

泊発電所3号機 使用済燃料の貯蔵施設における 重量物の落下について

平成26年2月4日
北海道電力株式会社

1. 使用済燃料貯蔵施設への重量物の落下について
 2. 貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物の選定フロー
 3. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出
 4. 貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定
 5. 落下防止とその適切性の確認
 6. 重量物の選定結果
 7. 新規制基準への適合状況について
- 参考. 燃料集合体落下時のライニング評価について
(泊発電所3号発電設備の第1回工事計画認可申請書(補正申請)資料)

1. 使用済燃料貯蔵施設への重量物の落下について

【概要】

- 平成25年7月8日に施行された新規制基準のうち、下記の規則において重量物の落下に関する規制要件が新たに追加された。
このため、貯蔵施設への落下時影響評価が必要となる重量物を選定するとともに、新規制基準への適合状況について確認した。
なお、燃料集合体の落下に関する規制要件については変更されないため、ここでは燃料集合体以外の重量物を対象としている。

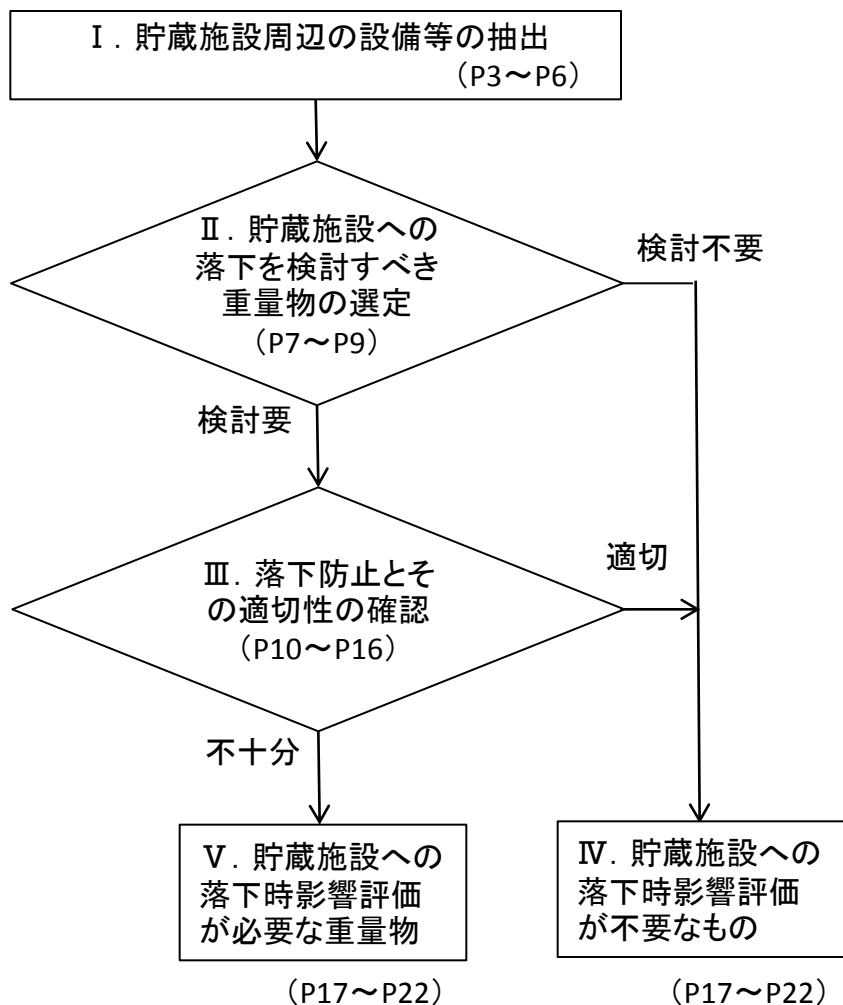
【重量物落下に関する規制要件が新たに追加となった規則】

- 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
 - ・第16条(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)第2項第二号二
＜以下、設置許可基準という。＞
- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
 - ・第26条(燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備)第2項第四号二
＜以下、技術基準という。＞

2. 貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物の選定フロー

使用済燃料貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物について、以下のフローにより選定した。

【選定フロー】



【説明】

I. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出

貯蔵施設周辺の設備等について、現場での確認や使用済燃料貯蔵施設周辺の作業実績から抽出する。

II. 貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定

選定フロー I. で抽出した設備等に対し、その落下エネルギーと燃料集合体の落下エネルギーを比較し、貯蔵施設への落下を検討すべき重量物を選定する。

また、重量の特定ができない場合等については、設備の固定状況、貯蔵施設との距離等により選定する。

III. 落下防止とその適切性の確認

選定フロー II. で貯蔵施設への落下の検討をすべき重量物としたものに対し、耐震安全評価、設備構造、その他法令等の要求事項に基づく落下防止とその適切性について確認する。

IV. 貯蔵施設への落下時影響評価が不要なもの

選定フロー II. で検討不要、選定フロー III. で落下防止は適切としたものは、貯蔵施設の機能を損なう重量物ではないことから、落下時影響評価は不要とする。

V. 貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物

選定フロー III. で落下防止が不十分とした重量物は、落下時に貯蔵施設の機能を損なうおそれがあることから、貯蔵施設への落下時影響評価を実施する。

3. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出(1/4)

選定フロー I (貯蔵施設周辺の設備等の抽出)の考え方

①現場確認による抽出

使用済燃料貯蔵施設の周辺設備等(使用済燃料ピットクレーンが移動する貯蔵施設周辺に配置されるもの)に係る現場確認を実施し、「地震等により使用済燃料貯蔵施設に落下するおそれがあるもの」について網羅的に抽出した。

(抽出基準)

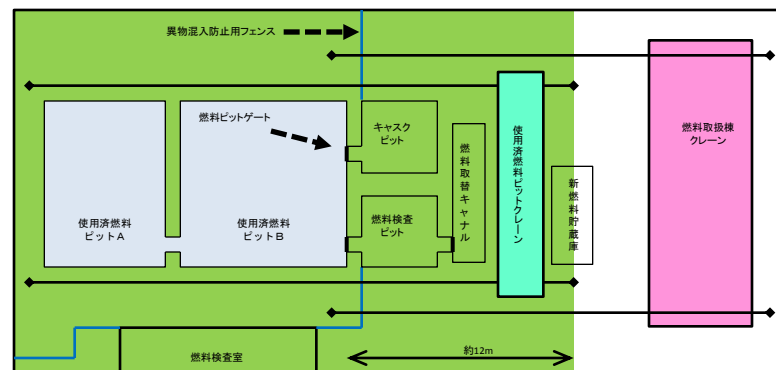
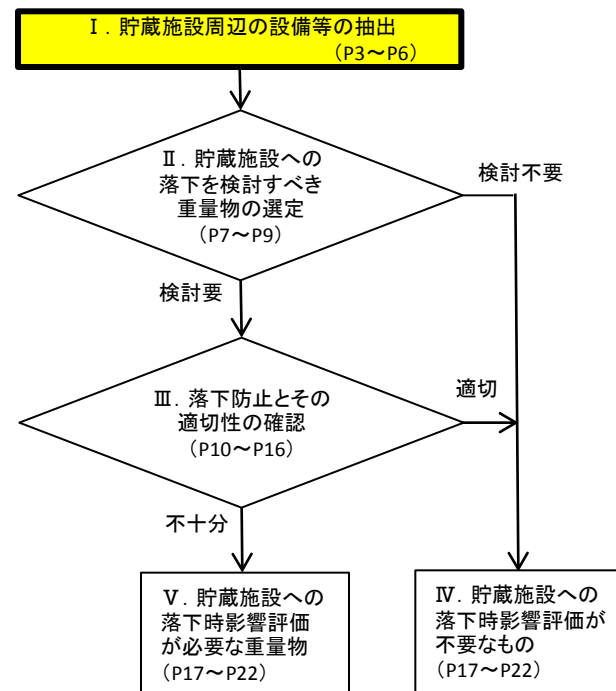
- ・使用済燃料貯蔵施設周辺(TP 33.1mフロア面)において、燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)、クレーン、電源盤類、フェンス類、装置類、作業機材類、測定機器類と貯蔵施設の位置関係から、地震等により使用済燃料ピット内に落下するおそれがあるもの。

②使用済燃料貯蔵施設周辺の作業実績からの抽出

使用済燃料貯蔵施設周辺の作業で、使用済燃料ピットクレーンを使用して取扱う重量物について、作業フロー(作業実績)に基づき抽出した。なお、燃料取扱棟クレーンは可動範囲の関係から使用済燃料ピット上を走行することはないが、同クレーンにより取扱う使用済燃料輸送容器(以下、「キャスク」という。)についても前広に抽出し確認する。

(抽出基準)

- ・使用済燃料貯蔵施設周辺(TP 33.1mフロア面)の作業において、使用済燃料ピットクレーンを使用して取扱う重量物および燃料取扱棟クレーンを使用して取扱うキャスク等重量物。



使用済燃料貯蔵施設の周辺概略図

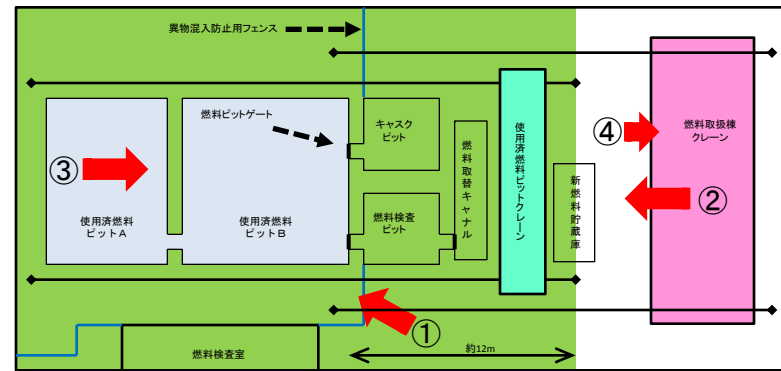
抽出範囲

3. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出(2/4)

前ページの考え方にに基づき抽出した結果は以下のとおり。

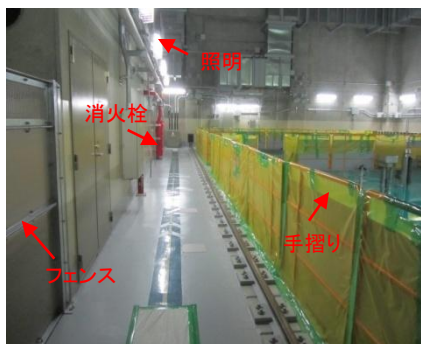
①現場確認により抽出した設備等

- 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)、フェンス類、使用済燃料ピットクレーン本体、燃料取扱棟クレーン本体、電源盤類、装置類、作業機材類、測定機器類

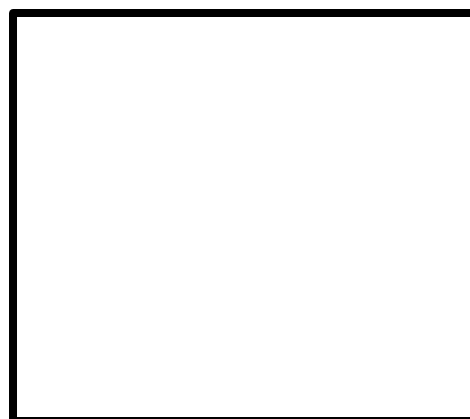
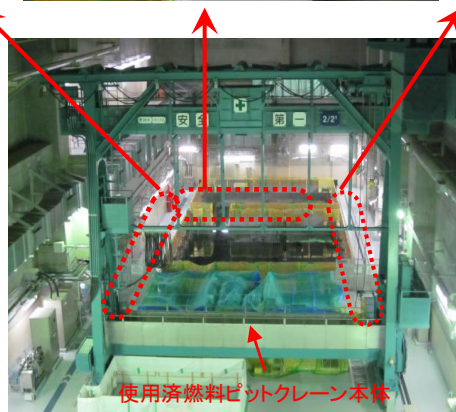
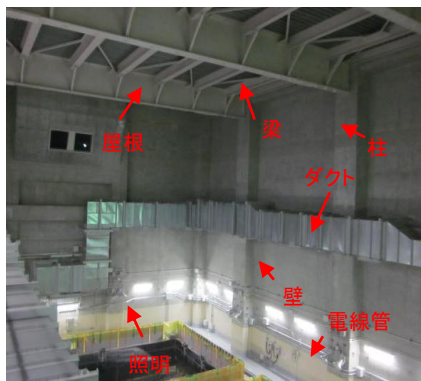


使用済燃料貯蔵施設の周辺概略図

抽出範囲



枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



① 使用済燃料貯蔵施設上部

② 使用済燃料貯蔵施設の周辺機器

③ 燃料取扱棟クレーン他

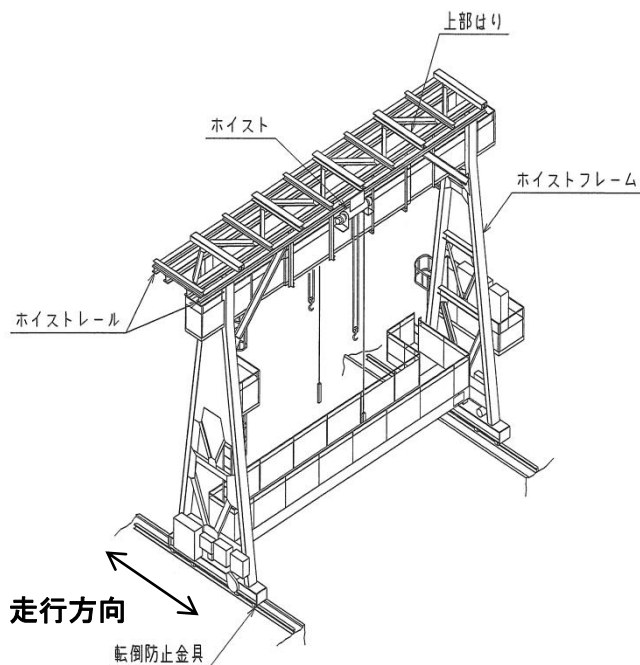
④ 燃料取扱棟クレーン

3. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出(3/4)

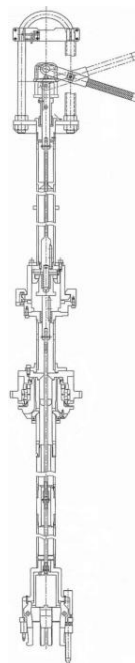
②使用済燃料貯蔵施設周辺の作業実績から抽出した設備等

➤ 移送中の燃料ガイドアセンブリ等とその取扱工具、移送中の燃料ピットゲート、移送中のキャスクとその吊具

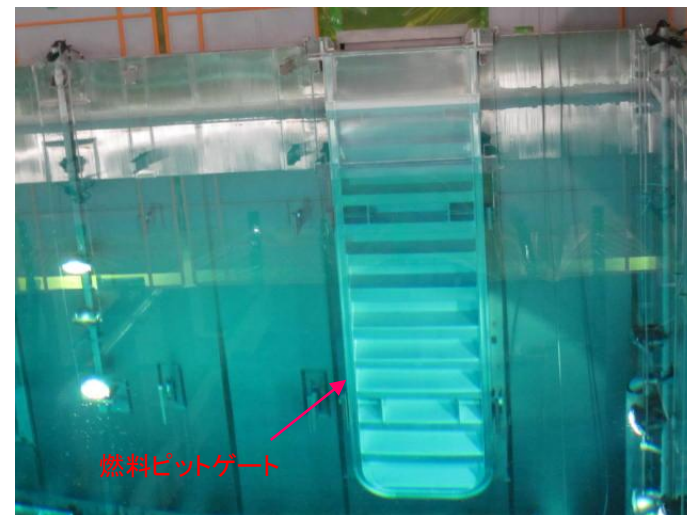
- ・ 貯蔵施設周辺の主な作業として、燃料集合体や内挿物の移送作業がある。この作業で使用する使用済燃料ピットクレーンは、貯蔵施設内の燃料集合体や内挿物等を取扱うための設備であり、燃料集合体や内挿物の移動作業では、ホイスに専用の取扱工具を吊下げて行う。また、燃料ピットゲートの脱着作業も行う。



使用済燃料ピットクレーン本体



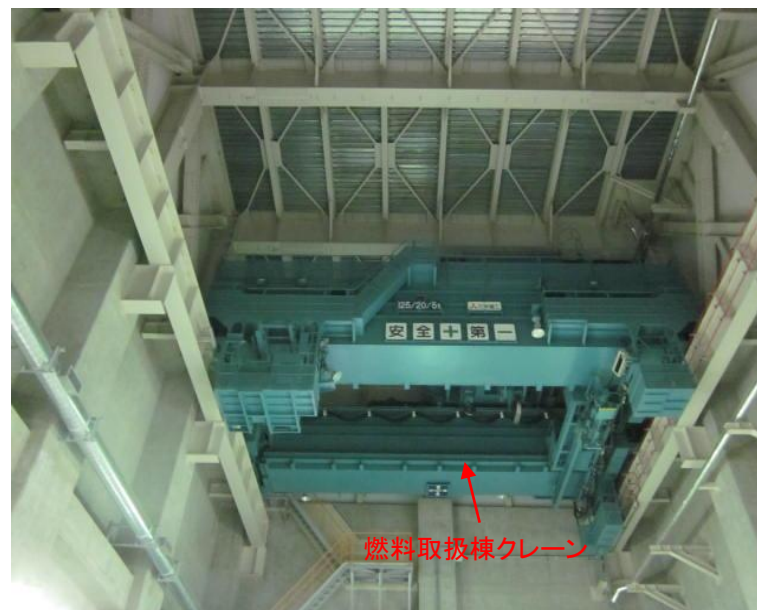
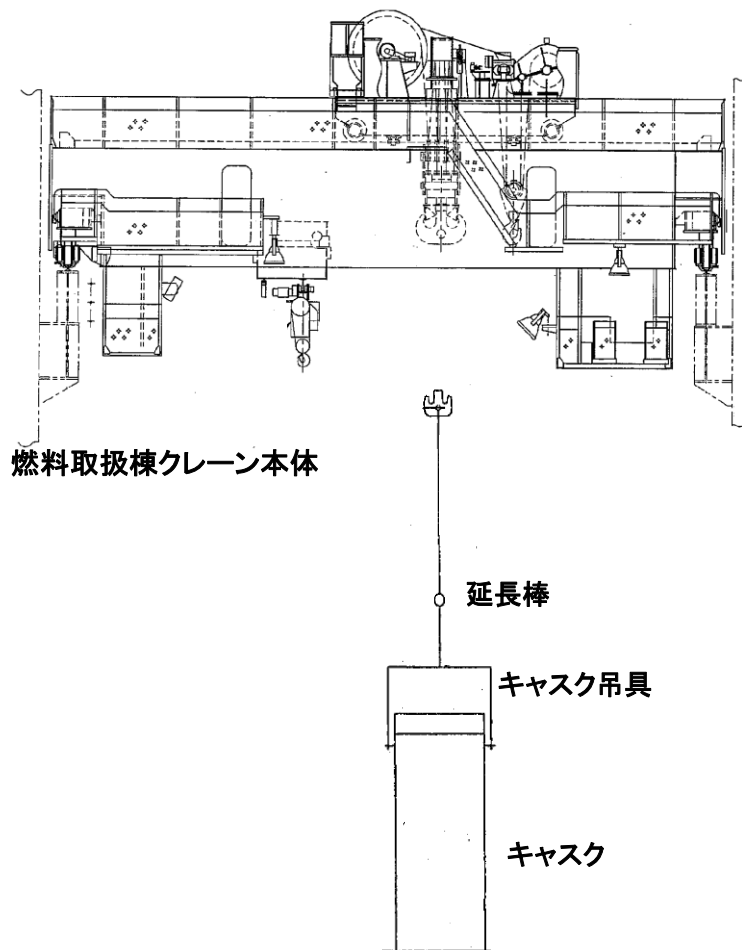
使用済燃料取扱工具



燃料ピットゲート

3. 貯蔵施設周辺の設備等の抽出(4/4)

- ・キャスクピットにおいては、使用済燃料搬出作業の一環として、燃料取扱棟クレーンによるキャスクの吊下げや吊上げ作業が行われる。



燃料取扱棟クレーン

4. 貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定(1/3)

選定フローⅡ (貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定)の考え方

①条件A: 落下エネルギーによる選定方法

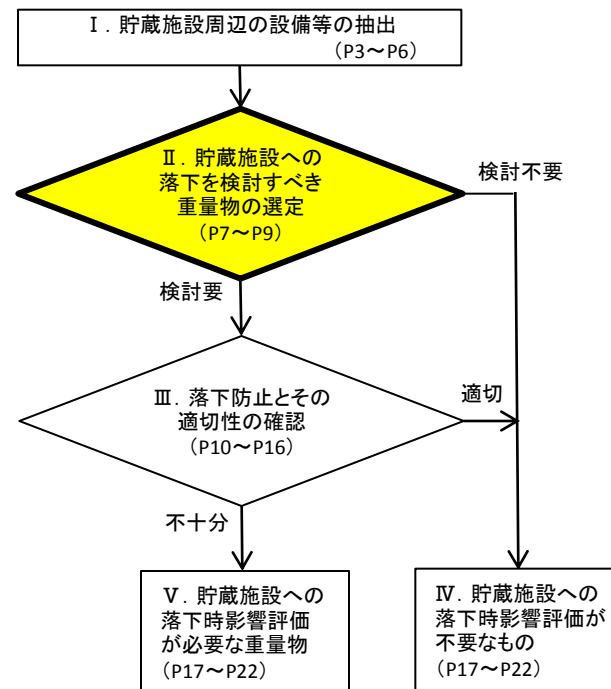
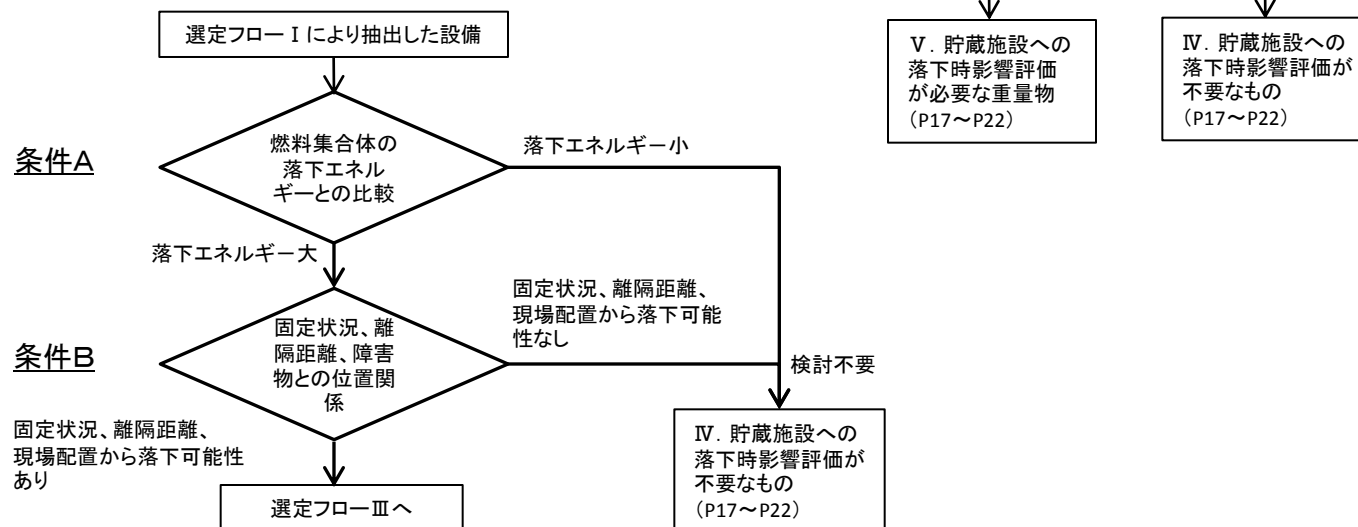
選定フローⅠ. で抽出した設備等の落下エネルギーと燃料集集体重量の落下エネルギーを比較し、燃料集集体重量の落下エネルギー以上のものを選定した。

※燃料集集体落下時のライニング評価について(参考)参照。

②条件B: 固定状況、距離・位置関係による選定方法

条件Aで選定された設備等として、燃料取扱棟に固定された盤類など、地震等による損壊程度で、その重量が特定できない場合や落下エネルギーが大きい場合については、設備のボルト等による固定状態や貯蔵施設との離隔距離や手摺りなどの障害物との位置関係により選定した。

■ 選定フローⅡの検討の流れ



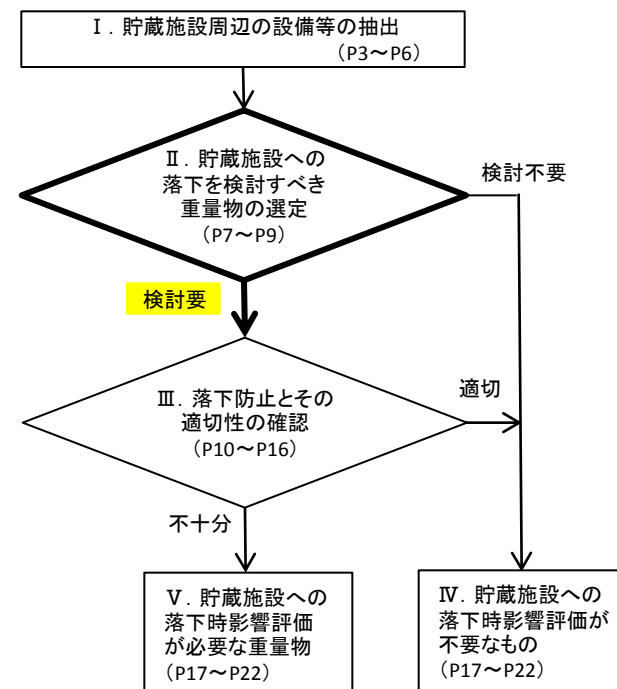
4. 貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定(2/3)

選定フローⅡの選定結果は以下のとおり。

①「検討要」としたものの(貯蔵施設の機能を損なうおそれがある重量物)

- 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)、使用済燃料ピットクレーン本体、移送中の燃料ガイドアセンブリ等とその取扱工具、移送中の燃料ピットゲート、燃料取扱棟クレーン本体、移送中のキャスクとその吊具
- これらの重量物は燃料集合体※と同等以上の落下エネルギーがあり、貯蔵施設に落下する可能性がある配置であるため、落下により貯蔵施設の機能を損なうおそれがある重量物として、後段の選定フローⅢ. で落下防止の適切性を確認する。

※燃料集合体の落下を想定した場合でも使用済燃料ピットのライニングの健全性は確保される(参考を参照)ことから、燃料集合体と同等の落下エネルギーを選定の目安とした。



使用済燃料貯蔵施設周辺



燃料取扱棟の屋根、梁、柱、壁



燃料取扱棟クレーン

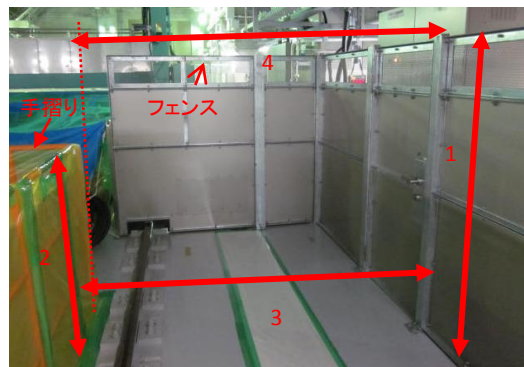
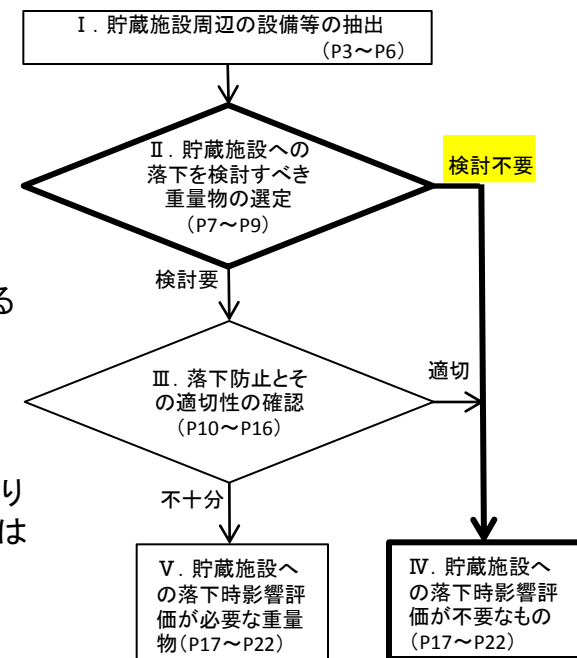
4. 貯蔵施設への落下を検討すべき重量物の選定(3/3)

②「検討不要」としたものの(貯蔵施設の機能を損なうおそれがないもの)

➤ 電源盤類、フェンス類、装置類、作業機材類、測定機器類

- これらの機器類は、使用済燃料貯蔵施設の安全機能を損なうことがないよう、貯蔵施設との離隔をとり配置(フェンスや手摺りの外側に配置)されている。
- 貯蔵施設周辺(燃料検査室内、異物混入防止用フェンス内、上部空間含む)に配置されている電源盤類※や装置類などは、建屋の床面や壁面とボルトで固定されているため転倒することはない、仮に、地震等により損壊・転倒したとしてもその落下エネルギーは小さい。
- また、作業機材類、測定機器類には可動式のものもあるが、安全上重要な設備近傍に仮置きが必要となった場合には、転倒・移動を防止するための転倒防止用金具、移動防止用車止め、ワイヤーロープによる固縛等を行うことが社内マニュアルにより規定されていること、また、燃料集合体の落下エネルギーより小さいことから検討は不要とした。

※「A-使用済燃料ピット水中照明分電盤」については、落下エネルギーは小さく、貯蔵施設の機能に影響を与えることはないが、A-使用済燃料ピット水位(SA用)およびA-使用済燃料ピット温度(SA用)に近接していることから今後の耐震安全評価を踏まえ必要に応じ落下防止措置を施す。



使用済燃料貯蔵施設とフェンスや手摺りの距離

| | 距離 | 長さ[m] |
|---|----------------|-------|
| 1 | フェンス高さ | 約1.7 |
| 2 | 手摺り高さ | 約1.1 |
| 3 | 手摺り~フェンス | 約2.0 |
| 4 | 手摺り~盤(盤はフェンス外) | 約2.8 |
| 5 | 手摺り~盤(盤はフェンス内) | 約1.5 |



機器の固定状況

5. 落下防止とその適切性の確認(1/7)

選定フローⅢ(落下防止とその適切性の確認)の考え方

使用済燃料貯蔵施設への落下原因とその防止対策の関係は以下のとおりであり、個々の落下原因に応じて適切に落下防止が実施されていることを確認する。

- a. 地震による損壊 → ①耐震評価、②強度確保、離隔、可動範囲制限、転倒防止金具、外れ止め
- b. 機器の故障等 → ②離隔、多重化、フェイルセーフ機構、可動範囲制限、防止金具、③点検
- c. 装置の誤操作 → ②強度確保、可動範囲制限、③有資格者作業

①耐震安全評価による落下防止

基準地震動 S_s ※に対する耐震安全評価が実施され、適切な落下防止措置が実施されていることを確認する。

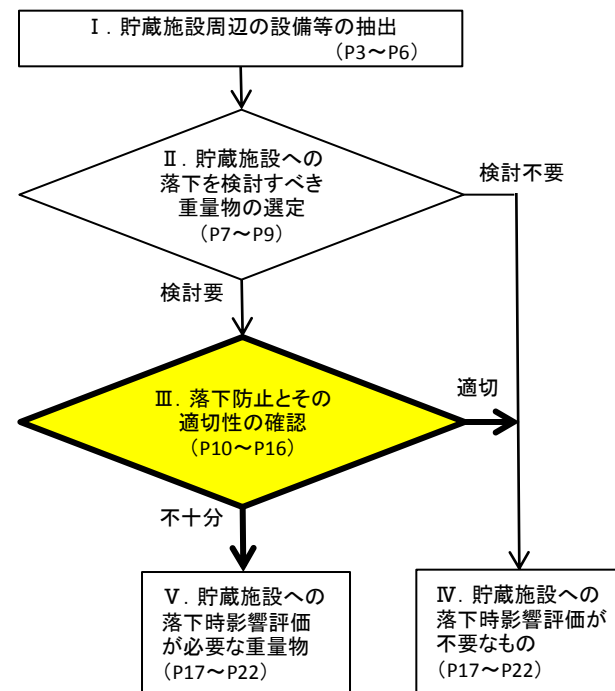
※基準地震動が見直された場合には耐震安全評価で再確認する。

②設備構造上の落下防止

クレーンの安全機能として、ワイヤ二重化、過荷重防止、可動範囲制限、動力電源喪失時保持機能、フック外れ止めなどの適切な落下防止措置が実施されていることを確認する。

③その他の法令等に基づく要求事項

クレーン等安全規則等に基づく点検、安全装置の使用、有資格者作業などの要求事項による落下防止措置とその適切性について確認する。



5. 落下防止とその適切性の確認(2/7)

選定フローⅢの選定結果(①耐震安全評価、②落下防止構造、③その他法令等による落下防止とその適切性)は、以下のとおり。

①耐震安全評価による落下防止がなされている設備等

➤ 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)、使用済燃料ピットクレーン

- 使用済燃料貯蔵施設を格納する燃料取扱棟は、基準地震動 S_s に対して建物・構築物の安全機能が保持できること(倒壊しないこと等)を確認している。また、使用済燃料貯蔵施設上部の鉄骨部については、屋根を含む立体FEMモデルを作成し、基準地震動 S_s に対して、安全機能を保持できること(落下しないこと等)を確認している。また、屋根は鋼板(デッキプレート)の上に鉄筋コンクリート造の床を設けた構造となっており、地震による剥離はない。



使用済貯蔵施設上部の屋根



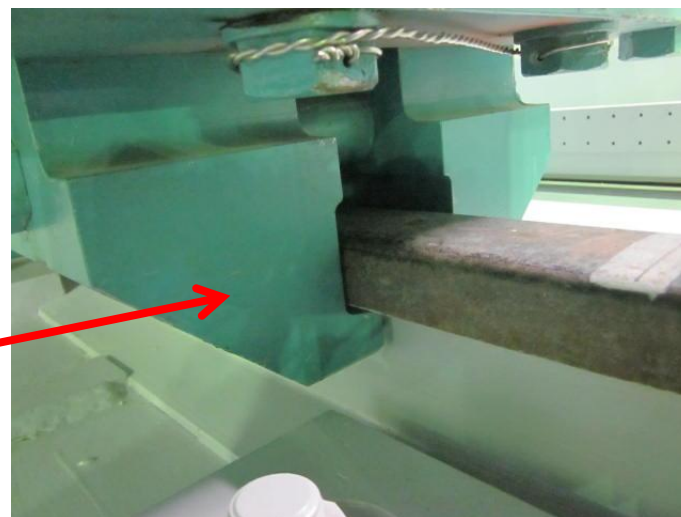
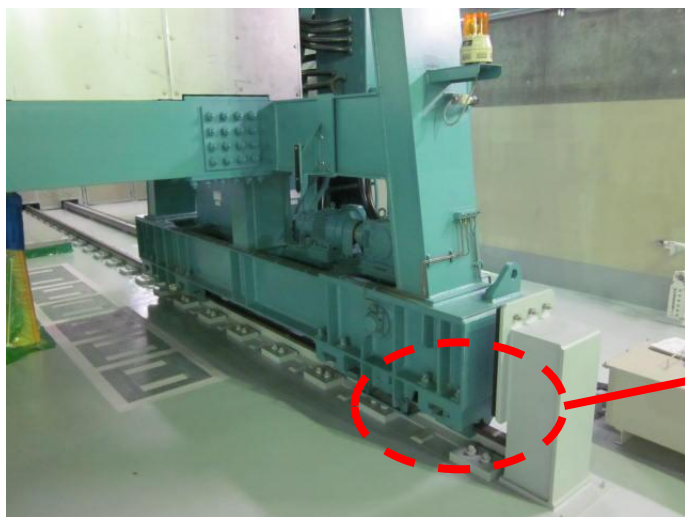
使用済燃料ピットクレーン

5. 落下防止とその適切性の確認(3/7)

- 貯蔵施設上に設置された使用済燃料ピットクレーンについても、基準地震動 S_s に対する耐震安全評価として解析結果(発生応力)と許容値(許容応力)の比較を行い、貯蔵施設に落下しないことを確認している。

| 評価部位 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度 |
|----------------|------------|------------|------|
| ブリッジ転倒防止金具(つめ) | 315 | 685 | 2.17 |

クレーン本体のブリッジには、脱輪による貯蔵施設への落下を防止するため、転倒防止金具を設置(下図参照)している。また、クレーン上に設置された操作盤などについても、それぞれがボルトで固定されている。



使用済燃料ピットクレーン転倒防止金具

5. 落下防止とその適切性の確認(4/7)

②設備構造による落下防止がなされている設備等

➤ 使用済燃料ピットクレーン本体、移送中の燃料ガイドアセンブリ等とその取扱工具、移送中の燃料ピットゲート、燃料取扱棟クレーン本体、移送中のキャスクとその吊具

- 使用済燃料ピットクレーンは、ワイヤの二重化や動力電源喪失時重量物保持機能などの落下防止構造(技術基準第26条(燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備)の燃料集合体の落下防止機能[※])を有しており、燃料ガイドアセンブリ等とその取扱工具、燃料ピットゲートの落下防止を図っている。また、取扱工具は、フェイルセーフ機構等により落下防止を図っている。

※【技術基準第26条(燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備)の抜粋】

第二十六条 通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料(以下この条において「燃料体等」という。)を取り扱う設備は、次に定めるところにより施設しなければならない。

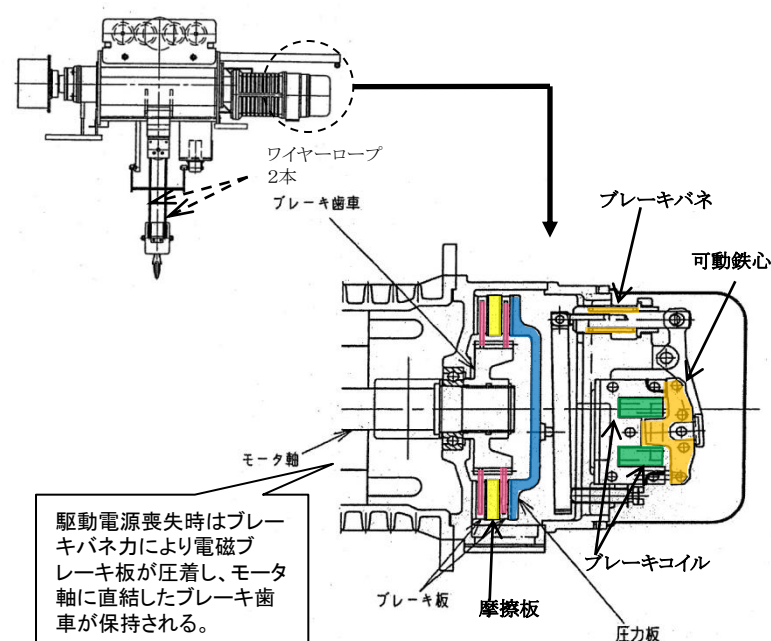
四 取扱中に燃料体等が破損しないこと。

七 燃料体等の取扱中に燃料体等を取り扱うための動力源がなくなった場合に、燃料体等を保持する構造を有する機器を設けることにより燃料体等の落下を防止できること。

【上記解釈の抜粋】

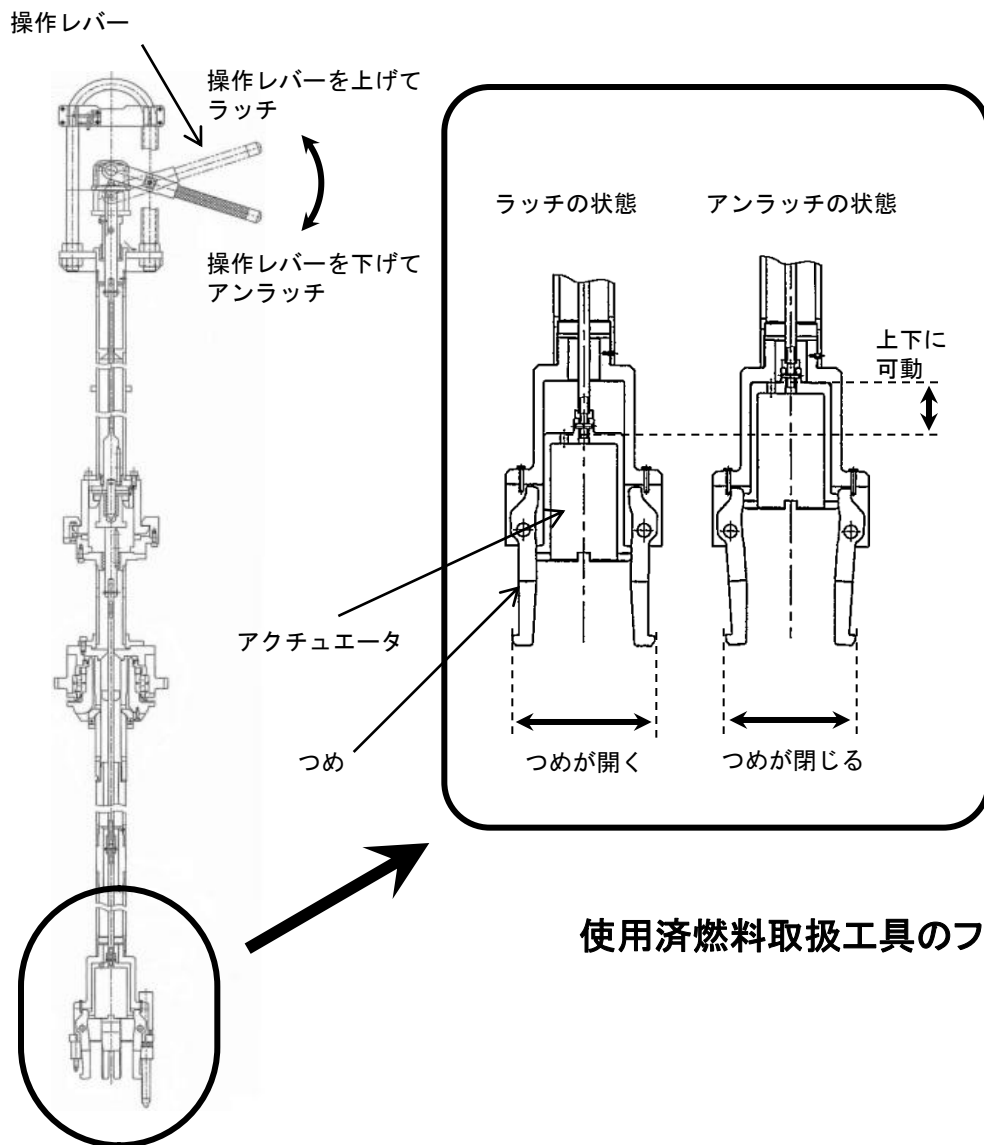
5 第1項第4号に規定する「燃料体等が破損しないこと」とは、以下によること。

- 燃料交換機にあっては、掴み機構のワイヤを二重化すること。
- 燃料交換機にあっては、燃料取扱中に過荷重となった場合は上昇阻止される措置がなされていること。
- 原子炉建屋天井クレーンにあっては、吊り上げられた使用済燃料運搬用容器等重量物が燃料プールに貯蔵された燃料上を走行できない措置を行うこと。また、フックのワイヤ外れ止めを設けること。



クレーンの落下防止構造

5. 落下防止とその適切性の確認(5/7)



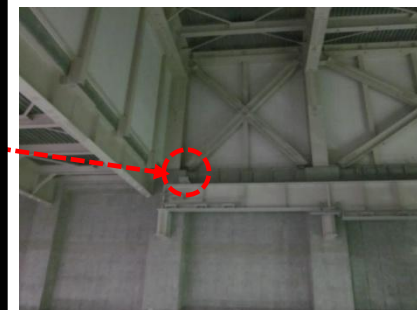
使用済燃料取扱工具のフェイルセーフ機構

- ・レバーを下げるとアクチュエータが上がり、アンラッチ状態となる。
- ・レバーを下げた後はロックピンでレバーを固定する。
- ・つめは閉じた状態。

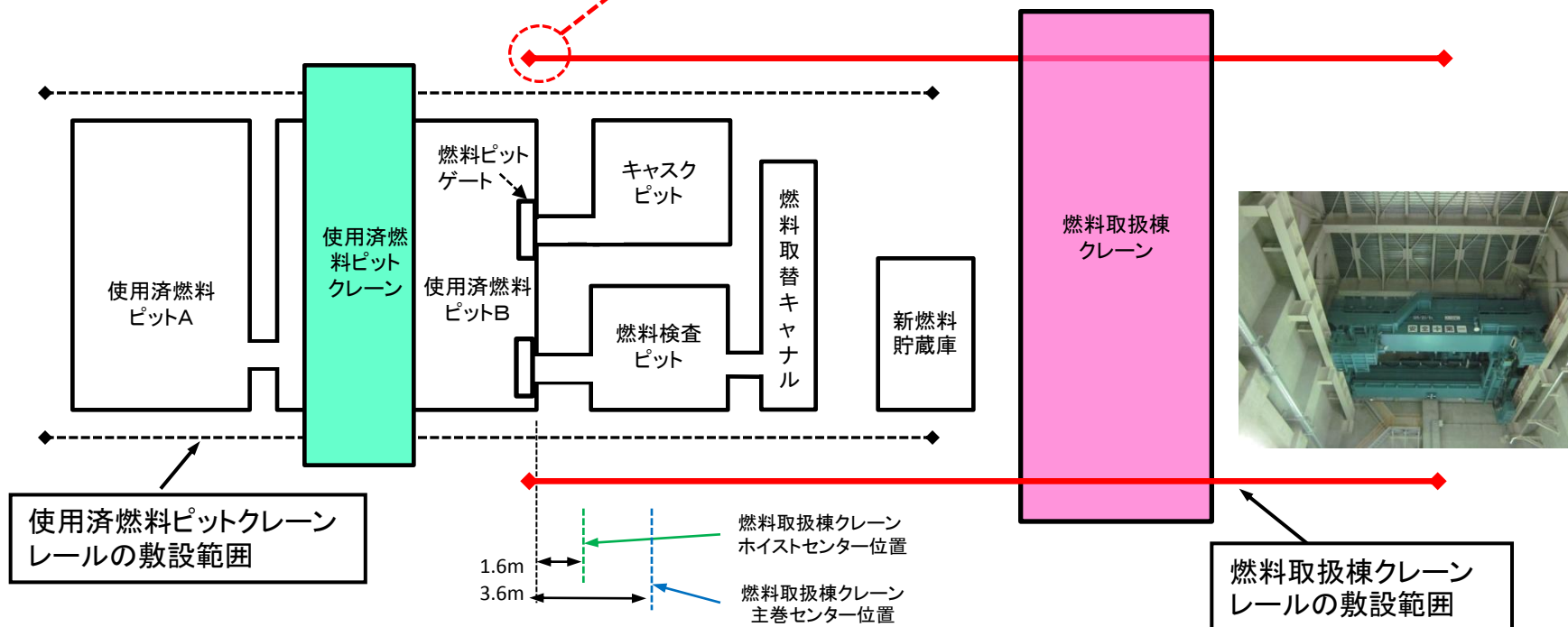
- ・レバーを上げるとアクチュエータが下がり、つめが開きラッチ状態となる。
- ・ラッチ状態では、アクチュエータが自重でラッチ方向へ動作するため、ガイドアセンブリ等が落下しないフェイルセーフ構造となっている。
- ・レバーを上げた後はロックピンでレバーを固定する。

5. 落下防止とその適切性の確認(6/7)

- 燃料取扱棟クレーンについては、ワイヤの二重化や動力電源喪失時保持機能などの落下防止構造に加え、使用済燃料ピット上を走行できないように可動範囲を制限した構造である。(技術基準第26条(燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備)と解釈に基づく機能)
燃料取扱棟クレーンのレールは、下図のとおり使用済燃料ピット側に敷設されていないことから、燃料取扱棟クレーンが使用済燃料ピット上を走行することはできないため、貯蔵施設への重量物の落下を防止している。



枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



3号機使用済燃料ピットクレーンおよび燃料取扱棟クレーン移動範囲

5. 落下防止とその適切性の確認(7/7)

③その他法令等による落下防止がなされている設備等

➤ 使用済燃料ピットクレーン本体、移送中の燃料ガイドアセンブリ等とその取扱工具、移送中の燃料ピットゲート、燃料取扱棟クレーン本体、移送中のキャスクとその吊具

- ・ クレーン等安全規則には、点検の実施や玉掛け作業は有資格者が実施することなどが規定されている。使用済燃料ピットクレーンによる燃料集合体や燃料ガイドアセンブリの移送作業においても、この規定に基づく作業前点検等を行っており、クレーンや玉掛用具の故障や不具合によって取扱工具等が貯蔵施設に落下することは防止されている。

【クレーン等安全規則に基づく落下防止(抜粋)】

- ・ 補助ホイストのフックに装備された外れ止めは使用しなければならない。(第20条の2)
- ・ 一年以内ごとに一回、定期に、当該クレーンについて自主点検を行わなければならない。(第34条)
- ・ 一月以内ごとに一回、定期に、次の事項について自主点検を行わなければならない。(第35条)
 - 一 巻過防止装置その他安全装置、過負荷警報装置その他の警報装置、ブレーキ及びクラッチの異常の有無
 - 二 ワイヤロープ及びつりチェーンの損傷の有無
 - 三 フック、グラブバケット等のつり具の損傷の有無
 - 四 配線、集電装置、配電盤、開閉器及びコントローラーの異常の有無
 - 五 ケーブルクレーンにあつては、メインロープ、レールロープ及びガイロープを緊結している部分の異常の有無並びにウインチの据え付けの状態
- ・ クレーンを用いて作業を行なうときは、その日の作業を開始する前に、次の事項について点検を行わなければならない。(第36条)
 - 一 巻過防止装置、ブレーキ、クラッチ及びコントローラーの機能
 - 二 ランウェイの上及びトロリが横行するレールの状態
 - 三 ワイヤロープが通っている箇所の状態
- ・ 事業者は、クレーンの玉掛用具であるワイヤーロープ、つりチェーン、繊維ロープ、繊維ベルト又はフック、シャツクル、リング等の金具(以下この条において「ワイヤーロープ等」という。)を用いて玉掛けの作業を行なうときは、その日の作業を開始する前に当該ワイヤーロープ等の異常の有無について点検を行わなければならない。(第220条)
 - 2 事業者は前項の点検を行つた場合において、異常を認めるときは、直ちに補修しなければならない。
- ・ 事業者は、令第20条第16項に掲げる業務については、次の各号のいずれかに該当する者でなければ、当該業務に就かせてはならない。(第221条)

※令第20条第16項に掲げる業務とは、つり上げ荷重が1トン以上のクレーンの玉掛けの業務が含まれる。

 - 一 玉掛け技能講習を修了した者
 - 二 職業能力開発促進法第27条第1項の準則訓練である普通職業訓練のうち、職業能力開発促進法施行規則別表第4の訓練科の欄に掲げる玉掛け科の訓練を修了した者
 - 三 その他厚生労働大臣が定める者

6. 重量物の選定結果(1/6)

貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物の選定結果は以下のとおり。

【使用済燃料貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物の選定に関する整理表】

| 番号 | 選定フローⅠ 抽出物 | 選定フローⅡ | | | | 選定結果 | 選定フローⅢ | | | | | 落下時の影響評価 | |
|----|--------------------------------|-----------|------|-------------|-----------|------|-----------|-------------|--------------|-----|----------|----------|------|
| | | 重量(ステップ1) | | | 配置(ステップ2) | | a.地震による破損 | | b.機器の故障 | | c.装置の誤操作 | | 選定結果 |
| | | 重量 | 高さ | 評価① | 評価② | | 対策① | 対策② | 対策② | 対策③ | 対策③ | | |
| 1 | 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁) | 特定不可 | 約27m | — | ×※1 | × | ○耐震評価※1 | — | — | — | — | ○ | 不要 |
| 2 | 使用済燃料ピットクレーン本体 | 約30t | 約13m | ×約3.9MJ | — | × | ○耐震評価※3 | ○転倒防止※3 | ○多重化、フェイルセーフ | ○点検 | ○有資格者作業 | ○ | 不要 |
| 3 | 移送中のピットゲート | 約580kg | 約13m | ×約73.9kJ | — | × | — | 強度確保、外れ止め※3 | ○多重化、フェイルセーフ | ○点検 | ○有資格者作業 | ○ | 不要 |
| 4 | 燃料取扱棟クレーン本体 | 約110t | 約27m | ×約29.2MJ | — | × | — | ○可動範囲制限※4 | ○多重化、フェイルセーフ | ○点検 | ○有資格者作業 | ○ | 不要 |
| 5 | 移送中のキャスク(キャスク吊具を含む) | 約110t | 約15m | ×約16.2MJ | — | × | — | ○可動範囲制限※4 | ○多重化、フェイルセーフ | ○点検 | ○有資格者作業 | ○ | 不要 |
| 6 | 移送中の燃料ガイドアセンブリ等(使用済燃料取扱工具等を含む) | 約1000kg | 約5m | ×約49.1kJ | — | × | — | 強度確保、外れ止め※3 | ○多重化、フェイルセーフ | ○点検 | ○有資格者作業 | ○ | 不要 |
| 7 | 移送中の内挿物等(内挿物取扱工具等を含む) | 約540kg | 約5m | ○約26.5kJ | — | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| 8 | 電源盤類(装置現場盤等) | 約900kg | 約24m | ×約211.9kJ | ○※2 | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| | 電源盤類(上記以外) | 約300kg | 約13m | ○約38.3kJ ※2 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| 9 | フェンス類 | <100kg | 約13m | ○約12.8kJ | — | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| 10 | 装置類(検査装置 他) | 約2124kg | 約13m | ×約270.8kJ※2 | ○※2 | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| | 装置類(換気空調ダクト 他) | 特定不可 | 約13m | — | ×※2 | × | ○評価中※2 | — | — | — | — | ○ | 不要 |
| | 装置類(配管類) | 特定不可 | 約13m | — | ○※2 | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| 11 | 作業機材類 | <100kg | 約13m | ○約12.8kJ ※2 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| | 作業機材類(プラットホーム) | 特定不可 | 約13m | — | ○※2 | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |
| 12 | 測定機器類 | <100kg | 約13m | ○約12.8kJ | — | ○ | — | — | — | — | — | — | 不要 |

評価①: 落下エネルギー=39.3kJ(kg × m × 9.80665m/s²)以上場合は「×」、未満の場合は「○」
(参考): 各燃料の落下エネルギー比較を左表に記載。(表中の落下物重量には内挿物と浮力を考慮。)

※は次頁

【凡例の説明】

○: 次ステップの評価は不要 ×: 次ステップの評価が必要 —: 対象外または評価不要

【Ⅱ評価基準】

評価①もしくは②が「○」であれば選定結果を「○」、落下時影響評価は「不要」とする。選定結果が「×」の場合はⅢ評価を実施する。

【Ⅲ評価基準】

a、b、cの落下防止のうち一つでも「○」があればⅢ評価を「○」とし、落下時影響評価は不要とする。いずれにも「○」がない場合は、選定結果「×」とし、貯蔵施設への落下時影響評価を「必要」とする。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

| | 48Gwd/t燃料 | 55Gwd/t燃料 | MOX燃料 | 落下試験条件(参考) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 落下物質量 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 落下高さ* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 落下エネルギー | 31.7kJ | 32.1kJ | 31.7kJ | 39.3kJ |

* 使用済燃料ピットクレーンホイストインターロック回路による高さ

6. 重量物の選定結果(2/6)

※1: 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)の評価について

燃料取扱棟については、基準地震動 S_s に対して建物・構築物が倒壊しないこと、貯蔵施設上部の鉄骨部、屋根、壁が落下しないことを確認している。

※2: 電源盤類、装置類、作業機材類の評価について

電源盤類、装置類、作業機材類は、条件A(評価①)による落下エネルギー評価を行い、地震で損壊し貯蔵施設に落下する場合の形状や重量が特定できない場合や落下エネルギーが大きくなる評価の場合には、条件B(評価②)による離隔距離等から評価した。

上記の重量物は床面や壁面にアンカーボルトで固定または固縛されており、貯蔵施設周辺は、異物混入防止用フェンスや手摺り等の障害があり、電源盤類、装置類、作業機材類が貯蔵施設に落下することはない。

なお、換気空調ダクトについては、落下形態によっては落下エネルギーが大きくなる可能性もあることから、基準地震動 S_s による影響を評価中であり、この評価結果および今後の耐震安全評価を踏まえ必要に応じ補強を行う等の落下防止措置を施す。

※3: 地震による使用済燃料ピットクレーンの落下防止対策について

【1. クレーン本体の落下防止】

使用済燃料ピットクレーンは橋形構造のホイストクレーンであり、基準地震動 S_s に対する転倒・落下の評価として、転倒防止金具の強度評価を行っている。その結果、転倒防止金具に対する発生応力は許容値未満であり、クレーンは転倒・落下しないことを確認している。

・泊3号機 転倒防止金具(つめ):許容応力 685 MPa > 発生応力 315 MPa

6. 重量物の選定結果(3/6)

【2. 吊荷の落下防止】

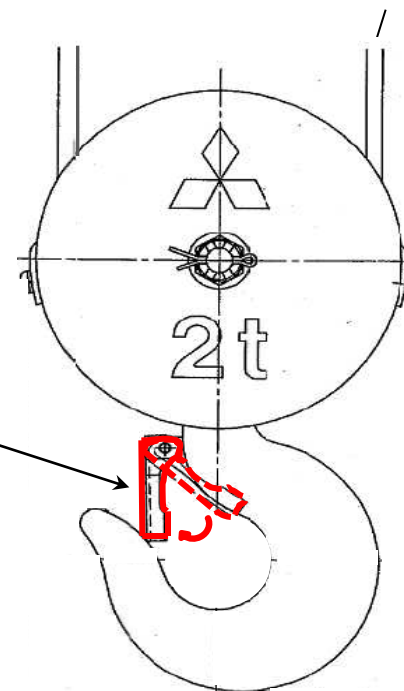
使用済燃料ピットクレーンのワイヤは二重化されている。
定格荷重において、安全率は8.6であり、クレーン構造規格に定められた安全率5.0以上を有している。

フックには、外れ止め金具が装備されており、フックと吊具が外れて落下しない設計となっている。安全率は、5.6である。

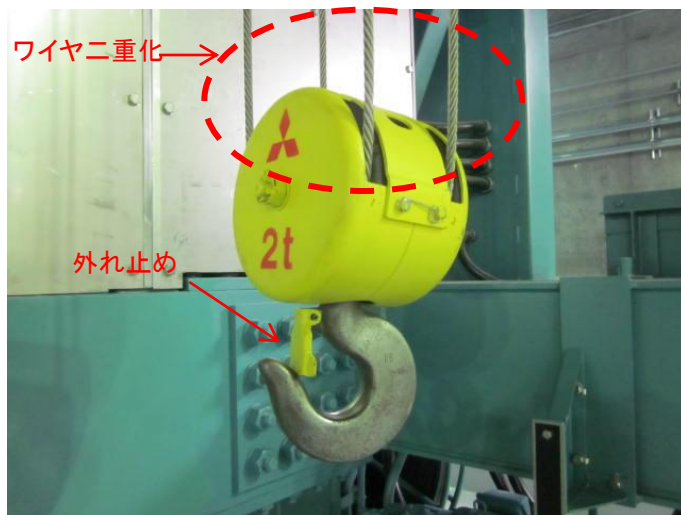
基準地震動Ss時の上向きの最大加速度は1.04Gであり、重力加速度1Gと比較し僅かであるため落下することはない。

下向きの最大加速度は3.04Gであり、定格荷重の3.04倍の荷重が作用するが、ワイヤおよびフックの安全率を下回るため吊荷が落下することはない。

ワイヤ二重化



外れ止め



使用済燃料ピットクレーンフック部

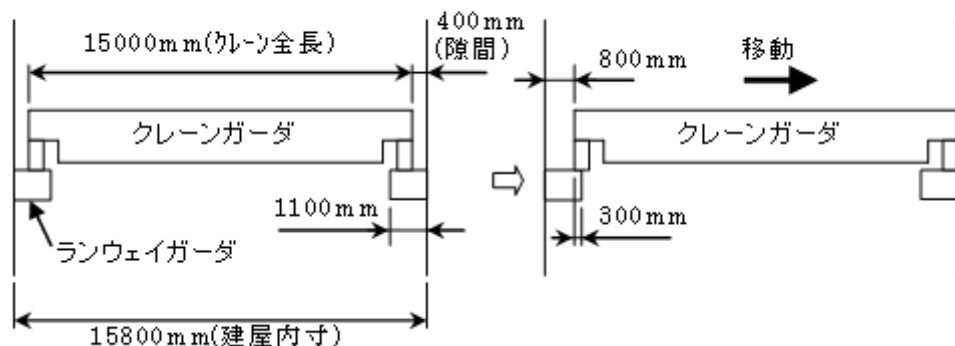
6. 重量物の選定結果(4/6)

※4: 地震による燃料取扱棟クレーンの落下防止対策について

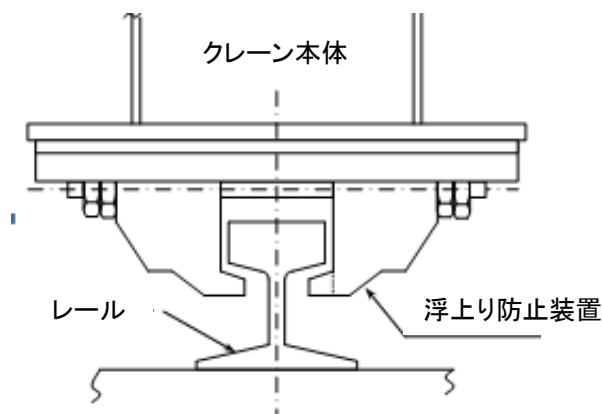
【1. クレーン本体の落下防止】

燃料取扱棟クレーン本体は、使用済燃料貯蔵施設上を走行できない設計としている。加えて、ランウェイガーダの寸法がクレーンガーダより小さい(クレーン本体の長さより2本のレール支持部の間が小さい)ことから、クレーン本体が落下することはない。

なお、ブリッジとトロリには、各4箇所(各2箇所)に浮上り防止装置が取り付けられているため、脱輪や浮上りなどにより、クレーン本体が落下しない設計となっている。



燃料取扱棟クレーンの水平移動した場合の寸法図



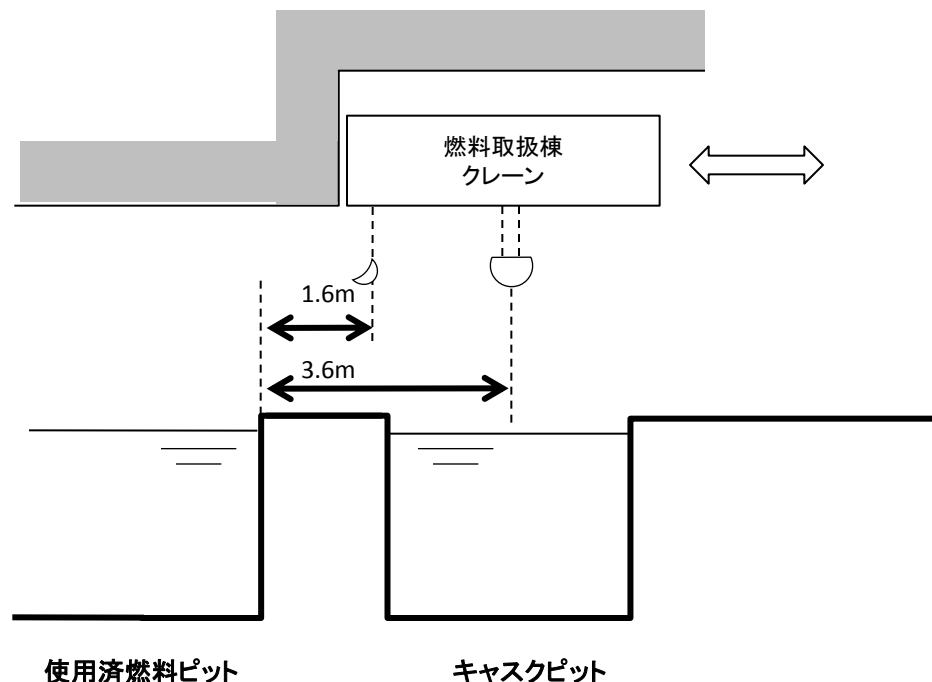
浮上り防止装置

6. 重量物の選定結果(5/6)

【2. 吊荷の落下防止】

燃料取扱棟クレーンの停止位置と貯蔵施設までの水平距離(主巻3.6m、ホイスト1.6m)に対して、クレーン停止時における吊荷の振れ幅は数センチであり、万が一、クレーンの停止時に吊荷が落下したとしても貯蔵施設に落下することはない。

なお、キャスクをキャスクピット上で取扱う場合は、燃料ピットゲートを閉止し、使用済燃料貯蔵施設とキャスクピット等を隔離する運用とする。



6. 重量物の選定結果(6/6)

【まとめ】

使用済燃料貯蔵施設への落下により貯蔵施設の機能を損なうおそれがある重量物として、燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁)、使用済燃料ピットクレーン本体などを抽出(No.1~6)したが、これらの落下防止は適切と考えられることから、選定フローの「Ⅳ. 貯蔵施設への落下時影響評価が不要なもの」に選定され、「Ⅴ. 貯蔵施設への落下時影響評価が必要な重量物」に該当するものはないものとする。なお、耐震安全評価については今後基準地震動が見直された場合には再評価する。

よって、今回新たに追加された重量物の落下に関する規制要件については、現状において適合しているものと考えられるが、今後、新たに使用済燃料貯蔵施設周辺に設置する(または取扱う)設備等については、この選定フローの考え方に基づいて、貯蔵施設への落下時影響評価を検討する。

6. 重量物の選定結果(参考)

【使用済燃料貯蔵施設への落下時影響が必要な重量物の選定に関する整理表】のうち、選定 I で抽出した設備等の詳細は以下のとおり

| 番号 | 抽出物 | 詳細 |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁) | 燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁) |
| 2 | 使用済燃料ピットクレーン本体 | 使用済燃料ピットクレーン本体 |
| 3 | 移送中の燃料ピットゲート | 燃料ピットゲート |
| 4 | 燃料取扱棟クレーン本体 | 燃料取扱棟クレーン本体 |
| 5 | 移送中のキャスク(キャスク吊具を含む) | キャスク |
| | | キャスク吊具 |
| | | 照射試験片輸送容器 |
| | | 照射試験片輸送容器吊具 |
| 6 | 移送中の燃料ガイドアセンブリ等 (使用済燃料取扱工具等を含む) | 燃料ガイドアセンブリ |
| | | 模擬燃料 |
| | | 使用済燃料取扱工具(14×14用, 17×17用) |
| | | 破損燃料保管容器ボルト・ナット取扱工具 |
| | | 燃料移送装置燃料コンテナ非常回転工具 |
| | | 照射試験片取扱工具 |
| | | 新燃料取扱工具 |
| 7 | 移送中の内挿物等 (内挿物取扱工具等を含む) | 制御棒クラスタ |
| | | バーナブルポイズン |
| | | シンプルプラグ |
| | | 一次中性子源 |
| | | 二次中性子源 |
| | | バーナブルポイズンインサート |
| | | 新内挿物取扱工具(17×17用) |
| NFBC取扱工具(17×17用) | | |
| 8 | 電源盤類 | 使用済燃料ピット水中照明分電盤 |
| | | ケーブルトレイ・電線管 |
| | | 新燃料エレベータ制御盤 |
| | | 作業用電源盤 |
| | | 作業用電源箱 |
| | | 原子炉建屋管理区域100V雑分電盤 |
| | | 燃料移送装置ピット側制御盤 |
| | | 燃料外観検査装置現場盤 |
| | | 燃料シッピング検査装置現場盤 |
| | | 水中ポンプ制御盤 |
| | | 燃料検査装置分電盤 |

| 番号 | 抽出物 | 詳細 |
|---------------|-------|---------------------|
| 9 | フェンス類 | 異物混入防止用フェンス |
| | | 手摺り |
| 10 | 装置類 | チェッカープレート |
| | | 燃料外観検査装置 |
| | | 破損燃料容器 |
| | | 新燃料エレベータ昇降機 |
| | | 水中照明 |
| | | 燃料移送装置水圧ユニット |
| | | 燃料シッピング検査装置 |
| | | 空調ダクト |
| | | 使用済燃料ピット水中照明変圧器 |
| | | 配管 |
| | | 空調ユニット・室外機 |
| エアージャクションボックス | | |
| 11 | 作業機材類 | 消火器 |
| | | 所内通話設備 |
| | | カメラ設備 |
| | | 照明器具 |
| | | 封印板 |
| | | 消火栓 |
| | | イス・机 |
| | | ラック・棚 |
| | | ホワイトボード |
| | | プラットホーム |
| | | 検査室窓 |
| 構内LAN | | |
| 救命具 | | |
| 12 | 測定機器類 | 使用済燃料ピットエリアモニタ |
| | | 可搬型エリアモニタ |
| | | 使用済燃料ピット水温計(既設・SA用) |
| | | 使用済燃料ピット水位計(既設・SA用) |

7. 新規規制基準への適合状況について(1/2)

| 新規規制基準(下線は追加要求事項を示す) | 泊3号機の適合状況 |
|--|---|
| <p>【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】</p> <p>第十六条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設</p> <p>2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設(安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。)を設けなければならない。</p> <p>二 使用済燃料の貯蔵施設(使用済燃料を工場等内に貯蔵する乾式キャスク(以下「キャスク」という。)を除く。)にあっては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものであること。</p> <p>二 <u>燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれないものとする。</u></p> | <p>新規規制基準で追加となった規制要件(下線部)に関する適合状況について以下のとおり確認した。</p> <p>使用済燃料貯蔵施設周辺において、落下物となる可能性がある設備等として以下のものが抽出されたが、落下防止対策等により、使用済燃料ピットの機能が損なわれることはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃料取扱棟(屋根、梁、柱、壁) 基準地震動Ssに対して、建物・構築物が倒壊しないこと、貯蔵施設上部の鉄骨部、屋根、壁が落下しないことを確認していることから損傷による落下物とはならない。 ・使用済燃料ピットクレーン本体 使用済燃料ピット上を走行するが、転倒防止及び落下防止により落下物とはならない。 ・使用済燃料ピットクレーンの吊荷 フックの2重ワイヤ等の吊荷落下防止対策により落下物とはならない。 ・燃料取扱棟クレーン本体 クレーンが使用済燃料ピット上を走行できないことから落下物とはならない。 ・燃料取扱棟クレーンの吊荷 燃料取扱棟クレーン本体の可動範囲制限及びフックの2重ワイヤ等の吊荷落下防止対策により落下物とはならない。 |

7. 新規制基準への適合状況について(2/2)

| 新規制基準(下線は追加要求事項を示す) | 泊3号機の適合状況 |
|---|--|
| <p>【実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則】</p> <p>第二十六条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備</p> <p>2 燃料体等を貯蔵する設備は、次に定めるところにより施設しなければならない。</p> <p>四 使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する水槽(以下「使用済燃料貯蔵水槽」という。)は、次に定めるところによること。</p> <p>ニ <u>燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれないこと。</u></p> <p>(解釈)</p> <p>15 第2項第四号ニに規定する「その機能が損なわれない」とは、落下した燃料体等やクレーン等の重量物によって使用済燃料プールの機能を失うような損傷は生じさせないよう必要な強度のライニングを施設すること。この場合において、クレーン等にあつては、適切な落下防止対策等を施すことにより、使用済燃料プールの機能を維持することとしてもよい。</p> | <p>【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】</p> <p>第十六条第2項第二号ニと同じ</p> |

参考. 燃料集合体落下時のライニング評価について(1/2)

1. はじめに

泊発電所3号機の使用済燃料ピットは、地震荷重等に対し十分な強度を有する鉄筋コンクリートの躯体構造とし、また、使用済燃料ピット水の漏えいを防止するため、公称板厚 mm のステンレス鋼板を内張り（ライニング）する計画である。

燃料集合体を取扱う設備は、燃料集合体の落下防止に対して、設計上の考慮を十分に払うが、万一燃料集合体を使用済燃料ピットのライニング上に落下した場合のライニングの健全性に関し、模擬燃料集合体を用いた落下試験の結果（注1）に基づいて評価し確認した。

なお、基本設計では、ライニングとコンクリート表面の間隙量評価に必要な設計が確定されていなかったため、コンクリートの支持構造がないライニング単独の評価も実施していたが、工事計画認可申請においては、使用済燃料ピットの構造が具体化しライニングとコンクリート表面が密着することを確認できたため、ライニング単独の評価は不要とした。

（注1）MAPI-1080(改4)「燃料取扱事故時の燃料碎破損本数評価」
昭和61年8月13日 三菱原子力工業㈱(現 三菱重工業㈱)

2. 模擬燃料集合体落下試験

模擬燃料集合体による落下試験で使用したライニングは、泊発電所3号機にて計画しているライニングと同一の公称板厚 mm のステンレス鋼板であることより、当該試験の結果を基に泊発電所3号機のライニングの健全性を評価した。

なお、表1に示す通り、模擬燃料集合体落下試験の条件は、泊発電所3号機計画と比較して厳しい側の条件であることから、試験結果は安全側である。

表1 実機条件と試験条件との比較

| 項目 | 泊発電所3号機計画 | 模擬燃料集合体落下試験条件 | 比較 |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| 落下物質量 | <input type="text"/> kg (注2) (計画値) | <input type="text"/> kg (実測値) | 試験条件での落下物の質量の方が大であるため、厳しい側（安全側）の評価となる |
| 落下高さ | <input type="text"/> m (注3) | <input type="text"/> m | 試験条件は落下高さが高いため、落下（衝突）速度が大であり厳しい側（安全側）の評価となる |
| 雰囲気条件 | 水中 | 気中 | 試験条件は水の抵抗を考慮していないため、落下（衝突）速度が大であり厳しい側（安全側）評価となる |
| コンクリート床厚 | <input type="text"/> mm | <input type="text"/> mm | 計画するコンクリート厚は落下試験条件でのコンクリート厚を満足する |

（注2）別紙1参照。（注3）別紙2参照

第1図に模擬燃料集合体落下試験の概要を示す。

模擬燃料集合体の落下試験は、実機ライニング構造を模擬した試験体（公称板厚 mm のステンレス鋼板を厚さ mm のコンクリートブロック上にライニングしたもの）上に、模擬燃料集合体 kg（実機燃料集合体の水中相当質量）を、落下高さ m から気中条件下で、鉛直落下、鉛直落下（溶接部）及び斜め落下 度）試験を各1回行った。

その結果、ライニングの最大減肉量は、鉛直落下で約 mm、鉛直落下（溶接部）で約 mm 及び斜め落下で約 mm であった。また、落下試験後のライニングに対する浸透探傷検査の結果、クラック等の有害な欠陥は認められず、燃料落下後のライニングは健全であることが確認された。

なお、板厚の異なるライニングに燃料集合体が落下した際のライニングの減肉量は、その板厚により異なる可能性があるため、板厚が異なる場合の減肉量に対する影響を以下のとおり評価した。

泊発電所3号機にて計画しているライニングの板厚は - mm であることから、板厚と減肉量との相関を確認するため、最小板厚（ mm）、公称板厚（ mm）及び最大板厚（ mm）における減肉量をLS-DYNAコード（3次元弾塑性衝撃解析）で求めた。

その結果、板厚と減肉量は相関があり板厚の減少に伴い減肉量は増加し、最小板厚の減肉量と最大板厚の減肉量は約 倍の違いがあった。そのため、模擬燃料集合体落下試験から得られた最大減肉量約 mm を基に、試験体のライニングを最大板厚と仮定して最小板厚での減肉量を安全側に評価すると約 mm である。

第2図に解析モデルを示す。

ライニング板厚を公差（ \pm mm）の範囲内で変えた場合の3次元弾塑性衝撃解析結果（ライニング板厚減肉量）を表2に示す。

表2 3次元弾塑性解析による減肉量

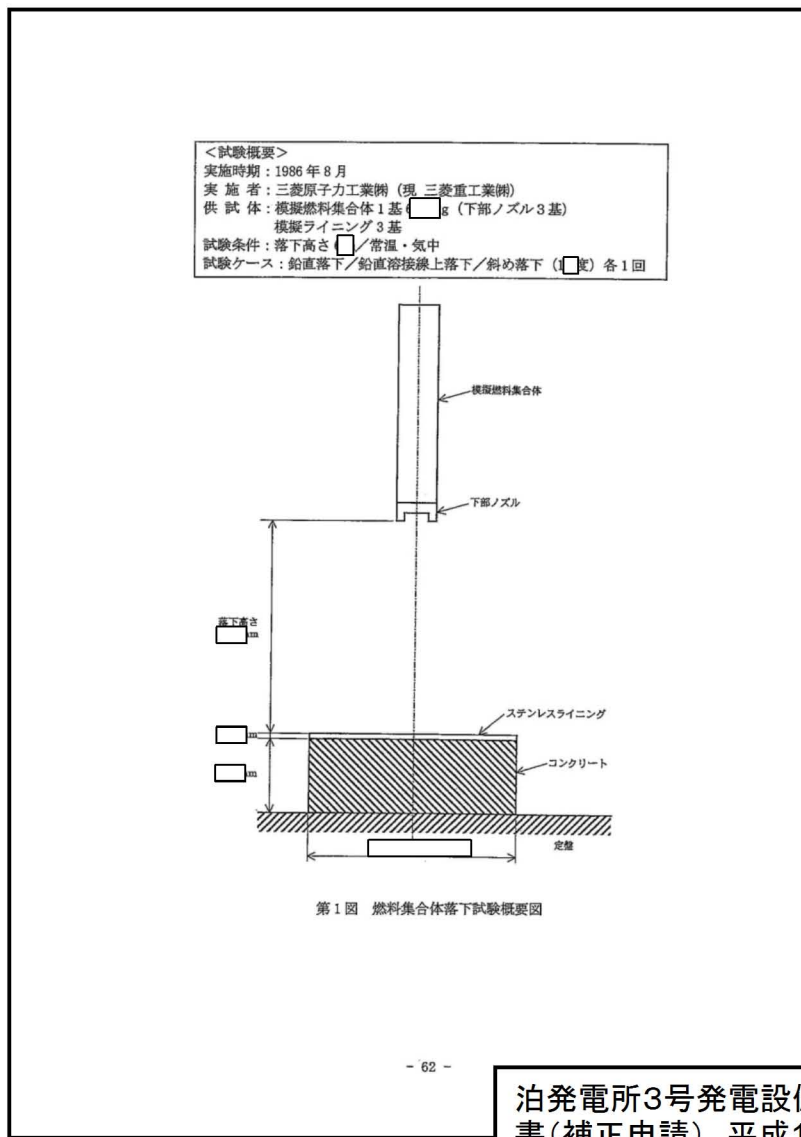
| ライニング厚さ (mm) | ライニング板厚 減肉量 (mm) | 減肉量の基準値からの差 (mm) | 備考 |
|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 公差幅上限 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | 基準値 | 公称値 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 公差幅下限 |

この解析結果より、板厚に対する減肉量は、以下のとおり板厚の公差幅で約 1.3 倍の違いが生じることが確認された。

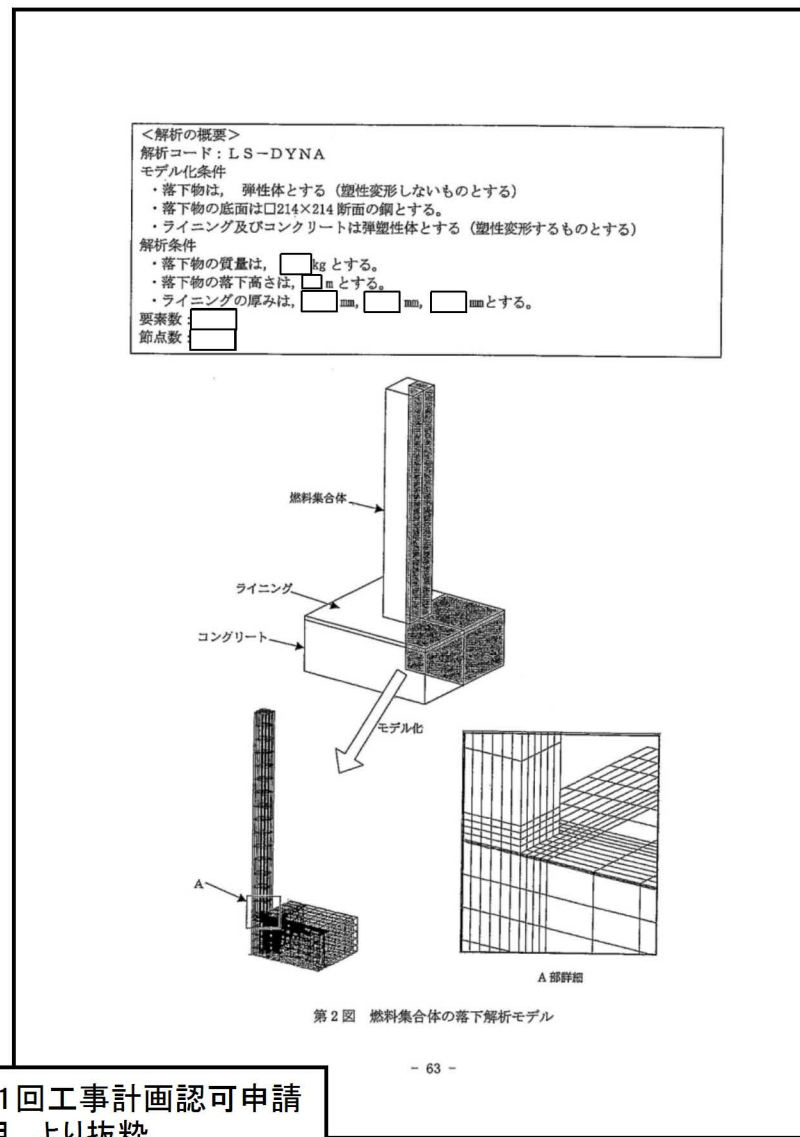
$$\frac{\text{公差幅下限値の減肉量}}{\text{公差幅上限値の減肉量}} = \frac{\text{ } \text{ mm}}{\text{ } \text{ mm}} = \text{ } \text{ } = \text{ } \text{ }$$

泊発電所3号発電設備の第1回工事計画認可申請書(補正申請) 平成15年5月 より抜粋

参考. 燃料集合体落下時のライニング評価について(2/2)



- 62 -



- 63 -

泊発電所3号発電設備の第1回工事計画認可申請書(補正申請) 平成15年5月 より抜粋