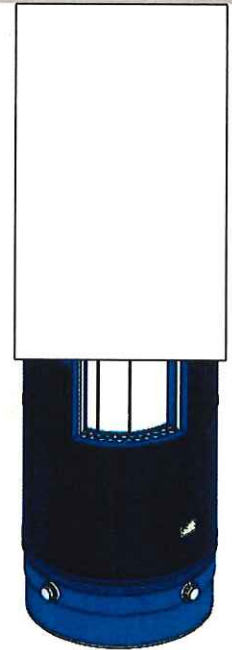


発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の 型式証明申請 設置許可基準規則への適合性について (第五、六条関連)

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH

6.12.2022



無断複製・転載禁止 GNS

目次

1. 指摘事項(コメント)リスト
2. 設置許可基準規則への適合性の概要
3. 設置許可基準規則への適合性(第五、六条)

1. 指摘事項(コメント)リスト


No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
1	2021/12/1	書面審査に用いる資料の作成		特定兼用キャスクとして令和3年10月27日に型式証明した三菱重工株式会社 ¹ の審査資料(申請書及び補正書、審査会合資料、令和3年10月15日付け補足説明資料)(以下「先行例」という。)を参照して、必要な資料を作成すること。提出資料は原子力規制委員会のHPで公開することから、公開版の資料も作成すること。	ご指摘の内容については令和4年9月16日に提出した補正申請書に反映しており、また、今後の補足説明資料等に反映する。	—
2	2021/12/1	特定兼用キャスクの設計で参照する規格・基準等の適用の考え方	申請書P1-8 概要資料P3	本申請の特定兼用キャスクの設計で参照する規格・基準等については、 1) JSMEやJIS等の日本の国内法規に基づくもの 2) 日本国外の規格・基準 3) 上記1)及び2)以外のものに分類した上で、上記2)及び3)を適用する場合は、「適用の根拠」、「国内法規に基づき規格及び基準との対比」、「適用の妥当性」に係る事項を明確にしている。今後、当該審査資料を作成する際は、上記2)及び3)を適用した、本申請の特定兼用キャスクとの構造類似性を有する金属製乾式キャスクの実用実績(許認可実績、運用実績等)も示すこと。	原則JSME及びJIS等の日本の国内法規に基づくものを参照することとしている。なお、参照できないものについてはご指摘の内容を関連する補足説明資料において説明させて頂く。	—

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
3	2021/12/1	解析コードを用いて評価を行う際の解析条件の明確化	申請書P1-53 ～ 概要資料P17 ～	耐震性評価や安全機能の評価等で解析コードを使用する場合は、入力条件や解析モデル等の解析条件を説明すること。	それぞれの評価に係る補足説明資料において説明させて頂く。 なお、自然現象に対する影響評価については解析コードは用いず、先行例で用いられた応力評価式を用いる。安全機能の評価については解析コードを用いることとしている。	自然事象に対する評価について本資料にて説明。他の安全機能評価については未説明。
4	2021/12/1	使用済燃料集合体の収納位置条件の設定の考え方	申請書P10 概要資料P15	使用済燃料集合体を収納する配置毎に、燃焼度及び冷却期間の制限を設けている。 使用済燃料集合体の配置位置を制限する収納条件について、遮蔽等の制約要因を明確にした上で設定の考え方を説明すること。	使用済燃料の収納条件について、制約要因は遮蔽機能及び除熱機能によるものである。それぞれの補足説明資料において、制約要因を含めた設定の考え方について説明させて頂く。	未 (遮蔽機能及び除熱機能にて説明)
5	2021/12/1	特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の範囲又は条件の整理	申請書P6 概要資料P12	先行例を踏まえて、本申請の特定兼用キャスクの使用の範囲及び条件について整理すること。整理に際しては、4条、5条、6条及び16条の要求事項のうち、本申請の範囲外とする事項を、電気事業者に申し送る事項に含めること。	本書面審査において、 第四条、五条及び六条の要求事項に関して、本申請の範囲外とする事項(電気事業者に申し送る事項) について説明する。なお、令和4年9月16日の補正申請書にて先行例を踏まえた記載に見直している。	第四条から六条は本資料にて説明 第十六条については未説明。

1. 指摘事項(コメント)リスト


No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
6	2021/12/1	設置許可基準規則第16条の基準適合性に係る事項				
6. (1)	2021/12/1	臨界防止	申請書P2 概要資料P23	「技術的に想定されるいかなる場合でも、臨界を防止する設計とする」ことの説明方針について、キャスク取扱時の冠水／乾燥状況を全て抽出して臨界防止機能評価していることを説明すること。	冠水状態において感度評価を実施し、最も厳しい条件で評価を実施している。その評価がキャスク取扱時の状況を全て考慮していることを臨界防止機能評価の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (臨界防止評価にて説明)
6. (2)	2021/12/1	遮蔽能力	申請書P1-53 概要資料P26	日本国内での許認可実績がない解析コードを使用することについて、断面積ライブラリとの組合せも含めて、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	MCNP6コードを使用するに当たり、断面積ライブラリとの組み合わせも含めて、その検証および妥当性確認については、貯蔵中のキャスクでの検証結果を用いて、遮蔽評価の補足説明資料の中で説明させて頂く。	未 (遮蔽評価にて説明)
6. (3)	2021/12/1	崩壊熱の除去	申請書P1-53 概要資料P28	本申請のキャスクの各部位の温度評価結果と、それら部位毎の温度制限値設定の考え方を説明すること。 また、三次元有限要素法コードの使用について、日本国内の許認可実績がある場合は、それらの実績を整理すること。 なお、三次元有限要素法コードの使用について、引用可能な許認可実績がない場合は、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	キャスク各部位の温度評価結果及びそれら部位毎の温度制限値設定の考え方を、除熱評価の補足説明資料において説明させて頂く。日本の規格及び実証試験結果に基づくものについてはそれを、その他の部位・部材については、キャスク概要・材料の補足説明資料にて説明させて頂く。 ANSYSコードを使用するに当たり、その検証および妥当性確認手法について、補足説明資料において説明させて頂く。	未 (除熱評価にて説明)

 GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 5

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
6. (4)	2021/12/1	閉じ込め及び監視	申請書P1-55 概要資料P9	金属ガスケットの長期密封特性について、電力中央研究所の研究成果を引用しているが、試験条件や試験で使用された金属ガスケットの構造等と比較した上で研究成果の適用性について説明すること。GNSの許認可実績を踏まえた説明を行うのであれば、許認可を受け使用された同様の金属ガスケットの長期健全性を示した上で、設計貯蔵期間中(60年)、健全性が維持されることを説明すること。	電力中央研究所の長期実証試験結果(外被材:銀)を引用している(補正申請書において外被材の材質を明確化した)。本件は、長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (長期健全性にて説明)
			申請書 P1-54 概要資料 P30	基準漏えい率について、先行例と同じく、リークテスト判定基準を設けるのであれば、基準漏えい率／リークテスト判定基準／金属ガスケット設計漏えい率を明確にした上で、負圧維持の考え方を説明すること。	基準漏えい率については、先行例と同様に、設計貯蔵期間において負圧を維持できる漏えい率とし、評価としてはリークテスト判定基準及び金属ガスケット漏えい率がそれを下回ることで説明する。本件は、閉じ込め評価の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (閉じ込め評価にて説明)
6. (5)	2021/12/1	経年変化を考慮した材料・構造健全性	申請書P1-1 概要資料P8	キャスク本体の材料に球状黒鉛鋳鉄を使用していることについて、キャスクの製造場所が日本国外であれば、JIS規格は適用していないのではないかと。については、キャスクの製造場所(予定)を明確にした上で、適用する規格を、その要求事項と共に説明すること。	キャスクの製造場所は、型式指定申請書の製造の均一性の説明において明確化させて頂きたい。なお、仮に日本国外で製造する場合においても、JIS規格を適用する計画としている。	本説明の通り

 GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 6

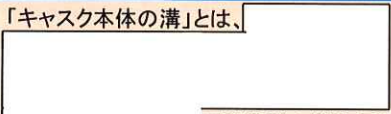
1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
(続き) 6. (5)	2021/12/1	閉じ込め及び監視	申請書P1-9 概要資料P10	塗装について、キャスクの製造場所が日本国外であれば、塗装の耐候性、及び電気事業者が行うべき定期検査の考え方を説明すること。また、当該塗装に特殊性がある場合は、その詳細を説明すること。	キャスクの製造場所は、型式指定申請書の製造の均一性の説明において明確化させて頂きたい。仮に日本国外で製造する場合は、塗装の耐候性、及び電気事業者が行うべき定期検査の考え方を説明させて頂く。なお、当該塗装については、長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (長期健全性にて説明)
			申請書P1-1 概要資料P10	中性子遮蔽材について、キャスクの使用温度の影響(熱分解についての考慮など)の考え方を説明すること。また、当該遮蔽材に特殊性がある場合は、その詳細を説明すること。	中性子遮蔽材であるポリエチレンについて、その熱的性質についてはキャスク構造・材料の補足説明資料の中で、長期健全性については長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (キャスク構造・材料及び長期健全性にて説明)
			申請書P1-3 概要資料P11	キャスクの材料一覧について規格番号等を明確にすること	キャスクの規格番号を含めた材料仕様については、キャスク構造・材料の補足説明資料の中で説明させて頂く。	キャスク構造・材料の資料の中で説明する。
7	2021/12/1	設置許可基準規則第4条、第5条及び第6条の基準適合性に係る事項	申請書P1-56 ~1-58 概要資料P18、 P20、P22	地震・津波・竜巻に係る構造健全性評価の手法について、国内の許認可実績がない場合、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	地震・津波・竜巻に係る構造健全性評価の手法については、先行例で用いられた応力評価式を用いる。本件はそれぞれの補足説明資料の中で説明させて頂く。	本資料にて説明

GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 7

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
(続き) 7	2021/12/1	設置許可基準規則第4条、第5条及び第6条の基準適合性に係る事項	概要資料P18	地震に係る構造健全性評価を行う際のキャスク固定方法について、固定装置図で示している「キャスク本体の溝」とは何か。固定装置の構造を詳細に説明すること。	「キャスク本体の溝」とは、  固定装置の構造を詳細は、地震に対する構造健全性評価の補足説明資料の中で説明させて頂く。	本資料にて説明
8	2021/12/1	その他		指摘事項への対応に際しては、関連する申請内容全体を俯瞰した対応に努めること。	拝承	

GNS 本日の回答は青枠部分

無断複製・転載禁止 GNS

設置許可基準規則への適合性について / 8

2. 設置許可基準規則への適合性の概要

設置許可基準規則適合性説明対象

設置許可基準規則	安全機能					構造健全性	設計条件	貯蔵施設に関する要件
	臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め	長期健全性			
第四条:地震による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第五条:津波による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第六条:外部からの衝撃による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第十六条:燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	○	○	○	○	○	-	-	○

青枠部分:本資料で説明する。



3. 設置許可基準規則への適合性(第五条 津波)

設置許可基準規則第五条(津波による損傷の防止)の要求事項に対するCASTOR® geo26JP型の設計方針を下表に示す。

規則等	要求事項	設計方針	先行例との比較
設置許可基準規則 第五条第2項第 一号	兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。 一 兼用キャスクが津波により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの 二 基準津波	兼用キャスク告示で定める合理的な津波(浸水深が十メートルで、流速が二十メートル毎秒)及び津波による遡上波の波力及び漂流物(質量100トン)の衝突による荷重が同時に作用する荷重が作用しても特定兼用キャスクの安全機能が損なわれない設計とする。	MSF-24P(S)と同じ考え方。
設置許可基準規則 別記4第5条第1 項第1号	第5条第2項の津波の設定に当たっては、以下の方針によること。 一 第1号に規定する「兼用キャスクが津波により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、兼用キャスク告示第2条によるものとする。		
設置許可基準規則 別記4第5条第2 項第1号	第5条第2項に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。 一 兼用キャスク告示第2条に定める津波に対する兼用キャスクの設計については、次のとおりとする。 ・津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。 ・上記の「漂流物の衝突」については、質量100トンの漂流物の衝突とすること。 ・上記の波力及び衝突による荷重については、同時に作用させること。		
兼用キャスク告 示第二条	設置許可基準規則第五条第2項第一号の原子力規制委員会が別に定める津波は、浸水深が十メートルで、流速が二十メートル毎秒である津波とする。		



3. 設置許可基準規則への適合性(第五条)

審査ガイド(注1)の確認内容に対するCASTOR® geo26JP型の津波による損傷防止に対する設計方針を下表に示す。

確認内容	津波による損傷防止に関する設計方針	先行例との比較
<p>(基本方針)</p> <ul style="list-style-type: none"> 兼用キャスク告示で定める津波を適用する場合は、津波が兼用キャスクの設置位置へ遡上することを前提とした評価が行われていること。 津波に対する評価に際しては、必要に応じて「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」及び「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」を参考にしていること。 	<p>津波が特定兼用キャスクの設置位置へ遡上することを前提とした評価を行う。</p>	<p>MSF-24P(S)型と同じ考え方</p>
<p>(設計・評価の方針)</p> <p>以下を踏まえたものであること。また、設計及び工事の計画の認可においては、津波荷重の設定、施設の寸法、構造及び強度が要求事項に適合するものであること。</p> <ul style="list-style-type: none"> 兼用キャスク告示で定める津波を適用する場合 <ol style="list-style-type: none"> 兼用キャスクの評価において保守的な荷重の作用及び組合せを設定すること 1)において考慮する荷重としては、浸水深に基づく津波波力並びに流速及び漂流物質量に基づく衝突荷重を基本とし、それぞれの荷重については、兼用キャスクの評価上最も厳しくなる位置へ作用させること。 津波波力及び漂流物荷重は、以下の指針等を参考に設定することができる。 <ol style="list-style-type: none"> 津波波力(津波波圧) <ul style="list-style-type: none"> 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針 漂流物衝突荷重 <ul style="list-style-type: none"> 道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編) 津波荷重に対する兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM解析に基づく応力評価等により行うこと。 <ul style="list-style-type: none"> 基準津波を適用する場合(略) 	<p>金属キャスク構造規格に基づき、特定兼用キャスクに作用する津波荷重に加え、津波荷重以外の荷重として、供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)を組み合わせて評価する。</p> <p>津波波力は、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」に、漂流物衝突荷重は「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)」に基づきそれぞれ設定する。</p> <p>津波荷重に対する兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM解析に基づく応力評価等により行う。</p>	<p>MSF-24P(S)型と同じ考え方</p>



3. 設置許可基準規則への適合性(第六条 竜巻)

設置許可基準規則第六条第4項のうち、竜巻による損傷の防止の要求事項に対するCASTOR® geo26JP型の設計方針を下表に示す。

規則等	要求事項	設計方針	先行例との比較
設置許可基準規則第六条第4項第一号	<p>兼用キャスクは、次に掲げる自然現象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>一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかににかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの</p>	<p>兼用キャスク告示で定められる竜巻(最大風速100m/s)による荷重及び設計飛来物(竜巻影響評価ガイド解析表4.1で示される飛来物)の衝突による荷重を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>MSF-24P(S)型と同じ考え方。</p>
設置許可基準規則別記4第6条第2項第1号	<p>第6条第4項に規定する「自然現象」については、以下のとおりとする。</p> <p>一 第1号に規定する「兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかににかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 兼用キャスク告示第3条によるものとする。 竜巻による飛来物の衝突に対して、その安全機能を損なわないものであること。 		
兼用キャスク告示第三条	<p>設置許可基準規則第六条第4項第一号の原子力規制委員会が別に定める竜巻は、風速が百メートル毎秒である竜巻とする。</p>		



3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

審査ガイド(注1)の確認内容に対するCASTOR® geo26JP型の竜巻による損傷防止に対する設計方針を下表に示す。

確認内容	竜巻による損傷防止に関する設計方針	先行例との比較
<p>(考慮する自然現象等の設定方針)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設置許可基準規則第6条第4項に規定する兼用キャスク告示で定める竜巻として、設置許可基準規則の解釈別記4第6条第2項第1号に基づき、設計竜巻(原子力発電所の竜巻影響評価ガイド「1.4 用語の定義」に規定する「設計竜巻」をいう。以下同じ。)の最大風速を以下のとおり定め、設計荷重を設定していること。 <ul style="list-style-type: none"> 最大風速：100m/s 設計荷重の設定に用いる設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイド解説表4.1に基づき、兼用キャスクに与える影響が最大となるものを選定していること。 	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻が作用した場合の評価に用いる設計荷重の設定に用いる最大風速及び設計飛来物は以下の通り設定する。 <ul style="list-style-type: none"> a) 最大風速 最大風速は100m/sとする。 設計荷重の設定に用いる設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に示される飛来物とする。竜巻荷重が作用する場合の評価ではCASTOR® geo26JP型へ最大の影響を与える飛来物を選定する。 	MSF-24P(S)型と同じ考え方
<p>(設計方針)</p> <ul style="list-style-type: none"> 竜巻による飛来物の衝突荷重及び衝突による評価は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考にしていること。 設計竜巻に対する飛来物及び最大速度は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイド解説表4.1に記載の値を参考に設定し、飛来物の衝突荷重を算定(例えば、建築物の耐衝撃設計の考え方((一社)日本建築学会 2015.1)を参考に飛来物の圧潰挙動を無視して Riera の式等で算定)していること。 竜巻荷重に対する兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM 解析に基づく応力評価等により行われていること。 	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻荷重が作用する場合の評価については、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドを参考に実施し、特定兼用キャスクの安全機能が維持されることを確認する。 設計竜巻に対する設計飛来物及び最高速度は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に記載されている値を用い、設計飛来物の衝撃荷重は Riera の手法に基づき、飛来物の圧潰挙動を無視して算定する。 竜巻荷重に対する特定兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM 解析に基づく応力評価等により行う。 	MSF-24P(S)型と同じ考え方



3. 設置許可基準規則への適合性(第五条 津波)

● 基本方針、荷重及び荷重の組合せ、許容限界

評価に用いる地震力、荷重及びその組み合わせ

津波が作用した場合の評価に用いる津波荷重は、兼用キャスク告示で定める津波による作用力とし、波力及び漂流物荷重を考慮する。これらを算出するための条件は以下のとおり。

- 浸水深：10 m、流速：20 m/s、漂流物質量：100 ton
- 津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重を同時に作用させる。
- 津波以外の荷重として、供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)の組合せを考慮する。

評価項目	評価対象	評価基準	
機能維持評価	閉じ込め機能	密封境界部(一次蓋、一次蓋ボルト、胴)	おおむね弾性範囲内
	臨界防止機能(注)	バスケット(H-ビーム、コーナーエレメント、バスケット側板)	弾性範囲内
	遮蔽機能	胴(ポアホール部※)	破断延性限界に十分な余裕を有する
	除熱機能	胴(放熱フィン部)	破断延性限界に十分な余裕を有する

(注)臨界防止機能を担保する構成部材は、「使用済燃料を直接支持し、かつ燃料間距離を保つために変形を許容しない部材」とする。



3. 設置許可基準規則への適合性(第五条)

● 静的解析(機能維持評価)

機能維持評価は安全機能に関わる構造部材の健全性を応力評価式を用いた結果で確認する。

津波波力は、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」に示される評価式により算出する。

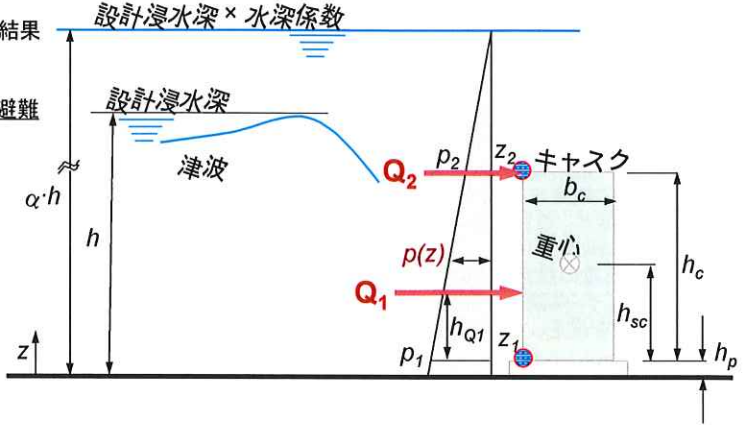
条件及び計算結果を表1に示す。

$$p(z) = \rho \cdot g \cdot (a \cdot h - z)$$

$$Q_1 = \int_{z_1}^{z_2} p(z) \cdot dz = b_c \cdot \rho \cdot g [a \cdot h(z_2 - z_1) - 1/2 \cdot (z_2^2 - z_1^2)]$$

$$Q_1 = b_c \cdot \rho \cdot g [a \cdot h(z_2 - z_1) - 1/2 \cdot (z_2^2 - z_1^2)]$$

- ρ : 海水の密度(1030kg/m³)
- g : 重力加速度(9.81m/s²)
- a : 水深係数(3)
- h : 設計浸水深(m)
- b_c : 受圧面の幅(m)
- h_c : 受圧面の高さ(m)
- z_1 : 受圧面の最小高さ(m)
- z_2 : 受圧面の最大高さ(m)



項目	記号	単位	値
浸水深	h	m	10
受圧面の最小高さ	z_1	m	0
受圧面の最大高さ	z_2	m	
受圧面の幅	b_c	m	
津波波力	Q_1	MN	3.55



無断複製・転載禁止 GNSα

設置許可基準規則への適合性について / 15

3. 設置許可基準規則への適合性(第五条)

漂流物衝突荷重 Q_2 は、「道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)」に示す次の衝突荷重の評価式により算出する。

$$Q_2 = 0.1 \cdot W \cdot v$$

$$W = m_d \cdot g$$

- W : 漂流物の重量(MN)
- v : 表面流速(m/s)
- m_d : 漂流物重質量(Mg)
- g : 重力加速度(9.81m/s²)

説明	記号	単位	値
津波波力	Q_1	MN	3.55
漂流物衝突荷重	Q_2	MN	1.96
津波荷重	Q	MN	5.51

よって、津波荷重は**5.51MN**となる。

津波荷重約 $Q=5.51$ MNは、後述する竜巻荷重 $F_{Tph}=8.54$ MNより小さいため、津波に対する機能維持評価は竜巻荷重に対する機能維持評価に包絡される。(具体的な数値の比較は第六条竜巻による損傷の防止にて示す。)

竜巻荷重に対する機能維持評価では、CASTOR[®]geo26JP型では津波荷重が作用しても密封境界部に生じる応力は弾性範囲に留まり、一次蓋の横ずれは発生しないことから、閉じ込め機能は維持される。バスケットに生じる応力は、使用済燃料を直接支持し、かつ燃料間距離を保つために変形を許容しない部材について弾性範囲に留まることから、臨界防止機能は維持される。胴(フィン部及びボアホール部)に生じる応力は弾性範囲に留まることから、除熱機能及び遮蔽機能は維持される。

したがって、CASTOR[®] geo 26JP型に津波荷重が作用しても、特定兼用キャストの安全機能は維持される。

説明	記号	単位	計算条件又は計算結果
漂流物質量	m_d	Mg	100
漂流物の重さ	W	MN	0.981
表面流速	v	m/s	20
漂流物衝突荷重	Q_2	MN	1.96



設置許可基準規則への適合性について / 16

3. 設置許可基準規則への適合性(第六条 竜巻)

● 基本方針、荷重及び荷重の組合せ、許容限界

評価に用いる地震力、荷重及びその組み合わせ

- CASTOR® geo26JP型に竜巻が作用した場合の評価に用いる設計荷重の設定に用いる最大風速及び設計飛来物は以下の通り設定する。
最大風速: 100m/s
設計飛来物: 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に示される飛来物を設計飛来物。CASTOR® geo26JP型への最大の影響を与える飛来物を選定。衝撃荷重はRieraの手法に基づき、飛来物の圧壊挙動を無視して算定。
- 竜巻の作用力、風圧による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせる。
- 竜巻による荷重及び飛来物の衝突による荷重以外の荷重として、供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)の組合せを考慮する。

評価項目	評価対象	評価基準	
機能維持評価	閉じ込め機能	密封境界部(一次蓋、一次蓋ボルト、胴)	おおむね弾性範囲内
	臨界防止機能	バスケット(H-ビーム、コーナーエレメント、 (注)バスケット側板)	弾性範囲内
	遮蔽機能	胴(ボアホール部※)	破断延性限界に十分な余裕を有する
	除熱機能	胴(放熱フィン部)	破断延性限界に十分な余裕を有する

(注)臨界防止機能を担保する構成部材は、「使用済燃料を直接支持し、かつ燃料間距離を保つために変形を許容しない部材」とする。



無断複製・転載禁止 GNS

設置許可基準規則への適合性について / 17

3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

● 竜巻荷重の設定

① 風圧力による荷重

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot A \cdot v_D^2$$

- G : ガスト影響係数
C : 風力係数
A : 受圧面積(m²)
ρ : 空気密度(kg/m³)
V_D : 設計竜巻の最大風速(m/s)

② 気圧差による荷重

内圧を0として内外気圧差を保守的に0.101MPaと設定した。竜巻によって生じる気圧低下は、本保守性に包絡される。

項目	記号	単位	値
最低内圧(注1)	P ₁	MPa	0
大気圧	P _a	MPa	0.101
気圧差	ΔP	MPa	0.101

項目	記号	単位	値
ガスト影響係数	G	-	1.0
風力係数	C	-	1.2
受圧面積	A	m ²	
空気密度	ρ	kg/m ³	1.22
設計竜巻最大風速	V _D	m/s	100
風圧力による荷重	F _w	MN	0.092

③ 設計飛来物による衝撃荷重

設計飛来物による衝撃荷重(F_M)は、衝突前の飛来物の運動量と衝撃荷重による力積(衝撃荷重時刻歴: 矩形波または三角波、衝撃時間=衝撃長さ/速度)が等しいと仮定して、飛来物の衝突による減速を考慮せずに、飛来物の圧壊挙動を無視し、Rieraの方法に基づいて算出する。

時刻歴に矩形波を想定する場合(鋼製パイプ、鋼製材、コンクリート板):

$$F_M = \frac{M \cdot v^2}{L_{min}}$$

時刻歴に三角波を想定する場合(コンテナ、トラック):

$$F_M = \frac{2 \cdot M \cdot v^2}{L_{min}}$$

- M : 質量(kg)
v : 飛来物の最高設計速度(m/s)
L : 設計対象物の衝突方向長さ(最小長さ)(m)



無断複製・転載禁止 GNS

設置許可基準規則への適合性について / 18

3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

③ 設計飛来物による衝撃荷重(続き)

飛来物の種類	寸法			質量 M [kg]	最小長さ L [m]	速度		衝撃荷重	
	l_1 [m]	$l_2(d)$ [m]	l_3 [m]			v_h [m/s]	v_v [m/s]	F_h [MN]	F_v [MN]
鋼製パイプ	2	0.05	-	8.4	0.05	49	33	0.01	0
鋼製材	4.2	0.3	0.2	135	0.2	51	34	1.76	0.78
コンクリート板	1.5	1	0.15	540	0.15	30	20	3.24	1.44
コンテナ	2.4	2.6	6	2300	2.4	60	40	6.9	3.07
トラック	5	1.9	1.3	4750	1.3	34	23	8.45	3.87

⑤ 竜巻荷重と組み合わせる荷重について 常時作用する荷重

CASTOR® geo26JP型の供用中に常時作用する荷重として、圧力荷重(内圧、蓋間圧力等)、機械的荷重(蓋ボルト締付力、金属ガスケット締付力等)、及び熱荷重を考慮する。

④ 複合荷重

機能維持評価に用いられる竜巻荷重は、風圧力による荷重 F_W 、圧力差 F_P による荷重、及び設計飛来物による衝撃荷重 F_M の組み合わせた複合荷重 F_{T1} 及び F_{T2} とする。

$$F_{T1} = F_P$$

$$F_{T2} = F_W + 0.5 \cdot F_P + F_M$$

項目	記号	単位	算出された荷重
風圧力による荷重	F_W	MN	0.092
気圧差による荷重	F_P	MN	-
設計飛来物の水平方向衝撃荷重	F_{Mh}	MN	8.45
設計飛来物の鉛直方向衝撃荷重	F_{Mv}	MN	3.87
水平方向複合荷重	F_{T1h}	MN	-
	F_{T2h}	MN	8.54
鉛直方向複合荷重	F_{T1v}	MN	-
	F_{T2v}	MN	3.96

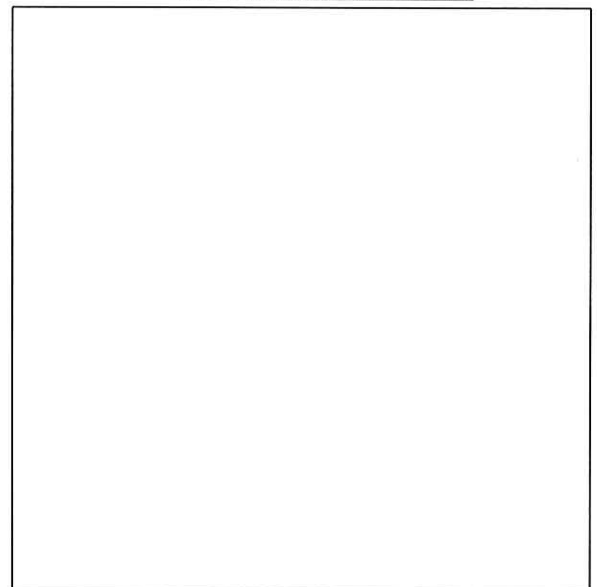
3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

■ 静的解析(機能維持評価)

竜巻荷重作用方向

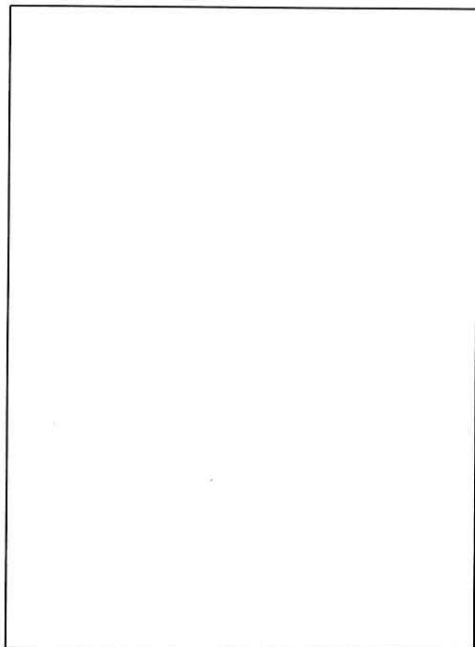


鉛直方向竜巻荷重(バスケット)

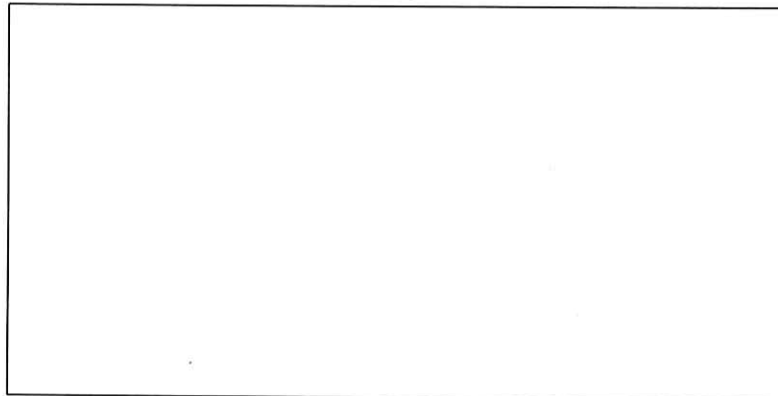


3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

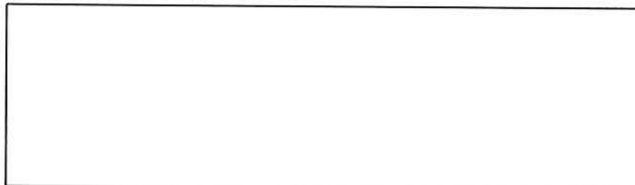
水平方向竜巻荷重(胴)作用方向



水平方向竜巻荷重(バスケット)作用方向



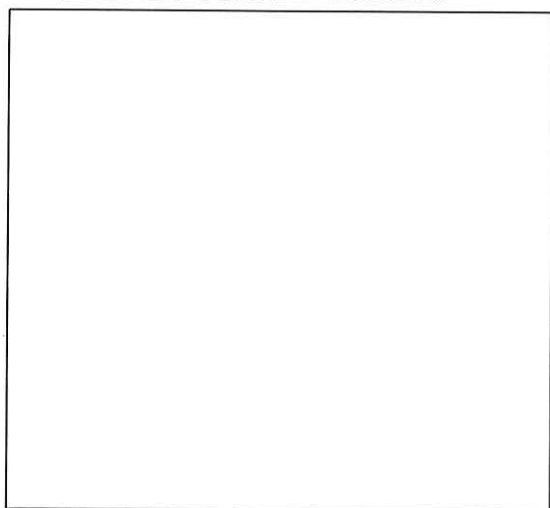
水平方向竜巻荷重(H-ビーム)



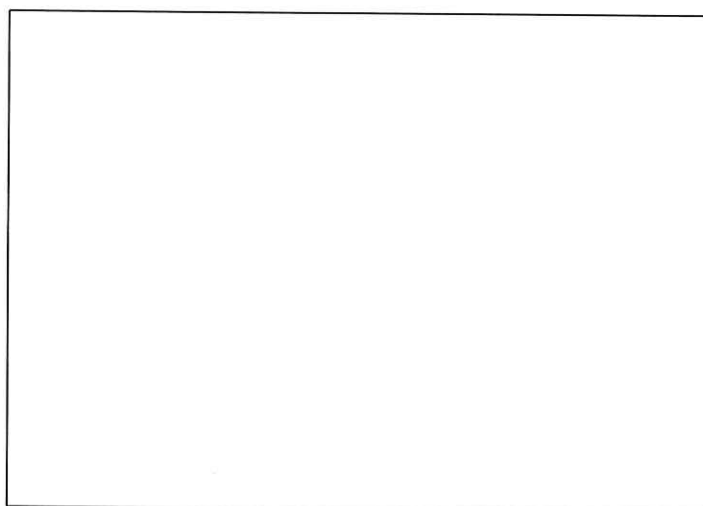
3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)



水平方向竜巻荷重(バスケット側板)



水平方向竜巻荷重(コーナーエレメント)



- バスケット側板に発生する応力は と計算され、弾性範囲内である。
- コーナーエレメントに発生する応力は と計算され、弾性範囲内である。

3. 設置許可基準規則への適合性(第六条)

機能維持評価結果のまとめ

評価部位	部材	評価項目	評価基準		計算結果	評価結果	
			[MPa]	[MPa]	[MPa]		
密封境界部	一次蓋: ステンレス鋼 [] キャスク本体: 球状黒鉛鋳鉄 []	一次膜+	Sy	155.2	31.3	弾性範囲内	
		一次曲げ応力					
	一次蓋ボルト	合金鋼棒鋼 []	一次膜+曲げ応力	Sy	913.4	409.6	弾性範囲内
	胴	球状黒鉛鋳鉄 [] 同上	一次曲げ応力	Sy	155.2	77	弾性範囲内
せん断応力			$Sy/\sqrt{3}$	89.6	9	弾性範囲内	
バスケット	H-ビーム	一次膜応力	Sy	157	<2	弾性範囲内	
		一次曲げ応力	Sy	157	86	弾性範囲内	
	コーナーエレメント	ステンレス鋼 []	一次膜応力	Sy	114	<2	弾性範囲内
			一次曲げ応力	Sy	114	20	弾性範囲内
	バスケット側板	同上	一次膜応力	Sy	114	<2	弾性範囲内
			一次曲げ応力	Sy	114	24	弾性範囲内
竜巻により発生する慣性力 [MN]		一次蓋の摩擦力[N]		評価結果			
一次蓋横ずれ	0.436	3.456		一次蓋は横ずれしない			

計算結果と評価基準との比較から、竜巻荷重が作用しても密封境界部に生じる応力は弾性範囲に留まり、また、一次蓋の横ずれは生じないことから、閉じ込め機能は維持される。バスケットに生じる応力は、使用済燃料を直接支持し、かつ燃料間距離を保つために変形を許容しない部材について弾性範囲に留まることから、臨界防止機能は維持される。胴(フィン部及びボアホール部)に生じる応力は弾性範囲に留まることから、除熱機能及び遮蔽機能は維持される。



無断複製・転載禁止 GNS[®]

設置許可基準規則への適合性について / 23

ご清聴ありがとうございました！



設置許可基準規則への適合性について / 24