

指摘事項リスト（まとめ資料へ反映箇所）

2024年1月31日

No.	実施回	指摘事項	回答	反映箇所	ページ番号	回答時期
1	7/18 第1回面談	本年3月に受理した使用済燃料乾式キャスクのうち輸送貯蔵兼用キャスク（以下「兼用キャスク」という。）の基数の追加等に係る実施計画変更認可申請と本件申請との関係及び共用プールからの使用済燃料の搬出開始予定時期への影響も含めて、全体スケジュールを整理して改めて説明すること。	まとめ資料Ⅰに記載を追加する。	まとめ資料Ⅰ	I-30~33	2024年1月31日
2	7/18 第1回面談	兼用キャスクを使用していることを踏まえ、講ずべき事項を満たすに当たり、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則や関係審査ガイド等に示す兼用キャスク等への要求事項に照らした適合方針についても整理するとともに、その適合方針を踏まえて新たに評価が必要となる項目がある場合は、当該項目及びその対応方針等を整理し、資料に示して説明すること。	7/31,8/24,9/4の審査面談において技術会合資料として説明。	9/11技術会合資料	-	2023年7月31日 2023年8月24日 2023年9月4日
3	7/18 第1回面談	上記を整理した結果、要求事項に示すとおり設計及び評価を進めることが困難な点があれば、必要に応じて特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合の場を用いて議論すること。	整理の結果、設計及び評価を進めることに困難な点はないが、追加評価等があるため9/11の技術会合の場で説明する。	9/11技術会合資料	-	2023年9月11日
4	7/18 第1回面談	実施計画における兼用キャスクについて、本申請対象設備を増設、現行設備を既設と区別しているが、設置基礎等を含めて設計が同一であれば特段区別する必要はないため、関連する要求事項に照らして、記載を統一できる点の整理を進めること。その際、整理上、区別する必要がある点（兼用キャスクと乾式貯蔵キャスクに分ける等）に留意すること。	本申請では兼用キャスクガイドに基づいた評価を行っているため、増設と既設を区別した記載としたい。	-	-	2024年1月31日
5	7/18 第1回面談	本申請対象設備の運用開始に向けて計画性、実現性を確認する観点から、使用済燃料の乾式キャスクへの仮保管に係る実際の作業内容及び作業期間等の詳細を資料に示して説明すること。	まとめ資料Ⅰに記載を追加する。	まとめ資料Ⅰ	I-28,29	2024年1月31日
6	7/18 第1回面談	本申請対象設備設置場所における拡張工事の概要に加えて、クレーンの取扱いに係る詳細（レーン間の移動方法、作業内容、吊上げ高さ等）についても資料に示して説明すること。	まとめ資料Ⅰに記載を追加する。	まとめ資料Ⅰ	I-25~27	2024年1月31日
7	7/18 第1回面談	主要設備の耐震クラス（資料P.Ⅱ-14-②-10）に関して、現行設備における耐震クラス設定時から方針を変更した理由を含めて、耐震クラス設定の考え方及びその根拠を示すこと。	まとめ資料Ⅱ.14.②に耐震設計方針及び耐震クラス設定根拠（波動的影響評価）を記載。	まとめ資料Ⅱ.14.②	Ⅱ-14-②-10~51	2023年12月25日
8	7/18 第1回面談	解析に用いる検討用地震動のうち、Ss900-①は水平一方向のみ示されていること（資料P.Ⅱ-14-②-11）について、他施設では位相の異なる水平方向地震動を追加作成した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せについて評価している例もあることから、本施設での地震動作成及び評価の考え方を示すこと。	キャスク及びコンクリート基礎の耐震評価について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した評価を追記。	まとめ資料Ⅱ.14.②	Ⅱ-14-②-71~110,216~219	2023年12月25日
9	7/18 第1回面談	兼用キャスクの固有周期解析モデル（資料P.Ⅱ-14-②-32）に関して、トラニオンとキャスク支持架台、コンクリート支持架台下端部の固定構造及び解析モデルにおける拘束条件について示すこと。	まとめ資料Ⅱ.14.②に記載を追加する。	まとめ資料Ⅱ.14.②	今後反映	次回以降
10	7/18 第1回面談	コンクリート支持架台の基礎ボルトの応力評価（資料P.Ⅱ-14-②-95）について、アンカー部（コンクリート側）の評価結果を示すこと。	まとめ資料Ⅱ.14.②に記載を追加する。 なお、評価結果は基準値以下となる見込み。	まとめ資料Ⅱ.14.②	Ⅱ-14-②-139,140,149,151	2023年12月25日
11	7/18 第1回面談	解析モデル（資料P.Ⅱ-14-②-115）に関して、ワイヤーロープ及びフックの評価内容に加えて、キャスク吊下げ部となるトラニオンの評価内容について示すこと。	ワイヤーロープ及びフックについては、吊り上げ対象の質量に変更はなく、強度評価におけるワイヤーロープ及びフックの安全率がいずれも1/2Ss450が作用した時の鉛直方向設計用震度を上回っているため十分な強度を有する見込み。	まとめ資料Ⅱ.14.②	今後反映	次回以降
12	7/18 第1回面談	クレーンのレールピット高さや車輪の浮き上がり（資料P.14-②-123）について、横方向のずれによる脱輪等に関する評価についても示すこと。	横方向のずれが生じた場合も車輪はレールピット内に留まることから逸走しない。（Ss600評価と同様）	まとめ資料Ⅱ.14.②	今後反映	次回以降
13	7/18 第1回面談	Ⅱ.14.⑨に記載している検査における確認事項については、Ⅷ.実施計画に係る検査の受検の項目で整理して記載すること。	まとめ資料Ⅱ.14.⑨の記載を修正し、Ⅷの記載を追加する。	まとめ資料Ⅱ.14.⑨ まとめ資料Ⅷ	Ⅱ-14-⑨-5 Ⅷ-1~7	2024年1月31日
14	11/8 第2回面談	外部火災に関連して、1F敷地内は伐採木等も多くあることから敷地内への延焼や敷地内での発火に係る対策等の要否についても説明すること。	キャスク仮保管設備の周囲及び1F敷地内に多く見られる植生は広葉樹（雑木）によるものであり、これらは水分を多く含み防火性が高いことから、発火に係る対策は不要と判断している。 また、キャスク仮保管設備付近には伐採木保管場所があるが、当該箇所は破碎済みの伐採木を土と混ぜ合わせて土手状にして保管しており、水分を含む土壌となっているため火災発生の想定は不要と判断している。（Ⅱ.14.②-17 図9を参照）	-	-	2024年1月31日
15	11/8 第2回面談	竜巻影響評価について、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備周辺の飛来物の抽出に係る考え方、また使用済燃料乾式キャスクへの波動的影響等という観点から周囲にあるコンクリートモジュールに対する竜巻影響評価の考え方を説明すること。	まとめ資料Ⅱ.14.②に記載を追加する。	まとめ資料Ⅱ.14.②	Ⅱ-14-②-14~20	2024年1月31日
16	12/25 第3回面談	まとめ資料には、第13回特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（令和5年9月11日開催）で議論した耐震設計方針について経緯も含めて記載するとともに、適用する地震動の考え方を整理した上で資料に示して説明すること。	回答準備中		今後反映	次回以降
17	12/25 第3回面談	まとめ資料中の機能維持、機能喪失、遮蔽機能喪失等との表記について、「機能」の意味合いが全体的に整理されていないため、全体を見直して修正すること。	回答準備中		今後反映	次回以降
18	12/25 第3回面談	耐震評価モデル全般について、例えば基礎-地盤連成モデルにおける地盤モデルのモデル化範囲の考え方、境界条件及び基礎部のモデル化、コンクリートモジュール解析モデルにおける使用要素や拘束条件等、評価条件等の詳細について資料に追記して説明すること。	回答準備中		今後反映	次回以降
19	12/25 第3回面談	乾式キャスクの固有周期解析モデルについて、トラニオンの支持架台への実際の固定方法及び解析モデル上の取扱いについて資料に示して説明すること。また、乾式キャスク同士の衝突性評価における初速については、基準地震動に対応した速度についても確認の上、資料に示して説明すること。	回答準備中		今後反映	次回以降

『特定原子力施設の指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項』 該当項目の整理表 (案件：キャスク仮保管設備増設)

目次	該当項目	理由
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項	○	キャスク仮保管設備による使用済燃料の管理におけるリスクを評価し、問題なく管理を行えることを確認するため。
II 設計、設備について措置を講ずべき事項		
1 原子炉等の監視	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、RPV/PCV/SFP内の使用済燃料等に関連する内容ではないため。
2 残留熱の除去	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、RPV/PCV内の燃料デブリ、SFP内の燃料体に関連する内容ではないため。
3 原子炉格納施設雰囲気監視等	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、PCV内の気体に関する内容ではないため。
4 不活性雰囲気維持	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、RPV/PCV内の可燃性ガスに関する内容ではないため。
5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	○	増設する乾式キャスクに収納された燃料を適切に貯蔵・管理する必要があるため。
6 電源の確保	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、安全機能を達成するために電力を必要としないため。
7 電源喪失に対する設計上の考慮	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、全交流電源喪失時のRPV/PCV内やSFPへの冷却を確保し、かつ復旧するための手段ではないため。
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、放射性固体廃棄物の処理に関する内容ではないため。
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、放射性液体廃棄物の処理に関する内容ではないため。
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、放射性気体廃棄物の処理に関する内容ではないため。
11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	-	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、大気、海等の環境中へ放出される放射性物質に関する内容ではないため。
12 作業員の被ばく線量の管理等	○	増設する乾式キャスク取り扱い作業での作業員の被ばく線量の管理等を実施するため。
13 緊急時対策	○	キャスク仮保管設備拡張工事及び運用時において、現在準備している、事故時に通信連絡設備等で問題ないことを説明する必要があるため。
14 設計上の考慮		(各項目参照)
① 準拠規格及び基準	○	増設するキャスク仮保管設備は、果たすべき安全機能の重要度を考慮して、適切と認められる規格及び基準によるものである必要があるため。
② 自然現象に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計である必要があるため。 また、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であり、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計である必要があるため。
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	○	キャスク仮保管設備は乾式キャスクに収納された燃料を仮保管する設備であり、外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことなく、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じる必要があるため。
④ 火災に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、火災により施設の安全性を損なうことのない設計である必要があるため。
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、経年事象を含む全ての環境条件に適合できる設計である必要があるため。
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	増設するキャスク仮保管設備は、複数の施設間で共用をしないため。
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、運転員の誤操作を防止する適切な措置を講じる必要があるため。
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、十分に高い信頼性を確保し、かつ維持し得る設計である必要があるため。
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	○	増設するキャスク仮保管設備は、それらの健全性及び能力を確認する検査ができる設計である必要があるため。
15 その他措置を講ずべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	○	本変更申請によって、燃料管理、放射線管理及び敷地境界線量の値が変更となるため。
IV 特定核燃料物質の防護	-	本変更申請とは別申請で対応するため。
V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項	-	増設するキャスク仮保管設備は、燃料デブリの取出しやそれに関連した措置に非該当であるため。 本変更申請は、新規に実施計画の変更認可申請を行うことから、1～3に非該当であるため。
VI 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	1. 法第67条第1項の規定に基づく報告の徴収に従って報告している計画等 2. 原子力安全・保安院からの指示に従い、報告した計画等 3. 法の規定に基づき認可を受けている規定等
VII 実施計画の実施に関する理解促進	-	本変更申請によって、理解促進に関する取組みに変更はないため。
VIII 実施計画に係る検査の受検	○	増設するキャスク仮保管設備は、検査を受検するため。

福島第一原子力発電所
特定原子力施設への指定に際し
東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対し
して求める措置を講ずべき事項について等へ
の適合性について
(使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の増設
について)

令和6年1月
東京電力ホールディングス株式会社

本資料においては、福島第一原子力発電所の使用済燃料乾式キャスク仮保管設備増設に関連する「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」（平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定。以下「措置を講ずべき事項」という。）等への適合方針を説明する。

目 次

- I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置
- II. 設計, 設備について措置を講ずべき事項
 - II-5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理への適合性
 - II-12 作業員の被ばく線量の管理等への適合性
 - II-13 緊急時対策への適合性
 - II-14 設計上の考慮への適合性
 - II-14-① 準拠規格及び基準への適合性
 - II-14-② 自然現象に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-③ 外部人為事象に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-④ 火災に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-⑤ 環境条件に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-⑧ 信頼性に対する設計上の考慮への適合性
 - II-14-⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮への適合性
- III. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項への適合性
- VIII. 実施計画に係る検査の受検

I 全体工程及びリスク評価について講 ずべき措置

措置を講ずべき事項

I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置

1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること。

特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行いリスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであること。

特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価については，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行いリスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであるよう実施する。リスク評価については下記の通り実施している。

1 特定原子力施設の全体工程及びリスク評価

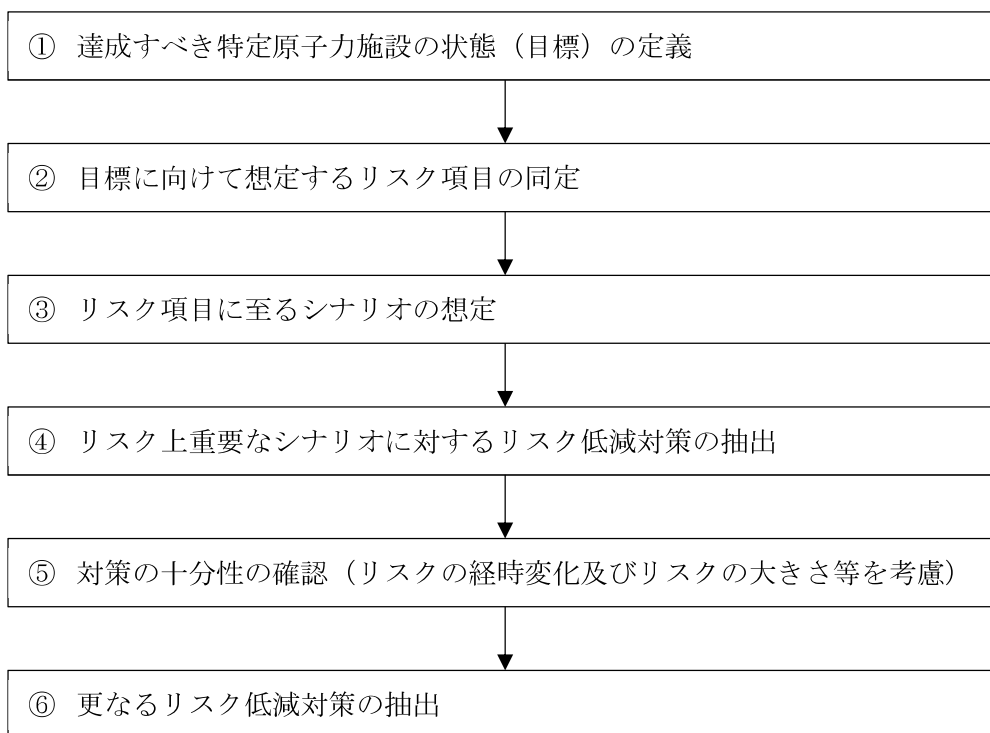
1.1 リスク評価

1.1.1 リスク評価の考え方

特定原子力施設のリスク評価は，通常の原子力発電施設とは異なり，特定原子力施設全体のリスクの低減及び最適化を図るために必要な措置を迅速かつ効率的に講じていくことを前提として実施する必要がある。以下にリスク評価の実施手順を以下に示す。

また，特定原子力施設におけるリスク評価に関して，現時点で想定される敷地外への影響評価を1.1.2～1.1.3に示す。1.1.2においては，現時点における特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価を示し，1.1.3においては，リスク評価で想定したリスクに至るシナリオの中で最も影響の高い事象を中心に評価した結果を示す。

(1) リスク評価の手順



① 達成すべき特定原子力施設の状態（目標）の定義

特定原子力施設におけるリスク評価を実施するに際して、達成すべき状態（目標）を設定した上で目標に向けた活動に係るリスクを評価する必要がある。目標設定については、中長期的な観点で普遍的な目標を大目標及び中目標として設定した。小目標については個々の活動を実施する目的として設定されるものである。

【大目標】

特定原子力施設から敷地外への放射性物質の影響を極力低減させ、事故前のレベルとする

【大目標達成のための中目標】

- 1) プラントの安定状態を維持しながら、廃止措置を出来るだけ早期に完了させる
- 2) 敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）
- 3) 敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）

② 目標に向けて想定するリスク項目の同定

上記①のうち『敷地外の安全を図る』及び『敷地内の安全を図る』が達成できない状態を現状の主たるリスクと考え、以下の具体的なリスク項目を同定した。

『敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- i) 大気への更なる放射性物質放出
- ii) 海洋への更なる放射性物質放出

『敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- iii) 作業員の過剰被ばく

③ リスク項目に至るシナリオの想定

リスク評価を行うにあたっては危険源の同定が必要であり、特定原子力施設においては、放射性物質の発生源をその危険源として考え、放射性物質の発生源毎にリスク項目に至るシナリオを想定する。

また、作業員の過剰被ばくについては、ICRPの放射線防護の3つの原則である「正当化の原則」、「線量限度の適用の原則」、「最適化の原則」に基づきリスク分析を実施する。

シナリオの想定については全体のリスクを理解しやすいようにするため、まずは特定原子力施設全体として現在の設備や運用でリスクを押しえ込んでいる状態がわかるように整理し、次に設備単位でリスクに至るシナリオを想定した。シナリオの想定に当たっては、設備故障やヒューマンエラーなどの内部事象の他に外部事象を考慮したシナリオを想定する。

④ リスク上重要なシナリオに対するリスク低減対策の抽出

想定したリスクのシナリオに対して現在できているリスク低減対策、今後実施するリスク低減対策を含めて抽出する。対策を抽出する際には、目標とすべき状態とそれを達成するための具体的な対策を検討する。

⑤ 対策の十分性の確認（リスクの経時変化及びリスクの大きさ等を考慮）

上記④で抽出した対策について、短期的、中長期的な視点を踏まえた対策の十分性を検討する。その際に④で抽出した対策を実施した結果として新たに発生するリスク等も抽出する。対策の十分性の確認に際しては、リスクの大きさやリスクの経時的な増減等を考慮したものとする。

⑥ 更なるリスク低減対策の抽出

上記⑤で実施した対策の十分性の確認の結果、特定原子力施設全体のリスクをできるだけ早く低減させる観点から、既存の技術で達成可能で他のプライオリティの高い対策の進

捗に影響しないものについては、精力的に対策を講じることを前提として更なるリスク低減対策を抽出する。

(2) リスク低減対策の適切性確認

上記(1)で抽出されたリスク低減対策について、個々の対策の優先度を多角的な視点で評価する必要がある。以下に示す考え方は、個々のリスク低減対策の必要性や工程等の適切性を確認し、対策の優先度を総合的に判断するため整理したものである。しかし、適切性確認の視点等は固定的なものではなく、今後の活動の中で柔軟に見直すことを前提としている。

a. 適切性確認の前提条件

- ①作業員の被ばく低減を含む安全の確保が最優先である。
- ②リスク低減対策の必要性の有無は、それぞれの対策について個別に確認することが、第一段階となる。（全体の適切性を確認するための基本）
- ③リスク低減対策の全体計画を構築する際には、多種多様なリスク低減対策について同じ評価項目で定量的に比較することが難しいことを認識し、効率性等も考慮して全体リスクが早く低減することを前提とする。
- ④個々のリスク低減対策の適切性確認を行う際には、組織全体として共有すべき共通的な考え方（視点）を明確にする。
- ⑤個々のリスク低減対策の適切性確認においては、実施するかしないかの判断の根拠となるように対比を明確にする。

b. 適切性確認の視点

①対策を実施しないリスク

対策を実施する目的に照らして、対策を実施しない又は適切な時期を逃すことにより発生、増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。

②放射性物質の追加放出リスク

対策の対象となるリスクの大きさを確認するために、敷地外への放射性物質の追加放出の程度を確認するとともに、対策を実施することによるリスク低減効果の程度を確認する。

③外部事象に対するリスク

対策を実施した前後の状態において、地震、津波等の外部事象に対するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また、外部事象に対してより安定的なリスクの押さえ込みができる環境、方法が他にないかどうかを確認する。

④時間的なリスクの増減

対策を実施しなかった場合に、時間的にリスクが増減するかどうかを確認する。

(例えば設備の劣化、放射能インベントリの増加に伴うリスク増加)

⑤実施時期の妥当性

対策を開始、完了させる時期に対して、環境改善の必要性、技術開発の必要性、他の作業との干渉、全体リスクを速やかに低減させるための対策の順番を確認する。

⑥対策を実施するリスク

対策を実施する段階や実施した後に発生、増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また、対策を実施することで発生、増大するリスクには不測の事態においてマネジメントが機能しない可能性も確認する。

⑦対策を実施できないリスク

不測の事態等で対策を実施できない場合の計画への影響及び他に選択できる対策の有無を確認する。また、複数の選択肢を持った対策を検討する必要があるかどうかを確認する。

(3) リスク評価時に考慮すべき事項

前述の手順に基づきリスク評価を実施する際には、以下の事項を考慮することにより、特定原子力施設におけるリスクを体系的に俯瞰できるように整理する。

a. 放射性物質の量や種類

放射性物質の発生源に着目し、放射性物質の量（インベントリ）や種類（デブリ、燃料集合体、原子炉への注水、雨水の浸入、地下水の浸透等によって原子炉建屋等で発生した高レベルの放射性汚染水（以下「汚染水」という。）等）を考慮したリスク評価を実施することにより、対策の必要性や緊急性を合理的に評価でき、適切かつ効率的なリスク低減のためのアプローチを行うことができる。

b. 内部事象と外部事象

リスクが顕在化する起因事象毎にリスク評価を実施することにより、起因事象からのシナリオに応じた適切な対応が行われているか整理することができ、全体を俯瞰したリスク低減対策の漏れ等を洗い出すことができる。

c. 発生可能性と影響範囲

起因事象からのリスクのシナリオにおける発生可能性や影響範囲を考慮することにより、合理的な対応や広がりを考慮した対応が取られているかを評価することができる。

d. 対策の有効性

現状行われている対策や実施予定の対策を多層的に整理し、それぞれの対策の有効性を評価することにより、対策の十分性の確認をよりの確に実施することができる。

(実施計画：I-2-1-1～5)

1.1.2 特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価

特定原子力施設の敷地境界及び敷地境界外への影響を評価した結果、平成24年10月での気体廃棄物の追加的放出量に起因する実効線量は、敷地境界において約 3.0×10^{-2} mSv/年であり、特定原子力施設から5km地点では最大約 2.5×10^{-3} mSv/年、10km地点では最大約 8.9×10^{-4} mSv/年であった。

また、敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線による実効線量は、敷地境界において約9.4mSv/年であり、5km地点では最大約 1.4×10^{-18} mSv/年、10km地点では最大約 2.4×10^{-36} mSv/年であった。

一方、文部科学省において公表されている「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の20km圏内の空間線量率測定結果（平成24年11月11日～13日）」によると、特定原子力施設から約5km地点の空間線量率は $5.2 \sim 17.8 \mu\text{Sv/h}$ （約46～約156mSv/年）、約10km地点の空間線量率は $2.2 \sim 23.5 \mu\text{Sv/h}$ （約20～約206mSv/年）である。

これらの結果から、特定原子力施設の追加的放出量等から起因する実効線量は、5km地点において空間線量率の約18,000分の1以下であり、10km地点において空間線量率の約21,000分の1以下であるため、平常時において5km地点及び10km地点における特定原子力施設からの影響は極めて小さいと判断する。

（実施計画：I-2-2-1）

1.1.3 特定原子力施設における主なリスク

1.1.3.1 はじめに

特定原子力施設の主なリスクは、特定原子力施設が放射能を内在することに起因すると考えられ、また、現在の特定原子力施設において放射能を内在するもの（使用済燃料等）は、以下のように整理できる。

- (1) 原子炉圧力容器・格納容器内の溶融した燃料（燃料デブリ、1～3号機）
- (2) 使用済燃料プールの燃料（1～4号機）
- (3) 5・6号機の使用済燃料プールの燃料
- (4) 使用済燃料共用プールの燃料
- (5) 使用済燃料乾式貯蔵キャスクの燃料
- (6) 放射性廃棄物

ここでは、上記の放射能を内在するものについて、それぞれ個別に現在の状態におけるリスクを定量的もしくは定性的に評価することにより、現在の特定原子力施設のリスクについて評価する。

（実施計画：I-2-3-1-1）

(中略)

(5) 使用済燃料乾式キャスクの燃料

使用済燃料乾式キャスクに装填した燃料の保管については、使用済燃料輸送容器保管建屋に保管されていた9基を搬出し、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備に保管している。また、現在使用済燃料共用プールに貯蔵中の使用済燃料の一部を使用済燃料乾式キャスクに装填し、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備に保管する作業を進めている。

使用済燃料乾式キャスクについては、除熱、遮蔽、密封、臨界防止の安全機能及び必要な構造強度が設計上考慮されている。

また、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備において、使用済燃料乾式キャスクは支持架台に支持され基礎に固定された状態で保管する。この保管状況において使用済燃料乾式キャスク仮保管設備は、2022年11月16日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の公衆への被ばく影響を考慮した上で、適切な耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に対し、使用済燃料乾式キャスクの安全機能が維持される設計となっている。

ただし、2022年11月16日以前に認可された設備については、基準地震動 S_s （最大加速度600gal）を考慮しても使用済燃料乾式キャスクの安全機能が維持される設計となっている。

使用済燃料乾式キャスクを取り扱うクレーンは、使用済燃料共用プール、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備共に、落下防止対策を施した設計となっている。

以上のことから、使用済燃料乾式キャスクにかかるリスクは非常に小さい。

(実施計画：I-2-3-6-1)

(中略)

1.1.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

現状、特定原子力施設の追加的放出等に起因する、敷地外の実効線量は低く抑えられている(1.1.2参照)。また、多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料等において異常時に発生する事象を想定したリスク評価においても、敷地外への影響は十分低いものであると評価している(1.1.3参照)。

今後、福島第一原子力発電所内に存在している様々なリスクに対し、最新の「東京電力福島第一原子力発電所 中期的リスクの低減目標マップ(以下「リスクマップ」という。)」に沿って、リスク低減対策に取り組んでいく。プラントの安定状態に向けた更なる取組、発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組、ならびに使用済燃料プールからの燃料取り出し等の各項目に対し、代表される様々なリスクが存在している。

各項目に対するリスク低減のために実施を計画している対策については、リスク低減対

策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い、期待されるリスクの低減ならびに安全性、被ばく及び環境影響等の観点から、その有効性や実施の要否、時期等を十分に検討し、最適化を図るとともに、必要に応じて本実施計画に反映する。

また、「1.1.3(6) 放射性廃棄物」にて実施する、ALPS 処理水の海洋放出により、廃炉作業に係る敷地などのリソースを有効に活用していくことで、中長期ロードマップに沿った全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減対策を実現していく。

1.1.4.1 添付資料

添付資料－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性

(実施計画：I-2-4-1)

表 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（抜粋）

ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
使用済燃料プールの燃料取出計画	貯蔵容量の不足リスク	共用プールから仮保管設備への燃料移動	共用プールには保管容量6840本に対して既に6377本保管している。今後、使用済燃料プールから使用済燃料を受け入れるため、十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾式キャスクに移し、共用プールの燃料受入容量を確保する。	平成25年6月以降順次実施	<p>①対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。</p> <p>②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性情質の追加放出リスクは大きい。</p> <p>③乾式キャスクに移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスクが低減する。</p> <p>④対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。</p> <p>⑤使用済燃料取り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。</p> <p>⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。</p> <p>⑦従前より実証のある取扱作業であるが、共用プール内の燃料払い出し作業と受け入れ作業の輻輳による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。</p>

適切性確認の視点 ①対策を実施しないリスク ②放射性物質の追加放出リスク ③外部事象に対するリスク ④時間的なリスクの増減 ⑤実施時期の妥当性 ⑥対策を実施するリスク ⑦対策を実施できないリスク

(実施計画：I-2-4-添I-7)

~~使用済燃料共用プール（以下、「共用プール」という。）にある燃料の使用済燃料乾式キャスク仮保管設備（以下、「キャスク仮保管設備」という。）への搬出については、予め設定した燃料搬出のハンドリングフローに基づき、下記の通り異常時の評価を行い、リスク低減及び最適化を図っている。~~

2 ~~異常時の評価~~

2.1 ~~異常事象の抽出~~

2.1.1 ~~想定すべき異常事象の抽出~~

~~乾式キャスクの取扱い及び仮保管時の作業の際に想定される異常事象の発生原因として、図1.1-1に示すように機器の破損、誤操作等の内部事象に起因するもの及び地震、火災等の外部事象に起因するものに分け、以下に示すような設計／運用による対応等を考慮して、選定された異常事象の選定結果の妥当性を確認し、安全評価において想定すべき異常事象として抽出する。~~

- ~~① 設計／運用による対応の有効性~~
- ~~② 事象の結果の大きさ（影響度）~~
- ~~③ 原子炉施設の安全評価事象との包絡性~~

2.1.2 ~~評価条件の設定~~

~~乾式キャスクの取扱い時及び仮保管時の各作業における、以下の諸条件を考慮して、抽出された異常事象の評価条件を設定する。~~

- ~~① 乾式キャスクの取扱いに係る機器の仕様、状態~~
- ~~② 乾式キャスクを取扱う際の位置~~
- ~~③ 移送用機器の仕様、状態~~
- ~~④ 仮保管に係る設備の仕様、状態~~

2.1.3 ~~安全評価基準~~

~~乾式キャスクの輸送、保管等の取扱いは構内にて行われることからキャスク仮保管設備の安全評価における各安全機能の評価基準は、専門部会報告書「原子力発電所内の使用済燃料の乾式キャスク貯蔵について（平成4年8月27日原子力安全委員会了承、平成18年9月19日一部改訂）」に基づき、以下のとおりとする。~~

~~(1) 除熱~~

~~想定される異常事象に対して、乾式キャスク各部の温度の異常な上昇を防止できること。~~

~~具体的評価にあたっては、乾式キャスクの温度解析を行い、各部の温度が密封、遮蔽及び臨界防止のために設定する温度制限を上回らず、各安全機能を確保するために~~

~~支障のない温度であることを確認する。~~

~~(2) 密封~~

~~想定される異常事象に対して、必要とされる漏えい率が維持できること等乾式キャスクの密封機能を維持できること。~~

~~具体的評価にあたっては、乾式キャスク本体及び一次蓋が破損しないこと、一次蓋締め付けボルト及び密封シール面に塑性変形が生じないこと並びに金属ガasket等のシール部温度が密封健全性を維持できる温度を上回らないことを確認する。~~

~~(3) 遮蔽~~

~~想定される異常事象に対して、遮蔽機能を維持できること。~~

~~具体的評価にあたっては、荷重、温度上昇等が遮蔽材に及ぼす影響を考慮した上で乾式キャスクの線量率を評価し、乾式キャスク表面より1mの点において10mSv/h以下であることを確認する。~~

~~(4) 臨界防止~~

~~想定される異常事象に対して、乾式キャスクに収納される使用済燃料が臨界に達しないこと。~~

~~具体的評価にあたっては、乾式キャスク本体、バスケット、使用済燃料等に及ぼされる形状変形等の影響を考慮した上で実効増倍率を評価し、計算誤差等を考慮しても、実効増倍率が0.95を上回らないことを確認する。~~

2.1.4 異常事象の抽出

~~図1.1-2に示すハンドリングフローに基づき、乾式キャスクの取扱い及び仮保管時までの各作業において想定される起因事象に着目し、発生防止対策を考慮して異常事象の発生の可能性を検討し、想定すべき異常事象を抽出した。異常事象の抽出結果を表1.1-1に示す。~~

~~抽出した異常事象は以下のとおりである。~~

- ~~・ 輸送貯蔵兼用キャスクを搬送台車架台に吊下げる際に、クレーンの誤操作が原因となって、輸送貯蔵兼用キャスクが搬送台車架台に異常着床する。~~
- ~~・ 輸送貯蔵兼用キャスクを輸送架台に吊下げる際に、クレーンの誤操作が原因となって、輸送貯蔵兼用キャスクが輸送架台に異常着床する。~~
- ~~・ 輸送貯蔵兼用キャスクを支持架台に吊下げる際に、クレーンの誤操作が原因となって、輸送貯蔵兼用キャスクが支持架台に異常着床する。~~

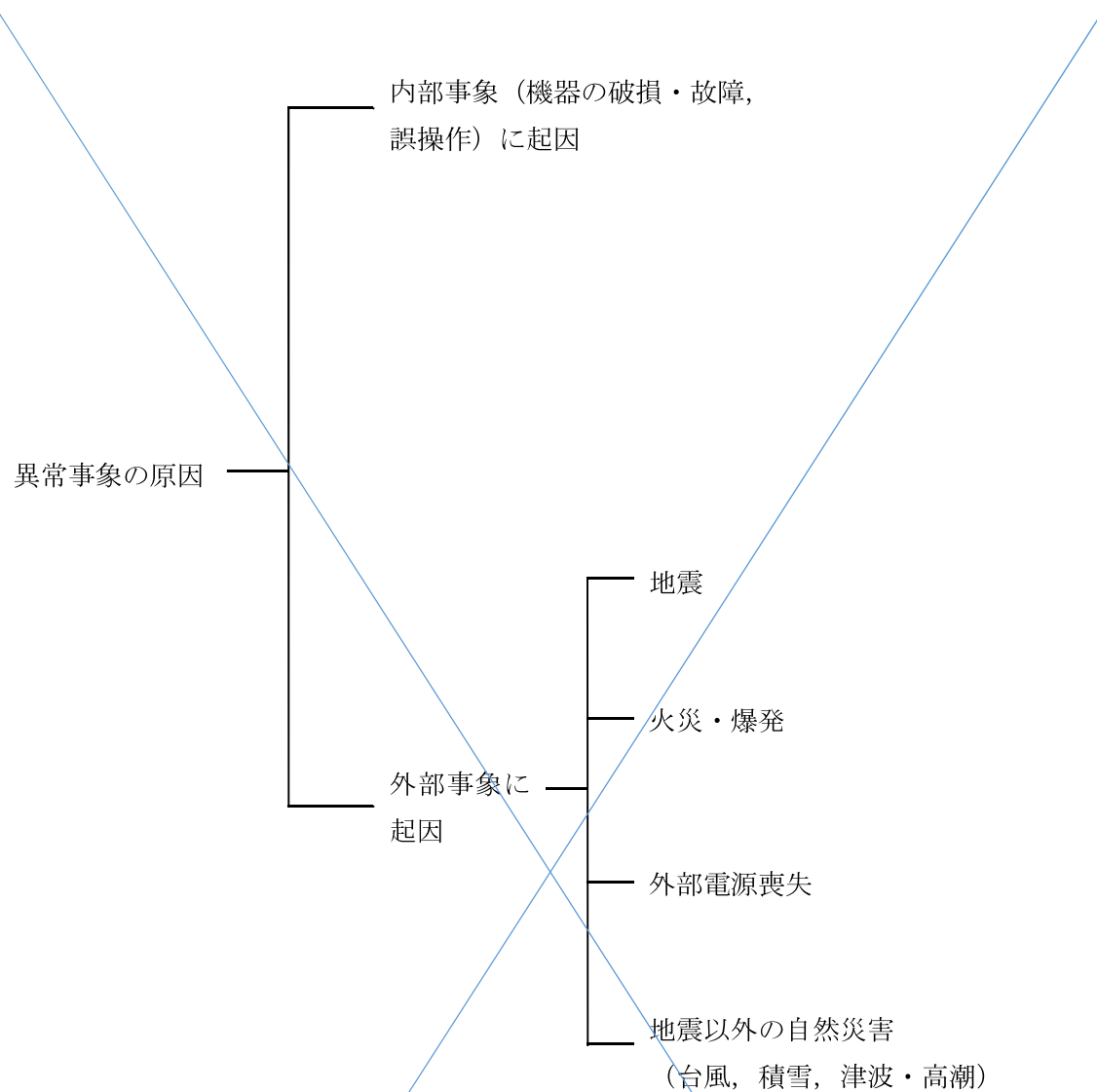


図 1. 1 - 1 異常事象の発生原因
(実施計画：II-2-13-添 3-1-234~236)

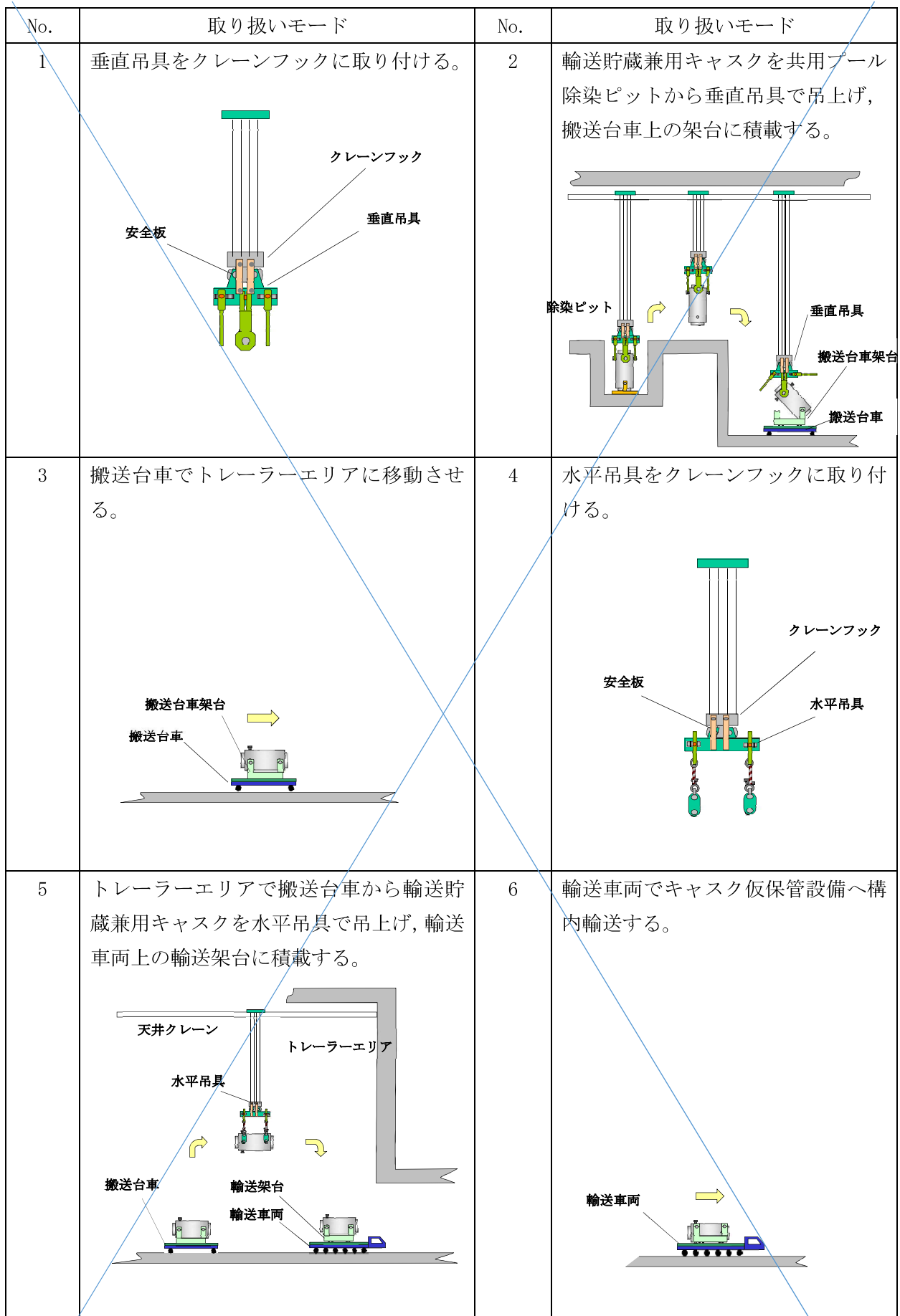


図1. 1-2 輸送貯蔵兼用キャスクのハンドリングフロー (1/5)

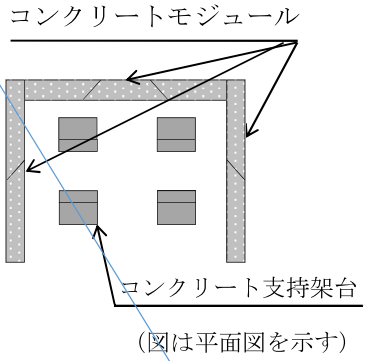
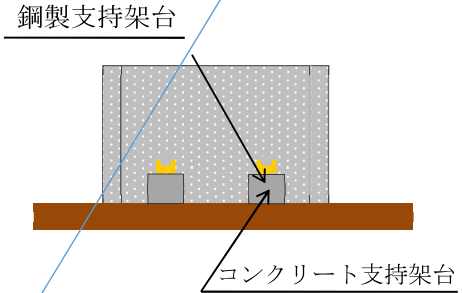
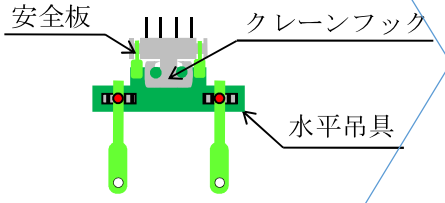
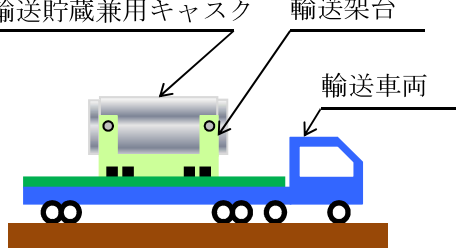
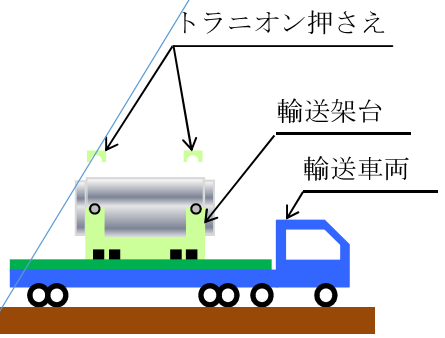
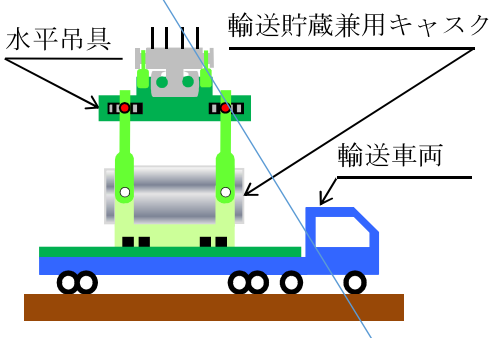
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
7	<p>コンクリート支持架台を設置し、コンクリートモジュールの3面を立てる。 (事前に実施する)</p> 	8	<p>鋼製支持架台をコンクリート支持架台に取り付ける。 (事前に実施する)</p> 
9	<p>水平吊具をクレーンフックに取り付ける。</p> 	10	<p>輸送車両で輸送貯蔵兼用キャスクを搬入させる。</p> 
11	<p>輸送架台の上部と下部のトラニオン押さえを取り外す。</p> 	12	<p>輸送車両上の輸送貯蔵兼用キャスクに水平吊具を取り付ける。</p> 

図1. 1-2 輸送貯蔵兼用キャスクのハンドリングフロー (2/5)

No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
13	<p>トラニオンが輸送架台をかわずまで輸送貯蔵兼用キャスクをクレーンで吊上げた後、水平に移動する。</p>	14	<p>輸送貯蔵兼用キャスクを保管場所までクレーンで移動する。</p>
15	<p>輸送貯蔵兼用キャスクを鋼製支持架台の上まで移動する。</p>	16	<p>クレーンを下降させて、輸送貯蔵兼用キャスクを鋼製支持架台に載せる。</p>
17	<p>輸送貯蔵兼用キャスクから水平吊具を取り外し、クレーンを上昇させる。</p>	18	<p>トラニオンをトラニオン押さえで支持架台に固定する。</p>

図1. 1-2 輸送貯蔵兼用キャスクのハンドリングフロー (3/5)

No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
19	<p>コンクリートモジュールの長手方向の残り1面を立てて、先に組み立てたコンクリートモジュールに固定する。</p> <p>(図は平面図を示す)</p>	20	<p>中央部用の屋根のコンクリートモジュールをクレーンで吊って、組み立てたコンクリートモジュールの短手側から載せる。</p> <p>(図は平面図を示す)</p>
21	<p>端部の屋根のコンクリートモジュールをクレーンで吊って、短手側から載せて固定する。</p> <p>(図は平面図を示す)</p>	22	<p>もう一方の端部の屋根のコンクリートモジュールをクレーンで吊って、短手側から載せて固定する。</p> <p>(図は平面図を示す)</p>
23	<p>コンクリートモジュールの長手方向の1面に、ジャンクションボックスを取り付ける。</p>	24	<p>輸送貯蔵兼用キャスクに監視用センサ（圧力用2個、表面温度用1個）を取り付ける。</p>

図1. 1-2 輸送貯蔵兼用キャスクのハンドリングフロー (4/5)

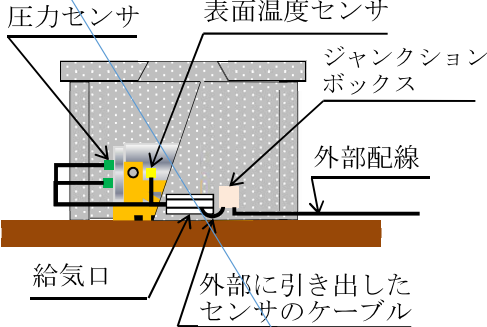
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
25	<p>監視用センサのケーブルを、給排気口からコンクリートモジュールの外に出し、ジャンクションボックス内で外部配線と接続する。</p> 		

図1. 1-2 輸送貯蔵兼用キャスクのハンドリングフロー (5/5)

表 1. 1-1 異常事象の抽出 (1/3)

起回事象 (ハンドリングフローNo.)	原因	異常事象発生の可能性	発生の 要否	想定シナリオ	抽出の 要否
乾式キャスクの落下 (2~16)	輸送車両取扱い時の 落下	固定ボルトの取付け不良	×	乾式キャスクは、輸送車両に複数の固定ボルトで固縛されていることを確認する。また、乾式キャスクは輸送車両で徐行して輸送すること、輸送経路は輸送に関する人、車両以外の立入を制限することから落下しない。	×
	搬送台車取扱い時の 落下	固定ボルトの取付け不良	×	輸送貯蔵兼用キャスクは搬送台車に複数のボルトで固縛されていることを確認する。また、搬送台車はレベル上を走行し、走行範囲インタローック及び障害物検知装置を有していることから他の構造物等に衝突はしないため、落下しない。	×
	クレーン取扱い時の 落下	吊具の取り付け不良 ワイヤロープの切断	×	吊具の二重化、始業前の吊具点検、取付け後の外れ止めを施すため、乾式キャスクは落下しない。 ワイヤロープの二重化、始業前のワイヤロープ点検を行うため、乾式キャスクは落下しない。	×
乾式キャスクの衝突 (2, 5, 13~16)	クレーンでの移動時 (走行、横行)の衝突 (2, 5, 13~15)	ブレーキの故障 操作員の誤操作	×	移動前に移動経路に障害物がないことを確認し、乾式キャスクと移動経路の芯あわせを行い、走行の両輪及び横行それぞれにインバータによる停止機能に加えてブレーキによる停止機能により二重化しているため、乾式キャスクは他の構造物等へ衝突しない。 クレーンの横行範囲に制限機構を設ける。また、移動前に移動経路に障害物がないことの確認、乾式キャスクと移動経路の芯あわせを行うため、乾式キャスクは他の構造物等へ衝突しない。	×
	クレーンでの吊下げ 時の衝突 (異常着床) (2, 5, 16)	ブレーキの故障	×	巻き上げ装置ブレーキを二重化しているため、乾式貯蔵キャスクは架台基礎コンクリートへ衝突 (異常着床) しない。	×
		操作員の誤操作	×	巻き上げ装置ブレーキを二重化しているため、輸送貯蔵兼用キャスクは搬送台車架台、輸送架台及び支持架台に衝突 (異常着床) しない。	×
		吊下げ時の誤操作により、支持架台を装着した状態で乾式貯蔵キャスクは吊下げ速度で架台基礎コンクリートに異常着床する可能性がある。	○	クレーンの最大吊下げ速度 1.5m/min で、支持架台を装着した状態で乾式貯蔵キャスクは、架台基礎コンクリート上に異常着床する場合は異常事象として抽出する。	○
		吊下げ時の誤操作により、輸送貯蔵兼用キャスクは吊下げ速度で搬送台車架台、輸送架台及び支持架台に異常着床する可能性がある。	○	クレーンの最大吊下げ速度 1.5m/min で、輸送貯蔵兼用キャスクは、搬送台車架台、輸送架台及び支持架台に異常着床する場合は異常事象として抽出する。	○

表 1. 1-1 異常事象の抽出 (2/3)

起回事象 (ハンドリングフローNo.)	原因	異常事象発生の可能性	発生の 要否	想定シナリオ	抽出の 要否
乾式キャスクへの重量物の落下 (19~22)	コンクリートモジュール側壁部の転倒 (19)	固定具取り付け不良	×	コンクリートモジュールはコの字形状態に接合されているために自立すること、複数個の固定具で基礎に固定されていることから、1個の固定具が取り付不良であっても、コンクリートモジュールは転倒しない。	×
	コンクリートモジュール(長手方向)の落下 (20~22)	吊具取り付け不良	×	始業前に吊具の点検を行い、吊具は外れ止め防止金具を取り付けるため、コンクリートモジュール(長手方向)は落下しない。	×
		ワイヤロープの切断	×	始業前にワイヤロープの点検を行い、ワイヤロープは二重化しているため、コンクリートモジュールは落下しない。	×
	屋根部コンクリートモジュールの落下	操作員の誤操作	×	コンクリートモジュール(長手方向)の移動前に、コンクリートモジュール(長手方向)と移動経路の芯あわせを行い、荷振れ対策としてガイドロープを使用するため、コンクリートモジュール(長手方向)は乾式キャスクへ落下しない。	×
		吊具取り付け不良	×	始業前に吊具の点検を行い、吊具は外れ止め防止金具を取り付けるため、天板コンクリートモジュールは落下しない。	×
	屋根部コンクリートモジュールの落下	吊具取り付け不良	×	天板コンクリートモジュールは矩形に組んだ側板コンクリートモジュールに比べて迫出した形状であり、天板コンクリートモジュールの移動前に側板コンクリートモジュールとの接合位置が合うように芯あわせするため、仮に天板コンクリートモジュールが落下したとしてもキャスク上には落下しない。	×
		ワイヤロープの切断	×	始業前にワイヤロープの点検を行い、ワイヤロープは二重化しているため、天板コンクリートモジュールは落下しない。	×
	コンクリートモジュール給排気口の閉塞	操作員の誤操作	×	天板コンクリートモジュールは矩形に組んだ側板コンクリートモジュールに比べて迫出した形状であり、天板コンクリートモジュールの移動前に、側板コンクリートモジュールとの接合位置が合うように芯あわせを行い、荷振れ対策としてガイドロープを使用するため、天板コンクリートモジュールは乾式キャスクへ落下しない。	×
		異物の付着	○	異物の飛来により給気口の閉塞が想定される。	給気口の閉塞により、除熱機能への影響が懸念されるものの、日常の巡視点検により閉塞の有無を確認できる。また、乾式キャスク表面温度は免震重要棟で連続監視し、所定の設定温度で警報を発報するため事前に異常を検知できる。なお、温度センサーの断線により、データが採取されない場合にも警報を発報する。
	積雪	積雪による閉塞がないような設計対応及び日常の巡視等の運用対応により、給排気口が閉塞することはない。	×		

表 1. 1-1 異常事象の抽出 (3/3)

起因事象 (ハンドリングフローNo.)	原因	異常事象発生の可能性	発生の 要否	想定シナリオ	抽出の 要否
地震		乾式キャスク、コンクリートモジュールは、地震時にも基本的な安全機能を維持できるよう設計する。	×		×
火災・爆発		動力機関として内燃機関を使用するものではなく、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用し、持ち込み物品の制限等の運用対応をするため、火災の発生する可能性は非常に低い。	×		×
外部電源喪失		クレーンのフェイルセーフ設計により、乾式キャスクの落下防止、衝突防止が施されている。	×		×
経年変化		乾式貯蔵キャスクは設計貯蔵期間 40 年で、輸送貯蔵兼用キャスクは設計貯蔵期間 50 年で設計されており、それより短い期間で使用するため、経年変化を考慮する必要はない。	×		×
地震以外の自然災害	台風	コンクリートモジュールの風荷重に対する設計は、「建築基準法」に定める設計基準に従う。	×		×
	積雪、凍結	敷地周辺の過去の記録に基づいて敷地で考えられる最も過酷な場合を想定した設計を行う。	×		×
	津波、高潮	敷地の標高 (T.P. 約 38m)、海岸からの距離等から判断して、敷地が被害を受けることは考えられない。	×		×

(実施計画：II-2-13-添 3-1-239～246)

2.2 異常事象の評価

(1) 評価方針

輸送貯蔵兼用キャスタがクレーンの最大吊下げ速度 (1.5m/min) のまま搬送台車架台、輸送架台及び、支持架台に衝突した場合に、輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度を算出する。概念図を図1. 2-1～3に示す。

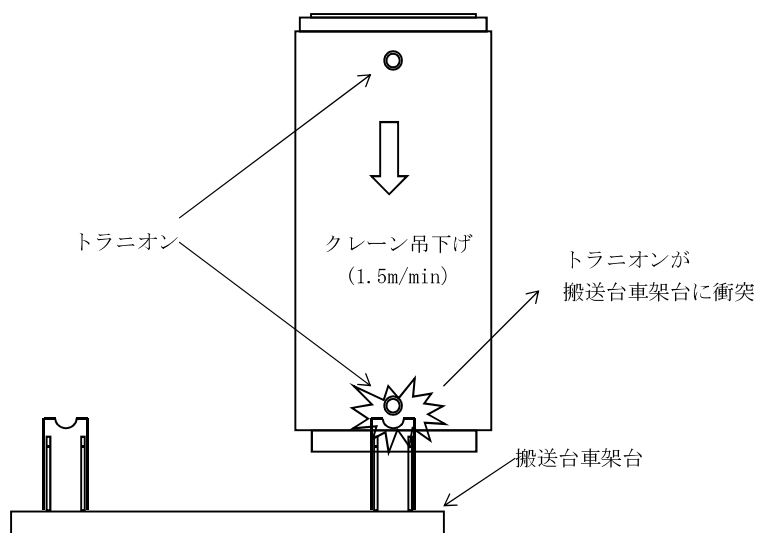


図1. 2-1 異常着床概念図 (搬送台車架台への衝突)

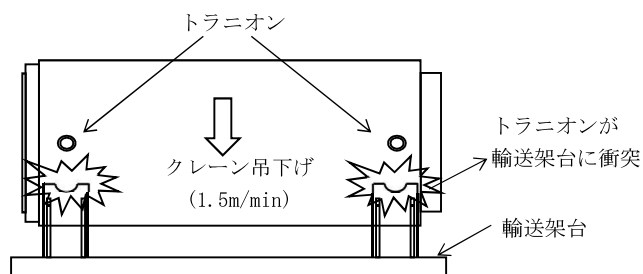


図1. 2-2 異常着床概念図 (輸送架台への衝突)

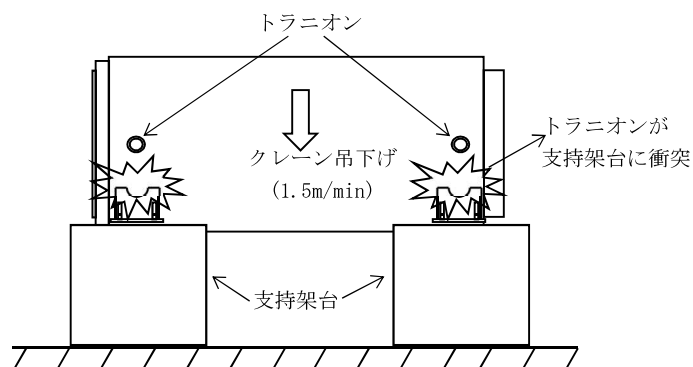


図1. 2-3 異常着床概念図 (支持架台への衝突)

(2) ~~輸送貯蔵兼用キャスタの評価条件および方法~~

~~輸送貯蔵兼用キャスタが搬送台車架台、輸送架台、支持架台に衝突する際に生じる衝撃加速度の計算条件は以下のとおりである。~~

- ~~・搬送台車架台、輸送架台、支持架台の弾性により輸送貯蔵兼用キャスタの運動エネルギーを吸収する。~~
- ~~・輸送貯蔵兼用キャスタ本体（トラニオン含む）を剛とする。~~
- ~~・搬送台車架台、輸送架台、支持架台の自重は無視する。~~

a. ~~衝撃加速度の算出式~~

~~エネルギー保存則によりキャスタに生じる衝撃加速度を算出する。~~

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot \delta = \frac{1}{2} K \cdot \delta^2$$

~~ここで、~~

- ~~—— m : —— 輸送貯蔵兼用キャスタ質量~~
- ~~—— 輸送貯蔵兼用キャスタ : 1.186 × 10⁵ (kg) ——~~
- ~~—— v : —— クレーン巻下定格速度 = 1.5 (m/min) = 0.025 (m/s) ——~~
- ~~—— g : —— 重力加速度 = 9.80665 (m/s²) ——~~
- ~~—— δ : —— 架台の最大変形量 (m) ——~~
- ~~—— K : —— 架台のばね定数 (N/m) ——~~

~~上式を変形すると~~

$$\delta = \frac{m \cdot g}{K} + \sqrt{\frac{m^2 \cdot g^2}{K^2} + \frac{m \cdot v^2}{K}} \quad (\delta \geq 0)$$

~~また、輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度は次式で算出する。~~

$$\alpha = \frac{F}{m}$$

$$F = K \cdot \delta$$

~~ここで、~~

- ~~—— α : —— 輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度 (m/s²) ——~~
- ~~—— F : —— 輸送貯蔵兼用キャスタに作用する衝撃力 (N) ——~~

~~以上より、輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度は次式のとおりとなる。~~

$$\alpha = g + \sqrt{g^2 + \frac{K \cdot v^2}{m}}$$

b. 架台のばね定数

架台のばね定数は、搬送台車架台、輸送架台、支持架台の鉛直方向の弾性から算出した。

- 搬送台車架台のばね定数 ———— : 1.36×10^{10} (N/m) (2脚分)
- 輸送架台のばね定数
輸送貯蔵兼用キャスタ用 ———— : 4.0×10^{10} (N/m) (4脚分)
- 支持架台のばね定数
輸送貯蔵兼用キャスタ用 ———— : 4.56×10^{10} (N/m) (4脚分)

(3) 評価結果

輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度を表1. 2-1に示す。表1. 2-1より設計事象IIの衝撃加速度は、構造強度評価で用いている衝撃加速度、横姿勢：3G、縦姿勢（キャスタ、バスケット）：5G、縦姿勢（トラニオン）：2.5Gに包絡されており、輸送貯蔵兼用キャスタの安全機能は維持されることを確認している。

表1. 2-1 輸送貯蔵兼用キャスタに生じる衝撃加速度

異常事象	キャスタタイプ	支持架台の ばね定数 K (N/m)	衝撃加速度 α	
			(m/s ²)	(G)
搬送台車架台への衝突 (縦姿勢)	輸送貯蔵兼用キャスタ	1.36×10^{10}	22.8	2.33
輸送架台への衝突 (横姿勢)		4.0×10^{10}	27.4	2.80
支持架台への衝突 (横姿勢)		4.56×10^{10}	28.2	2.88

(実施計画：II-2-13添3-1-250～252)

全体工程及びリスク評価について講ずべき措置（補足説明）

1. キャスク仮保管設備拡張工事の概要

1～6号機の燃料取り出し完了に向け、共用プールの空き容量を確保するためキャスク仮保管設備の乾式キャスク貯蔵容量を65基から95基に増設する工事を行う。

増設に伴う主な変更の内容は、以下の通り。

- (1) コンクリート基礎およびクレーンのレールを東側に約25m拡張（クレーン本体は既設）
- (2) 既設基礎および拡張した基礎に、キャスクを保管する支持架台およびコンクリートモジュールを30基増設（既設基礎上:14基、拡張基礎上:16基）し、乾式キャスク（30基）を貯蔵する。
- (3) エリア放射線モニタを4基から8基に増設する。
- (4) キャスク1基毎に表面温度および密封監視（蓋間圧力監視）を実施する。（既設と同様）

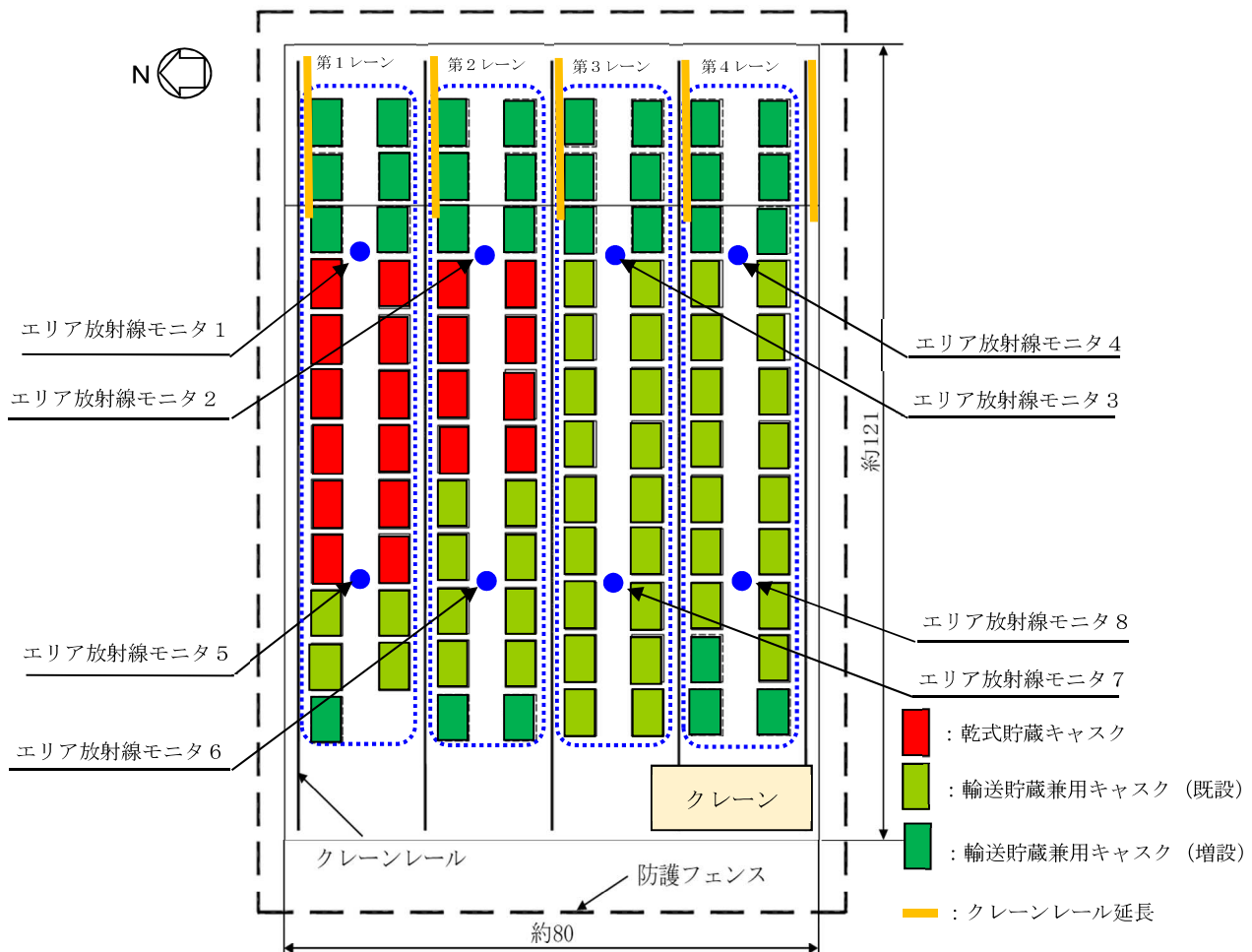


図1 キャスク仮保管設備配置概略図

2. キャスク仮保管設備内クレーンの取り扱い等

(1) クレーン

キャスク仮保管設備内で乾式キャスク及びコンクリートモジュールの据付ができるクレーンが設置されている。乾式キャスクの落下防止対策として、ワイヤーロープ、ブレーキを2重化し、電源喪失時には直ちにブレーキが作動し、ドラムの空転による荷の落下を防止する設計である。

(2) 電源

キャスク仮保管設備の電源は、所内共通M/C 1 A及び1 Bからそれぞれ受電している多核種除去設備変圧器盤（A）及び（B）の2系統より受電しており、いずれからも受電可能な構成である。

(3) キャスク吊り上げ高さ

クレーンでのキャスク吊り上げ高さは、最大で約3.6m（クレーンの揚程：約9m、クレーンフックからキャスク底部までの距離：約5.4m）。

実作業では、図2のように輸送トレーラからキャスクを下す際の必要最小限の吊り上げ高さは、約2.5mでキャスクを取り扱っている。

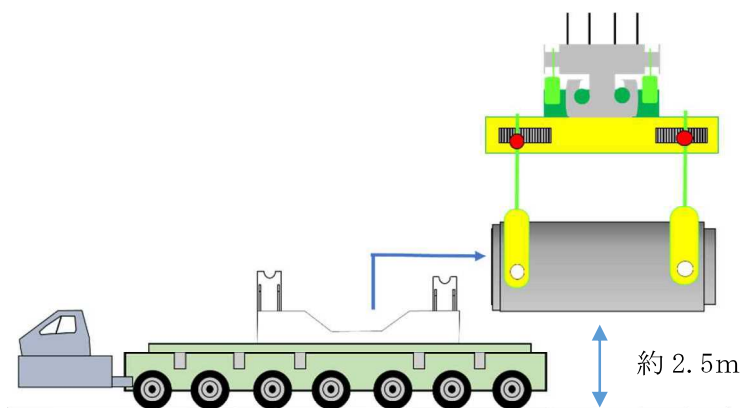


図2 実作業におけるキャスク吊り上げ高さ

(4) クレーンレーン間移動手順

キャスク仮保管設備は複数のレーンに分かれており、どのレーンに乾式キャスクを設置するかにより、クレーンをレーン間移動させる必要がある。この時、クレーンのレーン間移動は以下の手順にて行う。

- a. 図3のようにクレーンを待機位置(コンクリートモジュールとの最短距離 1000mm)に移動し、停止させる。
- b. 図4のようにH鋼レールをクレーン走行装置の内側に設置し、図5のようにアンカーを用いて設置したレールズレ止めにより固定する。
- c. 図4のようにH鋼レール上を移動できるように、逸走を防止するためのガイドロ

ーラが付いたチルタンクと油圧ジャッキを取り付けた移動受台をH鋼レール上に
乗せ、クレーンのトラックフレームの下に移動する。

- d. 図3のように電動チルホールまたは電動ウインチ、おしみチルホール、ワイヤロープ、滑車を取り付ける。
- e. 油圧ジャッキを操作してクレーンを押し上げ、車輪がレールから浮き上がった状態にする。
- f. 電動チルホールまたは電動ウインチを操作して、横行方向に移動させる。また、逸走防止を目的として同時におしみチルホールを併用して移動操作を行う。
- g. クレーンが移動レールのレール上にあることを確認し、油圧ジャッキを操作して走行レール上に降ろす。

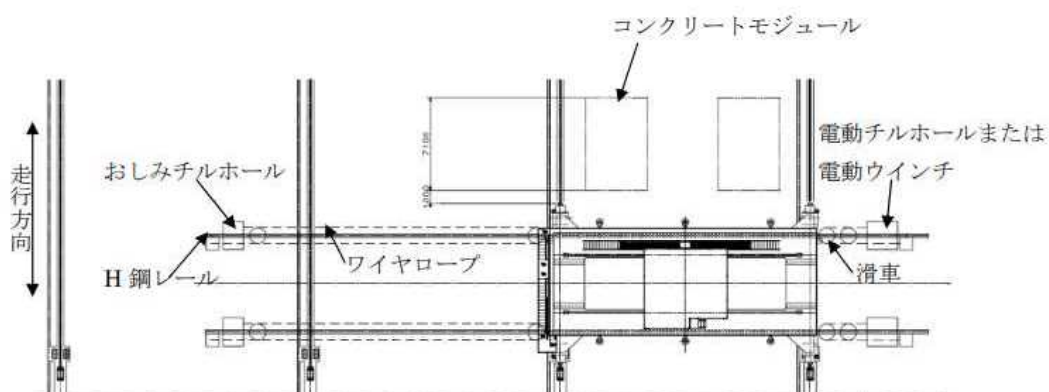


図3 レーン間移動時機材配置図

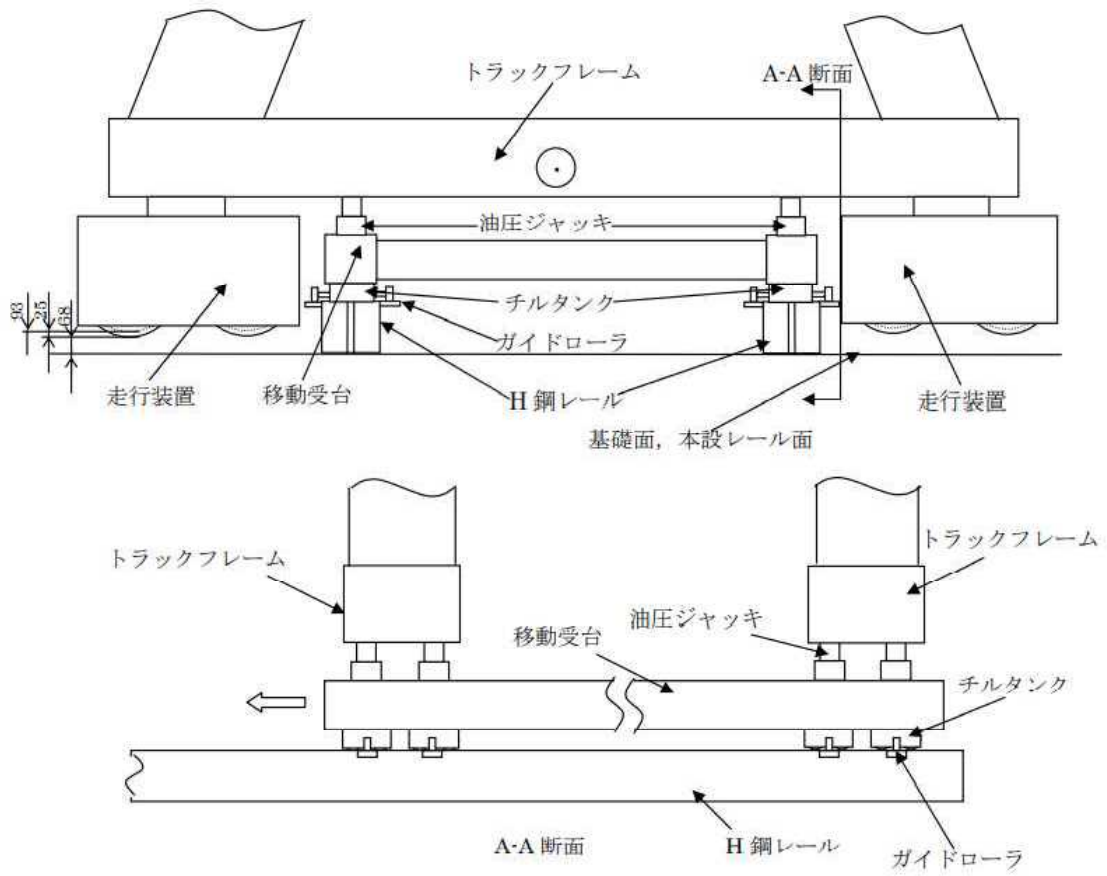


図4 クレーンジャッキアップ時概略図

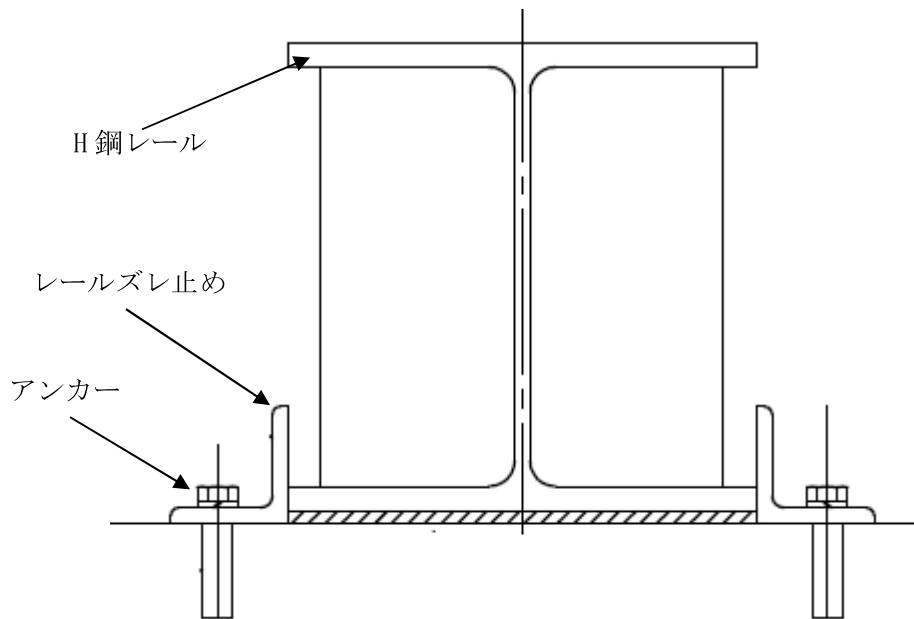


図5 H鋼レール拡大図

(実施計画：II-2-13-添10-1,4 一部改訂)

(5) 「共用ブールからの燃料取り出し作業」の標準的な工程(進捗により変動の可能性有り)

作業内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
① 1階→作業ロット搬入/一次, 二次蓋取り外し/ブール内搬入準備	■											
② ブール内へ搬入/燃料装填		■										
③ 燃料装填			■									
④ 燃料番号確認				■								
⑤ 一次蓋取り付け/ブール内から搬出/一次蓋締め/内部真空乾燥/ハリム充填				■								
⑥ 一次蓋漏えい率検査					■							
⑦ 二次蓋取り付け/二次蓋締め/蓋間真空乾燥/ハリム充填/二次蓋漏えい率検査								■				
⑧ 作業ロットから1階へ移動/構内輸送準備											■	
⑨ キヤスク仮保管設備へ構内輸送												■

輸送貯蔵兼用キャスク（増設 30 基）に係る工程

- ・表 1 の中長期ロードマップのマイルストーンに示す通り，2031 年内の 1～6 号機燃料取り出し完了を目指している。
- ・上記を達成するためには表 2 の中長期実行プランに示す通り，キャスク仮保管設備増設工事を 2025 年に完了し，増設キャスクの 1 基目は 10 月使用開始を計画している。
- ・使用前検査・溶接検査の初回申請は増設 30 基のうち 14 基を計画している。（使用前検査と溶接検査は同一の申請対象号機）
- ・増設キャスクの製造及び検査工程については表 3 に示す。
- ・検査要領について，「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則」には実施計画に定められた施設の使用開始前にその工事及び性能について検査（使用前検査及び溶接検査）を行い，検査の実施に当たっての方法その他必要な事項については検査実施要領書に定めると規定されている。
- ・これまでの検査実績から規制庁殿立会検査について，使用前検査では，寸法/外観検査を 1 か所以上，2 号検査と耐圧・漏えい検査を 1 基以上，溶接検査では，溶接施工法毎に開先/非破壊/耐圧/外観検査を 1 基以上と想定している。
- ・本申請認可後に検査申請となるため，先行製作分の検査記録及び規制庁殿立会検査以外の検査記録については全て規制庁殿による記録確認となる。
- ・拡張エリアに保管する輸送貯蔵兼用キャスク 30 基のうち，5 号機燃料取り出しに必要な 14 基の検査を申請。
- ・1, 2 号機に必要な 16 基は別途申請予定。

表1 中長期ロードマップにおけるマイルストーン（主要な目標工程）

分野	内容	時期
1. 汚染水対策		
汚染水発生量	汚染水発生量を 150m ³ /日程度に抑制	2020 年内
	汚染水発生量を 100m ³ /日以下に抑制	2025 年内
滞留水処理完了	建屋内滞留水処理完了*	2020 年内
	原子炉建屋滞留水を 2020 年末の半分程度に低減	2022 年度 ～2024 年度
2. 使用済燃料プールからの燃料取り出し		
1～6 号機燃料取り出しの完了		2031 年内
1 号機大型カバーの設置完了		2023 年度頃
1 号機燃料取り出しの開始		2027 年度 ～2028 年度
2 号機燃料取り出しの開始		2024 年度 ～2026 年度
3. 燃料デブリ取り出し		
初号機の燃料デブリ取り出しの開始 (2 号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大)		2021 年内
4. 廃棄物対策		
処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し		2021 年度頃
ガレキ等の屋外一時保管解消**		2028 年度内

※1～3 号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却建屋を除く。

※※水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く。

表3 増設キヤスク30基の製造及び検査工程表

	2023年度												2024年度												2025年度												2026年度		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
仮保管設備(拡張)への設置	準備工事												拡張工事												増設キヤスク1基目使用開始														
実施計画	実施計画変更申請(キヤスク基数変更) 2023.3~2024.1												実施計画変更申請(キヤスク仮保管設備増設) 2023.7~2024.3																										
検査申請(88~101号機)	使用前検査/溶接検査検査申請												溶接検査終了,一部使用承認申請												全ての検査が終了した号機から順次使用開始														
14基(88~101号機)製造工程	88~101号機(記録確認)																																						

Ⅱ 設計，設備について措置を講ずべき 事項

Ⅱ.5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

5. 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理

< 1～4号炉 >

使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取出しにあたっては，確実に臨界未満に維持し，落下防止，落下時の影響緩和措置及び適切な遮へいを行い，取り出した燃料は適切に冷却及び貯蔵すること。

< 5・6号炉 >

原子炉及び使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取出しにあたっては，確実に臨界未満に維持し，落下防止及び遮へいを行い，適切に冷却及び貯蔵を行うために必要な設備を健全な状態に維持・管理すること。

措置を講ずべき事項への適合方針

< 1～4号機 >

- 使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取出しにあたっては，確実に臨界未満に維持し，落下防止，落下時の影響緩和措置及び適切な遮へいを行い，取り出した燃料は適切に冷却及び貯蔵する設計とする。（II. 2. 11, II. 2. 12, II. 2. 13 参照）

< 5・6号機 >

- 使用済燃料プール（II. 2. 28 参照）からの燃料の取出し（II. 2. 27, II. 2. 28, II. 2. 31 参照）にあたっては，落下防止及び遮へい（II. 2. 28 参照）を行い，適切に冷却及び貯蔵（II. 2. 12, II. 2. 27, II. 2. 28 参照）を行うために必要な設備を健全な状態に維持・管理する。

（実施計画：II-1-5-1）

対応方針

2. 13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備

2. 13. 1 基本設計

2. 13. 1. 1 設置の目的

使用済燃料輸送容器保管建屋（以下、「キャスク保管建屋」という。）には現在（平成24年12月時点）9基（中型4基，大型5基）の使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式貯蔵キャスク」という。）にて408体の使用済燃料を貯蔵している。しかしながら，キャスク保管建屋は継続して使用することが困難な状況にあることから，9基の乾式貯蔵キャスクをキャスク保管建屋から搬出し，使用済燃料乾式キャスク仮保管設備（以下，「キャスク仮保管設備」という。）に保管することを目的とする。

また，使用済燃料共用プール（以下，「共用プール」という。）に，1～4号機原子炉建屋内の使用済燃料プールに貯蔵中の使用済燃料及び新燃料，5, 6号機原子炉建屋内の使

用済燃料プールに貯蔵中の使用済燃料及び新燃料を除く炉内燃料（合計 5,936 体）の受け入れを計画している。この受け入れ準備として共用プールの空き容量を確保するため、共用プールに貯蔵中で健全性が確認された使用済燃料を乾式貯蔵キャスク及び使用済燃料輸送貯蔵兼用容器（以下、「輸送貯蔵兼用キャスク」という。また、乾式貯蔵キャスクと輸送貯蔵兼用キャスクを総じて「乾式キャスク」という。）に装填し、キャスク仮保管設備に保管することを目的とする。

2.13.1.2 要求される機能

- (1) 原則、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」指針 49 から 50 に適合すること。
- (2) 「原子力発電所内の使用済燃料の乾式キャスク貯蔵について」を参照すること。
- (3) 適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計であること。
- (4) 乾式キャスクの落下防止対策、乾式キャスク相互の衝突防止等の適切な対策が講じられていること。
- (5) 被災した既設乾式貯蔵キャスク（9基）については、乾式貯蔵キャスクとして必要な機能（除熱、密封、遮蔽、臨界防止機能及び構造強度）が確保されていることを確認するとともに、収納されている使用済燃料の健全性を確認すること。

2.13.1.3 設計方針

キャスク仮保管設備は、乾式キャスク及びこれを取納するキャスク仮保管構築物、揚重機、監視装置、障壁等で構成し、使用済燃料が核分裂性物質及び核分裂生成物等を内包し、放射線を発生し、崩壊熱を伴うことを考慮し、周辺公衆及び放射線業務従事者の安全を守る観点から、以下に示すとおり、除熱、遮蔽、密封及び臨界防止の安全機能を有する設計とするとともに、必要な構造強度を有する設計とする。

(1) 除熱機能

乾式キャスク及びキャスク仮保管構築物について、使用済燃料の健全性及び安全機能を有する構成部材の健全性が維持できるように、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計とする。

(2) 密封機能

乾式キャスクについて、周辺公衆及び放射線業務従事者に対し、放射線被ばく上の影響を及ぼすことのないよう、使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込める設計とする。

(3) 遮蔽機能

乾式キャスク及びキャスク仮保管構築物について、周辺公衆及び放射線業務従事者に対し、放射線被ばく上の影響を及ぼすことのないよう、使用済燃料の放射線を適切に遮蔽する設計とする。

(4) 臨界防止機能

乾式キャスク及びキャスク仮保管構築物について、想定されるいかなる場合にも、使用済燃料が臨界に達することを防止できる設計とする。

(5) 構造強度

乾式キャスク及びキャスク仮保管構築物について、除熱機能、密封機能、遮蔽機能、臨界防止機能を維持するために必要な構造強度を有する設計とする。

(6) 落下防止対策

キャスク仮保管設備は、乾式キャスクの落下防止及び乾式キャスク相互の衝突防止等の適切な対策を講ずる。

(中略)

2.13.1.4 供用期間中に確認する項目

- (1) 乾式キャスクの表面温度に異常がないこと
- (2) 乾式キャスクの蓋間圧力に異常がないこと

2.13.1.5 主要な機器

(1) 乾式キャスク

キャスク仮保管設備において、乾式キャスクは既存設計のものを使用する。乾式キャスクは、貯蔵容器本体、蓋部、バスケット等で構成され、これらの部材は、設計貯蔵期間[※]における放射線照射影響、腐食、クリープ、疲労、応力腐食割れ等の経年変化に対して十分信頼性を有する材料を選定し、その必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を失うことのないように設計されている。

また、乾式キャスクには、使用済燃料プールまたは共用プールで所定の期間以上冷却され、かつ運転中のデータ、 SHIPPING 検査等により健全であることを確認した使用済燃料を使用済燃料プール内あるいは共用プール内で装填し、排水後内部にはヘリウムガスを封入する。ヘリウムガスは、冷却媒体であるとともに燃料被覆管の腐食を防止する。

※：設計貯蔵期間は、乾式貯蔵キャスク：40年、輸送貯蔵兼用キャスク：50年である。

(2) コンクリートモジュール

仮保管する乾式キャスク1基毎にこれを覆うコンクリートモジュールを設置する。壁面下部に給気口を、上部に排気口を設けることで、乾式キャスクからコンクリートモジュール内空気に伝達された使用済燃料の崩壊熱をモジュール内の自然対流により大気へ拡散する。

(3) 監視装置

キャスク仮保管設備には、乾式キャスクの一次蓋、二次蓋間の圧力を監視することにより密封機能を監視する密封監視装置と、乾式キャスク表面の温度を監視することにより乾式キャスクの除熱機能を監視する表面温度監視装置を設置する。

又、過度の放射線レベル上昇が確認できるエリア放射線モニタを設置する。

(4) クレーン

キャスク仮保管設備内で乾式キャスク及びコンクリートモジュールの据付ができるクレーンを設置する。乾式キャスクの落下防止対策として、ワイヤーロープ、ブレーキを2重化し、電源喪失時には直ちにブレーキが作動し、ドラムの空転による荷の落下を防止する設計とする。

(5) 電源

キャスク仮保管設備の電源は、所内共通M/C 1 A及び1 Bからそれぞれ受電している多核種除去設備変圧器盤（A）及び（B）の2系統より受電しており、いずれからも受電可能な構成である。

（中略）

2.13.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

a. 乾式キャスク及び支持架台

乾式キャスク及び支持架台については、JSME 設計・建設規格の分類に基づく設計とする。

b. コンクリートモジュール

コンクリートモジュールについては、建築基準法に基づく設計とする。

c. クレーン

クレーンについては、クレーン構造規格に基づく設計とする。

d. コンクリート基礎

キャスク支持架台に作用する力を支持するとともに、これを固定する固定ボルトの引抜き力が許容引抜き力を下回り、基礎の傾斜が許容傾斜量を下回る設計とする。

（中略）

2.13.1.8 異常時の措置

乾式キャスクの蓋間圧力及び温度は免震重要棟にて監視でき、万一、蓋間圧力が設定

値まで低下した場合や表面温度が設定値まで上昇した場合には免震重要棟に設置した監視装置にて警報が確認できる。

警報確認後に現場確認を行い状況に応じた対処を行う。また、必要に応じ乾式キャスクを共用プールまで運搬し、共用プールにて必要な措置を行う。

2.13.2 基本仕様

2.13.2.1 主要仕様

(1) 乾式キャスク仮保管設備

表 2. 1 3 - 1 乾式キャスク仮保管設備仕様

項目	仕様	
エリア	約 121m×約 80m	
保管対象物	乾式貯蔵キャスク	輸送貯蔵兼用キャスク
保管容量	20 基	75 基

(2) 乾式キャスク

(中略)

表 2. 1 3 - 4 輸送貯蔵兼用キャスク（増設）仕様

項目	輸送貯蔵兼用キャスク B
重量（t） （燃料を含む）	約 119
全長（m）	約 5.3
外径（m）	約 2.5
収納体数（体）	69
基数（基）	30 ^{※1}
収納可能燃料 ^{※2}	<p>新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料，高燃焼度 8×8 燃料 配置（i） 平均燃焼度 34,000Mwd/t 以下 最高燃焼度 40,000Mwd/t 以下 冷却期間 18 年以上</p> <p>配置（ii） 平均燃焼度 40,000Mwd/t 以下 最高燃焼度 48,000Mwd/t 以下 冷却期間 22 年以上</p> <p>新型 8×8 燃料 配置（iii） 平均燃焼度 29,000Mwd/t 以下 最高燃焼度 34,000Mwd/t 以下 冷却期間 28 年以上</p>

※1 使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書（平成 29 年 11 月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社），使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 7 月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社）及び使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 12 月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社）による。

なお，これら 30 基は既設と同一設計であり，福島第一原子力発電所構内専用として使用する。

※2 燃焼度や燃料タイプに応じて，以下の図書に基づき収納物の配置制限を行う。

・輸送貯蔵兼用キャスク B：

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書

（平成 29 年 11 月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社）

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について

(平成30年7月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)
 使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料
 の一部補正について

(平成30年12月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)
 型式設計特定容器等の型式指定申請書

(令和元年5月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)
 使用済燃料貯蔵施設に係る型式設計特定容器等の型式指定申請書 本文及び添付書
 類の一部補正について

(令和3年6月 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)

(3) コンクリートモジュール

表2. 13-5 コンクリートモジュール仕様

項目		仕様	
名称		コンクリートモジュール	
保管対象物		乾式貯蔵キャスク	輸送貯蔵兼用キャスク
数量		20基	75基
主要寸法	長手	約7300mm	約7100mm
	短手	約4680mm	約4680mm
	高さ	約4000mm	約4000mm
	板厚	約200mm	約200mm
構造		鉄筋コンクリート構造	

(4) クレーン

表2. 13-6 クレーン仕様

項目	仕様
型式	門型クレーン
数量	1基
定格荷重	主巻 150t 補巻 20t
揚程	主巻 9.0m 補巻 11.3m

(5) 監視装置

表 2. 1 3 - 7 圧力・温度監視装置仕様

項目	仕様	
名称	蓋間圧力検出器	温度検出器
検出器の個数	2 個/基	1 個/基
計測対象	蓋間圧力	外筒表面温度
取付箇所	二次蓋	外筒表面
計測範囲	50～500kPa abs	-20～160℃

表 2. 1 3 - 8 放射線監視装置仕様

項目	仕様
名称	エリア放射線モニタ
基数	8 基
種類	半導体検出器
取付箇所	設備敷地内
検出高さ	基礎から 600mm 以上 1800mm 以下
計測範囲	$10^{-1} \mu\text{Sv/h} \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$

(実施計画：II-2-13-1～10, 一部改訂)

具体的な設計及び措置

1 構造強度評価

構造強度評価について、増設するキャスク仮保管設備※（コンクリート基礎を除く）は既設と同一仕様であることから既設評価と同一である。したがって、増設キャスク及びキャスク仮保管構築物（コンクリート基礎を除く）の構造強度評価は添付資料－３－１の既設評価を引用することとする。（別紙－１参照）

また、コンクリート基礎については、拡張後の構造強度評価として添付資料－３－２を引用することとする。（別紙－１参照）

※輸送貯蔵兼用キャスクは「使用済燃料乾式キャスクの基数変更及び収納可能燃料の追加」（令和５年３月１５日申請，令和６年１月１５日認可）の申請範囲であり，本申請の申請範囲外であるため除外する。

構造強度及び耐震性について（既設 65 基）

1 構造強度

1.1 乾式キャスクの構造強度

（中略）

(3) 輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台

1) 評価方針

本設備で使用する輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の構造評価について記載する。

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台は新設計であるため、新たに評価を実施し、本設置場所での保管に適合していることを確認する。

2) 主な構成部材と適用基準

① 主な構成部材

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台は鋼製支持架台、埋め込み金物、基礎ボルト、コンクリート支持架台により構成される。

② 適用基準

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台は原子力発電所耐震設計技術規程 [JEAC4601-2008] 及び、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005 年版 (2007 年追補版含む) [JSME S NC1-2005/2007] を適用する。

3) 構造強度の評価方法

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の強度評価における評価方法を示す。

① 設計条件

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の構造評価に当たっての機械荷重を以下に示す。

- A. 自重による荷重
- B. キャスクによる荷重

② 評価方法

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の構造解析フローを図 1. 1-6 に、主な構造部材の応力評価箇所を図 1. 1-7 に示す。

鋼製支持架台、基礎ボルト、コンクリート支持架台について想定される機械荷重を基に、

応力評価式を用いて応力評価を行う。

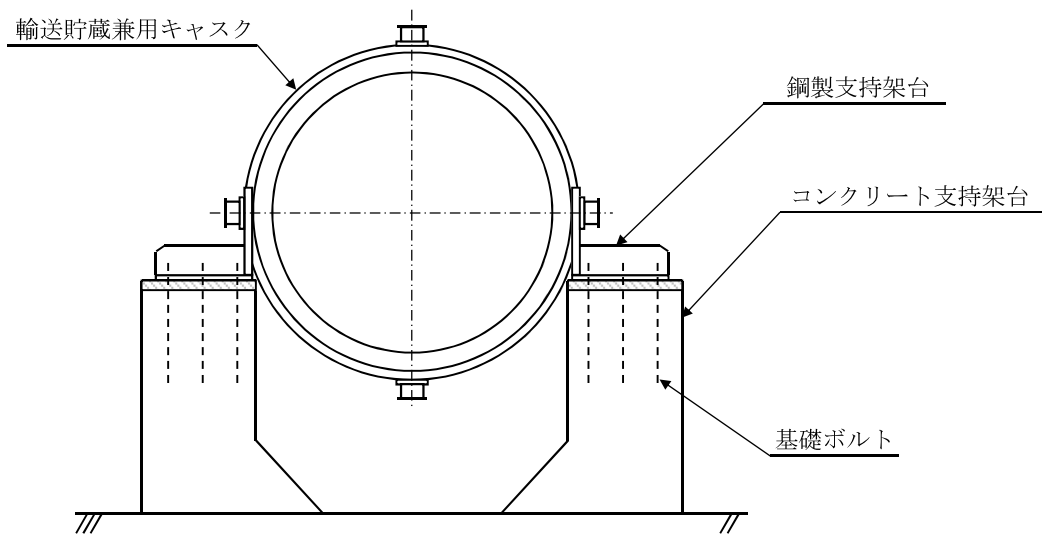
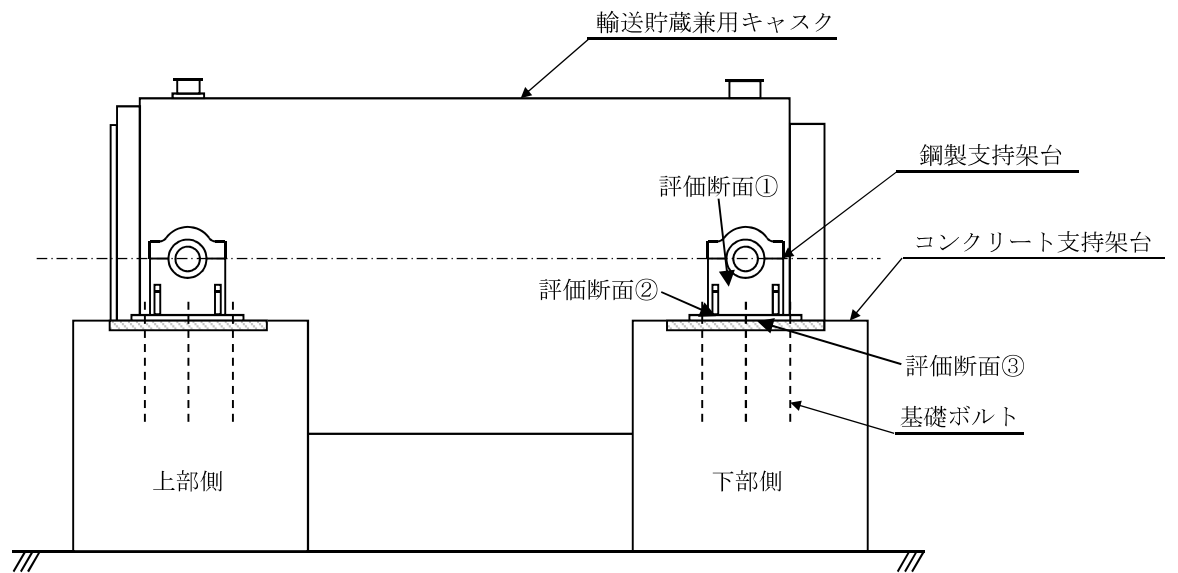


図1. 1-7 輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の応力評価箇所

③ 設計事象と荷重の組合せ

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の設計事象と選定事象は以下の通りである。

[設計事象 I]

・貯蔵時

4) 輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の貯蔵時の評価（設計事象 I）

以下に貯蔵時の輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の応力評価結果を示す。

① 計算条件

A. 解析事象

「貯蔵時」

キャスクが支持架台に設置されている計画的な取り扱い状態をいう。

② 解析方法

A. 解析手順概要

輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台の応力解析は、想定される機械荷重を基に、応力評価式を用いて行う。

B. 荷重計算

図 1. 1－8 に示す鋼製支持架台 1 脚に作用するキャスク自重 (F_{WU} , F_{WL}) は次式で表される。

$$F_{WU} = \frac{P_W}{2} \cdot \frac{b}{(a+b)}$$

$$F_{WL} = \frac{P_W}{2} \cdot \frac{a}{(a+b)}$$

$$P_W = W \cdot g$$

ここで、

F_{WU} : 鋼製支持架台 1 脚（上部側）に作用するキャスク自重 (N)

F_{WL} : 鋼製支持架台 1 脚（下部側）に作用するキャスク自重 (N)

P_W : キャスク自重 (N)

a : キャスク重心から上部トラニオン軸心までの距離 (mm)

b : キャスク重心から下部トラニオン軸心までの距離 (mm)

W : キャスク設計質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s^2)

C. 応力評価

a. 鋼製支持架台（評価断面①）

図 1. 1-9 において自重により鋼製支持架台（評価断面①）に発生する圧縮応力（ σ_c ）は次式で表される。

$$\sigma_c = \frac{F_W}{B \cdot t}$$

ここで、

F_W : 図 1. 1-8 に示す自重の設計用値 (N)

B : 図 1. 1-9 に示す評価断面の幅 (mm)

t : 図 1. 1-9 に示すトラニオン受部の板厚 (mm)

b. 鋼製支持架台（評価断面②）

図 1. 1-10 において自重により鋼製支持架台（評価断面②）に発生する圧縮応力（ σ_c ）は次式で表される。

$$\sigma_c = \frac{F_W}{B_1 \cdot t_1 + 2 \cdot B_2 \cdot t_2}$$

図 1. 1-10 において自重により鋼製支持架台（評価断面②）に発生する最大曲げ応力（ σ_{b1} , σ_{b2} ）は次式で表される。

$$\sigma_{b1} = \frac{F_W \cdot (L_1 - t_1 / 2)}{I} \cdot L_1 \quad (\text{トラニオン受側})$$

$$\sigma_{b2} = \frac{F_W \cdot (L_1 - t_1 / 2)}{I} \cdot L_2 \quad (\text{リブ側})$$

図 1. 1-10 において自重により鋼製支持架台（評価断面②）に発生する組合せ応力（ σ_{T1} , σ_{T2} ）は次式で表される。

$$\sigma_{T1} = \sigma_c + \sigma_{b1} \quad (\text{トラニオン受側})$$

$$\sigma_{T2} = \sigma_c - \sigma_{b2} \quad (\text{リブ側})$$

ここで、

F_W : 図 1. 1-8 に示す自重 (F_{WU} , F_{WL}) の設計用値 (N)

B_1 : 図 1. 1-10 に示すトラニオン受部の幅 (mm)

B_2 : 図 1. 1-10 に示すリブの幅 (mm)

t_1 : 図 1. 1-10 に示すトラニオン受部の板厚 (mm)

t_2 : 図 1. 1-10 に示すリブの板厚 (mm)

L_1 : 図 1. 1-10 に示す中立軸からトラニオン受け端部までの距離 (mm)

L_2 : 図 1. 1-10 に示す中立軸からリブ端部までの距離 (mm)

I : 図 1. 1-10 に示す断面の中立軸に関する断面二次モーメント (mm^4)

c. 鋼製支持架台 (評価断面③)

図 1. 1-11 において自重により基礎ボルトから引張力を受けて発生する曲げ応力 (σ_{bb}), コンクリート支持架台から圧縮力を受けて発生する曲げ応力 (σ_{bc}) は次式で表される。

$$\sigma_{bb} = \frac{T \cdot L_1}{B \cdot t^2 / 6}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{\sigma_{cc} \cdot L_2^2 / 2}{t^2 / 6}$$

$$T = \sigma_{tb} \cdot A_m$$

ここで,

σ_{tb} : 図 1. 1-11 に示す基礎ボルトに発生する本荷重条件下における引張応力 (N/mm^2)

σ_{cc} : 図 1. 1-11 に示すコンクリートに発生する本荷重条件下における圧縮応力 (N/mm^2)

T : 図 1. 1-11 に示す基礎ボルトに発生する本荷重条件下における引張力 (N)

t : 図 1. 1-11 に示す鋼製支持架台底板の板厚 (mm)

B : 図 1. 1-11 に示す基礎ボルトから引張力を受けて発生する曲げ応力の評価断面幅 (mm)

L_1 : 図 1. 1-11 に示す基礎ボルトから引張力を受けて発生する曲げモーメントのモーメントアーム長さ (mm)

L_2 : 図 1. 1-11 に示すコンクリートから圧縮力を受ける長さ (mm)

A_m : 基礎ボルト呼び径断面積 (mm^2)

図 1. 1-11 において自重により, 基礎ボルトから引張力を受けて発生するせん断応力 (τ_b), コンクリート支持架台から圧縮力を受けて発生するせん断応力 (τ_c) は次式で表される。

$$\tau_b = \frac{T}{B \cdot t}$$

$$\tau_c = \frac{\sigma_{cc} \cdot L_2}{t}$$

ここで, 各記号は上記と同様である。

図 1. 1-11 において自重により, 基礎ボルトから引張力を受けて発生する組合せ応力 (σ_{tb}), コンクリート支持架台から圧縮力を受けて発生する曲げ応力 (σ_{tc}) は次式で

表される。

$$\sigma_{Tb} = \sqrt{\sigma_{bb}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{Tc} = \sqrt{\sigma_{bc}^2 + 3 \cdot \tau_c^2}$$

d. 基礎ボルト

図1. 1-12において自重により基礎ボルトに発生する引張応力 (σ_t) は、鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年版)より次式で表される。

$$\sigma_t = \sigma_{cc} \cdot n \cdot \frac{(D - d_t - X_n)}{X_n} \cdot \frac{A_b}{A_m}$$

$$\sigma_{cc} = N \cdot X_n / S_n$$

$$S_n = [X_{nl}^2 / 2 - n \cdot P_t \cdot (1 - d_{t1} - X_{nl})] \cdot b \cdot D^2$$

$$I_n = [X_{nl}^3 / 3 + n \cdot P_t \cdot (1 - d_{t1} - X_{nl})^2] \cdot b \cdot D^3$$

$$X_{nl} = X_n / D$$

$$d_{t1} = d_t / D$$

$$P_t = a_t / (b \cdot D)$$

$$a_t = A_b \cdot N_b$$

ここで、

σ_{cc} : 図1. 1-12に示すコンクリートの最大圧縮応力 (N/mm²)

n : ヤング係数比 (=15)

D : 図1. 1-12に示す断面高さ (mm)

b : 図1. 1-12に示す断面幅 (mm)

d_t : 図1. 1-12に示す引張側ボルトに関する距離 (mm)

d_{t1} : 引張側ボルトに関する係数 (-)

X_n : 図1. 1-12に示す中立軸距離を表し、次式を満足する値 (mm)

$$X_n - D / 2 + e = I_n / S_n$$

ただし、 e : 図1. 1-12に示す鉛直力偏心距離 (mm)

X_{nl} : 中立軸比 (-)

N : 図1. 1-12に示す鉛直力であり、自重の設計用値 (N)

a_t : 有効ボルト総断面積 (mm²)

P_t : 引張鉄筋比 (-)

A_b : 基礎ボルト有効断面積 (mm²)

A_m : 基礎ボルト呼び径断面積 (mm²)

N_b : 有効引張側ボルト本数 (本)

S_n : 有効等価断面一次モーメント (mm³)

I_n : 有効等価断面二次モーメント (mm⁴)

e. コンクリート支持架台

コンクリート支持架台の下端に発生する荷重は表1. 1-10の通りである。これらの荷重を用いて「コンクリート標準示方書 構造性能照査編(2002)」に基づき評価を行う。

表1. 1-10 コンクリート支持架台下端における荷重

		NS方向			EW方向		
		鉛直力	水平力	モーメント	鉛直力	水平力	モーメント
		(kN)	(kN)	(kN・m)	(kN)	(kN)	(kN・m)
長期	キャスク	320.00	0.00	105.00	320.00	0.00	0.00
		—	—	—	—	—	—
	ペDESTAL	35.22	0.00	0.00	35.22	0.00	0.00
	合計	355.22	0.00	105.00	355.22	0.00	0.00
短期	キャスク	320.00	154.00	105.00	320.00	148.00	68.90
		—	—	182.49	—	—	175.38
	ペDESTAL	35.22	10.56	5.68	35.22	10.56	5.68
	合計	355.22	164.56	293.17	355.22	158.56	249.96

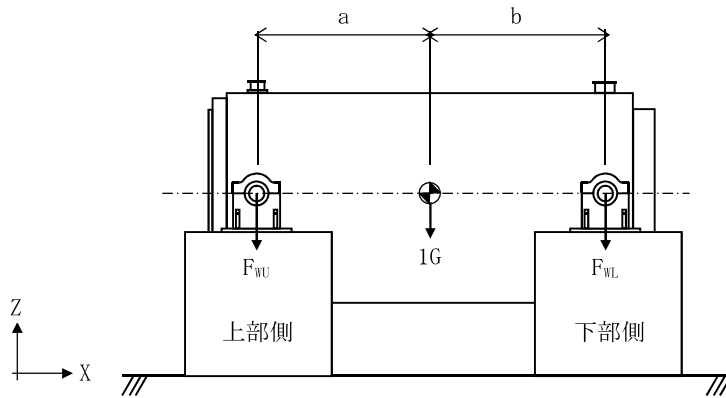


図1. 1-8 鋼製支持架台に作用する荷重

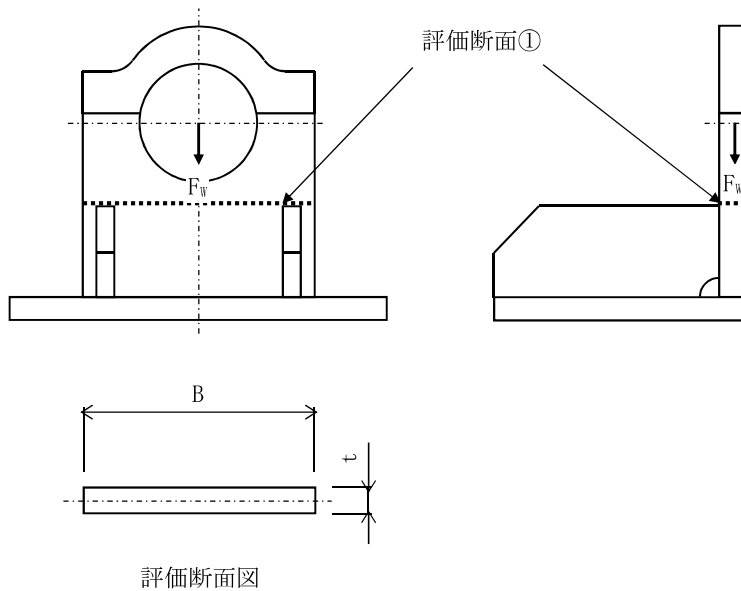


図1. 1-9 計算モデル図（設計事象I，評価断面①）

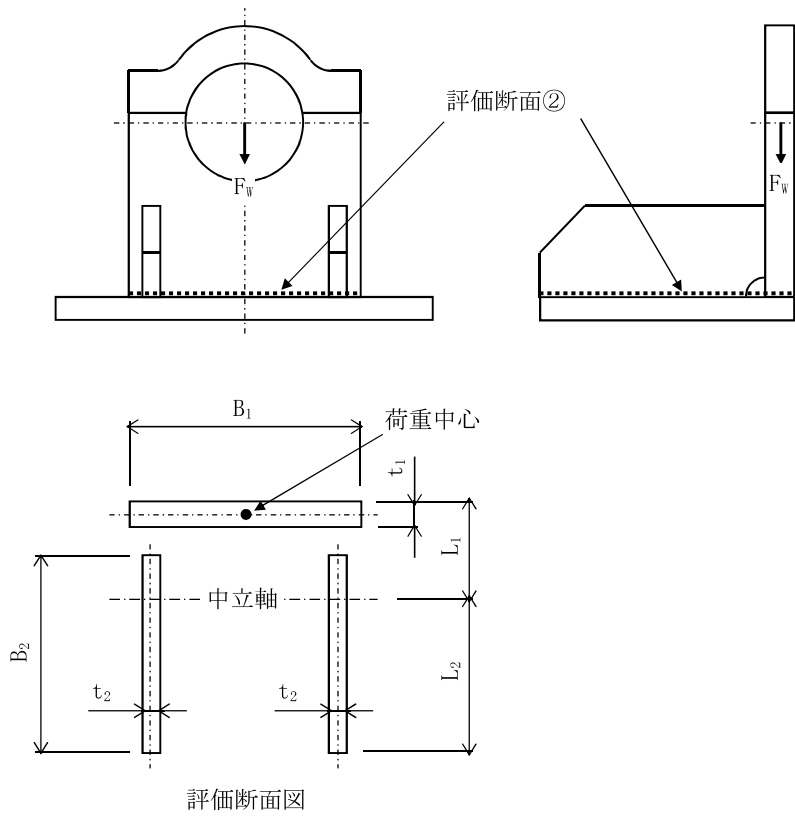


図 1. 1 - 1 0 計算モデル図 (設計事象 I, 評価断面②)

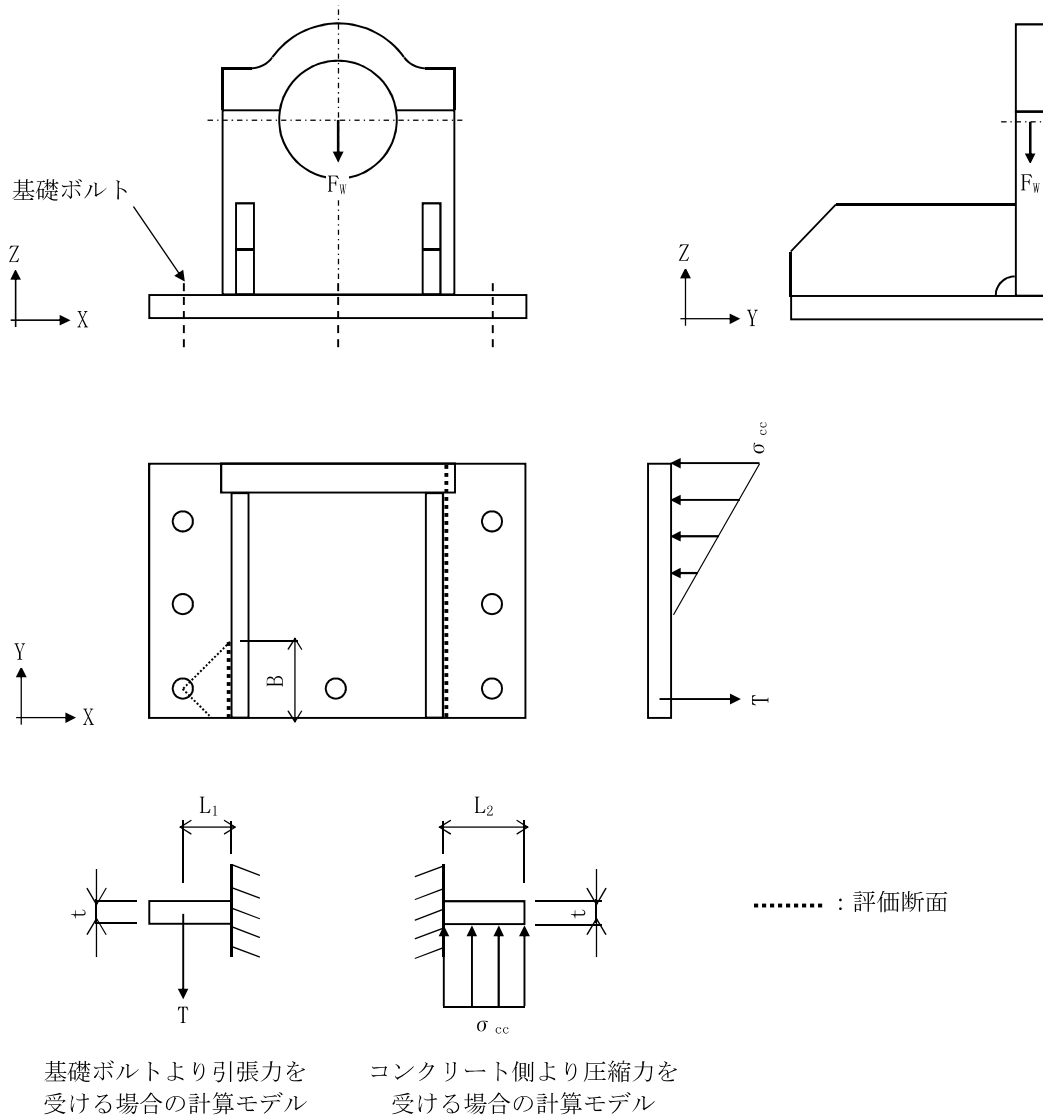


図1. 1-1-1 計算モデル図 (設計事象 I, 評価断面③)

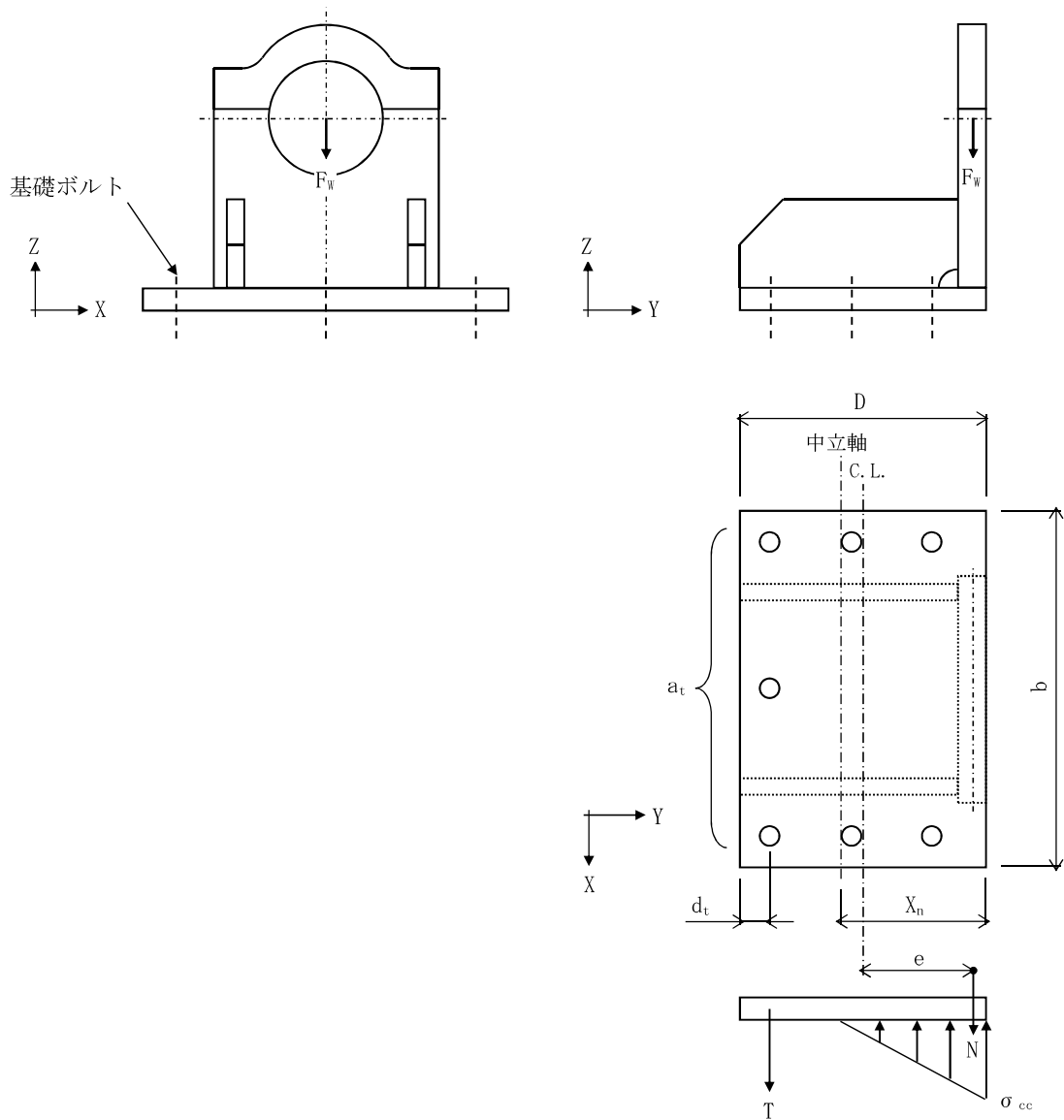


図1. 1-12 計算モデル図 (設計事象I, 基礎ボルト)

③ 解析結果

表1. 1-11に貯蔵時の評価結果を示す。

貯蔵時の輸送貯蔵兼用キャスク用支持架台は許容応力を満足している。

表1. 1-11 (1) 鋼製支持架台の評価 (タイプB)

部 位		応力の種類	計算値	許容応力
鋼製支持架台	評価断面①	圧縮	10 N/mm ²	186 N/mm ²
	評価断面②	圧縮	5 N/mm ²	187 N/mm ²
		曲げ	8 N/mm ²	188 N/mm ²
		組合せ	9 N/mm ²	188 N/mm ²
	評価断面③	曲げ	68 N/mm ²	188 N/mm ²
		せん断	8 N/mm ²	108 N/mm ²
		組合せ	69 N/mm ²	188 N/mm ²
基礎ボルト		引張	20 N/mm ²	226 N/mm ²

表1. 1-11 (2) コンクリート支持架台の評価

項目	記号	単位	ペデスタル					
			長期		短期			
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向		
断面力	曲げモーメント	Md	(kN・m)	105	0	293	250	
	軸力	Nd	(kN)	355	355	355	355	
	せん断力	Vd	(kN)	0	0	165	159	
応力度	コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	1.24	0.29	3.68	1.52
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	13.50	13.50
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$			0.14	0.03	0.27	0.11
		判定			OK	OK	OK	OK
	鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	14	4	93	24
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	294	294
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$			0.07	0.02	0.32	0.08
		判定			OK	OK	OK	OK
	せん断	せん断応力度	τ	(N/mm ²)	0.000	0.000	0.202	0.180
		許容せん断応力度	τ_a	(N/mm ²)	0.450	0.450	0.675	0.675
		$\tau / \tau_a \leq 1.0$			0.00	0.00	0.30	0.27
		判定			OK	OK	OK	OK

(実施計画：II-2-13-添3-1-50~62)

1.2 コンクリートモジュールの構造強度

(中略)

(2) 輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュール

1) 評価方針

本設備で使用する輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュールが、建築基準法に基づく規定を満たしていることを確認する。

2) 輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュールの構成

コンクリートモジュールの概略図を図1. 2-6に示す。

コンクリートモジュールは長辺側板3枚、短辺側板2枚、天板3枚のコンクリート製パネルで構成されている。それぞれのパネルは金物とボルトにより連結されている。

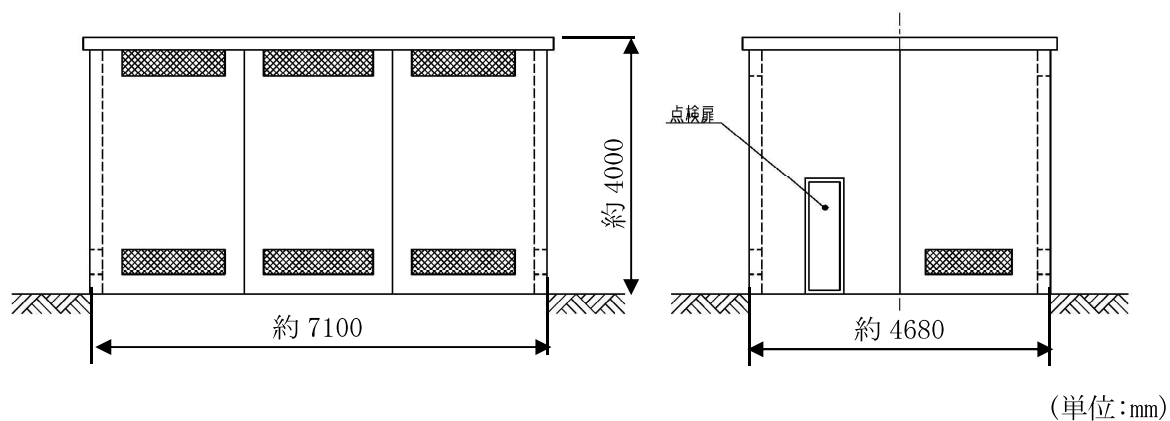


図1. 2-6 コンクリートモジュール概略図

3) 解析モデル

許容応力度設計及び各荷重に対する検討には3次元 FEM モデルを採用し、解析コードとして NASTRAN を用いる。

FEM モデルとして、コンクリートモジュールの PC 板（側板及び天板）及び接合部の金物は板厚一様な平板要素でモデル化する。PC 板と金物の接合部はボルト位置で同一変位とし、基礎とベースプレートの接合部はアンカーボルト位置で拘束する。解析モデルを図 1. 2-7 に示す。

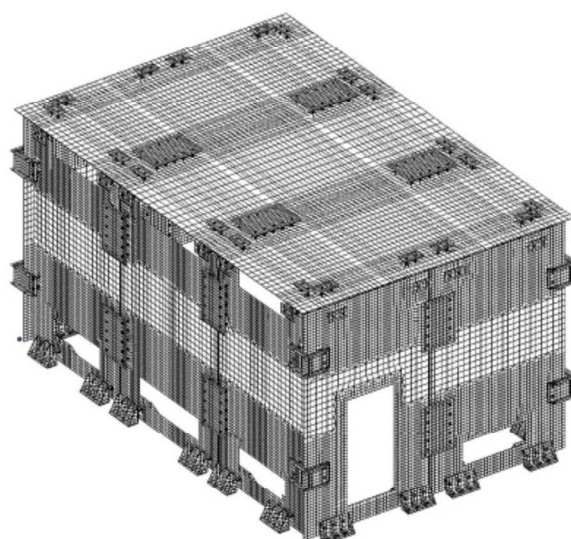


図 1. 2-7 コンクリートモジュールの解析モデル

4) 許容応力度

許容応力度を以下のように定める。材料の許容応力度は建築基準法・同施行令に定める値とし、表 1. 2-4 に示す。

表 1. 2-4 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

種類	長期		短期	
	引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A 及び B	195	195	295	295

5) 応力計算

① 応力評価点

応力評価点は SRSS 法により求められる各部材応力の中から最大応力となる部材を抽出して評価を行う。評価箇所は図 1. 2-8 に示す箇所とする。

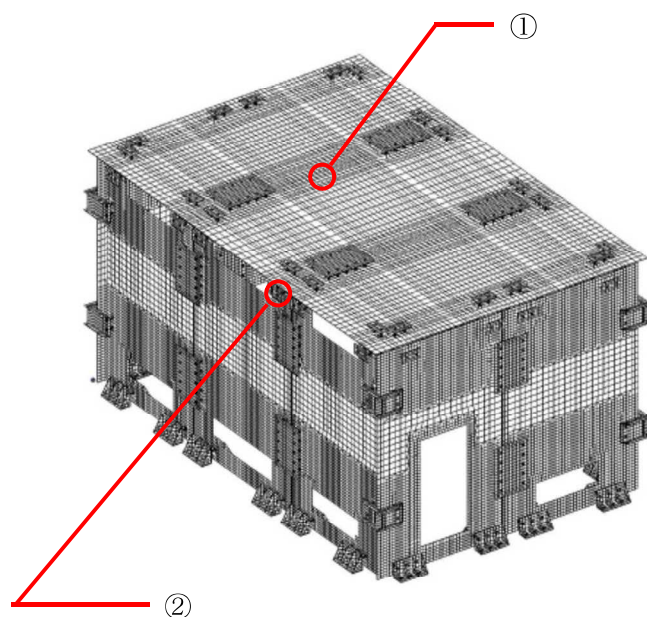


図 1. 2-8 応力評価箇所

応力評価箇所名称

- ① 天板パネル
- ② 側板パネル

② 荷重条件

コンクリートモジュールの強度評価においては建築基準法施行令第 82 条より表 1. 2-5 の荷重組合せに基づき評価を行う。なお、地震時の荷重に関しては 2.3 (2) にて別途評価を行っており、基準地震動 S_s において倒壊しないことを確認している。また、積雪時、暴風時の荷重は地震時の荷重に包絡されることから、ここでは常時の荷重のみ評価する。

A. 固定荷重

固定荷重は、鉄筋コンクリートで 24kN/m^3 、鋼材で 77kN/m^3 とし算定する。また、コンクリートの厚さは 200mm とする。仕上げは 0N/m^2 とする。

B. 積載荷重

積載荷重は 0 N/m^2 とする。

C. 積雪荷重

建築基準法施行令第 86 条、平成 12 年建設省告示第 1455 号、福島県建築基準法施行細則より設定する。

D. 風圧力

コンクリートモジュールに作用する風圧力は、建築基準法施行令第 87 条及び平成 12 年建設省告示第 1454 号により算定する。

表 1. 2-5 荷重組合せ

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	本設計
長期に生ずる力	常時	$G + P$
短期に生ずる力	積雪時 ^{※1}	$G + P + S$
	暴風時 ^{※1}	$G + P + W$
	地震時 ^{※2}	$G + P + K$

ただし、G：固定荷重，P：積載荷重，S：積雪荷重，W：風圧力によって生ずる力，K：地震力

※1 積雪荷重と風圧力の荷重の組合せに関する構造強度の評価は、2.3(2)の耐震性の評価に包絡される。

※2 地震時の荷重の組合せに関する評価は、2.3(2)の耐震性の評価にて行う。

③ 応力評価

A. 天板パネル(①) (図1. 2-9参照)

天板PC板 $t = 200$, 鉄筋 : SD295A ($L_{\sigma t} = 195 \text{ N/mm}^2$)

D10@200 (長辺方向 上筋, 短辺方向 上下筋) D10 : 断面積 $A = 71 \text{ mm}^2$

D13@200 (長辺方向 下筋) D13 : 断面積 $A = 127 \text{ mm}^2$

$d = 150\text{mm}$, $j = 131\text{mm}$

長期許容曲げモーメント (鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説より)

$$M_a = a_t \cdot f_t \cdot j$$

$\Rightarrow f_t = \frac{M_a}{a_t \cdot j}$ f_t を σ_t , M_a を M_d に置き換え, 鉄筋の引張応力度を算定する。

設計曲げモーメント

最大曲げモーメント 8118 Nmm/mm \rightarrow 1m 辺りに換算すると $M_d = 8.12 \text{ kNm}$

$$\sigma_t = \frac{M_d}{a_t \cdot j} = \frac{8.12 \times 10^6}{127 \times 5 \times 131} = 97.7 \text{ N/mm}^2$$

検定値

$$f_t / \sigma_t = 195 / 97.7 = 2.00 > 1.0 \dots \text{OK}$$

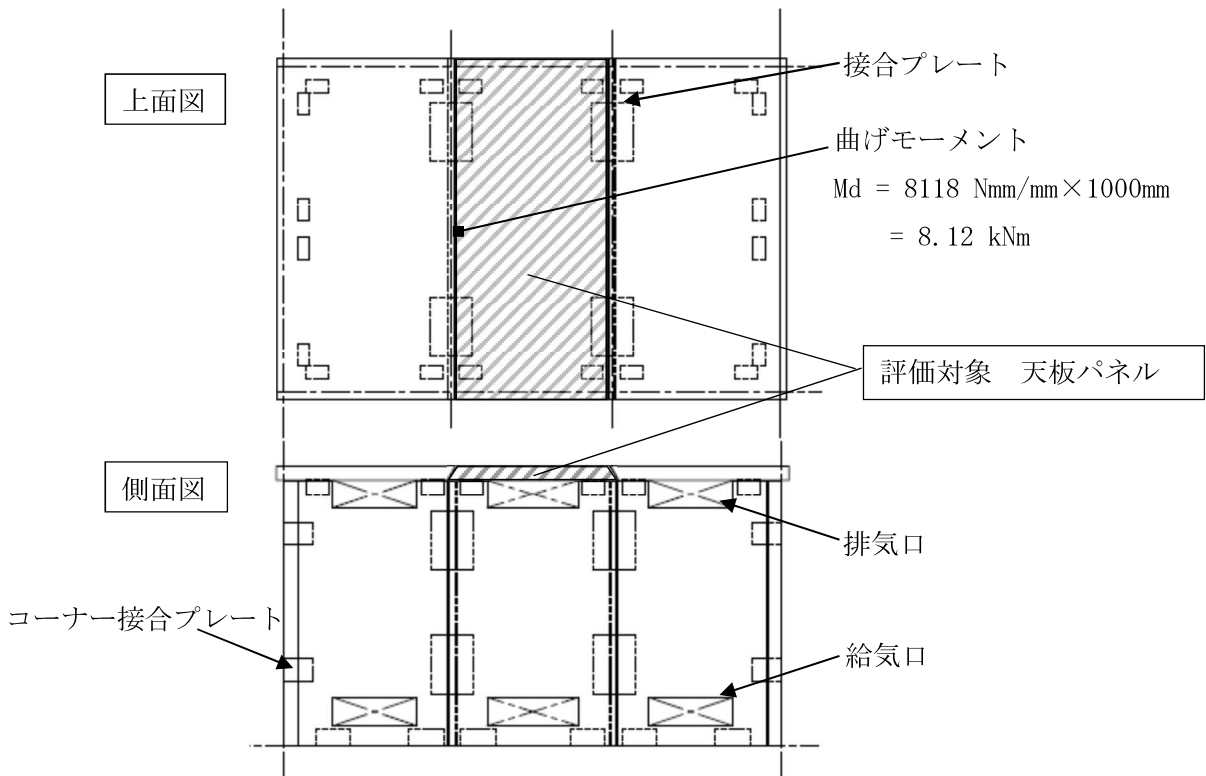


図1. 2-9 天板パネル

B. 側板パネル(②) (図1. 2-10参照)

側板 PC 版 $t = 200$, 鉄筋 : SD295A ($L_{\sigma t} = 195 \text{ N/mm}^2$)

D10@200 (縦筋・横筋, 内外共) D10 : 断面積 $A = 71 \text{ mm}^2$

D13 (開口部及び外周部の補強筋) D13 : 断面積 $A = 127 \text{ mm}^2$

$d = 150\text{mm}$, $j = 131\text{mm}$

長期許容曲げモーメント (鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説より)

$$M_a = a_t \cdot f_t \cdot j$$

$$\Rightarrow f_t = \frac{M_a}{a_t \cdot j} \quad f_t \text{ を } \sigma_t, M_a \text{ を } M_d \text{ に置き換え, 鉄筋の引張応力度を算定する。}$$

設計曲げモーメント

最大曲げモーメント 7151 Nmm/mm \rightarrow 500mm 辺りに換算すると $M_d = 3.58 \text{ kNm}$

$$\sigma_t = \frac{M_d}{a_t \cdot j} = \frac{3.58 \times 10^6}{(127 + 71 + 127) \times 131} = 84.1 \text{ N/mm}^2$$

検定値

$$f_t / \sigma_t = 195 / 84.1 = 2.32 > 1.0 \dots \text{OK}$$

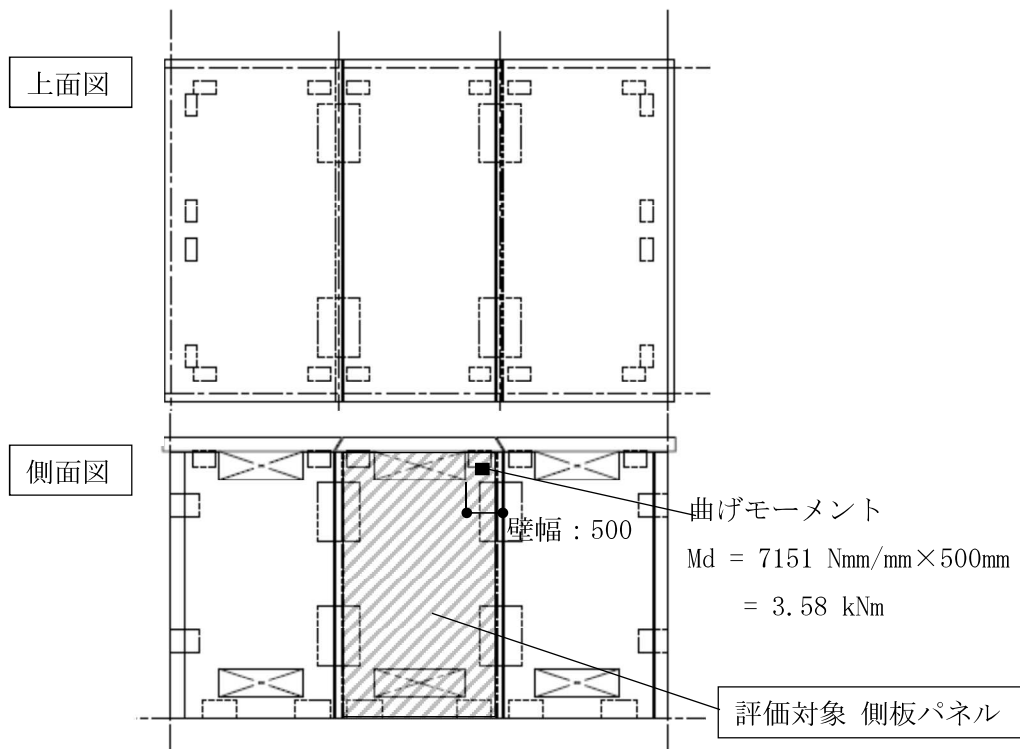


図1. 2-10 側板パネル

④ 評価結果

評価結果を表 1. 2-6 に示す。

表 1. 2-6 評価結果(N/mm²)

	項目	計算値	許容値	評価結果
①	天板パネル	97.7	195	OK
②	側板パネル	84.1	195	OK

以上よりコンクリートモジュールは建築基準法に基づく規定を満たしている。

(実施計画：II-2-13-添 3-1-70~76)

1.3 クレーンの構造強度

(1) 評価方針

本設備で使用するクレーンの構造強度がクレーン構造規格(平成7年12月26日 労働省告示第134号)に基づく規定を満たしていることを確認する。

(2) 構造強度評価の概要

評価対象とするクレーンの主要仕様を表1.3-1に、概要図を図1.3-1に示す。

表1.3-1 クレーンの仕様

項目	仕様
型式	門形クレーン
主巻定格	150ton
補巻定格	20ton
スパン	19m

構造強度評価においては以下の荷重に関して考慮する。

垂直動荷重: 定格荷重に吊具の質量を加えた荷重がクレーンに作用することによって生じる力。

垂直静荷重: クレーンを構成する部分のうち、垂直動荷重に含まれない部分の質量によって生じる力。

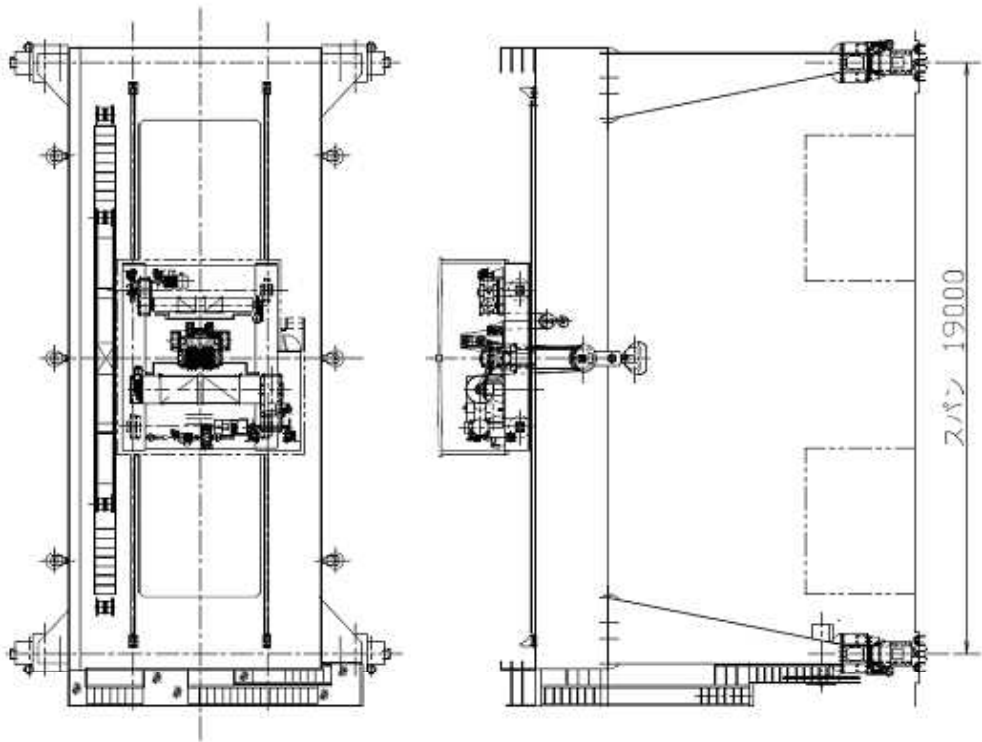
水平動荷重: クレーンの走行、横行、若しくは旋回に伴う慣性力、又は遠心力によって生じる力。

熱荷重: 温度変化により部材の伸縮が妨げられることによって生ずる力。当該クレーンは熱伸縮を拘束する構造でないため、熱荷重は生じない。

風荷重: クレーンが風を受けることにより生ずる力。

地震荷重: 垂直静荷重の二十パーセントに相当する水平荷重。

衝突荷重: クレーンが緩衝装置に衝突したときに生ずる力。



(単位: mm)

図 1. 3-1 クレーン全体図

(3) クレーン各部の応力評価

1) 評価対象部位の形状

評価対象箇所を図1. 3-2に示す。また評価対象部位の形状を図1. 3-3, 4に示す。

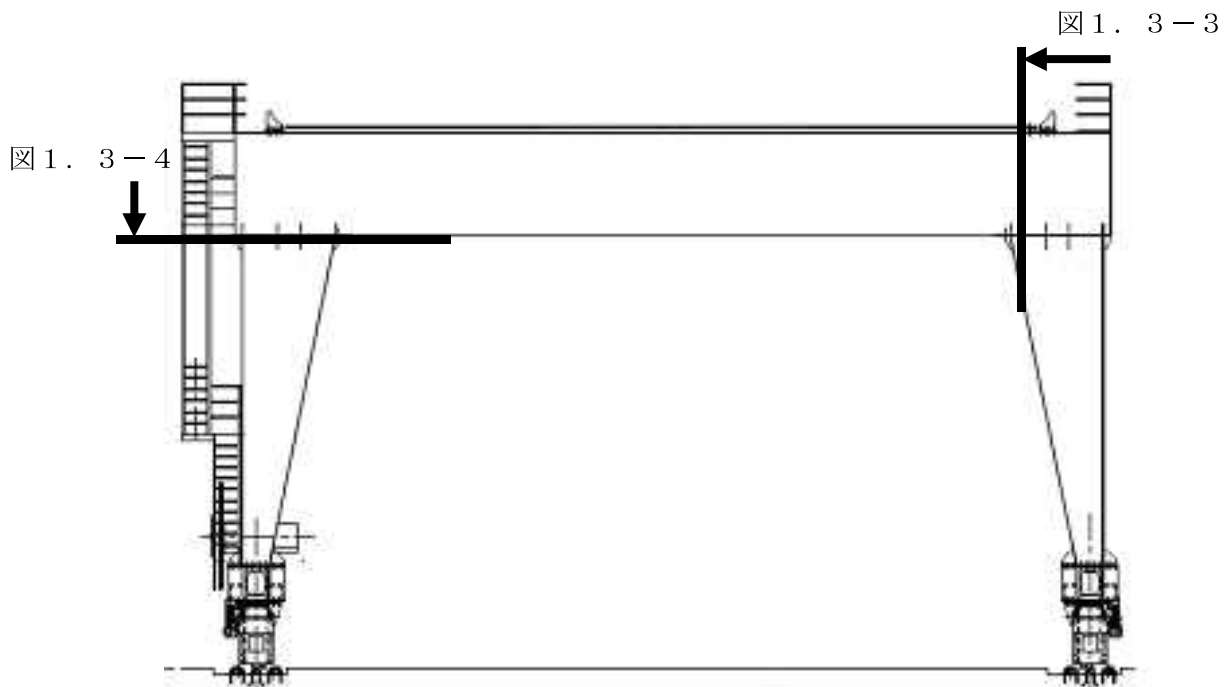
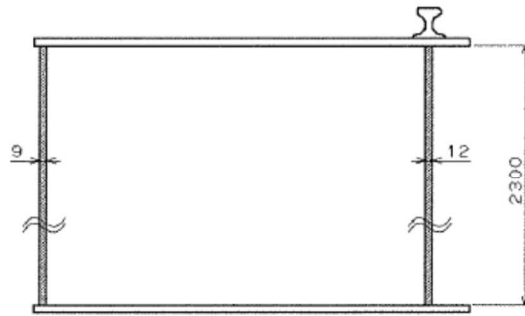
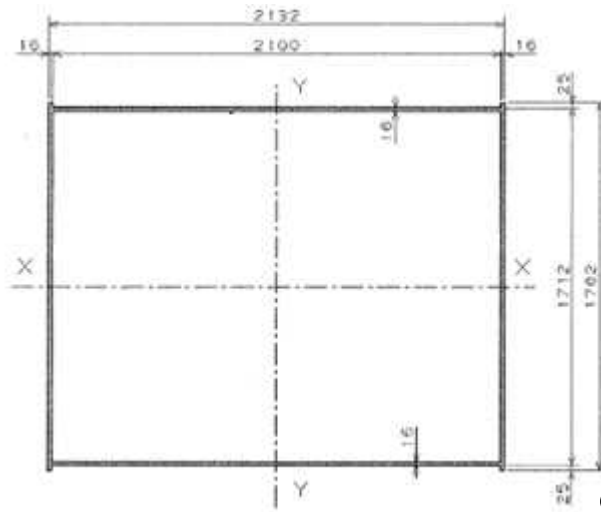


図1. 3-2 応力評価対象箇所



(単位:mm)

図 1. 3 - 3 本体ガーダ端部



(単位:mm)

図 1. 3 - 4 剛脚上部

2) 発生応力と許容応力

クレーン構造規格に基づき算出したクレーン各部に発生する応力と許容応力の比較を表1. 3-2に示す。

表1. 3-2 クレーン各部応力の評価結果

	材料	応力の組合せ ^{注1)}	算出応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	評価結果
本体ガード 下部	SM490A	構造規格第11条1項第1号	69	182	O. K.
		構造規格第11条1項第2号	70	209	O. K.
		構造規格第11条1項第3号	62	236	O. K.
		構造規格第11条1項第4号	58	236	O. K.
		構造規格第11条1項第5号	28	236	O. K.
本体ガード 上部	SM490A	構造規格第11条1項第1号	66	158	O. K.
		構造規格第11条1項第2号	67	181	O. K.
		構造規格第11条1項第3号	59	205	O. K.
		構造規格第11条1項第4号	55	205	O. K.
		構造規格第11条1項第5号	27	205	O. K.
剛脚	SS400	構造規格第11条1項第1号	15	127	O. K.
		構造規格第11条1項第2号	16	146	O. K.
		構造規格第11条1項第3号	14	165	O. K.
		構造規格第11条1項第4号	11	165	O. K.
		構造規格第11条1項第5号	12	165	O. K.

注1:構造規格における応力の組合せは以下の通り。

第1号: 衝撃係数及び作業係数を乗じた垂直動荷重, 作業係数を乗じた垂直静荷重, 作業係数を乗じた水平動荷重並びに熱荷重の組合せ

第2号: 衝撃係数及び作業係数を乗じた垂直動荷重, 作業係数を乗じた垂直静荷重, 作業係数を乗じた水平動荷重, 熱荷重並びにクレーンの作動時における風荷重の組合せ

第3号: 垂直動荷重, 垂直静荷重, 熱荷重及び地震荷重の組合せ

第4号: 垂直動荷重, 垂直静荷重, 熱荷重及び衝突荷重の組合せ

第5号: 垂直静荷重, 熱荷重及びクレーンの停止時における風荷重の組合せ

(4) 評価結果

以上から当該クレーンの構造強度はクレーン構造規格に基づく規定を満たしている。

(実施計画: II-2-13-添3-1-77~81)

構造強度及び耐震性について（増設 30 基）

1 構造強度

（中略）

1.5 コンクリート基礎

(1) 評価方針

長期荷重時のコンクリート基礎に対する要求性能は、キャスク支持架台とコンクリートモジュールを支持するとともに、基礎の傾斜がクレーンの許容傾斜量を下回ることである。ここでは、コンクリート基礎の構造強度評価を行い、基礎が要求性能を有していることを確認する。

評価の方法は、長期荷重時に対する梁モデルによる構造計算を行い、コンクリート基礎の応力度の照査，地盤改良体強度の照査，地盤の支持力度の照査を行うこととする。

(2) 評価方法の概要

1) 構造図面

図1.5-1～図1.5-4にキャスク配置図，基礎平面図，基礎断面図及び地盤改良断面図を示す。

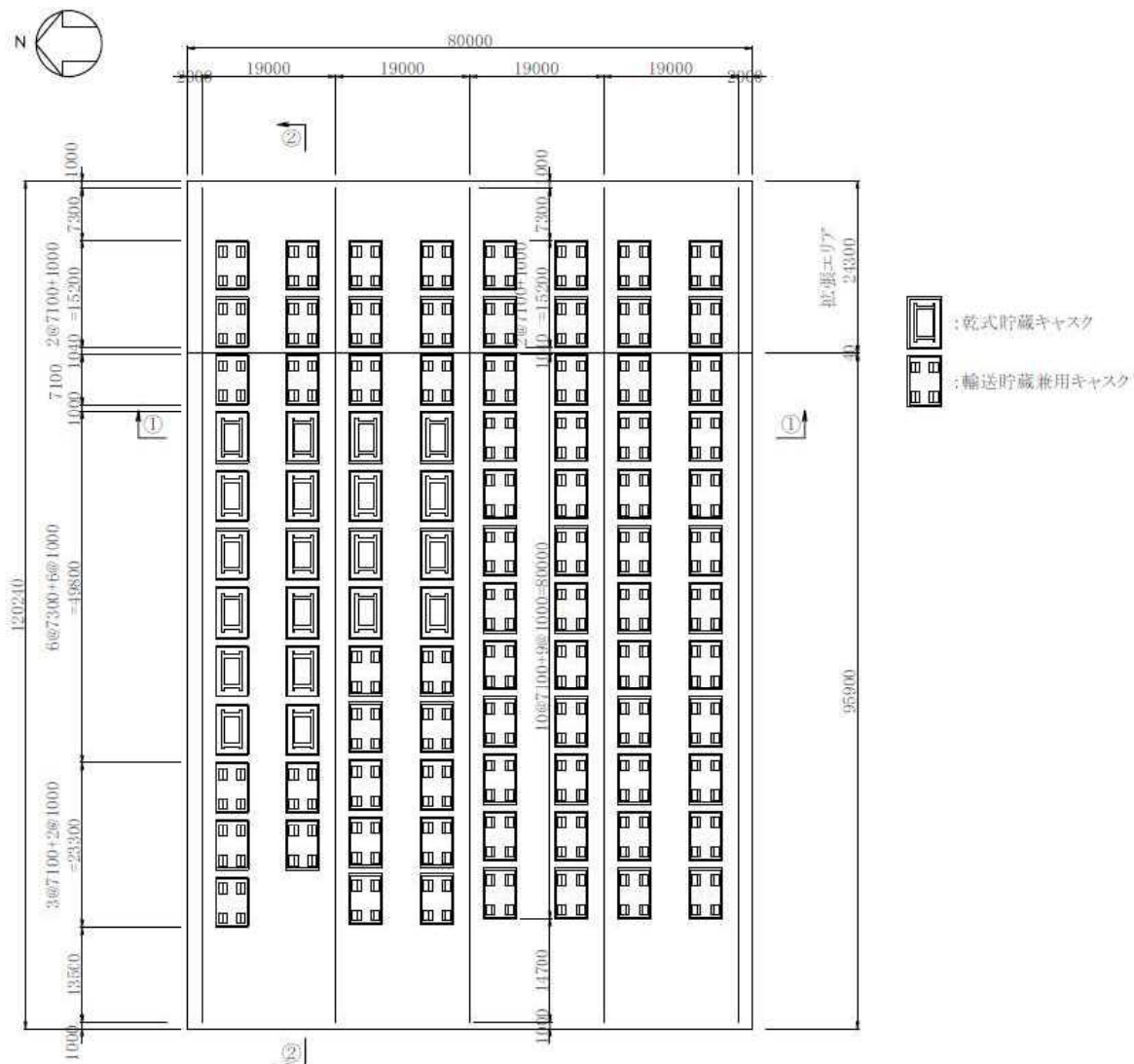


図1.5-1 キャスク配置図 (単位: mm)

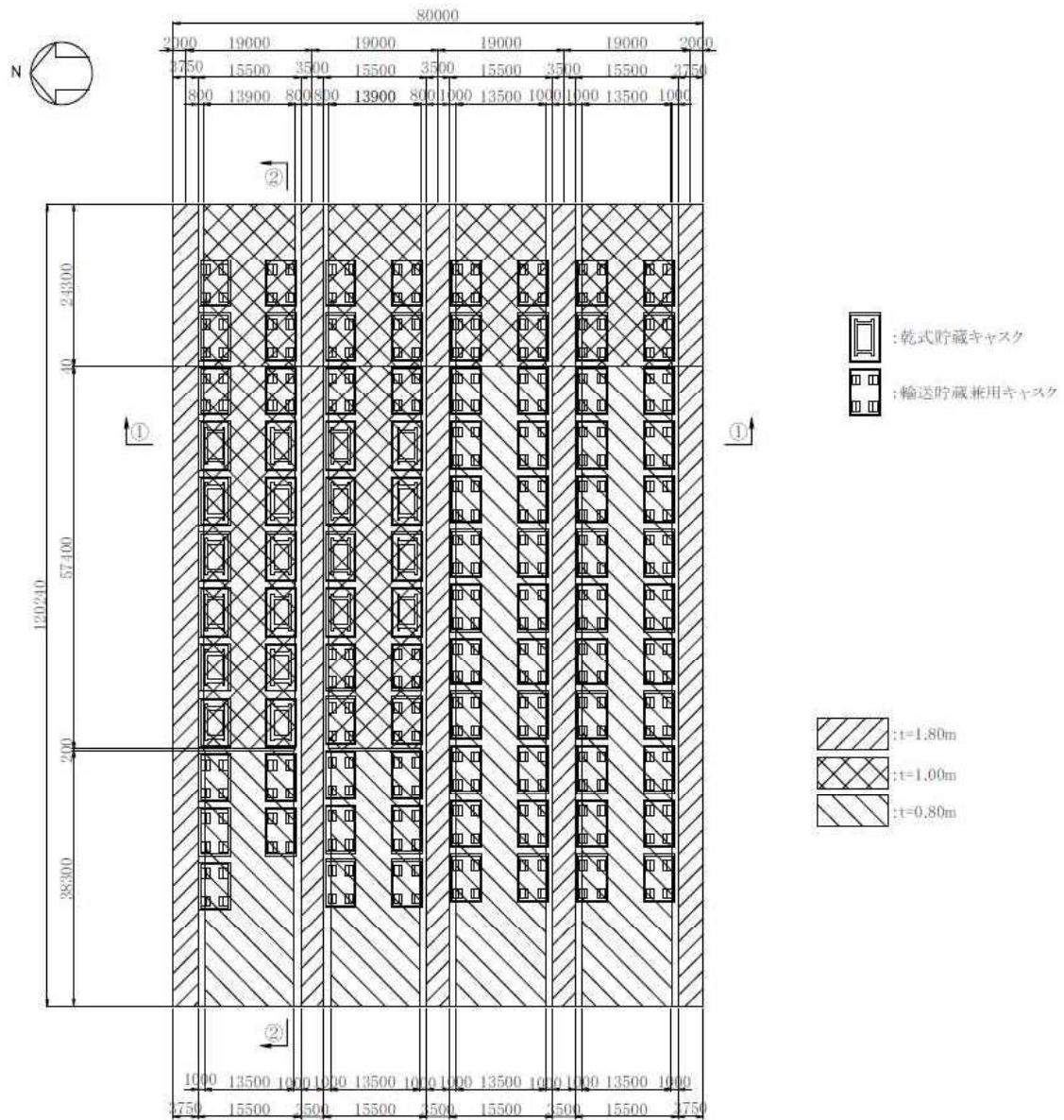


图 1. 5 - 2 基礎平面図 (单位 : mm)

2) 検討フロー

コンクリート基礎の構造強度の検討フローを図1. 5-5に示す。

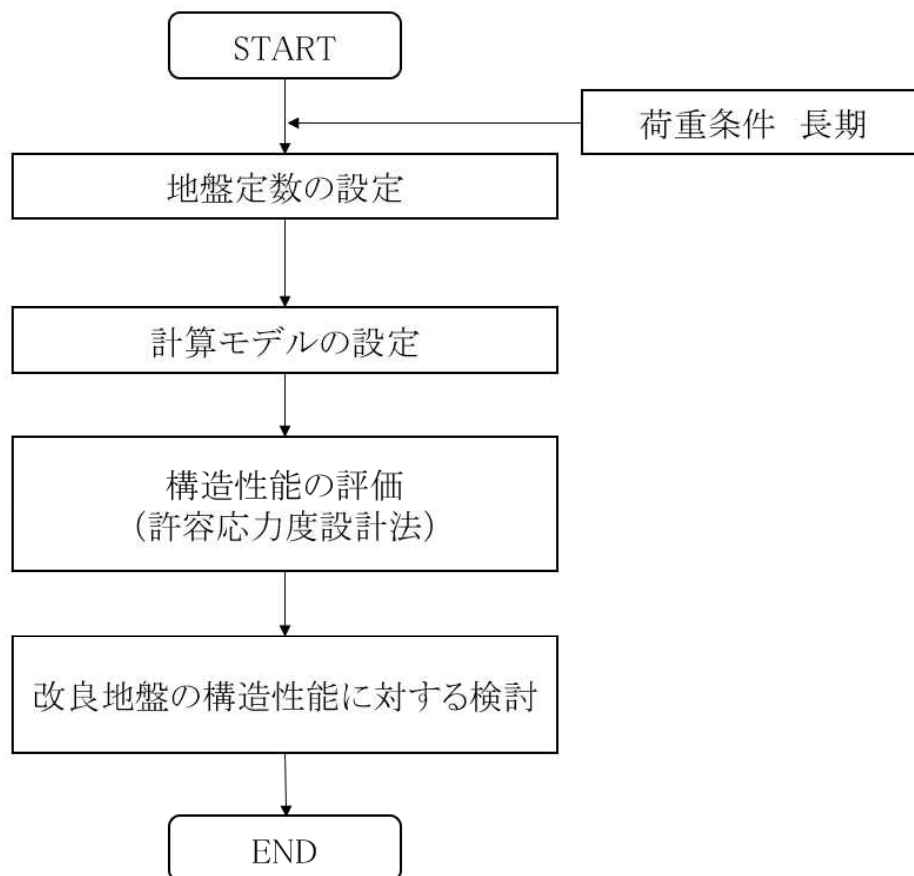


図1. 5-5 キャスク仮保管設備コンクリート基礎の構造強度の検討フロー

3) 準拠規準

コンクリート基礎の検討は、以下の法規及び規準類に準拠して行う。

- ① 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 (社) 日本電気協会
- ② 乾式キャスクを用いる使用済み燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 JEAC4616-2009 (社) 日本電気協会
- ③ コンクリート標準示方書 設計編 (2007) (社) 土木学会
- ④ コンクリート標準示方書 構造性能照査編 (2002) (社) 土木学会
- ⑤ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル (1992) (社) 土木学会
- ⑥ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (2005) (社) 土木学会
- ⑦ 道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編 (社) 日本道路協会 (平成 14 年)
- ⑧ 道路橋示方書・同解説 I 共通編 V 耐震設計編 (社) 日本道路協会 (平成 14 年)

4) 評価方法

構造強度の評価方法を表 1. 5-1 に示す。

表 1. 5-1 構造強度の評価方法

評価対象	評価方法	準拠基準
鉄筋コンクリート	コンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容応力度を下回ることを確認する。	④
改良地盤	改良地盤に作用する地盤反力度，せん断応力度が，改良地盤の許容圧縮応力度，許容せん断応力度を下回ることを確認する。	②
支持地盤	改良体下面に作用する地盤反力度が，許容地盤反力度を下回ることを確認する。	②及び⑦
基礎の沈下	クレーンレール部基礎の沈下に伴うレールの傾斜が許容値を下回ることを確認する。	—

5) 使用材料及び許容応力度

使用材料の仕様、物性値及び設計強度を表1. 5-2及び表1. 5-3に示す。

表1. 5-2 コンクリートの材料定数、許容応力度及び鉄筋の許容応力度

コンクリートの材料定数

	記号	単位	長期
ヤング係数	E	(N/mm ²)	2.50×10 ⁴
単位体積重量	γ	(kN/m ³)	24.0

コンクリートの仕様

	記号	単位	長期
設計基準強度	f' _{ck}	(N/mm ²)	24.00
許容圧縮応力度	σ _{ca}	(N/mm ²)	9.00
許容せん断応力度	τ _{al}	(N/mm ²)	0.45

鉄筋の仕様

	記号	単位	長期
品質	-	-	SD345
降伏強度	f _{yd}	(N/mm ²)	345
使用径	-	-	D13~D32
許容引張応力度	σ _{sa}	(N/mm ²)	196

表 1. 5 - 3 改良地盤，支持地盤の物性値，許容応力度
並びにクレーンレールの許容傾斜量

改良地盤の物性値，設計強度

	記号	単位	設計強度
設計圧縮強度	$_{ss}f_{sc}$	(N/m ²)	548
設計基準強度	F_{sc}	(N/m ²)	329
変形係数	E	(kN/m ²)	32900
許容圧縮応力度(長期)	f_{sc}	(N/m ²)	110
許容せん断応力度(長期)	f_{ss}	(N/m ²)	22
せん断強度	$_{ss}f_{ss}$	(N/m ²)	109.6

支持地盤の許容支持力度

	記号	単位	設計強度
許容支持力度	q_a	(kN/m ²)	667

クレーンの許容傾斜量

	記号	単位	長期
許容傾斜量	i	—	1/800

・キャスク荷重(CAL)

キャスクによる荷重を表1. 5-6に示す。

表1. 5-6 キャスク荷重

乾式貯蔵キャスク 1基当たり

	項目	単位	長期
NS 方向	鉛直力	(kN)	1280
	水平力	(kN)	0
	モーメント	(kN・m)	0
EW 方向	鉛直力	(kN)	1280
	水平力	(kN)	0
	モーメント	(kN・m)	89

輸送貯蔵兼用キャスク 1脚当たり

	項目	単位	長期
NS 方向	鉛直力	(kN)	320
	水平力	(kN)	0
	モーメント	(kN・m)	105
EW 方向	鉛直力	(kN)	320
	水平力	(kN)	0
	モーメント	(kN・m)	0

・モジュール荷重(MJL)

モジュールによる荷重を表1. 5-7に示す。

表1. 5-7 モジュール荷重

1基当たり

			単位	NS 方向断面	EW 方向断面
乾式貯蔵キャスク	長期	鉛直方向	(kN)	576	576
		水平方向	(kN)	0	0
輸送貯蔵兼用キャスク		鉛直方向	(kN)	565	566
		水平方向	(kN)	0	0

- ・風荷重(WL)

コンクリート基礎に対しては、風荷重は考慮しない(コンクリート基礎が扁平な形状であり大部分が地中構造物のため)。

- ・積雪荷重(SL)

積雪荷重については、考慮しない。

2) コンクリート基礎のモデル化

コンクリート基礎は梁バネモデルにより解析する。検討モデルは荷重と基礎形状の特性により、表1. 5-8に示す3タイプについてモデル化する。

表1. 5-8 検討タイプ

検討タイプ	考慮する設備荷重	形状特性
レール支持梁(EW方向)	クレーン	幅3.5m, 厚1.8mの一定形状
NS方向基礎	キャスク, モジュール	厚1.8m, 1.0m, 0.8m
EW方向基礎	キャスク, クレーン, モジュール	厚1.0m, 0.8m

3タイプの検討位置を図1. 5-6に、解析モデルを表1. 5-9に示す。

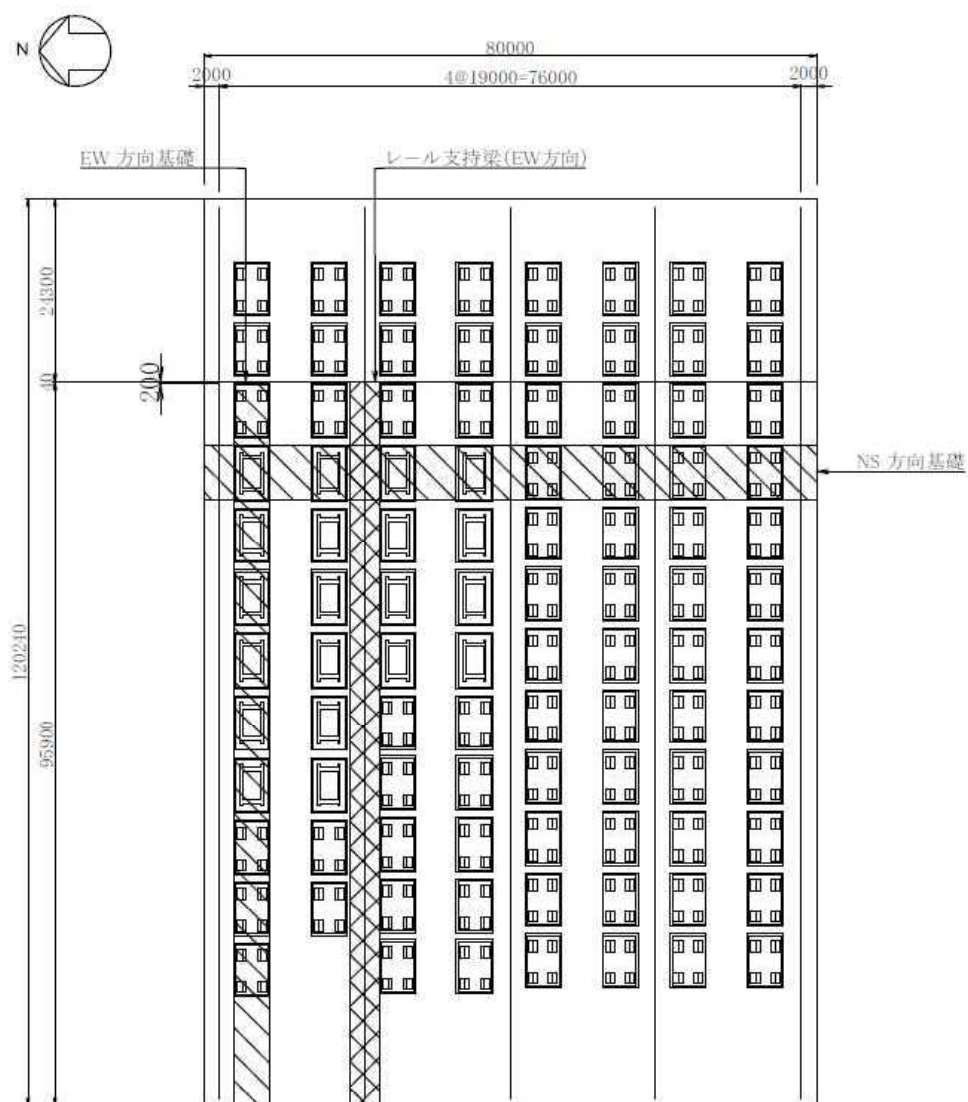


図1. 5-6 検討タイプ (単位: mm)

表1. 5-9 検討タイプの形状とモデル図

<p>レール支持梁</p>	
<p>N S 方向基礎</p>	
<p>E W 方向基礎</p>	

(単位:mm)

3) 荷重の組合せ

荷重組合せを表1. 5-10に示す。

表1. 5-10 コンクリート基礎の荷重組合せ

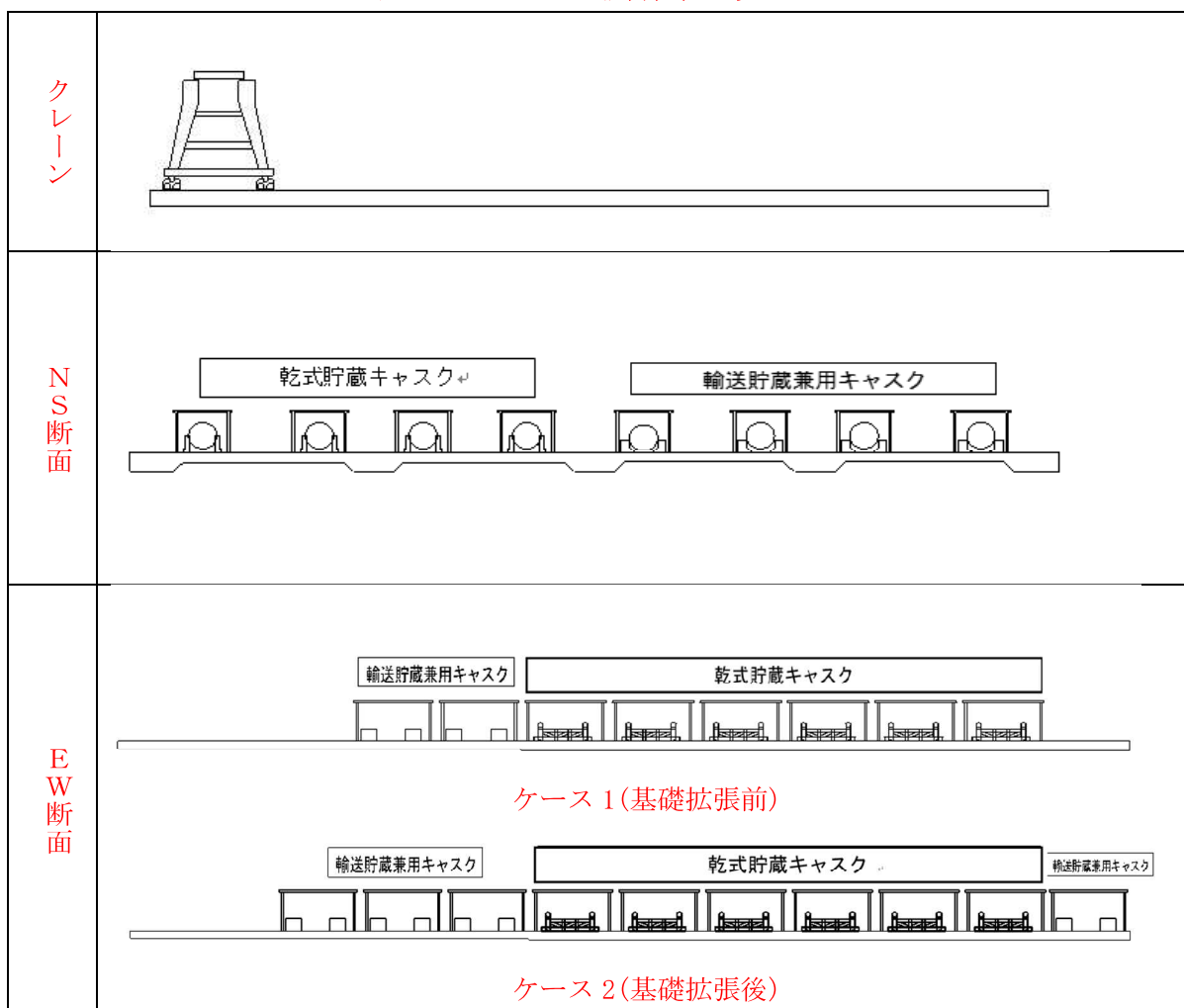
		荷重組合せ内容
レール支持梁	長期	VL+CL
NS 方向基礎		VL+CL+CAL+MJL
EW 方向基礎		VL+CAL+MJL

4) 基礎への載荷位置

解析時のクレーン及びキャスク・モジュールの載荷位置を表1. 5-11に示す。

クレーンについては待機位置への載荷とし、EW断面のキャスク・モジュールについては基礎拡張前と基礎拡張後の2ケースについて検討を行う。

表1. 5-11 載荷位置一覧



5) 設計断面力

各断面について最大値（負の値は最小値）を抽出し、設計断面力とする。

(4) 構造強度の評価

構造強度の評価は次式に示すように応力度が許容応力度を下回ることを確認する。

曲げ応力度の照査

$$\sigma_c \leq \sigma_{ca}$$

$$\sigma_s \leq \sigma_{sa}$$

ここに、

σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

σ_{ca} : コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

σ_s : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

せん断応力度の照査

$$\tau \leq \tau_a$$

ここに、

τ : コンクリートのせん断応力度 (N/mm²)

τ_a : コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm²)

断面検討結果を表 1. 5-12～表 1. 5-20, 図 1. 5-7～図 1. 5-8 に示す。

断面検討の結果, すべての検討箇所において応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表 1. 5-12 断面諸元 (レール支持梁 (EW 方向))

項目		記号	単位	レール支持梁	
部材	部材幅	b	(mm)	3500	
	部材高	h	(mm)	1800	
鉄筋	1 段目	位置	d	(mm)	525
		鉄筋	-	-	D25
		断面積	-	(cm ²)	5.067
		本数	-	(本)	24.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	121.61
	2 段目	位置	d	(mm)	866
		鉄筋	-	-	D25
		断面積	-	(cm ²)	5.067
		本数	-	(本)	6.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	30.40
	3 段目	位置	d	(mm)	1658
		鉄筋	-	-	D32
		断面積	-	(cm ²)	7.942
		本数	-	(本)	24.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	190.61
	せん断	鉄筋	-	-	D22
断面積		-	(cm ²)	3.871	
本数		-	(本)	4.000	
配置間隔		S _a	(mm)	450	

表 1. 5-13 断面力 (レール支持梁 (EW 方向))

項目		記号	単位	長期
上側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	-1797
	軸力	N _d	(kN)	142
	せん断力	V _d	(kN)	0
下側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	414
	軸力	N _d	(kN)	90
	せん断力	V _d	(kN)	260
せん断力 最大	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	249
	軸力	N _d	(kN)	88
	せん断力	V _d	(kN)	-695

表 1. 5-14 照査結果 (レール支持梁 (EW 方向))

項目		記号	単位	長期	
上側引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-1797
		軸力	N_d	(kN)	142
		せん断力	V_d	(kN)	0
	コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	2.34
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.26
		判定		-	OK
	鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	107
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.55
		判定		-	OK
	下側引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)
軸力			N_d	(kN)	90
せん断力			V_d	(kN)	260
コンクリート		圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	0.41
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.05
		判定		-	OK
鉄筋		引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	12
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.06
		判定		-	OK
せん断力		断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)
	軸力		N_d	(kN)	88
	せん断力		V_d	(kN)	695
	せん断応力度		τ	(N/mm ²)	0.137
	許容せん断応力度		τ_a	(N/mm ²)	0.450
	$\tau / \tau_a \leq 1.0$		-	0.30	
	判定		-	OK	

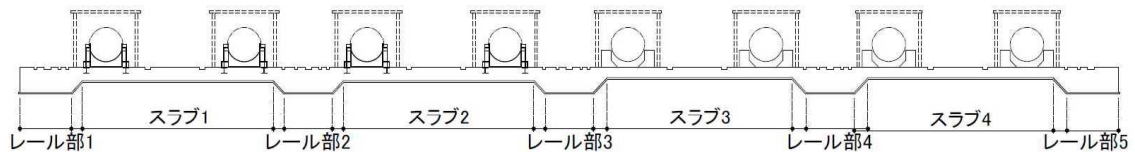


図 1. 5-7 NS 方向基礎検討位置図

表 1. 5-15 断面諸元 (NS 方向基礎レール・スラブ)

項目		記号	単位	レール部 1	レール部 2	レール部 3	レール部 4	レール部 5	
部材	部材幅	b	(mm)	8300	8300	8300	8300	8300	
	部材高	h	(mm)	1650	1650	1650	1650	1650	
鉄筋	1 段目	位置	d	(mm)	350	350	350	540	540
		鉄筋	-	-	D25	D25	D25	D32	D32
		断面積	-	(cm ²)	5.067	5.067	5.067	7.942	7.942
		本数	-	(本)	110.000	55.000	55.000	55.000	55.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	557.37	278.69	278.69	436.81	436.81
	2 段目	位置	d	(mm)	1540	1540	1540	1540	1540
		鉄筋	-	-	D32	D32	D32	D32	D32
		断面積	-	(cm ²)	7.942	7.942	7.942	7.942	7.942
		本数	-	(本)	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	436.81	436.81	436.81	436.81	436.81
	せん断	鉄筋	-	-	D16	D16	D16	D16	D16
		断面積	-	(cm ²)	1.986	1.986	1.986	1.986	1.986
		ピッチ	-	(mm)	600	600	600	600	600
		本数	-	(本)	13.833	13.833	13.833	13.833	13.833
		配置間隔	S _s	(mm)	900	900	900	900	900

項目		記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	
部材	部材幅	b	(mm)	8300	8300	8300	8300	
	部材高	h	(mm)	850	850	650	650	
鉄筋	1 段目	位置	d	(mm)	350	350	100	100
		鉄筋	-	-	D25	D25	D25	D25
		断面積	-	(cm ²)	5.067	5.067	5.067	5.067
		本数	-	(本)	110.000	55.000	55.000	110.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	557.37	278.69	278.69	557.37
	2 段目	位置	d	(mm)	740	740	540	540
		鉄筋	-	-	D25	D25	D32	D32
		断面積	-	(cm ²)	5.067	5.067	7.942	7.942
		本数	-	(本)	55.000	55.000	55.000	55.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	278.69	278.69	436.81	436.81
	せん断	鉄筋	-	-	D16	D16	D16	D16
		断面積	-	(cm ²)	1.986	1.986	1.986	1.986
		ピッチ	-	(mm)	600	600	600	600
		本数	-	(本)	13.833	13.833	13.833	13.833
		配置間隔	S _s	(mm)	600	600	600	600

表1. 5-16 断面力 (NS方向基礎レール・スラブ)

※：レール部2, 3, 4, 5では上側引張が発生しない。

項目		記号	単位	レール部 1	レール部 2	レール部 3	レール部 4	レール部 5	
上側 引張	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-385	※				
	軸力	N_d	(kN)	116					
	せん断力	V_d	(kN)	-251					
下側 引張	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	622	1453	1043	1200	563	
	軸力	N_d	(kN)	-5	76	82	41	12	
	せん断力	V_d	(kN)	604	347	-638	-657	-80	
せん断力 最大	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	560	1453	1043	1200	550	
	軸力	N_d	(kN)	120	76	82	41	9	
	せん断力	V_d	(kN)	-640	347	-638	-657	-289	

項目		記号	単位	スラブ1	スラブ2	スラブ3	スラブ4
上側 引張	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-2242	-1160	-1025	-960
	軸力	N_d	(kN)	99	107	65	25
	せん断力	V_d	(kN)	0	0	0	0
下側 引張	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	1005	1336	1055	1200
	軸力	N_d	(kN)	80	120	53	41
	せん断力	V_d	(kN)	166	317	641	-657
せん断力 最大	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	813	1336	-137	1200
	軸力	N_d	(kN)	88	120	59	41
	せん断力	V_d	(kN)	1045	-963	644	-657

表 1. 5-17 (1) 照査結果 (NS 方向基礎レール)

項目		記号	単位	レール部 1	レール部 2	レール部 3	レール部 4	レール部 5	
上側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-385	※			
		軸力	N_d	(kN)	116				
		せん断力	V_d	(kN)	-251				
	コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	0.16				
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00				
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$	-	0.02					
		判定	-	OK					
	鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	5				
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196				
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$	-	0.02					
判定		-	OK						
下側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	622	1453	1043	1200	563
		軸力	N_d	(kN)	-5	76	82	41	12
		せん断力	V_d	(kN)	604	347	-638	-657	-80
	コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	0.25	0.59	0.42	0.51	0.24
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$	-	0.03	0.07	0.05	0.06	0.03	
		判定	-	OK	OK	OK	OK	OK	
	鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	10	23	16	19	9
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196	196
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$	-	0.05	0.12	0.08	0.1	0.05	
判定		-	OK	OK	OK	OK	OK		
せん 断力	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	560	1453	1043	1200	550
		軸力	N_d	(kN)	120	76	82	41	9
		せん断力	V_d	(kN)	641	347	638	657	290
	せん断応力度	τ	(N/mm ²)	0.057	0.031	0.057	0.059	0.036	
	許容せん断応力度	τ_a	(N/mm ²)	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	
	$\tau / \tau_a \leq 1.0$	-	0.13	0.07	0.13	0.13	0.08		
	判定	-	OK	OK	OK	OK	OK		

※：レール部 2, 3, 4, 5 では上側引張が発生しない。

表 1. 5-17 (2) 照査結果 (NS 方向基礎スラブ)

項目		記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	
上側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-2242	-1160	-1025	-960
		軸力	N_d	(kN)	99	107	65	25
		せん断力	V_d	(kN)	0	0	0	0
	コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	4.83	3.17	2.29	1.66
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.54	0.35	0.25	0.18
		判定		-	OK	OK	OK	OK
	鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	94	93	75	37
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.48	0.47	0.38	0.19
		判定		-	OK	OK	OK	OK
	下側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	1005	1336	1055
軸力			N_d	(kN)	80	120	53	41
せん断力			V_d	(kN)	166	317	641	-657
コンクリート		圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	1.71	2.23	2.13	2.17
		許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00
		$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.19	0.25	0.24	0.24
		判定		-	OK	OK	OK	OK
鉄筋		引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	47	65	51	59
		許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196
		$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.24	0.33	0.26	0.30
		判定		-	OK	OK	OK	OK
せん断 力		断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	813	1336	-137
	軸力		N_d	(kN)	88	120	59	41
	せん断力		V_d	(kN)	1045	964	644	657
	せん断応力度		τ	(N/mm ²)	0.194	0.179	0.120	0.122
	許容せん断応力度		τ_a	(N/mm ²)	0.450	0.450	0.450	0.450
	$\tau / \tau_a \leq 1.0$		-	0.43	0.40	0.27	0.27	
	判定		-	OK	OK	OK	OK	



図1. 5-8 EW方向基礎検討位置図

表1. 5-18 断面諸元 (EW方向基礎)

項目		記号	単位	スラブ1	スラブ2	スラブ3	スラブ4	スラブ5	スラブ6	
部材	部材幅	b	(mm)	5170	5170	5170	5170	5170	5170	
	部材高	h	(mm)	800	800	1000	1000	1000	1000	
鉄筋	1段目	位置	d	(mm)	113	113	113	113	113	113
		鉄筋	-	-	D13	D13	D13	D13	D13	D13
		断面積	-	(cm ²)	1.267	1.267	1.267	1.267	1.267	1.267
		本数	-	(本)	17.000	17.000	14.000	14.000	14.000	14.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	21.54	21.54	17.74	17.74	17.74	17.74
	2段目	位置	d	(mm)	275	275	525	525	525	525
		鉄筋	-	-	D25	D25	D25	D25	D25	D25
		断面積	-	(cm ²)	5.067	5.067	5.067	5.067	5.067	5.067
		本数	-	(本)	28.000	28.000	32.000	32.000	32.000	32.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	141.88	141.88	162.14	162.14	162.14	162.14
	3段目	位置	d	(mm)	661	661	866	866	866	866
		鉄筋	-	-	D25	D25	D22	D22	D22	D22
		断面積	-	(cm ²)	5.067	5.067	3.871	3.871	3.871	3.871
		本数	-	(本)	34.000	34.000	34.000	34.000	34.000	34.000
		鉄筋量	A _s	(cm ²)	172.28	172.28	131.61	131.61	131.61	131.61
	せん断	鉄筋	-	-	D16	D16	D16	D16	D16	D16
		断面積	-	(cm ²)	1.986	1.986	1.986	1.986	1.986	1.986
		ピッチ	-	(mm)	600	600	600	600	600	600
		本数	-	(本)	8.617	8.617	8.617	8.617	8.617	8.617
配置間隔		S _s	(mm)	600	600	600	600	600	600	

表 1. 5-19 断面力 (EW 方向基礎)

項目		記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	スラブ 5	スラブ 6	
長期 ケース 1	上側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	-651	-730	-123	-123	※	-66
		軸力	N _d	(kN)	0	0	-2	-2		0
		せん断力	V _d	(kN)	-60	0	0	0		0
	下側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	※	906	326	293	1160	856
		軸力	N _d	(kN)		-3	-3	0	-2	-2
		せん断力	V _d	(kN)		468	-273	235	0	-235
	せん断力 最大	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	-524	721	326	180	678	678
		軸力	N _d	(kN)	0	-3	-3	-2	0	0
		せん断力	V _d	(kN)	-76	-618	-273	241	-378	-378

項目		記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	スラブ 5	スラブ 6	
長期 ケース 2	上側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	-606	-365	-74	-76	-181	-522
		軸力	N _d	(kN)	0	-3	-2	-2	-2	-3
		せん断力	V _d	(kN)	0	0	0	0	0	0
	下側 引張	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	431	892	114	59	32	56
		軸力	N _d	(kN)	0	-3	-3	-2	-2	-3
		せん断力	V _d	(kN)	481	468	-225	-122	-128	183
	せん断力 最大	曲げモーメント	M _d	(kN・m)	431	719	114	8	-84	56
		軸力	N _d	(kN)	0	-3	-3	-2	-2	-3
		せん断力	V _d	(kN)	481	-612	-225	188	212	-527

※ケース 1 スラブ 1 では下側引張が、スラブ 5 では上側引張が発生しない。

表 1. 5-20 (1) 照査結果 (EW 方向基礎ケース 1)

項目			記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	スラブ 5	スラブ 6			
長期 ケース 1	上側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-651	-730	-123	-123	※	-66		
			軸力	N_d	(kN)	0	0	-2	-2		0		
			せん断力	V_d	(kN)	-60	0	0	0		0		
		コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	2.61	2.93	0.49	0.49		0.26		
			許容曲げ圧縮応 力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00		9.00		
			$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.29	0.33	0.05	0.05		0.03		
			判定		-	OK	OK	OK	OK		OK		
		鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	113	127	29	29		16		
			許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196		196		
			$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.58	0.65	0.15	0.15		0.08		
			判定		-	OK	OK	OK	OK		OK		
		下側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	※	906	326		293	1160	856
				軸力	N_d	(kN)		-3	-3		0	-2	-2
				せん断力	V_d	(kN)		468	-273		235	0	-235
	コンクリート		圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	2.84		0.71	0.64	2.53	1.87		
			許容曲げ圧縮応 力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00		9.00	9.00	9.00	9.00		
			$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$		-	0.32		0.08	0.07	0.28	0.21		
			判定		-	OK		OK	OK	OK	OK		
	鉄筋		引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	87		25	22	87	64		
			許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196		196	196	196	196		
			$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$		-	0.44		0.13	0.11	0.45	0.33		
			判定		-	OK		OK	OK	OK	OK		
	せん断 力		断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)		-524	721	326	180	678	678
				軸力	N_d	(kN)		0	-3	-3	-2	0	0
		せん断力		V_d	(kN)	76	619	274	242	378	378		
		せん断応力度		τ	(N/mm ²)	0.032	0.207	0.070	0.062	0.096	0.096		
		許容せん断応力度		τ_a	(N/mm ²)	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450		
$\tau / \tau_a \leq 1.0$		-	0.07	0.46	0.16	0.14	0.21	0.21					
判定		-	OK	OK	OK	OK	OK	OK					

※ケース 1 スラブ 1 では下側引張が、スラブ 5 では上側引張が発生しない。

表 1. 5-20 (2) 照査結果 (EW 方向基礎ケース 2)

項目			記号	単位	スラブ 1	スラブ 2	スラブ 3	スラブ 4	スラブ 5	スラブ 6		
長期 ケース 2	上側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	-606	-365	-74	-76	-181	-522	
			軸力	N_d	(kN)	0	-3	-2	-2	-2	-3	
			せん断力	V_d	(kN)	0	0	0	0	0	0	
		コンクリート	圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	2.43	1.46	0.30	0.30	0.72	2.07	
			許容曲げ圧縮応 力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
			$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$	-	0.27	0.16	0.03	0.03	0.08	0.23		
			判定	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
		鉄筋	引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	105	63	18	18	43	124	
			許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196	196	196	
			$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$	-	0.54	0.32	0.09	0.09	0.22	0.63		
			判定	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
		下側 引張	断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	431	892	114	59	32	56
				軸力	N_d	(kN)	0	-3	-3	-2	-2	-3
				せん断力	V_d	(kN)	481	468	-225	-122	-128	183
	コンクリート		圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	1.35	2.80	0.25	0.13	0.07	0.12	
			許容曲げ圧縮応 力度	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
			$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$	-	0.15	0.31	0.03	0.01	0.01	0.01		
			判定	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
	鉄筋		引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	41	85	9	5	2	4	
			許容引張応力度	σ_{sa}	(N/mm ²)	196	196	196	196	196	196	
			$\sigma_s / \sigma_{sa} \leq 1.0$	-	0.21	0.43	0.04	0.02	0.01	0.02		
			判定	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
	せん断 力		断面力	曲げモーメント	M_d	(kN・m)	431	719	114	8	-84	56
				軸力	N_d	(kN)	0	-3	-3	-2	-2	-3
		せん断力		V_d	(kN)	481	612	226	189	213	528	
		せん断応力度	τ	(N/mm ²)	0.203	0.205	0.058	0.048	0.054	0.135		
		許容せん断応力度	τ_a	(N/mm ²)	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450		
$\tau / \tau_a \leq 1.0$		-	0.45	0.45	0.13	0.11	0.12	0.30				
判定		-	OK	OK	OK	OK	OK	OK				

(5) 改良地盤の構造強度に対する検討

1) 検討方針

検討は「JEAC 4616-2009」に準拠し、長期荷重により発生する荷重に対して許容応力度を満足することを確認する。

改良地盤の許容応力度は、改良地盤の設計圧縮強度、圧縮応力度及びせん断応力度に対する安全率に基づき設定する。

支持地盤の許容支持力度は、支持地盤の極限支持力度に対する安全率に基づき設定する。

2) 検討モデル

改良地盤の範囲は、コンクリート基礎下面から G.L. -3.90m までである。図 1. 5-9 に地盤改良平面図、図 1. 5-10 に 1-1 断面を示す。

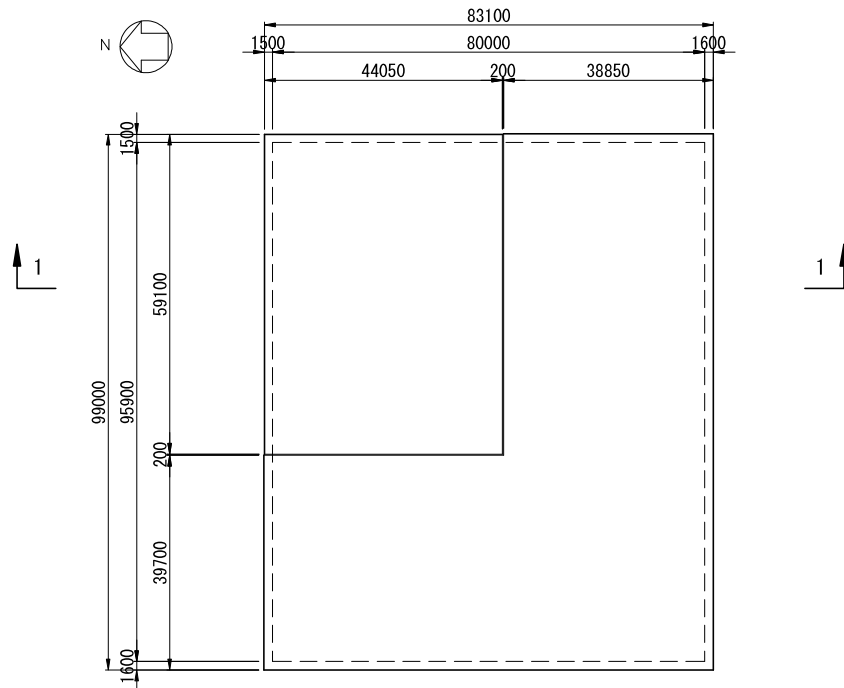


図 1. 5-9 地盤改良平面図 (単位: mm)

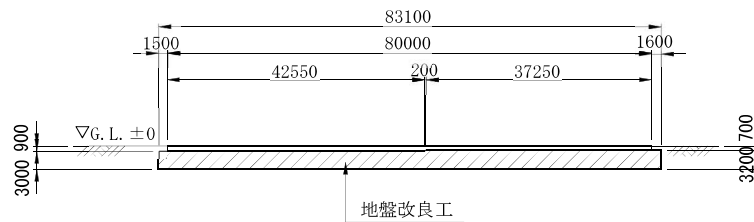


図 1. 5-10 1-1 断面 (単位: mm)

3) 改良地盤に生じる地盤反力度に対する検討

改良地盤に生じる地盤反力度に対する検討は、改良地盤に発生する最大地盤反力度（梁バネモデルにより算出するバネ反力度）が改良地盤の許容圧縮応力度を下回ることを確認する。

$$q_{\max} \leq f_{sc}$$

ここに、

q_{\max} : 最大地盤反力度 (kN/m²)

f_{sc} : 改良地盤の許容圧縮応力度 (kN/m²)

長期 $f_{sc} = 110$ (kN/m²)

安全率の検討結果を表 1. 5-21 に示す。検討結果より改良地盤に発生する最大地盤反力度が改良地盤の許容圧縮応力度を下回ることを確認した。

表 1. 5-21 改良地盤の地盤反力度に対する検討結果（基礎下面）

		最大地盤 反力度 q_{\max} (kN/m ²)	改良地盤の 許容圧縮応力度 f_{sc} (kN/m ²)	検定値 q_{\max}/f_{sc}	判定
レール支持梁	長期	103	110	0.94 < 1.0	OK
NS 方向スラブ	長期	83	110	0.75 < 1.0	OK
EW 方向スラブ	長期	76	110	0.69 < 1.0	OK

4) 改良地盤に生じるせん断応力に対する検討

改良地盤に生じるせん断応力に対する検討は、改良地盤に発生する最大せん断応力度が許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_{\max} \leq f_{SS}$$

$$\tau_{\max} = \kappa \cdot \tau$$

$$f_{SS} = 1/5 \cdot f_{SC}$$

ここに、

τ_{\max} : 最大せん断応力度 (kN/m²)

f_{SS} : 改良地盤の許容せん断応力度 (kN/m²)

κ : 形状係数 ($\kappa = 1.2$)

τ : 平均せん断応力度 (kN/m²)

f_{SC} : 改良地盤の許容圧縮応力度 (kN/m²)

長期 ${}_L f_{SC} = 110$ (kN/m²)

${}_L f_{SS} = 1/5 \cdot 110 = 22$ (kN/m²)

長期 $\tau = 0.046$ (kN/m²) $\tau_{\max} = 0.046 \times 1.2 = 0.055$ (kN/m²)

せん断応力度の検討結果を表 1. 5-22 に示す。検討結果より改良地盤に発生する最大せん断応力度が許容せん断応力度を下回ることを確認した。

表 1. 5-22 改良地盤のせん断応力度に対する検討結果

	最大せん断 反力度 τ_{\max} (kN/m ²)	許容せん断 応力度 ${}_L f_{SS}$ (kN/m ²)	検定値 τ_{\max}/f_{SS}	判定
長期	0.055	22	0.003 < 1.0	OK

5) 支持力の検討

改良地盤直下の支持地盤については、改良体下面に作用する設計地盤反力度が許容支持力度を下回ることを確認する。

$$q_{\max} \leq q_a$$

ここに、

q_{\max} : 最大地盤反力度 (kN/m²) 長期 $q_{\max} = 99.7$ (kN/m²)

q_a : 支持地盤の許容支持力度 (kN/m²) 長期 $q_a = 667$ (kN/m²)

支持力の検討結果を表 1. 5-23 に示す。検討結果より改良体下面に作用する設計地盤反力度が許容支持力度を下回ることを確認した。

表 1. 5-23 支持力に対する検討結果

	設計地盤 反力度 q_{\max} (kN/m ²)	支持地盤の 許容支持力度 q_a (kN/m ²)	検定値 q_{\max}/q_a	判定
長期	99.7	667	0.15 < 1.0	OK

6) 基礎の沈下に対する検討

レール支持梁において、梁の傾斜量が許容値を下回ることを確認する。傾斜量は梁モデルの隣接格点の沈下差を要素長で除して求める。基礎の沈下の検討結果を表 1. 5-24 に示す。検討結果より梁の傾斜量が許容値を下回ることを確認した。

表 1. 5-24 基礎の沈下に対する検討結果

	傾斜量	許容傾斜量	判定
長期	1/1075	1/800	OK

(実施計画：II-2-13-添 3-2-2~30)

構造強度評価における既設 65 基と増設 30 基の比較について

支持架台、コンクリートモジュール及びクレーンの構造強度評価における評価項目及び評価項目に対する既設 65 基と増設 30 基の比較を表 1～3 に示す。

表 1～3 より既設 65 基と増設 30 基の構造強度評価は同一であるため、増設 30 基で要求される構造強度を有している。

表 1 支持架台の評価項目に対する比較

項目			既設 65 基と増設 30 基の比較
仕様	輸送貯蔵兼用 キャスク	重量	・既設と増設は同一仕様
		寸法	
	支持架台	重量	・既設と増設は同一仕様
		材料	
解析条件	鋼製支持架台、基礎ボルト、コンクリート支持架台	機械荷重	・既設と増設で同一設備を使用した同一手順によるキャスク取扱いであり、設計事象も既設と増設で同一であるため、生じる機械荷重も同一
解析モデル	構造解析モデル		・既設と増設は同一仕様であるため解析モデルも同一
構造解析	応力評価式		・既設と同一設備を使用した同一手順によるキャスク取扱いであり、設計事象も既設と同一であるため用いる応力評価式も同一

表2 コンクリートモジュールの評価項目に対する比較

項目		既設 65 基と増設 30 基の比較	
仕様	コンクリート モジュール	重量	・既設と増設は同一仕様
		寸法	
		材料	
荷重条件	固定荷重		・既設と増設は同一仕様であるため荷重も同一
	積載荷重		
	積雪荷重		・既設と同様に建築基準法を適用
	風圧力		
解析モデル	3次元 FEM モデル		・既設と増設は同一仕様であるため解析モデルも同一
構造解析	解析コード		・評する価場合、既設と増設は同一の解析コード NASTRAN を使用

表3 クレーンの評価項目に対する比較

項目		既設 65 基と増設 30 基の比較	
仕様	クレーン	重量	・既設クレーンを増設設備でも使用
		寸法	
		材料	
荷重条件	垂直動荷重		・既設クレーンを使用するため荷重条件は同一
	垂直静荷重		
	水平動荷重		・既設評価と同様にクレーン構造規格を適用
	熱荷重		
	風荷重		
	地震荷重		
	衝突荷重		

2 安全評価

増設するキャスク仮保管設備^{*}が措置を講ずべき事項を満たすにあたって適用する主な関連規則等を以下に示す。また、設計要求事項に対する具体的な設計及び措置を表1に示す。

※輸送貯蔵兼用キャスクは「使用済燃料乾式キャスクの基数変更及び収納可能燃料の追加」（令和5年3月15日申請，令和6年1月15日認可）の申請範囲であり，本申請の申請範囲外であるため除外する。

○主な関連規則等

- ・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（以下，「設置許可基準規則」という）
- ・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈
- ・ 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（以下，「貯蔵事業許可基準規則」という）
- ・ 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

表1 設計要求事項に対する具体的な設計及び措置

設計項目		設計要求事項	具体的な設計及び措置
安全機能	除熱機能	基本的な安全機能を維持する観点から、輸送貯蔵兼用キャスクの温度を制限される値以下に維持できる設計であること	コンクリートモジュールの除熱評価について、コンクリートモジュールは既設と同一仕様であり、輸送貯蔵兼用キャスクの発熱量も既設と同一であることから、添付資料-4-1の既設評価を引用することとする。(別紙-2参照)
		コンクリートモジュールは、輸送貯蔵兼用キャスクの除熱機能を阻害しない設計かつ、コンクリートモジュールの給排気口は積雪等により閉塞しない設計であること	既設キャスクも含め、3ヶ月以内に1回の頻度で巡視点検に合わせてコンクリートモジュール給排気口の閉塞有無を確認する。また、その旨をマニュアル等に反映する。
		使用済燃料を輸送貯蔵兼用キャスクに収納するに当たり、除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料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必要な措置が講じられること	燃料配置ごとに収納可能な使用済燃料の仕様をマニュアル等に反映する。
		コンクリートモジュール内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視できること	既設キャスクも含め、3ヶ月以内に1回の頻度で巡視点検に合わせてコンクリートモジュール内の雰囲気温度の測定を実施する。また、その旨をマニュアル等に反映する。
		使用済燃料及び輸送貯蔵兼用キャスクの温度が制限される値以下に維持されていることを評価するために必要なデータを測定等により取得できること	既設設備と同様に表面温度監視装置を設置する。管理・運用については添付資料-6を引用することとする。(別紙-3参照)
	密封機能	蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること	既設設備と同様に密封監視装置を設置する。管理・運用については添付資料-6を引用することとする。(別紙-3参照)
	遮蔽機能	使用済燃料を輸送貯蔵兼用キャスクに収納するに当たり、遮蔽機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた当該使用済燃料の配置の条件又は範囲を逸脱しないよう必要な措置が講じられること	燃料配置ごとに収納可能な使用済燃料の仕様をマニュアル等に反映する。
		貯蔵建屋(キャスク仮保管設備においては輸送貯蔵兼用キャスクを収納するコンクリートモジュールをいう。)を設置する場合には、当該貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下したときにおいても、工場等周辺の実効線量は周辺監視区域外における線量限度を超えないこと	既設を含むすべてのコンクリートモジュールの遮蔽機能が喪失した場合でも敷地境界線量が1mSv/yを超えないことを添付資料-1-2を引用して示す。(別紙-4参照)
	臨界防止機能	キャスク仮保管設備は、当該施設内における輸送貯蔵兼用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臨界を防止する対策が講じられていること	型式証明申請書及び型式指定申請書において、キャスク相互の中性子干渉を考慮した評価を行っているため、型式指定申請書を引用することとする。(別紙-5参照)
	落下防止対策	キャスク仮保管設備は、乾式キャスクの落下防止及び乾式キャスク相互の衝突防止等の適切な対策を講ずる	キャスク仮保管設備は既設と同一仕様であり、輸送貯蔵兼用キャスクの取り扱いも既設と同様であるため、輸送貯蔵兼用キャスクの落下防止及び輸送貯蔵兼用キャスク相互の衝突防止等については添付資料-3-1及び添付資料-5を引用することとする。(別紙-6参照)

安全評価について（既設 65 基）

1 除熱機能

（中略）

1.2 コンクリートモジュールの除熱機能

（中略）

(2) 輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュール

1) 基本的な考え方

コンクリートモジュール内の除熱評価においては、コンクリートモジュール及び輸送貯蔵兼用キャスクを適切にモデル化し、三次元熱流動解析コード FLUENT を用いて輸送貯蔵兼用キャスク周囲温度、コンクリートモジュールの各部コンクリート温度を評価する。

コンクリートモジュール内に保管されたキャスクの崩壊熱は次の伝熱形態で最終的に外界へ放熱される。

- ① 使用済燃料から乾式キャスク表面に伝えられた崩壊熱の大部分は、キャスク近傍の空気に対流と伝導により伝達される。崩壊熱の一部については、ふく射及び支持架台を介する伝導によりコンクリートモジュールに伝えられる。
- ② コンクリートモジュールへ伝わった熱は構造材を介した伝導伝熱及び対流により外界（外気、地中など）に放出される。あるいは、対流と伝導によってモジュール内の空気に伝わり、その自然換気に従って外界に放出される。

本評価は輸送貯蔵兼用キャスク B におけるコンクリートモジュール内の除熱評価である。

2) 設計基準

設計基準を表1. 2-9に示す。

表1. 2-9 設計基準

対象箇所	設計基準	設計基準温度
キャスク周囲温度	乾式キャスク除熱評価のインプット条件となる制限温度	45°C以下
モジュールの コンクリート材	コンクリート材の構造強度が確保される制限温度	65°C以下 ¹⁾

1) 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格(JSME S NE1-2003)

3) 評価条件

コンクリートモジュールの除熱評価の解析モデルは以下の通りとする。

- ・ 保管状態のキャスク 1 基を含むコンクリートモジュール及び基礎スラブを解析対象とし、コンクリートモジュール及びキャスク形状の対称性を想定して 1/2 区分を模擬(モデル化)する。(図1. 2-7 参照)
- ・ 輸送貯蔵兼用キャスク B は直径約 2.5m, 全長約 5.3m であるが、保守的に形状寸法が大きく流路の圧力損失が大きくなるよう直径約 2.5m, 全長約 5.4m の円柱形状で模擬する。(図1. 2-7 参照)
- ・ 評価に用いる直径約 2.5m, 全長約 5.4m の円柱形状のモデルと輸送貯蔵兼用キャスク B の発熱量から求められる熱流束が等しくなるよう、評価に用いる発熱量は、 $15.3\text{kW} \times (\text{直径約 } 2.5\text{m}, \text{全長約 } 5.4\text{m} \text{ の円柱形状のモデルの表面積} / \text{B 型キャスクの表面積})$ とし、 15.9kW とする。
- ・ 解析で模擬しない部分の圧力損失要素として、給排気口に設置するグレーチングと外気が給排気口に流入/流出する際の縮流/拡流の圧力損失を、給排気面を換気流が通過する際に発生する圧力損失として付与する(相当する圧力損失係数の設定)。
- ・ コンクリートモジュール温度を保守的に評価するため、モジュール外壁表面及び床基礎スラブ底面は断熱条件とする。また、キャスク上面側のモジュール壁面に設けられる点検扉及び給気口(1面)は模擬しない。(図1. 2-7 参照) なお、モジュール外壁表面での外気との熱の出入りを考慮した評価については参考資料に示す。

図1. 2-7に三次元熱流動解析の評価領域を示す。また、評価条件を表1. 2-10に示す。

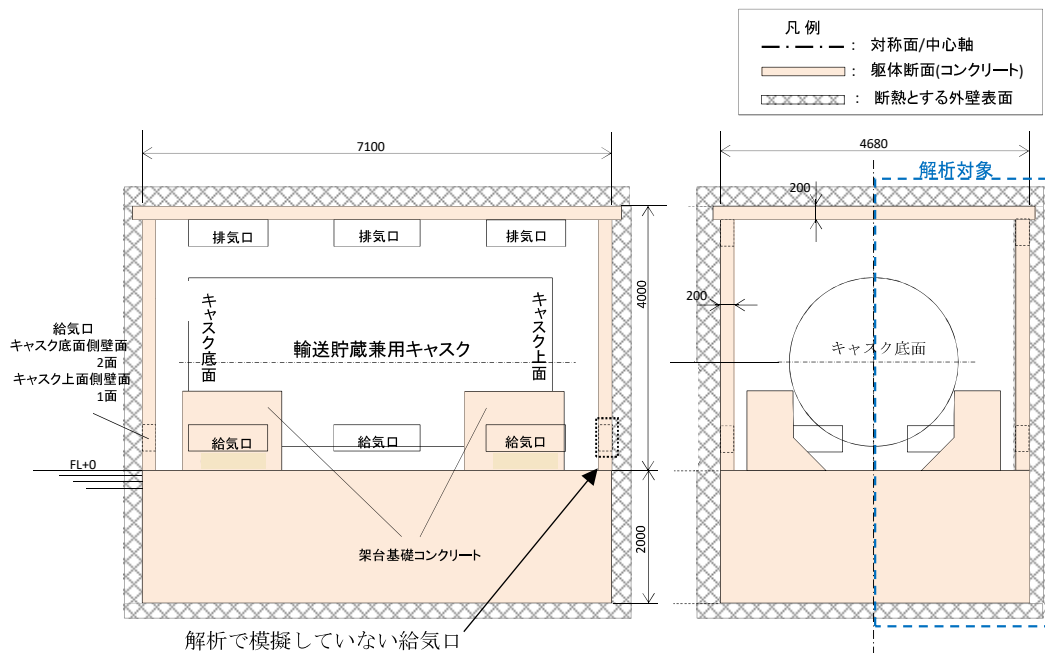


図1. 2-7 三次元熱流動解析の評価領域
(コンクリートモジュール断面(単位:mm))

表1. 2-10 評価条件

項目	評価条件	備考
設計給気温度 (°C)	29.4	小名浜特別地域気象観測所で観測された2007年~2011年の夏季(6月~9月)毎正時観測データにおける累積出現率が99%となる最高温度
発熱量 (kW)	15.9	評価に用いる円柱形状モデルの表面の熱流束が輸送貯蔵兼用キャスク B の表面の熱流速と等しくなる値。 15.3kW×(直径約2.5m, 全長約5.4mの円柱形状のモデルの表面積/B型キャスクの表面積)より設定。キャスク全表面(上面, 側面, 底面)に一樣な熱流束を設定する。

4) 評価方法

三次元熱流動解析コード FLUENT を用いて、伝導、対流、ふく射が共存する伝熱流動場の支配方程式系を解くことにより、キャスク周囲温度及びコンクリートモジュール温度を評価する。

図1. 2-8 に FLUENT での解析モデル図を示す。

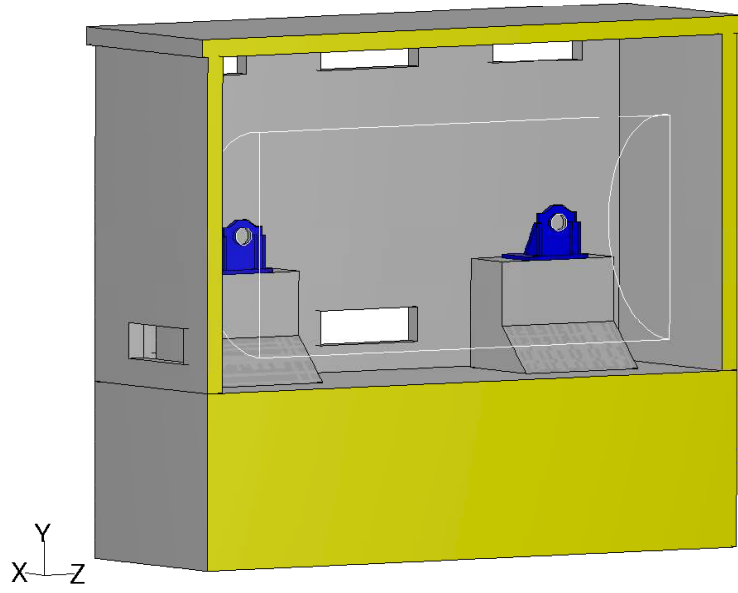


図1. 2-8 コンクリートモジュールの解析モデル図

5) 評価結果

評価結果を以下に示す。

A. 空気温度(キャスク周囲温度及び排気温度)

表1. 2-11に三次元熱流動解析によるコンクリートモジュール内の平均空気温度と排気温度を示す。三次元熱流動解析の結果から、コンクリートモジュール内の平均空気温度は34.8℃、排気温度は40.3℃であり、設計基準温度45℃を満足する。

B. コンクリートモジュールの温度

表1. 2-12に三次元熱流動解析によるコンクリートモジュール最高温度値、図1. 2-9にコンクリートモジュール内壁表面(天井面、側壁面、床面)及びコンクリート支持架台の温度分布図を示す。

コンクリートモジュールのコンクリート材最高温度は57.6℃(側壁)となり、設計基準温度65℃を満足する。

表1. 2-11 三次元熱流動解析による空気温度

(単位:℃)

キャスク型式	項目	評価結果	設計基準温度
輸送貯蔵兼用 キャスク	コンクリートモジュール内の平均空気温度	34.8	45
	排気温度	40.3	

表1. 2-12 三次元熱流動解析によるコンクリートモジュール温度の最高値

(単位:℃)

評価部位	評価結果	設計基準温度
天井面	54.8	65
側壁面	57.6	
床面	50.2	
コンクリート支持架台	54.7	

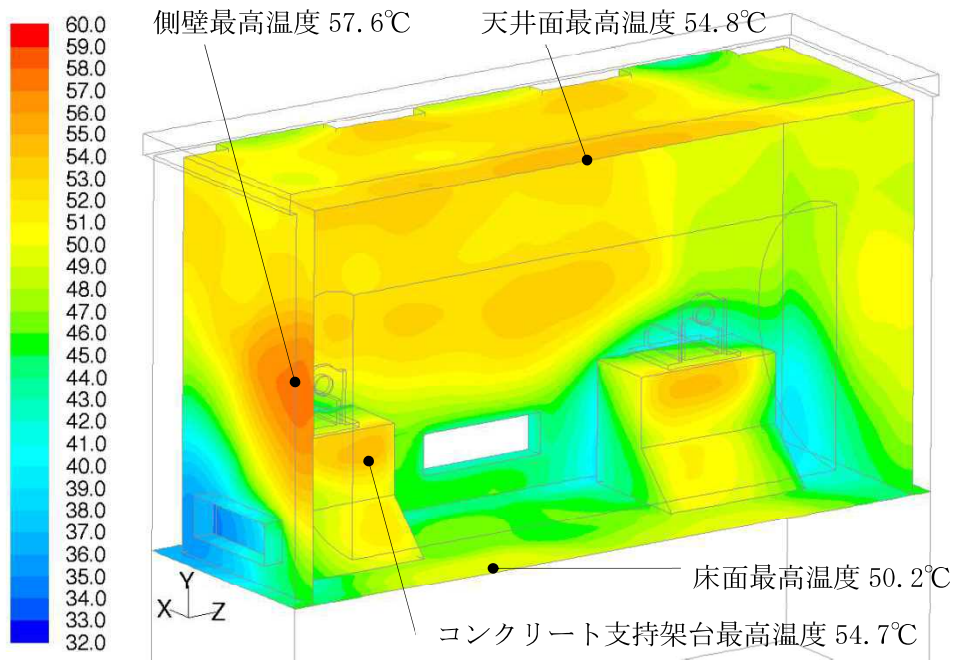


図1. 2-9 コンクリートモジュール内壁表面温度分布

外気との熱の出入りを考慮した除熱評価について（輸送貯蔵兼用キャスク）

コンクリートモジュールの除熱評価においては、モジュール外壁表面及び床基礎スラブ底面は断熱条件とし評価を実施している。ここでは、モジュール壁面での外気との熱の出入りを考慮した評価を行い、モジュール外壁表面を断熱とする条件における評価との比較・検討を実施する。なお、床基礎スラブ底面は断熱条件とする。評価条件等は乾式貯蔵キャスク用コンクリートモジュールでの除熱評価と同様である。

1) 評価条件

評価条件を表 1. 2-13 に示す。評価は、三次元熱流動解析コード FLUENT を用いて行う。

表 1. 2-13 評価条件

	モジュール外壁断熱	モジュール壁面での熱の出入りを考慮	備考
設計給気温度(°C)	29.4	同左	表 1. 2-10 評価条件と同一
崩壊熱(kW)	15.9	同左	表 1. 2-10 評価条件と同一
日射入熱(W/m ²)	無し	水平面：800 垂直面：200 (日射吸収率：0.6)	“核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示”，第 14 条，別記第四の一の規定を準用
外気による対流伝熱	無し	風速 2m/s	小名浜の夏季(6~9月)の月平均風速の平年値 2.2~2.6m/s より
		参考： 風速 0.5m/s	「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に定める静穏状態の風速を参照し設定
外気-外壁間の輻射伝熱	無し	考慮	—

2) 評価結果

評価結果を表 1. 2-14 に示す。また、モジュール壁面での熱の出入りを考慮した評価における、風速 2m/s での評価と、風速 0.5m/s の評価のコンクリートモジュール内壁温度分布図をそれぞれ図 1. 2-10，図 1. 2-11 に示す（モジュール外壁表面を断熱

とする条件での温度分布図は図1. 2-9参照)。モジュール外壁断熱での評価と比べ、モジュール壁面での熱の出入りを考慮した評価では外気への排熱によりコンクリート温度が低くなるが、風速 0.5m/s の評価においては、天井面の入熱量が大きく、天井内面温度が大きくなる傾向にある。モジュール外壁を断熱条件とする場合と、モジュール壁面での外気との熱の出入りを考慮する場合いずれも設計基準値を満足する。

表1. 2-14 評価結果

(単位：℃)

	モジュール 外壁断熱	モジュール壁面での 熱の出入りを考慮		設計基準値
		風速 2m/s	風速 0.5m/s (参考値)	
排気温度	40.3	38.6	39.4	45
モジュール内 空気平均温度	34.8	34.3	34.5	
天井内面最高温度	54.8	52.2	55.7	65
屋根面最高温度	—	52.1	59.6	
側壁内面最高温度	57.6	47.9	51.8	
側壁外面最高温度	—	40.6	44.1	
床面最高温度	50.2	49.3	49.6	
コンクリート支持架台	54.7	53.5	53.9	

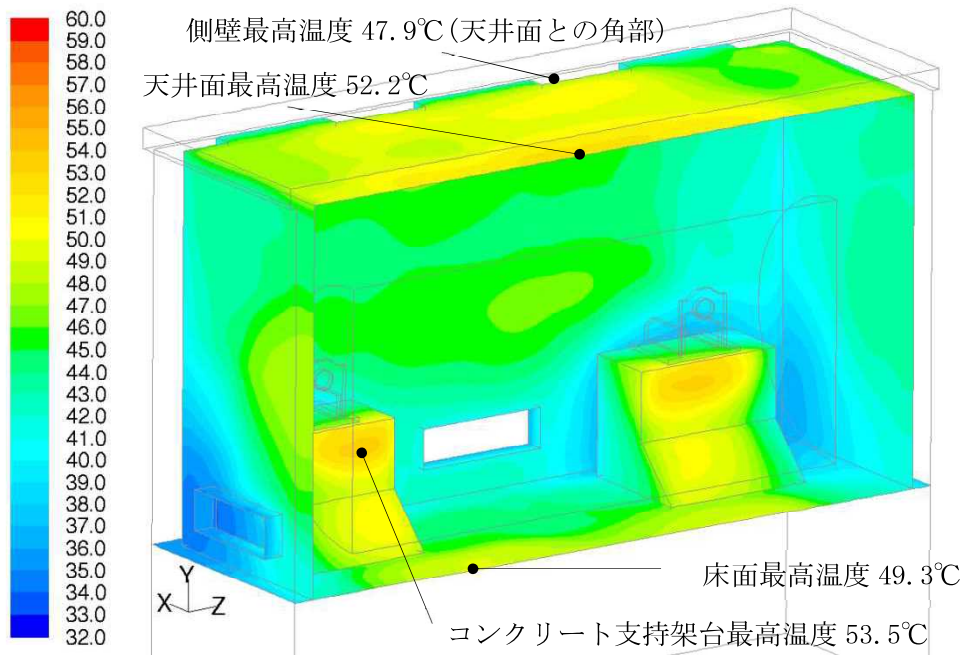


図1. 2-10 コンクリートモジュール内壁表面温度分布 (風速 2.0m/s)

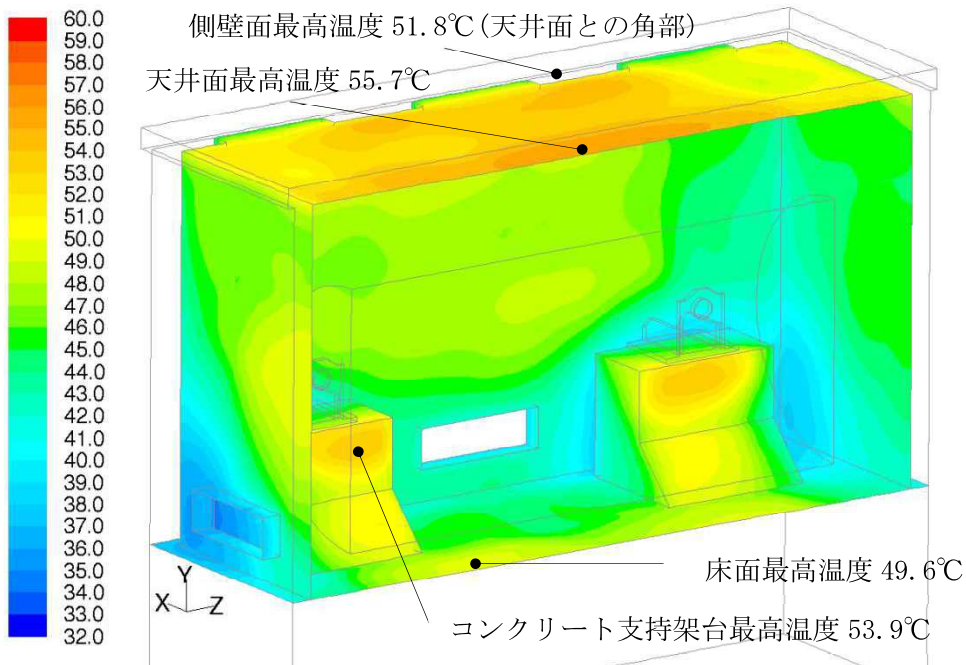


図1. 2-11 コンクリートモジュール内壁表面温度分布 (風速 0.5m/s (参考値))

(実施計画: II-2-13-添4-1-38~45)

キャスク仮保管設備は、共用プールに貯蔵中で健全性が確認された使用済燃料を乾式キャスクに装填し、一時的に保管するための設備であり、保管する燃料は確実に臨界未満に維持し、適切に冷却及び貯蔵するよう維持・管理する必要がある。また、使用済燃料の臨界未満の維持、適切な遮蔽のために要求される安全機能を有するものとする。

○安全機能

輸送貯蔵兼用キャスクが除熱、密封、遮蔽、臨界防止の各安全機能を有すること、輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュールが除熱機能を有することを評価する。増設する輸送貯蔵兼用キャスクの安全機能については、下記の型式証明申請書で評価されている。

- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書（平成29年11月—日立GEニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書—本文及び添付資料の一部補正について（平成30年7月—日立GEニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書—本文及び添付資料の一部補正について（平成30年12月—日立GEニュークリア・エナジー株式会社）

—なお、型式証明申請書における評価対象設備とキャスク仮保管設備では保管姿勢が異なり、除熱については保管姿勢の違いにより評価への影響が生じる。また、輸送貯蔵兼用キャスクの収納可能燃料タイプの追加に伴い、既認可の輸送貯蔵兼用キャスクとは収納燃料配置が異なる。このため、輸送貯蔵兼用キャスクの除熱についてはキャスク仮保管設備に応じた保管姿勢による評価を別途行っており、輸送貯蔵兼用キャスクを構成する各部材は設計基準温度を下回り、本設備で要求される除熱機能を有することを確認している。なお、型式証明申請書と福島第一原子力発電所における輸送貯蔵兼用キャスクの使用条件との比較については参考資料を参照。

—輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュールの除熱機能については既設設備との差異を確認し、除熱評価が既設設備と同一または包絡されることを確認している。

密封、遮蔽、臨界防止の各安全機能の安全評価に対しては、福島第一原子力発電所における輸送貯蔵兼用キャスクの使用条件との差異を確認し、福島第一原子力発電所における使用条件が型式証明申請書と同一又は型式証明申請書に包絡され、本設備で要求される安全機能を有していることを下記の通り確認している。各機能の評価を以下の通り記載する。

1 除熱機能

1.1 輸送貯蔵兼用キャスク

—「使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書（以下、「既存評価」）

という。)」の「添付書類―特定容器等の安全設計に関する説明書 3.4 除熱機能」より除熱機能が評価されている。既存評価では保管姿勢を縦置きとして評価しているが、キャスク仮保管設備における保管姿勢は横置きとなるため、既存評価を基に横置きであることを考慮した評価を行う。

(1) 基本的な考え方

除熱設計に当たっては、使用済燃料の健全性及び安全機能を有する構成部材の健全性が維持できるよう、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計とする。そのため、以下の配慮を行う。

- a) 輸送貯蔵兼用キャスク内部のバスケットは、熱伝導の優れた伝熱プレート~~の設置により必要な伝熱性能を確保する。~~
- b) 輸送貯蔵兼用キャスク内部には、熱伝導率の高いヘリウムガスを充てんする。
- c) 側部中性子遮蔽材には熱伝導の低いレジンを用いており、伝熱フィン~~を設けることにより必要な伝熱性能を確保する。~~

輸送貯蔵兼用キャスクの除熱解析フローを図1. 1-1に示す。なお、輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュールの除熱解析フローは乾式貯蔵キャスクと同様であるため、輸送貯蔵兼用キャスクの除熱解析フローのみを示す。

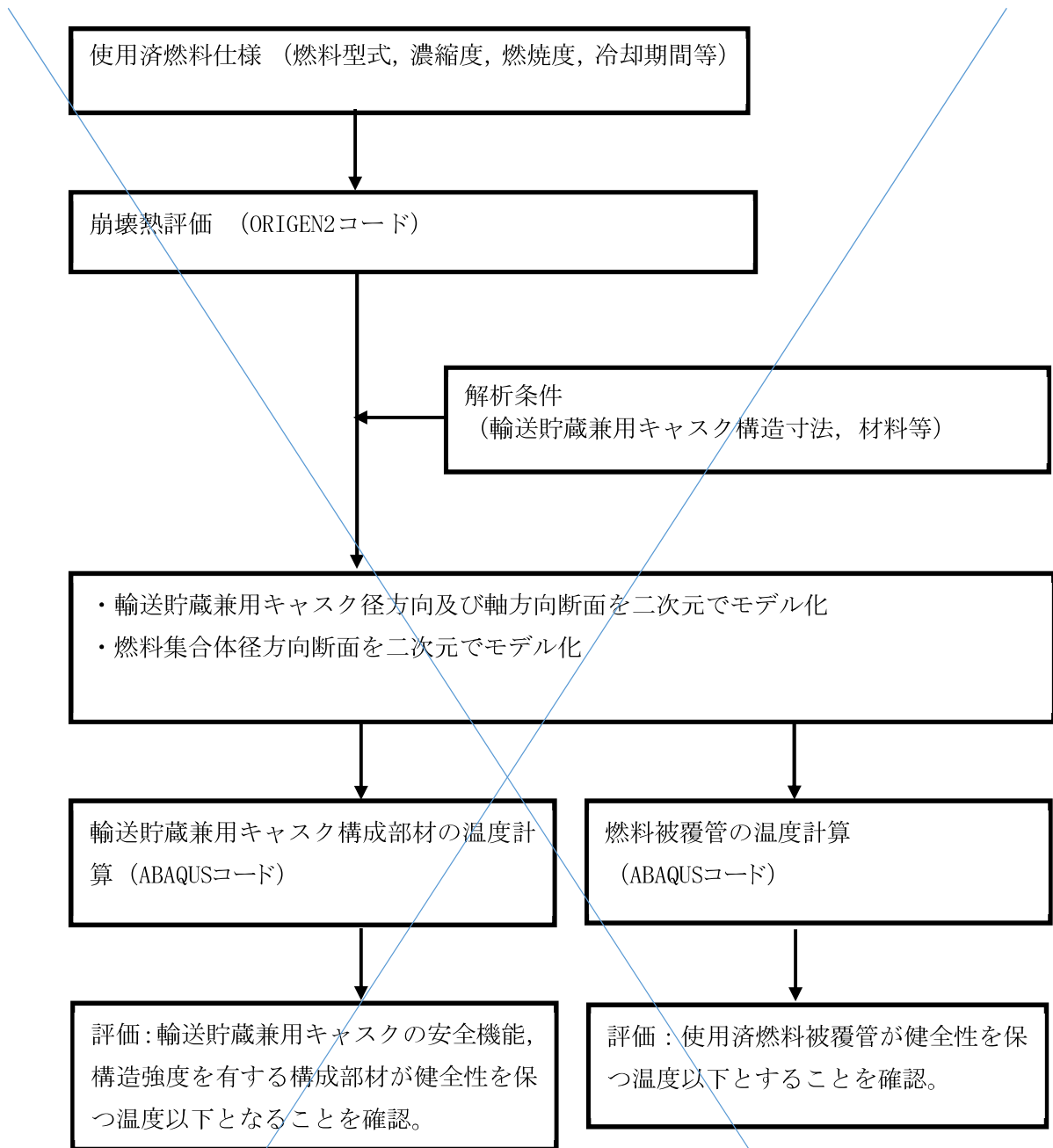


図1. 1-1 輸送貯蔵兼用キャスク 除熱評価フロー図

(2) 設計基準

設計基準を表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 設計基準

(単位: °C)

対象となる部材	材質	設計基準	設計基準温度	備考
燃料被覆管	ジルカロイ-2	使用済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温度とする	300**	使用済燃料 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料、高燃焼度 8×8 燃料)
			200	使用済燃料 (新型 8×8 燃料)
輸送貯蔵兼用キャスクB	レジン	中性子遮蔽材の性能が維持される制限温度	150	中性子遮蔽材
	炭素鋼	構造強度が維持される制限温度	350	密封容器
				二次蓋
	アルミニウム合金、ニッケル基合金	閉じ込め機能が維持される制限温度	130	金属ガスケット
ボロン添加ステンレス鋼	構造強度が維持される制限温度	300	バスケット	

**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を設計基準温度として設定したもので、燃料被覆管の周方向応力は設計基準温度状態で 70 MPa 以下とする。燃料被覆管の累積クリープ量が 1% を超えない初期温度は 360°C 程度と評価され、上記設計基準温度を超えている。また、燃料被覆管の照射硬化の回復については機械的強度への影響を評価するものとする。

(3) 燃料仕様

輸送貯蔵兼用キャスク1基当たりの評価に用いる発熱量を表1.1-2に示す。使用済燃料の発熱量はORIGEN2コードにより求める。

表1.1-2 輸送貯蔵兼用キャスク1基当たりの発熱量

使用済燃料の 収納配置条件		配置(i)		配置(ii)		配置(iii)
燃料集合体の種類		新型8×8 ジルコニウム ライナ燃料	高燃焼度 8×8燃料	新型8×8 ジルコニウム ライナ燃料	高燃焼度 8×8燃料	新型8×8燃料
初期濃縮度 (wt%)		約2.9	約3.4	約2.9	約3.4	約2.9
収納物 の 燃焼度	平均燃焼度 (MWd/t)	34,000	34,000	40,000	40,000	29,000
冷却期間 (年)		18	18	22	22/20 ^{注1)}	28
収納体数 (体)		69		69		69
評価に用いる発熱量 (kW) ^{注2)}		15.3		15.3		10.4

注1) 燃焼度 40,000MWd/t 時の冷却期間は22年、燃焼度 48,000MWd/t 時の冷却期間は20年である。

注2) 輸送貯蔵兼用キャスクの最大発熱量は配置(i)で12.1kW、配置(ii)で13.8kW、配置(iii)で8.4kWであるが、除熱設計では燃料集合体の軸方向の燃焼度分布を保守的に考慮した設計発熱量を用いる。

(4) 評価条件

輸送貯蔵兼用キャスクの除熱評価は以下の3種類の解析モデルを用いて行う。

- a. 軸方向断面モデル (輸送貯蔵兼用キャスク全体の二次元軸対称モデル)
- b. 半径方向断面モデル (胴中央部断面形状の二次元平面モデル)
- c. 燃料集合体断面モデル (燃料集合体の断面形状の二次元平面モデル)

上記解析モデルを図1.1-2~4に示す。また、評価条件を表1.1-3に示す。

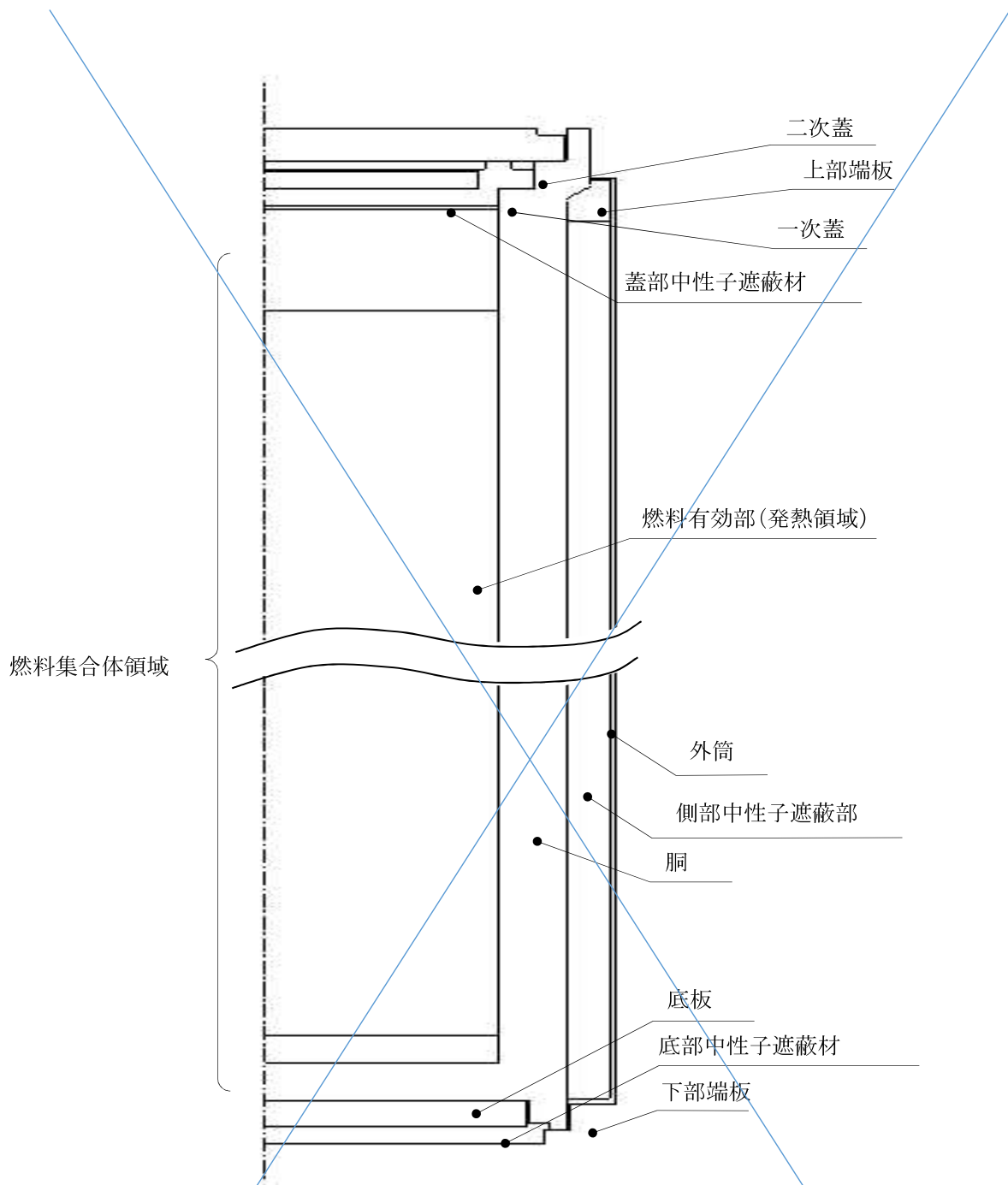


図1. 1-2 軸方向断面モデル

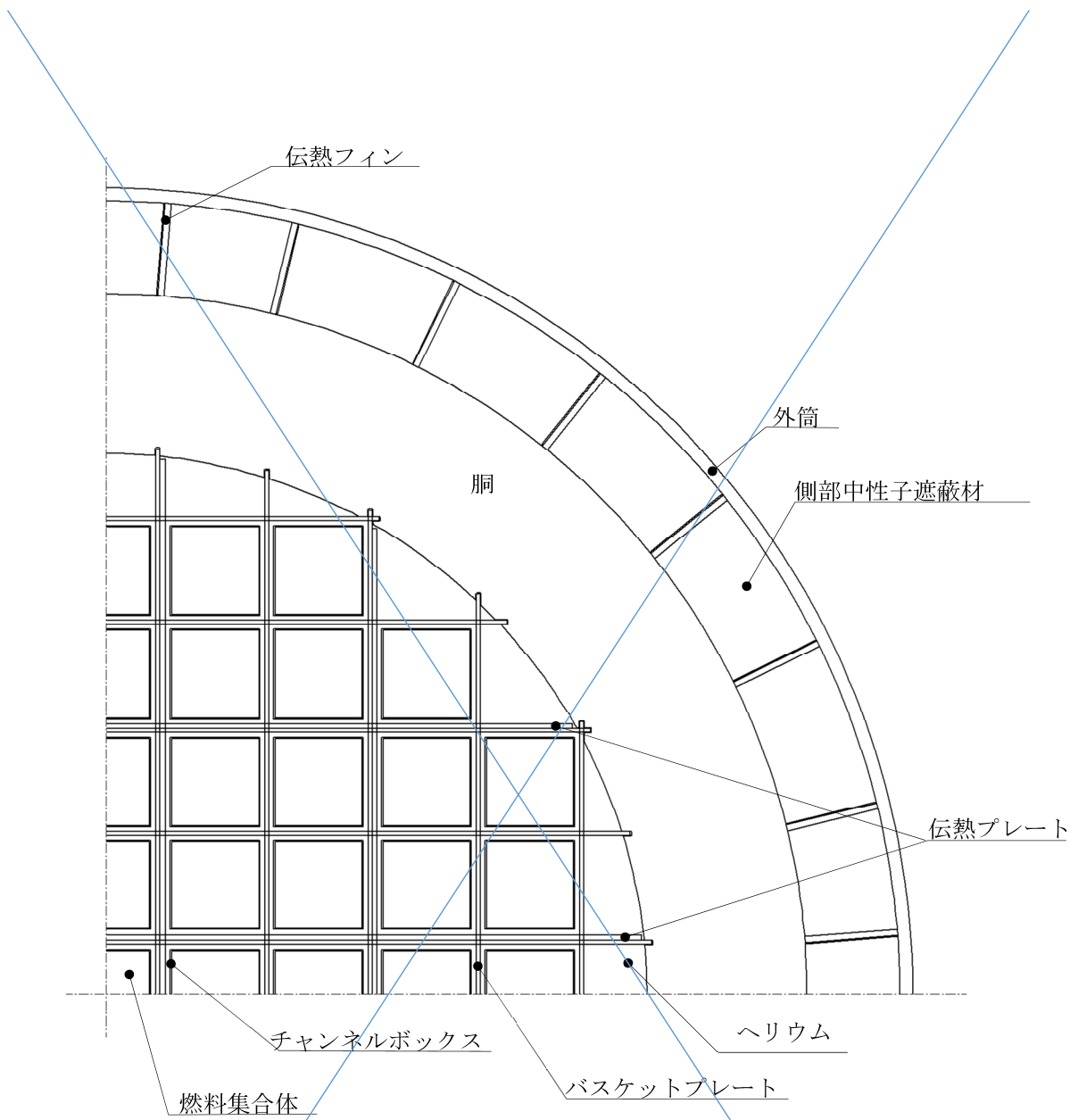
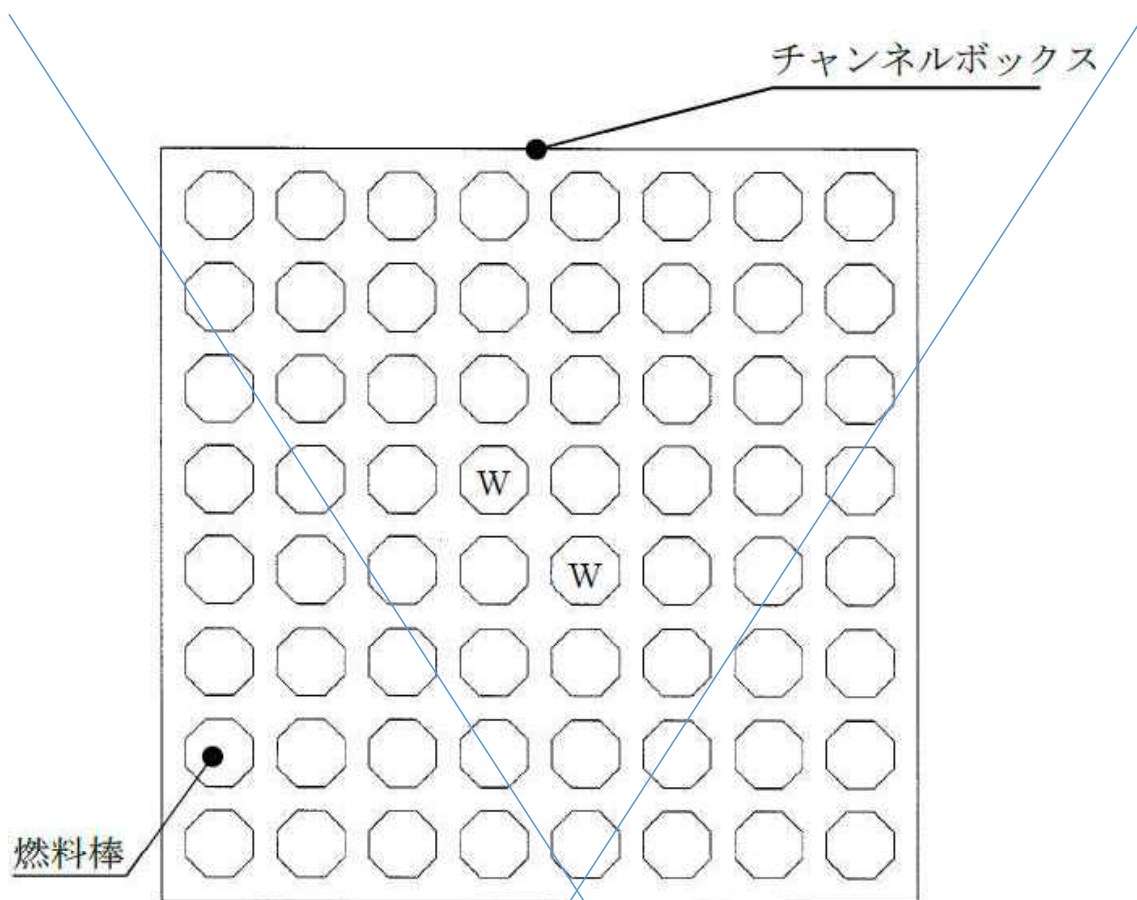
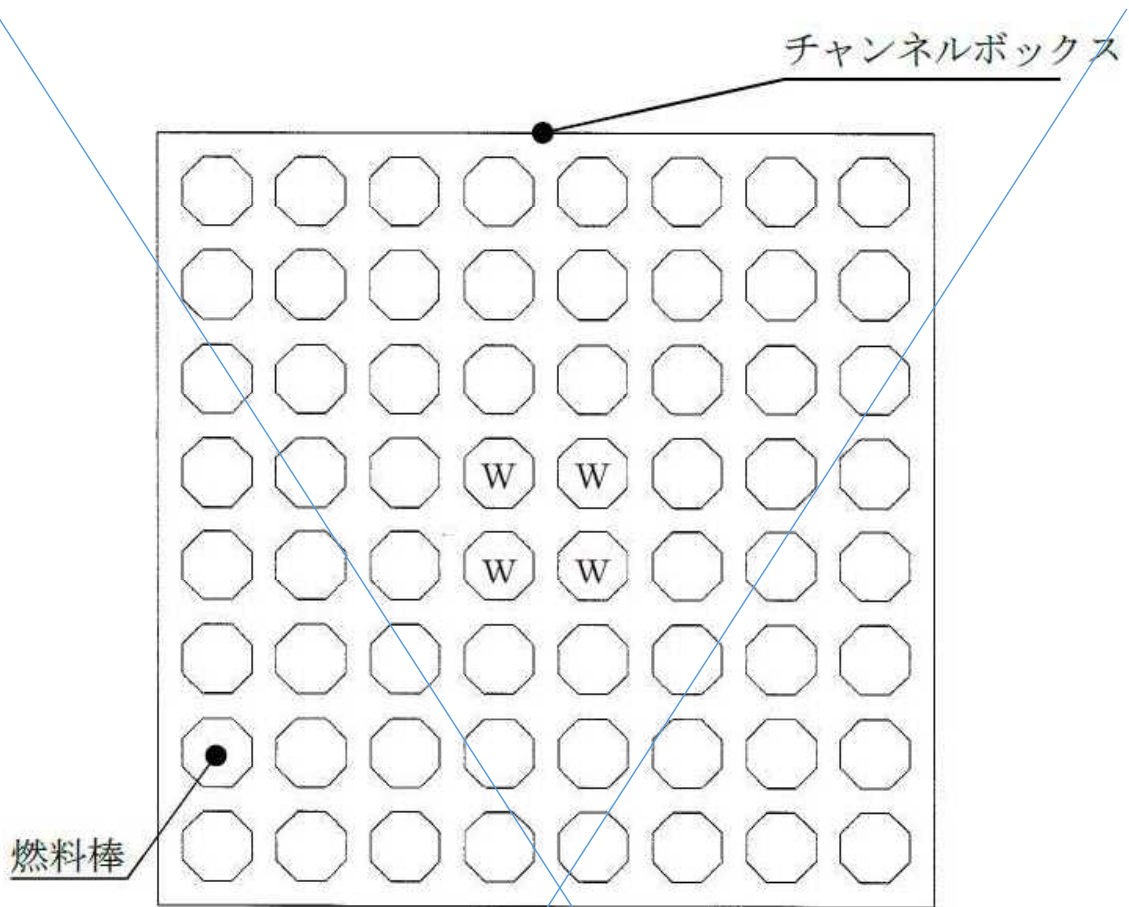


図1. 1-3 半径方向断面モデル



注) Wはウォーターロッドであり，発熱はない。

図1. 1-4 (1) 燃料集合体断面モデル
(新型8×8ジルコニウムライナ燃料, 新型8×8燃料)



注) Wはウォーターロッドであり，発熱はない。

図1. 1-4 (2) 燃料集合体断面モデル
(高燃焼度8×8燃料)

表1. 1-3 評価条件

項目	評価条件
収納体数 (体)	69
姿勢	横置き
発熱量 (kW)	15.3 ^{注1)} / 10.4 ^{注2)}
周囲温度 (°C)	空気：45 コンクリートモジュール内面：65

注1) 配置(i)及び配置(ii)

注2) 配置(iii)

(5) 評価方法

はじめに、輸送貯蔵兼用キャスク B 各部の温度分布を軸方向断面モデルにて求める。軸方向断面モデルでは、燃料集合体の軸方向発熱分布を考慮する。

次に、径方向断面モデルにて輸送貯蔵兼用キャスク B 中央断面各部の温度分布及びチャンネルボックスの最高温度を求める。径方向断面モデルでは、径方向の発熱分布を考慮して、燃料の配置制限に従い、中央に最高燃焼度燃料に対応した発熱量の燃料を配置し、当該断面の発熱量が設計発熱量の設定と等しくなるように外周には低い発熱量の燃料を配置する。また、径方向断面モデルでは、熱の軸方向移動による蓋板上面や底板下面からの放熱を模擬できないため、輸送貯蔵兼用キャスク B の温度分布が現実に比べて高めとなる。このため、軸方向断面モデルで得られた結果に基づいて軸方向への熱の移動を考慮する。

最後に、径方向断面モデルの熱解析から得られたチャンネルボックスの温度分布を境界温度として燃料集合体断面モデルによる熱解析を実施し、燃料被覆管の温度分布を求める。解析は ABAQUS コードを用いる。

(6) 評価結果

評価結果を表 1. 1-4 に示す。本表に示すとおり、使用済燃料の健全性を示す燃料被覆管の温度及び輸送貯蔵兼用キャスク B を構成する各部材はいずれの配置でも設計基準温度を下回っており、熱的健全性は維持される。

表 1. 1-4 評価結果

(単位：℃)

部材	評価結果			設計基準 温度	備考
	配置(i)	配置(ii)	配置(iii)		
燃料被覆管	249	252	190	300 ^{注1)}	使用済燃料
				200 ^{注2)}	
レジン	117	117	99	150	中性子遮蔽材
炭素鋼	123	123	104	350	密封容器
	83	83	76		二次蓋
アルミニウム合金、 ニッケル基合金	86	87	78	130	金属ガスケット
ボロン添加 ステンレス鋼	238	241	182	300	バスケット

注 1) 配置(i)及び配置(ii)

注 2) 配置(iii)

(実施計画：II-2-13-添 4-2-1~6)

~~型式証明申請書との比較について~~

~~評価項目及び評価項目に対する型式証明申請書と1F使用条件を表1に示し、除熱解析フローを図1に示す。~~

~~表1より1F使用条件は型式証明申請書と同一または型式証明に包絡しており、型式証明申請書はより保守的な評価である。~~

表1—型式証明申請書と1F使用条件の評価項目に対する比較

項目		型式証明申請書		1F使用条件
仕様	使用済燃料	燃料型式	・BJ, STEP II, RJ	<ul style="list-style-type: none"> ・型式証明で規定された燃料のみをキャスクに装填しキャスク仮保管設備で保管する ・なお, 型式証明で規定された燃料が1~6号機燃料取り出しに必要な基数分(増設キャスク30基分)あることを確認済み
		濃縮度	・BJ:2.88, STEP II:3.35, RJ:2.88	
		燃焼度	・燃料型式及び燃料配置ごとに規定されている	
		冷却期間		
		収納体数	・69体**	・同左
崩壊熱評価		・燃焼計算コードORIGEN2**	=	
解析条件	キャスク仕様	構造	・HDP-69B(B)型	<ul style="list-style-type: none"> ・HDP-69B型 ・型式証明の認可キャスク(HDP-69B(B)型)と同一仕様
		材料		
		使用済燃料配置		
	貯蔵施設境界条件	周囲温度	・45℃**	・同左
		壁面温度	・65℃**	・同左
キャスク配列		<ul style="list-style-type: none"> ・縦置き ・周囲のキャスク影響を考慮した形態係数0.232を設定 	<ul style="list-style-type: none"> ・横置き ・周囲の影響がないため形態係数1を設定(型式証明よりも熱が逃げやすい条件設定) 	
解析モデル	キャスク		・全体モデル(軸方向断面モデル)**	・同左
			・輪切りモデル(径方向輪切りモデル)**	・同左
	燃料被覆管		・燃料集合体モデル**	・同左
伝熱解析		・伝熱解析コードABAQUS**	=	

※: 既設評価と同一

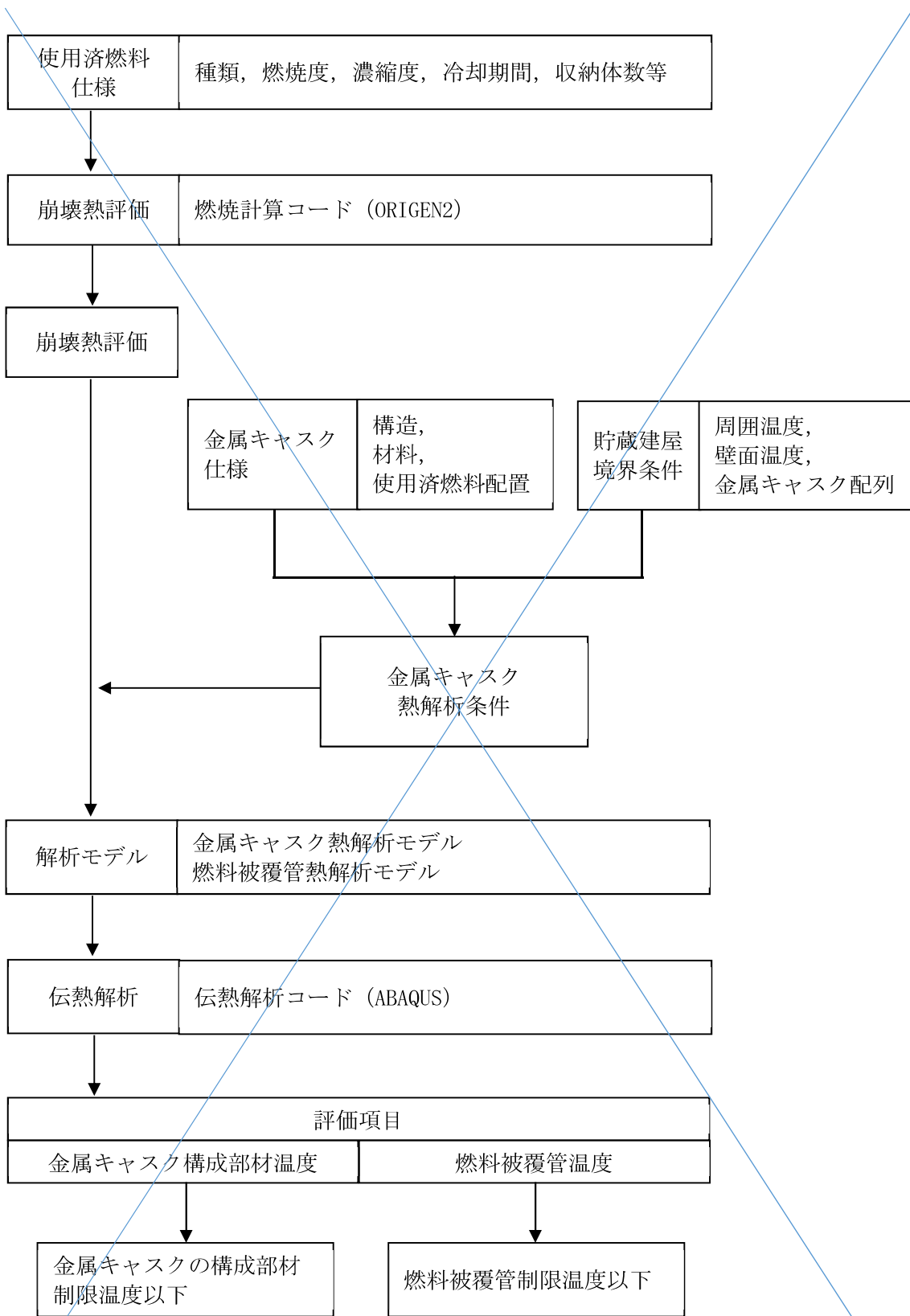


図1 除熱解析フロー図

除熱解析に用いるコード (ABAQUS) について

~~-(1) 概要~~

~~ABAQUS コードは、米国 Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc. (HKS 社) で開発された有限要素法に基づく伝熱解析等の汎用解析コードであり、輸送キャスクの伝熱解析などに広く利用されている。~~

~~-(2) 機能~~

~~ABAQUS コードは、伝熱解析に際して以下の機能を有している。~~

- ~~① 定常、非定常のいずれの解も得ることができる。~~
- ~~② 一次元～三次元の任意形状の構造に対して解くことが可能である。~~
- ~~③ 初期条件 (温度) は要素ごとに変化させることができ、計算ステップの自動決定も可能である。~~
- ~~④ 境界条件として、時間に依存する熱流束、温度、伝導、対流及びふく射が考慮できる。~~
- ~~⑤ 構成物質の相変態が考慮できる。~~

~~-(3) 解析フロー~~

~~ABAQUS コードの解析フローを図 2 に示す。~~

~~-(4) 使用実績~~

~~ABAQUS コードは、多くの伝熱解析に使用された実績がある。~~

~~-(5) 検証方法~~

~~貯蔵キャスクの定常伝熱試験に対して ABAQUS による解析結果と試験結果を比較・検討し、本コードの妥当性が検証されている。~~

~~1) 山川秀次, 五味義雄, 尾崎幸男, 尾崎明朝「使用済燃料キャスク貯蔵技術の確立—キャスクの伝熱特性評価—」, 電中研報告書, U92038, (1993)~~

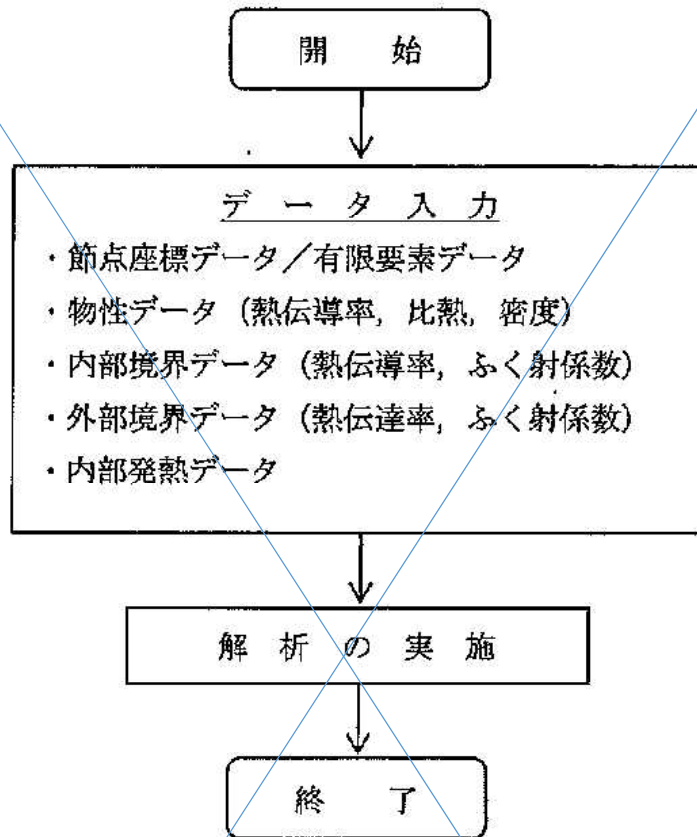


図2 ABAQUS コードの解析フロー図

~~除熱解析に用いるコード (ORIGEN2) について~~

~~(1) 概要~~

~~ORIGEN2 コードは、米国オークリッジ国立研究所 (ORNL) で開発された炉内中性子束の 1 点近似による燃焼計算コードである。ORIGEN2 コードは汎用解析コードであり、輸送キャスクの崩壊熱計算等に広く利用されている。~~

~~(2) 機能~~

~~ORIGEN2 コードは、燃焼解析に際して以下の機能を有している。~~

- ~~① 燃料の炉内での燃焼計算、炉取出し後の減衰計算により、冷却期間に対応した崩壊熱、放射線の強度、各核種の放射能量等が求められる。~~
- ~~② 原子炉の炉型と燃料の組合せに対し、中性子エネルギースペクトルの違いにより重みをつけた断面積ライブラリが内蔵されており、任意に選択できる。~~
- ~~③ 計算結果は、放射化生成物、アクチノイド、核分裂生成物に分類して出力される。~~
- ~~④ 燃焼計算に必要な放射性核種データ (崩壊熱、ガンマ線のエネルギー分布、自発核分裂と (α, n) 反応により発生する中性子源強度等) に関しては、ORIGEN2 コード専用のライブラリがあり、これを用いる。~~

~~(3) 計算フロー~~

~~ORIGEN2 コードの計算フローを図 3 に示す。~~

~~(4) 使用実績~~

~~ORIGEN2 コードは、輸送キャスク、核燃料施設の崩壊熱計算に広く使用されている¹⁾。~~

~~(5) 検証方法~~

~~汎用コードの導入評価²⁾が実施されていることが確認されている。~~

~~大型実験/ベンチマーク試験による検証²⁾が実施されていることが確認されている。~~

~~1) A. G. Croff, “ORIGEN2 Isotope Generation and Depletion Code MATRIX EXPONENTIALMETHOD”, CCC-371 (1987)~~

~~2) (社)日本原子力学会 “原子炉崩壊熱とその推奨値”, 1989 年 8 月~~

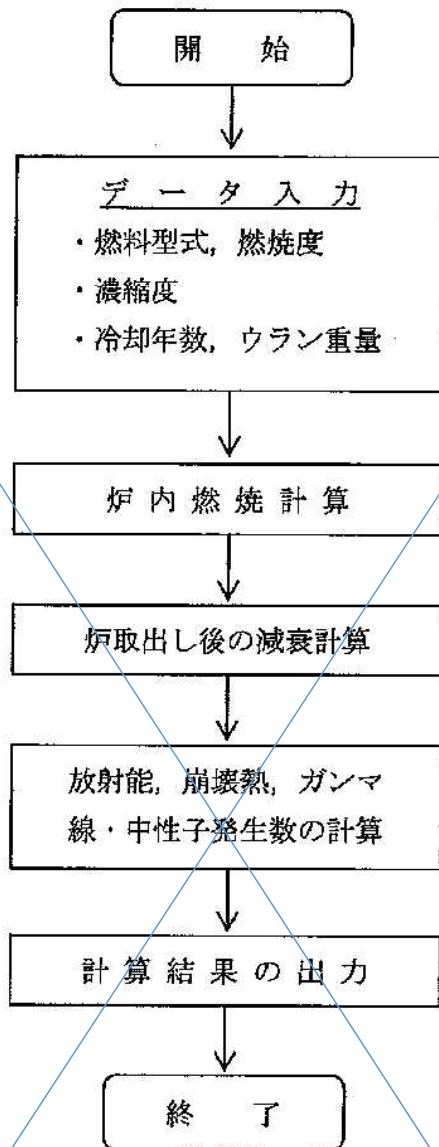


図3 ORIGEN2 コードの計算フロー図

(実施計画：II-2-13-添4-1-12~15)

コンクリートモジュールの除熱評価における既設 65 基と増設 30 基の比較について

1.2 輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュール

コンクリートモジュールの除熱評価における評価項目及び評価項目に対する既設 65 基と増設 30 基の比較を表 1-2-1 に示す。

表 1-2-1 より既設 65 基と増設 30 基の除熱評価は同一または既設評価に包絡するため、増設 30 基で要求される除熱機能を有している。

表 1-2-1 既設 65 基と増設 30 基の評価項目に対する比較

項目		既設 65 基と増設 30 基の比較
仕様	輸送貯蔵兼用キャスク, 輸送貯蔵兼用キャスク用コンクリートモジュール, コンクリート基礎	<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設は同一仕様
	寸法	
解析条件	設計給気温度	<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設は同一エリアに設置するため設計給気温度は同一
	発熱量	<ul style="list-style-type: none"> 除熱解析上の発熱量は RJ 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料 = STEP II 高燃焼度 8×8 燃料 > RJ 新型 8×8 燃料 であるため、既設と増設で発熱量は同一または増設は既設に包絡される
	圧力損失係数	<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設は同一仕様であるため圧力損失係数も同一
	境界条件	<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設で同一の断熱条件
解析モデル		<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設は同一仕様であるため解析モデルも同一
除熱解析	解析コード	<ul style="list-style-type: none"> 既設と増設で同一の解析コード FLUENT を使用

2—密封機能

1F 使用条件は型式証明の評価条件と同一または包絡されるため、型式証明と同一のリークテスト判定基準を設定することで輸送貯蔵兼用キャスク（増設 30 基）の密封機能は維持される。

表 2—1—型式証明申請書と 1F 使用条件の評価項目に対する比較

項目		型式証明申請書	1F 使用条件	
評価 条件	設計貯蔵期間	・60 年 ^{※1}	・50 年 ^{※2}	
	キャスク 本体内部 初期温度	キャスク内部 代表温度 (最高温度)	・262℃ (除熱解析結果)	・252℃ (除熱解析結果)
		シール部 代表温度 (最低温度)	・-22.4℃ ^{※3}	・-4.5℃ ^{※3}
	圧力	キャスク内部	・ $8.0 \times 10^4 \text{Pa abs}$ (初期) ^{※1}	・同左
		蓋間空間	・ $4.1 \times 10^5 \text{Pa abs}$ (初期) ^{※1}	・同左
		大気圧	・ $9.7 \times 10^4 \text{Pa abs}$ ^{※1}	・同左
	キャスク本体内空間容積	・約 6m ³ ^{※1}	・同左	
	内部流体	・ヘリウム ^{※1}	・同左	
漏えい率計算		・ボイル・シャルルの法則 ^{※1} ・クヌッセンの式 ^{※1}	=	
基準漏えい率 Qs		・ $2.4 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ^{※1}	=	
リークテスト判定基準 Qt		・ $1.6 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ^{※1}	=	

※1：既設評価と同一

※2：実施計画では設計貯蔵期間を 50 年としているが、設計承認書や型式証明申請書では 60 年で評価されている

※3：小名浜特別地域気象観測所で観測された 2007 年 12 月～2012 年 2 月の冬季(12 月～2 月)毎正時観測データにおける累積出現率が 99%以上となる温度

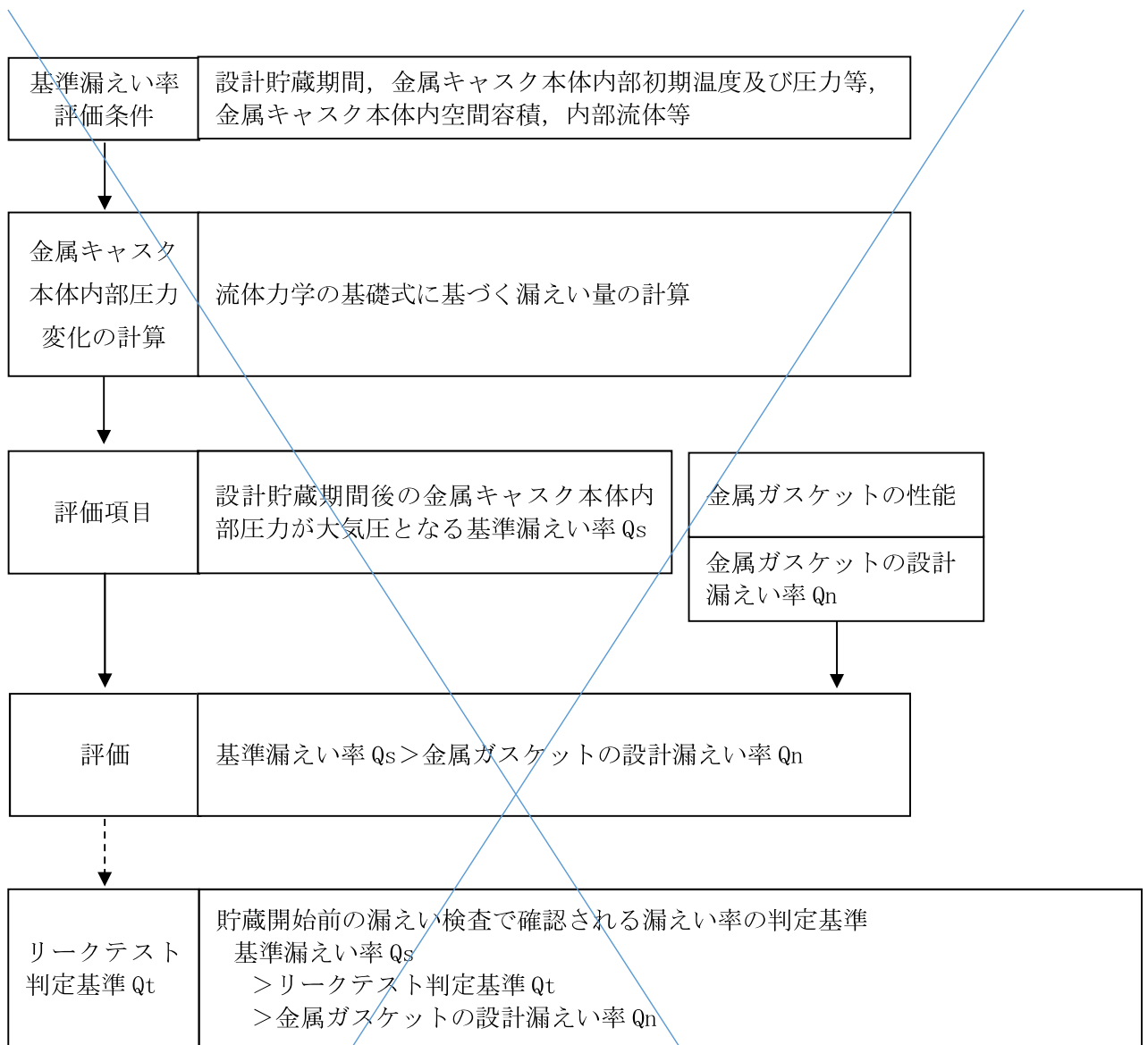


図 2 - 1 密封評価フロー図

3 遮蔽機能

1F 使用条件は型式証明の評価条件と同一または包絡されるため、型式証明より輸送貯蔵兼用キャスク（増設 30 基）に要求される遮蔽機能を有する。

表 3-1 型式証明申請書と 1F 使用条件の評価項目に対する比較

項目		型式証明申請書	1F 使用条件	
仕様	使用済燃料	燃料型式	・BJ, STEP II, RJ	<ul style="list-style-type: none"> ・型式証明で規定された燃料のみをキャスクに装填しキャスク仮保管設備で保管する ・なお、型式証明で規定された燃料が 1~6 号機燃料取り出しに必要な基数分（増設キャスク 30 基分）あることを確認済み
		濃縮度	・BJ:2.88, STEP II:3.35, RJ:2.88	
		燃焼度	・燃料型式及び燃料配置ごとに規定されている	
		冷却期間		
線源強度評価	使用済燃料	・燃焼計算コード ORIGEN2**	=	
	使用済燃料構造材、チャンネルボックス	・構造材の放射化計算式**	=	
線源強度		<ul style="list-style-type: none"> ・ガンマ線線源強度** ・中性子線源強度** 	=	
解析条件	キャスク仕様	構造	<ul style="list-style-type: none"> ・HDP-69B(B)型 	<ul style="list-style-type: none"> ・HDP-69B 型 ・型式証明の認可キャスク（HDP-69B(B)型）と同一仕様
		材料		
		使用済燃料収納体数		
	使用済燃料収納位置	<ul style="list-style-type: none"> ・縦置き ・貯蔵時の燃料と底板との隙間をなくした保守的なモデルとする 	<ul style="list-style-type: none"> ・横置き ・貯蔵時の隙間をなくしたモデルとする（縦置きと同様のモデル） 	
中性子遮蔽材の質量減損量		・設計貯蔵期間より 2%**	・設計貯蔵期間は型式証明に包絡されるため質量減損量も包絡	
解析モデル		・ガンマ線遮蔽解析モデル**	・同左	
		・中性子遮蔽解析モデル**	・同左	
遮蔽解析		・輸送計算コード DOT3.5**	=	
		・断面積ライブラリ DLC=23/CASK**	=	

※：既設評価と同一

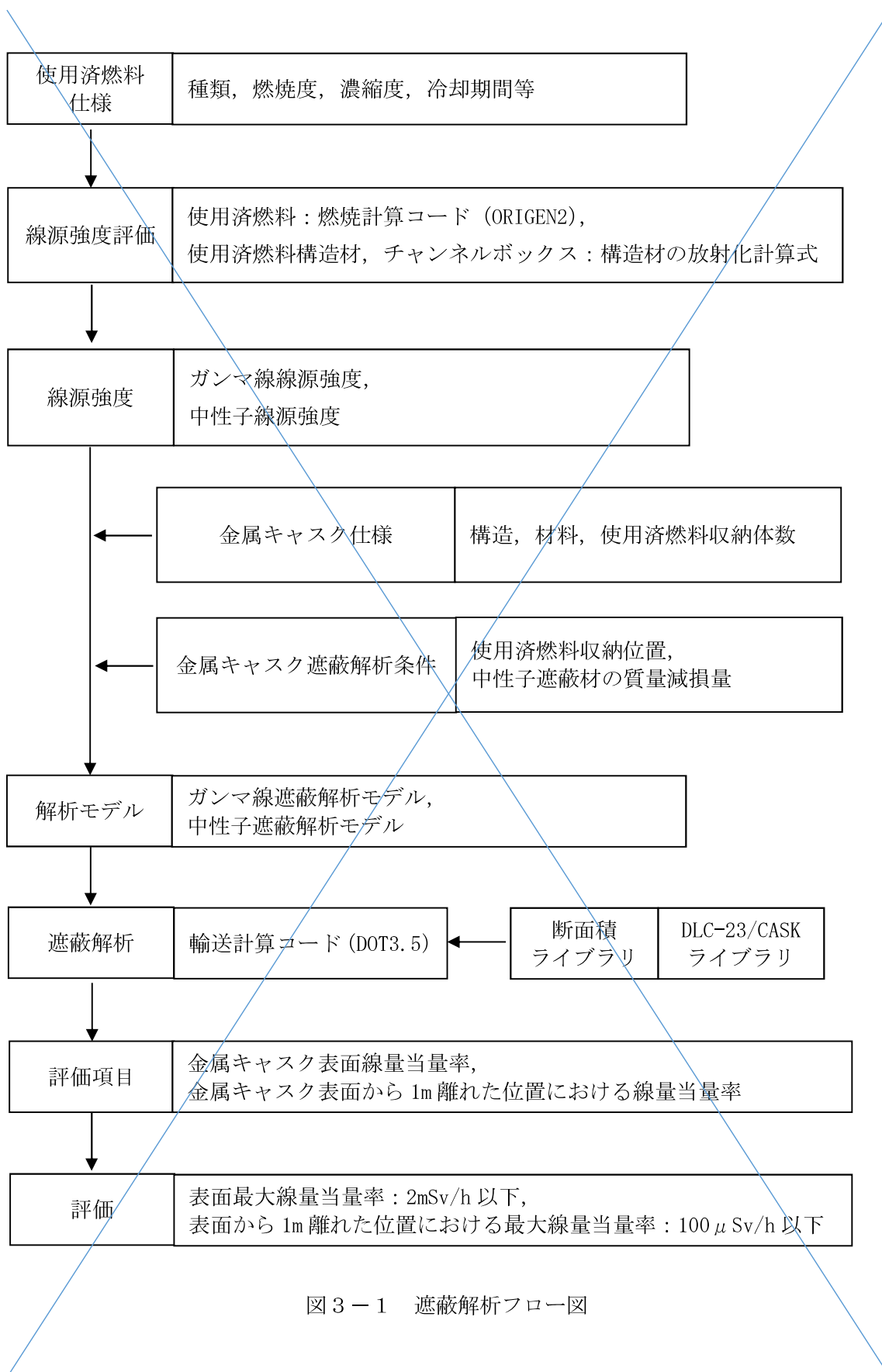


図 3 - 1 遮蔽解析フロー図

表3-2 評価結果

(単位： ~~μ Sv/h~~)

	表面			表面から1m		
	側部	蓋部	底部	側部	蓋部	底部
型式証明申請書	1100 ※1	=	=	=	=	81
補足説明資料 ※2	1107.7	193.9	290.3	77.9	75.0	80.3
設計基準値	2000			100		

※1：型式証明申請書では1.1mSv/h で記載されているため、 ~~μ Sv/h~~に変換した値を記載

※2：「補足説明資料1-2 HDP-69B(B)型の遮蔽設計に関する説明資料 (FRO-TA-0003)」

4—臨界防止機能

1F 使用条件は型式証明の評価条件と同一または包絡されるため、型式証明より輸送貯蔵兼用キャスク（増設 30 基）に要求される臨界防止機能を有する。

表 4—1—型式証明申請書と 1F 使用条件の評価項目に対する比較

項目			型式証明申請書	1F 使用条件
仕様	使用済燃料	燃料型式	・BJ, STEP II, RJ	・型式証明で規定された燃料のみをキャスクに装填しキャスク仮保管設備で保管する ・なお、型式証明で規定された燃料が 1～6 号機燃料取り出しに必要な基数分(増設キャスク 30 基分) あることを確認済み
		濃縮度	・BJ:約 3.1, STEP II:3.66, RJ:約 3.1	
	金属キャスク	構造	・HDP-69B(B)型	・HDP-69B 型 ・型式証明の認可キャスク（HDP-69B(B)型）と同一仕様
材料				
使用済燃料収納体数				
解析条件	キャスク仕様	内部水密度	・1.0g/cm ³ **	・想定されるいかなる場合にも臨界に達することを防止する設計であるため、解析条件はいずれも保守的であり 1F 使用条件は包絡される
		使用済燃料収納配置	・キャスク中心偏向配置**	
		金属キャスク配列	・キャスクに外接する四角柱表面で完全反射（無限配列）**	
燃料棒単位セル計算			・輸送計算コード XSDRNPM**	=
			・中性子断面積ライブラリ 238 群ライブラリ**	=
解析モデル			・臨界解析モデル**	・同左
臨界解析			・臨界解析コード (KENO-V.a)**	=

※：既設評価と同一

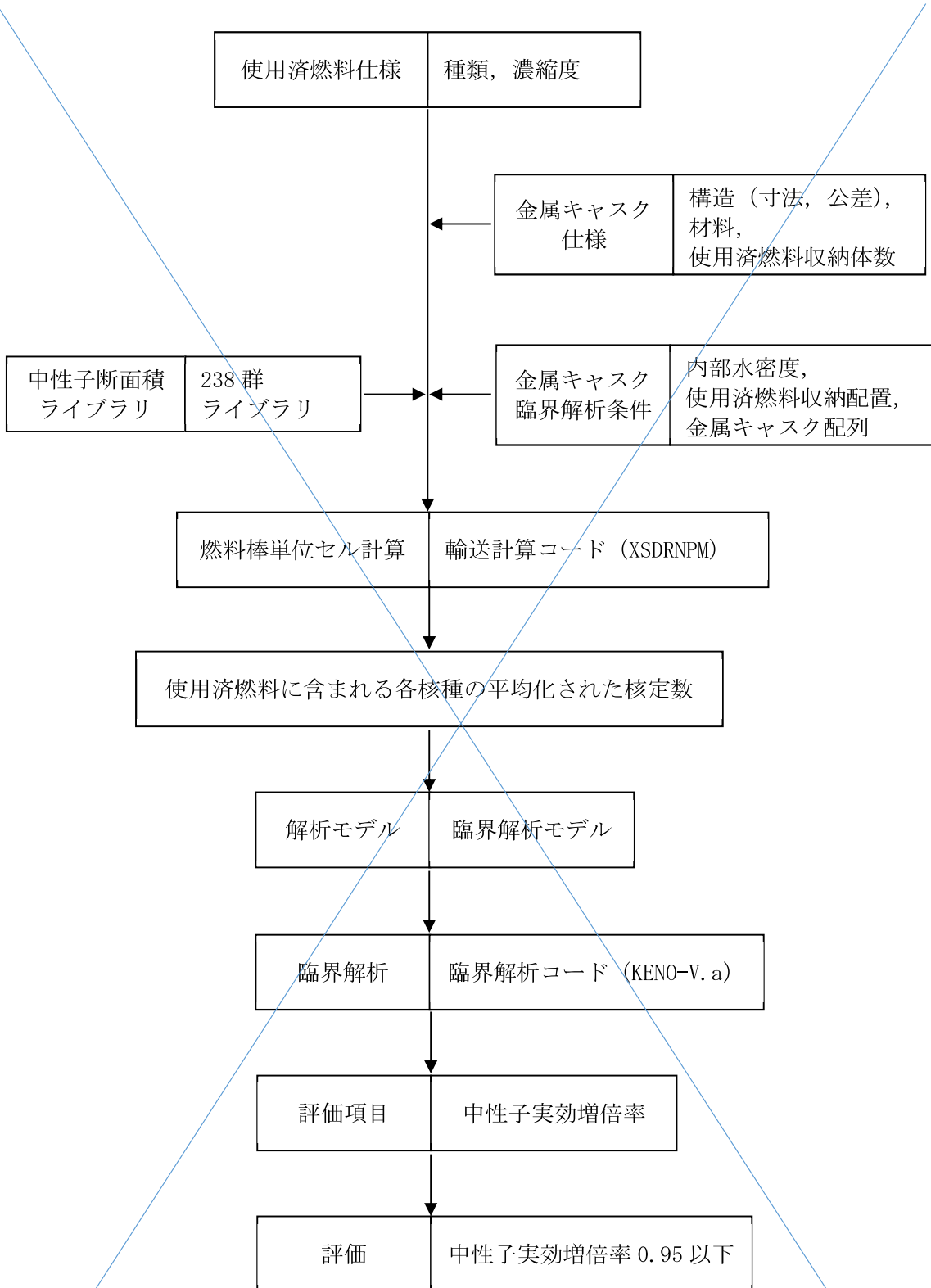


図 4-1 臨界解析フロー図

表4-2 評価結果

		実効増倍率 ^{**}	設計基準値
型式証明申請書	乾燥状態	0.41	0.95
	冠水状態	0.89	

※: モンテカルロ計算の統計誤差 (3σ) を考慮した値

~~キャスク仮保管設備の維持・管理については以下に記載の通り実施する。~~

添付資料－6

管理・運用について

61 二重蓋間圧力及び表面温度の監視

キャスク仮保管設備には、乾式キャスクの一次蓋、二次蓋間の圧力を監視することにより密封機能を監視する密封監視装置と、乾式キャスク表面の温度を監視することにより乾式キャスクの除熱機能を監視する表面温度監視装置を設置する。

監視装置の概要を図-5-1-1に示す。

密封監視装置は各乾式キャスクに圧力センサ2個をそれぞれ系統分離し2系統として設置され、万一、蓋間圧力が設定値まで低下した場合には免震重要棟に設置した監視装置にて警報が確認でき、指示値も確認できる。

表面温度監視装置は各乾式キャスクに温度センサ1個を設置し、万一、表面温度が設定値まで上昇した場合には免震重要棟に設置した監視装置にて警報が確認でき、指示値も確認できる。

なお、温度センサの接続ケーブルが断線によりデータが採取されない場合にも免震重要棟に設置した監視装置に警報が発生する。

また、密封監視装置および表面温度監視装置のデータは記録される。

監視装置の仕様を表-5-1-1に示す。

62 放射線量の監視

キャスク仮保管設備内に設置するエリア放射線モニタにより放射線量の監視を行うとともに、モニタリングポストにより周辺公衆に対する影響を確認する。また、巡視点検時にキャスク仮保管設備の線量測定を行う。エリア放射線モニタおよびモニタリングポストの測定値は免震重要棟に表示する。

エリア放射線モニタの仕様を表-6-2-1に示す。また、モニタリングポストの位置を図-6-2-1に、エリア放射線モニタの配置図を図-6-2-2に示す。エリア放射線モニタは、乾式キャスクからの放射線量が大幅に変動する事象が発生した場合に放射線量の監視ができるよう、図-6-2-2に示す第1レーンから第4レーンの東部と西部に1基ずつ、計8基設置する。各エリア放射線モニタの監視範囲である乾式キャスクは、図-6-2-2の青枠で示す、対応する各レーン毎の乾式キャスクである。各レーン毎に乾式キャスクを搬入する前までに、対応するエリア放射線モニタを監視可能にする。なお、エリア放射線モニタの検出位置は乾式キャスクの設置高さおよび作業員の身長を考慮した位置に設置する。

73 巡視点検

キャスク仮保管設備に対しては定期的に巡視点検を行い、キャスク仮保管設備の状態の異常の有無を確認する。

また、地震発生時には適宜、巡視点検を行い、コンクリートモジュール及び乾式キャスクの外観などを確認する。

84 運搬時の運用

「Ⅲ. 3. 3. 1 放射線防護及び管理」において、管理区域と同等の管理を要する区域として管理対象区域を定義しており、「Ⅲ. 特定原子力施設の保安」により作業場所も管理対象区域に設定される。

構内輸送時に講じる措置は、「東京電力株式会社 福島第一原子力発電所 原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則の第 14 条の 2（工場又は事業所において行われる運搬）」に準じて実施する。

95 留意事項

乾式キャスクに収納する燃料は原子炉の運転中のデータや SHIPPING 検査により健全であることが確認された燃料とする。キャスク仕立て作業では真空乾燥を確実にしない、残留水の除去を徹底するとともに、気密漏えい等の必要な確認を実施する。

また、仮保管中の二重蓋間圧力データ等の記録の保存については、「Ⅲ. 特定原子力施設の保安」等にて定めるものとする。

表-5-1-1 監視装置の仕様

項目	仕様	
名称	蓋間圧力検出器	温度検出器
検出器の個数	2個/基	1個/基
計測対象	蓋間圧力	外筒表面温度
取付箇所	二次蓋	外筒表面
計測範囲	50～500kPa abs	-20～160℃
警報動作範囲	50～500kPa abs 注1)	-20～160℃注2)

注1) 警報設定値は別途定める。

注2) 警報設定値は別途定める。

表-6-2-1 エリア放射線モニタの仕様

項目	仕様
基数	8基
種類	半導体検出器
計測対象	ガンマ線量率
取付箇所	設備敷地内
検出高さ	基礎から 600mm 以上 1800mm 以下
計測範囲	$10^{-1} \mu\text{Sv/h} \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$ 注)

注) 警報設定値はバックグラウンドレベルを鑑み設定する。

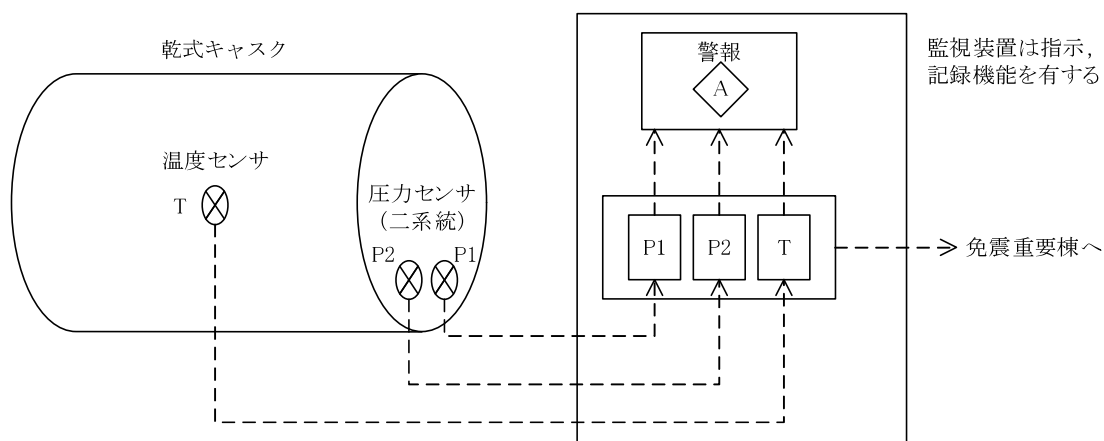


図-5-1-1 監視装置の概要

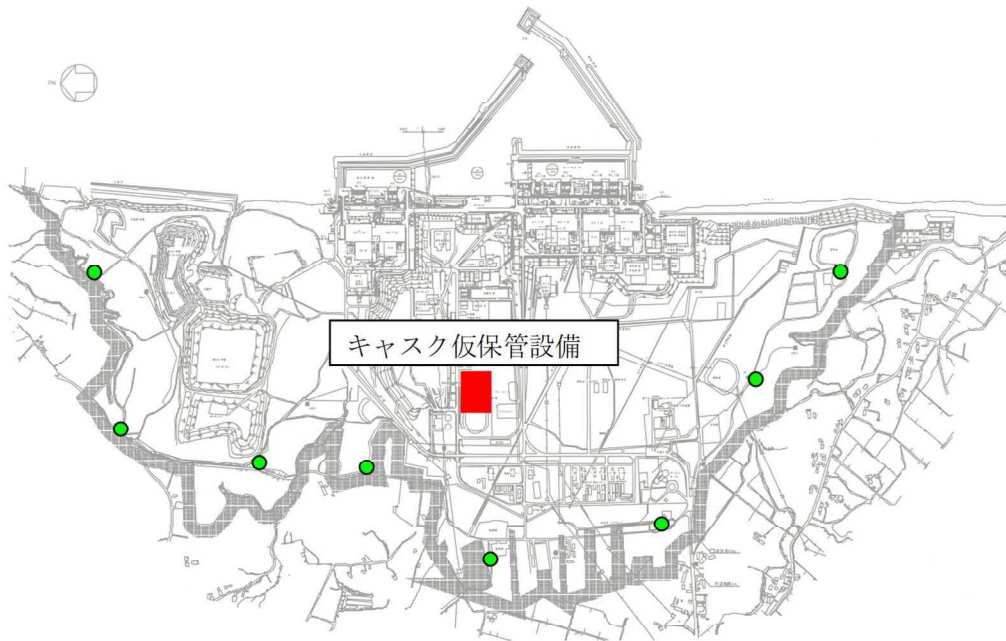


図6-2-1 モニタリングポスト位置図

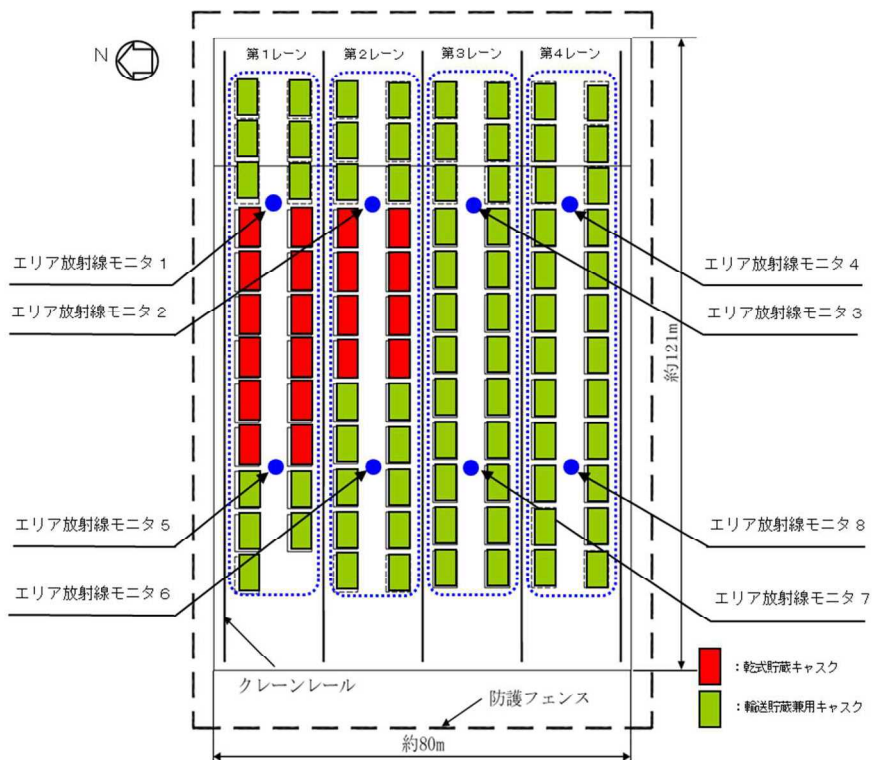


図6-2-2 エリア放射線モニタ配置図

(実施計画：II-2-13-添6-1~4)

波及的影響評価について

(中略)

４ コンクリートモジュールの倒壊等による公衆への被ばく影響

４.１ 評価方針

地震によりキャスク仮保管設備内に設置された 95 基すべてのコンクリートモジュールが損壊した場合の乾式キャスクからの直接線・スカイシャイン線による敷地境界へ与える線量影響を評価する。

コンクリートパネルには鉄筋が入っておりある程度の塊で乾式キャスクを覆うと考えられるため遮蔽効果が完全になくなるとは考えにくいですが、保守的に遮蔽効果を無視した評価を行う。

４.２ 評価方法

「実施計画Ⅲ 2.2 線量評価 2.2.2 敷地内各施設からの直接線ならびにスカイシャイン線による実効線量」に記載の評価方法と同様とする。ただし、コンクリートモジュール 200mm（密度 2.15g/cm³）による遮蔽効果は考慮しない。

４.３ 評価結果

遮蔽効果を考慮しない乾式キャスク 95 基からの直接線・スカイシャイン線による敷地境界線量は約 $5.23 \times 10^{-1} \text{mSv/年}$ となる。

４.４ コンクリートモジュールの耐震クラスについて

損壊したコンクリートモジュールの設備復旧には数ヶ月はかかると想定されることから公衆被ばく線量は $50 \mu \text{Sv}$ を超過し、なおかつ当該設備は長期的に使用する設備であることから耐震クラスは B+クラスと考える。

令和3年6月24日

原子力規制委員会 殿

茨城県日立市幸町三丁目1番1号
日立GEニュークリア・エナジー株式会社
取締役社長 佐藤 深一郎

使用済燃料貯蔵施設に係る型式設計特定容器等の型式指定申請書

(中略)

資料2

添付書類2

使用済燃料の臨界防止に関する説明書

(中略)

2. 臨界防止設計

(中略)

(2) 臨界評価

使用済燃料貯蔵施設での貯蔵中において、技術的に想定されるいかなる場合にも臨界に達することを防止する設計とした。また、解析コードがモンテカルロ法であり統計誤差を伴うため、解析コードの精度等を考慮して、中性子実効増倍率 (k_{eff}) の平均値に統計誤差 (σ) の3倍 (3σ) を加味した値が0.95以下 ($k_{eff} + 3\sigma \leq 0.95$) であることとした。

HDP-69B(B)型は、使用済燃料を収納後に内部水が排出され、さらに真空乾燥が行われる。また、密封機能を有した複数の蓋を有しており、HDP-69B(B)型内に水が浸入することはない。貯蔵中はHDP-69B(B)型内は乾燥状態であるが、原子力発電所におけるHDP-69B(B)型への使用済燃料収納時に冠水することから、乾燥状態及び冠水状態の臨界評価を行った(別紙1及び別紙2参照)。