

添付書類 3 使用済燃料貯蔵施設の技術基準への
適合性に関する説明書

1. 目的

本説明書は、リサイクル燃料備蓄センター（以下「施設」という。）を構成する設備のうち申請対象設備の設計（構造、機能及び性能の仕様）が、技術基準に適合することを説明するものである。

今回申請では、予備電源の設計が技術基準に適合することを説明する。

2. 技術基準との対応関係の分類について

施設を構成する設備について、技術基準との対応関係を分類した。

（第3-1表）

(1) 基本的安全機能の条文の直接要求に該当するもの（分類記号：◎）

基本的安全機能（臨界防止、閉じ込め、除熱及び遮蔽）を有する設備

今回申請では、該当するものはない。

(2) 基本的安全機能に影響を与える機器に該当するもの（分類記号：○1）

損傷等により基本的安全機能に影響を与えるおそれがある設備（例えば受入れ区域天井クレーン）

今回申請では、該当するものはない。

(3) 安全機能の直接要求に該当し、性能、機能を達成するために仕様記載が必要なもの（分類記号：○2）

技術基準により直接要求される安全機能を有する設備であり、技術基準に適合することを説明するためには、安全機能の仕様を明確にする必要がある設備

今回申請では、電気の供給機能の仕様を明確にする必要がある予備電源が該当する。

(4) 安全機能の直接要求に該当するが、性能、機能を達成するために仕様が不要なもの（分類記号：◇）

技術基準により直接要求される安全機能を有する設備であるが、技術基準に適合することを説明するためには、安全機能の仕様を明確にする必要がない設備（例えば通信連絡設備）

今回申請では、該当するものはない。

(5) 上記4項目の間接要求又は関連し、性能、機能を達成するために必要な関連 設備、機器（分類記号：△）

上記(1)から(4)までの技術基準以外の技術基準への適合のため、間接的に又は関連して必要となる設備（例えば金属キャスクの蓋部の圧力に関する計測制御系統施設の技術基準への適合のため、間接的に必要となる予備電源）

今回申請では、上記例示の通り、予備電源（技術基準規則第二十三条）が、計測制御系統施設（技術基準規則第十七条）へ必要な電気を供給する設備として分類される。

(6) 更なる信頼性向上の観点から設置する設備（分類記号：□）

技術基準に基づく設備以外のものうち、使用済燃料貯蔵施設の技術的知見を活用し、施設の更なる信頼性向上の観点から設置する設備。

今回申請では、据置発電機（信頼性拡張設備）が該当する。

3. 設備の分類に応じた説明事項について

設備と技術基準の関係の分類に応じて、技術基準適合性の説明事項を整理する。

(1) 基本的安全機能の条文の直接要求に該当するもの（分類記号：◎）

基本的安全機能を確保する設計であることを基本設計方針で説明するとともに、技術基準への適合性の説明に必要な構造、機能、及び性能の仕様を要目表で説明した上で、これらの根拠を添付書類で説明する。（例えば使用済燃料の臨界防止に関する説明書）

今回申請では、基本的安全機能を有する設備に該当するものはないため、説明するものはない。

(2) 基本的安全機能に影響を与える機器に該当するもの（分類記号：○1）

その損傷等により基本的安全機能に影響が及ばない設計であることを基本設計方針で説明した上で、その影響評価を設備の重要度に応じて添付書類で説明する。（例えば仮想的な大規模津波に対する金属キャスクの影響評価）

今回申請では、基本的安全機能に影響を与えるおそれがある設備に該当するものはないため、説明するものはない。

(3) 安全機能の直接要求に該当し、性能、機能を達成するために仕様記載が必要なもの（分類記号：○2）

安全機能を確保する設計であることを基本設計方針で説明するとともに、技術基準への適合性の説明に必要な構造、機能、及び性能の仕様を要目表で説明した上で、これらの根拠を添付書類で説明する。

今回申請では、予備電源の電気の供給機能を確保する設計であることを基本設計方針で説明するとともに、直接要求される技術基準への適合性の説明に必要な電気の供給に関する機能及び性能の仕様を要目表で説明した上で、この仕様の根拠を「電気設備に関する説明書」と「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」で説明する。また、施設共通で要求される技術基準への適合性の説明に必要な予備電源の火災等の防止に関する事項については「火災及び爆発の防止に関する説明書」で、安全機能の健全性維持に関する事項については「安全機能の健全性維持に関する説明書」で説明する。

(4) 安全機能の直接要求に該当するが、性能、機能を達成するために仕様が不要なもの（分類記号：◇）

安全機能を確保する設計であることを基本設計方針で説明するとともに、技術基準への

適合性の説明に当たって必要に応じて、この補足事項を添付書類（例えば通信連絡設備に関する説明書）で説明する。

今回申請では、該当するものはない。

(5) 上記4項目の間接要求又は関連し、性能、機能を達成するのに必要な関連 設備、機器（分類記号：△）

上記(1)から(4)までの技術基準以外の技術基準への適合性の説明のため、間接的に又は関連して必要となる機能等の補足事項を基本設計方針や添付書類で説明する。

今回申請では、計測制御系統施設の技術基準への適合性の説明のため、計測制御系統施設が必要とする消費電力等の要求仕様を「電気設備に関する説明書」で説明する。

(6) 更なる信頼性向上の観点から設置する設備（分類記号：□）

施設の信頼性を低下させないことを説明するため、必要に応じ、設計の補足事項と施設への波及影響評価結果を添付書類で説明する。

今回申請では、自主的に設置する据置発電機の設計の補足事項と、施設への波及影響はないため、説明するものはない。

4. 添付書類と技術基準との対応関係について

設備の分類に応じた添付書類と技術基準との対応関係については、第3-2表のとおり整理される。

5. 次回申請に関する説明事項の取り扱いについて

以下の説明書については、予備電源の設計が技術基準に適合することを説明した書類ではないため、次回申請書で説明する。

- ・ 基本的安全機能（臨界防止，閉じ込め，除熱，被ばくの防止）に関する説明書のうち影響評価
- ・ 耐震性に関する説明書のうち，耐震Sクラス及びBクラスの設備に関する説明書
- ・ 津波による損傷の防止に関する説明書のうち影響評価
- ・ 自然現象等による損傷の防止に関する説明書のうち影響評価
（「外部火災（電源車の火災）による使用済燃料貯蔵建屋への影響評価」を除く。）
- ・ 主要な容器の強度及び耐食性に関する説明書のうちの影響評価
- ・ 搬送設備及び受入設備に関する説明書
- ・ 計測制御系統施設に関する説明書
- ・ 放射線管理施設に関する説明書
- ・ その他設備に関する説明書のうち電気設備を除く設備に関する説明書
- ・ 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書のうち，電気設備を除く設備に関する説明書
- ・ 計算機プログラム（解析コード）に関する説明書
- ・ 図面のうち電気設備を除く設備に関する配置図，構造図及び系統図

添付書類3 添付

目次

- 1 使用済燃料の臨界防止に関する説明書
 - 1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明書 次回申請
 - 1-1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明書
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
- 2 使用済燃料等の閉じ込めに関する説明書
 - 2-1 金属キャスクの閉じ込めの機能に関する説明書 次回申請
 - 2-1-1 金属キャスクの閉じ込めの機能に関する説明書
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 2-2 廃棄物貯蔵室に関する説明書 次回申請
 - 2-2-1 漂流防止設備の評価方針及び評価結果 次回申請
- 3 使用済燃料の除熱に関する説明書
 - 3-1 使用済燃料貯蔵建屋の除熱に関する説明書 次回申請
 - 3-2 金属キャスクの除熱に関する説明書 次回申請
 - 3-2-1 金属キャスクの除熱に関する説明書
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
- 4 放射線による被ばくの防止に関する説明書
 - 4-1 使用済燃料貯蔵建屋の放射線の遮蔽に関する説明書 次回申請
 - 4-2 金属キャスクの放射線の遮蔽に関する説明書 次回申請
 - 4-2-1 金属キャスクの放射線の遮蔽に関する説明書
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
- 5 主要な使用済燃料貯蔵施設の耐震性に関する説明書
 - 5-1 申請設備に係る耐震設計の基本方針
 - 5-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要 次回申請
 - 5-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針 次回申請
 - 5-1-3 波及的影響評価に係る基本方針
 - 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定
 - 5-1-4 地震応答解析の基本方針 次回申請
 - 5-1-5 設計用床応答スペクトルの作成方針 次回申請
 - 5-2 使用済燃料貯蔵建屋の耐震性に関する説明書 次回申請
 - 5-2-1 使用済燃料貯蔵建屋の耐震性に関する計算書 次回申請
 - 5-3 金属キャスクの耐震性に関する説明書 次回申請

- 5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書
(BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 次回申請
- 5-4 貯蔵架台の耐震性に関する説明書 次回申請
- 5-4-1 貯蔵架台の耐震性に関する計算書
(BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 次回申請
- 5-5 受入れ区域天井クレーンの耐震性に関する説明書 次回申請
- 5-5-1 受入れ区域天井クレーンの耐震性に関する計算書 次回申請
- 5-6 搬送台車の耐震性に関する説明書 次回申請
- 5-6-1 搬送台車の耐震性に関する計算書 次回申請
- 5-7 波及的影響を及ぼすおそれのある施設に関する説明書 次回申請
- 5-7-1 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の
金属キャスクへの影響評価結果 次回申請
- 5-8 耐震Cクラス設備の耐震基本方針及び評価
- 5-8-1 無停電電源装置, 共用無停電電源装置の計算方法に関する説明書
- 5-8-2 軽油貯蔵タンク(地下式)の計算方法に関する説明書
- 5-8-3 電源車の計算方法に関する説明書
- 6 津波による損傷の防止に関する説明書
- 6-1 津波への配慮に関する説明書
- 6-1-1 津波への配慮に関する基本方針
- 6-1-2 仮想的大規模津波の設定
- 6-1-3 仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の選定
- 6-1-4 仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の設計及び評価方針 次回申請
- 6-1-4-1 仮想的大規模津波に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価 次回申請
- 6-1-4-2 仮想的大規模津波に対する金属キャスクの影響評価 次回申請
- 6-1-5 仮想的大規模津波に対する受入設備の評価方針及び評価結果 次回申請
- 7 自然現象等による損傷の防止に関する説明書
- 7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書
- 7-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する基本方針
- 7-2 竜巻への配慮に関する説明書
- 7-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針及び竜巻の影響を考慮する施設の選定
- 7-2-2 固縛対象物の選定
- 7-2-3 竜巻防護に関する施設の設計及び評価方針 次回申請
- 7-2-3-1 竜巻に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価 次回申請
- 7-2-4 竜巻に対する電源車の固縛装置の評価方針及び評価結果
- 7-3 火山への配慮に関する説明書
- 7-3-1 火山への配慮に関する基本方針

- 7-3-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定
- 7-3-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計及び評価方針 次回申請
 - 7-3-3-1 降下火砕物に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価 次回申請
- 7-4 外部火災への配慮に関する説明書
 - 7-4-1 外部火災への配慮に関する基本方針
 - 7-4-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定及び設計方針
 - 7-4-3 外部火災防護に関する許容温度及び設定根拠
 - 7-4-4 外部火災防護における評価方針
 - 7-4-4-1 外部火災に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価
 - 7-4-4-2 外部火災に対する金属キャスクの影響評価 次回申請
- 8 火災及び爆発の防止に関する説明書
- 9 安全機能の健全性維持に関する説明書
- 10 主要な容器の強度及び耐食性に関する説明書
 - 10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針 次回申請
 - 10-2 金属キャスクの強度に関する説明書
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-1 金属キャスクの応力解析の方針
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-1-1 密封容器の応力解析の方針
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-1-2 バスケットの応力解析の方針
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-1-3 トラニオンの応力解析の方針
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-1-4 外筒及び中性子遮蔽材カバーの応力解析の方針
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-2 金属キャスクの応力計算書
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-2-1 密封容器の応力計算書
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-2-2 バスケットの応力計算書
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-2-2-3 トラニオンの応力計算書
 - (BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請

- 10-2-2-4 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの強度に関する計算書 次回申請
- 10-3 貯蔵架台の強度に関する説明書 次回申請
 - 10-3-1 貯蔵架台の応力解析の方針
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
 - 10-3-2 貯蔵架台の応力計算書
(BWR用大型キャスク (タイプ2A)) 次回申請
- 11 使用済燃料の受入施設 (搬送設備及び受入設備) に関する説明書 次回申請
 - 11-1 受入れ区域天井クレーンの金属キャスクの取扱いに関する説明書 次回申請
 - 11-2 搬送台車の金属キャスクの取扱いに関する説明書 次回申請
 - 11-3 圧縮空気供給設備に関する説明書 次回申請
- 12 計測制御系統施設に関する説明書 次回申請
- 13 放射線管理施設に関する説明書 次回申請
 - 13-1 エリアモニタリング設備に関する説明書 次回申請
 - 13-2 周辺監視区域境界付近固定モニタリング設備に関する説明書 次回申請
 - 13-3 放射線サーベイ機器に関する説明書 次回申請
- 14 汚染の拡大防止に関する説明書
 - 14-1 受入れ区域の汚染の拡大防止に関する説明書
- 15 その他設備に関する説明書
 - 15-1 電気設備に関する説明書
 - 15-2 通信連絡設備等に関する説明書 次回申請
 - 15-2-1 通信連絡設備に関する説明書 次回申請
 - 15-2-2 避難通路等に関する説明書 次回申請
 - 15-3 人の不法な侵入等防止設備に関する説明書 次回申請
 - 15-4 換気設備に関する説明書
- 16 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
 - 16-1 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(使用済燃料貯蔵設備本体) 次回申請
 - 16-2 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(使用済燃料の受入施設 (搬送設備及び受入設備)) 次回申請
 - 16-3 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(計測制御系統施設) 次回申請
 - 16-4 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書

- (放射線廃棄物の廃棄施設) 次回申請
- 16-5 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(放射線管理施設) 次回申請
- 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(電気設備)
- 16-7 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(消防用設備) 次回申請
- 17 計算機プログラム（解析コード）に関する説明書次回申請
- 18 図面
 - 18-1 事業所の概要を明示した地形図
 - 18-1-1 施設の概要を明示した地形図
 - 18-2 配置図
 - 18-2-1 リサイクル燃料備蓄センター屋外主要機器配置図
 - 18-2-2 使用済燃料貯蔵建屋機器配置図
 - 18-2-3 計測設備の配置図
 - 18-2-3-1 給排気温度監視装置温度検出器の配置図
 - 18-2-3-2 使用済燃料貯蔵建屋監視盤室の機器配置図（計測設備）次回申請
 - 18-2-3-3 使用済燃料貯蔵建屋の計測設備の機器配置図次回申請
 - 18-2-3-4 事務建屋の機器配置図（計測設備）次回申請
 - 18-2-4 放射線監視設備の配置図
 - 18-2-4-1 エリアモニタリング設備エリアモニタ検出器の配置図
 - 18-2-4-2 周辺監視区域境界付近モニタリング設備
(モニタリングポイント)の配置図次回申請
 - 18-2-4-3 周辺監視区域境界付近モニタリング設備
(モニタリングポストA)の機器配置図次回申請
 - 18-2-4-4 周辺監視区域境界付近モニタリング設備
(モニタリングポストB)の機器配置図次回申請
 - 18-2-4-5 使用済燃料貯蔵建屋監視盤室の機器配置図
(放射線監視設備) 次回申請
 - 18-2-5 電気設備の配置図
 - 18-2-5-1 使用済燃料貯蔵建屋電気品室の機器配置図
 - 18-2-5-2 使用済燃料貯蔵建屋の電気設備の機器配置図
 - 18-2-5-3 事務建屋の機器配置図（電気設備）
 - 18-2-5-4 受変電施設の機器配置図
 - 18-2-5-5 周辺監視区域境界付近モニタリング設備

- (モニタリングポストA)の機器配置図(電気設備)
- 18-2-5-6 周辺監視区域境界付近モニタリング設備
 - (モニタリングポストB)の機器配置図(電気設備)
- 18-2-5-7 軽油貯蔵タンク(地下式)の機器配置図
- 18-2-6 通信連絡設備等の配置図 次回申請
- 18-2-6-1 通信連絡設備の配置図 次回申請
- 18-2-6-2 避難通路等の配置図 次回申請
- 18-2-7 火災防護設備の配置図
 - 18-2-7-1 使用済燃料貯蔵建屋火災区域区画図
 - 18-2-7-2 消防用設備配置図 次回申請
- 18-3 構造図
 - 18-3-1 使用済燃料貯蔵設備本体の構造図 次回申請
 - 18-3-1-1 金属キャスクの構造図 次回申請
 - 18-3-1-1-1 金属キャスクの構造図
 - (BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 次回申請
 - 18-3-1-2 貯蔵架台の構造図 次回申請
 - 18-3-1-2-1 貯蔵架台の構造図
 - (BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 次回申請
 - 18-3-1-3 金属キャスクの密封性を監視する装置の検出器の
 取付箇所を明示した図面 次回申請
 - 18-3-2 使用済燃料の受入施設(搬送設備及び受入設備)の構造図 次回申請
 - 18-3-2-1 受入れ区域天井クレーンの構造図 次回申請
 - 18-3-2-2 搬送台車の構造図 次回申請
 - 18-3-2-3 仮置架台の構造図 次回申請
 - 18-3-2-4 たて起こし架台の構造図 次回申請
 - 18-3-2-5 検査架台の構造図 次回申請
 - 18-3-2-6 圧縮空気供給設備の構造図 次回申請
 - 18-3-3 使用済燃料貯蔵建屋の構造図 次回申請
 - 18-3-4 電気設備の構造図
 - 18-3-4-1 無停電電源装置の構造図
 - 18-3-4-2 共用無停電電源装置の構造図
 - 18-3-4-3 電源車の構造図
 - 18-3-4-4 軽油貯蔵タンク(地下式)の構造図
 - 18-3-5 消防用設備の構造図 次回申請
 - 18-3-5-1 動力消防ポンプの構造図 次回申請
 - 18-3-5-2 防火水槽の構造図 次回申請
- 18-4 系統図及び単線結線図
 - 18-4-1 使用済燃料の受入施設の系統図 次回申請

- 18-4-1-1 圧縮空気供給設備の系統図 次回申請
- 18-4-1-2 冷却水系統の系統図 次回申請
- 18-4-2 計測設備の系統図 次回申請
- 18-4-3 放射線監視設備の系統図 次回申請
- 18-4-3-1 エリアモニタリング設備の系統図 次回申請
- 18-4-3-2 周辺監視区域境界付近固定モニタリング設備の系統図 次回申請
- 18-4-4 電気設備の系統図
 - 18-4-4-1 リサイクル燃料備蓄センターの単線結線図
 - 18-4-4-2 無停電電源装置の単線結線図
 - 18-4-4-3 共用無停電電源装置の単線結線図
 - 18-4-4-4 モニタリングポストの単線結線図
 - 18-4-4-5 電灯分電盤（保安灯）の単線結線図
 - 18-4-4-6 軽油貯蔵タンク（地下式）の系統図
- 18-4-5 消防用設備の系統図 次回申請
 - 18-4-5-1 火災感知設備の系統図 次回申請

添付 1 使用済燃料の臨界防止に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 基本設計方針	2
3. 臨界防止構造の設計方針	4
4. 臨界解析の方針	5

図表目次

図 4-1 金属キャスクの臨界解析フロー..... 6

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の使用済燃料の臨界防止に関する設計方針が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第5条（使用済燃料の臨界防止）に適合することを説明するものである。

なお、技術基準規則に適合する設備である金属キャスクについては、次回申請の適合性確認対象設備であるため、設計結果の説明事項については次回申請の使用済燃料の臨界防止に関する説明書に記載する。

2. 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料が臨界に達するおそれがないよう次の方針に基づき臨界防止設計を行う。

- (1) 金属キャスク単体は、その内部のバスケットの幾何学的な配置及び中性子を吸収する材料により、使用済燃料集合体を収納した条件下で、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率を0.95以下となるよう設計する。
- (2) 臨界防止機能の一部を構成する金属キャスク内部のバスケットは、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間における放射線照射影響、腐食等の経年変化に対して十分な信頼性を有する材料を選定し、技術的に想定されるいかなる場合でも臨界防止上有意な変形を起こさない設計とする。金属キャスク内部のバスケットにより、適切な使用済燃料集合体間隔を保持し、使用済燃料集合体を相互に近接しないよう、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持する構造とし、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じてバスケットの構造健全性が保たれる設計とする。
- (3) 使用済燃料集合体を収納した金属キャスクを、使用済燃料貯蔵建屋の貯蔵容量最大に収納した条件下で、金属キャスクの搬入から搬出までの全工程において、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮し、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率を0.95以下となるよう設計する。
- (4) 未臨界性に有意な影響を与える以下の因子を考慮した設計とする。

a. 配置・形状

貯蔵区域内の金属キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料集合体の配置等において適切な安全裕度を考慮する。

金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して完全反射条件（無限配列）としていることから、金属キャスクの滑動を考慮する必要はない。

金属キャスク内部が乾燥された状態では、バスケット及び使用済燃料集合体の変形による実効増倍率の変化はわずかであり、未臨界性評価に有意な影響を与えることはない。

b. 中性子吸収材の効果

以下の事項等について適切な安全裕度をもって考慮する。

- (a) 製造公差（濃度，非均質性，寸法等）
- (b) 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少

c. 減速材（水）の影響

使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するにあたり冠水することを設計上適切に考慮する。

d. 燃焼度クレジット

使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下は考慮しない。なお，冠水状態の解析では，可燃性毒物による燃焼初期の反応度抑制効果を適切に考慮する。

- (5) 使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たっては，臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲を逸脱しないよう，契約先である原子炉設置者が確認した使用済燃料集合体の収納等の状態が貯蔵上必要な条件を満足していることを，記録により確認する。

3. 臨界防止構造の設計方針

金属キャスクは、その内部のバスケットの幾何学的な配置及び中性子を吸収する材料により、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し、以下の配慮を行う。

- (1) 使用済燃料集合体を収納するバスケットは、格子構造とし、設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持する設計とする。
- (2) バスケットの材料には、中性子を有効に吸収するボロンを偏在することなく添加したステンレス鋼を用いる。

4. 臨界解析の方針

金属キャスクの臨界解析フローを図 4-1 に示す。

金属キャスク及び燃料集合体の実形状を三次元で適切にモデル化し、これまでの輸送容器と貯蔵容器での臨界解析に使用実績のある燃料棒単位セル計算を輸送計算コード XSDRNPM, 中性子実効増倍率の計算をモンテカルロコード KENO-V. a で行う SCALE コードシステム (4.4a) を用いる。断面積ライブラリには SCALE コードシステムの内蔵ライブラリデータのひとつである 238 群ライブラリデータを使用して中性子実効増倍率を求め、その値が解析コードの精度、解析の裕度を考慮して、0.95 以下となることを確認する。

金属キャスクは多重の閉じ込め構造を有する蓋部により金属キャスク内部は外部から隔離される構造であり、金属キャスクへの使用済燃料集合体収納後に金属キャスク内部の排水及び真空乾燥が行われることから、貯蔵中の金属キャスク内部は乾燥状態であるが、原子力発電所における金属キャスクへの使用済燃料集合体収納時に冠水することから、乾燥状態及び冠水状態で評価する。

BWR 燃料集合体には反応度抑制効果のある可燃性毒物が含まれているが、中性子減速材のない乾燥状態では可燃性毒物の反応度抑制効果が低下することから、乾燥状態の解析では保守的に可燃性毒物の反応度抑制効果を見逃した初期濃縮度の燃料集合体を金属キャスクに全数収納した状態を設定する。冠水状態の解析では、燃料集合体の燃焼に伴う反応度の低下は考慮せず、可燃性毒物による燃焼初期の反応度抑制効果を考慮して、炉心内装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が 1.3 となる燃料集合体モデルを金属キャスクに全数収納した状態を設定する。

また、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して金属キャスク周囲を完全反射条件とし、金属キャスクの無限配列を模擬することにより、使用済燃料貯蔵建屋の貯蔵容量最大に金属キャスクを配置した条件を包絡した設定とする。バスケット格子内の使用済燃料集合体は中性子実効増倍率が最大となるように金属キャスク中心側に偏向して配置するとともに、バスケットの板厚、内のりの寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮するなど、十分な安全裕度を見込む。

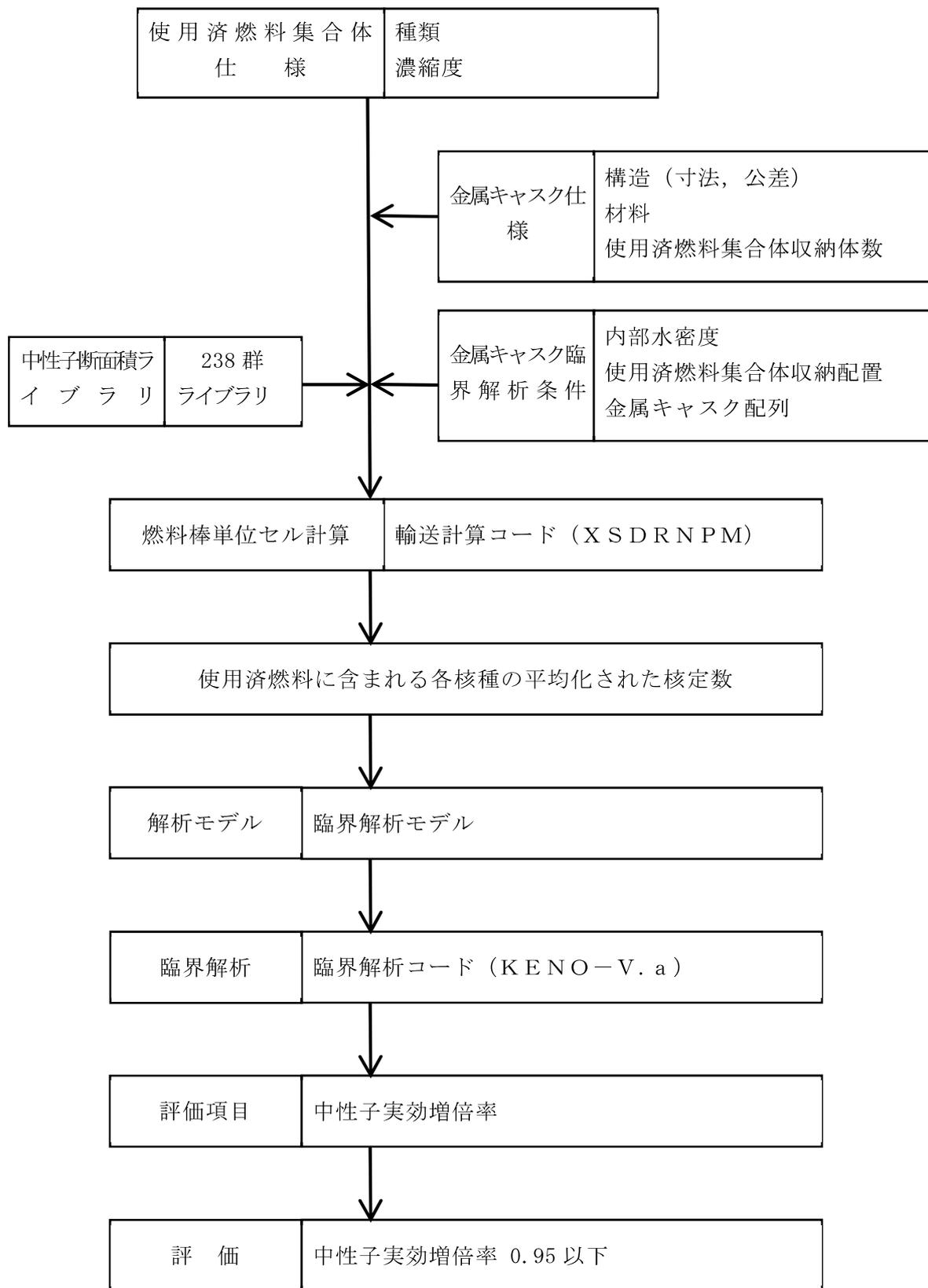


図 4-1 金属キャスクの臨界解析フロー

添付2 使用済燃料等の閉じ込めに関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 基本設計方針	2
3. 閉じ込め構造の設計方針	4
4. 閉じ込め機能の監視の設計方針	5
5. 閉じ込め機能の異常を考慮した設計の方針	6
6. 閉じ込め性能評価の方針	7

図表目次

図 5-1	閉じ込め機能異常時の対応手順の方針	8
図 6-1	金属キャスクの閉じ込め評価フロー	9

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の閉じ込めの機能に関する設計方針が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 11 条（閉じ込めの機能）に適合することを説明するものである。

なお、技術基準規則に適合する設備である金属キャスクについては、次回申請の適合性確認対象設備であるため、設計結果の説明事項については次回申請の閉じ込めの機能に関する説明書に記載する。

2. 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料等を限定された区域に適切に閉じ込めるため、次の方針に基づき閉じ込め設計を行う。

- (1) 金属キャスクは、放射性物質を限定された区域に閉じ込めるため、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とする。

また、使用済燃料集合体及びバスケットの健全性を維持するため、金属キャスクの内部の空間を不活性雰囲気を保つ設計とする。

- (2) 金属キャスクは、蓋部を一次蓋、二次蓋の多重の閉じ込め構造とし、一次蓋と二次蓋との空間部を正圧に維持することにより、使用済燃料集合体を内封する空間を金属キャスク外部から隔離する設計とする。また、一次蓋と二次蓋との空間部の圧力を測定することにより、閉じ込め機能について監視ができる設計とする。金属キャスクの構造上、漏えいの経路となり得る蓋及び蓋貫通孔のシール部には金属ガスケットを用いることにより長期にわたって閉じ込め機能を維持する設計とする。
- (3) 金属キャスクは、貯蔵期間中及び貯蔵終了後において、収納された使用済燃料集合体の検査等のために一次蓋を開放しないことを前提としているため、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、二次蓋の閉じ込め機能に異常がある場合には、二次蓋の金属ガスケットを交換し、一次蓋の閉じ込め機能に異常がある場合には、金属キャスクに蓋を追加装着できる構造を有すること等、閉じ込め機能の修復性を考慮した設計とする。
- (4) 使用済燃料貯蔵施設では、平常時に放射性廃棄物は発生しないため、放射性廃棄物の処理施設を設置しない。

なお、搬入した金属キャスク等の表面に法令に定める管理区域に係る値を超える放射性物質が検出された場合は、除染に使用した水及び除染液の液体廃棄物並びにウエス等の固体廃棄物はドラム缶、ステンレス製の密封容器に入れた後、廃棄物貯蔵室に保管廃棄する。

- (5) 放射性廃棄物の廃棄施設は、廃棄物による汚染の拡大防止を考慮し、廃棄物貯蔵室を受入れ区域の独立した区画に設け、放射性廃棄物をドラム缶、ステンレス

製等の密封容器に入れ，保管廃棄可能な設計とする。また，漏えいが生じたときの漏えい拡大防止を考慮し，廃棄物貯蔵室の出入口にはせきを設ける構造とするとともに，床及び腰壁は，廃水が浸透し難い材料で仕上げる設計とする。

なお，仮想的大規模津波による使用済燃料貯蔵建屋の損傷に備え，廃棄物貯蔵室内に保管廃棄しているドラム缶，ステンレス製の密封容器が廃棄物貯蔵室外，敷地内及び敷地外への漂流を防止するため漂流防止対策を講ずる。漂流防止対策はそれ自身が漂流しないよう，床面に固縛する。漂流防止対策として，水面に浮上するドラム缶は水面に浮上できる大きさのネットで覆い，また，浮上しないステンレス製の密封容器は深水圧に耐える構造とする。

3. 閉じ込め構造の設計方針

金属キャスクは、放射性物質を限定された区域に閉じ込めるため、以下の配慮を行う。

- (1) 金属キャスクは、本体胴及び蓋部により使用済燃料集合体を内封する空間を外部から隔離し、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて負圧に維持する。
- (2) 金属キャスクは、蓋部を一次蓋及び二次蓋の多重の閉じ込め構造とし、その蓋間をあらかじめ正圧とし圧力障壁を形成することにより、放射性物質を金属キャスク内部に閉じ込める。また、使用済燃料集合体を内封する空間に通じる貫通孔のシール部は一次蓋に設ける。
- (3) 蓋及び蓋貫通孔のシール部には、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。金属ガスケットの漏えい率は、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて、蓋間の空間に充填されているヘリウムガスが蓋間の圧力を一定とした条件下で使用済燃料集合体を内封する空間側に漏えいし、かつ、燃料被覆管からの核分裂生成ガスの放出を仮定しても、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できるように設定し、その漏えい率を満足していることを気密漏えい検査により確認する。

なお、蓋間の圧力が徐々に低下する場合には、適宜、蓋間空間にヘリウムガスを再充填する。その際、累積のヘリウム充填量を管理し、過剰な充填とならないようにする。

- (4) 金属キャスクは、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、三次蓋を追加装着できる構造を有する。

4. 閉じ込め機能の監視の設計方針

金属キャスクの閉じ込め機能が確保されていることを適切に監視するため、金属キャスクの蓋間圧力を測定するとともに、監視盤室に表示、記録する。

蓋間圧力が基準設定値より低下したときは、監視盤室及び事務建屋に警報を発するようにする。

蓋間圧力監視装置は、点検中及び不具合時においても蓋間圧力を測定できるように二系統設ける。

5. 閉じ込め機能の異常を考慮した設計の方針

蓋間の圧力に異常が生じた場合でも、あらかじめ金属キャスク内部を負圧に維持するとともに、蓋間の圧力を正圧としているため、内部の気体が外部に流出することはない。

蓋間圧力の監視により蓋間の圧力が急激に低下し、閉じ込め機能に異常が認められた場合、以下のとおり対応する。

- (1) 圧力監視系の点検を行い、圧力監視系からの漏えいが認められた場合には、漏えい箇所の特定を行い、当該箇所を修復の上貯蔵を継続する。
- (2) 圧力監視系に漏えいがなく、金属ガスケットの漏えいと考えられる場合には、二次蓋金属ガスケットの漏えい試験を行う。漏えい試験の結果、二次蓋に漏えいが認められた場合には、金属キャスク内部が負圧に維持されていることを間接的に確認し、さらに、蓋間圧力の低下の状況及び測定した二次蓋漏えい率より一次蓋の健全性を確認の上、二次蓋の金属ガスケットを交換し、閉じ込め機能を修復して貯蔵を継続する。
- (3) 二次蓋金属ガスケットの漏えい試験の結果、二次蓋に漏えいが認められず、一次蓋の閉じ込め機能が異常であると考えられる場合には、金属キャスクに三次蓋を追加装着し、搬出のために必要な記録とともに、契約先に引き渡す。なお、搬出までの間は金属キャスクを適切に保管する。

閉じ込め機能の異常時の対応手順の方針を図 5-1 に示す。

6. 閉じ込め性能評価の方針

金属キャスクの閉じ込め評価フローを図 6-1 に示す。金属キャスクの閉じ込め性能評価においては、以下の考え方にに基づき評価する。

- (1) 閉じ込め性能評価では、設計貯蔵期間（50 年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60 年間（以下「設計評価期間」という。）にわたって金属キャスク内部の負圧を維持できる漏えい率（基準漏えい率）を求める。
- (2) 漏えい率は、シールされる流体、シール部温度及び漏えいの上流側と下流側の圧力に依存する。したがって、金属キャスク内部圧力変化は、蓋間圧力と金属キャスク内部圧力の圧力差のもとで、ある漏えい率をもつシール部を通して金属キャスク内部へ流入する気体の漏えい量を積分することによって求められる。
- (3) 金属キャスクの閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率は、設計評価期間にわたって金属キャスク内部の負圧が維持できるよう設定され、使用する金属ガスケットが確保可能な閉じ込め性能を満足していることを確認する。
- (4) 基準漏えい率を求めるに当たっては、金属キャスク内部の圧力を保守的に評価するため、蓋間圧力は一定とし、蓋間空間のガスは一次蓋から金属キャスク内部側のみ漏えいするものとして漏えい率の計算を行う。また、大気圧は、気象変化による圧力変動を考慮した値 9.7×10^4 Pa を用いる。金属キャスク内部空間の圧力の算定においては、使用済燃料の破損率として、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率（約 0.01%）及び日本の軽水炉における漏えい燃料発生率（0.01%以下）を考慮し、保守的な値として 0.1%を想定する。
- (5) なお、発電所搬出前の気密漏えい検査で確認される漏えい率の判定基準（リークテスト判定基準）は、基準漏えい率を下回るように設定する。

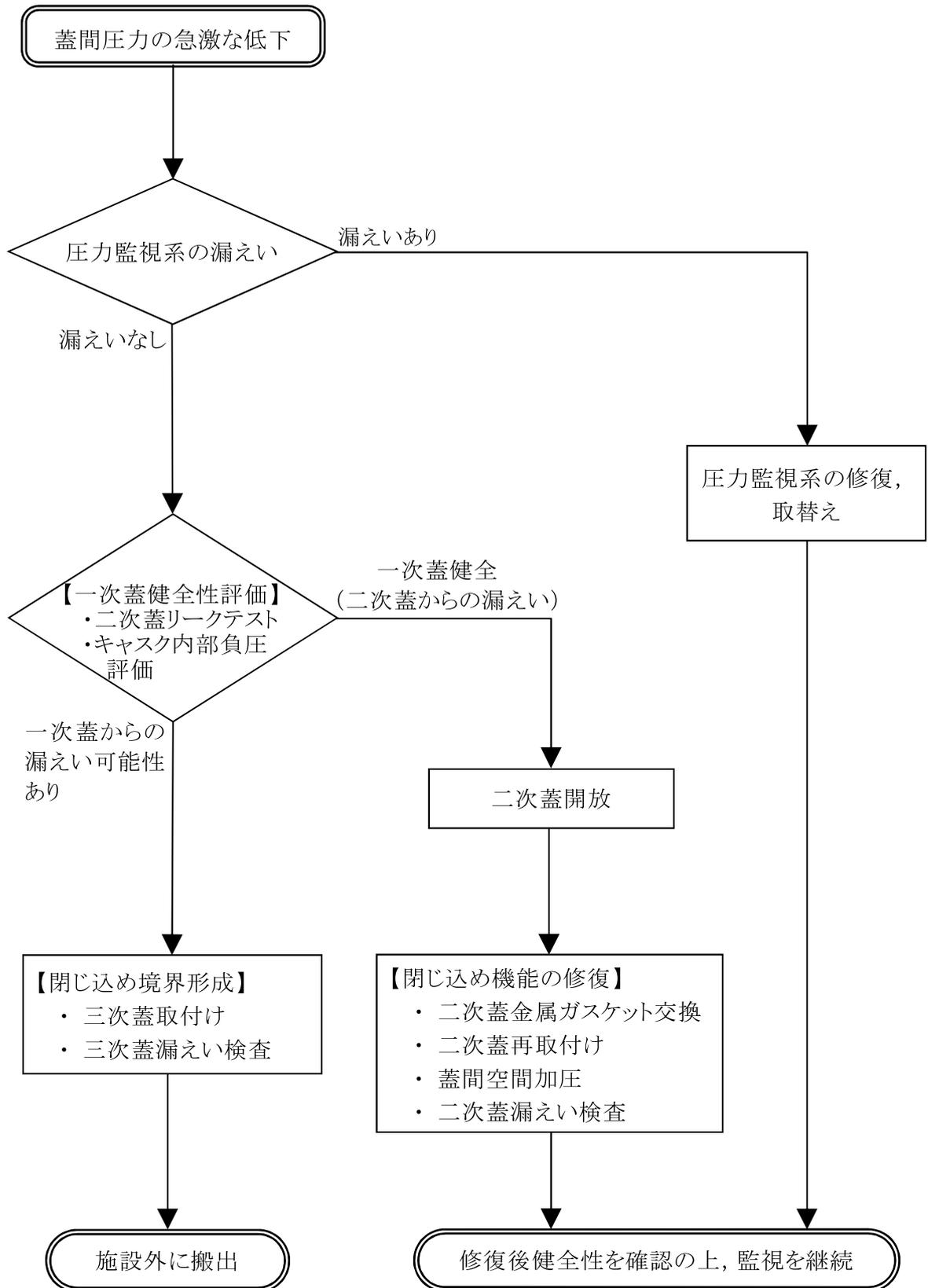


図 5-1 閉じ込め機能異常時の対応手順の方針

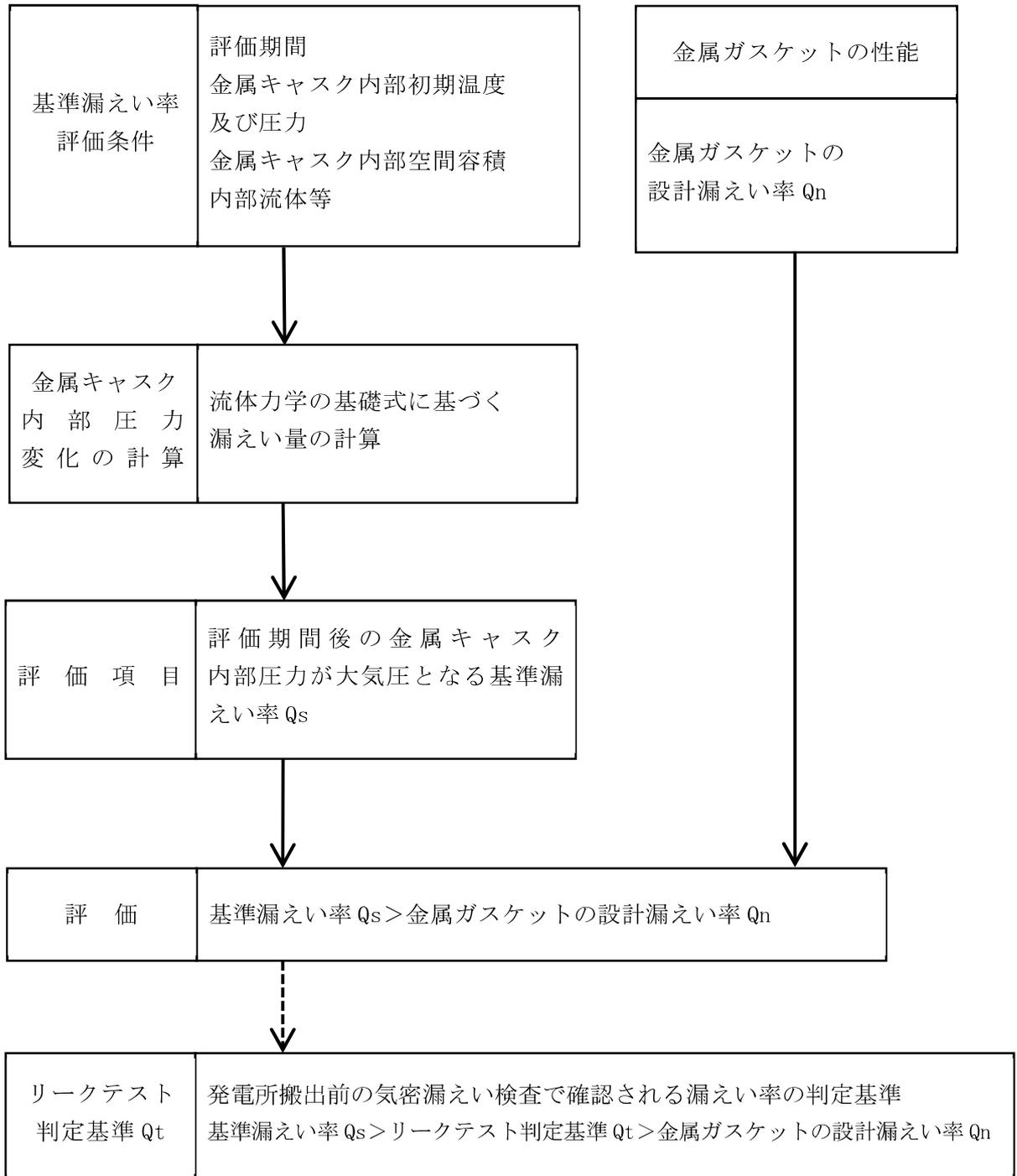


図 6-1 金属キャスクの閉じ込め評価フロー

添付 3 使用済燃料の除熱に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 除熱（貯蔵建屋）	2
2.1 基本設計方針	2
2.2 除熱設計の方針	3
3. 除熱（金属キャスク）	8
3.1 基本設計方針	8
3.2 除熱設計の方針	9

図表目次

図 2-1	使用済燃料貯蔵建屋の除熱解析フロー	5
図 2-2	一次元熱計算における使用済燃料貯蔵建屋の伝熱形態の考え方	6
図 2-3	三次元熱流動解析における使用済燃料貯蔵建屋の 伝熱形態の考え方	7
図 3-1	金属キャスクの除熱解析フロー	11
図 3-2	金属キャスクの伝熱形態の考え方	12

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の除熱に関する設計方針が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第16条（除熱）に適合することを説明するものである。

なお、技術基準規則に適合する設備である金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建屋については、次回申請の適合性確認対象設備であるため、設計結果の説明事項については次回申請の除熱に関する説明書に記載する。

2. 除熱（貯蔵建屋）

2.1 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料貯蔵建屋に給気口及び排気口を設け、通風力を利用した自然換気方式により動力を用いずに使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去できるように、次の方針に基づき設計を行う。

- (1) 使用済燃料貯蔵建屋は、金属キャスクの表面からの除熱を維持する観点から、使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を低く保つことができる設計とする。なお、使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度は計測設備等の電気品の性能維持を考慮するとともに、コンクリート温度はコンクリートの基本特性に影響を及ぼさないよう、また構造材としての健全性を維持するよう考慮する。給気口及び排気口は、積雪及び降下火砕物により閉塞しないよう設計する。

2.2 除熱設計の方針

(1) 除熱構造の考え方

使用済燃料貯蔵建屋は、金属キャスク表面からの除熱を維持する観点から使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を低く保つこと及び遮へい機能を担うための健全性を維持することから、以下の設計上の配慮を行う。

- a. 使用済燃料貯蔵建屋の受入れ区域及び貯蔵区域には、給気口及び排気口を設け、金属キャスク表面から金属キャスク周囲の空気に伝えられた熱を、その熱量に応じて生じる空気の通風力を利用して使用済燃料貯蔵建屋外へ放散できる構造とする。
- b. 適切な通風力を得るため、貯蔵区域の排気口及び受入れ区域の排気口は十分高所に設ける。
- c. 給気口及び排気口には、それぞれ温度検出器を配置して使用済燃料貯蔵建屋の給排気温度を測定することにより、除熱機能が維持されていることを監視する。
- d. 給気口は、むつ特別地域気象観測所の最大積雪量に対し十分裕度のある、地上高さに設ける。
- e. 貯蔵区域において、金属キャスクが設置されていない区画については、夏季に使用済燃料貯蔵建屋内で発生する結露対策として、給気口を閉止する運用とする。

(2) 金属キャスクの配置制限の考え方

使用済燃料貯蔵建屋は、貯蔵区域における計測設備等の電気品の性能維持を考慮し、使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度が、汎用電気品が使用可能なように考慮した温度、コンクリートの基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散が生じない温度、構造材としての健全性を維持するための温度を考慮し、使用済燃料貯蔵建屋のコンクリート温度が物性値に大きな影響を与えない温度以下に保たれるよう、金属キャスクを配置する設計とする。

(3) 除熱解析の方針

使用済燃料貯蔵建屋は、使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を低く保つことができる設計であること及びコンクリート温度をその遮へい能力が損なわれない温度以下に保つことができる設計であることを以下の方法により評価する。

a. 伝熱形態の考え方

使用済燃料貯蔵建屋における伝熱形態は次のとおりである。

- (a) 金属キャスク表面に伝えられた崩壊熱の殆どは、伝導及び対流により金属キャスク周囲の空気へ伝えられるが、一部は、輻射及び貯蔵架台を介しての伝導により使用済燃料貯蔵建屋へ伝えられる。
- (b) 使用済燃料貯蔵建屋へ伝わった熱は、躯体の伝導及び対流により外部（大気あるいは地中）に放出されるか、あるいは伝導及び対流により使用済燃料貯蔵建屋内空気に伝わり、自然換気により大気に放出される。

b. 評価方針

上記伝熱形態を踏まえ、使用済燃料貯蔵建屋の除熱評価においては、使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクを一次元又は三次元で適切にモデル化し、一次元熱計算により使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を、三次元熱流動解析コードFLUENT6.2を用いて使用済燃料貯蔵建屋のコンクリート温度を評価する。

使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度の評価に当たっては、使用済燃料集合体の崩壊熱が全て金属キャスク周囲の空気に伝わるよう設定し、使用済燃料貯蔵建屋コンクリート温度の評価に当たっては、使用済燃料貯蔵建屋外壁を断熱とする。

使用済燃料貯蔵建屋の除熱評価フローを図2-1に示す。

(a) 一次元熱計算

金属キャスク表面に伝えられた崩壊熱のすべてが周囲空気に移行するものとして使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を算出する方針とする（図2-2参照）。

(b) 三次元熱流動解析

図2-3に示した伝熱形態の考え方で模擬するため、三次元熱流動解析コードFLUENT6.2を用いて、伝導、対流、輻射が共存する場の支配方程式を解き使用済燃料貯蔵建屋躯体温度を評価する方針とする。

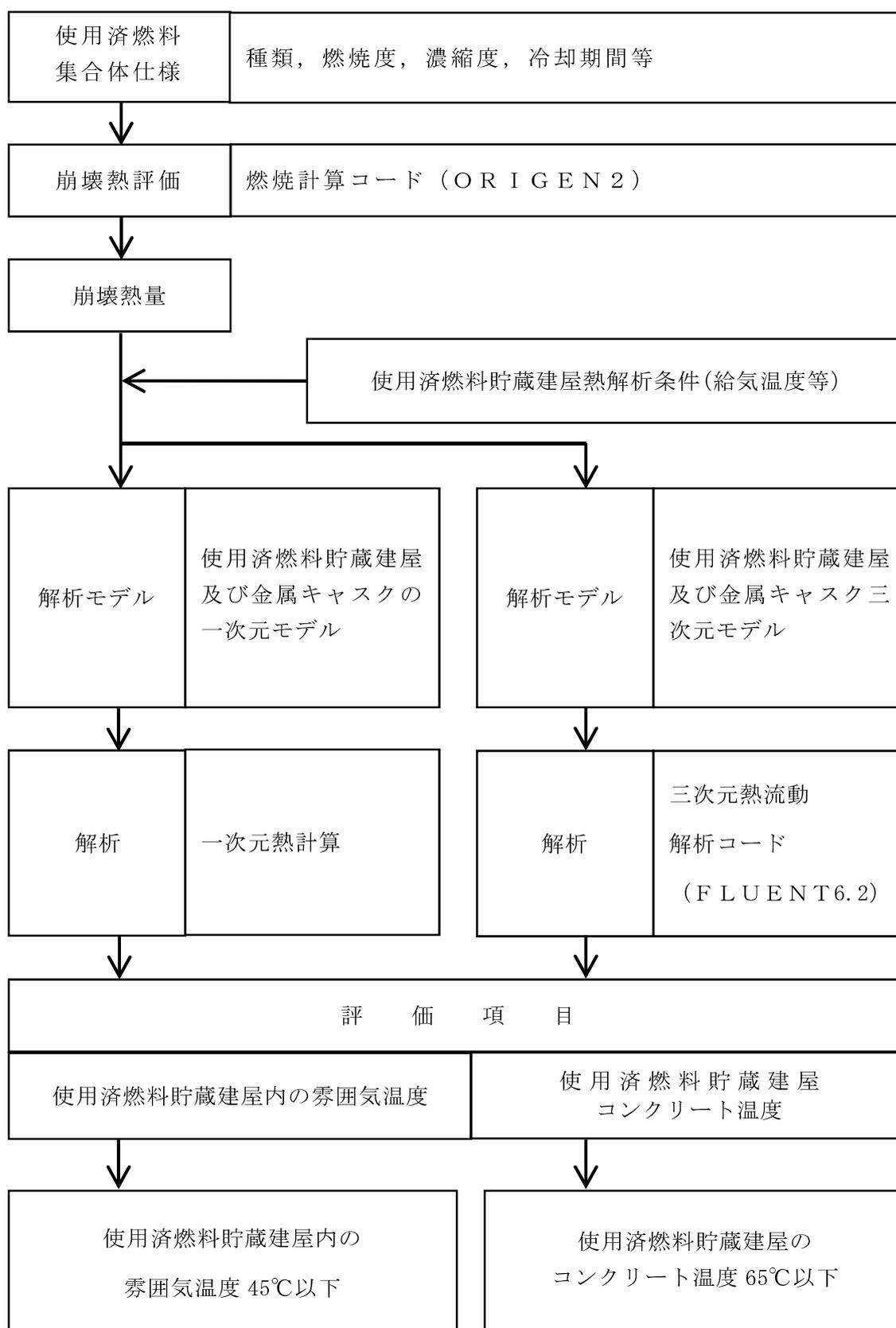


図 2-1 使用済燃料貯蔵建屋の除熱解析フロー

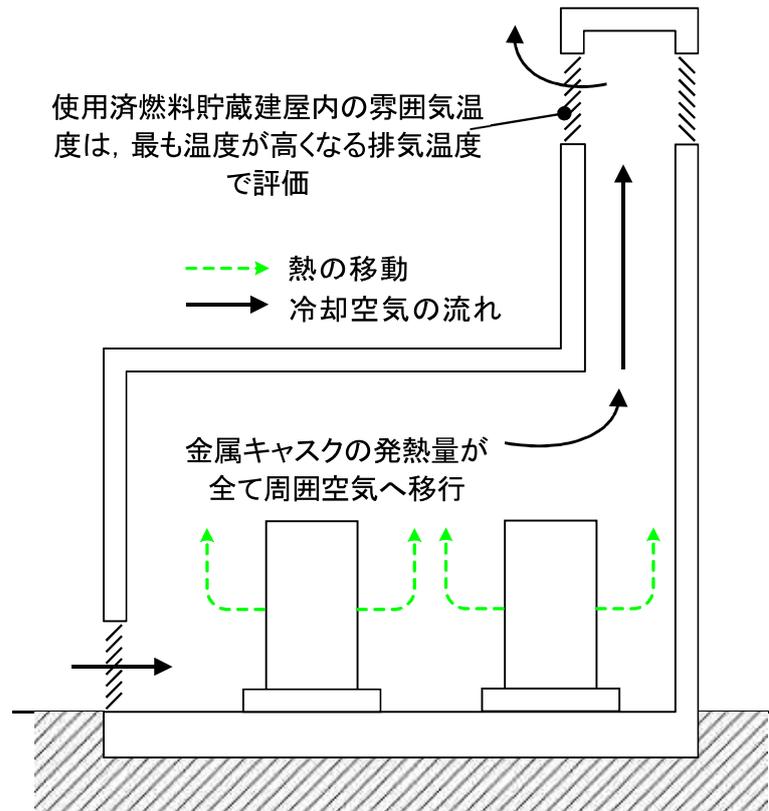


図 2-2 一次元熱計算における使用済燃料貯蔵建屋の伝熱形態の考え方

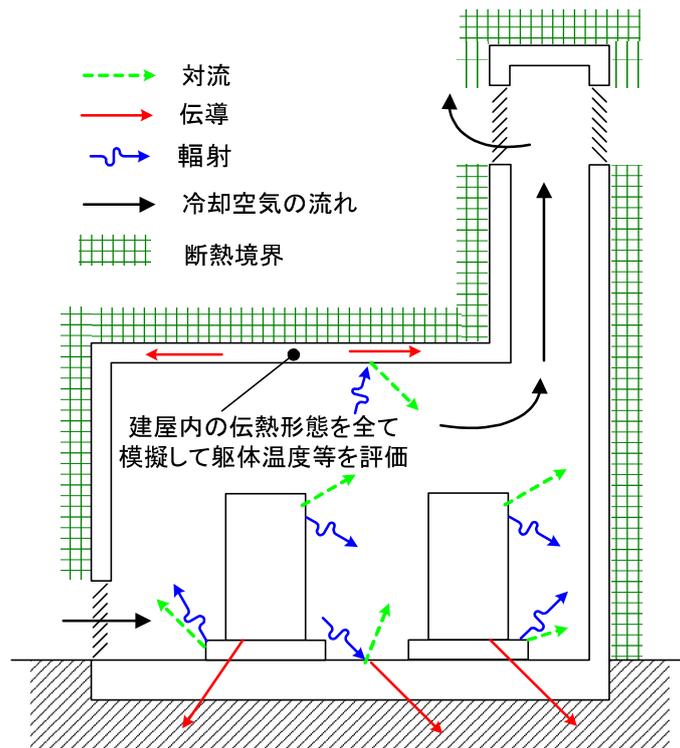


図 2-3 三次元熱流動解析における使用済燃料貯蔵建屋の
 伝熱形態の考え方

3. 除熱（金属キャスク）

3.1 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料貯蔵建屋に給気口及び排気口を設け、通風力を利用した自然換気方式により動力を用いなくて使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去できるように、次の方針に基づき設計を行う。

- (1) 金属キャスクは、使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、使用済燃料集合体の崩壊熱を金属キャスク表面に伝え、周囲空気、使用済燃料貯蔵建屋に伝達することにより除去できる設計とする。

燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、燃料被覆管の累積クリープ量が1%を超えない温度、照射硬化の回復現象により燃料被覆管の機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化物の再配向による燃料被覆管の機械的特性の低下が生じない温度以下となるように制限する。

- (2) 金属キャスクは、基本的安全機能を維持する観点から、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じてその構成部材の健全性が保たれる温度範囲にあるよう設計する。
- (3) 使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たっては、除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないよう、契約先である原子炉設置者が確認した使用済燃料集合体の収納等の状態が貯蔵上必要な条件を満足していることを、記録により確認する。

3.2 除熱設計の方針

(1) 使用済燃料集合体の収納の考え方

除熱機能維持の観点から、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて燃料被覆管の温度を低く保つことができる設計とし、使用済燃料集合体の収納条件は以下のとおりである。使用済燃料集合体の収納作業は、契約先である原子炉設置者が実施することから、原子炉設置者に対して、収納条件を満足した作業の実施、作業記録の作成、収納配置の確認を求める。

- a. 金属キャスクには、原子炉内での運転中のデータ、 SHIPPING 検査等により健全であることを確認した使用済燃料集合体を収納する。
- b. 金属キャスクは、使用済燃料集合体収納時にその内部を真空乾燥し、不活性ガスであるヘリウムガスを封入する。その際、燃料被覆管の制限温度を上回らないように運用管理するとともに乾燥作業時のクリプトンガスのモニタリングにより燃料被覆管から漏えいのないことを確認する。
- c. 金属キャスクには、貯蔵する燃料仕様、最大崩壊熱量等を満足するように使用済燃料集合体を収納するとともに必要に応じて収納配置等を管理する。

(2) 除熱構造の設計方針

金属キャスクは、除熱のために以下の設計上の配慮を行う。

- a. 金属キャスクの内部には、強度部材のバスケットプレート（ボロン添加ステンレス鋼）と熱伝導率の高い伝熱プレート（アルミニウム合金）で構成されたバスケットを設け、その中に使用済燃料集合体を収納する。
- b. 金属キャスク内における使用済燃料集合体を内封する空間には、熱伝導率の高いヘリウムガスを充填し、熱伝達を高める。
- c. 熱伝導率の低い中性子遮蔽材（レジン）の側部胴体内部には、炭素鋼及び銅からなる伝熱フィンを設け、熱伝導性能を向上させる。
- d. 除熱機能の監視のため、金属キャスクの表面温度を測定する。

(3) 除熱解析の方針

金属キャスクが使用済燃料集合体の崩壊熱を適切に除去する設計であることを以下の方法により解析する。

除熱解析フローを図 3-1 に示す。

a. 伝熱形態の考え方

使用済燃料集合体から発生した崩壊熱は、バスケットからヘリウムガス等の伝導及び輻射により金属キャスク表面に伝えられ、対流及び輻射により金属キャスク周囲の空気、使用済燃料貯蔵建屋に伝えられる。さらに金属キャスク本体胴の外側には中性子遮蔽材が設けられ、レジンのような熱伝導率の低い中性子遮蔽材を用いる場合は伝熱フィンを設け、伝熱性能を向上させる。なお、ヘリウムガス対流効果による金属キャスク端部付近温度への影響は比較的小さいため、評価上は対流を考慮していない。具体的な伝熱形態の考え方を図 3-2 に示す。

b. 使用済燃料集合体の崩壊熱評価方法

使用済燃料集合体の崩壊熱は、燃料型式、燃焼度、濃縮度、冷却年数等を条件として燃焼計算コードORIGEN2を使用して核種の生成、崩壊及びそれに基づく発熱量を計算する。

ここで、金属キャスクに収納できる使用済燃料集合体の崩壊熱量の総量を最大崩壊熱量とし、除熱設計上、保守的に使用済燃料集合体の軸方向の燃焼度分布を考慮した崩壊熱量を設計崩壊熱量とする。

c. 金属キャスク各部の温度評価方針

金属キャスクの各部の温度は、使用済燃料集合体の崩壊熱及び金属キャスク周囲温度等を条件として、金属キャスクの実形状をモデル化し、有限要素法コードABAQUSを使用して求める。

d. 燃料被覆管の温度解析方針

燃料被覆管の温度は、使用済燃料集合体の崩壊熱と輪切りモデルで求められたチャンネルボックス又はバスケットの温度を条件として、使用済燃料集合体及びチャンネルボックス又はバスケットの実形状をモデル化し、有限要素法コードABAQUSを使用して求める。

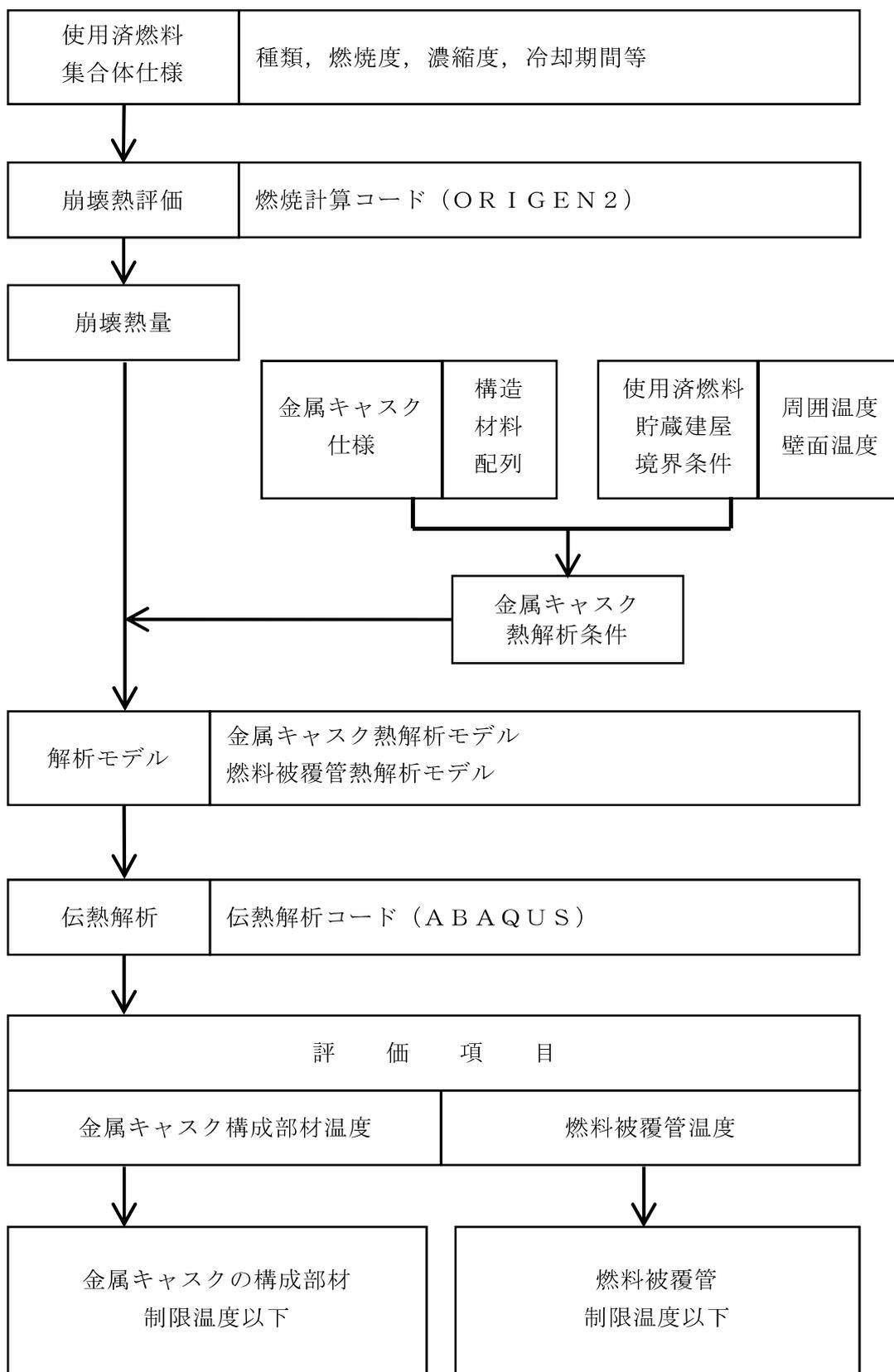


図 3-1 金属キャスクの除熱解析フロー

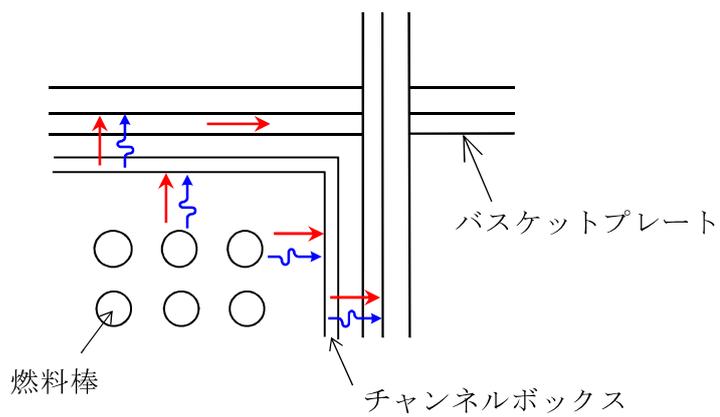
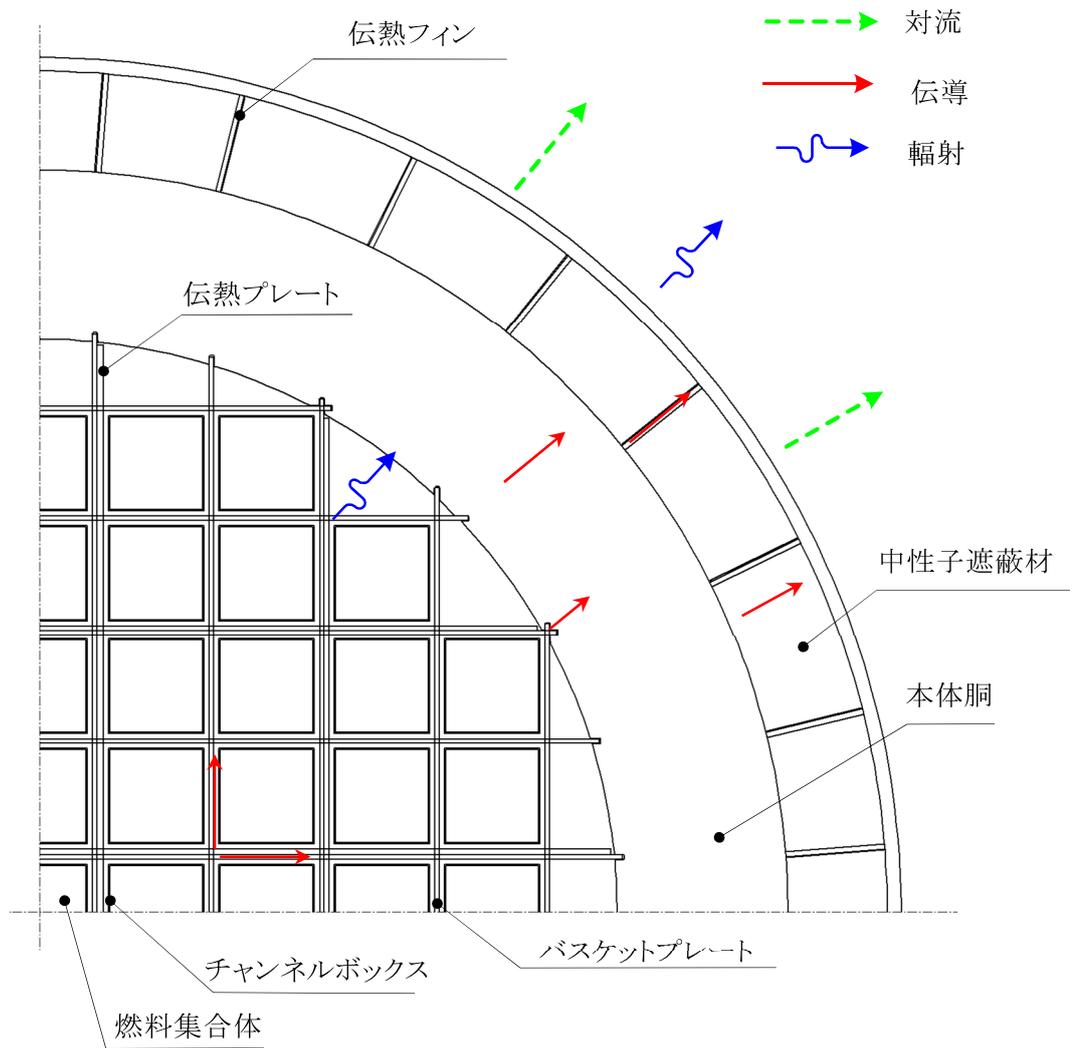


図 3-2 金属キャスクの伝熱形態の考え方

添付 4 放射線による被ばくの防止に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 遮蔽（貯蔵建屋）	2
2.1 基本設計方針	2
2.2 遮蔽設計の方針	3
3. 遮蔽（金属キャスク）	7
3.1 基本設計方針	7
3.2 遮蔽設計の方針	8

図表目次

図 2-1	遮蔽設計区分概略図	5
図 2-2	ケーブル貫通口	6
図 3-1	金属キャスクの遮蔽解析フロー	12
表 2-1	外部放射線に係る設計基準	4
表 3-1	金属キャスクの主な構成材	9
表 3-2	遮蔽解析評価の保守性の考え方	10
表 3-3	遮蔽解析評価の不確かさの考慮	11

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の遮蔽に関する設計方針が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 21 条（遮蔽）に適合する設計の方針であることを説明するものである。

なお、技術基準規則に適合する設備である金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建屋については、次回申請の適合性確認対象設備であるため、設計結果の説明事項については次回申請の放射線による被ばくの防止に関する説明書に記載する。

2. 遮蔽（貯蔵建屋）

2.1 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、「使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則」に基づいて管理区域を定めるとともに、放射線業務従事者が受ける線量が「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定められた線量限度を超えないようにし、さらに、放射線業務従事者及び一時立入者（以下「放射線業務従事者等」という。）の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減できるように、使用済燃料貯蔵建屋に遮蔽壁及び遮蔽ルーバを設け、また、貯蔵区域への入口に迷路又は遮蔽扉を設けて、遮蔽及び機器の配置を行うとともに、各場所への立入頻度、滞在時間及び立入エリアを制限することにより、放射線業務従事者等の被ばくを低減する。（表2-1、図2-1参照）

使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）の遮蔽設計に当たっては、放射線業務従事者の立入頻度、滞在時間及び立入エリアを考慮して外部放射線に係る基準線量率を設け、これを満足するようにする。

また、事業所内の管理区域以外の人立ち入る場所における線量を合理的に達成できる限り低くし公衆の線量限度以下に低減できるよう、外部放射線に係る線量の測定を行い、必要に応じて区画の実施、作業時間の制限等、適切な措置を講ずる。

2.2 遮蔽設計の方針

(1) 遮蔽設備

a. 遮蔽壁

遮蔽壁は、貯蔵建屋側壁、天井、貯蔵区域区画壁及び貯蔵区域仕切壁のコンクリート壁で構造材を兼用する。

b. 遮蔽ルーバ

遮蔽ルーバは、貯蔵建屋貯蔵区域における排気口までの経路に設けられたコンクリート製の平板で、排気口からの放射線の漏えいを低減する。

(2) 機器の配置

金属キャスクは、貯蔵建屋貯蔵区域に配置し、その入口には迷路又は遮蔽扉を設ける。

(3) 遮蔽設備の貫通部の措置

貯蔵建屋には、貯蔵区域から受入れ区域へのケーブル貫通口がある。放射線の漏えいを防止するため、鉛毛マットにより貫通部の隙間を埋める措置を講ずる。ケーブル貫通部を図 2-2 に示す。

(4) 公衆の線量

貯蔵建屋貯蔵区域に収容されている金属キャスク 288 基からの直接線及びスカイシャイン線について評価する。

(5) 貯蔵建屋内外の線量

受入れ区域は、金属キャスクの搬出入作業のため、最大 8 基の金属キャスクを仮置きするが、保守的に線量を評価するため、貯蔵建屋貯蔵区域に収容されている金属キャスク最大 288 基、受入れ区域に仮置きしている金属キャスク最大 9 基（たて起こし架台 1 基、仮置架台 7 基、検査架台 1 基）を適切に配置して貯蔵建屋内外の線量を評価し、その評価結果が表 2-1 に示す外部放射線に係る基準を満足することを確認する。

なお、事業所内の管理区域以外の人立ち入る場所については、作業場所の外部放射線に係る線量の測定を行い、必要に応じて区画の実施、立入時間の管理、被ばくに対する注意喚起といった線量低減措置を講ずることにより、当該場所に滞在する者の線量を公衆の線量限度以下とする。

表 2-1 外部放射線に係る設計基準

区 分		外部放射線に係る 設計基準	区 域
管理区域外	A	0.0026mSv/h 以下	付帯区域
管理区域内	B	0.01mSv/h 未満	受入れ区域
	C	0.01mSv/h 以上	貯蔵区域

※ 受入れ区域は、金属キャスクが仮置きされていない場合はB区分となるように設計

【補足：遮蔽区分の考え方】

区分A：付帯区域（監視盤室，チェックポイント等）

滞在時間：500 時間/3 月間（管理区域境界の作業者）

$$1.3 \text{ (mSv)} / 500 \text{ (時間)} = 0.0026 \text{ mSv/h}$$

区分B：金属キャスクが仮置きされていない受入れ区域

滞在時間：130 時間/3 月間（2 時間/日×65 日）

$$1.3 \text{ (mSv)} / 130 \text{ (時間)} = 0.01 \text{ mSv/h}$$

〔 機器点検等の作業時における放射線業務従事者の被ばく低減の観点から，管理区域外と同様の考え方で基準を設定。 〕

区分C：受入れ区域，貯蔵区域

〔 金属キャスクの除熱機能維持の観点から，建屋内の遮蔽設計として特別な考慮はせず，放射線管理設備及び入域時間制限等の運用により，放射線業務従事者の線量を管理。 〕

※ 外部放射線に係る線量が1.3mSv/3月間を超える区域を管理区域として設定する。

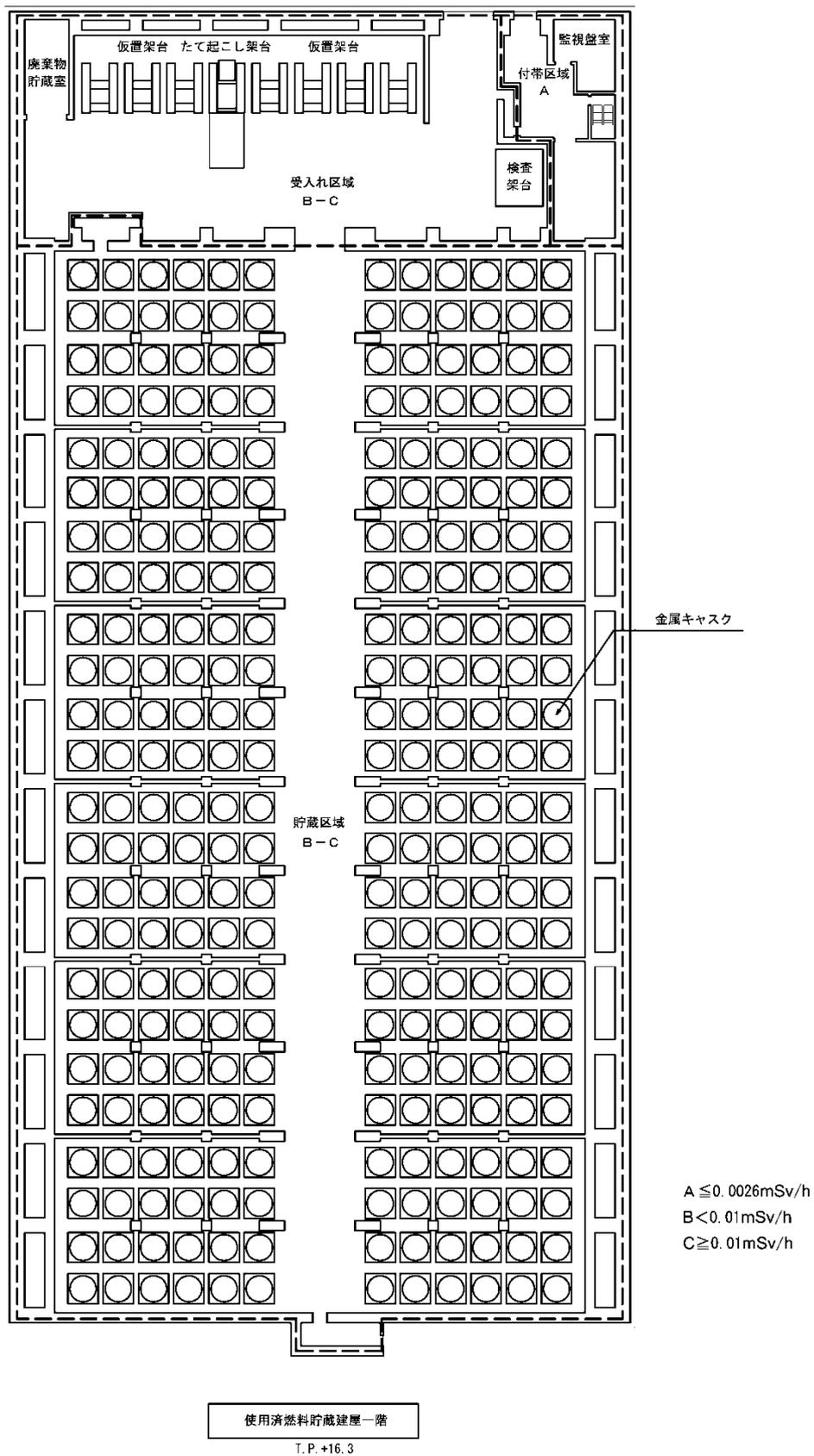


図 2-1 遮蔽設計区分概略図

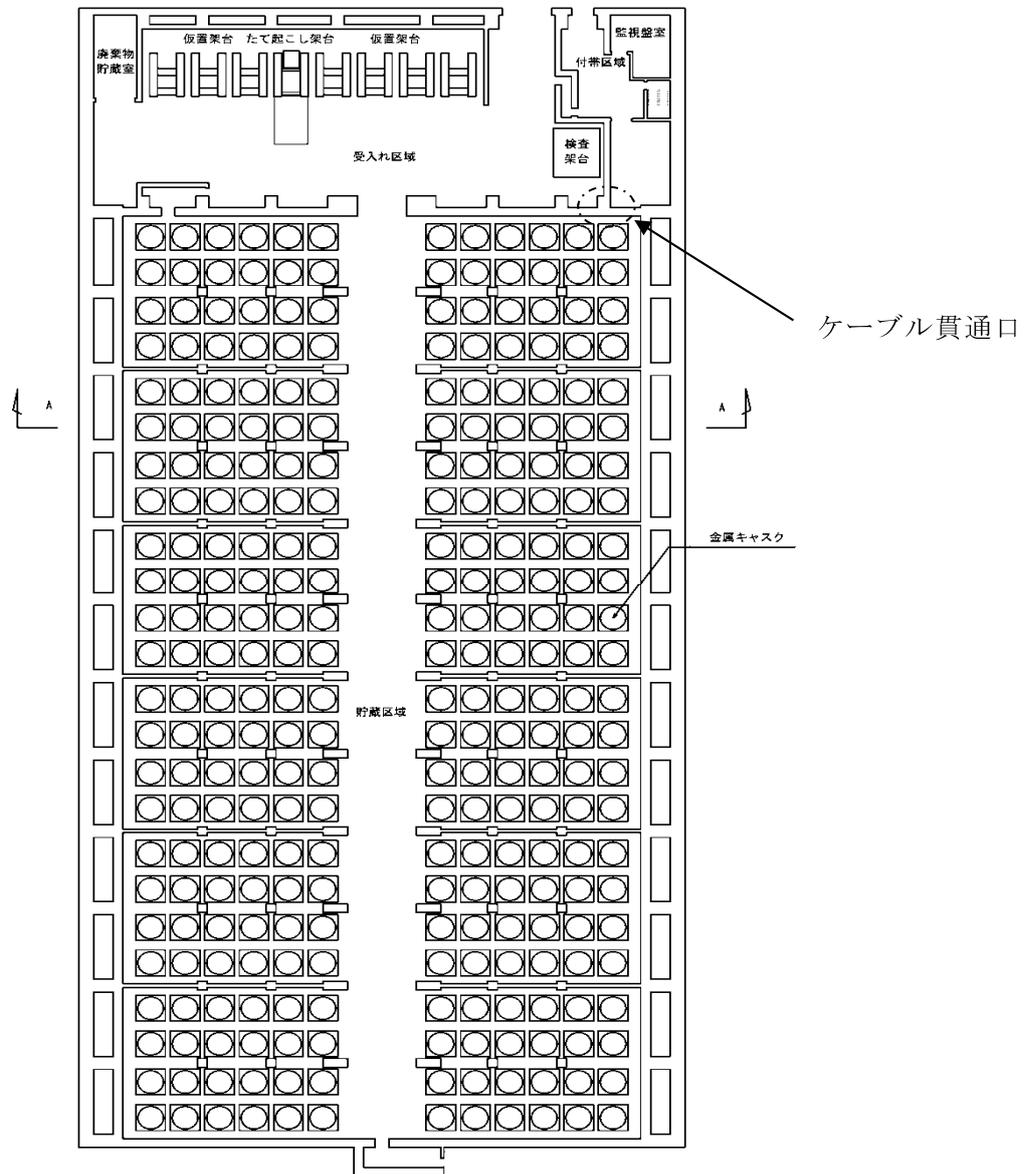


図 2-2 ケーブル貫通口

3. 遮蔽（金属キャスク）

3.1 基本設計方針

使用済燃料貯蔵施設は、平常時において、直接線及びスカイシャイン線により公衆の受ける線量が「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定められている線量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り低く（実効線量で $50 \mu\text{Sv/年}$ 以下）なるよう、金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建屋により、十分な放射線遮蔽を講ずる設計とする。

金属キャスクは、使用済燃料集合体からの放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽する設計とする。また、設計貯蔵期間（50 年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60 年間における中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても十分な遮蔽性能を有する設計とする。

使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たっては、遮蔽機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度に応じた当該使用済燃料集合体の配置の条件又は範囲を逸脱しないよう、契約先である原子炉設置者が確認した使用済燃料集合体の収納等の状態が貯蔵上必要な条件を満足していることを、記録により確認する。

3.2 遮蔽設計の方針

(1) 遮蔽構造

金属キャスクの主要な構成材を表 3-1 に示す。

金属キャスクは、遮蔽のために以下の設計上の配慮を行う。

- a. 金属キャスクは、ガンマ線遮蔽と中性子遮蔽の機能を有する。
- b. ガンマ線遮蔽材は、金属キャスク構造体(胴, 外筒, 蓋及び底板)を構成する炭素鋼等で構成する。
- c. 中性子遮蔽材は、レジンで構成する。

(2) 遮蔽解析

金属キャスクの遮蔽解析においては、以下に示す線源条件に基づき、金属キャスクの表面及び表面から 1 m の位置における線量当量率を求め、それぞれの基準値である 2 mSv/h 以下、100 μ Sv/h 以下となることを確認する。

金属キャスクの遮蔽解析評価に当たっては、表 3-2 に示す保守性の考え方、表 3-3 に示す不確かさを適切に考慮する。遮蔽解析フローを図 3-1 に示す。

a. 線源条件

使用済燃料集合体の線源強度は、燃料型式、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に燃焼計算コード O R I G E N 2 を用いて求める。

使用済燃料集合体の構造材については、照射期間、中性子束、冷却期間等を条件に放射化計算式を用いて求める。

b. 金属キャスクの線量当量率評価方法

金属キャスクの線量当量率は、金属キャスクの実形状を軸方向断面形状に基づき、蓋部や底部の遮蔽体構造や使用済燃料集合体の軸方向領域に応じ、「a. 線源条件」に示した線源強度に基づき、二次元輸送計算コード D O T 3.5 (D L C - 23 / C A S K ライブラリ) を使用して求める。算出に当たっては、金属キャスクの構成材料による減衰等を考慮する。

金属キャスク表面から線量当量率の評価位置である 1 m の位置までの評価にはレイエフェクトを平準化するため D O T 3.5 の補助コードである S P A C E T R A N - III を用いる。

表 3-1 金属キャスクの主な構成材

	BWR用大型キャスク(タイプ2A)
胴 , 底板	炭素鋼
中性子遮蔽材	レジン
伝熱フィン	炭素鋼/銅
外筒	炭素鋼
一次蓋	炭素鋼
二次蓋	炭素鋼
バスケット	ボロン添加ステンレス鋼 アルミニウム合金

表 3-2 遮蔽解析評価の保守性の考え方

項目	内容
使用済燃料集合体の軸方向位置	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵時は使用済燃料集合体が底に接し、蓋ー使用済燃料集合体間は接しないが、頭部評価モデルにおいて使用済燃料集合体が蓋に接した位置でモデル化することで頭部の評価を保守的に実施する。
モデル化	<ul style="list-style-type: none"> ・チャンネルボックス：放射化線源強度のみ考慮し、構造材としての遮蔽効果を見捨てる保守的な組合せを仮定する。 ・バスケット外周領域：燃料領域より外側のバスケットは、バスケット最外周の最小板厚の円環としてモデル化し、燃料領域より外側のバスケットの物量よりも円環としてモデル化したバスケットの物量は少ない設定とする。 ・側部中性子遮蔽体領域：伝熱フィンのような小さいものが比較的多く配置されている中性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質化したモデルとする。伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子遮蔽体としてのレジンの均質化密度を安全側に低下させる。また、伝熱フィンの密度をゼロとし、ガンマ線遮蔽体としての寄与を見捨てる。 ・トラニオン部：トラニオン有モデルとトラニオン無モデルで線種ごとに線量当量率を求め、トラニオン有モデルが大きい場合は、本体モデルの計算結果にその差分を加算するが、トラニオン有モデルが小さい場合は、その低下を見捨てる。
線源強度	<ul style="list-style-type: none"> ・中央部に最高燃焼度^{注1)}の使用済燃料集合体、外周部に平均燃焼度^{注2)}の使用済燃料集合体を配置する。 ・軸方向燃焼度分布を包絡する燃焼度分布を仮定しており、実際を上回る線源強度で評価する。 ・線源強度は収納燃料集合体全数が貯蔵開始時(収納物最短冷却期間)と仮定する。
劣化評価	<ul style="list-style-type: none"> ・レジン系中性子遮蔽材の経年劣化評価試験結果の知見を踏まえて、加熱に伴う熱分解によるレジンの重量減損分を遮蔽体として考慮しないこととし、中性子遮蔽材について減損分を含まない原子個数密度を線量当量率計算に用いる。

注1)：金属キャスクに収納可能な使用済燃料集合体の燃焼度の上限

注2)：金属キャスクに収納する使用済燃料集合体の燃焼度の平均値の上限

表 3-3 遮蔽解析評価の不確かさの考慮

項目	内容
寸法公差	<ul style="list-style-type: none"> 解析モデルの各種寸法は公称値でモデル化するが、各遮蔽体の最小厚さを密度係数(最小寸法/公称寸法)としてばらつきの下限値を考慮する。
材料密度	<ul style="list-style-type: none"> ばらつきを考慮して、最小密度を使用して原子個数密度を評価する。

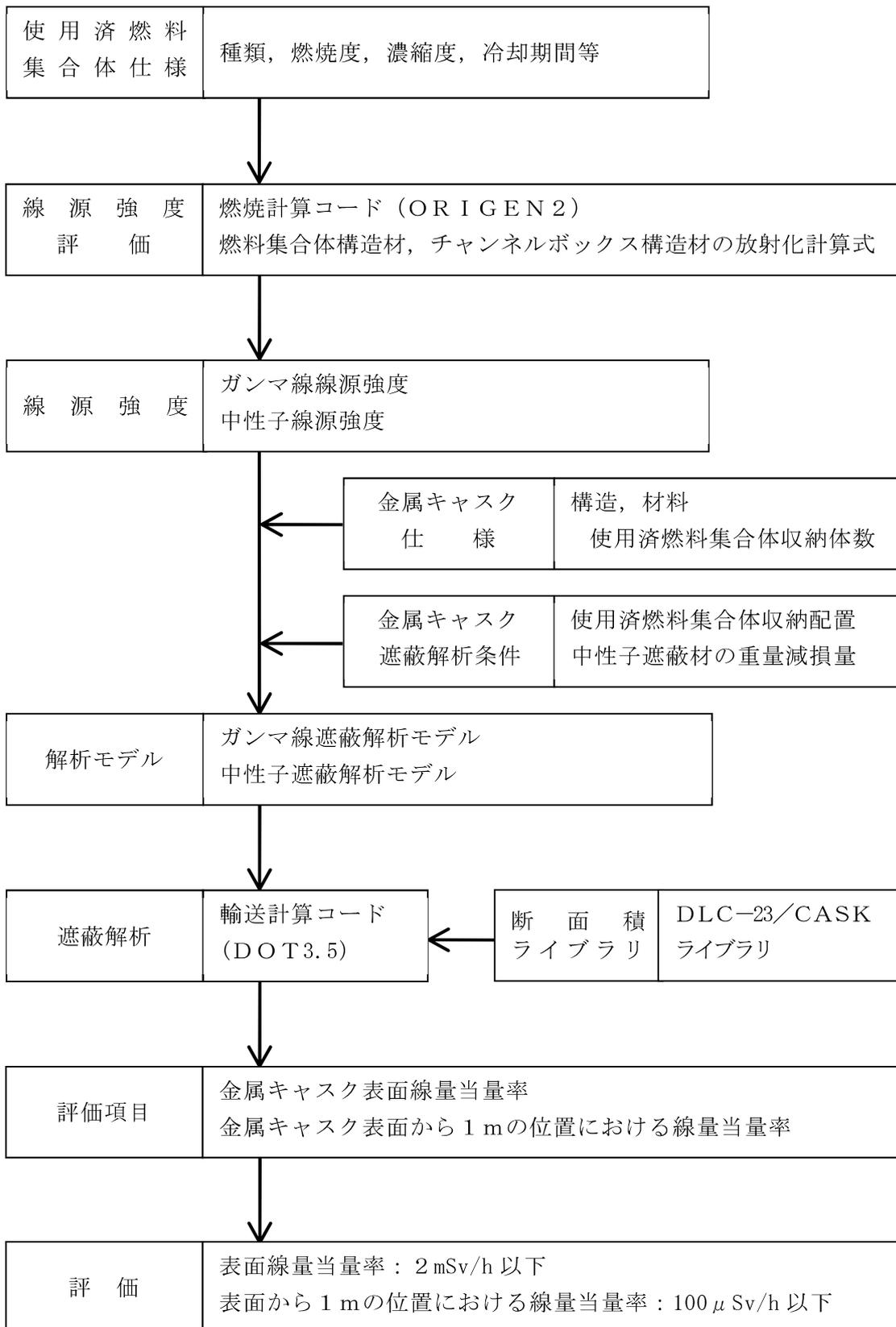


図 3-1 金属キャスクの遮蔽解析フロー

添付 5 主要な使用済燃料貯蔵施設の耐震性に関する説明書

添付 5-1 申請設備に係る耐震設計の基本方針

目次

1. 概要	1
2. 耐震設計の基本方針	2
2.1 基本方針	2
3. 耐震設計上の重要度分類	3
3.1 耐震設計上の重要度分類	3
3.2 留意事項	3
3.3 波及的影響に対する考慮	5
4. 地震力の算定法	6
4.1 静的地震力	6
4.2 動的地震力	8
4.3 設計用地震力	9
4.3.1 使用済燃料貯蔵建屋設計用地震力	9
4.3.2 機器系設計用地震力	10
4.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価	10
5. 荷重の組合せと許容限界	11
5.1 耐震設計上考慮する状態	11
5.2 荷重の種類	11
5.3 荷重の組合せ	11
5.4 許容限界	12
6. 施設、設備の地盤	13
6.1 基本方針	13
6.2 地盤の物性値	14
6.3 極限鉛直支持力	14

図表目次

第 3-1 表	施設の耐震性評価の考え方	4
第 4-1 表	地震層せん断力係数 C_i	7
第 4-2 表	静的地震力の算定	7
第 4-3 表	使用済燃料貯蔵建屋設計用地震力	9
第 4-4 表	機器系設計用地震力	10
第 6-1 表	地盤の物性値	16
第 6-2 表	地盤の物性値の設定根拠	17
第 6-3 表	支持力係数	18
第 6-4 表	形状係数	18

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）の耐震設計が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第6条（地盤）並びに第7条（地震による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 耐震設計の基本方針

2.1 基本方針

貯蔵施設の耐震設計は、地震力に対してその基本的安全機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合する設計とする。施設の設計に当たり考慮する基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要を「添付 5-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」次回申請に示す。

本項目のうち、「添付 5-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

- (1) 貯蔵施設は、その供用中に当該貯蔵施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して基本的安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 貯蔵施設は、地震により発生するおそれがある施設の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、耐震設計上の重要度を S クラス、B クラス及び C クラスに分類し、それぞれの重要度に応じた地震力に十分耐えることができるように設計する。
- (3) 金属キャスク及び金属キャスクの支持構造物である貯蔵架台は、S クラスの設計とし、基準地震動 S_s による地震力に対して基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐える設計とする。

なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて作用するものとする。静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

- (4) 使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車は、B クラスの設計とし、かつ、基準地震動 S_s による地震力に対して、基本的安全機能を損なわない設計とする。
- (5) B クラス及び C クラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐える設計とする。
- (6) B クラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、その影響について検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものとする。
- (7) 基本的安全機能を確保する上で必要な施設が、その他の安全機能を有する施設の波及的影響によって、その基本的安全機能を損なわないように設計する。

3. 耐震設計上の重要度分類

3.1 耐震設計上の重要度分類

貯蔵施設は、地震により発生するおそれがある施設の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、「基本的安全機能を確保する上で必要な施設」及び「その他の安全機能を有する施設」に分類し、更に、耐震設計上の重要度を次のように分類する。

基本的安全機能を確保する上で必要な施設

Sクラス：使用済燃料貯蔵設備本体である金属キャスク及び貯蔵架台

Bクラス：基本的安全機能の遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている貯蔵建屋
使用済燃料の受入施設のうち、金属キャスクの落下、転倒、衝突を防止する機能を有する受入れ区域天井クレーン及び金属キャスクの転倒、衝突を防止する機能を有する搬送台車

その他の安全機能を有する施設

Cクラス：Sクラス及びBクラスに属さないその他の安全機能を有する施設であり、安全機能を確保するために必要な機能が喪失しても、基本的安全機能を損なうおそれがない施設

3.2 留意事項

- (1) 当該施設に課せられる機能は、その機能に直接的に関連するもののほか、支持構造物等の間接的な施設をも含めた健全性が保たれて初めて維持し得るものであることを考慮し、これらを主要設備、直接支持構造物、間接支持構造物及び設備相互間の影響を考慮すべき設備に区分する。
- (2) 区分ごとの設備を以下のように定義する。
 - a. 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備及び構築物をいう。
 - b. 直接支持構造物とは、主要設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。
ただし、アンカーボルト及び埋込金物はこれに含まれる。
 - c. 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける鉄筋コンクリート、鉄骨等の構造物（建屋）をいう。
- (3) 同一系統設備に属する設備等及び直接支持構造物については、同一の耐震重要度とするが、間接支持構造物の支持機能については、それぞれ関連する設備の耐震設計に適用される地震動に対して、安全上支障のないことを確認するものとする。
- (4) 設備相互影響を考慮すべき設備とは、下位の耐震クラスに属するものの破損によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある設備をいい、それぞれ関連する設備の耐震設計に適用される地震動に対して安全上支障がないことを確認するものとする。

3.1 及び 3.2 に基づく施設の耐震性評価の考え方を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表には、当該施設を支持する建屋の支持機能が保持されることを確認する地震動による地震力についても併記する。

第 3-1 表 施設の耐震性評価の考え方

	主要設備 (注 1)		直接支持構造物 (注 2)		主要設備や直接支持構造物に対する間接支持構造物 (注 3)	主要設備や直接支持構造物との相互影響を考慮すべき設備 (注 4)	間接支持構造物による影響や相互影響を考慮した影響の評価に用いる地震力
	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス			
基本的な安全機能を確保する上で必要な施設	・金属キャスク	S	・貯蔵架台	S	・貯蔵建屋	・受入れ区域天井クレーン ・搬送台車	基準地震動 S_s により定まる地震力
	・受入れ区域天井クレーン	B	・受入れ区域天井クレーンの支持構造物	B	・貯蔵建屋	—	B クラス施設に適用される静的地震力
	・搬送台車 ・貯蔵建屋	B	—	—	—	—	—
その他の安全機能を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・仮置架台 ・たて起こし架台 ・検査架台 ・圧縮空気供給設備 ・蓋間圧力監視装置 ・表面温度監視装置 ・給排気温度監視装置 ・廃棄物貯蔵室 ・エリアモニタリング設備 ・周辺監視区域境界付近固定モニタリング設備 ・無停電電源装置 ・電源車 ・共用無停電電源装置 ・軽油貯蔵タンク (地下式) ・通信連絡設備 ・消防用設備 ・その他 	C	・機器、電気計装設備等の支持構造物	C	・貯蔵建屋 ・事務建屋 等	—	C クラス施設に適用される静的地震力

(注 1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。

(注 2) 直接支持構造物とは、主要設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。

(注 3) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物 (建屋) をいう。

(注 4) 設備相互間の影響を考慮すべき設備とは、下位の耐震クラスに属するものの破損によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある設備をいう。

3.3 波及的影響に対する考慮

基本的安全機能を確保する上で必要な施設が、その他の安全機能を有する施設の波及的影響によって、その基本的安全機能を損なわないように設計する。この波及的影響の評価に当たっては、以下の4つの観点をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を実施するとともに、基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力を適用する。

なお、詳細な方針については、「添付5-1-3 波及的影響評価に係る基本方針」に示す。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響

a. 相対変位

基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力によるその他の安全機能を有する施設と基本的安全機能を確保する上で必要な施設の相対変位により、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の基本的安全機能を損なわないことを確認する。

b. 不等沈下

基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力に対して不等沈下により、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の基本的安全機能を損なわないことを確認する。

(2) 基本的安全機能を確保する上で必要な施設とその他の安全機能を有する施設との接続部における相互影響

基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力に対して、基本的安全機能を確保する上で必要な施設に接続するその他の安全機能を有する施設の損傷により、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の基本的安全機能を損なわないことを確認する。

(3) 貯蔵建屋内におけるその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等による基本的安全機能を確保する上で必要な施設への影響

基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力に対して、貯蔵建屋内のその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等により、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の基本的安全機能を損なわないことを確認する。

(4) 貯蔵建屋外におけるその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等による基本的安全機能を確保する上で必要な施設への影響

a. 基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力に対して、貯蔵建屋外のその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等により、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の基本的安全機能を損なわないことを確認する。

b. 基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s による地震力に対して、基本的安全機能を確保する上で必要な施設の周辺斜面が崩壊しないことを確認する。

4. 地震力の算定法

貯蔵施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

4.1 静的地震力

静的地震力は、Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれクラスに応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

(1) 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震設計上の重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。地震層せん断力係数 C_i の算出は以下に示す。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 C_i に乘じる施設の耐震設計上の重要度分類に応じた係数は1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は1.0以上とする。

地震層せん断力係数 C_i はT.P. 16.0 mを基準面として、下式により算定する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \quad (4.1)$$

ここで、

C_i : 地震層せん断力係数

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$)

R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

上式によって求めた地震層せん断力係数 C_i を第4-1表に示す。

第4-1表 地震層せん断力係数 C_i

T. P. (m)	地震層せん断力係数 C_i	
	NS	EW
43.5	0.27	0.234
39.3	0.224	0.226
33.22	0.214	0.218
29.22	0.2	0.2
16.3		

(2) 機器・配管系

耐震設計上の重要度分類の各クラスの水平地震力は、上記(1)に示す地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震設計上の重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度を20%増しとした震度より求めるものとする。

Sクラス	3.0
Bクラス	1.5
Cクラス	1.0

鉛直地震力は、震度0.3以上を基準とし、貯蔵建屋の振動特性、地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度を20%増しとした震度より算定するものとする。ただし、鉛直震度は、高さ方向に一定とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

上記(1)及び(2)の標準せん断力係数 C_0 等の割増し係数の適用については、耐震性向上の観点から、一般産業施設、公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。また上記(1)及び(2)に基づいた静的地震力の算定について第4-2表に示す。

第4-2表 静的地震力の算定

耐震 クラス	貯蔵建屋		機器・配管系*1	
	層せん断力係数	鉛直震度	水平震度	鉛直震度
S	—	—	$3.6 \cdot C_i$	$1.2 \cdot C_v$
B	$1.5 \cdot C_i$	—	$1.8 \cdot C_i$	—
C	—	—	$1.2 \cdot C_i$	—

*1：据付位置の値とする。

4.2 動的地震力

(1) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設及びBクラスの施設のうち共振のおそれのあるものに適用することとする。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。

基準地震動 S_s による地震力は、基準地震動 S_s から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力は、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。ここで、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s に工学的判断から求められる係数0.5を乗じて設定する。

なお、貯蔵建屋、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車は、Bクラスの施設ではあるが、基準地震動 S_s による地震力に対して、基本的安全機能を損なわない設計とする。

動的解析の方法等については、「添付 5-1-4 地震応答解析の基本方針」[\[次回申請\]](#)に、設計用床応答スペクトルの作成方法については、「添付 5-1-5 設計用床応答スペクトルの作成方針」[\[次回申請\]](#)に示す。

本項目のうち、「添付 5-1-4 地震応答解析の基本方針」及び「添付 5-1-5 設計用床応答スペクトルの作成方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

4.3 設計用地震力

4.3.1 建物・構築物設計用地震力

建物・構築物設計用地震力は以下を適用する。

第4-3表 建物・構築物設計用地震力

耐震 クラス別	適用する地震動等		設計用地震力
	水平	鉛直	
B (S _s)	$1.5 \cdot C_i$	—	設計用地震力は、静的地震力とする。
	S _s	S _s	設計用地震力は、動的地震力とする。 動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて作用するものとする。
C	$1.0 \cdot C_i$	—	設計用地震力は、静的地震力とする。

4.3.2 機器系設計用地震力

貯蔵施設内に設置される機器・配管系のうち、耐震設計用震度は以下を適用する。

第4-4表 機器系設計用地震力

耐震 クラス別	適用する地震動等		設計用地震力
	水平	鉛直	
S	S_d 又は静的震度 ($3.6 \cdot C_i$)	S_d 又は静的震度 ($1.2 \cdot C_v$)	設計用地震力は、静的地震力と動的 地震力のいずれか大きい方の値とす る。 動的地震力は、水平2方向及び鉛直 方向について適切に組み合わせて作 用するものとする。
	S_s	S_s	設計用地震力は、基準地震動 S_s に よる地震力を包絡する動的地震力と する。 動的地震力は、水平2方向及び鉛直 方向について適切に組み合わせて作 用するものとする。
B (S_s)	$1.8 \cdot C_i$	—	設計用地震力は、静的地震力とする。
	$1/2 S_d$ S_s	$1/2 S_d$ S_s	設計用地震力は、基準地震動 S_s に よる地震力を包絡する動的地震力と する。 $1/2 S_d$ は、水平方向、鉛直方 向の地震動に対して、それぞれ共振 のおそれのある施設について適用す る。 動的地震力は、水平2方向及び鉛直 方向について適切に組み合わせて作 用するものとする。
C	$1.2 \cdot C_i$	—	設計用地震力は、静的地震力とする。

4.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて作用するものとする。

具体的には、水平2方向及び鉛直方向を組み合わせた地震力が、従来の評価である水平1方向及び鉛直方向の地震力の組合せ時の耐震評価結果に与える影響を勘案の上、耐震評価結果への影響が懸念される場合は、詳細な構造強度評価等の手法を用いた検討を行う。

5. 荷重の組合せと許容限界

5.1 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を次に示す。

(1) 建物・構築物

a. 貯蔵時の状態

金属キャスクを貯蔵している状態

b. 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件

(2) 機器・配管系

a. 貯蔵時の状態

金属キャスクを貯蔵している状態

5.2 荷重の種類

(1) 建物・構築物

a. 常時作用している荷重，すなわち固定荷重及び積載荷重

b. 貯蔵時の状態で施設に作用する荷重

c. 金属キャスク取り扱い時の状態で作用する荷重

d. 地震力，風荷重，雪荷重，降下火砕物の荷重

ただし，b. 貯蔵時の状態で施設に作用する荷重には，機器系から作用する荷重が含まれるものとする。

また，d. 地震力には，機器系からの反力による荷重が含まれるものとする。

(2) 機器・配管系

a. 常時作用している荷重，すなわち死荷重

b. 貯蔵時の状態で作用する荷重

c. 金属キャスク取り扱い時の状態で作用する荷重

d. 地震力

5.3 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは以下による。

(1) 建物・構築物

a. 地震力と常時作用している荷重，貯蔵時の状態で作用する荷重，金属キャスク取り扱いの状態で作作用する荷重，風荷重，雪荷重，降下火砕物の荷重とを組み合わせる。

(2) 機器・配管系

a. Sクラス

(a) 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力と，貯蔵時の状態で作用する荷重とを組み合わせる。

(b) 基準地震動 S_s による地震力と，貯蔵時の状態で作用する荷重とを組み

合わせる。

b. Bクラス

- (a) 静的地震力と貯蔵時の状態で作用する荷重とを組み合わせる。
- (b) 共振のおそれのある場合については、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じた地震力と、貯蔵時の状態で作用する荷重とを組み合わせる。

c. Cクラス

- (a) 静的地震力と貯蔵時の状態で作用する荷重とを組み合わせる。

(3) 荷重の組合せ上の留意事項

- a. ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
- b. 複数の荷重が同時に作用し、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明しているならば、それぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。

5.4 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は、次のとおりとし、安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

(1) 建物・構築物

a. 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

b. 保有水平耐力

貯蔵建屋の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して重要度に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認するものとする。

c. 基準地震動 S_s との組合せに対する許容限界

貯蔵建屋が構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕をもたせることとする。

(2) 機器・配管系

a. Sクラスの機器系

(a) 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

荷重条件に対して、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさない限度を許容限界とする。

(b) 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的震度による地震力との組合せに対する許容限界

荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まる限度を許容限界とする。

b. Bクラス及びCクラスの機器・配管系

発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まる限度を許容限界とする。なお、Bクラスの機器で基準地震動 S_s による地震力に対して基本的安全機能を損なわない設計とするものは、荷重条件に対して、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさない限度を許容限界とする。

(3) 各機器，評価部位毎の許容限界

各機器，評価部位毎の許容限界については、各設備の耐震性に関する計算書に示す。

6. 施設，設備の地盤

6.1 基本方針

貯蔵施設は、技術基準規則第6条に適合するため、耐震設計上の重要度に応じた地震力が作用した場合においても当該貯蔵施設を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。

貯蔵施設には、施設に大きな影響を及ぼすような地震の発生によって崩壊するおそれがある斜面は存在せず、貯蔵施設は耐震設計上の重要度に応じた地震力が作用した場合においても当該貯蔵施設を十分に支持することができる地盤に設置される。

貯蔵施設のうち、貯蔵建屋は杭基礎とし、耐震Bクラス施設に適用される地震力及び基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても当該貯蔵建屋を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。

貯蔵施設のうち、電気設備をはじめとする耐震Cクラス施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。

耐震Cクラス施設、設備は、貯蔵建屋内に設置される耐震Cクラス施設、設備、貯蔵建屋以外の建屋内に設置される耐震Cクラス施設、設備、建屋外に設置される耐震Cクラス施設、設備のいずれかに類別される。

貯蔵建屋内に設置される耐震Cクラス施設、設備は、貯蔵建屋に支持させる。貯蔵建屋は杭基礎とし、耐震Bクラス施設に適用される地震力及び基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても当該貯蔵建屋を十分に支持することができる地盤に支持させるため、貯蔵建屋内に設置される耐震Cクラス施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとなる。

貯蔵建屋以外の建屋内に設置される耐震Cクラス施設、設備は、当該建屋に支持させる。当該建屋は直接基礎とし、耐震Cクラス施設に適用される地震力と同等である建築基準法に基づく地震力が作用した場合においても当該建屋を十分に支持することができる地盤に支持させるため、貯蔵建屋以外の建屋内に設置される耐震Cクラス

施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとなる。

建屋外に設置される耐震Cクラス施設、設備は直接基礎とし、重量や形状を考慮し、地盤が当該施設、設備を十分に支持することができるものであることを確認する。これにより、建屋外に設置される耐震Cクラス施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとなる。

地盤の許容支持力は、建築基準法施行令に示される値を用いる方法、建築基準法施行令の関連告示に示される原位置試験（平板載荷試験等）の方法、建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会）の支持力式で施設、設備の支持地盤の室内土質試験等に基づき算定する方法のいずれかを用いることとし、地盤の状況や、施設、設備の重量や形状等に応じて算定する。

6.2 地盤の物性値

極限鉛直支持力の算定に用いる物性値として、事業変更許可申請書に記載された物性値を「第6-1表 地盤の物性値」に、設定根拠を「第6-2表 地盤の物性値の設定根拠」に示す。事業変更許可申請書に記載された物性値については、原位置試験及び室内試験から得られた各種物性値を基に設定した。

6.3 極限鉛直支持力

極限鉛直支持力を算定するための支持力式を以下に示す。

$$R_u = q_u \cdot A = (i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \cdot A$$

R_u : 直接基礎の極限鉛直支持力 (kN)

q_u : 単位面積当たりの極限鉛直支持力度 (kN/m²)

A : 基礎の底面積 (m²)

N_c, N_γ, N_q : 支持力係数 (第6-3表参照)

c : 支持地盤の粘着力 (kN/m²)

γ_1 : 支持地盤の単位体積重量 (kN/m³)

γ_2 : 根入れ部分の土の単位体積重量 (kN/m³)

(γ_1, γ_2 には、地下水位以下の場合には水中単位体積重量を用いる)

α, β : 基礎の形状係数 (第6-4表参照)

η : 基礎の寸法効果による補正係数

$$\eta = (B/B_0)^{-1/3} \quad (\text{ただし, } B, B_0 \text{の単位はm, } B_0=1\text{m})$$

i_c, i_γ, i_q : 荷重の傾斜に対する補正係数

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

$$i_\gamma = (1 - \theta/\phi)^2 \quad (\text{ただし, } \theta > \phi \text{の場合には } i_\gamma = 0)$$

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

θ : 荷重の傾斜角 ($^{\circ}$)

$\tan \theta = H/V$ (H : 水平荷重, V : 鉛直荷重) で, かつ

$\tan \theta \leq \mu$ (μ は基礎底面の摩擦係数)

B : 基礎幅 (m)

D_f : 根入れ深さ (m)

第6-1表 地盤の物性値

	物理特性	強度特性		静的変形特性		動変形特性			
	湿润密度 ρ_t (g/cm ³)	ピーク強度 C (N/mm ²)	残留強度 C_r (N/mm ²)	初期変形係数 E_0 (N/mm ²)	静ポアソン比 ν	動せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	正規化せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	減衰率のひずみ依存性 $h \sim \gamma$
盛土・埋土 (bk)	1.75	0.035	0.033	16.4	0.19	50.6	0.49	$\frac{1}{1+(\gamma/0.000495)^{0.860}}$	$\frac{\gamma}{6.06 \cdot \gamma + 0.00455} + 0.0259$
ローム (Lm)	1.47	0.085	0.084	21.8	0.21	231	0.46	$\frac{1}{1+(\gamma/0.000743)^{0.711}}$	$\frac{\gamma}{12.3 \cdot \gamma + 0.00625} + 0.0226$
中位段丘堆積物 (M)	1.79	0.073	0.071	11.6	0.13	71.8	0.49	$\frac{1}{1+(\gamma/0.000463)^{0.796}}$	$\frac{\gamma}{10.9 \cdot \gamma + 0.00270} + 0.0216$
上部砂質・粘性土 (Tn ₅)	1.80	0.231	0.213	29.1	0.19	227	0.48	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00151)^{0.775}}$	$\frac{\gamma}{14.2 \cdot \gamma + 0.00876} + 0.0165$
中部砂質土 (Tn ₄)	1.59	0.140	0.116	26.3	0.09	256	0.47	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00147)^{0.632}}$	$\frac{\gamma}{13.0 \cdot \gamma + 0.0122} + 0.0404$
中部粘性土 (Tn ₃)	1.91	0.297	0.233	13.4	0.19	284	0.47	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00105)^{0.730}}$	$\frac{\gamma}{14.5 \cdot \gamma + 0.00549} + 0.0252$
下部砂質土 (Tn ₂)	1.92	0.621	0.551	172	0.11	376	0.45	$\frac{1}{1+(\gamma/0.000819)^{0.814}}$	$\frac{\gamma}{12.3 \cdot \gamma + 0.00287} + 0.0094$
下部粘性土 (Tn ₁)	1.69	0.277	0.184	106	0.20	333	0.46	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00594)^{0.448}}$	$\frac{\gamma}{24.6 \cdot \gamma + 0.00273} + 0.0116$
上部軽石混じり砂岩 (Sn ₄)	1.82	0.301-0.0152・Z	0.300-0.0140・Z	104-4.91・Z	0.15	326-5.11・Z	0.45	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00173)^{0.809}}$	$\frac{\gamma}{11.7 \cdot \gamma + 0.00784} + 0.0237$
中部軽石混じり砂岩 (Sn ₃)	1.83	0.728-0.00289・Z	0.741-0.00239・Z	386	0.15	288-4.54・Z	0.44	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00228)^{0.957}}$	$\frac{\gamma}{5.46 \cdot \gamma + 0.0205} + 0.0177$
火山礫凝灰岩 (Sn ₂)	2.01	1.34	1.24	422	0.19	1,230	0.41	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00180)^{0.801}}$	$\frac{\gamma}{6.45 \cdot \gamma + 0.0236} + 0.0229$
下部軽石混じり砂岩 (Sn ₁)	1.77	1.12	1.04	606	0.14	172-3.77・Z	0.42	$\frac{1}{1+(\gamma/0.00271)^{0.956}}$	$\frac{\gamma}{6.27 \cdot \gamma + 0.0232} + 0.0118$
	<ul style="list-style-type: none"> ・ Zは標高(m)を示す。 ・ 強度特性 (ピーク強度・残留強度) は右図により設定する。 ・ ただし、残留強度の場合は C を C_r に置き換える。 ・ すべり安全率の算定には、安全側に盛土・埋土 (bk) , ローム層 (Lm) , 中位段丘堆積物 (M) の強度は無視する。 								

第6-2表 地盤の物性値の設定根拠

	物理特性	強度特性		静的変形特性		動的変形特性		
	湿潤密度 ρ_t	ピーク強度 C	残留強度 C_r	初期変形係数 E_0	静ポアソン比 ν	動せん断弾性係数 G_0	動ポアソン比 ν_d	G/G_0 , h の ひずみ依存性
盛土・埋土 (bk)	ブロック試料から採取した供試体の湿潤密度	ブロック試料から採取した供試体の三軸圧縮試験			ブロック試料から採取した供試体の超音波速度測定による V_s と湿潤密度により算定	ブロック試料から採取した供試体の超音波速度測定による V_p , V_s により算定	ブロック試料から採取した供試体の繰返し三軸試験 (変形特性)	
ローム (Lm)								
中位段丘堆積物 (M)								
上部砂質・粘性土 (Tn ₅)	ボーリングコア試料から採取した供試体の湿潤密度	ボーリングコア試料から採取した供試体の三軸圧縮試験			P S 検層による V_s と湿潤密度により算定	P S 検層による V_p , V_s により算定	ボーリングコア試料から採取した供試体の繰返し三軸試験 (変形特性)	
中部砂質土 (Tn ₄)								
中部粘性土 (Tn ₃)								
下部砂質土 (Tn ₂)								
下部粘性土 (Tn ₁)								
上部軽石混じり砂岩 (Sn ₄)								
中部軽石混じり砂岩 (Sn ₃)								
火山礫凝灰岩 (Sn ₂)								
下部軽石混じり砂岩 (Sn ₁)								
	<p>・動的FEM解析は、動せん断弾性係数 G_0 及び動ポアソン比 ν_d からあらかじめ体積弾性係数 K を求めておき、G_0 が変動しても K は常に初期値一定になるように、ν_d を変更する手法 (体積弾性係数 K 一定) を用いている。</p> $K = \frac{2(1+\nu_d)}{3(1-2\nu_d)} \cdot G_0$ <p>・盛土・埋土 (bk) は砂質土と粘性土から構成されることから、それぞれについて物性値を設定し、解析用物性値は両者の平均値とした。</p>							

第6-3表 支持力係数

ϕ	N_c	N_γ	N_q
0°	5.1	1.0	0.0
5°	6.5	1.6	0.1
10°	8.3	2.5	0.4
15°	11.0	3.9	1.1
20°	14.8	6.4	2.9
25°	20.7	10.7	6.8
28°	25.8	14.7	11.2
30°	30.1	18.4	15.7
32°	35.5	23.2	22.0
34°	42.2	29.4	31.1
36°	50.6	37.8	44.4
38°	61.4	48.9	64.1
40° 以上	75.3	64.2	93.7

第6-4表 形状係数

基礎底面の形状	連続	正方形	長方形	円形
α	1.0	1.2	$1.0 + 0.2B/L$	1.2
β	0.5	0.3	$0.5 - 0.2B/L$	0.3

B : 長方形の短辺長さ, L : 長方形の長辺長さ

添付 5-1-3 波及的影響に係る基本方針

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針	2
3.1 波及的影響を考慮した施設の設計の観点	2
3.2 不等沈下又は相対変位の観点による設計	2
3.3 接続部の観点による設計	3
3.4 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋内施設の設計	4
3.5 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋外施設の設計	4
4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針	5
5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討	5

1. 概要

本資料は、「添付 5-1 申請設備に係る耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」に基づき、基本的安全機能を確保する上で必要な施設及びその他の安全機能を有する施設の耐震設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。

2. 基本方針

基本的安全機能を確保する上で必要な施設のうち耐震設計上の重要度分類のSクラスに属する施設である金属キャスク及びBクラスに属する施設のうち基本的安全機能の遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、その基本的安全機能を損なわないように設計する。

なお、基本的安全機能を確保する上で必要な施設のうち、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車は基本的安全機能を有していない。

また、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車は金属キャスクを搬送する設備であることから金属キャスクへの波及的影響を考慮する設備として整理する。

3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針

3.1 波及的影響を考慮した施設の設計の観点

金属キャスク及び貯蔵建屋の設計においては、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈別記2」（以下「別記2」という。）に記載の以下の4つの観点で実施する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ② 基本的安全機能を確保する上で必要な施設とその他の安全機能を有する施設との接続部における相互影響
- ③ 貯蔵建屋内におけるその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等による基本的安全機能を確保する上で必要な施設への影響
- ④ 貯蔵建屋外におけるその他の安全機能を有する施設の損傷、転倒及び落下等による基本的安全機能を確保する上で必要な施設への影響

以上の①～④の具体的な設計方法を以下に示す。

3.2 不等沈下又は相対変位の観点による設計

貯蔵建屋を対象に、別記2①「設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響」の観点で、貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

(1) 地盤の不等沈下による影響

下位クラスの施設が設置される地盤の不等沈下により、貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわないよう、以下の通り設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の不等沈下を想定しても貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と貯蔵建屋の間に波及的影響を防止するために、衝突に対する強度を有する障壁を設置する。

下位クラス施設と貯蔵建屋への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する

場合には、不等沈下を起こさない十分な支持性能をもつ地盤に下位クラスを設置する。

下位クラス施設を貯蔵建屋に要求される支持性能が十分でない地盤に設置する場合は、下位クラス施設が設置される地盤の不等沈下を想定し、貯蔵建屋の基本的安全機能を保持する設計とする。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設が設置される地盤の不等沈下を想定し、貯蔵建屋の基本的安全機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち、不等沈下を想定し、貯蔵建屋の基本的安全機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定」に、その設計方針を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」次回申請に示す。

本項目のうち、「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

(2) 建屋間の相対変位による影響

下位クラス施設貯蔵建屋との相対変位により、貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわないよう、以下の通り設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設と貯蔵建屋との相対変位を想定しても、下位クラス施設が貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設との間に波及的影響を防止するために、衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設と貯蔵建屋との相対変位により、下位クラス施設が貯蔵建屋に衝突する位置にある場合には、衝突部分の接触状況の確認、建屋全体評価又は局部評価を実施し、衝突に伴い、貯蔵建屋について、基本的安全機能が損なわれるおそれのないよう設計する。

以上の設計方針のうち、建屋全体評価又は局部評価を実施して設計する下位クラス施設を「添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定」に、その設計方針を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」次回申請に示す。

本項目のうち、「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

3.3 接続部の観点による設計

金属キャスク及び貯蔵建屋を対象に別記 2 ②「基本的安全機能を確保する上で必要な施設とその他の安全機能を有する施設との接続部における相互影響」の観点で、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわないよう下位クラスを設計する。

金属キャスク及び貯蔵建屋と下位クラス施設との接続部は、原則として下位クラス施設の損傷により、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を損なうおそれがないよう設計とする。

金属キャスク及び貯蔵建屋と接続する下位クラス施設の損傷により、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を損なうおそれがある場合には、接続部以降の下位クラスについて、金属キャスク及び貯蔵建屋の設計に用いる地震動又は地震力に対して、構造強度等を確保するように設計する。

以上の設計方針のうち、金属キャスク及び貯蔵建屋と接続する下位クラス施設を「添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定」に、その設計方針を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」**次回申請**に示す。

本項目のうち、「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

3.4 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋内施設の設計

金属キャスク及び貯蔵建屋を対象に別記 2 ③「建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響」の観点で、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても金属キャスク及び貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と金属キャスク及び貯蔵建屋の間に波及的影響を防止するために衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を金属キャスク及び貯蔵建屋への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に配置する場合には、下位クラス施設が金属キャスク及び貯蔵建屋の設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設計を行う。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち、構造強度設計を行う、又は下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、金属キャスク及び貯蔵建屋の基本的安全機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定」に、その設計方針を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」**次回申請**に示す。

本項目のうち、「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

3.5 損傷、転倒及び落下等の観点による建屋外施設の設計

金属キャスクを対象に別記 2 ④「建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響」の観点で、金属キャスクの基本的安全機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても金属キャスクに衝突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と金属キャスクの間に波及的影響を防止するために衝突に対する強度を有

する障壁を設置する。下位クラス施設を金属キャスクへの波及的影響を及ぼす可能性がある位置に配置する場合には、下位クラス施設が金属キャスクの設計に用いる地震動又は地震力に対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設計を行う。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、金属キャスクの基本的安全機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち、構造強度設計を行う、又は下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定し、金属キャスクの基本的安全機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定」に、その設計方針を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」次回申請に示す。

本項目のうち、「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針」については今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針次回申請

本項目は、地震による金属キャスク及び貯蔵建屋の波及的影響評価に対する耐震設計方針を説明する項目であり、今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請する。

5. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

工事段階においても、金属キャスク及び貯蔵建屋の設計段階の際に検討した配置・補強等が設計どおり施されていることを、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行うことで確認する。また、仮置資材等、現場の配置状況等の確認を必要とする下位クラス施設についても合わせて確認する。

工事段階における検討は、別記 2 の 4 つの観点のうち、③及び④の観点、すなわち下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラントウォークダウンにより実施する。

確認事項としては、設計段階において検討した離隔による防護の観点で行う。すなわち、施設の損傷、転倒及び落下等を想定した場合に金属キャスク及び貯蔵建屋に衝突するおそれのある範囲内に下位クラス施設がないこと、又は間に衝撃に耐えうる障壁、干渉物等が設置されていること、仮置資材等については固縛など、転倒及び落下を防止する措置が適切に講じられていることを確認する。

ただし、仮置資材等の下位クラス施設自体が、明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等の場合は対象としない。

以上を踏まえて、損傷、転倒及び落下等により、金属キャスク及び貯蔵建屋に波及的影響を及ぼす可能性がある下位クラス施設が抽出されれば、必要に応じて、上記の確認事項と同じ観点で対策・検討したり、固縛等の転倒・落下防止措置等を講じたりすることで対策・検討を行う。すなわち、下位クラス施設の配置を変更したり、間に緩衝物等を設置したり、固縛等の転倒・落下防止措置等を講じたりすることで対策・検討を行う。

添付 5-1-3-1 波及的影響を考慮する施設の選定

目次

1. 概要	1
2. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設	2
2.1 不等沈下又は相対変位の観点	2
2.2 接続部の観点	2
2.3 建屋内施設の損傷，転倒及び落下等の観点	2
2.4 建屋外施設の損傷，転倒及び落下等の観点	3
3. 今回申請設備について	3

図表目次

第2-1表	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設（損傷、転倒及び落下等）・・・	3
-------	-------------------------------------	---

1. 概要

本資料は、「添付 5-1-3 波及的影響に係る基本方針」の「3. 波及的影響を考慮した施設の設計」に基づき、選定した設備を説明するものである。

2. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

「添付 5-1-3 波及的影響に係る基本方針」の「3. 波及的影響を考慮した施設の設計」に基づき、構造強度等を確保するように設計するものとして選定した下位クラス施設を以下に示す。

2.1 不等沈下又は相対変位の観点

(1) 地盤の不等沈下による影響

使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）に隣接する下位クラス施設はなく、貯蔵建屋から一番近い位置に設置する建物である出入管理建屋についても離隔距離が十分であり不等沈下による衝突影響の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。このため地盤の不等沈下による波及的影響を及ぼすおそれがある施設はない。

(2) 建屋間の相対変位による影響

貯蔵建屋に隣接する下位クラス施設の設置はないため、建屋間の相対変位による影響による波及的影響を及ぼすおそれがある施設はない。

2.2 接続部の観点

金属キャスク及び貯蔵建屋と接続する下位クラス施設については、下位クラス施設の損傷により金属キャスク及び貯蔵建屋に影響を及ぼさない設計としていることから、接続部の観点で波及的影響を及ぼすおそれがある施設はない。

2.3 建屋内施設の損傷、転倒及び落下等の観点

(1) 貯蔵建屋

下位クラス施設である貯蔵建屋は、金属キャスクの受入れ作業、払い出し作業及び貯蔵保管を行う施設であることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う損傷により、金属キャスクに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

(2) 受入れ区域天井クレーン

下位クラス施設である受入れ区域天井クレーンは、金属キャスクの上部に設置していることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒又は落下により、金属キャスクに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

(3) 搬送台車

下位クラス施設である搬送台車は、金属キャスクの搬送に使用していることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、金属キャスクの波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

(4) 検査架台

下位クラス施設である検査架台は、金属キャスクの検査の際に側面に設置していることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により、金

属キャスクに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

(5) 防火シャッター

下位クラス施設である防火シャッターは、金属キャスクの搬送の際に上部に設置していることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下により、金属キャスクに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

(6) 中性子線エリアモニタ

下位クラス施設である中性子線エリアモニタは、金属キャスクの搬送の際に上部に設置していることから、金属キャスクの設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下により、金属キャスクに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等により波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を第2-1表に示す。

第2-1表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設（損傷、転倒及び落下等）

波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
金属キャスク	貯蔵建屋
	受入れ区域天井クレーン
	搬送台車
	検査架台
	防火シャッター
	中性子線エリアモニタ

2.4 建屋外施設の損傷、転倒及び落下等の観点

貯蔵建屋に隣接する下位クラス施設の設置はなく、金属キャスクの受入れ作業、払い出し作業の際のルートについても波及的影響を及ぼすおそれのある隣接する下位クラスはないため、建屋外の施設の損傷、転倒及び落下等による影響による波及的影響を及ぼすおそれがある施設はない。

3. 今回申請設備について

今回申請設備である電気設備については、金属キャスク及び貯蔵建屋の有する基本的安全機能へ影響する接続部を有していない。

また、貯蔵建屋内に配置される電気設備については、金属キャスクへの衝突がないよう十分な距離をとって配置されており、貯蔵建屋外の電気設備については、貯蔵建屋への衝突がないよう十分な距離をとって配置されていることから「2. 波及的影響の設計

対象とする下位クラス施設」において設計対象となっていない。そのため今回申請設備である電気設備は、波及的影響を及ぼすおそれのある施設ではない。

添付 5-8 耐震 C クラス設備の耐震基本方針及び評価

目次

1. 概要	1
2. 耐震Cクラス施設，設備の評価	2
2.1 耐震Cクラス施設，設備	2
2.2 耐震Cクラス施設，設備の評価方針	3
3. 使用材料及び材料定数	3
3.1 建物・構築物	3
3.2 機器・配管系	3
4. 荷重及び荷重の組合せ	3
4.1 建物・構築物	3
4.2 機器・配管系	3
5. 許容限界	3
5.1 建物・構築物	3
5.2 機器・配管系	3
5.3 対象設備の評価項目	4
6. 評価方法及び設計用地震力	4
6.1 評価方法	4
6.2 電気設備の設計用地震力	5
7. 評価結果	6

1. 概要

本資料は、電気設備をはじめとする耐震Cクラス施設、設備における耐震評価の基本方針及び評価について説明を行う。

また、今回申請設備の電気設備について各電気設備の具体的な耐震評価方法について説明を行い、評価の結果を説明するものである。

2. 耐震Cクラス施設、設備の評価

2.1 耐震Cクラス施設、設備

設備分類		今回申請	次回申請
構 築 物 ・ 建 物	建物	—	廃棄物貯蔵室
	構築物	—	—
機 器 ・ 配 管 系	容器	軽油貯蔵タンク	空気貯槽
			空気除湿装置
			除湿装置 前置フィルタ
			除湿装置 後置フィルタ
	ポンプ	—	冷却水系統（冷却水ポンプ）
	圧縮機	—	空気圧縮機
	架台	—	仮置架台
			たて起こし架台
			検査架台
	配管	—	圧縮空気主配管
	電気計装機器	無停電電源装置 共用無停電電源装置 電気設備（常用電源設備） ※予備電源から給電が必要な 負荷までの母線を含む電路と した範囲	蓋間圧力監視装置
			表面温度監視装置
			給排気温度監視装置
			代替計測用計測器
			ガンマ線エリアモニタ
			中性子線エリアモニタ
			モニタリングポスト
モニタリングポイント			
放射線サーベイ機器			
出入管理設備			
個人管理用測定設備（個人線量計）			
通信連絡設備	—	通信連絡設備	
避難通路	—	誘導灯	
		安全避難用扉	
消防用設備	—	消火器	
		防火水槽	
		防火シャッター	
		防火扉	
		動力消防ポンプ	
避雷設備	—	棟上導体	
車両	電源車	—	

2.2 耐震Cクラス施設, 設備の評価方針

耐震Cクラス施設, 設備の直接支持構造物及び間接支持構造物について, 要求させる設計用地震力, 荷重の組合せと許容限界を考慮し, 評価する方針とする。

3. 使用材料及び材料定数

3.1 建物・構築物

原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987) (日本電気協会 電気技術基準調査会 昭和 62 年 8 月) (以下「J E A G 4 6 0 1」という。), 建築基準法・同施行令及び鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 (日本建築学会 1999 改定) (以下「RC基準」という。) の規定に基づく, 材料及び材料定数を使用する。

3.2 機器・配管系

J E A G 4 6 0 1 及び発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005) (日本機械学会 2005 年 9 月) (以下「設計・建設規格」という。) の規定に基づく, 材料及び材料定数を使用する。

4. 荷重及び荷重の組合せ

4.1 建物・構築物

J E A G 4 6 0 1, 建築基準法・同施行令及びRC基準に規定されている地震力以外の荷重を考慮する。また, J E A G 4 6 0 1 及び建築基準法・同施行令の荷重の組合せの考え方にに基づき, 地震力と地震力以外の荷重を組み合わせて評価する。

4.2 機器・配管系

J E A G 4 6 0 1 及び設計・建設規格に規定されている地震力以外の荷重を考慮する。また, J E A G 4 6 0 1 の荷重の組合せの考え方にに基づき, 地震力と地震以外の荷重を組み合わせて評価する。

今回申請設備の電気設備については, 貯蔵時の状態で作用する荷重はないため, 静的地震力と常時作用している荷重, すなわち死荷重を組み合わせる。

5. 許容限界

5.1 建物・構築物

J E A G 4 6 0 1, 建築基準法・同施行令及びRC基準の規定に基づき, 施設に応じた許容限界を設定する。

5.2 機器・配管系

J E A G 4 6 0 1 及び設計・建設規格に基づき, 設備に応じた許容限界を設定する。

5.3 対象設備の評価項目

今回申請設備である電気設備について評価項目を以下に示す。なお、次回申請設備については次回申請にて評価項目を示す。

設備分類		設備名称		評価部位	許容限界		
機器・配管系	電気計装機器	無停電電源装置		基礎ボルト	一次応力	せん断	
		共用無停電電源装置					
		電気設備（常用電源設備）					
	容器	軽油貯蔵タンク	タンク本体	胴	一次一般膜応力		
				固定バンド	一次応力	引張り	
				アンカーボルト	一次応力	引張り	
		タンク室	鉄筋	地震時応力	引張り		
コンクリート			地震時応力	圧縮 せん断			
車両	電源車		(評価対象物) 電源車	(許容状態) 地震力による車両の移動がないこと。※			

※水平地震力が路面とタイヤの摩擦力を下回ることにより確認する。

6. 評価方法及び設計用地震力

6.1 評価方法

今回申請設備である電気設備について評価方法を以下に示す。なお、次回申請設備については次回申請にて評価方法を示す。

(1) 無停電電源装置、共用無停電電源装置、電気設備（常用電源）

無停電電源装置、共用無停電電源装置、電気設備（常用電源）は盤で構成された設備である。盤は基礎ボルトで固定されており、耐震計算については水平地震力に対する基礎ボルトのせん断応力の評価を行う。また、ベースの上に複数の盤が据付けられている場合は、ベース単位で評価を行う。評価の具体例を「添付5-8-1 無停電電源装置、共用無停電電源装置の計算方法に関する説明書」に示す。

(2) 軽油貯蔵タンク

軽油貯蔵タンクは、両端に鏡板を有する横置円筒型容器である。タンクをタンク室内の基礎台に載せ、胴を固定バンドで固定し、固定バンドをアンカーボルトで基礎台に据え付ける。タンクが軸直角方向に作用する水平方向地震力を受けた場合が最も保守的と考え、この時の胴、固定バンド、アンカーボルトについて評価を行う。

タンク室の鉄筋コンクリート部については、地震時の土圧を考慮した荷重により生じる鉄筋及びコンクリートの応力について評価を行う。評価を「添付 5-8-2 軽油貯蔵タンク（地下式）の計算方法に関する説明書」に示す。

(3) 電源車

電源車については、Cクラス施設、設備の設計用地震力により横滑りしないことを評価することにより電源車が有する安全機能を損なわないことの確認を行う。評価を「添付 5-8-3 電源車の計算方法に関する説明書」に示す。

6.2 電気設備の設計用地震力

耐震Cクラスである電気設備の設計用地震力は静的地震力とする。

電気設備は、貯蔵建屋、受変電建屋、施設南側高台に設置される。各建屋、設置場所における水平震度について以下に記載する。

(1) 貯蔵建屋内の耐震Cクラス設備における水平震度

貯蔵建屋内に設置される無停電電源装置、電気設備（常用電源）の水平震度について「第 6-1 表 貯蔵建屋内の耐震Cクラス設備における水平震度（ $1.2C_i$ ）」に記載する。

なお、記載する水平震度については「添付 5-1 申請設備に係る耐震設計の基本方針」（以下「耐震設計の基本方針」とする。）に記載の地震層せん断力係数： C_i に 1.2（耐震Cクラスの耐震設計上の重要度分類に応じた係数 1.0 を乗じ 20%増した値）を乗じた値を記載する。

第 6-1 表 貯蔵建屋内の耐震Cクラス設備における水平震度（ $1.2C_i$ ）

T. P. (m)	水平震度	
	NS	EW
43.5	0.324	0.281
39.3	0.269	0.271
33.22	0.257	0.262
29.22	0.24	0.24
16.3		

(2) 受変電建屋に設置される電気設備の水平震度

受変電建屋は地表面に設置されており、1階のみの構造である。そのため受変電

建屋に設置される共用無停電電源装置の水平震度は「第 6-1 表 貯蔵建屋内の耐震 C クラス設備における水平震度 (1.2C_i)」の T.P. 16.3 (m) と同様の値となり、NS, EW とともに 0.24 である。

(3) 施設南側高台に設置される電気設備の水平震度

施設南側高台に配置，設置する設備は，電源車と軽油貯蔵タンク（地下式）である。

電源車の配置面は地表面であり，電源車の水平震度は「表 3-2 貯蔵建屋内の耐震 C クラス設備 Y における水平震度 (1.2C_i)」の T.P. 16.3 (m) と同様の値となり，NS, EW とともに 0.24 である。

軽油貯蔵タンク（地下式）の水平震度は，「表 7-2 貯蔵建屋内の耐震 C クラス設備における水平震度 (1.2C_i)」の T.P. 16.3 (m) の値である 0.24 とする。

7. 評価結果

今回申請設備である電気設備については評価の結果，全ての評価部位について発生応力が許容応力以下であることを確認した。

また，電源車については路面と電源車の摩擦力が，耐震 C クラス設備における水平震度 (1.2C_i) に基づく地震力を上回り，電源車の滑動が生じることはなく，耐震 C クラス設備における水平震度 (1.2C_i) に基づく地震力に耐えうるものとなっていることを確認した。

評価結果を以下に示す。

(1) 無停電電源装置，共用無停電電源装置

a. 無停電電源装置

盤名称	設計用 水平地 震力 1.2C _i	水平方向荷重 Goh [N]	基礎ボルトにか かる せん断応力 τ [MPa]	SS400 のボル トの許容応力 f _{sb} [MPa]	判定
充電器盤	0.262	6166.5	5.12	135	良
整流器盤					
インバータ盤	0.262	4367.9	3.63	135	良
出力盤					
蓄電池盤 1・2	0.262	16443.8	3.72	135	良
蓄電池盤 3・4	0.262	16443.8	3.72	135	良
蓄電池盤 5	0.262	5652.6	3.52	135	良

b. 共用無停電源装置

盤名称	設計用 水平地 震力 1.2Ci	水平方向荷重 Goh [N]	基礎ボルトにか かるせん断応力 τ [MPa]	SS400 のボル トの許容応力 f sb [MPa]	判定
出力盤	0.24	4707.2	3.91	135	良
バイパス入力盤					
インバータ盤	0.24	4707.2	3.91	135	良
充電器盤	0.24	7766.9	6.45	135	良
蓄電池用ラック 1	0.24	28059.6	12.42	135	良
蓄電池用ラック 2	0.24	30116.7	13.40	135	良

(2) 軽油貯蔵タンク

a. 軽油貯蔵タンク

(単位：MPa)

部位	材料	応力	計算応力	許容応力
胴板	SS400	一次一般膜	$\sigma_0 = 7$	$S_a = 208$
		一次	$\sigma_1 = 7$	$S_a = 208$
固定バンド	SS400	引張り	$\sigma_{FB} = 48$	$f_t = 208$
アンカー ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b = 47$	$f_{to} = 156$

b. 軽油貯蔵タンク室

○曲げモーメント

$$\begin{aligned} \text{必要鉄筋断面積 } A_{sa} &= M / (7/8 \cdot f_t \cdot d) \\ &= 29.58 \times 10^6 / (7/8 \times 265 \times 240) \\ &= 532 \text{ (mm}^2\text{/m)} \\ f_t &: \text{鉄筋の許容引張応力 (kN/mm}^2\text{)} \\ d &: \text{有効高さ (部材高さ } h \text{ (300mm) - 鉄筋被り } dt \text{ (60mm)} \\ &\text{(mm)} \end{aligned}$$

配筋は D13@200 で鉄筋断面積は 634 (mm²/m) あり, 必要鉄筋断面積 532 (mm²/m) を上回る。

(発生応力/許容応力 : 0.84)

○せん断力

$$\begin{aligned} \text{せん断応力度 } \tau &= Q / (b \cdot h) \\ &= 57.95 \times 10^3 / (1000 \times 300) \end{aligned}$$

$$= 0.20 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

b : 部材幅 (mm)

せん断応力度 $0.20 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ は、コンクリートの短期許容せん断応力度 $1.05 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ を下回り、許容値以内となる。

(発生応力/許容応力 : 0.20)

以上より、タンク室は、水平震度 0.30 の地震力により鉄筋及びコンクリートに生じる応力が許容応力以内となることから、耐震Cクラス設備に求められる地震力 (水平震度 0.24) により鉄筋及びコンクリートに生じる応力も許容応力以内となる。

(3) 電源車

電源車の横滑り発生に必要な荷重

$$\begin{aligned} F &= \mu_s \cdot m \cdot g \\ &= 3.45194 \times 10^4 \text{ (N)} \dots\dots\dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

設計地震力の加速度によって発生する水平方向の荷重

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ &= 1.88288 \times 10^4 \text{ (N)} \dots\dots\dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

上記①と②を比較すると、①>②の関係になり、路面と電源車の摩擦力が、耐震Cクラス設備における水平震度 ($1.2C_i$) に基づく地震力を上回り、電源車の滑動が生じることはない。

以上のことから、電源車は耐震Cクラス設備における水平震度 ($1.2C_i$) に基づく地震力に耐えうるものとなっていることを確認した。

添付 5-8-1 無停電電源装置, 共用無停電電源装置の計算方法
に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 適用基準	1
3. 計算条件	1
4. 記号の説明	1
5. 計算方法	1
6. 無停電電源装置の設計条件及び仕様	3
7. 共用無停電電源装置の設計条件及び仕様	4

1. 概要

本資料は、無停電電源装置（予備電源）及び共用無停電電源装置の計算方法について説明するものである。

2. 適用基準

本資料においては、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2012）（日本機械学会 2012年12月）（以下「設計・建設規格」という。）及び原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984 及び JEAG4601-1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月及び昭和62年8月）を適用して評価する。

3. 計算条件

無停電電源装置、共用無停電電源装置は、複数の盤で構成された耐震Cクラスの設備である。盤はボルトで固定されており、耐震計算は水平地震力に対するボルトのせん断応力の評価を行う。また、ベースの上に複数の盤が据付けられている場合は、ベース単位で評価を行う。

4. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルト軸面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
d	アンカーボルトのねじ部の谷径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
G_{oh}	水平方向荷重	N
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
N_b	基礎ボルト本数	本
W	盤重量	kg
τ	基礎ボルトにかかるせん断応力	MPa

5. 計算方法

(1) 盤にかかる荷重

設計用水平地震力により盤に水平方向にかかる荷重を以下の通り計算する。

$$G_{oh} = C_H \times W \times g$$

(2) 基礎ボルトにかかるせん断応力

$$\tau = G_{oh} / (N_b \times A_b)$$

(3) 基礎ボルトの許容応力

ボルトの材質は、SS400 である。

SS400 のボルトの設計・建設規格により定める基準値 F は、

$$F = 235$$

許容せん断応力 f_{sb} は、

$$f_{sb} = F / (1.5 \cdot \sqrt{3}) \times 1.5$$

6. 無停電電源装置設計の条件及び仕様

(1) 設計条件

盤名称	耐震クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	水平方向 設計震度	最高使 用温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
充電器盤 整流器盤 インバータ盤 出力盤 蓄電池盤 1・2 蓄電池盤 3・4 蓄電池盤 5	Cクラス	使用済燃料 貯蔵建屋 T.P. +21.6	0.262	—	40

設計用水平地震力 $1.2 \times C_i$

地震層せん断力係数 $C_i = 0.218$

(設置床レベルが中間階の T.P. +21.6m であることから, C_i は T.P. 29.22m~33.22m の 0.218 (EW) と 0.214 (NS) の大きい値を用いる)

(2) 盤の仕様

盤名称	盤重量 W [kg]	基礎ボルト本数 Nb [本]	基礎ボルト 材質	基礎ボルト呼径 と軸面積 Ab [mm ²]
充電器盤	2400	6	SS400	M16 201
整流器盤				
インバータ盤	1700	6		
出力盤				
蓄電池盤 1・2	6400	22		
蓄電池盤 3・4	6400	22		
蓄電池盤 5	2200	8		

7. 共用無停電電源装置の設計条件及び仕様

(1) 設計条件

盤名称	耐震クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	水平方向 設計震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
出力盤 バイパス入力盤 インバータ盤 充電器盤 蓄電池用ラック 1 蓄電池用ラック 2	Cクラス	受変電施設 T.P. +16.4 (地表面に設置 された1階のみ の構造)	0.24	—	40

設計用水平地震力 $1.2 \times C_i$

地震層せん断力係数 $C_i = 0.2$

(2) 盤の仕様

盤名称	盤重量 W [kg]	基礎ボルト本数 Nb [本]	基礎ボルト 材質	基礎ボルト呼径 と軸面積 Ab [mm ²]
出力盤	2000	6	SS400	M16 201
バイパス入力盤				
インバータ盤	2000	6	SS400	M16 201
充電器盤	3300	6	SS400	M16 201
蓄電池用ラック 1	11922	20	SS400	M12 113
蓄電池用ラック 2	12796	20	SS400	M12 113

添付 5-8-2 軽油貯蔵タンク（地下式）の計算方法
に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 軽油貯蔵タンク（地下式の計算方法）	1
2.1 適用基準	1
2.2 計算条件	1
2.2.1 計算条件	1
2.2.2 記号の説明	3
2.2.3 計算精度と数値の丸め方	5
2.3 構造強度評価	6
2.3.1 構造強度評価方法	6
2.3.2 設計用地震力	6
2.3.3 計算方法	8
2.3.3.1 荷重	8
2.3.3.1.1 胴の計算	9
2.3.3.1.2 固定バンド，アンカーボルトの計算	9
2.3.4 応力の評価	11
2.3.4.1 胴の応力評価	11
2.3.4.2 固定バンドの応力評価	12
2.3.4.3 アンカーボルトの応力評価	13
2.4 軽油貯蔵タンク設計条件及び仕様	14
2.4.1 設計条件	14
2.4.2 機器要目	14
3. 軽油貯蔵タンク（地下式）タンク室の計算方法	16
3.1 タンク室の概要	16
3.2 考慮する荷重	17
3.3 タンク室鉄筋コンクリート部材の強度，種別	18
3.4 タンク室側壁の応力算定	19

1. 概要

本資料は、軽油貯蔵タンク（地下式）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

また、軽油貯蔵タンク（地下式）のタンク室が、耐震Cクラス設備に求められる地震力（水平震度0.24）に対して、概ね弾性状態に留まることを説明するものである。

2. 軽油貯蔵タンク（地下式）の計算方法

2.1 適用基準

本計算書においては、発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC 1-2012）（日本機械学会 2012年12月）（以下「設計・建設規格」という。）、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984 及び J E A G 4 6 0 1-1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月及び昭和62年8月）及び危険物の規制に関する規則（昭和34年総理府令第55号）を適用して評価する。

2.2 計算条件

2.2.1 計算条件

(1) 軽油貯蔵タンク（地下式）の構造

軽油貯蔵タンク（地下式）の概要図を図2-1に示す。

タンクは、両端に鏡板を有する横置円筒形容器である。タンクをタンク室内の基礎台に載せ、胴を固定バンドで固定し、固定バンドをアンカーボルトで基礎台に据え付ける。タンク室内は乾燥砂を敷き詰める。

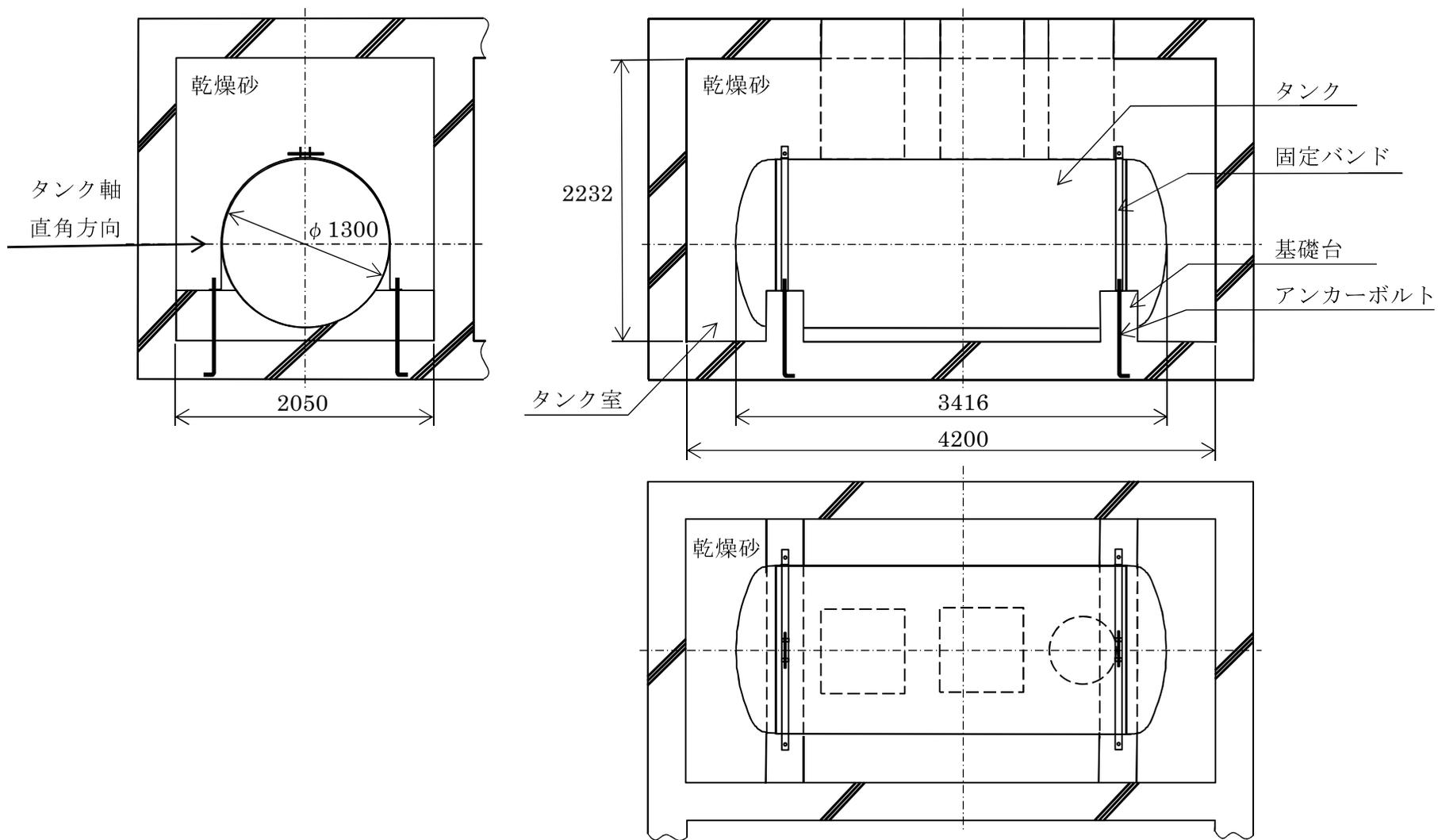
タンクが軸直角方向に作用する水平方向地震力を受けた場合に、固定バンドはタンクが軸直角方向へ回転しようとする力を支え、アンカーボルトは固定バンドを引っ張り、その力を支える。

長手方向の水平方向地震力には、タンクと基礎台、タンクと固定バンドの摩擦力があるものの固定する部分はなく、タンク室内に敷き詰めた乾燥砂によりタンクの移動が制限されることにより固定バンドおよびアンカーボルトが受けもつ力は小さいため、タンクが軸直角方向に作用する水平方向地震力を受けた場合が最も保守的と考え、この時の胴、固定バンド、アンカーボルトについて評価を行う。

(2) 乾燥砂の影響

タンクが軸直角方向に作用する水平方向地震力を受けた場合の評価は、タンク重量、液荷重に加え、乾燥砂重量によりタンク中心に集中荷重が発生するものとする。

但し、タンク室内に敷き詰めた乾燥砂によりタンクの移動が制限される事象は考慮しない(保守的な条件とする)。



第2-1図 軽油貯蔵タンク（地下式）の概要図

2.2.2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	アンカーボルトのねじ部の有効断面積	mm^2
A_{FB}	固定バンドの所要断面積	mm^2
B_i	タンク室の内法幅	mm
b_T	タンクの支持点の間隔（軸直角方向）	mm
b_M	アンカーボルトとタンクの支持点の間隔（軸直角方向）	mm
C_H	水平方向設計震度	—
D_0	タンクの外径	mm
D_i	胴の内径	mm
d	アンカーボルトのねじ部の谷径	mm
d_B	アンカーボルト中心間距離（軸直角方向）	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F_H	タンクの軸直角方向に作用する水平方向地震力	N
f_t	固定バンドの許容引張応力	MPa
f_{t0}	引張力のみを受けるアンカーボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
H	水頭（油液位）	mm
H_i	タンク室の内法高さ	mm
h_2	基礎台とタンクの支点から胴中心までの高さ	mm
h_S	乾燥砂被りの深さ	mm
L	タンクの胴の長さ	mm
L_i	タンク室の内法長さ	mm
M_c	タンクの支点のモーメント	MPa
m_0	タンクの質量	kg
n	固定バンドの本数	—
P_G	タンクに生じる内圧	MPa
P_L	タンクに生じる静水圧	MPa
P_r	最高使用圧力	MPa
P_S	乾燥砂重量によりタンクに生じる外圧	MPa
P_T	定期点検（漏れの点検）によりタンクに生じる外圧	MPa
R	固定バンド、アンカーボルトに発生する荷重	N
S	許容引張応力，材料規格 Part3 第1章 表3に規定される値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計引張強さ，材料規格 Part3 第1章 表7に規定される値	MPa
S_y	設計降伏点，材料規格 Part3 第1章 表6に規定される値	MPa
t	胴板の厚さ	mm

記号	記号の説明	単位
t_s	タンクの外殻の厚さ	mm
V	タンクの実容量	ℓ
V_s	乾燥砂の容量	mm^3
V_T	タンクの容積	mm^3
W_1	タンクの重量	N
W_2	液の重量	N
W_3	乾燥砂の重量	N
π	円周率(=3.14159)	—
ρ_1	液体の密度(=比重 $\times 10^{-6}$)	—
ρ_2	乾燥砂の密度(=比重 $\times 10^{-6}$)	—
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_b	アンカーボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{FB}	固定バンドに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{x1}	内圧又は静水頭により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{xS}	乾燥砂重量又は定期点検（漏れの点検）により胴に生じる軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$	内圧又は静水頭により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi S}$	乾燥砂重量又は定期点検（漏れの点検）により胴に生じる周方向応力	MPa

2.2.3 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は第2-1表に示すとおりである。

第2-1表 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
質量	kg	—	—	整数位
重量	N	有効数字5桁目	切上げ	有効数字4桁 ^{*2}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	胴板の厚さ	mm	—	小数点以下第1位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
容積	mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

2.3 構造強度評価

2.3.1 構造強度評価方法

2.2.1 の条件で計算する。概要図を第2-2図に示す。

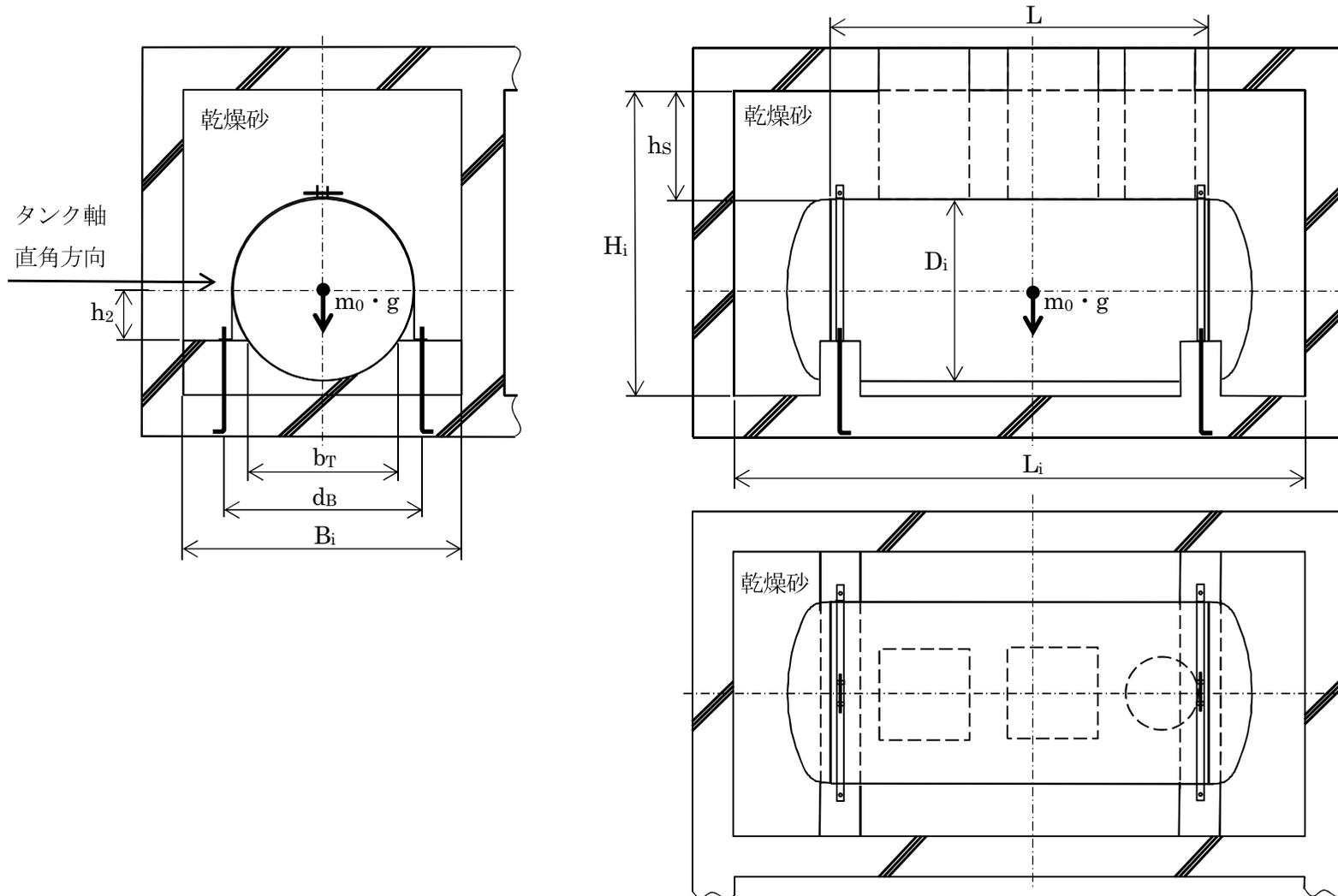
軽油貯蔵タンク（地下式）の構造強度評価は、横置円筒型容器の耐震計算方法を参考に行う。

2.3.2 設計用地震力

「静的震度」による地震力は、原子力発電所耐震設計技術指針に基づき設計する。

耐震重要度分類Cクラスの機器・配管系の耐震設計に適用する静的地震力は、水平地震力とする。

$$C_H = 1.2 \cdot C_i$$



第2-2図 概要図

2.3.3 計算方法

タンクの軸直角方向に作用する水平方向の荷重による応力を、以下のとおりに計算する。

2.3.3.1 荷重

(1) タンク重量

$$W_1 = m_0 \cdot g$$

(2) 液荷重 (軽油)

$$W_2 = \rho_1 \cdot g \cdot V$$

$$\rho_1 := 1.00 \times 10^{-6} \text{ [kg/mm}^3\text{]}$$

(軽油 : 0.84×10^{-6} [kg/mm³]であるが保守的な値とする。)

$$V := 4000 [\text{ℓ}]$$

$$= 4.000 \times 10^9 \text{ [mm}^3\text{]}$$

(3) 乾燥砂重量

タンク容積

$$V_T = (\pi / 4 \cdot D_0^2 \cdot L) + 2 \cdot (0.09896 \cdot D_i^3 + 0.31514 \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot t)$$

$$D_0 := D_i + 2 \cdot (t + t_s)$$

乾燥砂容積

$$V_S = (B_i \cdot L_i \cdot H_i) - V_T$$

乾燥砂重量

$$W_3 = \rho_2 \cdot g \cdot V_S$$

$$\rho_2 := 17.7 \times 10^{-6} \text{ [N/mm}^3\text{]} \quad (\text{消防危第 112 号 1. 標準的な設置条件等})$$

$$\doteq 1.80490 \times 10^{-6} \text{ [kg/mm}^3\text{]}$$

$$\doteq 1.80 \times 10^{-6} \text{ [kg/mm}^3\text{]}$$

2.3.3.1.1 胴の計算

(1) 曲げモーメント

基礎台とタンクは固定されておらず、胴の曲げモーメントは考慮しない。

(2) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合

$$\text{静水圧 } P_L = \rho_1 \cdot g \cdot H$$

$$H : = 1300 [\text{mm}] \quad (D_i \text{ で代用する})$$

$$\sigma_{\phi 1} = P_L \cdot D_i / (2 \cdot t)$$

$$\sigma_{x1} = P_L \cdot D_i / (4 \cdot t)$$

内圧による場合

内圧 $P_G = 0.07$ [MPa] (消防法による完成検査前検査(水圧検査)
の圧力 70[kPa])

P_r は静水圧であるが、保守的に $P_r = P_L + P_G$ とする。

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi 1} &= P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (2 \cdot t) \\ &= (P_L + P_G) \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (2 \cdot t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (4 \cdot t) \\ &= (P_L + P_G) \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (4 \cdot t) \end{aligned}$$

(3) 乾燥砂重量又は外圧による応力

乾燥砂重量による場合 (外圧)

$$P_S = \rho_2 \cdot g \cdot h_S$$

$$h_S : = 800 [\text{mm}] \quad (\text{タンク室の蓋の内側から地下タンク頂部までの深さ})$$

$$\sigma_{\phi S} = P_S \cdot D_i / (2 \cdot t)$$

$$\sigma_{xS} = P_S \cdot D_i / (4 \cdot t)$$

外圧による場合

外圧 $P_T = 0.02$ [MPa] (消防法による漏れの点検の試験圧力 20[kPa]
(減圧法の場合))

$$\sigma_{\phi S} = (P_S + P_T) \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (2 \cdot t)$$

$$\sigma_{xs} = (P_s + P_T) \cdot (D_i + 1.2 \cdot t) / (4 \cdot t)$$

2.3.3.1.2 固定バンド，アンカーボルトの計算

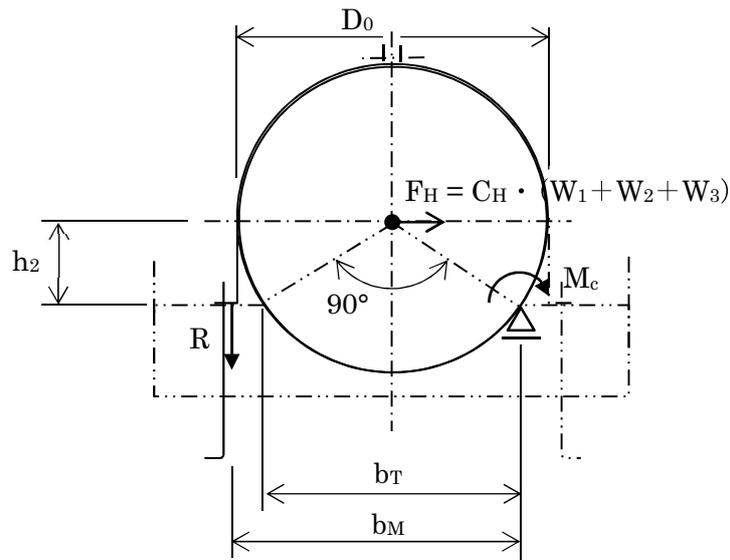
(1) タンク固定条件の照査

タンクの軸直角方向に作用する水平方向地震力に対して，タンク固定部分が必要な力に耐える構造とし，基礎台がタンクを支持する点（タンクの支持点という）のモーメントが次の件を満たすこととする。

$$M_c = F_H \cdot h_2 - R \cdot b_M \leq 0$$

$$F_H \cdot h_2 \leq R \cdot b_M$$

タンクの軸直角方向に作用する水平方向地震力が作用した場合に，タンク固定部分に及ぼす力の関係を第2-3図に示す。



第2-3図 タンク固定部分に及ぼす力の関係

タンクの軸直角方向に作用する水平方向地震力は，保守的にタンク重量，液荷重に加え，乾燥砂重量がタンク中心に集中荷重を受けるものとする。

$$F_H = C_H \cdot (W_1 + W_2 + W_3)$$

$$h_2 = D_0 / 2 \cdot \cos 45^\circ$$

$$b_M = D_0 / 2 + b_T / 2$$

b_T : (基礎台がタンクを支持する角度は 90° とする)

$$b_T = D_0 / 2 \cdot \cos 45^\circ \cdot 2$$

$$R \geq F_H \cdot h_2 / b_M$$

固定バンド、アンカーボルトは、 3.145×10^4 [N]以上の引張荷重に耐えるものを選ぶ。

a. 固定バンドに生じる応力

固定バンドは、板厚 9[mm]×幅 65[mm] を用いる。

$$\sigma_{FB} = R / A_{FB} / n$$

A_{FB} : 固定バンドを固定するためのアンカーボルトを設ける部分の
穴径 (=28[mm]) を除いた部分の固定バンドの断面積

$$A_{FB} = (65 - 28) \times 9$$

b. アンカーボルトに生じる応力

アンカーボルトは、M24 を用いる。

$$\sigma_b = R / A_b / n$$

A_b : 保守的にアンカーボルトのねじ部の谷径 ($d = 20.752 \approx 20.7$ [mm]) を直径
としたアンカーボルトの有効断面積

$$A_b = \pi / 4 \cdot d^2$$

2.3.4 応力の評価

2.3.4.1 胴の応力評価

胴の材料は一般構造用圧延鋼材 SS400 であり、最高使用温度を $60[^\circ\text{C}]$ とする。

2.3.3.1.1 項で求めた応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力分類	一次一般膜応力	一次応力
許容応力 S_a	$\min[S_y, 0.6S_u]$	S_y
	ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 $1.2S$ とすることができる。	ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 $1.2S$ とすることができる。

一次一般膜応力による場合

$$S_a = \min[S_y, 0.6 \cdot S_u]$$

S_y : 60[°C]における S_y を比例法により計算

$$S_y = 215 - (215-203) / (75-40) \times (60-40)$$

$$\doteq 215 - 6.85714$$

$$\doteq 208.1$$

$$\doteq 208[\text{MPa}]$$

ここで、-30~40[°C] で $S_y=215$ [MPa], 75[°C]で $S_y=203$ [MPa]

S_u : 60[°C]における S_u を比例法により計算

$$S_u = 400 - (400-381) / (75-40) \times (60-40)$$

$$\doteq 400 - 10.8571$$

$$\doteq 389.1$$

$$\doteq 389[\text{MPa}]$$

ここで、-30~40[°C] で $S_u=400$ [MPa], 75[°C]で $S_u=381$ [MPa]

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{\phi 1}, \sigma_{x1}, \sigma_{\phi S}, \sigma_{xS}]$$

一次応力による場合

$$S_a = S_y$$

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{\phi 1}, \sigma_{x1}, \sigma_{\phi S}, \sigma_{xS}]$$

2.3.4.2 固定バンドの応力評価

固定バンドの材料は一般構造用圧延鋼材 SS400 であり、最高使用温度を 60[°C]とする。

4.3.1.2 項で求めた応力が固定バンドの最高使用温度における許容引張応力 f_t 以下であること。

応力分類	一次応力
許容引張応力 f_t	$F / 1.5 \cdot 1.5$

$$f_t = F / 1.5 \cdot 1.5$$

$$F = \min[S_y, 0.7 \cdot S_u]$$

2.3.4.3 アンカーボルトの応力評価

アンカーボルトの材料は一般構造用圧延鋼材 SS400 であり，最高使用温度を 60[°C]とする。

4.3.1.2 項で求めた応力がアンカーボルトの最高使用温度における許容引張応力 f_{t0} 以下であること。

応力分類	一次応力
許容引張応力 f_{t0}	$F/2 \cdot 1.5$

2.4 軽油貯蔵タンク設計条件及び仕様

2.4.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向				
軽油貯蔵タンク (地下式)	C	施設南側高台 T.P.約 27	—	—	$C_H = 0.24$	—	静水圧	60

2.4.2 機器要目

L (mm)	d_B (mm)	b_T (mm)
2890	1460	935

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_s (mm)	h_2 (mm)	h_s (mm)
1600	1300	9	2	467	800

n	d (mm)	A_b (mm ²)	A_{FB} (mm ²)
2	20.7	336	333

B_i (mm)	L_i (mm)	H_i (mm)
2050	4200	2322

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)
208*1	389*1	—

S _y (固定バンド) (MPa)	S _u (固定バンド) (MPa)	S (固定バンド) (MPa)	F (固定バンド) (MPa)	F* (固定バンド) (MPa)
208*1	389*1	—	208*1	—

S _y (アンカーボルト) (MPa)	S _u (アンカーボルト) (MPa)	S (アンカーボルト) (MPa)	F (アンカーボルト) (MPa)	F* (アンカーボルト) (MPa)
208*1	389*1	—	208*1	—

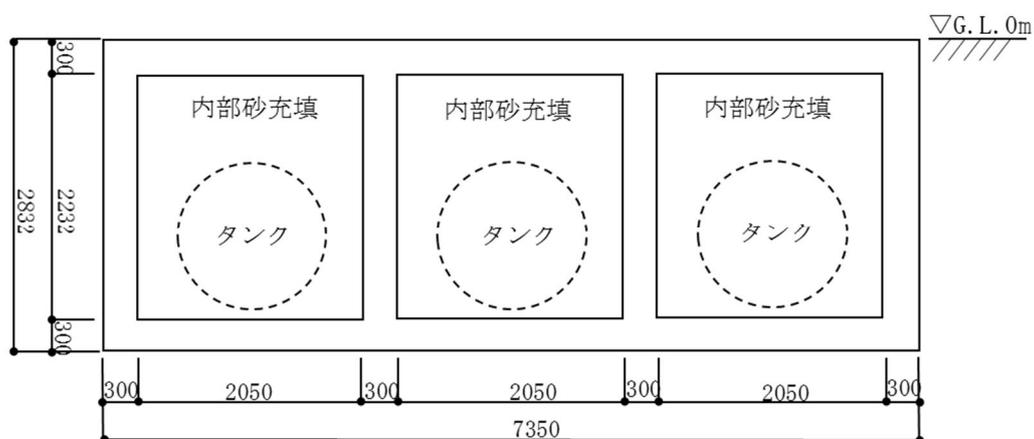
注記 *1：最高使用温度で算出

3. 軽油貯蔵タンク（地下式） タンク室の計算方法

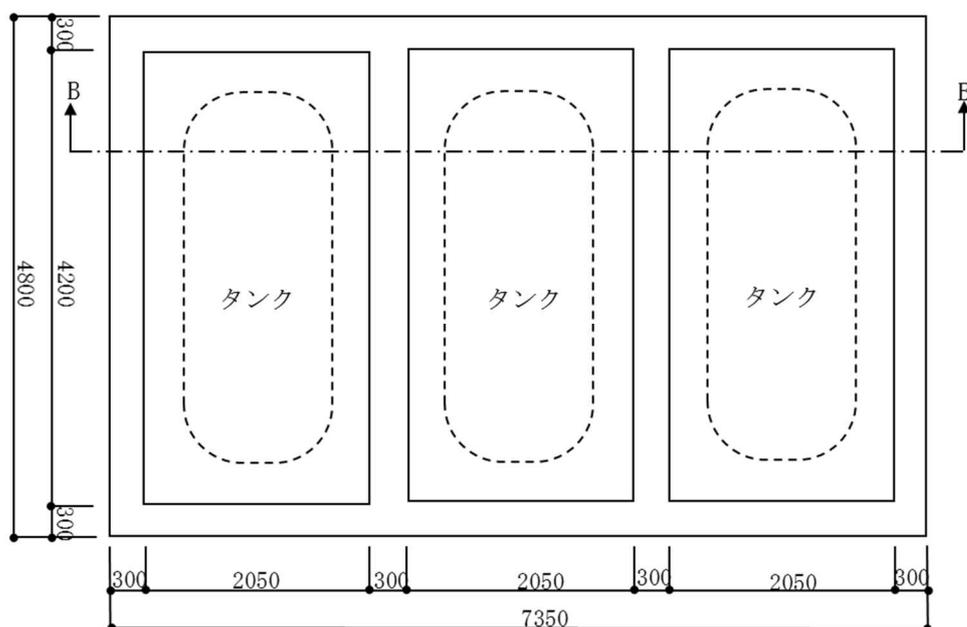
3.1 タンク室の概要

本資料では、軽油貯蔵タンク（地下式）のタンク室が、耐震Cクラス設備に求められる地震力（水平震度0.24）に対して、概ね弾性状態に留まることを確認した内容を示す。

第1-1図、第1-2図に、軽油貯蔵タンク（地下式）のタンク室の断面、平面を示す。タンク室は3連の室で構成されており、軸対称の配置となっている。側壁、頂版、底版の断面はいずれも厚さ300mmで、主筋はD13@200（上端筋、下端筋共）となっている。



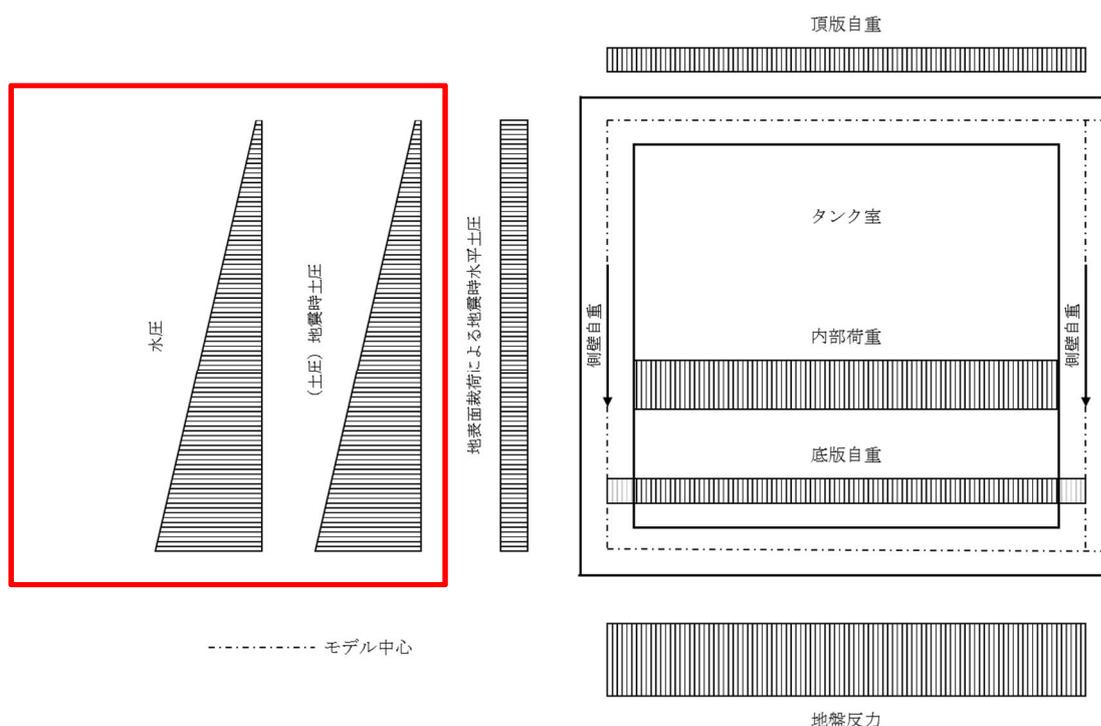
第3-1図 B-B断面図



第3-2図 平面図

3.2 考慮する荷重

第2-1図にタンク室に作用する荷重を示す。地震時にタンク室側壁に作用する荷重は赤枠で囲んだ荷重（水圧，地震時土圧，地表面裁荷による地震時水平土圧）であり，この荷重に対する側壁の検討を行う。なお，タンク室内に充填されている乾燥砂は重量としては考慮するが，乾燥砂により側壁に作用する土圧は保守的に考慮しないこととする。



第3-3図 タンク室に作用する荷重

タンク室に作用する荷重の算定は，第3-1表に示す計算式に従い行う。
なお，地下水位はGL-0mとする。

第3-1表 荷重の種類，計算式

荷重の種類	計算式
P_w : 水圧 (三角形分布)	$P_w = \gamma_w \cdot h$
P_d' : 地震時土圧 (三角形分布)	$P_d' = K_E \cdot \gamma_s' \cdot h$
P_{dq}' : 地表面裁荷荷重による地震時水平土圧 (等分布)	$P_{dq}' = K_E \cdot q$

- γ_w : 水の比重量 (kN/m³)
- γ_s' : 地下水位以下にある土の比重量 (kN/m³)
- q : 地表面裁荷重 (kN/m²)

h : 地表面からの深さ (モデル中心) (m)

ここで、 K_E (地震時水平土圧係数) は、以下の式により算定する。

$$K_E = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \left[1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi - \theta)}{\cos \theta}} \right]^2}$$

ϕ : 周辺地盤の内部摩擦角 [単位: 度]

θ : 地震時合成角 [単位: 度]

$$\theta = \tan^{-1} K_h$$

周辺地盤の土質を考慮し、 ϕ (周辺地盤の内部摩擦角) は0度とする。

K_h (設計水平震度) は、消防法関連告示「危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示 第四条の二十三」に示された計算方法により算定される値の最大値である0.3とする。

$$K_h = 0.15 \nu^1 \cdot \nu^2$$

ν^1 : 地域別補正係数 (最大値である1.0とする)

ν^2 : 地盤別補正係数 (最大値である2.0とする)

この値は、地表面に設置される耐震Cクラス設備の耐震設計に求められる水平震度0.24より大きな値である。

3.3 タンク室鉄筋コンクリート部材の強度, 種別

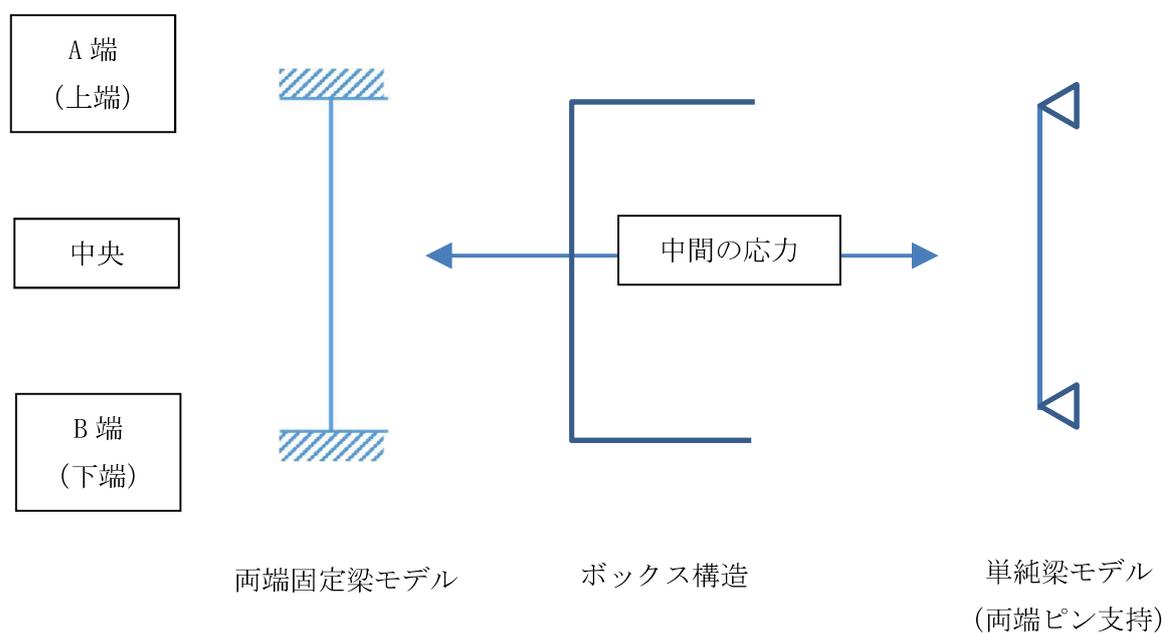
第3-2表に、タンク室鉄筋コンクリート部材の強度, 種別を示す。

第3-2表 鉄筋コンクリート部材の強度, 種別

部材	強度, 種別
コンクリート	$F_c=21\text{N/mm}^2$
鉄筋	SD295A

3.4 タンク室側壁の応力算定

タンク室側壁の応力算定にあたっては、第3-3図のように、簡易的に、側壁を両端固定梁モデル及び単純梁モデル（両端ピン支持）に置換して行う。実際のタンク室は3連のボックス構造であるが、側壁を両端固定梁モデル及び単純梁モデルに置換すると、頂版、底版と、側壁との間の応力の伝達を考慮しないこととなる。この場合、曲げモーメントに関して、側壁端部については、両端固定梁モデルの値が実際の値より大きな値となる。側壁中央については、単純梁モデルの値が実際の値よりも大きな値となる。今回の評価では、保守的にこれらの大きな値を用いて検討を行う。



第3-3図 側壁のモデル

○曲げモーメント

$$\text{必要鉄筋断面積 } A_{sa} = M / (7/8 \cdot f_t \cdot d)$$

f_t : 鉄筋の許容引張応力 (kN/mm²)

d : 有効高さ (部材高さ h (300mm) - 鉄筋被り d_t (60mm))
(mm)

○せん断力

$$\text{せん断応力度 } \tau = Q / (b \cdot h)$$

b : 部材幅 (mm)

添付 5-8-3 電源車の計算方法に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 適用基準	1
3. 計算条件	1
4. 記号の説明	1
5. 計算方法	1
6. 電源車の設計条件及び仕様	3

1. 概要

本資料は、電源車の耐震評価の計算方法について説明するものである。

2. 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 及び J E A G 4 6 0 1 - 1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月及び昭和 62 年 8 月）を適用して評価する。

3. 計算条件

設計用地震力の加速度により発生する水平方向の荷重と、電源車が横滑り発生に必要な荷重を算出する。

4. 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	設計地震力による加速度	m/s ²
C _H	水平方向設計震度	—
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
m	電源車の質量	kg
μ _s	電源車と路面の静摩擦係数*	—

※：「道路構造令 5. 視距」湿潤状態の路面の制動停止距離

5. 計算方法

設計用地震力の加速度により発生する水平方向の荷重と、電源車が横滑り発生に必要な荷重を算出する。

(1) 電源車の横滑り発生に必要な荷重

$$F = \mu_s \cdot m \cdot g$$

(2) 設計地震力の加速度

$$a = C_H \times g$$

(3) 設計地震力の加速度によって発生する水平方向の荷重

$$F = m \cdot a$$

上記(1)と(3)を比較すると、(1) > (3)の関係になり、設計地震力の加速度による水平方向の荷重は、電源車の横滑り発生に必要な荷重より小さいことが分かる。

一方、「添付7-2-4 竜巻に対する電源車の固縛装置の評価方針及び評価結果」で示している通り、竜巻（最大風速 100m/s）により電源車が受ける荷重は以下表の通りであり、Cクラスの水平地震力によって発生する水平方向の荷重を大きく上回っているため、固縛装置の評価に包絡される。

電源車に作用する設計荷重

ケース		荷重 (N)
横滑り荷重	左右方向	1.97549×10^5

6. 電源車の設計条件及び仕様

(1) 設計条件

設備名称	耐震クラス	据付場所及び 床面高さ (m)	水平方向 設計震度
電源車	Cクラス	地表面	0.24

設計用水平地震力 $1.2 \times C_i$

地震層せん断力係数 $C_i = 0.2$

(2) 電源車の仕様

設備名称	電源車の質量 m [kg]
電源車	8000

添付6 津波による損傷の防止に関する説明書

添付 6-1 津波への配慮に関する説明書

添付6-1-1 津波への配慮に関する基本方針

目次

1. 概要	1
2. 津波への配慮に関する基本方針	2
2.1 基本方針	2
2.2 適用規格及び適用基準	3

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）の津波防護設計が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第8条（津波による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 津波への配慮に関する基本方針

2.1 基本方針

貯蔵施設の安全確保の仕組みは、基本的安全機能がほぼ金属キャスクに集約された極めてシンプルな構成であること、基本的安全機能は動力源や電気信号を要しない静的なメカニズムにより確保可能であること、使用済燃料の崩壊熱が発電炉と比べ格段に小さく、大気を最終的な逃がし場とすること、基本的安全機能を確保する上で人による判断や操作をほとんど必要としないことの特徴を有している。

金属キャスクは輸送容器として想定される事故条件に対しても密封性能や遮蔽性能を失わないよう設計されており、貯蔵時の津波による外力に対しても相当の裕度を期待でき、かつ浸水の影響も極めて限定的と考えられることを踏まえ、以下、津波防護の基本方針を設定する。

貯蔵施設は、その供用中に当該貯蔵施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波として、基準津波に相当する仮想的大規模津波を想定し、これに対して、使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）の受入れ区域の損傷を仮定しても、基本的安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

既往の知見を大きく上回る仮想的大規模津波を想定し、これを基準津波に相当する津波として、津波防護施設及び浸水防止設備の設置による遡上波の到達や流入の防止は行わず遡上波が貯蔵施設に到達する前提とする。

貯蔵建屋の貯蔵区域（以下「貯蔵区域」という。）は波力に耐えるよう設計するとともに、貯蔵されている金属キャスク及び貯蔵架台（金属キャスクの支持構造物）の基本的安全機能が貯蔵区域の浸水により損なわれないよう設計する。

貯蔵建屋の受入れ区域（以下「受入れ区域」という。）については、損傷を仮定しても、落下物や津波漂流物の衝突により仮置きされている金属キャスクの閉じ込め機能が損なわれず、また適切な復旧手段及び復旧期間において金属キャスク損傷部及び貯蔵区域に通じる遮蔽扉部分の遮蔽機能を回復することにより、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないよう設計する。

仮想的大規模津波による敷地内の浸水を想定しても、以下の対策により金属キャスク（貯蔵区域）の基本的安全機能を確認するための監視を継続して実施する。

津波襲来後の活動に対して、電気設備は活動拠点へ給電できる設計とし、給電された通信連絡設備を用いてリサイクル燃料備蓄センター内外へ通報連絡できる設計とする。

また、津波襲来により金属キャスクの通常の監視機能が喪失するため、計測設備及び放射線監視設備については、以下を考慮した設計とする。

- ・代替の計測設備により金属キャスクの表面温度及び蓋間圧力を計測できる設計とする。
- ・代替の計測設備により貯蔵建屋給排気口近傍の温度を計測できる設計とする。
- ・代替の放射線監視設備により貯蔵建屋内及び周辺監視区域付近の放射線を計測できる設計とする。

上記の電気設備、通信連絡設備、計測設備、放射線監視設備は、仮想的大規模津波の津波高さT.P. +23mより標高の高い敷地南側高台の活動拠点に配備する。

なお、貯蔵施設の浸水を想定した活動に必要な対策や体制を整備することを保安規定に定める。

2.2 適用規格及び適用基準

適用する規格、基準を以下に示す。

- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第24号）
- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（平成25年11月27日 原管廃発第1311272号 原子力規制委員会決定）
- ・「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第8号）
- ・「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格（2007年版）J S M E S F A 1 - 2007」（（社）日本機械学会）
- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補含む））J S M E S N C 1 - 2005 / 2007」（（社）日本機械学会）

添付6-1-2 仮想的大規模津波の設定

目次

1. 概要	1
2. 仮想的大規模津波の設定	2
2.1 仮想的大規模津波の概要	2
2.2 浸水範囲の考え方	2
2.3 入力津波について	2

図表目次

第2-1図 青森県による津波想定	3
第2-2図 仮想的大規模津波による浸水範囲	4
第2-3図 仮想的大規模津波と等価なモデルにおける貯蔵建屋周りの水位及び 流速の分布	5

1. 概要

本資料は、津波防護基本方針の対象とする施設が津波に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる仮想的大規模津波の設定について説明するものである。

2. 仮想的大規模津波の設定

2.1 仮想的大規模津波の概要

津波防護基本方針の策定に当たっては、既往の知見を大きく上回る仮想的大規模津波を想定し、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能が損なわれないよう設計する方針とする。

敷地周辺の津波に関する客観的な既往の知見としては、青森県による津波想定、文献調査、津波堆積物調査結果が挙げられ、青森県による津波想定は、文献調査結果及び津波堆積物調査結果から十分な保守性を有することが確認されている。

これに更なる保守性を持たせた仮想的大規模津波として、第 2-1 図に示す青森県による津波想定（青森県海岸津波対策検討会，平成 25 年 1 月 29 日）からむつ市及び東通村の津軽海峡側全体を俯瞰して、敷地前面及び敷地周辺の最大津波高さである T.P. +11.5m の 2 倍とし、T.P. +23m とした。

なお、このときの浸水深は、貯蔵建屋の設置地盤高が T.P. +16m であることから、一様に 7m となる。

2.2 浸水範囲の考え方

仮想的大規模津波の設定の考え方にに基づき、敷地内の浸水範囲は、T.P. +23m の等高線を境界として T.P. +23m 以下の区域が一律に浸水し、貯蔵建屋の T.P. +23m 以下に位置する開口部及び遮蔽扉の隙間部から貯蔵建屋内への流入が発生するものとする。

仮想的大規模津波による浸水範囲を第 2-2 図に示す。

なお、敷地内への津波の浸水を前提として、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能が損なわれないよう設計するため、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は設置しない。

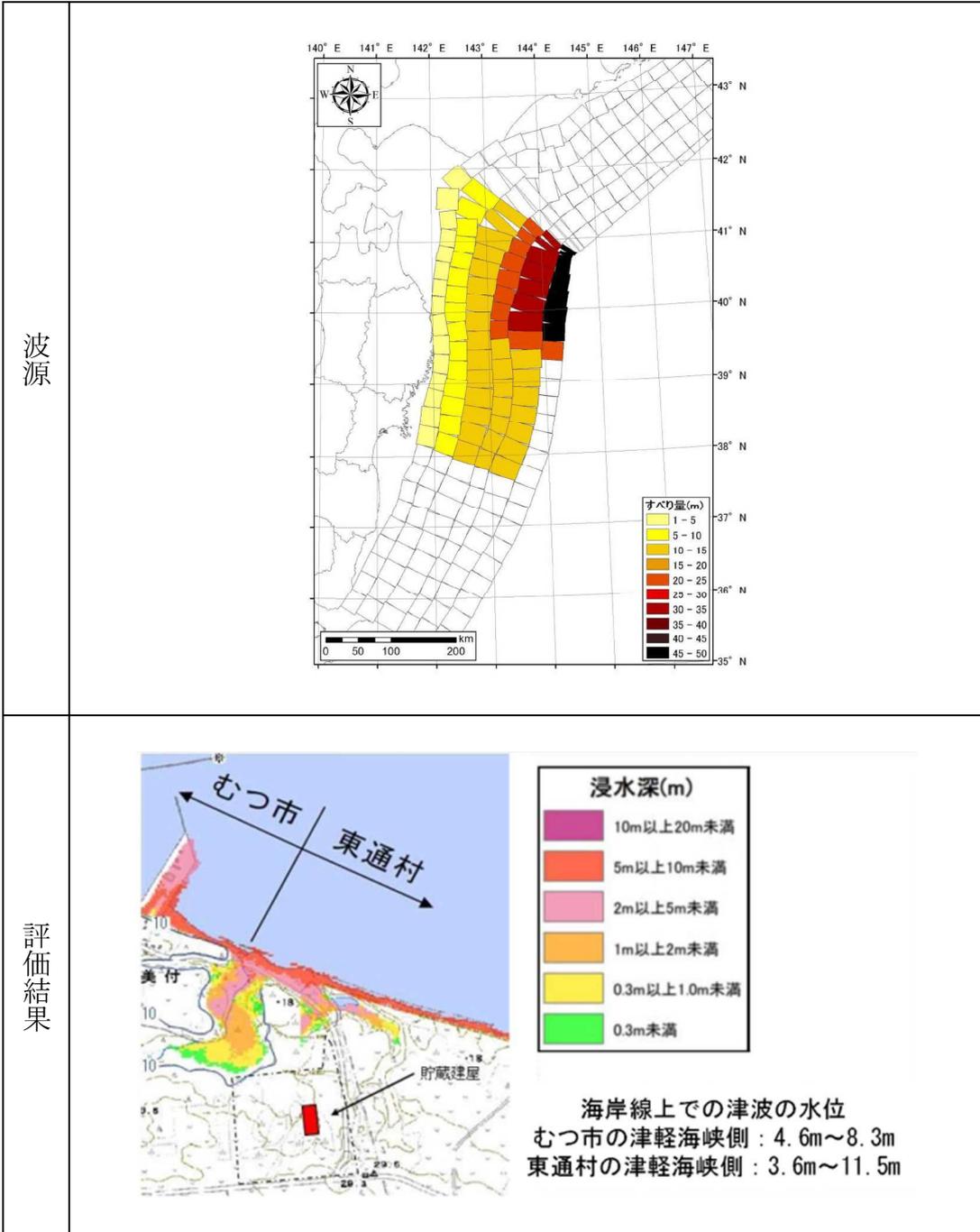
2.3 入力津波について

実際の津波は動的な現象であり、局所的な浸水深及び浸水の有無については、地形、構築物や潮位の影響による遡上及び駆け上がりの挙動による影響並びに地震による敷地の隆起・沈降等による影響に伴う変動が生じうるが、仮想的大規模津波が遡上波の到達を前提とするため津波高さ自体に大きな保守性を持たせ仮想的に設定した津波であることを踏まえると、局所的な浸水深の差異については、設定の保守性に包含されると考えられる。

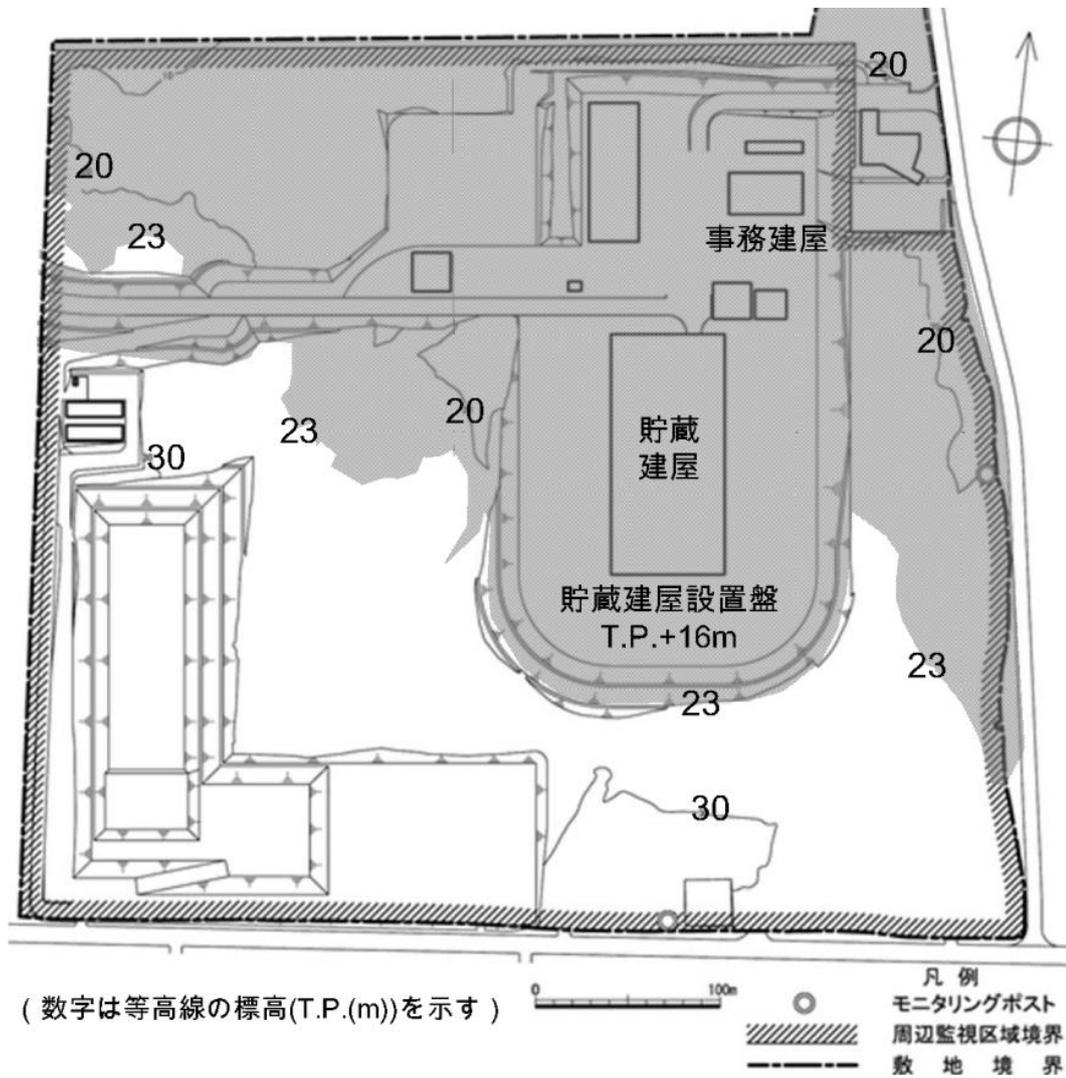
したがって、更なる安全性向上の観点から、基準津波に相当する津波として、既往知見を大きく上回る仮想的大規模津波（津波高さ T.P. +23m，貯蔵建屋の設置位置で一様に 7m の浸水深）を想定するが、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を設置しないことから、個別の入力津波は設定しない。

なお、波源域を三陸沖北部～根室沖とした波源モデルを設定し、仮想的大規模津波と同等の浸水深となるすべり量について検証したところ、すべり量は 2.4 倍程度であり、既往の知見に比べ十分に保守的な値となる。

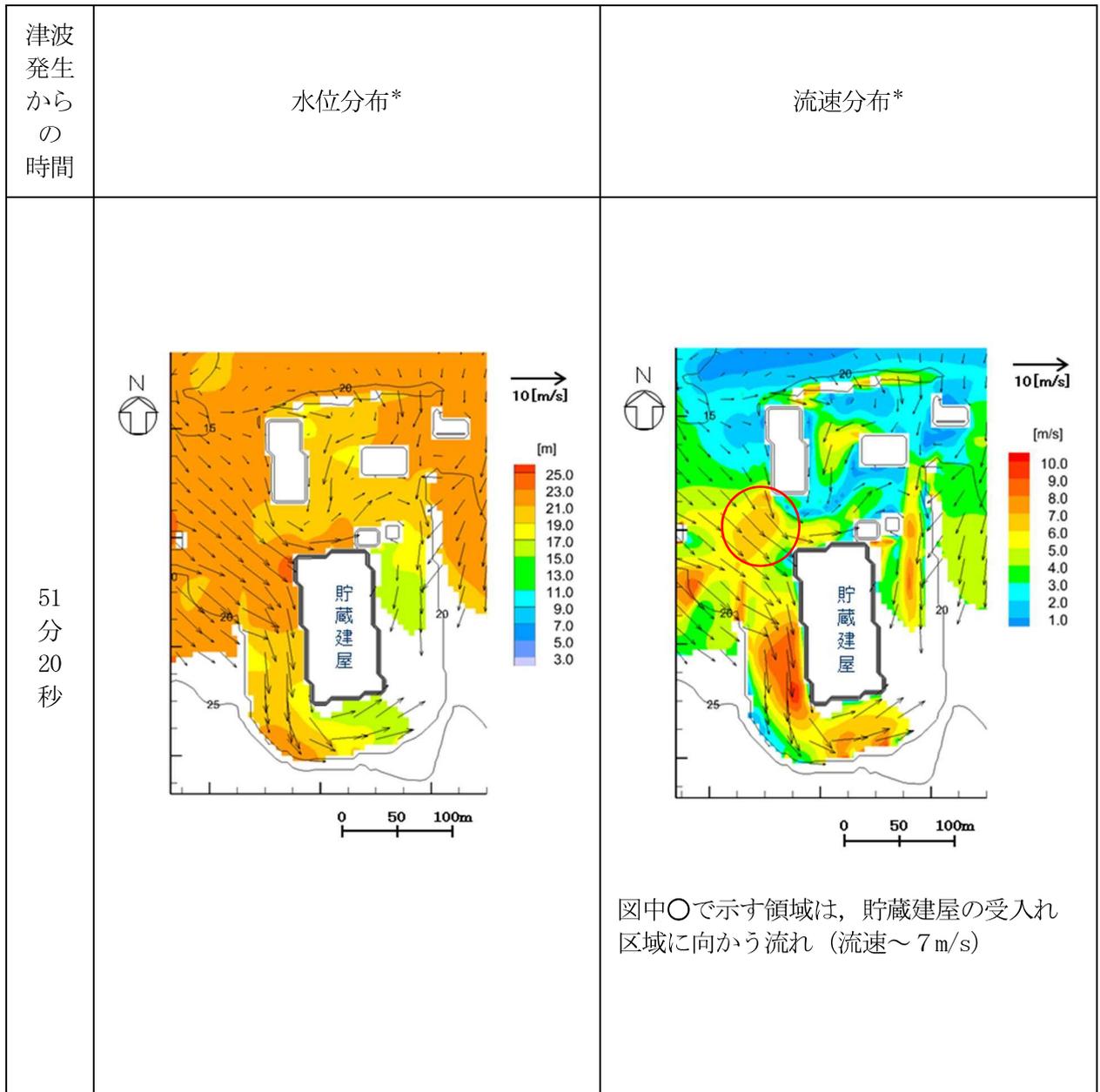
上記の仮想的大規模津波と等価なモデルにおける貯蔵建屋周りの水位および流速の分布を第 2-3 図に示す。



第2-1図 青森県による津波想定
 (青森県海岸津波対策検討会(平成25年1月29日)に一部加筆)



第2-2図 仮想的な大規模津波による浸水範囲



*) 矢印は流向及び流速を示す

第2-3図 仮想的大規模津波と等価なモデルにおける貯蔵建屋周りの水位及び流速の分布

添付6-1-3 仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の選定

目次

1. 概要	1
2. 仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の選定	2
2.1 使用済燃料貯蔵設備本体（金属キャスク及び貯蔵架台）	2
2.2 貯蔵区域（貯蔵区域の遮蔽扉を除く。）	2

1. 概要

本資料は、「添付6-1-1 津波への配慮に関する基本方針」に従い、仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の選定について説明するものである。

2. 仮想的大規模津波の影響を考慮する施設の選定

仮想的な大規模津波に対して、使用済燃料貯蔵施設の基本的な安全機能を確保する上で必要な施設を網羅的に抽出した結果、使用済燃料貯蔵設備本体（金属キャスク及び貯蔵架台）、並びに貯蔵区域（貯蔵区域の遮蔽扉を除く。）を津波防護基本方針の対象とする。

2.1 使用済燃料貯蔵設備本体（金属キャスク及び貯蔵架台）

基本的な安全機能を有する施設であり、耐震設計にてSクラスが要求される施設であることから、津波防護基本方針の対象とする。

2.2 貯蔵区域（貯蔵区域の遮蔽扉を除く。）

受入れ区域は仮想的な大規模津波による損傷を仮定することから、津波防護基本方針の対象としないが、貯蔵区域は遮蔽機能及び除熱機能の一部を担う施設であるため、津波防護基本方針の対象とする。

ただし、津波襲来時は、貯蔵区域と受入れ区域の間の遮蔽扉が開放された状態で浸水し、津波が引くと同時に排水された後も遮蔽扉が閉鎖できない状態を仮定する。したがって、遮蔽扉が担う遮蔽機能は前提とせず、津波防護基本方針の対象としない。