

## 『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：輸送貯蔵兼用キャスクの基数の変更及び収納可能燃料の追加)

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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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等の監視等	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、PCV内の気体に関する内容ではないため。
4 不活性雰囲気等の維持	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	乾式キャスクは燃料を収納する容器であり、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	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスク取り扱い作業における作業員の被ばく線量の管理等については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
13 緊急時対策	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、キャスク仮保管設備拡張工事及び運用時における緊急時対策については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
14 設計上の考慮		(各項目参照)
① 準拠規格及び基準	○	増設する乾式キャスクは、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	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る設計上の考慮については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る設計上の考慮については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
④ 火災に対する設計上の考慮	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る設計上の考慮については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る設計上の考慮については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	増設する乾式キャスクは、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	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る設計上の考慮については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	増設する乾式キャスクは、安全機能を有する機器であり、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	-	本変更申請によって、安全機能検査に対する設計上の影響はないため。
15 その他措置を講ずべき事項	-	その他措置を講ずべき事項はないため。
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	-	本変更申請は、乾式キャスク本体に係る申請であり、乾式キャスクのキャスク仮保管設備貯蔵に係る保安のために講ずべき措置については、別途申請しているキャスク仮保管設備増設の変更範囲に該当するため。
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	-	増設する乾式キャスクは、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	○	増設する乾式キャスクは、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  
(輸送貯蔵兼用キャスクの基数の変更及び収  
納可能燃料の追加について)

令和5年7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、輸送貯蔵兼用キャスクの基数の変更及び収納可能燃料の追加に関連する「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-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-14-⑧ 信頼性に対する設計上の考慮への適合性
- 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

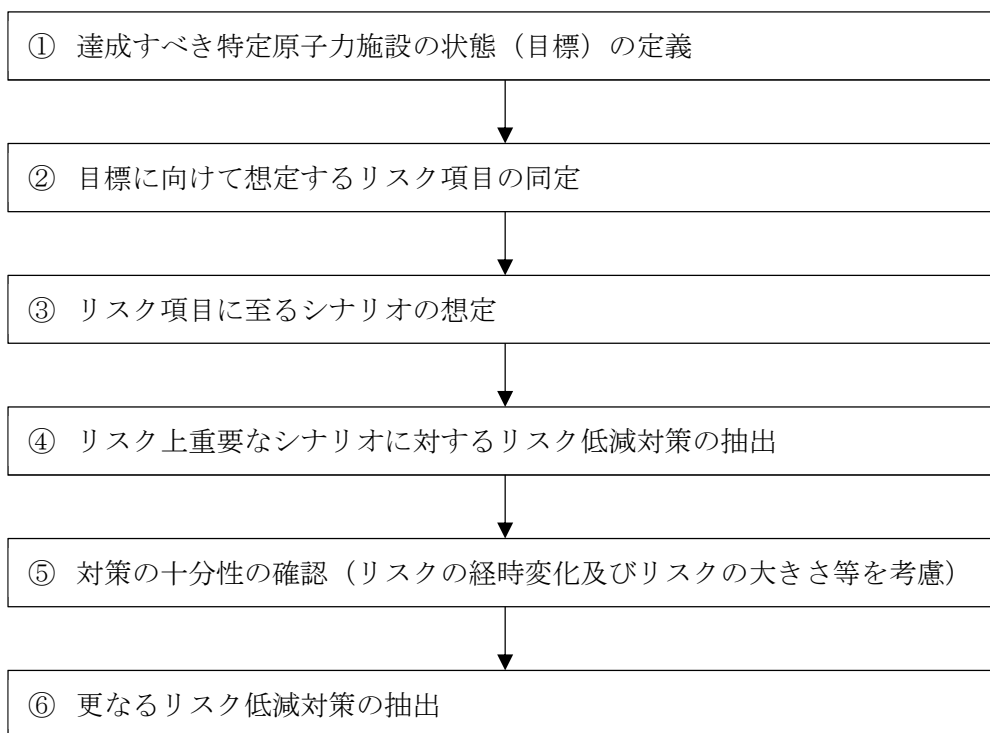
### 1.1 リスク評価

#### 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 $3.0 \times 10^{-2}$ mSv/年であり、特定原子力施設から5km地点では最大約 $2.5 \times 10^{-3}$ mSv/年、10km地点では最大約 $8.9 \times 10^{-4}$ 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 $1.4 \times 10^{-18}$ mSv/年、10km地点では最大約 $2.4 \times 10^{-36}$ 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、現在使用済燃料輸送容器保管建屋に保管されている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することを計画している。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ことを計画している。

使用済燃料乾式キャスクについては、除熱、遮へい、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。使用済燃料乾式キャスク仮保管設備は、この保管状況において基準地震動 $S_s$ 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。使用済燃料輸送容器保管建屋から使用済燃料乾式キャスクを搬出する際は、移動式クレーンを使用して行うこととしており、使用済燃料共用プール等と同様の落下防止対策を講じることが出来ないため、万一の使用済燃料乾式キャスクの落下時にも周辺公衆及び放射線業務従事者に対して放射線被ばく上の影響は十分小さくなるように、使用済燃料乾式キャスクの吊り上げ高さを制限する手順を定めて運用する。また、極めて保守的な条件として万一使用済燃料乾式キャスクが落下し、ガス状核分裂生成物が放出されたと仮定しても、敷地境界線量は十分小さい値であることを確認している。

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
使用済燃料プールからの燃料取出計画	共用プール	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	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。 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物質の追加放出リスクは大きい。 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。 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。 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。 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。 ⑦従前より実績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。

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1-7)

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スケット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。



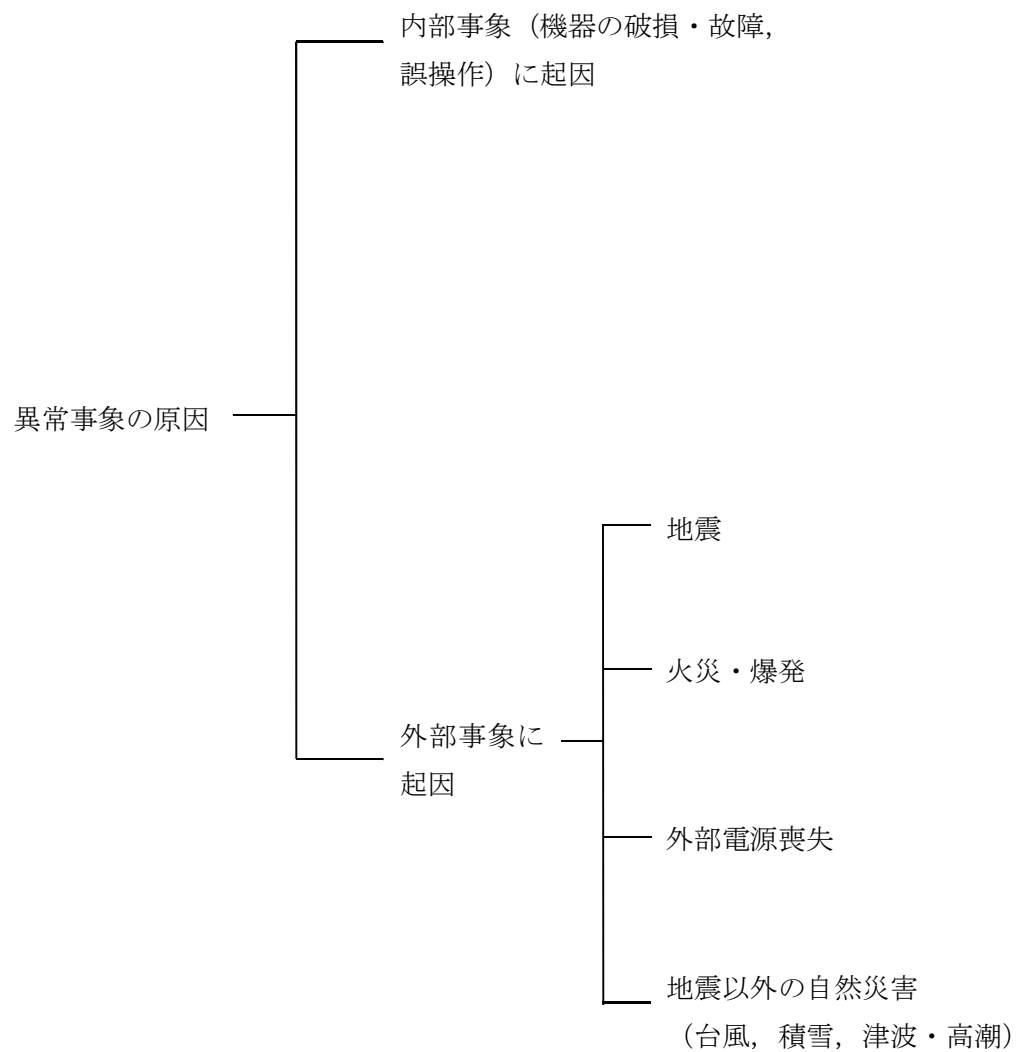


図 1. 1 - 1 異常事象の発生原因  
(実施計画：II-2-13-添 3-294～296)

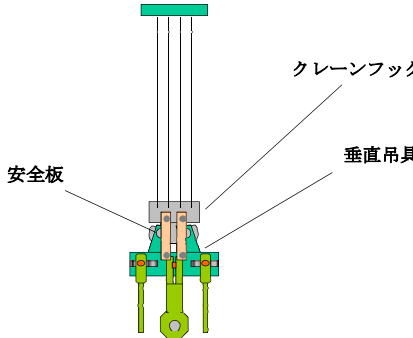
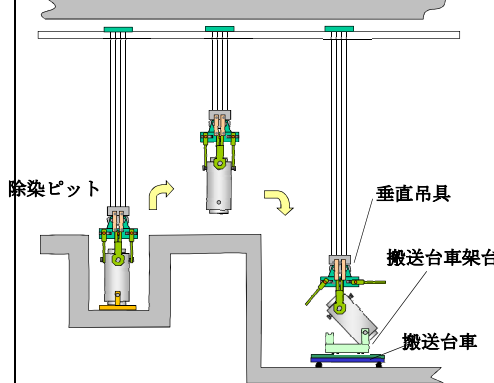
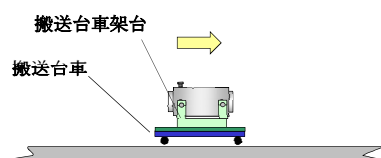
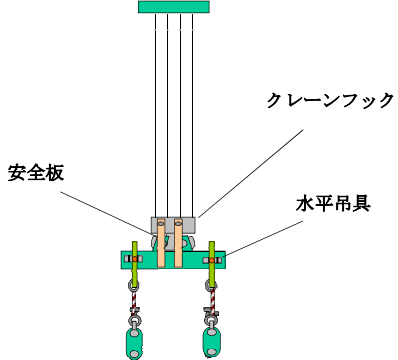
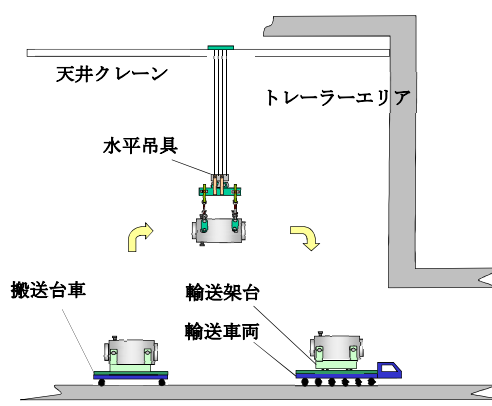
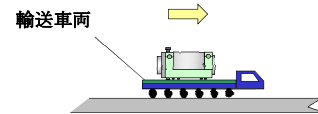
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
1	垂直吊具をクレーンフックに取り付ける。 	2	輸送貯蔵兼用キャスクを共用プール除染ピットから垂直吊具で吊上げ、搬送台車上の架台に積載する。 
3	搬送台車でトレーラーエリアに移動させる。 	4	水平吊具をクレーンフックに取り付ける。 
5	トレーラーエリアで搬送台車から輸送貯蔵兼用キャスクを水平吊具で吊上げ、輸送車両上の輸送架台に積載する。 	6	輸送車両でキャスク仮保管設備へ構内輸送する。 

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)

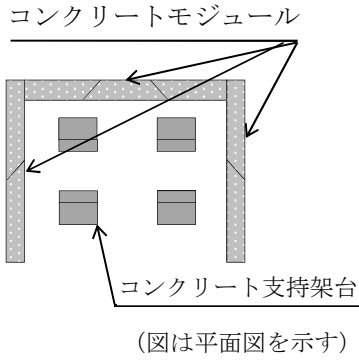
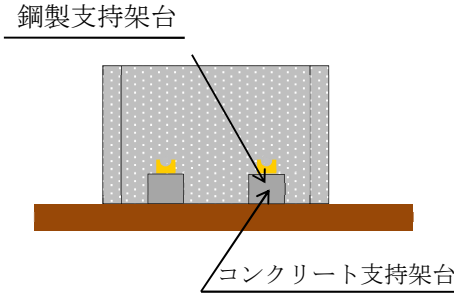
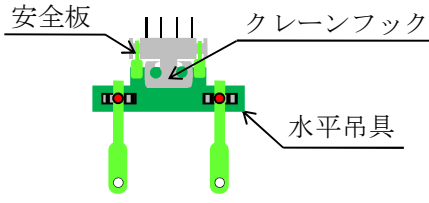
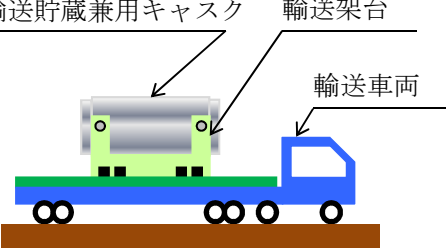
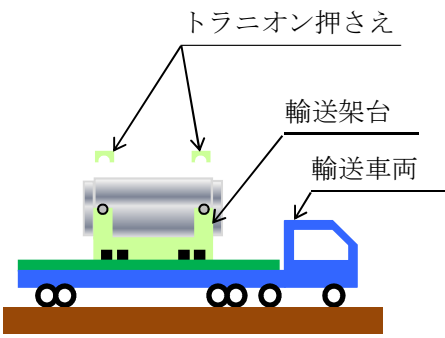
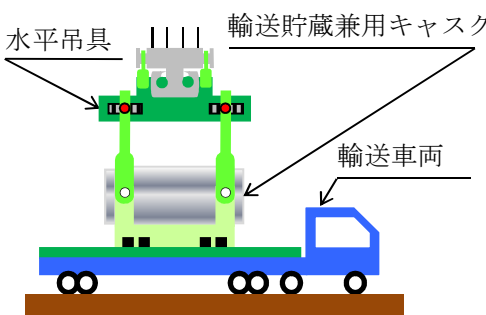
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
7	<p>コンクリート支持架台を設置し、コンクリートモジュールの3面を立てる。 (事前に実施する)</p> 	8	<p>鋼製支持架台をコンクリート支持架台に取り付ける。 (事前に実施する)</p> 
9	<p>水平吊具をクレーンフックに取り付ける。</p> 	10	<p>輸送車両で輸送貯蔵兼用キャスクを搬入させる。</p> 
11	<p>輸送架台の上部と下部のトラニオン押さえを取り外す。</p> 	12	<p>輸送車両上の輸送貯蔵兼用キャスクに水平吊具を取り付ける。</p> 

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)

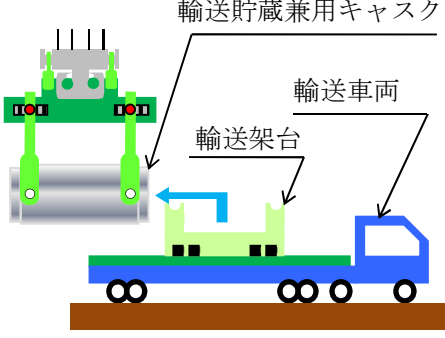
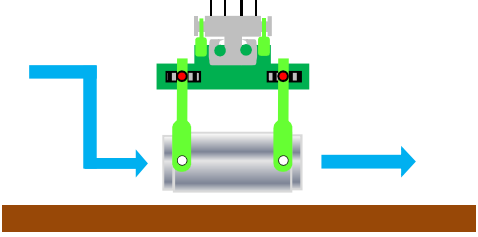
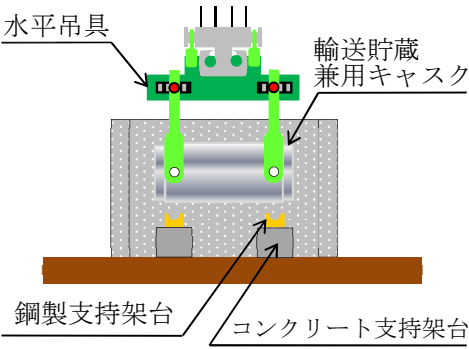
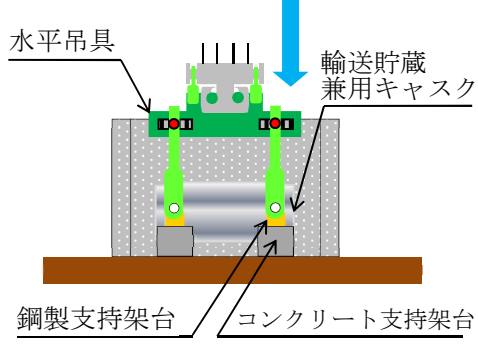
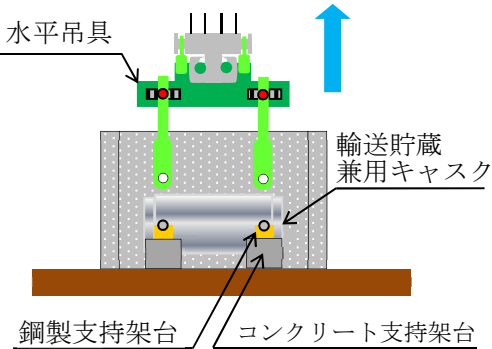
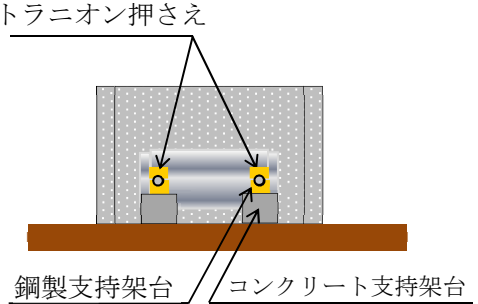
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
13	<p>トラニオンが輸送架台をかわすまで輸送貯蔵兼用キャスクをクレーンで吊上げた後、水平に移動する。</p> 	14	<p>輸送貯蔵兼用キャスクを保管場所までクレーンで移動する。</p> 
15	<p>輸送貯蔵兼用キャスクを鋼製支持架台の上まで移動する。</p> 	16	<p>クレーンを下降させて、輸送貯蔵兼用キャスクを鋼製支持架台に載せる。</p> 
17	<p>輸送貯蔵兼用キャスクから水平吊具を取り外し、クレーンを上昇させる。</p> 	18	<p>トラニオンをトラニオン押さえで支持架台に固定する。</p> 

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)

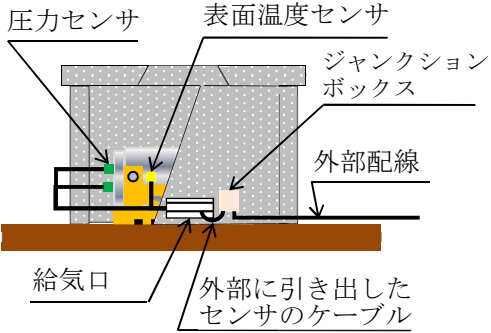
No.	取り扱いモード	No.	取り扱いモード
25	<p>監視用センサのケーブルを、給排気口からコンクリートモジュールの外に出し、ジャンクションボックス内で外部配線と接続する。</p>  <p>圧力センサ      表面温度センサ</p> <p>ジャンクションボックス</p> <p>外部配線</p> <p>給気口      外部に引き出したセンサのケーブル</p>		

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
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、輸送経路は輸送に係る人、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、搬送台車はレール上を走行し、走行範囲イ ンターロック及び障害物検知装置を有していることから他の構築物 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	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。	×		×
ワイヤーロープの切断		ワイヤーロープの二重化、始業前のワイヤー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	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築物等へ衝突しない。	×		×
		操作員の誤操作	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築物等へ衝突しない。	×		×
	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。	×		×
			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。	×		×
		操作員の誤操作	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を異常事象として抽 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を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け不良であっても、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。	×		×
		ワイヤーロープの切断	始業前にワイヤーロープの点検を行い、ワイヤー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。	×		×
		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。	×		×
	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	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。 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あ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。	×		×
		ワイヤーロープの切断	始業前にワイヤーロープの点検を行い、ワイヤー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。	×		×
		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あ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。	×		×
	コンクリートモジュール給排気口の閉塞	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 3-299～306)

## 2.2 異常事象の評価

### (1) 評価方針

輸送貯蔵兼用キャスク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ク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。

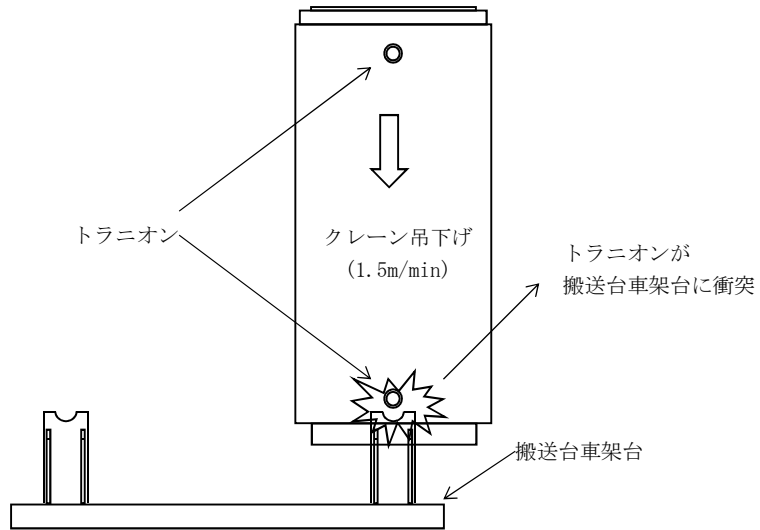


図1. 2-1 異常着床概念図 (搬送台車架台への衝突)

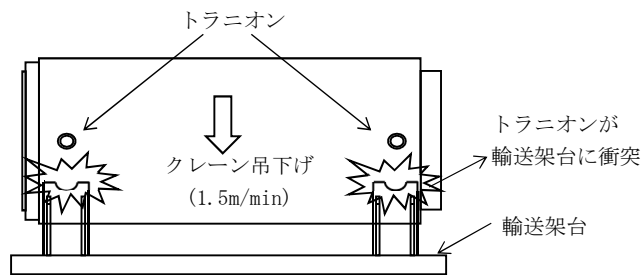


図1. 2-2 異常着床概念図 (輸送架台への衝突)

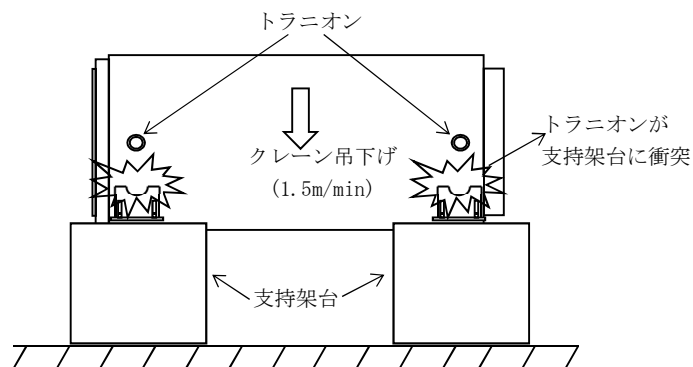


図1. 2-3 異常着床概念図 (支持架台への衝突)

(2) 輸送貯蔵兼用キャスクの評価条件および方法

輸送貯蔵兼用キャスクが搬送台車架台，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クの運動エネルギーを吸収する。
- ・輸送貯蔵兼用キャスク本体（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ク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ク質量  
輸送貯蔵兼用キャスク :  $1.186 \times 10^5$  (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/s<sup>2</sup>)
- 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ク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クに生じる衝撃加速度 (m/s<sup>2</sup>)
- F : 輸送貯蔵兼用キャスクに作用する衝撃力 (N)

以上より，輸送貯蔵兼用キャスク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 :  $1.36 \times 10^{10}$  (N/m) (2脚分)
- 輸送架台のばね定数  
     輸送貯蔵兼用キャスク用 :  $4.0 \times 10^{10}$  (N/m) (4脚分)
- 支持架台のばね定数  
     輸送貯蔵兼用キャスク用 :  $4.56 \times 10^{10}$  (N/m) (4脚分)

(3) 評価結果

輸送貯蔵兼用キャスク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(キャスク, 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ク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クに生じる衝撃加速度

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

(実施計画: II-2-13-添 3-310~312)

## 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。

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。

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

「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「添付書類一 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。



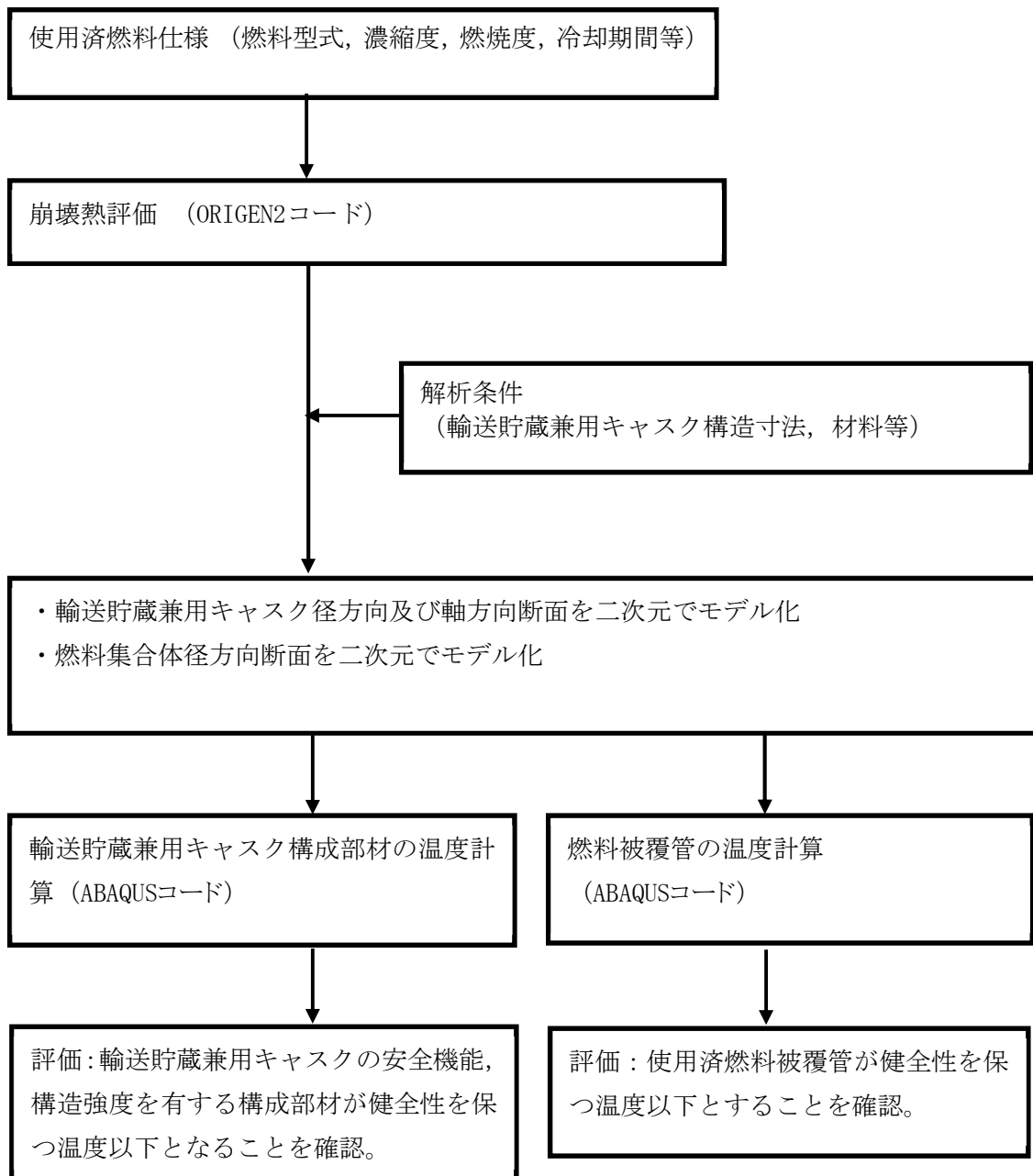


図 1-1 輸送貯蔵兼用キャスク 除熱評価フロー図

(2) 設計基準

設計基準を表 1-1 に示す。

表 1-1 設計基準

(単位：℃)

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℃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 1-2 に示す。使用済燃料の発熱量は ORIGEN2 コードにより求める。

表 1-2 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 <sup>注1)</sup>	28
収納体数 (体)		69		69		69
評価に用いる発熱量 (kW) <sup>注2)</sup>		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 1-2~4 に示す。また, 評価条件を表 1-3 に示す。

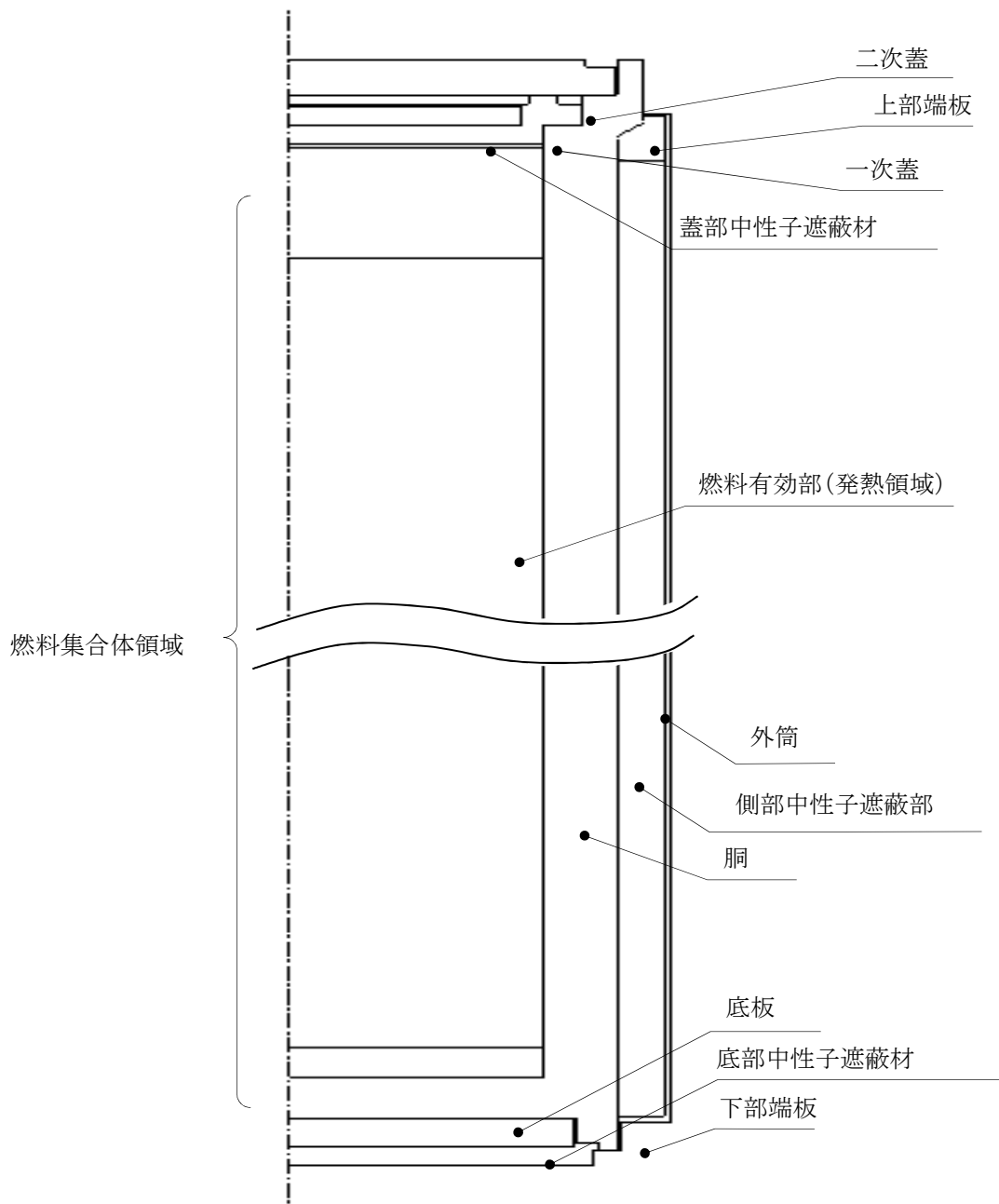


図 1 - 2 軸方向断面モデル

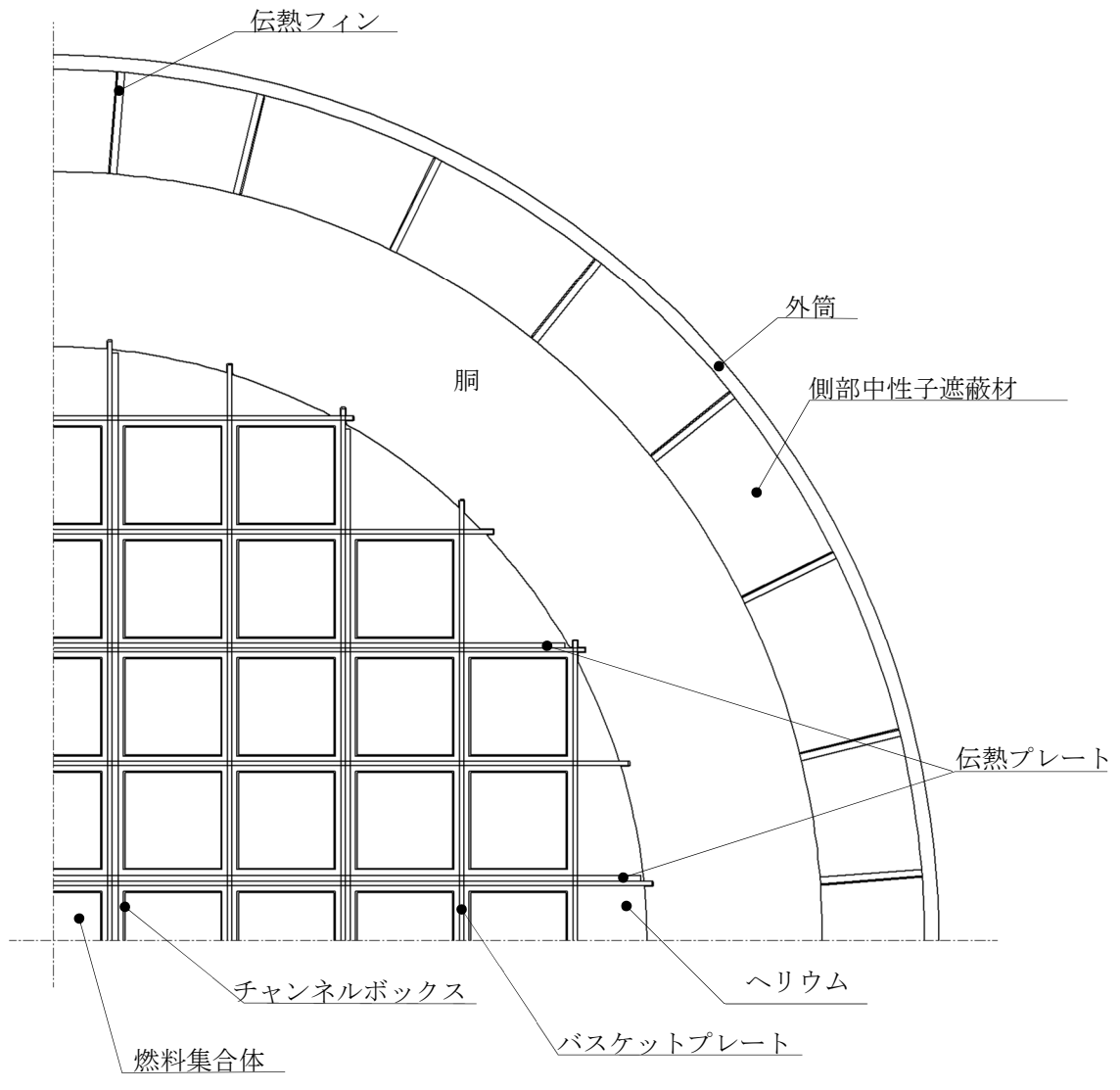
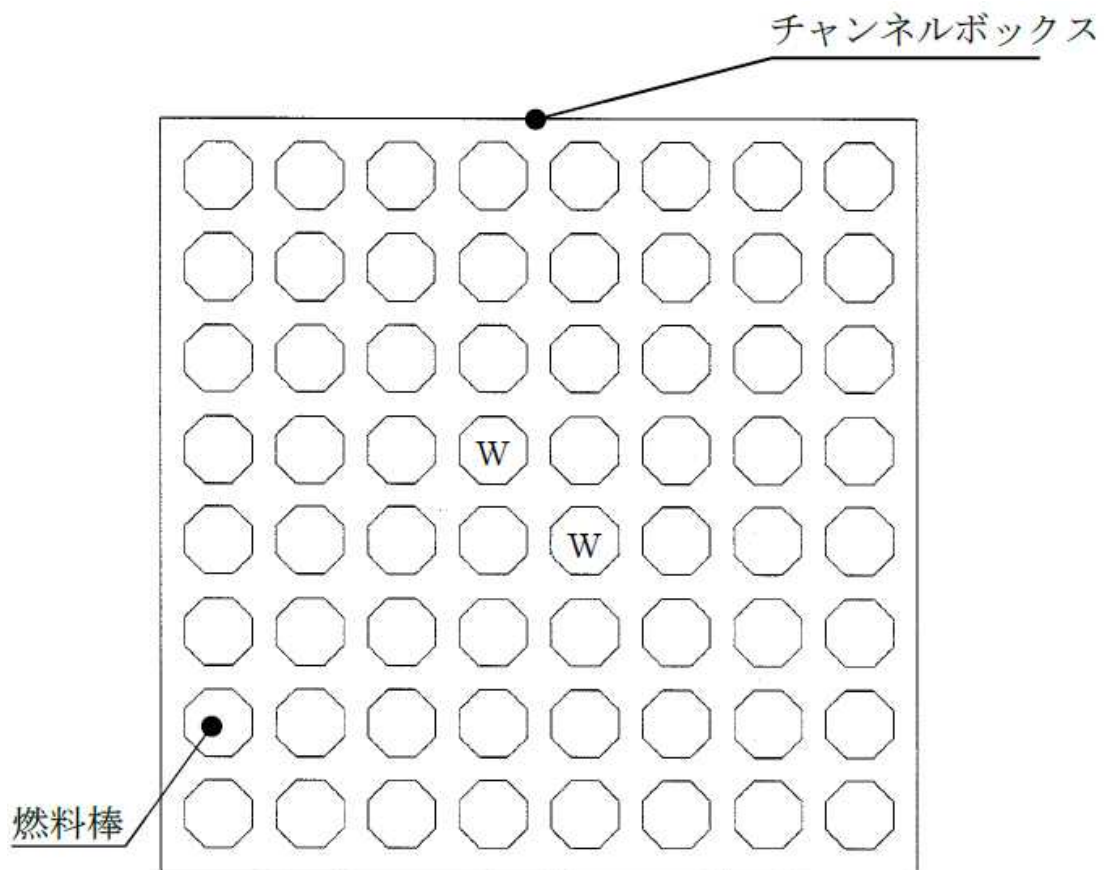
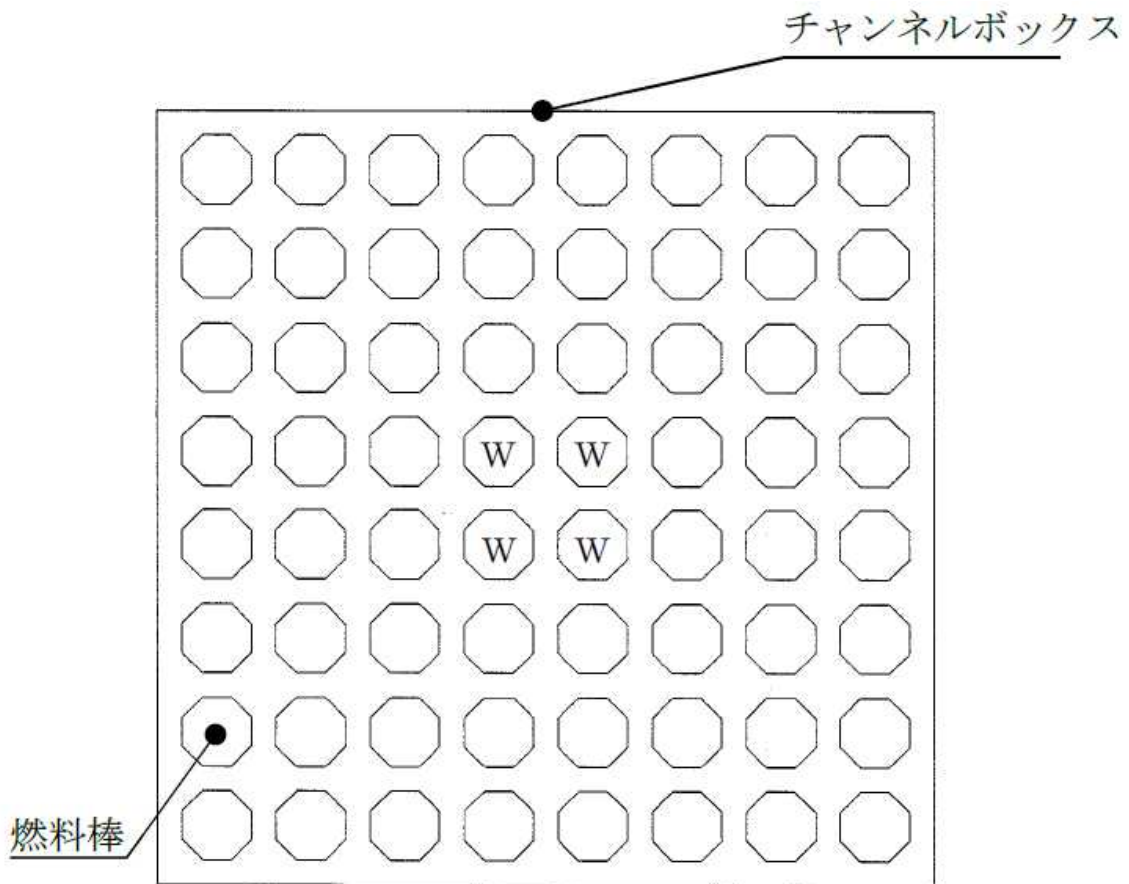


図 1 - 3 半径方向断面モデル



注) Wはウォーターロッドであり，発熱はない。

図1-4(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1-4 (2) 燃料集合体断面モデル  
(高燃焼度8×8燃料)

表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 <sup>注1)</sup> / 10.4 <sup>注2)</sup>
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くらべて高めとなる。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 1-4 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 1-4 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 <sup>注1)</sup>	使用済燃料
				200 <sup>注2)</sup>	
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)



### 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	
		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 <sup>※</sup>	
崩壊熱評価		・ 燃焼計算コード ORIGEN2 <sup>※</sup>	—	
解析条件	キャスク仕様	構造	・ HDP-69B (B) 型	
		材料		
		使用済燃料配置		
	貯蔵施設境界条件	周囲温度	・ 45℃ <sup>※</sup>	・ 同左
		壁面温度	・ 65℃ <sup>※</sup>	・ 同左
キャスク配列		・ 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	・ 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) <sup>※</sup>	・ 同左	
		・ 輪切りモデル (径方向輪切りモデル) <sup>※</sup>	・ 同左	
	燃料被覆管	・ 燃料集合体モデル <sup>※</sup>	・ 同左	
伝熱解析		・ 伝熱解析コード ABAQUS <sup>※</sup>	—	

※：既設評価と同一

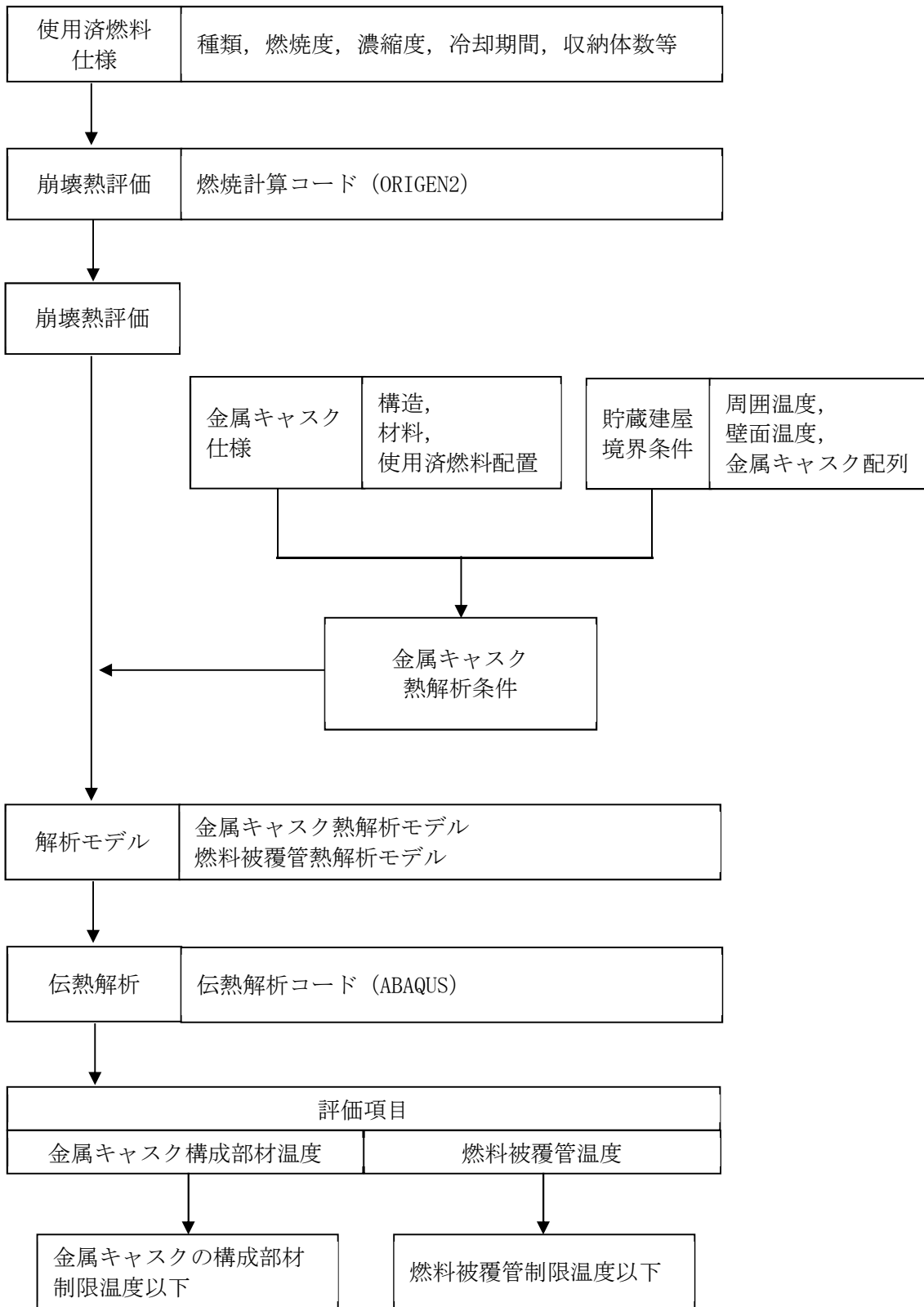


図1 除熱解析フロー図

## 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<sup>1)</sup>。

1) 山川秀次, 五味義雄, 尾崎幸男, 尾崎明朗「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)

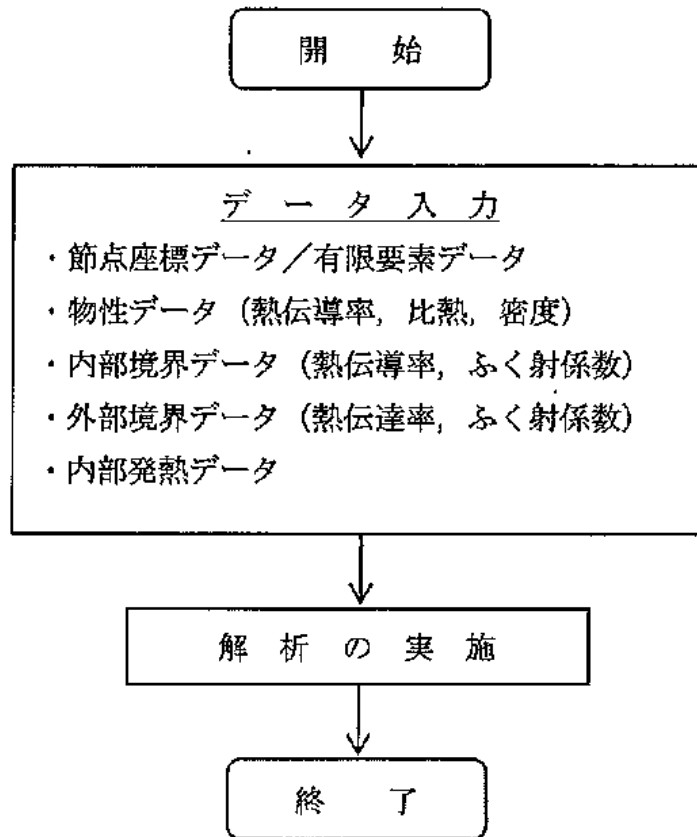


図2 ABAQUS コードの解析フロー図

## 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、各核種の放射エネルギー等が求められる。
- 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、アクチニド、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  $(\alpha, n)$  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<sup>1)</sup>。

### (5) 検証方法

汎用コードの導入評価<sup>1)</sup> 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<sup>2)</sup> 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

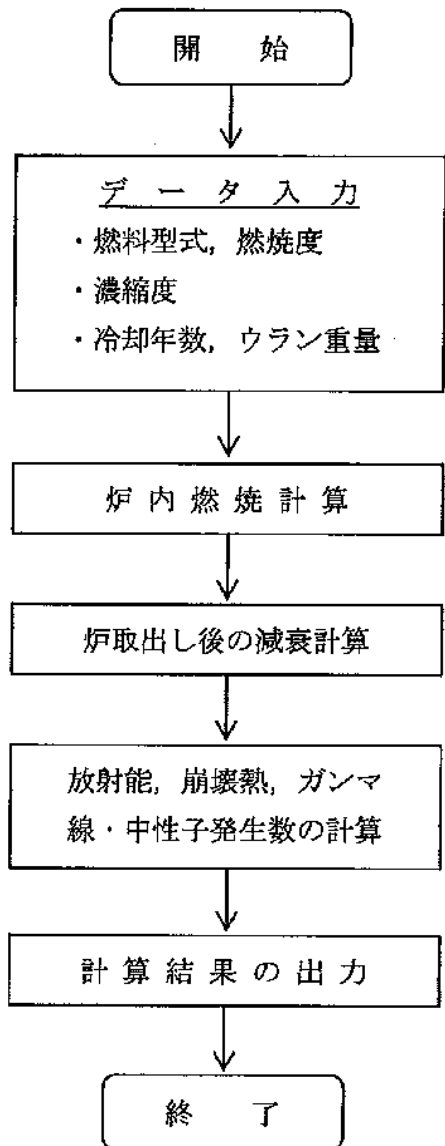


図3 ORIGEN2 コードの計算フロー図

(実施計画：II-2-13-添4-12~15)

## 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 <sup>※1</sup>	・ 50 年 <sup>※2</sup>	
	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℃ <sup>※1</sup>	・ -4.5℃ <sup>※3</sup>
	圧力	キャスク内部	・ $8.0 \times 10^4$ Pa abs (初期) <sup>※1</sup>	・ 同左
		蓋間空間	・ $4.1 \times 10^5$ Pa abs (初期) <sup>※1</sup>	・ 同左
		大気圧	・ $9.7 \times 10^4$ Pa abs <sup>※1</sup>	・ 同左
	キャスク本体内部空間容積	・ 約 6m <sup>3</sup> <sup>※1</sup>	・ 同左	
	内部流体	・ ヘリウム <sup>※1</sup>	・ 同左	
漏えい率計算		・ ボイル・シャルルの法則 <sup>※1</sup> ・ クヌッセンの式 <sup>※1</sup>	—	
基準漏えい率 Qs		・ $2.4 \times 10^{-6}$ Pa・m <sup>3</sup> /s <sup>※1</sup>	—	
リークテスト判定基準 Qt		・ $1.6 \times 10^{-6}$ Pa・m <sup>3</sup> /s <sup>※1</sup>	—	

※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



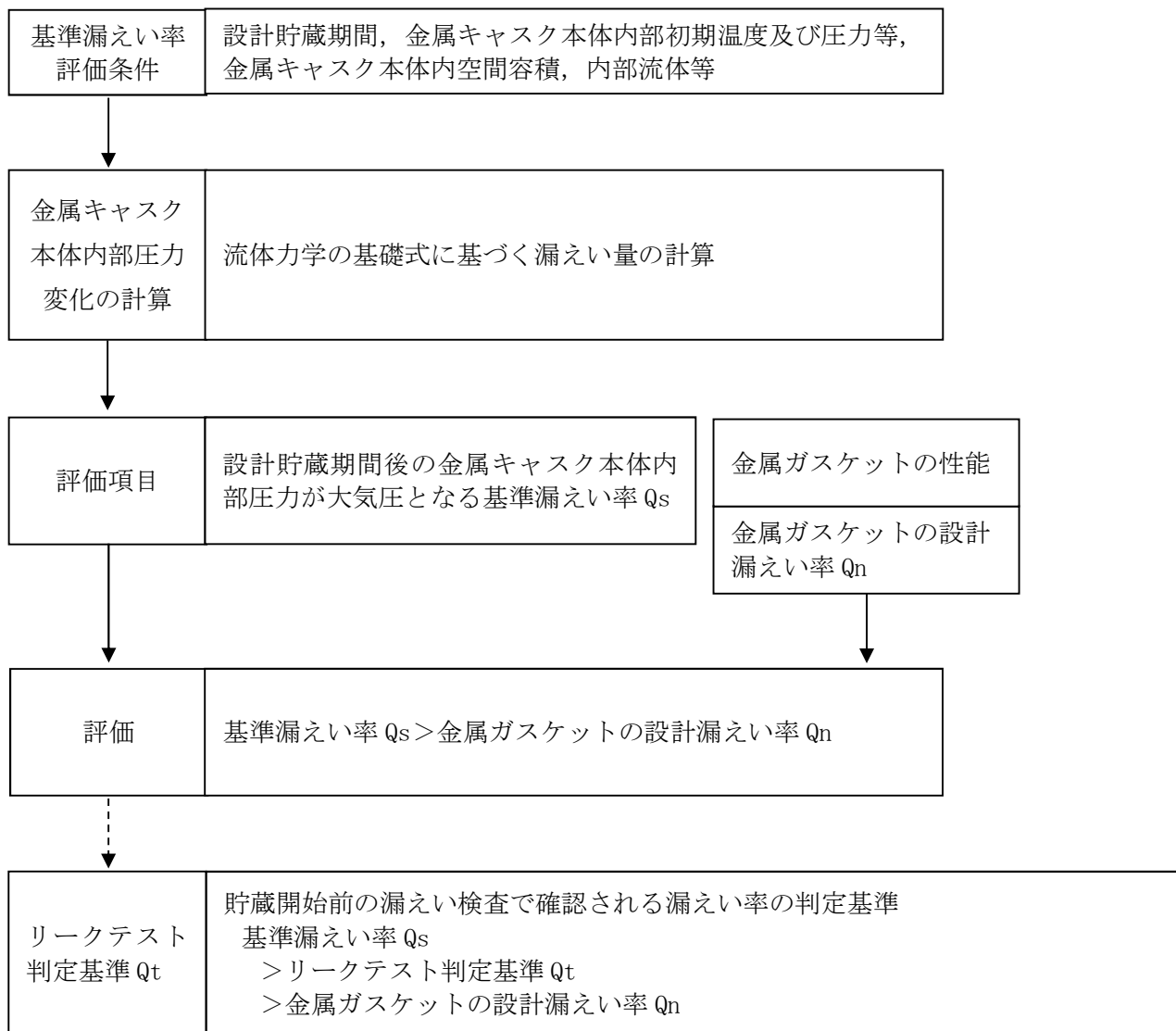


図 2 - 1 密封評価フロー図

### 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	
		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 <sup>※</sup>	—	
	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 <sup>※</sup>	—	
線源強度		・ ガンマ線線源強度 <sup>※</sup> ・ 中性子線源強度 <sup>※</sup>	—	
解析条件	キャスク仕様	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		
	使用済燃料収納位置	・ 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	・ 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% <sup>※</sup>	・ 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 <sup>※</sup> ・ 中性子遮蔽解析モデル <sup>※</sup>	・ 同左 ・ 同左	
遮蔽解析		・ 輸送計算コード DOT3.5 <sup>※</sup> ・ 断面積ライブラリ DLC-23/CASK <sup>※</sup>	— —	

※：既設評価と同一

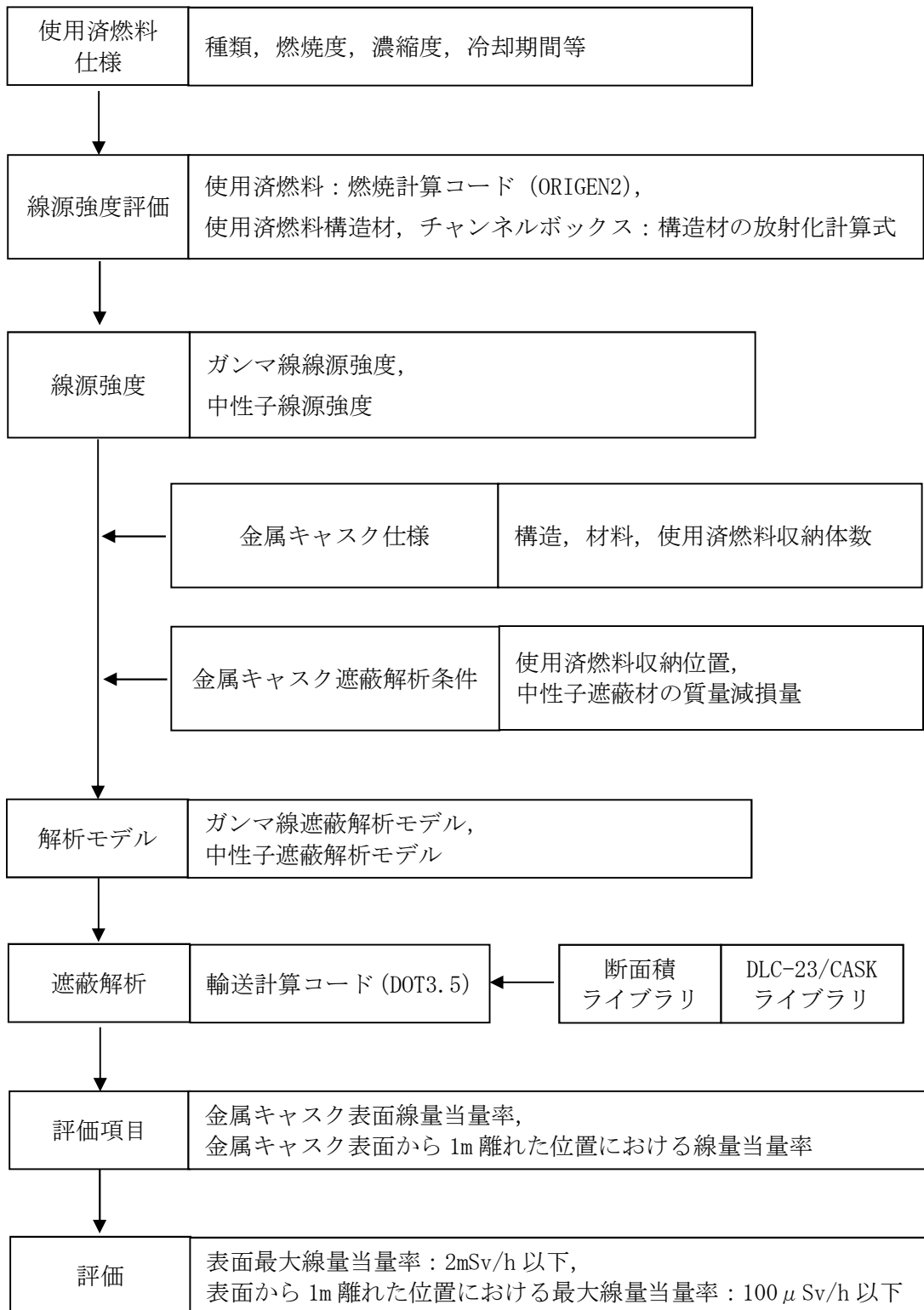


図 3 - 1 遮蔽解析フロー図

表 3-2 評価結果

(単位： $\mu\text{Sv/h}$ )

	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 <sup>※1</sup>	—	—	—	—	81
補足説明資料 <sup>※2</sup>	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、 $\mu\text{Sv/h}$  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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> </ul>
		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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ HDP-69B 型</li> <li>・ 型式証明の認可キャスク (HDP-69B(B)型)と同一仕様</li> </ul>
		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 <sup>3</sup> **	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> </ul>
		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

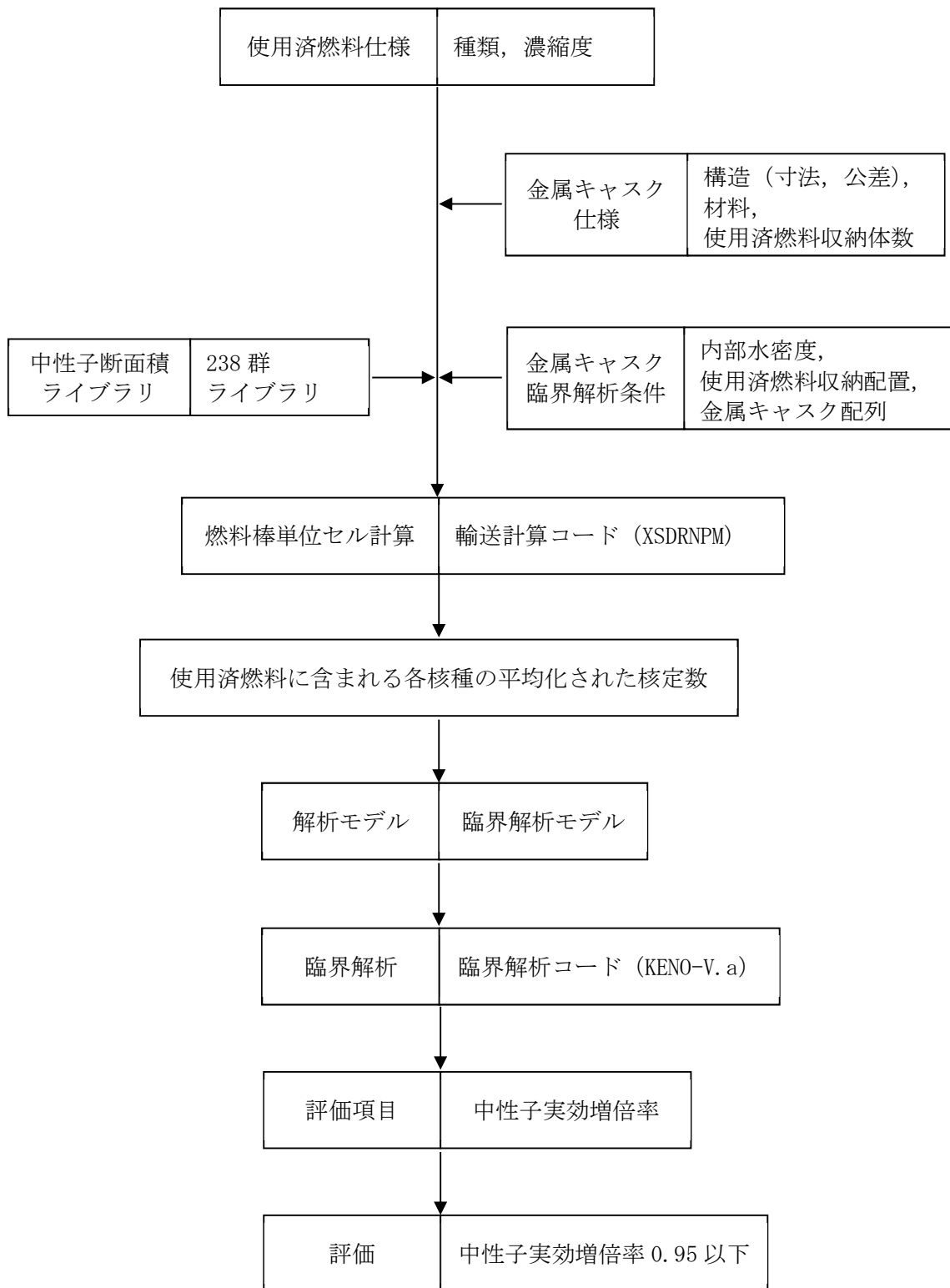


図 4-1 臨界解析フロー図

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（ $3\sigma$ ）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。

## 5 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に示す。

## 6 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6-1に示す。また、モニタリングポストの位置を図6-1に、エリア放射線モニタの配置図を図6-2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に示す第1レーンから第4レーンの中央付近に各1基ずつ設置する。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。

## 7 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。

## 8 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。

## 9 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 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 - 1 エリア放射線モニタの仕様

項目	仕様
基数	4 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。

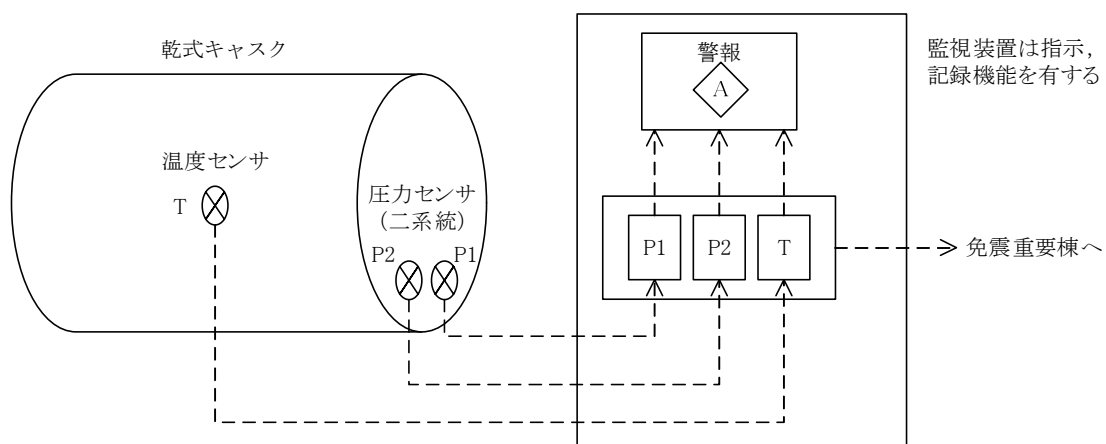


図 5 - 1 監視装置の概要

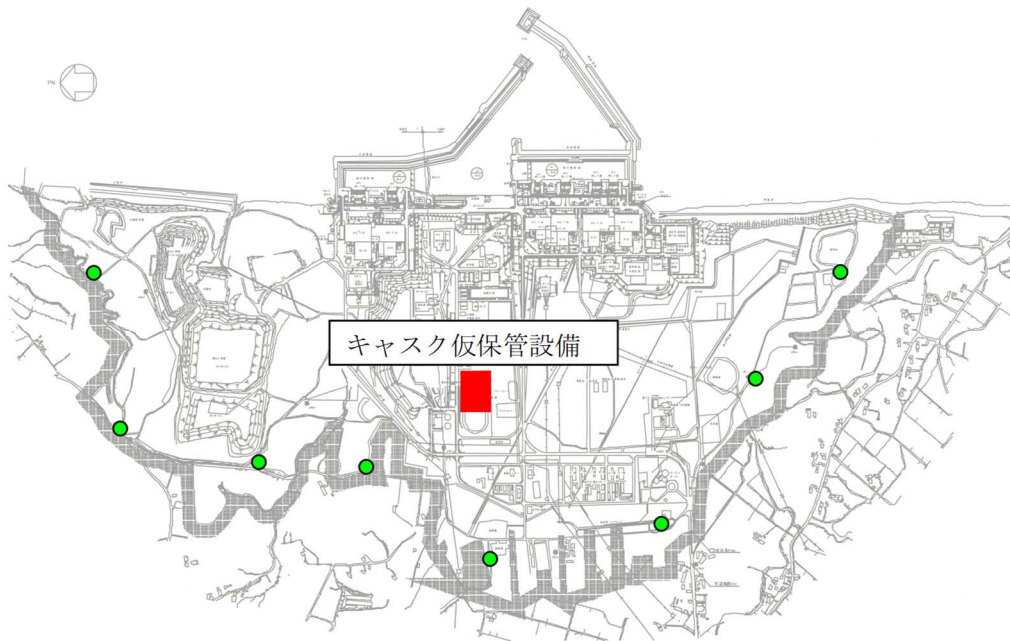


図 6-1 モニタリングポスト位置図

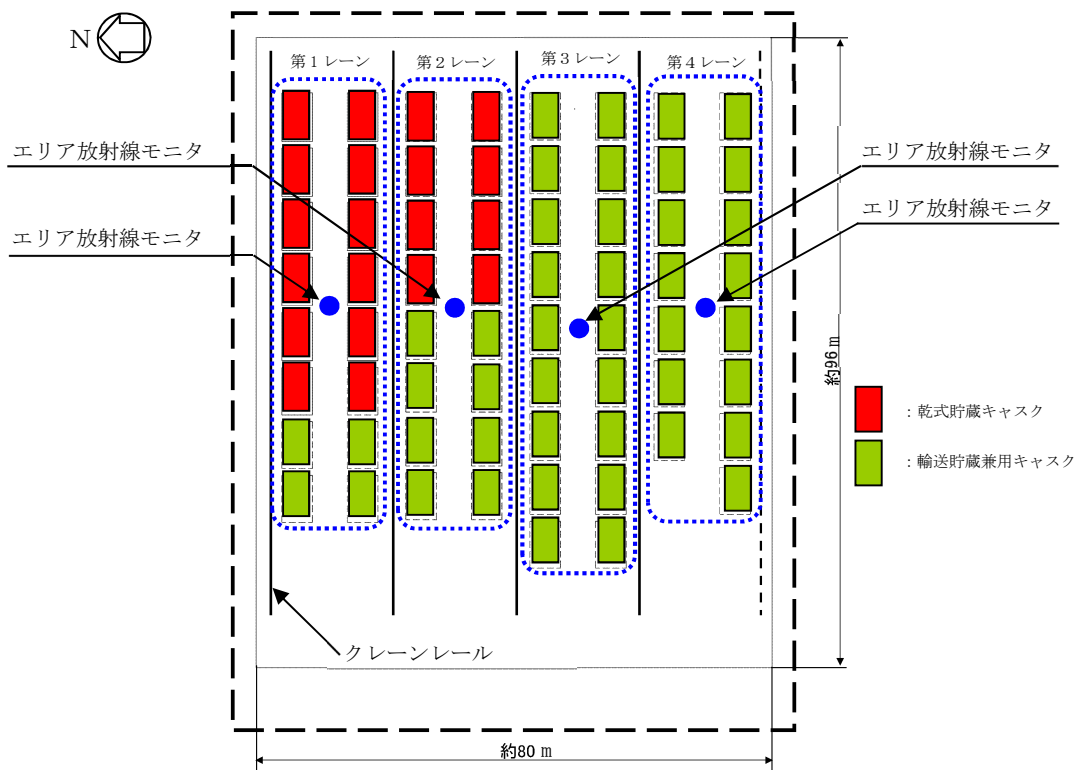


図 6-2 エリア放射線モニタ配置図

(実施計画：II-2-13-添6-1~4)

## 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

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

### 14. 設計上の考慮

#### ① 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，設計，材料の選定，製作及び検査について，それらが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こと。

輸送貯蔵兼用キャスクは，構造強度，除熱，密封，遮蔽，臨界防止の各安全機能が以下の規則，告示及び内規に適合するように設計，材料の選定，製作されている。また，各条件を満足していることを検査により確認している。

- ・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 日付，平成 25 年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（原管廃発第 1311272 号（平成 25 年 11 月 27 日原子力規制委員会決定））
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の型式証明及び型式指定運用ガイド（原管廃発第 1311276 号（平成 25 年 11 月 27 日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 日付，令和 2 年原子力規制委員会第 8 号）
- ・使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の解釈（令和 2 年 2 月 5 日 原規規発第 2002054 号-3 原子力規制委員会決定）
- ・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規則（昭和 53 年 12 月 28 日付，総理府令第 57 号）
- ・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（平成 2 年 11 月 28 日付，科学技術庁告示第 5 号）
- ・使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(JSME S FA1-2007)

Ⅱ.14.⑧ 信頼性に対する設計上の考慮への適合性

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

### 14. 設計上の考慮

#### ⑧信頼性に対する設計上の考慮

- ・安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計であること。
- ・重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については，その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮して，多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。

輸送貯蔵兼用キャスクは，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計とする。

#### ○ 信頼性に対する設計上の考慮

- ・安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得るものとする。
- ・重要度の特に高い安全機能を有する系統については，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮し，原則として多重性又は多様性及び独立性を備えたものとする。

(実施計画：II-1-14-2)

#### ○ 輸送貯蔵兼用キャスクの信頼性

輸送貯蔵兼用キャスク（増設 30 基）が十分な構造強度を有することを輸送貯蔵兼用キャスク（既設 65 基）と構造強度が同一または同等であることをもって評価する。

#### 1 構造強度

##### 1.1 輸送貯蔵兼用キャスク

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. 1-1 に示し，構造強度評価フローを図 1. 1-1 に示す。

表 1. 1-1 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. 1-1 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	使用済燃料	重量	・BJ, STEP II, RJ の重量は同等であるため既設 (BJ) と増設 (BJ, STEP II, RJ) は同等
		寸法	・BJ, STEP II と RJ では燃料被覆管のジルコニウム内張の有無による内径の差はあるが, 応力評価への影響はないため既設 (BJ) と増設 (BJ, STEP II, RJ) は同等
	輸送貯蔵兼用 キャスク	重量 材料	・既設と増設は同一仕様
解析条件	キャスク本体, 一次蓋, 一次蓋締付け ボルト等	圧力荷重	・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, 生じる圧力荷重及び衝撃荷重も同一
		衝撃荷重	
		熱荷重	
	バスケット	衝撃荷重	・キャスク本体等と同様に, 既設と増設は同一または同等
		熱荷重	
	トラニオン	衝撃荷重	
		熱荷重	
	二次蓋	圧力荷重	
支持架台	自重	・既設キャスクと増設キャスクは同一仕様であるため自重は同一	
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	解析コード		・評価する場合, 既設と増設で同一の解析コード ABAQUS を使用
	応力評価式		・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用いる応力評価式も同一

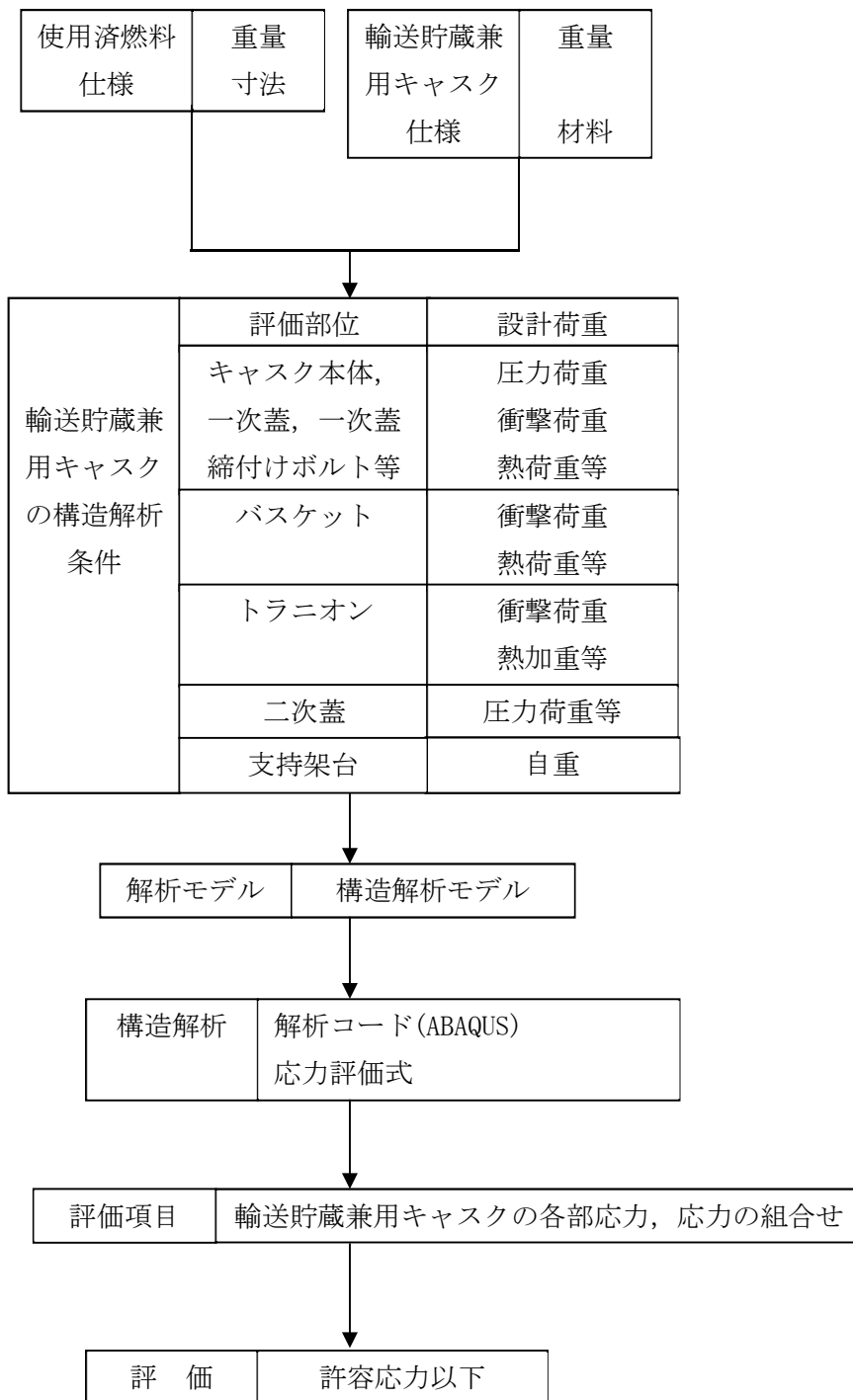


図1. 1-1 輸送貯蔵兼用キャスクの構造強度評価フロー  
(実施計画：II-2-13-添3-32)

## VIII 実施計画に係る検査の受検

措置を講ずべき事項

VIII. 実施計画に係る検査の受検

実施計画における施設、保安のための措置及び特定核燃料物質の防護のための措置について、法第64条の3第7項に基づく検査を受けること。

○ 輸送貯蔵兼用キャスクに係る確認事項について

キャスク製造工場におけるキャスク単体の確認事項は下記の通りとする。

表 確認事項（輸送貯蔵兼用キャスク）（1/2）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認※	実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。
	強度・漏えい確認	耐圧・漏えい確認※ 確認圧力(水圧 1.25MPa)で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。
構造強度・耐震性 遮蔽機能	構造確認	寸法確認※	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。
		外観確認※	各部の外観を確認する。
除熱機能	機能確認	伝熱確認 容器内部に使用済燃料を模擬するヒータを挿入して発熱させ、温度を確認する。	周囲温度を補正した温度が最高使用温度以下であること。
密封機能	機能確認	気密漏えい確認 使用済燃料収納前、ヘリウムリーク法等により、漏えい率を確認する。	基準漏えい率以下であること。
臨界防止機能	機能確認	未臨界確認 バスケットの材料特性及び主要寸法が、実施計画の評価の前提条件となっている値を満足していることを確認し、バスケットの外観に異常のないことを確認する。	・設計の材料特性に適合し、寸法が許容範囲内であること。 ・有意な変形、破損等の異常がないこと。
取扱機能	機能確認	吊上荷重確認	キャスクの吊上げ時重量の2倍以上の荷重をトラニオンに負荷し、トラニオンの外観に異常のないことを確認する。
		模擬燃料集合体挿入確認	代表5セルについてバスケットへ模擬燃料集合体の挿入、取出しを行い、支障がないことを確認する。

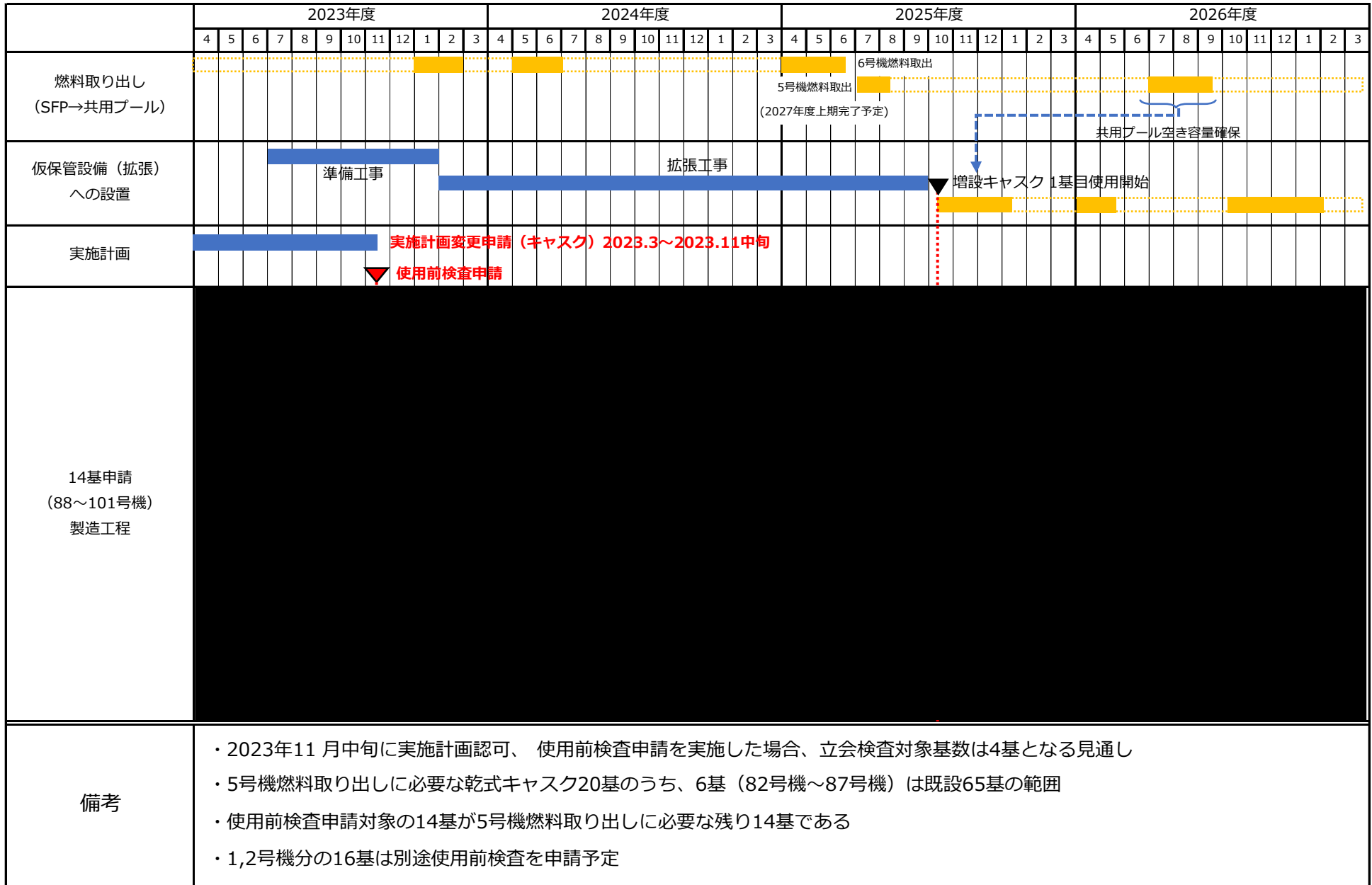
※旧炉規制法第四十三条の九に則って使用前検査を実施しているときは、これをもって確認とする。

表 確認事項（輸送貯蔵兼用キャスク）(2/2)

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	溶接確認※	材料確認	溶接に使用する材料が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	計画書のとおりであること。（設計仕様のとおり又は相当の材料であること）
		開先確認	開先面の状態，開先形状及び各部寸法等を確認する。	・有意な欠陥がないこと。 ・計画書のとおりであること。
		溶接作業確認	溶接規格等に適合していることが確認された溶接施工法及び溶接士により溶接施工しているかを確認する。	計画書，溶接規格のとおりであること。
		溶接後熱処理確認	溶接後熱処理の方法等が計画書及び溶接規格等に適合するものであることを確認する。	計画書及び溶接規格等に適合するものであること
		非破壊確認	溶接部について非破壊確認を行い，その試験方法及び結果が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	溶接規格等に適合するものであること
		機械確認	溶接部について機械試験をおこなひ，当該溶接部の機械的性質が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	溶接規格等に適合するものであること
		耐圧・外観確認	規定圧力*で耐圧確認を行い，これに耐え，かつ，漏えいがないことを確認する。 *：容器内部：水圧 1.25MPa 一部蓋及び二次蓋の蓋間部： 気圧 0.5MPa	規定圧力に耐え，かつ，漏えいがないこと。

※旧炉規制法第四十三条の十に則って溶接の方法及び検査に係る認可や検査を実施しているときは，これをもって確認とする。

キャスク単体実施計画認可スケジュール



指摘事項リスト（まとめ資料へ反映箇所）

2023年7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	第01回	共用プールにある燃料の搬出、移送、仮保管等の全体工程や具体の作業内容等について、講ずべき事項Ⅰ、全体工程とリスク評価の項目に係るまとめ資料として示すこと。	講ずべき事項Ⅰについて新規記載。 「使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の増設」のまとめ資料と合わせて回答。	まとめ資料Ⅰ		2023年8月31日
2	第01回	まとめ資料は、講ずべき事項に定める要求項目に対して、実施計画変更認可申請書の内容、面談等で説明に用いた資料及び技術的な根拠資料等の本申請に関する情報を包括的に記載する形で作成すること。	講ずべき事項Ⅱ.5.に反映。	まとめ資料Ⅱ.5	Ⅱ-5-2~27	2023年7月31日
3	第01回	本件については、製造工程等の関係から当該キャスクに係る部分のみを分離、先行して申請するとのことであったが、キャスク製造に影響がなく分割する必要がないのであれば、別途申請を予定している当該キャスクの仮保管設備の拡張に係る実施計画変更案件との関係を改めて整理して説明すること。	「キャスク単体実施計画認可スケジュール」にて分離申請を進めていきたい旨を説明。	-	-	2023年7月31日
4	第01回	講ずべき措置Ⅱ.5.燃料取り出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理についても、まとめ資料の作成対象項目とすること。	講ずべき事項Ⅱ.5.について新規記載。	まとめ資料Ⅱ.5	Ⅱ-5-28~31	2023年7月31日
5	第01回	また上記の整理を踏まえつつ、外部人為事象等の別途申請予定の仮保管設備の拡張に係る変更の範囲となる項目については、その旨をまとめ資料作成対象の有無の理由として記載すること。	「措置を講ずべき事項の該当項目の整理」に反映。	措置を講ずべき事項の該当項目の整理	-	2023年7月31日
6	第01回	実用発電用原子炉施設の審査で参照している「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイドの制定について（平成31年3月13日制定）」に規定する項目のうち、本申請で参照可能な項目の取扱について説明すること。	「使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の増設」と合わせて回答。			2023年8月31日
7	第01回	収納可能燃料の冷却期間について、燃焼度がある程度低いものに対して冷却期間を長期間としている理由について説明すること。	新型8×8燃料の冷却期間（28年以上）が新型8×8ジルコニウムライナ燃料（18年以上）及び高燃焼度8×8燃料（18年以上）の冷却期間に対して長期間であるのは、新型8×8燃料の設計基準温度が他の燃料タイプに比べて200℃と低いため。 なお、設計基準温度については、平成18年度及び19年度に原子力安全基盤機構(JNES)にて実施された貯蔵燃料長期健全性等確認試験において、照射硬化回復現象及び水素化物の再配向による燃料被覆管の機械的特性への影響を考慮して設定されており、ライナー無し燃料（新型8×8燃料）は200℃、ライナー有り燃料（新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料）は300℃が設計基準温度となる。	まとめ資料Ⅱ.5	Ⅱ-5-5,6	2023年7月31日
8	第01回	除熱機能の補足説明のうち、東京電力福島第一原子力発電所における保管姿勢及び保管状況を踏まえた解析結果については、キャスク自体の基本的安全機能に係る内容であり、型式証明申請書時の解析から変更した解析条件等の詳細を含めて改めて説明するとともに、申請内容として追加すること。	講ずべき事項Ⅱ.5.に反映。	まとめ資料Ⅱ.5	Ⅱ-5-12~14	2023年7月31日
9	第01回	構造強度評価等で想定した評価条件と、当該キャスク運搬時の状態（輸送荷姿等）が整合することについて説明すること。	講ずべき事項Ⅰ及びⅡ.14.⑧に反映。	まとめ資料Ⅰ, Ⅱ.14.⑧	Ⅰ-10~23, Ⅱ-14-⑧-2~4	2023年7月31日
10						
11						
12						
13						
14						
15						