルト	応力度（引張）	11 MPa	280 MPa <sup>※2</sup>																													
応力度（組合せ）		100 MPa	420 MPa <sup>※2</sup>																														
④アンカーボルト	応力度（組合せ）	73 MPa	294 MPa <sup>※2</sup>																														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																
	<p style="text-align: right;">別紙 5</p> <p style="text-align: center;">竜巻防護ネットの構造健全性評価基準について</p> <p>竜巻防護ネットの構造成立性確認を行う際に用いる許容限界（構造健全性評価基準）は、竜巻ガイド等の要求や、先行プラントの実績を踏まえて表1のとおり設定する。</p> <table border="1" data-bbox="712 411 1328 995"> <caption>表1 竜巻防護ネットの各部材に対する許容限界 (1/2)</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価対象</th> <th rowspan="2">作用荷重</th> <th rowspan="2">乗来物の衝突の有無</th> <th rowspan="2">評価項目</th> <th>許容限界</th> </tr> <tr> <th>(構造健全性評価基準)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">ネット (金網部)</td> <td rowspan="5">衝撃荷重 竜巻風荷重 自重</td> <td rowspan="5">有</td> <td>吸収エネルギー評価</td> <td>電中研報告によるネットの限界吸収エネルギー</td> </tr> <tr> <td>破断評価</td> <td>電中研報告に記載されている引張試験により確認される破断荷重</td> </tr> <tr> <td>たわみ評価</td> <td>ネットと防護対象施設までの離隔距離</td> </tr> <tr> <td>たわみ評価</td> <td>ネットと防護対象施設までの離隔距離</td> </tr> <tr> <td>破断評価</td> <td>JISに規定される規格値</td> </tr> <tr> <td>リフトアップ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3-φ76 シヤトル</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>接続治具</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>防護板</td> <td>横向き防護板 縦向き防護板</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 自重</td> <td>有</td> <td>貫通評価</td> <td>BBL式より算出される貫通限界板厚</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">フレーム</td> <td>主桁 横補強材</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重</td> <td rowspan="2">有</td> <td>【貫通評価】</td> <td>NEI 07-13にTP(多軸性振動)を考慮して設定した破断ひずみ(LS-03NA)による衝突解析によりひずみ量を算出</td> </tr> <tr> <td>ブレース</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 自重</td> <td>【貫通評価】</td> <td>ブレースはネットの上部に設置しており、ブレースを貫通した設計乗来物の衝突エネルギーは軽減することから、ネットの吸収エネルギー評価、破断評価に包絡される</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重</td> <td>無</td> <td>無</td> <td>【支持機能評価】</td> <td>JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ブラケット</td> <td>ブラケット本体</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重</td> <td rowspan="2">無</td> <td rowspan="2">【支持機能評価】</td> <td rowspan="2">JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>ブラケット アンカーボルト</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重</td> </tr> </tbody> </table>	評価対象	作用荷重	乗来物の衝突の有無	評価項目	許容限界	(構造健全性評価基準)	ネット (金網部)	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	有	吸収エネルギー評価	電中研報告によるネットの限界吸収エネルギー	破断評価	電中研報告に記載されている引張試験により確認される破断荷重	たわみ評価	ネットと防護対象施設までの離隔距離	たわみ評価	ネットと防護対象施設までの離隔距離	破断評価	JISに規定される規格値	リフトアップ					3-φ76 シヤトル					接続治具					防護板	横向き防護板 縦向き防護板	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	有	貫通評価	BBL式より算出される貫通限界板厚	フレーム	主桁 横補強材	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重	有	【貫通評価】	NEI 07-13にTP(多軸性振動)を考慮して設定した破断ひずみ(LS-03NA)による衝突解析によりひずみ量を算出	ブレース	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	【貫通評価】	ブレースはネットの上部に設置しており、ブレースを貫通した設計乗来物の衝突エネルギーは軽減することから、ネットの吸収エネルギー評価、破断評価に包絡される	大梁	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	無	【支持機能評価】	JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力	ブラケット	ブラケット本体	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重	無	【支持機能評価】	JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力	ブラケット アンカーボルト	衝撃荷重 竜巻風荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・女川は竜巻防護ネットを設置する海水ポンプエリアの壁が薄く支持機能に期待できないため、可動支承、ゴム支承を採用して地震により生じる応力を低減・分散させる構造として、ネットの支持機能を確保している。</li> <li>・泊においては、女川と異なり竜巻防護ネットは強固な建屋床面、ブラケットを介してピット壁面に設置できる環境であることから、女川で採用している可動式の機構を持たせる必要はない。</li> <li>・以上の理由から、泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しており、架構に直接、竜巻防護ネットを設置する構造としている。</li> <li>・本資料は、ゴム支承及び可動支承を採用したことによる設計成立性に関する説明資料である。</li> <li>・泊では、ゴム支承等は使用していないことから、本資料は不要と判断し、作成していない。</li> <li>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</li> </ul>
評価対象	作用荷重					乗来物の衝突の有無	評価項目				許容限界																																																								
		(構造健全性評価基準)																																																																	
ネット (金網部)	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	有	吸収エネルギー評価	電中研報告によるネットの限界吸収エネルギー																																																															
			破断評価	電中研報告に記載されている引張試験により確認される破断荷重																																																															
			たわみ評価	ネットと防護対象施設までの離隔距離																																																															
			たわみ評価	ネットと防護対象施設までの離隔距離																																																															
			破断評価	JISに規定される規格値																																																															
リフトアップ																																																																			
3-φ76 シヤトル																																																																			
接続治具																																																																			
防護板	横向き防護板 縦向き防護板	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重	有	貫通評価	BBL式より算出される貫通限界板厚																																																														
フレーム	主桁 横補強材	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重	有	【貫通評価】	NEI 07-13にTP(多軸性振動)を考慮して設定した破断ひずみ(LS-03NA)による衝突解析によりひずみ量を算出																																																														
	ブレース	衝撃荷重 竜巻風荷重 自重		【貫通評価】	ブレースはネットの上部に設置しており、ブレースを貫通した設計乗来物の衝突エネルギーは軽減することから、ネットの吸収エネルギー評価、破断評価に包絡される																																																														
大梁	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	無	【支持機能評価】	JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力																																																														
ブラケット	ブラケット本体	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重	無	【支持機能評価】	JEN-001に基づく許容応力状態IV.Sの許容応力																																																														
	ブラケット アンカーボルト	衝撃荷重 竜巻風荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重																																																																	



泊発電所3号炉 D B基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1 添付資料3.13）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																															
	<p style="text-align: center;">表1 竜巻防護ネットの各部材に対する許容限界 (2/2)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>評価対象</th> <th>作用荷重</th> <th>飛来物衝突の有無</th> <th>評価項目</th> <th>許容限界 (構造健全性評価基準)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">フレーム ゴム支承</td> <td rowspan="4">衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重</td> <td rowspan="4">無</td> <td>【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ</td> <td>「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">大梁 ゴム支承</td> <td rowspan="4">衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重</td> <td rowspan="4">無</td> <td>【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ</td> <td>「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td rowspan="14">可動支承</td> <td rowspan="14">衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重</td> <td rowspan="14">無</td> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>メーカー強度試験に基づき算出した許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>メーカー強度試験に基づき算出した許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 支圧応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 支圧応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 曲げ応力 引張応力 せん断応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 引張応力 せん断応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ストッパー</td> <td>衝撃荷重 竜巻風荷重</td> <td>無</td> <td>【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力</td> <td>JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; color: red;">以 上</p>	評価対象	作用荷重	飛来物衝突の有無	評価項目	許容限界 (構造健全性評価基準)	フレーム ゴム支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ	「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値	【支持機能評価】 引張応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	大梁 ゴム支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重	無	【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ	「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値	【支持機能評価】 引張応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	可動支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	【支持機能評価】 支圧応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 支圧応力	メーカー強度試験に基づき算出した許容応力	【支持機能評価】 支圧応力	メーカー強度試験に基づき算出した許容応力	【支持機能評価】 曲げ応力		【支持機能評価】 支圧応力		【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 支圧応力		【支持機能評価】 支圧応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力	【支持機能評価】 曲げ応力 引張応力 せん断応力		【支持機能評価】 引張応力 せん断応力		【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力		【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力		【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力		【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力		【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力		ストッパー	衝撃荷重 竜巻風荷重	無	【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力		
評価対象	作用荷重	飛来物衝突の有無	評価項目	許容限界 (構造健全性評価基準)																																																														
フレーム ゴム支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ	「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値																																																														
			【支持機能評価】 引張応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
大梁 ゴム支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 大梁荷重 自重	無	【支持機能評価】 引張応力 圧縮応力 せん断ひずみ	「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(014.3)」に基づく道路橋支承部等の評価基準値																																																														
			【支持機能評価】 引張応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 引張応力 せん断応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
可動支承	衝撃荷重 竜巻風荷重 ネット荷重 フレーム荷重 自重	無	【支持機能評価】 支圧応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 支圧応力	メーカー強度試験に基づき算出した許容応力																																																														
			【支持機能評価】 支圧応力	メーカー強度試験に基づき算出した許容応力																																																														
			【支持機能評価】 曲げ応力																																																															
			【支持機能評価】 支圧応力																																																															
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力 支圧応力																																																															
			【支持機能評価】 支圧応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														
			【支持機能評価】 曲げ応力 引張応力 せん断応力																																																															
			【支持機能評価】 引張応力 せん断応力																																																															
			【支持機能評価】 曲げ応力 せん断応力																																																															
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力																																																															
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力																																																															
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力																																																															
			【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力																																																															
ストッパー	衝撃荷重 竜巻風荷重	無	【支持機能評価】 せん断応力 曲げ応力	JISG4001 に基づく許容応力状態Ⅳ.Sの許容応力																																																														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p style="text-align: right;">別紙 6</p> <p style="text-align: center;">設置許可段階と詳細設計段階での説明事項</p> <p>設置許可段階では、【STEP1】及び【STEP2】の評価のとおり、竜巻防護ネットの構造成立性にかかわる代表的な評価結果をもって、構造成立性の見通しを説明した。</p> <p>詳細設計段階では現実即した解析モデルとして、フレームゴム支承の特性を考慮した解析モデルを適用し、評価を実施する方針とする。</p> <p>設置許可段階での構造成立性の見通し時に用いた評価フローを組み替え、詳細設計段階の評価フロー（基本ケース）を以下のとおり設定する。</p> <p>可動支承の評価対象部材について、設置許可段階における構造成立性の見直し確認において、可動支承近傍へ飛来物が衝突した場合、許容値を超える結果となっているが、詳細設計段階では、可動支承のサイズアップやボルトの仕様変更等の対応を行うことで、許容値を満足させる方針とする。</p> <p>基本ケースによる各部材の設計を実施した後、不確かさケースの確認として、ゴム支承の剛性のばらつきを考慮した解析モデルの設定、衝突姿勢の影響を考慮した衝突解析（飛来物の長辺衝突）を実施し、評価を実施する方針とする。</p> <div data-bbox="712 837 1328 1460" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">評価フロー（基本ケース）【STEP2-2】</p> <p style="text-align: center;">評価フロー（不確かさケース）</p> <p style="text-align: center;">図1 詳細設計段階における評価フロー</p> </div>		<p>【女川】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護設備の構造の相違による資料の作成要否の相違。</li> <li>・プラント設計の相違による設置設備の相違</li> </ul> <p>女川は、竜巻防護ネットの設置において、先行プラントでは実績のないゴム支承及び可動支承採用した支持方法としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・可動支承を採用した支持方式についての成立性について、設置許可においても一定の結果を明示して説明しているため、設置許可段階と詳細設計段階での説明事項を整理している。</li> <li>・泊の竜巻防護ネットは、先行プラント（大飯、高浜）と同様の竜巻防護ネットの構造を採用しているため、本資料は作成していない。</li> </ul> <p>（竜巻防護ネットの強度計算結果は設工認で説明する方針）</p>



赤字:設備,運用又は体制の相違(設計方針の相違)  
 青字:記載箇所又は記載内容の相違(記載方針の相違)  
 緑字:記載表現,設備名称の相違(実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																															
表1 設置許可段階及び詳細設計段階での説明事項(2/3)																																		
評価対象	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1453 913 1544">評価項目</th> <th data-bbox="913 1453 1014 1544">設計方針</th> <th data-bbox="1014 1453 1335 1544">性能目標</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1453 913 1544">支持部材の設計方針</td> <td data-bbox="913 1453 1014 1544">支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。</td> <td data-bbox="1014 1453 1335 1544">【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。</td> </tr> </table>	評価項目	設計方針	性能目標	支持部材の設計方針	支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。	【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1453 1435 1544">評価項目</th> <th data-bbox="1435 1453 1536 1544">設計方針</th> <th data-bbox="1536 1453 1966 1544">性能目標</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1453 1435 1544">支持部材の設計方針</td> <td data-bbox="1435 1453 1536 1544">支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。</td> <td data-bbox="1536 1453 1966 1544">【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。</td> </tr> </table>	評価項目	設計方針	性能目標	支持部材の設計方針	支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。	【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。																				
評価項目	設計方針	性能目標																																
支持部材の設計方針	支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。	【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。																																
評価項目	設計方針	性能目標																																
支持部材の設計方針	支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止するために、飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有し、非常用海水ポンプ等に波及的形勢を与えないために、支持部材自体の転倒及び取付を生じない設計とする。	【支持機能】支持部材は設計電圧の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持可能な構造強度を有する。																																
評価部材	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1544 913 1581">評価部材</th> <th data-bbox="913 1544 1335 1581">構造設計段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">ゴム体</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">大径ゴム支保</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">内部腐板</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">大径ゴム支保取付ボルト</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">ゴム体</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">内部腐板</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">取付ボルト</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1544 913 1581">ワオヤ付</td> <td data-bbox="913 1544 1335 1581">ゴム体</td> </tr> </table>	評価部材	構造設計段階	ゴム体	大径ゴム支保	内部腐板	ゴム体	大径ゴム支保取付ボルト	ゴム体	ゴム体	ゴム体	内部腐板	ゴム体	取付ボルト	ゴム体	ワオヤ付	ゴム体	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1544 1435 1581">評価部材</th> <th data-bbox="1435 1544 1966 1581">構造設計段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">ゴム体</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">大径ゴム支保</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">内部腐板</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">大径ゴム支保取付ボルト</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">ゴム体</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">内部腐板</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">取付ボルト</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1544 1435 1581">ワオヤ付</td> <td data-bbox="1435 1544 1966 1581">ゴム体</td> </tr> </table>	評価部材	構造設計段階	ゴム体	大径ゴム支保	内部腐板	ゴム体	大径ゴム支保取付ボルト	ゴム体	ゴム体	ゴム体	内部腐板	ゴム体	取付ボルト	ゴム体	ワオヤ付	ゴム体
評価部材	構造設計段階																																	
ゴム体	大径ゴム支保																																	
内部腐板	ゴム体																																	
大径ゴム支保取付ボルト	ゴム体																																	
ゴム体	ゴム体																																	
内部腐板	ゴム体																																	
取付ボルト	ゴム体																																	
ワオヤ付	ゴム体																																	
評価部材	構造設計段階																																	
ゴム体	大径ゴム支保																																	
内部腐板	ゴム体																																	
大径ゴム支保取付ボルト	ゴム体																																	
ゴム体	ゴム体																																	
内部腐板	ゴム体																																	
取付ボルト	ゴム体																																	
ワオヤ付	ゴム体																																	
評価基準	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1581 913 1596">評価基準</th> <th data-bbox="913 1581 1335 1596">構造設計段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1581 913 1596">許容限界</td> <td data-bbox="913 1581 1335 1596">                     ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下                      ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下                      ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下                      ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下                 </td> </tr> </table>	評価基準	構造設計段階	許容限界	・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下 ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下	<p>構造設計段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1581 1435 1596">評価基準</th> <th data-bbox="1435 1581 1966 1596">構造設計段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1581 1435 1596">許容限界</td> <td data-bbox="1435 1581 1966 1596">                     ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下                      ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下                      ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下                      ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下                 </td> </tr> </table>	評価基準	構造設計段階	許容限界	・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下 ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下																								
評価基準	構造設計段階																																	
許容限界	・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下 ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下																																	
評価基準	構造設計段階																																	
許容限界	・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下 ・発生する引張応力が道路橋支保架以下許容限界以下 ・発生する圧縮力及び引張力がJIS4901のIVS以下																																	
説明段階	<p>説明段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1596 913 1596">説明段階</th> <th data-bbox="913 1596 1335 1596">説明段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">IP (構造設計見直し)</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">IP (構造設計見直し)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">STEP1</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">STEP2</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">STEP2-1</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">STEP2-2</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">-</td> </tr> </table>	説明段階	説明段階	IP (構造設計見直し)	IP (構造設計見直し)	STEP1	-	STEP2	-	STEP2-1	-	STEP2-2	-	<p>説明段階</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1596 1435 1596">説明段階</th> <th data-bbox="1435 1596 1966 1596">説明段階</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">IP (構造設計見直し)</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">IP (構造設計見直し)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">STEP1</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">STEP2</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">STEP2-1</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">-</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">STEP2-2</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">-</td> </tr> </table>	説明段階	説明段階	IP (構造設計見直し)	IP (構造設計見直し)	STEP1	-	STEP2	-	STEP2-1	-	STEP2-2	-								
説明段階	説明段階																																	
IP (構造設計見直し)	IP (構造設計見直し)																																	
STEP1	-																																	
STEP2	-																																	
STEP2-1	-																																	
STEP2-2	-																																	
説明段階	説明段階																																	
IP (構造設計見直し)	IP (構造設計見直し)																																	
STEP1	-																																	
STEP2	-																																	
STEP2-1	-																																	
STEP2-2	-																																	
C/P	<p>C/P</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1596 913 1596">C/P</th> <th data-bbox="913 1596 1335 1596">C/P</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">○</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">○</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">○</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">○</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">○</td> </tr> </table>	C/P	C/P	○	○	○	○	○	○	○	○	<p>C/P</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1596 1435 1596">C/P</th> <th data-bbox="1435 1596 1966 1596">C/P</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">○</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">○</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">○</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">○</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">○</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">○</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">○</td> </tr> </table>	C/P	C/P	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
C/P	C/P																																	
○	○																																	
○	○																																	
○	○																																	
○	○																																	
C/P	C/P																																	
○	○																																	
○	○																																	
○	○																																	
○	○																																	
○	○																																	
状態	<p>状態</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1596 913 1596">状態</th> <th data-bbox="913 1596 1335 1596">状態</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> </table>	状態	状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	<p>状態</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1596 1435 1596">状態</th> <th data-bbox="1435 1596 1966 1596">状態</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> </table>	状態	状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態												
状態	状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
状態	状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
作用荷重	<p>作用荷重</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1596 913 1596">作用荷重</th> <th data-bbox="913 1596 1335 1596">作用荷重</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">自重</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">自重</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">上風側(ネット、フレーム、大)</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">上風側(ネット、フレーム)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">電磁風荷重</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">電磁風荷重</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">衝撃荷重</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">衝撃荷重</td> </tr> </table>	作用荷重	作用荷重	自重	自重	上風側(ネット、フレーム、大)	上風側(ネット、フレーム)	電磁風荷重	電磁風荷重	衝撃荷重	衝撃荷重	<p>作用荷重</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1596 1435 1596">作用荷重</th> <th data-bbox="1435 1596 1966 1596">作用荷重</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">自重</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">自重</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">上風側(ネット、フレーム)</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">上風側(ネット、フレーム)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">電磁風荷重</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">電磁風荷重</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">衝撃荷重</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">衝撃荷重</td> </tr> </table>	作用荷重	作用荷重	自重	自重	上風側(ネット、フレーム)	上風側(ネット、フレーム)	電磁風荷重	電磁風荷重	衝撃荷重	衝撃荷重												
作用荷重	作用荷重																																	
自重	自重																																	
上風側(ネット、フレーム、大)	上風側(ネット、フレーム)																																	
電磁風荷重	電磁風荷重																																	
衝撃荷重	衝撃荷重																																	
作用荷重	作用荷重																																	
自重	自重																																	
上風側(ネット、フレーム)	上風側(ネット、フレーム)																																	
電磁風荷重	電磁風荷重																																	
衝撃荷重	衝撃荷重																																	
主要機能評価モード	<p>主要機能評価モード</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="813 1596 913 1596">主要機能評価モード</th> <th data-bbox="913 1596 1335 1596">主要機能評価モード</th> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1596 913 1596">異常状態</td> <td data-bbox="913 1596 1335 1596">異常状態</td> </tr> </table>	主要機能評価モード	主要機能評価モード	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	<p>主要機能評価モード</p> <table border="1"> <tr> <th data-bbox="1335 1596 1435 1596">主要機能評価モード</th> <th data-bbox="1435 1596 1966 1596">主要機能評価モード</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1335 1596 1435 1596">異常状態</td> <td data-bbox="1435 1596 1966 1596">異常状態</td> </tr> </table>	主要機能評価モード	主要機能評価モード	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態	異常状態												
主要機能評価モード	主要機能評価モード																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
主要機能評価モード	主要機能評価モード																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	
異常状態	異常状態																																	



赤字:設備、運用又は体制の相違(設計方針の相違)  
 青字:記載箇所又は記載内容の相違(記載方針の相違)  
 緑字:記載表現、設備名称の相違(実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

表1 設置許可段階及び詳細設計段階での説明事項 (3/3)

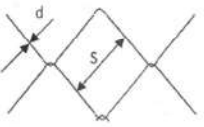
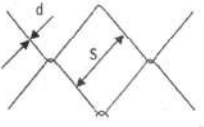
評価対象	支持部材の設計方針	構造強度上の性能目標	構造強度上の評価方針	評価部材	主な機能損傷モード		許容限界	説明段階	
					作用荷重	限界状態		STEP1	STEP2
竜巻防護ネット(支持部材)	支持部材は設計電巻の風圧力による荷重、飛来物による衝撃荷重及びその他の荷重に対し、飛来物が非常用海水ポンプ等へ衝突することを防止する。飛来物が支持部材を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有する。	【支持機能】支持部材は設計電巻の風圧力による荷重、飛来物による他の荷重に対し、上載するネット及び防護板を支持する機能を維持可能な構造強度を有する。	電巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対するフレーム等を支持する機能に依存する。支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態IVSの許容応力を超えないことを確認する。	フォアレート ベーザット レーブル トリ駆付 エアードレート 接合ボルト 上部接合ボルト 下部接合ボルト ハービート 可動支持系	<ul style="list-style-type: none"> <li>自重</li> <li>上載荷重(ネット、フレーム)</li> <li>電巻風荷重</li> <li>衝撃荷重</li> </ul>	発生する応力がIEAG 4601のIV,S以下 終局状態	○ (STEP2-1)	○ (STEP2-1)	○ (飛来物への抵抗) ○ (飛来物への抵抗)
			電巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、フレーム等を支持する機能に依存する。支持機能を維持するため、作用する応力が許容応力状態IVSの許容応力を超えないことを確認する。	スタッパー	<ul style="list-style-type: none"> <li>電巻風荷重</li> <li>衝撃荷重</li> </ul>	発生する応力がIEAG 4601のIV,S以下 終局状態	-	○ (STEP2-3)	○ (飛来物への抵抗)

※ EP:設置許可段階 CP:詳細設計段階

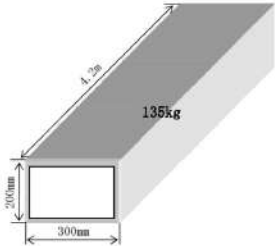
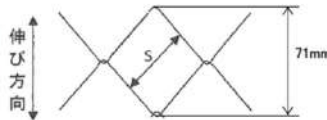
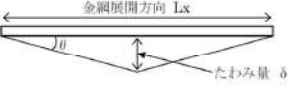
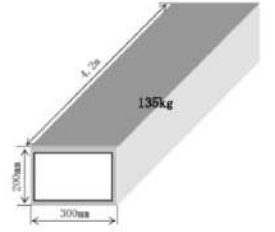
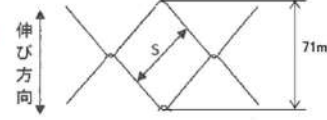
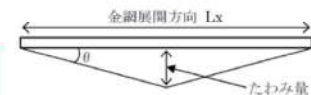
(注) 可動支束については一部部材が許容限を超えらる結果となったため、詳細設計段階では、可動支束のサイズアップが求められる。許容値を満足させる方針とする。

以上


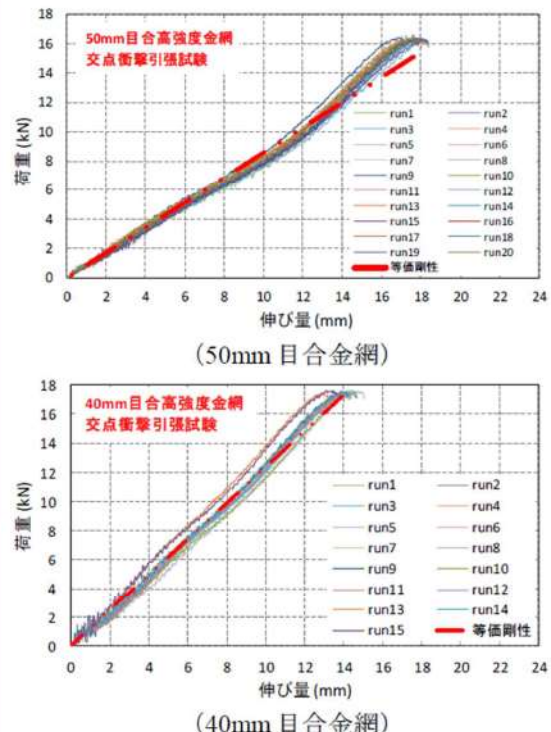
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙 2-1</p> <p style="text-align: center;">防護ネットの吸収エネルギーの評価</p> <p>1. 海水ポンプ室防護ネット</p> <p>(1) 金網の設置方法及び吸収エネルギーの評価方針</p> <p>海水ポンプ室の両サイドに檜状に架構を設置し、その間に渡した主梁の上に防護ネットを設置する。防護ネットはH形鋼等を用いたフレームに取付け、フレームへの金網の取付け部については、金網の4辺をワイヤーロープで支持し、ワイヤーの両端をフレームにボルトで締結する構造とする。</p> <p>金網の吸収エネルギーの評価に当たっては、金網が捕捉可能な飛来物のエネルギーの最大値(限界吸収エネルギー)を算定し、飛来物や風荷重等によりネットに作用するエネルギーが限界吸収エネルギーを超えないことを確認する。</p> <p>(2) 金網の諸元</p> <p>H形鋼による鉄骨構造物の上面に 50 mm 目合の高強度金網を2枚重ねで設置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・名称：高強度金網</li> <li>・材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）</li> <li>・素線径 d : 4 mm</li> <li>・素線の目合い（網目の大きさ） S : 50 mm</li> <li>・素線の引張強さ：1,400 N/mm<sup>2</sup></li> <li>・耐火性：材料として鋼材使用により耐火性あり</li> <li>・耐食性：亜鉛メッキ</li> </ul>  <p>(3) 防護対象飛来物</p> <p>防護対象飛来物は、設計飛来物の内、最もエネルギーの大きい鋼製材とする。</p> <p>諸元は以下のとおり。</p>		<p style="text-align: right;">別紙 1</p> <p style="text-align: center;">竜巻防護ネットの吸収エネルギーの評価</p> <p>1. 竜巻防護ネット</p> <p>(1) 金網の設置方法及び吸収エネルギーの評価方針</p> <p>海水ポンプ室の開口部周囲に口状に架台を設置し、その上に防護ネットを設置する。竜巻防護ネットはH形鋼等を用いたフレームに取付け、フレームへの金網の取付け部については、金網の4辺をワイヤーロープで支持し、ワイヤーの両端をフレームにボルトで締結する構造とする。</p> <p>金網の吸収エネルギーの評価に当たっては、金網が捕捉可能な飛来物のエネルギーの最大値(限界吸収エネルギー)を算定し、飛来物や風荷重等によりネットに作用するエネルギーが限界吸収エネルギーを超えないことを確認する。</p> <p>(2) 金網の諸元</p> <p>H形鋼による鉄骨構造物の上面に海水ポンプエリア上部開口部には主金網として 50mm 目合の高強度金網を2枚重ねで設置し、補助金網として 40mm 目合の高強度金網を1枚重ねで設置する。</p> <p>海水ストレナエリア上部開口部には主金網として 40mm 目合の高強度金網を2枚重ねで設置し、補助金網として 40mm 目合の高強度金網を1枚重ねで設置する。</p> <p>本構造により直径 50mm の鋼製パイプ及び鋼製材が竜巻飛来物防護対策設備内部に侵入することを防止する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・名称：高強度金網</li> <li>・材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）</li> <li>・素線径 d : 4 mm</li> <li>・素線の目合い（網目の大きさ） S : 40mm または 50mm</li> <li>・素線の引張強さ：1400N/mm<sup>2</sup></li> <li>・耐火性：材料として鋼材使用により耐火性あり</li> <li>・耐食性：亜鉛メッキ</li> </ul>  <p>(3) 防護対象飛来物</p> <p>防護対象飛来物は、設計飛来物の内、鋼製材と鋼製パイプを想定するが、強度設計に当たっては、最もエネルギーの大きい鋼製材とする。</p> <p>鋼製材の諸元は以下のとおり。</p>	<p>【大阪】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul> <p>【大阪】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護ネット設置箇所の相違。</li> </ul> <p>【大阪】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻防護ネット設置箇所の相違。</li> <li>・泊は海水ストレナエリアの開口部の面積が小さいため、エネルギー吸収がより大きい 40mm 目合いネットを採用していることによる相違。</li> <li>・構造及び設計飛来物である鋼製パイプからの防護について記載の充実。</li> </ul> <p>【大阪】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計飛来物である鋼製パイプからの防護について記載の充実。</li> </ul>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

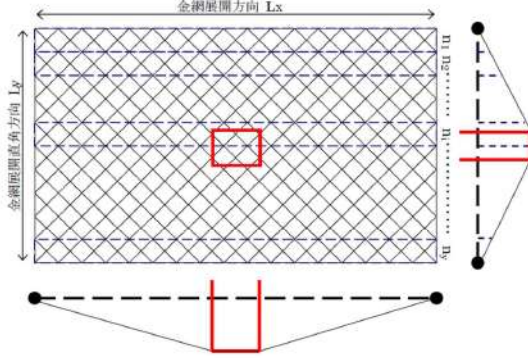
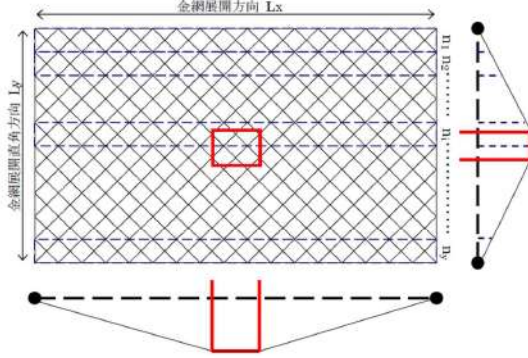
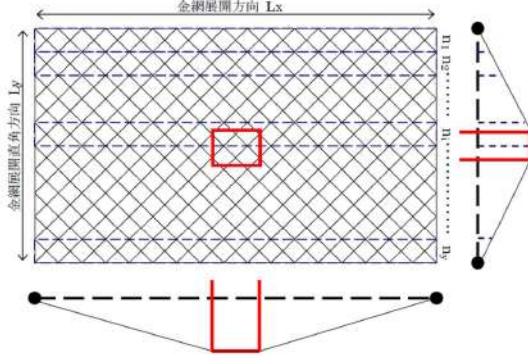
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>鋼製材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>飛来物形状：0.2m×0.3m×4.2m</li> <li>飛来物質量 M：135kg</li> <li>衝突速度 水平速度 <math>V_H</math>:57m/s</li> <li>鉛直速度 <math>V_V</math>:38m/s</li> <li>衝突エネルギー</li> </ul> <p>水平方向：<math>E_H = \frac{1}{2} \times M \times V^2 = 219.4 \text{ kJ}</math></p> <p>鉛直方向：<math>E_V = \frac{1}{2} \times M \times V^2 = 97.5 \text{ kJ}</math></p>  <p>(4) 金網の強度設計</p> <p>a. 金網のたわみ量算定</p> <p>金網の目合い寸法(S)が50mmであることから、対角距離は71mmとなり、金網1m当たりの目合い数は14個となる。</p> <p>図1に示す1400N級金網の荷重試験の交点/荷重-伸び曲線より、金網の破断荷重は <input type="text"/> 破断時の1目合い当たりの金網の伸び量は <input type="text"/> となる。このとき、最大たわみ量 <math>\delta_{max}</math> は、</p> $\delta_{max} = \frac{Lx}{2} \cdot \tan(\theta_{max})$ $\theta_{max} = \cos^{-1} \left( \frac{\text{破断時の1目合い当たりの金網の伸び量}}{71} \right)$   <p>で求められる。</p>		<p>鋼製材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>飛来物形状：0.2m×0.3m×4.2m</li> <li>飛来物質量M：135kg</li> <li>衝突速度 水平速度 <math>V_H</math>：57m/s</li> <li>鉛直速度 <math>V_V</math>：38m/s</li> <li>衝突エネルギー</li> </ul> <p>水平方向：<math>E_H = \frac{1}{2} \times M \times V^2 = 219.4 \text{ kJ}</math></p> <p>鉛直方向：<math>E_H = \frac{1}{2} \times M \times V^2 = 97.5 \text{ kJ}</math></p>  <p>(4) 金網の強度設計</p> <p>a. 金網のたわみ量算定</p> <p>金網の目合い寸法(S)が50mmの場合は、対角距離は71mmとなり、金網1m当たりの目合い数は14個となる。</p> <p>図1に示す1400N級金網の荷重試験の交点/荷重-伸び曲線より、金網の破断荷重は15kN、破断時の1目合い当たりの金網の伸び量は20mmとなる。このとき、最大たわみ量 <math>\delta_{max}</math> は、</p> $\delta_{max} = \frac{Lx}{2} \cdot \tan(\theta_{max})$ $\theta_{max} = \cos^{-1} \left( \frac{71}{71+20} \right) = 38.8 \text{ deg}$   <p>で求められる。</p>	<p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>泊は2種類のネット目合いを採用しているが、使用する式は同一のため、代表して目合い50mmを記載したことによる相違。</li> </ul> <p>【大飯】</p> <p>式中の値、計算結果について、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>b. 金網の吸収エネルギーの検討</p> <div data-bbox="85 194 665 710" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p data-bbox="107 614 638 662">金網メーカーにおいて実施した引張り試験結果30回のうち、最も伸びの小さい3回の試験データの平均設定</p> <p data-bbox="257 686 526 710">図1 金網の荷重-伸び曲線</p> </div>		<p>b. 金網の吸収エネルギーの検討</p> <div data-bbox="1344 167 1937 949" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p data-bbox="1355 199 1904 247">50mm目合金網 交点衝撃引張試験</p> <p data-bbox="1355 582 1904 630">40mm目合金網 交点衝撃引張試験</p> <p data-bbox="1556 534 1758 566">(50mm 目合金網)</p> <p data-bbox="1556 901 1758 933">(40mm 目合金網)</p> <p data-bbox="1355 981 1960 1037">電中研における引張試験のうち有効な試験となった試験結果の平均値で設定。</p> <p data-bbox="1512 1045 1780 1069">図1 金網の荷重-伸び曲線</p> </div>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電中研の試験結果について最新版取込みに伴う相違。</li> <li>泊は2種類のネット目合いを採用していることによるデータ追加による相違。</li> </ul>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）




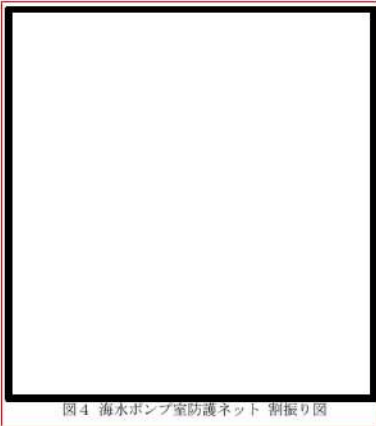
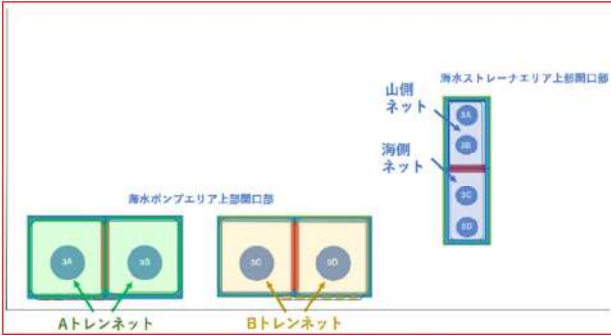
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: center;">大飯発電所3/4号炉</p>  <p style="text-align: center;">図2 金網の評価モデル</p> <p>図2に示すように、金網を展開直角方向に1目合い毎に【 】で囲った形に帯状に分割し、<math>n_1</math> から <math>n_y</math> までの各列が分担するエネルギーを、各列のたわみ量から算定し、それらを積算することにより金網の吸収するエネルギーを評価する。</p> <p>各列の吸収するエネルギーは、図1の荷重-伸び曲線から、金網は1目合い毎に等価剛性【 】を持つばねを <math>N_x (=Lx/71mm)</math> 個直列につなげた状態と模擬できる。</p> <p>このとき1つの列の剛性(金網展開剛性 <math>K_x</math>)は、</p> <p>金網展開剛性 <math>K_x = \text{【 】} N_x</math>                  となる。i番目の列における張力 <math>P_i</math> は、  <math display="block">P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2}\right) = K_x \cdot X_i</math>                  となり、従って作用力 <math>F_i</math> は、  <math display="block">F_i = 2P_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot (\tan(\theta) - \sin(\theta))</math> <math display="block">= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right)</math>                  となる。</p> <p>i番目の列における吸収エネルギー <math>E_i</math> は、  <math display="block">E_i = \int F_i d\delta_i = \int 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) d\delta_i</math> <math display="block">= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x (\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x)</math></p>	<p style="text-align: center;">女川原子力発電所2号炉</p>  <p style="text-align: center;">図2 金網の評価モデル</p> <p>図2に示すように、金網を展開直角方向に1目合いごとに【 】で囲った形に帯状に分割し、<math>n_1</math> から <math>n_y</math> までの各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することにより金網の吸収するエネルギーを評価する。</p> <p>各列の吸収するエネルギーは、図1の荷重-伸び曲線から、50mm目合いの金網は1目合い毎に等価剛性 858kN/m、40mm目合いの金網は1目合い毎に等価剛性 1239kN/mを持つばねを <math>N_x (=Lx/71mm)</math> 個直列につなげた状態と模擬できる。</p> <p>このとき50mm目合いネット1つの列の剛性(金網展開剛性 <math>K_x</math>)は、</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>金網展開剛性 <math>K_x = 858/N_x</math></p> </div> <p>となる。1番目の列における張力 <math>P_i</math> は、  <math display="block">P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2}\right) = K_x \cdot X_i</math>                  となり、従って作用力 <math>F_i</math> は、  <math display="block">F_i = 2P_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot (\tan(\theta) - \sin(\theta))</math> <math display="block">= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right)</math>                  となる。</p> <p>i番目の列における吸収エネルギー <math>E_i</math> は  <math display="block">E_i = \int F_i d\delta_i = \int 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) d\delta_i</math> <math display="block">= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x (\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x)</math></p>	<p style="text-align: center;">泊発電所3号炉</p>  <p style="text-align: center;">図2 金網の評価モデル</p> <p>図2に示すように、金網を展開直角方向に1目合いごとに【 】で囲った形に帯状に分割し、<math>n_1</math> から <math>n_y</math> までの各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することにより金網の吸収するエネルギーを評価する。</p> <p>各列の吸収するエネルギーは、図1の荷重-伸び曲線から、50mm目合いの金網は1目合い毎に等価剛性 858kN/m、40mm目合いの金網は1目合い毎に等価剛性 1239kN/mを持つばねを <math>N_x (=Lx/71mm)</math> 個直列につなげた状態と模擬できる。</p> <p>このとき50mm目合いネット1つの列の剛性(金網展開剛性 <math>K_x</math>)は、</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>金網展開剛性 <math>K_x = 858/N_x</math></p> </div> <p>となる。1番目の列における張力 <math>P_i</math> は、  <math display="block">P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2}\right) = K_x \cdot X_i</math>                  となり、従って作用力 <math>F_i</math> は、  <math display="block">F_i = 2P_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta)</math> <math display="block">= 2K_x \cdot X_i \cdot (\tan(\theta) - \sin(\theta))</math> <math display="block">= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right)</math>                  となる。</p> <p>i番目の列における吸収エネルギー <math>E_i</math> は  <math display="block">E_i = \int F_i d\delta_i = \int 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) d\delta_i</math> <math display="block">= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x (\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x)</math></p>	<p>【大飯】                  ・泊は海水ストレーナ開口部の面積が小さいため、エネルギー吸収がより確保できる。40mm目合いネットを採用していることによる相違。</p> <p>【大飯】                  電中研の試験結果について最新版取込みに伴う相違。                  式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

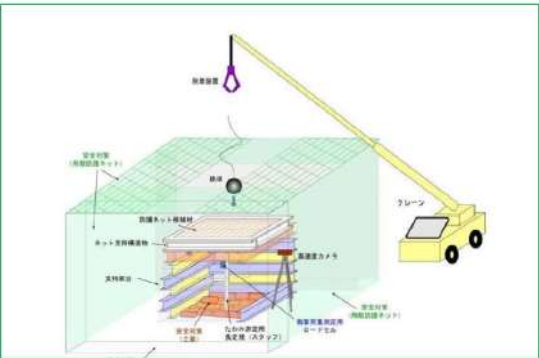
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>となり、限界吸収エネルギーEは、各列の吸収エネルギーE<sub>i</sub>を第1列から第n<sub>y</sub>列まで積算することにより求められる。</p> $E = \sum_{i=1}^{n_y} E_i$ <p>金網は2枚重ねで使用することから、2枚重ねの金網により吸収できるエネルギーは上記を2倍したものとなる。また、防護対象物と金網の離隔距離を、金網の最大たわみ量以上確保することにより、金網と防護対象物との接触を防止する。</p> <p>c. 風による影響の検討</p> <p>竜巻襲来時には、竜巻防護ネットも風圧力の影響を受けた状態で飛来物を受け止める必要がある。そのため、風速V<sub>0</sub> (=100m/s)の風圧力により防護ネットが受ける影響を以下のとおり評価する。</p> <p>金網の吸収エネルギーの評価と同様に、金網を展開直角方向に1目合い毎に帯状に分割し、その1つの列に作用する風圧力を考える。分割された1列における金網の素線の投影面積Aは、素線径d：4mm、素線の目合い(網目の大きさ)S：50mmであることから、分割された1列に作用する風圧力P<sub>0</sub>は、次の式で求められる。</p> $P_D = \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2\right) \cdot G \cdot C \cdot A = 62.12Lx \text{ [N/m]}$ <p>空気密度 ρ=1.22kg/m<sup>3</sup>              ガスト影響係数 G=1.0              風力係数 C=0.9</p> $\text{投影面積 } A = \frac{4}{1000} \cdot \left(4 \cdot \frac{50}{1000}\right) \cdot \frac{1000Lx}{50\sqrt{2}}$ <p>この風圧力P<sub>0</sub>が全て金網展開方向Lxの中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式およびネットの吸収エネルギーの式を用いて、1列あたりの風荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が風荷重により受けるエネルギーを算出する。</p> $F = P_D = 4Kx \cdot \delta \cdot \left(1 - \frac{Lx}{\sqrt{4\delta^2 + Lx^2}}\right)$ $E = 2Kx \cdot \delta^2 - Kx \cdot Lx \left(\sqrt{4\delta^2 + Lx^2} - Lx\right)$ <p>d. 金網の最大たわみ量及び限界吸収エネルギー算定結果</p> <p>海水ポンプ室防護対策の平面図を図3に示す。また、図4に示す割振りに基づき海水ポンプ室防護対策で使用するネットの寸法と最大たわみ量及び限界吸収エネルギーは、以下のとおり。</p>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>となり、限界吸収エネルギーEは、各列の吸収エネルギーE<sub>i</sub>を第1列から第n<sub>y</sub>列まで積算することにより求められる。</p> $E = \sum_{i=1}^{n_y} E_i$ <p>金網は2枚重ねで使用することから、2枚重ねの金網により吸収できるエネルギーは上記を2倍したものとなる。また、防護対象物と金網の離隔距離を金網の最大たわみ量以上確保することにより、金網と防護対象物との接触を防止する。</p> <p>c. 風による影響の検討</p> <p>竜巻襲来時には、竜巻防護ネットも風圧力の影響を受けた状態で飛来物を受け止める必要がある。そのため、風速V<sub>0</sub> (=100m/s)の風圧力により防護ネットが受ける影響を以下のとおり評価する。</p> <p>金網の吸収エネルギーの評価と同様に、金網を展開直角方向に1目合い毎に帯状に分割し、その1つの列に作用する風圧力を考える。分割された1列における金網の素線の投影面積Aは、素線径d：4mm、素線の目合い(網目の大きさ)S：50mmであることから、分割された1列に作用する風圧力P<sub>0</sub>は、次の式で求められる。</p> $P_D = \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2\right) \cdot G \cdot C \cdot A = 62.12Lx \text{ [N/m]}$ <p>空気密度 ρ=1.22kg/m<sup>3</sup>              ガスト影響係数 G=1.0              風力係数 C=0.9</p> $\text{投影面積 } A = \frac{4}{1000} \cdot \left(4 \cdot \frac{50}{1000}\right) \cdot \frac{1000Lx}{50\sqrt{2}}$ <p>この風圧力P<sub>0</sub>がすべて金網展開方向Lxの中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式及びネットの吸収エネルギーの式を用いて、1列あたりの風荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が風荷重により受けるエネルギーを算出する。</p> $F = P_D = 4Kx \cdot \delta \cdot \left(1 - \frac{Lx}{\sqrt{4\delta^2 + Lx^2}}\right)$ $E = 2Kx \cdot \delta^2 - Kx \cdot Lx \left(\sqrt{4\delta^2 + Lx^2} - Lx\right)$ <p>d. 金網の最大たわみ量及び限界吸収エネルギー算定結果</p> <p>海水ポンプエリア上部開口部と海水ストレナエリア上部開口部の防護対策の平面図を図3に示す。竜巻防護ネットの寸法と最大たわみ量及び限界吸収エネルギーは、以下のとおり。</p>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】              ・竜巻防護ネットの設置場所の相違。              【大飯】              大飯の図4について、泊は図3に集約したことによる相違。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																	
<div data-bbox="123 193 660 598"> <p>天井部</p>  <p>側面部（竜巻防護ネット支柱部）</p>  </div> <div data-bbox="107 630 676 954">  <p>図3 海水ポンプ室防護対策 平面図</p> </div> <div data-bbox="181 973 555 1401">  <p>図4 海水ポンプ室防護ネット 割振り図</p> </div>		<div data-bbox="1346 145 1955 536"> <p>表1 竜巻防護ネットのたわみ量と限界吸収エネルギー</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ネット</th> <th colspan="2">海水ポンプエリア 上部開口部</th> <th colspan="2">海水ストレナーナエリア上部 開口部</th> </tr> <tr> <th>Aトレン</th> <th>Bトレン</th> <th>海側</th> <th>山側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>展開方向</td> <td>5.02[m]</td> <td>5.01[m]</td> <td>4.440[m]</td> <td>4.435[m]</td> </tr> <tr> <td>直角方向</td> <td>4.635[m]</td> <td>4.635[m]</td> <td>2.62[m]</td> <td>2.62[m]</td> </tr> <tr> <td>限界吸収エネルギー</td> <td>324 [kJ]</td> <td>327 [kJ]</td> <td>252[kJ]</td> <td>251[kJ]</td> </tr> <tr> <td>自重と風荷重によるエネルギー</td> <td>9.4[kJ]</td> <td>9.2[kJ]</td> <td>4.1[kJ]</td> <td>4.1[kJ]</td> </tr> <tr> <td>設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度38m/s)</td> <td colspan="4">98 [kJ]</td> </tr> <tr> <td>作用する全エネルギー</td> <td>107.4[kJ]</td> <td>107.2[kJ]</td> <td>102.1[kJ]</td> <td>102.1[kJ]</td> </tr> <tr> <td>限界たわみ量</td> <td>1.88[m]</td> <td>1.87[m]</td> <td>1.65[m]</td> <td>1.65[m]</td> </tr> <tr> <td>最小離隔距離</td> <td>3.5[m]</td> <td>3.5[m]</td> <td>4.6[m]</td> <td>4.6[m]</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="1346 611 1955 946">  <p>図3 竜巻防護ネット 平面図</p> </div>	ネット	海水ポンプエリア 上部開口部		海水ストレナーナエリア上部 開口部		Aトレン	Bトレン	海側	山側	展開方向	5.02[m]	5.01[m]	4.440[m]	4.435[m]	直角方向	4.635[m]	4.635[m]	2.62[m]	2.62[m]	限界吸収エネルギー	324 [kJ]	327 [kJ]	252[kJ]	251[kJ]	自重と風荷重によるエネルギー	9.4[kJ]	9.2[kJ]	4.1[kJ]	4.1[kJ]	設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度38m/s)	98 [kJ]				作用する全エネルギー	107.4[kJ]	107.2[kJ]	102.1[kJ]	102.1[kJ]	限界たわみ量	1.88[m]	1.87[m]	1.65[m]	1.65[m]	最小離隔距離	3.5[m]	3.5[m]	4.6[m]	4.6[m]	<p>【大飯】                  ・竜巻防護ネットのサイズと設置枚数による相違。</p> <p>【大飯】                  ・竜巻防護ネットのサイズと設置場所による相違。</p>
ネット	海水ポンプエリア 上部開口部			海水ストレナーナエリア上部 開口部																																																
	Aトレン	Bトレン	海側	山側																																																
展開方向	5.02[m]	5.01[m]	4.440[m]	4.435[m]																																																
直角方向	4.635[m]	4.635[m]	2.62[m]	2.62[m]																																																
限界吸収エネルギー	324 [kJ]	327 [kJ]	252[kJ]	251[kJ]																																																
自重と風荷重によるエネルギー	9.4[kJ]	9.2[kJ]	4.1[kJ]	4.1[kJ]																																																
設計飛来物の衝突エネルギー (鋼製材：135kg, 速度38m/s)	98 [kJ]																																																			
作用する全エネルギー	107.4[kJ]	107.2[kJ]	102.1[kJ]	102.1[kJ]																																																
限界たわみ量	1.88[m]	1.87[m]	1.65[m]	1.65[m]																																																
最小離隔距離	3.5[m]	3.5[m]	4.6[m]	4.6[m]																																																



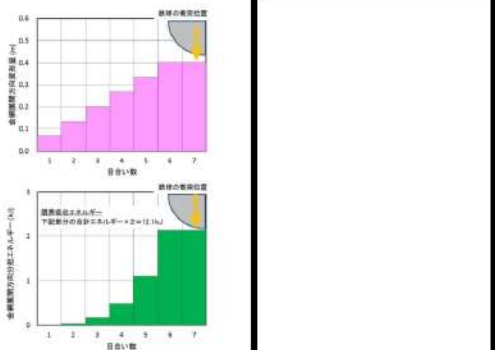
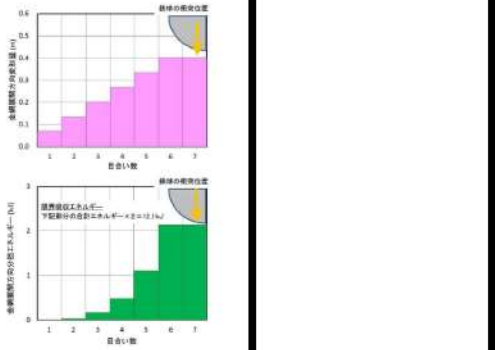
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙 2-2</p> <p style="text-align: center;">電中研における金網強度評価試験結果</p> <p>1. 試験方法</p> <p>竜巻飛来物から竜巻防護施設を防護するための防護ネットに使用する金網について、図1に示す装置を用いて重錘を防護ネットに自由落下させて防護ネットの吸収エネルギーの確認を行った。</p> <p>試験は1m×1mの金網による予備試験と、より実機形状に近い4m×3mの金網2枚を展開方向が直角になるように重ねた試験体による大型自由落下試験を実施した。</p> <p>予備試験は、防護ネットの候補材選定も兼ねて実施し、1m×1mの防護ネットにおいて要求される吸収エネルギー(12kJ~13kJ)を、試験装置の最大落下高さ約40mからの自由落下で模擬するため、φ210mm、質量37.8kgの鉄球を用いて実施した。</p> <p>大型自由落下試験においては、4m×3mの金網2枚で算定される吸収エネルギー(約250kJ)を20m程度の自由落下で模擬するため、φ500mm、質量1500kgの重錘を用いて実施した。</p> <p>想定飛来物である、鋼製材、鋼製パイプが防護ネットに衝突した際には、飛来物の衝突面がネットに包み込まれ防護ネットによりエネルギーが吸収されると同時に、飛来物側もネットへの衝突の衝撃で変形しエネルギーの一部を吸収することとなるが、本試験ではネットに包み込まれる部分が球状の錘を用いて実施することにより飛来物側に変形が生じないことから、飛来物のエネルギーを全て防護ネットで吸収させてネットの性能を確認している。</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 150px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">図1 自由落下試験装置</p>		<p style="text-align: right;">別紙 2</p> <p style="text-align: center;">電中研における金網強度評価試験結果</p> <p>1. 試験方法</p> <p>竜巻飛来物から外部事象防護対象施設を防護するためのネットに使用する金網について、図1に示す装置を用いて重錘を防護ネットに自由落下させて防護ネットの吸収エネルギーの確認を行った。</p> <p>試験は1m×1mの金網による予備試験と、より実機形状に近い4m×3mの金網2枚を展開方向が直角になるように重ねた試験体による大型自由落下試験を実施した。</p> <p>予備試験は、防護ネットの候補材選定も兼ねて実施し、1m×1mの防護ネットにおいて要求される吸収エネルギー(12kJ~13kJ)を試験装置の最大落下高さ約40mからの自由落下で模擬するため、φ210mm、質量37.8kgの鉄球を用いて実施した。</p> <p>大型自由落下試験においては、4m×3mの金網2枚で算定される吸収エネルギー(約250kJ)を20m程度の自由落下で模擬するため、φ500mm、質量1500kgの重錘を用いて実施した。</p> <p>想定飛来物である、鋼製材、鋼製パイプが防護ネットに衝突した際には、飛来物の衝突面がネットに包み込まれ防護ネットによりエネルギーが吸収されると同時に、飛来物側もネットへの衝突の衝撃で変形しエネルギーの一部を吸収することとなるが、本試験ではネットに包み込まれる部分が球状の錘を用いて実施することにより飛来物側に変形が生じないことから、飛来物のエネルギーをすべて防護ネットで吸収させてネットの性能を確認している。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図1 自由落下試験装置</p> </div>	<p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul> <p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul> <p>【大飯】</p> <p>式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>



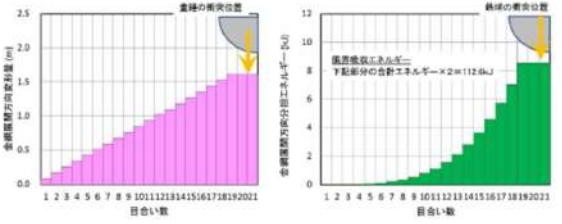
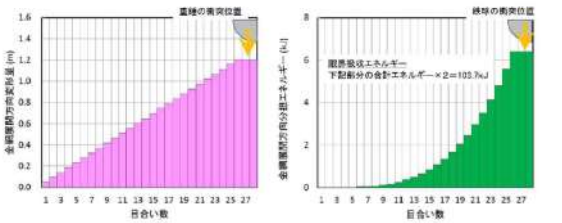
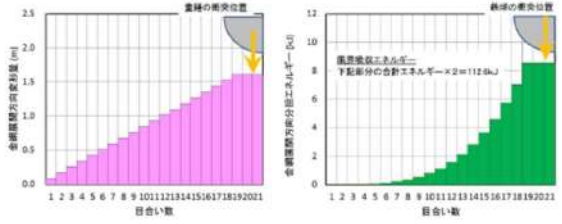
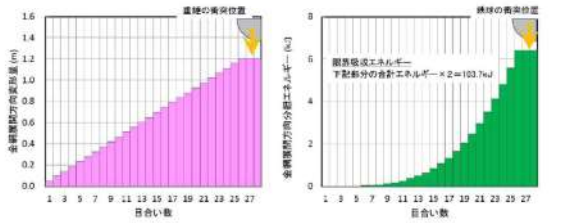
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2. 予備試験条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>金網緒元：名称：高強度金網                      材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）                      素線径 d：4 mm                      素線の目合い（網目の大きさ）S：50 mm                      素線の引張強さ：1,400N/mm<sup>2</sup>                      寸法：1 m×1 m                      ワイヤー支持条件：固定支持（緩衝装置なし）、可動支持（緩衝装置なし）</li> <li>重錘緒元：形状：φ210mm 鉄球                      質量：37.8kg                      落下高さ（エネルギー）：21m(7.8kJ)～41m(15.2kJ)</li> </ul> <p>3. 予備試験結果および吸収エネルギー評価式との比較</p> <p>予備試験結果と限界吸収エネルギー評価式との比較を図2に示す。限界吸収エネルギーの算定値は12.1kJとなる。試験結果では、固定支持の条件では [ ] まで貫通しないことが確認され、可動支持の条件では [ ] まで貫通しないことが確認されたことから、限界吸収エネルギーの評価方法は妥当であると考えられる。</p>  <p>図2 予備試験結果と吸収エネルギー評価式との比較</p>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>2. 予備試験条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>金網緒元：名称：高強度金網                      材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）                      素線径 d：4 mm                      素線の目合い（網目の大きさ）S：50mm                      素線の引張強さ：1,400N/mm<sup>2</sup>                      寸法：1 m×1 m                      ワイヤ支持条件：固定支持（緩衝装置なし）、可動支持（緩衝装置なし）</li> <li>重錘緒元：形状：φ210mm 鉄球                      質量：37.8 k g                      落下高さ（エネルギー）：21m（7.8 k J）～41m（15.2 k J）</li> </ul> <p>3. 予備試験結果及び吸収エネルギー評価式との比較</p> <p>予備試験結果と限界吸収エネルギー評価式との比較を図2に示す。限界吸収エネルギーの算定値は12.1kJとなる。試験結果では、固定支持の条件では12.6kJまで貫通しないことが確認され、可動支持の条件では15.2kJまで貫通しないことが確認されたことから、限界吸収エネルギーの評価方法は妥当であると考えられる。</p>  <p>図2 予備試験結果と吸収エネルギー評価式との比較</p>	<p>【大飯】                      式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>
<p>4. 大型自由落下試験条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>金網緒元：名称：高強度金網                      材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）                      素線径 d：4 mm                      素線の目合い（網目の大きさ）S：50 mm                      素線の引張強さ：1,400N/mm<sup>2</sup>                      寸法：4 m×3 mおよび3 m×4 mの2枚重ね                      ワイヤー支持条件：可動支持（緩衝装置あり）</li> <li>重錘緒元：形状：φ500mm 円柱（先端半球）                      質量：1500kg                      落下高さ（エネルギー）：15.4m(252kJ)～17m(279kJ)</li> </ul>		<p>4. 大型自由落下試験条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>金網緒元：名称：高強度金網                      材質：JIS G3506 硬鋼線材（SWRH62A）                      素線径 d：4 mm                      素線の目合い（網目の大きさ）S：50mm                      素線の引張強さ：1,400N/mm<sup>2</sup>                      寸法：4 m×3 m及び3 m×4 mの2枚重ね                      ワイヤ支持条件：可動支持（緩衝装置あり）</li> <li>重錘緒元：形状：φ500mm 円柱（先端半球）                      質量：1500 k g                      落下高さ（エネルギー）：15.4m（252 k J）～17m（279 k J）</li> </ul>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>5. 大型自由落下試験結果および吸収エネルギー評価式との比較</p> <p>図3に4m×3mの金網の限界吸収エネルギー算定の模式図を、図4に3m×4mの金網の限界吸収エネルギー算定の模式図を、図5に大型自由落下試験結果を示す。</p> <p>4m×3mの金網の限界吸収エネルギーは112.6kJ、3m×4mの金網の限界吸収エネルギー103.7kJとなり、これらの金網を重ね合わせて設置したときの限界吸収エネルギーは216.3kJとなる。大型試験では、参考に示す緩衝材を4体設置して実施しており、この緩衝材による吸収エネルギーが [ ] となるので、限界吸収エネルギーはこれらを合計した [ ] と算定される。試験では [ ] まで貫通しないことが確認されたことから、限界吸収エネルギーの評価方法は妥当であると考えられる。</p>  <p>図3 4m×3m金網の限界吸収エネルギー算定模式図</p>  <p>図4 3m×4m金網の限界吸収エネルギー算定模式図</p>		<p>5. 大型自由落下試験結果及び吸収エネルギー評価式との比較</p> <p>図3に4m×3mの金網の限界吸収エネルギー算定の模式図を図4に3m×4mの金網の限界吸収エネルギー算定の模式図を図5に大型自由落下試験結果を示す。</p> <p>4m×3mの金網の限界吸収エネルギーは112.6kJ、3m×4mの金網の限界吸収エネルギー103.7kJとなり、これらの金網を重ね合わせて設置したときの限界吸収エネルギーは216.3kJとなる。大型試験では、参考に示す緩衝材を4体設置して実施しており、この緩衝材による吸収エネルギーが38.4kJとなるので、限界吸収エネルギーはこれらを合計した254.7kJと算定される。試験では、257kJまで貫通しないことが確認されたことから、限界吸収エネルギーの評価方法は妥当であると考えられる。</p>  <p>図3 4m×3m金網の限界吸収エネルギー算定模式図</p>  <p>図4 3m×4m金網の限界吸収エネルギー算定模式図</p>	<p>【大飯】              式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="138 146 665 507" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="309 507 510 529" data-label="Caption"> <p>図5 大型自由落下試験結果</p> </div> <p data-bbox="85 592 181 614">6. まとめ</p> <p data-bbox="98 619 696 730">1m×1mの高強度金網を用いて実施した予備試験、および3m×4mの高強度金網を用いて実施した大型自由落下試験の錘の落下エネルギー (<math>E_{Drop}</math>) と、金網の限界吸収エネルギーの評価式を用いて算定した金網の吸収エネルギー (<math>E_{Design}</math>) との比較を図6に示す。</p> <p data-bbox="98 735 696 815"><math>E_{Design} &gt; E_{Drop}</math> の領域においては、予備試験、大型自由落下試験のいずれの試験においてもネットの貫通はなく錘を捕捉できていることから、金網の限界エネルギーの評価式は妥当であると考えられる。</p> <div data-bbox="138 831 636 1270" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="264 1273 488 1295" data-label="Caption"> <p>図6 <math>E_{Design}</math> と <math>E_{Drop}</math> の比較結果</p> </div>		<div data-bbox="1400 146 1921 507" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1570 507 1771 529" data-label="Caption"> <p>図5 大型自由落下試験結果</p> </div> <p data-bbox="1346 592 1442 614">6. まとめ</p> <p data-bbox="1359 619 1957 730">1m×1mの高強度金網を用いて実施した予備試験、及び3m×4mの高強度金網を用いて実施した大型自由落下試験の錘の落下エネルギー (<math>E_{Drop}</math>) と、金網の限界吸収エネルギーの評価式を用いて算定した金網の吸収エネルギー (<math>E_{Design}</math>) との比較を図6に示す。</p> <p data-bbox="1359 735 1957 815"><math>E_{Design} &gt; E_{Drop}</math> の領域においては、予備試験、大型自由落下試験のいずれの試験においてもネットの貫通はなく錘を捕捉できていることから、金網の限界エネルギーの評価式は妥当であると考えられる。</p> <div data-bbox="1417 837 1915 1262" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1552 1265 1776 1287" data-label="Caption"> <p>図6 <math>E_{Design}</math> と <math>E_{Drop}</math> の比較結果</p> </div>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙 2-3</p> <p style="text-align: center;">緩衝材の原理と吸収エネルギー</p> <p>1. 緩衝材の構造および設置方法</p> <p>図1に示す構造の緩衝材を、図2のように金網を固定するフレームの4隅に設置し、金網を固定するワイヤを緩衝材に沿わせて設置することにより、緩衝材内部の部材の塑性変形によりエネルギーを吸収する。</p> <p>緩衝材1体当たり約 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> の吸収エネルギーを <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> のエネルギーを吸収することが出来る。図3に緩衝材の設置状況を示す。</p> <div style="border: 2px solid black; width: 200px; height: 150px; margin: 10px auto; text-align: center;"> <p>図1 緩衝材の構造</p> </div> <div style="border: 2px solid black; width: 200px; height: 280px; margin: 10px auto; text-align: center;"> <p>図2 緩衝材の設置方法</p> </div> <div style="border: 2px solid black; width: 200px; height: 180px; margin: 10px auto; text-align: center;"> <p>図3 緩衝材の設置状況</p> </div>		<p style="text-align: right;">別紙 3</p> <p style="text-align: center;">緩衝材の原理と吸収エネルギー</p> <p>1. 緩衝材の構造及び設置方法</p> <p>図1に示すように、金網を固定するフレームの4隅に緩衝材を設置し、金網を固定するワイヤを緩衝材に沿わせて設置することにより、緩衝材内部の部材の塑性変形によりエネルギーを吸収する。</p> <p>緩衝材1体当たり約9.62kJの吸収エネルギーを有しており、4体で約38.4kJのエネルギーを吸収することが出来る。</p> <p>図2に金網、ワイヤロープ及び緩衝材の取り付けイメージ図を示す。</p> <div style="text-align: center;"> <p>図1 緩衝材の構造及び設置方法</p> </div>	<p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul> <p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載方針の相違。泊は電中研の公開版報告書の情報を用いて記載したことによる相違。(実質的な相違なし)</li> <li>・式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</li> </ul>

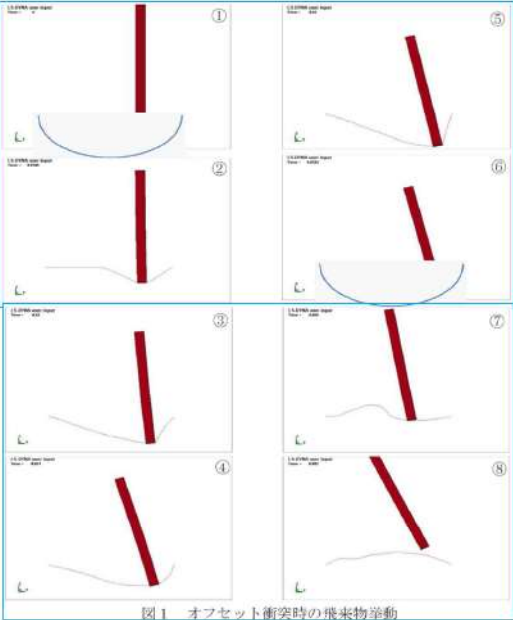


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>図4 防護ネット、ワイヤーロープおよび緩衝材の取り付けイメージ図</p> <p>2. 緩衝材による地震時の影響</p> <p>緩衝材を設置することにより、飛来物衝突時の金網の吸収エネルギーに余裕を与えることができるが、地震時に金網に作用する地震力により緩衝材が塑性変形すると、金網を固定しているワイヤーにたるみが生じ、金網が大きく揺れることにより海水ポンプに影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>緩衝材が塑性変形し動作したとき外周のパイプは斜め方向に移動するため、保守的に金網展開方向、金網展開直角方向の各々について、ワイヤー支持間隔が両側で70mmずつ短くなったものとして金網のたわみ量を評価した。金網展開方向長さ5.01m、金網展開直角方向長さ4.635mの金網について、地震時に緩衝材が塑性変形しワイヤーにたるみが生じたときの金網展開方向のたわみ量は0.42m、展開直角方向のたわみ量は0.40mとなり、保守的にこれらのたわみ量を足し合わせると0.82mとなる。防護ネットと海水ポンプとの離隔距離は約2.6mあるため、地震時に緩衝材が動作してワイヤーにたるみが生じ金網が大きく揺れる状態になったとしても海水ポンプに影響を与える恐れはない。</p> <p>なお、地震等による緩衝材の塑性変形が確認された場合には、緩衝材の取替えを実施する。</p>		 <p>図2 金網、ワイヤーロープ及び緩衝材の取り付けイメージ図</p> <p>2. 緩衝材による地震時の影響</p> <p>緩衝材を設置することにより、飛来物衝突時の金網の吸収エネルギーに余裕を与えることができるが、地震時に金網に作用する地震力により緩衝材が塑性変形すると、金網を固定しているワイヤーにたるみが生じ、金網が大きく揺れることにより原子炉補機冷却海水ポンプ等に影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>緩衝材が塑性変形し動作したとき外形保持管は斜め方向に70mm移動するため、保守的に金網展開方向、金網展開直角方向の各々について、ワイヤー支持間隔が両側で70mmずつ短くなったものとして金網のたわみ量を評価した。金網展開方向長さ5.01m、金網展開直角方向長さ4.635mの金網について、地震時に緩衝材が塑性変形しワイヤーにたるみが生じたときの金網展開方向のたわみ量は0.42m、展開直角方向のたわみ量は0.40mとなり、保守的にこれらのたわみ量を足し合わせると0.82mとなる。防護ネットと原子炉補機冷却海水ポンプ等との離隔距離は約2.6mあるため、地震時に緩衝材が動作してワイヤーにたるみが生じ金網が大きく揺れる状態になったとしても原子炉補機冷却海水ポンプ等に影響を与える恐れはない。</p> <p>なお、地震等による緩衝材の塑性変形が確認された場合には、緩衝材の取替えを実施する。</p>	<p>【大飯】                  ・ネットで防護する対象の相違。</p> <p>【大飯】                  ・呼称の相違。                  ・式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p> <p>【大飯】                  ・竜巻防護ネットのサイズ等の相違。</p> <p>【大飯】                  ・ネットで防護する対象の相違。</p> <p>【大飯】                  ・設置環境による相違。</p> <p>【大飯】                  ・ネットで防護する対象の相違。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）


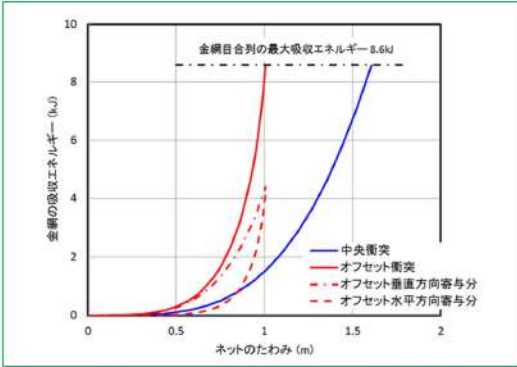
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙 2-4</p> <p style="text-align: center;">飛来物のオフセット衝突時の影響評価</p> <p>1. 展開方向オフセット衝突時の飛来物の挙動</p> <p>飛来物が防護ネットの中央部から展開方向にずれた位置に衝突したときの挙動についてLS-DYNAを用いて解析した。解析は、鋼製材が展開方向長さ4mの金網に、最大水平速度となる57m/sで、中央から金網展開方向に1mオフセットした位置に衝突した条件で実施した。解析に際しては、飛来物の先端が金網との衝突により局部的に変形することが想定されるため、金網と飛来物は初期の衝突点において一体となって挙動するとした。解析の結果を図1に示す。</p> <p>この結果から、防護ネットの中央からオフセットした位置に衝突した飛来物は、距離が短い側の金網支持部の方向に向きを変えながら進行し、金網が最大変形したところで反発することがわかる。なお、①および⑥には、オフセット衝突における金網の最大変形時の飛来物の衝突点の軌跡として想定される楕円を記載している。</p>  <p style="text-align: center;">図1 オフセット衝突時の飛来物挙動</p> <p>2. 展開方向オフセット衝突時の吸収エネルギー評価</p> <p>LS-DYNAによるオフセット衝突時の飛来物の挙動解析結果から、金網の中央部から展開方向にずれた位置に飛来物が衝突した場合に、金網の最大変形時の飛来物の衝突点の軌跡は楕円状となると考えられる。金網の展開方向長さ4mのときの例を図2に示す。</p>		<p style="text-align: right;">別紙 4</p> <p style="text-align: center;">飛来物のオフセット衝突時の影響評価</p> <p>1. 展開方向オフセット衝突時の飛来物の挙動を検討する仮定</p> <p>オフセット衝突による影響検討においては、衝突時の飛来物と高強度金網の挙動を以下のように仮定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 高強度金網展開方向の交点列の張力は常に均一である。</li> <li>2) 衝突後の飛来物と金網は衝突点で一体となって挙動する。</li> <li>3) 最大変形時の金網全長は破断時展開長とする。</li> </ol> <p>以上の仮定から、破断時の金網の全長は飛来物の衝突位置に因らず、破断時展開長で一定となり、最大変形時の衝突点 P' の軌跡は楕円形状となる。</p> <p>以下の設定条件におけるオフセットの影響を試算する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・金網諸元：50mm 目合い、素線径 4mm、破断強度 1400N/mm<sup>2</sup> 級</li> <li>・破断ひずみ：0.283</li> <li>・展開長：4000mm</li> <li>・破断時展開長さ 513mm</li> </ul> <p>2. 展開方向オフセット衝突時の吸収エネルギー評価</p> <p>金網の中央部から展開方向にずれた位置に飛来物が衝突した場合に、金網の最大変形時の飛来物の衝突点の軌跡は楕円状となると考えられる。金網の展開方向長さ4mのときの例を図1に示す。</p>	<p>【大飯】 ・記載表現の相違。</p> <p>【大飯】 泊では電中研報告書の記載を参照している。また、大飯でマスキングとしている数式、グラフについては、公開版の電中研の報告書に記載があるため、マスキング対象外とした。</p> <p>【大飯】 泊では電中研報告書の記載を参照している。 【大飯】 記載表現の相違。（図</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>展開方向長さ4mの金網の中央を原点にして、金網固定点を座標(-2000, 0)、(2000, 0)としたときの、Y軸方向に飛来した飛来物により金網が最大変形したときの飛来物停止位置P'の軌跡                      このときの点P'の軌跡は楕円となり、次の式で表される。</p> <div data-bbox="241 331 607 735" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p>図2 展開方向長さ4mの金網における衝突点の軌跡</p> <p>図2において、y軸方向に進行する飛来物がオフセット位置で金網に衝突し、金網がたわみ始めると、衝突位置左右の金網のx軸方向張力の差分により飛来物は金網の中心離れる方向に横方向の力を受け、図3のように飛来物は金網の中心から外れる方向に向かい、図1で示した金網が最大変形した楕円軌道上で停止する。4mの展開方向長さの金網の場合、中央に衝突したときにはy軸方向の最大たわみは [ ] であるが、オフセット長 [ ] の場合には最大たわみは [ ] となる。</p> <div data-bbox="185 1058 607 1422" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p>図3 オフセット衝突した飛来物の軌跡</p>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>展開方向長さ4mの金網の中央を原点にして、金網固定点を座標(-2000, 0)、(2000, 0)としたときの、Y軸方向に飛来した飛来物により金網が最大変形したときの飛来物停止位置P'の軌跡                      このときの点P'の軌跡は楕円となり、次の式で表される。</p> <div data-bbox="1496 331 1839 416" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>点P'の軌跡 <math>\frac{x^2}{2566^2} + \frac{y^2}{1607^2} = 1</math></p> </div> <div data-bbox="1361 443 1951 735" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div> <p>図1 展開方向長さ4mの金網における衝突点の軌跡</p> <p>図1において、y軸方向に進行する飛来物がオフセット位置で金網に衝突し、金網がたわみ始めると、衝突位置左右の金網のx軸方向張力の差分により飛来物は金網の中心離れる方向に横方向の力を受け、図2のように飛来物は金網の中心から外れる方向に向かい、図1で示した金網が最大変形した楕円軌道上で停止する。4mの展開方向長さの金網の場合、中央に衝突したときにはy軸方向の最大たわみは1.6mであるが、オフセット長1.2mの場合には最大たわみは1.0mとなる。</p> <div data-bbox="1442 1046 1890 1382" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div> <p>図2 オフセット衝突した飛来物の軌跡</p>	<p>番)</p> <p>【大飯】                      式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違。(図番)</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違。(図番)</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違。(図番)</p> <p>【大飯】                      式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違。(図番)</p>

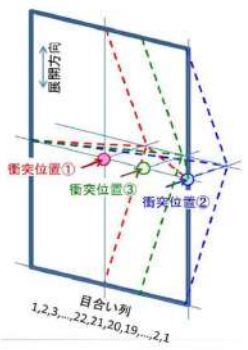
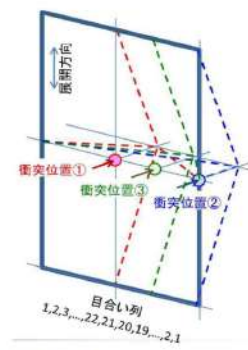
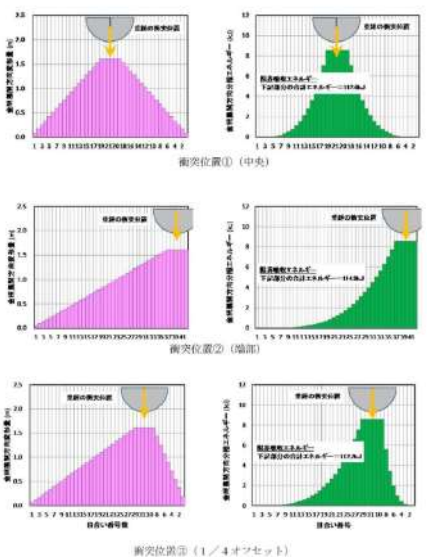
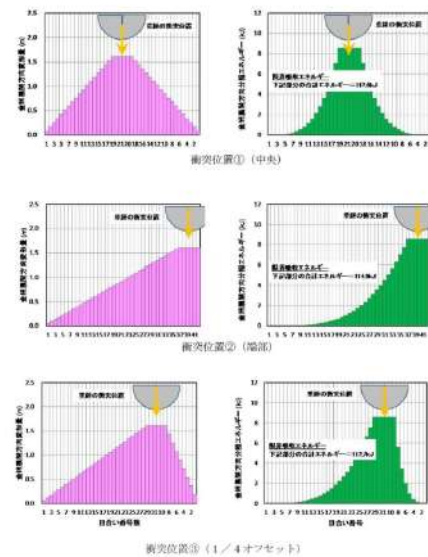


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>飛来物がオフセット位置に衝突した場合、飛来物のエネルギーは、垂直方向と水平方向に分解され、その各々が金網の吸収エネルギーに変換されることとなる。オフセット衝突時の水平方向寄与分、垂直方向寄与分の各々についての金網の吸収エネルギーを4mの金網について算定したものを、たわみ量を横軸にとりグラフ化したものを図4に示す。</p>  <p>図4 オフセット衝突時の吸収エネルギー</p> <p>図4から、飛来物が展開方向にオフセット位置に衝突した場合には、最大たわみ量はオフセット位置から短い側の金網の最大伸び量に制限されるが、金網の最大吸収エネルギーは、飛来物が垂直方向に金網を引っ張ることによるエネルギーと、水平方向に引っ張ることによるエネルギーとの合計となり、その値は中央部に衝突した場合の吸収エネルギーと等価になると考えられる。</p> <p>3. 展開直角方向オフセット衝突時の吸収エネルギー評価              飛来物が金網展開直角方向にオフセットして衝突した場合の金網の吸収エネルギーへの影響について検討した。</p>		<p>飛来物がオフセット位置に衝突した場合、飛来物のエネルギーは、垂直方向と水平方向に分解され、その各々が金網の吸収エネルギーに変換されることとなる。オフセット衝突時の水平方向寄与分、垂直方向寄与分の各々についての金網の吸収エネルギーを4mの金網について算定し、たわみ量を横軸にとりグラフ化したものを図3に示す。</p>  <p>図3 オフセット衝突時の吸収エネルギー</p> <p>図3から、飛来物が展開方向にオフセット位置に衝突した場合には、最大たわみ量はオフセット位置から短い側の金網の最大伸び量に制限されるが、金網の最大吸収エネルギーは、飛来物が垂直方向に金網を引っ張ることによるエネルギーと、水平方向に引っ張ることによるエネルギーとの合計となり、その値は中央部に衝突した場合の吸収エネルギーと等価になると考えられる。</p> <p>3. 展開直角方向オフセット衝突時の吸収エネルギー評価              飛来物が金網展開直角方向にオフセットして衝突した場合の金網の吸収エネルギーへの影響について検討した。</p>	<p>【大飯】              記載表現の相違。              式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p> <p>【大飯】              記載表現の相違。（図番）</p> <p>【大飯】              記載表現の相違。（図番）</p>

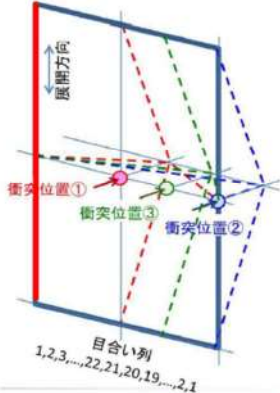
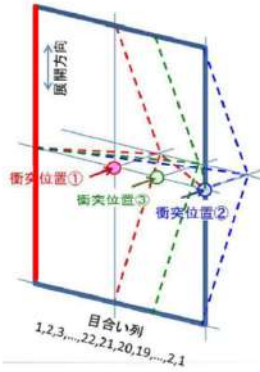


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>検討は、金網展開方向長さ4m、展開直角方向長さ3mの金網について、図5に示すように金網中央に衝突した場合①をベースとして、展開直角方向端部②、展開直角方向1/4オフセット③の3ケースを比較することで行った。</p>  <p>図5 金網展開直角方向オフセットの検討ケース</p>		<p>検討は、金網展開方向長さ4m、展開直角方向長さ3mの金網について、図4に示すように金網中央に衝突した場合①をベースとして、展開直角方向端部②、展開直角方向1/4オフセット③の3ケースを比較することで行った。</p>  <p>図4 金網展開直角方向オフセットの検討ケース</p>	<p>【大飯】 記載表現の相違。（図番）</p> <p>【大飯】 記載表現の相違。（図番）</p>
<p>各ケースにおける金網の限界吸収エネルギーの算定結果を以下に示す。</p>  <p>衝突位置①（中央）</p> <p>衝突位置②（端部）</p> <p>衝突位置③（1/4オフセット）</p>		<p>各ケースにおける金網の限界吸収エネルギーの算定結果を以下に示す。</p>  <p>衝突位置①（中央）</p> <p>衝突位置②（端部）</p> <p>衝突位置③（1/4オフセット）</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																
<p>各衝突位置における金網の限界吸収エネルギーの算定の結果、僅かではあるが中央に衝突した場合より端部に衝突した場合のほうが限界吸収エネルギーは大きくなる結果となった。これは中央からオフセットしたことで、衝突位置からオフセットとは反対側の金網の固定位置（図6の赤く塗った部分）までの距離が長くなり、飛来物の衝突により金網が大きく変形する範囲が増えるため吸収エネルギーが大きくなったものと考えられる。したがって、展開直角方向のオフセットに関しては、金網の中央部が最も保守的な限界吸収エネルギーの評価値となる。</p> <table border="1" data-bbox="85 427 692 533"> <thead> <tr> <th>衝突位置</th> <th>限界吸収エネルギー（1枚分）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 中央</td> <td>112.6kJ</td> </tr> <tr> <td>② 端部</td> <td>114.9kJ</td> </tr> <tr> <td>③ 1/4オフセット</td> <td>112.7kJ</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図6 衝突位置と金網固定位置の関係</p>	衝突位置	限界吸収エネルギー（1枚分）	① 中央	112.6kJ	② 端部	114.9kJ	③ 1/4オフセット	112.7kJ		<p>各衝突位置における金網の限界吸収エネルギーの算定の結果、僅かではあるが中央に衝突した場合より端部に衝突した場合のほうが限界吸収エネルギーは大きくなる結果となった。これは中央からオフセットしたことで、衝突位置からオフセットとは反対側の金網の固定位置（図5の赤く塗った部分）までの距離が長くなり、飛来物の衝突により金網が大きく変形する範囲が増えるため吸収エネルギーが大きくなったものと考えられる。したがって、展開直角方向のオフセットに関しては、金網の中央部が最も保守的な限界吸収エネルギーの評価値となる。</p> <table border="1" data-bbox="1350 416 1948 533"> <thead> <tr> <th>衝突位置</th> <th>限界吸収エネルギー（1枚分）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①中央</td> <td>112.6kJ</td> </tr> <tr> <td>②端部</td> <td>114.9kJ</td> </tr> <tr> <td>③ 1/4オフセット</td> <td>112.7kJ</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図5 衝突位置と金網固定位置の関係</p>	衝突位置	限界吸収エネルギー（1枚分）	①中央	112.6kJ	②端部	114.9kJ	③ 1/4オフセット	112.7kJ	<p>【大阪】                      記載表現の相違。（図番）</p>
衝突位置	限界吸収エネルギー（1枚分）																		
① 中央	112.6kJ																		
② 端部	114.9kJ																		
③ 1/4オフセット	112.7kJ																		
衝突位置	限界吸収エネルギー（1枚分）																		
①中央	112.6kJ																		
②端部	114.9kJ																		
③ 1/4オフセット	112.7kJ																		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙 2-5</p> <p style="text-align: center;">飛来物衝突部における金網の局部貫通評価</p> <p>防護ネットに飛来物が衝突した際に、飛来物により金網に局部貫通が生じないことを次の手順で確認した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 飛来物衝突による衝突荷重の算定</li> <li>② 衝突部の金網から素線一本あたりの荷重を算出</li> <li>③ 素線一本あたりの荷重が破断荷重以下であることを確認</li> </ol> <p>① 飛来物衝突による衝突荷重の算定              鋼製材が4m×3mの防護ネットに衝突したときの衝撃荷重を次のように算定した。              金網の吸収エネルギーの評価式と同様にネットをバネが直列につながったものとモデル化し、飛来物が防護ネットに衝突する際の速度を、飛来物の水平速度57m/sを切り上げて60m/s、飛来物の質量をmとすると、衝突後に飛来物に作用する衝撃荷重F、時間t秒後の飛来物の速度vおよび変位量dは以下の式で表される。</p> $F = Qt$ $v = -\frac{1}{m} \int Qt = -\frac{Qt^2}{2m} + 60$ $d = \int \left( -\frac{Qt^2}{2m} + 60 \right) dt = -\frac{Qt^3}{6m} + 60t$ <p>ここで、最大変位d<sub>max</sub>に到達したとき飛来物の速度v=0であるから、</p> $-\frac{Qt^2}{2m} + 60 = 0 \quad \text{より}$ $Qt^2 = 120m$ $d_{\max} = -\frac{Qt^3}{6m} + 60t = -\frac{120mt}{6m} + 60t = -20t + 60t = 40t$ <p>従って</p> $t = \frac{d_{\max}}{40} \quad F = Qt = \frac{120m}{t} \quad \text{となる。}$ <p>鋼製材の質量 m=135kg、</p> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>4m×3mの金網における最大たわみ量 <math>d_{\max} = \frac{4}{2} \tan(38.8^\circ) = \square [m]</math> より</p> <p>衝突時間：t=□[sec]、 衝撃荷重：F=□[kN]</p> </div> <p>② 衝突部の金網から素線一本あたりの荷重を算出              鋼製材の寸法は0.2m×0.3m×4.2m、防護ネットは目合い長さ50mmの金網を目合いが交互になるように2枚重ねて設置することから、右の図のように鋼製材が防護ネットに衝突したときの鋼製材外周近傍の金網交点は30点となるので、衝撃荷重を受け止める金網の素線本数は、30本となる。              従って、素線1本あたりの荷重は、13.5kNとなる。</p>		<p style="text-align: right;">別紙 5</p> <p style="text-align: center;">飛来物衝突部における金網の局部貫通評価</p> <p>竜巻防護ネット（以下、防護ネットと言う）に飛来物が衝突した際に、飛来物により金網に局部貫通が生じないことを次の手順で確認した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 飛来物衝突による衝突荷重の算定</li> <li>② 衝突部の金網から素線一本あたりの荷重を算出</li> <li>③ 素線一本あたりの荷重が破断荷重以下であることを確認</li> </ol> <p>① 飛来物衝突による衝突荷重の算定              鋼製材が4m×3mの防護ネットに衝突したときの衝撃荷重を次のように算定した。              金網の吸収エネルギーの評価式と同様にネットをバネが直列につながったものとモデル化し、飛来物が防護ネットに衝突する際の速度を飛来物の水平速度57m/sを切り上げて60m/s、飛来物の質量をmとすると、衝突後に飛来物に作用する衝撃荷重F、時間t秒後の飛来物の速度v及び変位量dは以下の式で表される。</p> $F = Qt$ $v = -\frac{1}{m} \int Qt = -\frac{Qt^2}{2m} + 60$ $d = \int \left( -\frac{Qt^2}{2m} + 60 \right) dt = -\frac{Qt^3}{6m} + 60t$ <p>ここで、最大変異d<sub>max</sub>に到達したときの飛来物の速度v=0であるから、</p> $-\frac{Qt^2}{2m} + 60 = 0$ <p>より</p> $Qt^2 = 120m$ $d_{\max} = -\frac{Qt^3}{6m} + 60t = -\frac{120mt}{6m} + 60t = -20t + 60t = 40t$ <p>したがって</p> $t = \frac{d_{\max}}{40} \quad F = Qt = \frac{120m}{t}$ <p>となる</p> <p>鋼製材の質量 m=135kg、              4m×3mの金網における最大たわみ量</p> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><math>d_{\max} = \frac{4}{2} \tan(38.8^\circ) = 1.608 [m]</math></p> <p>衝突時間：t=0.040[sec]、 衝撃荷重：F=405[kN]</p> </div> <p>② 衝突部の金網から素線一本あたりの荷重を算出              鋼製材の寸法は0.2m×0.3m×4.2m、防護ネットは目合い長さ50mmの金網を目合いが交互になるように2枚重ねて設置することから、右の図のように鋼製材が防護ネットに衝突したときの鋼製材外周近傍の金網交点は30点となるので、衝撃荷重を受け止める金網の素線本数は、30本となる。              従って、素線1本あたりの荷重は、13.5kNとなる。</p>	<p>【大飯】              ・記載表現の相違。</p> <p>【大飯】              ・記載表現の相違。</p> <p>【大飯】              式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="235 188 548 462" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="78 497 694 609">③ 素線一本あたりの荷重が破断荷重以下であることを確認                  防護ネットに使用する金網の素線の破断荷重は、荷重試験の交点/荷重-伸び曲線より <span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span> であるので、素線1本あたりの荷重&lt;破断荷重となり、鋼製材による金網の局所的な貫通は発生しない。</p>		<div data-bbox="1489 188 1803 462" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1344 497 1960 609">③ 素線一本あたりの荷重が破断荷重以下であることを確認                  防護ネットに使用する金網の素線の破断荷重は、荷重試験の交点/荷重-伸び曲線より 15kN であるので、素線1本あたりの荷重&lt;破断荷重となり、鋼製材による金網の局所的な貫通は発生しない。</p>	<p data-bbox="1982 491 2161 657">【大飯】                  式中の値、計算結果は、電中研の研究報告として公開されているため、泊ではマスキング対象外とした。</p>



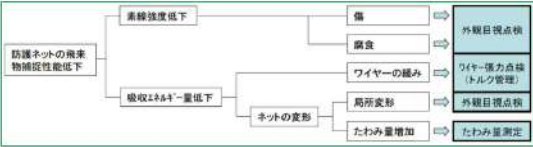
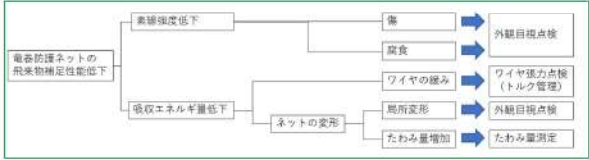
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">別紙3</p> <p style="text-align: center;">網目より小さい飛来物の対策</p> <p>飛来物は飛散防止対策を行うことから飛来の可能性は低い、設計飛来物のうち鋼製パイプについては、工事等の足場材として使用されており、飛散の可能性を否定しきれない。鋼製パイプは直径50mmであるため、50mm目合いの網目をすり抜ける可能性がある。そのため、40mm目合い寸法の金網を設置し、鋼製パイプが竜巻飛来物防護対策設備内部に侵入することを防止する。</p> <p>また、極小飛来物の設計飛来物として考えている砂利（0.04m×0.04m×0.04m）が竜巻防護施設に衝突してもその衝突時間は非常に短いため、設備に有意な応力は生じないことを確認していることから、設計飛来物より小さい砂利が衝突しても竜巻防護施設に影響は与えない。</p>		<p style="text-align: right;">別紙6</p> <p style="text-align: center;">網目より小さい飛来物の対策</p> <p>飛来物は飛散防止対策を行うことから飛来の可能性は低い、設計飛来物のうち鋼製パイプについては、工事等の足場材として使用されており、飛散の可能性を否定しきれない。鋼製パイプは直径50mmであるため、50mm目合いの網目をすり抜ける可能性がある。そのため、40mm目合い寸法の金網を設置し、鋼製パイプが竜巻飛来物防護対策設備内部に侵入することを防止する。</p> <p>また、極小飛来物の設計飛来物として考えている砂利（0.04m×0.04m×0.04m）が竜巻防護施設に衝突してもその衝突時間は非常に短いため、設備に有意な応力は生じないことを確認していることから、設計飛来物より小さい砂利が衝突しても外部事象防護対象施設に影響は与えない。</p>	<p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul> <p>【大飯】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・記載表現の相違。</li> </ul>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: center;">別紙4</p> <p style="text-align: center;">防護ネットの点検、管理方法について</p> <p>竜巻防護ネットは、ネットの1目合いにおける荷重－伸び曲線の試験結果を直線で近似し、ネットを1目合い毎のパネが連結したものと仮定し吸収エネルギーの評価を実施している。このため、たわみ等によるネットの大きな変形、ネットの傷、腐食があると、飛来物の衝突のエネルギーを吸収できなくなる恐れがある。このため、防護ネットの点検、管理方法について以下に検討した。</p> <p>1. 防護ネットの劣化要因</p> <p>ネットの飛来物捕捉性能を低下させるような劣化として、ネットの変形による吸収エネルギーの低下と、素線の傷、腐食による素線強度の低下が考えられる。</p> <p>このうちのネットの変形に関しては、強風により異物が当たる等の要因で、ネットの一部に力が加わることによる局所的な変形と、ネットを固定しているワイヤーの緩み、ネット自身の経年劣化によるたわみの増加が考えられる。</p> <p>2. 防護ネットの点検、保守方法</p> <p>素線の傷、腐食および局所的な変形に対する点検として、定期的を目視によるネットの外観点検を実施し、素線の凹み傷や断線、腐食および変形が見られた場合にはネットの取替えを検討する。</p> <p>さらに、台風や地震、火災によってもネットに傷、局所的な変形が生じる可能性がある。そのため、台風や地震、火災のあとには損傷等、各部の異常の有無を点検し、素線の凹み傷や断線、局所的な変形などの異常があった場合には取替えを検討する。</p> <p>ネットのたわみの増加に関しては、その要因としてネットを固定しているワイヤーの緩み、ネット自身の経年劣化が考えられることから、定期的に、防護ネットを固定しているワイヤーの張力の点検、ネットのたわみ量の測定を実施し、管理基準を逸脱した場合にはワイヤーの再緊張やネットの取替えを検討する。</p> 	<p style="text-align: center;">別紙7</p> <p style="text-align: center;">竜巻防護ネットの点検、管理方法について</p> <p>竜巻防護ネットは、ネットの1目合いにおける荷重－伸び曲線の試験結果を直線で近似し、ネットを1目合い毎のパネが連結したものと仮定し吸収エネルギーの評価を実施している。このため、たわみ等によるネットの大きな変形、ネットの傷、腐食があると、飛来物の衝突のエネルギーを吸収できなくなるおそれがある。このため、防護ネットの点検、管理方法について以下に検討した。</p> <p>1. 防護ネットの劣化要因</p> <p>ネットの飛来物捕捉性能を低下させるような劣化として、ネットの変形による吸収エネルギーの低下と、素線の傷、腐食による素線強度の低下が考えられる。</p> <p>このうちのネットの変形に関しては、強風により異物が当たる等の要因で、ネットの一部に力が加わることによる局所的な変形と、ネットを固定しているワイヤの緩み、ネット自身の経年劣化によるたわみの増加が考えられる。</p> <p>2. 防護ネットの点検、保守方法</p> <p>素線の傷、腐食及び局所的な変形に対する点検として、定期的を目視によるネットの外観点検を実施し、素線の凹み傷や断線、腐食及び変形が見られた場合にはネットの取替えを検討する。</p> <p>さらに、地震、火災によってもネットに傷、局所的な変形が生じる可能性がある。そのため、地震、火災のあとには損傷等、各部の異常の有無を点検し、素線の凹み傷や断線、局所的な変形等の異常があった場合には取替えを検討する。</p> <p>ネットのたわみの増加に関しては、その要因としてネットを固定しているワイヤの緩み、ネット自身の経年劣化が考えられることから、定期的に、防護ネットを固定しているワイヤの張力の点検、ネットのたわみ量の測定を実施し、管理基準を逸脱した場合にはワイヤの再緊張やネットの取替えを検討する。</p> 	<p style="text-align: center;">別紙7</p> <p style="text-align: center;">竜巻防護ネットの点検、管理方法について</p> <p>竜巻防護ネットは、ネットの1目合いにおける荷重－伸び曲線の試験結果を直線で近似し、ネットを1目合い毎のパネが連結したものと仮定し吸収エネルギーの評価を実施している。このため、たわみ等によるネットの大きな変形、ネットの傷、腐食があると、飛来物の衝突のエネルギーを吸収できなくなるおそれがある。このため、防護ネットの点検、管理方法について以下に検討した。</p> <p>1. 防護ネットの劣化要因</p> <p>ネットの飛来物捕捉性能を低下させるような劣化として、ネットの変形による吸収エネルギーの低下と、素線の傷、腐食による素線強度の低下が考えられる。</p> <p>このうちのネットの変形に関しては、強風により異物が当たる等の要因で、ネットの一部に力が加わることによる局所的な変形と、ネットを固定しているワイヤの緩み、ネット自身の経年劣化によるたわみの増加が考えられる。</p> <p>2. 防護ネットの点検、保守方法</p> <p>素線の傷、腐食及び局所的な変形に対する点検として、定期的を目視によるネットの外観点検を実施し、素線の凹み傷や断線、腐食及び変形が見られた場合にはネットの取替えを検討する。</p> <p>さらに、地震、火災によってもネットに傷、局所的な変形が生じる可能性がある。そのため、地震、火災のあとには損傷等、各部の異常の有無を点検し、素線の凹み傷や断線、局所的な変形等の異常があった場合には取替えを検討する。</p> <p>ネットのたわみの増加に関しては、その要因としてネットを固定しているワイヤの緩み、ネット自身の経年劣化が考えられることから、定期的に、防護ネットを固定しているワイヤの張力の点検、ネットのたわみ量の測定を実施し、管理基準を逸脱した場合にはワイヤの再緊張やネットの取替えを検討する。</p>	<p>【大飯】 ・記載表現の相違。</p> <p>【大飯】 泊の防護ネットは屋内設置のため台風による影響はない。</p> <p>【大飯】 ・記載表現の相違。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.13）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>3. 管理基準の検討</p> <p>(1) ワイヤ張力の管理基準                  ワイヤの張力に関しては、ネット設置時にワイヤロープの張力調整金具（ターンバックル）の締付けトルクをメーカー標準管理値の20～25Nmで管理して設置することから、点検時においても管理基準値を20～25Nmで管理する。</p>  <p>ターンバックルの例</p> <p>(2) ネットたわみ量の管理基準</p> <p>a. 通常時にネットに作用する荷重                  通常時においてネットには自重が作用することから、水平に張られたネットには自重によるたわみが発生し、垂直に張られたネットにはネット上部の目合いに自重による荷重が作用することになる。</p> <p>水平に張られたネットの自重によるたわみは、管理基準の検討においてネットの吸収エネルギーを低下させる要因として考慮する。</p> <p>垂直に張られたネットの自重による影響は、大飯発電所で垂直に設置する計画のネットは、飛来物のエネルギーを吸収するために伸びる方向（金網展開方向）が水平になるように設置することから、自重が金網の吸収エネルギーに影響を与えることはないと考えられる。また、大飯3、4号機において設置を計画している金網の寸法は、縦4.205m×横8.835m、縦4.205m×横8.570m、金網の単位面積あたりの質量は4.6kg/m<sup>2</sup>であることから、鉛直方向の最上部の目合いに作用する自重による荷重は高々14N程度であり、素線の荷重-伸び曲線から自重による金網の伸びは破断伸びの0.1%程度と小さく、ほとんど影響はないものと考えられる。</p>		<p>3. 管理基準の検討</p> <p>(1) ワイヤ張力の管理基準                  ワイヤの張力に関しては、ネット設置時にワイヤロープの張力調整金具（ターンバックル）の締付けトルクをメーカー標準管理値の20～25N・mで管理して設置することから、点検時においても管理基準値を20～25 N・mで管理する。</p>  <p>ターンバックルの例</p> <p>(2) ネットたわみ量の管理基準</p> <p>a. 通常時にネットに作用する荷重                  通常時においてネットには自重が作用することから、水平に張られたネットには自重によるたわみが発生する。</p> <p>水平に張られたネットの自重によるたわみは、管理基準の検討においてネットの吸収エネルギーを低下させる要因として考慮する。</p>	<p>【大飯】                  防護ネットの設置状況の相違。                  泊発電所3号炉では垂直に設置するネットはない。</p> <p>【大飯】                  防護ネットの設置状況の相違。                  泊発電所3号炉では垂直に設置するネットはない。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="125 164 595 592" data-label="Image"> </div> <p>b. 竜巻襲来時にネットに作用する荷重</p> <p>竜巻襲来時にネットに作用する荷重としては、竜巻の風速による荷重と飛来物の衝突による荷重が考えられる。</p> <p>竜巻の風速による荷重によってネットがたわむことにより、ネットの吸収エネルギーの低下が考えられることから、風荷重によるたわみは、管理基準の検討においてネットの吸収エネルギーを低下させる要因として考慮する。</p> <p>飛来物の衝突による荷重に関しては、発電所内の仮置き資材等について、できる限り発電所外での保管もしくは屋内での保管を実施すると共に、発電所内において屋外での保管が必要なものについては飛来物とならないように固縛を実施し、竜巻襲来時において、できる限り飛来物が発生しないようにすることとしている。このため、発電所に竜巻が襲来し、飛来物が防護ネットに2つ以上衝突する確率は極めて低いと考えられるが、管理基準の検討においては、水平に張られたネットについては、1つの飛来物がネットに衝突しネット上に残った状態で、2つ目の飛来物が衝突することを考慮する。垂直に張られたネットについては、1つ目の飛来物の衝突後に、2つ目の飛来物が衝突することを考慮する。</p> <p>以上より、水平に張られたネットについては、自重、竜巻襲来時の風荷重、1つ目の飛来物の衝突荷重および重量と2つ目の飛来物の衝突荷重の合計のエネルギーに相当するたわみ量を、ネットの最大たわみ量から差し引いた値を管理限界たわみ量とする。垂直に張られたネットは、竜巻襲来時の風荷重、1つ目および2つ目の飛来物の衝突荷重の合計のエネルギーに相当するたわみ量を、ネットの最大たわみ量から差し引いた値を管理限界たわみ量とする。</p>		<p>b. 竜巻襲来時にネットに作用する荷重</p> <p>竜巻襲来時にネットに作用する荷重としては、竜巻の風速による荷重と飛来物の衝突による荷重が考えられる。</p> <p>竜巻の風速による荷重によってネットがたわむことにより、ネットの吸収エネルギーの低下が考えられることから、風荷重によるたわみは、管理基準の検討においてネットの吸収エネルギーを低下させる要因として考慮する。</p> <p>飛来物の衝突による荷重に関しては、発電所内の仮置き資材等について、できる限り発電所外での保管もしくは屋内での保管を実施すると共に、発電所内において屋外での保管が必要なものについては飛来物とならないように固縛を実施し、竜巻襲来時において、できる限り飛来物が発生しないようにすることとしている。このため、発電所に竜巻が襲来し、飛来物が防護ネットに2つ以上衝突する確率は極めて低いと考えられるが、管理基準の検討においては、水平に張られたネットについては、1つの飛来物がネットに衝突しネット上に残った状態で、2つ目の飛来物が衝突することを考慮する。</p> <p>以上より、水平に張られたネットについては、自重、竜巻襲来時の風荷重、1つ目の飛来物の衝突荷重及び重量と2つ目の飛来物の衝突荷重の合計のエネルギーに相当するたわみ量を、ネットの最大たわみ量から差し引いた値を管理限界たわみ量とする。</p>	<p>【大飯】                  防護ネットの設置状況の相違。                  グラフは垂直設置時に作用する荷重に対して影響がないことを示すために掲載しているもの。                  泊発電所3号炉では垂直に設置するネットがないため、グラフの掲載は不要。</p> <p>【大飯】                  防護ネットの設置状況の相違。                  泊発電所3号炉では垂直に設置するネットはないため記載なし。</p> <p>【大飯】                  防護ネットの設置状況の相違。                  泊発電所3号炉では垂直に設置するネットは</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																					
<p>ネットのたわみ量の管理は、ネットを設置した時点の初期たわみ量を測定し、初期たわみ量からの増分がネットの管理限界たわみ量を超えないように適切な管理基準を定めて管理する計画である。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">防護ネットの管理限界たわみ量の評価結果</p> </div>		<p>ネットのたわみ量の管理は、ネットを設置した時点の初期たわみ量を測定し、初期たわみ量からの増分がネットの管理限界たわみ量を超えないように適切な管理基準を定めて管理する計画である。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">表1 竜巻防護ネットの管理限界たわみ量の評価結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ネット</th> <th colspan="2">ネット寸法 (m)</th> <th rowspan="2">原形たわみ量 (m)</th> <th colspan="2">限界たわみ量 (m)</th> <th rowspan="2">①風速超過によるエネルギー (kJ)</th> <th rowspan="2">②自重に相当するエネルギー (kJ)</th> <th rowspan="2">③電源エネルギー【約値】 (kJ)</th> <th rowspan="2">④風害物重量に相当するエネルギー (kJ)</th> <th rowspan="2">⑤合計①+②+③+④ (kJ)</th> <th rowspan="2">⑥に相当するたわみ量 (m)</th> <th rowspan="2">管理限界たわみ量 (m)</th> </tr> <tr> <th>原形方向</th> <th>垂直方向</th> <th>原形</th> <th>限界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>海水ポンプエリア (Aトレン)</td> <td>5.020</td> <td>×</td> <td>4.835</td> <td>1.88</td> <td>324</td> <td>8.8</td> <td>0.5</td> <td></td> <td>0.01</td> <td>205.41</td> <td>1.380</td> <td>0.48</td> </tr> <tr> <td>海水ポンプエリア (Bトレン)</td> <td>5.010</td> <td>×</td> <td>4.835</td> <td>1.87</td> <td>317</td> <td>8.8</td> <td>0.4</td> <td></td> <td>0.01</td> <td>205.21</td> <td>1.388</td> <td>0.48</td> </tr> <tr> <td>海水ストレーナーエリア (海側)</td> <td>4.440</td> <td>×</td> <td>2.920</td> <td>1.05</td> <td>252</td> <td>2.8</td> <td>0.2</td> <td>88×2</td> <td>0.01</td> <td>200.11</td> <td>1.334</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>海水ストレーナーエリア (山側)</td> <td>4.435</td> <td>×</td> <td>2.920</td> <td>1.05</td> <td>251</td> <td>2.8</td> <td>0.2</td> <td></td> <td>0.01</td> <td>200.11</td> <td>1.335</td> <td>0.32</td> </tr> </tbody> </table> </div>	ネット	ネット寸法 (m)		原形たわみ量 (m)	限界たわみ量 (m)		①風速超過によるエネルギー (kJ)	②自重に相当するエネルギー (kJ)	③電源エネルギー【約値】 (kJ)	④風害物重量に相当するエネルギー (kJ)	⑤合計①+②+③+④ (kJ)	⑥に相当するたわみ量 (m)	管理限界たわみ量 (m)	原形方向	垂直方向	原形	限界	海水ポンプエリア (Aトレン)	5.020	×	4.835	1.88	324	8.8	0.5		0.01	205.41	1.380	0.48	海水ポンプエリア (Bトレン)	5.010	×	4.835	1.87	317	8.8	0.4		0.01	205.21	1.388	0.48	海水ストレーナーエリア (海側)	4.440	×	2.920	1.05	252	2.8	0.2	88×2	0.01	200.11	1.334	0.31	海水ストレーナーエリア (山側)	4.435	×	2.920	1.05	251	2.8	0.2		0.01	200.11	1.335	0.32	<p>ないため記載なし。</p> <p>【大飯】              ネットサイズの相違</p>
ネット	ネット寸法 (m)			原形たわみ量 (m)	限界たわみ量 (m)		①風速超過によるエネルギー (kJ)	②自重に相当するエネルギー (kJ)								③電源エネルギー【約値】 (kJ)	④風害物重量に相当するエネルギー (kJ)	⑤合計①+②+③+④ (kJ)	⑥に相当するたわみ量 (m)	管理限界たわみ量 (m)																																																				
	原形方向	垂直方向	原形		限界																																																																			
海水ポンプエリア (Aトレン)	5.020	×	4.835	1.88	324	8.8	0.5		0.01	205.41	1.380	0.48																																																												
海水ポンプエリア (Bトレン)	5.010	×	4.835	1.87	317	8.8	0.4		0.01	205.21	1.388	0.48																																																												
海水ストレーナーエリア (海側)	4.440	×	2.920	1.05	252	2.8	0.2	88×2	0.01	200.11	1.334	0.31																																																												
海水ストレーナーエリア (山側)	4.435	×	2.920	1.05	251	2.8	0.2		0.01	200.11	1.335	0.32																																																												

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																												
<p>17. 解析コードについて</p> <p>竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価、及び竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に当たっては、以下の解析コードを用いているため、次ページ以降に解析コードの概要及び検証と妥当性確認の内容を記す。</p> <p style="text-align: center;">表1 使用した解析コード</p> <table border="1" data-bbox="85 464 685 587"> <thead> <tr> <th>使用目的</th> <th>解析コード名</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価</td> <td>竜巻ハザード評価プログラム(Ver. 1.2)</td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td>(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価</td> <td>tornado_missile(Ver. 1.1.0)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価</p> <table border="1" data-bbox="85 676 685 1453"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コード名</th> <th>竜巻ハザード評価プログラム</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td></td> <td>一般財団法人 電力中央研究所</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td></td> <td>2014年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td></td> <td>Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td></td> <td>竜巻最大風速ハザード曲線作成</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td></td> <td>一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。</td> </tr> <tr> <td>検証及び妥当性確認の内容</td> <td></td> <td>竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。</td> </tr> <tr> <td>その他（工認実績等）</td> <td></td> <td>既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。</td> </tr> </tbody> </table>	使用目的	解析コード名	(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 ( $V_{B2}$ ) の評価	竜巻ハザード評価プログラム(Ver. 1.2)	(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価	tornado_missile(Ver. 1.1.0)	項目	コード名	竜巻ハザード評価プログラム	開発機関		一般財団法人 電力中央研究所	開発時期		2014年	使用したバージョン		Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン	使用目的		竜巻最大風速ハザード曲線作成	コードの概要		一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。	検証及び妥当性確認の内容		竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。	その他（工認実績等）		既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 3.14</p> <p>解析コードについて</p> <p>「竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価」及び「竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価」に当たっては、以下の解析コードを用いているため、次ページ以降に解析コードの概要及び検証と妥当性確認の内容を記す。</p> <p style="text-align: center;">表1 使用した解析コード</p> <table border="1" data-bbox="1350 464 1944 592"> <thead> <tr> <th>使用目的</th> <th>解析コード名</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価</td> <td>竜巻ハザード評価プログラム</td> </tr> <tr style="border: 2px solid red;"> <td>(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価</td> <td>TOMBOS</td> </tr> </tbody> </table> <p>(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の評価</p> <table border="1" data-bbox="1350 667 1957 1442"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コード名</th> <th>竜巻ハザード評価プログラム</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td></td> <td>一般財団法人 電力中央研究所</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td></td> <td>2014年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td></td> <td>Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td></td> <td>竜巻最大風速ハザード曲線作成</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td></td> <td>一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。</td> </tr> <tr> <td>検証及び妥当性確認の内容</td> <td></td> <td>竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。 ・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。</td> </tr> <tr> <td>その他（工認実績等）</td> <td></td> <td>既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。</td> </tr> </tbody> </table>	使用目的	解析コード名	(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 ( $V_{B2}$ ) の評価	竜巻ハザード評価プログラム	(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価	TOMBOS	項目	コード名	竜巻ハザード評価プログラム	開発機関		一般財団法人 電力中央研究所	開発時期		2014年	使用したバージョン		Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン	使用目的		竜巻最大風速ハザード曲線作成	コードの概要		一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。	検証及び妥当性確認の内容		竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。 ・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。	その他（工認実績等）		既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。	<p>【大飯】 記載表現の相違</p> <p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用しているため。 “等”は運動エネルギーの算出、貫通力の算出機能を指している。 【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>
使用目的	解析コード名																																																														
(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 ( $V_{B2}$ ) の評価	竜巻ハザード評価プログラム(Ver. 1.2)																																																														
(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価	tornado_missile(Ver. 1.1.0)																																																														
項目	コード名	竜巻ハザード評価プログラム																																																													
開発機関		一般財団法人 電力中央研究所																																																													
開発時期		2014年																																																													
使用したバージョン		Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン																																																													
使用目的		竜巻最大風速ハザード曲線作成																																																													
コードの概要		一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。																																																													
検証及び妥当性確認の内容		竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。																																																													
その他（工認実績等）		既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。																																																													
使用目的	解析コード名																																																														
(1) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 ( $V_{B2}$ ) の評価	竜巻ハザード評価プログラム																																																														
(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価	TOMBOS																																																														
項目	コード名	竜巻ハザード評価プログラム																																																													
開発機関		一般財団法人 電力中央研究所																																																													
開発時期		2014年																																																													
使用したバージョン		Ver. 1.2 選定理由：解析時の最新バージョン																																																													
使用目的		竜巻最大風速ハザード曲線作成																																																													
コードの概要		一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、発電所等の構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。																																																													
検証及び妥当性確認の内容		竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の算定に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・統計量や確率分布について、他機関の算定例と同等の数値や分布形が得られることでコードの検証を行っている。 ・ハザード曲線について、理論解と同等の分布形が得られること、及び他機関が算定したハザード曲線と同傾向の曲線が得られることでコードの検証を行っている。 【妥当性確認】 本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s 程度の範囲において算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。																																																													
その他（工認実績等）		既工認での使用実績はない。 なお、最新バージョンまでに解析に影響のある変更がないことを確認している。																																																													



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>計算機コードの概要及び検証と妥当性確認の内容説明</p> <p>竜巻ハザード評価プログラム</p> <p>1. 一般事項</p> <p>本書は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されている計算機コード「竜巻ハザード評価プログラム」の概要である。</p> <p>竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線を算定することを目的として、今回初めて使用する解析コードである。</p> <p>2. 本計算機コードの特徴</p> <p>(1) 気象庁「竜巻等の突風データベース」を基に、所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、気象庁のデータを統合して疑似データを作成し、ハザード評価に用いることができる。なお、竜巻については、竜巻の観測数のデータ数が少ないこと、観測体制が年代により変遷していること、また竜巻の直接的な観測が現状困難であるため竜巻後の被害状況を調査・分析して観測結果としていることや観測の内容（Fスケール、被害長さ、被害幅、移動方向）が部分的に揃っていないことを考慮して、保守的な取扱いを行っている。</p> <p>(2) 構造物寸法などを与えることで、その構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率などのハザード評価が実施できる。</p> <p>3. 理論式</p> <p>3.1 統計解析</p> <p>発生数、竜巻風速、被害長さ、被害幅の平均値 <math>\mu</math>、標準偏差 <math>\sigma</math>、共分散 <math>s</math>、相関係数 <math>\rho</math> は、次式により求める。</p> $\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2} = \sqrt{s_{xx}}$ $s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad \rho_{xy} = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx} \times s_{yy}}} \quad (1)$ <p>ここで、竜巻の観測数の少なさと、観測体制が年代により変遷していることを考慮して、観測データを基に疑似的な51.5年間のデータを作成しているが、疑似データの作成に当たっては、確率分布の再生性を利用している。即ち、独立な2つの確率変数 <math>X, Y</math> があった場合、確率変数の和 <math>X+Y</math> はそれぞれのパラメータ（例えば平均値や分散）の和をパラメータに持つ同型の分布形に従うことを利用する。ポアソン分布、ポリヤ分布、正規分布ではこの再生性が成り立つ。</p> $P(\mu_x, \sigma_x^2), P(\mu_y, \sigma_y^2) \Rightarrow P(\mu_x + \mu_y, \sigma_x^2 + \sigma_y^2)$		<p>計算機コードの概要及び検証と妥当性確認の内容説明</p> <p>竜巻ハザード評価プログラム</p> <p>1. 一般事項</p> <p>本書は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されている計算機コード「竜巻ハザード評価プログラム」の概要である。</p> <p>竜巻ハザード評価プログラムは、竜巻最大風速のハザード曲線を算定することを目的として、今回初めて使用する解析コードである。</p> <p>2. 本計算機コードの特徴</p> <p>(1) 気象庁「竜巻等の突風データベース」を基に、所定の地域における竜巻の発生数、竜巻風速、被害長さ・幅の確率分布を解析できるとともに、気象庁のデータを統合して疑似データを作成し、ハザード評価に用いることができる。なお、竜巻については、竜巻の観測数のデータ数が少ないこと、観測体制が年代により変遷していること、また竜巻の直接的な観測が現状困難であるため竜巻後の被害状況を調査・分析して観測結果としていることや観測の内容（Fスケール、被害長さ、被害幅、移動方向）が部分的に揃っていないことを考慮して、保守的な取扱いを行っている。</p> <p>(2) 構造物寸法等を与えることで、その構造物が所定の風速以上の竜巻に遭遇する確率等のハザード評価が実施できる。</p> <p>3. 理論式</p> <p>3.1 統計解析</p> <p>発生数、竜巻風速、被害長さ、被害幅の平均値 <math>\mu</math>、標準偏差 <math>\sigma</math>、共分散 <math>s</math>、相関係数 <math>\rho</math> は、次式により求める。</p> $\mu_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2} = \sqrt{s_{xx}}$ $s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad \rho_{xy} = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx} \times s_{yy}}} \quad (1)$ <p>ここで、竜巻の観測数の少なさと、観測体制が年代により変遷していることを考慮して、観測データを基に疑似的な51.5年間のデータを作成しているが、疑似データの作成に当たっては、確率分布の再生性を利用している。即ち、独立な2つの確率変数 <math>X, Y</math> があった場合、確率変数の和 <math>X+Y</math> はそれぞれのパラメータ（例えば平均値や分散）の和をパラメータに持つ同型の分布形に従うことを利用する。ポアソン分布、ポリヤ分布、正規分布ではこの再生性が成り立つ。</p> $P(\mu_x, \sigma_x^2), P(\mu_y, \sigma_y^2) \Rightarrow P(\mu_x + \mu_y, \sigma_x^2 + \sigma_y^2)$	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>なお、疑似データの作成に当たっては、Fスケール不明竜巻を次のとおり取り扱い保守性を高めている。陸上で発生した竜巻及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのFスケールが推定されるため、陸上でのFスケール不明竜巻は、被害が少ないF0竜巻と見なしている。一方、Fスケール不明の海上竜巻（水上で発生しその後上陸しなかった竜巻）については、その竜巻のスケールを推定することは困難である。そこで、「海岸線から海上5kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である」という考え方にもとづいて各Fスケールに配分することで、例えば、F3竜巻など規模が大きな竜巻が観測数より多くなる<b>取り扱い</b>としている。</p> <p>また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えているが、その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いない<b>取り扱い</b>としている。</p> <p>次に、竜巻特性のそれぞれの確率分布は次式により求める。</p> <p>(1) 発生数の確率分布</p> <p>ポアソン分布：<math>P_T(N) = \frac{(\mu T)^N}{N!} \exp(-\mu T)</math> (2)</p> <p>ポリヤ分布：<math>P_T(N) = \frac{(\mu T)^N}{N!} (1 + \beta \mu T)^{-N-1} \beta \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k)</math> (3)</p> $\beta = \left( \frac{\sigma^2}{\mu} - 1 \right) \times \frac{1}{\mu}$ <p>ここに、Nは竜巻の年発生数、μは竜巻の年平均発生数、Tは年数、σは竜巻の年発生数の標準偏差である。今回は、東京工芸大学委託成果<sup>(1)</sup>等に基づき、ポリヤ分布を採用している。</p> <p>(2) 竜巻風速、竜巻被害長さ、竜巻被害幅の確率分布              「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下、ガイドという）やガイドに参照されている上記の東京工芸大学委託成果に従い、対数正規分布を用いる。</p> $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\ln}^2}} \frac{1}{x} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(x) - \mu_{\ln}}{\sigma_{\ln}} \right)^2 \right]$ (4) <p>ここに、μ<sub>ln</sub>、σ<sub>ln</sub>はln(x)の平均値と標準偏差であり、変数xの平均値μや標準偏差σとは以下の関係にある。</p>	<p>なお、疑似データの作成に当たっては、Fスケール不明竜巻を次のとおり取り扱い保守性を高めている。陸上で発生した竜巻及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのFスケールが推定されるため、陸上でのFスケール不明竜巻は、被害が少ないF0竜巻と見なしている。一方、Fスケール不明の海上竜巻（水上で発生しその後上陸しなかった竜巻）については、その竜巻のスケールを推定することは困難である。そこで、「海岸線から海上5kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である」という考え方にもとづいて各Fスケールに配分することで、例えば、F3竜巻等規模が大きな竜巻が観測数より多くなる<b>取扱い</b>としている。</p> <p>また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えているが、その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いない<b>取扱い</b>としている。</p> <p>次に、竜巻特性のそれぞれの確率分布は次式により求める。</p> <p>(1) 発生数の確率分布</p> <p>ポアソン分布：<math>P_T(N) = \frac{(\mu T)^N}{N!} \exp(-\mu T)</math> (2)</p> <p>ポリヤ分布：<math>P_T(N) = \frac{(\mu T)^N}{N!} (1 + \beta \mu T)^{-N-1} \beta \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k)</math> (3)</p> $\beta = \left( \frac{\sigma^2}{\mu} - 1 \right) \times \frac{1}{\mu}$ <p>ここに、Nは竜巻の年発生数、μは竜巻の年平均発生数、Tは年数、σは竜巻の年発生数の標準偏差である。今回は、東京工芸大学委託成果等に基づき、ポリヤ分布を採用している。</p> <p>(2) 竜巻風速、竜巻被害長さ、竜巻被害幅の確率分布              「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「ガイド」という。）やガイドに参照されている上記の東京工芸大学委託成果に従い、対数正規分布を用いる。</p> $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\ln}^2}} \frac{1}{x} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(x) - \mu_{\ln}}{\sigma_{\ln}} \right)^2 \right]$ (4) <p>ここに、μ<sub>ln</sub>、σ<sub>ln</sub>はln(x)の平均値と標準偏差であり、変数xの平均値μや標準偏差σとは以下の関係にある。</p>		



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
$\sigma_m^2 = \ln\left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2 \square I$ $\mu_m = \ln(\mu) - \frac{\sigma_m^2}{2}$ <p>3. 2ハザードの評価                      (1) 被害面積の期待値                      1個の竜巻の風速が<math>V_0</math>以上となる面積<math>DA(V_0)</math>の期待値は以下のよう                      に表される。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl + \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha + S \int_{V_0}^{\infty} f(V) dV$ <p>ここに、<math>w</math>は竜巻の被害幅、<math>W</math>は風速が<math>V_0</math>以上となる被害幅、</p> $W(V_0) = \left(\frac{V - V_{min}}{V_0}\right)^{11.6} w$ <p><math>V_{min}</math>は被害が発生する最小風速 (=25m/s)、<math>l</math>は被害長さ、<math>\alpha</math>は竜巻の移動方向、<math>H(\alpha)</math>と<math>G(\alpha)</math>は竜巻の被害幅や長さ方向への竜巻影響エリア（あるいは構造物）の投影長さ、<math>S</math>は竜巻影響エリアの面積である。</p> <p>竜巻影響エリアを直径<math>D_0</math>の円形とした場合、<math>H(\alpha)</math>や<math>G(\alpha)</math>は竜巻の移動方向には依存せず、一定値となる。</p> $H(\alpha) = G(\alpha) = D_0$ <p>更に、<math>\alpha</math>と<math>V, W, l</math>の相関係数は<math>-0.09 \sim 0.01</math>の範囲内にあり、ほとんど相関が認められないと言う参考文献1の研究成果を考慮すると、<math>DA(V_0)</math>の期待値は以下のようになる。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl + D_0 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w) dV dw + (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^{\infty} f(V) dV$		$\sigma_m^2 = \ln\left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2 \square I$ $\mu_m = \ln(\mu) - \frac{\sigma_m^2}{2}$ <p>3. 2ハザードの評価                      (1) 被害面積の期待値                      1個の竜巻の風速が<math>V_0</math>以上となる面積<math>DA(V_0)</math>の期待値は以下のよう                      に表される。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl + \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha + S \int_{V_0}^{\infty} f(V) dV$ <p>ここに、<math>w</math>は竜巻の被害幅、<math>W</math>は風速が<math>V_0</math>以上となる被害幅、</p> $W(V_0) = \left(\frac{V - V_{min}}{V_0}\right)^{11.6} w$ <p><math>V_{min}</math>は被害が発生する最小風速 (=25m/s)、<math>l</math>は被害長さ、<math>\alpha</math>は竜巻の移動方向、<math>H(\alpha)</math>と<math>G(\alpha)</math>は竜巻の被害幅や長さ方向への竜巻影響エリア（あるいは構造物）の投影長さ、<math>S</math>は竜巻影響エリアの面積である。</p> <p>竜巻影響エリアを直径<math>D_0</math>の円形とした場合、<math>H(\alpha)</math>や<math>G(\alpha)</math>は竜巻の移動方向には依存せず、一定値となる。</p> $H(\alpha) = G(\alpha) = D_0$ <p>さらに、<math>\alpha</math>と<math>V, W, l</math>の相関係数は<math>-0.09 \sim 0.01</math>の範囲内にあり、ほとんど相関が認められないと言う参考文献1の研究成果を考慮すると、<math>DA(V_0)</math>の期待値は以下のようになる。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl + D_0 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w) dV dw + (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^{\infty} f(V) dV$	<p>【大飯】                      記載の適正化</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

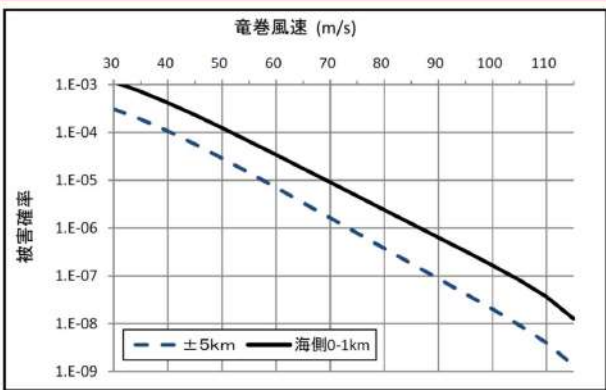
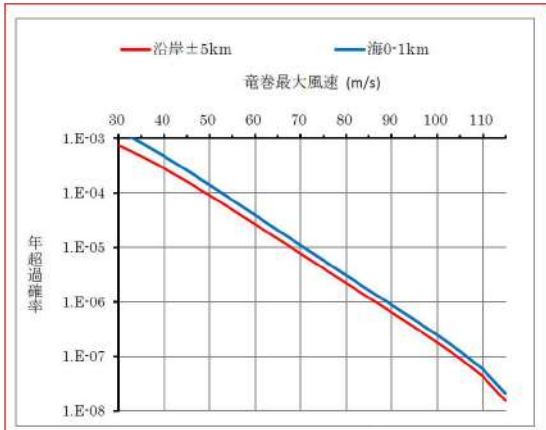
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>ここに、2変量・3変量の対数正規分布は次式で表される。</p> $f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)\left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right) + \left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] \quad (11)$ $f(x,y,z) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}} \times \frac{1}{xyz} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\ln(x)-\mu_x, \ln(y)-\mu_y, \ln(z)-\mu_z\right) \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \ln(x)-\mu_x \\ \ln(y)-\mu_y \\ \ln(z)-\mu_z \end{pmatrix}\right] \quad (12)$ <p>(2) 遭遇確率（ハザード曲線）                      T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、V<sub>0</sub>以上の竜巻風速に遭遇する確率は、竜巻の発生分布に応じて次式で表される。</p> <p>ポアソン分布：<math>P_{0,T} = 1 - \exp[-\mu R(V_0)T]</math> (13)</p> <p>ポリヤ分布：<math>P_{0,T} = 1 - [1 + \beta\mu R(V_0)T]^{-1/\beta}</math> (14)</p> <p>ここに、R(V<sub>0</sub>)は竜巻影響エリアが1つの竜巻に遭遇し、そのときの竜巻風速がV<sub>0</sub>以上となる確率であり、竜巻検討地域の面積をA<sub>0</sub>とすると、次式で表される。</p> $R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (15)$ <p>(3) 被害面積期待値の数値積分                      式(10)の数値積分に際しては、合成台形則を用いる。合成台形則は、関数f(x)を区間[a, b]をm個の小区間に等分し、小区間ごとに面積の台形近似を行う。</p> $\int_a^b f(x)dx = \frac{h}{2} \left( f(a) + f(b) + 2 \sum_{j=1}^{m-1} f(x_j) \right) - \frac{(b-a)}{12} h^2 f''(\mu) \quad (16)$ $h = \frac{(b-a)}{m} \quad (17)$ $x_j = a + jh$ <p>式(10)の幅・長さの積分については、有限な範囲で打ち切らざるを得ないため、誤差に注意しながら、既往最大値および相関係数も勘案</p>	<p>ここに、2変量・3変量の対数正規分布は次式で表される。</p> $f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)\left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right) + \left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] \quad (11)$ $f(x,y,z) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}} \times \frac{1}{xyz} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\ln(x)-\mu_x, \ln(y)-\mu_y, \ln(z)-\mu_z\right) \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \ln(x)-\mu_x \\ \ln(y)-\mu_y \\ \ln(z)-\mu_z \end{pmatrix}\right] \quad (12)$ <p>(2) 遭遇確率（ハザード曲線）                      T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、V<sub>0</sub>以上の竜巻風速に遭遇する確率は、竜巻の発生分布に応じて次式で表される。</p> <p>ポアソン分布：<math>P_{0,T} = 1 - \exp[-\mu R(V_0)T]</math> (13)</p> <p>ポリヤ分布：<math>P_{0,T} = 1 - [1 + \beta\mu R(V_0)T]^{-1/\beta}</math> (14)</p> <p>ここに、R(V<sub>0</sub>)は竜巻影響エリアが1つの竜巻に遭遇し、そのときの竜巻風速がV<sub>0</sub>以上となる確率であり、竜巻検討地域の面積をA<sub>0</sub>とすると、次式で表される。</p> $R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (15)$ <p>(3) 被害面積期待値の数値積分                      式(10)の数値積分に際しては、合成台形則を用いる。合成台形則は、関数f(x)を区間[a, b]をm個の小区間に等分し、小区間ごとに面積の台形近似を行う。</p> $\int_a^b f(x)dx = \frac{h}{2} \left( f(a) + f(b) + 2 \sum_{j=1}^{m-1} f(x_j) \right) - \frac{(b-a)}{12} h^2 f''(\mu) \quad (16)$ $h = \frac{(b-a)}{m} \quad (17)$ $x_j = a + jh$ <p>式(10)の幅・長さの積分については、有限な範囲で打ち切らざるを得ないため、誤差に注意しながら、既往最大値及び相関係数も勘案</p>	<p>ここに、2変量・3変量の対数正規分布は次式で表される。</p> $f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)\left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right) + \left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] \quad (11)$ $f(x,y,z) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}} \times \frac{1}{xyz} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\ln(x)-\mu_x, \ln(y)-\mu_y, \ln(z)-\mu_z\right) \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} \\ \sigma_x\sigma_y\rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} \\ \sigma_x\sigma_z\rho_{xz} & \sigma_y\sigma_z\rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \ln(x)-\mu_x \\ \ln(y)-\mu_y \\ \ln(z)-\mu_z \end{pmatrix}\right] \quad (12)$ <p>(2) 遭遇確率（ハザード曲線）                      T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、V<sub>0</sub>以上の竜巻風速に遭遇する確率は、竜巻の発生分布に応じて次式で表される。</p> <p>ポアソン分布：<math>P_{0,T} = 1 - \exp[-\mu R(V_0)T]</math> (13)</p> <p>ポリヤ分布：<math>P_{0,T} = 1 - [1 + \beta\mu R(V_0)T]^{-1/\beta}</math> (14)</p> <p>ここに、R(V<sub>0</sub>)は竜巻影響エリアが1つの竜巻に遭遇し、そのときの竜巻風速がV<sub>0</sub>以上となる確率であり、竜巻検討地域の面積をA<sub>0</sub>とすると、次式で表される。</p> $R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (15)$ <p>(3) 被害面積期待値の数値積分                      式(10)の数値積分に際しては、合成台形則を用いる。合成台形則は、関数f(x)を区間[a, b]をm個の小区間に等分し、小区間ごとに面積の台形近似を行う。</p> $\int_a^b f(x)dx = \frac{h}{2} \left( f(a) + f(b) + 2 \sum_{j=1}^{m-1} f(x_j) \right) - \frac{(b-a)}{12} h^2 f''(\mu) \quad (16)$ $h = \frac{(b-a)}{m} \quad (17)$ $x_j = a + jh$ <p>式(10)の幅・長さの積分については、有限な範囲で打ち切らざるを得ないため、誤差に注意しながら、既往最大値及び相関係数も勘案</p>	<p>相違理由</p>

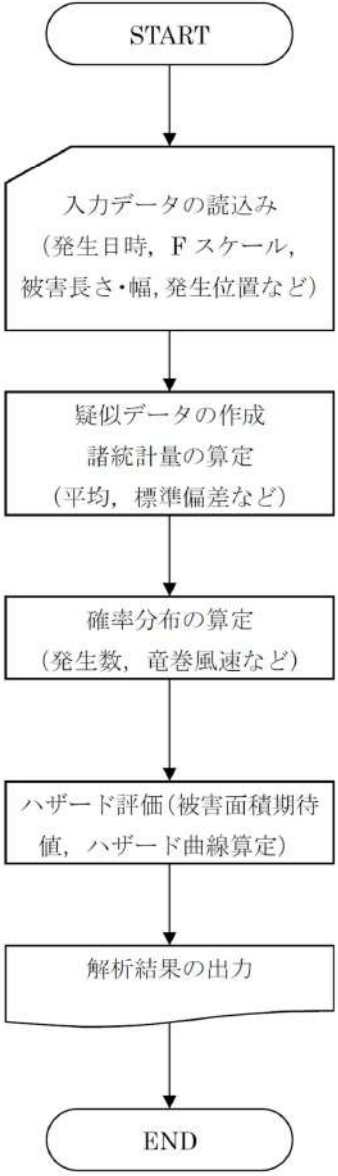
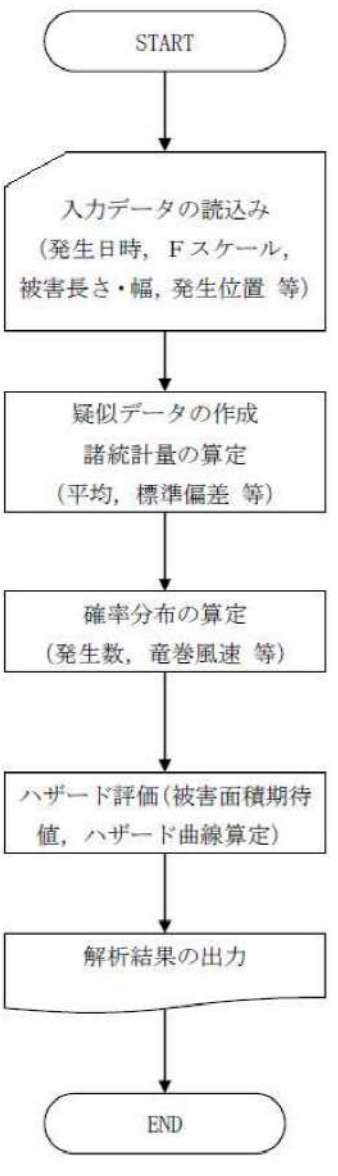


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

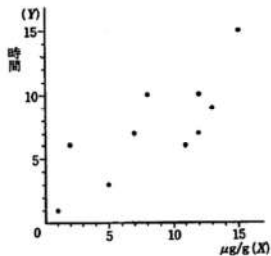
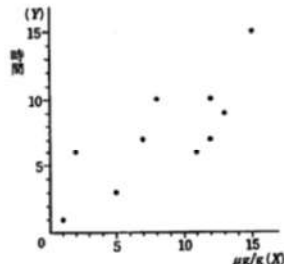
大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>して、<math>3\sim 4\sigma_{ln}</math>を目安に積分範囲を設定する。</p> <p>なお、風速については、F4竜巻（93~116m/s）を考慮して、120m/sを積分上限としている。但し、風速110m/s以上ではハザード曲線の傾向が変化する場合があることから、概ね110m/s程度がハザード評価の適用範囲と考えられる。</p>  <p>図1 竜巻最大風速のハザード曲線（大阪）</p> <p>（参考）誤差に関する考察                  今回の評価において、被害長さは <math>3.5\sigma_{ln}</math> を積分範囲に設定している。被害長さの積分範囲を <math>0.5\sigma_{ln}</math> 拡げて <math>4\sigma_{ln}</math> とした場合、被害面積の期待値は約1.4%大きくなる。仮に <math>1\sigma_{ln}</math> 拡げて <math>4.5\sigma_{ln}</math> とした場合でも、被害面積の期待値は約1.7%大きくなる程度であり、<math>3.5\sigma_{ln}</math> とすることで概ねカバーできていることが分かる。                  この被害面積の期待値の変動が、竜巻風速のハザード曲線に与える影響（感度）を分析した。その結果、被害面積の期待値が仮に2%変わったとしても、ハザード（風速）は0.2m/s変動する程度であり、求めている風速値に対する影響はごく小さいと考えられる。                  なお、竜巻最大風速のハザード曲線算定に関する保守性については、疑似データ作成におけるFスケール不明竜巻の取扱いにより、例えばF2スケールの竜巻の発生数について、観測実績のおよそ4倍に見積もっている。                  また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えているが、その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いないなど、保守性を高めた評価としている。</p>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>して、<math>3\sim 4\sigma_{ln}</math>を目安に積分範囲を設定する。</p> <p>なお、風速については、F4竜巻（93~116m/s）を考慮して、120m/sを積分上限としている。ただし、風速110m/s以上ではハザード曲線の傾向が変化する場合があることから、概ね110m/s程度がハザード評価の適用範囲と考えられる。</p>  <p>図1 竜巻最大風速のハザード曲線（泊）</p> <p>（参考）誤差に関する考察                  今回の評価において、被害長さは <math>3.71\sigma_{ln}</math> を積分範囲に設定している。被害長さの積分範囲を <math>4\sigma_{ln}</math> とした場合、被害面積の期待値は約1.8%大きくなる。仮に <math>4.5\sigma_{ln}</math> とした場合でも、被害面積の期待値は約3.1%大きくなる程度であり、<math>3.71\sigma_{ln}</math> とすることで概ねカバーできていることが分かる。                  この被害面積の期待値の変動が、竜巻風速のハザード曲線に与える影響（感度）を分析した。その結果、被害面積の期待値が仮に2%変わったとしても、ハザード（風速）は0.2m/s変動する程度であり、求めている風速値に対する影響はごく小さいと考えられる。                  なお、竜巻最大風速のハザード曲線算定に関する保守性については、疑似データ作成におけるFスケール不明竜巻の取扱いにより、例えばF2スケールの竜巻の発生数について、観測実績のおよそ3.5倍に見積もっている。                  また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えているが、その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いない等、保守性を高めた評価としている。</p>	<p>相違理由</p> <p>【大阪】                  評価結果の相違                  ・ハザード評価結果の相違によるもの</p> <p>【大阪】                  評価条件の相違                  ・泊は被害長さが60kmとなる <math>3.71\sigma_{ln}</math> で設定                  （<math>3\sim 4\sigma_{ln}</math>を目安に積分範囲を設定していることに相違なし）</p> <p>【大阪】                  評価条件の相違                  ・竜巻発生数の分析結果の相違</p>

赤字: 設備, 運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
 青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
 緑字: 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>4. 解析フローチャート</p>  <p>図2 解析フローチャート</p>		<p>4. 解析フローチャート</p>  <p>図2 解析フローチャート</p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

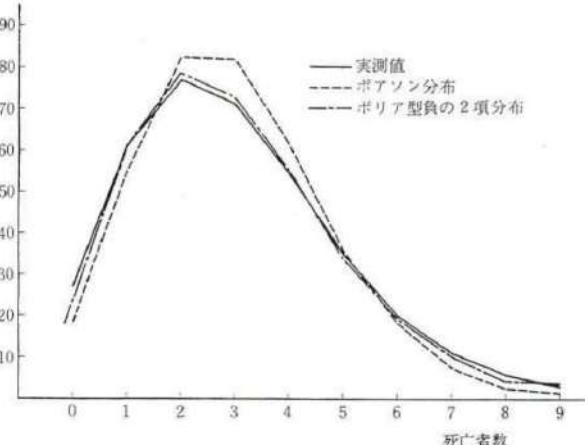
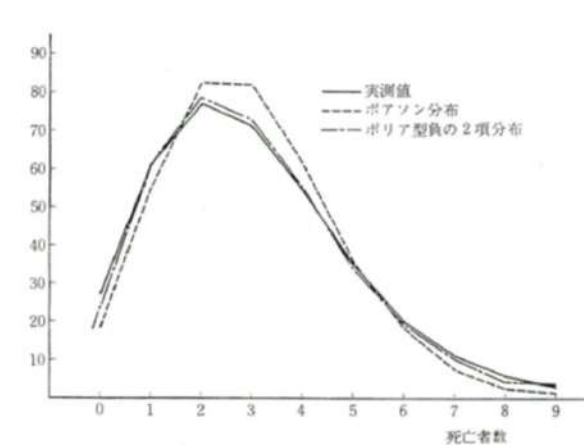
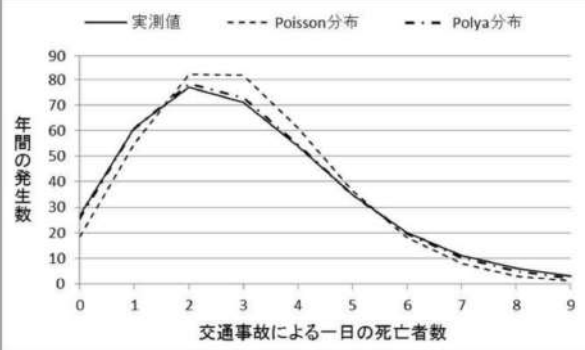
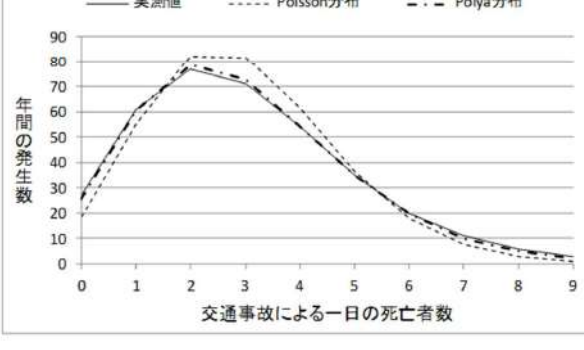
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																												
<p>5. コード検証</p> <p>5. 1 統計解析</p> <p>(1) 諸統計量</p> <p>竜巻最大風速のハザード曲線の算定に当っては、式(11)、(12)に示したように、竜巻風速、被害長さ、被害幅それぞれの平均値と標準偏差、及び竜巻風速と被害長さ、竜巻風速と被害幅、被害長さと被害幅の相関係数が必要となる。そこで、本解析コードにおいて、これらの統計量が正しく算定されることを下記のとおり確認する。</p> <p>参考文献2（豊川・柳井編著「医学・保健学の例題による統計学」現代数学社）には、実験用ハツカネズミに与えた催眠剤と睡眠時間の関係として、図3のデータが示されている。</p> <p>このデータをサンプルとして、本解析コードによる平均値、共分散、相関係数を求め、参考文献2の結果と比較した結果を表2に示す。本解析コードの結果は、文献の結果と一致することを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="114 651 324 911"> <thead> <tr> <th>個体</th> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>C</td><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>D</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>E</td><td>8</td><td>10</td></tr> <tr><td>F</td><td>11</td><td>6</td></tr> <tr><td>G</td><td>12</td><td>10</td></tr> <tr><td>H</td><td>12</td><td>7</td></tr> <tr><td>I</td><td>13</td><td>9</td></tr> <tr><td>J</td><td>15</td><td>15</td></tr> </tbody> </table>  <p>表4-1 催眠剤と睡眠時間      図4-1 催眠剤投与量と睡眠時間の散布図</p> <p>図3 参考文献2における睡眠剤投与量と睡眠時間の関係</p> <p>表2 統計処理の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="85 1086 680 1310"> <thead> <tr> <th rowspan="2">統計量</th> <th colspan="2">参考文献2</th> <th colspan="2">本解析コード</th> </tr> <tr> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平均値</td> <td>8.6</td> <td>7.4</td> <td>8.60</td> <td>7.40</td> </tr> <tr> <td>分散</td> <td>22.93</td> <td>15.38</td> <td>22.933</td> <td>15.378</td> </tr> <tr> <td>共分散</td> <td colspan="2">14.73</td> <td colspan="2">14.733</td> </tr> <tr> <td>相関係数</td> <td colspan="2">0.785</td> <td colspan="2">0.7846</td> </tr> </tbody> </table>	個体	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	A	1	1	B	2	6	C	5	3	D	7	7	E	8	10	F	11	6	G	12	10	H	12	7	I	13	9	J	15	15	統計量	参考文献2		本解析コード		催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	平均値	8.6	7.4	8.60	7.40	分散	22.93	15.38	22.933	15.378	共分散	14.73		14.733		相関係数	0.785		0.7846			<p>5. コード検証</p> <p>5. 1 統計解析</p> <p>(1) 諸統計量</p> <p>竜巻最大風速のハザード曲線の算定に当っては、式(11)、(12)に示したように、竜巻風速、被害長さ、被害幅それぞれの平均値と標準偏差、及び竜巻風速と被害長さ、竜巻風速と被害幅、被害長さと被害幅の相関係数が必要となる。そこで、本解析コードにおいて、これらの統計量が正しく算定されることを下記のとおり確認する。</p> <p>参考文献2（豊川・柳井編著「医学・保健学の例題による統計学」現代数学社）には、実験用ハツカネズミに与えた催眠剤と睡眠時間の関係として、図3のデータが示されている。</p> <p>このデータをサンプルとして、本解析コードによる平均値、共分散、相関係数を求め、参考文献2の結果と比較した結果を表2に示す。本解析コードの結果は、文献の結果と一致することを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="1368 643 1579 911"> <thead> <tr> <th>個体</th> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>C</td><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>D</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>E</td><td>8</td><td>10</td></tr> <tr><td>F</td><td>11</td><td>6</td></tr> <tr><td>G</td><td>12</td><td>10</td></tr> <tr><td>H</td><td>12</td><td>7</td></tr> <tr><td>I</td><td>13</td><td>9</td></tr> <tr><td>J</td><td>15</td><td>15</td></tr> </tbody> </table>  <p>表4-1 催眠剤と睡眠時間      図4-1 催眠剤投与量と睡眠時間の散布図</p> <p>図3 参考文献2における睡眠剤投与量と睡眠時間の関係</p> <p>表2 統計処理の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="1352 1086 1948 1281"> <thead> <tr> <th rowspan="2">統計量</th> <th colspan="2">参考文献2</th> <th colspan="2">本解析コード</th> </tr> <tr> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> <th>催眠剤 (<math>\mu\text{g}/\text{体重g}</math>)</th> <th>睡眠時間 (hrs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平均値</td> <td>8.6</td> <td>7.4</td> <td>8.60</td> <td>7.40</td> </tr> <tr> <td>分散</td> <td>22.93</td> <td>15.38</td> <td>22.933</td> <td>15.378</td> </tr> <tr> <td>共分散</td> <td colspan="2">14.73</td> <td colspan="2">14.733</td> </tr> <tr> <td>相関係数</td> <td colspan="2">0.785</td> <td colspan="2">0.7846</td> </tr> </tbody> </table>	個体	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	A	1	1	B	2	6	C	5	3	D	7	7	E	8	10	F	11	6	G	12	10	H	12	7	I	13	9	J	15	15	統計量	参考文献2		本解析コード		催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	平均値	8.6	7.4	8.60	7.40	分散	22.93	15.38	22.933	15.378	共分散	14.73		14.733		相関係数	0.785		0.7846		
個体	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)																																																																																																																													
A	1	1																																																																																																																													
B	2	6																																																																																																																													
C	5	3																																																																																																																													
D	7	7																																																																																																																													
E	8	10																																																																																																																													
F	11	6																																																																																																																													
G	12	10																																																																																																																													
H	12	7																																																																																																																													
I	13	9																																																																																																																													
J	15	15																																																																																																																													
統計量	参考文献2		本解析コード																																																																																																																												
	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)																																																																																																																											
平均値	8.6	7.4	8.60	7.40																																																																																																																											
分散	22.93	15.38	22.933	15.378																																																																																																																											
共分散	14.73		14.733																																																																																																																												
相関係数	0.785		0.7846																																																																																																																												
個体	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)																																																																																																																													
A	1	1																																																																																																																													
B	2	6																																																																																																																													
C	5	3																																																																																																																													
D	7	7																																																																																																																													
E	8	10																																																																																																																													
F	11	6																																																																																																																													
G	12	10																																																																																																																													
H	12	7																																																																																																																													
I	13	9																																																																																																																													
J	15	15																																																																																																																													
統計量	参考文献2		本解析コード																																																																																																																												
	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)	催眠剤 ( $\mu\text{g}/\text{体重g}$ )	睡眠時間 (hrs)																																																																																																																											
平均値	8.6	7.4	8.60	7.40																																																																																																																											
分散	22.93	15.38	22.933	15.378																																																																																																																											
共分散	14.73		14.733																																																																																																																												
相関係数	0.785		0.7846																																																																																																																												

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<p>(2) 確率分布</p> <p>参考文献2には、ある都市の1年間(365日)の交通事故死者の分布(架空の例)を、ポアソン分布とポリヤ分布(文献では、ポリヤ型の負の二項分布と記載)に当てはめた例が示されているため、これをサンプルデータとして計算コードの検証を行った(表3参照)。なお、前述のとおり竜巻影響評価ではポリヤ分布を採用しているが、参考文献2にはポアソン分布のデータも記載されているため、ポリヤ分布と合わせてポアソン分布の検証も行う。</p> <p>表3に示す実測数の平均値2.989と分散3.759(参考文献2に記載)を用いて、ポリヤ分布(式(3))及びポアソン分布(式(2))を本解析コードで求めた。結果を表4に示す。また、参考文献2に示されたグラフを図4、本解析コードで求めたグラフを図5に示す。表4及び図4と図5の比較より、両者は概ね一致していることが分かる。</p> <p>表3 ある都市の交通事故死者数の分布(参考文献2の表5.3より)</p> <table border="1" data-bbox="85 619 683 758"> <thead> <tr> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポアソン分布</td> <td>18.4</td> <td>54.9</td> <td>82.1</td> <td>81.8</td> <td>61.1</td> <td>36.5</td> <td>18.2</td> <td>7.8</td> <td>2.9</td> <td>1.3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポリヤ型負の2項分布</td> <td>25.5</td> <td>60.7</td> <td>78.4</td> <td>72.8</td> <td>54.4</td> <td>34.8</td> <td>19.7</td> <td>10.2</td> <td>4.8</td> <td>3.7</td> <td>365</td> </tr> </tbody> </table> <p>表4 ポリヤ分布の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="85 837 683 992"> <thead> <tr> <th rowspan="4">上表掲載</th> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポリヤ(①)</td> <td>25.5</td> <td>60.7</td> <td>78.4</td> <td>72.8</td> <td>54.4</td> <td>34.8</td> <td>19.7</td> <td>10.2</td> <td>4.8</td> <td>3.7</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>本解析コード(②)</td> <td>25.54</td> <td>60.71</td> <td>78.36</td> <td>72.79</td> <td>54.43</td> <td>34.79</td> <td>19.72</td> <td>10.16</td> <td>4.84</td> <td>3.66</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>差(②/①)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.01</td> <td>0.99</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>表5 ポアソン分布の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="85 1072 683 1227"> <thead> <tr> <th rowspan="4">上表掲載</th> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポアソン(①)</td> <td>18.4</td> <td>54.9</td> <td>82.1</td> <td>81.8</td> <td>61.1</td> <td>36.5</td> <td>18.2</td> <td>7.8</td> <td>2.9</td> <td>1.3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>本解析コード(②)</td> <td>18.37</td> <td>54.92</td> <td>82.07</td> <td>81.77</td> <td>61.11</td> <td>36.53</td> <td>18.20</td> <td>7.77</td> <td>2.90</td> <td>1.36</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>差(②/①)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポアソン分布	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365	ポリヤ型負の2項分布	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365	上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポリヤ(①)	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365	本解析コード(②)	25.54	60.71	78.36	72.79	54.43	34.79	19.72	10.16	4.84	3.66	365	差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00		上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポアソン(①)	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365	本解析コード(②)	18.37	54.92	82.07	81.77	61.11	36.53	18.20	7.77	2.90	1.36	365	差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00			<p>(2) 確率分布</p> <p>参考文献2には、ある都市の1年間(365日)の交通事故死者の分布(架空の例)を、ポアソン分布とポリヤ分布(文献では、ポリヤ型の負の二項分布と記載)に当てはめた例が示されているため、これをサンプルデータとして計算コードの検証を行った(表3参照)。なお、前述のとおり竜巻影響評価ではポリヤ分布を採用しているが、参考文献2にはポアソン分布のデータも記載されているため、ポリヤ分布と合わせてポアソン分布の検証も行う。</p> <p>表3に示す実測数の平均値2.989と分散3.759(参考文献2に記載)を用いて、ポリヤ分布(式(3))及びポアソン分布(式(2))を本解析コードで求めた。結果を表4及び表5に示す。また、参考文献2に示されたグラフを図4、本解析コードで求めたグラフを図5に示す。表4と表5及び図4と図5の比較より、両者は概ね一致していることが分かる。</p> <p>表3 ある都市の交通事故死者数の分布(参考文献2の表5.3より)</p> <table border="1" data-bbox="1375 619 1942 758"> <thead> <tr> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポアソン分布</td> <td>18.4</td> <td>54.9</td> <td>82.1</td> <td>81.8</td> <td>61.1</td> <td>36.5</td> <td>18.2</td> <td>7.8</td> <td>2.9</td> <td>1.3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポリヤ型負の2項分布</td> <td>25.5</td> <td>60.7</td> <td>78.4</td> <td>72.8</td> <td>54.4</td> <td>34.8</td> <td>19.7</td> <td>10.2</td> <td>4.8</td> <td>3.7</td> <td>365</td> </tr> </tbody> </table> <p>表4 ポリヤ分布の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="1359 805 1935 960"> <thead> <tr> <th rowspan="4">上表掲載</th> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポリヤ(①)</td> <td>25.5</td> <td>60.7</td> <td>78.4</td> <td>72.8</td> <td>54.4</td> <td>34.8</td> <td>19.7</td> <td>10.2</td> <td>4.8</td> <td>3.7</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>本解析コード(②)</td> <td>25.54</td> <td>60.71</td> <td>78.36</td> <td>72.79</td> <td>54.43</td> <td>34.79</td> <td>19.72</td> <td>10.16</td> <td>4.84</td> <td>3.66</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>差(②/①)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.01</td> <td>0.99</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>表5 ポアソン分布の検証結果</p> <table border="1" data-bbox="1359 1008 1935 1163"> <thead> <tr> <th rowspan="4">上表掲載</th> <th>死亡者数</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9以上</th> <th>計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実測数</td> <td>27</td> <td>61</td> <td>77</td> <td>71</td> <td>54</td> <td>35</td> <td>20</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>ポアソン(①)</td> <td>18.4</td> <td>54.9</td> <td>82.1</td> <td>81.8</td> <td>61.1</td> <td>36.5</td> <td>18.2</td> <td>7.8</td> <td>2.9</td> <td>1.3</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>本解析コード(②)</td> <td>18.37</td> <td>54.92</td> <td>82.07</td> <td>81.77</td> <td>61.11</td> <td>36.53</td> <td>18.20</td> <td>7.77</td> <td>2.90</td> <td>1.36</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td>差(②/①)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポアソン分布	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365	ポリヤ型負の2項分布	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365	上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポリヤ(①)	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365	本解析コード(②)	25.54	60.71	78.36	72.79	54.43	34.79	19.72	10.16	4.84	3.66	365	差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00	上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365	ポアソン(①)	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365	本解析コード(②)	18.37	54.92	82.07	81.77	61.11	36.53	18.20	7.77	2.90	1.36	365	差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00		<p>【大飯】 記載方針の相違</p>
死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ポアソン分布	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ポリヤ型負の2項分布	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	ポリヤ(①)	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	本解析コード(②)	25.54	60.71	78.36	72.79	54.43	34.79	19.72	10.16	4.84	3.66	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	ポアソン(①)	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	本解析コード(②)	18.37	54.92	82.07	81.77	61.11	36.53	18.20	7.77	2.90	1.36	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ポアソン分布	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ポリヤ型負の2項分布	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	ポリヤ(①)	25.5	60.7	78.4	72.8	54.4	34.8	19.7	10.2	4.8	3.7	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	本解析コード(②)	25.54	60.71	78.36	72.79	54.43	34.79	19.72	10.16	4.84	3.66	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
上表掲載	死亡者数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9以上	計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	実測数	27	61	77	71	54	35	20	11	6	3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	ポアソン(①)	18.4	54.9	82.1	81.8	61.1	36.5	18.2	7.8	2.9	1.3	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	本解析コード(②)	18.37	54.92	82.07	81.77	61.11	36.53	18.20	7.77	2.90	1.36	365																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
差(②/①)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

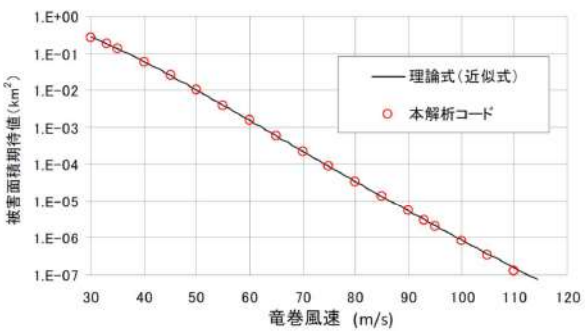
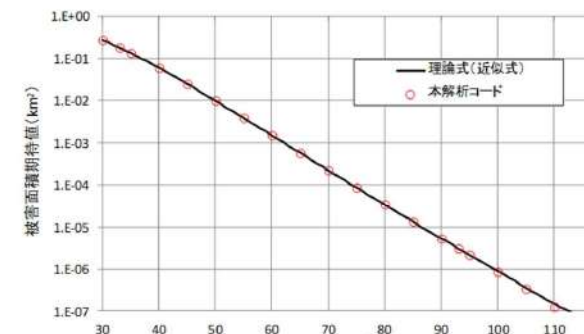
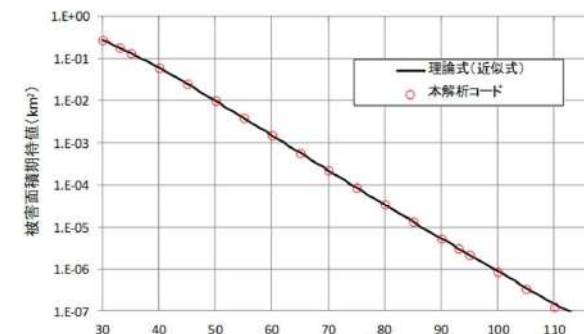
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>図4 分布形（参考文献2）</p>		 <p>図4 分布形（参考文献2）</p>	
 <p>図5 分布形（本解析コード）</p>		 <p>図5 分布形（本解析コード）</p>	
<p>5. 2ハザード評価</p> <p>(1) 簡略化した条件での検証</p> <p>竜巻風速、被害幅、被害長さ、および移動方向はそれぞれ無関係だと仮定し、理論解と本解析コードの計算結果を比較する。</p> <p>この場合、竜巻被害面積の期待値 <math>E[DA(V_0)]</math>は、式(10a)のように近似できる。</p> $E[DA(V_0)] \approx (1-F(V_0)) \times [W^* \bar{w} \bar{l} + D_0 \bar{l} + W^* \bar{w} D_0 + (D_0^2 \pi / 4)] \quad (10a)$		<p>5. 2ハザード評価</p> <p>(1) 簡略化した条件での検証</p> <p>竜巻風速、被害幅、被害長さ、及び移動方向はそれぞれ無関係だと仮定し、理論解と本解析コードの計算結果を比較する。</p> <p>この場合、竜巻被害面積の期待値 <math>E[DA(V_0)]</math>は、式(10a)のように近似できる。</p> $E[DA(V_0)] \approx (1-F(V_0)) \times [W^* \bar{w} \bar{l} + D_0 \bar{l} + W^* \bar{w} D_0 + (D_0^2 \pi / 4)] \quad (10a)$	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>ここに、<math>(1-F(V_0))</math> は風速の超過確率、<math>\bar{w}</math>、<math>\bar{l}</math> は平均被害域幅および平均被害域長さ、<math>W'</math> は幅補正に関する項 <math>(=(V_{min}/V_0)^{1/L_0})</math> である。なお、<math>F(V_0)</math> は対数正規分布で表されるため、次式のとおりとなる。</p> $F(V_0) = \int_0^{V_0} f(v)dv = \int_0^{V_0} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \frac{1}{v} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(v)-\mu}{\sigma_v}\right)^2\right] dv \quad (10b)$ <p>日本海側の海岸線から海側・陸側各5km範囲で発生した竜巻を対象として、式(10a)の近似式から被害面積期待値を求めた結果と、本解析コードにおいて無相関として数値積分を実施した結果を図6に示す。なお、図6の実線で示した式(10a)の近似は、竜巻風速を1m/s間隔で離散的に求めた面積期待値を結んだものである。この図より、両者は概ね一致していることが分かる。</p>  <p>図6 被害面積の期待値の比較</p> <p>(2) ハザード曲線                  参考文献1では、全国のデータ（1961年1月～2009年12月）を用いて海岸からの距離別のハザード曲線を算定しており、その結果が同報告書の図2.1.2.14-15（92頁）に掲載されている。なお、ポリヤ分布を採用して計算を行っている。                  本検証では、海岸から1km以内の陸地（CASE-A）と海岸から5km以上離れた陸地（CASE-B）の2ケースについて検証計算を行った。なお、参考文献1では、式(8)の<math>V_{min}</math>の値が不明であるため、ここでは25.0m/sを用いる。                  参考文献1では、竜巻の移動方向に関して4～5次のフーリエ級数で近似するのが妥当（p.47）と指摘すると共に、i)北東の頻度が高い、ii)海岸からの距離による違いは見られない（p.89）、と述べられているだけで、具体的な数値の記載は無い。本検証では、移動方向と風速・幅・長さなどの相関はほとんど無いことから、方向は一樣だと仮定した。                  発電所施設の規模は、参考文献1の表2.1.2.1(p.65)（表6 参照）に</p>	<p>ここに、<math>(1-F(V_0))</math> は風速の超過確率、<math>\bar{w}</math>、<math>\bar{l}</math> は平均被害域幅及び平均被害域長さ、<math>W'</math> は幅補正に関する項 <math>(=(V_{min}/V_0)^{1/L_0})</math> である。なお、<math>F(V_0)</math> は対数正規分布で表されるため、次式のとおりとなる。</p> $F(V_0) = \int_0^{V_0} f(v)dv = \int_0^{V_0} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \frac{1}{v} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(v)-\mu}{\sigma_v}\right)^2\right] dv \quad (10b)$ <p>日本海側の海岸線から海側・陸側各5km範囲で発生した竜巻を対象として、式(10a)の近似式から被害面積期待値を求めた結果と、本解析コードにおいて無相関として数値積分を実施した結果を図6に示す。なお、図6の実線で示した式(10a)の近似は、竜巻風速を1m/s間隔で離散的に求めた面積期待値を結んだものである。この図より、両者は概ね一致していることが分かる。</p>  <p>図8 被害面積の期待値の比較</p> <p>(2) ハザード曲線                  参考文献1では、全国のデータ（1961年1月～2009年12月）を用いて海岸からの距離別のハザード曲線を算定しており、その結果が同報告書の図2.1.2.14-15（92頁）に掲載されている。なお、ポリヤ分布を採用して計算を行っている。                  本検証では、海岸から1km以内の陸地（CASE-A）と海岸から5km以上離れた陸地（CASE-B）の2ケースについて検証計算を行った。なお、参考文献1では、式(8)の<math>V_{min}</math>の値が不明であるため、ここでは25.0m/sを用いる。                  参考文献1では、竜巻の移動方向に関して4～5次のフーリエ級数で近似するのが妥当（p.47）と指摘すると共に、i)北東の頻度が高い、ii)海岸からの距離による違いは見られない（p.89）、と述べられているだけで、具体的な数値の記載は無い。本検証では、移動方向と風速・幅・長さなどの相関はほとんど無いことから、方向は一樣だと仮定した。                  発電所施設の規模は、参考文献1の表2.1.2.1(p.65)（表6 参照）に</p>	<p>ここに、<math>(1-F(V_0))</math> は風速の超過確率、<math>\bar{w}</math>、<math>\bar{l}</math> は平均被害域幅及び平均被害域長さ、<math>W'</math> は幅補正に関する項 <math>(=(V_{min}/V_0)^{1/L_0})</math> である。なお、<math>F(V_0)</math> は対数正規分布で表されるため、次式のとおりとなる。</p> $F(V_0) = \int_0^{V_0} f(v)dv = \int_0^{V_0} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \frac{1}{v} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(v)-\mu}{\sigma_v}\right)^2\right] dv \quad (10b)$ <p>日本海側の海岸線から海側・陸側各5km範囲で発生した竜巻を対象として、式(10a)の近似式から被害面積期待値を求めた結果と、本解析コードにおいて無相関として数値積分を実施した結果を図6に示す。なお、図6の実線で示した式(10a)の近似は、竜巻風速を1m/s間隔で離散的に求めた面積期待値を結んだものである。この図より、両者は概ね一致していることが分かる。</p>  <p>図6 被害面積の期待値の比較</p> <p>(2) ハザード曲線                  参考文献1では、全国のデータ（1961年1月～2009年12月）を用いて海岸からの距離別のハザード曲線を算定しており、その結果が同報告書の図2.1.2.14-15（92頁）に掲載されている。なお、ポリヤ分布を採用して計算を行っている。                  本検証では、海岸から1km以内の陸地（CASE-A）と海岸から5km以上離れた陸地（CASE-B）の2ケースについて検証計算を行った。なお、参考文献1では、式(8)の<math>V_{min}</math>の値が不明であるため、ここでは25.0m/sを用いる。                  参考文献1では、竜巻の移動方向に関して4～5次のフーリエ級数で近似するのが妥当（p.47）と指摘すると共に、i)北東の頻度が高い、ii)海岸からの距離による違いは見られない（p.89）、と述べられているだけで、具体的な数値の記載は無い。本検証では、移動方向と風速・幅・長さなどの相関はほとんど無いことから、方向は一樣だと仮定した。                  発電所施設の規模は、参考文献1の表2.1.2.1(p.65)（表6 参照）に</p>	<p>相違理由</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																				
<p>記載されているが、具体的な設定方法に関する記述は見当らない。そこで同表を参考に、建屋の総面積（約11万㎡）程度となる一辺333mの正方形構造物とした（参考文献1では、原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換機建屋はそれぞれ4棟、コントロール建屋は2棟としている）。</p> <p>なお、参考文献1では、風速積分範囲を116.2m/sまでとして後に示す図5-5を求めている。一方、本解析コードでは120m/sまでを積分範囲としている。</p> <p>これらのハザード計算に関する条件を表7に示す。</p> <p style="text-align: center;">表6 施設の寸法（参考文献1）</p> <p>表 2.1.2.1 竜巻リスクの計算に用いた代表的な原子力発電所の主要施設の寸法</p> <table border="1" data-bbox="91 507 683 842"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">平面寸法 (m)</th> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">平面寸法 (m)</th> </tr> <tr> <th>南北</th> <th>東西</th> <th>南北</th> <th>東西</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉建屋</td> <td>80</td> <td>79</td> <td>活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋</td> <td>39</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>タービン建屋</td> <td>109</td> <td>66</td> <td>500kV超高压開閉所</td> <td>105</td> <td>126</td> </tr> <tr> <td>コントロール建屋</td> <td>39</td> <td>66</td> <td>事務本館</td> <td>48</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>サービス建屋</td> <td>25</td> <td>73</td> <td>事務本館（厚生棟）</td> <td>17</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>海水熱交換器建屋</td> <td>97</td> <td>40</td> <td>事務本館（情報棟）</td> <td>18</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>排気筒</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋</td> <td>40</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>固体廃棄物貯蔵庫</td> <td>29</td> <td>120</td> <td>使用済燃料輸送容器保 管設備建屋</td> <td>56</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>廃棄物処理建屋</td> <td>104</td> <td>41</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		平面寸法 (m)			平面寸法 (m)		南北	東西	南北	東西	原子炉建屋	80	79	活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋	39	38	タービン建屋	109	66	500kV超高压開閉所	105	126	コントロール建屋	39	66	事務本館	48	108	サービス建屋	25	73	事務本館（厚生棟）	17	83	海水熱交換器建屋	97	40	事務本館（情報棟）	18	49	排気筒	49	49	高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋	40	27	固体廃棄物貯蔵庫	29	120	使用済燃料輸送容器保 管設備建屋	56	19	廃棄物処理建屋	104	41					<p>記載されているが、具体的な設定方法に関する記述は見当らない。そこで同表を参考に、建屋の総面積（約11万㎡）程度となる一辺333mの正方形構造物とした（参考文献1では、原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換機建屋はそれぞれ4棟、コントロール建屋は2棟としている）。</p> <p>なお、参考文献1では、風速積分範囲を116.2m/sまでとして後に示す図5-5を求めている。一方、本解析コードでは120m/sまでを積分範囲としている。</p> <p>これらのハザード計算に関する条件を表7に示す。</p> <p style="text-align: center;">表6 施設の寸法（参考文献1）</p> <p>表 2.1.2.1 竜巻リスクの計算に用いた代表的な原子力発電所の主要施設の寸法</p> <table border="1" data-bbox="1397 507 1989 842"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">平面寸法 (m)</th> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">平面寸法 (m)</th> </tr> <tr> <th>南北</th> <th>東西</th> <th>南北</th> <th>東西</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉建屋</td> <td>80</td> <td>79</td> <td>活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋</td> <td>39</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>タービン建屋</td> <td>109</td> <td>66</td> <td>500kV超高压開閉所</td> <td>105</td> <td>126</td> </tr> <tr> <td>コントロール建屋</td> <td>39</td> <td>66</td> <td>事務本館</td> <td>48</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>サービス建屋</td> <td>25</td> <td>73</td> <td>事務本館（厚生棟）</td> <td>17</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>海水熱交換器建屋</td> <td>97</td> <td>40</td> <td>事務本館（情報棟）</td> <td>18</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>排気筒</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋</td> <td>40</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>固体廃棄物貯蔵庫</td> <td>29</td> <td>120</td> <td>使用済燃料輸送容器保 管設備建屋</td> <td>56</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>廃棄物処理建屋</td> <td>104</td> <td>41</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		平面寸法 (m)			平面寸法 (m)		南北	東西	南北	東西	原子炉建屋	80	79	活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋	39	38	タービン建屋	109	66	500kV超高压開閉所	105	126	コントロール建屋	39	66	事務本館	48	108	サービス建屋	25	73	事務本館（厚生棟）	17	83	海水熱交換器建屋	97	40	事務本館（情報棟）	18	49	排気筒	49	49	高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋	40	27	固体廃棄物貯蔵庫	29	120	使用済燃料輸送容器保 管設備建屋	56	19	廃棄物処理建屋	104	41				
		平面寸法 (m)				平面寸法 (m)																																																																																																																	
	南北	東西	南北	東西																																																																																																																			
原子炉建屋	80	79	活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋	39	38																																																																																																																		
タービン建屋	109	66	500kV超高压開閉所	105	126																																																																																																																		
コントロール建屋	39	66	事務本館	48	108																																																																																																																		
サービス建屋	25	73	事務本館（厚生棟）	17	83																																																																																																																		
海水熱交換器建屋	97	40	事務本館（情報棟）	18	49																																																																																																																		
排気筒	49	49	高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋	40	27																																																																																																																		
固体廃棄物貯蔵庫	29	120	使用済燃料輸送容器保 管設備建屋	56	19																																																																																																																		
廃棄物処理建屋	104	41																																																																																																																					
	平面寸法 (m)			平面寸法 (m)																																																																																																																			
	南北	東西		南北	東西																																																																																																																		
原子炉建屋	80	79	活性炭式希ガス・ホール ドアップ装置建屋	39	38																																																																																																																		
タービン建屋	109	66	500kV超高压開閉所	105	126																																																																																																																		
コントロール建屋	39	66	事務本館	48	108																																																																																																																		
サービス建屋	25	73	事務本館（厚生棟）	17	83																																																																																																																		
海水熱交換器建屋	97	40	事務本館（情報棟）	18	49																																																																																																																		
排気筒	49	49	高放射性固体廃棄物貯 蔵庫設備建屋	40	27																																																																																																																		
固体廃棄物貯蔵庫	29	120	使用済燃料輸送容器保 管設備建屋	56	19																																																																																																																		
廃棄物処理建屋	104	41																																																																																																																					

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉

表7 ハザード計算に関する条件

項目	CASE-A		CASE-B		備考	
	参考文献	本コード	参考文献	本コード		
元データ	気象庁「竜巻等の突風データベース」					
期間	1962年1月～2009年12月					
年発生数 (個)	平均	11.0	11.0	7.6	7.6	
	標準偏差	7.3	7.3	2.6	2.6	
風速(m/s)	平均	31.5	31.5	33.7	33.7	
	標準偏差	10.4	10.4	12.1	12.1	
被害長さ (km)	平均	2.83	2.83	4.61	4.61	
	標準偏差	4.39	4.39	5.49	5.49	
被害幅(m)	平均	101.8	101.8	161.8	161.8	
	標準偏差	158.8	158.8	205.5	205.5	
相関係数	風速と被害長さ	0.323	0.323	0.268	0.268	
	風速と被害幅	0.183	0.183	0.223	0.223	
	被害長さ と被害幅	0.471	0.471	0.363	0.363	
確率分布	発生数	ポリヤ	ポリヤ	ポリヤ	ポリヤ	
	風速	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
	被害長さ	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
	被害幅	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
竜巻検討地域面積(km <sup>2</sup> )	17,185.3	17,185.3	316,267.2	316,267.2		
移動方向	不明	一様	不明	一様	※	
施設形状	不明	333m四方の正方形	不明	333m四方の正方形	※	
V <sub>min</sub> (m/s)	不明	25	不明	25	※	
積分範囲	風速	116.2m/s	120m/s	116.2m/s	120m/s	※
	被害長さ	不明	60km	不明	60km	
	被害幅	不明	6km	不明	6km	

※条件が異なる、もしくは異なる可能性があるもの

参考文献1に示された結果を図7に、検証ケースCASE-A、-Bの結果を図8に示す。また、表8に年超過確率10<sup>-5</sup>に相当する風速値を整理した。図7、8及び表8より、参考文献1の詳細な計算条件には不明な点もあることを考慮すると、ハザード曲線の傾向は概ね一致している。

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

表7 ハザード計算に関する条件

項目	CASE-A		CASE-B		備考	
	参考文献	本コード	参考文献	本コード		
元データ	気象庁「竜巻等の突風データベース」					
期間	1962年1月～2009年12月					
年発生数 (個)	平均	11.0	11.0	7.6	7.6	
	標準偏差	7.3	7.3	2.6	2.6	
風速 (m/s)	平均	31.5	31.5	33.7	33.7	
	標準偏差	10.4	10.4	12.1	12.1	
被害長さ (km)	平均	2.83	2.83	4.61	4.61	
	標準偏差	4.39	4.39	5.49	5.49	
被害幅 (m)	平均	101.8	101.8	161.8	161.8	
	標準偏差	158.8	158.8	205.5	205.5	
相関係数	風速と被害長さ	0.323	0.323	0.268	0.268	
	風速と被害幅	0.183	0.183	0.223	0.223	
	被害長さ と被害幅	0.471	0.471	0.363	0.363	
確率分布	発生数	ポリヤ	ポリヤ	ポリヤ	ポリヤ	
	風速	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
	被害長さ	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
	被害幅	対数正規	対数正規	対数正規	対数正規	
竜巻検討地域面積(km <sup>2</sup> )	17,185.3	17,185.3	316,267.2	316,267.2		
移動方向	不明	一様	不明	一様	※	
施設規模	不明	333m四方の正方形	不明	333m四方の正方形	※	
V <sub>min</sub> (m/s)	不明	25	不明	25	※	
積分範囲	風速	116.2m/s	120m/s	116.2m/s	120m/s	※
	被害長さ	不明	60km	不明	60km	
	被害幅	不明	6km	不明	6km	

参考文献1に示された結果を図7に、検証ケースCASE-A、-Bの結果を図8に示す。また、表8に年超過確率10<sup>-5</sup>に相当する風速値を整理した。図7、8及び表8より、参考文献1の詳細な計算条件には不明な点もあることを考慮すると、ハザード曲線の傾向は概ね一致している。

相違理由



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

相違理由

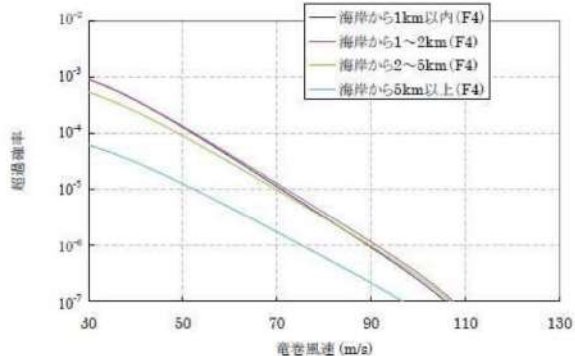


図7 ハザード算定結果（参考文献1）

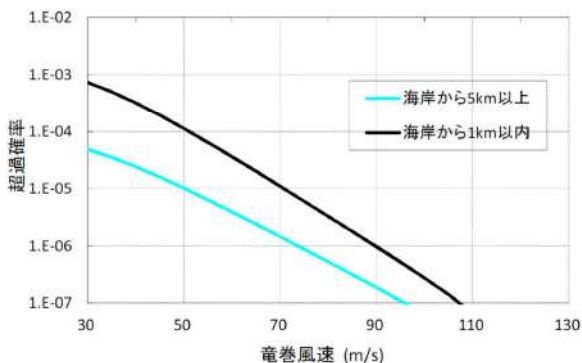


図8 ハザード算定結果（本解析コード）

表8 検証結果の比較

ケース	年超過確率 10 <sup>-5</sup> 相当風速		差 (②/①)
	①参考文献1	②本解析コード	
CASE-A 海岸から1km以内	70.9m/s	70.7m/s	0.997
CASE-B 海岸から5km以上	52.0m/s	50.1m/s	0.963

ただし、表7に示すとおり、計算条件の一部は不明であることから、検証結果の妥当性について考察する。

まず、移動方向については、例えば移動方向と竜巻風速に相関があるとする、ある特定の方向から移動してくる竜巻は強い（風速が大きい）傾向にあるということになるが、実際には参考文献1に記載のと

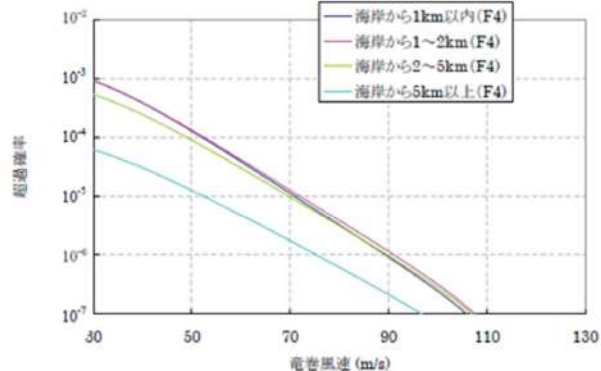


図7 ハザード算定結果（参考文献1）

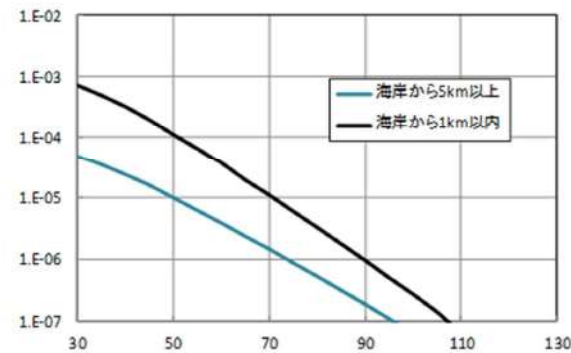


図8 ハザード算定結果（本解析コード）

表8 検証結果の比較

ケース	年超過確率10 <sup>-5</sup> 相当風速		差 (②/①)
	①参考文献1	②本解析コード	
CASE-A 海岸から1km以内	70.9m/s	70.7m/s	0.997
CASE-B 海岸から5km以上	52.0m/s	50.1m/s	0.963

ただし、表7に示すとおり、計算条件の一部は不明であることから、検証結果の妥当性について考察する。

まず、移動方向については、例えば移動方向と竜巻風速に相関があるとする、ある特定の方向から移動してくる竜巻は強い（風速が大きい）傾向にあるということになるが、実際には参考文献1に記載のと

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

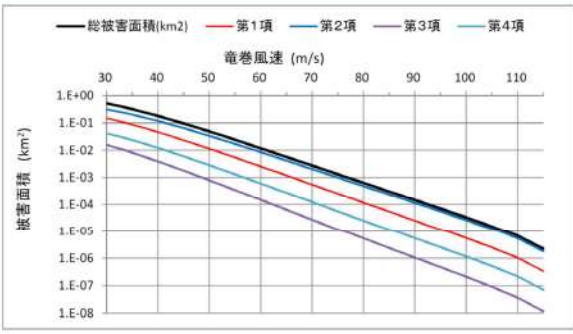
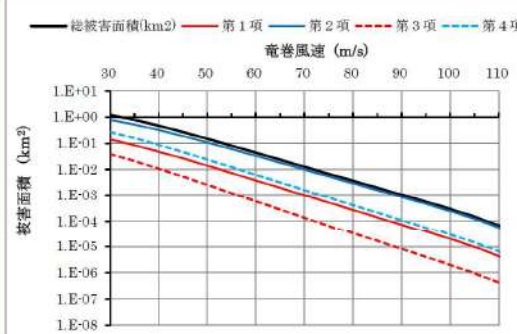
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>おり、移動方向との相関は見受けられない。従って、移動方向の取扱いの差異がハザードに与える影響はほとんど無いと考えられる。</p> <p>次に、ハザードへの寄与という観点で、竜巻パラメータの評価を行う。移動方向を考慮しない場合の被害面積の期待値の算定式が、上述した式(10)であり再掲する。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl$ $+ D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw$ $+ (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV$ <p>ここで、</p> <p>第1項：<math>\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl</math></p> <p>第2項：<math>D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl</math></p> <p>第3項：<math>D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw</math></p> <p>第4項：<math>(D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV</math></p>		<p>おり、移動方向との相関は見受けられない。したがって、移動方向の取扱いの差異がハザードに与える影響はほとんど無いと考えられる。</p> <p>次に、ハザードへの寄与という観点で、竜巻パラメータの評価を行う。移動方向を考慮しない場合の被害面積の期待値の算定式が、上述した式(10)であり再掲する。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl$ $+ D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw$ $+ (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV$ <p>ここで、</p> <p>第1項：<math>\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl</math></p> <p>第2項：<math>D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl</math></p> <p>第3項：<math>D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw</math></p> <p>第4項：<math>(D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV</math></p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>として、大飯原子力発電所の竜巻影響評価における、被害面積期待値の算定結果を図9に示す。この図より、例えば、竜巻風速70m/sのところを見ると、第1～4項に対応する面積がそれぞれ、<math>5.48 \times 10^{-4} \text{km}^2</math>、<math>2.04 \times 10^{-3} \text{km}^2</math>、<math>2.78 \times 10^{-5} \text{km}^2</math>、<math>1.24 \times 10^{-4} \text{km}^2</math>、第1～4項を足し合わせて<math>2.74 \times 10^{-3} \text{km}^2</math>、となっており、第1項及び第2項が支配的な要因であることがわかる。</p> <p>これは、第1項と第2項には被害長さが関係していることに起因している。被害長さはkm単位の数値であり、第3項及び第4項に關係する被害幅や施設規模など100m単位の数値とオーダーが異なるため、寄与度に差が生じている。従って、表7において条件の整合が確認できない<math>V_{min}</math>（被害幅のパラメータの一つ）や施設規模の差異がハザードに与える影響は小さいと考えられる。</p> <p>以上より、風速と被害長さに関する条件は合致していることから、ハザード計算は一定の再現性は有していると考えられる。</p>	<p>として、泊発電所の竜巻影響評価における、被害面積期待値の算定結果を図9に示す。この図より、例えば、竜巻風速70m/sのところを見ると、第1～4項に対応する面積がそれぞれ、<math>1.01 \times 10^{-4} \text{km}^2</math>、<math>9.87 \times 10^{-3} \text{km}^2</math>、<math>1.37 \times 10^{-4} \text{km}^2</math>、<math>1.60 \times 10^{-3} \text{km}^2</math>、第1～4項を足し合わせて<math>1.26 \times 10^{-2} \text{km}^2</math>、となっており、第1項が支配的な要因であることがわかる。</p> <p>これは、第1項と第2項には被害長さが関係していることに起因している。被害長さはkm単位の数値であり、第3項及び第4項に關係する被害幅や施設規模等100m単位の数値とオーダーが異なるため、寄与度に差が生じている。したがって、表7において条件の整合が確認できない<math>V_{min}</math>（被害幅のパラメータの一つ）や施設規模の差異がハザードに与える影響は小さいと考えられる。</p> <p>以上より、風速と被害長さに関する条件は合致していることから、ハザード計算は一定の再現性は有していると考えられる。</p>	<p>【大飯】 プラント名称の差異</p> <p>【大飯】 評価結果の相違 ・ハザード評価結果の相違によるもの</p> <p>【大飯】 記載方針の相違 ・泊は図9より、支配的な第1項のみを記載（実質的な相違なし）</p>	
 <p>図9 被害面積期待値（海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケース）</p>	 <p>図9 被害面積期待値（海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケース）</p>	<p>【大飯】 プラント名称の相違</p> <p>【大飯】 評価結果の相違 ・ハザード評価結果の相違によるもの</p>	
<p>（参考）当社竜巻影響評価に基づく<math>V_{min}</math>と施設規模の影響度について  <math>V_{min}</math>と施設規模の影響度について、当社の竜巻影響評価をもとに評価すると、大飯原子力発電所の竜巻影響評価では、<math>V_{min}</math>を25m/sにて検討しているが、<math>V_{min}</math>を17m/sとした場合に例えば、海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケースでは、ハザード曲線の<math>10^{-5}</math>相当風速は、57.2m/s (<math>V_{min}=17\text{m/s}</math>の場合)、57.6m/s (<math>V_{min}=25\text{m/s}</math>の場合)であり、<math>V_{min}</math>の8m/sの差異がハザードでは0.4m/s程度の影響を与えている。</p> <p>施設規模の影響については、大飯原子力発電所は<math>D_0=350\text{m}</math>で評価を行っているが上記と同様に例えば<math>D_0=370\text{m}</math>とした場合、海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケースのハザード曲線の<math>10^{-5}</math>相当風速で比較すると、57.6m/s (<math>D_0=350\text{m}</math>の場合)、57.9m/s (<math>D_0=370\text{m}</math>の場合)であり、<math>D_0</math>の20mの差異がハザードでは0.3m/s程度の影響を与えている。</p> <p><math>V_{min}</math>と施設規模の差異を定量的に評価することは困難であるものの、これらの評価結果から類推すると、<math>10^{-5}</math>相当風速で数m/s程度の差異が生じる可能性があると考えられる。</p>	<p>（参考）当社竜巻影響評価に基づく<math>V_{min}</math>と施設規模の影響度について  <math>V_{min}</math>と施設規模の影響度について、当社の竜巻影響評価を基に評価すると、泊発電所の竜巻影響評価では、<math>V_{min}</math>を25m/sにて検討しているが、<math>V_{min}</math>を17m/sとした場合に例えば、海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケースでは、ハザード曲線の<math>10^{-5}</math>相当風速は、67.7m/s (<math>V_{min}=17\text{m/s}</math>の場合)、67.9m/s (<math>V_{min}=25\text{m/s}</math>の場合)であり、<math>V_{min}</math>の8m/sの差異がハザードでは0.2m/s程度の影響を与えている。</p> <p>施設規模の影響については、泊発電所は<math>D_0=920\text{m}</math>で評価を行っているが上記と同様に例えば<math>D_0=940\text{m}</math>とした場合、海岸線から陸側海側それぞれ5kmを対象としたケースのハザード曲線の<math>10^{-5}</math>相当風速で比較すると、67.9m/s (<math>D_0=920\text{m}</math>の場合)、68.1m/s (<math>D_0=940\text{m}</math>の場合)であり、<math>D_0</math>の20mの差異がハザードでは0.2m/s程度の影響を与えている。</p> <p><math>V_{min}</math>と施設規模の差異を定量的に評価することは困難であるものの、これらの評価結果から類推すると、<math>10^{-5}</math>相当風速で数m/s程度の差異が生じる可能性があると考えられる。</p>	<p>【大飯】 プラント名称の相違</p> <p>【大飯】 評価結果の相違 ・ハザード評価結果の相違によるもの</p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>6. 妥当性確認                      「竜巻ハザード評価プログラム」は、竜巻最大風速のハザード曲線を算定するために使用している。                      本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s程度の範囲においては算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。</p> <p>参考文献                      (1) 東京工芸大学(2011)：平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究                      (2) 豊川裕之・柳井春夫編著：医学・保健学の例題による統計学，現代数学社，1982</p>		<p>6. 妥当性確認                      「竜巻ハザード評価プログラム」は、竜巻最大風速のハザード曲線を算定するために使用している。                      本解析コードは、竜巻最大風速のハザード曲線の算定を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。また、竜巻最大風速110m/s程度の範囲においては算定結果が妥当であることを確認している。以上より、本計算機コードを用いることは妥当である。</p> <p>参考文献                      (1) 東京工芸大学(2011)：平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究                      (2) 豊川裕之・柳井晴夫編著：医学・保健学の例題による統計学，現代数学社，1982</p>	<p>【大飯】                      記載の適正化</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																								
<p>(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価</p> <table border="1" data-bbox="78 287 694 1093"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コード名</th> <th>tornado_missile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td></td> <td>鹿島建設</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td></td> <td>2013年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td></td> <td>Ver.1.1.0</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td></td> <td>選定理由：解析時の検証済みの最新バージョンであるため</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td></td> <td>竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価                      空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コード。                      飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等を算出する。仮定する風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とする。                      tornado_missileは鹿島建設（株）が開発されたコードあり、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用している。                      【検証の内容】                      本解析コードの検証の内容は次のとおりである。                      ・Simiu &amp; Scanlan<sup>9)</sup> による解析結果、及び、江口ほか（竜中研）<sup>2)</sup> による解析結果と、同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。                      1) E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977                      2) 江口謙、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価、日本流体学会年会 2013                      【妥当性確認】                      tornado_missileを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用することは、次のとおり妥当である。                      ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。                      ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。                      なお、一部の飛来物について空力パラメータの値が適用範囲を上回るものがあるが、個別に飛来物の速度から得られる飛来時の運動エネルギー、貫通力等を評価し、竜巻防護施設に影響がないことを確認している。                      既工認での使用実績はない。                      なお、今回使用しているバージョンは最新バージョンと一致している。</td> </tr> <tr> <td>検証及び妥当性確認の内容</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他（工認実績等）</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	コード名	tornado_missile	開発機関		鹿島建設	開発時期		2013年	使用したバージョン		Ver.1.1.0	使用目的		選定理由：解析時の検証済みの最新バージョンであるため	コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コード。 飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等を算出する。仮定する風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とする。 tornado_missileは鹿島建設（株）が開発されたコードあり、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次のとおりである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果、及び、江口ほか（竜中研） <sup>2)</sup> による解析結果と、同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 1) E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 2) 江口謙、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価、日本流体学会年会 2013 【妥当性確認】 tornado_missileを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 なお、一部の飛来物について空力パラメータの値が適用範囲を上回るものがあるが、個別に飛来物の速度から得られる飛来時の運動エネルギー、貫通力等を評価し、竜巻防護施設に影響がないことを確認している。 既工認での使用実績はない。 なお、今回使用しているバージョンは最新バージョンと一致している。	検証及び妥当性確認の内容			その他（工認実績等）			<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</p> <p>III. 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価</p> <table border="1" data-bbox="728 295 1310 1093"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コード名</th> <th>TONBOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td></td> <td>一般財団法人 電力中央研究所</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td></td> <td>2013年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td></td> <td>Ver.1</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td></td> <td>選定理由：解析時の最新バージョン</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td></td> <td>竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価                      一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。                      空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。                      仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。</td> </tr> <tr> <td>検証及び妥当性確認の内容</td> <td></td> <td>TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。                      【検証の内容】                      本解析コードの検証の内容は次の通りである。                      ・Simiu &amp; Scanlan<sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。                      ※：E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977                      【妥当性確認】                      TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。                      ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。                      ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。                      既工認での実績はない。                      なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。</td> </tr> <tr> <td>その他（工認実績等）</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	コード名	TONBOS	開発機関		一般財団法人 電力中央研究所	開発時期		2013年	使用したバージョン		Ver.1	使用目的		選定理由：解析時の最新バージョン	コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価 一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。 仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。	検証及び妥当性確認の内容		TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 ※：E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 【妥当性確認】 TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 既工認での実績はない。 なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。	その他（工認実績等）			<p>(2) 竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価</p> <table border="1" data-bbox="1355 295 1948 1109"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>コード名</th> <th>TONBOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td></td> <td>一般財団法人 電力中央研究所</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td></td> <td>2013年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td></td> <td>Ver.3</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td></td> <td>選定理由：解析時の最新バージョン</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td></td> <td>竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価                      一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。                      空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。                      仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。</td> </tr> <tr> <td>検証及び妥当性確認の内容</td> <td></td> <td>TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。                      【検証の内容】                      本解析コードの検証の内容は次の通りである。                      ・Simiu &amp; Scanlan<sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。                      ※：E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977                      【妥当性確認】                      TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。                      ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。                      ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。                      既工認での実績はない。                      なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。</td> </tr> <tr> <td>その他（工認実績等）</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	コード名	TONBOS	開発機関		一般財団法人 電力中央研究所	開発時期		2013年	使用したバージョン		Ver.3	使用目的		選定理由：解析時の最新バージョン	コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価 一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。 仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。	検証及び妥当性確認の内容		TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 ※：E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 【妥当性確認】 TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 既工認での実績はない。 なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。	その他（工認実績等）			<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。  <b>【伊方】</b>                      Verの差異については、最新バージョンを使用しており、伊方のVer.1との差はフジタモデルへの対応等であり、ランキン渦の評価については影響ないVer変更である。</p>
項目	コード名	tornado_missile																																																																									
開発機関		鹿島建設																																																																									
開発時期		2013年																																																																									
使用したバージョン		Ver.1.1.0																																																																									
使用目的		選定理由：解析時の検証済みの最新バージョンであるため																																																																									
コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コード。 飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等を算出する。仮定する風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とする。 tornado_missileは鹿島建設（株）が開発されたコードあり、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次のとおりである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果、及び、江口ほか（竜中研） <sup>2)</sup> による解析結果と、同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 1) E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 2) 江口謙、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価、日本流体学会年会 2013 【妥当性確認】 tornado_missileを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 なお、一部の飛来物について空力パラメータの値が適用範囲を上回るものがあるが、個別に飛来物の速度から得られる飛来時の運動エネルギー、貫通力等を評価し、竜巻防護施設に影響がないことを確認している。 既工認での使用実績はない。 なお、今回使用しているバージョンは最新バージョンと一致している。																																																																									
検証及び妥当性確認の内容																																																																											
その他（工認実績等）																																																																											
項目	コード名	TONBOS																																																																									
開発機関		一般財団法人 電力中央研究所																																																																									
開発時期		2013年																																																																									
使用したバージョン		Ver.1																																																																									
使用目的		選定理由：解析時の最新バージョン																																																																									
コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価 一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。 仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。																																																																									
検証及び妥当性確認の内容		TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 ※：E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 【妥当性確認】 TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 既工認での実績はない。 なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。																																																																									
その他（工認実績等）																																																																											
項目	コード名	TONBOS																																																																									
開発機関		一般財団法人 電力中央研究所																																																																									
開発時期		2013年																																																																									
使用したバージョン		Ver.3																																																																									
使用目的		選定理由：解析時の最新バージョン																																																																									
コードの概要		竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価 一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。 空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中の飛来物の軌跡を解析することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の算出が実施できる。 仮定する風速場は、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦としている。																																																																									
検証及び妥当性確認の内容		TONBOSは、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用している。 【検証の内容】 本解析コードの検証の内容は次の通りである。 ・Simiu & Scanlan <sup>9)</sup> による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得ていることから、本解析コードの妥当性を確認した。 ※：E. Simiu & R.H. Scanlan: Wind Effect on Structures, Wiley, 1977 【妥当性確認】 TONBOSを、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは、次のとおり妥当である。 ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さ等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。 ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようになっている。 既工認での実績はない。 なお、最新バージョンまで算出に影響のある変更がないことを確認している。																																																																									
その他（工認実績等）																																																																											

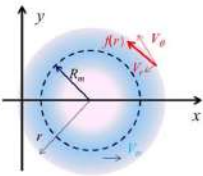
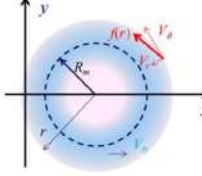
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>計算機コードの概要及び検証と妥当性確認の内容説明</p> <p>tornado_missile</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</p> <p>計算機コードの概要及び検証と妥当性確認の内容説明</p> <p>TONBOS</p> <p>目次</p> <p>1. 概要 .....                      資料 12-42</p> <p>2. 本計算機コードの特徴 .....                      資料 12-42</p> <p>3. 解析手法 .....                      資料 12-43</p> <p>3. 1 基礎方程式 .....                      資料 12-43</p> <p>3. 2 飛来物運動方程式の時間積分法 .....                      資料 12-44</p> <p>3. 3 評価条件 .....                      資料 12-46</p> <p>3. 4 適用範囲 .....                      資料 12-47</p> <p>4. 解析フローチャート .....                      資料 12-48</p> <p>5. コードの検証 .....                      資料 12-49</p> <p>5. 1 移動する竜巻での検証 .....                      資料 12-49</p> <p>5. 2 国内最大級相当条件での比較 .....                      資料 12-50</p> <p>5. 3 飛散距離及び飛散高さについて .....                      資料 12-51</p> <p>6. 妥当性確認 .....                      資料 12-51</p> <p>7. その他 .....                      資料 12-52</p> <p>7. 1 飛来物の速度及び飛散距離等の評価について .....                      資料 12-52</p> <p>8. 参考文献 .....                      資料 12-53</p> <p>9. 付録 .....                      資料 12-54</p>	<p>計算機コードの概要及び検証と妥当性確認の内容説明</p> <p>TONBOS</p> <p>目次</p> <p>1. 概要 .....                      添付資料 3.14-23</p> <p>2. 本計算機コードの特徴 .....                      添付資料 3.14-23</p> <p>3. 解析手法 .....                      添付資料 3.14-24</p> <p>3. 1 基礎方程式 .....                      添付資料 3.14-24</p> <p>3. 2 飛来物運動方程式の時間積分法 .....                      添付資料 3.14-25</p> <p>3. 3 評価条件 .....                      添付資料 3.14-27</p> <p>3. 4 適用範囲 .....                      添付資料 3.14-28</p> <p>4. 解析フローチャート .....                      添付資料 3.14-29</p> <p>5. コードの検証 .....                      添付資料 3.14-29</p> <p>5. 1 移動する竜巻での検証 .....                      添付資料 3.14-30</p> <p>5. 2 国内最大級相当条件での比較 .....                      添付資料 3.14-31</p> <p>5. 3 飛散距離及び飛散高さについて .....                      添付資料 3.14-32</p> <p>6. 妥当性確認 .....                      添付資料 3.14-32</p> <p>7. その他 .....                      添付資料 3.14-34</p> <p>7. 1 飛来物の速度及び飛散距離等の評価について .....                      添付資料 3.14-34</p> <p>8. 参考文献 .....                      添付資料 3.14-36</p> <p>9. 付録 .....                      添付資料 3.14-37</p>	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>1. 概要                      本資料は、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用する計算機コード tornado_missile の概要を説明したものである。</p> <p>本解析は、新規制基準で新たに評価を要する事となった竜巻影響評価のうち、飛来物の速度及び飛散距離の評価を行うものであり、竜巻による風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動するものとして定め、飛来物を質点系モデルとして、飛来物が抗力を受けて運動する軌跡に対する運動方程式を解くことが可能な計算機コードを適用したものである。</p> <p>2. 特徴                      tornado_missile は、鹿島建設株式会社に開発され保守されている、空気中の物体が受ける抗力による運動を計算し、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算定する計算機コードである。                      tornado_missile での解析手法は、Simiu &amp; Scanlan<sup>[1]</sup>及び Simiu &amp; Cordes<sup>[2]</sup>をもとにしており、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動する風速場を仮定し、時刻 t における竜巻中心位置 <math>X_T(t)</math> より <math>r(t)</math> の位置における風速場の中で、質点系にモデル化した飛来物が抗力を受けて運動する状態の軌跡を計算することで、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを評価する事が可能である。</p> <p>3. 解析手法                      3.1 風速場評価の理論式                      風速場は鉛直方向に構造が変化しないランキン渦とする。                      最大接線風速半径 <math>R_m</math>、最大接線風速 <math>V_m</math>、竜巻中心の移動速度 <math>V_T</math> をもとに、時刻 t において竜巻中心 <math>X_T(t)</math> から <math>r(t)</math> の位置での竜巻による風速場を、Simiu &amp; Cordes 及び Simiu &amp; Scanlan をもとに式 (1) ~ (5) のように与える。</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>接線風速：<math>V_S(r(t)) = (r(t)/R_m)V_m</math> (<math>r(t) &lt; R_m</math> の範囲) (1)</p> <p><math>V_S(r(t)) = (R_m/r(t))V_m</math> (<math>r(t) \geq R_m</math> の範囲) (2)</p> <p>半径方向成分：<math>V_r(r(t)) = \frac{1}{\sqrt{5}}V_S(r(t))</math> (3)</p> <p>接線方向成分：<math>V_\theta(r(t)) = \frac{2}{\sqrt{5}}V_S(r(t))</math> (4)</p> <p>鉛直方向成分：<math>V_z(r(t)) = \frac{4}{3\sqrt{5}}V_S(r(t))</math> (接線方向成分の 2/3) (5)</p> </div>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</p> <p>1. 概要                      本資料は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されている計算機コード「TONBOS」の概要である。                      TONBOS は、新規制基準で新たに評価を要することとなった竜巻影響評価のうち、飛来物の速度及び飛散距離等を算出することを目的として、今回初めて使用する解析コードである。</p> <p>本解析は、新規制基準で新たに評価を要することとなった竜巻影響評価のうち、飛来物の速度及び飛散距離等の評価を行うものであり、竜巻による風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動するものとして定め、飛来物を質点系モデルとして、飛来物が（流体）抗力と重力を受けて運動する軌跡に対する運動方程式を解くことが可能な計算機コードを適用したものである。</p> <p>2. 本計算機コードの特徴                      TONBOS は、竜巻による風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動するものとして定め、飛来物を質点系モデルとして、飛来物が（流体）抗力と重力を受けて運動する軌跡に対する運動方程式を解くことにより、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算定する計算機コードである。</p> <p>3. 解析手法                      3.1 基礎方程式                      (a) 竜巻の風速場                      竜巻の風速場は x 軸方向に一定速度 <math>V_{tr}</math> で移動するランキン渦でモデル化する。ランキン渦の接線風速（周方向風速）<math>V_\theta</math>、径方向（中心方向）風速 <math>V_r</math>、上昇風速 <math>V_z</math> は E. Simiu and M. Cordes<sup>[1]</sup>と同様に以下の式で定義する（図1）。</p> $V_r = af(r) \quad (1a)$ $V_\theta = bf(r) \quad (1b)$ $V_z = cf(r) \quad (1c)$ <div style="text-align: center;">  <p>図1 移動ランキン渦モデル</p> </div>	<p>1. 概要                      本資料は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されている計算機コード「TONBOS」の概要である。                      TONBOS は、新規制基準で新たに評価を要することとなった竜巻影響評価のうち、飛来物の速度及び飛散距離等を算出することを目的として使用する解析コードである。</p> <p>本解析は、新規制基準で新たに評価を要することとなった竜巻影響評価のうち、飛来物の速度及び飛散距離等の評価を行うものであり、竜巻による風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動するものとして定め、飛来物を質点系モデルとして、飛来物が（流体）抗力と重力を受けて運動する軌跡に対する運動方程式を解くことにより、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算定する計算機コードを適用したものである。</p> <p>2. 本計算機コードの特徴                      TONBOS は、竜巻による風速場は鉛直方向には構造が変化しないランキン渦が移動するものとして定め、飛来物を質点系モデルとして、飛来物が（流体）抗力と重力を受けて運動する軌跡に対する運動方程式を解くことにより、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算定する計算機コードである。</p> <p>3. 解析手法                      3.1 基礎方程式                      (a) 竜巻の風速場                      竜巻の風速場は x 軸方向に一定速度 <math>V_{tr}</math> で移動するランキン渦でモデル化する。ランキン渦の接線風速（周方向風速）<math>V_\theta</math>、径方向（中心方向）風速 <math>V_r</math>、上昇風速 <math>V_z</math> は E. Simiu and M. Cordes<sup>[1]</sup>と同様に以下の式で定義する（図1）。</p> $V_r = af(r) \quad (1a)$ $V_\theta = bf(r) \quad (1b)$ $V_z = cf(r) \quad (1c)$ <div style="text-align: center;">  <p>図1 移動ランキン渦モデル</p> </div>	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>ここで、時刻<math>t</math>での飛来物位置を<math>X(t)=(x(t),y(t),z(t))</math>で与えた場合、竜巻の中心と飛来物位置との関係は式(6)～(8)で示される。</p> <p>竜巻中心：<math>(X_T(t),0,Z)=(\ell \cdot V_T,0,Z)</math> (6)</p> <p>竜巻中心と飛来物位置の距離：<math>r(t)^2=(x(t)-X_T(t))^2+y(t)^2</math> (7)</p> <p>竜巻中心と飛来物位置がなす角度：<math>\cos\theta(t)=\frac{x(t)-X_T(t)}{r(t)}</math>、<math>\sin\theta(t)=\frac{y(t)}{r(t)}</math> (8)</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>ただし、<math>a=1/\sqrt{5}</math>、<math>b=2/\sqrt{5}</math>、<math>c=4/3\sqrt{5}</math>と定義し、周方向風速<math>V_\theta</math>と径方向風速<math>V_r</math>を合成した渦の水平速度<math>f(r)=(V_\theta^2+V_r^2)^{1/2}</math>は、以下の式で定義される。</p> $f(r)=\begin{cases} \frac{r}{R_m}V_m & \text{if } 0 \leq r \leq R_m \\ \frac{R_m}{r}V_m & \text{if } R_m \leq r \end{cases} \quad (2)$	<p>ただし、<math>a=1/\sqrt{5}</math>、<math>b=2/\sqrt{5}</math>、<math>c=4/3\sqrt{5}</math>と定義し、周方向風速<math>V_\theta</math>と径方向風速<math>V_r</math>を合成した渦の水平速度<math>f(r)=(V_\theta^2+V_r^2)^{1/2}</math>は、以下の式で定義される。</p> $f(r)=\begin{cases} \frac{r}{R_m}V_m & \text{if } 0 \leq r \leq R_m \\ \frac{R_m}{r}V_m & \text{if } R_m \leq r \end{cases} \quad (2)$	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>
<p>これらをもとに、時刻<math>t</math>に飛来物が受ける<math>X</math>方向風速、<math>Y</math>方向風速、<math>Z</math>方向風速は式(9)～(11)にて与えられる。</p> <p><math>X</math>方向風速：<math>V_x(x(t),y(t))=-V_\theta(t)\sin\theta(t)-V_r(t)\cos\theta(t)-V_T</math> (9)</p> <p><math>Y</math>方向風速：<math>V_y(x(t),y(t))=+V_\theta(t)\cos\theta(t)-V_r(t)\sin\theta(t)</math> (10)</p> <p><math>Z</math>方向風速：<math>V_z(x(t),y(t))=\frac{4}{3\sqrt{5}}V_s(t)</math> (11)</p>	<p>ここで、<math>r</math>は渦中心からの距離、<math>R_m</math>は最大風速半径（渦の水平風速が最大となる半径）、<math>V_m</math>は渦の最大水平風速である。</p> <p>時刻<math>t=0</math>で竜巻中心は原点に位置するものとし、竜巻の風速場は飛来物の影響を受けないと仮定すると、時刻<math>t</math>における竜巻の風速場<math>V_w</math>の各風速成分(<math>u, v, w</math>)は式(1a)-(1c)、(2)などから以下ようになる。</p> $\begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} = \frac{f(r)}{r} \begin{pmatrix} -a(x-V_{ir}t)-by \\ -ay+b(x-V_{ir}t) \\ cr \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_{ir} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$	<p>ここで、<math>r</math>は渦中心からの距離、<math>R_m</math>は最大風速半径（渦の水平風速が最大となる半径）、<math>V_m</math>は渦の最大水平風速である。</p> <p>時刻<math>t=0</math>で竜巻中心は原点に位置するものとし、竜巻の風速場は飛来物の影響を受けないと仮定すると、時刻<math>t</math>における竜巻の風速場<math>V_w</math>の各風速成分(<math>u, v, w</math>)は式(1a)-(1c)、(2)等から以下ようになる。</p> $\begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} = \frac{f(r)}{r} \begin{pmatrix} -a(x-V_{ir}t)-by \\ -ay+b(x-V_{ir}t) \\ cr \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_{ir} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$	
<p>3.2 飛来物評価の理論式</p> <p>質点系にモデル化した飛来物は相対速度の2乗に比例した抗力を受けるものとする。</p> <p>3.1項にて与えた風速場の中での飛来物の運動は式(12)で示される。</p> $m\ddot{X}(t)=\frac{1}{2}\rho C_D A \{V(x(t))-\dot{X}(t)\}V(x(t))-\dot{X}(t)-mgJ \quad (12)$	<p>ただし、渦中心からの距離<math>r</math>は以下で与えられる。</p> $r=\sqrt{(x-V_{ir}t)^2+y^2} \quad (4)$ <p>なお、静止する観測者からみた最大風速<math>V_D</math>は、以下で計算される。</p> $V_D=V_m+V_{ir}$ <p>(b) 飛来物の運動</p> <p>飛来物の運動は、既往研究(1)-(6)と同様に方向性がない平均的な抗力（抗力係数一定）と重力のみが外力として作用すると仮定する。この場合の飛来物の運動方程式は以下ようになる。</p> $\frac{dV_M}{dt}=\frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m}  V_w-V_M (V_w-V_M)-gk \quad (6)$	<p>ただし、渦中心からの距離<math>r</math>は以下で与えられる。</p> $r=\sqrt{(x-V_{ir}t)^2+y^2} \quad (4)$ <p>なお、静止する観測者からみた最大風速<math>V_D</math>は、以下で計算される。</p> $V_D=V_m+V_{ir} \quad (5)$ <p>(b) 飛来物の運動</p> <p>飛来物の運動は、既往研究(1)-(6)と同様に方向性がない平均的な抗力（抗力係数一定）と重力のみが外力として作用すると仮定する。この場合の飛来物の運動方程式は以下ようになる。</p> $\frac{dV_M}{dt}=\frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m}  V_w-V_M (V_w-V_M)-gk \quad (6)$	
<p>ここで、飛来物の質量<math>m</math>、代表面積<math>A</math>、抗力係数<math>C_D</math>、時刻<math>t</math>での飛来物位置<math>X(t)</math>、速度<math>\dot{X}(t)</math>、加速度<math>\ddot{X}(t)</math>、時刻<math>t</math>での飛来物位置での風速<math>V(x(t))</math>、空気密度<math>\rho</math>、重力加速度<math>g</math>、ベクトル<math>J</math>は<math>Z</math>方向のみ1とする。</p> <p>尚、抗力係数<math>C_D</math>は3方向の面積で重みつけた平均とする。</p> <p>上式の各成分を表示すると式(13)～(15)となる。</p> $\ddot{x}(t)=\frac{1}{2}\frac{\rho C_D A}{m}(V_x(t)-\dot{x}(t))V(x(t))-\dot{x}(t) \quad (13)$ $\ddot{y}(t)=\frac{1}{2}\frac{\rho C_D A}{m}(V_y(t)-\dot{y}(t))V(x(t))-\dot{y}(t) \quad (14)$ $\ddot{z}(t)=\frac{1}{2}\frac{\rho C_D A}{m}(V_z(t)-\dot{z}(t))V(x(t))-\dot{z}(t)-g \quad (15)$ <p>ここで、<math> V(x(t))-\dot{X}(t) =\sqrt{(V_x(t)-\dot{x}(t))^2+(V_y(t)-\dot{y}(t))^2+(V_z(t)-\dot{z}(t))^2}</math> (16)</p>			
<p>飛散距離及び飛散高さの評価においては、時間刻みを設定し、上式を離散化することで計算を行う。離散化表示は式(17)～(19)となる。計算は陽解法で実施している。</p> <p><math>/n-1</math>は<math>n-1</math>ステップでの値、<math>/n</math>は<math>n</math>ステップでの値を示す。</p>			

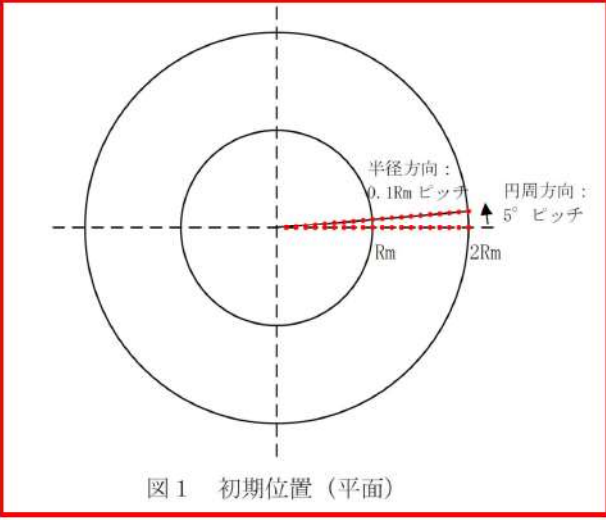
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

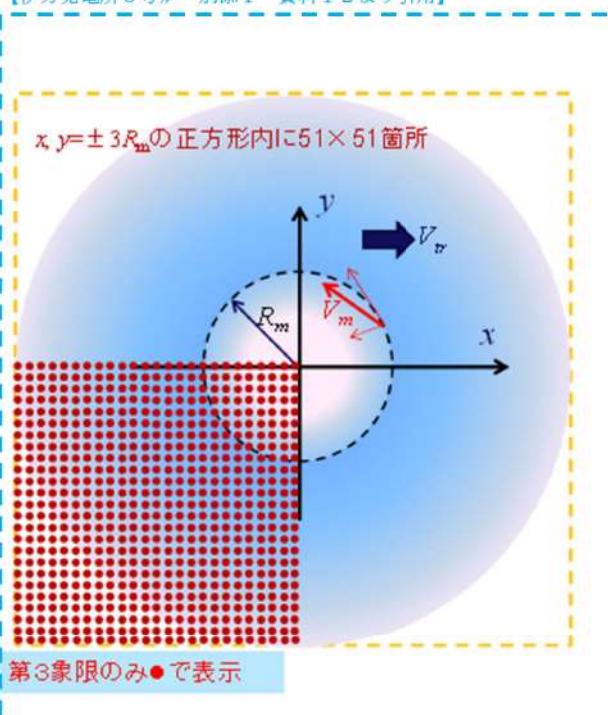
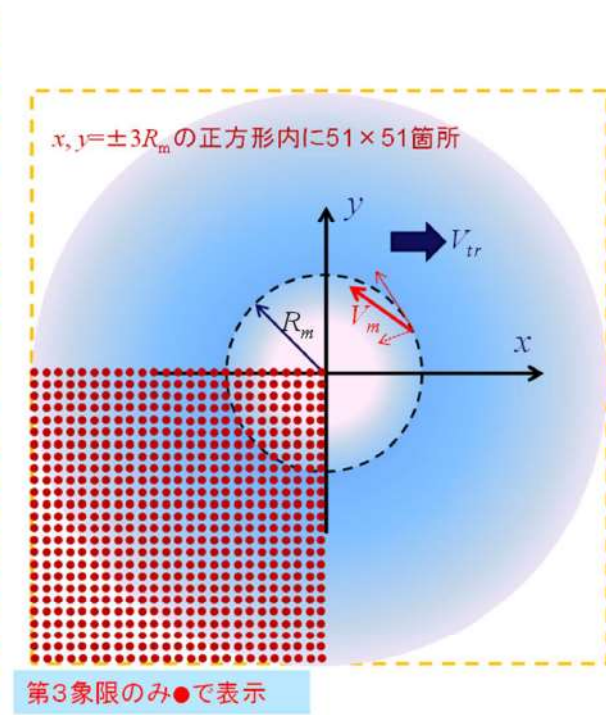
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <math display="block">\dot{x}_n = \dot{x}_{n-1} + \Delta t \left\{ \frac{1}{2} \frac{\rho C_D A}{m} (V_{x/n-1} - \dot{x}_{n-1})  V_{rel}  \right\}</math> (17)                     <math display="block">\dot{y}_n = \dot{y}_{n-1} + \Delta t \left\{ \frac{1}{2} \frac{\rho C_D A}{m} (V_{y/n-1} - \dot{y}_{n-1})  V_{rel}  \right\}</math> (18)                     <math display="block">\dot{z}_n = \dot{z}_{n-1} + \Delta t \left\{ \frac{1}{2} \frac{\rho C_D A}{m} (V_{z/n-1} - \dot{z}_{n-1})  V_{rel}  - g \right\}</math> (19)                     <math display="block">\text{ここで、 } V_{rel} = \sqrt{(V_{x/n-1} - \dot{x}_{n-1})^2 + (V_{y/n-1} - \dot{y}_{n-1})^2 + (V_{z/n-1} - \dot{z}_{n-1})^2}</math> (20)                 </div> <p>位置の更新は式(21)～(23)となる。</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <math display="block">x_n = x_{n-1} + \Delta t \cdot \dot{x}_n</math> (21)                     <math display="block">y_n = y_{n-1} + \Delta t \cdot \dot{y}_n</math> (22)                     <math display="block">z_n = z_{n-1} + \Delta t \cdot \dot{z}_n</math> (23)                 </div> <p>飛散距離は式(24)となる。</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <math display="block">H_n = \sqrt{(x_n - x_1)^2 + (y_n - y_1)^2}</math> (24)                 </div> <p>3.3 評価条件                      以下の初期条件を設定する。                      ・初期位置                      図1に示すとおり、水平方向には竜巻の中心より2R<sub>0</sub>の円領域内で、半径方向については20分割、円周方向については360度を72分割した位置の1,440か所とし、鉛直方向については高さ40mにあるものとする。</p>	<div style="border: 2px dashed blue; padding: 5px;"> <p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>ここで、各変数は以下で定義する。                          V<sub>M</sub>：飛来物の速度ベクトル                          V<sub>w</sub>：風速ベクトル（ランキン渦風速と移動速度の和）                          ρ：空気密度                          C<sub>D</sub>：飛来物の平均抗力係数                          A：飛来物の代表見附面積                          m：飛来物の質量                          g：重力加速度                          k：鉛直上向き単位ベクトル</p> <p>3.2 飛来物運動方程式の時間積分法                          時刻tにおける竜巻の風速場V<sub>w</sub>=(u, v, w)は式(3)で与えられるので、式(6)を時間積分することによって、飛来物の速度と位置の時刻歴を求めることができる。                          線形加速度法では、時刻τから時刻τ+Δτにおける加速度が線形に変化するものと仮定する。つまり、式(6)において、以下の式が成立する。</p> <math display="block">\frac{dV_M(t)}{dt} = -A(\tau) \frac{t-\tau-\Delta\tau}{\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{t-\tau}{\Delta\tau}</math> (7)                     <p>ここで、ベクトルA(τ)は式(6)の右辺を表す。                          式(7)を時間積分すると、以下を得る。</p> <math display="block">V_M(t) = V_M(\tau) + A(\tau) \frac{\Delta\tau}{2} - A(\tau) \frac{(t-\tau-\Delta\tau)^2}{2\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{(t-\tau)^2}{2\Delta\tau}</math> (8)                     <p>さらに、式(8)を時間積分すると、以下を得る。</p> <math display="block">X_M(t) = X_M(\tau) - A(\tau) \frac{(\Delta\tau)^2}{6} + \left[ V_M(\tau) + A(\tau) \frac{\Delta\tau}{2} \right] (t-\tau) - A(\tau) \frac{(t-\tau-\Delta\tau)^3}{6\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{(t-\tau)^3}{6\Delta\tau}</math> (9)                     <p>したがって、時刻t=τ+Δτにおける速度と位置は以下で与えられる。</p> </div>	<p>ここで、各変数は以下で定義する。              V<sub>M</sub>：飛来物の速度ベクトル              V<sub>w</sub>：風速ベクトル（ランキン渦風速と移動速度の和）              ρ：空気密度              C<sub>D</sub>：飛来物の平均抗力係数              A：飛来物の代表見附面積              m：飛来物の質量              g：重力加速度              k：鉛直上向き単位ベクトル</p> <p>3.2 飛来物運動方程式の時間積分法              時刻tにおける竜巻の風速場V<sub>w</sub>=(u, v, w)は式(3)で与えられるので、式(6)を時間積分することによって、飛来物の速度と位置の時刻歴を求めることができる。              線形加速度法では、時刻τから時刻τ+Δτにおける加速度が線形に変化するものと仮定する。つまり、式(6)において、以下の式が成立する。</p> $\frac{dV_M(t)}{dt} = -A(\tau) \frac{t-\tau-\Delta\tau}{\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{t-\tau}{\Delta\tau}$ (7) <p>ここで、ベクトルA(τ)は式(6)の右辺を表す。              式(7)を時間積分すると、以下を得る。</p> $V_M(t) = V_M(\tau) + A(\tau) \frac{\Delta\tau}{2} - A(\tau) \frac{(t-\tau-\Delta\tau)^2}{2\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{(t-\tau)^2}{2\Delta\tau}$ (8) <p>さらに、式(8)を時間積分すると、以下を得る。</p> $X_M(t) = X_M(\tau) - A(\tau) \frac{(\Delta\tau)^2}{6} + \left[ V_M(\tau) + A(\tau) \frac{\Delta\tau}{2} \right] (t-\tau) - A(\tau) \frac{(t-\tau-\Delta\tau)^3}{6\Delta\tau} + A(\tau+\Delta\tau) \frac{(t-\tau)^3}{6\Delta\tau}$ (9) <p>したがって、時刻t=τ+Δτにおける速度と位置は以下で与えられる。</p>	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 156 689 678" style="border: 2px solid red; padding: 5px;">  <p style="text-align: center;">図1 初期位置（平面）</p> </div> <p style="color: red; margin-top: 10px;">・初期速度 0m/s とする。</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> $\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \frac{\Delta\tau}{2} [\mathbf{A}(\tau) + \mathbf{A}(\tau + \Delta\tau)] \quad (10)$ $\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \mathbf{A}(\tau) \frac{\Delta\tau^2}{3} + \mathbf{A}(\tau + \Delta\tau) \frac{\Delta\tau^2}{6} \quad (11)$ <p>式(10), (11)の右辺は以下の時刻 <math>\tau + \Delta\tau</math> における加速度 <math>\mathbf{A}(\tau + \Delta\tau)</math> を含んでいる。</p> $\mathbf{A}(\tau + \Delta\tau) = k  \mathbf{V}_w(\tau + \Delta\tau) - \mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)  \times \{\mathbf{V}_w(\tau + \Delta\tau) - \mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)\} - g\mathbf{k} \quad (12)$ <p>ここで、<math>k = \rho C_D A / 2m</math> を表す。                  このため、非線形式(12)では竜巻風速場も未知であるので、これも同時に連成させる必要がある。これらの方程式を Newton-Raphson 法で求解し、時間積分を実施する。                  時刻 <math>\tau + \Delta\tau</math> において飛来物速度 <math>\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)</math> とその位置 <math>\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = (X_M, Y_M, Z_M)</math> を求めるために満足すべき式は、式(10), (11), (12)及び以下の竜巻の風速場のモデル方程式である。</p> $\mathbf{V}_w = \frac{f(r_M)}{r_M} \begin{pmatrix} -a\{x_M - V_r(\tau + \Delta\tau)\} - by_M \\ -ay_M + b\{x_M - V_r(\tau + \Delta\tau)\} \\ cr_M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_r \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (13)$ $r_M = \sqrt{\{x_M - (\tau + \Delta\tau)V_r\}^2 + y_M^2} \quad (14)$ <p>3.3 評価条件                  以下の初期条件を設定する。                  ・竜巻風速場（図3.1）                  竜巻の最大水平風速（<math>V_m</math>）が85m/sとなる風速場を設定する。                  竜巻移動速度（<math>V_{tr}</math>）は15m/sとする。                  最大風速半径（<math>R_m</math>）は30mとする。                  高さ40mに51×51ケの物体を配置する。</p>	$\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \frac{\Delta\tau}{2} [\mathbf{A}(\tau) + \mathbf{A}(\tau + \Delta\tau)] \quad (10)$ $\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \mathbf{A}(\tau) \frac{\Delta\tau^2}{3} + \mathbf{A}(\tau + \Delta\tau) \frac{\Delta\tau^2}{6} \quad (11)$ <p>式(10), (11)の右辺は以下の時刻 <math>\tau + \Delta\tau</math> における加速度 <math>\mathbf{A}(\tau + \Delta\tau)</math> を含んでいる。</p> $\mathbf{A}(\tau + \Delta\tau) = k  \mathbf{V}_w(\tau + \Delta\tau) - \mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)  \times \{\mathbf{V}_w(\tau + \Delta\tau) - \mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)\} - g\mathbf{k} \quad (12)$ <p>ここで、<math>k = \rho C_D A / 2m</math> を表す。                  このため、非線形式(12)では竜巻風速場も未知であるので、これも同時に連成させる必要がある。これらの方程式を Newton-Raphson 法で求解し、時間積分を実施する。                  時刻 <math>\tau + \Delta\tau</math> において飛来物速度 <math>\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau)</math> とその位置 <math>\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = (X_M, Y_M, Z_M)</math> を求めるために満足すべき式は、式(10), (11), (12)及び以下の竜巻の風速場のモデル方程式である。</p> $\mathbf{V}_w = \frac{f(r_M)}{r_M} \begin{pmatrix} -a\{x_M - V_r(\tau + \Delta\tau)\} - by_M \\ -ay_M + b\{x_M - V_r(\tau + \Delta\tau)\} \\ cr_M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_r \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (13)$ $r_M = \sqrt{\{x_M - (\tau + \Delta\tau)V_r\}^2 + y_M^2} \quad (14)$ <p>3.3 評価条件                  以下の初期条件を設定する。                  ・竜巻風速場（図3.1）                  竜巻の最大水平風速（<math>V_m</math>）が85m/sとなる風速場を設定する。                  竜巻移動速度（<math>V_{tr}</math>）は15m/sとする。                  最大風速半径（<math>R_m</math>）は30mとする。                  高さ40mに51×51ケの物体を配置する。</p>	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>

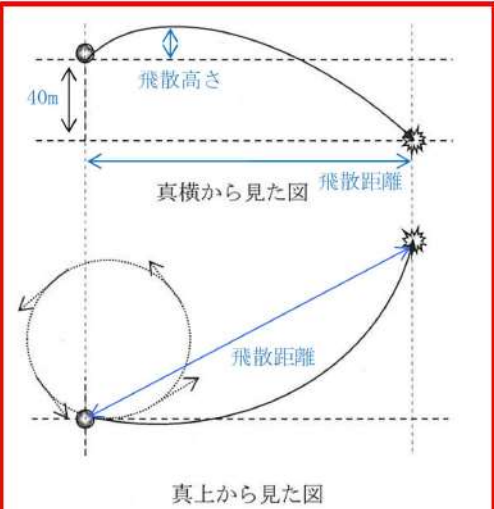
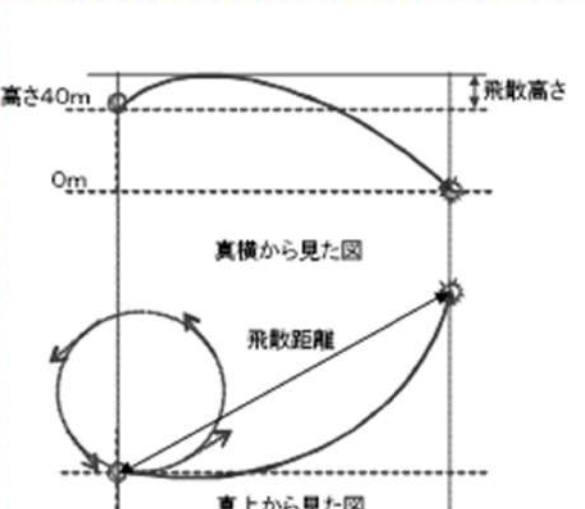
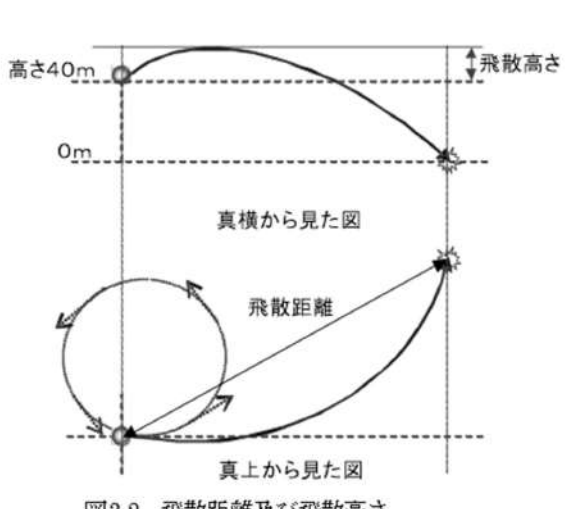
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>・飛散距離及び飛散高さ                      図2に示すとおり、飛散距離は初期位置からの距離とし、飛来物が地表面に落ちた場合は、それ以上移動しないものとする。飛散高さは40m以上の位置に上がる場合は40mからの相対高さとし、40mより上がらない場合は0mとする。                      1,440ヶ所の算出結果のうち、飛来物の速度及び飛散距離の最大値を解析結果として採用する。</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p>  <p>図3.1 竜巻の風速場及び初期物体位置</p> <p>・飛散距離及び飛散高さ                      図3.2に示すとおり、飛散距離は初期位置からの距離とし、飛来物が地表面に落ちた場合は、それ以上移動しないものとする。飛散高さは40m以上の位置に上がる場合は40mからの相対高さとし、40mより上がらない場合は0mとする。                      2,601ヶ（51×51）の算出結果のうち、飛来物の速度及び飛散距離の最大値を解析結果として採用する。</p>	 <p>図3.1 竜巻の風速場及び初期物体位置</p> <p>・飛散距離及び飛散高さ                      図3.2に示すとおり、飛散距離は初期位置からの距離とし、飛来物が地表面に落ちた場合は、それ以上移動しないものとする。飛散高さは40m以上の位置に上がる場合は40mからの相対高さとし、40mより上がらない場合は0mとする。                      2,601ヶ（51×51）の算出結果のうち、飛来物の速度及び飛散距離の最大値を解析結果として採用する。</p>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】ソフトの違いによる評価点の違い。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

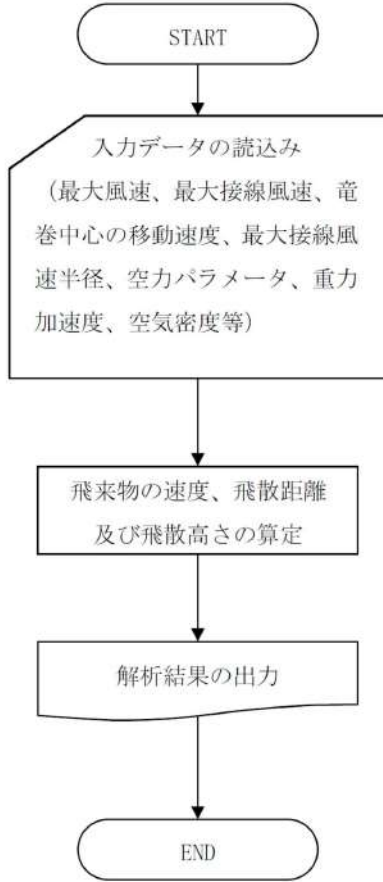
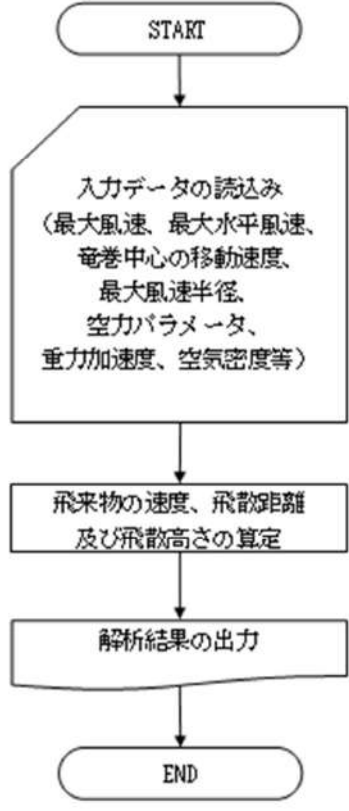
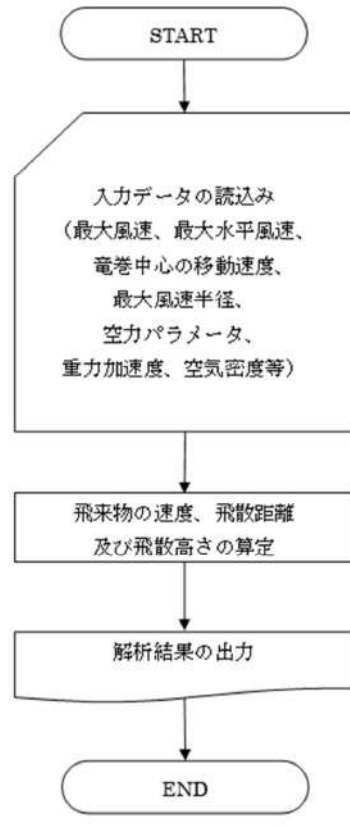
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>真横から見た図 飛散高さ 40m 飛散距離 真上から見た図 飛散距離</p> <p>図2 飛散距離及び飛散高さ</p> <p>3.4 適用範囲                  解析は、以下の条件下で実施することとする。                  ・最大風速：150m/s 以下を原則とする。                  ・最大接線風速：最大風速との比が0.85を原則とする。                  ・竜巻中心の移動速度：最大風速との比が0.15を原則とする。                  ・最大接線風速半径：30mを原則とする。                  ・空力パラメータ：0.025m<sup>2</sup>/kg 以下。                  ・解析時間刻み：0.01秒以下。                  ・重力加速度、空気密度は、それぞれ9.80665m/s<sup>2</sup>、1.22kg/m<sup>3</sup>を原則とする。                  なお、空力パラメータの値が非常に大きくなれば、飛来物の速度は最大風速に収束し、飛散距離は発散し無限大に近づいていく。このような場合、飛来物は、竜巻の移動とともに動く状態であると考えられる。</p> <p>4. 解析フローチャート                  解析フローチャートを図3に示す。</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p>  <p>高さ40m 0m 飛散高さ 真横から見た図 飛散距離 真上から見た図</p> <p>図3.2 飛散距離及び飛散高さ</p> <p>3.4 適用範囲                  解析は以下の条件で実施することとする。                  ・最大風速：150m/sを原則とする。                  ・最大水平風速：本解析では最大風速との比を0.85とする。（これに限定する必要はない。）                  ・竜巻中心の移動速度：本解析では最大風速の比を0.15とする。（これに限定する必要はない。）                  ・最大風速半径：本解析では30mとする。（これに限定する必要はない。）                  ・空力パラメータ：制限はない。                  ・解析時間刻み：0.01秒以下                  ・重力加速度：9.8m/s<sup>2</sup>                  ・空気密度：1.22kg/m<sup>3</sup></p> <p>4. 解析フローチャート                  図4.1に解析フローチャートを示す。</p>	 <p>高さ40m 0m 飛散高さ 真横から見た図 飛散距離 真上から見た図</p> <p>図3.2 飛散距離及び飛散高さ</p> <p>3.4 適用範囲                  解析は以下の条件で実施することとする。                  ・最大風速：150m/sを原則とする。                  ・最大水平風速：本解析では最大風速との比を0.85とする。（これに限定する必要はない。）                  ・竜巻中心の移動速度：本解析では最大風速の比を0.15とする。（これに限定する必要はない。）                  ・最大風速半径：本解析では30mとする。（これに限定する必要はない。）                  ・空力パラメータ：制限はない。                  ・解析時間刻み：0.01秒以下                  ・重力加速度：9.8m/s<sup>2</sup>                  ・空気密度：1.22kg/m<sup>3</sup></p> <p>4. 解析フローチャート                  図4.1に解析フローチャートを示す。</p>	<p>【大阪】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大阪と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>



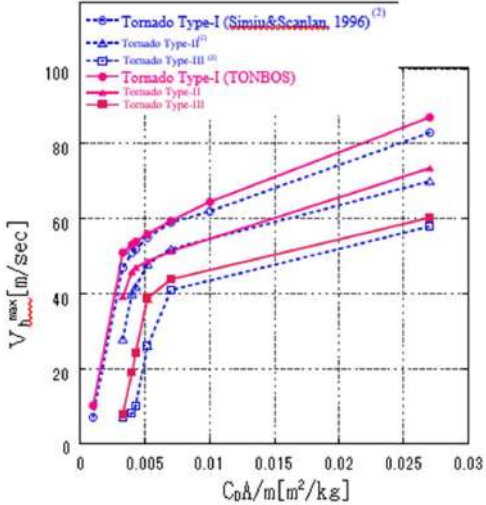
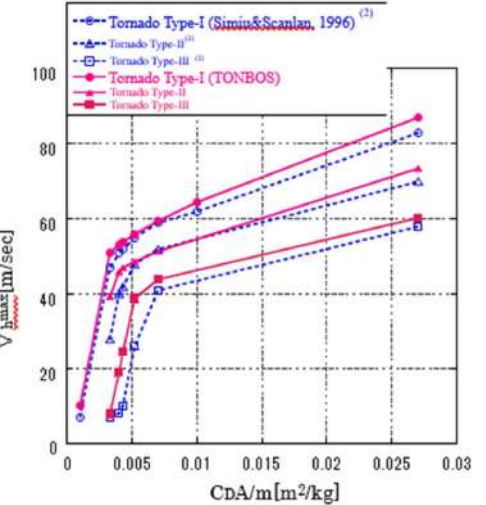
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>図3 解析フローチャート</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p>  <p>図4.1 解析フローチャート</p>	 <p>図4.1 解析フローチャート</p>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>
<p>5. 検証と妥当性確認</p> <p>5.1 コードバージョン</p> <p>検証と妥当性確認に使用したコードバージョンを以下に示す。              tornado_missile Ver.1.1.0</p> <p>5.2 検証結果</p> <p>前記(12)式で示した運動方程式は、流体中の質点が相対速度の2乗に比例した抗力を受けることを示すごく一般的なものであり、一定風速下では理論解が得られるが、竜巻のような移動する渦の風速場では理論解を得ることはできず、数値解析によって求めることとなる。</p>	<p>5. コードの検証</p> <p>5.1 移動する竜巻での検証</p> <p>Simiu and Scanlan<sup>(2)</sup>は、初速ゼロの飛来物が座標(Rm, 0, 40)[単位:m]に位置するものとして飛来物の運動を計算し、飛来物が地上に落下するまでに達した最大の水平速度を「飛来物最大水平速度」と定義して数値解析結果を得ている。そこで、これと同様に表5.1に示す3種類の竜巻条件(Tornado Type-I, -II, -III)を与えて、TONBOSによって「飛来物最大水平速度」<math>V_{hmax}</math>を求めた。</p>	<p>5. コードの検証</p> <p>5.1 移動する竜巻での検証</p> <p>Simiu and Scanlan<sup>(2)</sup>は、初速ゼロの飛来物が座標(Rm, 0, 40)[単位:m]に位置するものとして飛来物の運動を計算し、飛来物が地上に落下するまでに達した最大の水平速度を「飛来物最大水平速度」と定義して数値解析結果を得ている。そこで、これと同様に表5.1に示す3種類の竜巻条件(Tornado Type-I, -II, -III)を与えて、TONBOSによって「飛来物最大水平速度」<math>V_{hmax}</math>を求めた。</p>	



赤字: 設備, 運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
 青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
 緑字: 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																
<p>また、現状の竜巻の研究において、竜巻の風速場等の実態は正確には解明されていないがランキン渦状の風速分布を示すことは広く認められている。一方で、竜巻内の飛来物の速度や飛散距離を実験等にて実証した例は殆どなく、十分に信頼できる段階には至っていない。</p> <p>しかし、本解析の目的は、飛来物の速度や飛散距離を算出し、その値をもとに竜巻から防護すべき施設の評価や防護に必要となる対策内容を判断するためのものであることから、本解析の結果については実現象に対する精度よりも、保守性を示すことで計算機コードの妥当性を確認することが重要である。</p> <p>そこで、実績がある計算機コードによる結果と比較することで、本コードの妥当性を検証した。</p> <p>具体的には、tornado_missile の検証及び妥当性確認について Simiu &amp; Scanlan による解析結果及び江口ほか (電中研) [3]による解析結果に対し、同じ条件下の竜巻風速場での飛来物軌跡の解析を実施し、飛来物の速度、飛散距離の解析結果が概ね一致することを確認した。なお、Simiu &amp; Scanlan では飛来物の速度の解析結果のみが示されていることから、Simiu &amp; Scanlan に対しては飛来物の速度の比較のみを行った。また、江口ほか (電中研) に対しては飛来物の速度及び飛散距離の比較を行った。Simiu &amp; Scanlan 及び江口ほか (電中研) の飛来物の速度の解析結果との比較検証を図4、また、江口ほか (電中研) の飛散距離の解析結果との比較検証を図5に示す。</p> <p>(1) 飛来物の速度の比較検証</p> <p>a. Simiu &amp; Scanlan の飛来物の速度との比較検証</p> <p>(a) Simiu &amp; Scanlan の信頼性について</p> <p>Simiu は、米国原子力学会による「原子力発電所での竜巻、ハリケーン及び直進性の突風の特性を定める米国内基準」(ANSI/ANS-2.3-2011) [4]作成のワーキンググループのメンバーであり、また、FEMA による「公共安全室のための設計と建設」 [9]の第一版作成時に参画する等、米国において竜巻等の突風に対する基準・指針策定に関与してきた人物である。</p> <p>米国原子力規制委員会のNRC-SRP-3.5.1.4 (1981年) [6]では、竜巻飛来物に考慮すべき速度として、米国商務省国立標準局 (National Bureau of Standards) 在籍のSimiu &amp; Cordes (1976年)による飛来物の速度の評価結果を引用している。その後、米国原子力規制委員会では、設計竜巻の最大風速と飛来物の速度について見直し、Regulatory Guide 1.76 (2007年、NRC-RG-1.76) [7]として、原子力発電所のための設計竜巻と竜巻飛来物を示しなおした。そのNRC-RG-1.76では、飛来物の速度の評価法については、Simiu &amp; Scanlan による著書(第三版1996年)を引用している。すなわち、Simiu &amp; Cordes、Simiu &amp; Scanlan による飛来物の速度の評価法は、米国のように大きな竜巻が発生する地域における原子力発電所に対しても、考慮すべき飛来物の速度評価に十分信頼度がある結果をもたらすものと考えられる。</p> <p>Simiu &amp; Scanlan による著書は、風が受ける構造物に対する影響評価法を示す代表的な書籍である。その中で、竜巻による構造物の影響</p>	<p><b>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</b></p> <p>なお、表5.1の各条件は文献<sup>(2)</sup>のTable 3.5.1(p.127)に記載されている値を[mph]から[m/s]へ、[ft]から[m]に換算したものである。物体特性値 <math>C_{DA}/m</math> については、文献<sup>(2)</sup>のTable 16.3.1 (p.565)に掲載されている値 (<math>C_{DA}/m=0.0033, 0.0040, 0.0043, 0.0052, 0.0070, 0.0270[m^2/kg]</math>) 及びTable 16.3.2 (p.567, Tornado Type-I)のケース(a)に掲載されている値 (<math>C_{DA}/m=0.001, 0.01[m^2/kg]</math>) を選定して検証した。なお、全ケースで時間ステップ <math>\Delta t</math> を0.01[s]に設定した。また、空気密度 <math>\rho</math> は1.226[kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度 <math>g</math> は9.8[m/s<sup>2</sup>]とした。</p> <p>図5.1に物体特性 <math>C_{DA}/m</math> の各値に対する「飛来物最大水平速度」 <math>V_{hmax}</math> を文献<sup>(2)</sup>の結果と比較して示す。本数値解析の <math>V_{hmax}</math> の結果は文献<sup>(2)</sup>よりもやや大きい傾向<sup>*</sup>にある。評価においては保守側となる。</p> <p>表5.1 3種類の竜巻条件 (Tornado Type-I, -II, -III)</p> <table border="1" data-bbox="721 592 1321 708"> <thead> <tr> <th>竜巻条件</th> <th>最大水平風速 <math>V_m</math> [m/s]</th> <th>竜巻中心の移動速度 <math>V_{tr}</math> [m/s]</th> <th>最大風速半径 <math>R_m</math> [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tornado Type-I</td> <td>129.6</td> <td>31.3</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Tornado Type-II</td> <td>107.3</td> <td>26.8</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Tornado Type-III</td> <td>84.9</td> <td>22.4</td> <td>45.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>※: 数値解析法の違いによる相違と考えられる。</p>  <p>図5.1 Simiu&amp;Scanlan との比較</p>	竜巻条件	最大水平風速 $V_m$ [m/s]	竜巻中心の移動速度 $V_{tr}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]	Tornado Type-I	129.6	31.3	45.7	Tornado Type-II	107.3	26.8	45.7	Tornado Type-III	84.9	22.4	45.7	<p>なお、表5.1の各条件は文献<sup>(2)</sup>のTable 3.5.1(p.127)に記載されている値を[mph]から[m/s]へ、[ft]から[m]に換算したものである。物体特性値 <math>C_{DA}/m</math> については、文献<sup>(2)</sup>のTable 16.3.1 (p.565)に掲載されている値 (<math>C_{DA}/m=0.0033, 0.0040, 0.0043, 0.0052, 0.0070, 0.0270[m^2/kg]</math>) 及びTable 16.3.2 (p.567, Tornado Type-I)のケース(a)に掲載されている値 (<math>C_{DA}/m=0.001, 0.01[m^2/kg]</math>) を選定して検証した。なお、全ケースで時間ステップ <math>\Delta t</math> を0.01[s]に設定した。また、空気密度 <math>\rho</math> は1.226[kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度 <math>g</math> は9.8[m/s<sup>2</sup>]とした。</p> <p>図5.1に物体特性 <math>C_{DA}/m</math> の各値に対する「飛来物最大水平速度」 <math>V_{hmax}</math> を文献<sup>(2)</sup>の結果と比較して示す。本数値解析の <math>V_{hmax}</math> の結果は文献<sup>(2)</sup>よりもやや大きい傾向<sup>*</sup>にある。評価においては保守側となる。</p> <p>表5.1 3種類の竜巻条件 (Tornado Type-I, -II, -III)</p> <table border="1" data-bbox="1352 592 1953 708"> <thead> <tr> <th>竜巻条件</th> <th>最大水平風速 <math>V_m</math> [m/s]</th> <th>竜巻中心の移動速度 <math>V_{tr}</math> [m/s]</th> <th>最大風速半径 <math>R_m</math> [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tornado Type-I</td> <td>129.6</td> <td>31.3</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Tornado Type-II</td> <td>107.3</td> <td>26.8</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Tornado Type-III</td> <td>84.9</td> <td>22.4</td> <td>45.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>※: 数値解析法の違いによる相違と考えられる。</p>  <p>図5.1 Simiu&amp;Scanlan との比較</p>	竜巻条件	最大水平風速 $V_m$ [m/s]	竜巻中心の移動速度 $V_{tr}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]	Tornado Type-I	129.6	31.3	45.7	Tornado Type-II	107.3	26.8	45.7	Tornado Type-III	84.9	22.4	45.7	<p><b>【大飯】</b> 評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>
竜巻条件	最大水平風速 $V_m$ [m/s]	竜巻中心の移動速度 $V_{tr}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]																																
Tornado Type-I	129.6	31.3	45.7																																
Tornado Type-II	107.3	26.8	45.7																																
Tornado Type-III	84.9	22.4	45.7																																
竜巻条件	最大水平風速 $V_m$ [m/s]	竜巻中心の移動速度 $V_{tr}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]																																
Tornado Type-I	129.6	31.3	45.7																																
Tornado Type-II	107.3	26.8	45.7																																
Tornado Type-III	84.9	22.4	45.7																																



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由												
<p>評価方法を示しており、竜巻による風速場について本資料の3.1項に示すランキン渦でモデル化し、その風速場で飛来物が受ける力のつり合いについて本資料の3.2項に示す相対速度の2乗に比例した抗力を受けて定式化することを示している。また、これらの定式化に従って評価した結果については、Simiu &amp; Cordesの結果を引用し、360mph、300mph、240mphの最大風速を有する竜巻に対して、空力パラメータと飛来物の速度の関係を示している。</p> <p>竜巻による飛来物の速度について、Simiu &amp; Scanlanによると、文献<sup>[3]~[4]</sup>をもとに、実際の風速場ではランキン渦モデルで定式化する場合よりも最大接線風速半径内では半径方向の風速は遅く、鉛直方向の風速についても彼らが設定した風速よりも遅い。そのため、実際の飛来物は計算結果より早く落下し、飛来物の速度も小さいとしている。これらから、tornado_missileによって得られる飛来物の速度等についても、実際よりも保守側であると考える。</p> <p>なお、Simiu &amp; Scanlanによる著書では、評価の概要とある条件（最大風速が360mph、300mph、240mph時で、最大接線風速半径が45.7m（推定値）の場合、等）における飛来物の速度の算出結果が示されているが、その解析コード等の詳細が公開されていないため、設計に用いる設計竜巻の最大風速100m/sの評価には用いることができない。よって、Simiu &amp; Scanlanで示されている風速場や飛来物が受ける力の釣り合い等の考え方に基づき開発したtornado_missileを用いた評価を行った。</p> <p>(b) Simiu &amp; Scanlanとtornado_missileの飛来物の速度の比較結果について</p> <p>tornado_missileとSimiu &amp; Scanlanの解析結果を比較するために、Simiu &amp; Scanlanが示す飛来物の速度の評価時と同等の条件をtornado_missileに与えて解析を実施し、両者の解析結果を比較することで、妥当性検証を実施した。評価条件を表1に、比較の結果を図4に示す。</p> <p>Simiu &amp; Scanlanにおいて、空気密度等の評価条件が明らかとなっていないが、日本と米国で大きな差はないと考えられることから、tornado_missileでは一般的な値を採用した。</p> <p>図4に示すように、tornado_missileの空力パラメータに対する飛来物の速度の解析結果である青●及び青■は、Simiu &amp; Scanlanによる結果である青点線と比較し、例えば、竜巻の最大風速が107.3m/sの場合において、空力パラメータ0.006m<sup>2</sup>/kgでは飛来物の速度が40~45m/sとなること、空力パラメータが0.02m<sup>2</sup>/kgでは、飛来物の速度が50~55m/sになること等、空力パラメータと飛来物の速度の非線形な特性が、両者で概ね一致することを確認している。</p> <p>なお、tornado_missileによる結果は、Simiu &amp; Scanlanによる結果よりも、やや大きくなる傾向があり、保守側の結果を示している。その差は、表1に示す「不明」の条件等による差に起因していると考えられ、tornado_missileの評価結果がSimiu &amp; Scanlanの評価結果よりやや大きめの値を示すことから、tornado_missileにて設定した評価条件は保守的であると考える。</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>5. 2 国内最大級相当条件での比較</p> <p>『東京工芸大学，“平成21~22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」”，独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書，平成23年2月。（以下、「文献<sup>(4)</sup>」という。）』のp.237に示されている竜巻条件に相当する計算条件（表5.2）をTONBOSに与えて、「飛来物最大水平速度」<math>V_{h^{max}}</math>を求めた。文献<sup>(4)</sup>の竜巻風速場の生成方法は文献<sup>(3)</sup>と同様にLES解析結果に基づくものであるが、高さ40[m]のx、y方向に±3Rmの正方形の25×25箇所から飛来物を複数回、放出して<math>V_{h^{max}}</math>を求めている。TONBOSでも、同様の位置から飛来物を放出して<math>V_{h^{max}}</math>を計算した。図5.2に物体特性<math>C_D A/m</math>の各値に対する<math>V_{h^{max}}</math>を文献<sup>(4)</sup>の結果と比較して示す。物体特性<math>C_D A/m</math>が小さい条件では、文献<sup>(4)</sup>の<math>V_{h^{max}}</math>は本数値解析の<math>V_{h^{max}}</math>の結果よりも小さい傾向にあるが、物体特性<math>C_D A/m</math>が大きい条件では逆の傾向となる。しかしながら、両者は良く整合することが分かる。</p> <p>物体特性<math>C_D A/m</math>の大小によって<math>V_{h^{max}}</math>の相対的な大小が逆転する理由としては、<math>C_D A/m</math>が小さい場合は、LES解析の風速場の上昇速度がランキン渦に比べ小さく、水平方向に十分加速される前に早く落下するが、<math>C_D A/m</math>が大きい場合は、物体が飛散しやすいため気流中の滞在時間が長くなり、LES解析の風速場の乱れの影響を受けて大きな飛来物速度となるためと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">表5.2 竜巻条件</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>最大接線風速 [m/s]</th> <th>竜巻移動速度 <math>V_{\tau r}</math> [m/s]</th> <th>最大風速半径 <math>R_m</math> [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">84</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">図5.2 文献(4)との比較</p>	最大接線風速 [m/s]	竜巻移動速度 $V_{\tau r}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]	84	16	30	<p>5. 2 国内最大級相当条件での比較</p> <p>『東京工芸大学，“平成21~22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」”，独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書，平成23年2月。（以下、「文献<sup>(4)</sup>」という。）』のp.237に示されている竜巻条件に相当する計算条件（表5.2）をTONBOSに与えて、「飛来物最大水平速度」<math>V_{h^{max}}</math>を求めた。文献<sup>(4)</sup>の竜巻風速場の生成方法は文献<sup>(3)</sup>と同様にLES解析結果に基づくものであるが、高さ40[m]のx、y方向に±3Rmの正方形の25×25箇所から飛来物を複数回、放出して<math>V_{h^{max}}</math>を求めている。TONBOSでも、同様の位置から飛来物を放出して<math>V_{h^{max}}</math>を計算した。図5.2に物体特性<math>C_D A/m</math>の各値に対する<math>V_{h^{max}}</math>を文献<sup>(4)</sup>の結果と比較して示す。物体特性<math>C_D A/m</math>が小さい条件では、文献<sup>(4)</sup>の<math>V_{h^{max}}</math>は本数値解析の<math>V_{h^{max}}</math>の結果よりも小さい傾向にあるが、物体特性<math>C_D A/m</math>が大きい条件では逆の傾向となる。しかしながら、両者は良く整合することが分かる。</p> <p>物体特性<math>C_D A/m</math>の大小によって<math>V_{h^{max}}</math>の相対的な大小が逆転する理由としては、<math>C_D A/m</math>が小さい場合は、LES解析の風速場の上昇速度がランキン渦に比べ小さく、水平方向に十分加速される前に早く落下するが、<math>C_D A/m</math>が大きい場合は、物体が飛散しやすいため気流中の滞在時間が長くなり、LES解析の風速場の乱れの影響を受けて大きな飛来物速度となるためと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">表5.2 竜巻条件</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>最大接線風速 [m/s]</th> <th>竜巻移動速度 <math>V_{\tau r}</math> [m/s]</th> <th>最大風速半径 <math>R_m</math> [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">84</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">30</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">図5.2 文献(4)との比較</p>	最大接線風速 [m/s]	竜巻移動速度 $V_{\tau r}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]	84	16	30	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>
最大接線風速 [m/s]	竜巻移動速度 $V_{\tau r}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]													
84	16	30													
最大接線風速 [m/s]	竜巻移動速度 $V_{\tau r}$ [m/s]	最大風速半径 $R_m$ [m/s]													
84	16	30													



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																					
<p>b. 江口ほか（電中研）の飛来物の速度との比較検証</p> <p>(a) 江口ほか（電中研）の信頼性について</p> <p>江口ほか（電中研）による計算機コードは、Simiu &amp; Cordes と同様の飛来物の速度を求めるものである。本解析コードは、非定常風速場を用いる既往研究<sup>[10][16]</sup>の解析結果と概ね一致することが検証されている。</p> <p>(b) 江口ほか（電中研）と tornado_missile の飛来物の速度の比較結果について</p> <p>江口ほか（電中研）は Simiu &amp; Scanlan による飛来物の速度の評価と同等の条件を与えた飛来物の速度の解析を行った。それと同等の条件を tornado_missile に与えて解析を実施し、両者の解析結果を比較することで、妥当性検証を実施した。</p> <p>評価条件を表1に、比較の結果を図4に示す。図4に tornado_missile より算出した空力パラメータに対する飛来物の速度を示す。青●及び青■は、江口ほか（電中研）による解析結果の赤実線にあり、両者が概ね一致することを確認している。なお、tornado_missile 及び江口ほか（電中研）による結果は、前述のとおり、Simiu &amp; Scanlan の結果よりやや大きめの飛来物の速度となり、保守側の値を示す。</p>	<p><b>【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</b></p> <p>（備考）「日本流体力学会年会、江口謙、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物の速度の評価、2013。」より抜粋。</p> <p>5. 3 飛散距離及び飛散高さについて</p> <p>飛散距離及び飛散高さについては、米国の解析結果では示されていないが、飛来物速度を積分することによりそれぞれの位置（飛散距離及び飛散高さ）が算出できる。飛来物速度が5. 1及び5. 2項で妥当であると検証していることから、飛散距離及び飛散高さについても妥当であると考えられる。</p> <p>6. 妥当性確認</p> <p>TONBOS を竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは次のとおり妥当である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。</li> <li>・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようにしている。</li> </ul> <p>7. その他</p> <p>7. 1 飛来物の速度及び飛散距離等の評価について</p> <p>TONBOS を用いた解析により、空力パラメータと飛来物が地上に落下するまでに達した最大の水平速度 <math>V_{h-max}</math>、最大飛散距離（x-y 平面での初期位置と落下位置の距離で最大のもの）、最大高さ（全飛来物のうちで上昇量が最大のもの）の相関を算出している。（図7.1～7.2(a), (b)）この相関を用いて発電所構内にある物品の飛来物の速度及び飛散距離等の評価を実施している。（詳細は「別添3：固定、固縛又は竜巻防護施設から隔離する対象物の選定プロセスについて」参照）</p>	<p>（備考）「日本流体力学会年会、江口謙、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物の速度の評価、2013。」より抜粋。</p> <p>5. 3 飛散距離及び飛散高さについて</p> <p>飛散距離及び飛散高さについては、米国の解析結果では示されていないが、飛来物速度を積分することによりそれぞれの位置（飛散距離及び飛散高さ）が算出できる。飛来物速度が5. 1及び5. 2項で妥当であると検証していることから、飛散距離及び飛散高さについても妥当であると考えられる。</p> <p>6. 妥当性確認</p> <p>TONBOS を竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離等の評価に使用することは次のとおり妥当である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。</li> <li>・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようにしている。</li> </ul> <p>7. その他</p> <p>7. 1 飛来物の速度及び飛散距離等の評価について</p> <p>TONBOS を用いた解析により、空力パラメータと飛来物が地上に落下するまでに達した最大の水平速度 <math>V_{h-max}</math>、最大飛散距離（x-y 平面での初期位置と落下位置の距離で最大のもの）、最大高さ（全飛来物のうちで上昇量が最大のもの）の相関を算出している。（図7.1～7.2(a), (b)）この相関を用いて発電所構内にある物品の飛来物の速度及び飛散距離等の評価を実施している。</p>	<p><b>【大飯】</b> 評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TONBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>																																																																					
<p>表1 評価条件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">本検討 (tornado_missile)</th> <th colspan="2">Simiu &amp; Scanlan</th> <th colspan="2">江口ほか (電中研)</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>III</th> <th>I</th> <th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大風速</td> <td>160.9m/s</td> <td>107.3m/s</td> <td>360mph</td> <td>240mph</td> <td>160.9m/s</td> <td>107.3m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>129.6m/s</td> <td>84.9m/s</td> <td>290mph</td> <td>190mph</td> <td>129.6m/s</td> <td>84.9 m/s</td> </tr> <tr> <td>竜巻中心の移動速度</td> <td>31.3m/s</td> <td>22.4m/s</td> <td>70mph</td> <td>50mph</td> <td>31.3 m/s</td> <td>22.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速半径</td> <td>45.7m</td> <td>45.7m (推定値)</td> <td></td> <td></td> <td>45.7m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>空気密度</td> <td>1.226kg/m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1.226kg/m<sup>3</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <td>飛来物初期位置 (x, y, z)</td> <td>45.7m, 0, 40m</td> <td>150ft, 0, 40m</td> <td></td> <td></td> <td>45.7m, 0, 40m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>解析時間刻み</td> <td>0.01s</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.01s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>重力加速度</td> <td>9.8m/s<sup>2</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9.8m/s<sup>2</sup></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*評価条件を明確にしているが、空気密度、重力加速度については、日本と米国で大きな差がないと考える。          **数値解析法及びその評価条件については明確にしている。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tornado Type-I (tornado_missile)</li> <li>■ Tornado Type-III</li> <li>○ Tornado Type-I (Simiu&amp;Scanlan, 1996)</li> <li>▲ Tornado Type-II</li> <li>□ Tornado Type-III</li> <li>● Tornado Type-I (江口ほか(電中研))</li> <li>▲ Tornado Type-II</li> <li>■ Tornado Type-III</li> </ul> </div>		本検討 (tornado_missile)		Simiu & Scanlan		江口ほか (電中研)		I	III	I	III	I	III	最大風速	160.9m/s	107.3m/s	360mph	240mph	160.9m/s	107.3m/s	最大接線風速	129.6m/s	84.9m/s	290mph	190mph	129.6m/s	84.9 m/s	竜巻中心の移動速度	31.3m/s	22.4m/s	70mph	50mph	31.3 m/s	22.4 m/s	最大接線風速半径	45.7m	45.7m (推定値)			45.7m		空気密度	1.226kg/m <sup>3</sup>				1.226kg/m <sup>3</sup>		飛来物初期位置 (x, y, z)	45.7m, 0, 40m	150ft, 0, 40m			45.7m, 0, 40m		解析時間刻み	0.01s				0.01s		重力加速度	9.8m/s <sup>2</sup>				9.8m/s <sup>2</sup>				<p><b>【伊方】</b> 記載方針の相違</p>
		本検討 (tornado_missile)		Simiu & Scanlan		江口ほか (電中研)																																																																		
	I	III	I	III	I	III																																																																		
最大風速	160.9m/s	107.3m/s	360mph	240mph	160.9m/s	107.3m/s																																																																		
最大接線風速	129.6m/s	84.9m/s	290mph	190mph	129.6m/s	84.9 m/s																																																																		
竜巻中心の移動速度	31.3m/s	22.4m/s	70mph	50mph	31.3 m/s	22.4 m/s																																																																		
最大接線風速半径	45.7m	45.7m (推定値)			45.7m																																																																			
空気密度	1.226kg/m <sup>3</sup>				1.226kg/m <sup>3</sup>																																																																			
飛来物初期位置 (x, y, z)	45.7m, 0, 40m	150ft, 0, 40m			45.7m, 0, 40m																																																																			
解析時間刻み	0.01s				0.01s																																																																			
重力加速度	9.8m/s <sup>2</sup>				9.8m/s <sup>2</sup>																																																																			

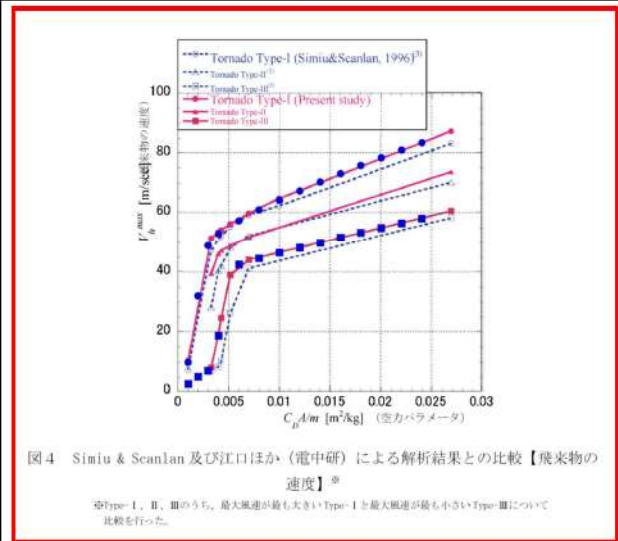
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

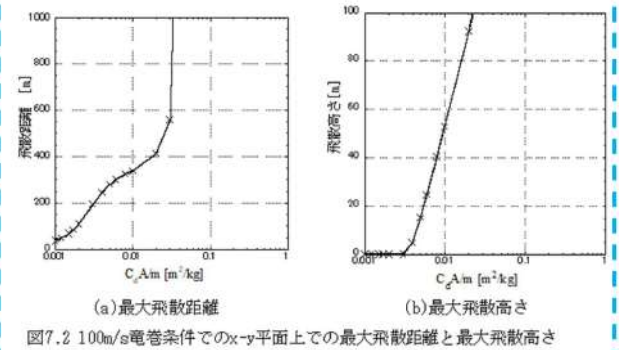
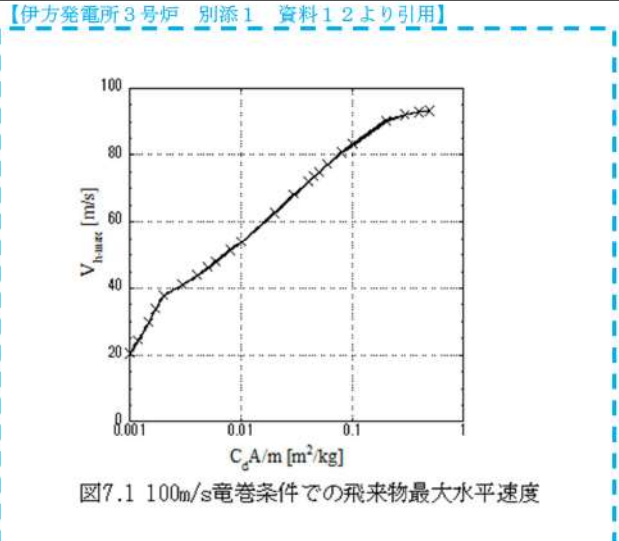
相違理由



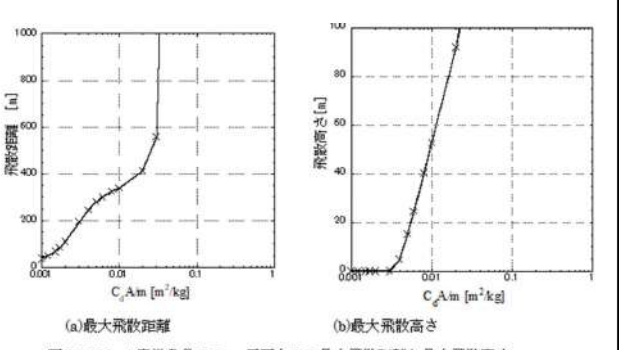
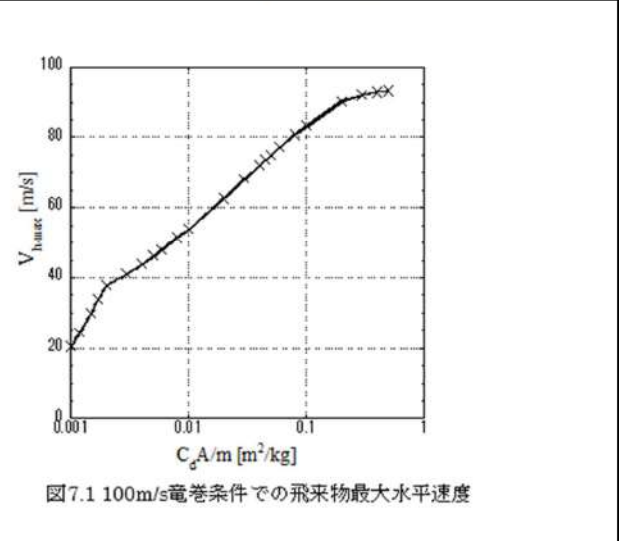
(2) 飛散距離の比較検証  
 江口ほか（電中研）が示す飛散距離の評価時と同等の条件を tornado\_missile に与えて解析を実施し、両者の解析結果を比較することで、妥当性検証を実施した。  
 比較の結果を図5に示す。図5に tornado\_missile より算出した空力パラメータに対する飛散距離を示す。青◆は、江口ほか（電中研）による解析結果の赤実線にあり、両者が概ね一致を示すことを確認している。

表2 評価条件

	本検討 (tornado_missile)	江口ほか (電中研)
最大風速	100m/s	100m/s
最大接線風速	85m/s	85m/s
竜巻中心の移動速度	15m/s	15m/s
最大接線風速半径	30.0m	30.0m
空気密度	1.22kg/m <sup>3</sup>	1.22kg/m <sup>3</sup>
飛来物初期高さ	40m	40m
解析時間刻み	0.01s	0.01s
重力加速度	9.8m/s <sup>2</sup>	9.8m/s <sup>2</sup>



8. 参考文献  
 (1) Simiu, E. and Cordes, M., NBSIR 76-1050. Tornado-Borne Missile Speeds, 1976.  
 (2) Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.



8. 参考文献  
 (1) Simiu, E. and Cordes, M., NBSIR 76-1050. Tornado-Borne Missile Speeds, 1976.  
 (2) Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.

【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>図5 江口ほか（電中研）による解析結果との比較【飛散距離】</p> <p>(3) 陽解法の精度について              tornado_missile においては、時間的な変化を逐次解析する直接時間積分法として陽解法を用いた解析を行っている。              陽解法の精度については、江口ほか（電中研）でも同様に陽解法が用いられており、陽解法による解析結果と陰解法による解析結果を比較し、解析時間刻みを0.1s以下にすれば、陰解法に対する陽解法の相対誤差は1%以下に抑えることができるとしている。              従って、tornado_missile と陰解法を用いた江口ほか（電中研）による解析結果が概ね一致していること（図4及び図5参照）、及び本解析における tornado_missile の解析時間刻みは0.01sとしていることから、陽解法が起因する誤差は十分小さいと考える。</p> <p>5.3 妥当性確認結果              tornado_missile を、竜巻により発生する飛来物の速度及び飛散距離の評価に使用することは、次のとおり妥当である。              ・本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さの評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が合致している。              ・評価は妥当性を確認している範囲内で行うようにしている。              なお、一部の飛来物について空力パラメータの値が3.4項で示す適用範囲の0.025m<sup>2</sup>/kgを上回るものがある。空力パラメータが大きくなると飛散距離は発散する（図5参照）が、これに該当する飛来物は受圧面積に対し質量が非常に小さいものであることから構造物への衝突による影響は小さく、個別に飛来物の速度から得られる飛来時の運動エネルギー、貫通力等を評価し、竜巻防護施設に影響がないことを確認している。</p> <p>6. 参考文献              [1] E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effects on Structures, Wiley, 1977, (3rd.Edition 1996).</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>(3) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.99(4), pp.249-256, 2011.</p> <p>(4) 東京工芸大学, “平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 平成 23 年 2 月.</p> <p>(5) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.</p> <p>(6) 丸山敬, “数値的に生成された竜巻状の渦の性質”, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月.</p> <p>9. 付録              (付録1) E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effects on Structures, Wiley, 1977, (3rd. Edition 1996).              (付録2) 東京工芸大学, “平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書, 平成 23 年 2 月              (付録3) 日本流体力学会年会, 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸: 移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価, 2013</p>	<p>(3) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.99(4), pp.249-256, 2011.</p> <p>(4) 東京工芸大学, “平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 平成 23 年 2 月.</p> <p>(5) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.</p> <p>(6) 丸山敬, “数値的に生成された竜巻状の渦の性質”, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月.</p> <p>9. 付録              (付録1) E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effects on Structures, Wiley, 1977, (3rd. Edition 1996).              (付録2) 東京工芸大学, “平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書, 平成 23 年 2 月              (付録3) 日本流体力学会年会, 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸: 移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価, 2013</p>	<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>[2] E. Simiu &amp; M. Cordes: Tornado-Borne Missile Speeds, NBSIR 76-1050, 1976.</p> <p>[3] 日本流体力学会年会、江口譲、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物の速度の評価、2013.</p> <p>[4] 米国原子力学会（American Nuclear Society）：American National Standard estimating tornado, hurricane, and extreme straight line wind characteristics at nuclear facility sites, ANSI/ANS-2.3-2011,2011.</p> <p>[5] 米国連邦緊急事態管理庁 Federal Emergency Management Agency of the United States, FEMA): Design and Construction Guidance for Community Safe Rooms, FEMA 361, Second Edition, 2008.</p> <p>[6] 米国原子力規制委員会（U.S. Nuclear Regulatory Commission）：Standard Review Plan 3.5.1.4 Missile Generated by Natural Phenomena, NUREG-0800, 1981.</p> <p>[7] 米国原子力規制委員会（U.S. Nuclear Regulatory Commission）：Design-basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Regulatory Guide, 1.76, 2007.</p> <p>[8] D.F. Paddleford, Characteristics of Tornado Generated Missiles, Report No. WCAP-7897, Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa., 1969.</p> <p>[9] A. J.H. Lee, Design Parameters for Tornado Generated Missiles, Topical Report No. GAI-TR-102, Gilbert Associates, Inc., Reading, Pa., 1975.</p> <p>[10] The Generation of Missiles by Tornadoes, Report No. TVA-TR74-1, Tennessee Valley Authority, Knoxville, 1974.</p> <p>[11] R.C. Lotti, Velocities of Tornado-Generated Missiles, Report No. ETR-1003, Ebasco Services, Inc., New York, 1975.</p> <p>[12] D.R. Beeth and S. H. Hobbs, Jr., Analysis of Tornado Generated Missiles, Report No. BSR-001, Brown and Root, Inc., Houston, TX, 1975.</p> <p>[13] B.L. Meyers and W.M. Morrow, Tornado Missile Risk Model, Report No. BC-TOP-10, Bechtel Power Corp., San Francisco, CA, 1975.</p> <p>[14] A. K. Battacharya, R.C. Boritz, and P.K. Niyogi, Characteristics of Tornado Generated Missiles, Report No. VEC-TR-002-0, United Engineers and Constructors, Inc., Philadelphia, 1975.</p> <p>[15] 東京工芸大学、“平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究（平成 22 年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”、独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書、平成 23 年 2 月</p> <p>[16] 丸山敬、“数値的に生成された竜巻状の渦の性質” 京都大学防災研究所年報、第 53 号 B, 平成 22 年 6 月</p> <p>7. 付録                  付録 1 E. Simiu &amp; R.H. Scanlan: Wind Effects on Structures, Wiley, 1977, (3rd. Edition 1996).</p>			<p>【大飯】評価方針の相違・泊では飛来物の評価を行うソフトとして、大飯と異なるものを使用している。なお、泊で使用している「TOMBOS」は伊方発電所3号炉で使用実績があり、女川欄に伊方審査実績を引用した。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3 / 4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由														
<p>付録2 東京工芸大学、“平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”、独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書、平成23年2月</p> <p>付録3 日本流体力学会年会、江口譲、杉本聡一郎、服部康男、平口博丸：移動ランキン渦モデルによる飛来物の速度の評価、2013.</p> <p>（3）3次元有限要素法による衝突解析（竜巻飛来物影響評価）</p>			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">コード名</th> <th style="width: 85%;">LS-DYNA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>開発機関</td> <td>Livermore Software Technology Corporation</td> </tr> <tr> <td>開発時期</td> <td>1987年</td> </tr> <tr> <td>使用したバージョン</td> <td>Ver. R7.1.2</td> </tr> <tr> <td>使用目的</td> <td>3次元有限要素法による衝突解析（竜巻飛来物影響評価）</td> </tr> <tr> <td>コードの概要</td> <td> <p>LS-DYNAは、Lawrence Livermore 研究所により開発・公開された陽解法有限要素法 DYN3D を基に開発された構造解析用の汎用市販コードである。</p> <p>機械・土木・建築、その他の広範な分野に及ぶ要素群、非線形モデルを多数サポートしており、国内外を問わず多くの利用実績がある。陽的時間積分を用いており、衝突問題など短時間の動的現象シミュレーションに適している。</p> <p>また、大変形の非線形問題への適用が容易である点に特徴がある。衝突問題や動的加重を受ける構造物の応力、ひずみや加速度応答などを算出する。</p> </td> </tr> <tr> <td>検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)</td> <td> <p>LS-DYNA Ver. R7.1.2は、ディーゼル発電機室水密扉及び永久構台の3次元有限要素法による衝突解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「基礎からの衝突工学(森北出版(株))」の例題と LS-DYNA Ver. 971 Ver. R7.1.1により解析した衝撃力を比較し、良く一致することを確認している。</li> <li>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満たしていることを確認している。</li> </ul> <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、自動車、航空機などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	コード名	LS-DYNA	開発機関	Livermore Software Technology Corporation	開発時期	1987年	使用したバージョン	Ver. R7.1.2	使用目的	3次元有限要素法による衝突解析（竜巻飛来物影響評価）	コードの概要	<p>LS-DYNAは、Lawrence Livermore 研究所により開発・公開された陽解法有限要素法 DYN3D を基に開発された構造解析用の汎用市販コードである。</p> <p>機械・土木・建築、その他の広範な分野に及ぶ要素群、非線形モデルを多数サポートしており、国内外を問わず多くの利用実績がある。陽的時間積分を用いており、衝突問題など短時間の動的現象シミュレーションに適している。</p> <p>また、大変形の非線形問題への適用が容易である点に特徴がある。衝突問題や動的加重を受ける構造物の応力、ひずみや加速度応答などを算出する。</p>	検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)	<p>LS-DYNA Ver. R7.1.2は、ディーゼル発電機室水密扉及び永久構台の3次元有限要素法による衝突解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「基礎からの衝突工学(森北出版(株))」の例題と LS-DYNA Ver. 971 Ver. R7.1.1により解析した衝撃力を比較し、良く一致することを確認している。</li> <li>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満たしていることを確認している。</li> </ul> <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、自動車、航空機などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。</li> </ul>			
コード名	LS-DYNA																
開発機関	Livermore Software Technology Corporation																
開発時期	1987年																
使用したバージョン	Ver. R7.1.2																
使用目的	3次元有限要素法による衝突解析（竜巻飛来物影響評価）																
コードの概要	<p>LS-DYNAは、Lawrence Livermore 研究所により開発・公開された陽解法有限要素法 DYN3D を基に開発された構造解析用の汎用市販コードである。</p> <p>機械・土木・建築、その他の広範な分野に及ぶ要素群、非線形モデルを多数サポートしており、国内外を問わず多くの利用実績がある。陽的時間積分を用いており、衝突問題など短時間の動的現象シミュレーションに適している。</p> <p>また、大変形の非線形問題への適用が容易である点に特徴がある。衝突問題や動的加重を受ける構造物の応力、ひずみや加速度応答などを算出する。</p>																
検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)	<p>LS-DYNA Ver. R7.1.2は、ディーゼル発電機室水密扉及び永久構台の3次元有限要素法による衝突解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「基礎からの衝突工学(森北出版(株))」の例題と LS-DYNA Ver. 971 Ver. R7.1.1により解析した衝撃力を比較し、良く一致することを確認している。</li> <li>・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満たしていることを確認している。</li> </ul> <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、自動車、航空機などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。</li> </ul>																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																		
<div data-bbox="89 151 694 422" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Norwegian University of Science and Technology により、薄板鋼管の軸方向圧縮破壊試験のシミュレーション解析が行なわれており、解析結果と実験結果が概ね一致することを確認している。</li> <li>・ 本評価で行なう3次元有限要素法による動的解析（衝突解析）の用途、適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内にあることを確認している。</li> <li>・ 本評価において使用するバージョンのうち Ver.R7.1.2 は、既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行なわれていないことを確認している。</li> </ul> </div> <p>1. 一般事項</p> <p>LS-DYNA は Lawrence Livermore 研究所により開発された、公開コードである陽解法有限要素法 DYNA3D を基に開発され、1987 年に Livermore Software Technology Corporation により、商用版としてリリースされた。</p> <p>LS-DYNA は、空間の離散化と陽的時間積分法（陽解法）をベースとした非線形問題解法用の汎用プログラムである。ソルバーは有限要素法の離散化と中央差分法を適用した陽解法による時間積分をベースとする。また、Newmark <math>\beta</math> 法等を適用した陰的解法（陰解法：時間積分を伴う動的問題と時間積分をしない静的問題に対応）を選択することも可能であり、衝突問題や成形問題等の複雑な物理表現を効率よく解析できる。ソルバーの特徴となる陽解法と陰解法の概要を第1表に示す。</p> <p>陽解法、陰解法による非線形動的解析のほか、熱解析、流体-構造連成解析等、様々な解析が可能である。また、梁要素、シェル要素、ソリッド要素等多くの要素を用いることができ、機械、土木・建築分野のほか、防衛、自動車、船舶等多分野で幅広く用いられている。</p> <p>本解析は、規範範囲拡大に伴う新たな解析として竜巻防護ネット（架構）、建屋の構造解析（衝突解析）を行うものであり、一般的な物体の運動方程式に基づいた解析に基づいた解法に、衝突物・被衝突物の非線形要素を考慮した解析とする。竜巻防護ネット（架構）、建屋に対する飛来物の衝突評価を実施する必要があるため、短時間の動的現象を模擬できるコードとして本コードを用いている。</p> <div data-bbox="89 1165 694 1460" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>第1表 LS-DYNA で適用する解析法の概要</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>陽解法</th> <th>陰解法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解法</td> <td>中央差分法</td> <td>修正 Newton 法、Newmark <math>\beta</math> 法など</td> </tr> <tr> <td>非線形問題への適用性</td> <td>・ 収束計算が必要ない。 ・ 時間増分が細かい。</td> <td>・ 収束計算が必要となる。 ・ 時間増分は得たい振動周期による。</td> </tr> <tr> <td>安定解の条件</td> <td>時間増分を細かくすることで解の信頼性を確保</td> <td>収束判定条件により解の信頼性を確保</td> </tr> <tr> <td>計算時間</td> <td>1 タイムステップごとの計算時間は短いが多量のタイムステップが必要である。</td> <td>1 タイムステップごとの求解に時間を要するが、総タイムステップは少ない。</td> </tr> <tr> <td>得意とする解析領域</td> <td>衝撃解析</td> <td>・ 振動解析（Newmark <math>\beta</math> 法） ・ 静的解析（修正 Newton 法）</td> </tr> </tbody> </table> </div>		陽解法	陰解法	解法	中央差分法	修正 Newton 法、Newmark $\beta$ 法など	非線形問題への適用性	・ 収束計算が必要ない。 ・ 時間増分が細かい。	・ 収束計算が必要となる。 ・ 時間増分は得たい振動周期による。	安定解の条件	時間増分を細かくすることで解の信頼性を確保	収束判定条件により解の信頼性を確保	計算時間	1 タイムステップごとの計算時間は短いが多量のタイムステップが必要である。	1 タイムステップごとの求解に時間を要するが、総タイムステップは少ない。	得意とする解析領域	衝撃解析	・ 振動解析（Newmark $\beta$ 法） ・ 静的解析（修正 Newton 法）			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>
	陽解法	陰解法																			
解法	中央差分法	修正 Newton 法、Newmark $\beta$ 法など																			
非線形問題への適用性	・ 収束計算が必要ない。 ・ 時間増分が細かい。	・ 収束計算が必要となる。 ・ 時間増分は得たい振動周期による。																			
安定解の条件	時間増分を細かくすることで解の信頼性を確保	収束判定条件により解の信頼性を確保																			
計算時間	1 タイムステップごとの計算時間は短いが多量のタイムステップが必要である。	1 タイムステップごとの求解に時間を要するが、総タイムステップは少ない。																			
得意とする解析領域	衝撃解析	・ 振動解析（Newmark $\beta$ 法） ・ 静的解析（修正 Newton 法）																			



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由														
<p>2. 解析コードの特徴</p> <p>(1) 解析機能</p> <p>第2表に示すように、多くの解析機能が用意されている。</p> <div data-bbox="85 295 698 651" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">第2表 使用コードの解析機能</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">解析機能</th> <th style="width: 50%;">備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有限要素法</li> <li>・陽的時間積分法（陽解法）</li> <li>・非線形現象への対応（材料非線形・幾何学的非線形・境界条件非線形）</li> <li>・動解析（衝撃問題）</li> <li>・陰的解法（静的応力解析、固有値解析）</li> </ul> </td> <td>今回の評価に関連する。</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・準静的解析（塑性加工問題）</li> <li>・熱構造連成解析</li> <li>・流体構造連成解析</li> <li>・音響解析</li> </ul> </td> <td>今回の評価に関係しない。</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>(2) 要素の種類</p> <p>主な要素を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・はり要素</li> <li>・シェル要素（3角形、4角形、軸対象等）</li> <li>・ソリッド要素（4面体、6面体等）</li> <li>・スプリング、ダンパー要素</li> </ul> <p>(3) 解析規模</p> <p>並列計算や領域分割法ができ、多自由度又は大規模な構造を解くことが可能である。</p> <p>(4) プリポスト</p> <p>LS-DYNA は数値解析のみを受け持つ。HyperMesh やMSC/Patran 等の汎用プリソフトにより解析前のモデル化を行いLS-DYNA で読み込み可能なインプットファイルを作成する。LS-DYNA で作成されたアウトプットファイルは、LS-DYNA 開発元が提供しているLSPrePostにて解析後の結果表示を行う。</p> <p>また、今回の解析における本解析コードのバージョン、件名、使用要素及び評価内容を第3表に示す。</p> <div data-bbox="85 1284 698 1407" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">第3表 使用件名</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">バージョン</th> <th style="width: 30%;">件名</th> <th style="width: 15%;">使用要素</th> <th style="width: 40%;">評価内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ver. R7.1.2</td> <td>ディーゼル発電機室水密扉 永久構造</td> <td>—</td> <td>衝突解析 (竜巻飛来物影響評価)</td> </tr> </tbody> </table> </div>	解析機能	備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有限要素法</li> <li>・陽的時間積分法（陽解法）</li> <li>・非線形現象への対応（材料非線形・幾何学的非線形・境界条件非線形）</li> <li>・動解析（衝撃問題）</li> <li>・陰的解法（静的応力解析、固有値解析）</li> </ul>	今回の評価に関連する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・準静的解析（塑性加工問題）</li> <li>・熱構造連成解析</li> <li>・流体構造連成解析</li> <li>・音響解析</li> </ul>	今回の評価に関係しない。	バージョン	件名	使用要素	評価内容	Ver. R7.1.2	ディーゼル発電機室水密扉 永久構造	—	衝突解析 (竜巻飛来物影響評価)			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>
解析機能	備考																
<ul style="list-style-type: none"> <li>・有限要素法</li> <li>・陽的時間積分法（陽解法）</li> <li>・非線形現象への対応（材料非線形・幾何学的非線形・境界条件非線形）</li> <li>・動解析（衝撃問題）</li> <li>・陰的解法（静的応力解析、固有値解析）</li> </ul>	今回の評価に関連する。																
<ul style="list-style-type: none"> <li>・準静的解析（塑性加工問題）</li> <li>・熱構造連成解析</li> <li>・流体構造連成解析</li> <li>・音響解析</li> </ul>	今回の評価に関係しない。																
バージョン	件名	使用要素	評価内容														
Ver. R7.1.2	ディーゼル発電機室水密扉 永久構造	—	衝突解析 (竜巻飛来物影響評価)														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>3. 解析手法</p> <p>LS-DYNA は陽解法及び陰解法に基づくソルバーが各々用意されており、各ソルバーを選択又は並行して使用することができる。本工認資料のために用いた衝突問題では、主に陽解法（陽的時間積分法）に基づいた解析によっている。LS-DYNA による陽解法の計算は第1図に示すフローチャートによる。</p> <div data-bbox="78 351 694 1292" style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <pre> graph TD     Start([解析スタート]) --&gt; Init[入力データの読み込み 解析の初期化]     Init --&gt; BC[荷重境界条件の適用]     BC --&gt; Stress[要素応力の計算]     Stress --&gt; Contact[接触力の計算]     Contact --&gt; Acc1[速度境界条件を考慮した 節点加速度へ更新]     Acc1 --&gt; Acc2[接触、剛体要素、 その他解析条件を考慮した 節点加速度へ更新]     Acc2 --&gt; Integ[時間積分による節点速度 及び変位の更新]     Integ --&gt; Post([解析結果の 出力ポスト処理])     Post --&gt; EndTime{解析終了時間}     EndTime -- まだ --&gt; UpdateTime[現在時刻の更新]     UpdateTime --&gt; Contact     EndTime -- はい --&gt; End([解析終了])     </pre> <p>第1図 LS-DYNAの陽解法計算フローチャート</p> <p>（1）陽解法のアルゴリズム</p> <p>LS-DYNA の陽解法は、以下に示す中心差分による時間積分を用いている。</p> </div>			<p>【大飯】使用している 解析コードの相違</p>

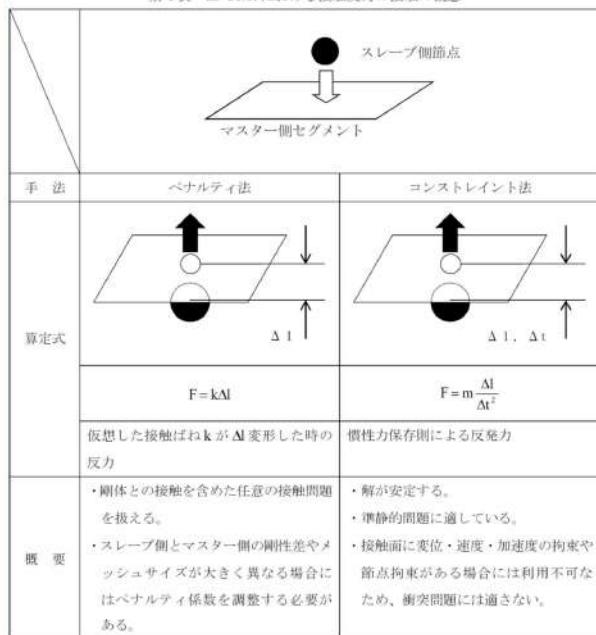
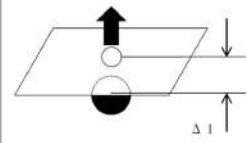
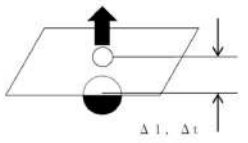
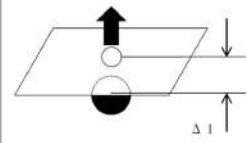
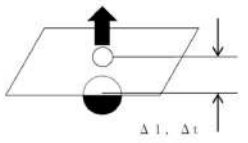
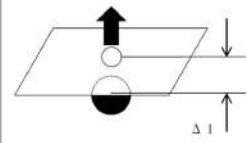
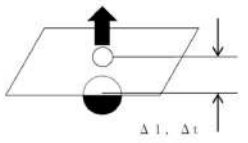
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(a) 第1ステップ</p> <p>nステップの加速度<math>\ddot{u}^n</math>は力の釣合いから(1)式のように求まる。</p> $\ddot{u}^n = M^{-1} \Sigma F^n \quad (1) \text{式}$ <p>ここで、Mは対角質量マトリックス  <math>\Sigma F^n</math>は外力、内力等のベクトルの総和</p> <p>(b) 第2ステップ</p> <p>n+1/2ステップの速度<math>\dot{u}^{n+1/2}</math>を求める。(2)式</p> $\dot{u}^{n+1/2} = \dot{u}^{n+1/2} + \ddot{u}^n \Delta t^n \quad (2) \text{式}$ <p>(c) 第3ステップ</p> <p>n+1ステップの変位<math>u^{n+1}</math>を求める。(3)式</p> $u^{n+1} = u^n + \dot{u}^{n+1/2} \Delta t^{n+1/2} \quad (3) \text{式}$ <p>第1ステップから第3ステップを繰り返し順次導かれる運動方程式は</p> $m\ddot{u} + ku = F = m \frac{\Delta l}{\Delta t^2}$ <p>と等価となる。</p> <p>未知数である加速度は複数の振動モードが重畳した波形として出力され、応力は物体中の波として伝播する現象が表現される。</p> <p>(2) 接触反力の算定式</p> <p>LS-DYNA では陽解法に基づき、衝突問題や準静的（塑性加工）問題を解くために、接触面に生じる反力を第4表に示すように算定する。</p>			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由								
<p>第4表 LS-DYNAにおける接触反力の接触の概念</p>  <p>手法</p> <table border="1"> <tr> <th>ペナルティ法</th> <th>コンストレイント法</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>F = k\Delta l</math></td> <td><math>F = m \frac{\Delta l}{\Delta t^2}</math></td> </tr> <tr> <td>仮想した接触ばねkがΔl変形した時の反力</td> <td>慣性力保存則による反発力</td> </tr> </table> <p>概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>剛体との接触を含めた任意の接触問題を扱える。</li> <li>スレーブ側とマスター側の剛性差やメッシュサイズが大きく異なる場合にはペナルティ係数を調整する必要がある。</li> <li>解が安定する。</li> <li>準静的問題に適している。</li> <li>接触面に変位・速度・加速度の拘束や節点拘束がある場合には利用不可なため、衝突問題には適さない。</li> </ul>	ペナルティ法	コンストレイント法			$F = k\Delta l$	$F = m \frac{\Delta l}{\Delta t^2}$	仮想した接触ばねkがΔl変形した時の反力	慣性力保存則による反発力			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>
ペナルティ法	コンストレイント法										
											
$F = k\Delta l$	$F = m \frac{\Delta l}{\Delta t^2}$										
仮想した接触ばねkがΔl変形した時の反力	慣性力保存則による反発力										
<p>4. 解析フローチャート</p> <p>解析フローチャートを第2図に示す。</p>											

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="89 143 689 917" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">第2図 解析フローチャート</p> </div> <p>5. 検証(Verification)及び妥当性確認(Validation)                      (1) 検証(Verification)                      第3図に示す断面形状の飛来物に対して第5表に示す数値を与え、第4図に示す市販の図書に記載される例題を手計算で解いた結果を第6表に示す。                      また、同じ条件をLS-DYNAで解いた結果との比較を第7表に示す。第7表よりLS-DYNAは手計算の結果とよく一致していると言える。</p>			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

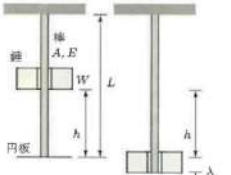
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																
<div data-bbox="224 151 548 534" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>第3図 飛来物の断面形状</p> </div> <div data-bbox="89 582 694 949" style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>第5表 飛来物のパラメータ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>記号</th> <th>数値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>重力加速度</td> <td>g</td> <td>9,806.65</td> <td>mm/s<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>飛来物の質量</td> <td>m</td> <td>0.1352</td> <td>ton</td> </tr> <tr> <td>飛来物の重量</td> <td>W</td> <td>1,325.86</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>飛来物の長さ</td> <td>L</td> <td>4200</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>飛来物の縦弾性係数</td> <td>E</td> <td>205,000</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>飛来物の断面積</td> <td>A</td> <td>4,100.23</td> <td>mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>飛来物の速度</td> <td>V<sub>0</sub></td> <td>57,000</td> <td>mm/s</td> </tr> </tbody> </table> </div>	パラメータ	記号	数値	単位	重力加速度	g	9,806.65	mm/s <sup>2</sup>	飛来物の質量	m	0.1352	ton	飛来物の重量	W	1,325.86	N	飛来物の長さ	L	4200	mm	飛来物の縦弾性係数	E	205,000	N/mm <sup>2</sup>	飛来物の断面積	A	4,100.23	mm <sup>2</sup>	飛来物の速度	V <sub>0</sub>	57,000	mm/s			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>
パラメータ	記号	数値	単位																																
重力加速度	g	9,806.65	mm/s <sup>2</sup>																																
飛来物の質量	m	0.1352	ton																																
飛来物の重量	W	1,325.86	N																																
飛来物の長さ	L	4200	mm																																
飛来物の縦弾性係数	E	205,000	N/mm <sup>2</sup>																																
飛来物の断面積	A	4,100.23	mm <sup>2</sup>																																
飛来物の速度	V <sub>0</sub>	57,000	mm/s																																



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p><b>例題1</b> 図1.13に示すように、密度<math>\rho</math>、ヤング係数<math>E</math>、断面積<math>A</math>、長さ<math>L</math>の細い棒が吊り下げられ、その先端には質量が無視できる円板が取り付けられている。また、穴のあいた重さ<math>W</math>（質量で表すと、<math>m = W/g</math>）の錘が棒を通して上下に動かせるようになっている。錘を高さ<math>h</math>から落とすとき、棒に生じる衝撃応力はいくらになるか。</p>  <p>図1.13 棒への衝撃</p> <p><b>解</b> まず、錘を静かに円板の上に置いたとき、棒に働く応力<math>\sigma</math>および棒の伸び<math>\lambda</math>は、</p> $\sigma = \frac{W}{A}, \lambda = \frac{LW}{EA}$ <p>で与えられる。</p> <p>次に、錘をもち上げて高さ<math>h</math>の位置から離したら、棒にはどれだけの応力が作用するだろうか。この問題は、エネルギー保存の考えから求めることができる。</p> <p>錘が棒の先端の円板に衝突して、棒が<math>\lambda</math>だけ伸びたとする。このとき、錘がもっていた位置エネルギー<math>W(h + \lambda)</math>がすべて棒の弾性エネルギー<math>U</math>に変わったと考える（錘は、円板に衝突した後で跳ね返らないとする）と、</p> $U = W(h + \lambda)$ <p>このとき、棒に生じたひずみ<math>\epsilon</math>および応力<math>\sigma</math>は、</p> $\epsilon = \frac{\lambda}{L}, \sigma = E\epsilon = E \frac{\lambda}{L}$ <p>となる。で与えられる。また、棒の単位体積当りの弾性エネルギー<math>dU</math>は、</p> $dU = \frac{\sigma\epsilon}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{L} E \right) \frac{\lambda}{L} = \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{L} \right)^2 E$ <p>である。したがって、棒全体（体積<math>V = AL</math>）にたくわえられる弾性エネルギーは、</p> $U = dU \times V = \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda}{L} \right)^2 E \times AL = \frac{1}{2} \left( \frac{EA}{L} \right) \lambda^2$ <p>出所：石川信隆他、基礎からの衝撃工学、森北出版、PP21、2008。              第4図(1/2) 解析例題</p>			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>

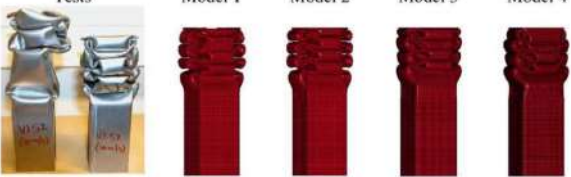
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																
<p>となる。これが錘の位置エネルギーに等しいので、</p> $U = W(h + \lambda) = \frac{EA}{2L} \lambda^2$ <p><math>\lambda</math>について整理すると、</p> $\lambda^3 - \frac{2LW}{EA} \lambda - \frac{2LW}{EA} h = 0$ <p>この式を、錘を円板の上に静かに置いたときの棒の静的伸び<math>\lambda_s</math>を用いて書き直すと、</p> $\lambda^3 - 2\lambda\lambda_s - 2\lambda_s h = 0$ <p>すなわち、棒の伸び<math>\lambda</math>についての2次関数となる。この式を解くと、<math>\lambda &gt; 0</math>なので、</p> $\lambda = \lambda_s \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_s}} \right) \quad (1.4)$ <p>が得られる。錘を落下させたときの棒に生じる衝撃応力<math>\sigma = E\lambda/L</math>を用いると、</p> $\sigma = \frac{E\lambda_s}{L} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_s}} \right) = \frac{W}{A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_s}} \right) = \sigma_s \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\lambda_s}} \right) \quad (1.5)$ <p>で表される。この例から、衝撃荷重の作用による伸び<math>\lambda</math>および応力<math>\sigma</math>は、錘を静かに載せたときの静的伸び<math>\lambda_s</math>および応力<math>\sigma_s</math>の<math>(1 + \sqrt{1 + 2h/\lambda_s})</math>倍の大きさになることがわかる。なお、衝撃ではなく、錘を円板に接した状態(<math>h = 0</math>)で急に手を離したときは、2倍の大きさの応力が棒に生じる。この場合の載荷状態は急速載荷 (rapid loading) と呼ばれ、作用する荷重を急速荷重 (rapid load) と呼んでいる。</p> <p>出所：石川信隆他、基礎からの衝撃工学、森北出版、PP22、2008。                  第4図(2/2) 解析例題</p>			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>																																
<p>第6表 手計算の結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>記号</th> <th>数値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>飛来物の自重による応力</td> <td><math>\sigma_s</math></td> <td>0.323362</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>飛来物の自重による変位量</td> <td><math>\lambda_s</math></td> <td>0.00662498</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>飛来物のエネルギー</td> <td>U</td> <td>219,632,000</td> <td>J</td> </tr> <tr> <td>飛来物の想定落下高さ</td> <td>h</td> <td>165,653</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>飛来物の衝突時の変位量</td> <td><math>\lambda</math></td> <td>46.8563</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>飛来物の衝突時の応力</td> <td><math>\sigma</math></td> <td>2,287.03</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>飛来物の衝突時の衝撃力</td> <td>P</td> <td>9,377,350</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>	パラメータ	記号	数値	単位	飛来物の自重による応力	$\sigma_s$	0.323362	N/mm <sup>2</sup>	飛来物の自重による変位量	$\lambda_s$	0.00662498	mm	飛来物のエネルギー	U	219,632,000	J	飛来物の想定落下高さ	h	165,653	mm	飛来物の衝突時の変位量	$\lambda$	46.8563	mm	飛来物の衝突時の応力	$\sigma$	2,287.03	N/mm <sup>2</sup>	飛来物の衝突時の衝撃力	P	9,377,350	N			
パラメータ	記号	数値	単位																																
飛来物の自重による応力	$\sigma_s$	0.323362	N/mm <sup>2</sup>																																
飛来物の自重による変位量	$\lambda_s$	0.00662498	mm																																
飛来物のエネルギー	U	219,632,000	J																																
飛来物の想定落下高さ	h	165,653	mm																																
飛来物の衝突時の変位量	$\lambda$	46.8563	mm																																
飛来物の衝突時の応力	$\sigma$	2,287.03	N/mm <sup>2</sup>																																
飛来物の衝突時の衝撃力	P	9,377,350	N																																
<p>第7表 衝撃力の比較</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>数値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>手計算による衝撃力</td> <td>9,377,350</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>LS-DYNAによる衝撃力</td> <td>9,409,650</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>	パラメータ	数値	単位	手計算による衝撃力	9,377,350	N	LS-DYNAによる衝撃力	9,409,650	N																										
パラメータ	数値	単位																																	
手計算による衝撃力	9,377,350	N																																	
LS-DYNAによる衝撃力	9,409,650	N																																	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																				
<p>(2) 妥当性確認(Validation)</p> <p>飛来物の構造物に対する衝突問題について、Norwegian University of Science and Technology により、薄板鋼板の軸方向局部圧縮破壊試験シミュレーション解析をLS-DYNA で実施しており、エネルギー吸収、衝突ピーク荷重、衝突時の挙動に注目した衝突問題への適用の妥当性が検証されている。</p> <p>—60×60×1.2 の薄板鋼板をモデル化し、裁荷速度を4水準（ほぼ静的、5m/sec、10m/sec、15m/sec）とした実験と解析を比較している。これらの解析ケースを第8表に示す。（出所：Influence of Element Formulation on Axial Crushing of Thin-walled Dual-phase Steel Square Sections; 10th International LS-DYNA Users Conference.）試験後の変形及び解析後の各モデルの変形状態を第5図に示す。</p> <p>検証の結果は第6図に示すように、試験結果と概ね一致しており、解析による検討は可能であると結論付けられている。</p> <div data-bbox="85 619 698 909" style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">第8表 解析ケース</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Model No.</th> <th>Element type</th> <th>Element size (in terms of mm)</th> <th>Elements in thickness direction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model 1</td> <td>Belytschko-Tsay shell element</td> <td>2.9×2.7</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Model 2</td> <td>Belytschko-Tsay shell element with thickness stretching</td> <td>2.9×2.7</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Model 3</td> <td>Fully integrated S/R solid element</td> <td>2×1.8</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Model 4</td> <td>Fully integrated S/R solid element</td> <td>1.5×1.3</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="85 954 698 1209" style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Tests      Model 1      Model 2      Model 3      Model 4</p>  <p style="text-align: center;">第5図 解析ケース</p> </div>	Model No.	Element type	Element size (in terms of mm)	Elements in thickness direction	Model 1	Belytschko-Tsay shell element	2.9×2.7	-	Model 2	Belytschko-Tsay shell element with thickness stretching	2.9×2.7	-	Model 3	Fully integrated S/R solid element	2×1.8	1	Model 4	Fully integrated S/R solid element	1.5×1.3	2			<p>【大飯】使用している解析コードの相違</p>
Model No.	Element type	Element size (in terms of mm)	Elements in thickness direction																				
Model 1	Belytschko-Tsay shell element	2.9×2.7	-																				
Model 2	Belytschko-Tsay shell element with thickness stretching	2.9×2.7	-																				
Model 3	Fully integrated S/R solid element	2×1.8	1																				
Model 4	Fully integrated S/R solid element	1.5×1.3	2																				



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 140 696 719" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">第6図 試験結果と解析結果との比較</p> </div> <p data-bbox="85 751 224 775"><b>(3) 評価結果</b></p> <p data-bbox="85 780 506 804">本解析コードの評価結果は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="85 809 696 863">・世界中で自動車や航空機の衝突解析に使用されており、衝突解析に用いる妥当な解析コードとして広く認知されている。</li> <li data-bbox="85 868 622 892">・「基礎からの衝突工学（森北出版（株）」の例題と LS-DYNA Ver. R7.1.2 により解析した衝撃力を比較し、良く一致することを確認している。</li> <li data-bbox="85 896 696 1066">・Norwegian University of Science and Technology により、薄板鋼管の軸方向圧縮破壊試験の結果と、LS-DYNA によるシミュレーション解析結果の比較が行われており、衝突荷重が模擬できていることを確認している。</li> </ul>			<p data-bbox="1980 140 2154 194">【大飯】使用している解析コードの相違</p>

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">付録1</p> <div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。</p>	<p style="text-align: center;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p style="text-align: right;">〈付録1〉</p> <div style="border: 2px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> </div>	<p style="text-align: right;">〈付録1〉</p> <div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</p>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 204 667 1114" style="border: 2px solid black; height: 570px; width: 260px;"></div> <div data-bbox="286 1118 680 1145" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。</div>	<div data-bbox="721 145 1160 172" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</div> <div data-bbox="734 213 1308 1027" style="border: 2px solid black; height: 510px; width: 256px;"></div>	<div data-bbox="1352 213 1957 1018" style="border: 2px solid black; height: 504px; width: 270px;"></div> <div data-bbox="1563 1034 1944 1054" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</div>	



泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 210 654 1110" style="border: 2px solid black; height: 564px; width: 254px;"></div> <div data-bbox="286 1114 685 1145" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 10px;">                     枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。                 </div>	<div data-bbox="721 140 1164 172" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;">                     【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】                 </div> <div data-bbox="734 217 1294 1050" style="border: 2px solid black; height: 522px; width: 250px; margin-top: 10px;"></div>	<div data-bbox="1352 207 1953 1037" style="border: 2px solid black; height: 520px; width: 268px;"></div> <div data-bbox="1568 1043 1948 1066" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 10px;">                     枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。                 </div>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="91 188 663 1075" style="border: 2px solid black; height: 556px; width: 255px;"></div> <div data-bbox="293 1078 680 1102" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 173px; margin-top: 5px;">                     枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。                 </div>	<div data-bbox="719 145 1330 169" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">                     【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】                 </div> <div data-bbox="734 209 1301 1027" style="border: 2px solid black; height: 513px; width: 253px;"></div>	<div data-bbox="1352 209 1957 1027" style="border: 2px solid black; height: 513px; width: 270px;"></div> <div data-bbox="1565 1038 1946 1058" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 170px; margin-top: 5px;">                     枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。                 </div>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="87 236 663 1117" style="border: 2px solid black; height: 552px; width: 257px;"></div> <div data-bbox="309 1120 685 1145" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: auto;">枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。</div>	<div data-bbox="721 140 1160 165" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</div> <div data-bbox="736 229 1299 1056" style="border: 2px solid black; height: 518px; width: 251px;"></div>	<div data-bbox="1352 236 1955 1056" style="border: 2px solid black; height: 514px; width: 269px;"></div> <div data-bbox="1565 1066 1944 1091" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: auto;">枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</div>	



泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 240 689 1117" style="border: 2px solid black; height: 500px; width: 100%;"></div> <div data-bbox="309 1117 689 1141" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                     枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。                 </div>	<div data-bbox="721 140 1328 167" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;">                     【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】                 </div> <div data-bbox="741 236 1305 1053" style="border: 2px solid black; height: 500px; width: 100%;"></div>	<div data-bbox="1352 240 1957 1053" style="border: 2px solid black; height: 500px; width: 100%;"></div> <div data-bbox="1568 1061 1957 1085" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">                     枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。                 </div>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

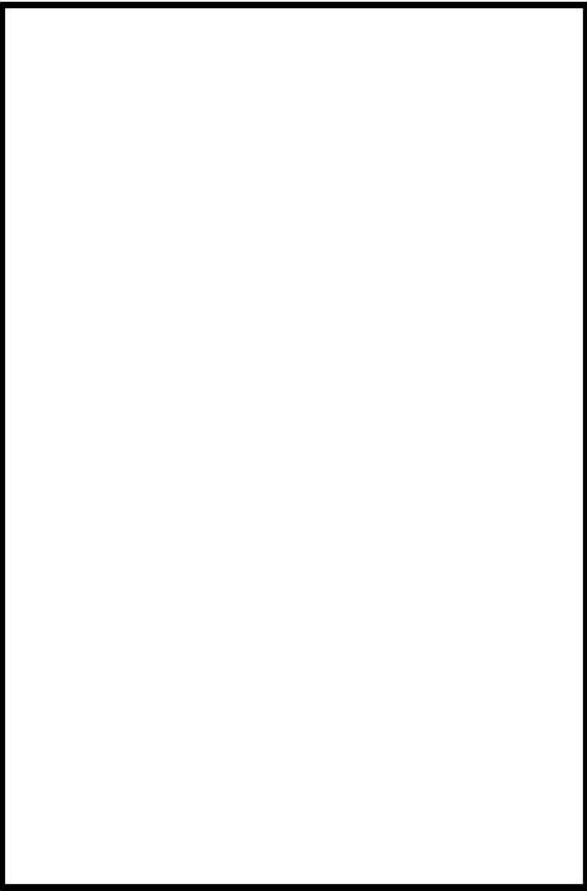
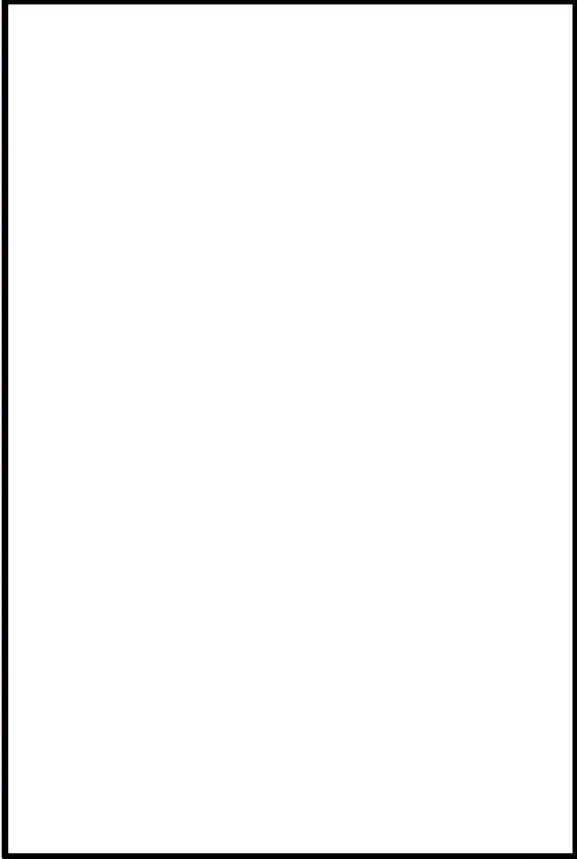
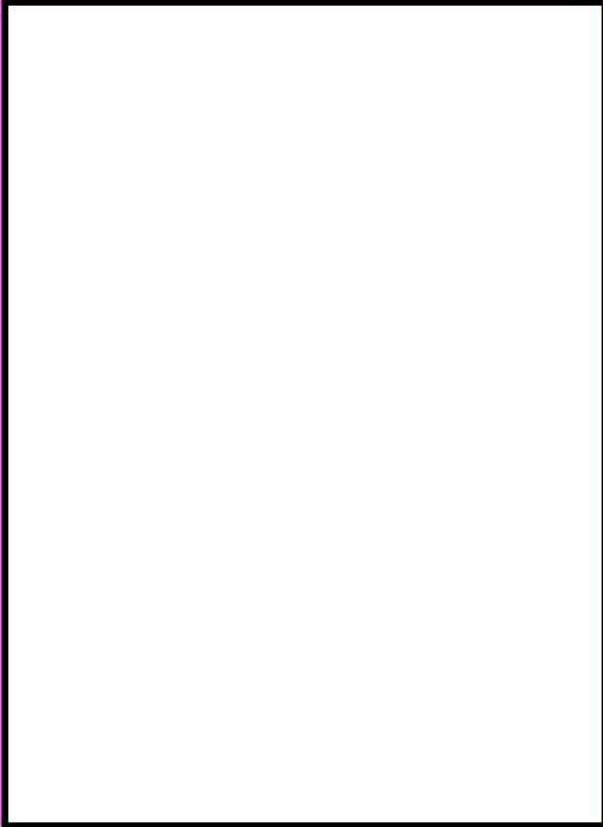

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 210 680 1082" style="border: 2px solid black; height: 546px; width: 266px;"></div> <div data-bbox="286 1082 680 1107" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 176px; margin-left: 12px;">枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。</div>	<div data-bbox="721 140 1164 165" style="border: 1px dashed blue; padding: 2px;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</div> <div data-bbox="734 236 1303 1062" style="border: 2px solid black; height: 518px; width: 254px; margin-left: 12px;"></div>	<div data-bbox="1352 236 1944 1062" style="border: 2px solid black; height: 518px; width: 264px;"></div> <div data-bbox="1559 1062 1944 1088" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 172px; margin-left: 12px;">枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。</div>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p data-bbox="719 140 1160 167">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> 	 <p data-bbox="1563 1045 1944 1066">  特記の内容は機密情報に属しますので公開できません。                 </p>	



泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="85 183 678 1106" style="border: 2px solid black; height: 578px; width: 265px;"></div> <div data-bbox="286 1109 683 1136" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 10px;">枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。</div>	<p data-bbox="721 140 1160 167" style="color: blue; border: 1px dashed blue; padding: 2px;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <div data-bbox="741 204 1296 1029" style="border: 2px solid black; height: 517px; width: 248px;"></div>	<div data-bbox="1350 204 1955 1037" style="border: 2px solid black; height: 522px; width: 270px;"></div> <div data-bbox="1570 1045 1955 1066" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 10px;">枠囲みの内容は機密情報に類しますので公開できません。</div>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<div data-bbox="91 159 685 1053" style="border: 2px solid black; height: 560px; width: 265px;"></div> <div data-bbox="293 1054 685 1082" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: auto;">                     枠囲みの範囲は機密に係る事項のため公開できません。                 </div>	<div data-bbox="712 159 1330 1401" style="border: 2px dashed blue; height: 778px; width: 276px;"></div>	<div data-bbox="1346 145 1930 1038" style="border: 2px solid black; height: 560px; width: 261px;"></div>	<p data-bbox="1980 201 2101 252">【伊方】 記載方針の相違</p>

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: right;">付録2</p> <p>平成21～22年度原子力安全基盤調査研究                      （平成22年度）</p> <p>竜巻による原子力施設への影響に関する                      調査研究</p> <p>平成23年2月                      東京工芸大学</p>	<p style="border: 2px dashed blue; padding: 5px;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p style="text-align: right;">(付録2)</p> <p>平成21～22年度原子力安全基盤調査研究                      （平成22年度）</p> <p>竜巻による原子力施設への影響に関する                      調査研究</p> <p>平成23年2月                      東京工芸大学</p>	<p style="text-align: right;">(付録2)</p> <p>平成21～22年度原子力安全基盤調査研究                      （平成22年度）</p> <p>竜巻による原子力施設への影響に関する                      調査研究</p> <p>平成23年2月                      東京工芸大学</p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2.2.3 竜巻等による飛散物</p> <p>(1) 飛散物の衝撃速度に関する研究のレビュー</p> <p>1) はじめに</p> <p>竜巻中の飛散物の速度に関する研究は種々あるが、建物の壁を貫通するなど、高速の飛散物の速度をビデオ映像などの実際の飛散の様子から求めたものはほとんどない。いずれも被害の状況からの推定値であったり、飛散物を球や平板などの単純な形状と仮定した上で運動方程式をたて、物体が受ける空気力をモデル化して計算で求められたものである。その場合、飛散物の速度は物体の形状、重さ、物体の飛散開始位置（地面からの高さ、竜巻の渦に対する相対的な位置）、初期速度、また、竜巻の渦の移動速度や竜巻中の気流性状の違いによって様々に変化する。文献[1]の第16章3節には、これらについて過去の研究結果や観測結果を調べ、竜巻中の飛散物の速度の算出方法やその結果がよくまとめられているので、以下にその和訳を示す（一部省略、改変を行っている）。</p> <p>2) 竜巻による飛散物の飛散速度、距離の導出方法</p> <p>竜巻による空気力の作用のもとで移動する物体の速度を推定する際には、以下の点について幾つかの仮定を用いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物体の空気力特性に関して、</li> <li>・気流場の詳細な性状に関して、</li> <li>・地面からの高さや竜巻中心からの物体の初期位置、および、物体の初期速度に関して、</li> </ul> <p>原子力発電施設設計に際して一般的に飛散物となる可能性のある物体は、木の厚板や網棧、網管、ボールや自動車などである。以下では、竜巻による飛散物の運動を数値シミュレーションに基づいて解く場合の問題に関する研究をレビューする。</p> <p>3) 運動方程式と空気力学的モデル化</p> <p>物体の運動は、通常3つの運動量の釣り合い式と3つのモーメントの釣り合い式を解くことによって記述することができる。非流線型物体（ブラフボディ）の場合、これらの6つの式を記述する際に主に問題となるのは、空気力をどのように与えればよいか判らないことである。</p> <p>静的な条件下で物体に作用する空気力やモーメントを、風洞実験で平均風向に対して十分細かく風向を変えて測定することは可能である。そのような測定結果に基づき、風向角による空気力やモーメントの変化と対応する空気力係数が得られる。そして、翼理論で用いられるよく知られた方法に従って、空気力やモーメントを計算することができる。たとえば、一様流中で速度<math>V</math>と風向角<math>\alpha</math>が一定で、翼が時間変化する鉛直方向の動きを<math>h(t)</math>と</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>2.2.3 竜巻等による飛散物</p> <p>(1) 飛散物の衝撃速度に関する研究のレビュー</p> <p>1) はじめに</p> <p>竜巻中の飛散物の速度に関する研究は種々あるが、建物の壁を貫通するなど、高速の飛散物の速度をビデオ映像などの実際の飛散の様子から求めたものはほとんどない。いずれも被害の状況からの推定値であったり、飛散物を球や平板などの単純な形状と仮定した上で運動方程式をたて、物体が受ける空気力をモデル化して計算で求められたものである。その場合、飛散物の速度は物体の形状、重さ、物体の飛散開始位置（地面からの高さ、竜巻の渦に対する相対的な位置）、初期速度、また、竜巻の渦の移動速度や竜巻中の気流性状の違いによって様々に変化する。文献[1]の第16章3節には、これらについて過去の研究結果や観測結果を調べ、竜巻中の飛散物の速度の算出方法やその結果がよくまとめられているので、以下にその和訳を示す（一部省略、改変を行っている）。</p> <p>2) 竜巻による飛散物の飛散速度、距離の導出方法</p> <p>竜巻による空気力の作用のもとで移動する物体の速度を推定する際には、以下の点について幾つかの仮定を用いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物体の空気力特性に関して、</li> <li>・気流場の詳細な性状に関して、</li> <li>・地面からの高さや竜巻中心からの物体の初期位置、および、物体の初期速度に関して、</li> </ul> <p>原子力発電施設設計に際して一般的に飛散物となる可能性のある物体は、木の厚板や網棧、網管、ボールや自動車などである。以下では、竜巻による飛散物の運動を数値シミュレーションに基づいて解く場合の問題に関する研究をレビューする。</p> <p>3) 運動方程式と空気力学的モデル化</p> <p>物体の運動は、通常3つの運動量の釣り合い式と3つのモーメントの釣り合い式を解くことによって記述することができる。非流線型物体（ブラフボディ）の場合、これらの6つの式を記述する際に主に問題となるのは、空気力をどのように与えればよいか判らないことである。</p> <p>静的な条件下で物体に作用する空気力やモーメントを、風洞実験で平均風向に対して十分細かく風向を変えて測定することは可能である。そのような測定結果に基づき、風向角による空気力やモーメントの変化と対応する空気力係数が得られる。そして、翼理論で用いられるよく知られた方法に従って、空気力やモーメントを計算することができる。たとえば、一様流中で速度<math>V</math>と風向角<math>\alpha</math>が一定で、翼が時間変化する鉛直方向の動きを<math>h(t)</math>と</p>	<p>2.2.3 竜巻等による飛散物</p> <p>(1) 飛散物の衝撃速度に関する研究のレビュー</p> <p>1) はじめに</p> <p>竜巻中の飛散物の速度に関する研究は種々あるが、建物の壁を貫通するなど、高速の飛散物の速度をビデオ映像などの実際の飛散の様子から求めたものはほとんどない。いずれも被害の状況からの推定値であったり、飛散物を球や平板などの単純な形状と仮定した上で運動方程式をたて、物体が受ける空気力をモデル化して計算で求められたものである。その場合、飛散物の速度は物体の形状、重さ、物体の飛散開始位置（地面からの高さ、竜巻の渦に対する相対的な位置）、初期速度、また、竜巻の渦の移動速度や竜巻中の気流性状の違いによって様々に変化する。文献[1]の第16章3節には、これらについて過去の研究結果や観測結果を調べ、竜巻中の飛散物の速度の算出方法やその結果がよくまとめられているので、以下にその和訳を示す（一部省略、改変を行っている）。</p> <p>2) 竜巻による飛散物の飛散速度、距離の導出方法</p> <p>竜巻による空気力の作用のもとで移動する物体の速度を推定する際には、以下の点について幾つかの仮定を用いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物体の空気力特性に関して、</li> <li>・気流場の詳細な性状に関して、</li> <li>・地面からの高さや竜巻中心からの物体の初期位置、および、物体の初期速度に関して、</li> </ul> <p>原子力発電施設設計に際して一般的に飛散物となる可能性のある物体は、木の厚板や網棧、網管、ボールや自動車などである。以下では、竜巻による飛散物の運動を数値シミュレーションに基づいて解く場合の問題に関する研究をレビューする。</p> <p>3) 運動方程式と空気力学的モデル化</p> <p>物体の運動は、通常3つの運動量の釣り合い式と3つのモーメントの釣り合い式を解くことによって記述することができる。非流線型物体（ブラフボディ）の場合、これらの6つの式を記述する際に主に問題となるのは、空気力をどのように与えればよいか判らないことである。</p> <p>静的な条件下で物体に作用する空気力やモーメントを、風洞実験で平均風向に対して十分細かく風向を変えて測定することは可能である。そのような測定結果に基づき、風向角による空気力やモーメントの変化と対応する空気力係数が得られる。そして、翼理論で用いられるよく知られた方法に従って、空気力やモーメントを計算することができる。たとえば、一様流中で速度<math>V</math>と風向角<math>\alpha</math>が一定で、翼が時間変化する鉛直方向の動きを<math>h(t)</math>と</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>すれば、揚力係数は</p> $C_L = \frac{dC_L}{d\alpha} \left( \alpha + \frac{1}{V} \frac{dh}{dt} \right) \quad (2.2.3.1)$ <p>と表される。空気力とモーメントを計算するこの方法は、対象となる物体の動きが小さいときに有効であると考えられるが、物体が拘束されずに気流中で運動するときにも、この方法が有効であることを示しておく必要がある。</p> <p>飛散物を6自由度の剛体として空気力学的に記述するモデルとして満足できるものがないため、通常、次式で示される抗力に基づいた質点として飛散物を記述する方法がとられる。</p> $D = \frac{1}{2} \rho C_D A  V_w - V_M  (V_w - V_M) \quad (2.2.3.2)$ <p>ここで、<math>\rho</math>は空気密度、<math>V_w</math>は風速、<math>V_M</math>は飛散物の速度、<math>A</math>は適切に選ばれた面積、<math>C_D</math>は対応する抗力係数である。これは飛散物が運動している間、(1)相対的な速度ベクトル <math>V_w - V_M</math> に対して、一定か、ほぼ一定な姿勢を保つこと、あるいは、(2)抗力 <math>D</math> の表現の中で、大きな誤差を伴わないで、<math>C_D A</math> の値としてある平均値が使えるような tumbling（回転しながら落下する）運動をするときに適切なモデルとなる。竜巻の気流中にある非流線型物体では以下を仮定することは残念ながらほとんど無理であるが、空気力が常に物体の重心に正確に作用するか重心に対してゼロでない空力モーメントによって引き起こされる物体の回転が、物体一流体系に備わっている空気力によって抑制されるならば、流れに対して一定の姿勢を保つことが保証される。したがって、そのような力が作用するかどうかの問題となる。種々の文献をみると、この疑問に対する研究はこれまで徹底的にはなされていない。しかし、簡単な実験によると、プラフボディの場合、空力的な減衰力は不安定化の効果をもっていることがうかがえ、文献[2]の風洞実験でもこの傾向が確かめられている。したがって、竜巻によって生じる可能性のある飛散物は tumbling 運動をするのみならず、</p> <p>式(2.2.3.2)が成り立ち、tumbling 運動をしているときに平均的に流れ直角方向の力がないとすると、飛散物の運動は3自由度系となり以下の関係に支配される。</p> $\frac{dV_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m}  V_w - V_M  (V_w - V_M) - gk \quad (2.2.3.3)$ <p>ここで、<math>g</math>は重力加速度、<math>k</math>は鉛直方向の単位ベクトル、<math>m</math>は飛散物の質量である。流れ場と初期条件を与えると式(2.2.3.3)により物体の運動はパラメータ <math>C_D A/m</math> のみに依存する。tumbling 運動をしている物体に対してはこのパラメータの値は、原理的に実験で決定することができるが、残念ながらこれに関して現在のところ使える情報はあまりない。文</p>	<p><b>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</b></p> <p>すれば、揚力係数は</p> $C_L = \frac{dC_L}{d\alpha} \left( \alpha + \frac{1}{V} \frac{dh}{dt} \right) \quad (2.2.3.1)$ <p>と表される。空気力とモーメントを計算するこの方法は、対象となる物体の動きが小さいときに有効であると考えられるが、物体が拘束されずに気流中で運動するときにも、この方法が有効であることを示しておく必要がある。</p> <p>飛散物を6自由度の剛体として空気力学的に記述するモデルとして満足できるものがないため、通常、次式で示される抗力に基づいた質点として飛散物を記述する方法がとられる。</p> $D = \frac{1}{2} \rho C_D A  V_w - V_M  (V_w - V_M) \quad (2.2.3.2)$ <p>ここで、<math>\rho</math>は空気密度、<math>V_w</math>は風速、<math>V_M</math>は飛散物の速度、<math>A</math>は適切に選ばれた面積、<math>C_D</math>は対応する抗力係数である。これは飛散物が運動している間、(1)相対的な速度ベクトル <math>V_w - V_M</math> に対して、一定か、ほぼ一定な姿勢を保つこと、あるいは、(2)抗力 <math>D</math> の表現の中で、大きな誤差を伴わないで、<math>C_D A</math> の値としてある平均値が使えるような tumbling（回転しながら落下する）運動をするときに適切なモデルとなる。竜巻の気流中にある非流線型物体では以下を仮定することは残念ながらほとんど無理であるが、空気力が常に物体の重心に正確に作用するか重心に対してゼロでない空力モーメントによって引き起こされる物体の回転が、物体一流体系に備わっている空気力によって抑制されるならば、流れに対して一定の姿勢を保つことが保証される。したがって、そのような力が作用するかどうかの問題となる。種々の文献をみると、この疑問に対する研究はこれまで徹底的にはなされていない。しかし、簡単な実験によると、プラフボディの場合、空力的な減衰力は不安定化の効果をもっていることがうかがえ、文献[2]の風洞実験でもこの傾向が確かめられている。したがって、竜巻によって生じる可能性のある飛散物は tumbling 運動をするのみならず、</p> <p>式(2.2.3.2)が成り立ち、tumbling 運動をしているときに平均的に流れ直角方向の力がないとすると、飛散物の運動は3自由度系となり以下の関係に支配される。</p> $\frac{dV_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m}  V_w - V_M  (V_w - V_M) - gk \quad (2.2.3.3)$ <p>ここで、<math>g</math>は重力加速度、<math>k</math>は鉛直方向の単位ベクトル、<math>m</math>は飛散物の質量である。流れ場と初期条件を与えると式(2.2.3.3)により物体の運動はパラメータ <math>C_D A/m</math> のみに依存する。tumbling 運動をしている物体に対してはこのパラメータの値は、原理的に実験で決定することができるが、残念ながらこれに関して現在のところ使える情報はあまりない。文</p>	<p>すれば、揚力係数は</p> $C_L = \frac{dC_L}{d\alpha} \left( \alpha + \frac{1}{V} \frac{dh}{dt} \right) \quad (2.2.3.1)$ <p>と表される。空気力とモーメントを計算するこの方法は、対象となる物体の動きが小さいときに有効であると考えられるが、物体が拘束されずに気流中で運動するときにも、この方法が有効であることを示しておく必要がある。</p> <p>飛散物を6自由度の剛体として空気力学的に記述するモデルとして満足できるものがないため、通常、次式で示される抗力に基づいた質点として飛散物を記述する方法がとられる。</p> $D = \frac{1}{2} \rho C_D A  V_w - V_M  (V_w - V_M) \quad (2.2.3.2)$ <p>ここで、<math>\rho</math>は空気密度、<math>V_w</math>は風速、<math>V_M</math>は飛散物の速度、<math>A</math>は適切に選ばれた面積、<math>C_D</math>は対応する抗力係数である。これは飛散物が運動している間、(1)相対的な速度ベクトル <math>V_w - V_M</math> に対して、一定か、ほぼ一定な姿勢を保つこと、あるいは、(2)抗力 <math>D</math> の表現の中で、大きな誤差を伴わないで、<math>C_D A</math> の値としてある平均値が使えるような tumbling（回転しながら落下する）運動をするときに適切なモデルとなる。竜巻の気流中にある非流線型物体では以下を仮定することは残念ながらほとんど無理であるが、空気力が常に物体の重心に正確に作用するか重心に対してゼロでない空力モーメントによって引き起こされる物体の回転が、物体一流体系に備わっている空気力によって抑制されるならば、流れに対して一定の姿勢を保つことが保証される。したがって、そのような力が作用するかどうかの問題となる。種々の文献をみると、この疑問に対する研究はこれまで徹底的にはなされていない。しかし、簡単な実験によると、プラフボディの場合、空力的な減衰力は不安定化の効果をもっていることがうかがえ、文献[2]の風洞実験でもこの傾向が確かめられている。したがって、竜巻によって生じる可能性のある飛散物は tumbling 運動をするのみならず、</p> <p>式(2.2.3.2)が成り立ち、tumbling 運動をしているときに平均的に流れ直角方向の力がないとすると、飛散物の運動は3自由度系となり以下の関係に支配される。</p> $\frac{dV_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m}  V_w - V_M  (V_w - V_M) - gk \quad (2.2.3.3)$ <p>ここで、<math>g</math>は重力加速度、<math>k</math>は鉛直方向の単位ベクトル、<math>m</math>は飛散物の質量である。流れ場と初期条件を与えると式(2.2.3.3)により物体の運動はパラメータ <math>C_D A/m</math> のみに依存する。tumbling 運動をしている物体に対してはこのパラメータの値は、原理的に実験で決定することができるが、残念ながらこれに関して現在のところ使える情報はあまりない。文</p>	<p>相違理由</p>

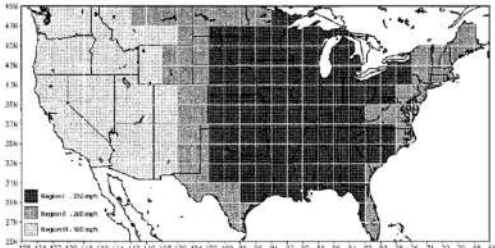
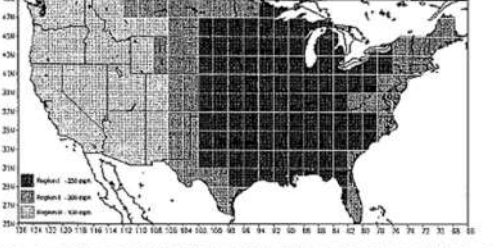
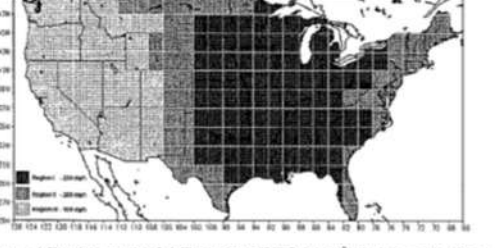


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

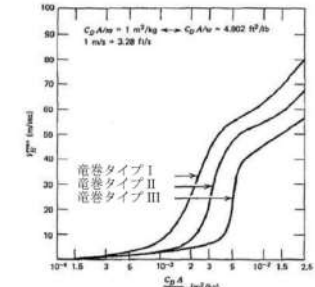
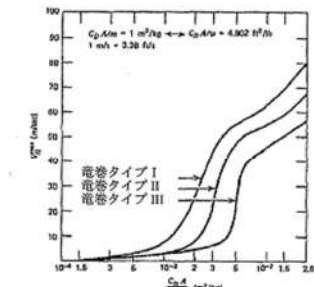
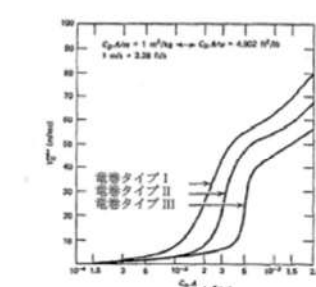
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																				
<p>献[3]には音速 0.5 から 3.5 の気流中の tumbling 運動に関する情報が含まれている。文献[3]のデータは文献[4]で、より低い音速領域に外挿されている。それによると、ランダムに tumbling 運動をしている立方体に対して <math>C_D A</math> の値は、ほぼ、“確率的に取りうる可能性のある全ての姿勢に対する投影面積と、対応する静的な抗力係数の積の平均値に等しい”と仮定できる（文献 4）。実験的な情報がこれ以上ないので、<math>C_D A</math> の実効的な値が次式のように表されるとしてもよいであろう。</p> $C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3) \quad (2.2.3.4)$ <p><math>C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)</math> ここで、<math>C_{Di} A_i</math> (<math>i=1,2,3</math>) は物体の主軸がベクトル <math>V_w - V_M</math> に平行なときに各軸方向の投影面積と対応する静的な抗力係数の積、<math>\alpha</math> は係数で、厚板、ロッド、パイプ、ボールに対する値としては 0.50、自動車に対しては 0.33 の値をとるとしているが、棒、パイプ、ボールなどの円筒形物体に対する <math>\alpha=0.50</math> は明らかに小さい。</p> <p>4) 計算結果</p> <p>竜巻による飛散物の軌跡と速度を計算し描画する計算プログラムが文献 5) に述べられている。このプログラムは竜巻の風速場のモデルとレイノルズ数の関数として変化する抗力係数を組み込んだサブルーチンを含んでいる。入力文は関連するパラメータと飛散物の運動の初期条件を含んでいる。</p> <p>式(2.2.3.3)において <math>V_M</math> と <math>V_w</math> は絶対座標系で与える。風速 <math>V_w</math> は通常 2 つの速度の和として与えられる。第 1 は、定常的な竜巻の渦による風速で円筒座標系で表される。第 2 は、基準となる絶対座標系に対する竜巻の渦の移動速度である。絶対座標系において <math>V_w</math> を記述する変換は文献[5]で導かれており、計算プログラムに含まれている。</p> <p>表 2.2.3.1 (文献[6]と表 2.2.3.2 に与えられたパラメータを使って、図 2.2.3.1 に示されるアメリカ合衆国における年間超過確率 <math>10^{-7}</math> に相当する竜巻強さの領域分け I, II, III (文献 6) に対応する、タイプ I, II, III (表 1 参照) の竜巻に対して、飛散物の最大水平速度 <math>V_{lim}</math> が計算され、図 2.2.3.2 にパラメータ <math>C_D A/m</math> の関数として与えられている。</p> <table border="1" data-bbox="89 885 683 1061"> <caption>表 2.2.3.1 設計基準竜巻の特性（文献[9]より）</caption> <thead> <tr> <th>領域</th> <th>最大風速 m/s (mph)</th> <th>移動速度 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 速半徑 m (ft)</th> <th>気圧下降 mb (psi)</th> <th>気圧下降率 mb/s (psi/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>103 (230)</td> <td>21 (46)</td> <td>82 (184)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>83 (1.2)</td> <td>37 (0.5)</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>89 (200)</td> <td>18 (40)</td> <td>72 (160)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>63 (0.9)</td> <td>25 (0.4)</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>72 (160)</td> <td>14 (32)</td> <td>57 (128)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>40 (0.6)</td> <td>13 (0.2)</td> </tr> </tbody> </table>	領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)	I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)	II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)	III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)	<p><b>【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</b></p> <p>献[3]には音速 0.5 から 3.5 の気流中の tumbling 運動に関する情報が含まれている。文献[3]のデータは文献[4]で、より低い音速領域に外挿されている。それによると、ランダムに tumbling 運動をしている立方体に対して <math>C_D A</math> の値は、ほぼ、“確率的に取りうる可能性のある全ての姿勢に対する投影面積と、対応する静的な抗力係数の積の平均値に等しい”と仮定できる（文献 4）。実験的な情報がこれ以上ないので、<math>C_D A</math> の実効的な値が次式のように表されるとしてもよいであろう。</p> $C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3) \quad (2.2.3.4)$ <p><math>C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)</math> ここで、<math>C_{Di} A_i</math> (<math>i=1,2,3</math>) は物体の主軸がベクトル <math>V_w - V_M</math> に平行なときに各軸方向の投影面積と対応する静的な抗力係数の積、<math>\alpha</math> は係数で、厚板、ロッド、パイプ、ボールに対する値としては 0.50、自動車に対しては 0.33 の値をとるとしているが、棒、パイプ、ボールなどの円筒形物体に対する <math>\alpha=0.50</math> は明らかに小さい。</p> <p>4) 計算結果</p> <p>竜巻による飛散物の軌跡と速度を計算し描画する計算プログラムが文献 5) に述べられている。このプログラムは竜巻の風速場のモデルとレイノルズ数の関数として変化する抗力係数を組み込んだサブルーチンを含んでいる。入力文は関連するパラメータと飛散物の運動の初期条件を含んでいる。</p> <p>式(2.2.3.3)において <math>V_M</math> と <math>V_w</math> は絶対座標系で与える。風速 <math>V_w</math> は通常 2 つの速度の和として与えられる。第 1 は、定常的な竜巻の渦による風速で円筒座標系で表される。第 2 は、基準となる絶対座標系に対する竜巻の渦の移動速度である。絶対座標系において <math>V_w</math> を記述する変換は文献[5]で導かれており、計算プログラムに含まれている。</p> <p>表 2.2.3.1 (文献[6]と表 2.2.3.2 に与えられたパラメータを使って、図 2.2.3.1 に示されるアメリカ合衆国における年間超過確率 <math>10^{-7}</math> に相当する竜巻強さの領域分け I, II, III (文献 6) に対応する、タイプ I, II, III (表 1 参照) の竜巻に対して、飛散物の最大水平速度 <math>V_{lim}</math> が計算され、図 2.2.3.2 にパラメータ <math>C_D A/m</math> の関数として与えられている。</p> <table border="1" data-bbox="728 885 1310 1061"> <caption>表 2.2.3.1 設計基準竜巻の特性（文献[9]より）</caption> <thead> <tr> <th>領域</th> <th>最大風速 m/s (mph)</th> <th>移動速度 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 速半徑 m (ft)</th> <th>気圧下降 mb (psi)</th> <th>気圧下降率 mb/s (psi/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>103 (230)</td> <td>21 (46)</td> <td>82 (184)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>83 (1.2)</td> <td>37 (0.5)</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>89 (200)</td> <td>18 (40)</td> <td>72 (160)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>63 (0.9)</td> <td>25 (0.4)</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>72 (160)</td> <td>14 (32)</td> <td>57 (128)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>40 (0.6)</td> <td>13 (0.2)</td> </tr> </tbody> </table>	領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)	I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)	II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)	III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)	<p>献[3]には音速 0.5 から 3.5 の気流中の tumbling 運動に関する情報が含まれている。文献[3]のデータは文献[4]で、より低い音速領域に外挿されている。それによると、ランダムに tumbling 運動をしている立方体に対して <math>C_D A</math> の値は、ほぼ、“確率的に取りうる可能性のある全ての姿勢に対する投影面積と、対応する静的な抗力係数の積の平均値に等しい”と仮定できる（文献 4）。実験的な情報がこれ以上ないので、<math>C_D A</math> の実効的な値が次式のように表されるとしてもよいであろう。</p> $C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3) \quad (2.2.3.4)$ <p><math>C_D A = \alpha(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)</math> ここで、<math>C_{Di} A_i</math> (<math>i=1,2,3</math>) は物体の主軸がベクトル <math>V_w - V_M</math> に平行なときに各軸方向の投影面積と対応する静的な抗力係数の積、<math>\alpha</math> は係数で、厚板、ロッド、パイプ、ボールに対する値としては 0.50、自動車に対しては 0.33 の値をとるとしているが、棒、パイプ、ボールなどの円筒形物体に対する <math>\alpha=0.50</math> は明らかに小さい。</p> <p>4) 計算結果</p> <p>竜巻による飛散物の軌跡と速度を計算し描画する計算プログラムが文献 5) に述べられている。このプログラムは竜巻の風速場のモデルとレイノルズ数の関数として変化する抗力係数を組み込んだサブルーチンを含んでいる。入力文は関連するパラメータと飛散物の運動の初期条件を含んでいる。</p> <p>式(2.2.3.3)において <math>V_M</math> と <math>V_w</math> は絶対座標系で与える。風速 <math>V_w</math> は通常 2 つの速度の和として与えられる。第 1 は、定常的な竜巻の渦による風速で円筒座標系で表される。第 2 は、基準となる絶対座標系に対する竜巻の渦の移動速度である。絶対座標系において <math>V_w</math> を記述する変換は文献[5]で導かれており、計算プログラムに含まれている。</p> <p>表 2.2.3.1 (文献[6]と表 2.2.3.2 に与えられたパラメータを使って、図 2.2.3.1 に示されるアメリカ合衆国における年間超過確率 <math>10^{-7}</math> に相当する竜巻強さの領域分け I, II, III (文献 6) に対応する、タイプ I, II, III (表 1 参照) の竜巻に対して、飛散物の最大水平速度 <math>V_{lim}</math> が計算され、図 2.2.3.2 にパラメータ <math>C_D A/m</math> の関数として与えられている。</p> <table border="1" data-bbox="1355 853 1937 1013"> <caption>表 2.2.3.1 設計基準竜巻の特性（文献[9]より）</caption> <thead> <tr> <th>領域</th> <th>最大風速 m/s (mph)</th> <th>移動速度 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 m/s (mph)</th> <th>最大回転風速 速半徑 m (ft)</th> <th>気圧下降 mb (psi)</th> <th>気圧下降率 mb/s (psi/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>103 (230)</td> <td>21 (46)</td> <td>82 (184)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>83 (1.2)</td> <td>37 (0.5)</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>89 (200)</td> <td>18 (40)</td> <td>72 (160)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>63 (0.9)</td> <td>25 (0.4)</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>72 (160)</td> <td>14 (32)</td> <td>57 (128)</td> <td>45.7 (150)</td> <td>40 (0.6)</td> <td>13 (0.2)</td> </tr> </tbody> </table>	領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)	I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)	II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)	III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)	
領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)																																																																																	
I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)																																																																																	
II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)																																																																																	
III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)																																																																																	
領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)																																																																																	
I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)																																																																																	
II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)																																																																																	
III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)																																																																																	
領域	最大風速 m/s (mph)	移動速度 m/s (mph)	最大回転風速 m/s (mph)	最大回転風速 速半徑 m (ft)	気圧下降 mb (psi)	気圧下降率 mb/s (psi/s)																																																																																	
I	103 (230)	21 (46)	82 (184)	45.7 (150)	83 (1.2)	37 (0.5)																																																																																	
II	89 (200)	18 (40)	72 (160)	45.7 (150)	63 (0.9)	25 (0.4)																																																																																	
III	72 (160)	14 (32)	57 (128)	45.7 (150)	40 (0.6)	13 (0.2)																																																																																	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

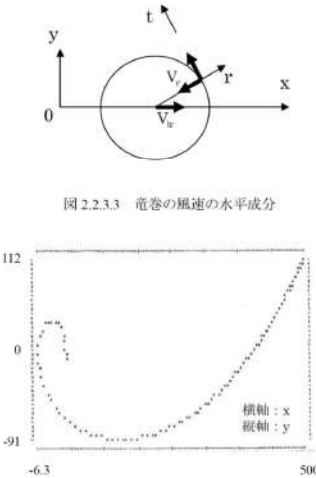
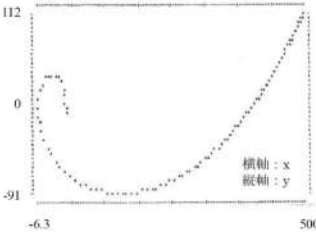
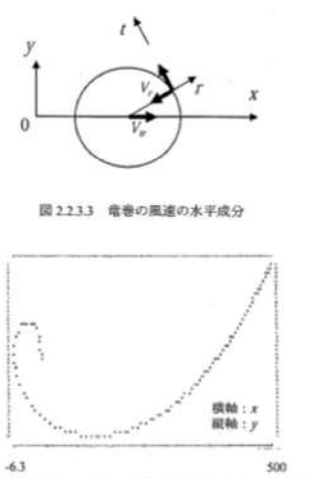
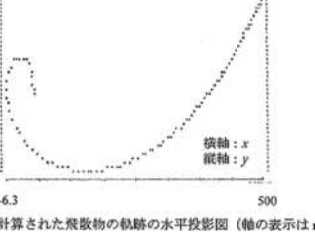
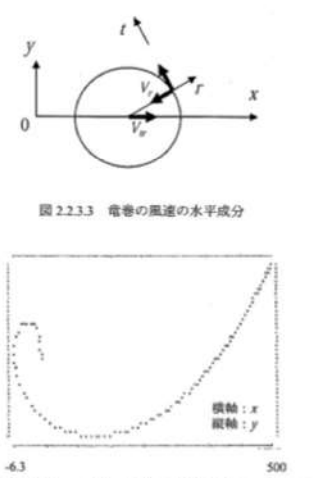
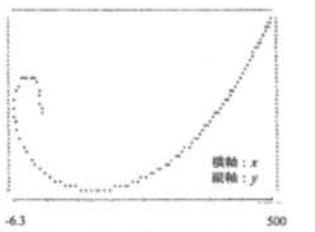
大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉 【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																																																																																																																																																
<p>表 2.2.3.2 選ばれた飛散物の特性と最大水平速度</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">大きさ</th> <th rowspan="2">長さ (ft/m)</th> <th rowspan="2">重さ (kg/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>d</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>h</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>l</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>h/w (ft<sup>2</sup>/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>l/m (m<sup>2</sup>/kg)</th> <th colspan="3">竜巻タイプ</th> </tr> <tr> <th>Type I</th> <th>Type II</th> <th>Type III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)</td> <td>8.2 to 11 (9.6, 9.6)</td> <td>12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.132</td> <td>0.0290</td> <td>272 ft/s (83 m/s)</td> <td>290 ft/s (70 m/s)</td> <td>190 ft/s (58 m/s)</td> </tr> <tr> <td>2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)</td> <td>18.97</td> <td>28.18</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0212</td> <td>0.0043</td> <td>171 ft/s (52 m/s)</td> <td>138 ft/s (42 m/s)</td> <td>33 ft/s (10 m/s)</td> </tr> <tr> <td>3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)</td> <td>4000 lb (total wt)</td> <td>1810 kg (total mass)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.0343</td> <td>0.0070</td> <td>193 ft/s (59 m/s)</td> <td>170 ft/s (52 m/s)</td> <td>134 ft/s (41 m/s)</td> </tr> <tr> <td>4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)</td> <td>2.67</td> <td>4.0</td> <td>1.2</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>0.0190</td> <td>0.0040</td> <td>107 ft/s (33 m/s)</td> <td>131 ft/s (40 m/s)</td> <td>26 ft/s (8 m/s)</td> </tr> <tr> <td>5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)</td> <td>27.5-36.5 (6.6, 32)</td> <td>40.8-54.2 (9.4, 47.5)</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0234</td> <td>0.0052</td> <td>180 ft/s (55 m/s)</td> <td>157 ft/s (48 m/s)</td> <td>85 ft/s (26 m/s)</td> </tr> <tr> <td>6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)</td> <td>49.56</td> <td>73.6</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.016</td> <td>0.0033</td> <td>154 ft/s (47 m/s)</td> <td>92 ft/s (28 m/s)</td> <td>23 ft/s (7 m/s)</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図 2.2.3.1 文献[6]よりアメリカ合衆国における年間超過確率<math>10^{-7}</math>に相当する竜巻強さの領域に相当する3つの風速の分布を示す。横軸は経度(西経 66~126 度)、縦軸は緯度(北緯 25~49 度)</p>	大きさ	長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ			Type I	Type II	Type III	1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)	2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)	3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)	4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)	5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)	6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)	<p>表 2.2.3.2 選ばれた飛散物の特性と最大水平速度</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">大きさ</th> <th rowspan="2">長さ (ft/m)</th> <th rowspan="2">重さ (kg/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>d</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>h</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>l</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>h/w (ft<sup>2</sup>/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>l/m (m<sup>2</sup>/kg)</th> <th colspan="3">竜巻タイプ</th> </tr> <tr> <th>Type I</th> <th>Type II</th> <th>Type III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)</td> <td>8.2 to 11 (9.6, 9.6)</td> <td>12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.132</td> <td>0.0290</td> <td>272 ft/s (83 m/s)</td> <td>290 ft/s (70 m/s)</td> <td>190 ft/s (58 m/s)</td> </tr> <tr> <td>2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)</td> <td>18.97</td> <td>28.18</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0212</td> <td>0.0043</td> <td>171 ft/s (52 m/s)</td> <td>138 ft/s (42 m/s)</td> <td>33 ft/s (10 m/s)</td> </tr> <tr> <td>3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)</td> <td>4000 lb (total wt)</td> <td>1810 kg (total mass)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.0343</td> <td>0.0070</td> <td>193 ft/s (59 m/s)</td> <td>170 ft/s (52 m/s)</td> <td>134 ft/s (41 m/s)</td> </tr> <tr> <td>4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)</td> <td>2.67</td> <td>4.0</td> <td>1.2</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>0.0190</td> <td>0.0040</td> <td>107 ft/s (33 m/s)</td> <td>131 ft/s (40 m/s)</td> <td>26 ft/s (8 m/s)</td> </tr> <tr> <td>5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)</td> <td>27.5-36.5 (6.6, 32)</td> <td>40.8-54.2 (9.4, 47.5)</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0234</td> <td>0.0052</td> <td>180 ft/s (55 m/s)</td> <td>157 ft/s (48 m/s)</td> <td>85 ft/s (26 m/s)</td> </tr> <tr> <td>6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)</td> <td>49.56</td> <td>73.6</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.016</td> <td>0.0033</td> <td>154 ft/s (47 m/s)</td> <td>92 ft/s (28 m/s)</td> <td>23 ft/s (7 m/s)</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図 2.2.3.1 文献[6]よりアメリカ合衆国における年間超過確率<math>10^{-7}</math>に相当する竜巻強さの領域に相当する3つの風速の分布を示す。横軸は経度(西経 66~126 度)、縦軸は緯度(北緯 25~49 度)</p>	大きさ	長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ			Type I	Type II	Type III	1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)	2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)	3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)	4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)	5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)	6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)	<p>表 2.2.3.2 選ばれた飛散物の特性と最大水平速度</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">大きさ</th> <th rowspan="2">長さ (ft/m)</th> <th rowspan="2">重さ (kg/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>d</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>h</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>l</sub></th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>h/w (ft<sup>2</sup>/lb)</th> <th rowspan="2">C<sub>p</sub>l/m (m<sup>2</sup>/kg)</th> <th colspan="3">竜巻タイプ</th> </tr> <tr> <th>Type I</th> <th>Type II</th> <th>Type III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)</td> <td>8.2 to 11 (9.6, 9.6)</td> <td>12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.132</td> <td>0.0290</td> <td>272 ft/s (83 m/s)</td> <td>290 ft/s (70 m/s)</td> <td>190 ft/s (58 m/s)</td> </tr> <tr> <td>2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)</td> <td>18.97</td> <td>28.18</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0212</td> <td>0.0043</td> <td>171 ft/s (52 m/s)</td> <td>138 ft/s (42 m/s)</td> <td>33 ft/s (10 m/s)</td> </tr> <tr> <td>3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)</td> <td>4000 lb (total wt)</td> <td>1810 kg (total mass)</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>0.0343</td> <td>0.0070</td> <td>193 ft/s (59 m/s)</td> <td>170 ft/s (52 m/s)</td> <td>134 ft/s (41 m/s)</td> </tr> <tr> <td>4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)</td> <td>2.67</td> <td>4.0</td> <td>1.2</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>0.0190</td> <td>0.0040</td> <td>107 ft/s (33 m/s)</td> <td>131 ft/s (40 m/s)</td> <td>26 ft/s (8 m/s)</td> </tr> <tr> <td>5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)</td> <td>27.5-36.5 (6.6, 32)</td> <td>40.8-54.2 (9.4, 47.5)</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0234</td> <td>0.0052</td> <td>180 ft/s (55 m/s)</td> <td>157 ft/s (48 m/s)</td> <td>85 ft/s (26 m/s)</td> </tr> <tr> <td>6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)</td> <td>49.56</td> <td>73.6</td> <td>0.7</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.016</td> <td>0.0033</td> <td>154 ft/s (47 m/s)</td> <td>92 ft/s (28 m/s)</td> <td>23 ft/s (7 m/s)</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図 2.2.3.1 文献[6]よりアメリカ合衆国における年間超過確率<math>10^{-7}</math>に相当する竜巻強さの領域に相当する3つの風速の分布を示す。横軸は経度(西経 66~126 度)、縦軸は緯度(北緯 25~49 度)</p>	大きさ	長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ			Type I	Type II	Type III	1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)	2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)	3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)	4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)	5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)	6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)	
大きさ									長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ																																																																																																																																																																																																																																			
	Type I	Type II	Type III																																																																																																																																																																																																																																																
1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
大きさ	長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ																																																																																																																																																																																																																																											
								Type I	Type II	Type III																																																																																																																																																																																																																																									
1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
大きさ	長さ (ft/m)	重さ (kg/lb)	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>l</sub>	C <sub>p</sub> h/w (ft <sup>2</sup> /lb)	C <sub>p</sub> l/m (m <sup>2</sup> /kg)	竜巻タイプ																																																																																																																																																																																																																																											
								Type I	Type II	Type III																																																																																																																																																																																																																																									
1 木の棒 3" × 13" × 12" (0.092 m × 0.289 m × 3.66m)	8.2 to 11 (9.6, 9.6)	12.2 to 16.3 (4.3, 14.3)	2.0	2.0	2.0	0.132	0.0290	272 ft/s (83 m/s)	290 ft/s (70 m/s)	190 ft/s (58 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
2 鉄パイプ 6.625" (diam) × 15' length (0.168 m × 4.58 m)	18.97	28.18	0.7	2.0	0.7	0.0212	0.0043	171 ft/s (52 m/s)	138 ft/s (42 m/s)	33 ft/s (10 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
3 自動車 16.4" × 6.6" × 4.3" (5 m × 2 m × 1.3m)	4000 lb (total wt)	1810 kg (total mass)	2.0	2.0	2.0	0.0343	0.0070	193 ft/s (59 m/s)	170 ft/s (52 m/s)	134 ft/s (41 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
4 鋼棒 1" (diam) × 3' (length) (0.0254 m × 0.915 m)	2.67	4.0	1.2	2.0	1.2	0.0190	0.0040	107 ft/s (33 m/s)	131 ft/s (40 m/s)	26 ft/s (8 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
5 鉄パイプ 13.5" (diam) × 35' (length) (0.343 m × 10.67 m)	27.5-36.5 (6.6, 32)	40.8-54.2 (9.4, 47.5)	0.7	2.0	0.7	0.0234	0.0052	180 ft/s (55 m/s)	157 ft/s (48 m/s)	85 ft/s (26 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									
6 鉄パイプ 12.75" (diam) × 15' (length) (0.32 m × 4.58 m)	49.56	73.6	0.7	2.0	0.7	0.016	0.0033	154 ft/s (47 m/s)	92 ft/s (28 m/s)	23 ft/s (7 m/s)																																																																																																																																																																																																																																									

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: center;">大飯発電所3/4号炉</p>  <p>図 2.2.3.2 種々の竜巻のタイプに対して <math>C_0A/m</math> の関数として与えられた飛散物の最大水平速度の変化。</p> <p>これらの計算では以下の仮定が使われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>竜巻の接線方向風速 <math>V_t</math> は式(2.2.3.5)と(2.2.3.6)で記述される。</li> </ul> $V_t = \frac{r}{R_m} V_m \quad (0 \leq r \leq R_m) \quad (2.2.3.5)$ $V_t = \frac{R_m}{r} V_m \quad (R_m < r < \infty) \quad (2.2.3.6)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向風速 <math>V_r</math> と鉛直方向風速 <math>V_z</math> は次のように与える[文献7]</li> </ul> $V_r = 0.50 V_t \quad (2.2.3.7)$ $V_z = 0.67 V_t \quad (2.2.3.8)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向成分は図 2.2.3.3 のように渦の中心方向を正とし鉛直方向成分は上方を正とする。</li> <li>竜巻の渦の移動速度 <math>V_c</math> は図 2.2.3.3 のように <math>x</math> 軸の正方向にとる。</li> <li>時刻 <math>t=0</math> における初期条件は <math>x(0) = R_m</math>, <math>y(0) = 0</math>, <math>z(0) = 40m</math>, <math>V_{sx}(0) = V_{sy}(0) = V_{sz}(0) = 0</math> ここで、<math>x, y, z</math> は飛散物の重心を通る座標軸で、<math>V_{sx}</math>, <math>V_{sy}</math>, <math>V_{sz}</math> はそれぞれ <math>x, y, z</math> 軸に沿う飛散物の速度である。<math>t=0</math> における竜巻の中心は座標軸の原点にある。タイプ I の竜巻中で <math>C_0A/m=0.1</math> の飛散物で計算された軌跡の水平投影図を図 2.2.3.4 に示す。表 2.2.3.2 には選ばれた飛散物の推定される特性を挙げてある。また、図 2.2.3.2 から得られた対応する水平速度 <math>V_{imax}</math> も示す。</li> </ul> <p style="text-align: center;">225</p>	<p style="text-align: center;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料12より引用】</p> <p style="text-align: center;">女川原子力発電所2号炉</p>  <p>図 2.2.3.2 種々の竜巻のタイプに対して <math>C_0A/m</math> の関数として与えられた飛散物の最大水平速度の変化。</p> <p>これらの計算では以下の仮定が使われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>竜巻の接線方向風速 <math>V_t</math> は式(2.2.3.5)と(2.2.3.6)で記述される。</li> </ul> $V_t = \frac{r}{R_m} V_m \quad (0 \leq r \leq R_m) \quad (2.2.3.5)$ $V_t = \frac{R_m}{r} V_m \quad (R_m < r < \infty) \quad (2.2.3.6)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向風速 <math>V_r</math> と鉛直方向風速 <math>V_z</math> は次のように与える[文献7]</li> </ul> $V_r = 0.50 V_t \quad (2.2.3.7)$ $V_z = 0.67 V_t \quad (2.2.3.8)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向成分は図 2.2.3.3 のように渦の中心方向を正とし鉛直方向成分は上方を正とする。</li> <li>竜巻の渦の移動速度 <math>V_c</math> は図 2.2.3.3 のように <math>x</math> 軸の正方向にとる。</li> <li>時刻 <math>t=0</math> における初期条件は <math>x(0) = R_m</math>, <math>y(0) = 0</math>, <math>z(0) = 40m</math>, <math>V_{sx}(0) = V_{sy}(0) = V_{sz}(0) = 0</math> ここで、<math>x, y, z</math> は飛散物の重心を通る座標軸で、<math>V_{sx}</math>, <math>V_{sy}</math>, <math>V_{sz}</math> はそれぞれ <math>x, y, z</math> 軸に沿う飛散物の速度である。<math>t=0</math> における竜巻の中心は座標軸の原点にある。タイプ I の竜巻中で <math>C_0A/m=0.1</math> の飛散物で計算された軌跡の水平投影図を図 2.2.3.4 に示す。表 2.2.3.2 には選ばれた飛散物の推定される特性を挙げてある。また、図 2.2.3.2 から得られた対応する水平速度 <math>V_{imax}</math> も示す。</li> </ul> <p style="text-align: center;">225</p> <p style="text-align: center;">R 巻(竜巻)-別添1-資料12-附</p>	<p style="text-align: center;">泊発電所3号炉</p>  <p>図 2.2.3.2 種々の竜巻のタイプに対して <math>C_0A/m</math> の関数として与えられた飛散物の最大水平速度の変化。</p> <p>これらの計算では以下の仮定が使われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>竜巻の接線方向風速 <math>V_t</math> は式(2.2.3.5)と(2.2.3.6)で記述される。</li> </ul> $V_t = \frac{r}{R_m} V_m \quad (0 \leq r \leq R_m) \quad (2.2.3.5)$ $V_t = \frac{R_m}{r} V_m \quad (R_m < r < \infty) \quad (2.2.3.6)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向風速 <math>V_r</math> と鉛直方向風速 <math>V_z</math> は次のように与える[文献7]</li> </ul> $V_r = 0.50 V_t \quad (2.2.3.7)$ $V_z = 0.67 V_t \quad (2.2.3.8)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>径方向成分は図 2.2.3.3 のように渦の中心方向を正とし鉛直方向成分は上方を正とする。</li> <li>竜巻の渦の移動速度 <math>V_c</math> は図 2.2.3.3 のように <math>x</math> 軸の正方向にとる。</li> <li>時刻 <math>t=0</math> における初期条件は <math>x(0) = R_m</math>, <math>y(0) = 0</math>, <math>z(0) = 40m</math>, <math>V_{sx}(0) = V_{sy}(0) = V_{sz}(0) = 0</math> ここで、<math>x, y, z</math> は飛散物の重心を通る座標軸で、<math>V_{sx}</math>, <math>V_{sy}</math>, <math>V_{sz}</math> はそれぞれ <math>x, y, z</math> 軸に沿う飛散物の速度である。<math>t=0</math> における竜巻の中心は座標軸の原点にある。タイプ I の竜巻中で <math>C_0A/m=0.1</math> の飛散物で計算された軌跡の水平投影図を図 2.2.3.4 に示す。表 2.2.3.2 には選ばれた飛散物の推定される特性を挙げてある。また、図 2.2.3.2 から得られた対応する水平速度 <math>V_{imax}</math> も示す。</li> </ul> <p style="text-align: center;">225</p>	<p>相違理由</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p style="text-align: center;">大飯発電所3/4号炉</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.3 竜巻の風速の水平成分</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.4 計算された飛散物の軌跡の水平投影図（軸の表示は m）</p> <p>5) 飛散物の最大水平速度の感度解析</p> <p>運動モデルには不確実性が含まれるので、表に示された推定値の範囲で飛散物の最大水平速度 <math>V_{\max}</math> の感度を調べることは興味のあることである。以下で考察する各ケースにおいて、全ての仮定は図 2.2.3.2 の竜巻のタイプ I に対して用いられたものと同じである。</p> <p>(a) 初期条件 <math>x(0)</math> と <math>y(0)</math></p> <p><math>C_D A/m=0.001</math> と <math>C_D A/m=0.1</math> で初期条件 <math>x(0)</math>、<math>y(0)</math> に対して得られた結果を 3 種類、表 2.2.3.3 に示す。表中の矢印は接線方向と竜巻の移動方向の風速の方向を示す。 <math>V_{\max}</math> の計算された最大値に対応する初期位置は <math>C_D A/m</math> により変化し、 <math>C_D A/m=0.001</math> では位置(c)、 <math>C_D A/m=0.1</math> では位置(b)となる。</p> <p style="text-align: center;">226</p>	<p style="text-align: center;">女川原子力発電所2号炉</p> <p style="text-align: center;">【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.3 竜巻の風速の水平成分</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.4 計算された飛散物の軌跡の水平投影図（軸の表示は m）</p> <p>5) 飛散物の最大水平速度の感度解析</p> <p>運動モデルには不確実性が含まれるので、表に示された推定値の範囲で飛散物の最大水平速度 <math>V_{\max}</math> の感度を調べることは興味のあることである。以下で考察する各ケースにおいて、全ての仮定は図 2.2.3.2 の竜巻のタイプ I に対して用いられたものと同じである。</p> <p>(a) 初期条件 <math>x(0)</math> と <math>y(0)</math></p> <p><math>C_D A/m=0.001</math> と <math>C_D A/m=0.1</math> で初期条件 <math>x(0)</math>、<math>y(0)</math> に対して得られた結果を 3 種類、表 2.2.3.3 に示す。表中の矢印は接線方向と竜巻の移動方向の風速の方向を示す。 <math>V_{\max}</math> の計算された最大値に対応する初期位置は <math>C_D A/m</math> により変化し、 <math>C_D A/m=0.001</math> では位置(c)、 <math>C_D A/m=0.1</math> では位置(b)となる。</p> <p style="text-align: center;">226</p>	<p style="text-align: center;">泊発電所3号炉</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.3 竜巻の風速の水平成分</p>  <p style="text-align: center;">図 2.2.3.4 計算された飛散物の軌跡の水平投影図（軸の表示は m）</p> <p>5) 飛散物の最大水平速度の感度解析</p> <p>運動モデルには不確実性が含まれるので、表に示された推定値の範囲で飛散物の最大水平速度 <math>V_{\max}</math> の感度を調べることは興味のあることである。以下で考察する各ケースにおいて、全ての仮定は図 2.2.3.2 の竜巻のタイプ I に対して用いられたものと同じである。</p> <p>(a) 初期条件 <math>x(0)</math> と <math>y(0)</math></p> <p><math>C_D A/m=0.001</math> と <math>C_D A/m=0.1</math> で初期条件 <math>x(0)</math>、<math>y(0)</math> に対して得られた結果を 3 種類、表 2.2.3.3 に示す。表中の矢印は接線方向と竜巻の移動方向の風速の方向を示す。 <math>V_{\max}</math> の計算された最大値に対応する初期位置は <math>C_D A/m</math> により変化し、 <math>C_D A/m=0.001</math> では位置(c)、 <math>C_D A/m=0.1</math> では位置(b)となる。</p> <p style="text-align: center;">226</p>	<p style="text-align: center;">相違理由</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉 【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																			
<p>表 2.2.3.3 種々の初期条件 <math>x(0), y(0)</math> に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="168 255 616 391"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>x(0)</math> (m)</th> <th><math>y(0)</math> (m)</th> <th><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>23</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td>0</td> <td>-46</td> <td>51</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) 初期高さ <math>x(0)</math>                      計算によると、パラメータ <math>C_D A/m</math> が図 2.2.3.2 の中央の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は初期高さが低くなるとともに小さくなる。しかし、飛散物が相対的に軽くてパラメータ <math>C_D A/m</math> が左側の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は <math>x(0)</math> には依存しない。</p> <p>(c) 飛散物の初期速度                      たとえば、爆発などによって飛散物が流の中に取り込まれた場合、初期速度がゼロという仮定は成り立たなくなる。他の条件が全て同じ場合、初期速度がゼロに対応した計算結果よりも初期速度がゼロでない場合が速くなることはない。表 2.2.3.4 に <math>V_{ky}(0)=0, V_{kx}(0)=0</math> として、<math>V_{kx}(0)=0, 10, 20\text{m/s}</math> の場合の結果を示す。これによると、<math>C_D A/m=0.001</math> では <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の方が <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の場合よりも <math>V_{limax}</math> は速くなっている。</p> <p>(d) 竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math>                      初期位置 <math>x(0), y(0)</math> に対して、竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math> が減少するにつれて <math>V_{limax}</math> は増加したり減少したりする。たとえば、<math>x(0)=46\text{m}, y(0)=0, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_e=0</math> ならば <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=7\text{m/s}</math> (このとき <math>V_e=31\text{m/s}</math>) よりも速くなる。しかし、<math>x(0)=0, y(0)=-46\text{m}, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=51\text{m/s}</math> よりも遅くなる。</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$	(a)	46	0	7	62	(b)	23	0	15	89	(c)	0	-46	51	67	<p>表 2.2.3.3 種々の初期条件 <math>x(0), y(0)</math> に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="806 255 1254 391"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>x(0)</math> (m)</th> <th><math>y(0)</math> (m)</th> <th><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>23</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td>0</td> <td>-46</td> <td>51</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) 初期高さ <math>x(0)</math>                      計算によると、パラメータ <math>C_D A/m</math> が図 2.2.3.2 の中央の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は初期高さが低くなるとともに小さくなる。しかし、飛散物が相対的に軽くてパラメータ <math>C_D A/m</math> が左側の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は <math>x(0)</math> には依存しない。</p> <p>(c) 飛散物の初期速度                      たとえば、爆発などによって飛散物が流の中に取り込まれた場合、初期速度がゼロという仮定は成り立たなくなる。他の条件が全て同じ場合、初期速度がゼロに対応した計算結果よりも初期速度がゼロでない場合が速くなることはない。表 2.2.3.4 に <math>V_{ky}(0)=0, V_{kx}(0)=0</math> として、<math>V_{kx}(0)=0, 10, 20\text{m/s}</math> の場合の結果を示す。これによると、<math>C_D A/m=0.001</math> では <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の方が <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の場合よりも <math>V_{limax}</math> は速くなっている。</p> <p>(d) 竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math>                      初期位置 <math>x(0), y(0)</math> に対して、竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math> が減少するにつれて <math>V_{limax}</math> は増加したり減少したりする。たとえば、<math>x(0)=46\text{m}, y(0)=0, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_e=0</math> ならば <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=7\text{m/s}</math> (このとき <math>V_e=31\text{m/s}</math>) よりも速くなる。しかし、<math>x(0)=0, y(0)=-46\text{m}, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=51\text{m/s}</math> よりも遅くなる。</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$	(a)	46	0	7	62	(b)	23	0	15	89	(c)	0	-46	51	67	<p>表 2.2.3.3 種々の初期条件 <math>x(0), y(0)</math> に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="1433 255 1881 391"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>x(0)</math> (m)</th> <th><math>y(0)</math> (m)</th> <th><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>23</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>(c)</td> <td>0</td> <td>-46</td> <td>51</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table> <p>(b) 初期高さ <math>x(0)</math>                      計算によると、パラメータ <math>C_D A/m</math> が図 2.2.3.2 の中央の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は初期高さが低くなるとともに小さくなる。しかし、飛散物が相対的に軽くてパラメータ <math>C_D A/m</math> が左側の S 型曲線に対応している場合には <math>V_{limax}</math> は <math>x(0)</math> には依存しない。</p> <p>(c) 飛散物の初期速度                      たとえば、爆発などによって飛散物が流の中に取り込まれた場合、初期速度がゼロという仮定は成り立たなくなる。他の条件が全て同じ場合、初期速度がゼロに対応した計算結果よりも初期速度がゼロでない場合が速くなることはない。表 2.2.3.4 に <math>V_{ky}(0)=0, V_{kx}(0)=0</math> として、<math>V_{kx}(0)=0, 10, 20\text{m/s}</math> の場合の結果を示す。これによると、<math>C_D A/m=0.001</math> では <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の方が <math>V_{kx}(0)=10\text{m/s}</math> の場合よりも <math>V_{limax}</math> は速くなっている。</p> <p>(d) 竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math>                      初期位置 <math>x(0), y(0)</math> に対して、竜巻の渦の移動速度 <math>V_e</math> が減少するにつれて <math>V_{limax}</math> は増加したり減少したりする。たとえば、<math>x(0)=46\text{m}, y(0)=0, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_e=0</math> ならば <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=7\text{m/s}</math> (このとき <math>V_e=31\text{m/s}</math>) よりも速くなる。しかし、<math>x(0)=0, y(0)=-46\text{m}, C_D A/m=0.001</math> の場合 <math>V_{limax}=25\text{m/s}</math> となり、表 2.2.3.3 における <math>V_{limax}=51\text{m/s}</math> よりも遅くなる。</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$	(a)	46	0	7	62	(b)	23	0	15	89	(c)	0	-46	51	67																																								
	$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$																																																																																																		
(a)	46	0	7	62																																																																																																		
(b)	23	0	15	89																																																																																																		
(c)	0	-46	51	67																																																																																																		
	$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$																																																																																																		
(a)	46	0	7	62																																																																																																		
(b)	23	0	15	89																																																																																																		
(c)	0	-46	51	67																																																																																																		
	$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$	$C_D A/m = 0.01$																																																																																																		
(a)	46	0	7	62																																																																																																		
(b)	23	0	15	89																																																																																																		
(c)	0	-46	51	67																																																																																																		
<p>表 2.2.3.4 種々の初期速度に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="145 861 638 1013"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2"><math>x(0)</math> (m)</th> <th rowspan="2"><math>y(0)</math> (m)</th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> <tr> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>20</td> <td>62</td> <td>58</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>0</td> <td>-23</td> <td>35</td> <td>45</td> <td>35</td> <td>63</td> <td>59</td> <td>59</td> </tr> </tbody> </table> <p>(e) 渦の流のモデル                      文献[8]と文献[9]に提案されている渦のモデルは、ここで使った半径 <math>R_0</math> が一定となるモデルとは異なっており、基本的に地面からの高さとともに直線的に半径 <math>R_0</math> は増加すると</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	(a)	46	0	8	9	20	62	58	53	(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59	<p>表 2.2.3.4 種々の初期速度に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="784 861 1276 1013"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2"><math>x(0)</math> (m)</th> <th rowspan="2"><math>y(0)</math> (m)</th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> <tr> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>20</td> <td>62</td> <td>58</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>0</td> <td>-23</td> <td>35</td> <td>45</td> <td>35</td> <td>63</td> <td>59</td> <td>59</td> </tr> </tbody> </table> <p>(e) 渦の流のモデル                      文献[8]と文献[9]に提案されている渦のモデルは、ここで使った半径 <math>R_0</math> が一定となるモデルとは異なっており、基本的に地面からの高さとともに直線的に半径 <math>R_0</math> は増加すると</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	(a)	46	0	8	9	20	62	58	53	(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59	<p>表 2.2.3.4 種々の初期速度に対する飛散物の最大水平速度 <math>V_{limax}</math> (m/s)</p> <table border="1" data-bbox="1433 861 1904 1013"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2"><math>x(0)</math> (m)</th> <th rowspan="2"><math>y(0)</math> (m)</th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.001</math></th> <th colspan="3"><math>C_D A/m = 0.01</math></th> </tr> <tr> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> <th><math>V_{ky}(0)</math></th> <th><math>V_{kx}(0)</math></th> <th><math>V_{limax}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a)</td> <td>46</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>20</td> <td>62</td> <td>58</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>(b)</td> <td>0</td> <td>-23</td> <td>35</td> <td>45</td> <td>35</td> <td>63</td> <td>59</td> <td>59</td> </tr> </tbody> </table> <p>(e) 渦の流のモデル                      文献[8]と文献[9]に提案されている渦のモデルは、ここで使った半径 <math>R_0</math> が一定となるモデルとは異なっており、基本的に地面からの高さとともに直線的に半径 <math>R_0</math> は増加すると</p>		$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	(a)	46	0	8	9	20	62	58	53	(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59	
				$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$																																																																																													
	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$																																																																																														
(a)	46	0	8	9	20	62	58	53																																																																																														
(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59																																																																																														
	$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$																																																																																																
			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$																																																																																														
(a)	46	0	8	9	20	62	58	53																																																																																														
(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59																																																																																														
	$x(0)$ (m)	$y(0)$ (m)	$C_D A/m = 0.001$			$C_D A/m = 0.01$																																																																																																
			$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$	$V_{ky}(0)$	$V_{kx}(0)$	$V_{limax}$																																																																																														
(a)	46	0	8	9	20	62	58	53																																																																																														
(b)	0	-23	35	45	35	63	59	59																																																																																														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.14）

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																																																															
<p>仮定している。もし、このモデルが使われるならば、対応する飛散物の速度の計算結果はほとんどの場合、図2.2.3.2よりも速くなること文献[5]に示されている。</p> <p>何人かの気象学者たちは、式(2.2.3.5)で示される速度よりもほとんどの竜巻の風速場において実際の竜巻の径方向の速度 <math>V_r</math> はかなり遅くなるという見解を示している。したがって、飛散物が多く運動量を獲得する高風速領域内の軌跡を計算するための径方向の抗力係数は相対的に小さくなり、飛散物の速度は図2.2.3.2の値よりもかなり遅くなる。実際の鉛直方向の風速は式(2.2.3.6)で得られるよりも遅いと考えられているので、飛散物はこの式に基づいて計算されたものより速く地面に落下しやすい。その結果として飛散物の速度も減少する（文献[5]）。</p> <p>竜巻による飛散物の速度の決定論的研究に関しては文献[10]から文献[16]を参照されたい。ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に明記された飛散物の速度を表2.2.3.5に示す。</p> <p>表 2.2.3.5 ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に示された飛散物の最大水平速度を挙げる。</p> <table border="1" data-bbox="78 502 683 646"> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛散物 (pounds)</th> <th rowspan="2">重さ</th> <th colspan="9">風速</th> </tr> <tr> <th>320 mph</th> <th>260 mph</th> <th>250 mph</th> <th>200 mph</th> <th>180 mph</th> <th>150 mph</th> <th>140 mph</th> <th>100 mph</th> <th>100 mph</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自動車</td> <td>4,000</td> <td>115 mph</td> <td>100 mph</td> <td>95 mph</td> <td>75 mph</td> <td>65 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>20 mph</td> <td>0 mph</td> </tr> <tr> <td>ワイドフランジ</td> <td>750</td> <td>1,100 ft</td> <td>850 ft</td> <td>800 ft</td> <td>600 ft</td> <td>450 ft</td> <td>200 ft</td> <td>180 ft</td> <td>100 ft</td> <td>0 ft</td> </tr> <tr> <td>W 14 x 30 が同等品</td> <td>750</td> <td>100 mph</td> <td>75 mph</td> <td>70 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>30 mph</td> <td>25 mph</td> <td>0 mph</td> <td>0 ft</td> </tr> </tbody> </table> <p>Source: Extracted from American National Standard ANSI/ANS-2.3-1983 with permission of the publisher, the American Nuclear Society.</p>	飛散物 (pounds)	重さ	風速									320 mph	260 mph	250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph	自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph	ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft	W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft	<p><b>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</b></p> <p>仮定している。もし、このモデルが使われるならば、対応する飛散物の速度の計算結果はほとんどの場合、図2.2.3.2よりも速くなること文献[5]に示されている。</p> <p>何人かの気象学者たちは、式(2.2.3.5)で示される速度よりもほとんどの竜巻の風速場において実際の竜巻の径方向の速度 <math>V_r</math> はかなり遅くなるという見解を示している。したがって、飛散物が多く運動量を獲得する高風速領域内の軌跡を計算するための径方向の抗力係数は相対的に小さくなり、飛散物の速度は図2.2.3.2の値よりもかなり遅くなる。実際の鉛直方向の風速は式(2.2.3.6)で得られるよりも遅いと考えられているので、飛散物はこの式に基づいて計算されたものより速く地面に落下しやすい。その結果として飛散物の速度も減少する（文献[5]）。</p> <p>竜巻による飛散物の速度の決定論的研究に関しては文献[10]から文献[16]を参照されたい。ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に明記された飛散物の速度を表2.2.3.5に示す。</p> <p>表 2.2.3.5 ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に示された飛散物の最大水平速度を挙げる。</p> <table border="1" data-bbox="728 542 1310 654"> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛散物 (pounds)</th> <th rowspan="2">重さ</th> <th colspan="9">風速</th> </tr> <tr> <th>320 mph</th> <th>260 mph</th> <th>250 mph</th> <th>200 mph</th> <th>180 mph</th> <th>150 mph</th> <th>140 mph</th> <th>100 mph</th> <th>100 mph</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自動車</td> <td>4,000</td> <td>115 mph</td> <td>100 mph</td> <td>95 mph</td> <td>75 mph</td> <td>65 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>20 mph</td> <td>0 mph</td> </tr> <tr> <td>ワイドフランジ</td> <td>750</td> <td>1,100 ft</td> <td>850 ft</td> <td>800 ft</td> <td>600 ft</td> <td>450 ft</td> <td>200 ft</td> <td>180 ft</td> <td>100 ft</td> <td>0 ft</td> </tr> <tr> <td>W 14 x 30 が同等品</td> <td>750</td> <td>100 mph</td> <td>75 mph</td> <td>70 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>30 mph</td> <td>25 mph</td> <td>0 mph</td> <td>0 ft</td> </tr> </tbody> </table> <p>Source: Extracted from American National Standard ANSI/ANS-2.3-1983 with permission of the publisher, the American Nuclear Society.</p>	飛散物 (pounds)	重さ	風速									320 mph	260 mph	250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph	自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph	ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft	W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft	<p>仮定している。もし、このモデルが使われるならば、対応する飛散物の速度の計算結果はほとんどの場合、図2.2.3.2よりも速くなること文献[5]に示されている。</p> <p>何人かの気象学者たちは、式(2.2.3.5)で示される速度よりもほとんどの竜巻の風速場において実際の竜巻の径方向の速度 <math>V_r</math> はかなり遅くなるという見解を示している。したがって、飛散物が多く運動量を獲得する高風速領域内の軌跡を計算するための径方向の抗力係数は相対的に小さくなり、飛散物の速度は図2.2.3.2の値よりもかなり遅くなる。実際の鉛直方向の風速は式(2.2.3.6)で得られるよりも遅いと考えられているので、飛散物はこの式に基づいて計算されたものより速く地面に落下しやすい。その結果として飛散物の速度も減少する（文献[5]）。</p> <p>竜巻による飛散物の速度の決定論的研究に関しては文献[10]から文献[16]を参照されたい。ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に明記された飛散物の速度を表2.2.3.5に示す。</p> <p>表 2.2.3.5 ANSI/ANS-2.3-1983 基準（文献[17]）に示された飛散物の最大水平速度を挙げる。</p> <table border="1" data-bbox="1366 534 1948 646"> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛散物 (pounds)</th> <th rowspan="2">重さ</th> <th colspan="9">風速</th> </tr> <tr> <th>320 mph</th> <th>260 mph</th> <th>250 mph</th> <th>200 mph</th> <th>180 mph</th> <th>150 mph</th> <th>140 mph</th> <th>100 mph</th> <th>100 mph</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自動車</td> <td>4,000</td> <td>115 mph</td> <td>100 mph</td> <td>95 mph</td> <td>75 mph</td> <td>65 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>20 mph</td> <td>0 mph</td> </tr> <tr> <td>ワイドフランジ</td> <td>750</td> <td>1,100 ft</td> <td>850 ft</td> <td>800 ft</td> <td>600 ft</td> <td>450 ft</td> <td>200 ft</td> <td>180 ft</td> <td>100 ft</td> <td>0 ft</td> </tr> <tr> <td>W 14 x 30 が同等品</td> <td>750</td> <td>100 mph</td> <td>75 mph</td> <td>70 mph</td> <td>50 mph</td> <td>45 mph</td> <td>30 mph</td> <td>25 mph</td> <td>0 mph</td> <td>0 ft</td> </tr> </tbody> </table> <p>Source: Extracted from American National Standard ANSI/ANS-2.3-1983 with permission of the publisher, the American Nuclear Society.</p>	飛散物 (pounds)	重さ	風速									320 mph	260 mph	250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph	自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph	ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft	W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft	
飛散物 (pounds)			重さ	風速																																																																																																																																																														
	320 mph	260 mph		250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph																																																																																																																																																								
自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph																																																																																																																																																								
ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft																																																																																																																																																								
W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft																																																																																																																																																								
飛散物 (pounds)	重さ	風速																																																																																																																																																																
		320 mph	260 mph	250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph																																																																																																																																																								
自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph																																																																																																																																																								
ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft																																																																																																																																																								
W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft																																																																																																																																																								
飛散物 (pounds)	重さ	風速																																																																																																																																																																
		320 mph	260 mph	250 mph	200 mph	180 mph	150 mph	140 mph	100 mph	100 mph																																																																																																																																																								
自動車	4,000	115 mph	100 mph	95 mph	75 mph	65 mph	50 mph	45 mph	20 mph	0 mph																																																																																																																																																								
ワイドフランジ	750	1,100 ft	850 ft	800 ft	600 ft	450 ft	200 ft	180 ft	100 ft	0 ft																																																																																																																																																								
W 14 x 30 が同等品	750	100 mph	75 mph	70 mph	50 mph	45 mph	30 mph	25 mph	0 mph	0 ft																																																																																																																																																								



赤字: 設備, 運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
緑字: 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>付録3</p> <p>日本流体力学学会 2013</p> <p>移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物速度の評価 Evaluation of Tornado-borne Missile Speed using a Translating Rankine Vortex Model</p> <p>○ 江口 誠, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, eguchi@criepi.denken.or.jp 杉本 龍一郎, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, soichiro@criepi.denken.or.jp 服部 康男, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, yhatocci@criepi.denken.or.jp 平口 博丸, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, hitomaru@criepi.denken.or.jp Yuzuru Eguchi, Soichiro Sugimoto, Yasuo Hatocci, and Hitomaru Hirakuchi, Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko 1646, Abiko-shi, Chiba-ken, 270-1194 JAPAN</p> <p>We have developed a numerical model to evaluate velocity of tornado-borne objects or missiles where wind of tornado is modeled with translating Rankine vortex and an object is assumed to be subject to drag and gravity forces in a manner similar to E. Simiu and M. Cooke (1976). In this study, effects of time integration scheme and time increment on accuracy are numerically examined and discussed. Furthermore, the results of tornado-borne missile speed are compared with those of the previous studies where tornado wind fields were defined by scaling an LES result obtained for a small experimental apparatus, to discuss the effect of the tornado wind features on the missile speed.</p> <p>1. 序論 原子力発電所の安全審査においては、竜巻やその他の自然現象が発生したとしても原子力発電所の安全性が維持されることと認められる。竜巻発生時には強風により浮上した物体が原子力発電施設に衝突する可能性があるため、竜巻に伴う飛来物の飛来速度を定める必要がある。この竜巻飛来物評価法として、竜巻の中心を移動するランキン渦で竜巻のモデル化する方法が用いられている。一方、目撃では、小規模な竜巻発生現象を対象とした非定常乱流解析で得られた数値解析結果に基づき、スケール間によって定常竜巻の風速場に適用した非定常風速場を用いる方法が検討されている<sup>(1)(2)</sup>。そこで、本研究では、まず E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様の竜巻モデルに基づいて飛来物速度を求めるための数値解析プログラム TONBOS を作成し、数値解析法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響を明らかにする。次に、非定常風速場を用いる数値解析結果と対比し、これらの数値解析結果の信頼性を検証する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>以下、2章では、本研究で開発した竜巻飛来物速度評価プログラム TONBOS の物理モデル (基礎方程式) とその数値解析スキームについて説明する。3章では、時間積分法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響について議論する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>2. 数値解析の物理モデルと計算スキーム 2.1 基礎方程式 (a) 竜巻の風速場 竜巻の風速場はx軸方向に一定速度V<sub>0</sub>で移動するランキン渦でモデル化する。ランキン渦の風速V<sub>r</sub>は、旋流中心方向の風速V<sub>0</sub>、上昇風速V<sub>z</sub>は E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様に以下の式で定義する (Fig.1 参照)。 V<sub>r</sub> = a f(r), V<sub>z</sub> = b f(r), V<sub>0</sub> = c f(r) (0a), (0b), (0c) ただし、a = 1/5, b = 2/3, c = 4/3 と定義し、風向風速V<sub>0</sub>と旋流中心方向の風速V<sub>r</sub>を合成した渦の水平速度a√(V<sub>0</sub><sup>2</sup>+V<sub>r</sub><sup>2</sup>)は、以下の式で定義される。</p>	<p>付録3</p> <p>日本流体力学学会 2013</p> <p>移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物速度の評価 Evaluation of Tornado-borne Missile Speed using a Translating Rankine Vortex Model</p> <p>○ 江口 誠, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, eguchi@criepi.denken.or.jp 杉本 龍一郎, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, soichiro@criepi.denken.or.jp 服部 康男, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, yhatocci@criepi.denken.or.jp 平口 博丸, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, hitomaru@criepi.denken.or.jp Yuzuru Eguchi, Soichiro Sugimoto, Yasuo Hatocci, and Hitomaru Hirakuchi, Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko 1646, Abiko-shi, Chiba-ken, 270-1194 JAPAN</p> <p>We have developed a numerical model to evaluate velocity of tornado-borne objects or missiles where wind of tornado is modeled with translating Rankine vortex and an object is assumed to be subject to drag and gravity forces in a manner similar to E. Simiu and M. Cooke (1976). In this study, effects of time integration scheme and time increment on accuracy are numerically examined and discussed. Furthermore, the results of tornado-borne missile speed are compared with those of the previous studies where tornado wind fields were defined by scaling an LES result obtained for a small experimental apparatus, to discuss the effect of the tornado wind features on the missile speed.</p> <p>1. 序論 原子力発電所の安全審査においては、竜巻やその他の自然現象が発生したとしても原子力発電所の安全性が維持されることと認められる。竜巻発生時には強風により浮上した物体が原子力発電施設に衝突する可能性があるため、竜巻に伴う飛来物の飛来速度を定める必要がある。この竜巻飛来物評価法として、竜巻の中心を移動するランキン渦で竜巻のモデル化する方法が用いられている。一方、目撃では、小規模な竜巻発生現象を対象とした非定常乱流解析で得られた数値解析結果に基づき、スケール間によって定常竜巻の風速場に適用した非定常風速場を用いる方法が検討されている<sup>(1)(2)</sup>。そこで、本研究では、まず E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様の竜巻モデルに基づいて飛来物速度を求めるための数値解析プログラム TONBOS を作成し、数値解析法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響を明らかにする。次に、非定常風速場を用いる数値解析結果と対比し、これらの数値解析結果の信頼性を検証する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>以下、2章では、本研究で開発した竜巻飛来物速度評価プログラム TONBOS の物理モデル (基礎方程式) とその数値解析スキームについて説明する。3章では、時間積分法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響について議論する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>2. 数値解析の物理モデルと計算スキーム 2.1 基礎方程式 (a) 竜巻の風速場 竜巻の風速場はx軸方向に一定速度V<sub>0</sub>で移動するランキン渦でモデル化する。ランキン渦の風速V<sub>r</sub>は、旋流中心方向の風速V<sub>0</sub>、上昇風速V<sub>z</sub>は E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様に以下の式で定義する (Fig.1 参照)。 V<sub>r</sub> = a f(r), V<sub>z</sub> = b f(r), V<sub>0</sub> = c f(r) (0a), (0b), (0c) ただし、a = 1/5, b = 2/3, c = 4/3 と定義し、風向風速V<sub>0</sub>と旋流中心方向の風速V<sub>r</sub>を合成した渦の水平速度a√(V<sub>0</sub><sup>2</sup>+V<sub>r</sub><sup>2</sup>)は、以下の式で定義される。</p>	<p>付録3</p> <p>日本流体力学学会 2013</p> <p>移動ランキン渦モデルによる竜巻飛来物速度の評価 Evaluation of Tornado-borne Missile Speed using a Translating Rankine Vortex Model</p> <p>○ 江口 誠, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, eguchi@criepi.denken.or.jp 杉本 龍一郎, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, soichiro@criepi.denken.or.jp 服部 康男, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, yhatocci@criepi.denken.or.jp 平口 博丸, 電中研, 千葉県我孫子市我孫子 1646, hitomaru@criepi.denken.or.jp Yuzuru Eguchi, Soichiro Sugimoto, Yasuo Hatocci, and Hitomaru Hirakuchi, Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko 1646, Abiko-shi, Chiba-ken, 270-1194 JAPAN</p> <p>We have developed a numerical model to evaluate velocity of tornado-borne objects or missiles where wind of tornado is modeled with translating Rankine vortex and an object is assumed to be subject to drag and gravity forces in a manner similar to E. Simiu and M. Cooke (1976). In this study, effects of time integration scheme and time increment on accuracy are numerically examined and discussed. Furthermore, the results of tornado-borne missile speed are compared with those of the previous studies where tornado wind fields were defined by scaling an LES result obtained for a small experimental apparatus, to discuss the effect of the tornado wind features on the missile speed.</p> <p>1. 序論 原子力発電所の安全審査においては、竜巻やその他の自然現象が発生したとしても原子力発電所の安全性が維持されることと認められる。竜巻発生時には強風により浮上した物体が原子力発電施設に衝突する可能性があるため、竜巻に伴う飛来物の飛来速度を定める必要がある。この竜巻飛来物評価法として、竜巻の中心を移動するランキン渦で竜巻のモデル化する方法が用いられている。一方、目撃では、小規模な竜巻発生現象を対象とした非定常乱流解析で得られた数値解析結果に基づき、スケール間によって定常竜巻の風速場に適用した非定常風速場を用いる方法が検討されている<sup>(1)(2)</sup>。そこで、本研究では、まず E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様の竜巻モデルに基づいて飛来物速度を求めるための数値解析プログラム TONBOS を作成し、数値解析法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響を明らかにする。次に、非定常風速場を用いる数値解析結果と対比し、これらの数値解析結果の信頼性を検証する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>以下、2章では、本研究で開発した竜巻飛来物速度評価プログラム TONBOS の物理モデル (基礎方程式) とその数値解析スキームについて説明する。3章では、時間積分法や時間ステップ幅の飛来物速度に与える影響について議論する。4章では、既述研究の竜巻解析結果<sup>(1)(2)</sup>との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について議論する。</p> <p>2. 数値解析の物理モデルと計算スキーム 2.1 基礎方程式 (a) 竜巻の風速場 竜巻の風速場はx軸方向に一定速度V<sub>0</sub>で移動するランキン渦でモデル化する。ランキン渦の風速V<sub>r</sub>は、旋流中心方向の風速V<sub>0</sub>、上昇風速V<sub>z</sub>は E. Simiu and M. Cooke<sup>(3)</sup>と同様に以下の式で定義する (Fig.1 参照)。 V<sub>r</sub> = a f(r), V<sub>z</sub> = b f(r), V<sub>0</sub> = c f(r) (0a), (0b), (0c) ただし、a = 1/5, b = 2/3, c = 4/3 と定義し、風向風速V<sub>0</sub>と旋流中心方向の風速V<sub>r</sub>を合成した渦の水平速度a√(V<sub>0</sub><sup>2</sup>+V<sub>r</sub><sup>2</sup>)は、以下の式で定義される。</p>	



赤字: 設備、運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
 青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
 緑字: 記載表現、設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉 【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】	泊発電所3号炉	相違理由
<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>なお、静止する観測者からみた最大水平風速 <math>V_{0h}</math> は、以下で計算される。</p> $F_{0h} = F_{0v} + F_{0s} \quad (5)$ <p>② 飛来物の運動 飛来物の運動は、既往研究<sup>(20)</sup>と同様に方向性がなく平均的な抗力 (抵抗力係数一定) と重力のみが外力として作用すると仮定する。この場合の飛来物の運動方程式は以下のようになる。</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = -\frac{C_{D0}A}{2m}  V_w - V_w^0  (V_w - V_w^0) - gk \quad (6)$ <p>ここで、各変数は以下で定義されるものである。  <math>V_w</math>: 飛来物の速度ベクトル  <math>V_w^0</math>: 風速ベクトル (ランキン型渦流軸と移動速度の和)  <math>\rho</math>: 空気密度  <math>C_{D0}</math>: 飛来物の平均抗力係数  <math>A</math>: 飛来物の代表見附面積  <math>m</math>: 飛来物の質量  <math>g</math>: 重力加速度  <math>k</math>: 鉛直上向き単位ベクトル</p> <p>22 飛来物運動方程式の時間積分法 時刻 <math>t</math> における竜巻の風速場 <math>V_w(t)</math> (式(5))で与えられるので、式(6)を時間積分することによって、飛来物の速度と位置の時間積分を求めることができる。ここでは、以下の2つの時間積分法を検討する。</p> <p>(1) 一定加速度法 (解析法) 式(6)において、時刻 <math>t</math> から時刻 <math>t+\Delta t</math> における加速度が一定 (時刻 <math>t</math> の値で一定) と仮定する。つまり、</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = A(t) \quad (7)$ <p>ただし、<math>A(t)</math> は以下で定義される加速度ベクトルである。</p> $A(t) = \frac{d}{dt} [V_w(t) - V_w^0(t)] - gk \quad (8)$ <p>なお、簡便のため <math>k = \pm 1</math> とした。式(7)を時間積分すると、以下の速度式を得る。</p> $V_w(t) = V_w(t) + A(t)(t - \tau) \quad (9)$ <p>さらに、式(9)を時間積分すると、以下の飛来物位置の時間積分式を得る。</p> $X_w(t) = X_w(t) + V_w(t)(t - \tau) + \frac{A(t)}{2}(t - \tau)^2 \quad (10)$ <p>ただし、<math>X_w(t)</math> は飛来物の位置を表す。従って、式(9)、(10)より時刻 <math>t = t+\Delta t</math> における飛来物の速度と位置は以下で与えられる。</p> $V_w(t + \Delta t) = V_w(t) + [A(t) + A(t + \Delta t)] \Delta t \quad (11)$ $+ \left[ \frac{A(t)}{2} - V_w(t) - V_w(t + \Delta t) - gk \right] \Delta t$ $X_w(t + \Delta t) = X_w(t) + V_w(t) \Delta t + \frac{A(t)}{3} \Delta t^2 + A(t + \Delta t) \frac{\Delta t^3}{6} \quad (12)$ <p>ただし、式(11)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p> $4(t) = X_w(t) + \frac{2\Delta t}{3} V_w(t) + \frac{\Delta t^2}{6} A(t) \quad (22)$ <p>また、式(12)、(18)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p>	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>なお、静止する観測者からみた最大水平風速 <math>V_{0h}</math> は、以下で計算される。</p> $F_{0h} = F_{0v} + F_{0s} \quad (5)$ <p>② 飛来物の運動 飛来物の運動は、既往研究<sup>(20)</sup>と同様に方向性がなく平均的な抗力 (抵抗力係数一定) と重力のみが外力として作用すると仮定する。この場合の飛来物の運動方程式は以下のようになる。</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = -\frac{C_{D0}A}{2m}  V_w - V_w^0  (V_w - V_w^0) - gk \quad (6)$ <p>ここで、各変数は以下で定義されるものである。  <math>V_w</math>: 飛来物の速度ベクトル  <math>V_w^0</math>: 風速ベクトル (ランキン型渦流軸と移動速度の和)  <math>\rho</math>: 空気密度  <math>C_{D0}</math>: 飛来物の平均抗力係数  <math>A</math>: 飛来物の代表見附面積  <math>m</math>: 飛来物の質量  <math>g</math>: 重力加速度  <math>k</math>: 鉛直上向き単位ベクトル</p> <p>22 飛来物運動方程式の時間積分法 時刻 <math>t</math> における竜巻の風速場 <math>V_w(t)</math> (式(5))で与えられるので、式(6)を時間積分することによって、飛来物の速度と位置の時間積分を求めることができる。ここでは、以下の2つの時間積分法を検討する。</p> <p>(1) 一定加速度法 (解析法) 式(6)において、時刻 <math>t</math> から時刻 <math>t+\Delta t</math> における加速度が一定 (時刻 <math>t</math> の値で一定) と仮定する。つまり、</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = A(t) \quad (7)$ <p>ただし、<math>A(t)</math> は以下で定義される加速度ベクトルである。</p> $A(t) = \frac{d}{dt} [V_w(t) - V_w^0(t)] - gk \quad (8)$ <p>なお、簡便のため <math>k = \pm 1</math> とした。式(7)を時間積分すると、以下の速度式を得る。</p> $V_w(t) = V_w(t) + A(t)(t - \tau) \quad (9)$ <p>さらに、式(9)を時間積分すると、以下の飛来物位置の時間積分式を得る。</p> $X_w(t) = X_w(t) + V_w(t) \Delta t + \frac{A(t)}{3} \Delta t^2 + A(t + \Delta t) \frac{\Delta t^3}{6} \quad (17)$ <p>ただし、式(17)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p> $4(t) = X_w(t) + \frac{2\Delta t}{3} V_w(t) + \frac{\Delta t^2}{6} A(t) \quad (22)$ <p>また、式(17)、(18)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p>	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>なお、静止する観測者からみた最大水平風速 <math>V_{0h}</math> は、以下で計算される。</p> $F_{0h} = F_{0v} + F_{0s} \quad (5)$ <p>② 飛来物の運動 飛来物の運動は、既往研究<sup>(20)</sup>と同様に方向性がなく平均的な抗力 (抵抗力係数一定) と重力のみが外力として作用すると仮定する。この場合の飛来物の運動方程式は以下のようになる。</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = -\frac{C_{D0}A}{2m}  V_w - V_w^0  (V_w - V_w^0) - gk \quad (6)$ <p>ここで、各変数は以下で定義されるものである。  <math>V_w</math>: 飛来物の速度ベクトル  <math>V_w^0</math>: 風速ベクトル (ランキン型渦流軸と移動速度の和)  <math>\rho</math>: 空気密度  <math>C_{D0}</math>: 飛来物の平均抗力係数  <math>A</math>: 飛来物の代表見附面積  <math>m</math>: 飛来物の質量  <math>g</math>: 重力加速度  <math>k</math>: 鉛直上向き単位ベクトル</p> <p>22 飛来物運動方程式の時間積分法 時刻 <math>t</math> における竜巻の風速場 <math>V_w(t)</math> (式(5))で与えられるので、式(6)を時間積分することによって、飛来物の速度と位置の時間積分を求めることができる。ここでは、以下の2つの時間積分法を検討する。</p> <p>(1) 一定加速度法 (解析法) 式(6)において、時刻 <math>t</math> から時刻 <math>t+\Delta t</math> における加速度が一定 (時刻 <math>t</math> の値で一定) と仮定する。つまり、</p> $\frac{dV_w(t)}{dt} = A(t) \quad (7)$ <p>ただし、<math>A(t)</math> は以下で定義される加速度ベクトルである。</p> $A(t) = \frac{d}{dt} [V_w(t) - V_w^0(t)] - gk \quad (8)$ <p>なお、簡便のため <math>k = \pm 1</math> とした。式(7)を時間積分すると、以下の速度式を得る。</p> $V_w(t) = V_w(t) + A(t)(t - \tau) \quad (9)$ <p>さらに、式(9)を時間積分すると、以下の飛来物位置の時間積分式を得る。</p> $X_w(t) = X_w(t) + V_w(t) \Delta t + \frac{A(t)}{3} \Delta t^2 + A(t + \Delta t) \frac{\Delta t^3}{6} \quad (17)$ <p>ただし、式(17)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p> $4(t) = X_w(t) + \frac{2\Delta t}{3} V_w(t) + \frac{\Delta t^2}{6} A(t) \quad (22)$ <p>また、式(17)、(18)から、<math>A(t + \Delta t)</math> を消去すると以下のような <math>V_w(t + \Delta t)</math> と <math>X_w(t + \Delta t)</math> の非線形関係式を得ることができる。</p>	<p>相違理由</p>

赤字: 設備, 運用又は体制の相違 (設計方針の相違)  
 青字: 記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)  
 緑字: 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>3. 数値解析コードの検証</p> <p>3.1 一般論での検証</p> <p>時刻 <math>t_0</math> において初期速度ゼロで原点に静止する物体が <math>y</math> 方向の一定風 <math>V_{in}</math> を <math>t_0</math> によって発生する抵抗力のみを外力として受ける問題として, 本研究で開発した解析コード TONBOS を検証する。この問題では, 物体の運動に関して理論解が存在し, 時刻 <math>t</math> における物体位置は以下で記述される。</p> $X_{y0}(t) = V_{in} t - \frac{1}{k} \ln(kV_{in} t + 1) \quad (3)$ <p>なお, 前述と同様に <math>C_D C_{M0}</math> である。この問題を, 前述で説明した2つの時間発展スキームで数値解析し, 理論解と比較する。解析条件は <math>V_{in} = 10[m/s]</math> (<math>\rho = 1.225[kg/m^3]</math>) とし, 初期ステップ <math>\Delta t</math> を 0.01, 0.1, 1, 10の4種類で計算した。時刻 <math>t</math> における物体位置および物体速度の相対誤差を (計算値 - 理論解) / 理論解 で評価したところ, 物体位置に関しては Fig.2(a) に示す結果が, 物体速度に関しては Fig.2(b) に示す結果が得られた。</p> <p>Fig.2(a) Relative error of position, <math>x(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p> <p>Fig.2(b) Relative error of velocity, <math>u(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p>	<p>【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】</p> <p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>3. 数値解析コードの検証</p> <p>3.1 一般論での検証</p> <p>時刻 <math>t_0</math> において初期速度ゼロで原点に静止する物体が <math>y</math> 方向の一定風 <math>V_{in}</math> を <math>t_0</math> によって発生する抵抗力のみを外力として受ける問題として, 本研究で開発した解析コード TONBOS を検証する。この問題では, 物体の運動に関して理論解が存在し, 時刻 <math>t</math> における物体位置は以下で記述される。</p> $X_{y0}(t) = V_{in} t - \frac{1}{k} \ln(kV_{in} t + 1) \quad (3)$ <p>なお, 前述と同様に <math>C_D C_{M0}</math> である。この問題を, 前述で説明した2つの時間発展スキームで数値解析し, 理論解と比較する。解析条件は <math>V_{in} = 10[m/s]</math> (<math>\rho = 1.225[kg/m^3]</math>) とし, 初期ステップ <math>\Delta t</math> を 0.01, 0.1, 1, 10の4種類で計算した。時刻 <math>t</math> における物体位置および物体速度の相対誤差を (計算値 - 理論解) / 理論解 で評価したところ, 物体位置に関しては Fig.2(a) に示す結果が, 物体速度に関しては Fig.2(b) に示す結果が得られた。</p> <p>Fig.2(a) Relative error of position, <math>x(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p> <p>Fig.2(b) Relative error of velocity, <math>u(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p>	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>3. 数値解析コードの検証</p> <p>3.1 一般論での検証</p> <p>時刻 <math>t_0</math> において初期速度ゼロで原点に静止する物体が <math>y</math> 方向の一定風 <math>V_{in}</math> を <math>t_0</math> によって発生する抵抗力のみを外力として受ける問題として, 本研究で開発した解析コード TONBOS を検証する。この問題では, 物体の運動に関して理論解が存在し, 時刻 <math>t</math> における物体位置は以下で記述される。</p> $X_{y0}(t) = V_{in} t - \frac{1}{k} \ln(kV_{in} t + 1) \quad (3)$ <p>なお, 前述と同様に <math>C_D C_{M0}</math> である。この問題を, 前述で説明した2つの時間発展スキームで数値解析し, 理論解と比較する。解析条件は <math>V_{in} = 10[m/s]</math> (<math>\rho = 1.225[kg/m^3]</math>) とし, 初期ステップ <math>\Delta t</math> を 0.01, 0.1, 1, 10の4種類で計算した。時刻 <math>t</math> における物体位置および物体速度の相対誤差を (計算値 - 理論解) / 理論解 で評価したところ, 物体位置に関しては Fig.2(a) に示す結果が, 物体速度に関しては Fig.2(b) に示す結果が得られた。</p> <p>Fig.2(a) Relative error of position, <math>x(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p> <p>Fig.2(b) Relative error of velocity, <math>u(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p>	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>3. 数値解析コードの検証</p> <p>3.1 一般論での検証</p> <p>時刻 <math>t_0</math> において初期速度ゼロで原点に静止する物体が <math>y</math> 方向の一定風 <math>V_{in}</math> を <math>t_0</math> によって発生する抵抗力のみを外力として受ける問題として, 本研究で開発した解析コード TONBOS を検証する。この問題では, 物体の運動に関して理論解が存在し, 時刻 <math>t</math> における物体位置は以下で記述される。</p> $X_{y0}(t) = V_{in} t - \frac{1}{k} \ln(kV_{in} t + 1) \quad (3)$ <p>なお, 前述と同様に <math>C_D C_{M0}</math> である。この問題を, 前述で説明した2つの時間発展スキームで数値解析し, 理論解と比較する。解析条件は <math>V_{in} = 10[m/s]</math> (<math>\rho = 1.225[kg/m^3]</math>) とし, 初期ステップ <math>\Delta t</math> を 0.01, 0.1, 1, 10の4種類で計算した。時刻 <math>t</math> における物体位置および物体速度の相対誤差を (計算値 - 理論解) / 理論解 で評価したところ, 物体位置に関しては Fig.2(a) に示す結果が, 物体速度に関しては Fig.2(b) に示す結果が得られた。</p> <p>Fig.2(a) Relative error of position, <math>x(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p> <p>Fig.2(b) Relative error of velocity, <math>u(t)</math>, of an object subject to uniform wind at <math>t=10</math> [s] in variation with time step</p>



赤字:設備,運用又は体制の相違(設計方針の相違)  
 青字:記載箇所又は記載内容の相違(記載方針の相違)  
 緑字:記載表現,又は記載名称の相違(実質的な相違なし)

大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																
<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>4. 竜巻風速場の影響                      4.1 東海竜巻相当条件での比較                      Miyama<sup>2)</sup>による竜巻風速場の評価および風方向に平均化した屋根構造の最大風速 <math>V_{max}</math> とその発生半径 <math>R_{max}</math> で定義される Re 数は 760 を対象とした LES 解析結果に基づき、一定速度で移動する実規模の竜巻風速場を生成して竜巻風速場を求めている。その一例として <math>V_{max}=22[m/s]</math>, <math>R_{max}=45[m]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の竜巻条件に相当する非定常風速場を生成し、この非定常風速場の中の竜巻風速 <math>R_{max}=40[m]</math> から半径ゼロの飛来物を放出する数値解析を多数 (5100 ケース) 行い、飛来物の「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> の分布を求めている (文獻4)の Fig.11)。その結果によると、<math>V_{max}^{*}</math> の平均値は 48[m/s]、標準偏差は 7[m/s]、最高値は 62[m/s] となっている。この解析結果に対応する問題を移動ランダムウォークで解析するために、TONBOS において <math>R_{max}=32[m]</math>, <math>F_0=82[m/s]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の初期条件を、<math>\alpha</math> は 3.2 節と同様に、同じで半径ゼロの飛来物を半径 <math>R_{max}=40[m]</math> から放出する数値解析を行った。なお、両方向風速 <math>V_{max}</math> の最大値を 82[m/s] に設定するため、<math>V_{max}(t)</math> で <math>\alpha=12, \beta=1, \rho=23</math> とした。その結果、<math>V_{max}^{*}=47.22[m/s]</math> が得られ、Miyama<sup>2)</sup>が得た <math>V_{max}^{*}</math> の平均値 48[m/s] と良く一致した。</p> <p>さらに、文獻4では移動ランダムウォークを参考にして生成した 3 種類の竜巻条件について、高さ 40[m] の位置から飛来物を竜巻風速場の中心に多数、放出して <math>V_{max}^{*}</math> を求めた。一方、本数値解析では、これに相当する条件 (Table 2 に示す Vortex Type-I, II, III) を TONBOS によって、飛来物を高さ 40[m] の方向に 2 次元の正方形領域の 51x51 箇所から放出して「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> を求めた (Fig. 4)。物体特性 <math>C_{D,0}</math> の各値に対する <math>V_{max}^{*}</math> を文獻4の結果と比較して示す。文獻4の <math>V_{max}^{*}</math> は本数値解析で得られた <math>V_{max}^{*}</math> よりも大きい傾向にあるが、両者は良く整合することが分かる。</p> <p>Table 2 Computational condition of three types of vortices</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vortex Type</th> <th><math>V_{max}^*</math> [m/s]</th> <th><math>F_0</math> [m/s]</th> <th><math>R_{max}</math> [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vortex Type-I</td> <td>82</td> <td>21</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-II</td> <td>72</td> <td>18</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-III</td> <td>57</td> <td>14</td> <td>45.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>* circumferential speed</p> <p>Fig. 3 Maximum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p> <p>Fig. 4 Minimum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p>	Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]	Vortex Type-I	82	21	45.7	Vortex Type-II	72	18	45.7	Vortex Type-III	57	14	45.7	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>4. 竜巻風速場の影響                      4.1 東海竜巻相当条件での比較                      Miyama<sup>2)</sup>による竜巻風速場の評価および風方向に平均化した屋根構造の最大風速 <math>V_{max}</math> とその発生半径 <math>R_{max}</math> で定義される Re 数は 760 を対象とした LES 解析結果に基づき、一定速度で移動する実規模の竜巻風速場を生成して竜巻風速場を求めている。その一例として <math>V_{max}=22[m/s]</math>, <math>R_{max}=45[m]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の竜巻条件に相当する非定常風速場を生成し、この非定常風速場の中の竜巻風速 <math>R_{max}=40[m]</math> から半径ゼロの飛来物を放出する数値解析を多数 (5100 ケース) 行い、飛来物の「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> の分布を求めている (文獻4)の Fig.11)。その結果によると、<math>V_{max}^{*}</math> の平均値は 48[m/s]、標準偏差は 7[m/s]、最高値は 62[m/s] となっている。この解析結果に対応する問題を移動ランダムウォークで解析するために、TONBOS において <math>R_{max}=32[m]</math>, <math>F_0=82[m/s]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の初期条件を、<math>\alpha</math> は 3.2 節と同様に、同じで半径ゼロの飛来物を半径 <math>R_{max}=40[m]</math> から放出する数値解析を行った。なお、両方向風速 <math>V_{max}</math> の最大値を 82[m/s] に設定するため、<math>V_{max}(t)</math> で <math>\alpha=12, \beta=1, \rho=23</math> とした。その結果、<math>V_{max}^{*}=47.22[m/s]</math> が得られ、Miyama<sup>2)</sup>が得た <math>V_{max}^{*}</math> の平均値 48[m/s] と良く一致した。</p> <p>さらに、文獻4では移動ランダムウォークを参考にして生成した 3 種類の竜巻条件について、高さ 40[m] の位置から飛来物を竜巻風速場の中心に多数、放出して <math>V_{max}^{*}</math> を求めた。一方、本数値解析では、これに相当する条件 (Table 2 に示す Vortex Type-I, II, III) を TONBOS によって、飛来物を高さ 40[m] の方向に 2 次元の正方形領域の 51x51 箇所から放出して「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> を求めた (Fig. 4)。物体特性 <math>C_{D,0}</math> の各値に対する <math>V_{max}^{*}</math> を文獻4の結果と比較して示す。文獻4の <math>V_{max}^{*}</math> は本数値解析で得られた <math>V_{max}^{*}</math> よりも大きい傾向にあるが、両者は良く整合することが分かる。</p> <p>Table 2 Computational condition of three types of vortices</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vortex Type</th> <th><math>V_{max}^*</math> [m/s]</th> <th><math>F_0</math> [m/s]</th> <th><math>R_{max}</math> [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vortex Type-I</td> <td>82</td> <td>21</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-II</td> <td>72</td> <td>18</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-III</td> <td>57</td> <td>14</td> <td>45.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>* circumferential speed</p> <p>Fig. 3 Maximum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p> <p>Fig. 4 Minimum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p>	Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]	Vortex Type-I	82	21	45.7	Vortex Type-II	72	18	45.7	Vortex Type-III	57	14	45.7	<p>日本流体力学会年会 2013</p> <p>4. 竜巻風速場の影響                      4.1 東海竜巻相当条件での比較                      Miyama<sup>2)</sup>による竜巻風速場の評価および風方向に平均化した屋根構造の最大風速 <math>V_{max}</math> とその発生半径 <math>R_{max}</math> で定義される Re 数は 760 を対象とした LES 解析結果に基づき、一定速度で移動する実規模の竜巻風速場を生成して竜巻風速場を求めている。その一例として <math>V_{max}=22[m/s]</math>, <math>R_{max}=45[m]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の竜巻条件に相当する非定常風速場を生成し、この非定常風速場の中の竜巻風速 <math>R_{max}=40[m]</math> から半径ゼロの飛来物を放出する数値解析を多数 (5100 ケース) 行い、飛来物の「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> の分布を求めている (文獻4)の Fig.11)。その結果によると、<math>V_{max}^{*}</math> の平均値は 48[m/s]、標準偏差は 7[m/s]、最高値は 62[m/s] となっている。この解析結果に対応する問題を移動ランダムウォークで解析するために、TONBOS において <math>R_{max}=32[m]</math>, <math>F_0=82[m/s]</math>, <math>F_0=21[m/s]</math> の初期条件を、<math>\alpha</math> は 3.2 節と同様に、同じで半径ゼロの飛来物を半径 <math>R_{max}=40[m]</math> から放出する数値解析を行った。なお、両方向風速 <math>V_{max}</math> の最大値を 82[m/s] に設定するため、<math>V_{max}(t)</math> で <math>\alpha=12, \beta=1, \rho=23</math> とした。その結果、<math>V_{max}^{*}=47.22[m/s]</math> が得られ、Miyama<sup>2)</sup>が得た <math>V_{max}^{*}</math> の平均値 48[m/s] と良く一致した。</p> <p>さらに、文獻4では移動ランダムウォークを参考にして生成した 3 種類の竜巻条件について、高さ 40[m] の位置から飛来物を竜巻風速場の中心に多数、放出して <math>V_{max}^{*}</math> を求めた。一方、本数値解析では、これに相当する条件 (Table 2 に示す Vortex Type-I, II, III) を TONBOS によって、飛来物を高さ 40[m] の方向に 2 次元の正方形領域の 51x51 箇所から放出して「飛来物最大水平速度」<math>V_{max}^{*}</math> を求めた (Fig. 4)。物体特性 <math>C_{D,0}</math> の各値に対する <math>V_{max}^{*}</math> を文獻4の結果と比較して示す。文獻4の <math>V_{max}^{*}</math> は本数値解析で得られた <math>V_{max}^{*}</math> よりも大きい傾向にあるが、両者は良く整合することが分かる。</p> <p>Table 2 Computational condition of three types of vortices</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vortex Type</th> <th><math>V_{max}^*</math> [m/s]</th> <th><math>F_0</math> [m/s]</th> <th><math>R_{max}</math> [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vortex Type-I</td> <td>82</td> <td>21</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-II</td> <td>72</td> <td>18</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td>Vortex Type-III</td> <td>57</td> <td>14</td> <td>45.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>* circumferential speed</p> <p>Fig. 3 Maximum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p> <p>Fig. 4 Minimum horizontal missile speed in variation with <math>C_{D,0}</math> for Vortex Types-I, II and III shown in Table 2</p>	Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]	Vortex Type-I	82	21	45.7	Vortex Type-II	72	18	45.7	Vortex Type-III	57	14	45.7	<p>相違理由</p>
Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]																																																
Vortex Type-I	82	21	45.7																																																
Vortex Type-II	72	18	45.7																																																
Vortex Type-III	57	14	45.7																																																
Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]																																																
Vortex Type-I	82	21	45.7																																																
Vortex Type-II	72	18	45.7																																																
Vortex Type-III	57	14	45.7																																																
Vortex Type	$V_{max}^*$ [m/s]	$F_0$ [m/s]	$R_{max}$ [m]																																																
Vortex Type-I	82	21	45.7																																																
Vortex Type-II	72	18	45.7																																																
Vortex Type-III	57	14	45.7																																																



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

**大飯発電所3/4号炉**

日本流体力学学会 2013

4.2 国内最大規模相当条件での比較  
 文献(5)の p.27 に示されている竜巻条件に相当する計算条件 (Table3) を TONBOS に与えて、「飛来物最大水平速度」 $V_{max}$  を求めた。文献(5)の竜巻風速場の生成方法は文献(4)と同様に LES 解析結果に基づくものであるが、高さ 40[m] の x-y 方向に土壌の正方向の 25×25 箇所から飛来物を複数回、抽出して  $V_{max}$  を求めている。本研究でも、同様の位置から飛来物を抽出して  $V_{max}$  を計算した。Fig.5 に物体特性  $C_{Dref}$  の変動に対する  $V_{max}$  を竜巻風速場の結果と比較して示す。物体特性  $C_{Dref}$  が小さい条件では、文献(5)の  $V_{max}$  は本数値解析の  $V_{max}$  の結果よりも小さい傾向にあるが、物体特性  $C_{Dref}$  が大きい条件では逆に傾向となる。しかしながら、両者は良く整合することが分かる。

物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する理由としては、 $C_{Dref}$  が小さい場合は、LES 解析の風速場の上昇速度がランケン流に比べて小さく、水平方向に十分加速される前に早く落下するが、 $C_{Dref}$  が大きい場合は、物体が飛散しやがため加速中の滞留時間が長くなり、LES 解析の風速場の直上の影響を受けて大きな飛来物速度となるためと考えられる。

**5. 結論**  
 本研究では、竜巻の風速場をランケン流で簡易的にモデル化し、飛来物速度の運動を求めるための数値解析スキームについて説明した。この数値解析スキームに基づく竜巻飛来物評価ソフト TONBOS を用いた計算結果等より以下の結論を得た。

- 飛来物の運動方程式の数値積分法としては、同一時間ステップ条件下では、線形加速法(陽解法)が一定加速法(陽解法)よりも高精度である。ただし、時間ステップ幅が十分に小さい場合は飛来物速度に与える影響が小さい。
- LES 解析結果に基づく非定常風速場を用いた数値解析結果(陽)との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について評価したところ、物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する傾向が見られるが、竜巻の風速場をランケン流でモデル化した場合の結果は LES 解析結果に基づく結果と良く整合することが判明した。

**謝辞**  
 本研究の4章(竜巻風速場の影響)をとりまとめるに当たり、京都大学防災研究所 気象・水気気象研究室 数値風速研究分野 丸山 敬 教授から貴重なご意見を頂きましたので、ここに謝意を表します。

**参考文献**

- 1) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, REGULATORY GUIDE 1.76, Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.
- 2) Simiu, E. and Corcos, M., NBSIR 76-1050, Tornado-Rome Missile Speech, 1976.
- 3) Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.
- 4) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.59(4), pp.249-256, 2011.
- 5) 東京工科大学, “平成 21~22 年度原子力安全基礎調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 平成 23 年 2 月.
- 6) 丸山敬, “数値的に生成された竜巻の風の性質”, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月.

**女川原子力発電所2号炉**

日本流体力学学会 2013

**【伊方発電所3号炉 別添1 資料1.2より引用】**

4.2 国内最大規模相当条件での比較  
 文献(5)の p.27 に示されている竜巻条件に相当する計算条件 (Table3) を TONBOS に与えて、「飛来物最大水平速度」 $V_{max}$  を求めた。文献(5)の竜巻風速場の生成方法は文献(4)と同様に LES 解析結果に基づくものであるが、高さ 40[m] の x-y 方向に土壌の正方向の 25×25 箇所から飛来物を複数回、抽出して  $V_{max}$  を求めている。本研究でも、同様の位置から飛来物を抽出して  $V_{max}$  を計算した。Fig.5 に物体特性  $C_{Dref}$  の変動に対する  $V_{max}$  を竜巻風速場の結果と比較して示す。物体特性  $C_{Dref}$  が小さい条件では、文献(5)の  $V_{max}$  は本数値解析の  $V_{max}$  の結果よりも小さい傾向にあるが、物体特性  $C_{Dref}$  が大きい条件では逆に傾向となる。しかしながら、両者は良く整合することが分かる。

物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する理由としては、 $C_{Dref}$  が小さい場合は、LES 解析の風速場の上昇速度がランケン流に比べて小さく、水平方向に十分加速される前に早く落下するが、 $C_{Dref}$  が大きい場合は、物体が飛散しやがため加速中の滞留時間が長くなり、LES 解析の風速場の直上の影響を受けて大きな飛来物速度となるためと考えられる。

**5. 結論**  
 本研究では、竜巻の風速場をランケン流で簡易的にモデル化し、飛来物速度の運動を求めるための数値解析スキームについて説明した。この数値解析スキームに基づく竜巻飛来物評価ソフト TONBOS を用いた計算結果等より以下の結論を得た。

- 飛来物の運動方程式の数値積分法としては、同一時間ステップ条件下では、線形加速法(陽解法)が一定加速法(陽解法)よりも高精度である。ただし、時間ステップ幅が十分に小さい場合は飛来物速度に与える影響が小さい。
- LES 解析結果に基づく非定常風速場を用いた数値解析結果(陽)との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について評価したところ、物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する傾向が見られるが、竜巻の風速場をランケン流でモデル化した場合の結果は LES 解析結果に基づく結果と良く整合することが判明した。

**謝辞**  
 本研究の4章(竜巻風速場の影響)をとりまとめるに当たり、京都大学防災研究所 気象・水気気象研究室 数値風速研究分野 丸山 敬 教授から貴重なご意見を頂きましたので、ここに謝意を表します。

**参考文献**

- 1) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, REGULATORY GUIDE 1.76, Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.
- 2) Simiu, E. and Corcos, M., NBSIR 76-1050, Tornado-Rome Missile Speech, 1976.
- 3) Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.
- 4) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.59(4), pp.249-256, 2011.
- 5) 東京工科大学, “平成 21~22 年度原子力安全基礎調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 平成 23 年 2 月.
- 6) 丸山敬, “数値的に生成された竜巻の風の性質”, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月.

**泊発電所3号炉**

日本流体力学学会 2013

4.2 国内最大規模相当条件での比較  
 文献(5)の p.27 に示されている竜巻条件に相当する計算条件 (Table3) を TONBOS に与えて、「飛来物最大水平速度」 $V_{max}$  を求めた。文献(5)の竜巻風速場の生成方法は文献(4)と同様に LES 解析結果に基づくものであるが、高さ 40[m] の x-y 方向に土壌の正方向の 25×25 箇所から飛来物を複数回、抽出して  $V_{max}$  を求めている。本研究でも、同様の位置から飛来物を抽出して  $V_{max}$  を計算した。Fig.5 に物体特性  $C_{Dref}$  の変動に対する  $V_{max}$  を竜巻風速場の結果と比較して示す。物体特性  $C_{Dref}$  が小さい条件では、文献(5)の  $V_{max}$  は本数値解析の  $V_{max}$  の結果よりも小さい傾向にあるが、物体特性  $C_{Dref}$  が大きい条件では逆に傾向となる。しかしながら、両者は良く整合することが分かる。

物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する理由としては、 $C_{Dref}$  が小さい場合は、LES 解析の風速場の上昇速度がランケン流に比べて小さく、水平方向に十分加速される前に早く落下するが、 $C_{Dref}$  が大きい場合は、物体が飛散しやがため加速中の滞留時間が長くなり、LES 解析の風速場の直上の影響を受けて大きな飛来物速度となるためと考えられる。

**5. 結論**  
 本研究では、竜巻の風速場をランケン流で簡易的にモデル化し、飛来物速度の運動を求めるための数値解析スキームについて説明した。この数値解析スキームに基づく竜巻飛来物評価ソフト TONBOS を用いた計算結果等より以下の結論を得た。

- 飛来物の運動方程式の数値積分法としては、同一時間ステップ条件下では、線形加速法(陽解法)が一定加速法(陽解法)よりも高精度である。ただし、時間ステップ幅が十分に小さい場合は飛来物速度に与える影響が小さい。
- LES 解析結果に基づく非定常風速場を用いた数値解析結果(陽)との比較により、竜巻風速場の飛来物速度に与える影響について評価したところ、物体特性  $C_{Dref}$  の大小によって  $V_{max}$  の相対的な大小が変動する傾向が見られるが、竜巻の風速場をランケン流でモデル化した場合の結果は LES 解析結果に基づく結果と良く整合することが判明した。

**謝辞**  
 本研究の4章(竜巻風速場の影響)をとりまとめるに当たり、京都大学防災研究所 気象・水気気象研究室 数値風速研究分野 丸山 敬 教授から貴重なご意見を頂きましたので、ここに謝意を表します。

**参考文献**

- 1) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, REGULATORY GUIDE 1.76, Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.
- 2) Simiu, E. and Corcos, M., NBSIR 76-1050, Tornado-Rome Missile Speech, 1976.
- 3) Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.
- 4) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.59(4), pp.249-256, 2011.
- 5) 東京工科大学, “平成 21~22 年度原子力安全基礎調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 平成 23 年 2 月.
- 6) 丸山敬, “数値的に生成された竜巻の風の性質”, 京都大学防災研究所年報, 第 53 号 B, 平成 22 年 6 月.

**相違理由**



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉 添付資料3.15	相違理由
<p>1. 総則</p> <p>1.1 目的</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻の影響を挙げている。</p> <p>本ガイドは、当該規定に関連して、原子炉施設の供用期間中に極めてまれに発生する突風・強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象（注1.1）等によって原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを設置許可段階において確認する一例として安全審査に活用することを目的とする。また、本評価ガイドは、竜巻影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。</p> <p>設置許可段階の安全審査においては、以下の2点について確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重（注1.2））が、本ガイドに示す基本的な方針を満足した上で適切に設定されていること。</li> <li>・設計荷重に対して、竜巻防護施設の構造健全性等が維持されて安全機能が維持される方針であること。</li> </ul> <p>（注1.1）竜巻及び竜巻と同時に発生する可能性のある雷、大雨、雹等、あるいはダウンバースト等に伴って発生し得る事象                      （注1.2）2.2.2（2）参照</p> <p>1.2 適用範囲</p> <p>本ガイドは、設計で想定する竜巻及びその随件事象等によって原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを設置許可段階において確認する安全審査に適用する。</p>	<p>（補足説明資料）</p> <p>1. 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドへの適合状況について</p> <p>1. 総則</p> <p>1.1 目的</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻の影響を挙げている。</p> <p>当該規定に関連して、原子炉施設の供用期間中に極めてまれに発生する突風・強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象等によって原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するための「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下、「ガイド」という。）を参照し、下記のとおり竜巻影響評価を行い、安全機能が維持されることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）の設定。</li> <li>・設計荷重に対して、竜巻防護施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることの確認。</li> </ul>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.1 概要を一部記載】</p> <p>1. 竜巻に対する防護</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻の影響を挙げている。</p> <p>発電用原子炉施設の供用期間中に極めてまれに突風・強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象等によって発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、原子力規制委員会の定める「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）」（以下「ガイド」という。）を参照し、竜巻影響評価として以下を実施し、発電用原子炉施設の安全機能が維持されることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組合せ荷重）の設定</li> <li>・女川原子力発電所における飛来物に係る調査</li> <li>・飛来物防止対策</li> <li>・考慮すべき設計荷重に対する外部事象防護対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることの確認</li> </ul>	<p>原子力発電所の竜巻影響評価ガイドへの適合状況について</p> <p>1. 竜巻に対する防護</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）」第6条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻の影響を挙げている。</p> <p>発電用原子炉施設の供用期間中に極めてまれに突風・強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随件事象等によって発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、原子力規制委員会の定める「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）」（以下「ガイド」という。）を参照し、竜巻影響評価として以下を実施し、発電用原子炉施設の安全機能が維持されることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組合せ荷重）の設定</li> <li>・泊発電所における飛来物に係る調査</li> <li>・飛来物防止対策</li> <li>・考慮すべき設計荷重に対する外部事象防護対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることの確認</li> </ul>	<p>【資料構成について】</p> <p>本資料は溢水影響評価ガイドへの適合状況を確認するための資料であることから、ガイド記載事項との比較を行うため、左列にガイドの記載を貼り付け4連表の構成とした。</p> <p>【女川】</p> <p>記載充実（大飯参照）</p> <p>・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>1.3 関連法規等                      本ガイドは、以下の法律や基準類を参考としている。</p> <p>(1) 国内</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年6月10日法律第166号）</li> <li>・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令（昭和32年11月21日政令第324号）</li> <li>・建築基準法（昭和25年5月24日法律第201号）</li> <li>・建築基準法施行令（昭和25年11月16日政令第338号）</li> <li>・実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）</li> <li>・実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））</li> <li>・基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（原管地発第1306192号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））</li> <li>・日本産業規格</li> <li>・日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987</li> <li>・日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版</li> <li>・日本機械学会：発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2008年版） JSME S NC1-2008</li> <li>・日本機械学会：発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2009年追補版） JSME S NC1-2009</li> <li>・日本機械学会：発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2010年追補版） JSME S NC1-2010</li> <li>・日本機械学会：発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版） JSME S NC1-2012</li> <li>・日本機械学会：発電用原子力設備規格 材料規格（2012年版） JSME S NJ1-2012</li> <li>・日本建築学会：建築物荷重指針・同解説（2004）</li> <li>・日本建築学会：原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）</li> <li>・日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2010年6月）</li> </ul>				



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>・日本建築学会：鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（2005年9月）</p> <p>・日本建築学会：鋼構造塑性設計指針（2010年2月）</p> <p>・土木学会：構造工学シリーズ22 防災・安全対策技術者のための衝撃作用を受ける土木構造物の性能設計—基準体系の指針—（2013年1月）（2）海外</p> <p>・IAEA：IAEA Safety Standards, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No. SSG-18, 2011</p> <p>・U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION：Appendix A to Part 50—General Design Criteria for Nuclear Power Plants</p> <p>・U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION：REGULATORY GUIDE 1.76, DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, Revision 1, March 2007</p> <p>・U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION：STANDARD REVIEW PLAN, 3.3.2 TORNADO LOADS, NUREG-0800, Revision 3 - March 2007</p> <p>・U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION：STANDARD REVIEW PLAN, 3.5.1.4 MISSILES GENERATED BY TORNADOES AND EXTREME WINDS, NUREG-0800, Revision 3 - March 2007</p> <p>ほか</p> <p>1.4 用語の定義</p> <p>本ガイドで用いる用語の定義を以下に示す。</p> <p>・竜巻防護施設：「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の耐震設計上の重要度分類におけるSクラスの設計を要求される設備（系統、機器）、建屋及び構築物等。</p> <p>・安全機能：「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の耐震設計上の重要度分類におけるSクラスの施設に要求される機能。</p> <p>・原子炉施設：発電用軽水型原子炉施設。</p> <p>・設計対象施設：本ガイドで設計の対象とする原子炉施設。</p> <p>・基準竜巻：設計対象施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、設計対象施設の安全性に影響を与えるおそれがある竜巻。</p> <p>・設計竜巻：原子力発電所が立地する地域の特性（地形効果による竜巻の増幅特性等）等を考</p>				

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>慮して、科学的見地等から基準竜巻に対して最大風速の割り増し等を行った竜巻。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計竜巻荷重：設計竜巻によって設計対象施設に作用する荷重。</li> <li>・設計荷重：設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重。</li> <li>・竜巻検討地域：原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生を観点から気象条件等が類似の地域。</li> <li>・藤田スケール：1971年にシカゴ大学の藤田哲也博士が考案した竜巻等の規模を表す指標。藤田スケールは、通常、F0～F5までの区分が用いられ、区分ごとに風速の範囲が定義されている。</li> <li>・日本版改良藤田スケール：藤田スケールを改良した竜巻等の規模を表す指標。日本版改良藤田スケールは、JEF0～JEF5の階級が用いられ、当該階級は、被害指標ごとに設定された被害度に対応する風速のうち最大のものにより決定される。</li> <li>・竜巻影響エリア：原子力発電所の号機ごとのすべての設計対象施設の設置面積の合計値及び推定される竜巻被害域に基づいて設定されるエリア。</li> <li>・設計飛来物：設計竜巻によって設計対象施設に衝突し得る飛来物。</li> <li>・竜巻随件事象：設計竜巻等に伴い発生が想定され得る事象。</li> <li>・ダウンバースト：積乱雲等から強い下降気流が生じて、竜巻と同様に局地的に突風を発生させる自然現象。</li> <li>・スーパーセル：上昇気流域における顕著な回転を伴う気流によって生じる巨大積乱雲。単一巨大積乱雲とも呼ばれ、竜巻、雹、大雨及びダウンバースト等を発生させる。</li> </ul>				

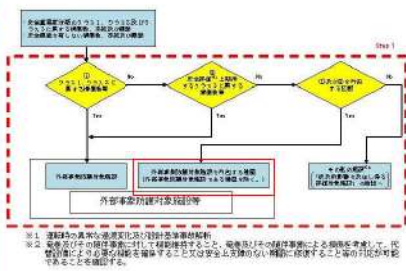
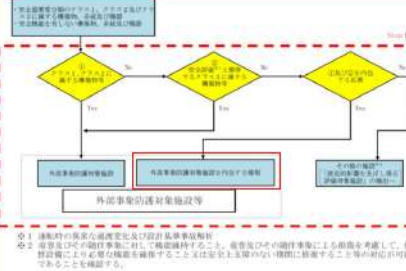
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2. 設計の基本方針</p>	<p>2. 評価の基本方針</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>1.2 評価の基本方針</p> <p>1.2.1 竜巻から防護する施設の抽出</p> <p>竜巻から防護する施設は、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定される重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1、クラス2及びクラス3の設計を要求される構築物、系統及び機器とする。</p> <p>その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価<sup>※</sup>上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器（以下「外部事象防護対象施設」という。）とし、機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>※ 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析</p> <p>また、外部事象防護対象施設を内包する建屋（外部事象防護対象施設となる建屋を除く。）は、機械的強度を有すること等により、内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて、外部事象防護対象施設等という。</p> <p>上記に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>1.2 評価の基本方針</p> <p>1.2.1 竜巻から防護する施設の抽出</p> <p>竜巻から防護する施設は、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定される重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1、クラス2及びクラス3の設計を要求される構築物、系統及び機器とする。</p> <p>その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価<sup>※</sup>上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器（以下「外部事象防護対象施設」という。）とし、機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>※ 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析</p> <p>また、外部事象防護対象施設を内包する建屋は、機械的強度を有すること等により、内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて、外部事象防護対象施設等という。</p> <p>上記に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p> <p>【女川】                  設計方針の相違                  ・泊に外部事象防護対象施設となる建屋はない。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2.1 設計対象施設                      以下の(1)及び(2)に示す施設を設計対象施設とする。</p> <p>(1)竜巻防護施設                      「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される設備（系統・機器）及び建屋・構築物等とする。</p> <p>(2)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設                      当該施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設、又はその施設の特定の区画（注2.1）。</p> <p>解説2.1 設計対象施設                      設計竜巻荷重は、基準地震動<math>S_s</math>による地震荷重と同様に施設に作用するものと捉え、設計対象施設は、耐震設計上の重要度分類を引用して、耐震Sクラス施設及び耐震Sクラス施設に波及的影響を及ぼし得る施設とした。ただし、竜巻防護施設の外殻となる施設等（竜巻防護施設を内包する建屋・構築物等）による防護機能によって、設計竜巻による影響を受けないことが確認された施設については、設計対象から除外できる。</p> <p>竜巻防護施設の例としては、原子炉格納容器や安全機能を有する系統・機器（配管を含む）等が考えられる。外殻となる施設等による防護機能が期待できる設計対象施設の例としては、原子炉格納容器に内包された安全機能を有する設備等が考えられる。</p>	<p>2.1 竜巻影響評価の対象施設                      以下の(1)及び(2)に示す施設を竜巻影響評価の対象施設とする。</p> <p>(1)竜巻防護施設                      「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される設備（系統・機器）及び建屋・構築物等とする。</p> <p>(2)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設                      当該施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設、又はその施設の特定の区画。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>1.2.2 竜巻影響評価の対象施設                      以下の(1)外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設及び(2)外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設に示す施設を竜巻影響評価の対象施設（以下「評価対象施設等」という。）とする。</p> <p>外部事象防護対象施設等の抽出フローを第1.2.2-1 図に示す。</p> <p>なお、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される施設についても、外部事象防護対象施設等として抽出すべきものがないことを確認した。【添付資料1.2】</p>  <p>図 1.2.2-1 外部事象防護対象施設等の抽出フロー</p>	<p>1.2.2 竜巻影響評価の対象施設                      以下の(1)外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設及び(2)外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設に示す施設を竜巻影響評価の対象施設（以下「評価対象施設等」という。）とする。</p> <p>外部事象防護対象施設等の抽出フローを第1.2.2.1 図に示す。</p> <p>なお、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される施設についても、外部事象防護対象施設等として抽出すべきものがないことを確認した。【添付資料1.2】</p>  <p>図 1.2.2.1 外部事象防護対象施設等の抽出フロー</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違                      【大飯】                      記載方針の相違                      ・大飯では、竜巻影響評価ガイドに基づき、耐震Sクラスの設計を要求される設備及び建屋・構築物等から評価対象施設を抽出した場合について記載している。安全重要度クラス1～3の構築物、系統及び機器から評価対象施設を抽出した場合については記載していないが、両者を比較することで、評価対象施設に抜けがないことを確認している。</p> <p>【女川】                      設計方針の相違                      ・泊に外部事象防護対象施設となる建屋はない。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設（1）竜巻防護施設から一部を記載】</p> <p>(1) 竜巻防護施設</p> <p>評価対象となる竜巻防護施設を以下の通り抽出した。抽出フローを図4.1に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ（配管、弁を含む。）</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・排気筒（建屋外）</li> </ul>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>(1) 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設【添付資料1.2】</p> <p>外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設として、屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する施設を含む。）、屋内の施設で外気と繋がっている施設及び外殻となる施設（建屋、構築物）（以下「外殻となる施設」という。）による防護機能が期待できない施設を抽出する。</p> <p>なお、外殻となる施設による防護機能が期待できない施設については、外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性の確認結果を踏まえ抽出する。</p> <p>防護機能を期待できることが確認できた区画に内包される外部事象防護対象施設については、該当する外殻となる施設により防護されることから、個別評価は実施しない。</p> <p>第1.2.2-2 図に、外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出フロー及び抽出された評価対象施設を示す。</p> <p>a. 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）                      （参考掲載のため対象施設省略）</p>	<p>(1) 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設【添付資料1.2】</p> <p>外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設として、屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する施設を含む。）、屋内の施設で外気と繋がっている施設及び外殻となる施設（建屋、構築物）（以下「外殻となる施設」という。）による防護機能が期待できない施設を抽出する。</p> <p>なお、外殻となる施設による防護機能が期待できない施設については、外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性の確認結果を踏まえ抽出する。</p> <p>防護機能を期待できることが確認できた区画に内包される外部事象防護対象施設については、該当する外殻となる施設により防護されることから、個別評価は実施しない。</p> <p>第1.2.2.2 図に、外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出フロー及び抽出された評価対象施設を示す。</p> <p>a. 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）</p> <p>(a) 排気筒（建屋外）</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載方針の相違</p> <p>【大飯】                      設備の相違                      ・対象施設の相違                      ・泊の原子炉補機冷却海水ポンプ及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナは、循環水ポンプ建屋（上屋）内に設置されており、当該上屋は、外殻としての防護機能を期待できないため、後述c.項で抽出。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設 (2) 竜巻防護施設を内包する施設を記載】</p> <p>(2) 竜巻防護施設を内包する施設                  評価対象となる竜巻防護施設を内包する施設を以下の通り抽出した。抽出フローを図4.2に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉格納容器(原子炉容器他を内包する建屋)</li> <li>原子炉周辺建屋（主蒸気管他を内包する建屋）</li> <li>制御建屋（中央制御室他を内包する建屋）</li> <li>廃棄物処理建屋</li> <li>燃料油貯蔵タンク基礎（燃料油貯蔵タンクを内包する構築物）</li> <li>重油タンク基礎（重油タンクを内包する構築物）</li> </ul>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>&lt;以下、外部事象防護対象施設を内包する区画&gt;                  (参考掲載のため対象施設省略)</p>	<p>&lt;以下、外部事象防護対象施設を内包する区画&gt;</p> <p>(b)原子炉建屋（外部遮へい建屋）（原子炉容器他を内包）                  (c)原子炉建屋（周辺補機棟）（主蒸気管他を内包）                  (d)原子炉建屋（燃料取扱棟）（使用済燃料ピット他を内包）                  (e)原子炉補助建屋（中央制御室他を内包）                  (f)ディーゼル発電機建屋（ディーゼル発電機他を内包）</p> <p>(g)A1,A2-燃料油貯油槽タンク室（A1,A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽を内包）                  (h)B1,B2-燃料油貯油槽タンク室（B1,B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽を内包）                  (i)A1,A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ（ディーゼル発電機燃料油移送配管を内包）                  (j)B1,B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ（ディーゼル発電機燃料油移送配管を内包）                  (k)循環水ポンプ建屋（原子炉補機冷却海水ポンプ他を内包）                  (l)タービン建屋（タービン保安装置他を内包）</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違                  【大飯】                  記載方針の相違</p> <p>【大飯】                  設備の相違                  ・対象施設の相違</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違                  ・大飯の燃料油貯蔵タンク及び重油タンクは、ディーゼル発電機の運転のための燃料であり、泊の燃料油貯油槽に相当</p> <p>【大飯、女川】                  対象施設の相違                  ・A1,A2/B1,B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチは、外部事象防護対象施設である「ディーゼル発電機燃料油移送配管」を内包しており、設計竜巻に対して外殻となる施設（評価対象施設）として抽出している。一方、女川の類似設備である軽油タンク連絡ダクトは、地中に埋設されており、設計竜巻の影響を受けないため、評価対象施設として抽出していない。（女川以外の先行プラントにおいても、評価対象施設として抽出していない。）</p>

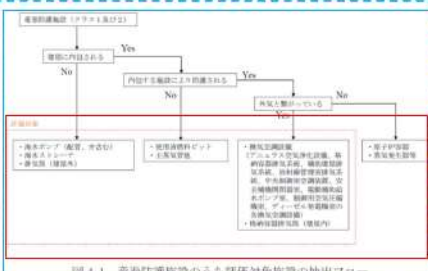
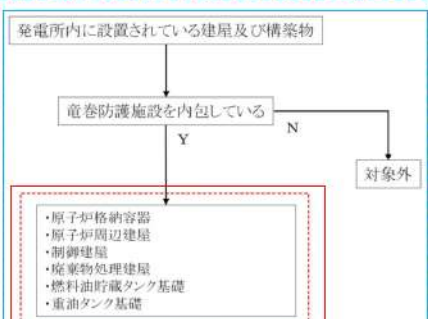
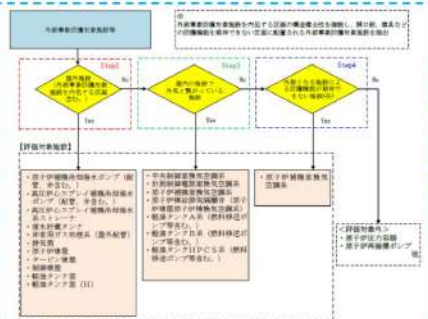
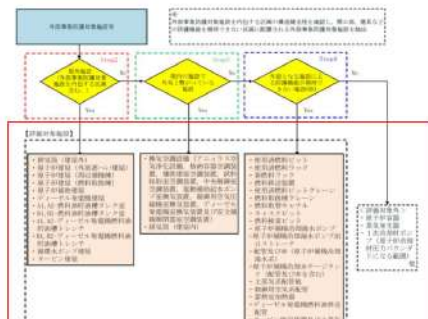


赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>原子力発電所の竜巻影響評価ガイド</p>	<p>大飯発電所3/4号炉</p> <p>【比較のため4.2 評価対象施設（1）竜巻防護施設から一部を記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>換気空調設備（アニュラス空気再循環設備、原子炉格納容器換気設備、補助建屋換気設備、中央制御室換気設備及びディーゼル発電機室の換気空調設備の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）</li> <li>格納容器排気筒</li> </ul> <p>【比較のため4.2 評価対象施設（1）竜巻防護施設から一部を記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>使用済燃料ピット</li> </ul>	<p>女川原子力発電所2号炉</p> <p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内の施設で外気と繋がっている施設（参考掲載のため対象施設省略）</li> </ul> <p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>外殻となる施設による防護機能が期待できない施設（参考掲載のため対象施設省略）</li> </ul>	<p>泊発電所3号炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内の施設で外気と繋がっている施設                     <ul style="list-style-type: none"> <li>換気空調設備（アニュラス空気浄化設備、格納容器空調装置、補助建屋空調装置、試料採取室空調装置、中央制御室空調装置、電動補助給水ポンプ室換気装置、制御用空気圧縮機室換気装置、ディーゼル発電機室換気装置、安全補機開閉器室空調装置）</li> <li>排気筒（建屋内）</li> </ul> </li> <li>外殻となる施設による防護機能が期待できない施設                     <ul style="list-style-type: none"> <li>使用済燃料ピット</li> <li>使用済燃料ラック</li> <li>新燃料ラック</li> <li>燃料移送装置</li> <li>使用済燃料ピットクレーン</li> <li>燃料取扱棟クレーン</li> <li>燃料取替キャナル</li> <li>キャスクピット</li> <li>燃料検査ピット</li> <li>原子炉補機冷却海水ポンプ</li> <li>原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ</li> <li>配管及び弁（原子炉補機冷却海水系）</li> <li>原子炉補機冷却水サージタンク（配管及び弁含む）</li> <li>主蒸気系配管他</li> <li>制御用空気系配管</li> <li>蓄熱室加熱器</li> <li>ディーゼル発電機燃料油移送配管</li> <li>タービン保安装置及び主蒸気止め弁</li> </ul> </li> </ul>	<p>相違理由</p> <p>【女川】 記載充実（大飯参照） ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】 記載表現の相違</p> <p>【大飯】 設備の相違 ・対象施設の相違</p> <p>【大飯】 記載表現の相違</p> <p>【大飯】 設備の相違 ・対象施設の相違</p> <p>【大飯】 設計方針の相違 ・大飯では、使用済燃料ピットクレーン等の燃料取扱設備クレーン（泊のd～fに相当）が機能を失っても、原子炉施設の安全性は損なわれないとの理由から、評価対象施設としていない。また、竜巻襲来が予想される場合は燃料取扱作業を中止する運用としている。</p> <p>【大飯】 設計方針の相違 ・泊では、安全評価上その機能に期待するクラス3機器である「タービン保安装置」「主蒸気止め弁」を外部事象防護対象施設として抽出</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設の図4.1を記載】</p>  <p>図4.1 竜巻防護施設のうち評価対象施設の抽出フロー</p> <p>【比較のため4.2 評価対象施設の図4.2を記載】</p>  <p>図4.2 竜巻防護施設を内包する施設の抽出フロー</p> <p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <p>(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設                  評価対象となる竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は以下の通り抽出した。抽出フローを図4.3に示す。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p>  <p>第1.2.2-2図 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出フロー</p> <p>(2) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設【添付資料1.3】                  外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、その他の施設（外部事象防護対象施設以外の施設）のうち、倒壊により外部事象防護対象施設等を機能喪失させる（機械的影響）可能性があるもの及び屋外に設置される外部事象防護対象施設の付属設備のうち、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物等の衝突による損傷により外部事象防護対象施設を機能喪失させる（機能的影響）可能性があるものとする。</p>	 <p>第1.2.2.2図 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出フロー</p> <p>(2) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設【添付資料1.3】                  外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、その他の施設（外部事象防護対象施設以外の施設）のうち、倒壊により外部事象防護対象施設等を機能喪失させる（機械的影響）可能性があるもの、屋外に設置される外部事象防護対象施設の付属設備のうち、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物等の衝突による損傷により外部事象防護対象施設を機能喪失させる（機能的影響）可能性があるもの</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  設備の相違                  ・対象施設の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【参考として、大飯3/4号炉まとめ資料 別添資料1 (2) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設のうち②を記載】</p> <p>②機能的影響の観点での抽出</p> <p>発電所構内の設備及び建屋・構築物のうち、屋外にある竜巻防護施設の付属設備及び竜巻防護施設を内包する区画の換気空調設備のうち、外気と繋がるダクト・ファン、外気との境界となるダンパ・バタフライ弁として、以下を抽出し、評価を実施する。</p> <p>【比較のため4.2 評価対象施設(3) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <p>①竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る主な施設</p> <p>当該施設の破損により、竜巻防護施設に機械的な波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設は、竜巻防護施設に隣接する以下を抽出とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋</li> <li>・永久構台</li> <li>・耐火隔壁</li> </ul>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>なお、津波防護施設等は、基準津波の高さや防護範囲の広さ等の重要性を鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。</p> <p>第1.2.2-4 図に、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー及び抽出された施設を示す。</p> <p>a. 外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設                      （参考掲載のため対象施設省略）</p>	<p>及び外部事象防護対象施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備（機能的影響）とする。</p> <p>なお、津波防護施設等は、基準津波の高さや防護範囲の広さ等の重要性を鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。</p> <p>第1.2.2.3 図に、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー及び抽出された施設を示す。</p> <p>a. 外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a)タービン建屋</li> <li>(b)電気建屋</li> <li>(c)出入管理建屋</li> <li>(d)循環水ポンプ建屋</li> </ul>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【女川】                      設計方針の相違                      ・記載充実（大飯参照）                      ・泊では、外部事象防護対象施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備も外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設としている。</p> <p>【大飯】                      設計方針の相違                      ・津波防護施設等のうち、防潮堤、防水壁については、防護範囲の広さ等の重要性を考慮し、自主的に機能維持のための配慮を行う方針。（女川同様）</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載方針の相違</p> <p>【大飯】                      設計方針の相違                      ・泊では、安全評価上その機能に期待するクラス3機器である「タービン保安装置」「主蒸気止め弁」を外部事象防護対象施設としており、タービン建屋は内包する区画として抽出しているが、安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、内包する施設の安全機能を損なわない設計とするため、外殻施設としての防護機能に係る評価は実施していない。一方で、タービン建屋は、外殻施設である原子炉建屋（外部遮へい建屋、周辺補機棟、燃料取扱棟）の隣接建屋であることから、波及的影響を</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

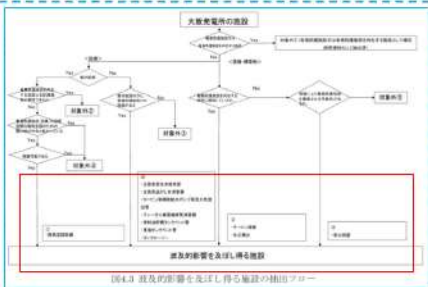
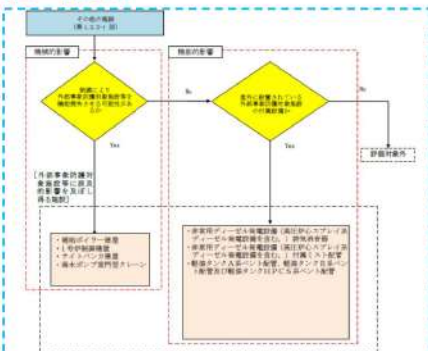
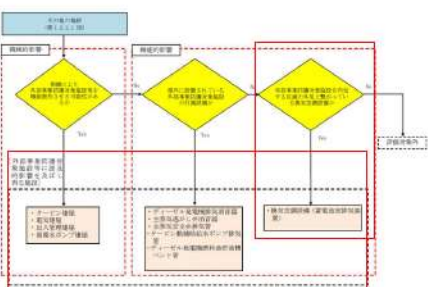
原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <p>②竜巻防護施設に機能的影響を及ぼし得る主な施設</p> <p>当該施設の破損により、耐震Sクラス設備に機能的な波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設として、換気・冷却等が必要な耐震Sクラス設備を内包する区画の換気空調設備の内、以下を抽出した。</p> <p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <p>・ディーゼル発電機排気消音器</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p> <p>b. 外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設</p> <p>(参考掲載たの対象施設省略)</p>	<p>b. 外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設</p> <p>(外部事象防護対象施設の付属設備)</p> <p>(a)ディーゼル発電機排気消音器</p>	<p>及ぼし得る施設として評価している。</p> <p>【大飯】                  設備の相違                  ・対象施設の相違                  ・循環水ポンプ建屋は、外部事象防護対象施設を内容する建屋であるが、鉄骨造であるため、鉄筋コンクリート造である「周辺補機棟」他の建屋とは異なり、一部区画だけではなく、建屋全体が外殻施設としての防護機能を期待できないため、当該建屋に内包されている原子炉補機冷却海水ポンプ等の外部事象防護対象施設に対して、竜巻防護対策を実施することで、安全機能を損なわない設計とすることから、外殻施設としての防護機能に係る評価は実施していない。また、当該建屋自体の倒壊により、内包する外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼす可能性があることから、波及的影響を及ぼし得る施設として抽出している。</p> <p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。(参考掲載のため主要な相違理由のみ記載)</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管</li> </ul> <p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料油貯蔵タンクベント管</li> <li>・重油タンクベント管</li> <li>・タンクローリー</li> </ul>		<p>(b)主蒸気逃がし弁消音器                  (c)主蒸気安全弁排気管                  (d)タービン動補助給水ポンプ排気管</p> <p>(e)ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  設備の相違                  ・大飯では、非常用ディーゼル発電機が7日間連続運転するために、タンクローリーによる重油タンクからの燃料の補給が必要であり、タンクローリーを防護する必要があるが、泊では、燃料の補給は不要。</p>
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設(3)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の一部を記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・換気空調設備（蓄電池室の換気空調設備の外気と繋がるダクト・ファン及び外気と境界となるダンプ・パタフライ弁）</li> </ul> <p>補足説明資料6：竜巻防護施設の抽出について                  補足説明資料7：波及的影響を及ぼし得る施設の抽出について</p>		<p>（外部事象防護対象施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備）                  (a)換気空調設備（蓄電池室排気装置）</p>	<p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p>

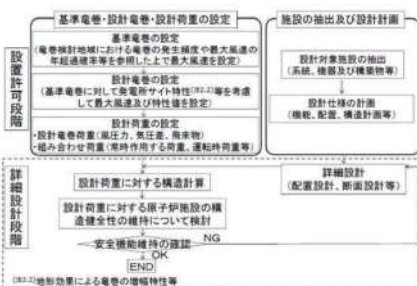
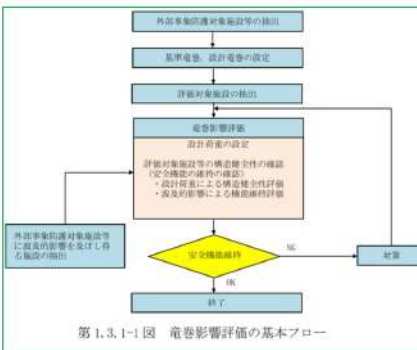
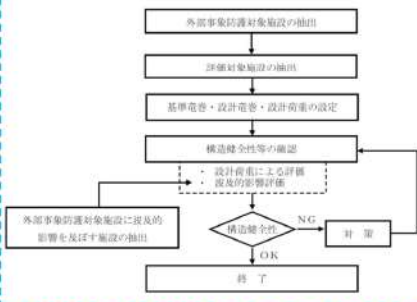
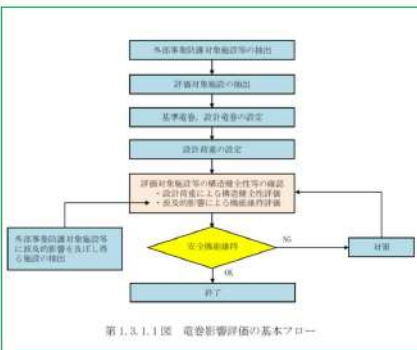
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【比較のため4.2 評価対象施設の図4.3を記載】</p>  <p>図4.3 波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.2 評価の基本方針を一部記載】</p>  <p>第1.2.2-4図 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー</p>	 <p>第1.2.2.3図 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー</p>	<p>【女川】              記載充実（大飯参照）              ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【女川】              設計方針の相違              ・大飯及び泊では、外部事象防護対象施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備を波及的影響を及ぼし得る施設としている。</p> <p>【大飯】              設備の相違              ・対象施設の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2.2 設計の基本的な考え方</p> <p>2.2.1 設計の基本フロー</p> <p>図2.1に設計の基本フローを示す。設置許可段階では、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重が適切に設定されていること、並びに設計荷重に対して、機能・配置・構造計画等を経て抽出された設計対象施設の安全機能が維持される方針であることを確認する。ただし、設計荷重については、設置許可段階において、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。</p> <p>(注2.1) 竜巻防護施設を内包する区画。</p>  <p>図2.1 設計の基本フロー</p> <p>解説 2.2.1 設計の基本フロー</p> <p>詳細設計段階においては、配置・断面設計等を経て詳細な仕様が設定された施設を対象に、設計荷重の詳細を設定し、設計荷重に対する構造計算等を実施し、その結果得られた施設の変形や応力等が構造健全性評価基準を満足すること等を確認して、安全機能が維持されることが確認されることを想定している。</p>	<p>2.2 評価の基本的な考え方</p> <p>2.2.1 評価の基本フロー</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに、評価対象施設を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設の構造健全性について検討を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されていることの確認を行う。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.3 評価の基本的な考え方を記載】</p> <p>1.3 評価の基本的な考え方</p> <p>1.3.1 評価方法</p> <p>1.3.1.1 評価方法</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに、評価対象施設等を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性について評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されていることを確認する。</p> <p>竜巻影響評価の基本フローを第1.3.1-1図に示す。</p>  <p>第1.3.1-1図 竜巻影響評価の基本フロー</p> <p>【参考として、島根原子力発電所2号炉まとめ資料 別添2 1.3.1. 評価の基本フローより引用】</p> 	<p>1.3 評価の基本的な考え方</p> <p>1.3.1 評価方法</p> <p>1.3.1.1 評価方法</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに、評価対象施設等を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性について評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されていることを確認する。</p> <p>竜巻影響評価の基本フローを第1.3.1.1図に示す。</p>  <p>第1.3.1.1図 竜巻影響評価の基本フロー</p>	<p>【女川】 記載充実（大飯参照） ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】 記載表現の相違</p> <p>【大飯】 記載方針の相違</p> <p>【女川】 記載表現の相違 ・島根のフローを参考にした。</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>2.2.2 設計対象施設に作用する荷重 以下に示す設計荷重を適切に設定する。 (1)設計竜巻荷重 設計竜巻荷重を以下に示す。 ①風圧力 設計竜巻の最大風速による風圧力 ②気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる設計対象施設内外の気圧差による圧力 ③飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって設計対象施設に衝突し得る飛来物（以下、「設計飛来物」という）が設計対象施設に衝突する際の衝撃荷重 (2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。 ①設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等 ②竜巻以外の自然現象(注2.3)による荷重、設計基準事故時荷重等 なお、上記(2)の②の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(2)の①の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を判断する。</p> <p>2.2.3 施設の安全性の確認 設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、設計対象施設、あるいはその特定の区画(注2.4)の構造健全性等が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。 (注2.3) 竜巻との同時発生が想定され得る雷、雪、雹<sup>ひょう</sup>及び大雨等の自然現象を含む。 (注2.4) 竜巻防護施設を内包する区画。</p>	<p>2.2.2 評価対象施設に作用する荷重 以下に示す設計荷重を適切に設定する。 (1)設計竜巻荷重 設計竜巻荷重を以下に示す。 ①風圧力 設計竜巻の最大風速による風圧力 ②気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる設計対象施設内外の気圧差による圧力 ③飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設に衝突し得る飛来物（以下、「設計飛来物」という）が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重 (2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。 ①設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等 ②竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等 なお、上記(2)の②の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して上記(2)の①の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を判断する。</p> <p>2.2.3 施設の安全性の確認方針 設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、設計対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 1. 竜巻に対する防護 1.3 評価の基本的な考え方を記載】</p> <p>1.3.2 評価対象施設等に作用する荷重 以下に示す設計荷重を適切に設定する。 (1) 設計竜巻荷重 設計竜巻荷重を以下に示す。 a. 風圧力による荷重 設計竜巻の最大風速による風圧力 b. 気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設等の内外の気圧差による圧力 c. 飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設等に衝突し得る飛来物（設計飛来物）が評価対象施設等に衝突する際の衝撃荷重 (2) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。 a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等 b. 竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等 なお、上記(2)b.の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(2)a.の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を考慮して判断する。 具体的な荷重については、「3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定」に示す。</p> <p>1.3.3 施設の安全性の確認方針 設計竜巻荷重及びその他組合せ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設等、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>1.3.2 評価対象施設等に作用する荷重 以下に示す設計荷重を適切に設定する。 (1) 設計竜巻荷重 設計竜巻荷重を以下に示す。 a. 風圧力による荷重 設計竜巻の最大風速による風圧力 b. 気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設等の内外の気圧差による圧力 c. 飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設等に衝突し得る飛来物（設計飛来物）が評価対象施設等に衝突する際の衝撃荷重 (2) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。 a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等 b. 竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等 なお、上記(2)b.の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(2)a.の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を考慮して判断する。 具体的な荷重については、「3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定」に示す。</p> <p>1.3.3 施設の安全性の確認方針 設計竜巻荷重及びその他組合せ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設等、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>【女川】 記載充実（大飯参照） ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。</p> <p>【大飯】 記載表現の相違</p> <p>【大飯】 記載方針の相違</p> <p>【大飯】 記載表現の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

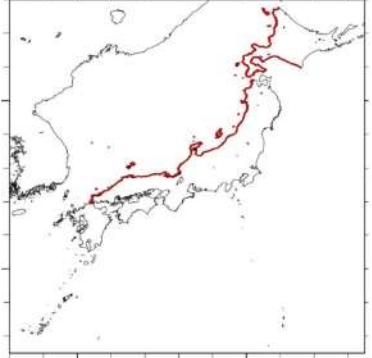
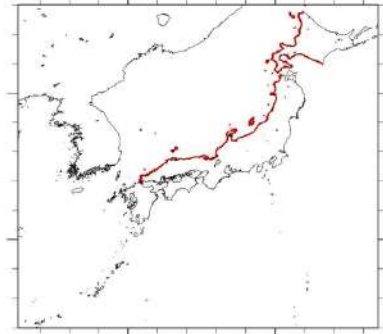
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>3. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>3.1 概要</p> <p>設置許可段階の安全審査において、基準竜巻及び設計竜巻が適切に設定されていることを確認する。</p> <p>解説 3.1 基準竜巻・設計竜巻の最大風速の設定</p> <p>設計竜巻荷重を設定するまでの基本的な流れは解説図 3.1 に示すとおりである。</p>  <p>解説図 3.1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p> <p>(注 3.1) 地形効果による竜巻の増幅特性等</p> <p>3.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>竜巻検討地域は、原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生の観点から原子力発電所が立地する地域と気象条件等が類似の地域から設定する。</p> <p>解説 3.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>(1) 基本的な条件</p> <p>竜巻検討地域の設定にあたっては、IAEAの基準<sup>(*)</sup>が参考になる。IAEAの基準では、ある特定の風速を超過する竜巻の年発生頻度の検討にあたって竜巻の記録を調査する範囲として、およそ10万km<sup>2</sup>を目安にあげている。このIAEAの基準を参考として、竜巻検討地域の目安を、原</p>	<p>3. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>3.1 概要</p> <p>設計竜巻荷重を設定するまでの基本的な流れを図 3.1 に示す。</p>  <p>図3.1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p> <p>3.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>竜巻検討地域は、大飯発電所が立地する地域と気象条件等が類似する地域を基に北海道から本州の日本海側および北海道の襟裳岬以西の海岸に沿った海側5kmと陸側5kmの地域（面積38,895km<sup>2</sup>）とする。</p> <p>図 3.2 に竜巻検討地域、図 3.3 に竜巻検討地域における竜巻の発生状況(1961年～2012年6月)を示す。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 2. 基準竜巻・設計竜巻の設定 2.1 概要を一部記載】</p> <p>2. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>2.1 概要</p> <p>基準竜巻及び設計竜巻の設定フローを第 2.1-1 図に示す。</p>  <p>第 2.1-1 図 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p>	<p>2. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>2.1 概要</p> <p>基準竜巻及び設計竜巻の設定フローを第 2.1.1 図に示す。</p>  <p>第 2.1.1 図 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p> <p>2.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>竜巻検討地域は、泊発電所が立地する地域と気象条件が類似する地域を基に北海道から本州の日本海側及び北海道の襟裳岬以西の海岸に沿った海側5kmと陸側5kmの地域（面積38,895km<sup>2</sup>）とする。</p> <p>第 2.2.1 図に竜巻検討地域、第 2.2.3 図に竜巻検討地域における竜巻の発生状況(1961年～2012年6月)を示す。</p>	<p>【女川】 記載充実（大飯参照）</p> <p>【大飯】 ・記載表現の相違 設計竜巻荷重 (F<sub>D</sub>) については、本項目 2. ではなく、次項目 3. にて記載</p> <p>【大飯】 記載方針の相違 ・大飯は狭隘地形上に立地している観点で地形条件の類似性の確認を実施している。</p>



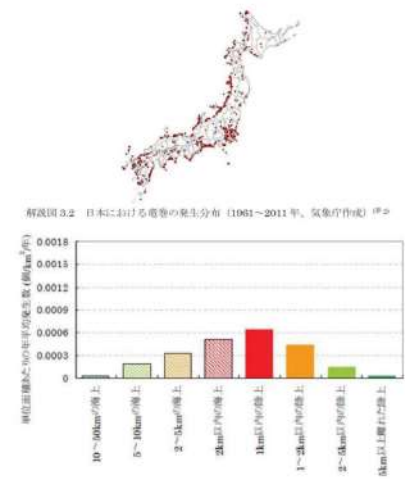
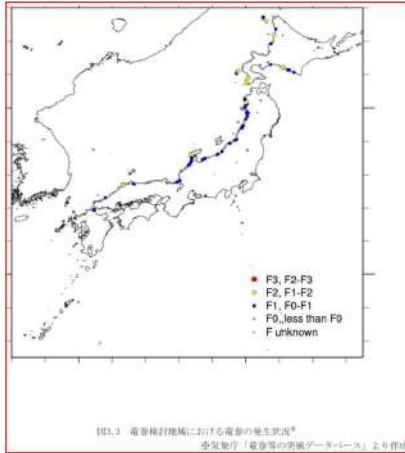
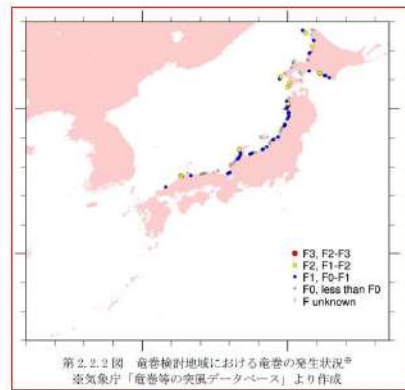
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大阪発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>原子力発電所を中心とする10万km<sup>2</sup>の範囲とする。しかしながら、日本では、例えば日本海側と太平洋側とで気象条件が異なる等、比較的狭い範囲で気象条件が大きく異なる場合があることから、必ずしも10万km<sup>2</sup>に拘らずに、竜巻発生観点から原子力発電所が立地する地域と気象条件等が類似する地域を調査した結果に基づいて竜巻検討地域を設定することを基本とする。</p> <p>(2)原子力発電所が海岸線付近に立地する場合の竜巻検討地域の設定</p> <p>解説図3.2に日本における竜巻の発生分布<sup>(*)</sup>を示す。解説図3.2より日本における竜巻の発生位置は、海岸線付近に集中している傾向が伺える。解説図3.3に日本の海岸線付近における竜巻の発生状況を示す。解説図3.3をみると、海岸線から1km以内の陸上では単位面積あたりの1年間の平均発生数は<math>6.0 \times 10^{-4}</math>(個/km<sup>2</sup>/年)を少し超える程度であり、海岸線から離れるに従って竜巻の発生数が減少する傾向が伺える。例えば、解説図3.3の陸上側のグラフの分布をみると、海岸線から5km以上離れた地域では、竜巻の発生数が急激に減少する傾向がみられる。以上の傾向を踏まえて、原子力発電所が海岸線付近に立地する場合は、海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を目安に竜巻検討地域を設定することとする。なお、原子力発電所がこの範囲（海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲）を逸脱する地域に立地する場合は、海岸線付近で竜巻の発生が増大する特徴を踏まえつつ竜巻検討地域の範囲を別途検討する必要がある。</p>	 <p>図3.2 竜巻検討地域</p>		 <p>第2.2.1図 泊発電所における竜巻検討地域</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

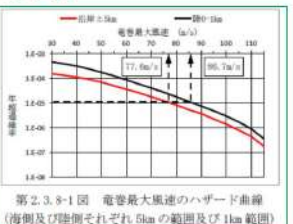
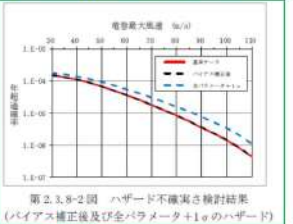
原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
 <p>解説図 3.2 日本における竜巻の発生分布（1961～2011年、気象庁作成）<sup>19）</sup></p> <p>解説図 3.3 日本の海岸線付近における竜巻の発生状況<sup>19）</sup>（1961～2009年12月、規模：F0以上）</p> <p>（注 3.2）被害の痕跡が残りにくい海上竜巻は、単位面積あたりの年平均発生数が、実際の発生数より少ない可能性が考えられる。</p>	 <p>図3.3 竜巻検討地域における竜巻の発生状況<sup>19）</sup>  <small>気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成</small></p> <p>補足説明資料2：竜巻検討地域について          補足説明資料3：竜巻検討地域において発生した竜巻</p>		 <p>第2.2.2図 竜巻検討地域における竜巻の発生状況<sup>19）</sup>  <small>気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成</small></p>	<p>【大飯】          分析結果の相違          ・竜巻発生数の分析結果の相違</p> <p>【大飯】          記載方針の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																								
<p>3.3 基準竜巻の設定</p> <p>以下の基本的な方針に基づいて基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)を設定する。ここで、<math>V_B</math>は最大瞬間風速とする。</p> <p>(1) 基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)は、竜巻検討地域において、過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮して適切に設定する。</p> <p>(2) 基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)は、下記に示す<math>V_{B1}</math>と<math>V_{B2}</math>のうちの大きな風速とする。</p> <p>①過去に発生した竜巻による最大風速(<math>V_{B1}</math>)</p> <p>日本で過去に発生した竜巻による最大風速を<math>V_{B1}</math>として設定することを原則とする。ただし、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できる場合においては、「日本」を「竜巻検討地域」に読み替えることができる。</p>	<p>3.3 基準竜巻の設定</p> <p>基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)は以下の(1)、(2)より設定を行った。</p> <p>(1)過去に発生した竜巻による最大風速 (<math>V_{B1}</math>)</p> <p>過去に発生した竜巻による最大風速(<math>V_{B1}</math>)の設定にあたって、当社は現時点で竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できるだけの知見を有していないことから、日本で過去に発生した竜巻の観測データを用いて<math>V_{B1}</math>を設定する。なお、今後も地域特性に関する検討、新たな知見の収集やデータの拡充などに取組み、より信頼性のある評価が可能なるように努力する。</p> <p>日本で過去（1961年から2012年6月）に発生した最大の竜巻は、気象庁の「竜巻等の突風データベース」によるとF3スケールである（表3.2参照）。F3スケールにおける風速は、70m/s～92m/sであることから、過去に発生した最大の竜巻の最大風速<math>V_{B1}</math>を92m/sとした。</p> <table border="1" data-bbox="546 1037 981 1165"> <caption>表3.1 F3の竜巻発生リスト<sup>※</sup>（1961年～2012年6月）</caption> <thead> <tr> <th>F3スケール</th> <th>発生日時</th> <th>発生規模経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F3</td> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分40秒 139度40分13秒</td> <td>埼玉県浦和市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1990年12月11日19時43分</td> <td>35度25分27秒 140度17分19秒</td> <td>千葉県成田市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒 137度23分5秒</td> <td>愛知県豊橋市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒 143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 紋別町</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒 139度56分44秒</td> <td>茨城県高萩市</td> </tr> </tbody> </table> <p>※気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成</p>	F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所	F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市	F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市	F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市	F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町	F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 2. 基準竜巻・設計竜巻の設定 2.1 基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)の設定を一部記載】</p> <p>2.3 基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)の設定</p> <p>基準竜巻の最大風速は、過去に発生した竜巻による最大風速 (<math>V_{B1}</math>) 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) のうち、大きな風速を設定する。</p> <p>2.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速 (<math>V_{B1}</math>)</p> <p>女川原子力発電所が立地する東北地方太平洋側は、過去の発生実績及び突風関連指数を用いた分析結果から、大規模な竜巻は発生しにくいものと考えられる。</p> <p>また、竜巻は観測の歴史が浅いこと及び気象庁における竜巻観測体制の変遷を踏まえると、他の気象観測データに比べ不確かさがあると考えられる。</p> <p>上記を勘案し、日本で過去に発生した竜巻の最大風速を<math>V_{B1}</math>として設定する。</p> <p>日本で過去に発生した最大の竜巻は、気象庁の「竜巻等の突風データベース」によるとF3スケールである。F3スケールと風速の関係より、F3スケールの風速は70～92m/sであるため、過去に発生した竜巻による最大風速<math>V_{B1}</math>は、F3スケールの上限値である92m/sとする。</p> <p>第2.3.1-1表に日本で過去に発生したF3竜巻を示す。</p> <table border="1" data-bbox="981 1037 1415 1165"> <caption>第2.3.1-1表 日本で過去に発生したF3竜巻（気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成）</caption> <thead> <tr> <th>F3スケール</th> <th>発生日時</th> <th>発生規模経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F3</td> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分40秒 139度40分13秒</td> <td>埼玉県浦和市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1990年12月11日19時43分</td> <td>35度25分27秒 140度17分19秒</td> <td>千葉県成田市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒 137度23分5秒</td> <td>愛知県豊橋市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒 143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 紋別町</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒 139度56分44秒</td> <td>茨城県高萩市</td> </tr> </tbody> </table>	F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所	F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市	F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市	F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市	F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町	F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市	<p>2.3 基準竜巻の設定</p> <p>基準竜巻の最大風速(<math>V_B</math>)は以下の(1)、(2)より設定を行った。</p> <p>(1)過去に発生した竜巻による最大風速 (<math>V_{B1}</math>)</p> <p>泊発電所が立地する北海道日本海側は、過去の発生実績及び突風関連指数を用いた分析結果から、大規模な竜巻は発生しにくいものと考えられる。</p> <p>また、竜巻は観測の歴史が浅いこと及び気象庁における竜巻観測体制の変遷を踏まえると、他の気象観測データに比べ不確かさがあると考えられる。</p> <p>上記を勘案し、日本で過去に発生した竜巻の最大風速を<math>V_{B1}</math>として設定する。</p> <p>日本で過去（1961年から2012年6月）に発生した最大の竜巻は、気象庁の「竜巻等の突風データベース」によるとF3スケールである。F3スケールと風速の関係より、F3スケールの風速は70～92m/sであるため、過去に発生した竜巻による最大風速<math>V_{B1}</math>は、F3スケールの上限値である92m/sとする。</p> <p>第2.3.1表に日本で過去に発生したF3竜巻を示す。</p> <table border="1" data-bbox="1415 1037 1850 1165"> <caption>第2.3.1表 F3の竜巻の竜巻発生リスト<sup>※</sup>（1961年～2012年6月）</caption> <thead> <tr> <th>F3スケール</th> <th>発生日時</th> <th>発生規模経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F3</td> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分40秒 139度40分13秒</td> <td>埼玉県浦和市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1990年12月11日19時43分</td> <td>35度25分27秒 140度17分19秒</td> <td>千葉県成田市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒 137度23分5秒</td> <td>愛知県豊橋市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒 143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 紋別町</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒 139度56分44秒</td> <td>茨城県高萩市</td> </tr> </tbody> </table> <p>※気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成</p>	F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所	F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市	F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市	F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市	F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町	F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市	<p>【大飯】                  記載表現の相違                  ・女川の別添資料と同様の記載とした                  （ガイドに記載のとおり、日本で過去に発生した竜巻の最大風速を用いて<math>V_{B1}</math>を設定していることに相違なし）</p>
F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所																																																																									
F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市																																																																									
F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市																																																																									
F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市																																																																									
F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町																																																																									
F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市																																																																									
F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所																																																																									
F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市																																																																									
F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市																																																																									
F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市																																																																									
F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町																																																																									
F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市																																																																									
F3スケール	発生日時	発生規模経度	発生場所																																																																									
F3	1971年07月07日07時50分	35度52分40秒 139度40分13秒	埼玉県浦和市																																																																									
F3	1990年12月11日19時43分	35度25分27秒 140度17分19秒	千葉県成田市																																																																									
F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒 137度23分5秒	愛知県豊橋市																																																																									
F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒 143度42分12秒	北海道網走支庁 紋別町																																																																									
F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒 139度56分44秒	茨城県高萩市																																																																									



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>②竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>)</p> <p>竜巻検討地域における竜巻の観測記録等に基づいて作成した竜巻最大風速のハザード曲線において、年超過確率 (<math>P_{B2}</math>) に対応する竜巻最大風速を <math>V_{B2}</math> とする。ここで、<math>P_{B2}</math> は <math>10^{-5}</math>（暫定値）を上回らないものとする。</p> <p>また、竜巻検討地域において基準竜巻の最大風速 (<math>V_B</math>) が発生する可能性を定量的に確認するために、<math>V_B</math> の年超過確率を算定することとする。なお、<math>V_B</math> が <math>V_{B1}</math> から決定された場合 (<math>V_B = V_{B1}</math> の場合) は、<math>V_{B2}</math> の算定に用いた竜巻最大風速のハザード曲線を用いて、<math>V_B</math> の年超過確率を算定する。ちなみに、米NRCの基準類<sup>(*)</sup>では、設計に用いる竜巻（設計基準竜巻：Design-basis tornado）の最大風速は、年超過確率 <math>10^{-7}</math> の風速として設定されている。</p> <p>解説3.3 基準竜巻の最大風速 (<math>V_B</math>) の設定                  解説3.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速 (<math>V_{B1}</math>) の設定</p> <p>本文に記載のとおり、日本で過去に発生した竜巻による最大風速を <math>V_{B1}</math> として設定することを原則とする。</p> <p>また、過去に発生した竜巻による最大風速は、竜巻による被害状況等に基づく既往のデータベース、研究成果等について十分に調査・検討した上で設定する必要がある。</p> <p>日本における過去最大級の竜巻としては、例えば、1990年12月に千葉県茂原市で発生した竜巻、2012年5月に茨城県常総市からつくば市で発生した竜巻等があげられる。竜巻検討地域の観測記録等に基づいて <math>V_{B1}</math> を設定する場合において、これら過去最大級の竜巻を考慮しない場合には、その明確な根拠を提示する必要がある。</p> <p>竜巻による被害状況から推定された最大風速を参照して設定された藤田スケールを用いて基準竜巻の最大風速を設定する場合<sup>(注3.3)</sup>は、藤田スケールの各階級 (F0~F5) の最大風速を用いる。解説表3.1に藤田スケールと風速の関係を示す。なお、風速計等によって観測された風速記録がある場合には、その風速記録を用いても</p>	<p>(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>)</p> <p>竜巻の発生について統計的に評価を行うため、竜巻検討地域における竜巻の観測記録等に基づいてハザード曲線 (図 3.4) を算定した。ハザード曲線は、竜巻検討地域の竜巻特性を適切に考慮できる海側、陸側 5km 範囲内で算定する場合に加え、保守性確保の観点から、1km 範囲を短冊状に細かく区切り、竜巻の発生数を発生数に通過数を加えて算定する場合、全国の竜巻の被害長さ・幅の確率分布及び相関係数を用いて算定する場合の計3通りで算定を行った。</p> <p>算定したハザード曲線を図 3.4(1)、(2)、(3)に示す。</p> <p>発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準骨子案に対する意見募集の結果について（平成25年4月3日原子力規制庁 技術基盤課）に記載の『設計基準事故は、「原子炉施設の寿命期間中に予想される」頻度の運転時の異常な過渡変化よりもさらに低頻度のものであり、「プラント寿命中にまれであるが発生し得るもの」とされています。このためプラント寿命中に1回の頻度が <math>10^{-1}</math>/年~<math>10^{-2}</math>/年となることを踏まえ、設計基準事故については、それよりも低頻度であることから、<math>10^{-3}</math>/年~<math>10^{-4}</math>/年程度の発生頻度を念頭においています』より、設計基準として考慮する竜巻の最大風速は <math>10^{-4}</math>/年を念頭に設定することが妥当であると考え、竜巻の観測数が十分でないことを踏まえ保守的に <math>10^{-4}</math> より1桁下げて、年超過確率 <math>10^{-5}</math> に相当する竜巻最大風速を <math>V_{B2}</math> とした。</p> <p>なお、竜巻の観測記録は、気象庁の竜巻等の突風データベースの情報を基にした。</p> <p>以上、(1)、(2)より算定した竜巻の最大風速 (<math>V_B</math>) を表 3.2 に示す。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 2. 基準竜巻・設計竜巻の設定 2.1 基準竜巻の最大風速 (<math>V_B</math>) の設定を一部記載】</p> <p>2.3.8 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>)</p> <p>第 2.3.8-1 図に、</p> <p>海岸線から陸側及び海側それぞれ 5 km の範囲全域（竜巻検討地域）及びガイドに従い竜巻検討地域を 1 km 範囲ごとに細分化した場合の竜巻最大風速のハザード曲線を示す。</p> <p>第 2.3.8-1 図より、陸側及び海側それぞれ 5 km の範囲全域を対象とした場合の年超過確率 <math>10^{-5}</math> における風速は 77.6m/s、竜巻検討地域を 1 km 範囲ごとに細分化した場合の年超過確率 <math>10^{-5}</math> における風速は 86.7m/s（陸側 0~1 km）となった。</p> <p>よって、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>) は、陸側及び海側それぞれ 5 km の範囲全域及び 1 km 範囲の竜巻最大風速のハザード評価結果のうち大きい方を採用し、<math>V_{B2} = 86.7\text{m/s}</math> とする。</p>  <p>第 2.3.8-1 図 竜巻最大風速のハザード曲線 (海側及び陸側それぞれ 5km の範囲及び 1km 範囲)</p> <p>また、不確かさ要素のハザード算定結果への影響を検討した結果を第 2.3.8.2 図に示す【添付資料2.4 参考資料3】。第 2.3.8-2 図より、データ、確率分布形選択及びデータ量が少ないことによる不確かさを表したハザード曲線により、これらの不確かさが小さいことを確認した。</p>  <p>第 2.3.8-2 図 ハザード不確かさ検討結果 (バイアス補正後及び全パラメータ+1σのハザード)</p>	<p>(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (<math>V_{B2}</math>)</p> <p>竜巻の発生について統計的に評価を行うため、竜巻検討地域における竜巻の観測記録等に基づいてハザード曲線 (第 2.3.1 図) を算定した。ハザード曲線は、海岸線から陸側及び海側それぞれ 5 km の範囲全域（竜巻検討地域）及びガイドに従い竜巻検討地域を 1 km 範囲ごとに細分化した場合の計 2 通りで算定を行った。また、不確かさ要素のハザード算定結果への影響を検討し、不確かさが小さいことを確認した。</p> <p>算定したハザード曲線を第 2.3.1 図 (1)、(2)、(3)に示す。</p> <p>ガイドに従い、年超過確率 <math>10^{-5}</math> に相当する竜巻最大風速を <math>V_{B2}</math> とした。</p> <p>なお、竜巻の観測記録は、気象庁の竜巻等の突風データベースの情報を基にした。</p> <p>以上、(1)、(2)より算定した竜巻の最大風速 (<math>V_B</math>) を第 2.3.2 表に示す。</p>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違                  ・大飯は、竜巻特性を適切に考慮できる「基本ケース（沿岸±5 km）評価」に加えて、保守性の観点から「短冊ケース（1 km ごとに細分化）評価」を実施したという位置づけ                  ・泊は女川と同様、「基本ケース評価」に加え、ガイドに従い「短冊ケース評価」を実施（実質的な相違なし）</p> <p>【大飯】                  検討方法の相違                  ・女川審査実績の反映に伴い不確かさ評価を実施したことによる相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違                  ・年超過確率 <math>10^{-5}</math> に相当する竜巻最大風速を <math>V_{B2}</math> としていることに相違なし</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド  
 よい。

解説表 3.1 藤田スケールと風速の関係 (※)

スケール	風速
F0	17～32m/s (約15秒間の平均)
F1	33～49m/s (約10秒間の平均)
F2	50～69m/s (約7秒間の平均)
F3	70～92m/s (約5秒間の平均)
F4	93～116m/s (約4秒間の平均)
F5	117～142m/s (約3秒間の平均)

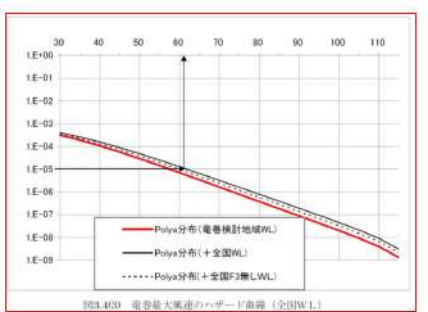
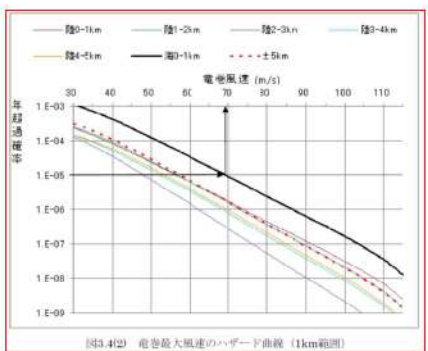
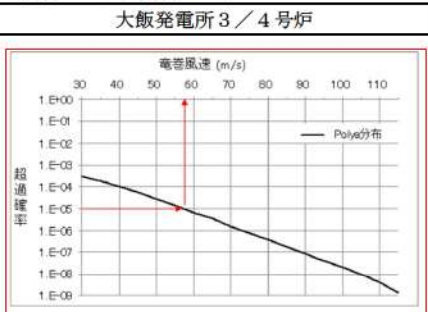
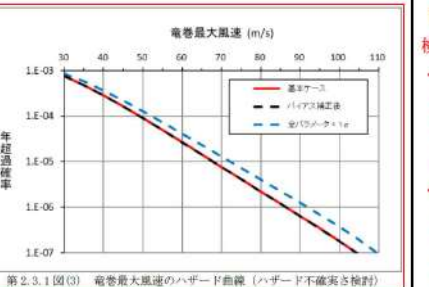
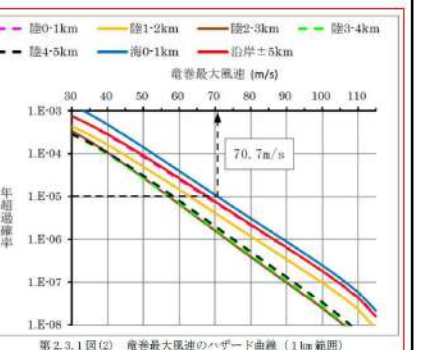
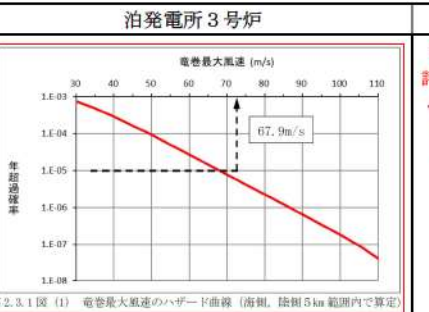


表3.2 竜巻の最大風速の算定結果

項目	最大風速
過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{60}$	92m/s
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{67}$	70m/s

女川原子力発電所2号炉



第2.3.2表 竜巻の最大風速の算定結果

項目	最大風速[m/s]
過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{60}$	92 (F3)
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{67}$	70.7

相違理由

【大飯】  
 評価結果の相違  
 ・ハザード評価結果の相違によるもの

【大飯】  
 検討方針の相違  
 ・大飯は、感度解析として、泊で実施している「Jackknife法」の検討ではなく、全国データを用いた検討を実施している  
 ・泊はBWR先行実績より、最新知見の反映として、不確実性評価を実施しているため、本検討は未実施

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>解説3.3.2 竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の算定</p> <p>既往の算定方法 (Wen&amp;Chu<sup>(※6)</sup>及び Garson et. al<sup>(※7,※8)</sup>) に基づいて <math>V_{B2}</math> を算定する方法について、その基本的な考え方を以下に例示する。竜巻最大風速のハザード曲線の算定は、解説図3.4に示す算定フローに沿って実施する。なお、本ガイドに示す <math>V_{B2}</math> の具体的な算定方法については、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果<sup>(※3)</sup>が参考になる。また、竜巻最大風速のハザード曲線の算定方法については、技術的見地等からその妥当性を示すことを条件として、いずれの方法を用いてもよいが、竜巻影響エリアの設定の基本的な考え方は、以下の「(1) 竜巻影響エリアの設定」に従うことを原則とする。</p> <p>(注3.3) 解説3.3.3参照</p> <p>(1) 竜巻影響エリアの設定</p> <p><math>V_{B2}</math> の算定にあたっては、まず始めに <math>V_{B2}</math> の発生エリアである竜巻影響エリアを設定する。竜巻影響エリアは、原子力発電所の号機ごとに設定する。号機ごとのすべての設計対象施設の設置面積の合計値及び推定される竜巻被害域(被害幅、被害長さ、移動方向等から設定)に基づいて、竜巻影響エリアを設定する。</p> <p>竜巻による被害域幅、被害域長さ及び移動方向は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録に基づいて対数正規分布等を仮定して設定することを基本とする。また、竜巻による被害域幅、被害域長さ及び移動方向の設定に使用する竜巻の観測記録や仮定条件等は、後述する竜巻の最大風速の確率密度分布の設定に用いる観測記録や仮定条件等との整合性を持たせることを原則とし、<math>V_{B2}</math> の算定に使用するデータ等には一貫性を持たせるように配慮する。</p>	<p>以上(1)、(2)より、大飯発電所における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> は92m/sとした。</p> <p>また、竜巻検討地域における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> が発生し、被害を受ける年超過確率は、図3.4(1)より <math>5.0 \times 10^{-7}</math> である。</p> <p>(3) 竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の算定の仕方</p> <p>既往の算定方法 (Wen&amp;Chu 及び Garson et. al) に基づいて、竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 <math>V_{B2}</math> を算定した。具体的な算定方法は、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果(※3)を参考とし、F4 竜巻の最大風速 116m/s 程度を考慮したハザード曲線とするため、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値 120m/s と設定した。</p> <p>詳細は補足説明資料4：竜巻最大風速のハザード曲線の求め方にて説明する。</p> <p>①竜巻影響エリアの設定</p> <p>竜巻影響エリアは、大飯発電所3、4号機はツインプラントであり建屋及び設備が隣接しているため、保守性を考慮して3号機、4号機の竜巻防護施設を十分に含む領域として直径350mの円とした。</p> <p>竜巻の発生数データは気象庁「竜巻等の突風データベース」より竜巻検討地域における1961年～2012年6月までのデータを用いて、観測体制の変遷やFスケール不明竜巻の取扱を考慮した発生数とした。竜巻による被害幅、被害長さは竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録(気象庁「竜巻等の突風データベース」)に基づいて対数正規分布を仮定し設定した。</p>	<p>以上(1)、(2)より、女川原子力発電所における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> は92m/sとした。</p> <p>また、竜巻検討地域における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> が発生し、被害を受ける年超過確率は、第2.3.1図(2)より <math>6.9 \times 10^{-7}</math> である。</p> <p>(3) 竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の算定の仕方</p> <p>既往の算定方法 (Wen and Chu 及び Garson et al.) に基づいて、竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 <math>V_{B2}</math> を算定した。具体的な算定方法は、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果(※3)を参考とし、F4 竜巻の最大風速 116m/s 程度を考慮したハザード曲線とするため、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値 120m/s と設定した。</p> <p>詳細は添付資料2.4:竜巻最大風速のハザード曲線の求め方にて説明する。</p> <p>①竜巻影響エリアの設定</p> <p>竜巻影響エリアは、泊発電所3号炉の評価対象施設等の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設等を十分に含む領域として直径920mの円とした。</p> <p>竜巻の発生数データは気象庁「竜巻等の突風データベース」より竜巻検討地域における1961年～2012年6月までのデータを用いて、観測体制の変遷やFスケール不明竜巻の取扱いを考慮した発生数とした。竜巻による被害幅、被害長さは竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録(気象庁「竜巻等の突風データベース」)に基づいて対数正規分布を仮定し設定した。</p>	<p>以上(1)、(2)より、泊発電所における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> は92m/sとした。</p> <p>また、竜巻検討地域における基準竜巻の最大風速 <math>V_B</math> が発生し、被害を受ける年超過確率は、第2.3.1図(2)より <math>6.9 \times 10^{-7}</math> である。</p> <p>(3) 竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 (<math>V_{B2}</math>) の算定の仕方</p> <p>既往の算定方法 (Wen and Chu 及び Garson et al.) に基づいて、竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速 <math>V_{B2}</math> を算定した。具体的な算定方法は、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果(※3)を参考とし、F4 竜巻の最大風速 116m/s 程度を考慮したハザード曲線とするため、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値 120m/s と設定した。</p> <p>詳細は添付資料2.4:竜巻最大風速のハザード曲線の求め方にて説明する。</p> <p>①竜巻影響エリアの設定</p> <p>竜巻影響エリアは、泊発電所3号炉の評価対象施設等の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設等を十分に含む領域として直径920mの円とした。</p> <p>竜巻の発生数データは気象庁「竜巻等の突風データベース」より竜巻検討地域における1961年～2012年6月までのデータを用いて、観測体制の変遷やFスケール不明竜巻の取扱いを考慮した発生数とした。竜巻による被害幅、被害長さは竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録(気象庁「竜巻等の突風データベース」)に基づいて対数正規分布を仮定し設定した。</p>	<p>相違理由</p> <p>【大飯】 記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大飯は基本ケース(±5km評価)から年超過確率を読み取っているが、泊は <math>V_{B2}</math> 算出に用いている海側0-1kmの結果から読み取っている</li> </ul> <p>【大飯】 評価結果の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ハザード評価結果の相違によるもの</li> </ul> <p>【大飯】 評価対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>発電所の評価対象施設の位置、面積が異なることによる竜巻影響エリアの相違</li> </ul>



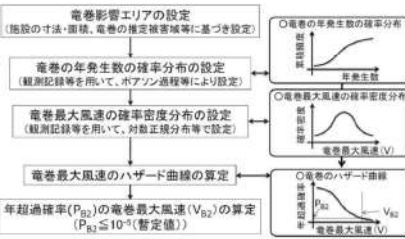
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(2) 竜巻の年発生数の確率分布の設定                      竜巻の年発生数の確率分布は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録等に基づいてポアソン過程等により設定することを基本とする。具体的には、竜巻検討地域を海岸線から陸側及び海側それぞれ 5km の範囲に設定した場合は、少なくとも 1km 範囲ごとに竜巻の年発生数の確率分布を算定し、そのうちの <math>V_{B2}</math> が最も大きな値として設定される確率分布を設計で用いることとする。</p> <p>(3) 竜巻最大風速の確率密度分布の設定                      竜巻最大風速の確率密度分布は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録等に基づいて対数正規分布等を仮定して設定することを基本とする。竜巻最大風速の確率密度分布の設定にあたっては、竜巻の年発生数の確率分布の設定と同様に、竜巻検討地域を 1km 範囲ごとに区切ってそれぞれの範囲で確率分布を算定し、そのうちの <math>V_{B2}</math> が最も大きな値として設定される確率分布を設定する等、配慮する。                      竜巻最大風速の確率密度分布の設定にあたって使用する観測された竜巻の最大風速を藤田スケールに基づいて評価する場合<sup>(注3.3)</sup>は、藤田スケールの各階級（F0～F5）の最小風速から最大風速のうち、<math>V_{B2}</math> が最も大きくなる風速を用いる。ただし、風速計等によって観測された風速記録がある場合には、その風速記録を用いてもよい。</p> <p>(4) 竜巻最大風速のハザード曲線の算定                      上記で設定した竜巻の年発生数の確率分布及び竜巻最大風速の確率密度分布を用いて、竜巻最大風速のハザード曲線を算定する。                      なお、竜巻最大風速のハザード曲線の算定において、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値を設定する場合は、竜巻最大風速の評価を行うハザード曲線が不自然な形状にならないように留意する。</p>	<p>② 竜巻の年発生数の確率分布の設定                      竜巻の年発生数の確率分布は、①で設定した竜巻の発生データに基づき、竜巻は気象事象の中でも極めて稀に発生する事象であり、発生数の変動（標準偏差）が大きい分布であることからガイドで参照されている東京工芸大学委託成果にならないポリヤ分布により設定した。                      なお、1km ごとの竜巻の年発生数は少なく、精度良くハザード曲線を算定できないことおよび竜巻による被害の発生特性（発生地点から数 km 離れた地点で最大風速に達する）を考慮し、1km ごとではなく竜巻検討地域全体（5km 範囲）として、年発生数の確率分布を求めた。竜巻風速の確率密度分布も同様とした。</p> <p>③ 竜巻最大風速の確率密度分布の設定                      竜巻最大風速の確率密度分布は、①、②より対数正規分布を仮定し設定した。</p> <p>④ 竜巻最大風速のハザード曲線の算定                      ①、②、③より竜巻最大風速のハザード曲線を算定した。</p>		<p>② 竜巻の年発生数の確率分布の設定                      竜巻の年発生数の確率分布は、①で設定した竜巻の発生データに基づき、竜巻は気象事象の中でも極めてまれに発生する事象であり、発生数の変動（標準偏差）が大きい分布であることからガイドで参照されている東京工芸大学委託成果にならないポリヤ分布により設定した。                      また、竜巻検討地域を 1km 範囲ごとに細分化した評価では、それぞれ 1km 範囲ごとに竜巻の年発生数の確率分布を算定し、そのうちの <math>V_{B2}</math> が最も大きな値として設定される確率分布を求めた。竜巻風速の確率密度分布も同様とした。</p> <p>③ 竜巻最大風速の確率密度分布の設定                      竜巻最大風速の確率密度分布は、①、②より対数正規分布を仮定し設定した。</p> <p>④ 竜巻最大風速のハザード曲線の算定                      ①、②、③より竜巻最大風速のハザード曲線を算定した。</p>	<p>【大飯】                      記載方針の相違                      ・大飯も短冊ケース（1km ごと評価）では、1km ごとの値を使用して評価しているが、基本ケース（沿岸±5km 評価）において 1km 範囲ごとの確率密度分布を求めていないことを説明している                      ・泊は、ガイドのとおり短冊ケース（1km ごと評価）を実施し 1km 範囲ごとの値を使用したことを記載している</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(5)年超過確率(<math>P_{B2}</math>)に対応する竜巻最大風速(<math>V_{B2}</math>)の算定</p> <p>上記で算定した竜巻最大風速のハザード曲線において年超過確率が<math>P_{B2}</math>(<math>\leq 10^{-5}</math>(暫定値))の竜巻最大風速を<math>V_{B2}</math>とする。</p>  <p>解説 3.3.3</p> <p>日本版改良藤田スケールの適用について2015年12月に気象庁により策定され、2016年4月から竜巻等の突風の調査に使用されている日本版改良藤田スケール(以下「JEFスケール」という。)は、日本の建築物等の種類や特性を踏まえた被害指標及び被害度が用いられており、個別被害から求められる風速の精度の向上が図られている。一方で、2016年4月以降に蓄積されたJEFスケールにより評定された竜巻の風速等に関するデータのみで竜巻最大風速の大きさと発生頻度との関係を把握することは困難であることから、<math>V_B</math>の設定は、JEFスケールのデータではなく、2016年3月以前に藤田スケールにより評定された竜巻の風速等に関するデータを用いて行うものとする。ただし、藤田スケールの階級F3の最大風速92m/sに近い値又はそれを超える値がJEFスケールで評定された場合には、気象庁の評定等を踏まえ、その値の扱いを別途検討する。</p>	<p>⑤年超過確率(<math>P_{B2}</math>)に対応する竜巻最大風速(<math>V_{B2}</math>)の算定</p> <p>④で算定したハザード曲線を用いて、年超過確率<math>P_{B2}=10^{-5}</math>に相当する竜巻最大風速を<math>V_{B2}</math>とした。</p>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>⑤年超過確率(<math>P_{B2}</math>)に対応する竜巻最大風速(<math>V_{B2}</math>)の算定</p> <p>④で算定したハザード曲線を用いて、年超過確率<math>P_{B2}=10^{-5}</math>に相当する竜巻最大風速を<math>V_{B2}</math>とした。</p>	<p>相違理由</p>



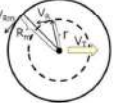
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>3.4 設計竜巻の設定                      以下の基本的な方針に基づいて設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)及び特性値を設定する。ここで、<math>V_b</math>は最大瞬間風速とする。</p> <p>(1)設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)は、原子力発電所が立地する地域の特性（地形効果による竜巻の増幅特性等）等を考慮して、科学的見地等から基準竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)の適切な割り増し等を行って設定されていること。なお、<math>V_b</math>は、<math>V_B</math>を下回らないものとする。</p> <p>(2)設計竜巻の特性値は、設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)、並びに竜巻検討地域において過去に発生した竜巻の特性等を考慮して適切に設定する。</p> <p>解説3.4 設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)及び特性値の設定                      解説3.4.1 設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)の設定で考慮する地形効果による竜巻の増幅特性                      丘陵等による地形効果によって竜巻が増幅する可能性があると考えられる(参9 ほか)ことから、原子力発電所が立地する地域において、設計対象施設の周辺地形等によって竜巻が増幅される可能性について検討を行い、その検討結果に基づいて設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)を設定する。                      なお、竜巻が丘陵や段差等の上空を通過した際には、竜巻が減衰する可能性が指摘されている</p>	<p>3.4 設計竜巻の設定                      設計竜巻の最大風速および特性値は以下のとおり設定する。</p> <p>(1)設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)                      大飯発電所は三方を山に囲まれ北東方向が開かれた幅500mほどの狭隘な地形に立地しており、地表面粗度による渦の減速があり、竜巻の増幅は考えられないことから設計竜巻の最大風速<math>V_b</math>は92m/sとする。</p> <p>(2)設計竜巻の特性値                      設計竜巻の特性値を、竜巻検討地域における竜巻の観測データが不足していることから、ランキン渦モデルを仮定の上、①～⑤に従い設定し、表3.4に示す。</p>	<p>2.4 設計竜巻の設定                      設計竜巻の最大風速および特性値は以下のとおり設定する。</p> <p>(1)設計竜巻の最大風速 (<math>V_b</math>)                      竜巻検討地域で発生した竜巻は、海側から陸側に進入する可能性が高く、竜巻が増幅することはないと考えられる。竜巻が海上から発電所に進入してきた場合は、地表面粗度の影響を受けて竜巻は減衰した後、さらに防潮堤(T.P.16.5m)で減衰するため、竜巻による施設への影響は限定的となると考えられる。また、山側から発電所の敷地に移動してきた場合についても、発電所周辺は広い丘陵地に森林が存在しており、森林による粗度の影響を大きく受けるため減衰する。                      したがって、泊発電所において地形効果による竜巻の増幅の影響は受けないものと考えられる。そのため、基準竜巻の割増しは不要と考えるが、将来的な気候変動による竜巻発生の不確実性を考慮し、基準竜巻の92m/sを安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速<math>V_b</math>は100m/sとする。</p> <p>(2)設計竜巻の特性値                      設計竜巻の特性値は、原則として十分な信頼性を有した観測記録等に基づいて設定する必要があり、泊では評価の保守性等も踏まえて、ガイドに示される方法に基づいて設定する。具体的には、ランキン渦モデルを仮定し、①～⑤に従い設定する。設定した結果を第2.4.1表に示す。</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）</p> <p>【大飯】                      設計方針の相違                      ・泊では、女川と同じく、設計竜巻は<math>V_b</math>を切り上げた100m/sとする方針としている</p> <p>【大飯】                      記載方針の相違                      ・泊では、評価の保守性等の観点でランキン渦モデルに基づいて設定することとしている</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p>	



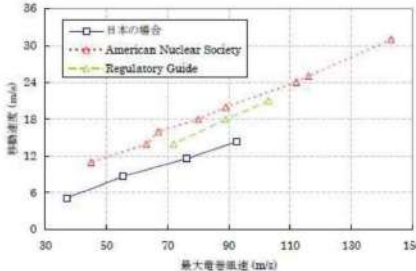
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(参10、参11)が、<math>V_0</math>の設定においては、そのような減衰の効果は考慮しない。</p> <p>解説3.4.2 設計竜巻の特性値の設定                  解説3.4.2.1 概要                  竜巻検討地域で観測された竜巻に関する情報、並びに設計竜巻の最大風速 (<math>V_0</math>) 等に基づいて、下記(1)～(5)に示す設計竜巻の各特性値を設定する。</p> <p>(1)移動速度 (<math>V_T</math>)                  (2)最大接線風速 (<math>V_{Rm}</math>)                  (3)最大接線風速半径 (<math>R_m</math>)                  (4)最大気圧低下量 (<math>\Delta P_{max}</math>)                  (5)最大気圧低下率 (<math>dp/dt</math>)<sub>max</sub></p> <p>(1)～(5)の各特性値については原則として、十分な信頼性を有した観測記録等に基づいて設定したものを、その根拠の明示を条件として用いる。ただし、設定に足る十分な信頼性を有した観測記録等がない場合には、解説3.4.2.2及び3.4.2.3に示す方法で各特性値を設定することができる。</p> <p>解説3.4.2.2 設計竜巻の特性値の設定に係る基本的な考え方                  竜巻に関する観測データが不足している等の理由により、観測データ等に基づいた十分に信頼できる数学モデルの構築が困難な場合は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルを仮定して竜巻特性値を設定する。解説図3.5にランキン渦モデルの概要を示す。ランキン渦では、高さ方向によって風速及び気圧が変化しない平面的な流れ場を仮定している。なお、ランキン渦モデルに比べてより複雑な竜巻渦を仮定した数学モデル等を使用して竜巻特性値を設定する場合は、その技術的な妥当性を示す必要がある。</p>  <div data-bbox="174 1284 533 1388" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><math>V_T</math>: 竜巻の移動速度  <math>V_R</math>: 接線風速、<math>r</math>: 竜巻渦中心からの半径  <math>V_{Rm}</math>: 最大接線風速、<math>R_m</math>: 最大接線風速が生じる位置での半径  <math>V_R = V_{Rm} \cdot (r/R_m)</math> (<math>r \leq R_m</math>の範囲)  <math>V_R = V_{Rm} \cdot (R_m/r)</math> (<math>r \geq R_m</math>の範囲)</p> </div> <p>解説図3.5 ランキン渦モデルの概要</p> <p>解説3.4.2.3 設計竜巻の特性値の設定</p>				

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(1) 設計竜巻の移動速度(<math>V_T</math>)の設定                      設計竜巻の移動速度(<math>V_T</math>)は、以下の算定式を用いて <math>V_D</math> から <math>V_T</math> を算定する。  <math>V_T = 0.15 \cdot V_D \cdots (3.1)</math>                      ここで、<math>V_D</math>(m/s)は設計竜巻の最大風速を表す。(3.1)式は、解説図3.6 に示される日本の竜巻の観測記録に基づいた竜巻移動速度と最大風速との関係(参3)を参考として設定したものである。解説図3.6 をみると、青線で示す日本の竜巻による移動速度は、米国NRCの基準類等(参4)による移動速度と比べて、同じ最大竜巻風速に対して小さい。解説図3.6 に示される日本の竜巻に対する移動速度は、藤田スケールに基づいた階級(F3、F2及びF2~F3、F1及びF1~F2、F0及びF0~F1)ごとの平均値であるが、日本で発生する竜巻を個別にみれば、スーパーセルに伴って発生する竜巻等、米国の竜巻に比べて移動速度が速いものも存在すると考えられる。                      本ガイドでは、設計竜巻の最大速度(<math>V_D</math>)が一定の場合、移動速度が遅い方が、最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)が大きくなる((3.2)式、(3.4)式)ことを考慮して、スーパーセルに伴って発生する竜巻等の移動速度が速い竜巻の特性は採用せずに、観測記録の平均値に基づいた解説図3.6の日本の竜巻における移動速度と最大竜巻風速の関係に基づく(3.1)式を採用することにした。</p>  <p>解説図3.6 竜巻の移動速度と最大風速の関係<sup>(*)</sup></p>	<p>①設計竜巻の移動速度(<math>V_T</math>)  <math>V_T = 0.15 \cdot V_D</math>  <math>V_D</math>(m/s): 設計竜巻の最大風速</p>		<p>①設計竜巻の移動速度(<math>V_T</math>)  <math>V_T = 0.15 \cdot V_D</math>  <math>V_D</math>(m/s): 設計竜巻の最大風速</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																				
<p>(2)設計竜巻の最大接線風速(<math>V_{Rn}</math>)の設定                      設計竜巻の最大接線風速(<math>V_{Rn}</math>)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、以下の算定式を用いて<math>V_{Rn}</math>を算定する。  <math>V_{Rn} = V_D - V_T \cdots (3.2)</math>                      ここで、<math>V_D</math>(m/s)及び<math>V_T</math>(m/s)は、設計竜巻の最大風速及び移動速度である。                      (3)設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(<math>R_n</math>)の設定                      設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(<math>R_n</math>)は、日本における竜巻の観測記録をもとに提案された竜巻モデル(参3)に準拠して以下の値を用いる。  <math>R_n = 30 \text{ (m)} \cdots (3.3)</math>                      (4)設計竜巻の最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)の設定                      設計竜巻の最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて、最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)を設定する。  <math>\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rn}^2 \cdots (3.4)</math>                      ここで、<math>\rho</math>及び<math>V_{Rn}</math>は、それぞれ空気密度、設計竜巻の最大接線風速を示す。                      (5)設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)<math>_{max}</math>)の設定                      設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)<math>_{max}</math>)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて、最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)及び最大気圧低下率((dp/dt)<math>_{max}</math>)を設定する。  <math>(dp/dt)_{max} = (V_T/R_n) \cdot \Delta P_{max} \cdots (3.5)</math>                      ここで、<math>V_T</math>及び<math>R_n</math>は、それぞれ設計竜巻の移動速度及び最大接線風速が生じる位置での半径を表す。</p>	<p>②設計竜巻の最大接線風速(<math>V_{Rn}</math>)</p> $V_{Rn} = V_D - V_T$ <p><math>V_D</math>(m/s): 設計竜巻の最大風速、<math>V_T</math>(m/s): 設計竜巻の移動速度</p> <p>③設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(<math>R_n</math>)</p> $R_n = 30 \text{ (m)}$ <p>④設計竜巻の気圧低下量(<math>\Delta P</math>)</p> $\Delta P = \rho \cdot V_{Rn}^2$ <p><math>\rho</math>: 空気密度(1.22(kg/m<sup>3</sup>)), <math>V_{Rn}</math>(m/s): 設計竜巻の最大接線風速</p> <p>⑤設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)<math>_{max}</math>)</p> $(dp/dt)_{max} = (V_T/R_n) \cdot \Delta P$ <p><math>V_T</math>(m/s): 設計竜巻の移動速度、<math>R_n</math>(m/s): 設計竜巻の最大接線風速半径</p> <table border="1" data-bbox="555 957 963 1029"> <caption>表3.1 設計竜巻の特性値</caption> <thead> <tr> <th>最大風速 <math>V_D</math>(m/s)</th> <th>移動速度 <math>V_T</math>(m/s)</th> <th>最大接線風速 <math>V_{Rn}</math>(m/s)</th> <th>最大接線風速半径 <math>R_n</math>(m)</th> <th>気圧低下量 <math>\Delta P</math>(Pa)</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)<math>_{max}</math> (Pa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>92</td> <td>13</td> <td>79</td> <td>30</td> <td>77</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、竜巻影響評価にあたっては、竜巻の観測数等のデータが少なく、不確実性があることから、設計竜巻風速 92m/s を安全側に数字を切り上げ、下記の最大風速 100m/s (表 3.5 に示す)の設計荷重に対して、建屋・構築物、系統・機器の評価を行う。</p> <table border="1" data-bbox="555 1276 963 1348"> <caption>表3.3 竜巻影響評価に使用する竜巻の特性値</caption> <thead> <tr> <th>最大風速 <math>V_D</math>(m/s)</th> <th>移動速度 <math>V_T</math>(m/s)</th> <th>最大接線風速 <math>V_{Rn}</math>(m/s)</th> <th>最大接線風速半径 <math>R_n</math>(m)</th> <th>気圧低下量 <math>\Delta P</math>(Pa)</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)<math>_{max}</math> (Pa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>13</td> <td>87</td> <td>30</td> <td>89</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table>	最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	気圧低下量 $\Delta P$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)	92	13	79	30	77	34	最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	気圧低下量 $\Delta P$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)	100	13	87	30	89	43		<p>②設計竜巻の最大接線風速(<math>V_{Rn}</math>)</p> $V_{Rn} = V_D - V_T$ <p><math>V_D</math>(m/s): 設計竜巻の最大風速、<math>V_T</math>(m/s): 設計竜巻の移動速度</p> <p>③設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(<math>R_n</math>)</p> $R_n = 30 \text{ (m)}$ <p>④設計竜巻の気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)</p> $\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rn}^2$ <p><math>\rho</math>: 空気密度(1.22(kg/m<sup>3</sup>)), <math>V_{Rn}</math>(m/s): 設計竜巻の最大接線風速</p> <p>⑤設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)<math>_{max}</math>)</p> $(dp/dt)_{max} = (V_T/R_n) \cdot \Delta P_{max}$ <p><math>V_T</math>(m/s): 設計竜巻の移動速度、<math>R_n</math>(m/s): 設計竜巻の最大接線風速半径</p> <table border="1" data-bbox="1433 957 1841 1061"> <caption>表 2.4.1 表 設計竜巻の特性値</caption> <thead> <tr> <th>最大風速 <math>V_D</math> (m/s)</th> <th>移動速度 <math>V_T</math> (m/s)</th> <th>最大接線風速 <math>V_{Rn}</math> (m/s)</th> <th>最大接線風速半径 <math>R_n</math> (m)</th> <th>最大気圧低下量 <math>\Delta P_{max}</math> (Pa)</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)<math>_{max}</math> (Pa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>13</td> <td>87</td> <td>30</td> <td>89</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table>	最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	最大気圧低下量 $\Delta P_{max}$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)	100	13	87	30	89	43	<p>【大飯】                      設計方針の相違                      ・泊では、女川と同じく、設計竜巻は<math>V_D</math>を切り上げた100m/sとする方針としている</p>
最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	気圧低下量 $\Delta P$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)																																			
92	13	79	30	77	34																																			
最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	気圧低下量 $\Delta P$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)																																			
100	13	87	30	89	43																																			
最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rn}$ (m/s)	最大接線風速半径 $R_n$ (m)	最大気圧低下量 $\Delta P_{max}$ (Pa)	最大気圧低下率 (dp/dt) $_{max}$ (Pa/s)																																			
100	13	87	30	89	43																																			



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>4. 施設の設計</p> <p>4.1 概要</p> <p>設置許可段階の安全審査において以下を確認する。</p> <p>①設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）が適切に設定されていること。                      ただし、設置許可段階においては、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。（設計対象施設の各部位に作用させる設計荷重の詳細は、詳細設計段階において確認する）</p> <p>②設計荷重に対して、設計対象施設の構造健全性等が維持されて安全機能が維持される方針であること。</p>	<p>4. 竜巻影響評価</p> <p>4.1 評価概要</p> <p>評価の概要は以下のとおりとする。</p> <p>(1)設計竜巻および設計荷重（設計竜巻荷重およびその他の組み合わせ荷重）の設定</p> <p>(2)設計荷重に対する竜巻防護施設の構造健全性等の維持により安全機能が維持されることの評価</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.1 評価概要を記載】</p> <p>3. 竜巻影響評価</p> <p>3.1 評価概要</p> <p>評価の概要は以下のとおり。</p> <p>(1)設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）の設定</p> <p>(2)原子力発電所における飛来物に係る調査</p> <p>(3)飛散防止対策</p> <p>(4)考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることを確認</p>	<p>3. 竜巻影響評価</p> <p>3.1 評価概要</p> <p>評価の概要は以下のとおり。</p> <p>(1)設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）の設定</p> <p>(2)原子力発電所における飛来物に係る調査</p> <p>(3)飛散防止対策</p> <p>(4)考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることを確認</p>	<p>【女川】</p> <p>記載充実（大飯参照）</p> <p>・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p>
<p>4.2 設計対象施設</p> <p>「2.1 設計対象施設」に示したとおりとする。</p>	<p>4.2 評価対象施設</p> <p>【6 竜巻-別添1-添付3.15-7~9にて比較】</p> <p>(1)竜巻防護施設</p> <p>評価対象となる竜巻防護施設を以下の通り抽出した。抽出フローを図4.1に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ（配管、弁を含む。）</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・排気筒（建屋外）</li> <li>・換気空調設備（アニュラス空気再循環設備、原子炉格納容器換気設備、補助建屋換気設備、中央制御室換気設備及びディーゼル発電機室の換気空調設備の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・パタフライ弁）</li> <li>・格納容器排気筒</li> <li>・使用済燃料ビット</li> </ul> <p>(2)竜巻防護施設を内包する施設</p> <p>評価対象となる竜巻防護施設を内包する施設を以下の通り抽出した。抽出フローを図4.2に示す。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.2 評価対象施設を記載】</p> <p>3.2 評価対象施設等</p> <p>「1.2.2 竜巻影響評価の対象施設」に示すとおり。</p>	<p>3.2 評価対象施設等</p> <p>「1.2.2 竜巻影響評価の対象施設」に示すとおり。</p>	<p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>記載箇所の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
	<p>【6 竜巻-別添1-添付3.15-8,10,11にて比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納容器（原子炉容器他を内包する建屋）</li> <li>・原子炉周辺建屋（主蒸気管他を内包する建屋）</li> <li>・制御建屋（中央制御室他を内包する建屋）</li> <li>・廃棄物処理建屋</li> <li>・燃料油貯蔵タンク基礎（燃料油貯蔵タンクを内包する構築物）</li> <li>・重油タンク基礎（重油タンクを内包する構築物）</li> </ul> <p>(3) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設                  評価対象となる竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は以下の通り抽出した。抽出フローを図4.3に示す。</p> <p>① 竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る主な施設                  当該施設の破損により、竜巻防護施設に機械的な波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設は、竜巻防護施設に隣接する以下を抽出とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋</li> <li>・永久構台</li> <li>・耐火隔壁</li> </ul> <p>【6 竜巻-別添1-添付3.15-12,13にて比較】</p> <p>② 竜巻防護施設に機能的影響を及ぼし得る主な施設                  当該施設の破損により、耐震Sクラス設備に機能的な波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設として、換気・冷却等が必要な耐震Sクラス設備を内包する区画の換気空調設備の内、以下を抽出した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管</li> <li>・ディーゼル発電機排気消音器</li> <li>・燃料油貯蔵タンクベント管</li> <li>・重油タンクベント管</li> <li>・タンクローリー</li> <li>・換気空調設備（蓄電池室の換気空調設備の外気と繋がるダクト・ファン及び外気と境界となるダンパ・バタフライ弁）</li> </ul>			<p>【大飯】                  記載箇所の相違</p>





赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>4.3 設計荷重の設定</p> <p>4.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(1) 設計竜巻荷重」で示した「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重を設定する。</p> <p>解説 4.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>解説 4.3.1.1 設計竜巻の最大風速による風圧力の設定</p> <p>解説 4.3.1.1.1 概要</p> <p>設計竜巻の最大風速(<math>V_D</math>)等に基づいて、設計竜巻によって設計対象施設に作用する風圧力を設定する。</p> <p>解説 4.3.1.1.2 基本的な考え方</p> <p>(1) 風圧力の算定に用いる風力係数</p> <p>竜巻によって生じた被害状況と対応する最大風速は、一般的には、竜巻等の非定常な流れ場の気流性状を考慮した風力係数を用いるのではなく、いわゆる通常の強風等を対象とした風力係数を用いて、逆算により推定されることから、本ガイドにおける風圧力の算定には、通常の強風等を対象とした風力係数を用いることを基本とする。</p>	<p>4.3 評価荷重の設定</p> <p>4.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速 <math>V_D</math> 等に基づき、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根を含む）に作用する風圧力 (<math>P_D</math>) は、「建築基準法施行令」及び「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数 (<math>G</math>) は <math>G=1.0</math>、風力係数 (<math>C</math>) は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> $P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p><math>q</math>：設計用速度圧、<math>G</math>：ガスト影響係数(=1.0)、  <math>C</math>：風力係数、<math>A</math>：施設を受圧面積</p> $q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$ <p><math>\rho</math>：空気密度、<math>V_D</math>：設計竜巻の最大風速</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>3.3 設計荷重の設定</p> <p>3.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速 <math>V_D</math> 等に基づき、「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根を含む）に作用する風圧力 <math>W_w</math> は「建築基準法施行令」及び「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数 <math>G</math> は、<math>G=1.0</math>、風力係数 <math>C</math> は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> $W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p><math>q</math>：設計用速度圧  <math>G</math>：ガスト影響係数(=1.0)  <math>C</math>：風力係数          （施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定）  <math>A</math>：施設を受圧面積  <math>q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2</math>  <math>\rho</math>：空気密度  <math>V_D</math>：設計竜巻の最大風速</p> <p>ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対して弱いと考えられる評価対象施設等が存在する場合には、フジタモデルの風速場により求まる鉛直方向の風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。</p>	<p>3.3 設計荷重の設定</p> <p>3.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速 <math>V_D</math> 等に基づき、「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根を含む）に作用する風圧力 <math>W_w</math> は「建築基準法施行令」及び「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数 <math>G</math> は、<math>G=1.0</math>、風力係数 <math>C</math> は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> $W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p><math>q</math>：設計用速度圧  <math>G</math>：ガスト影響係数(=1.0)  <math>C</math>：風力係数          （施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定）  <math>A</math>：施設を受圧面積  <math>q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2</math>  <math>\rho</math>：空気密度  <math>V_D</math>：設計竜巻の最大風速</p> <p>ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対して弱いと考えられる評価対象施設等が存在する場合には、ランキン渦モデルの風速場により求まる鉛直方向の風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。</p>	<p>【女川】          記載充実（大飯参照）          ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】          記載表現の相違</p> <p>【大飯】          記載表現の相違</p> <p>【大飯】          記載表現の相違</p> <p>【大飯】          記載方針の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>(2)設計竜巻による鉛直方向の風圧力                      竜巻による最大風速は、一般的には、竜巻によって生じた被害状況と対応する水平方向の風速として算定される。しかしながら、実際の竜巻によって生じた被害は、少なからず鉛直方向の風速の影響も受けていると考えられる。                      よって、本ガイドでは、設計竜巻の水平方向の最大風速(<math>V_b</math>)には、鉛直方向の風速の影響も基本的には含まれているとみなす。                      ただし、鉛直方向の風圧力に対して特に脆弱と考えられる設計対象施設が存在する場合は、<math>V_b</math>を入力値とした竜巻の数値解析結果等から推定される鉛直方向の最大風速等に基づいて算定した鉛直方向の風圧力を考慮した設計を行う。</p> <p>解説 4.3.1.1.3 設計竜巻による風圧力の設定                      設計竜巻の最大風速(<math>V_b</math>)による風圧力(<math>P_b</math>)の算定について以下に示す。                      設計竜巻の水平方向の最大風速によって設計対象施設（屋根を含む）に作用する風圧力(<math>P_b</math>)は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」等を準用して、下式により算定する。                      なお、(4.2)式の<math>V_b</math>は最大瞬間風速であり、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」の最大風速と定義が異なることに留意する。  <math display="block">P_b = q \cdot G \cdot C \cdot A \cdots (4.1)</math>                     ここで、<math>q</math>は設計用速度圧、<math>G</math>はガスト影響係数、<math>C</math>は風力係数、<math>A</math>は施設の受圧面積を表し、<math>q</math>は下式による。  <math display="block">q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdots (4.2)</math>                     ここで、<math>\rho</math>は空気密度、<math>V_b</math>は設計竜巻の最大風速である。                      (4.1)式に示すように、風圧力(<math>P_b</math>)は、(4.2)式で求められる設計用速度圧(<math>q</math>)に、ガスト影響係数(<math>G</math>)、風力係数(<math>C</math>)及び施設の受圧面積(<math>A</math>)を乗じて算定する。</p>	<p>(2)設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力の設定</p> <p>設計竜巻による評価対象施設内外の気圧差による圧力は、気圧低下量(<math>\Delta P</math>)に基づき設定する。</p> <p>①建屋・構築物等                      建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重 <math>W_p</math> を以下の式により設定する。</p> $W_p = \Delta P \cdot A$ <p><math>\Delta P</math>：気圧低下量、<math>A</math>：施設の受圧面積</p> <p>竜巻防護施設を内包する建屋・構築物について、<b>建屋壁、屋根等</b>について影響を評価し、当該施設が破損した場合には安全機能維持について確認を行う。</p> <p>②設備                      設備についても、上記と同様に圧力荷重 <math>W_p</math> を設定する。                      なお、外気と隔離されている区画の境界部等気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるかを確認し、許容値を上回る場合には<b>設備が破損した場合の安全機能維持</b>への影響について確認する。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>(2) 気圧差による圧力の設定</p> <p>設計竜巻による評価対象施設等の内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量 <math>\Delta P_{max}</math> に基づき設定する。</p> <p>a. 建屋・構築物等                      建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重 <math>W_p</math> を以下の式により設定する。</p> $W_p = \Delta P_{max} \cdot A$ <p><math>\Delta P_{max}</math>：最大気圧低下量  <math>A</math>：施設の受圧面積</p> <p>外部事象防護対象施設を内包する建屋・構築物について、影響評価を実施し、当該施設が破損した場合には安全機能維持について確認を行う。</p> <p>b. 設備(系統、機器)                      設備についても、上記と同様に圧力荷重 <math>W_p</math> を設定する。                      なお、換気空調系のように外気と隔離されている区画の境界部等、気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるか確認し、許容値を上回る場合には安全機能維持への影響について確認する。</p>	<p>(2) 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設等の内外の気圧差による圧力の設定</p> <p>設計竜巻による評価対象施設等の内外の気圧差による圧力は、<b>最大気圧低下量 <math>\Delta P_{max}</math></b> に基づき設定する。</p> <p>a. 建屋・構築物等                      建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重 <math>W_p</math> を以下の式により設定する。</p> $W_p = \Delta P_{max} \cdot A$ <p><math>\Delta P_{max}</math>：最大気圧低下量  <math>A</math>：施設の受圧面積</p> <p>外部事象防護対象施設を内包する建屋・構築物について、影響評価を実施し、当該施設が破損した場合には安全機能維持について確認を行う。</p> <p>b. 設備(系統、機器)                      設備についても、上記と同様に圧力荷重 <math>W_p</math> を設定する。                      なお、<b>換気空調系のように</b>外気と隔離されている区画の境界部等、気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるか確認し、許容値を上回る場合には安全機能維持への影響について確認する。</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。(参考掲載のため主要な相違理由のみ記載)</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>ガスト影響係数Gは、風の乱れによる建築物の風方向振動の荷重効果を表すパラメータであり、強風中における建築物の最大変位と平均変位の比で定義される。本ガイドの最大竜巻風速(<math>V_D</math>)は、最大瞬間風速として扱うことから<math>G=1.0</math>を基本とする。</p> <p>風力係数(C)は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」等を参考として、施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて適切に設定する。</p> <p>解説4.3.1.2 設計竜巻における気圧低下によって生じる設計対象施設内外の気圧差による圧力の設定</p> <p>解説4.3.1.2.1 概要                      前記において設定した設計竜巻による最大気圧低下量(<math>\Delta P_{max}</math>)及び最大気圧低下率(<math>dP/dt</math>)<sub>max</sub>に基づいて設計対象施設に作用する気圧差による圧力を設定する。</p> <p>解説4.3.1.2.2 基本的な考え方                      設計竜巻によって引き起こされる最大気圧低下量及び最大気圧低下率によって設計対象施設に作用する圧力を算定する際の基本的な考え方を以下に示す。なお、以下の考え方は、米国NRC基準類(参12)を参考としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完全に開かれた構築物等の施設が竜巻に曝されたとき、施設の内圧と外圧は竜巻通過中に急速に等しくなる。したがって、施設の内外の気圧の変化はゼロに近づくとみなせる。</li> <li>閉じた施設（通気がない施設）では、施設内部の圧力は竜巻通過以前と以後で等しいとみなせる。他方、施設の外側の圧力は竜巻の通過中に変化し、施設内外に圧力差を生じさせる。この圧力差により、閉じた施設の隔壁（構築物等の屋根・壁及びタンクの頂部胴部等）に外向きに作用する圧力が生じるとみなせる。</li> <li>部分的に閉じた施設（通気がある施設等）については、竜巻通過中の気圧変化により施設に作用する圧力は複雑な過程により決定される。また、部分的に閉じた設計対象施設への圧力値・分布の精緻な設定が困難な場合は、施設の構造健全性を評価する上で厳しくなるように作用する圧力を設定することとする。</li> </ul> <p>解説4.3.1.2.3 気圧差による圧力を作用させる施設の設定                      気圧差による圧力を作用させる対象は、原子力</p>				



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由												
<p>発電所の図面等を参照して十分に検討した上で設定する。</p> <p>(1)建屋・構築物等—                  建屋・構築物等の主要な部材（壁、屋根等）に気圧差による圧力を作用させることは当然であるが、気圧差による圧力の影響を受けることが容易に想定される以下の施設については、気圧差による圧力の影響について検討を行い、当該施設が破損した場合の安全機能維持への影響についても確認を行うこととする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建屋・構築物等の開口部に設置された窓、扉、シャッター等</li> <li>・外気と隔離されているとみなせる区画の隔壁等（天井等）</li> </ul> <p>(2)設備                  設備の主要な部材に気圧差による圧力を作用させることは当然であるが、気圧差による圧力の影響を受けることが容易に想定される以下の設備については、気圧差による圧力の影響について検討を行い、当該設備が破損した場合の安全機能維持への影響についても確認を行うこととする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外気と隔離されているとみなせる区画の境界部（空調系ダクト類等）</li> <li>・圧力差の影響を受け得る計器類や空調装置等</li> </ul> <p>解説4.3.1.3 設計竜巻による飛来物が設計対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定                  解説4.3.1.3.1 概要                  設計竜巻の最大風速(V<sub>0</sub>)及び特性値等に基づいて、設計飛来物を選定あるいは設定し、それら設計飛来物の飛来速度を設定する。そして、設計飛来物が設定した飛来速度で設計対象施設に衝突することを想定して、飛来物の衝突による設計対象施設への衝撃荷重を設定する。</p> <p>解説4.3.1.3.2 基本的な考え方                  竜巻等の突風による被害は、風圧力によって引き起こされるだけでなく、飛来物による被害もかなりの部分を占める。また、竜巻による飛来物は上昇気流の影響もあって比較的遠方まで運ばれる可能性がある。これらの事項に留意して、設計対象施設に到達する可能性がある飛来物について検討を行った上で、設計飛来物を選定あるいは設定する。一般的には、遠方からの飛来物は相対的に重量が軽いものが多く、仮に衝突した場合でも衝撃荷重は相対的に小さいと考えられることから、設計対象施設に到達する</p>	<p>(3)設計竜巻による飛来物が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定</p> <p>①設計飛来物の設定</p> <p>設計飛来物は、大飯発電所における飛来物の現地調査の結果およびガイドの解説表4.1の例示飛来物より、表4.1の通りとしている。</p> <table border="1" data-bbox="555 1157 965 1268"> <caption>表4.1 設計飛来物</caption> <thead> <tr> <th>飛来物の種類</th> <th>砂利</th> <th>鋼製パイプ</th> <th>鋼製材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ(m)</td> <td>長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04</td> <td>長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05</td> <td>長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2</td> </tr> <tr> <td>質量(kg)</td> <td>0.18</td> <td>8.4</td> <td>135</td> </tr> </tbody> </table> <p>補足説明資料8：設計飛来物の設定について</p>	飛来物の種類	砂利	鋼製パイプ	鋼製材	サイズ(m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	質量(kg)	0.18	8.4	135	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>(3) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設等に衝突する際の衝突荷重の設定</p> <p>a. 女川原子力発電所2号炉における設計飛来物等の選定【添付資料3.3】</p> <p>女川原子力発電所2号炉の竜巻影響評価における設計飛来物等については、女川原子力発電所2号炉における飛来物源の現地調査結果及び「竜巻影響評価ガイド」の解説表4.1に示されている設計飛来物の設定例を参照して選定する。</p> <p>第3.3.1-1 図に発電所における設計飛来物の選定フローを、第3.3.1-1 表に発電所における設計飛来物を示す。</p>	<p>(3) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設等に衝突する際の衝突荷重の設定</p> <p>a. 泊発電所3号炉における設計飛来物等の選定【添付資料3.3】</p> <p>泊発電所3号炉の竜巻影響評価における設計飛来物等については、泊発電所3号炉における飛来物源の現地調査結果及び「竜巻影響評価ガイド」の解説表4.1に示されている設計飛来物の設定例を参照して選定する。</p> <p>第3.3.1.1 表に発電所における設計飛来物を示す。</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  記載表現の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p>
飛来物の種類	砂利	鋼製パイプ	鋼製材													
サイズ(m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2													
質量(kg)	0.18	8.4	135													



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>可能性がある飛来物を検討する範囲は、原子力発電所の敷地内を原則とする。</p> <p>ただし、原子力発電所の敷地外からの飛来物による衝撃荷重が、原子力発電所の敷地内からの飛来物による衝撃荷重を上回ると想定され得る場合は、原子力発電所の敷地外からの飛来物も考慮する。</p> <p>また、設計飛来物として、最低限以下の①～③を選定あるいは設定することとする。</p> <p>なお、以下の①～③の設定にあたっては、米国NRCの基準類(参13)を参考とした。</p> <p>①大きな運動エネルギーをもつ飛来物（自動車等）</p> <p>②施設の貫入抵抗を確認するための固い飛来物（鉄骨部材等）</p> <p>③開口部等を通過することができる程度に小さくて固い飛来物（砂利等）</p> <p>解説4.3.1.3.3 設計飛来物の速度の設定</p> <p>(1)基本的な考え方</p> <p>設計飛来物に設定する速度は、設計竜巻によって飛来した際の最大速度とする。設計飛来物の最大水平速度(<math>uV_{Hmax}</math>)は、非定常な乱流場を数値的に解析できる計算手法等による計算結果等に基づいて設定することを基本とする。ただし、安全側の設計になるように、設計竜巻の最大風速(<math>V_D</math>)を設計飛来物の最大水平速度として設定してもよい。設計飛来物の最大鉛直速度(<math>wV_{Vmax}</math>)は、最大水平速度と同様に計算等により求めても良いし、米国NRCの基準類(参4)を参考に設定した下式により算定してもよい。</p> $wV_{Vmax} = (2/3) \cdot uV_{Hmax} \cdots (4.3)$ <p>ここで、<math>uV_{Hmax}</math>は、設計飛来物の最大水平速度を表す。</p> <p>(2)設計飛来物の設定例</p> <p>設計飛来物の選定あるいは設定、並びに設計飛来物の最大速度を設定する際の参考として、解説表4.1に飛来物及びその最大速度の設定例を示す。解説表4.1の棒状物、板状物及び塊状物の最大水平速度(<math>uV_{Hmax}</math>)は、設計竜巻の最大風速(<math>V_D</math>)=100(m/s)とした</p> <p>条件下で解析的に算定した結果(参3)である。</p> <p>また、解説表4.1の最大鉛直速度(<math>wV_{Vmax}</math>)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として設定した(4.3)式を用いて算定した結果である。</p> <p>なお、解説表4.1に示した飛来物よりも小さ</p>	<p>②設計飛来物の速度の設定</p> <p>設計竜巻による設計飛来物の最大水平速度(<math>uV_{Hmax}</math>)および最大鉛直速度(<math>wV_{Vmax}</math>)は、ガイドに示される竜巻の最大風速(<math>V_D</math>)=100m/sの値とし、表4.2の通りとする。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>b. 設計飛来物の速度等の設定【添付資料3.1】</p> <p>設計竜巻の最大風速(100m/s)による設計飛来物の最大水平速度<math>uV_{Hmax}</math>は、フジタモデルの風速場を用いて算出した。また、設計飛来物の浮き上がり高さ及び飛散距離も同様に算出した。その結果を第3.3.1-1表に示す。</p> <p>竜巻影響評価においては、敷地の高台等を適切に考慮し評価を実施する。また、影響範囲は「設計飛来物が到達する高さ」以上の範囲もカバーする観点から、評価対象施設等の全面に設計飛来物が影響を及ぼすものとして評価する。</p> <p>【伊方発電所3号炉まとめ資料 6条(竜巻)-別添1-資料5-6ページより引用】</p> <p>3. 設計飛来物の速度等</p> <p>設計竜巻による設計飛来物(鋼製パイプ及び鋼製材)の最大水平速度、最大鉛直速度及び運動エネルギーは、衝撃荷重による影響を保守的に評価するため、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(平成25年6月19日付け原規技発第13061911号。以下「評価ガイド」という。)」に示されている竜巻の最大風速(<math>V_D</math>=100m/s)の場合と同じ値とする。</p> <p>評価ガイドについては、平成26年9月17日に鋼製材の最大水平速度が57m/sから51m/s、最大鉛直速度が38m/sから34m/sに改正されているが改正前の値とする。</p>	<p>b. 設計飛来物の速度の設定【添付資料3.1】</p> <p>設計竜巻の最大風速(100m/s)による設計飛来物の最大水平速度(<math>uV_{Hmax}</math>)及び最大鉛直速度(<math>wV_{Vmax}</math>)は、衝撃荷重による影響を保守的に評価するため、ガイドに示される設計竜巻の最大風速(<math>V_D</math>)=100m/sの場合と同じ値とする。ガイドにおける鋼製材の最大水平速度及び最大鉛直速度については、平成26年9月17日に改正(最大水平速度が57m/sから51m/sに、最大鉛直速度が38m/sから34m/sに改正)されているが改正前の値とし、第3.3.1.1表のとおりとする。</p> <p>ただし、ガイドに記載のない設計飛来物である砂利の速度については、文献*を参考にして、ランキン渦を仮定し風速場の中での速度を算出した。</p>	<p>【女川】</p> <p>記載充実(大飯参照)</p> <p>・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。(参考掲載のため主要な相違理由のみ記載)</p> <p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>設計方針の相違</p> <p>・大飯では、設計竜巻の最大風速は92m/sであるが、設計に当たっては、安全側に数字を切り上げて、最大風速100m/sを用いる方針であるが、泊では、女川と同じく、基準竜巻の最大風速を切り上げて、設計竜巻の最大風速を100m/sとし、設計に用いている。</p> <p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p> <p>・大飯では、泊と同じく、鋼製材の最大水平速度等は改正前のガイドの値を用いている。</p> <p>・伊方の記載を参考とした。</p> <p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

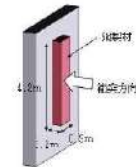
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由																																																																																																																																																											
<p>な開口部を飛来物が通過することの影響等を確認する場合は、さらに小さな飛来物を設定する必要がある。</p> <p>解説表 4.1 飛来物及び最大速度の設定例（<math>V_{50}=100\text{m/s}</math>の場合）</p> <table border="1" data-bbox="114 300 526 483"> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛来物の種類</th> <th colspan="2">棒状物</th> <th colspan="2">板状物</th> <th colspan="2">塊状物</th> </tr> <tr> <th>鋼製パイプ</th> <th>鋼製材</th> <th>コンクリート板</th> <th>コンテナ</th> <th>トラック</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ (m)</td> <td>長さ×直径 2×0.05</td> <td>長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2</td> <td>長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15</td> <td>長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6</td> <td>長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>質量 (kg)</td> <td>8.4</td> <td>135</td> <td>540</td> <td>2300</td> <td>4750</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大水平速度 <math>v_{V_{50}}(\text{m/s})</math></td> <td>49</td> <td>51</td> <td>30</td> <td>80</td> <td>34</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度 <math>w_{V_{50}}(\text{m/s})</math></td> <td>33</td> <td>34</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>【比較のため改正前のガイドの解説表 4.1 を記載】</p> <table border="1" data-bbox="114 611 526 770"> <caption>解説表 4.1 飛来物及び最大速度の設定例（<math>V_{50}=100\text{m/s}</math>の場合）</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛来物の種類</th> <th colspan="2">棒状物</th> <th colspan="2">板状物</th> <th colspan="2">塊状物</th> </tr> <tr> <th>鋼製パイプ</th> <th>鋼製材</th> <th>コンクリート板</th> <th>コンテナ</th> <th>トラック</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ (m)</td> <td>長さ×直径 2×0.05</td> <td>長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2</td> <td>長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15</td> <td>長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6</td> <td>長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>質量 (kg)</td> <td>8.4</td> <td>135</td> <td>540</td> <td>2300</td> <td>4750</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大水平速度 <math>v_{V_{50}}(\text{m/s})</math></td> <td>49</td> <td>57</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>34</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度 <math>w_{V_{50}}(\text{m/s})</math></td> <td>33</td> <td>38</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	飛来物の種類	棒状物		板状物		塊状物		鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック		サイズ (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3		質量 (kg)	8.4	135	540	2300	4750		最大水平速度 $v_{V_{50}}(\text{m/s})$	49	51	30	80	34		最大鉛直速度 $w_{V_{50}}(\text{m/s})$	33	34	20	40	23		飛来物の種類	棒状物		板状物		塊状物		鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック		サイズ (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3		質量 (kg)	8.4	135	540	2300	4750		最大水平速度 $v_{V_{50}}(\text{m/s})$	49	57	30	60	34		最大鉛直速度 $w_{V_{50}}(\text{m/s})$	33	38	20	40	23		<p>表 4.2 設計飛来物および飛来物速度</p> <table border="1" data-bbox="553 395 969 499"> <thead> <tr> <th rowspan="2">飛来物の種類</th> <th colspan="3">設計飛来物</th> </tr> <tr> <th>砂利</th> <th>鋼製パイプ</th> <th>鋼製材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ(m)</td> <td>長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04</td> <td>長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05</td> <td>長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2</td> </tr> <tr> <td>質量(kg)</td> <td>0.18</td> <td>8.4</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>最大水平速度(m/s)</td> <td>62</td> <td>49</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度(m/s)</td> <td>42</td> <td>33</td> <td>38</td> </tr> </tbody> </table>	飛来物の種類	設計飛来物			砂利	鋼製パイプ	鋼製材	サイズ(m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	質量(kg)	0.18	8.4	135	最大水平速度(m/s)	62	49	37	最大鉛直速度(m/s)	42	33	38	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>第 3.3.1-1 表 女川原子力発電所における設計飛来物</p> <table border="1" data-bbox="992 387 1408 611"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="2">飛来物の種類</th> </tr> <tr> <th>砂利</th> <th>鋼製材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ (m)</td> <td>縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04<sup>※1</sup></td> <td>縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2</td> </tr> <tr> <td>質量 (kg)</td> <td>0.2</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>初期高さ (m) <sup>※2</sup></td> <td>8.0</td> <td>11.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">計算結果<sup>※3</sup></td> <td>最大水平速度 (m/s)</td> <td>59.3</td> <td>46.6</td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度 (m/s)</td> <td>22.6~37.9<sup>※4</sup></td> <td>16.7~34.7<sup>※4</sup></td> </tr> <tr> <td>浮き上がり高さ (m)</td> <td>18.0</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>飛散距離 (m)</td> <td>209.5</td> <td>139.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 砂利のサイズは、竜巻影響モデルの全網目径より <math>5\text{mm} \times 5\text{mm}</math> を 2 枚重ね、<math>4\text{mm} \times 4\text{mm}</math> を 1 枚重ねの構造となっていることを考慮して設定      ※2 初期高さは竜巻解析の結果を踏まえて、最大水平速度の算出条件を適用      ※3 竜巻影響評価 100m/s、当社が実施するフラクショナルの風速場を用いた竜巻影響評価による結果      ※4 竜巻影響評価 100m/s、当社が実施するフラクショナルの風速場を用いた竜巻影響評価による結果      ※5 竜巻影響評価による影響を定量的に評価するため、竜巻影響評価モデルに示される竜巻の最大風速（<math>V_{50} = 100\text{m/s}</math>）の値と同様に設定する。また、鋼製材については、竜巻影響評価モデルに示される値を適用する。</p> <p>※：竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（東京工科大学）      E. Simiu and N. Gurdas, MSR20-1050, Tornado-Borne Missile Speeds, 1976</p>	項目	飛来物の種類		砂利	鋼製材	サイズ (m)	縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04 <sup>※1</sup>	縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2	質量 (kg)	0.2	135	初期高さ (m) <sup>※2</sup>	8.0	11.5	計算結果 <sup>※3</sup>	最大水平速度 (m/s)	59.3	46.6	最大鉛直速度 (m/s)	22.6~37.9 <sup>※4</sup>	16.7~34.7 <sup>※4</sup>	浮き上がり高さ (m)	18.0	2.6	飛散距離 (m)	209.5	139.4	<p>第 3.3.1.1 表 泊発電所における設計飛来物</p> <table border="1" data-bbox="1431 371 1848 515"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="3">飛来物の種類</th> </tr> <tr> <th>砂利</th> <th>鋼製パイプ</th> <th>鋼製材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>サイズ[m]</td> <td>長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04<sup>※1</sup></td> <td>長さ×直径 2×0.05</td> <td>長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2</td> </tr> <tr> <td>質量[kg]</td> <td>0.18</td> <td>8.4</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>最大水平速度[m/s]</td> <td>62<sup>※2</sup></td> <td>49<sup>※3</sup></td> <td>37<sup>※4</sup></td> </tr> <tr> <td>最大鉛直速度[m/s]</td> <td>42<sup>※5</sup></td> <td>33<sup>※6</sup></td> <td>38<sup>※7</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 砂利のサイズは、竜巻影響モデルの全網目径より <math>5\text{mm} \times 5\text{mm}</math> を 2 枚重ね、<math>4\text{mm} \times 4\text{mm}</math> を 1 枚重ねの構造となっていることを考慮して設定      ※2 設計竜巻風速 100m/s、当社が実施するフラクショナルの風速場を用いた竜巻影響評価による結果      ※3 竜巻影響評価 100m/s、当社が実施するフラクショナルの風速場を用いた竜巻影響評価による結果      ※4 竜巻影響評価による影響を定量的に評価するため、竜巻影響評価モデルに示される竜巻の最大風速（<math>V_{50} = 100\text{m/s}</math>）の値と同様に設定する。また、鋼製材については、竜巻影響評価モデルに示される値を適用する。</p> <p>※：竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（東京工科大学）      E. Simiu and N. Gurdas, MSR20-1050, Tornado-Borne Missile Speeds, 1976</p>	項目	飛来物の種類			砂利	鋼製パイプ	鋼製材	サイズ[m]	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04 <sup>※1</sup>	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	質量[kg]	0.18	8.4	135	最大水平速度[m/s]	62 <sup>※2</sup>	49 <sup>※3</sup>	37 <sup>※4</sup>	最大鉛直速度[m/s]	42 <sup>※5</sup>	33 <sup>※6</sup>	38 <sup>※7</sup>	<p>【女川】          記載充実（大飯参照）          ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】          記載方針の相違</p>
飛来物の種類		棒状物		板状物		塊状物																																																																																																																																																									
	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック																																																																																																																																																										
サイズ (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3																																																																																																																																																										
質量 (kg)	8.4	135	540	2300	4750																																																																																																																																																										
最大水平速度 $v_{V_{50}}(\text{m/s})$	49	51	30	80	34																																																																																																																																																										
最大鉛直速度 $w_{V_{50}}(\text{m/s})$	33	34	20	40	23																																																																																																																																																										
飛来物の種類	棒状物		板状物		塊状物																																																																																																																																																										
	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック																																																																																																																																																										
サイズ (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×高さ 5×1.9×1.3																																																																																																																																																										
質量 (kg)	8.4	135	540	2300	4750																																																																																																																																																										
最大水平速度 $v_{V_{50}}(\text{m/s})$	49	57	30	60	34																																																																																																																																																										
最大鉛直速度 $w_{V_{50}}(\text{m/s})$	33	38	20	40	23																																																																																																																																																										
飛来物の種類	設計飛来物																																																																																																																																																														
	砂利	鋼製パイプ	鋼製材																																																																																																																																																												
サイズ(m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 2×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2																																																																																																																																																												
質量(kg)	0.18	8.4	135																																																																																																																																																												
最大水平速度(m/s)	62	49	37																																																																																																																																																												
最大鉛直速度(m/s)	42	33	38																																																																																																																																																												
項目	飛来物の種類																																																																																																																																																														
	砂利	鋼製材																																																																																																																																																													
サイズ (m)	縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04 <sup>※1</sup>	縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2																																																																																																																																																													
質量 (kg)	0.2	135																																																																																																																																																													
初期高さ (m) <sup>※2</sup>	8.0	11.5																																																																																																																																																													
計算結果 <sup>※3</sup>	最大水平速度 (m/s)	59.3	46.6																																																																																																																																																												
	最大鉛直速度 (m/s)	22.6~37.9 <sup>※4</sup>	16.7~34.7 <sup>※4</sup>																																																																																																																																																												
浮き上がり高さ (m)	18.0	2.6																																																																																																																																																													
飛散距離 (m)	209.5	139.4																																																																																																																																																													
項目	飛来物の種類																																																																																																																																																														
	砂利	鋼製パイプ	鋼製材																																																																																																																																																												
サイズ[m]	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04 <sup>※1</sup>	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2																																																																																																																																																												
質量[kg]	0.18	8.4	135																																																																																																																																																												
最大水平速度[m/s]	62 <sup>※2</sup>	49 <sup>※3</sup>	37 <sup>※4</sup>																																																																																																																																																												
最大鉛直速度[m/s]	42 <sup>※5</sup>	33 <sup>※6</sup>	38 <sup>※7</sup>																																																																																																																																																												



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>解説4.3.1.3.4 設計飛来物の衝突方向、衝突範囲及び衝撃荷重の設定</p> <p>設計飛来物が設計対象施設に衝突する方向は、安全側の設計になるように設定する。</p> <p>設計飛来物が到達する範囲について解析結果等から想定される場合は、その技術的根拠を示した上で設計飛来物が到達しない範囲を設定することができる。</p> <p>各設計飛来物による衝撃荷重は、設計飛来物の形状及び剛性等の機械的特性を適切に設定した衝撃解析等の計算結果に基づいて設定するか、あるいは、安全側の設計となるように配慮して設計飛来物を剛体と仮定して設定してもよい。</p>		<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>c. 設計飛来物の衝撃荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速100m/sによる設計飛来物の衝撃荷重は、砂利と比べ運動エネルギーが大きくなる鋼製材の衝突方向及び衝突面積を考慮し、鋼製材が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向で算出する。</p> <p>鋼製材の最大速度は第3.3.1-1表のとおりであり、静的な構造評価を実施する場合の衝撃荷重は、重量分布を均一な直方体として、Rieraの方法(1)を踏まえた下式にて算出した。</p> $W_w = F_{MAX} = MV^2 / L_{MIN}$ <p>M：飛来物の質量                  V：飛来物の衝突速度                  L<sub>MIN</sub>：飛来物の衝突方向長さ</p> <p>Rieraの方法で衝撃荷重を算出する場合、衝撃荷重が最大となるのは第3.3.1-2図に示す向きの衝突となる。</p> <p>なお、有限要素法による飛来物衝突評価を行う場合には、飛来物の衝突速度を初速値として入力し、衝突解析により衝撃荷重を算出する。衝突解析における鋼製材の衝突方向は、鋼製材が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向とする。</p>  <p>第3.3.1-2図 最大衝撃荷重となる鋼製材衝突方向（Rieraの方法<sup>(1)</sup>）</p>	<p>c. 設計飛来物の衝撃荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速100m/sによる設計飛来物の衝撃荷重は、運動エネルギーが最も大きくなる鋼製材の衝突方向及び衝突面積を考慮し、鋼製材が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向で算出する。</p> <p>鋼製材の最大速度は第3.3.1.1表のとおりであり、静的な構造評価を実施する場合の衝撃荷重は、重量分布を均一な直方体として、Rieraの方法を踏まえた下式にて算出した。</p> $W_w = F_{MAX} = MV^2 / L_{MIN}$ <p>M：飛来物の質量                  V：飛来物の衝突速度                  L<sub>MIN</sub>：飛来物の衝突方向長さ</p> <p>Rieraの方法で衝撃荷重を算出する場合、衝撃荷重が最大となるのは第3.3.1.2図に示す向きの衝突となる。</p> <p>なお、有限要素法による飛来物衝突評価を行う場合には、飛来物の衝突速度を初速値として入力し、衝突解析により衝撃荷重を算出する。衝突解析における鋼製材の衝突方向は、鋼製材が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向とする。</p>  <p>第3.3.1.2図 最大衝撃荷重となる鋼製材衝突方向（Rieraの方法<sup>(1)</sup>）</p>	<p>【女川】                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                  記載方針の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>解説4.3.1.4 設計竜巻荷重の組み合わせ                      設計対象施設的设计に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重(W<sub>w</sub>)、気圧差による荷重(W<sub>p</sub>)、及び設計飛来物による衝撃荷重(W<sub>M</sub>)を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重W<sub>T1</sub>及びW<sub>T2</sub>は、米国NRCの基準類(参12)を参考として設定した下式により算定する。</p> $W_{T1} = W_p \cdots (4.4)$ $W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M \cdots (4.5)$ <p>ここで、(4.4)式及び(4.5)式の各変数は下記のとおり。                      W<sub>T1</sub>、W<sub>T2</sub>：設計竜巻による複合荷重                      W<sub>w</sub>：設計竜巻の風圧力による荷重                      W<sub>p</sub>：設計竜巻による気圧差による荷重                      W<sub>M</sub>：設計飛来物による衝撃荷重                      なお、設計対象施設にはW<sub>T1</sub>及びW<sub>T2</sub>の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>4.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定                      「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重」に示した各荷重について、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重として設定し、設計竜巻荷重と組み合わせる。</p>	<p>(4) 設計竜巻荷重の組み合わせ                      評価対象施設の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重(W<sub>w</sub>)、気圧差による荷重(W<sub>p</sub>)、および設計飛来物による衝撃荷重(W<sub>M</sub>)を組み合わせた複合荷重とし、以下の式により算定する。</p> $W_{T1} = W_p$ $W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$ <p>W<sub>T1</sub>、W<sub>T2</sub>：設計竜巻による複合荷重                      W<sub>w</sub>：設計竜巻の風圧力による荷重                      W<sub>p</sub>：設計竜巻の気圧差による荷重                      W<sub>M</sub>：設計飛来物による衝撃荷重</p> <p>4.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定                      設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。                      a. 竜巻防護施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等                      竜巻防護施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等としては、自重、死荷重及び活荷重を適切に組み合わせる。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>d. 設計竜巻荷重の組合せ                      評価対象施設等の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重W<sub>w</sub>、気圧差による荷重W<sub>p</sub>、及び設計飛来物による衝撃荷重W<sub>M</sub>を組み合わせた複合荷重として、以下の式により算出する。</p> $W_{T1} = W_p$ $W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$ <p>ここで、                      W<sub>T1</sub>、W<sub>T2</sub>：設計竜巻による複合荷重                      W<sub>w</sub>：設計竜巻の風圧力による荷重                      W<sub>p</sub>：設計竜巻の気圧差による荷重                      W<sub>M</sub>：設計飛来物による衝撃荷重</p> <p>ここで、竜巻襲来時のある瞬間において、各荷重の作用方向は必ずしも一様ではないが、W<sub>T2</sub>の算出においてはW<sub>w</sub>、W<sub>p</sub>及びW<sub>M</sub>の作用方向を揃えることとし、保守性を考慮する。また、評価対象施設等にはW<sub>T1</sub>及びW<sub>T2</sub>の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定                      設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。                      (1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等                      評価対象施設等に自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p>	<p>d. 設計竜巻荷重の組合せ                      評価対象施設等の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重W<sub>w</sub>、気圧差による荷重W<sub>p</sub>、及び設計飛来物による衝撃荷重W<sub>M</sub>を組み合わせた複合荷重として、以下の式により算出する。</p> $W_{T1} = W_p$ $W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$ <p>ここで、                      W<sub>T1</sub>、W<sub>T2</sub>：設計竜巻による複合荷重                      W<sub>w</sub>：設計竜巻の風圧力による荷重                      W<sub>p</sub>：設計竜巻の気圧差による荷重                      W<sub>M</sub>：設計飛来物による衝撃荷重</p> <p>ここで、竜巻襲来時のある瞬間において、各荷重の作用方向は必ずしも一様ではないが、W<sub>T2</sub>の算出においてはW<sub>w</sub>、W<sub>p</sub>及びW<sub>M</sub>の作用方向を揃えることとし、保守性を考慮する。また、評価対象施設等にはW<sub>T1</sub>及びW<sub>T2</sub>の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定                      設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。                      (1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等                      評価対象施設等に自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載方針の相違</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>b. 竜巻以外の自然現象による荷重</p> <p>竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、雹及び大雨である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については、今後も継続的に新たな知見等の収集に取り組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>① 雷</p> <p>竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>② 雪</p> <p>竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季の限定された期間に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪による荷重が同時に発生し、設備に影響を与えることは考えにくい。また、雪が堆積した状態における竜巻の影響については、除雪により雪を長期間堆積状態にしない方針であることから、組合せを考慮しない。</p> <p>大飯発電所が立地する地域においては、冬期、竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時や竜巻通過前に積った雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>(2) 竜巻以外の自然現象による荷重</p> <p>竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり<sup>(2)</sup>、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については今後も継続的に新たな知見等の収集に取り組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>① 雷</p> <p>竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>② 雪</p> <p>竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季の限定された期間に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪による荷重が同時に発生し、設備に影響を与えることは考えにくい。また、雪が堆積した状態における竜巻の影響については、除雪により雪を長期間堆積状態にしない方針であることから、組合せを考慮しない。</p> <p>冬期に竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時は、竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされ、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p>	<p>(2) 竜巻以外の自然現象による荷重</p> <p>竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については今後も継続的に新たな知見等の収集に取り組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>① 雷</p> <p>竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>② 雪</p> <p>竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季の限定された期間に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪による荷重が同時に発生し、設備に影響を与えることは考えにくい。また、雪が堆積した状態における竜巻の影響については、除雪により雪を長期間堆積状態にしない方針であることから、組合せを考慮しない。</p> <p>冬期に竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時は、竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされ、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p>	<p>【女川】</p> <p>記載充実（大飯参照）</p> <p>・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>設計方針の相違</p> <p>・泊では、前段で設計竜巻荷重と設計積雪荷重の組合せについて記載している。（後段は竜巻と同時発生が想定される雪との組合せについて記載）</p> <p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p> <p>【大飯】</p> <p>記載表現の相違</p>	



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>② 雹                      雹は積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大型の雹を想定した場合でも、その質量は約0.5kgである。竜巻と雹が同時に発生する場合においても10cm程度の雹の終端速度は59m/s、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、雹の衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④ 大雨                      竜巻と大雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>c. 設計基準事故時荷重</p> <p>設計竜巻は設計基準事故の起因とはならない設計とするため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。</p> <p>設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と設計竜巻との組合せは考慮しない。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</p> <p>③ひょう                      ひょうは、積乱雲から直径5mm以上の氷の粒<sup>(3)</sup>であり、仮に直径10cm程度の大型のひょうを想定した場合、その重量は約0.5kgとなる。直径10cm程度のひょうの終端速度は59m/s<sup>(4)</sup>、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④降水                      竜巻と降水が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>(3) 設計基準事故時荷重                      外部事象防護対象施設は、当該外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該外部事象防護対象施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。                      外部事象防護対象施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから、設計竜巻と設計基準事故は独立事象であり、因果関係はない。                      時間的変化の観点からは、事故の影響が長期に及ぶことが考えられる設計基準事故である原子炉冷却材喪失の発生頻度は小さく、また、外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼす竜巻の発生頻度も小さい。よって設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいため、設計基準事故時荷重と設計竜巻の荷重を組み合わせる必要はなく、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する衝撃による応力評価と変わらない。</p>	<p>③ひょう                      ひょうは、積乱雲から直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大型のひょうを想定した場合、その重量は約0.5kgとなる。直径10cm程度のひょうの終端速度は59m/s、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④降水                      竜巻と降水が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>(3) 設計基準事故時荷重                      外部事象防護対象施設は、当該外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該外部事象防護対象施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。                      外部事象防護対象施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから、設計竜巻と設計基準事故は独立事象であり、因果関係はない。                      時間的変化の観点からは、事故の影響が長期に及ぶことが考えられる設計基準事故である原子炉冷却材喪失の発生頻度は小さく、また、外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼす竜巻の発生頻度も小さい。よって設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいため、設計基準事故時荷重と設計竜巻の荷重を組み合わせる必要はなく、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する衝撃による応力評価と変わらない。</p>	<p>【女川】                      記載充実（大飯参照）                      ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載表現の相違</p> <p>【大飯】                      記載方針の相違</p>	

泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添資料1 添付資料3.15）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3／4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、<b>竜巻防護施設等</b>のうち設計基準事故時荷重が生じる<b>設備</b>としては動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力、温度が変わらず、<b>機械的荷重が変化することはないため</b>、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。</p>		<p><b>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.3 設計荷重の設定を一部記載】</b></p> <p>また、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、外部事象防護対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ、竜巻による風荷重等の影響を受ける<b>屋外施設</b>としては原子炉補機冷却海水ポンプ等が考えられるが、設計基準事故時においても原子炉補機冷却海水ポンプ等の圧力及び温度は変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重を組み合わせる必要はないため、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する衝撃による応力評価と変わらない。このため、設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。</p>	<p>また、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、外部事象防護対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ、<b>外殻となる施設による防護機能が期待できないことから</b>、竜巻による風荷重等の影響を受ける<b>可能性がある屋内施設</b>としては原子炉補機冷却海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても<b>原子炉補機冷却海水ポンプの圧力及び温度は変わらないため</b>、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、<b>設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重を組み合わせる必要はないため</b>、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する<b>衝撃による応力評価と変わらない</b>。このため、設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。</p>	<p><b>【女川】</b>                  記載充実（大飯参照）                  ・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</p> <p><b>【大飯】</b>                  記載表現の相違</p> <p><b>【女川】</b>                  設備の相違                  ・泊の原子炉補機海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に設置されているが、当該建屋全体が、外殻施設としての防護機能は期待できないことを考慮し、風荷重等の影響を受けるものとして評価している。</p> <p><b>【大飯】</b>                  記載方針の相違</p>



赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）  
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）  
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

原子力発電所の竜巻影響評価ガイド	大飯発電所3/4号炉	女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	相違理由
<p>4.4 施設の構造健全性の確認</p> <p>4.4.1 概要</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、設計対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。</p> <p>（注4.1）竜巻防護施設を内包する区画。</p>	<p>4.4 施設の構造健全性評価結果</p> <p>4.4.1 概要</p> <p>設計竜巻荷重およびその他組み合わせ荷重を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性が維持されて安全機能が維持されることを確認した。</p>	<p>【参考として、女川2号炉まとめ資料 別添資料1 3. 竜巻影響評価 3.4 評価対象施設等の設計方針を一部記載】</p> <p>3.4 評価対象施設等の設計方針</p> <p>外部事象防護対象施設のうち評価対象施設等については、設計荷重に対してその構造健全性を維持すること又は取替、補修が可能なこと、設計上の要求を維持することにより、安全機能を損なわない設計とする。また、外部事象防護対象施設等に波及影響を及ぼし得る施設については、竜巻及びその随伴事象に対して構造健全性を確保すること、設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(1) 許容限界</p> <p>建屋及び構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建築基準法</li> <li>・日本産業規格</li> <li>・日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類</li> <li>・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）</li> <li>・震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会）</li> <li>・原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類等</li> </ul> <p>系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。</p>	<p>3.4 評価対象施設等の設計方針</p> <p>外部事象防護対象施設のうち評価対象施設等については、設計荷重に対してその構造健全性を維持すること又は取替、補修が可能なこと、設計上の要求を維持することにより、安全機能を損なわない設計とする。また、外部事象防護対象施設等に波及影響を及ぼし得る施設については、竜巻及びその随伴事象に対して構造健全性を確保すること、設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(1) 許容限界</p> <p>建屋及び構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・建築基準法</li> <li>・日本産業規格</li> <li>・日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類</li> <li>・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）</li> <li>・日本機械学会の基準・指針類</li> <li>・震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会）</li> <li>・原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類等</li> </ul> <p>系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。</p>	<p>【大飯】</p> <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大飯では、4.4.2項以降で評価対象施設等に対する構造健全性評価結果を記載しているが、泊では、評価対象施設等に対する設計方針を記載している。</li> <li>・泊の記載は、女川の別添資料1の記載を参考としているため、女川欄に別添資料1の記載を参考掲載している。（参考掲載のため主要な相違理由のみ記載）</li> </ul>