

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB062T r. 4. 1
提出年月日	令和4年12月15日

泊発電所3号炉

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6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (竜巻)

令和4年12月
北海道電力株式会社

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止
(竜巻)

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性（手順等含む）
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等
2. 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
別添資料1 竜巻影響評価について
3. 技術的能力説明資料
別添資料2 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）

< 概 要 >

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する泊発電所3号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。
3. において、追加要求事項に適合するための技術的能力（手順等）を抽出し、必要となる運用対策等を整理する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について，設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条において，追加要求事項を明確化する（表1）。

表1 設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条 要求事項

設置許可基準規則	技術基準規則	備考
<p>第6条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>安全施設 (兼用キヤスクを除く。) は、想定される自然現象 (地震及び津波を除く。次項において同じ。) 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。</p> <p>2 重要安全施設は、当該重要安全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重要安全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適切に考慮したものでなければならない。</p>	<p>第7条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>設計基準対象施設 (兼用キヤスクを除く。) が想定される自然現象 (地震及び津波を除く。) によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>
<p>3 安全施設 (兼用キヤスクを除く。) は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの (故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。) に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>		<p>追加要求事項</p>
<p>2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの (故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。) により発電用原子炉施設 (兼用キヤスクを除く。) の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設 (兼用キヤスクを除く。) の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>		<p>追加要求事項</p>

1.2 追加要求事項に対する適合性（手順等含む）

(1) 位置，構造及び設備

五 発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備

ロ．発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は，(1)耐震構造，(2)耐津波構造に加え，以下の基本
的方針のもとに安全設計を行う。

a．設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は，発電所敷地で想定される洪水，風（台風），竜巻，凍結，
降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び
高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又はその組合せに遭遇した場
合において，自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として
施設で生じ得る環境条件においても，安全機能を損なわない設計とする。

なお，発電所敷地で想定される自然現象のうち，洪水については，立
地的要因により設計上考慮する必要はない。

また，自然現象の組合せにおいては，風（台風），積雪及び火山の影
響による荷重の組合せを設計上考慮する。

上記に加え，重要安全施設は，科学的技術的知見を踏まえ，当該重要
安全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
より当該重要安全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变化を考慮して，適切に組み合わせ
る。

また，安全施設は，発電所敷地又はその周辺において想定される飛来
物（航空機落下等），ダムの崩壊，爆発，近隣工場等の火災，有毒ガス，
船舶の衝突又は電磁的障害により発電用原子炉施設の安全性を損なわ
せる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意による
ものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお，発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち，
飛来物（航空機落下等）については，確率的要因により設計上考慮する
必要はない。また，ダムの崩壊については，立地的要因により設計上考
慮する必要はない。

自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉
施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によ
るもの（故意によるものを除く。）の組合せについては，地震，津波，風（台
風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，

森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

(a-2) 竜巻

安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び発電所のプラント配置から想定される竜巻に伴う事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための竜巻の最大風速は、100m/s とし、設計荷重は、最大風速 100m/s の竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来物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で、その安全機能を損なわない設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、資機材、車両等については、飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設定する設計飛来物より大きなものに対し、固縛、固定又は防護すべき施設からの離隔を実施する。

(2) 安全設計方針

1. 安全設計

1.8 外部からの衝撃による損傷の防止に関する基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を損なわない設計とする。安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「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」で規定されている重要度分類（以下 1.8 では「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 に属する構築物，系統及び機器とする。

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，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能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，系統及び機器を外部事象から防護する対象（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。

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。

上記に含まれない構築物，系統及び機器は、機能を維持すること若しくは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うことのない設計とする。

1.8.2 竜巻防護に関する基本方針

1.8.2.1 設計方針

1.8.2.1.1 竜巻に対する設計の基本方針

安全施設が竜巻に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な安全機能を損なわないよう、基準竜巻，設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、以下の事項に対して、対策を行い、建屋による防護，構造健

全性の維持及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設が設計竜巻による波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。

- (1) 飛来物の衝突による施設の貫通及び裏面剥離
- (2) 設計竜巻による風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びにその他の組合せ荷重（常時作用している荷重，運転時荷重，竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重）を適切に組合せた設計荷重
- (3) 竜巻による気圧の低下
- (4) 外気と繋がっている箇所への風の流入

設計竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

竜巻影響評価の対象施設としては，「1.8.2.1.3 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設」及び「1.8.2.1.4 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とする。

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設備（系統，機器）及び建屋，構築物のうち，竜巻の影響を受ける可能性がある施設を抽出した結果，追加で「1.8.2.1.3 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設」に反映する施設はない。

津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備については，竜巻は気象現象，津波は地震又は海底地すべり等により発生し，発生原因が異なり，同時に発生することは考えられず，事象の組み合わせは考慮しないことから，竜巻影響評価の対象施設として抽出しない。

竜巻に対する防護設計を行う，外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設及び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を「評価対象施設等」という。

外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわないようにするため，外部事象防護対象施設等に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに，作用する設計荷重に対する外部事象防護対象施設の構造健全性の維持，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保若しくは飛来物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又はそれらを適切に組み合わせ

た設計とする。

屋外に設置する外部事象防護対象施設の構造健全性の維持又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保において、それらを防護するために設置する竜巻飛来物防護対策設備は、竜巻防護ネット、防護鋼板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設等を防護できる設計とする。

1.8.2.1.2 設計竜巻の設定

「添付書類六 9. 竜巻」において設定した基準竜巻の最大風速は 92m/s とする。

設計竜巻の設定に際して、発電所は敷地前面（北西～南西方向）が日本海に面し、背後は積丹半島中央部の山嶺に続く標高 40m から 130m の丘陵地であり、地形効果による風の増幅について評価した結果、増幅を考慮する必要はないことを確認しており、設計竜巻の最大風速は 92m/s とする。

ただし、竜巻に対する設計に当たっては、設計竜巻の最大風速 92m/s を安全側に数字を切り上げて、最大風速 100m/s の竜巻の特性値に基づく設計荷重に対して、安全施設が安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、設計竜巻については、今後も継続的に観測データや増幅に関する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。

1.8.2.1.3 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設

外部事象防護対象施設等は、設計荷重に対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。

外部事象防護対象施設は、外殻となる施設（建屋、構築物）（以下「外殻となる施設」という。）に内包され、外気と繋がっておらず設計竜巻荷重の影響から防護される施設（以下「外殻となる施設に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）」という。）、設計竜巻荷重の影響を受ける屋外施設（以下「屋外施設」という。）、外殻となる施設に内包されるため、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の影響から防護されるが、外気と繋がっており設計竜巻の気圧差による荷重の影響を受ける施設（以下「屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。）及び外殻となる施設に内包されるが設計竜巻荷重の影響から防護が期待できない施設（以下「外殻となる施設による防護機能が期待できない施設」という。）に分類し、このうち、外殻となる施設に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）は内包する建屋により防護する設計とすることから、評価対象施設は、屋外施設、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による防護機能が期待できない施設とし、以下のように抽出する。

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、「1.8.2.1.3(1) 屋外施設」のうち外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性維持可否の観点並びに設計飛来物の衝突等による開口部の開放及び開口部建具の貫通の観点から抽出する。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随伴事象により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

なお、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備については、竜巻は気象現象、津波は地震又は海底地すべり等により発生し、発生原因が異なり、同時に発生することは考えられず、事象の組み合わせは考慮しないことから、竜巻影響評価の対象施設として抽出しない。

(1) 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）

・ 排気筒（建屋外）

<以下、外部事象防護対象施設を内包する区画>

外部事象防護対象施設を内包する区画を、以下のとおり抽出する。

- ・ 原子炉建屋（外部遮へい建屋）（原子炉容器他を内包）
- ・ 原子炉建屋（周辺補機棟）（主蒸気管他を内包）
- ・ 原子炉建屋（燃料取扱棟）（使用済燃料ピット他を内包）
- ・ 原子炉補助建屋（余熱除去ポンプ他を内包）
- ・ ディーゼル発電機建屋（ディーゼル発電機他を内包）
- ・ 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）
- ・ 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）
- ・ 取水ピットポンプ室（原子炉補機冷却海水ポンプ他を内包）
- ・ 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室（原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他を内包）
- ・

(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている施設

- ・ 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及び安全補機開閉器室空調装置）

- ・ 排気筒（建屋内）

(3) 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

- ・ 使用済燃料ピット
- ・ 使用済燃料ラック
- ・ 新燃料ラック
- ・ 燃料移送装置
- ・ 使用済燃料ピットクレーン
- ・ 燃料取扱キャナル
- ・ キャスクピット
- ・ 燃料検査ピット
- ・ 原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・ 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ
- ・ 配管及び弁（原子炉補機冷却海水系統）
- ・ 原子炉補機冷却水サージタンク（配管及び弁含む）
- ・ 配管及び弁（主蒸気管室内）
- ・ 制御用空気系統配管
- ・ 蓄熱室加熱器

1.8.2.1.4 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

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としては、当該施設の破損等により外部事象防護対象施設等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ある施設又はその施設の特定の区画とする。

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としては、外部事象防護対象施設等を除く構築物、系統及び機器の中から、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及び外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設を以下のとおり抽出する。

ただし、循環水ポンプ建屋については、外部事象防護対象施設等に該当する構築物であるが、外部事象防護対象施設である原子炉補機冷却海水ポンプ、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ並びに配管及び弁（原子炉補機冷却海水系統）が設置されている取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の上屋であり、倒壊によりこれらの施設に波及的影響を及ぼす可能性があるため、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として抽出する。

(1) 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

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としては、施設の高さと外部事象防護対象施設等との距離を考慮して、倒壊により外部事象防護対象施設等を損傷させる可能性がある施設を、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として抽出する。

- ・ タービン建屋
- ・ 電気建屋
- ・ 出入管理建屋
- ・ 循環水ポンプ建屋

(2) 外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設

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は、屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備で、風圧力及び設計飛来物の衝突等による損傷により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわせる可能性がある施設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を、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抽出する。

<屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備>

- ・ ディーゼル発電機排気消音器
- ・ 主蒸気逃がし弁消音器
- ・ 主蒸気安全弁排気管
- ・ タービン動補助給水ポンプ排気管
- ・ ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管

<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>

- ・ 換気空調設備（蓄電池室排気装置）

1.8.2.1.6 設計飛来物の設定

敷地全体を俯瞰した現地調査及び検討を行い、発電所構内の資機材、車両等の設置状況を踏まえ、評価対象施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。

飛来物に係わる現地調査結果及び「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成25年6月19日原規技発13061911号原子力規制委員会決定）」に示されている設計飛来物の設定例を参照し設定する。

設計飛来物は、浮き上がりの有無、運動エネルギー及び貫通力を踏まえ、

鋼製材を設定する。

また、使用済燃料ピット等に侵入した場合に燃料集合体に直接落下する可能性がある鋼製パイプ及び竜巻飛来物防護対策設備の竜巻防護ネットを通過し得る可能性がある砂利も設計飛来物とする。

第 1.8.2.1 表に発電所における設計飛来物を示す。

飛来物の発生防止対策については、現地調査により抽出した飛来物や発電所に持ち込まれる資機材、車両等の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー及び貫通力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻飛来物防護対策設備に与えるエネルギー又は貫通力が設計飛来物のうち鋼製材によるものより大きく、外部事象防護対象施設等を防護できない可能性があるものは固縛、固定又は評価対象施設等からの離隔を実施し、確実に飛来物とならない運用とする。

1.8.2.1.7 荷重の組合せと許容限界

竜巻に対する防護設計を行うため、評価対象施設等に作用する設計竜巻荷重の算出、設計竜巻荷重の組合せの設定、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定及び許容限界について以下に示す。

(1) 評価対象施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により評価対象施設等に作用する荷重として「風圧力による荷重 (W_w)」、「気圧差による荷重 (W_p)」及び「設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)」を以下に示すとおり算出する。

a. 風圧力による荷重

設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示 1454 号(平成 12 年 5 月 31 日)に準拠して、下式により算定する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 設計竜巻の風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数 (=1.0)

C : 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位 (屋根, 壁等) に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

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脆弱と考えられる竜巻防護施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大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した設計とする。

b. 気圧差による荷重

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び外部事象防護対象施設を内包する区画の外壁、屋根等においては、設計竜巻によ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荷重が発生する。保守的に「閉じた施設」を想定し次式により算定する。

$$W_p = \Delta P_{\max} \cdot A$$

ここで、

W_p : 気圧差による荷重

ΔP_{\max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

c. 設計飛来物による衝撃荷重

飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで衝撃荷重を算出する。

(2) 設計竜巻荷重の組合せ

評価対象施設等の設計に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻の風圧力による荷重 (W_w)、気圧差による荷重 (W_p) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組合せた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$$

なお、評価対象施設等には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

(3) 設計竜巻荷重と組合せる荷重の設定

設計竜巻荷重と組合せる荷重は以下のとおりとする。

a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重

竜巻防護施設等に作用する荷重として、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。

b. 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は、積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり⁽¹⁾、積乱雲の発達時に竜巻と同時に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。

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。

①雷

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。

②雪

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いため、組合せを考慮しない。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。

冬季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。

③ひょう

ひょうは、積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大型のひょうを想定した場合、その重量は約0.5kgである。直径10cm程度のひょうの終端速度は59m/s⁽²⁾、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。

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。

c. 設計基準事故時荷重

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。

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。

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、竜巻防護施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる設備としては、動的機器である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海水ポンプの圧力、温度が変わらず、機械的荷重が変化することはないため、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。

(4) 許容限界

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の有無の評価については、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。

- ・ 建築基準法
- ・ 日本工業規格
- ・ 日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類

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である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。

- ・ 日本工業規格
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）

1.8.2.1.8 評価対象施設等の防護設計方針

評価対象施設等の設計荷重に対する防護設計方針を以下に示す。

(1) 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）

外部事象防護対象施設等のうち屋外施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とする。

a. 排気筒

排気筒は、原子炉建屋に内包されている部分と、原子炉建屋に内包されていない部分がある。原子炉建屋に内包されている部分については、原子炉建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないため、気圧差による荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。また、原子炉建屋に内包されていない部分については、設計飛来物の鋼製材及び鋼製パイプが衝突により貫通し構造健全性を損なうことを考慮して、補修が可能な設計とすることにより、設計基準事故時における安全機能を損なわない設計とする。

<以下、外部事象防護対象施設を内包する区画>

b. 原子炉建屋（外部遮へい建屋・周辺補機棟）、原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋

原子炉建屋（外部遮へい建屋・周辺補機棟）、原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

c. 原子炉建屋（燃料取扱棟）

原子炉建屋（燃料取扱棟）は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

d. A1, A2-燃料油貯油槽タンク室及び B1, B2-燃料油貯油槽タンク室

A1, A2-燃料油貯油槽タンク室及び B1, B2-燃料油貯油槽タンク室は、地下埋設されており風圧力による荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び施設に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。また、ピット頂版（鉄筋コンクリート造）は設計飛来物による衝撃荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とし、ハッチ（鋼製）は設計飛来物の衝突においても貫通せず、変形に留まる設計とすることで、A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽, B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽等の安全機能を損なわない設計とする。

e. 取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室

取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は、地下埋設されており風圧力による荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び施設に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。また、取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は上部に開口を設けた設計とするため、当該室内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないかを評価し、安全機能を損なう可能性がある場合には、設備又は運用による竜巻防護対策を実施する。

(2) 屋内の施設で外気と繋がっている施設

外殻となる施設に内包され防護される外部事象防護対象施設のうち、外気と繋がっている施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とする。

a. 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及び安全補機開閉器室空調装置）

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及び安全補機開閉器室空調装置）は、原子炉建屋及び原子炉補助建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び設備に常時作用

する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

(3) 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

外殻となる施設による防護機能が期待できない施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて開口部建具の補強等、防護鋼板の設置等の竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を講じる方針とする。

a. 使用済燃料ピット

使用済燃料ピットは、原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通し使用済燃料ピットに侵入した設計飛来物の衝突によりライニング及びコンクリートの一部が損傷することを考慮しても、ピット水が漏えいすることはほとんどなく、使用済燃料ピットの冷却機能及び遮蔽機能が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

b. 使用済燃料ラック

使用済燃料ラックは、原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通し使用済燃料ピットに侵入した設計飛来物が、使用済燃料ラックに貯蔵している燃料の燃料有効部に達することではなく、使用済燃料ラックに貯蔵している燃料の構造健全性が維持されることにより、安全機能を損なわない設計とする。

c. 新燃料ラック

新燃料ラックは、原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通して、新燃料貯蔵庫に侵入し新燃料ラックに衝突する場合でも、設計飛来物が、新燃料ラックに貯蔵している燃料の燃料有効部に達することではなく、新燃料ラックに貯蔵している燃料の構造健全性が維持されることにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物である鋼製パイプが新燃料ラックに貯蔵している燃料に直接衝突し、燃料の構造健全性が損なわれることを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行い、設計飛来物である鋼製パイプが燃料に直接衝突することを防止することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

d. 燃料移送装置

燃料移送装置は、原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通して燃料移送装置に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻襲来が予想される場合には、燃料取扱棟における燃料取扱作業を中断することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

e. 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーンは、原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁又は開口部建具である扉を貫通して使用済燃料ピットクレーンに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻襲来が予想される場合には、燃料取扱棟における燃料取扱作業を中断することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

f. 燃料取扱チャンネル

燃料取扱チャンネルは、設計飛来物である鋼製材及び鋼製パイプが原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通して燃料取扱チャンネルに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻襲来が予想される場合には、燃料取扱棟における燃料取扱作業を中断することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

g. キャスクピット

キャスクピットは、設計飛来物である鋼製材及び鋼製パイプが原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通してキャスクピットに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻襲来が予想される場合には、燃料取扱棟における燃料取扱作業を中断することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

h. 燃料検査ピット

燃料検査ピットは、設計飛来物である鋼製材及び鋼製パイプが原子炉建屋（燃料取扱棟）の壁を貫通して燃料検査ピットに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻襲来が予想される場合には、燃料取扱棟における燃料取扱作業を中断することにより、燃料の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

i. 原子炉補機冷却海水ポンプ

原子炉補機冷却海水ポンプは、設計飛来物が取水ピットポンプ室の上部開口部から侵入して原子炉補機冷却海水ポンプに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行う。竜巻防護対策を行う原子炉補機冷却海水ポンプが設計竜巻の風圧力による荷重、設計竜巻による気圧差による荷重、竜巻飛来物防護対策設備によって防護できない砂利による衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

j. 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ

原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナは、設計飛来物が原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の上部開口部から侵入して原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナに衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行う。竜巻防護対策を行う原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナが設計竜巻の風圧力による荷重、設計竜巻による気圧差による荷重、竜巻飛来物防護対策設備によって防護できない砂利による衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

k. 配管及び弁（原子炉補機冷却海水系統）

配管及び弁（原子炉補機冷却海水系統）は、設計飛来物が取水ピットポンプ室及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室の上部開口部から侵入して配管・弁（原子炉補機冷却海水系統）に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行う。竜巻防護対策を行う配管・弁（原子炉補機冷却海水系統）が設計竜巻の風圧力による荷重、設計竜巻による気圧差による荷重、竜巻飛来物防護対策設備によって防護できない砂利による衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

1. 原子炉補機冷却水サージタンク（配管及び弁含む）

原子炉補機冷却水サージタンク（配管及び弁含む）は、原子炉建屋の開口部建具である扉を貫通して原子炉補機冷却水サージタンク他に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の原子炉補機冷却水サージタンク他への衝突を防止し、原子炉補機冷却水サージタンク他の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

m. 配管及び弁（主蒸気管室内）

配管及び弁（主蒸気管室内）は、設計飛来物が原子炉建屋の開口部建具であるブローアウトパネル又は開口部である換気口周りのガラリを貫通して配管・弁（主蒸気管室内）に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の配管及び弁（主蒸気管室内）への衝突を防止し、配管・弁（主蒸気管室内）の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

n. 制御用空気系統配管

制御用空気系統配管は、設計飛来物が原子炉補助建屋の開口部建具である扉を貫通して制御用空気系統配管に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の制御用空気系統配管への衝突を防止し、制御用空気系統配管の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

o. 蓄熱室加熱器

蓄熱室加熱器は、設計飛来物がディーゼル発電機建屋の開口部建具である扉又は開口部である換気口周りの換気フードを貫通して蓄熱室加熱器に衝突し安全機能を損なうことを考慮して、竜巻飛来物防護対策設備による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の蓄熱室加熱器への衝突を防止し、蓄熱室加熱器の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(4) 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

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ついては、設計荷重による影響を受ける場合においても外部事象防護対象施設等に影響を及ぼさないよう、必要に応じて施設の補強、竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

a. 循環水ポンプ建屋，タービン建屋，電気建屋及び出入管理建屋

循環水ポンプ建屋，タービン建屋，電気建屋及び出入管理建屋は、風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

b. ディーゼル発電機排気消音器

ディーゼル発電機排気消音器は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，ディーゼル発電機排気消音器が閉塞することがなく、ディーゼル発電機の機能等が維持される設計とする。

さらに，ディーゼル発電機排気消音器が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機に機能的影響を及ぼさない設計とする。

c. 主蒸気逃がし弁消音器

主蒸気逃がし弁消音器は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，主蒸気逃がし弁消音器が損傷して閉塞することがなく，主蒸気逃がし弁の機能等が維持される設計とする。

さらに，主蒸気逃がし弁消音器が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である主蒸気逃がし弁に機能的影響を及ぼさない設計とする。

d. 主蒸気安全弁排気管

主蒸気安全弁排気管は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，主蒸気安全弁排気管が損傷して閉塞することがなく，主蒸気安全弁の機能等が維持される設計とする。

さらに，主蒸気安全弁排気管が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である主蒸気安全弁に機能的影響を及ぼさない設計とする。

e. タービン動補助給水ポンプ排気管

タービン動補助給水ポンプ排気管は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，タービン動補助給水ポンプ排気管が損傷して閉塞することがなく，タービン動補助給水ポンプの機能等が維持される設計とする。

さらに，タービン動補助給水ポンプ排気管が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設であるタービン動補助給水ポンプに機能的影響を及ぼさない設計とする。

f. ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管

ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、配管が閉塞することがなく、ディーゼル発電機燃料油貯油槽の機能が維持される設計とする。

さらに、ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管は風圧力による荷重、気圧差による荷重及び常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設であるディーゼル発電機燃料油貯油槽に機能的影響を及ぼさない設計とする。

g. 換気空調設備（蓄電池室排気装置）

換気空調設備が原子炉補助建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないため、気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である蓄電池に機能的影響を及ぼさない設計とする。

以上の評価対象施設等の防護設計を考慮して、設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等を第 1.8.2.2 表に、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及び竜巻防護対策等を第 1.8.2.3 表に、外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻防護対策等を第 1.8.2.4 表に示す。

1.8.2.1.9 竜巻随件事象に対する設計

竜巻随件事象として、過去の竜巻被害事例及び発電所の施設の配置から、想定される事象である、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出し、事象が発生する場合においても、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。

(1) 火災

竜巻随件事象として、設計竜巻による飛来物が建屋開口部付近の発火性又は引火性物質を内包する機器に衝突する場合及び屋外の危険物貯蔵施設等に飛来物が衝突する場合の火災が想定される。

建屋内については、飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近には、発電用原子炉施設の安全機能を損なわせる可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器は配置されておらず、設計竜巻により建屋内に火災が発生することはなく、建屋内の外部事象防護対象施設の安全機能を

損なわない。

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。火災源と外部事象防護対象施設の位置関係を踏まえて火災の影響を評価した上で、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とすることを「1.10 外部火災防護に関する基本方針」に記載する。

以上より、竜巻随件事象としての火災に対して外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

(2) 溢水

竜巻随件事象として、設計竜巻による気圧低下の影響や飛来物が建屋開口部付近の溢水源に衝突する場合及び屋外タンク等に飛来物が衝突する場合の溢水が想定される。

外部事象防護対象施設を内包する建屋内については、飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近に飛来物が衝突して外部事象防護対象施設の安全機能を損なう可能性がある溢水源が配置されておらず、設計竜巻により建屋内に溢水が発生することはない。また、建屋内は設計竜巻による気圧低下の影響を受けないことから建屋内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

建屋外については、気圧低下の影響による屋外タンク等の破損は考え難いものの、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が想定されるが、「1.7 溢水防護に関する基本方針」にて、竜巻時の屋外タンク等の破損を想定し、溢水が安全系機器に影響を及ぼさない設計としていることから、竜巻随件事象による屋外タンク等が損傷して発生する溢水により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

以上より、竜巻随件事象としての溢水に対して外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

(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影響により送電網に関する施設等が損傷して外部電源喪失が発生する場合が想定される。

設計竜巻に対してディーゼル発電機の構造健全性を維持することにより、外部電源喪失の影響がなく外部事象防護対象施設が安全機能を損なうことのない設計とする。

1.8.2.2 手順等

竜巻に対する防護については、竜巻に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順等を定める。

- (1) 屋外の作業区画で飛散するおそれのある資機材、車両等については、飛来時の運動エネルギー及び貫通力等を評価し、外部事象防護対象施設等への影響の有無を確認する。外部事象防護対象施設等に影響を及ぼす資機材、車両等については、固縛、固定、外部事象防護対象施設等から隔離、頑健な建屋内に収納又は撤去する。これら飛来物発生防止対策について手順を定める。
- (2) 竜巻飛来物防護対策設備の取付・取外操作、飛来物発生防止対策のために設置した設備の操作については、手順等を整備し、的確に操作を実施する。
- (3) 竜巻襲来が予想される場合には、原子炉建屋及びディーゼル発電機建屋の扉を閉止する、又は閉止状態を確認し、換気空調系統のダンパ等を閉止する、又は閉止状態を確認する手順等を整備し、的確に実施する。
- (4) 竜巻襲来が予想される場合の原子炉建屋（燃料取扱棟）における燃料取扱作業中断については、手順等を整備し、的確に実施する。
- (5) 安全施設のうち、竜巻に対して構造健全性が維持できない場合の代替設備又は予備品の確保においては、運用等を整備し、的確に実施する。
- (6) 竜巻飛来物防護対策設備について、要求機能を維持するために、保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
- (7) 建屋開口部付近に飛来物が衝突し、発電用原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器の設置については、火災防護計画により適切に管理するとともに、必要に応じ防護対策を行う。
- (8) 竜巻襲来後においては、屋外設備の点検を実施し損傷の有無を確認する手順等を整備し、的確に実施する。
- (9) 竜巻襲来後の巡視点検により、排気筒に損傷を確認した場合には、プラントを停止して補修する手順等を整備し、的確に実施する。
- (10) 竜巻の襲来後、建屋外において火災を発見した場合、消火用水、化学消防自動車及び水槽付き消防ポンプ自動車等による消火活動を行う手順等を整備し、的確に実施する。
- (11) 竜巻に対する運用管理を確実に実施するために必要な技術的能力を維持・向上させることを目的とし、竜巻に対する運用管理に関する教育及び訓練を実施する。

1.8.2.3 参考文献

- (1) 「雷雨とメソ気象」大野久雄 東京堂出版 2001 年
- (2) 「一般気象学」小倉義光 東京大学出版会 1984 年

第 1.8.2.1 表 泊発電所における設計飛来物

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 0.04×0.04×0.04	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2
質量(kg)	0.18	8.4	135
最大水平速度(m/s)	62	49	57
最大鉛直速度(m/s)	42	33	38

第 1.8.2.2 表 設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻対策等

設計竜巻から防護する 評価対象施設	竜巻の最大風 速条件	飛来物発生 防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 設計飛来物	手順等
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却海水ポンプ 原子炉補機冷却海水ポンプ 出口ストレーナ 配管・弁（原子炉補機冷却 海水系統） 			<ul style="list-style-type: none"> 竜巻飛来物防護対 策設備 	<ul style="list-style-type: none"> 砂利 	—
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却水サージタ ンク他 配管・弁（主蒸気管内） 		<ul style="list-style-type: none"> 固定 固縛 外部事象 防護対象 施設から の離隔 	<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施 設 竜巻飛来物防護対 策設備 	—	—
<ul style="list-style-type: none"> 制御用空気系統配管 	<ul style="list-style-type: none"> 100m/s 		<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施 設 竜巻飛来物防護対 策設備 	—	—
<ul style="list-style-type: none"> 排気筒（建屋外） 			—	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製材 鋼製パイプ 砂利 	<ul style="list-style-type: none"> 補修
<ul style="list-style-type: none"> 蓄熱室加熱器 			<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施 設 竜巻飛来物防護対 策設備 	—	—

設計竜巻から防護する 評価対象施設	竜巻の最大 風速条件	飛来物発生 防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 設計飛来物	手順等
<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料ピット 使用済燃料ラック 			<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施設 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製材 鋼製パイプ 砂利 	—
<ul style="list-style-type: none"> 新燃料ラック 			<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製材 鋼製パイプ 砂利 	—
<ul style="list-style-type: none"> 燃料移送装置 使用済燃料ピットクレーン 燃料取扱キヤナル キヤスクピット 燃料検査ピット 	<ul style="list-style-type: none"> 100m/s 	<ul style="list-style-type: none"> 固定 固縛 外部事象 防護対象 施設から の隔離 	<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施設 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製材 鋼製パイプ 砂利 	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻襲来が予 想される場合 の燃料取扱作 業の中断
<ul style="list-style-type: none"> 排気筒 (建屋内) 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, デイザーゼル 発電機室換気装置及び安全 補機閉閉器室空調装置) 			<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施設 	—	—

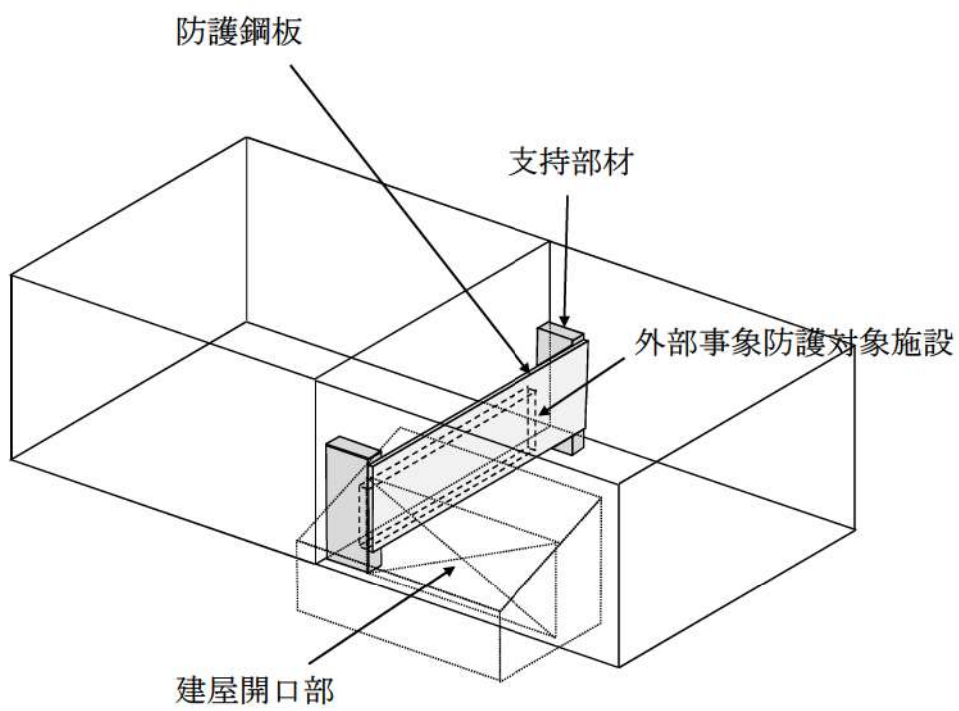
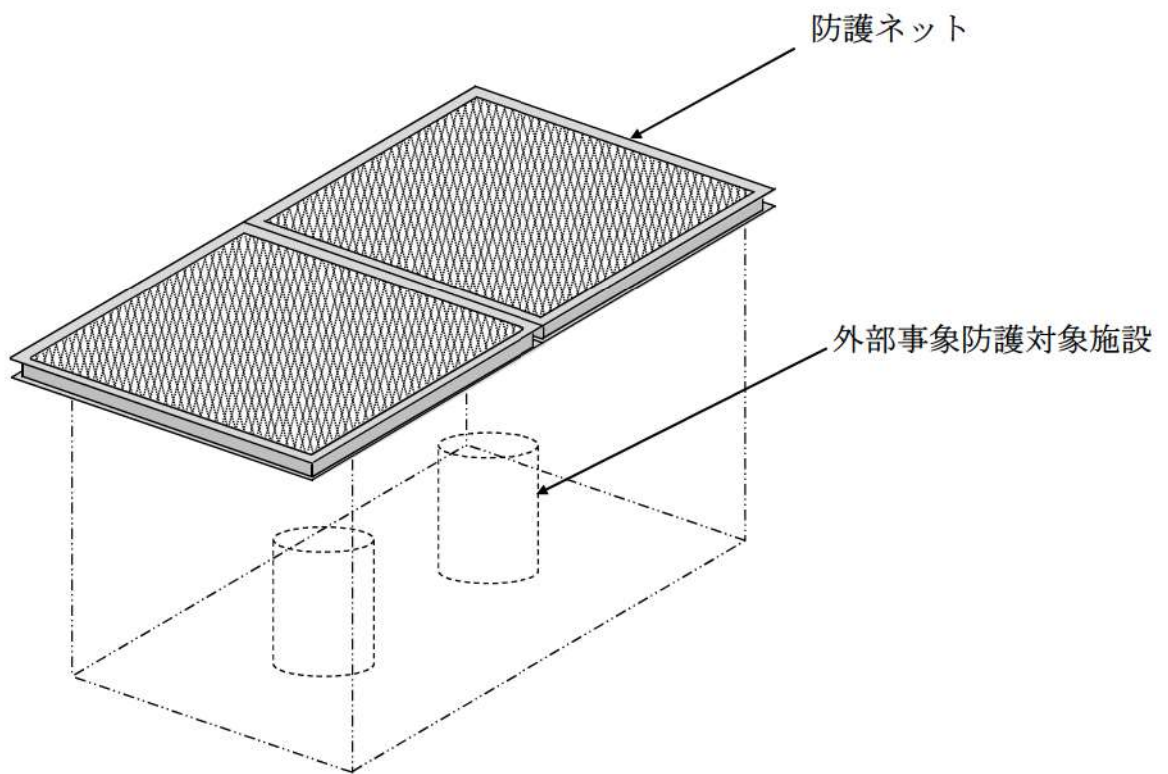
設計竜巻から防護する 評価対象施設	竜巻の最大 風速条件	飛来物発生 防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 設計飛来物	手順等
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能の重要度分類クラス1及びクラス2に属する施設のうち上記以外の施設 	<ul style="list-style-type: none"> 100m/s 	<ul style="list-style-type: none"> 固定 固縛 外部事 象防護 対象施 設から の離隔 	<ul style="list-style-type: none"> 施設を内包する施設 		<ul style="list-style-type: none"> 竜巻襲来が予想される場合の原子炉建屋及びデイズェル発電機建屋の扉閉止又は閉止状態確認
<ul style="list-style-type: none"> クラス3に属する施設 			<ul style="list-style-type: none"> — 	<ul style="list-style-type: none"> — 	<ul style="list-style-type: none"> 代替設備、予備品の確保及び補修、取替等

第1.8.2.3表 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻対策等

外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設	竜巻の最大風速条件	飛来物発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する設計飛来物	手順等
<ul style="list-style-type: none"> ・ 循環水ポンプ建屋 ・ タービン建屋 ・ 電気建屋 ・ 出入管理建屋 		—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼製材 ・ 鋼製パイプ ・ 砂利 	—
<ul style="list-style-type: none"> ・ デイゼル発電機排気消音器 ・ 主蒸気逃がし弁消音器 ・ 主蒸気安全弁排気管 ・ タービン動補助給水ポンプ排気管 ・ デイゼル発電機燃料油貯油槽ベント管 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 100m/s 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定 ・ 固縛 ・ 外部事象防護対象施設からの隔離 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼製材 ・ 鋼製パイプ ・ 砂利 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補修
<ul style="list-style-type: none"> ・ 換気空調設備（蓄電池室排気装置） 			<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設を内包する施設 	—	—

第1.8.2.4表 外部事象防護対象施設を内包する施設及び竜巻対策等

外部事象防護対象施設 を内包する施設	竜巻の最 大 風速条件	飛来物発生防止 対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 設計飛来物	手順等
<ul style="list-style-type: none"> • 原子炉建屋 (外部遮へい建屋, 周辺補機棟, 燃料取扱棟) • 原子炉補助建屋 • デイジーゼル発電機建屋 • A1, A2-燃料油貯油槽タ ンク室 • B1, B2-燃料油貯油槽タ ンク室 • 取水ピットポンプ室 • 原子炉補機冷却海水ボ ンプ出口ストレーナ室 	<ul style="list-style-type: none"> • 100m/s 	<ul style="list-style-type: none"> • 固定 • 固縛 • 外部事象防護対 象施設からの離 隔 	<p style="text-align: center;">—</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 鋼製材 • 鋼製パイプ • 砂利 	<p style="text-align: center;">—</p>



第 1.8.2.1 図 竜巻飛来物防護対策設備概念図

(3) 適合性説明

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止

- 1 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）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。
- 2 重要安全施設は、当該重要安全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重要安全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適切に考慮したものでなければならない。
- 3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

(3) 竜巻

安全施設は、設計竜巻の最大風速 100m/s による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a. 飛来物の発生防止対策

竜巻により発電所構内の資機材等が飛来物となり、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設等へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定、外部事象防護対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの離隔、頑健な建屋内収納又は撤去する。

b. 竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し、安全施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻飛来物防護対策設備により、外部事象防護対象施設を防護し、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 外部事象防護対象施設の構造健全性が維持できない場合には、代替設備の確保、損傷した場合の取替え又は補修が可能な設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

ここで、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のある自然現象は、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、設計竜巻荷重に包含される。

1.3 気象等

9. 竜巻

9.1 竜巻

竜巻影響評価は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原規技発 13061911 号原子力規制委員会決定）」（以下「ガイド」という。）に基づき実施する。

基準竜巻及び設計竜巻の設定は、竜巻検討地域の設定、基準竜巻の最大風速の設定及び設計竜巻の最大風速の設定の流れで実施する。

9.1.1 竜巻検討地域の設定

発電所が立地する地域と、気象条件の類似性の観点及び局所的な地域性の観点で検討を行い、竜巻検討地域を設定する。

(1) 総観場の分析に基づく地域特性の確認

a. 総観場の出現数に関する相関係数を用いた類似性の抽出

気象条件の類似性を確認するため、総観場の出現数に関する相関係数を用いた類似性を抽出する。

泊発電所の立地地域は、第 9.1.1 図に示す気象庁の予報区分図⁽¹⁾によれば、「北海道日本海側」に属する。

気象庁の予報区分図⁽¹⁾を基に国内全域を 16 に分類した地域区分ごとの竜巻が発生した際の気象条件（総観場）の出現頻度を整理した後のち、泊発電所が立地する「北海道日本海側」と他の地域区分間の総観場出現頻度に関する相関係数から 2 つの地域区分間の総観場出現に関する関連性を評価し、泊発電所が立地する地域と類似の地域を抽出する。第 9.1.1 表に地域区分ごとの総観場の集計結果を、また、第 9.1.2 表に北海道日本海側と他の地域区分との間の各総観場の出現頻度に関する相関係数を示す。求めた相関係数については無相関検定を行い、有意水準 1% で無相関について確認した。

評価の結果、「北海道日本海側」と相関が認められた地域区分は、「北海道太平洋側」、「東北日本海側」、「北陸地方」、「近畿日本海側」及び「山陰地方」となった。

b. 抽出した地域を対象とした竜巻の発生頻度の分析

北海道日本海側と相関が認められた地域区分のうち、北海道太平洋側の襟裳岬から東側の海岸線及び陸奥湾の海岸線においては、竜巻がほとんど

発生していない。このため、この地域を竜巻検討地域に含めた場合には、ハザード曲線評価において、竜巻発生個数の増加に比べリスク評価対象面積の増加の割合が大きくなり、ハザードが過小評価されることになるため、この地域を竜巻検討地域から除く。更に、日本海側は同様の気候区分に分類されることを考慮し、「山陰地方」を山口県の日本海側までとする。これにより、北海道から本州の日本海側及び北海道太平洋側の襟裳岬以西の海岸線を竜巻検討地域とする。第 9.1.3 表に北海道太平洋側の襟裳岬から東側及び陸奥湾から竜飛岬にかけての海岸線における竜巻発生数を示す。

(2) 過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認

日本で竜巻が集中する地域については、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説」⁽²⁾に、全国 19 箇所⁽²⁾の竜巻集中地域が示されており、第 9.1.2 図に示すとおり、泊発電所は、竜巻集中地域②（北海道の後志地方・渡島地方・檜山地方の一部）に立地している。

気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽³⁾によると、1961 年 1 月から 2012 年 6 月の 51.5 年間に発生が確認された竜巻の個数は竜巻集中地域②で 20 個であり、この期間に竜巻集中地域②で観測されている最も強い竜巻は F2 となる。

竜巻発生の影響評価の観点からすると、データ数は多い方がよいため、竜巻検討地域としては北海道から本州の日本海側及び北海道太平洋側の襟裳岬以西の海岸線を設定する。竜巻検討地域での竜巻個数は 212 個であり、観測された最も強い竜巻は F2 である。

なお、竜巻検討地域と竜巻集中地域②の竜巻発生確率は、 1.1×10^{-4} 、 1.0×10^{-4} （個/年/km²）であり、単位面積あたりの竜巻発生数は竜巻集中地域②の方がやや小さくなるものの、両者はおおむね同程度である（第 9.1.4 表）。竜巻集中地域②における竜巻の観測記録は 20 事例とかなり少なく、影響評価を行うにはデータ数が乏しい。

竜巻の地域特性を確認するため、第 9.1.3 図に示すとおり、竜巻集中地域②と竜巻検討地域、竜巻集中地域②に隣接する竜巻集中地域①（北海道の宗谷地方・留萌地方の一部）と⑬（北海道の胆振地方・日高地方の一部）における総観場の比較を行い、いずれの地域でも“季節風（冬）”と“温帯低気圧”が竜巻発生の主要因となっており、竜巻の発生要因には共通性がある。

なお、竜巻を発生させる親雲の発生要因(2)を考慮して 7 種の総観場に再編し、発生分布の特徴を分析している（第 9.1.5 表）。

(5) 竜巻検討地域

発電所に対する竜巻検討地域について、「総観場の分析に基づく地域特性の確認」及び「過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認」により地域特性を確認し、北海道から本州の日本海側及び北海道太平洋側の襟裳岬以西の海岸線から陸側及び海側それぞれ5 kmの範囲を竜巻検討地域に設定する（面積約38,895km²）。

第9.1.4図に竜巻検討地域を示す。

9.1.2 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定

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(V_{B1})及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})のうち、大きな風速を設定する。

(1) 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})

過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})の設定に当たっては、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等に取り組み、より信頼性のある評価が可能なように努力する。

日本で過去に発生した最大の竜巻はF3であり、Fスケールと風速の関係より風速は70m/s～92m/sであることから、日本で過去に発生した最大竜巻F3の風速範囲の上限値92m/sを V_{B1} とする。

第9.1.6表に日本で過去に発生したF3竜巻の観測記録を示す。

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})

竜巻最大風速のハザード曲線は、ガイドに従い、既往の算定方法に基づき、具体的には「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾を参照して、算定する。本評価は、竜巻データの分析、竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率密度分布の算定、相関係数の算定、並びにハザード曲線の算定によって構成される。

竜巻最大風速のハザード曲線の算定は、竜巻検討地域（海岸線から陸側及び海側それぞれ5 kmの範囲）の評価及び竜巻検討地域を海岸線に沿って1 km範囲ごとに短冊状に細分化した場合の評価の2とおりで算定し、そのうち大きな風速を設定する。

a. 海岸線から陸側及び海側それぞれ 5 km 全域の評価

本評価では、竜巻検討地域外で発生して竜巻検討地域内に移動した竜巻も発生数にカウントする。被害幅及び被害長さは、それぞれ被害全幅及び被害全長を用いる。

b. 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽³⁾を基に、1961年～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出する。第9.1.5図に気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽³⁾による1961年～2012年までの竜巻年別発生確認数を示す。なお、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の(a)～(c)の基本的な考え方に基づいて整理を行う。

- (a) 被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数及び標準偏差を用いる。
- (b) 被害が比較的軽微なF1竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。
- (c) 被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられるF2及びF3竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を用いる。

また、Fスケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。

陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）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スケール不明の竜巻は、被害が少ないF0竜巻とみなす。

海上で発生し、その後上陸しなかった竜巻（以下「海上竜巻」という。）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ことから、「海岸線から海上5 kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5 kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である。」という仮定に基づいて各Fスケールに分類する。その結果、Fスケール不明の海上竜巻の取扱いにより、第9.1.7表のとおり観測実績に対して保守性を高めた評価としている。また、同表の分析結果に基づき竜巻最大風速のハザード曲線の算出に使用する竜巻の発生数を第9.1.8表に示す。

c. 年発生数の確率密度分布の設定

ハザード曲線の評価に当たっては、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、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾にならつて

竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定し、使用する竜巻年発生数の確率密度分布はポリヤ分布を採用する。

竜巻年発生数の確率分布の設定には、ポアソン分布とポリヤ分布が考えられる。

ポアソン分布は、生起確率が正確に分からないまれな現象の場合に有用な分布である。一方、ポリヤ分布は、ガイドにおいて推奨されているポアソン分布を一般化したものであり、発生状況が必ずしも独立でないまれな現象（ある事象が生ずるのはまれであるが、一旦ある現象が発生するとその周囲にもその現象が生じやすくなる性質）の場合に有用な分布である（例えば、伝染病の発生件数）。台風や前線により竜巻が発生した場合、同時多発的に複数の竜巻が発生する状況が考えられるため、ポリヤ分布の方が実現象をより反映できると考えられる。

また、国内を対象とした竜巻の年発生数の分布の適合性に関する検討結果は、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾に示されており、陸上及び海上竜巻の両方の発生数について、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れているとしている。

発電所の竜巻検討地域で発生した竜巻を対象に、発生数に関するポアソン分布及びポリヤ分布の適合性を評価した結果、竜巻検討地域においても、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れていることを確認している（第9.1.6図）。

なお、ポリヤ分布は、年発生数の年々変動の実態をポアソン分布よりも適合性が高い形で表現できることを確認している（第9.1.7図、第9.1.8図）。

d. 竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率分布並びに相関係数

竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数、被害幅及び被害長さを基に、確率密度分布についてはガイド及びガイドが参考としている「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾を参照し、対数正規分布に従うものとする（第9.1.9図～第9.1.14図）。

なお、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅又は被害長さの情報がない竜巻には、被害幅又は被害長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は、被害幅又は被害長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅又は被害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、被害幅又は被害長さ0のデータについては計算に用いておらず、保守的な評価を行っている。

このように、前述のFスケール不明の竜巻の取扱い等も含め、データに

については保守的な評価となる取扱いを行っている。

また、1961年以降の観測データのみを用いて、竜巻風速、被害幅及び被害長さについて相関係数を求める（第9.1.9表）。

e. 竜巻影響エリアの設定

竜巻影響エリアは、発電所の評価対象施設の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア（直径425mm、面積約142,000m²）として設定する（第9.1.10表、第9.1.15図）。

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

f. ハザード曲線の算定

T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV₀以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

前述のとおり、竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式(1)⁽⁵⁾で示される。

$$P_T(N) = \frac{(vT)^N}{N!} (1 + \beta vT)^{-N-1/\beta} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (1)$$

ここで、

N：竜巻の年発生数

v：竜巻の年平均発生数

T：年数

βは分布パラメータであり式(2)で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1 \right) \times \frac{1}{v} \quad (2)$$

ここで、

σ：竜巻の年発生数の標準偏差

竜巻影響評価の対象となる構造物が風速V₀以上の竜巻に遭遇する事象をDと定義し、竜巻影響評価の対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速がV₀以上となる確率をR(V₀)としたとき、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV₀以上となる確率は式(3)で示される。

$$P_{V_0, T}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta} \quad (3)$$

このR(V₀)は、竜巻影響評価の対象地域の面積をA₀（つまり竜巻検討地

域の面積約 38,895km²), 1 つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式(4)で示される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (4)$$

ここで, $E[DA(V_0)]$ は, $DA(V_0)$ の期待値を意味する。

本評価では, 以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し, 式(4)により $R(V_0)$ を推定して, 式(3)により $P_{V_0,T}(D)$ を求める。風速を V , 被害幅 w , 被害長さ l , 移動方向 α 及び構造物の寸法を A, B とし, $f(V, w, l)$ 等の同時確率密度関数を用いると, $DA(V_0)$ の期待値は式(5)⁽⁶⁾で示される。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) f(V, w, l) dV dw dl \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha \\ & + AB \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (5)$$

ここで, 式(5)の右辺第1項は, 竜巻の被害幅と被害長さの積, つまり被害面積を表しており, いわゆる点構造物に対する被害, 第2項及び第3項は, 被害長さ・被害幅と構造物寸法の積, つまり構造物の被害面積を表す。第4項は構造物面積 AB に依存する項を示す。

また, $W(V_0)$ は竜巻風速が V_0 以上となる幅であり, 式(6)⁽⁶⁾⁽⁷⁾で示される。この式により, 被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布があることが考慮されている。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \quad (6)$$

ここで,

V_{min} : 被害幅 w 内の最小竜巻風速

V_0 : 被害が発生する最小風速

係数の 1.6 について, 既往の研究では例えば 0.5 や 1.0 等の値も提案されている。ガイドにて参照している Garson et al.⁽⁷⁾ では, 観測値が不十分であるため 1.6 を用いることが推奨されており, 本検討でも 1.6 を用いる。また, 泊発電所の竜巻影響評価では, ランキン渦モデルによる竜巻風速分布に基づいて設計竜巻の特性値等を設定している。ランキン渦モデルは高さ方向によって風速及び気圧が変化しないため, 地表から上空まで式

(6)を適用できる。なお、式(6)において係数を1.0とした場合がランキン渦モデルに該当する。

$H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面にリスク評価対象構造物を投影した時の長さであり、式(7)で示される。

$$\begin{aligned} H(\alpha) &= B|\sin\alpha| + A|\cos\alpha| \\ G(\alpha) &= A|\sin\alpha| + A|\cos\alpha| \end{aligned} \quad (7)$$

本評価ではリスク評価対象構造物を円形構造物（竜巻影響エリア）で設定しているため、 $H(\alpha)$ 、 $G(\alpha)$ ともに竜巻影響エリアの直径425mで一定（竜巻の移動方向に依存しない）となる。円の直径を D_0 とした場合の計算式は式(8)で示される。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V,w,l) dV dw dl \\ &+ D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V,l) dV dl + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V,w) dV dw \\ &+ \left(D_0^2 \pi / 4 \right) \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (8)$$

また、風速の積分範囲の上限値はハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として120m/sに設定する。

V_{\min} は、竜巻被害が発生する最小風速であり、Garsonはgale intensity velocityと呼んでいる（Galeとは非常に強い風の意）。米国の気象局（National Weather Service）では、34～47ノット（17.5～24.2m/s）とされている。日本の気象庁では、気象通報にも用いられている風力階級において、風力8が疾強風（gale, 17.2～20.7m/s）、風力9は大強風（strong gale, 20.8～24.4m/s）と分類されており、風力9では「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める」とされている。

以上より、これらの風速を包括するよう、 $V_{\min}=25\text{m/s}$ とした。この値は、F0（17～32m/s）のほぼ中央値に相当する。

海岸線から陸側及び海側それぞれ5km範囲を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、57m/sとなる（第9.1.14図）。

g. 1km範囲に細分化した評価

1km範囲ごとに細分化した評価は、1km幅は変えずに順次ずらして移

動するケース（短冊ケース）を設定して評価する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1 km 範囲内の被害幅及び被害長さを用いている。上記評価条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ5 km 範囲の評価と同様の方法でハザード曲線を算定する。

これら算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、海側0 km～1 kmを対象とした場合の65m/sが最大となる（第9.1.15図）。

h. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海岸線から陸側及び海側それぞれ5 km全域（竜巻検討地域）の評価と1 km範囲ごとに細分化した評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、65m/sとする（第9.1.16図）。

(3) 基準竜巻の最大風速 (V_B)

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=92\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=65\text{m/s}$ より、発電所における基準竜巻の最大風速 V_B は 92m/s とする。

9.1.3 設計竜巻の最大風速(V_D)の設定

発電所が立地する地域の特性として、周辺の地形や竜巻の移動方向を考慮して、基準竜巻の最大風速の割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。

9.1.3.1 地形効果による竜巻風速への影響

地形効果が竜巻強度に及ぼす影響に関する知見として、(1)地形起伏による影響、(2)地表面粗度による影響、について既往の研究において示されており、その知見を踏まえ、発電所周辺の地形効果による竜巻の増幅可能性について検討する。

(1) 地形起伏による影響

竜巻のような回転する流れでは、角運動量保存則により「回転の中心からの距離」及び「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質がある。そのため、竜巻の渦が上り斜面を移動する時、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動する時には強まる。

(2) 地表面粗度による影響

風は地表面の細かな凸凹が与える摩擦抵抗の影響を受けやすく、風速は、地表面において0となり上空に向かうにつれて増加する。地表面粗度は竜巻の旋回流を減衰させる効果を有し、地表面粗度の構成物が飛来物として運動することで風速が減衰することも示唆されている。

9.1.3.2 発電所周辺の地形

発電所周辺の地形を第9.1.19図、発電所周辺の地表面粗度を第9.1.20図、発電所周辺の標高及び防潮堤高さを第9.1.21図に示す。発電所が立地する敷地は、敷地前面（北西～南西方向）が日本海に面し、背後は積丹半島中央部の山嶺に続く標高40mから130mの丘陵地である。

(1) 地形起伏による影響

斜面における竜巻の増幅については、下り斜面で増幅するという知見と、上り斜面で増幅するという知見の両方が存在しており、現時点で、地形効果による竜巻の増幅を十分に評価できるだけの信頼性を有する知見は存在しない。泊発電所の場合、背後に急峻な傾斜地をもつ地形に立地しており、山側から進入する竜巻については、Forbes⁽¹²⁾やLewellen⁽¹³⁾が増幅している下り斜面に該当する。

(2) 地表面粗度による影響

力学的な知見からは、風洞を用いた竜巻状流れ場の可視化実験（松井・田村⁽⁸⁾）等において、旋回流のパラメータの一つであるスワール比（上昇流の運動量に対する角運動量の比）に応じて、地表面粗度が旋回流速度の低下に影響を与えることが分かっている。

最近の知見として、ラージ・エディター・シミュレーション（LES）による非定常乱流解析（Lewellen, D. C., and Lewellen W. S.⁽⁹⁾）で得られたスワール比に依存した竜巻の渦構造に関する知見が妥当であることが実際の竜巻近くで行った観測結果から示唆されている（Karstens et al.⁽¹⁰⁾）。LESを用いた非定常乱流場の数値解析結果では、スワール比が下がるのと同様の効果として、地表面粗度が旋回流の接線風速を弱める効果を有することが示唆されている（Natarajan and Hangan⁽¹¹⁾）。

そこで、敷地東側の山側から竜巻が泊発電所に進入することについては、地表面粗度が大きい丘陵地を越えてくることになるので考えにくいものの、下り斜面で増幅する可能性があることから、竜巻の移動方向について分析を行う。

9.1.3.3 竜巻の移動方向の分析

竜巻検討地域で発生した竜巻のうち移動方向が判明している竜巻の移動方向を確認した結果（第9.1.22図）、多くが海側から陸側の方向に移動していた。

観測されている発生竜巻の実績は全212個であり、そのうち146個の竜巻について移動方向が判明しており、これらを整理した結果、東側方向（海側から山側）に向けて移動する竜巻が大半を占めている。特に、泊発電所が位置する北海道後志支庁沿岸部の発生竜巻については、すべて東側（海側から山側）方向への移動が確認されている。

9.1.3.4 竜巻風速の増幅に関する検討

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。

従って、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。

9.1.3.5 設計竜巻の最大風速 (V_D)

発電所では、地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要はないと考えることから、基準竜巻の最大風速に対する割り増しは行わず、設計竜巻の最大風速 V_D は 92m/s とする。

なお、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。

9.1.4 設計竜巻の特性値

竜巻影響評価にあたっては、保守性を十分に確保するため、設計竜巻の最大風速 (V_D) は $V_D=92\text{m/s}$ を安全側に数字を切り上げて、 $V_D=100\text{m/s}$ の竜巻の特性値に基づく設計荷重に対して、竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

竜巻風速場として評価ガイドに示されるランキン渦モデルを用いた飛来物評価手法で用いる設計竜巻の特性値は、第 9.1.11 表のとおり設定する。

(1) 設計竜巻の移動速度 (V_T)

設計竜巻の移動速度 (V_T) は、ガイドに基づき、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾による風速場モデルに依存しない日本の竜巻の観測記録に基づいた竜巻移動速度(平均値)と最大風速との関係を参照して設定されている以下の算定式を用いて、 V_D から V_T を算定する。

$$V_T = 0.15 \cdot V_D$$

(2) 設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm})

設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm}) は、ガイドに基づき、米国 NRC の基準類を参考に設定されている風速場モデルに依存しない以下の式を用いて算定する。

$$V_{Rm} = V_D - V_T$$

(3) 設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m)

設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m) は、ガイドに基づき、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽⁴⁾による日本の竜巻の観測記録を基に提案された風速場モデルに準拠して以下の値を用いる。

$$R_m = 30 \text{ (m)}$$

(4) 設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{\max})・最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\max}$)

設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{\max})・最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\max}$) は、ガイドに基づき、米国 NRC の基準類を参考に設定されているランキン渦モデルによる風速分布に基づいて、以下の式を用いて算定する。

$$\Delta P_{\max} = \rho \cdot V_{Rm}^2$$

$$(dp/dt)_{\max} = (V_T/R_m) \cdot \Delta P_{\max}$$

9.2 参考文献

- (1) 気象庁 季節予報で用いる予報区分
- (2) 井上博登, 福西史郎, 鈴木哲夫, 2013:原子力発電所の竜巻影響評価ガイド (案) 及び解説, 独立行政法人原子力安全基盤機構, JNES-RE-2013-9009
- (3) 気象庁 竜巻等の突風データベース
- (4) 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, 独立行政法人原子力安全基盤機構
- (5) Wen. Y. K and Chu. S. L. (1973) : Tornado Risks and Design Wind Speed, Journal of the Structural Division, Proceedings of American Society of Civil Engineering, Vol. 99, No. ST12, pp. 2409-2421
- (6) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C. A. (1975) : Tornado Risk Evaluation Using Wind Speed Profiles, Journal of the Structural. Division, Proceedings of American Society of Civil Engineering, Vol. 101, No. ST5, pp. 1167-1171
- (7) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C. A. (1975) : Tornado Design Winds Based on Risk, Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 101, No. ST9, pp. 1883-1897
- (8) 松井正宏, 田村幸雄 (2005) : 竜巻状流れ場の可視化実験および流速計測によるスワール比, 粗度の影響, 東京工芸大学工学部紀要, 28, pp. 113-119.
- (9) Lewellen. D. C., and Lewellen W. S. (2007): Near-surface intensification of tornado vortices. J. Atmos. Sci., 64, 2176-2194.
- (10) Karstens. C. D., Samaras T. M., Lee B. D., Gallus Jr W. A., and Finley C. A. (2010): Near-ground pressure and wind measurements in tornadoes. Mon. Wea. Rev., 138, 2570-2588.

- (11)Natarajan. D., and Hangan H.(2012) : Large eddy simulations of translation and surface roughness effects on tornado-like vortices, journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 104-106, pp.577-584.
- (12)Forbes. G. S.(1998) : Topographic Influences on Tornadoes in Pennsylvania, 19th Conference on Severe Local Storms,American Meteorological Society, Minneapolis, MN, pp.269-272.
- (13)Lewellen. D. C. (2012) : Effects of Topography on Tornado Dynamics: A Simulation Study, 26th Conference on Severe Local Storms, American Meteorological Society, Nashville, TN, 4B.1.
- (14)U. S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.76: Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants,Revision 1, March 2007.

第 9.1.1 表 地域区分ごとの総観場の集計

地域区分	台風	南岸低気圧	日本海低気圧	二つ玉低気圧	気圧の谷	局地性じょう乱	東シナ海低気圧	その他低気圧	温暖前線	寒冷前線	閉塞前線	停滞前線	不安定線	梅雨前線	太平洋高気圧	その他高気圧	季節風	雷雨(熱雷)	雷雨(熱雷を除く)	寒気の移流	暖気の移流	計	藤田スケールの最大
北海道日本海側	0	0	3	0	29	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	34	3	82	F2
北海道オホーツク海側	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	F3
北海道太平洋側	0	0	2	0	12	2	0	0	1	13	2	0	2	0	0	1	0	1	1	7	4	48	F2
東北日本海側	0	0	14	0	35	7	0	4	2	28	0	5	0	0	1	0	1	3	0	17	3	120	(F2)
東北太平洋側	2	0	1	1	2	2	0	1	0	10	1	1	2	1	0	1	0	3	1	8	4	41	(F2)
関東甲信地方	49	16	11	0	17	15	0	8	7	22	2	14	2	5	0	0	1	6	7	39	22	243	F3
北陸地方	0	0	12	1	27	3	0	2	0	27	0	3	4	0	0	0	8	0	2	82	2	173	F2
東海地方	27	4	11	9	7	3	0	1	7	10	2	11	1	3	0	0	1	0	0	5	10	112	F3
近畿日本海側	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	7	1	10	F0
近畿太平洋側	3	4	5	0	1	1	0	0	0	8	0	3	0	1	0	0	1	1	0	3	5	34	F1~F2
山陰地方	0	0	5	0	5	5	0	1	0	9	0	0	0	0	0	1	1	1	28	7	63	F1	
山陽地方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	2	8	8	F2
四国地方	18	3	9	2	2	0	0	4	1	1	2	10	0	3	1	1	0	0	0	9	26	92	F2
九州北部地方	11	0	1	0	8	18	0	8	2	22	0	10	2	7	2	0	1	5	1	8	13	119	F2
九州南部地方	45	3	1	0	4	6	15	11	4	22	0	7	5	3	2	0	0	1	0	1	22	152	F2~F3
沖縄地方	20	0	0	0	39	2	13	6	1	28	0	22	0	10	17	8	0	5	0	2	30	201	F2
全地域	175	30	75	13	188	65	28	46	26	204	11	89	19	35	25	11	15	27	13	250	155	1500	F3

(注) 総観場の分類は、気象庁（出典：気象庁HP 竜巻等の突風データベース（2013年9月））に従った。

全地域の出現が10個未満の総観場は集計から除外し、35種類の総観場の中から21種類を対象とした。

第 9.1.2 表 北海道日本海側と他地域区分間の相関係数一覧

地域区分	北海道日本海側との相関	
	相関係数	有意水準1%相関の有○、無×
北海道日本海側	1.00	-
北海道オホーツク海側	0.04	×
北海道太平洋側	0.73	○
東北日本海側	0.75	○
東北太平洋側	0.54	×
関東甲信地方	0.47	×
北陸地方	0.90	○
東海地方	0.07	×
近畿日本海側	0.70	○
近畿太平洋側	0.20	×
山陰地方	0.81	○
山陽地方	-0.17	×
四国地方	0.10	×
九州北部地方	0.22	×
九州南部地方	-0.10	×
沖縄地方	0.32	×

第 9.1.3 表 襟裳岬から東側の海岸線等における竜巻発生数

・ 襟裳岬から知床半島までの海岸線における竜巻の発生実績

番号	発生日時	発生場所	藤田スケール
1	1969/10/11 09:25	北海道根室支庁(海上)	不明

・ 竜飛岬までの陸奥湾西側海岸線における竜巻の発生実績

番号	発生日時	発生場所	藤田スケール
1	1966/10/05 16:02	青森県 青森市	—

第 9.1.4 表 竜巻集中地域及び竜巻検討地域の竜巻発生確率の比較

	対象面積 (km ²)	竜巻発生個数(個) (観測期間 51.5 年)	竜巻発生確率 (個/年/km ²)
竜巻集中地域	3,850	20	1.0×10^{-4}
竜巻検討地域	38,895	212	1.1×10^{-4}

第 9.1.5 表 総観場の分類と特徴

総観場	気象庁 DB の分類	特徴
台風	台風	台風を形成する雲が竜巻を発生させた場合とする。台風中心の北東方向では、南東からの強い暖気の移流のため、親雲が発達しやすく強い竜巻が発生しやすい。そのため、関東以西の太平洋側で発生頻度が高く、F3 竜巻も多くみられる。
温帯低気圧	南岸低気圧，日本海低気圧，二つ玉低気圧，東シナ海低気圧，オホーツク海低気圧，その他（低気圧），寒冷前線，温暖前線，閉塞前線	寒気と暖気が接し傾圧不安定による組織的な雲が形成する環境場とする。主に南からの下層の暖湿流が親雲の発達に重要な働きをするため，暖湿流が山岳等で遮られない関東以西の太平洋側で発生頻度が高く，F3 竜巻も見られる。日本海側では温帯低気圧に起因する竜巻の頻度は太平洋側と比較して低めであるが，F2 竜巻の発生は確認されている。
季節風（夏）	暖気の移流，熱帯低気圧，湿舌，太平洋高気圧	暖湿流が主要因で親雲を形成する環境場とする。関東以西の太平洋側や内陸で多く確認でき，F3 竜巻も見られる。
季節風（冬）	寒気の移流，気圧の谷，大陸高気圧，季節風	上層に寒気が流入することで大気が不安定になり，竜巻の親雲が形成する環境場とする。寒気は北～西の方角から移流することが多いため，日本海側や関東以北で発生頻度が高い。下層に暖気の移流があると，親雲の発達に寄与するため，F3 竜巻が生じる場合もある。
停滞前線	停滞前線，梅雨前線，前線帯，不安定線，その他（前線）	南からの暖湿流により親雲が形成されやすく，関東以西の太平洋側や内陸で発生頻度が高い。
局地性	局地性擾乱，雷雨（熱雷），雷雨（熱雷を除く），地形効果，局地性降水	地域的な循環により親雲が形成する環境場とする。親雲の形成に地形的な影響も受けることも多いため，内陸で発生頻度が高い。
その他	移動性高気圧，中緯度高気圧，オホーツク海高気圧，帯状高気圧，その他（高気圧），大循環異常，その他	上記に当てはまらない環境場とする。全体的に個数は少ない。

第 9.1.6 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)

発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所
1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県浦和市
1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県茂原市
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
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 佐呂間町
2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県常総市

第 9.1.7 表 竜巻発生数の分析結果

竜巻検討地域 (沿岸±5km)	発生数の統計	小計	竜巻スケール				不明		総数 (含む不明)
			F0	F1	F2	F3	(陸上)	(海上)	
1961～ 2012/6 (51.5年間)	期間内総数	90	30	47	13	0	12	110	212
	平均値(年)	1.75	0.58	0.91	0.25	0.00	0.23	2.14	4.12
	標準偏差(年)	2.53	2.00	1.02	0.52	0.00	0.68	6.13	8.06
1991～ 2012/6 (21.5年間)	期間内総数	60	30	27	3	0	11	110	181
	平均値(年)	2.79	1.40	1.26	0.14	0.00	0.51	5.12	8.42
	標準偏差(年)	3.47	2.96	1.12	0.36	0.00	0.98	8.79	11.24
2007～ 2012/6 (5.5年間)	期間内総数	32	26	6	0	0	4	94	130
	平均値(年)	5.82	4.73	1.09	0.00	0.00	0.73	17.09	23.64
	標準偏差(年)	6.09	4.81	1.34	0.00	0.00	1.72	11.94	15.67
疑似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	360	244	65	13	0	38	881	1241
	平均値(年)	6.96	4.73	1.26	0.25	0.00	0.73	17.09	24.05
	標準偏差(年)	5.26	4.81	1.12	0.52	0.00	1.72	11.94	13.05
疑似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	1243	973	225	45	0	0	0	1243
	平均値(年)	24.00	18.80	4.33	0.87	0.00	0.00	0.00	24.00
	標準偏差(年)	9.77	9.49	2.09	0.97	0.00	0.00	0.00	9.77

注1：切り上げの関係で総計数が一致していない箇所がある。

注2：色塗り部分については、竜巻発生頻度の分析に用いるデータを示している。

第 9.1.8 表 分析結果に基づき竜巻最大風速のハザード曲線の
算出に使用する竜巻の発生数

疑似 51.5年間 (全竜巻)	統計	F0	F1	F2	F3	F不明	小計
	期間内総数	973	225	45	0	0	1243
	平均値(年)	18.89	4.37	0.87	0	0	24.14
	標準偏差(年)	9.49	2.09	0.97	0	0	9.77

第 9.1.9 表 竜巻風速，被害幅，被害長さの相関係数（単位無し）

相関係数	風速	被害幅	被害長さ
風速	1.000	-0.057*	0.301
被害幅	-0.057*	1.000	0.458
被害長さ	0.301	0.458	1.000

*風速と被害幅は無相関との知見が得られたため，ハザード算定の際には，相関係数 0 として計算

第 9.1.10 表 評価対象施設の面積

評価対象施設	設置面積 (m ²)
原子炉建屋 (R/B)	4,889
原子炉補助建屋 (A/B)	3,689
ディーゼル発電機建屋 (DG/B)	493
タービン建屋 (T/B)	5,225
電気建屋 (EL/B)	1,214
出入管理建屋 (AC/B)	1,603
循環水ポンプ建屋 (CWP/B)	2,748
合 計	19,861

第 9.1.11 表 設計竜巻の特性値

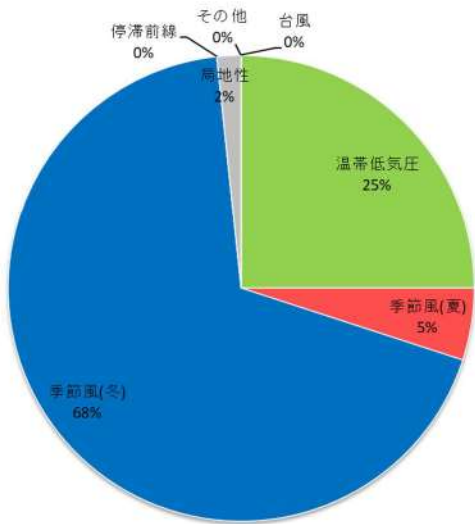
最大風速	移動風速	最大接線風速	最大接線風速半径	最大気圧低下量	最大気圧低下率
V_D	V_T	V_{Rm}	R_m	ΔP_{max}	$(dp/dt)_{max}$
(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(hPa)	(hPa/s)
100	15	85	30	89	45



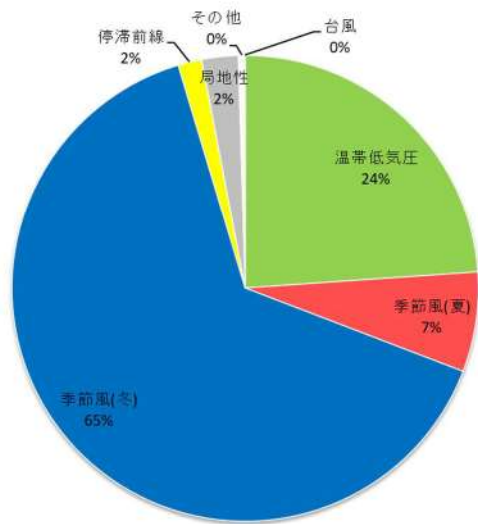
第 9.1.1 図 地方季節予報の予報区分図（出典：気象庁 HP）



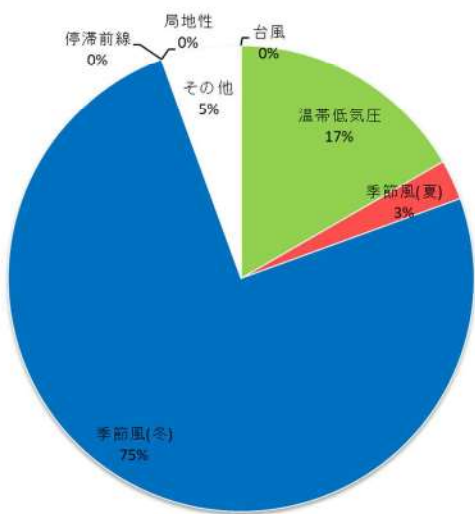
第 9.1.2 図 竜巻の発生する地点と竜巻が集中する 19 個の地域
 （「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説」⁽²⁾より引用）



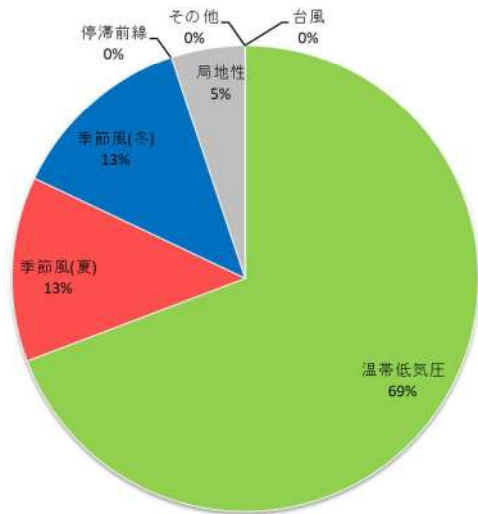
竜巻集中地域②
(北海道の後志地方・渡島地方・檜山地方の一部)



竜巻検討地域
(日本海沿岸+北海道南西域)

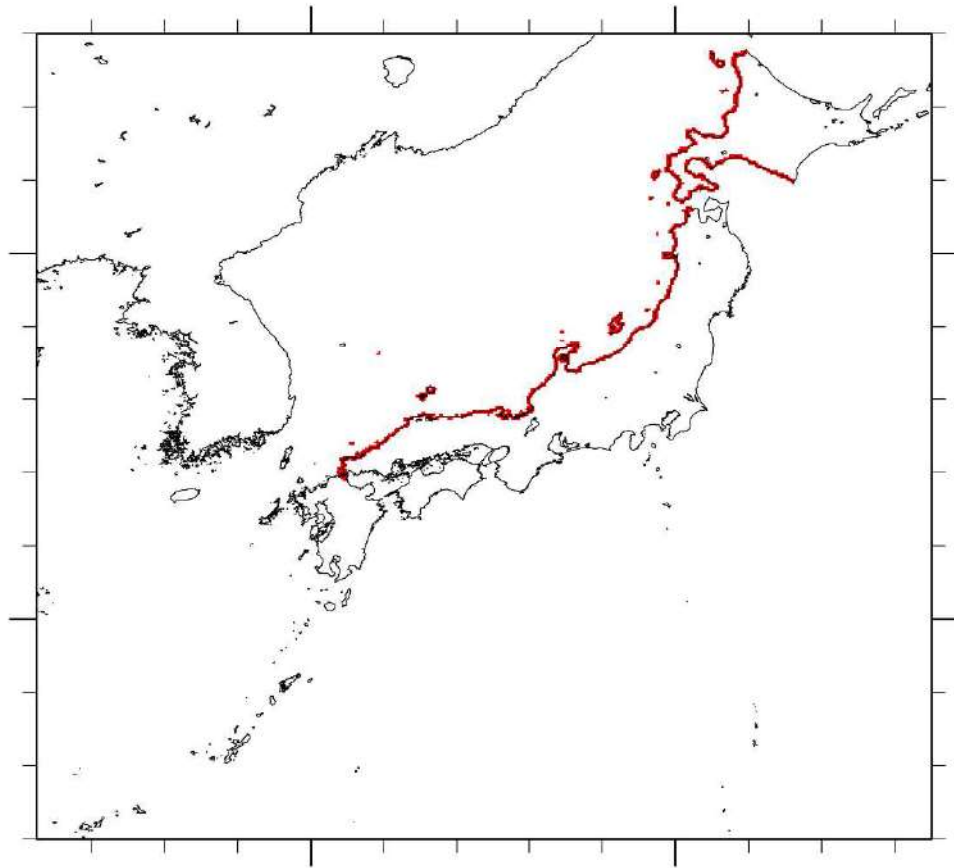


竜巻集中地域①
(北海道の宗谷地方・留萌地方の一部)

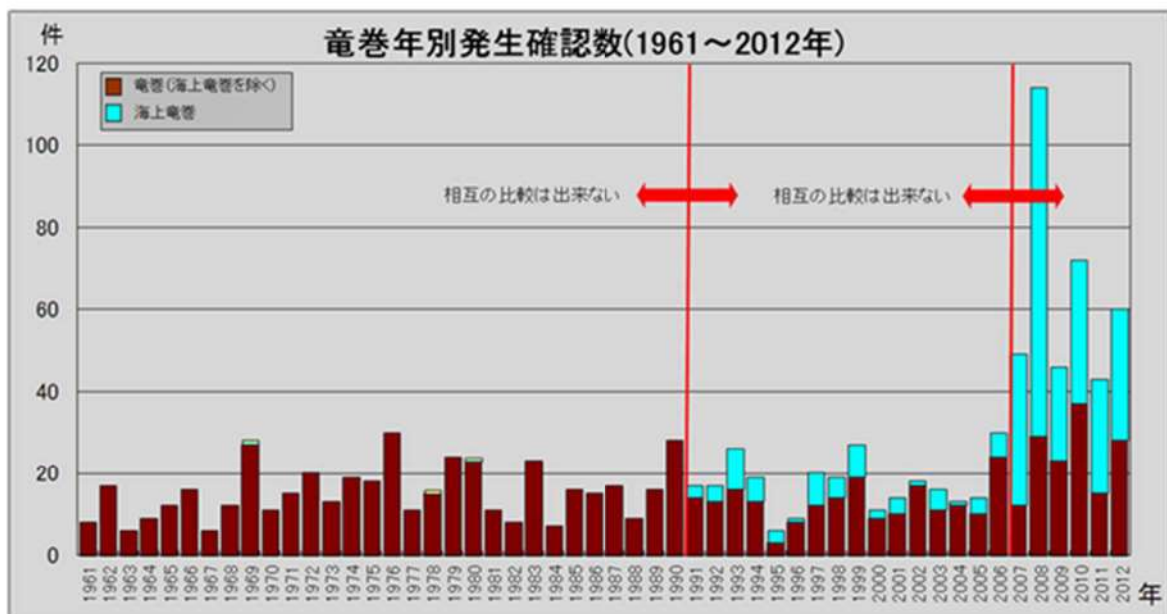


竜巻集中地域⑱
(北海道の胆振地方・日高地方の一部)

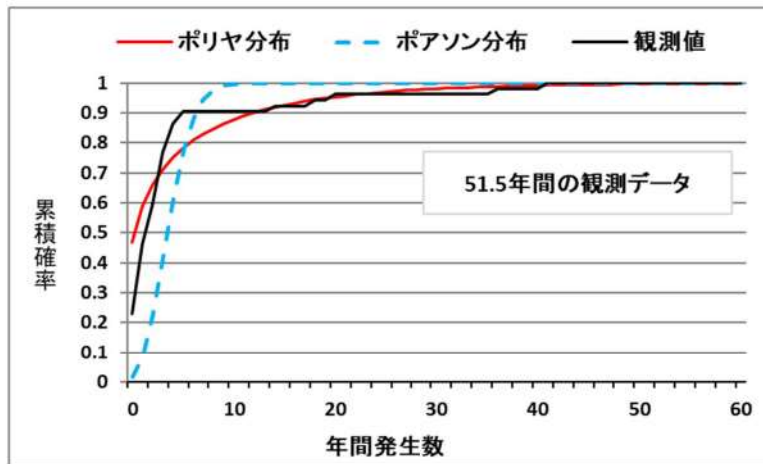
第 9. 1. 3 図 各地域の竜巻発生要因に関する総観場の特徴



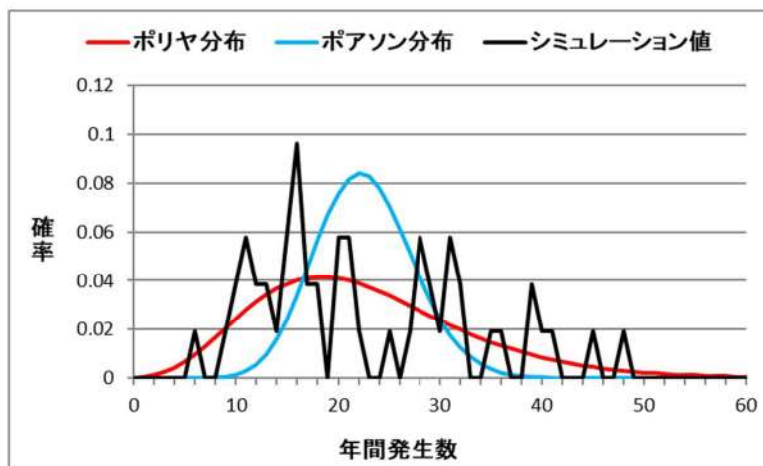
第 9.1.4 図 竜巻検討地域



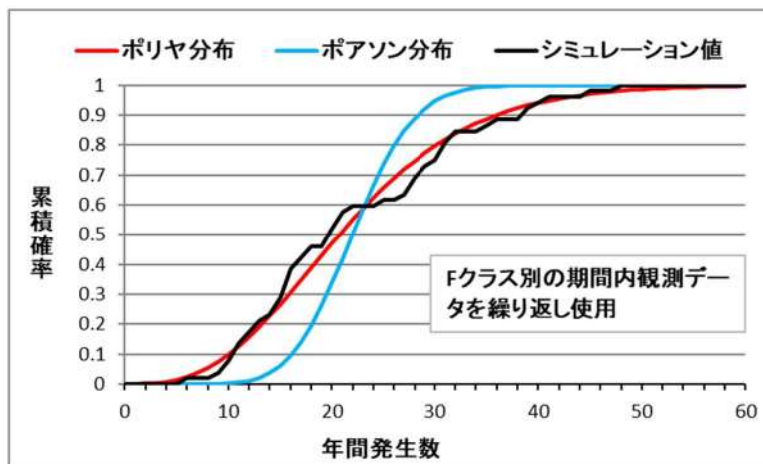
第 9.1.5 図 竜巻年別発生確認数 (1961 年～2012 年) (出典：気象庁 HP)



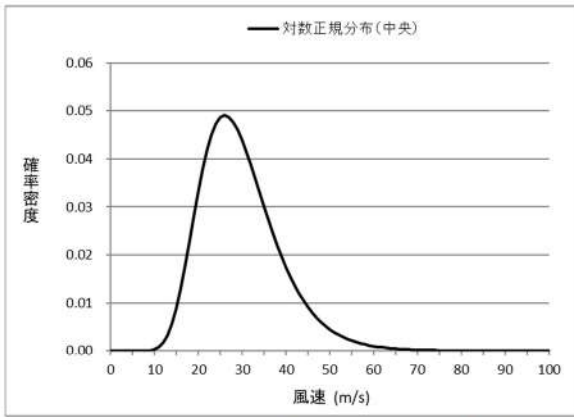
第 9.1.6 図 竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積確率
(観測値)



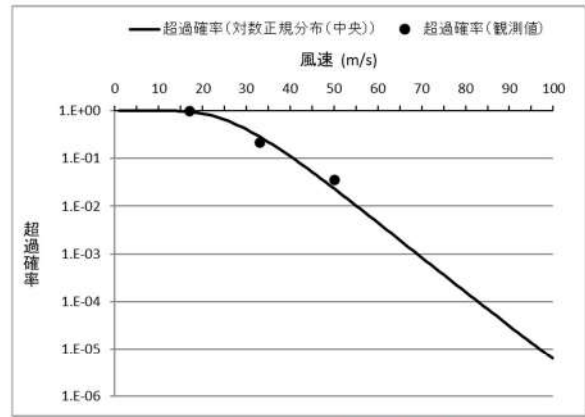
第 9.1.7 図 竜巻検討地域における竜巻の年発生数の分布関数
(シミュレーション値)



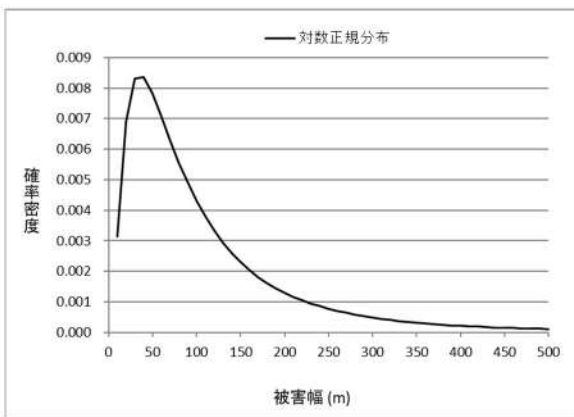
第 9.1.8 図 竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積確率
(シミュレーション値)



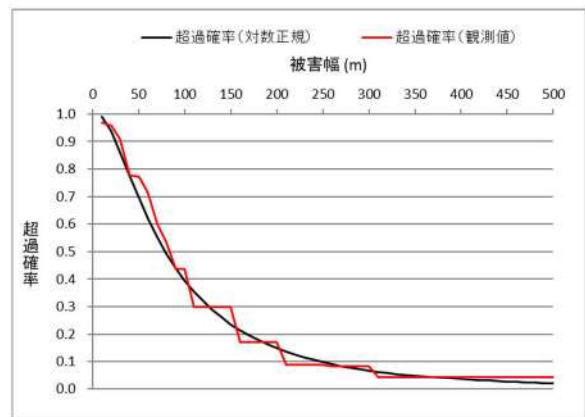
第 9.1.9 図 竜巻風速の確率密度分布



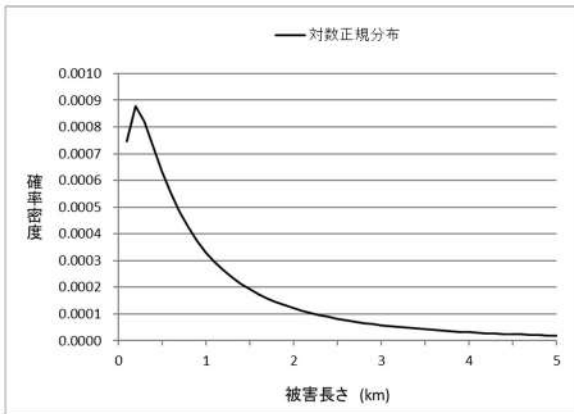
第 9.1.10 図 竜巻風速の超過確率分布



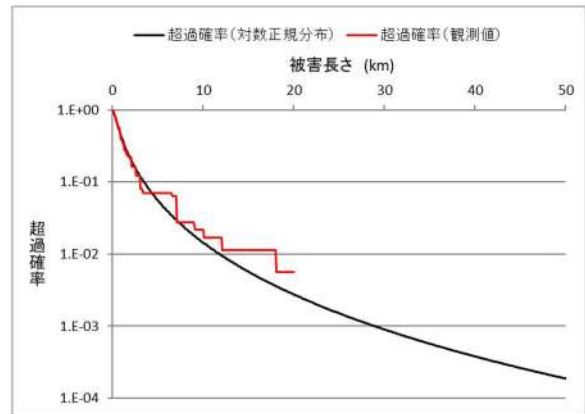
第 9.1.11 図 被害幅の確率密度分布



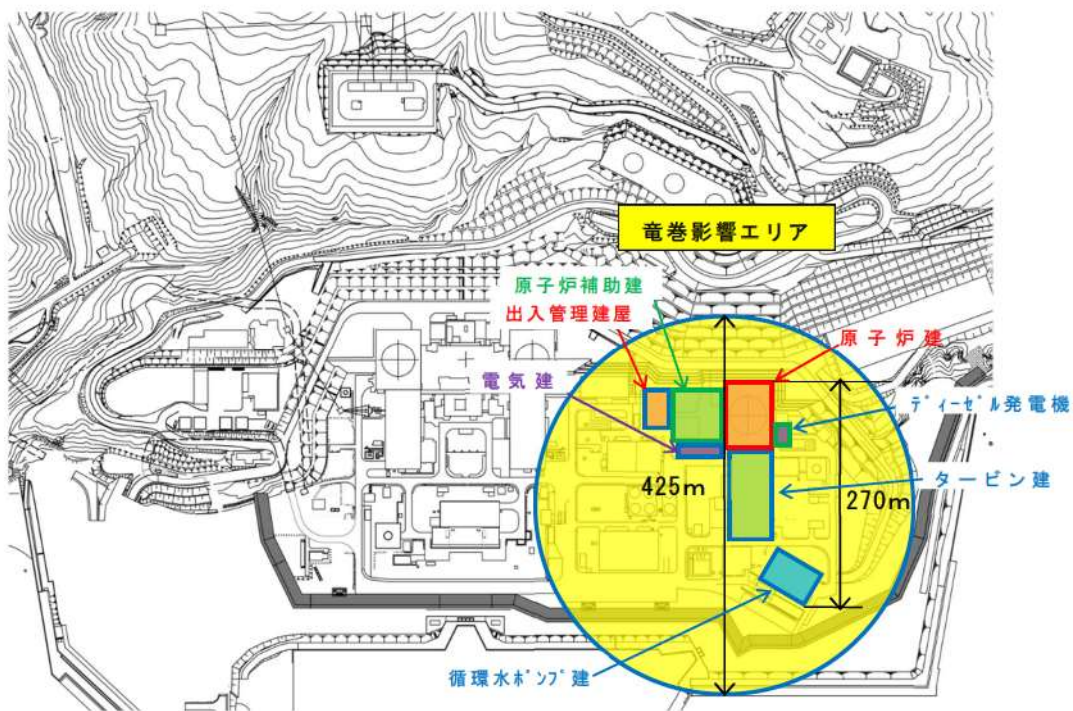
第 9.1.12 図 被害幅の超過確率分布



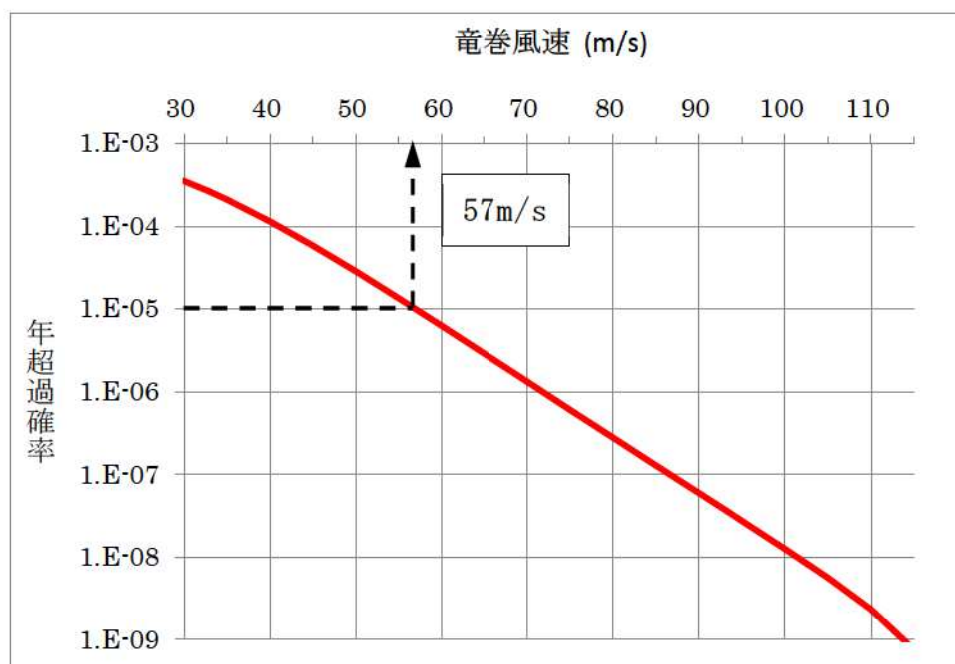
第 9.1.13 図 被害長さの確率密度分布



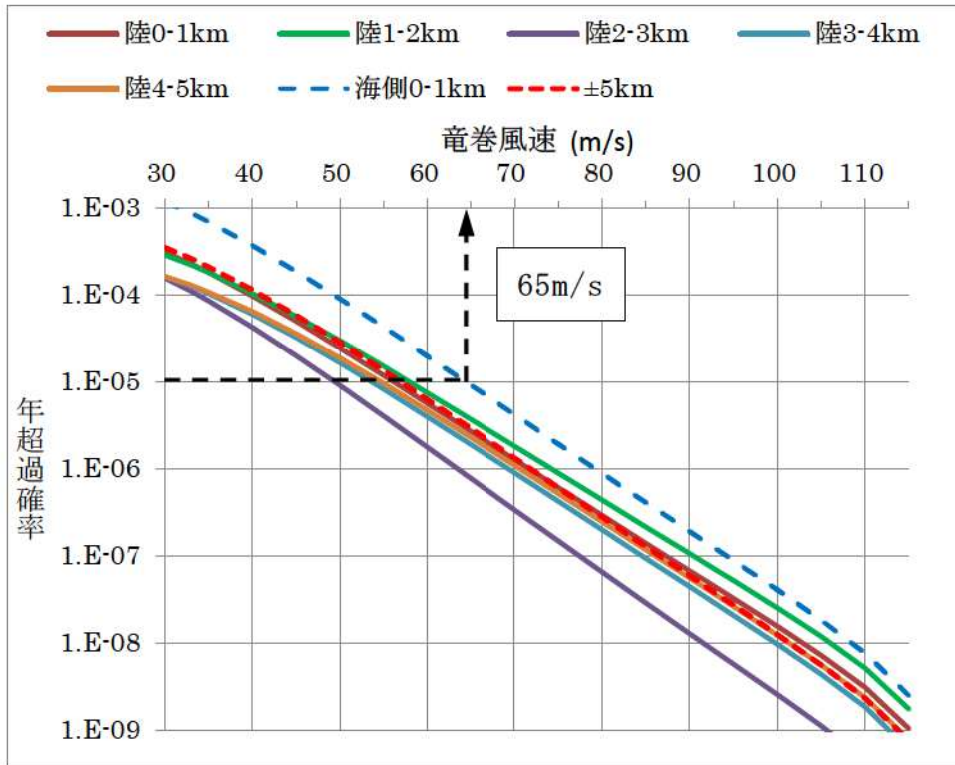
第 9.1.14 図 被害長さの超過確率分布



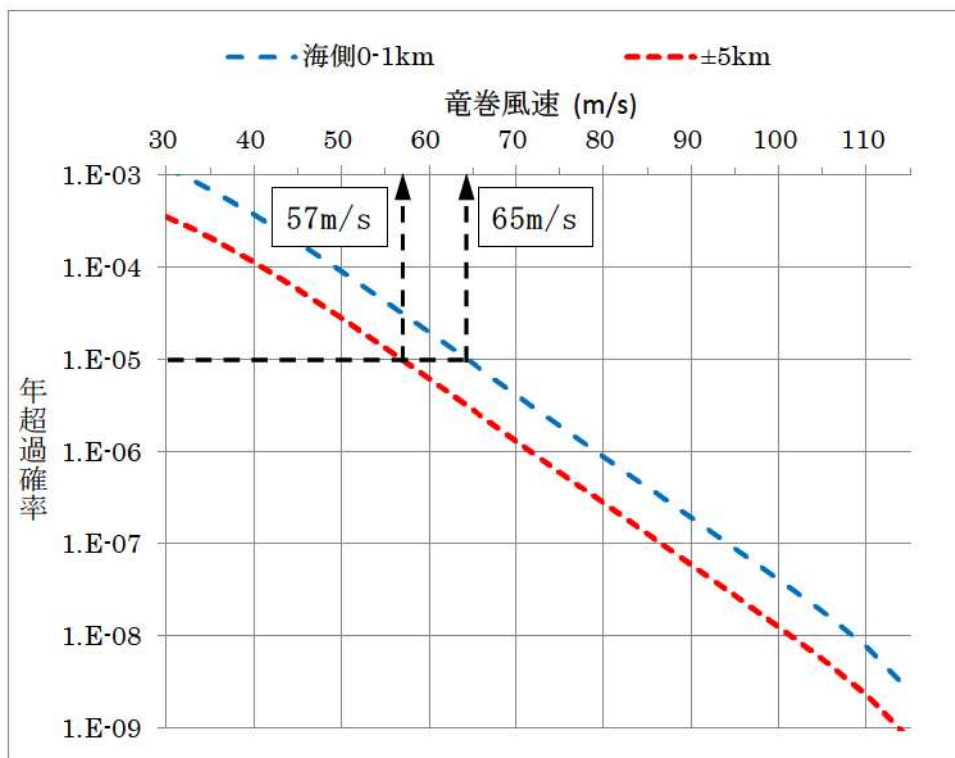
第9.1.15図 竜巻影響エリア



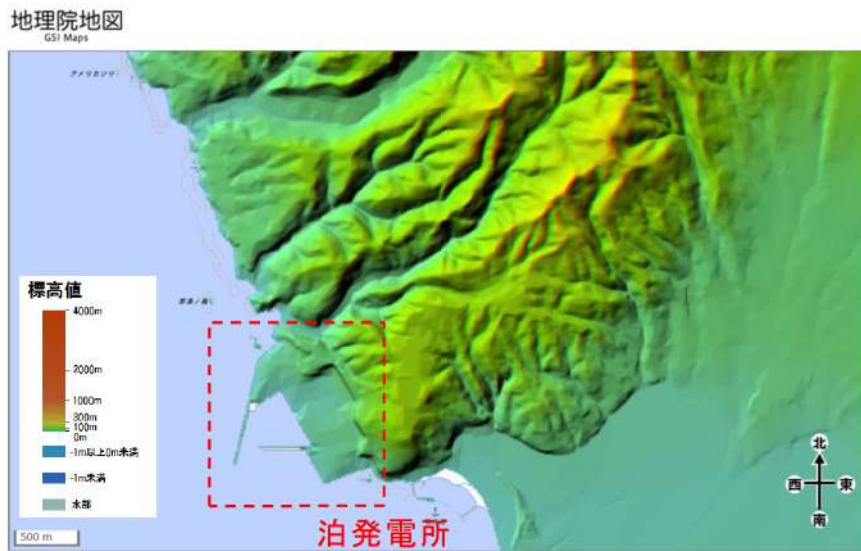
第9.1.16図 竜巻最大風速のハザード曲線 (海側, 陸側 5 km範囲)



第 9. 1. 17 図 竜巻検討地域を 1 km 幅ごとに細分化したハザード曲線と海側，陸側 5 km 範囲のハザード曲線



第 9. 1. 18 図 竜巻最大風速のハザード曲線

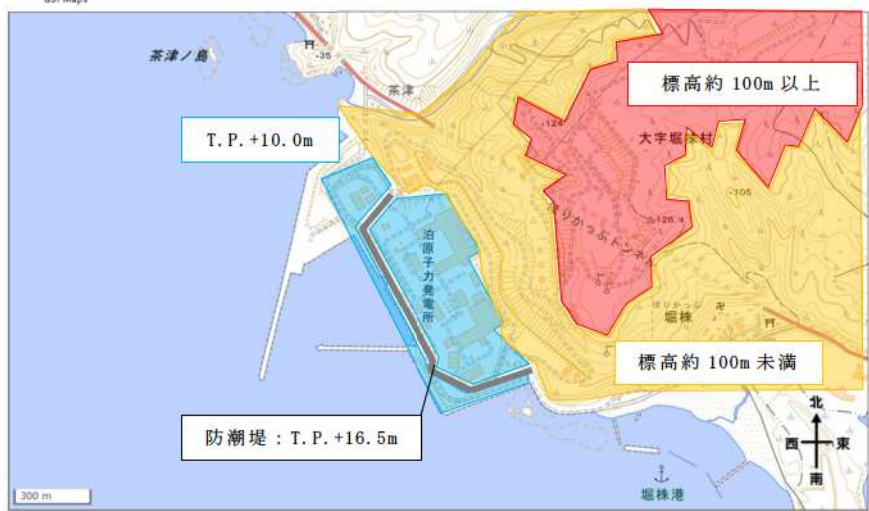


第 9.1.19 図 泊発電所周辺の地形（国土地理院「電子国土 Web」より作成）



第 9.1.20 図 泊発電所周辺の地表面粗度（国土地理院「電子国土 Web」より作成）

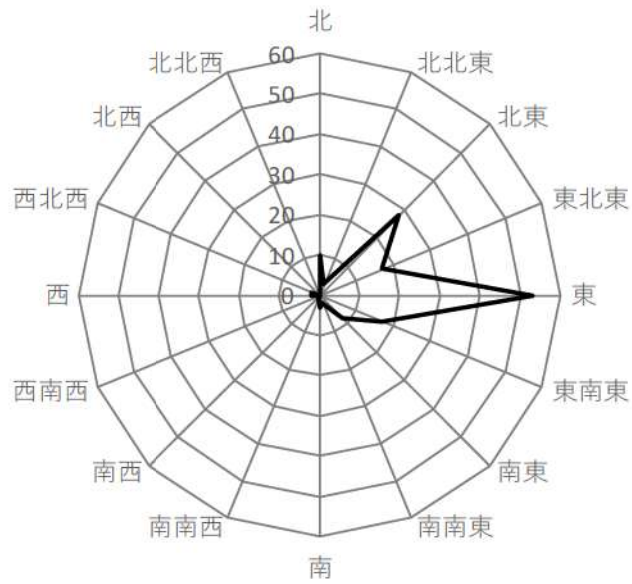
地理院地図



第 9.1.21 図 泊発電所の周辺の標高及び防潮堤高さ（国土地理院「電子国土 Web」より作成）

[個]

北	10
北北東	3
北東	28
東北東	17
東	53
東南東	17
南東	8
南南東	2
南	3
南南西	1
南西	0
西南西	0
西	2
西北西	2
北西	0
北北西	0
計	146



第 9.1.22 図 移動方向別の竜巻発生個数

1.4 設備等
該当なし

泊発電所 3 号炉

竜巻影響評価について

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止
(竜巻)

<目次>

- 1. 竜巻に対する防護
 - 1.1 概要
 - 1.2 評価の基本方針
 - 1.3 評価の基本的な考え方
- 2. 基準竜巻・設計竜巻の設定
 - 2.1 概要
 - 2.2 竜巻検討地域の設定
 - 2.3 基準竜巻の最大風速(VB)の設定
 - 2.4 設計竜巻の最大風速(VD)の設定
 - 2.5 設計竜巻の特性値
- 3. 竜巻影響評価
 - 3.1 評価概要
 - 3.2 評価対象施設等
 - 3.3 設計荷重の設定
 - 3.4 評価対象施設等の設計方針
 - 3.5 竜巻随件事象に対する評価
- 4. 飛来物対策

今回提出範囲

添付資料

- 1.1 重大事故等対処施設に対する考慮について
- 1.2 評価対象施設の抽出について
- 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の抽出について
- 2.1 竜巻検討地域の設定について
- 2.2 竜巻検討地域で発生した竜巻
- 2.3 竜巻最大風速のハザード曲線の求め方
- 2.4 地形効果による竜巻風速への影響について
- 3.1 竜巻影響評価の概要及び保守性について
- 3.2 竜巻影響評価及び竜巻対策の概要
- 3.3 設計飛来物の選定について
- 3.4 竜巻随件事象の抽出について
- 3.5 飛来物化する可能性がある物品等の管理について

今回提出範囲

- 3.6 設計竜巻荷重と積雪荷重との組み合わせについて
- 3.7 評価対象施設の竜巻影響評価について
- 3.8 竜巻防護ネットの構造設計について
- 3.9 解析コードについて
- 3.10 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの適合状況について

1. 竜巻に対する防護

1.1 概要

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。）」第六条において、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。

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。

- ・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
- ・泊発電所における飛来物に係る調査
- ・飛来物防止対策
- ・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

また、第四十三条の要求を踏まえ、設計竜巻によって、設計基準対象施設の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに、重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても、位置的分散又は頑健性のある外殻となる建屋による防護に期待できるといった観点から、代替手段により必要な安全機能を維持できることを確認する。【添付資料 1.1】

※「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説（平成 25 年 10 月，独立行政法人原子力安全基盤機構）」を含む。

1.2 評価の基本方針

1.2.1 竜巻から防護する施設の抽出

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。

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※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。

※ 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

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。

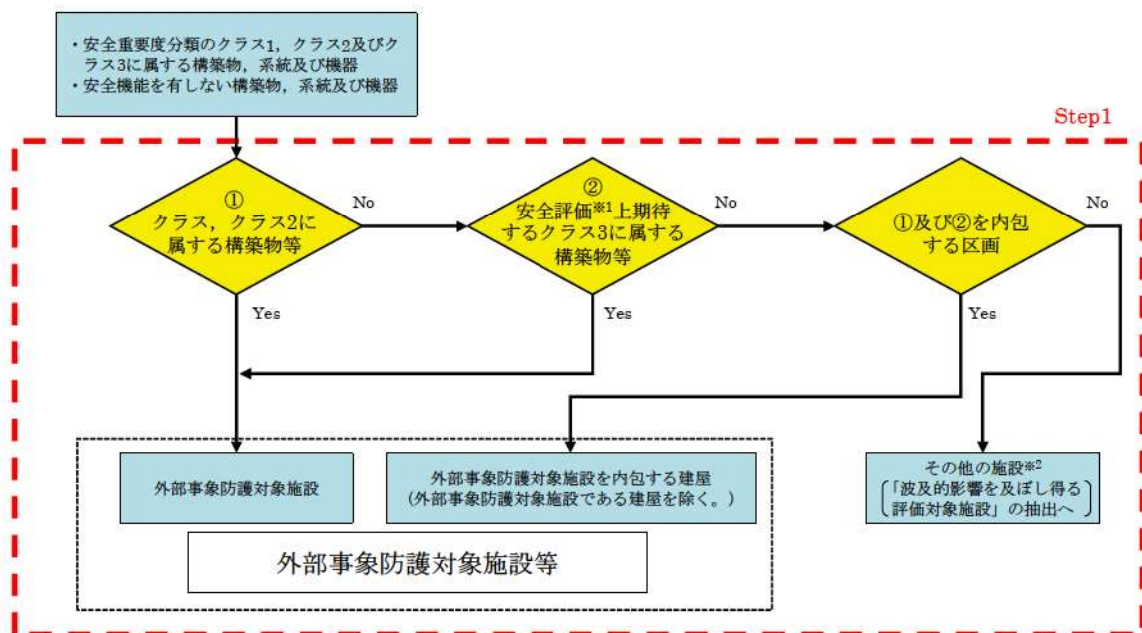
上記に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随件事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

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。

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。

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】



※1 運転時の異常な課と変化及び設計基準事故解析

※2 竜巻及びその随件事象に対して機能維持すること、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又は安全上試使用のない期間に修復すること等の対応が可能であることを確認する。

第 1.2.2.1 図 外部事象防護対象施設等の抽出フロー

(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】

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。

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。

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。

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。

また、第 1.2.2.2 図において抽出した評価対象施設の配置を第 1.2.2.3 図に示す。

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。）

(a) 排気筒（建屋外）

<以下、外部事象防護対象施設を内包する区画>

(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（余熱除去ポンプ他を内包）

(f) ディーゼル発電機建屋（ディーゼル発電機他を内包）

(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) 取水ピットポンプ室（原子炉補機冷却海水ポンプ他を内包）

(j) 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナストレーナ室（原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他を内包）

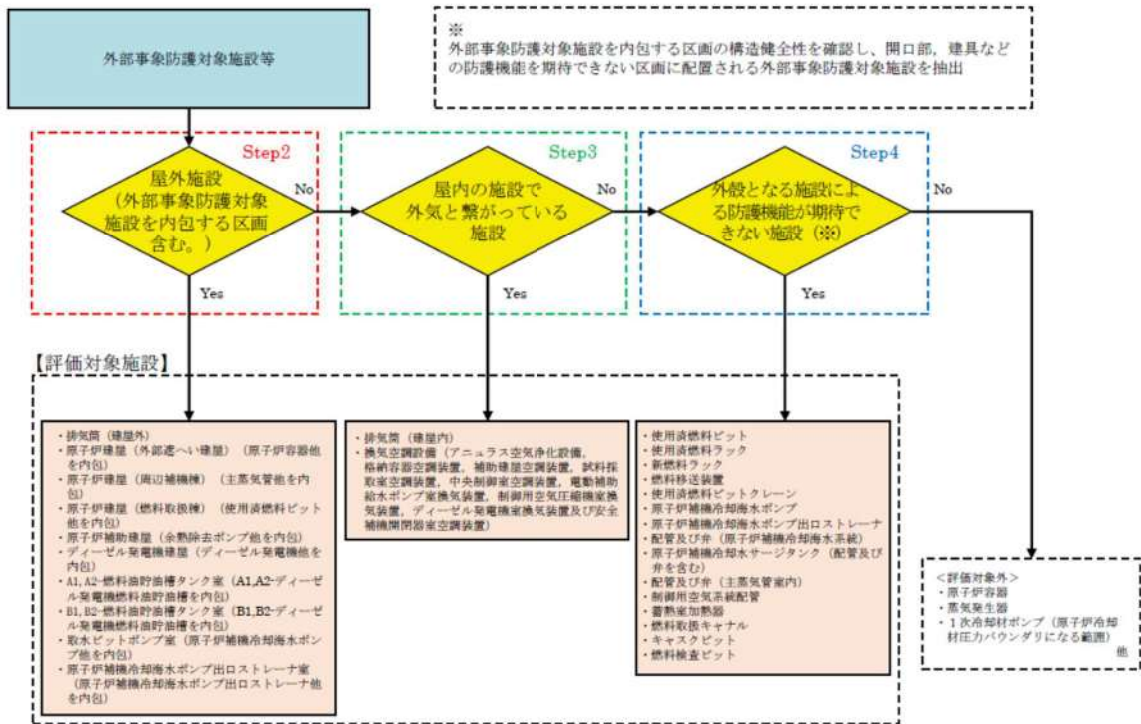
b. 屋内の施設で外気と繋がっている施設

(a) 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）

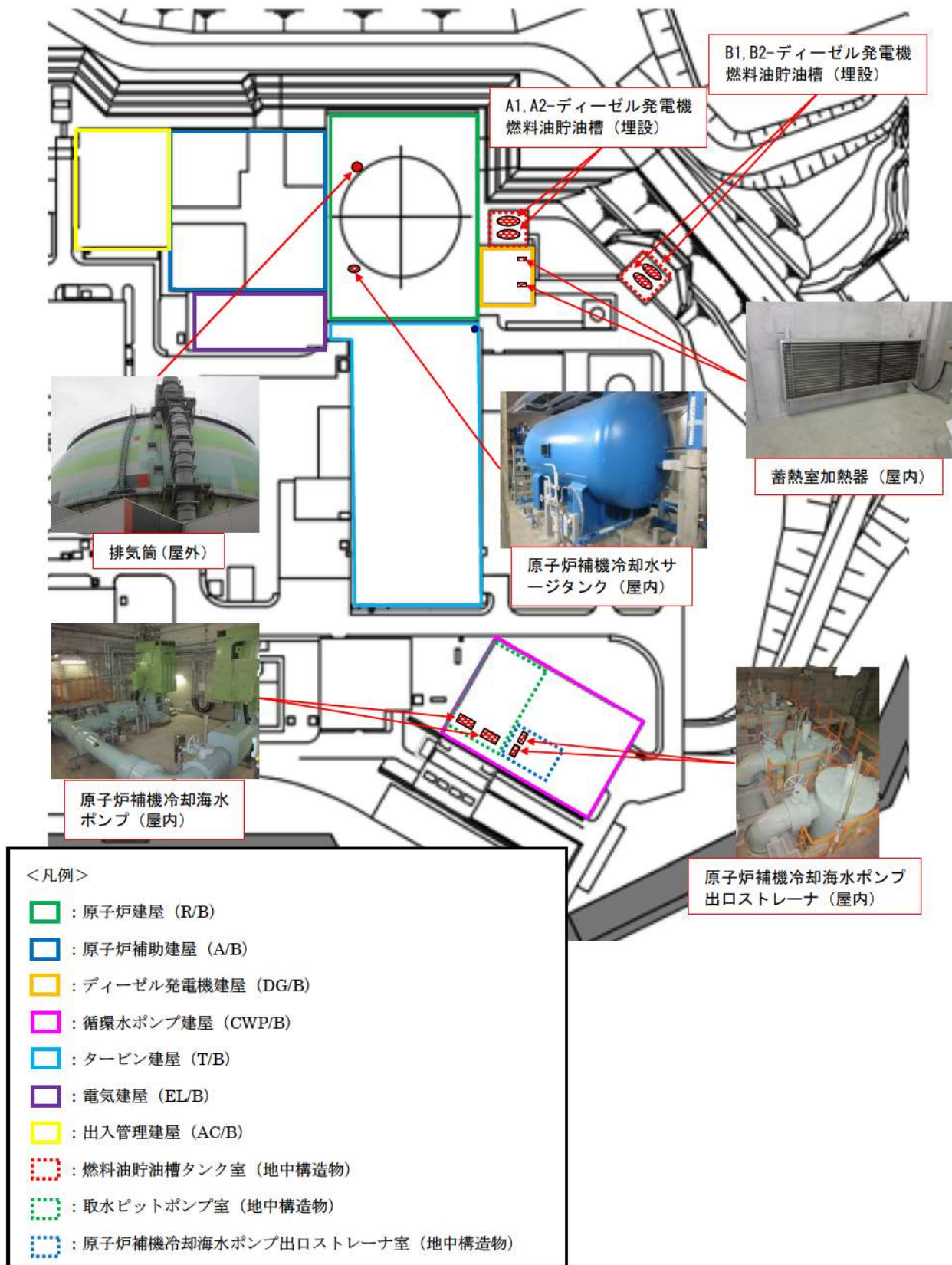
(b) 排気筒（建屋内）

c. 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

- (a) 原子炉補機冷却海水ポンプ
- (b) 蓄熱室加熱器
- (c) 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ
- (d) 配管及び弁（原子炉補機冷却海水系統）
- (e) 原子炉建屋の原子炉補機冷却水サージタンク・空調用冷水膨脹タンク室に設置されている原子炉補機冷却水サージタンクおよび原子炉補機冷却水系統の配管・弁（以下、「原子炉補機冷却水サージタンク（配管及び弁含む）」という。）
- (f) 原子炉建屋の主蒸気管室に設置されている主蒸気系統，主給水系統，補助給水系統および制御用空気系統の配管・弁（以下、「配管及び弁（主蒸気管室内）」という。）
- (g) 制御用空気系統配管
- (h) 使用済燃料ピット（使用済燃料ラック含む）
- (i) 新燃料ラック
- (j) 燃料移送装置
- (k) 使用済燃料ピットクレーン
- (l) 燃料取扱チャンネル
- (m) キャスクピット
- (n) 燃料検査ピット



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



第 1.2.2.3 図 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設

評価対象施設の抽出について

1. 抽出方針

泊発電所 3 号炉における評価対象施設の抽出フローを第 1 図及び第 2 図、抽出結果を第 1 表に示す。具体的には、以下の手順で抽出した。

Step1:安全施設（安全重要度クラス 1, 2, 3）及び安全施設以外の施設から外部事象防護対象施設^{※1}を抽出する。

※1:外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器（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、「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」（以下「重要度分類指針」という。）における安全重要度クラス 1, 2 に属する施設、安全評価上期待する安全重要度クラス 3 に属する構築物、系統及び機器並びにそれを内包する区画

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。

上記以外の「その他の施設」については、竜巻及びその随件事象に対して機能維持、又は、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、必要に応じプラントを停止し、安全上支障のない期間に修復すること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、安全機能を損なわない設計とすることから評価完了とする。

Step2:屋外施設

外部事象防護対象施設等として抽出された設備の設置場所を確認し、竜巻襲来時に風圧、気圧差及び飛来物衝突の影響を受ける屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）を評価対象施設とする。

Step3:外気と繋がる設備

外気との接続があるため、竜巻襲来時に気圧差荷重の影響を受ける換気空調設備等を評価対象施設とする。

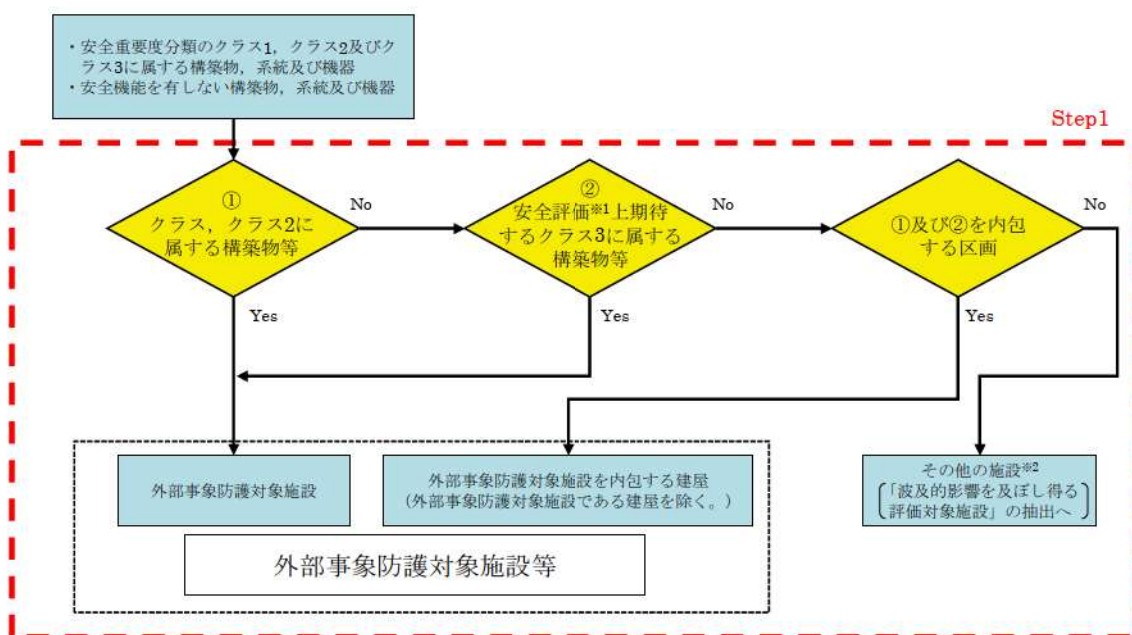
Step4:外殻となる施設による防護が期待できない設備

外部事象防護対象施設が設置されている施設等の外殻による防護機能が期待できないものを評価対象施設とする。

なお、外殻による防護に期待できるかは、外殻となる建屋・構築物等の竜巻荷重に対する健全性の確認結果による。

2. 抽出結果

外部事象防護対象施設等及び評価対象施設の抽出フローを第1図及び第2図に、外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設抽出結果を第1表に示す。



※1 運転時の異常な課と変化及び設計基準事故解析

※2 竜巻及びその随伴事象に対して機能維持すること、竜巻及びその随伴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又は安全上試使用のない期間に修復すること等の対応が可能であることを確認する。

第1図 外部事象防護対象施設等の抽出フロー

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (1/11)

分類	定義	重要度分類指針		抽出の観点 ^{※1}	設置場所 ^{※2}	評価対象施設	備考				
		機能	構造物, 系統又は機器					STEP			
								1	2	3	4
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によつて、(a)炉心の著しい損傷、又は(b)燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構造物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能 2) 過剰反応度の印加防止機能 3) 炉心形状の維持機能	構造物, 系統又は機器 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系(計装等の小口径配管・機器は除く。) 制御棒駆動装置圧力バウンダリ 制御棒駆動装置圧力バウンダリハウジング	原子炉容器	○	×	×	×	—	—	
				蒸気発生器	○	×	×	×	—	—	
				1次冷却材ポンプ(原子炉冷却材圧力バウンダリになる範囲)	○	×	×	×	—	—	
				加圧器	○	×	×	×	—	—	
				配管及び弁	○	×	×	×	—	—	
				原子炉冷却材圧力バウンダリ隔離弁	○	×	×	×	—	—	
				制御棒駆動装置圧力ハウジング	○	×	×	×	—	—	
				炉内計装引出管	○	×	×	×	—	—	
				制御棒駆動装置圧力ハウジング	○	×	×	×	—	—	
				炉心槽	○	×	×	×	—	—	
				上部炉心支持板	○	×	×	×	—	—	
				上部炉心支持柱	○	×	×	×	—	—	
				上部炉心板	○	×	×	×	—	—	
				下部炉心板	○	×	×	×	—	—	
				下部炉心支持柱	○	×	×	×	—	—	
下部炉心支持板	○	×	×	×	—	—					
燃料集合体(燃料は除く)	○	×	×	×	—	—					

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外設となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備(波及的影響(機能的影響)を及ぼし得る施設として抽出)

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (4/11)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	重要度分類指針		抽出の観点 ^{※1}				設置 場所 ^{※2}	評価 対象 施設	備考				
				機能	構造物, 系統 又は機器	STEP										
						1	2	3	4							
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し, 残留熱を除去し, 原子炉冷却材圧力パウンダリの過圧を防止し, 敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構造物, 系統及び機器	5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (低圧注入系, 高圧注入系, 蓄圧注入系)	拍発電所3号炉	構造物, 系統又は機器	○	○	○	○	○	○	○	○			
				低圧注入系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				余熱除去ポンプ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				余熱除去冷却器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				燃料取替用水ピット	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				格納容器再循環サンパ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				配管及び弁 (燃料取替用水ピット及び再循環サンパから余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器を経て1次冷却系までの範囲)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				直接関連系 (低圧注入系)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				高圧注入系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				燃料取替用水ピット	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				高圧注入ポンプ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				配管及び弁 (燃料取替用水ピット及び再循環サンパから高圧注入ポンプを経て1次冷却系までの範囲)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				格納容器再循環サンパ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				直接関連系 (高圧注入系)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				蓄圧注入系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				配管及び弁 (蓄圧タンクから1次冷却系低圧側配管合流部までの範囲)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				原子炉格納容器	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
格納容器本体	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
貫通部 (ベネトレーション)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
エアロック	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
機器搬入口	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
アニュラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
原子炉格納容器隔離弁及び原子炉格納容器バウンダリ配管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外設となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (6/11)

分類	定義	重要度分類指針		構造物, 系統 又は機器	抽出の観点 ^{※1}	設置 場所 ^{※2}	評価 対象 施設	備考										
		機能	構造物, 系統 又は機器						STEP									
									1	2	3	4						
2) 安全上必須なその他の構造物, 系統及び機器	1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 2) 安全上特に重要な関連機能	安全保護系 非常用所内電源系, 制御室及びその遮蔽・換気空調系, 原子炉補機冷却水系, 原子炉補機冷却海水系, 直流電源系, 制御用圧縮空気設備 (いずれもMS-1関連のもの)	安全保護系 原子炉保護系 ・原子炉保護系の安全保護回路 工学的安全施設作動設備 ・非常用炉心冷却作動の安全保護回路, 主蒸気隔離の安全保護回路, 原子炉格納容器スプレイ作動信号, 原子炉格納容器隔離の安全保護回路	R/B A/B	○	×	×	-	安全系の計装盤等									
										非常用所内電源系	○	×	×	×	DG/B	○	-	ディーゼル発電機排気消音器 ^{※4}
										ディーゼル発電機	○	×	×	×	DG/B	○	-	
										ディーゼル発電機室換気装置	○	×	○	×	DG/B	○	-	
										蓄熱室加熱器	○	×	×	○	DG/B	○	-	
										ディーゼル発電機から非常用負荷までの配電設備及び回路	○	×	×	×	R/B A/B DG/B	○	-	
										燃料系	○	×	×	×	DG/B 燃料油 貯油槽 タンク 室	-	-	ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管 ^{※4}
										吸気系	○	×	×	×	DG/B	-	-	
										始動用空気系 (始動用空気だめ (自動供給) からディーゼル機 (間まで))	○	×	×	×	DG/B	-	-	
										冷却水系	○	×	×	×	DG/B	-	-	

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外殻となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (7/11)

分類	定義	重要度分類指針				抽出の観点 ^{※1}	設置場所 ^{※2}	評価対象施設	備考		
		機能	構造物、系統又は機器	STEP							
				1	2					3	4
MS-1	2)安全上必須なその他の構造物、系統及び機器	2)安全上特に重要な関連機能	非常用内電源系、制御室及びびその遮蔽・換気空調系、原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、直圧電源系、制御用圧縮空気設備 (いずれもMS-1関連のもの)	泊発電所3号炉	○	×	×	×	○	—	—
				構造物、系統又は機器	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室及び中央制御室遮へい	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室換気空調装置 (放射線防護機能及び有機ガス防護機能)	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室非常用循環ファン	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室非常用循環ファンユニット	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室給気ユニット	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室給気ファン	○	×	×	×	○	—	—
				中央制御室循環ファン	○	×	×	×	○	—	—
				ダクト及びびダンパ	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却水設備	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却水ポンプ	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却水冷却器	○	×	×	×	○	—	—
				配管及び弁 (MS-1関連補機への冷却水ラインの範囲)	○	×	×	×	○	—	—
				直接関連系 (原子炉補機冷却系)	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却海水設備	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却海水ポンプ	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却海水ポンプ	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロストレレーナ (海水の流路を構成する部分のみ)	○	×	×	×	○	—	—
				原子炉補機冷却水冷却器入口ロストレレーナ	○	×	×	×	○	—	—
原子炉補機冷却水冷却器	○	×	×	×	○	—	—				
配管及び弁 (MS-1関連補機への海水補給ラインの範囲)	○	×	×	×	○	—	—				
直接関連系 (原子炉補機冷却海水設備)	○	×	×	×	○	—	—				
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロストレレーナ (異物除去機能を司る部分)	○	×	×	×	○	—	—				
取水設備 (取水路)	○	×	×	×	○	—	—				
地下埋設	○	×	×	×	○	—	—				

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外設となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DGB: ディージェル発電機建屋, CWPB: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (8/11)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	重要度分類指針				抽出の観点 ^{※1} STEP	設置 場所 ^{※2}	評価 対象 施設	備考
				拍発電所3号炉							
				1	2	3	4				
MS-1	2) 安全上必須なその他の構造物, 系統及び機器	2) 安全上特に重要な関連機能	構造物, 系統 又は機器 非常用内電源系, 制御室及びその遮蔽・換気空調系, 原子炉補機冷却海水系, 直流電源系, 制御用圧縮空気設備 (いずれもMS-1関連のもの)	直流電源設備	○	×	×	×	A/B	-	蓄電池室空調機連系 ^{※5}
				蓄電池	○	×	×	×	R/B	-	
				蓄電池から非常用負荷までの配電設備及び電路 (MS-1 関連)	○	×	×	×	A/B	-	
				安全補機閉器室空調装置	○	×	○	×	DG/B	-	
				計測制御電源設備	○	×	○	×	A/B	○	
				電源装置から非常用計測制御装置までの配電設備及び電路 (MS-1 関連)	○	×	×	×	R/B	A/B	-
				制御用圧縮空気設備	○	×	×	×	R/B	-	
				制御用圧縮空気圧縮装置	○	×	×	×	R/B	-	
				配管及び弁 (MS-1 関連補機 (主蒸気逃がし弁, アニュラス空気浄化系及び中央制御室空調系, 試料採取室排気系のMS-1 の空気作動弁) への制御用空気供給ラインの範囲)	○	×	×	○	R/B	○	-
				制御用空気圧縮機室空調装置	○	×	×	○	R/B	○	-
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって, 炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが, 敷地外への過度の放射線物質の放出のおそれのある構造物, 系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能 (ただし, 原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。)	化学体積制御設備の抽出系, 浄化系	再生熱交換器	○	×	×	×	R/B	-	
				余剰抽出冷却器	○	×	×	×	R/B	-	
				非再生冷却器	○	×	×	×	R/B	-	
				冷却材混床式脱塩塔	○	×	×	×	A/B	-	
				冷却材陽イオン脱塩塔	○	×	×	×	A/B	-	
				冷却材脱塩塔入口フィルタ	○	×	×	×	A/B	-	
				冷却材フィルタ	○	×	×	×	A/B	-	
				体積制御タンク	○	×	×	×	A/B	-	
				充てんポンプ	○	×	×	×	A/B	-	
				封水注入フィルタ	○	×	×	×	A/B	-	
封水ストレーナ	○	×	×	×	A/B	-					
封水冷却器	○	×	×	×	A/B	-					
配管及び弁	○	×	×	×	R/B	A/B	-				

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外設となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

※5: 外部事象防護対象施設を内包する区画の外気と繋がる換気空調設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

第1表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (10/11)

分類	定義	重要度分類指針		抽出の観点 ^{※1}				設置場所 ^{※2}	評価対象施設	備考
		機能	構造物, 系統又は機器	STEP						
				1	2	3	4			
MS-2	1) PS-2 の構造物, 系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構造物, 系統及び機器 2) 異常状態への対応上特に重要な構造物, 系統及び機器	1) 燃料プールの補給機能	構造物, 系統又は機器 使用済燃料ピット補給水系	燃料取扱替用水ピットからの使用済燃料ピット水補給ライン	○	×	×	×	R/B	—
		2) 放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁, 燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系, 排気筒(補助建屋)	燃料取扱替用水ピット 燃料取扱替用水ポンプ 配管及び弁 (燃料取扱替用水ピットから燃料取扱替用水ポンプを経て使用済燃料ピットまでの範囲)	○	×	×	×	R/B	—
				中性子源領域中性子束	○	×	×	×	R/B	—
				原子炉トリップ遮断器の状態	○	×	×	×	R/B	—
				ほう素濃度 (サンプリング分析)	○	×	×	×	R/B	—
				1 次冷却材圧力	○	×	×	×	R/B	—
				1 次冷却材高温側/低温側 (広域)	○	×	×	×	R/B	—
				加圧器水位	○	×	×	×	R/B	—
				格納容器圧力	○	×	×	×	R/B	—
				格納容器高レンジモニタ (低レンジ/高レンジ)	○	×	×	×	R/B	—
				ほう酸タンク水位	○	×	×	×	A/B	—
				蒸気発生器水位 (広域, 狭域)	○	×	×	×	R/B	—
				補助給水ライン流量	○	×	×	×	R/B	—
				主蒸気ライン圧力	○	×	×	×	R/B	—
				補助給水ピット水位	○	×	×	×	R/B	—
		燃料取扱替用水ピット水位	○	×	×	×	R/B	—		
		格納容器再循環ポンプ水位 (広域, 狭域)	○	×	×	×	R/B	—		

※1: 1=外部事象防護対象施設等, 2=屋外設備, 3=外気と繋がる設備, 4=外設となる施設による防護が期待できない設備

※2: R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CW/PB: 循環水ポンプ建屋

※3: 抽出の観点1~4の評価の結果該当せず

※4: 屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備 (波及的影響 (機能的影響) を及ぼし得る施設として抽出)

外部事象に対する津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備
の防護方針について

1. 概要

津波防護施設、津波防止設備及び津波監視設備（「以下「津波防護施設等」という。」）の外部事象に対する防護方針を以下に示す。

2. 防護に関する考え方

以下の考え方に基づき、泊発電所において外部事象に対する津波防護施設等の機能維持のための対応要否について整理した。

外部事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フローを図 1 に示す。

- (1) 設計上考慮すべき事象が、津波若しくは津波の随伴、重畳が否定できない事象に該当するかを確認する。定量的な重畳確率が求められない事象については、保守的に影響を考慮する。
- (2) 津波の随伴、重畳が否定できない場合は、当該事象による津波防護の機能喪失モードの有無を確認する。機能喪失モードが認められる場合は、設計により健全性を確保する。
- (3) 津波の随伴、重畳が有意でないと評価される事象についても、泊発電所の津波防護施設については、基準津波高さや防護対象の広さ等その重要性に鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。

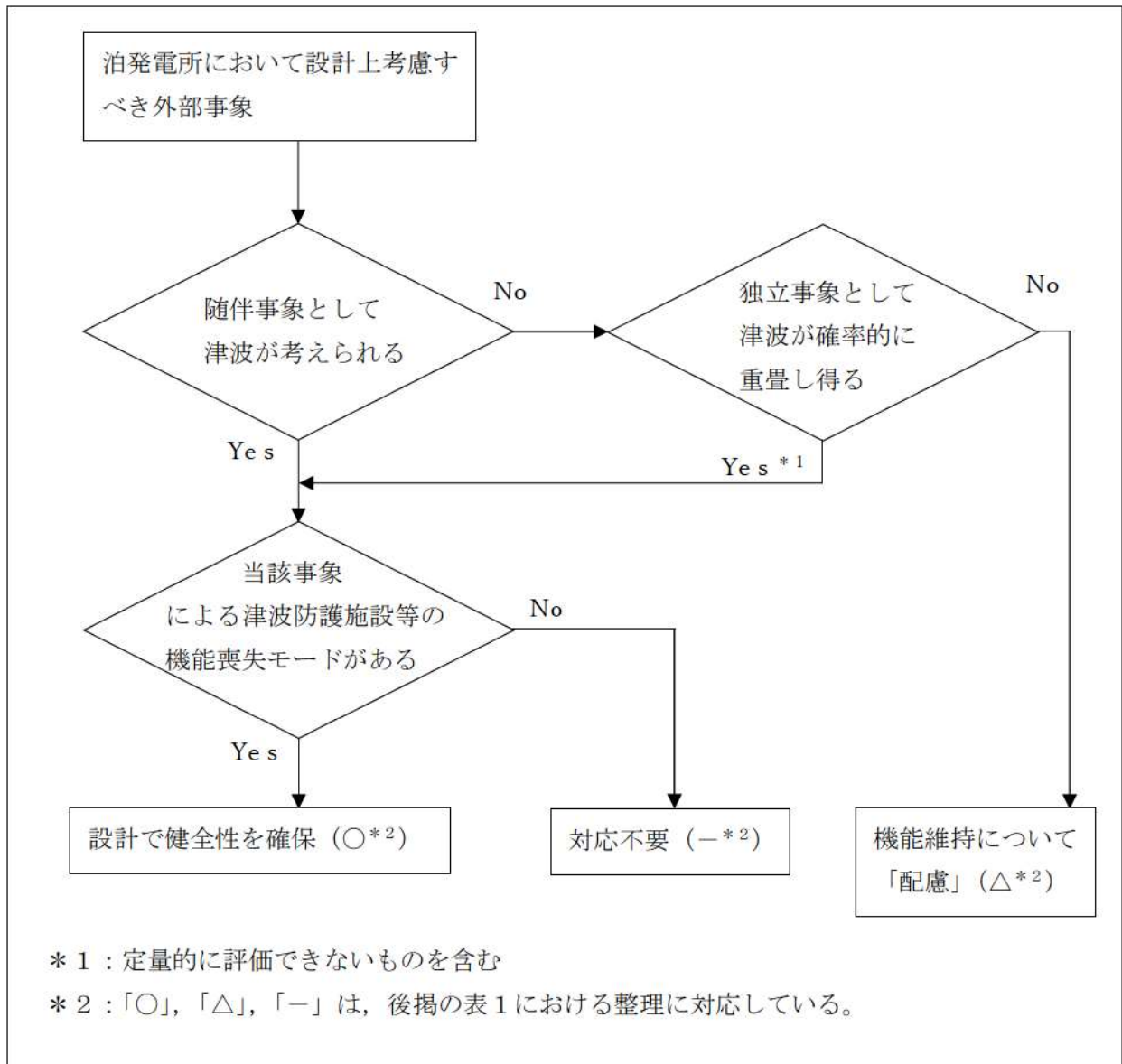


図 1 外部事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フロー

3. 検討結果

上記フローに基づく各事象に対する防護方針の検討結果を以下に示す。

(詳細は表1にとおり)

(1) 津波の随伴, 重畳が否定できない事象*¹に対する防護方針

これらの外部事象に対しては, 津波との随伴若しくは重畳の可能性を否定できないため, 荷重の重ね合わせのタイミングを考慮した上で設計への反映の要否を検討し, 津波防護施設等への影響が考えられる事象に対しては, 津波防護施設等の機能を維持する設計とする。

*1: 地震, 風 (台風), 凍結, 降水, 積雪, 落雷, 地滑り, 生物学的事象, 森林火災

(2) 津波の随伴, 重畳が有意ではない事象 (竜巻, 火山の影響) に対する防護方針「竜巻」, 「火山の影響」の2つの外部事象で津波は随伴せず, また, 基準津波との重畳の確率も有意ではないため, 津波防護施設を防護対象とはしないものの, 津波防護施設等の機能が要求される時にはその機能を期待できるように以下の対応を自主的に実施する。

a. 「竜巻」

追而【地震津波側審査の反映】

b. 「火山の影響」

設計で想定する降下火砕物の噴火と基準津波が重畳する年超過確率は約●/年*²であり, 火山の影響と基準津波の重畳は有意ではないと評価されるが, 降下火砕物の堆積荷重について長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに, 降灰後に適宜除去が可能な設計とする。

*2: 敷地で確認された降下火砕物の層厚は●cm と評価しており, この降下火砕物噴出年代は約●万年前であることを考慮

追而【地震津波側審査の反映】

(上記の●については, 地震津波側審査結果を受けて反映のため)

表1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要(①か②が○)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
地震	○	—	○	あり 地震荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	耐震Sクラスとして基準地震動Ssに対し健全性を維持し、津波に対する防護機能を維持する。また、津波と余震の組み合わせも考慮する。
風(台風)	—	○	○	あり 風荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	・風荷重、津波荷重を考慮した設計とする。 ・津波監視カメラは、風荷重を考慮した設計とする。
竜巻	—	—	—	追而【地震津波側審査の反映】		

*3: 設置変更許可申請書添付書類六を考慮「●: 超過確率の参照」を考慮

- : 津波の随伴、重畳が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
- : 津波の随伴、重畳は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
- : 対応が不要な事象 (—)

表1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮する要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要(①か②が○)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映の要否	機能維持のための対応方針
凍結	—	○	○	あり 凍害により止水目地が損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	止水目地は最低気温を考慮した設計とする。
降水	—	○	○	なし 降雨による海水面の上昇は無視し得る。	—	—
積雪	—	○	○	あり 積雪荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	積雪荷重と津波荷重を考慮した設計とする。
落雷	—	○	○	あり 落雷による津波監視設備の機能喪失が想定される	○	津波監視設備については、既設避雷設備の遮へい範囲内への設置を行う。

: 津波の随伴、重畳が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
 : 津波の随伴、重畳は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
 : 対応が不要な事象 (—)

表1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要(②が①が○)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
火山の影響	—	—	—	なし 以下のおとおり、重畳の頻度は無視し得る。 ・想定する火山の確率：●/年*2 ・基準津波の年超過率：●/年*3 ⇒重畳確率：●/年* 年超過率が 1×10^{-7} /年未満であり有意ではない。	△	設計にて長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に降下火砕物を適時除去可能な設計とする。
地滑り	—	○	○	なし 地滑りにより津波防護施設が機能喪失に至ることはない。	—	—
生物的事象	—	○	○	なし 生物による影響(閉塞、侵入)による機能喪失モードを有しない。	—	—
森林火災	—	○	○	なし 防火帯により森林との離隔距離が確保されるため、熱影響を受けることはない。	—	—

*2：敷地で確認された降下火砕物の層厚は●cmと評価しており、この降下火砕物噴出年代は約●万年前であることを考慮

*3：設置変更許可申請書添付書類六「●・●超過確率の参照」を考慮

追而【地震津波側審査の反映】
(上記●については、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

: 津波の随伴、重畳が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
 : 津波の随伴、重畳は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
 : 対応が不要な事象 (—)

竜巻影響評価における監視カメラの扱いについて

1. 概要

中央制御室には、発電用原子炉施設の外の状況を把握するために、原子炉建屋屋上他に設置した監視カメラの映像により、津波等の自然現象を昼夜にわたり監視できる設備を設置することとしている。本設備について、竜巻の影響を考慮した防護方針について以下にまとめる。

2. 竜巻影響について

(1) 設計方針

監視カメラは外部事象防護対象施設ではないが、損傷した場合でも外部事象防護対象施設に対して波及的影響を及ぼさないこと、竜巻及びその随件事象に対して機能維持、又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、必要に応じプラントを停止し、安全上支障のない期間に修復する等の対応により安全機能を損なわない設計としている。具体的には、竜巻発生時において監視カメラの機能を期待できるように、竜巻の風荷重(100m/s)に対し、監視カメラの構造健全性を維持する設計とする。

また、監視カメラが損傷したとしても代替設備及び措置(運転員による確認)によって、原子炉施設に影響を及ぼす可能性がある自然現象等を把握することが可能な設計としている。(図1及び表1参照)



図1 中央制御室における外部状況の把握イメージ

表 1 監視カメラにより把握可能な自然現象等

自然現象等	監視カメラにより把握できる 発電用原子炉施設の外の状況	監視カメラ以外の 設備等による把握手段
地震	地震発生後の発電所構内及び屋外施設への影響の有無	公的機関（地震速報）
津波	津波（高潮を包絡）襲来の状況や発電所構内及び屋外施設への影響の有無	取水ピット水位計
		潮位計
		公的機関（津波警報，注意報）
風（台風）	風（台風）・竜巻による施設への被害状況や設備周辺における飛散状況	気象観測設備（風向，風速）
竜巻		公的機関（台風，竜巻注意報）
降水	発電所構内の排水状況や降雨の状況	気象観測設備（降水量）
		公的機関（降雨予報）
積雪	降雪の有無や発電所構内及び屋外施設への積雪状況	気象観測設備（降水量）
落雷	発電所構内及び周辺の落雷の有無	公的機関（雷注意報）
地滑り	地震や降雨による地滑りの有無や施設への影響有無	目視確認
火山の影響	降下火砕物の有無や堆積状況	目視確認
生物学的事象	発電所前方の海面における海生生物（クラゲ等）の襲来状況	取水ピット水位計
森林火災	火災状況，ばい煙の方向確認や発電所構内及び屋外施設への影響の有無	目視確認
飛来物 （航空機落下）	飛来物の有無や発電所構内及び屋外施設への影響の有無	目視確認
近隣工場等の火災	火災状況，ばい煙の方向確認や発電所構内及び屋外施設への影響の有無	目視確認
船舶の衝突	発電所港湾施設等に衝突した船舶の状況確認及び発電所への影響の有無	目視確認

以 上

耐震Sクラス施設について

「竜巻影響評価ガイド」においては、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わない設計であることを確認する施設（竜巻影響評価ガイドにおいては竜巻防護施設と定義）は「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、機能）及び建屋、構築物等とされている。一方、今回の竜巻影響評価では、安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する施設を外部事象防護対象施設として選定しているため、外部事象防護対象施設に該当しない耐震Sクラス施設の有無について確認した結果、第1表に示すとおり、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備が抽出されたが、以下の理由により、竜巻影響評価の対象として追加する必要はないと判断した。

〈津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を評価対象施設としない理由〉

- ・津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は、津波に対して機能を発揮する施設であり、竜巻と津波の重畳の考慮要否を検討することで、竜巻に対する機能維持の要否が判断可能である
- ・竜巻及びその随件事象によりこれらの施設が損傷することを想定した場合、基準津波に対する影響を考慮する必要があるが、津波と竜巻は発生原因が異なり独立事象であること、及び基準津波の年超過確率（●/年）と設計竜巻（ $V_D=100\text{m/s}$ ）の発生頻度（約 1.4×10^{-7} /年）を踏まえると、敷地レベルを超える津波と設計竜巻が同時に発生する可能性は小さい。また、基準津波と設計竜巻の発生頻度を踏まえると、竜巻及びその随件事象により津波防護施設等が損傷した場合でも当該機能が必要となる前に修復等の対応が可能と考えられる。

追而【地震津波側審査の反映】
(上記●については、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

第1表 耐震Sクラス設備における評価対象施設の抽出結果 (1/2)

耐震 重要度	機能別分類	設備別分類	構築物, 系統又は機器	安全重要度 クラス 1or2 or3 (※1)
S クラス	a. 「原子炉冷却材圧力 バウンダリ」 (「実用発電用原子炉及 びその附属施設の技術 基準に関する規則(平 成25年6月28日告 示)」において記載さ れている定義と同様) を構成する機器・配管 系	主要設備	・原子炉容器	○
			・原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器・配管・ポン プ・弁	○
		補助設備	・隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備	○
		直接支持構築物	・原子炉容器・蒸気発生器・1次冷却材ポンプ・加圧器の支持 構築物	○
	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構築物		○	
	b. 使用済燃料を貯蔵す るための施設	主要設備	・使用済燃料ピット	○
			・使用済燃料ラック	○
	c. 原子炉の緊急停止の ために急激に負の反 応度を付加するた めの施設, 及び原子炉 の停止状態を維持す るための施設	主要設備	・制御棒クラスタ及び制御棒駆動装置(トリップ機能に関す る部分)	○
			・化学体積制御設備のうち, ほう酸注入ライン	○
		補助設備	・炉心支持構築物及び制御棒クラスタ案内管	○
			・非常用電源及び計装設備	○
	直接支持構築物	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構築物	○	
	d. 原子炉停止後, 炉心 から崩壊熱を除去す るための施設	主要設備	・主蒸気・主給水設備(主給水逆止弁より蒸気発生器2次側 を経て, 主蒸気隔離弁まで)	○
			・補助給水設備	○
			・余熱除去設備	○
		補助設備	・原子炉補機冷却水設備(当該主要設備に係るもの)	○
			・原子炉補機冷却海水設備	○
			・燃料取替用水ピット	○
			・炉心支持構築物(炉心冷却に直接影響するもの)	○
		・非常用電源及び計装設備	○	
		直接支持構築物	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構築物	○
e. 原子炉冷却材圧力バ ウンダリ破損事故 後, 炉心から崩壊熱 を除去するための施 設		主要設備	・安全注入設備	○
	・余熱除去設備(再循環用)		○	
	・燃料取替用水ピット		○	
	補助設備	・原子炉補機冷却水設備(当該主要設備に係るもの)	○	
		・原子炉補機冷却海水設備	○	
		・中央制御室の遮へいと空調設備	○	
		・非常用電源及び計装設備	○	
直接支持構築物	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構築物	○		

※1 クラス3については, 安全評価上その機能に期待するものに限る。

第1表 耐震Sクラス設備における評価対象施設の抽出結果 (2/2)

耐震 重要度	機能別分類	設備別分類	構築物, 系統又は機器	安全重要度 クラス 1or2 or3 (※1)			
Sクラス	f. 原子炉冷却材圧力 バウンダリ破損事 故の際に, 圧力障 壁となり放射性物 質の拡散を直接防 ぐための施設	主要設備	・原子炉格納容器	○			
			・原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁	○			
		補助設備	・隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備	○			
		直接支持構造物	・機器・配管等の支持構造物 ・電気計装設備の支持構造物	○ ○			
	g. 放射性物質の放出を伴 うような事故の際に, その外部放散を抑制す るための施設であり, 上記f. 以外の施設	主要設備		・原子炉格納容器スプレイ設備	○		
				・燃料取替用水ピット	○		
				・アニュラスシール	○		
				・アニュラス空気浄化設備	○		
		補助設備		・排気筒	○		
				・原子炉補機冷却水設備 (当該主要設備に係るもの)	○		
	直接支持構造物		・原子炉補機冷却海水設備 ・非常用電源及び計装設備 ・機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	○ ○ ○			
	h. 津波防護機能を有する 設備及び浸水防止機能 を有する設備	主要設備	追而【地震津波側審査の反映】				
		i. 敷地における津波監視 機能を有する施設				主要設備	
						補助設備	
	直接支持構造物						
	j. その他	主要設備					・使用済燃料ピット水補給ライン
						・炉内構築物	○
						・非常用電源及び計装設備	○
						・機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	○

※1 クラス3については, 安全評価上その機能に期待するものに限る。