

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について

平成27年10月

東京電力株式会社

第16条：燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 適合のための設計方針

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

(別添資料1) 使用済燃料貯蔵プールへの重量物落下について

(別添資料2) 使用済燃料貯蔵プール監視設備について

<概 要>

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉における適合方針を示す。
2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について，設置許可基準規則第 16 条並びに技術基準規則第 26 条，第 34 条及び第 47 条における，追加要求事項を表 1 にて明確化する。

表1 設置許可基準規則第16条並びに技術基準規則第26条、第34条及び第47条 追加要求事項

設置許可基準規則 第16条 (燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)	技術基準規則 第26条 (燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備)	備考
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。 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。 ニ 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。	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。 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「使用済燃料貯蔵槽」という。）は、次に定めるところによること。 ニ 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。	追加要求事項

設置許可基準規則 第16条 (燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)	技術基準規則 第34条 (計測装置)	備考
3 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備を設けなければならない。 一 使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、それを原子炉制御室に伝え、又は異常が生じた水位及び水温を自動的に制御し、並びに放射線量を自動的に抑制することができるものとする。 二 外部電源が利用できない場合においても温度、水位その他の発電用原子炉施設の状態を示す事項（以下「パラメータ」という。）を監視することができるものとする。	発電用原子炉施設には、次に掲げる事項を計測する装置を施設しなければならない。ただし、直接計測することが困難な場合は、当該事項を間接的に測定する装置を施設することをもって、これに代えることができる。 十四 使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する水槽の水温及び水位 3 第一項第十二号から第十四号までに掲げる事項を計測する装置（第一項第十二号に掲げる事項を計測する装置にあつては、燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備に属するものに限る。）にあつては、外部電源が喪失した場合においてもこれらの事項を計測することができるものでなければならない。	追加要求事項
—	4 第一項第一号及び第三号から第十五号までに掲げる事項を計測する装置にあつては、計測結果を表示し、記録し、及びこれを保存することができるものでなければならない。ただし、設計基準事故時の放射性物質の濃度及び線量当量率を計測する主要な装置以外の装置であつて、断続的に試料の分析を行う装置については、運転員その他の従事者が測定結果を記録し、及びこれを保存し、その記録を確認することをもって、これに代えることができる。	追加要求事項

設置許可基準規則 第 16 条 (燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)	技術基準規則 第 47 条 (警報装置等)	備 考
—	2 <u>発電用原子炉施設には，使用済燃料貯蔵槽の水温の著しい上昇又は使用済燃料貯蔵槽の水位の著しい低下を確実に検知し，自動的に警報する装置を施設しなければなら</u> <u>ない。ただし，発電用原子炉施設が，使用済燃料貯蔵槽の水</u> <u>温の著しい上昇又は使用済燃料貯蔵槽の水位の著しい</u> <u>低下に自動的に対処する機能を有している場合は，この限</u> <u>りでない。</u>	追加要求事項

1.2 適合のための設計方針

設置許可基準規則第 16 条

第 2 項 第二号 二について

使用済燃料貯蔵プールのライニングは、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も使用済燃料貯蔵プールの機能を失うような損傷を生じない設計としている。

第 3 項 第一号及び第二号について

- 一 使用済燃料貯蔵プールには、水位計及び水温計並びに燃料取扱い場所のエリア及びプロセス放射線モニタリング設備を設け、異常が検知された場合には、中央制御室に警報を発することができる設計とする。
- 二 使用済燃料貯蔵プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の計測設備は、非常用電源から受電し、外部電源が利用できない場合においても、監視機能を確保できる設計とする。

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について、別添資料 1，2 に示す。

(別添資料 1) 使用済燃料貯蔵プールへの重量物落下について

(別添資料 2) 使用済燃料貯蔵プール監視設備について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

使用済燃料貯蔵プールへの重量物落下について

目次

1. 新規制基準の追加要件について
 - 1.1 概要
2. 使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要な重量物の評価フロー
3. 使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等の抽出
 - 3.1 評価フローⅠ（使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等の抽出）の考え方
 - 3.1.1 現場確認による抽出
 - 3.1.2 機器配置図等による抽出
 - 3.1.3 使用済燃料貯蔵プール周辺の作業実績からの抽出
 - 3.2 評価フローⅠの抽出結果
 - 3.2.1 現場、機器配置図等による確認及び作業実績により抽出した設備等
4. 使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出
 - 4.1 評価フローⅡ（使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出）の考え方
 - 4.1.1 設置状況による選定
 - 4.1.2 落下エネルギーによる選定
 - 4.1.3 使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれのある重量物の選定
 - 4.2 評価フローⅡの抽出結果
 - 4.2.1 設置状況による選定にて「検討不要」としたもの
 - 4.2.2 落下エネルギーによる選定にて「検討不要」としたもの
 - 4.2.3 使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれのある重量物として選定した設備等
5. 落下防止の対応状況確認
 - 5.1 評価フローⅢ（落下防止とその適切性の確認）の考え方
 - 5.2 評価フローⅢの評価結果
 - 5.2.1 耐震評価による落下防止対策
 - 5.2.2 設備構造による落下防止対策
 - 5.2.3 運用による落下防止対策
6. 重量物の評価結果

(別紙)

1. 燃料集合体落下時の使用済燃料貯蔵プールライニングの健全性について
2. 使用済燃料貯蔵プールと運転床面上設備等との離隔概要について
3. 燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所等について
4. 使用済燃料貯蔵プール周辺における異物混入防止エリアについて

(補足説明資料)

1. 燃料取替機 主ホイスト（ワイヤロープ，グラップルヘッド，ブレーキ）の健全性評価について
2. 原子炉建屋クレーン 主巻（ワイヤロープ，フック，ブレーキ）の健全性評価について
3. 燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの落下防止対策
4. 過去不具合事象に対する対応状況について

1. 新規制基準の追加要件について

1.1 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時の貯蔵施設の機能に関する規制要件が新たに追加された。

このため使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要となる重量物を抽出するとともに，新規制基準への適合状況について確認した。

なお，当該規制については，使用済燃料の貯蔵施設における機能維持が要件となっているため，柏崎刈羽 6 号及び 7 号炉使用済燃料貯蔵プールのライニング健全性維持について評価した。

また，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ていない（安全設計審査指針 指針 49 と同じ）ため，ここでは燃料集合体以外の重量物を対象とし，燃料集合体に関しては参考として確認した。

<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>

- a. 実用発電用原子炉及びその付属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則
第十六条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設） 第 2 項 第二号 ニ
- b. 「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」
第二十六条（燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備） 第 2 項 第四号 ニ

2. 使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要な重量物の評価フロー

使用済燃料貯蔵プール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網羅的に評価した。

I. 使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等の抽出

使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等について、現場確認、機器配置図等による確認及び使用済燃料貯蔵プール周辺の作業実績から抽出し、抽出した設備等について項目分類を行う。

II. 使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出

評価フロー I で抽出した設備等について、項目毎に使用済燃料貯蔵プールとの離隔距離や設置方法などを考慮し、使用済燃料貯蔵プールに落下するおそれがないものは検討不要とする。

上記の対象外となった項目の設備等について、落下エネルギーと、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギー^{*}を比較し、使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物を選定する。

III. 落下防止の対応状況評価

評価フロー II で使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき項目とした設備等に対し、耐震評価、設備構造及び運用状況について適切性を評価する。

IV. 使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が不要なもの

評価フロー II で検討不要、または評価フロー III で落下防止は適切としたものは、使用済燃料貯蔵プール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. 使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要なもの

評価フロー III で落下防止対策が不十分とした重量物は、落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれがあることから、使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価を実施する。

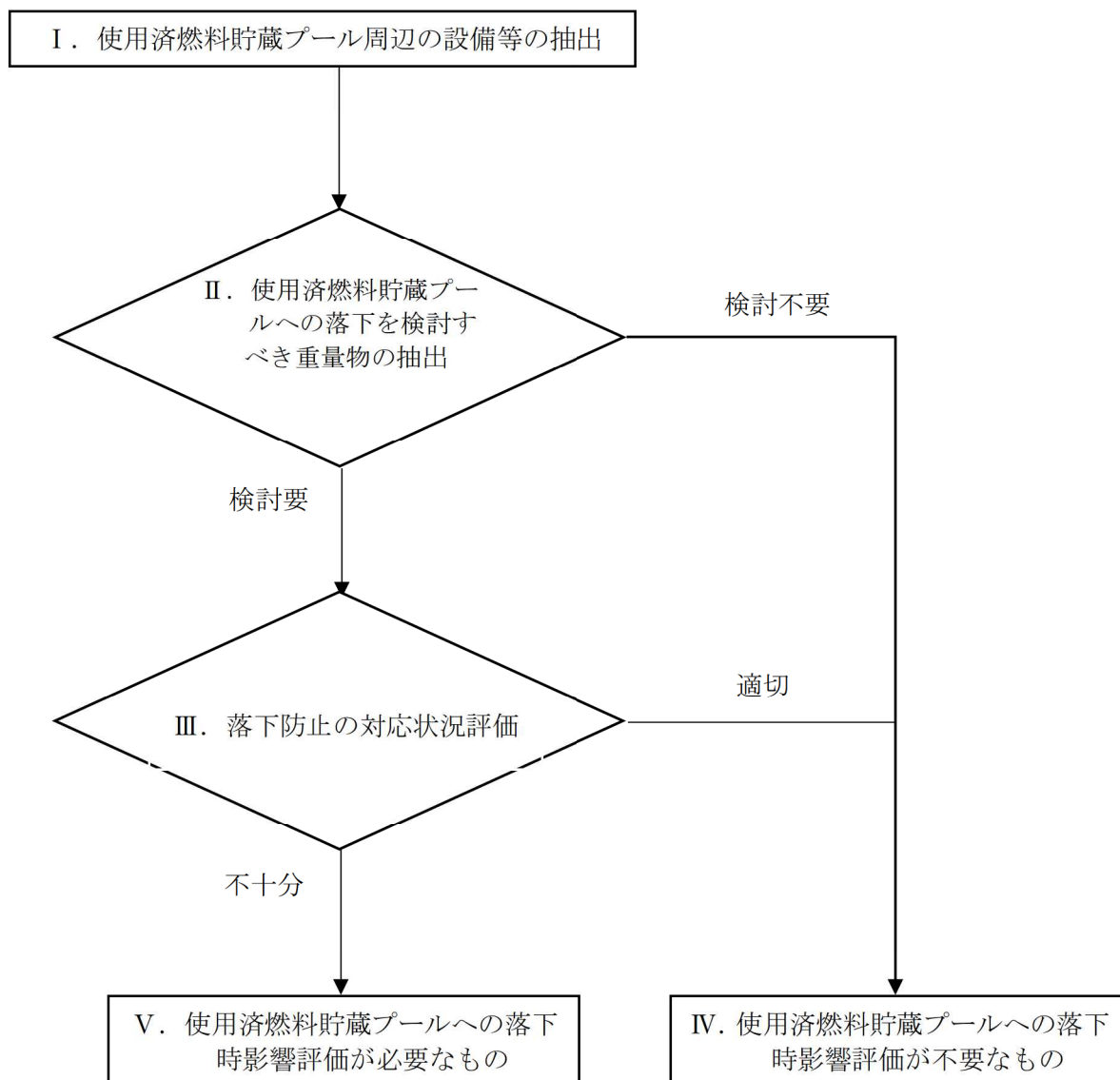


図2.1 評価フロー

3. 使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等の抽出

3.1 評価フローⅠ（使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等の抽出）の考え方

3.1.1 現場確認による抽出

使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等に係る現場確認を実施し、「地震等により使用済燃料貯蔵プールに落下するおそれがあるもの」について抽出する。

（抽出基準）

- ・使用済燃料貯蔵プール設置フロアに設置されている設備等。

3.1.2 機器配置図等※による抽出

使用済燃料貯蔵プール周辺の設備等について、機器配置図等にて抽出する。

※ 建屋機器配置図

機器設計仕様書（燃料取扱機器，燃料取替機 等）

系統設計仕様書（原子炉建屋クレーン，燃料取扱及びプール一般設備 等）

（抽出基準）

- ・使用済燃料貯蔵プール設置フロアに設置されている設備等。

3.1.3 使用済燃料貯蔵プール周辺の作業実績からの抽出

使用済燃料貯蔵プール周辺の作業で，燃料取替機，原子炉建屋クレーンを使用して取り扱う設備等について，作業実績に基づき抽出する。

（抽出基準）

- ・使用済燃料貯蔵プール設置フロアの作業において，燃料取替機または原子炉建屋クレーンを使用して取り扱う設備等。

また，仮設機材類の持込品については，使用済燃料貯蔵プールが，立入りと持込品を制限している区域内にあること及び，その落下エネルギーについては，燃料集合体の落下エネルギーと比べると十分小さいため，抽出の対象外とする。

3.2 評価フローⅠの抽出結果

3.2.1 現場, 機器配置図等による確認及び作業実績により抽出した設備等

現場, 機器配置図等による確認及び作業実績により, 以下の設備等を抽出した。

【抽出した設備等】

- ・原子炉建屋
- ・燃料取替機
- ・原子炉建屋クレーン
- ・その他クレーン類
- ・R C C V (取扱具含む)
- ・R P V (取扱具含む)
- ・内挿物 (取扱具含む)
- ・プール内ラック類
- ・プールゲート類
- ・キャスク (取扱具含む)
- ・電源盤類
- ・フェンス・ラダー類
- ・装置類
- ・作業機材類 (収納箱含む)
- ・計器・カメラ・通信機器類
- ・試験・検査用機材類
- ・コンクリートプラグ・ハッチ類
- ・空調機
- ・その他

(1) 柏崎刈羽 6 号炉

柏崎刈羽 6 号炉の現場状況を以下に示す。



原子炉建屋内オペフロ全体



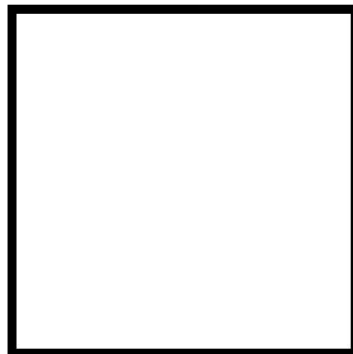
使用済燃料貯蔵プール天井



燃料取替機



原子炉建屋クレーン



原子炉建屋内運転床面概略平面図



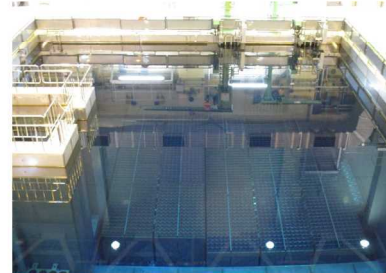
①使用済燃料貯蔵プール全体



②使用済燃料貯蔵プール側面



③使用済燃料貯蔵プール側面



④使用済燃料貯蔵ラック側

図 3.2.1 6 号炉 原子炉建屋内運転床面概要

（２） 柏崎刈羽 7 号炉

柏崎刈羽 7 号炉の現場状況を以下に示す。



原子炉建屋内オペフロ全体



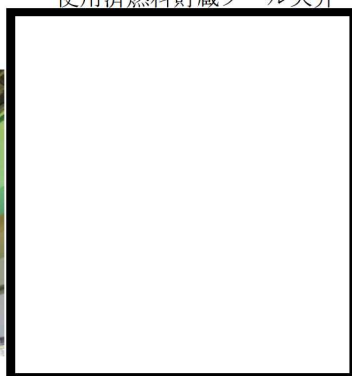
使用済燃料貯蔵プール天井



燃料取替機



原子炉建屋クレーン



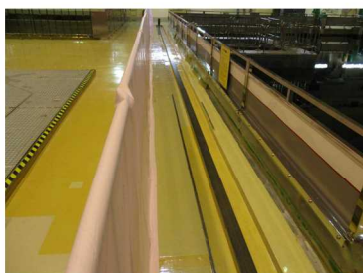
原子炉建屋内運転床面概略平面図



①使用済燃料貯蔵プール全体



②使用済燃料貯蔵プール側面



③使用済燃料貯蔵プール側面



④使用済燃料貯蔵ラック側

図 3.2.2 7 号炉 原子炉建屋内運転床面概要

使用済燃料貯蔵プール周辺の主な作業としては、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燃料取替機は、原子炉圧力容器と使用済燃料貯蔵プール内ラック間の燃料集合体、内挿物の移動、キャスクへの使用済燃料集合体の移動、原子炉冷却材再循環ポンプ（以下、RIP という）の取扱作業を行う。原子炉建屋クレーンにおいては、キャスクの移動、プラント定検時の運転床面における各機器のレイダウン、搬入及び搬出を行う。

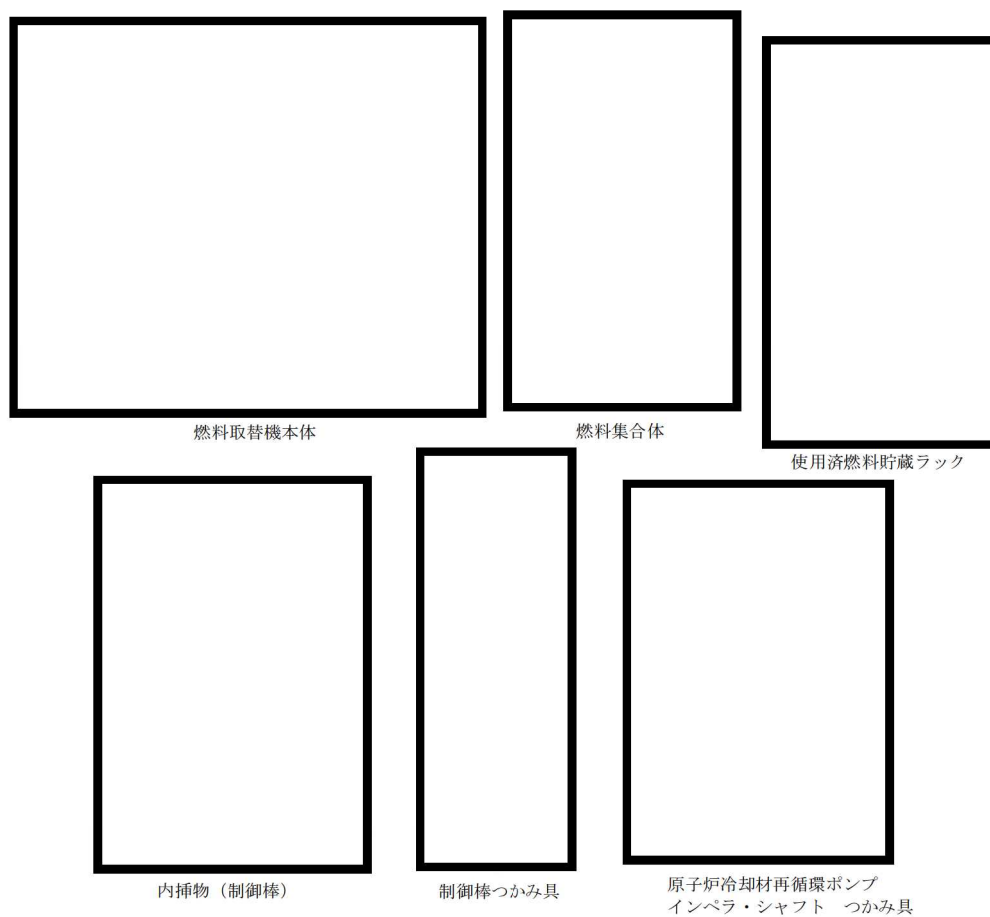


図 3.2.3 燃料取替機本体及び取扱い重量物（6号炉）

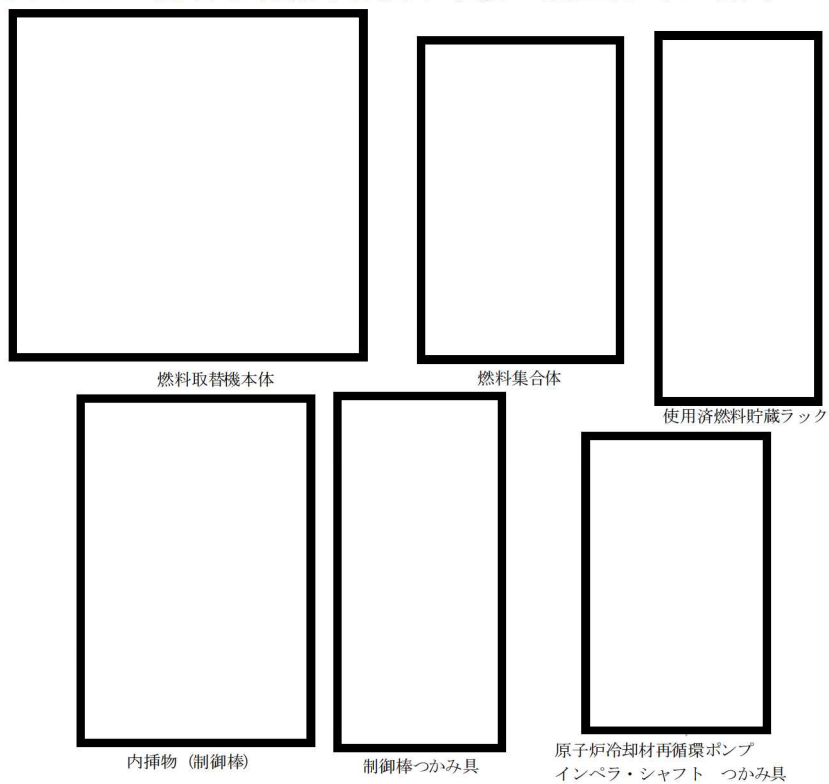


図 3.2.4 燃料取替機本体及び取扱い重量物（7号炉）

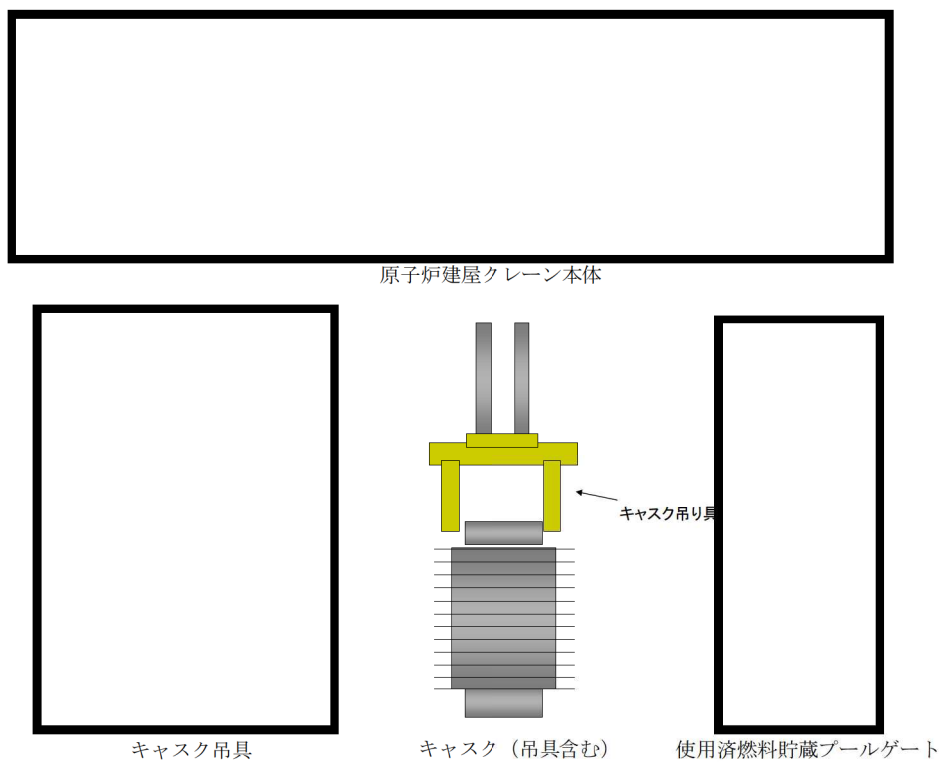


図 3.2.5 原子炉建屋クレーン本体及び取扱い重量物（6号炉）

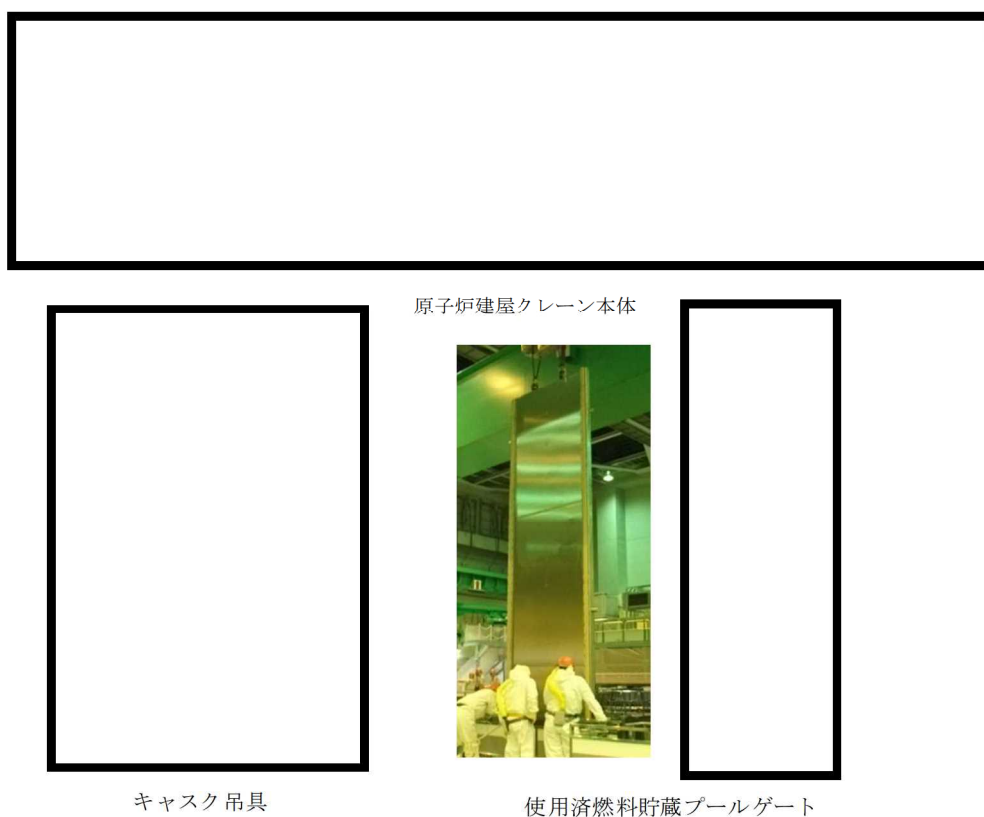


図 3.2.6 原子炉建屋クレーン本体及び取扱い重量物（7号炉）

【評価フローⅠの抽出結果（詳細）】（６号炉）（その１）

番号	抽出物	詳細	番号	抽出項目	詳細
1	原子炉建屋	屋根トラス、耐震壁等	7	内挿物（取扱具含む）	RIP取扱具保管棚
		照明			RIPモータ用上部プラグ
		クレーンランウェイガータ			LPRM検出器
2	燃料取扱機	燃料取扱機			LPRM／ドライチューブ移送具
3	原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン			LPRM／ドライチューブ取扱具
4	その他クレーン類	燃料プール用ジブクレーン			引抜き I H T 用錘
		燃料コンテナ起立台			挿入用 I H T
		新燃料検査台			I PRM 吊下げハンガ
		機器搬出入口用ジブクレーン			インコアストロングバック（炉内計装管搬出入装置）
5	RCCV（取扱具含む）	RCCVヘッド（ボルト含む）			SRNM
		RCCV M/I 吊り具			中性子源
6	RPV（取扱具含む）	RPVヘッド（+スタッドテンション（RPVヘッド自動着脱機））			起動用中性子源ホルダ
		R P Vヘッド自動着脱機 変圧器盤			燃料集合体
		RPVオーリング			制御棒+燃料サポート
		RPVヘッド保温材			制御棒・燃料サポート同時つかみ具
		圧力容器上蓋仮置除染ビット 上蓋支持台			制御棒
		スタッドボルトラック			制御棒つかみ具
7	内挿物（取扱具含む）	シュラウドヘッド+気水分離器			燃料チャンネル着脱機
		シュラウドヘッドボルト			チャンネル
		シュラウドヘッドボルトレンチ			チャンネル移動つかみ具
		ボルトスタンド			チャンネル取扱具
		蒸気乾燥器			チャンネル取扱ブーム
		蒸気乾燥器・気水分離器吊り具			チャンネルボルトレンチ
		MSラインプラグ			ブレードガイド（ダブル）
		主蒸気ラインプラグ 操作ユニット			ブレードガイド（短尺）
		ガイドロッド	8	プール内ラック類	ブレードガイド貯蔵ラック
		ガイドロッドつかみ具			チャンネル貯蔵ラック
		グリッドガイド			使用済燃料貯蔵ラック
		挿入ガイド用一時保管具			制御棒・破損燃料貯蔵ラック
		インコア挿入ガイド			新燃料貯蔵ラック
		サーベランス試験片			使用済LPRM保管ラック
		上部格子板			制御棒貯蔵ハンガ
		操作ポール+その他プール工具	9	プールゲート類	D/Sプールゲート
		RIPインベラ・シャフト（保管ラック含む）			燃料プールゲートG1
		RIPインベラ・シャフトつかみ具			燃料プールゲートG2
		RIP運搬用仮設レール			キャスクビットゲートG3
		RIP仮置台	10	キャスク（取扱具含む）	キャスク
		RIP検査水槽			キャスク吊り具
		RIP検査水槽用リール			転倒防止架台
		RIP上部取扱接続ロッド			
		RIPディフューザ・ストレッチチューブ（保管ラック含む）			
		RIPディフューザ・ストレッチチューブつかみ具			
		RIPストレッチチューブネジ部保護具			
		RIPディフューザウェアリング			
		RIPディフューザウェアリングつかみ具			

【評価フローⅠの抽出結果（詳細）】（６号炉）（その２）

番号	抽出項目	詳細	番号	抽出項目	詳細
11	電源盤類	照明用トランス	15	計器・カメラ・通信機器類	ITVカメラ
		照明用分電盤			IAEAカメラ
		燃料チャンネル着脱機制御盤			燃料取替エリア排気放射線モニタ（安全系）
		燃料プール状態表示盤			光ジャンクションボックスch3
		作業用電源箱			R/B-外気差圧（東側）発信器
		使用済燃料貯蔵プール温度中継端子箱			使用済燃料貯蔵プール温度計
		機器搬出入ロハッチカバー用制御盤			使用済燃料貯蔵プール水位計
		機器搬出入ロハッチカバー用ジブクレーン 作業電源箱			水素濃度計
		無線通信設備補助増幅器			スタックドレン配管Uシール水位計
		RPVヘッド自動着脱機電源箱			R/B-外気差圧（南側）発信器
		原子炉建屋クレーン電源現場操作箱	16	試験・検査用機材類	インペラ・シャフト検査装置
		燃料取替機制御室空調機現場盤			スタッドボルト探傷装置（保管棚含む）
		RIP検査水槽用制御盤			スタッドボルト用試験片
		インペラ・シャフト検査装置制御盤			テストウェイト（180KG用）
					テストウェイト（300KG、480KG用）
12	フェンス・ラダー類	手摺り（収納箱含む）	17	コンクリートブラグ・ハッチ類	原子炉冷却材再循環ポンプボイス用テストウェイト
		新燃料検査台ビット用ラダ			機器搬出入ロハッチカバー
		D/Sプール用梯子			新燃料検査台ビットカバー
		原子炉ウエル用梯子			燃料把握機調整ビットカバー
13	装置類	伸縮式電動ハッチ駆動装置			キャスク洗浄ビットカバー
		PAR			D/SカナルブラグA
		除染装置（収納コンテナ含む）			D/SカナルブラグB
14	作業機材類（収納箱含む）	真空清掃設備清掃用具格納箱			D/SカナルブラグC
		R/Bオペフロハッチカバー 支点用カバー収納箱			ウエルシールドブラグA
		水中テレビカメラビデオ装置			ウエルシールドブラグB
		水中テレビカメラコントローラ			ウエルシールドブラグC
		SFP 操作ブラットホーム			ウエルシールドブラグD
		横向水中照明具			ウエルシールドブラグE
		広域水中照明具			スキマサージタンク用ハッチカバーA
		ドロップライト			スキマサージタンク用ハッチカバーB
		ビューイングユイド			新燃料貯蔵庫ハッチカバーA
		水中カメラ			新燃料貯蔵庫ハッチカバーB
		燃料グループ 工具棚			新燃料貯蔵庫ハッチカバーC
		潤滑油保管棚			新燃料貯蔵庫ハッチカバーD
		保管棚（A）			新燃料貯蔵庫ハッチカバーE
		保管棚（B）			新燃料貯蔵庫ハッチカバーF
		保管棚（C）			SFPスロットブラグA
		保管棚（D）			SFPスロットブラグB
15	計器・カメラ・通信機器類	R/B-外気差圧（北側）発信器			SFPスロットブラグC
		エリア放射線モニタ			SFPスロットブラグD
		R/B-外気差圧（西側）発信器			D/SプールカバーA
		R/A-外気差圧計			D/SプールカバーB
		SGTS排気流量発信器			
		ページング			

【評価フローⅠの抽出結果（詳細）】（６号炉）（その３）

番号	抽出項目	詳細
17	コンクリートブラグ・ハッチ類	D/SプールカバーC
		D/SプールカバーD
		D/SプールカバーE
18	空調機	燃料取替機制御室空調機
19	その他	配管
		チェッカープレート
		非常誘導灯
		消火設備
		掲示物
		鉛ガラス
		ダクト
		トップベント
		ブローアウトパネル
		ケーブル
		放送機材
		救命用具
		定検査機材

【評価フローⅠの抽出結果（詳細）】（７号炉）（その１）

番号	抽出項目	詳細	番号	抽出項目	詳細
1	原子炉建屋	鉄骨、天井トラス、屋根等	7	内挿物（取扱具含む）	RIP上部取扱接続ロッド
		照明			RIP上部ブラグ
		クレーンランウェイガータ			RIPディフューザ・ストレッチチューブつかみ具
2	燃料取扱機	燃料取扱機			RIPディフューザウェアリングつかみ具
3	原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン			RIPインペラ・シャフト（保管ラック含む）
4	その他クレーン類	新燃料検査台			RIPインペラ・シャフトつかみ具
		プール用ジブクレーン			RIPディフューザ・ストレッチチューブ（保管ラック含む）
		機器搬出入口用ジブクレーン			RIPディフューザウェアリング
5	RCCV（取扱具含む）	RCCVヘッド（ボルト含む）			燃料集合体
		RCCV M/I吊り具			他号機燃料取扱グラブ（収納コンテナ含む）
6	RPV（取扱具含む）	RPVヘッド（+スタッドテンション（RPVヘッド自動着脱機）			燃料チャンネル
		RPVヘッド自動着脱機制御盤			燃料チャンネル着脱機
		RPVヘッド保温材			チャンネル移動つかみ具
		RPV上蓋除染パン 上蓋支持台			チャンネル取扱具
		ボルトシャンク部清掃装置			チャンネル取扱ブーム
		スタッドボルトラック			チャンネルボルトレンチ
		RPVオーリング			制御棒
		ボルト着脱装置			制御棒つかみ具
		油圧装置・集塵装置（RPVヘッド自動着脱装置用）			CR・FS
		テンション予備品収納箱			CR・FS同時つかみ具（保管架台含む）
		ボルトスタンド			LPRM検出器
		シュラウドヘッド+気水分離器			LPRM吊下げハンガ
7	内挿物（取扱具含む）	シュラウドヘッドボルト			SRNM
		シュラウドヘッドボルトレンチ			LPRM切断機
		蒸気乾燥器			LPRMドライチューブ移送具
		D/Sスリング			インコアマニプレーター
		MSラインブラグ			ブレードガイド
		主蒸気ラインブラグ操作ユニット			インコアストロングバック（炉内計装管搬出入装置）
		ガイドロッド（収納ケース含む）	8	プール内ラック類	使用済燃料貯蔵ラック
		ガイドロッドつかみ具			制御棒・破損燃料貯蔵ラック
		グリッドガイド			新燃料貯蔵ラック
		インコア挿入ガイド			チャンネル貯蔵ラック
		挿入ガイド一時保管台			制御棒貯蔵ハンガ
		上部格子板			使用済LPRM保管ラック
		操作ポール+その他プール工具			ブレードガイド貯蔵ラック
		ミラーアタッチメント	9	ゲート類	SFPゲート（小）
		計測器取扱具（IHT）			SFPゲート（大）
		中性子源			キャスクビットゲート
		起動用中性子源立掛具			DSPゲート
		RIP検査水槽	10	キャスク（取扱具含む）	キャスク
		RIP検査水槽用作業架台			キャスク吊り具
		RIP検査水槽用仮設レール			転倒防止架台
		RIP上部取扱装置保管用移動レール			
		RIP上部取扱装置保管用吊り天秤			
		RIP取扱装置仮置台			
		インペラ・シャフトクラッド除去治具			
		RIP上部共通吊り具（保管箱含む）			

【評価フローⅠの抽出結果（詳細）】（７号炉）（その２）

番号	抽出項目	詳細	番号	抽出項目	詳細
11	電源盤類	機器搬出入口ハッチカバー用制御盤	15	計器・カメラ・通信機器類	IAEAカメラ
		燃料チャンネル着脱機制御盤			ITVカメラ
		炉内ISI装置用制御盤			ARM（エリアモニタ）
		RIPインベラ・シャフト検査台用操作盤			プロセスモニタ
		ジャンクションBOX			ペーjing
		R/B天井クレーンケーブル切替箱			使用済燃料貯蔵プール温度計
		R/B天井クレーン操作箱			使用済燃料貯蔵プール水位計
		R/Vヘッド自動着脱機トランス盤			水素濃度計
		照明用トランス			フィルタ装置出口配管Uシール水位計
		照明用分電盤			R/B-外気差圧（南側）発信器
		作業用電源箱			R/B-外気差圧（西側）発信器
		原子炉建屋クレーン点検用照明電源スイッチ箱			R/B-外気差圧（東側）発信器
		原子炉建屋クレーンジョイントボックス			R/B-外気差圧（北側）発信器
		無線通信設備補助増幅器			SGTSイオンチェンバ検出器
		手摺り（収納箱含む）			SGTS排気流量発信器
12	フェンス・ラダー類	DSP用梯子	16	試験・検査用機材類	RIP検査台
		原子炉ウェル用梯子			シッパークヤップ（シッピング検査用）
		新燃料検査台ビット用ラダ			炉内 ISI装置収納庫
		SFPスロット部ブリッジ	17	コンクリートブラグ・ハッチ類	SFPスロットブラグ(A)
13	装置類	伸縮式電動ハッチ駆動装置			SFPスロットブラグ(B)
		除染装置（収納コンテナ含む）			SFPスロットブラグ(C)
		DSPゲートエアーパーキン供給装置			SFPスロットブラグ(D)
		PAR			DSスロットブラグ(A)
14	作業機材類（収納箱含む）	清掃装置（収納箱含む）			DSスロットブラグ(B)
		工具収納ラック A			DSスロットブラグ(C)
		工具収納ラック B			D/Sプールカバー
		工具収納ラック C			原子炉ウェルカバー(A)
		工具箱(1)			原子炉ウェルカバー(B)
		工具箱(2)			原子炉ウェルカバー(C)
		工具箱(3)			原子炉ウェルカバー(D)
		スリング類収納ハンガ			原子炉ウェルカバー(E)
		長物類収納ラック A			大物搬入口ハッチカバー
		長物類収納ラック B			新燃料貯蔵庫カバー
		ボール類収納ラック	18	空調機	燃料取替機制御室空調機
		搬入口ハッチカバー部品収納箱	19	その他	配管
		RIPインベラ・シャフト検査台用水中TVカメラユニット			チェッカープレート
		RIP取扱装置用水中TVカメラ操作ラック			非常誘導灯
		清掃油棚			消火設備
		RIP取扱機器用水中TVカメラ			掲示物
		ワークテーブル（取扱具含む）			鉛ガラス
		型気中投光式照明灯（収納箱含む）			ダクト
		ビューイングエイド			トップベント
		燃料チャンネル着脱機テレビカメラ（収納箱含む）			ブローアウトパネル
		燃料取替監視用テレビ装置SFP側テレビカメラ（収納箱含む）			ケーブル
		燃料取替監視用テレビ装置炉心側テレビカメラ（収納箱含む）			放送機材
					救命用具
					定検査機材

4. 使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出

4.1 評価フローⅡ

(使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出) の考え方

4.1.1 設置状況による選定

使用済燃料貯蔵プールとの離隔距離や設置方法等を考慮して、使用済燃料貯蔵プール内に落下するおそれのないものは検討不要とする。

4.1.2 落下エネルギーによる選定

4.1.1「設置状況による選定」にて検討不要とならない設備等について、落下エネルギーを算出し、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギー（約15.5kJ※）未満となる設備等については検討不要とする。

※ 燃料集合体の落下を想定した場合でも使用済燃料貯蔵プールライニングの健全性は確保されることから、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。詳細は、燃料集合体落下時の使用済燃料貯蔵プールライニングの健全性について（別紙1）参照。

(落下エネルギーの算出方法)

$$E = m \times g \times h$$

E：落下エネルギー[J]
m：質量[kg]
g：重力加速度[m/s²]
h：落下高さ[m]

ここで、落下高さは、各設備等の最大吊り上げ高さ（＝フック最高高さ－プール最深床高さ－吊荷本体高さ）とし、基準面は使用済燃料貯蔵プール最深床高さとする。

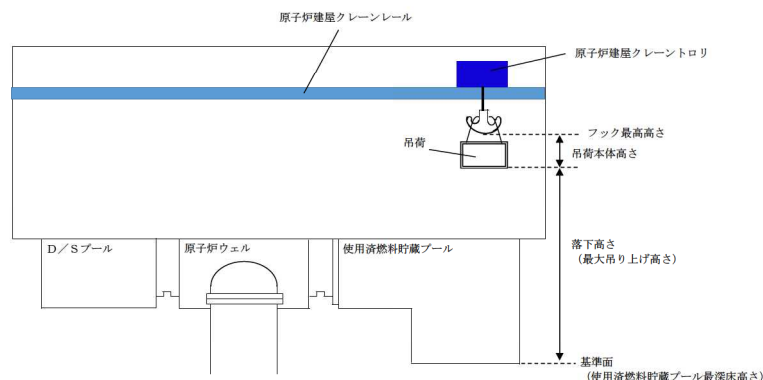


図4.1.1 落下高さ算出概要

4.1.3 使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれのある重量物の選定

4.1.1「設置状況による選定」及び4.1.2「落下エネルギーによる選定」により、最終的に検討を要する重量物を抽出する。

4.2 評価フローⅡの抽出結果

4.2.1 設置状況による選定にて「検討不要」としたもの

＜検討不要の項目＞

- ・ R C C V（取扱具含む）
- ・ 電源盤類
- ・ 空調機

上記項目の設備等は，使用済燃料貯蔵プールの手摺りの外側に設置されているとともに，使用済燃料貯蔵プール内に落下しないよう，使用済燃料貯蔵プールとの離隔距離がとられている。設置方法について，転倒防止対策として，電源盤類，空調機については床や壁面にボルト等にて固定または固縛されており，仮に地震等により損壊・転倒したとしても使用済燃料貯蔵プールまでの離隔がとれていることから，落下は防止される※。

※ 詳細は，使用済燃料貯蔵プールと運転床面上設備との離隔概要について（別紙２）参照。

（６号炉）

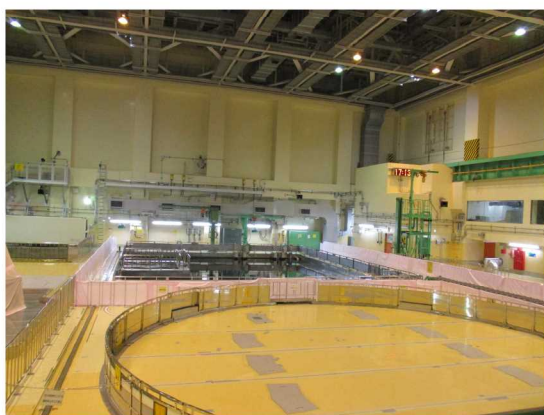


使用済燃料貯蔵プール周り(全体)



使用済燃料貯蔵プール周り(手摺り)

（７号炉）



使用済燃料貯蔵プール周り(全体)



使用済燃料貯蔵プール周り(手摺り)

4.2.2 落下エネルギーによる選定にて「検討不要」としたもの ＜検討不要の項目＞

- ・作業機材類（収納箱含む）
- ・計器・カメラ・通信機器類
- ・その他

上記項目の設備等は，使用中に仮に使用済燃料貯蔵プールへ落下した場合においても，その落下エネルギーは気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギーより小さいことから，検討不要とした。

4.2.3 使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれのある重量物として選定した設備等

<検討要の項目>

- ・原子炉建屋
- ・原子炉建屋クレーン
- ・R P V（取扱具含む）
- ・プール内ラック類
- ・キャスク（取扱具含む）
- ・装置類
- ・コンクリートプラグ・ハッチ類
- ・燃料取替機
- ・その他クレーン類
- ・内挿物（取扱具含む）
- ・プールゲート類
- ・フェンス・ラダー類
- ・試験・検査用機材類

上記項目の設備等は、4.2.1「設置状況による選定」及び4.2.2「落下エネルギーによる選定」により、最終的に検討を要する重量物として抽出した設備等である。

これらの設備等は、落下により使用済燃料貯蔵プールの機能を損なう恐れがある重量物として、後段の評価フローⅢで落下防止の適切性を確認する。

（6号炉）



原子炉建屋 天井面



原子炉建屋 壁面

（7号炉）



原子炉建屋 天井面



原子炉建屋 壁面

5. 落下防止の対応状況確認

5.1 評価フローⅢ（落下防止とその適切性の確認）の考え方

評価フローⅡで検討要として抽出した重量物について，使用済燃料貯蔵プールへの落下原因に応じて，落下防止措置が適切に実施されていることを確認する。

落下原因と落下防止対策の関係は以下のとおりである。

表5.1 落下原因及び落下防止対策

項目	落下原因	落下防止対策	確認方法
a	地震による設備等の破損	耐震評価，強度確保	①
b	吊荷取扱装置の故障等	ワイヤロープ二重化	②
		フェイルセーフ機構	
		点検	③
c	吊荷取扱装置の誤操作	速度制限	②
		過巻防止	
		フック外れ止め	
		有資格者作業	③
d	吊荷取扱設備の待機位置等	使用済燃料貯蔵プール外への待機	③
		可動範囲制限	
		管理エリアの設置	

なお，吊荷取扱設備とは，燃料取替機及び原子炉建屋クレーンであり，吊荷取扱装置とは，吊荷取扱設備に設けている安全装置等をいう。

上記①～③については，具体的に以下により確認する。

① 耐震評価による落下防止対策

燃料取替機，原子炉建屋クレーンについて，基準地震動 S_s に対する耐震評価を実施し，落下防止のために必要な構造強度を有していることを確認する。

また，SFP周辺に常設している設備等であって，当該設備等の落下により，使用済燃料貯蔵プールの機能を損なう恐れがあるものについても同様に，落下防止のために必要な構造強度を有することを確認する。

② 設備構造上の落下防止対策

クレーンの安全機能として，フック外れ止め，ワイヤロープ二重化，フェイルセーフ機構等，設備構造上の落下防止措置が適切に講じられていることを確認する。

③ 運用状況による落下防止対策

クレーン等安全規則に基づく点検，安全装置の使用，クレーンの有資格者作業等の要求事項対応による落下防止措置が適切に実施されていることを確認する。

また，燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの使用済燃料貯蔵プール外への待機運用，原子炉建屋クレーンの可動範囲制限及び使用済燃料貯蔵プール周りの異物混入防止対策により，落下防止措置が適切に実施されていることを確認する。

5.2 評価フローⅢの評価結果

5.2.1 耐震評価による落下防止対策

(1) 原子炉建屋

(6号炉)

原子炉建屋については、運転床面（T.M.S.L. 31.7m）より上部の鉄筋コンクリート造の壁および鉄骨造の屋根トラス、屋根面水平ブレース等を線材、面材により立体的にモデル化した立体架構モデルを作成し、基準地震動 S_s に対する評価を行い、屋根トラスにおいて水平地震動と鉛直地震動を同時に考慮した発生応力が評価基準値を超えず、使用済燃料貯蔵プール内に落下しないことを確認する。なお、屋根については鋼板（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、地震による剥落はない。

また、運転床面より上部を構成する壁は鉄筋コンクリート造の耐震壁であり、運転床面より下部の耐震壁とあわせて基準地震動 S_s に対して健全性が確保されることを確認する。

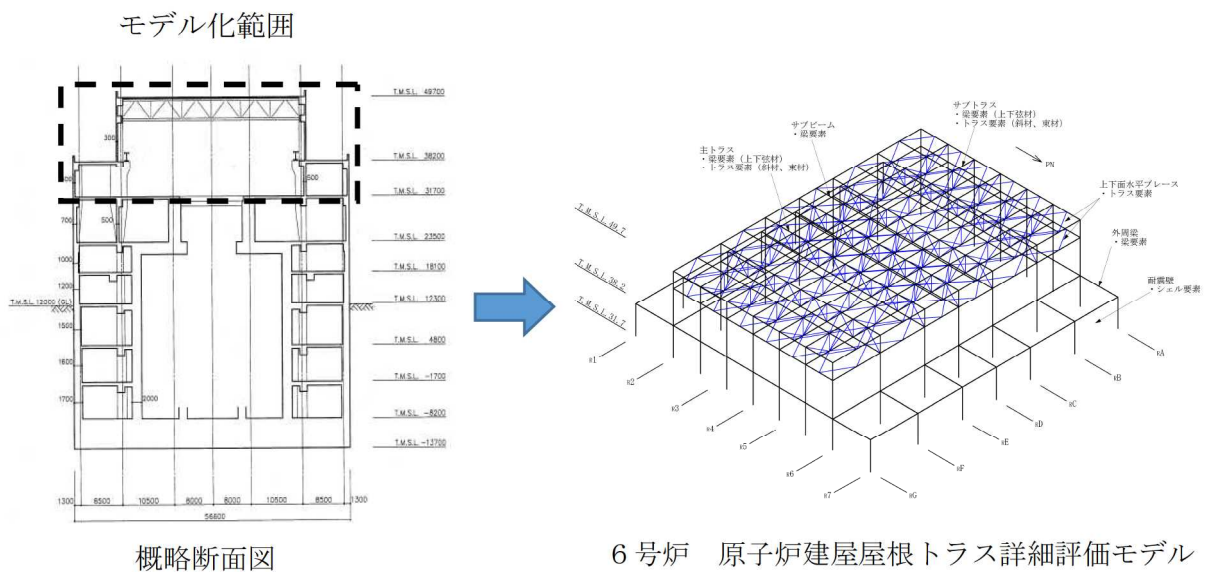


図 5.2.1 原子炉建屋屋根評価モデル

(7号炉)

原子炉建屋については、運転床面（T.M.S.L. 31.7m）より上部の鉄筋コンクリート造の壁および鉄骨造の屋根トラス、屋根面水平ブレース等を線材、面材により立体的にモデル化した立体架構モデルを作成し、基準地震動 S_s に対する評価を行い、屋根トラスにおいて水平地震動と鉛直地震動を同時に考慮した発生応力が評価基準値を超えず、使用済み燃料貯蔵プール内に落下しないことを確認する。なお、屋根については鋼板（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、地震による剥落はない。

また、運転床面より上部を構成する壁は鉄筋コンクリート造の耐震壁であり、運転床面より下部の耐震壁とあわせて基準地震動 S_s に対して健全性が確保されることを確認する。

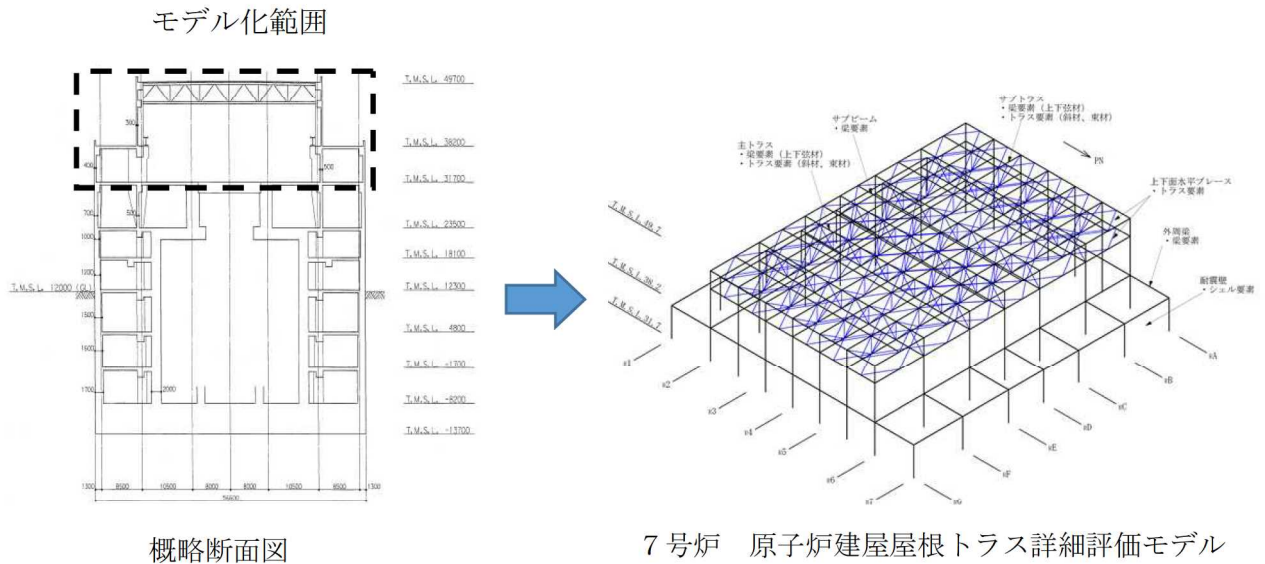


図 5.2.2 原子炉建屋屋根評価モデル

(2) 燃料取替機

燃料取替機※は、使用済燃料貯蔵プール、原子炉ウェル及びD/Sピットをまたぐレール上を走行する取替機であり、浮上りによる脱線を防止するため、脱線防止装置を設置している。脱線防止装置は、走行レールの頭部を脱線防止装置にて抱き込む構造であり、燃料取替機の浮上りにより走行、横行レールより脱線しない構造としている。

燃料取替機が使用済燃料貯蔵プールに落下しないことの確認として、基準地震動 S_s に対するクレーン本体主要部材の許容応力、裕度評価を実施する。

※燃料取替機の使用済燃料貯蔵プール上で取扱う吊荷

- 燃料集合体
 - ブレードガイド
 - 原子炉冷却材再循環ポンプ
 - 制御棒
- 等

(6号炉の例)

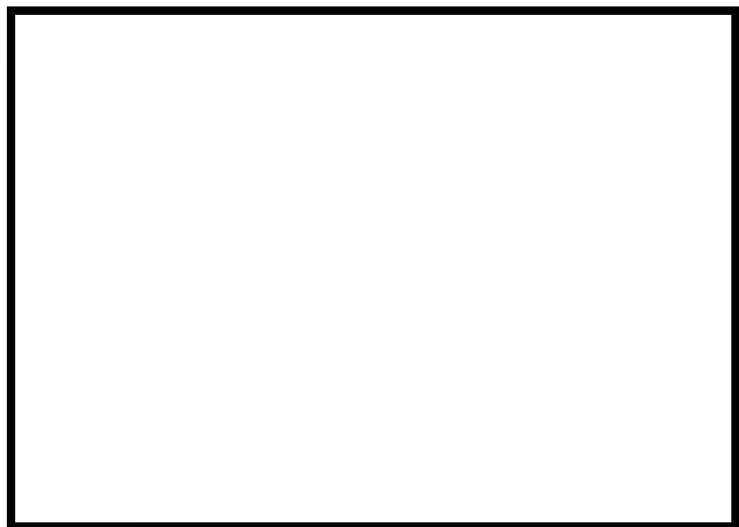
燃料取替機本体及びレールの詳細図面を以下に示す。



燃料取替機本体



走行レール上面



走行レール断面

図 5.2.3 燃料取替機本体及び走行レール詳細

a. 燃料取替機の落下防止対策

燃料取替機は，使用済燃料貯蔵プール上で各種作業を行うことから，基準地震動 S_s を用いた耐震評価を行い，落下に至らないことを確認する。耐震評価結果については，工事計画認可申請書にて示す。

(a) 評価方法

解析モデルとして燃料取替機の3次元はりモデルを作成し，時刻歴応答解析にて評価する。

(b) 評価部材

- i. 燃料取替機本体（構造物フレーム）
- ii. トロリ脱線防止ラグ
- iii. ブリッジ脱線防止ラグ
- iv. 走行レール

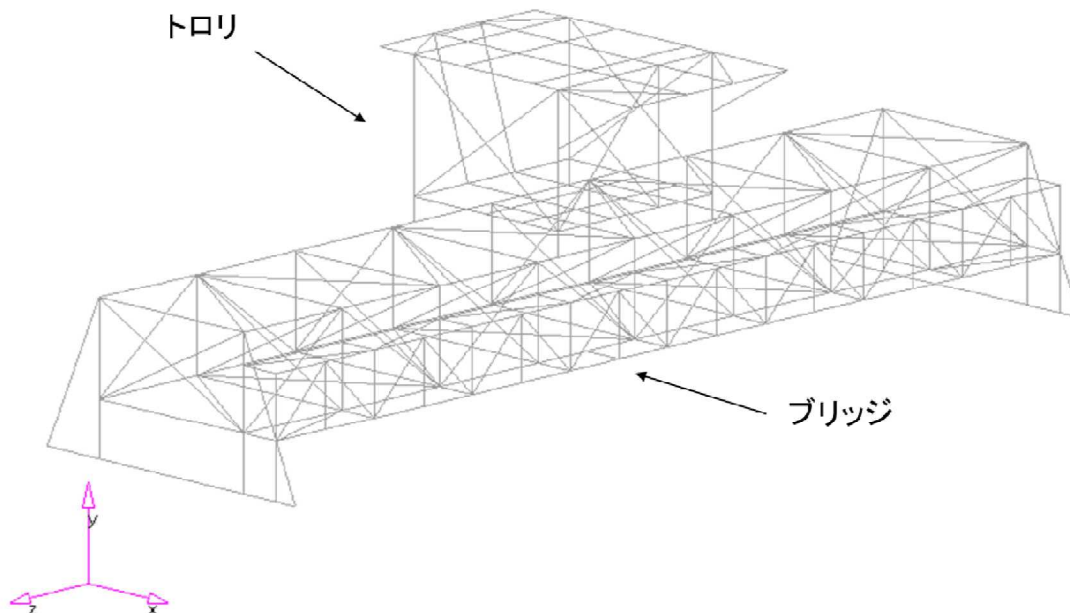


図 5.2.4 燃料取替機 解析モデル（イメージ）

i. 燃料取替機本体（構造物フレーム）

燃料取替機本体（構造物フレーム）における耐震評価にて，発生応力に対する許容応力，裕度評価を実施する。

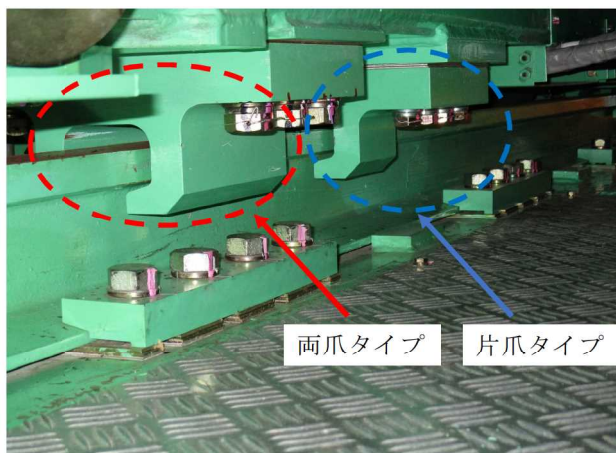
ii. トロリ脱線防止ラグ

ブリッジ上部のトロリ横行用レールの頭部をトロリ脱線防止ラグ（両爪タイプ）及びトロリ脱線防止ラグ（片爪タイプ）つめ部にて両側から抱き込む構造とし、トロリが浮上り、横行レールより脱線しない構造としている。

本装置における耐震評価にて、発生応力に対する許容応力，裕度評価を実施する。



燃料取替機（トロリ）外観



燃料取替機（トロリ）脱線防止ラグ



トロリ脱線防止ラグ
（両爪タイプ）

トロリ脱線防止ラグ
（片爪タイプ）

図 5.2.5 トロリ脱線防止ラグ詳細

iii. ブリッジ脱線防止ラグ

運転床面上の走行用レールの頭部をブリッジ脱線防止ラグ（両爪タイプ）つめ部にて両側から抱き込む構造とし、燃料取替機が浮上り、走行レールより脱線しない構造としている。

本装置における耐震評価にて、発生応力に対する許容応力、裕度評価を実施する。



図 5.2.6 ブリッジ脱線防止ラグ詳細

iv. 走行レール

走行レールは運転床面に設置され、本レールが破損した場合、燃料取替機本体が使用済燃料貯蔵プールに落下する恐れがあることから、本レールにおける耐震評価にて、発生応力に対する許容応力、裕度評価を実施する。



図 5.2.7 走行レール

b. 吊荷の落下防止対策

燃料取替機により、吊荷を扱う際、地震により吊荷が落下する事象として、ワイヤロープやフックの破断、ブレーキの滑りが考えられるため、これら設備の耐震性を確認する。

以下に、ワイヤロープ、フック及びブレーキに対する耐震評価方法を示す。
耐震評価結果については、工事計画認可申請書にて示す。

(a) 評価方法

燃料取替機本体評価モデルをベースとし、ワイヤ部に非線形ばね要素を設定した時刻歴解析を実施し、全時刻での発生荷重の最大値から、クレーン吊具各部の強度評価を実施する。

(b) 評価条件

- ・ワイヤロープ、フック及びブレーキの吊荷重は、時刻歴解析より算出した荷重を用いる。
- ・ワイヤロープ、フックは、定格荷重に対する引張強さ（Su）による安全率を評価基準値として設定し、算出荷重と比較する。
- ・ブレーキは、制動トルクと定格荷重時の負荷トルクの比率を評価基準値として設定し、算出荷重と比較する。

評価については、吊荷作業を実施する際に使用する、主ホイスト、補助ホイスト及びRIP ホイストのそれぞれについて、ワイヤロープ、フック及びブレーキの評価を実施し、各部位における耐震性を確認する。

補足説明資料 1 に、主ホイストにおける評価例を示す。

(3) 原子炉建屋クレーン

原子炉建屋クレーン※は、原子炉建屋内壁に沿って設置された走行レール上を走行*するクレーンであり、浮上りによる脱線を防止するため、脱線防止装置を設置している。脱線防止装置は、ランウェイガーダ当り面、横行レールに対し、浮上り代を設けた構造であり、クレーンの浮上りにより走行、横行レールより脱線しない構造としている。

クレーンが使用済燃料貯蔵プールに落下しないことの確認として、基準地震動 S_s に対するクレーン本体主要部材の許容応力、裕度評価を実施する。

※原子炉建屋クレーンの使用済燃料貯蔵プール上で取扱う吊荷

- キャスク
- プールゲート
- 燃料集合体 等

(6号炉の例)

原子炉建屋クレーン本体の詳細図面を以下に示す。



図 5.2.8 原子炉建屋クレーン本体

a. 原子炉建屋クレーンの落下防止対策

原子炉建屋クレーンは、下部に設置された上位クラス施設である使用済燃料貯蔵プールに対して、波及的影響を及ぼさないことを確認することから、基準地震動 S_s を用いた耐震評価を行い、落下に至らないことを確認する。耐震評価結果については、工事計画認可申請書にて示す。

(a) 評価方法

解析モデルとして原子炉建屋クレーンの3次元はりモデルを作成し、時刻歴応答解析にて評価する。

(b) 評価部材

- i. クレーン本体ガーダ
- ii. 脱線防止ラグ
- iii. トロリストッパ

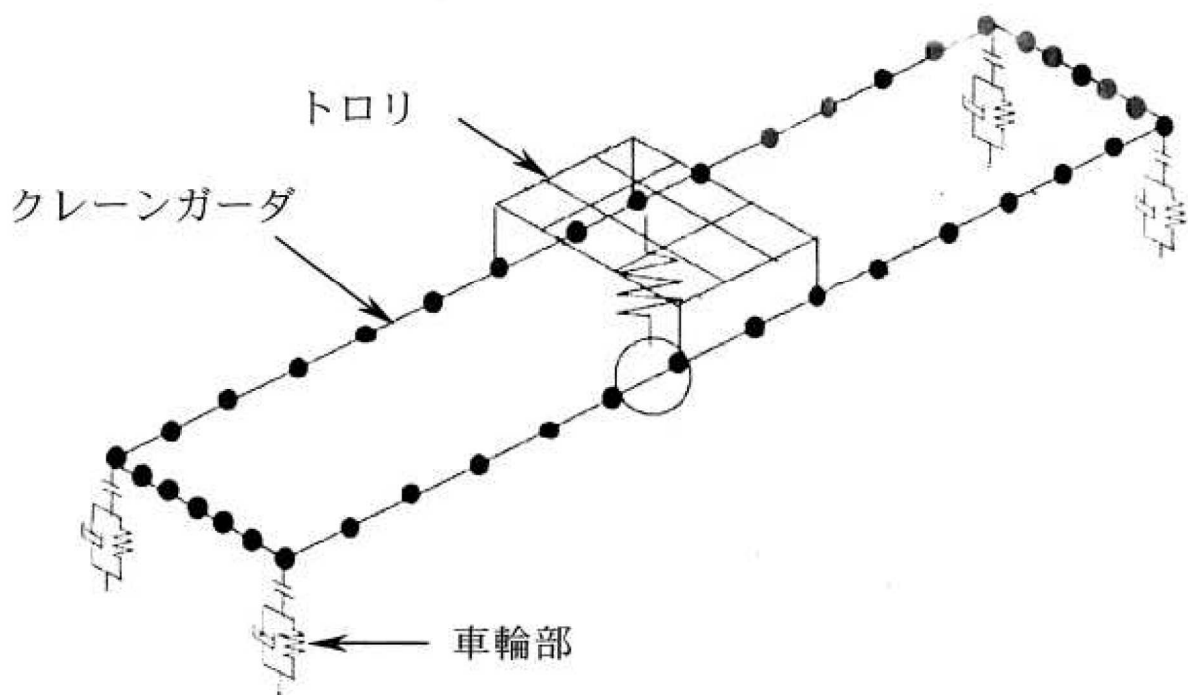


図5.2.9 原子炉建屋クレーン 解析モデル（イメージ）

i. クレーン本体ガーダ

原子炉建屋クレーン本体ガーダにおける耐震評価にて，発生応力に対する許容応力，裕度評価を実施する。

ii. 脱線防止ラグ

走行脱線防止ラグは，ランウェイガーダ当り面に対し浮上り代を設けた構造とし，原子炉建屋クレーンが浮上り，ランウェイガーダより脱線しない構造としている。

本装置における耐震評価にて，発生応力に対する許容応力，裕度評価を実施する。



原子炉建屋クレーン外観



走行脱線防止ラグ

図5.2.10 原子炉建屋クレーン本体及び走行脱線防止ラグ

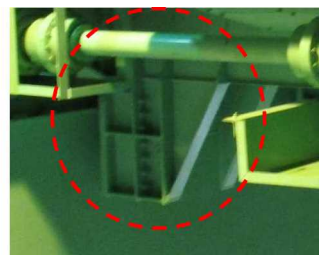
iii. トロリストッパ

トロリストッパは，横行レールに対し浮上り代を設けた構造とし，トロリが浮上り，横行レールより脱線しない構造としている。

本装置における耐震評価にて，発生応力に対する許容応力，裕度評価を実施する。



原子炉建屋クレーン外観



トロリストッパ

トロリ本体

図 5.2.11 トロリ本体及びトロリストッパ

b. 吊荷の落下防止対策

原子炉建屋クレーンにより、吊荷を扱う際、地震により吊荷が落下する事象として、ワイヤロープやフックの破断、ブレーキの滑りが考えられるため、これら設備の耐震性を確認する。

以下に、ワイヤロープ、フック及びブレーキに対する耐震評価方法を示す。
耐震評価結果については、工事計画認可申請書にて示す。

(a) 評価方法

原子炉建屋クレーン本体評価モデルをベースとし、ワイヤ部に非線形ばね要素を設定した時刻歴解析を実施し、全時刻での発生荷重の最大値から、クレーン吊具各部の強度評価を実施する。

(b) 評価条件

- ・ワイヤロープ、フック及びブレーキの吊荷重は、時刻歴解析より算出した荷重を用いる。
- ・ワイヤロープ、フックは、定格荷重に対する引張強さ（Su）による安全率を評価基準値として設定し、算出荷重と比較する。
- ・ブレーキは、制動トルクと定格荷重時の負荷トルクの比率を評価基準値として設定し、算出荷重と比較する。

評価については、吊荷作業を実施する際に使用する、主巻、補巻及び補助ホイストのそれぞれについて、ワイヤロープ、フック及びブレーキの評価を実施し、各部位における耐震性を確認する。

補足説明資料2に、主巻における評価例を示す。

5.2.2 設備構造による落下防止対策

(1) 燃料取替機

使用済燃料貯蔵プール上において、燃料取替機で扱う吊荷の作業を行う際に、使用済燃料貯蔵プール内に吊荷が落下するのを防止する対策を以下に示す。

a. 駆動電源の喪失対策

燃料取替機は、動力源喪失時に自動的にブレーキがかかる機能を有している。この機能については、定期事業者検査にて健全性を確認しており、検査手順は以下の通りである。

(a) 検査方法【駆動用電源喪失】

- i. 燃料取替機で模擬燃料を吊り上げ、移動運転状態で、燃料把握機の駆動用電源を喪失させる。
- ii. 燃料把握機の動力源が喪失した場合においても、模擬燃料がつかみ状態で保持されていることを確認する。

※非励磁時のブレーキ機能について
① 制御電源が落ち、マグネット(青塗り部)が非励磁となると、アーマチュア(赤塗り部)との間に吸引力が喪失する。
② ブレーキスプリング(緑塗り部)の力によりアーマチュアがインナーディスク及びアウターディスク(黄色部)を押さえつける。



図 5.2.12 直流電磁ブレーキ構造（6号炉の例）

(b) 検査方法【駆動用空気喪失】

- i. 燃料取替機で模擬燃料を吊り上げ、上昇又は下降運転状態で、燃料把握機の駆動用空気を喪失させる。
- ii. 燃料把握機の動力源が喪失した場合においても、模擬燃料がつかみ状態で保持されていることを確認する。

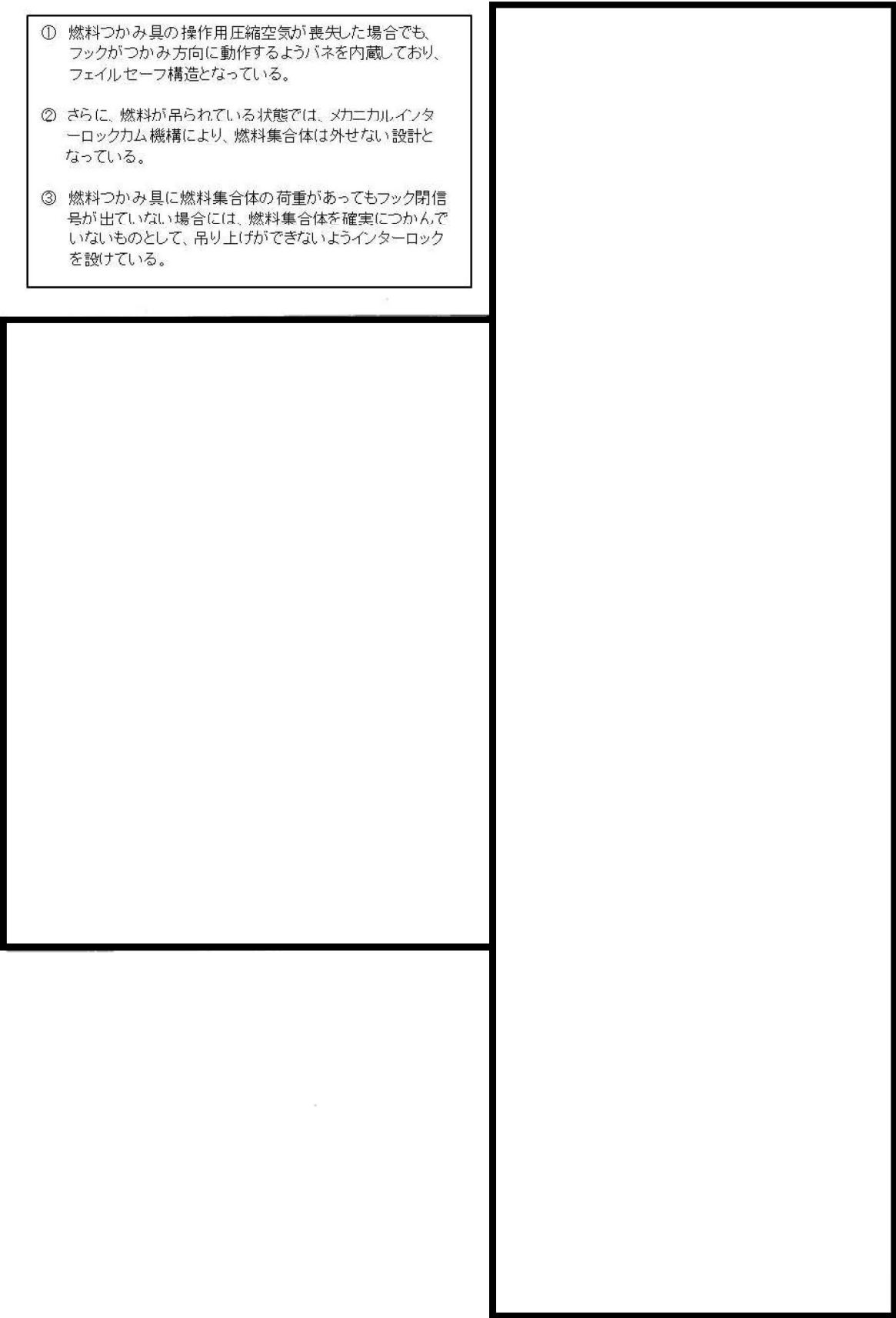
- 
- ① 燃料つかみ具の操作用圧縮空気が喪失した場合でも、フックがつかみ方向に動作するようバネを内蔵しており、フェイルセーフ構造となっている。
 - ② さらに、燃料が吊られている状態では、メカニカルインターロックカム機構により、燃料集合体は外せない設計となっている。
 - ③ 燃料つかみ具に燃料集合体の荷重があってもフック閉信号が出ていない場合には、燃料集合体を確実につかんでいないものとして、吊り上げができないようインターロックを設けている。

図 5. 2. 13 燃料つかみ具機構概要

b. ワイヤロープ 2 重化対策

ワイヤロープを 2 重化することで、仮にワイヤロープが 1 本切れた場合でも、残りのワイヤロープで重量物が落下せず、安全に保持できる構造となっている。



主ホイストワイヤロープ外観



ワイヤロープ接続部

図 5.2.14 燃料取替機ワイヤロープ 2 重化構造（6 号炉の例）

c. 速度制限

燃料取替機は、操作員からの入力指示に従い、計算機システムより駆動制御装置に運転指令を与え、一連の燃料取替作業、RIP 取扱作業の一部を自動的に行える機能を有しており、この駆動を制御するための駆動制御装置及び駆動制御装置に指令を与える判断装置としての計算機システムにより、速度制限を行い、誤操作等による吊荷の振れを抑制し、吊荷の落下を防止している。

具体的には、運転員の入力指示に従い、計算機が安全な移送ルート、及び速度パターンを決定し、運転指令信号を出力することで、ブリッジ等を駆動し、速度制限による運転が行われる。

この他、手動による操作も可能であり、本操作時においても運転速度は制限され、誤操作等による吊荷の振れを抑制し、吊荷の落下を防止している。

各運転操作における運転速度は以下に示す通りとなる。

表 5.2.1 運転速度（6号炉の例）

単位：m/min

運転モード	速度設定	ブリッジ	トロリ	主ホイス	RIP用ホイス
自動 半自動 手動	高速 1				
	高速 2				
	低速				
	微速				

※1 自動／半自動時のみ

※2 補助ホイスについては、ペンダントにより、高速（ m/min），低速（ m/min）の選択が可能。但し、高速選択時においても起動時の3秒は衝撃緩和のため低速となる。

d. 過巻防止

主ホイス、補助ホイス及びRIP用ホイス巻上装置には、過度の巻上げが発生すると巻上げ動作を自動停止させるために、過巻防止装置（リミットスイッチ）を設けており、過巻による吊荷の落下を防止している。

(2) 原子炉建屋クレーン

使用済燃料貯蔵プール上において、原子炉建屋クレーンで扱う吊荷の作業を行う際に、使用済燃料貯蔵プール内に吊荷が落下するのを防止する対策を以下に示す。

a. 駆動電源の喪失対策

原子炉建屋クレーンは、動力源喪失時にて自動的にブレーキがかかる機能を有している。この機能については、定期事業者検査にて健全性を確認しており、検査手順は以下の通りである。

(a) 検査方法【駆動用電源喪失】

- i. 原子炉建屋クレーンで燃料相当の模擬荷重を吊り、巻下げ動作中、動力源を喪失させ模擬荷重が保持されていることを確認する。
- ii. 原子炉建屋クレーンの動力源が喪失した場合においても、模擬荷重が保持されていることを確認する。

※非励磁時のブレーキ機能について

- ① 制御電源が落ち、電磁石コイルが非励磁となると、バネ(赤塗り部)の力によりブレーキドラム(黄色部)をブレーキライニング(青部)が挟み込み、強力な制動力を発生する。

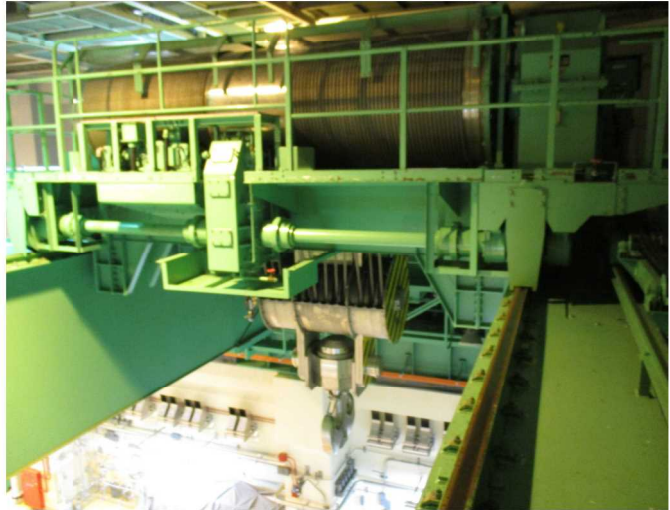
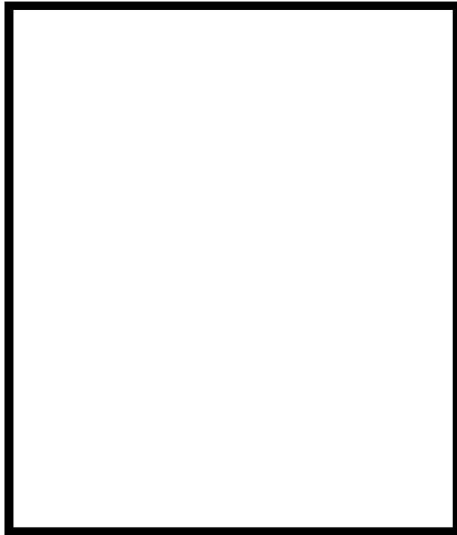


図 5. 2. 15 直流電磁ブレーキ構造 (6 号炉の例)

b. ワイヤロープ2重化対策及びフックの外れ止め金具

ワイヤロープを2重化することで、仮にワイヤロープが1本切れた場合でも、残りのワイヤロープで重量物が落下せず、安全に保持できる構造となっている。

また、フックには、外れ止め金具が装備されており、フックとワイヤロープが外れて重量物が落下しない設計となっている。



二重ドラム方式の巻上げ機



主巻フック構造

図 5. 2. 16 ワイヤロープ2重化構造及び主巻フック構造（6号炉の例）

c. 速度制限

原子炉建屋クレーンは、運転室からの操作と無線操作による運転が可能であり、運転室で操作する場合は、ステップレスな速度制御運転が可能であり、無線操作による運転では、高速、中速、低速の3段階速度で運転が可能である。

各運転操作における運転速度は以下に示す通りとなる。（6号炉の例）

表 5.2.2 運転速度

単位：m/min

運転操作	運転室操作		無線操作		
	ステップレス	1 速	1 速	2 速	3 速
主巻上					
補巻上					
横 行					
走 行					
補助ホイスト巻上					
補助ホイスト横行					

注記) ① () 内数値は、無負荷時最高速度

② 補助ホイストは運転室操作及び無線操作において、1 速での運転が可能。

運転操作、無線操作における各設備操作の運転速度制限により、誤操作等による吊荷の振れを抑制し、吊荷の落下を防止している。

d. 過巻防止

主巻上、補巻上、補助ホイスト巻上装置には、過度の巻上げが発生すると巻上げ動作を自動停止させるために、過巻防止装置（リミットスイッチ）を設けており、過巻による吊荷の落下を防止している。



図 5.2.17 過巻防止用リミットスイッチ
(主巻, 補巻上装置) (6 号炉の例)

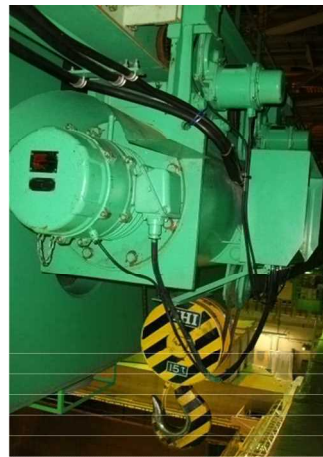


図 5.2.18 過巻防止用リミットスイッチ
(補助ホイスト巻上装置)
(6 号炉の例)

5.2.3 運用による落下防止対策

(1) 法令点検等による落下防止措置

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。原子炉建屋クレーンによる燃料集合体や内挿物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、クレーンや玉掛け用具の故障や不具合によって取扱工具などが使用済燃料貯蔵プールに落下することは防止されている。

また、燃料取替機においても、作業前点検等を実施することにより、原子炉建屋クレーン同様、取扱工具などが使用済燃料貯蔵プールに落下することは防止されている。

クレーン等安全規則（抜粋）

（定期自主検査）

第三十四条 事業者は、クレーンを設置した後、一年以内ごとに一回、定期的に、当該クレーンについて自主検査を行わなければならない。ただし、一年をこえる期間使用しないクレーンの当該使用しない期間においては、この限りでない。

2 事業者は、前項ただし書のクレーンについては、その使用を再び開始する際に、自主検査を行わなければならない。

3 事業者は、前二項の自主検査においては、荷重試験を行わなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当するクレーンについては、この限りでない。

一 当該自主検査を行う日前二月以内に第四十条第一項の規定に基づく荷重試験を行ったクレーン又は当該自主検査を行う日後二月以内にクレーン検査証の有効期間が満了するクレーン

二 発電所、変電所等の場所で荷重試験を行うことが著しく困難なところに設置されており、かつ、所轄労働基準監督署長が荷重試験の必要がないと認めたクレーン

4 前項の荷重試験は、クレーンに定格荷重に相当する荷重の荷をつて、つり上げ、走行、旋回、トロリの横行等の作動を定格速度により行なうものとする。

第三十五条 事業者は、クレーンについて、一月以内ごとに一回、定期的に、次の事項について自主検査を行わなければならない。ただし、一月をこえる期間使用しないクレーンの当該使用しない期間においては、この限りでない。

一 巻過防止装置その他の安全装置、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っては、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付けの状態

2 事業者は、前項ただし書のクレーンについては、その使用を再び開始する際に、同項各号に掲げる事項について自主検査を行わなければならない。

（作業開始前の点検）

第三十六条 事業者は、クレーンを用いて作業を行うときは、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。

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

(作業開始前の点検)

第二百二十条 事業者は、クレーン、移動式クレーン又はデリックの玉掛け用具であるワイヤロープ、つりチェーン、繊維ロープ、繊維ベルト又はフック、シヤツクル、リング等の金具（以下この条において「ワイヤロープ等」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ロープ等の異常の有無について点検を行なわなければならない。

- 2 事業者は、前項の点検を行なった場合において、異常を認めたときは、直ちに補修しなければならない。

(就業制限)

第二百二十一条 事業者は、令第二十条第十六号に掲げる業務※（制限荷重が一トン以上の揚貨装置の玉掛けの業務を除く。）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。

- 一 玉掛け技能講習を修了した者
- 二 職業能力開発促進法（昭和四十四年法律第六十四号。以下「能開法」という。）第二十七条第一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（昭和四十四年労働省令第二十四号。以下「能開法規則」という。）別表第四の訓練科の欄に掲げる玉掛け科の訓練（通信の方法によって行うものを除く。）を修了した者
- 三 その他厚生労働大臣が定める者

※令第二十条第十六号に掲げる業務とは、つり上げ荷重が一トン以上のクレーンの玉掛けの業務が含まれる。

(2) 吊荷取扱設備の待機場所等による落下防止措置

燃料取替機及び原子炉建屋クレーンは、通常時、使用済燃料貯蔵プール上への待機配置を行わないこととし、使用済燃料プール上に落下することを防止する。また、原子炉建屋クレーンを使用した吊荷作業時においては、可動範囲を制限することにより、吊荷等が使用済燃料貯蔵プールに落下することを防止する。

別紙3に、燃料取替機及び原子炉建屋クレーンにおける待機場所等について示す。

(3) 異物混入防止対策による落下防止措置

使用済燃料貯蔵プールは、異物混入防止エリアを設置することで、異物混入による使用済燃料貯蔵プールの損傷を未然に防止することとしている。管理項目として、作業員による当該エリアでの物品の持込み、持出しについては専任監視員による確認等を行い、不要物品等の持込みを制限することで、落下防止対策が図られている。

また、当該エリアの出入口は、原則1箇所とし、管理レベルの向上を図ることとしている。

別紙4に、使用済燃料貯蔵プール周辺における異物混入防止エリアの概要を示す。

6. 重量物の評価結果

(1) 評価結果

使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要な重量物の評価結果について、6号炉の例を表6.1に示す。

表 6.1 使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価が必要な重量物の評価に関する整理表（6号炉の例）

番号	評価フロー-I 抽出した設備等	評価①		評価フロー-II 評価②			選定 結果	評価フロー-III 評価③				選定 [※] 結果	落下時の 影響評価
		配置	重量	高さ	評価②	a. 位置による設備等の状態 対象①		b. 吊钩取扱装置の状態等 対象②	c. 吊钩取扱装置の取組作業 対象④	d. 吊钩取扱装置の待機位置等 対象⑤			
1	原子炉建屋	×	特定不可	～約50m	○ 耐震評価	—	×	—	—	—	—	○	不要
2	燃料取扱機	×	約47000kg	約13m	○ 耐震評価	—	×	○ 点検	—	有資格者作業	使用済燃料貯蔵プール外	○	不要
3	原子炉建屋クレーン	×	約320t	約20m	○ 耐震評価	—	×	○ 点検	—	有資格者作業	使用済燃料貯蔵プール外 可動範囲制限	○	不要
4	その他クレーン類	×	約1100kg	約12m	○ 耐震評価	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
5	RCGV(取扱具含む)	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	不要
6	RPV(取扱具含む)	×	約2920kg	約20m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
7	内構物(取扱具含む)	×	約860kg	約21m	○ 耐震評価	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
8	プール内ラック類	×	約700kg	約4m	○ 耐震評価	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
9	プールゲート類	×	約5600kg	約13m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
10	キャスク(取扱具含む)	×	約121000kg	約16m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
11	電源盤類	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	不要
12	フェンス・ラダー類	×	約200kg	約13m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
13	装置類	×	約2200kg	約19m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
14	作業機材類(収納箱含む)	×	約30kg	約12m	—	—	○	—	—	—	—	—	不要
15	計器・カメラ・通信機器類	×	<100kg	約12m	—	—	○	—	—	—	—	—	不要
16	試験・検査用機材類	×	約1500kg	約12m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
17	コンクリートブラグ・ハッチ類	×	約10100kg	約19m	—	ワイヤロープ二重 化、フェイルセー フ機構	×	○ 点検	速度制限、過巻防 止、フック外れ止め	有資格者作業	—	○	不要
18	空調機	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	不要
19	その他	×	<100kg	約12m	—	—	○	—	—	—	—	—	不要

【凡例の説明】○: カスタップの評価は不要 ×: カスタップの評価が必要 —: 対象外または評価不要

【評価フロー-II による評価基準】

・評価①: 設置状況等により、使用済燃料貯蔵プールの落下が想定されない設備等は「○」、落下が想定される設備等は「×」

・評価②: 構造設計集全体の下下エネルギー=15.504kJ(31.0kg×5.1m×9.80665m/s²)以上の場合は「○」、未満の場合は「×」

・選定結果: 評価①もしくは②が「○」であれば選定結果は「○」、落下時影響評価は「不要」とする。選定結果が「×」の場合は評価フロー-IIIによる評価を実施する。

【評価フロー-III による評価基準】

・評価③: aabcdの落下原因に対して適切な落下防止措置が確認された場合は「○」、それ以外は「×」

・選定結果: aabcdの項目について、すべて「○」であれば評価フロー-IIIによる選定結果は「○」とし、落下時の影響評価は「不要」とする。a,b,c,dの項目の一つでも「×」があれば選定結果を「×」とし、落下時の影響評価を「必要」とする。

※耐震評価による確認をもって、選定結果を「○」とし、落下時の影響評価を「不要」とする。

(2) まとめ

今回新たに追加された重量物落下に関する規制要件への適合状況を確認するため、「2. 使用済燃料貯蔵プールへの落下を検討すべき重量物の抽出」に基づき、落下時影響評価が必要な重量物を選定した。

評価フローⅠ及び評価フローⅡにおいて、使用済燃料貯蔵プールへの落下により使用済燃料貯蔵プールの機能を損なうおそれがある重量物として、原子炉建屋、燃料取替機、原子炉建屋クレーン及び吊荷等の設備を選定した。

評価フローⅢにおいて、設備構造上の落下防止措置の確認及び運用状況の確認を実施し、落下防止対策が適切に実施されていることを確認した。また、耐震評価による確認として、基準地震動 S_s に対して落下防止のために必要な強度を有していることを確認し、地震時においても使用済燃料貯蔵プールに落下する恐れがないことを確認する。

以上のことから、今回新たに追加された重量物落下に関する規制要件について、適合性を示すことが可能である。

今回抽出した設備等以外の設備等で、今後、使用済燃料貯蔵プール周辺に設置する、または取扱う設備等については、本評価フローの考え方にに基づき、使用済燃料貯蔵プールへの落下時影響評価の要否判定を行い、評価が必要となったものに対しては落下時影響評価を行い、必要に応じて適切な落下防止対策を実施する。

燃料集合体落下時の使用済燃料貯蔵プールライニングの健全性について

燃料の貯蔵設備については、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」の指針 49 に以下の記載がある。

指針 49. 燃料の貯蔵設備及び取扱設備

- | |
|--|
| <p>2. 使用済燃料の貯蔵設備及び取扱設備は、前項の各号に掲げる事項のほか、次の各号に掲げる事項を満足する設計であること。</p> <p>(4) 貯蔵設備は、燃料集合体の取扱い中に想定される落下時においても、その安全機能が損なわれるおそれがないこと。</p> |
|--|

使用済燃料貯蔵プールへの燃料集合体落下については、模擬燃料集合体を用いた気中落下試験を実施し、万一の燃料集合体の落下を想定した場合においても、ライニングが健全性を確保することを確認している※¹。

試験結果としては、ライニングの最大減肉量は初期値3.85mmに対して0.7mmであった。また、落下試験後のライニング表面の浸透探傷試験の結果は、割れ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。

※ 1 「沸騰水型原子力発電所 燃料集合体落下時の燃料プールライニングの健全性について」 (HLR-050)

図1は、気中による模擬燃料集合体の落下試験の方法を示したものである。

水中の燃料集合体重量（内挿物を含む）は、本試験で使用した模擬燃料集合体の重量未満であり、燃料集合体の高さについても、本試験の落下高さ未満となっている。また、燃料集合体の落下時は、水の抵抗による減速効果が期待できることから、この試験は保守的な評価結果となっている。

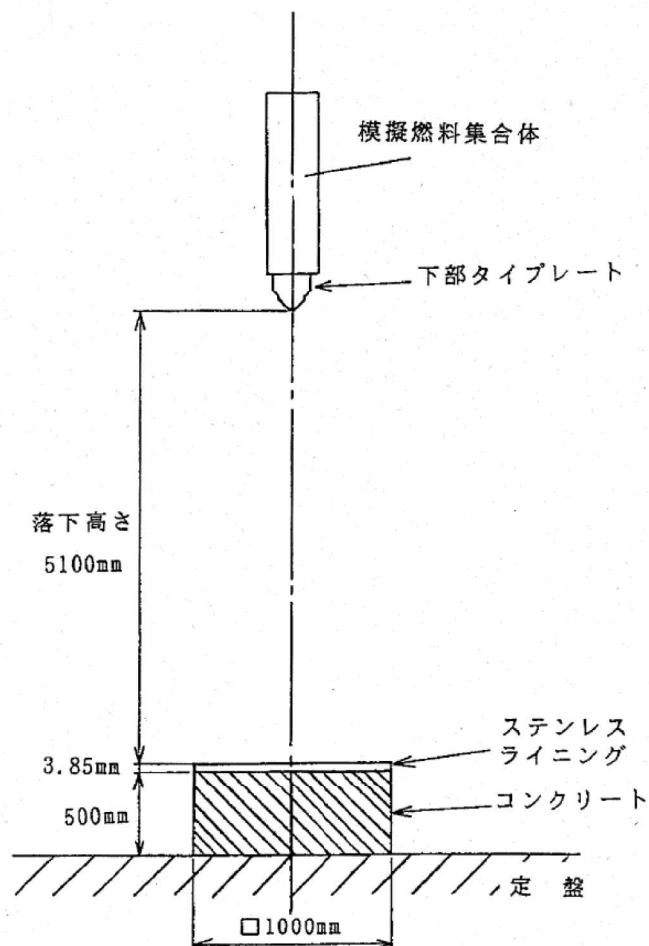


図1 模擬燃料集合体落下試験方法

図1に示す落下試験における模擬燃料集合体質量は、燃料チャンネルボックスを含めた状態で310kgと保守的^{※2}であり、燃料落下高さは燃料取替機による燃料移送高さを考慮し、5.1mと安全側である。

※2 柏崎刈羽6号及び7号炉にて取り扱っている燃料集合体質量（燃料チャンネルボックス含む）は、310kg未満である。

使用済燃料貯蔵プールと運転床面上設備等との離隔概要について

評価フローⅡにおける「設置状況による選定」にて「検討不要」とした各項目の設備等については、使用済燃料貯蔵プール手摺り外側にて設置，保管及び取扱う設備等であり，使用済燃料貯蔵プールと離隔距離を確保し，使用済燃料貯蔵プールへ落下するおそれはない。

また，分電盤，制御盤等については，離隔距離を確保し配置されていることに加え，床や壁面にボルト等にて固定または固縛されている設備等であることから，使用済燃料貯蔵プールへ落下することはない。

表 1 に，評価フローⅡにおける「設置状況による選定」にて検討不要とした設備等の落下防止分類を示し，図 1 にこれら設備等と使用済燃料貯蔵プールとの配置関係を示す。

表 1．評価フローⅡにおける「設置状況による選定」にて検討不要とした設備等の落下防止分類（6 号炉の例）

抽出項目	No.	詳細	落下防止分類
RCCV（取扱具含む）	1	RCCVヘッド（ボルト含む）	①
	2	RCCV M/I 吊り具	①
電源盤類	3	照明用トランス	①，②
	4	照明用分電盤	①，②
	5	燃料チャンネル着脱機制御盤	①，②
	6	燃料プール状態表示盤	①，②
	7	作業用電源箱	①，②
	8	使用済燃料貯蔵プール温度中継端子箱	①，②
	9	機器搬出入口ハッチカバー用制御盤	①，②
	10	機器搬出入口ハッチカバー用ジブクレーン 作業電源箱	①，②
	11	無線通信設備補助増幅器	①，②
	12	RPVヘッド自動着脱機電源箱	①，②
	13	原子炉建屋クレーン電源現場操作箱	①，②
	14	燃料取替機制御室空調機現場盤	①，②
	15	RIP検査水槽用制御盤	①，②
	16	インペラ・シャフト検査装置制御盤	①，②
空調機	17	燃料取替機制御室空調機	①，②

【落下防止分類】

- ① 使用済燃料貯蔵プール手摺り外側にて設置，保管及び取扱い
- ② 床または壁面への固定

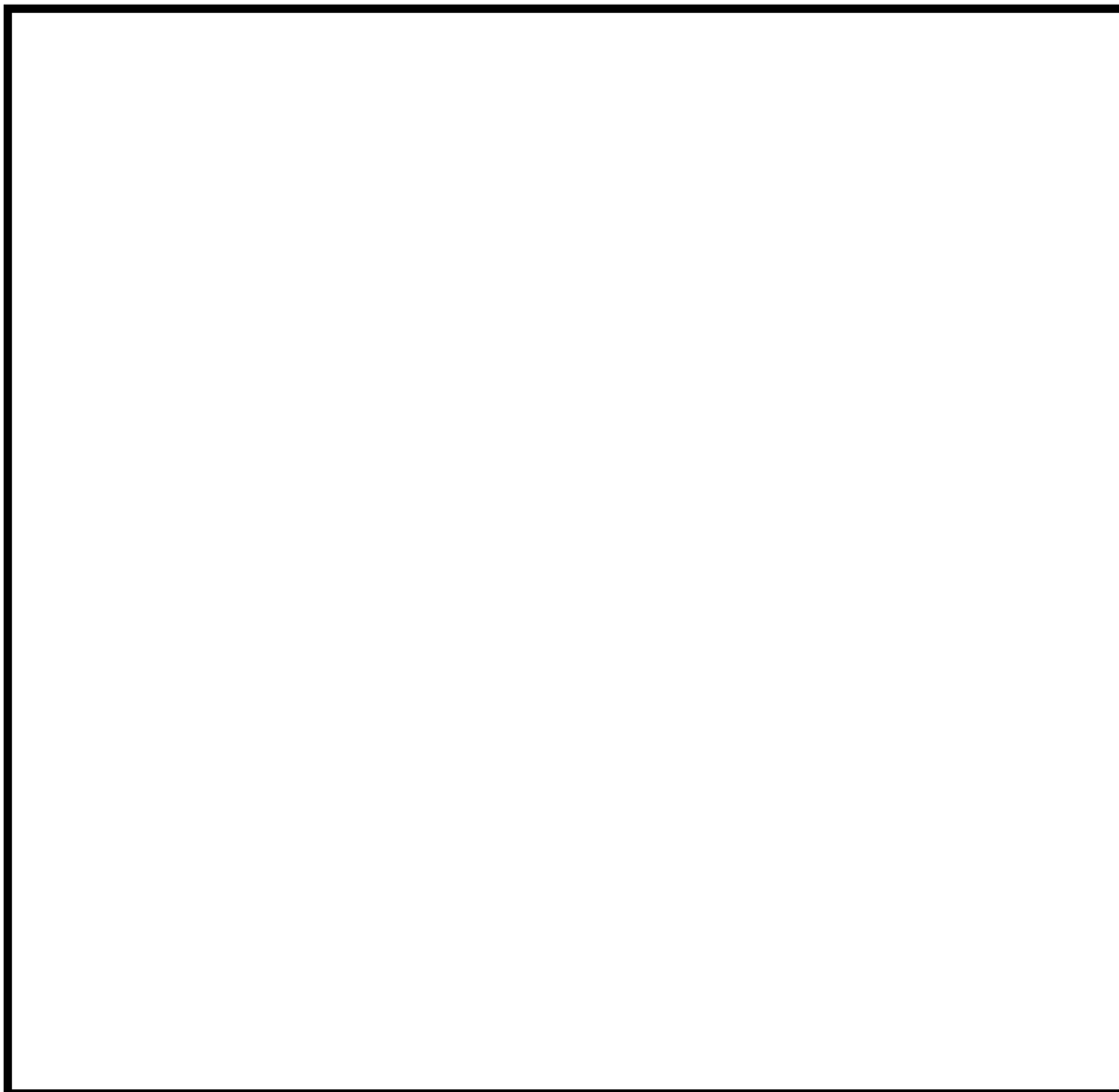


図1 使用済燃料貯蔵プールと周辺設備の配置図（6号炉の例）



ロープによる固縛



ボルトによる壁面固定

燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所等について

燃料取替機及び原子炉建屋クレーンは、通常時、使用済燃料貯蔵プール上へ待機配置しない運用とすることで、使用済燃料貯蔵プールへの落下は防止される。

また、原子炉建屋クレーンについては、使用済燃料貯蔵プール上を重量物等が走行できないように可動範囲を制限するインターロックを設けている。

以下に、柏崎刈羽 6 号及び 7 号炉における燃料取替機の通常時待機範囲、原子炉建屋クレーンの通常時待機範囲及び重量物移送範囲を示す。

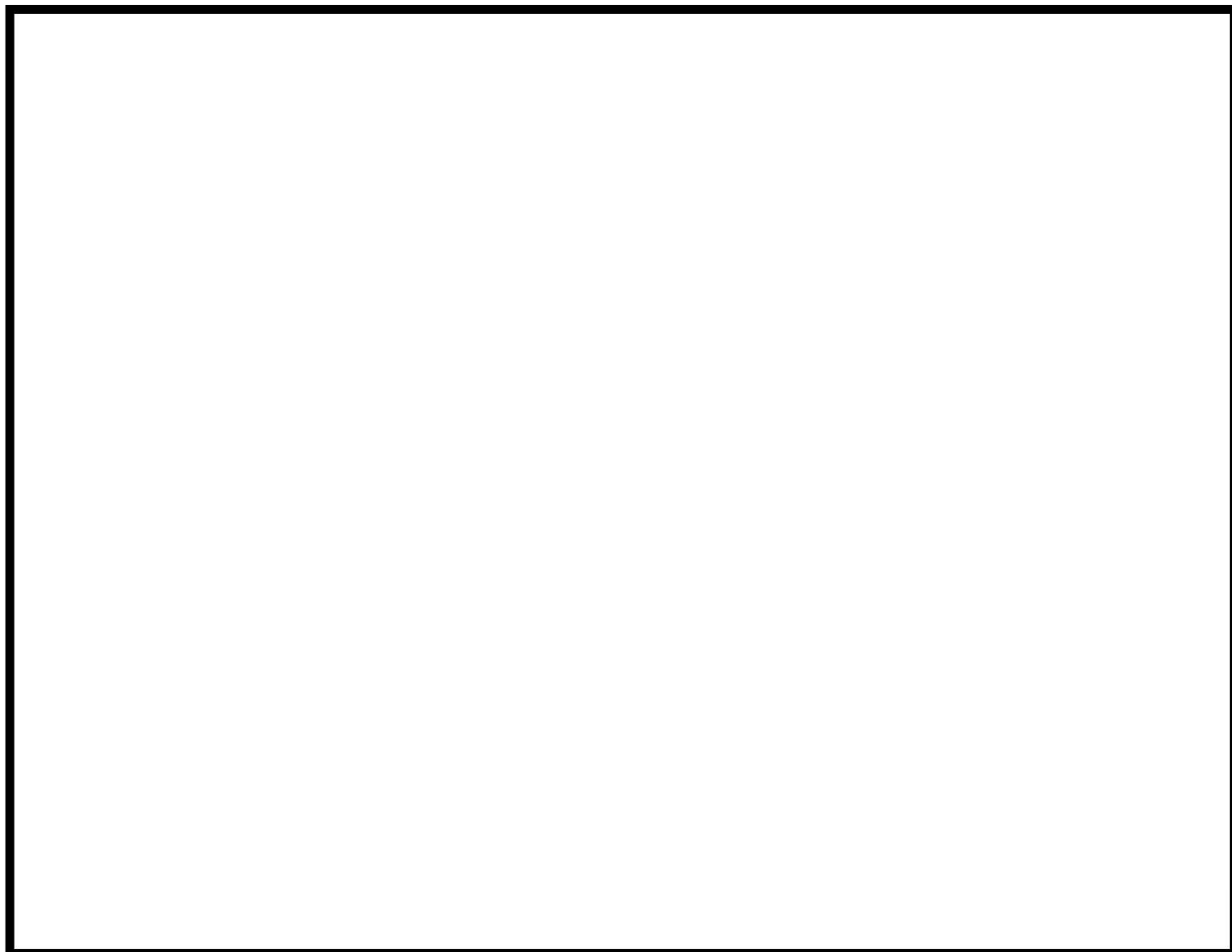


図 1 燃料取替機 待機範囲（6 号炉）

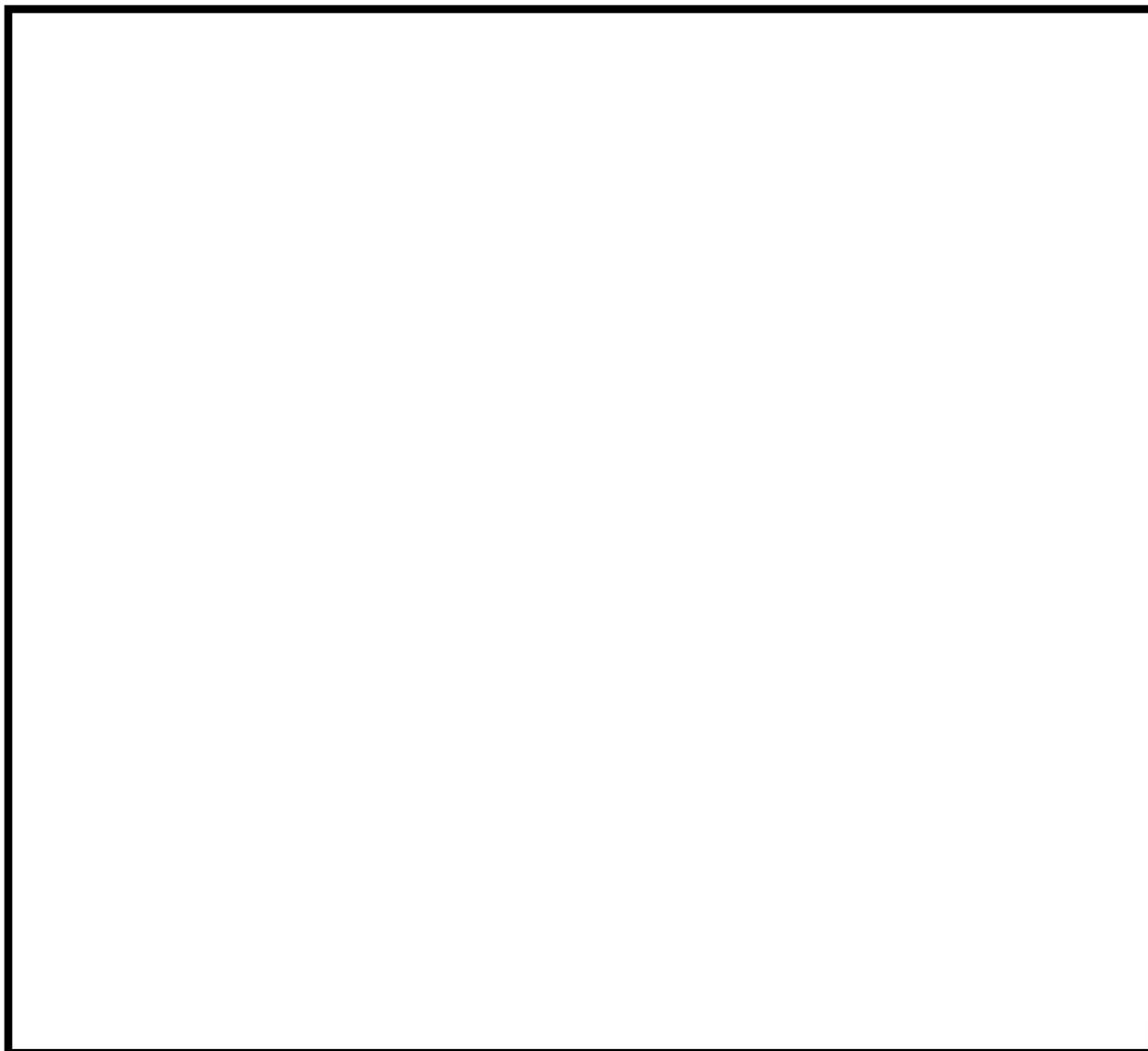


図 2 燃料取替機 待機範囲（7 号炉）



図3 原子炉建屋クレーン待機範囲及びインターロックによる
重量物移送範囲（6号炉）

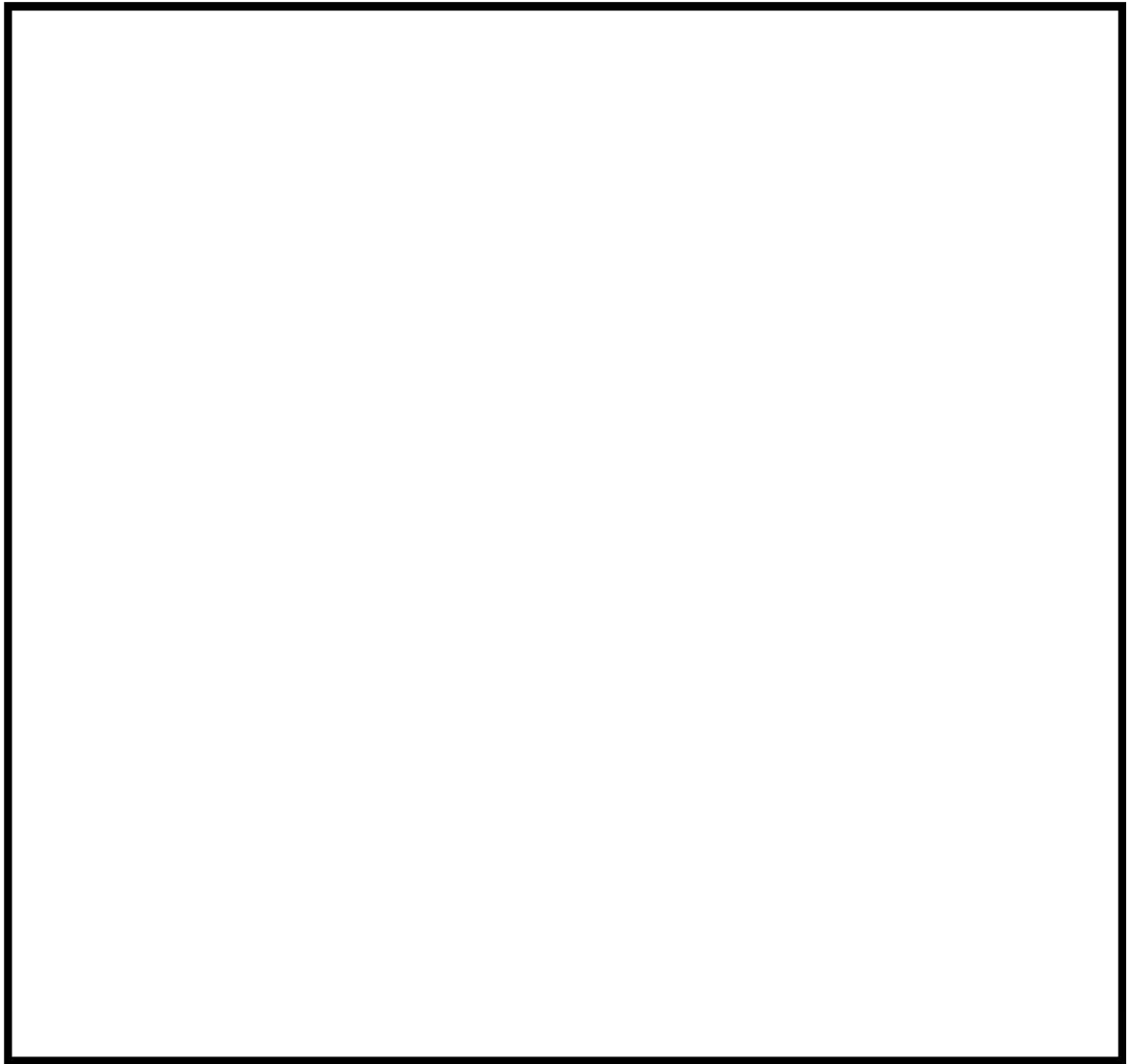


図4 原子炉建屋クレーン待機範囲及びインターロックによる
重量物移送範囲（7号炉）

原子炉建屋クレーン走行レールは図3，4に示す通り，原子炉建屋運転床面全域を走行できるよう敷設されているが，重量物移送を行う際には，重量物が使用済燃料貯蔵プール上を通過しないよう，インターロックを設けており，使用済燃料貯蔵プールへの重量物落下を防止している。

使用済燃料貯蔵プール周辺における異物混入防止エリアについて

柏崎刈羽 6 号及び 7 号炉における使用済燃料貯蔵プール周りは、図 1 に示す通り、定検中及び運転中において、異物混入防止エリアを設定し、異物等の持ち込みを制限することで、使用済燃料貯蔵プールへの異物混入による損傷を未然に防止している。

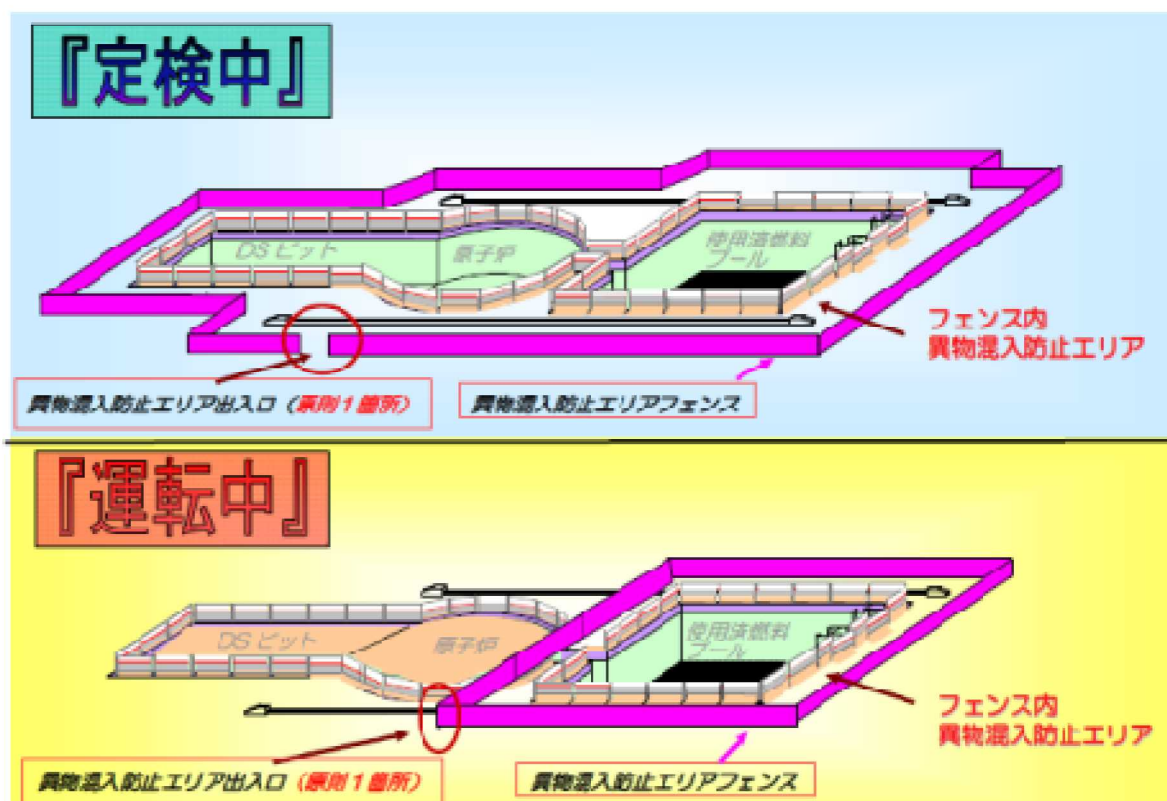


図 1 原子炉建屋運転床面 異物混入防止エリア設置概要（定検中・運転中）

燃料取替機 主ホイス（ワイヤロープ、グラップルヘッド、ブレーキ）の
健全性評価について

1. 評価方法

吊荷位置（上限～下端）でワイヤロープの固有周期が変動するため、ワイヤロープの固有周期帯より、最も大きな震度を床応答スペクトルから算出し、各部に作用する荷重を算出する。当該算出荷重により、各部の強度評価を行う。

2. 評価条件

評価用地震動：基準地震動 S_s

方向：鉛直

吊荷重量：定格荷重

吊荷位置：上下方向床応答スペクトルとワイヤロープの固有周期を考慮した位置

3. 評価結果

燃料取替機 主ホイス（ワイヤロープ、グラップルヘッド、ブレーキ）の健全性評価結果の裕度整理表について表 1，2 に示す。

表 1 取替機 主ホイス各部 裕度整理表（6 号炉）

設備	部位		裕度	判定基準値
燃料取替機	ワイヤロープ			
	グラップルヘッド	フック		
		シャフト		
	ブレーキ			

※本評価結果は、静的荷重によるものであり、地震動による吊荷の衝撃荷重等は考慮していない。

表 2 取替機 主ホイス各部 裕度整理表（7 号炉）

設備	部位		裕度	判定基準値
燃料取替機	ワイヤロープ			
	グラップルヘッド	フック		
		シャフト		
	ブレーキ			

※本評価結果は、静的荷重によるものであり、地震動による吊荷の衝撃荷重等は考慮していない。

原子炉建屋クレーン 主巻（ワイヤロープ、フック、ブレーキ）の
健全性評価について

1. 評価方法

原子炉建屋クレーン本体評価モデルをベースとし，ワイヤ部に非線形ばね要素を設定した時刻歴解析を実施し，全時刻での発生荷重の最大値から，クレーン吊具各部の強度評価を実施する。

2. 評価条件

評価用地震動：基準地震動 S_s

方向：水平、鉛直

吊荷重量：定格荷重

吊荷位置：上端

トロリ位置：ブリッジ中央

3. 評価結果

原子炉建屋クレーン 主巻（ワイヤロープ、フック、ブレーキ）の健全性評価結果の裕度整理表について表 1，2 に示す。

表 1 原子炉建屋クレーン 主巻各部 裕度整理表（6 号炉）

設備	部位	裕度	判定基準値
原子炉建屋クレーン	ワイヤロープ		
	フック		
	ブレーキ		

※ブレーキについて，制動力を上回る負荷トルクが発生し，スリップすることが考えられるが，地震による加速度は交番加速度であり，スリップは一時的なものと考えられ，大きく落下することはない。

表 2 原子炉建屋クレーン 主巻各部 裕度整理表（7 号炉）

設備	部位	裕度	判定基準値
原子炉建屋クレーン	ワイヤロープ		
	フック		
	ブレーキ		

燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの落下防止対策

○燃料取替機

燃料取替機は，走行，横行レールからの浮上りによる脱線を防止するため，脱線防止装置を設置しており，脱線防止装置は，レールの頭部を脱線防止装置にて抱き込む構造であり，燃料取替機の浮上りにより走行，横行レールより脱線しない構造としている。

なお，各レールにはレール走行方向に対する脱線を防止するため，ストoppaが設置されているが，地震時等に走行，横行レール上を燃料取替機，トロリが滑り，仮に本ストoppaが損傷したとしても，走行レールについては建屋壁面との離隔距離より，燃料取替機がレールから脱線するおそれ無く，横行レールについては，ブリッジ上部にレールが敷設されており，トロリが脱線したとしても走行レール外側（使用済燃料貯蔵プールエリア外）へ脱線することから，使用済燃料貯蔵プールに落下することはない。



図 1 燃料取替機走行レールと壁面距離（6号炉）



図 2 燃料取替機走行レールと壁面距離（7号炉）

○原子炉建屋クレーン

原子炉建屋クレーンは、走行、横行レールからの浮上りによる脱線を防止するため、脱線防止装置を設置しており、脱線防止装置は、ランウェイガード当り面、横行レールに対し、浮上り代を設けた構造であり、クレーンの浮上りにより走行、横行レールより脱線しない構造としている。

なお、各レールにはレール走行方向に対する脱線を防止するため、ストoppaが設置されているが、地震時等に走行、横行レール上を原子炉建屋クレーン、トロリが滑り、仮に本ストoppaが損傷したとしても、各レールと建屋壁面との離隔距離より、原子炉建屋クレーン、トロリがレールから脱線するおそれは無く、使用済燃料貯蔵プールに落下することはない。



図3 原子炉建屋クレーン走行、横行レールと壁面距離（6号炉）



図4 原子炉建屋クレーン走行、横行レールと壁面距離（7号炉）

過去不具合事象に対する対応状況について

1. 女川原子力発電所 1 号炉及び福島第二原子力発電所 3 号炉 原子炉建屋天井クレーン走行部損傷事象について

1. 1 事象概要

女川原子力発電所 1 号炉の原子炉建屋天井クレーンについて、平成 23 年 9 月 12 日に東北地方太平洋沖地震後の走行確認を実施していたところ、異音が確認された。その後の詳細点検において、走行部内部の軸受が損傷していることが確認された（図 1 参照）。原因調査の結果、事象の原因は以下のとおりであった。

- ・東北地方太平洋沖地震に伴う軸方向の地震荷重により軸受つば部が損傷した。
- ・損傷したつば部の破片が、軸受コロに挟まれ、その後の当該クレーンの異音調査のための走行に伴い、軸受の損傷が拡大した。

また、本事象の再発防止対策として女川原子力発電所 1 号炉では、当該走行部を含む全ての走行部について、軸方向の荷重影響を受けにくい軸受を採用した新品の走行部に交換している（図 2 参照）。

なお、東北地方太平洋沖地震に伴う類似の事象は福島第二原子力発電所 3 号炉においても確認されている（図 3 参照）。

1. 2 柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉への水平展開の必要性について

以下の観点から、本事象の柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉への水平展開は不要と判断している。

- ・本事象は、原子炉建屋天井クレーン走行部の軸受の一部が損傷していたものであるが、仮に全ての走行部軸受が機能喪失したとしても、柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の原子炉建屋クレーンがランウェイ上から落下することはないと考えられる。
- ・柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の原子炉建屋クレーン走行部の軸受については、月次点検や年次点検時に行う走行確認で異常を検知することが可能であり、異常が検知された場合に当該部を交換することで復旧可能である。

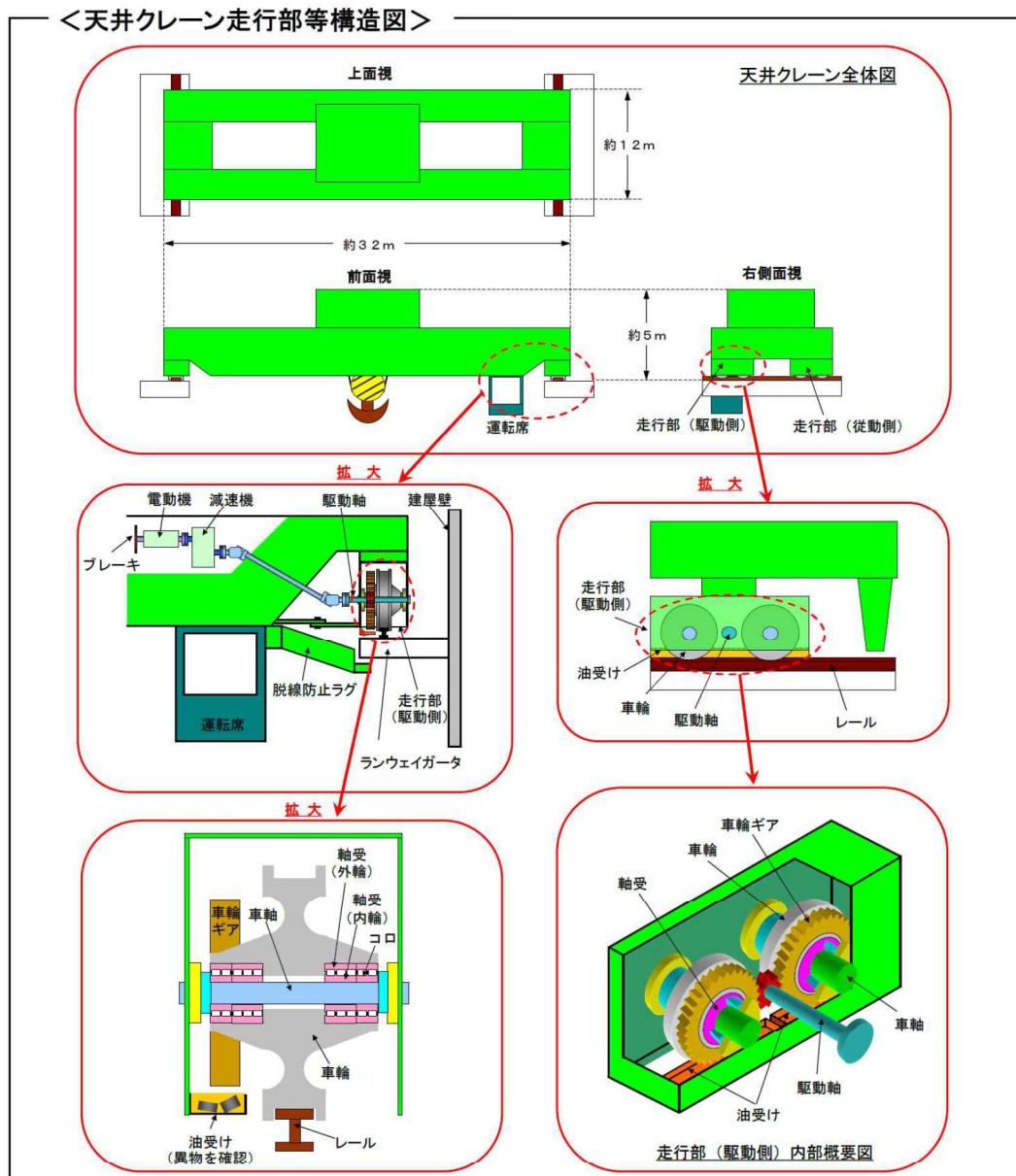


図1 女川原子力発電所1号炉 原子炉建屋天井クレーン走行部等構造図
（平成25年11月21日 東北電力プレス資料より抜粋）

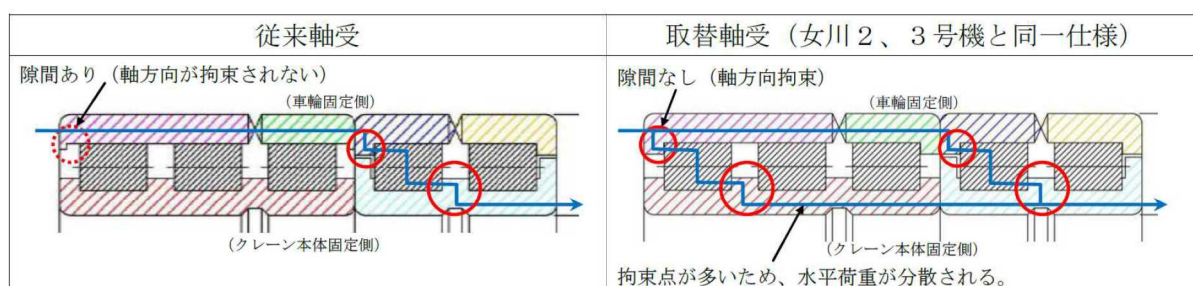


図2 女川原子力発電所1号炉 従来軸受と取替軸受の比較
（平成25年11月21日 東北電力プレス資料より抜粋）

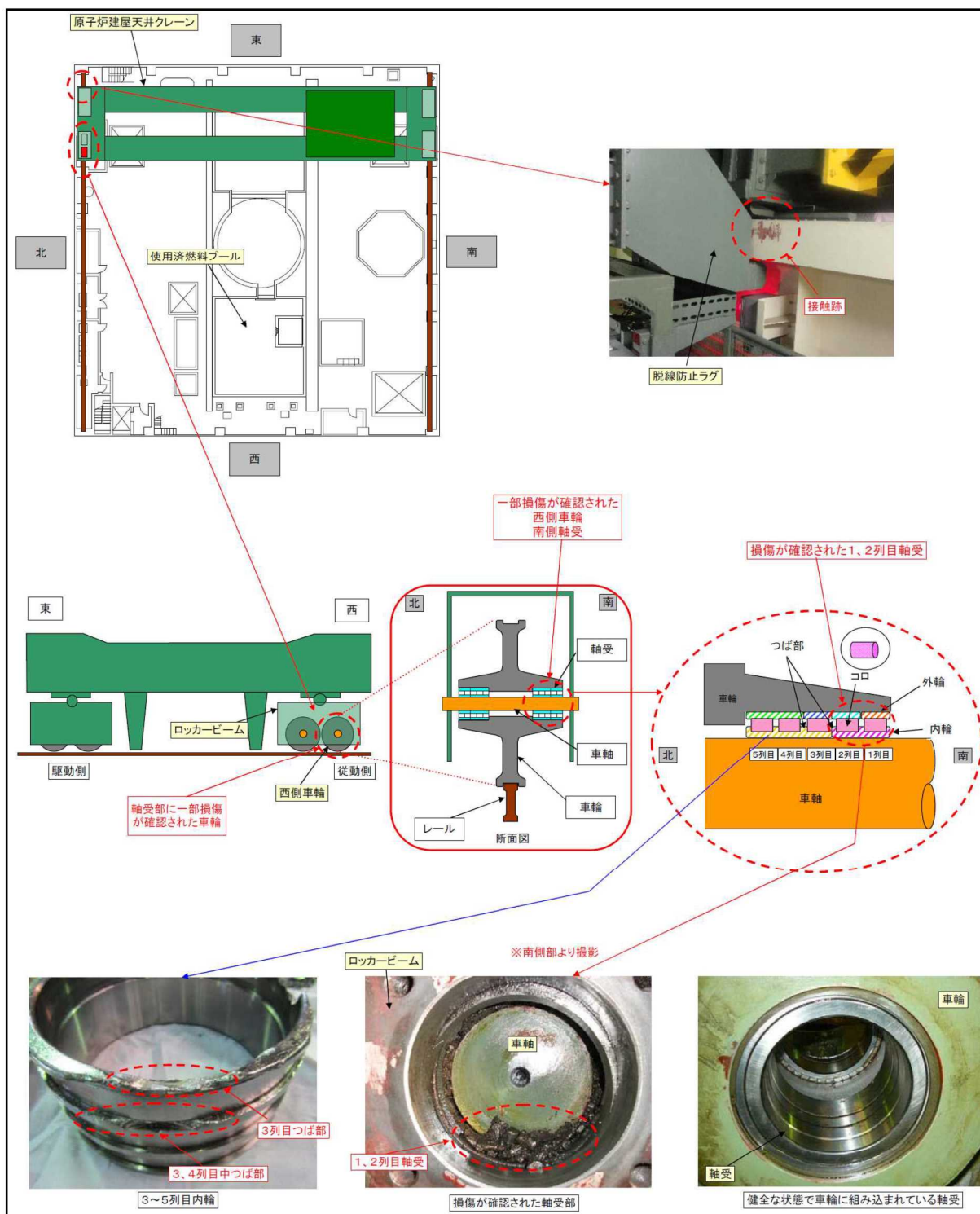


図3 福島第二原子力発電所3号炉 原子炉建屋クレーンの損傷状況について
(平成25年12月25日 東京電力プレス資料より抜粋)

2. 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉 原子炉建屋クレーン走行伝動用継手部の破損事象について

2. 1 事象概要

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉の原子炉建屋クレーンについて、平成 19 年 7 月 24 日に新潟県中越沖地震後の設備点検を実施していたところ、走行伝動用継手（以下、ユニバーサルジョイントという。）が南側走行装置と北側走行装置の両側で破損していることを確認した（図 4 参照）。原因調査の結果、事象の原因は以下のとおりであった。

- ・地震発生時、原子炉建屋クレーンは停止している状態であり、走行車輪はブレーキ（電動機側に設置されている）が掛かっている状態であった。
- ・地震動により強制的にクレーン走行方向の力が発生し、走行車輪に回転しようとする力が作用したが、電動機側の回転を阻止する力（ブレーキ）の相反する作用により、走行車輪と電動機をつなぐユニバーサルジョイントに過大なトルクが発生し、破損に至った。

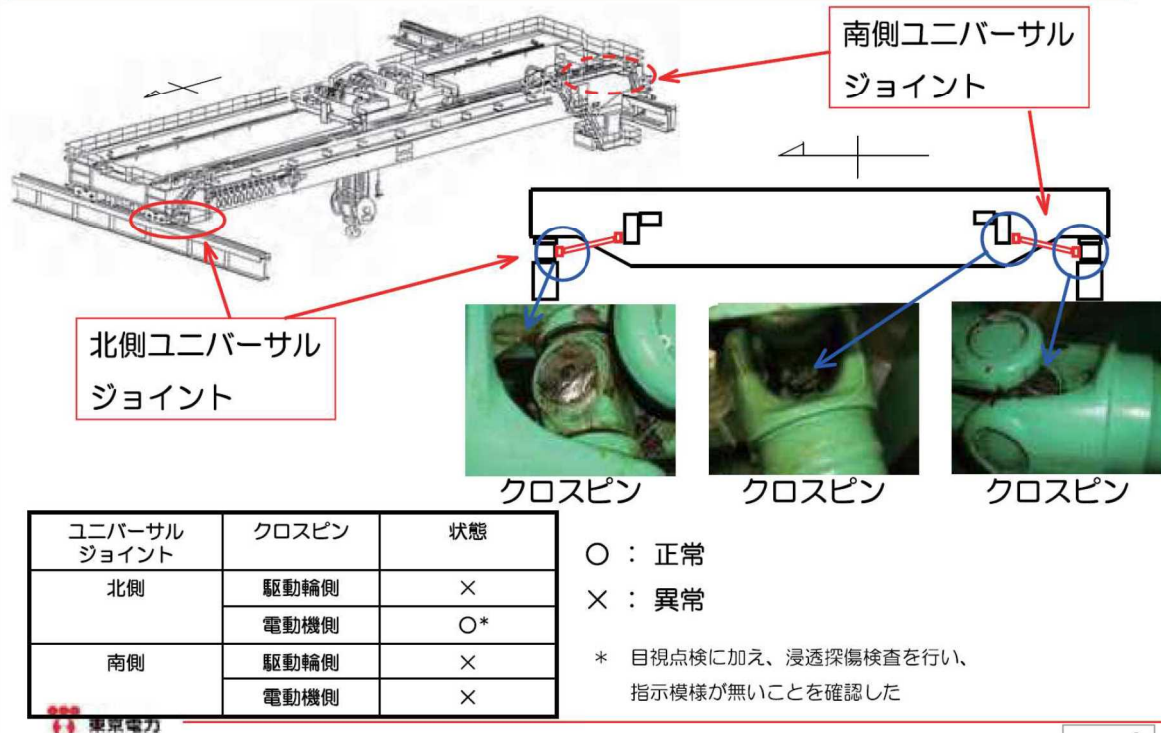
2. 2 柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉の再発防止対策及び 7 号炉への水平展開の必要性について

本事象の再発防止対策については、以下の観点から不要と考えられるものの、クレーンの早期復旧を目的に、現在ではユニバーサルジョイント一式の予備品を保有しておくこととしている。

- ・ユニバーサルジョイントはクレーンの走行機能を担うものであり、当該部品が破損しても、原子炉建屋クレーンがランウェイ上から落下することはないと考えられる。
- ・当該部が損傷することで、発生応力が緩和され減速機や電動機等の重要部品の損傷が回避された側面がある。

なお、設備構造上の違いから 7 号炉の原子炉建屋クレーンはユニバーサルジョイントを使用していないため、上記観点も考慮し、水平展開は不要と判断している。

事象の概要（１）



事象の概要（２）

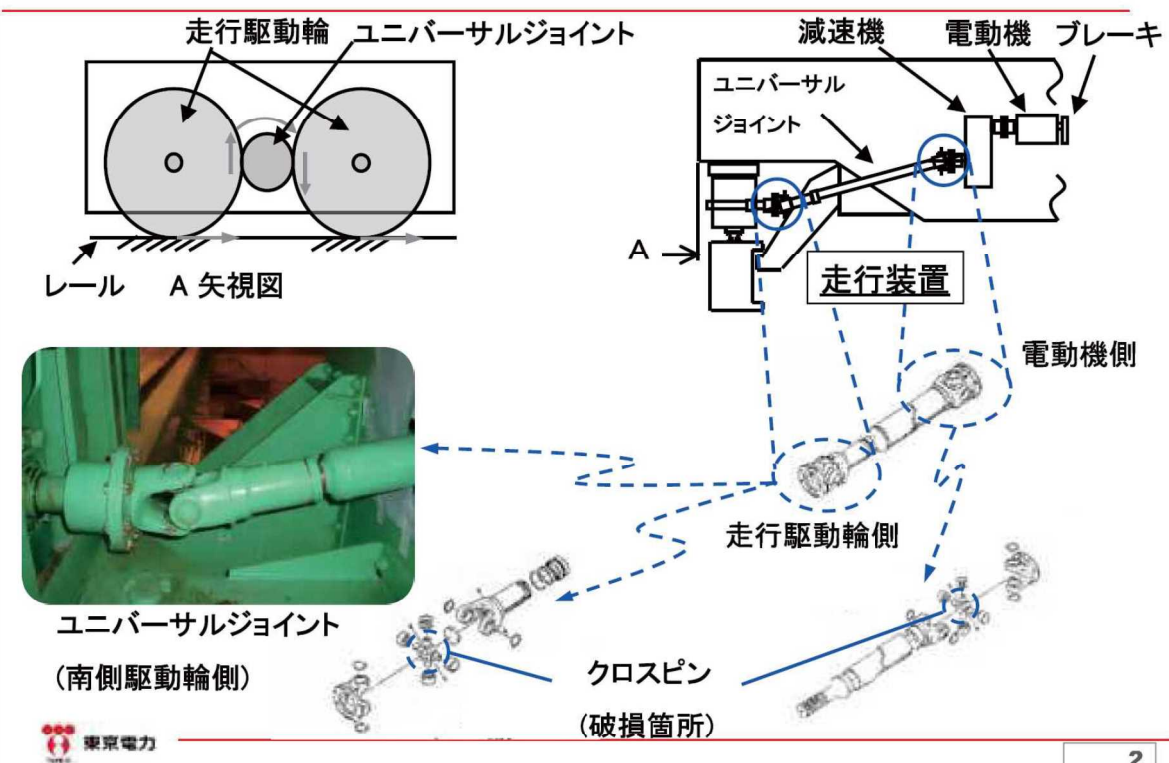


図４ 柏崎刈羽原子力発電所６号炉 原子炉建屋クレーンの損傷状況について
(平成２０年９月２５日 東京電力プレス資料より抜粋)

3. その他不具合事象に対する対応状況について

原子炉建屋クレーンに限らず，社外で発生した不具合事象については，海外情報を含め，WANO，原子力安全推進協会，BWR 事業者協会等を通じて情報を収集している。入手した情報については，社内要領に従い，社内検討会にてスクリーニングを行い，対応が必要と判断された案件については，当社における現状調査や予防処置の検討を実施することとしている。不具合情報の処理フローについて図5に示す。

処理方法の詳細については以下の通り。（下記番号とフロー図内の番号が対応）

- ① 原子力安全・統括部は入手した海外情報について、データベースに登録する。
- ② 原子力安全・統括部は本社主管部並びに各発電所と共に登録された情報についてスクリーニングを実施する。
- ③ 原子力安全・統括部はスクリーニング結果についてデータベースに登録し、原子力安全・統括部長の承認を得る。
- ④ 原子力安全・統括部は検討要と判断された情報について、本社不適合管理委員会に諮り、その後の対応方針について協議する。
- ⑤ 本社主管部は予防処置を検討の上、影響評価書を作成し、不適合管理委員会の確認を得る。
- ⑥ 予防処置実施箇所は予防処置を実施し完了したものについて不適合報告書を作成し、不適合管理委員会に報告する。
- ⑦ 原子力安全・統括部は予防処置が完了したことを確認しデータベースに完了登録する。

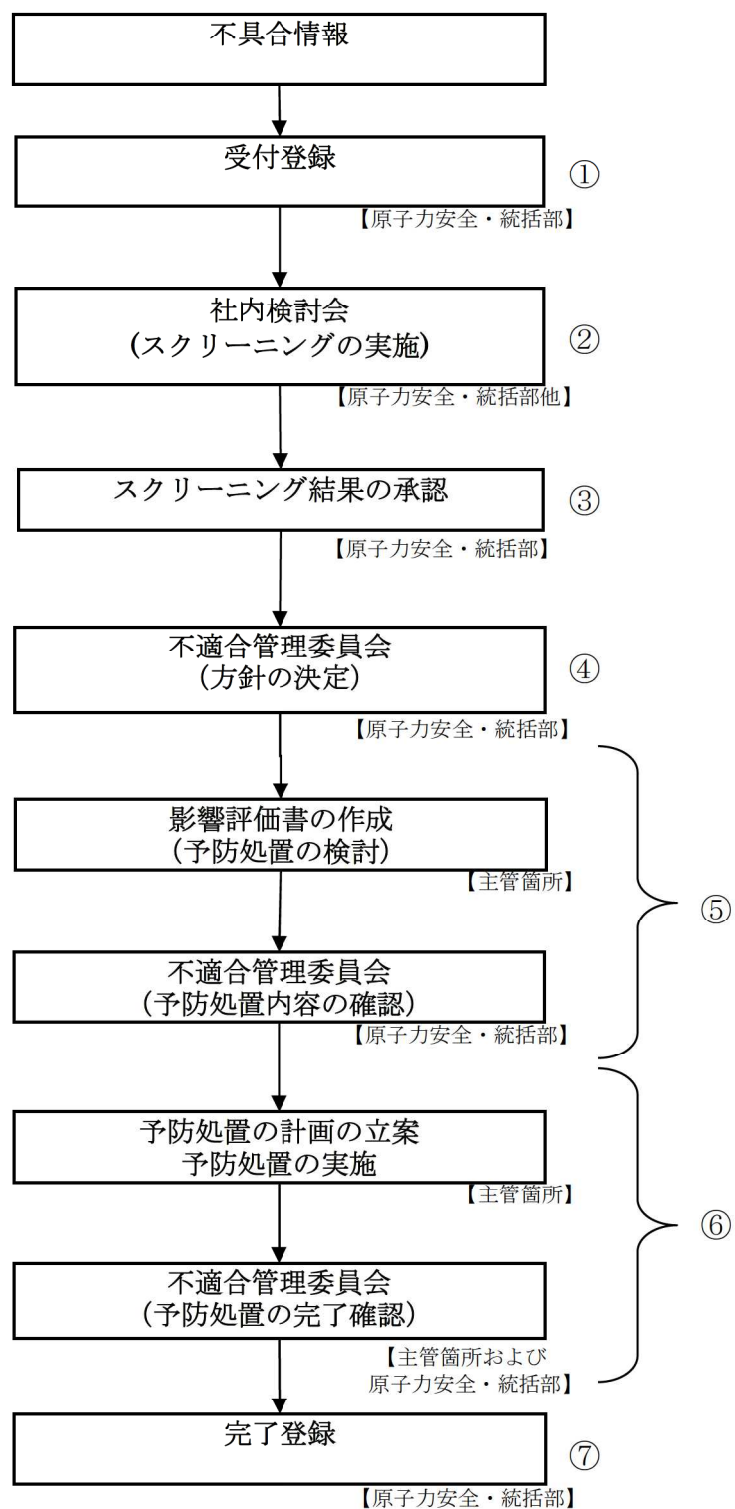


図5 不具合情報の処理フロー

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉

使用済燃料貯蔵プール監視設備について

目 次

1. 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）
 - 1.1 概要
 - 1.2 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）について
 - 1.3 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の計測結果の記録及び保存について
 - 1.4 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の電源構成について
 - 1.5 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の設置場所について

（別紙１）各計測装置の記録及び保存について

（別紙２）使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）について

1.1 概要

平成 25 年 7 月 8 日に施行された新規制基準のうち、「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）」第十六条第 3 項（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）において、『使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備』の設置が要求されている。

このため，使用済燃料貯蔵プールの水位，温度及び線量率を計測する，設計基準対象施設である使用済燃料貯蔵プール監視設備について，以下のとおり基準適合性を確認した。

1.2 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）について

設置許可基準規則第十六条第 3 項にて要求されている『使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備』については，使用済燃料貯蔵プール水位計，使用済燃料貯蔵プール温度計，燃料貯蔵プールエリア放射線モニタ，原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ，燃料取替エリア排気放射線モニタを設置している。また使用済燃料貯蔵プールの水位低下，上昇及び温度上昇並びに使用済燃料貯蔵プール付近の放射線量の異常を検知し，中央制御室に警報を発信する機能を有している。（表 1.2.1 及び表 1.2.2 参照）

さらに，外部電源が利用できない場合においても、『発電用原子炉施設の状態を示す事項（以下，「パラメータ」という。）』として，使用済燃料貯蔵プールの水位及び温度並びに線量率を測定する，使用済燃料貯蔵プール水位計，使用済燃料貯蔵プール温度計，燃料貯蔵プールエリア放射線モニタ，原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ，燃料取替エリア排気放射線モニタについて，非常用所内電源からの電源供給により監視継続が可能であるとともに，測定結果を表示し，記録し，これを保存することとしている。

表 1.2.1 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象設備）の一覧

名称	検出器種類	測定範囲の考え方	測定範囲	警報設定値	設置場所	個数	耐震重要度分類
使用済燃料貯蔵プール水位	フロート式	水位が通常水位 N.W.L. (6 号炉:T.M.S.L. 31, 395mm, 7 号炉:T.M.S.L. 31, 390mm) 近傍であること。	—	6 号炉 水位低 通常水位-162mm (T. M. S. L. 31, 233mm) 水位高 通常水位+32mm (T. M. S. L. 31, 427mm) 7 号炉 水位低 通常水位-250mm (T. M. S. L. 31, 140mm) 水位高 通常水位+109mm (T. M. S. L. 31, 499mm)	原子炉建屋 4 階	6 号炉: 1 7 号炉: 1	C
使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出	フロート式	使用済燃料貯蔵プールライナ部からの漏えいを検知できること。	—	6 号炉 ドレン止め弁 (T. M. S. L. 12, 696mm) +523mm (T. M. S. L. 13, 219mm) 7 号炉 ドレン止め弁 (T. M. S. L. 12, 657mm) +650mm (T. M. S. L. 13, 307mm)	原子炉建屋 1 階	6 号炉: 1 7 号炉: 1	C
FPC ポンプ入口温度	熱電対式	燃料プール冷却浄化系の系統よりプール温度は 52℃以下に維持されており、使用済燃料貯蔵プールの水が通常温度より高くなったことを検出するため、プール水の最高許容温度 (65℃) に余裕を見た温度としている。	0～100℃	6 号炉 温度高 57℃ 7 号炉 温度高 55℃	原子炉建屋 2 階	6 号炉: 1 7 号炉: 1	C
使用済燃料貯蔵プール温度	熱電対式		0～100℃	6 号炉 温度高 57℃ 7 号炉 温度高 55℃	原子炉建屋 4 階	6 号炉: 1 7 号炉: 1	C
使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)	熱電対式	使用済燃料貯蔵プール上端近傍からプール下端まで計測できる。	温度: 0～150℃ 水位: 6 号炉 T. M. S. L. 20, 180mm ～ 31, 170mm 7 号炉 T. M. S. L. 20, 180mm ～ 31, 123mm	6 号炉 温度高 57℃ 水位低 通常水位-225mm (T. M. S. L. 31, 170mm) 7 号炉 温度高 55℃ 水位低 通常水位-267mm (T. M. S. L. 31, 123mm)	原子炉建屋 4 階	6 号炉: 1 7 号炉: 1	C*

※基準地震動 Ss による地震力に対して、機能を維持する設計とする。

表 1.2.2 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象設備）の一覧

名称	検出器種類	測定範囲の考え方	測定範囲	警報設定値	設置場所	個数	耐震重要度分類
燃料貯蔵プール エリア放射線モニタ	半導体式	使用済燃料プールの遮蔽設計区分はFとなり（遮蔽設計区分 F $\geq$ 1mSv/h）1mSv/h 以上が計測できる設定とする。	1～10 ⁴ mSv/h	5.0×10 ⁶ mSv/h	原子炉建屋 4 階	6 号炉：2 7 号炉：2	C
燃料取扱エリア 排気放射線モニタ	半導体式	使用済燃料貯蔵プールエリアの放射能レベルを連続的に監視し、非常用ガス処理系を起動する設定値であるバックグラウンドの 10 倍以上が計測できる範囲とする。	10 ⁻³ ～10mSv/h	高高 バックグラウンドの 10 倍 バックグラウンドの 5 倍	原子炉建屋 4 階	6 号炉：4 7 号炉：4	S
原子炉区域換気 空調系排気放射線モニタ	半導体式	原子炉区域から放出される換気空調系排気を連続的に監視し、非常用ガス処理系を起動する設定値であるバックグラウンドの 10 倍以上が計測できる範囲とする。	10 ⁻⁴ ～1mSv/h	高高 バックグラウンドの 10 倍 バックグラウンドの 5 倍	6 号炉： 原子炉建屋中 4 階 7 号炉： 原子炉建屋 3 階	6 号炉：4 7 号炉：4	S

(1) 使用済燃料貯蔵プール水位計

○計測目的:使用済燃料貯蔵プールの通常補給レベルの監視及び基準水位レベル（6号炉 T.M.S.L. 31,395mm, 7号炉 T.M.S.L. 31,390mm, 以下「N.W.L.」）からの水位の異常な低下及び上昇の監視。

○構成概略:水位検出器（フロート式）で検出された使用済燃料貯蔵プールの水位は, 所定の警報設定値に達した場合, 水位低及び水位高の検出信号が, 中央制御室の演算装置に発信され, 中央制御室に警報が発せられると共に, プロセス計算機からタイプライタに出力し記録する。

○警報設定:

水位高: 使用済燃料貯蔵プール水位の異常な上昇によって運転操作床面へプール水が溢れるのを事前に検知する設定値を設ける。

6号炉: 通常水位 +32mm (T.M.S.L. 31,427mm)

7号炉: 通常水位 +109mm (T.M.S.L. 31,499mm)

水位低: 燃料プール冷却浄化系ポンプが停止した場合の水位低下を考慮し, 想定していない異常な水位低下を早期に検知するため燃料プール冷却浄化系ポンプが停止した場合の水位より下に設定値を設ける。

6号炉: 通常水位 -162mm (T.M.S.L. 31,233mm)

7号炉: 通常水位 -250mm (T.M.S.L. 31,140mm)

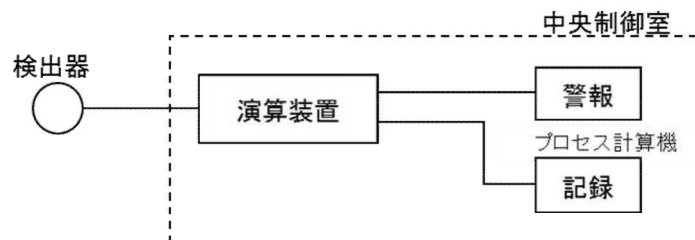


図 1.2.1 使用済燃料貯蔵プール水位計の概略構成図

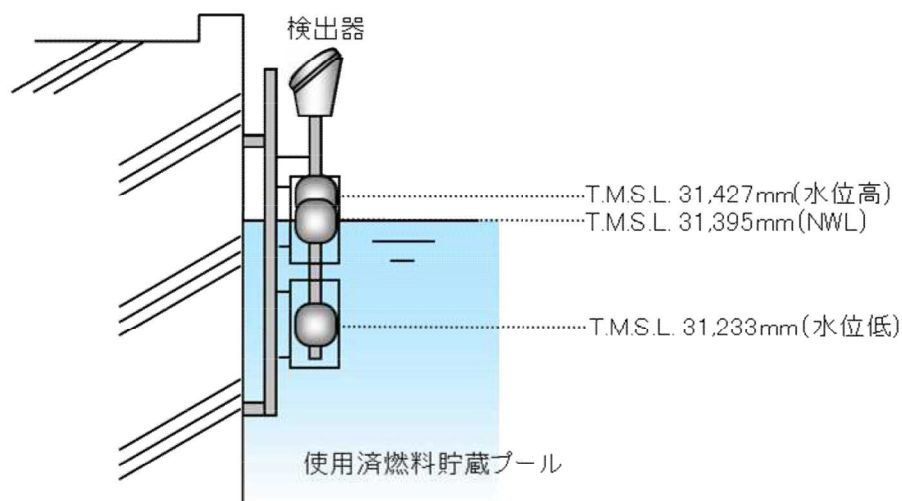


図 1.2.2 使用済燃料貯蔵プール水位計の警報設定値（6号炉）

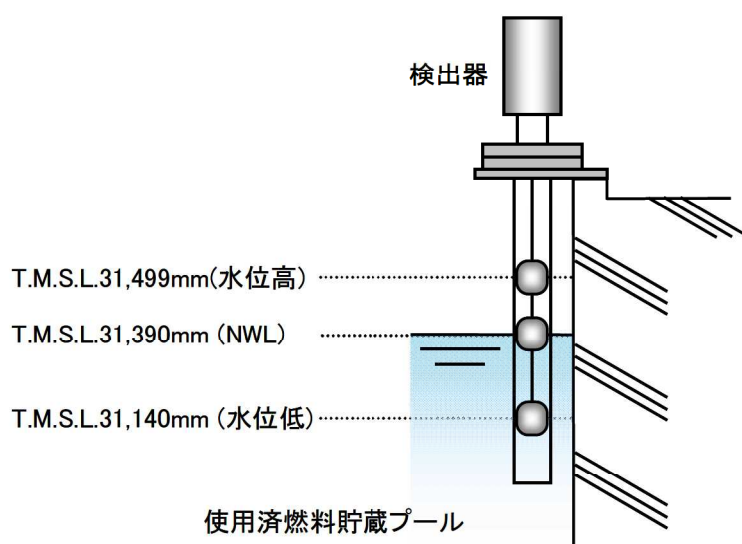


図 1.2.3 使用済燃料貯蔵プール水位計の警報設定値（7号炉）

（設備仕様）

個 数 : 6号炉 1個
7号炉 1個

設 置 場 所 : 原子炉建屋4階

警 報 設 定 値 : 6号炉

水位高:通常水位 +32mm (T. M. S. L. 31, 427mm)

水位低:通常水位 -162mm (T. M. S. L. 31, 233mm)

7号炉

水位高:通常水位 +109mm (T. M. S. L. 31, 499mm)

水位低:通常水位 -250mm (T. M. S. L. 31, 140mm)

一 括 警 報 : FPC (A)

個 別 警 報 : 燃料プール水位低, 燃料プール水位高

(2) 使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出計

○計測目的：使用済燃料貯蔵プールライナからの漏えい量の監視。

使用済燃料貯蔵プールライナから漏えいがある場合、漏えいしたプール水は使用済燃料貯蔵プールライナドレン漏えい検出系配管を通じドレン溜にたまる。このドレン水位を検出することで使用済燃料貯蔵プールライナからの漏えいを監視する。

○構成概略：使用済燃料貯蔵プールライナドレン漏えい検出系配管を通じドレン溜にたまった漏えい水を水位検出器（フロート式）で検出し、使用済燃料貯蔵プールライナからの漏えい量が、所定の警報設定値に達した場合、漏えい水検出信号を発し、水位検出器から中央制御室の演算装置に発信され、中央制御室に警報が発せられると共に、プロセス計算機からタイプライタに出力し記録を行う。

○警報設定：使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出計は、漏えい水検出器の下流側に設けたドレン止め弁からの水位により早期に漏えいを検出する。

6号炉はドレン止め弁(T. M. S. L. 12, 696mm)より
+523mm(T. M. S. L. 13, 219mm),
7号炉はドレン止め弁(T. M. S. L. 12, 657mm)より
+650mm(T. M. S. L. 13, 307mm)としている。

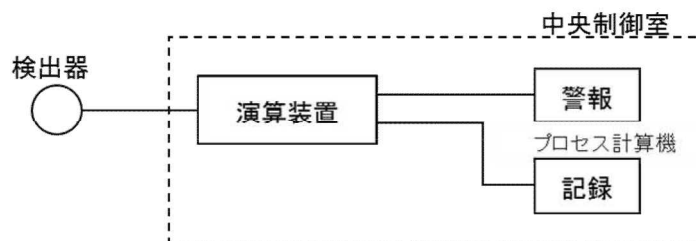


図 1.2.4 使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出計の概略構成図

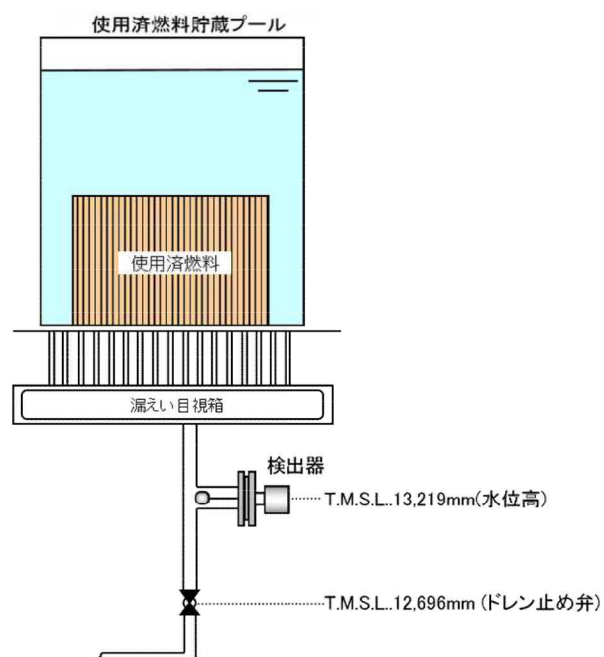


図 1. 2. 5 使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出計の警報設定値（6号炉）

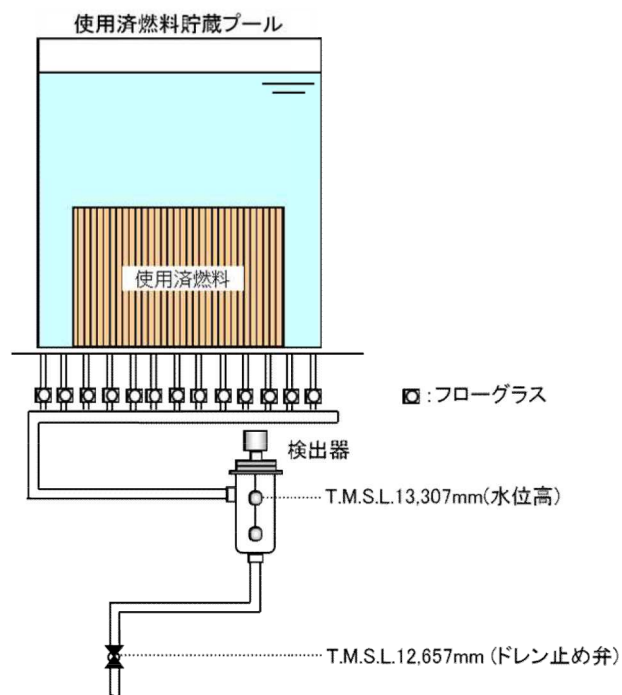


図 1. 2. 6 使用済燃料貯蔵プールライナ漏えい検出計の警報設定値（7号炉）

(設備仕様)

個	数	:	6号炉	1個		
		:	7号炉	1個		
設	置	場	所	:	原子炉建屋1階	
警	報	設	定	値	:	6号炉
				:	ドレン止め弁(T. M. S. L. 12, 696mm)	
				:	+523mm(T. M. S. L. 13, 219mm)	
				:	7号炉	
				:	ドレン止め弁(T. M. S. L. 12, 657mm)	
				:	+650mm(T. M. S. L. 13, 307mm)	
一	括	警	報	:	FPC (A)	
個	別	警	報	:	燃料プールライナドレン漏えい大	

(3) 使用済燃料貯蔵プール温度計

○計測目的：使用済燃料貯蔵プール温度の異常な上昇の監視及び冷却状況の把握。

○構成概略：熱電対により検出された使用済燃料貯蔵プールの水温は，中央制御室の演算装置において温度信号に変換され，中央制御室に指示及び記録されると共に，所定の警報設定値に達した場合，温度高の検出信号が発信され，中央制御室に警報が発せられる。

○計測範囲：冷却水の過熱状態を監視できるよう，0～100℃の温度計測を可能としている。

○警報設定：使用済燃料貯蔵プール温度計の設定値は，燃料プール冷却浄化系の系統よりプール温度は52℃以下に維持されており，使用済燃料貯蔵プールの水が通常温度より高くなったことを検出するため，プール水の最高許容温度（65℃）に余裕を見た温度（6号炉：57℃，7号炉：55℃）としている。

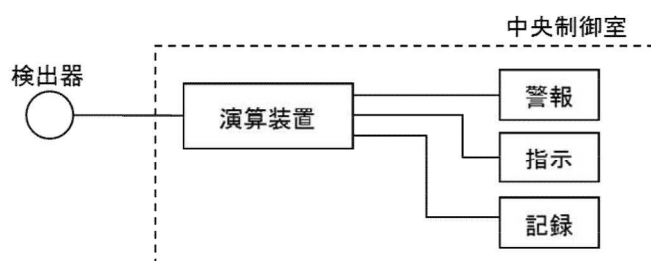


図 1.2.7 FPC ポンプ入口温度計の概略構成図

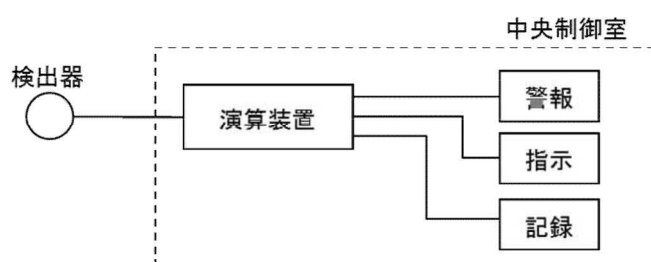


図 1.2.8 使用済燃料貯蔵プール温度計の概略構成図

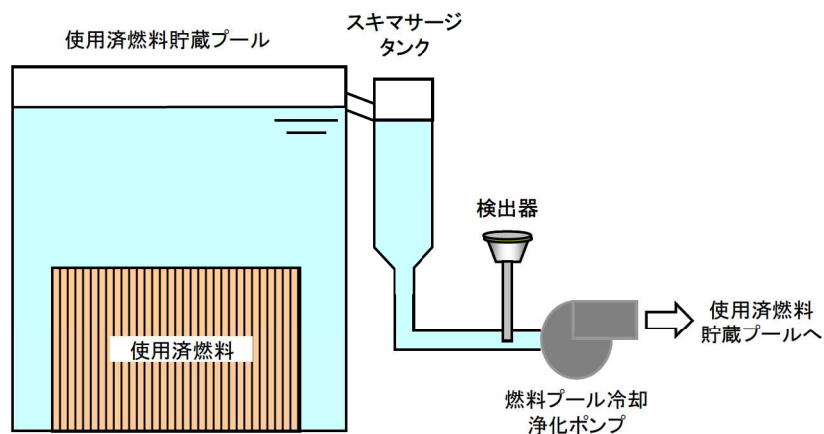
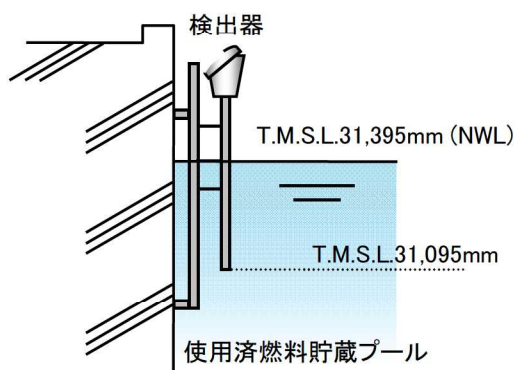


図 1.2.9 使用済燃料貯蔵プール温度計の設置図 (FPC ポンプ入口温度)

【6号炉】



【7号炉】

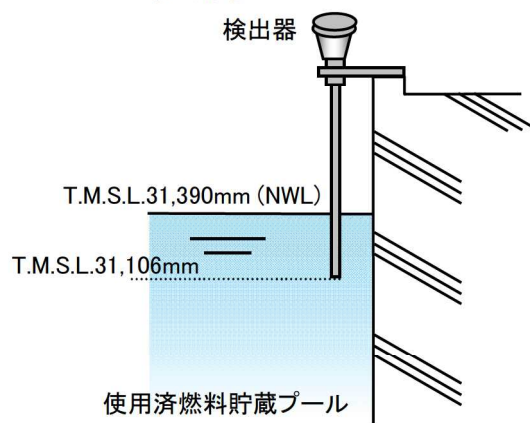


図 1.2.10 使用済燃料貯蔵プール温度計の設置図 (使用済燃料貯蔵プール水温度)

(設備仕様)

計測範囲 : 0~100℃

個数 : 6号炉 2個
7号炉 2個

設置場所 : 原子炉建屋2階 (FPC ポンプ入口温度)
原子炉建屋4階 (使用済燃料貯蔵プール水温度)

警報設定値 : 6号炉 温度高 57℃
7号炉 温度高 55℃

一括警報 : FPC (A)

個別警報 : FPC ポンプ入口温度高
使用済燃料貯蔵プール水温度高

(4) 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)

○計測目的 (温度) : 使用済燃料貯蔵プール温度の異常な上昇の監視及び冷却状況の把握。

○計測目的 (水位) : 使用済燃料貯蔵プール水位の異常な低下及び上昇の監視。

○構成概略 : 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域) は、熱電対を用いて使用済燃料貯蔵プールの温度を電気信号として検出する。

また、使用済燃料貯蔵プール上端近傍から、プール底部まで、14 箇所に設置した熱電対及び気相に設置した熱電対を用いて電気信号として検出する。気相と液相の差温度を確認することにより水位を監視する。

検出された電気信号は、記録計にて温度信号に変換することで、中央制御室に記録及び保存する。また、所定の警報設定値に達した場合に警報が発せられる。

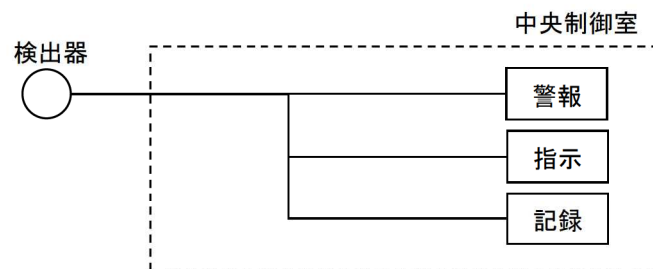


図 1.2.11 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)

○計測範囲 (温度) : 冷却水の過熱状態を監視できるよう、0~150℃の温度計測を可能としている。

○計測範囲 (水位) : 使用済燃料貯蔵プール上端近傍からプール下端まで計測が可能としている。

○警報設定 (温度) : 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域) の設定値は、燃料プール冷却浄化系の系統よりプール温度は 52℃以下に維持されており、使用済燃料貯蔵プールの水が通常温度より高くなったことを検出するため、プール水の最高許容温度 (65℃) に余裕を見た温度 (6 号炉 : 57℃, 7 号炉 : 55℃) としている。

○警報設定（水位）：水位低：燃料プール冷却浄化系ポンプが停止した場合の水位低下を考慮し，想定していない異常な水位低下を早期に検知するため燃料プール冷却浄化系ポンプが停止した場合の水位より下に設定値を設ける。

6 号炉：通常水位-225mm（T. M. S. L. 31, 170mm）

7 号炉：通常水位-267mm（T. M. S. L. 31, 123mm）

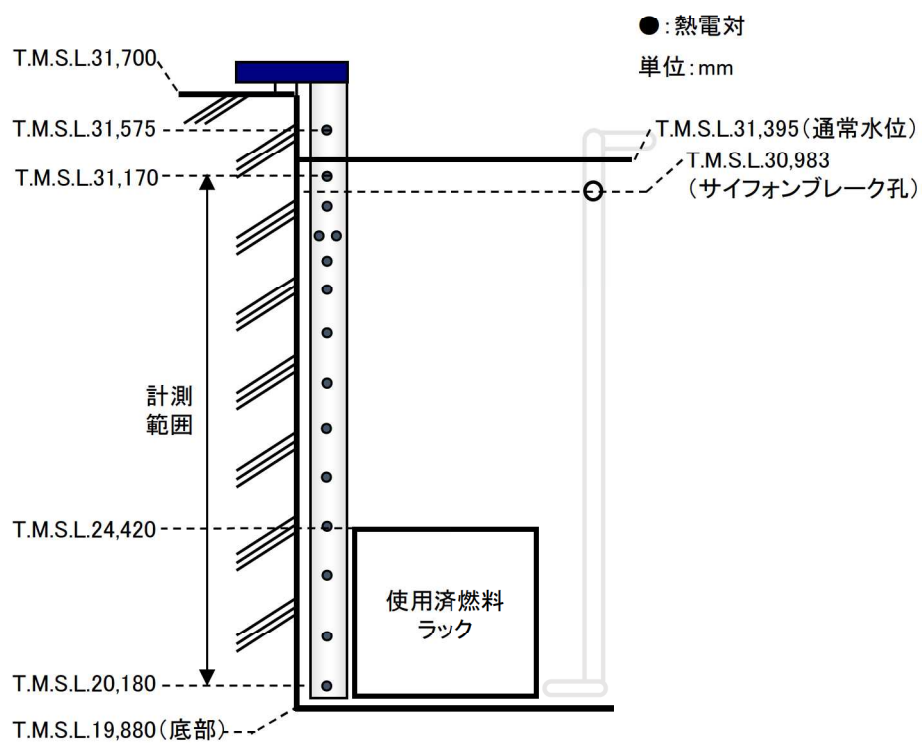


図 1. 2. 12 6 号炉使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)

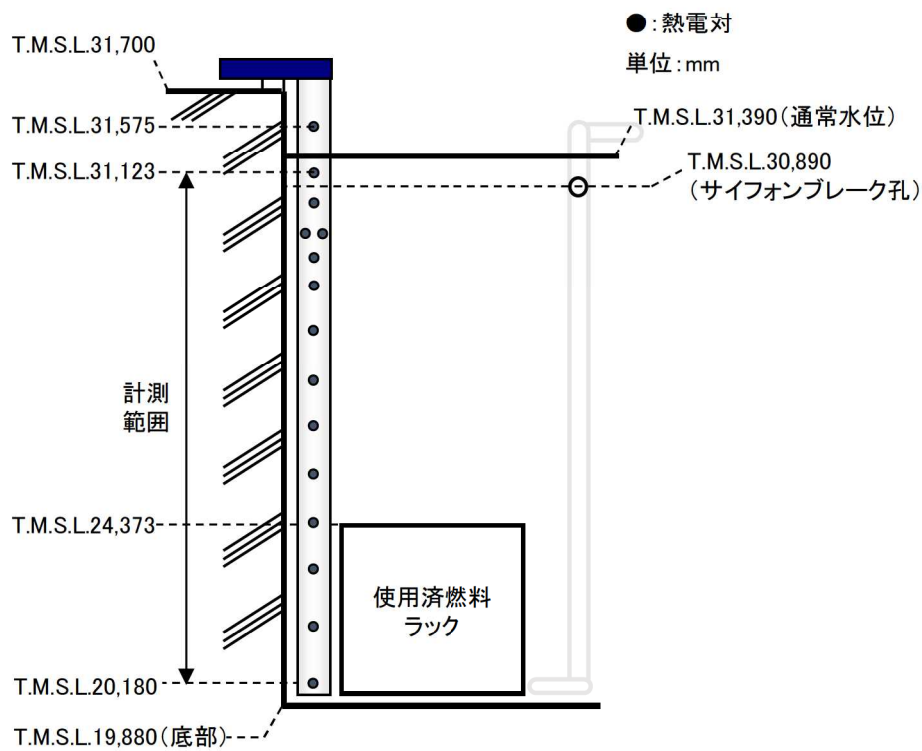


図 1. 2. 13 7 号炉使用済燃料貯蔵プール水位・温度計 (SA 広域)

(設備仕様)

計測範囲 : 【温度】

6 / 7 号炉 : 0～150℃

【水位】

6 号炉 : T. M. S. L. 20, 180mm～31, 170mm

7 号炉 : T. M. S. L. 20, 180mm～31, 123mm

個数 : 6 号炉 1 個 (検出点 14 箇所)

7 号炉 1 個 (検出点 14 箇所)

設置場所 : 原子炉建屋 4 階

警報設定値 : 6 号炉

温度高 : 57℃ (T. M. S. L. 29, 920mm)

水位低 : 通常水位 -225mm (T. M. S. L. 31, 170mm)

7 号炉

温度高 : 55℃ (T. M. S. L. 29, 873mm)

水位低 : 通常水位 -267mm (T. M. S. L. 31, 123mm)

個別警報 : 燃料プール水位低, 燃料プール水温度高

(5) 燃料貯蔵プールエリア放射線モニタ

○計測目的：通常時及び燃料取扱事故等において使用済燃料貯蔵プール区域の空間線量率について変動する可能性のある範囲を測定し監視する。

○構成概略：使用済燃料貯蔵プールエリアの線量当量率を、半導体検出器を用いてパルス信号として検出する。検出したパルス信号を演算装置にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後、線量当量率は中央制御室に指示及び記録されると共に、所定の警報設定値に達した場合、放射線レベル高の検出信号が発信され、中央制御室に警報が発せられる。

○計測範囲：燃料貯蔵プールエリア放射線モニタの計測範囲の計測下限値は、使用済燃料プールの遮蔽設計区分はFとなり（遮蔽設計区分 F $\geq 1\text{mSv/h}$ ） 1mSv/h 以上が計測できる設定とする。検出器は4デカードまでの測定が可能であり、当該エリアモニタの計測範囲は、 $1\sim 10^4\text{mSv/h}$ の線量率が計測可能とする。

○警報設定：事故等による放射線レベルの上昇を検知するため、警報設定値は、 5mSv/h としている。

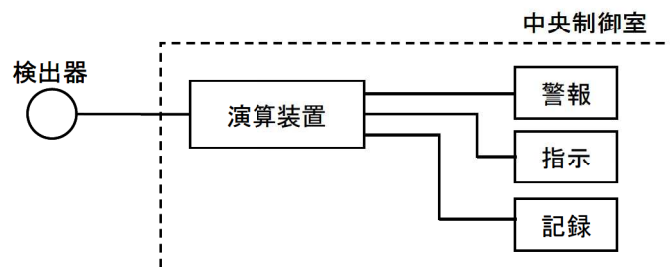


図 1.2.14 燃料貯蔵プールエリア放射線モニタの概略構成図

(設備仕様)

計測範囲： $1\sim 10^4\text{mSv/h}$

個数： 6号炉 2個
7号炉 2個

設置場所： 原子炉建屋4階

警報設定値： $5.0\times 10^0\text{mSv/h}$

一括警報： 放射線モニタ高／高高

個別警報： 原子炉建屋放射線レベル高

(6) 燃料取替エリア排気放射線モニタ

○計測目的：燃料取替エリアでの燃料取扱事故を検出し，原子炉建屋原子炉棟の通常換気空調系を停止すると共に，非常用ガス処理系に切り替えるため，燃料取替エリア排気の放射線量を監視する。

○構成概略：使用済燃料貯蔵プールエリアの線量当量率を，半導体検出器を用いてパルス信号として検出する。検出したパルス信号を演算装置にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後，線量当量率は中央制御室に指示及び記録されると共に，所定の警報設定値に達した場合，放射線レベル高または高高の検出信号が発信され，中央制御室に警報が発せられる。また高高信号で非常用ガス処理系を起動する。

○計測範囲：使用済燃料貯蔵プールエリアの放射能レベルを連続的に監視し，異常な放射能上昇を検知した場合に，原子炉建屋原子炉棟の通常換気空調系を停止すると共に，非常用ガス処理系を起動する設定値であるバックグラウンドの 10 倍以上が計測できる範囲とする。

○警報設定：事故等による放射線レベルの上昇を検知するため，警報設定値は，バックグラウンドの 5 倍及び 10 倍としている。

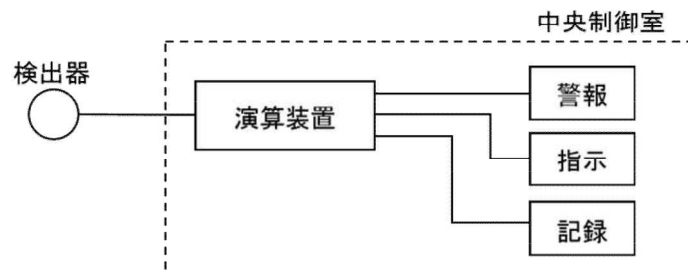


図 1.2.15 燃料取替エリア排気放射線モニタ

(設備仕様)

計 測 範 囲	:	10 ⁻³ ～10mSv/h
個 数	:	6 号炉 4 個 7 号炉 4 個
設 置 場 所	:	原子炉建屋 4 階
警 報 設 定 値	:	高高 バックグラウンドの 10 倍 高 バックグラウンドの 5 倍
一 括 警 報	:	高高 燃取床放射能高高 高 放射線モニタ高/高高
個 別 警 報	:	高高 燃料取替エリア排気放射能高高 高 燃料取替エリア排気放射能高

(7) 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ

○計測目的：原子炉区域換気空調系の異常を検出し，原子炉建屋原子炉棟の通常換気空調系を停止すると共に，非常用ガス処理系に切り替えるため，原子炉区域換気空調系排気の放射線量を監視する。

○構成概略：原子炉区域換気空調系の線量当量率を，半導体検出器を用いてパルス信号として検出する。検出したパルス信号を演算装置にて線量当量率信号へ変換する処理を行った後，線量当量率は中央制御室に指示及び記録されると共に，所定の警報設定値に達した場合，放射線レベル高または高高の検出信号が発信され，中央制御室に警報が発せられる。また，高高信号で非常用ガス処理系を起動する。

○計測範囲：原子炉区域から放出される換気空調系排気を連続的に監視し，異常な放射能上昇を検知した場合に，原子炉建屋原子炉棟の通常換気空調系を停止すると共に，非常用ガス処理系を起動する設定値であるバックグラウンドの10倍以上が計測できる範囲とする。

○警報設定：事故等による放射線レベルの上昇を検知するため，警報設定値は，バックグラウンドの5倍及び10倍としている。

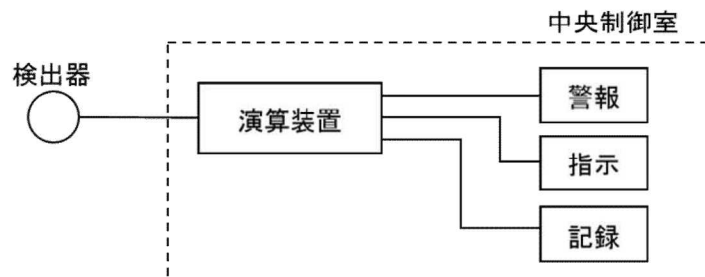


図 1.2.16 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ

(設備仕様)

計測範囲： $10^{-4} \sim 1\text{mSv/h}$

個数：6号炉 4個
7号炉 4個

設置場所：6号炉 原子炉建屋中4階
7号炉 原子炉建屋3階

警報設定値：高高 バックグラウンドの10倍
高 バックグラウンドの5倍

一括警報：高高 R/B放射能高高
高 放射線モニタ高/高高

個別警報：高高 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ高高
高 原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ高

1.3 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の計測結果の記録及び保存について

「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」第三十四条において使用済燃料プールの温度、水位及び燃料取扱場所の放射線量について、「表示、記録、保存」が追加要求されており、柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定 第11章記録及び報告 第120条に定める保安に関する記録及び社内マニュアルに基づき保存期間等を定めて保管することとしている。

表 1.3.1 使用済燃料貯蔵プール監視設備の記録保管期間

要求項目	計測装置	記録方法	保存期間
十二 管理区域内において人が常時立ち入る場所その他放射線管理を特に必要とする場所（燃料取扱場所その他の放射線業務従事者に対する放射線障害の防止のための措置を必要とする場所をいう。）の線量当量率	燃料貯蔵プール エリア放射線モニタ	記録紙	10 年
	原子炉区域換気 空調系排気放射線モニタ 燃料取替エリア 排気放射線モニタ	記録紙	5 年
十四 使用済燃料その他の高放射性の燃料体を貯蔵する水槽の水温及び水位	使用済燃料貯蔵 プール水位	日常点検表	5 年
	使用済燃料貯蔵 プール水温度	日常点検表	5 年

1.4 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の電源構成について

外部電源が利用できない場合においても使用済燃料貯蔵プールの水位、温度及び燃料取扱場所の放射線量を監視することが要求されていることから使用済燃料貯蔵プール監視設備は、非常用所内電源より受電し、外部電源が喪失した場合においても計測できるようにしている。（第十六条 第3項）

- 1.5 使用済燃料貯蔵プール監視設備（設計基準対象施設）の設置場所について
(1) 6号炉の使用済燃料貯蔵プール監視設備

図 1.5.1 に6号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所を示す。

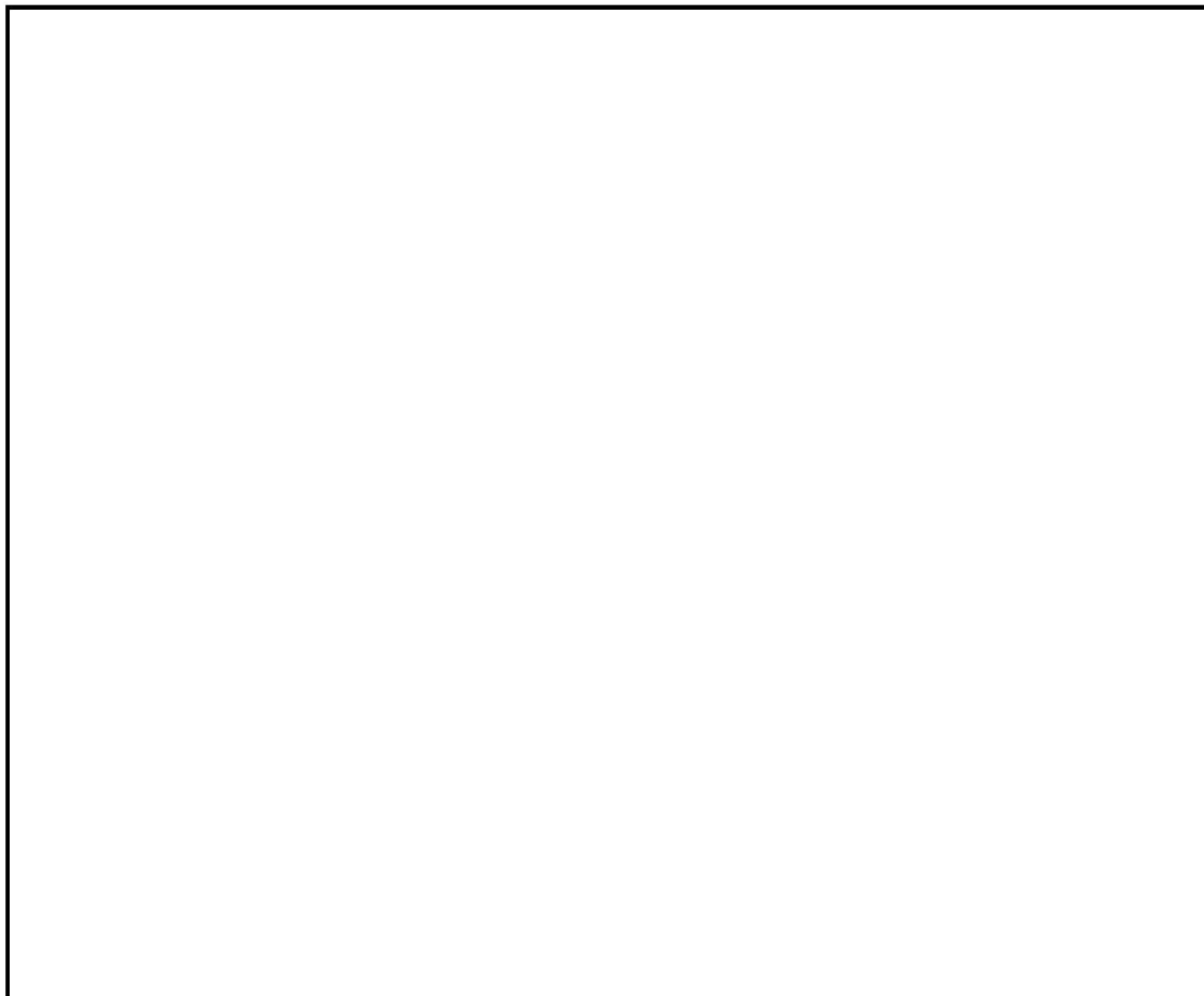


図 1.5.1 6号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(1/4)

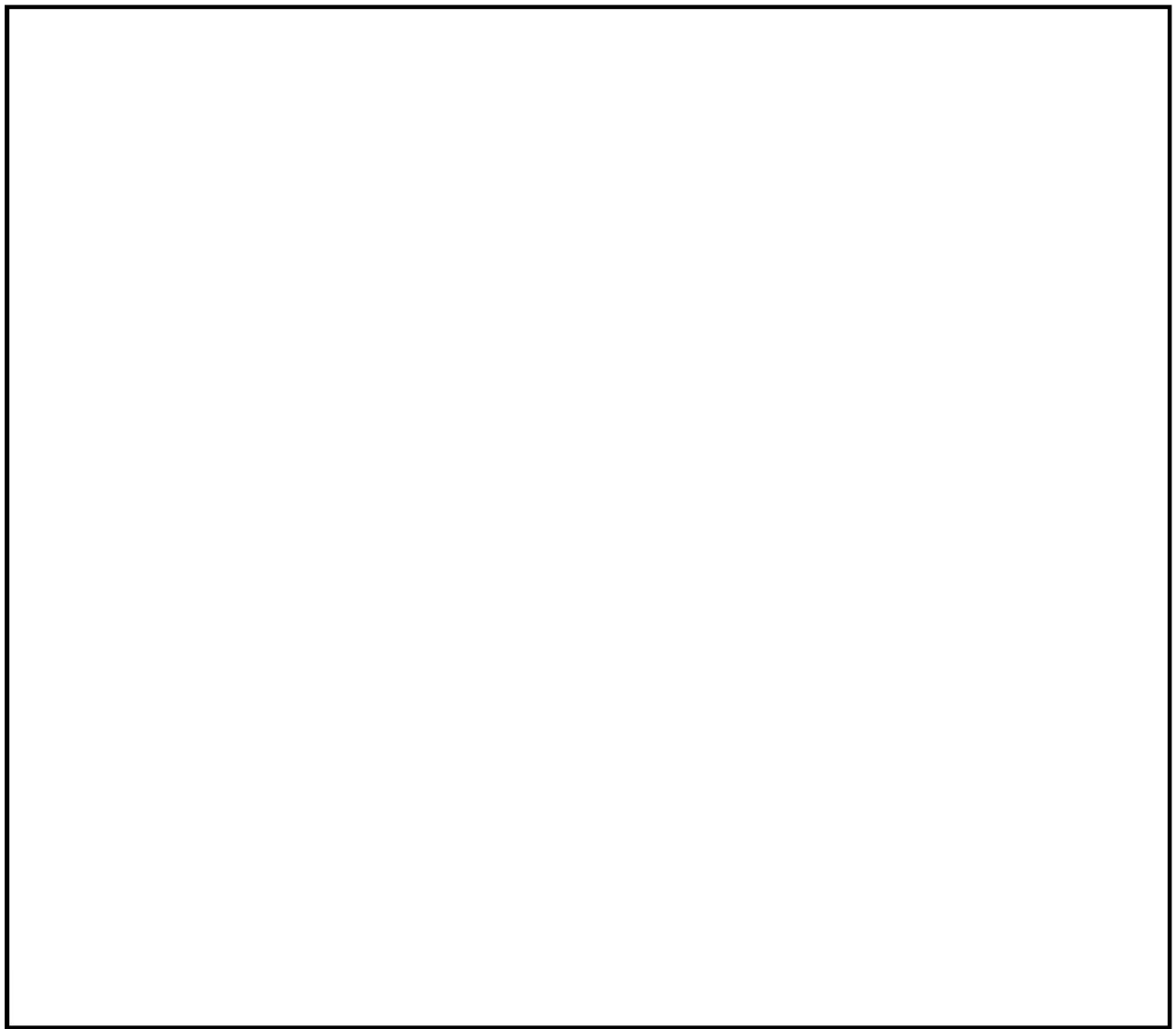


図 1.5.1 6号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(2/4)

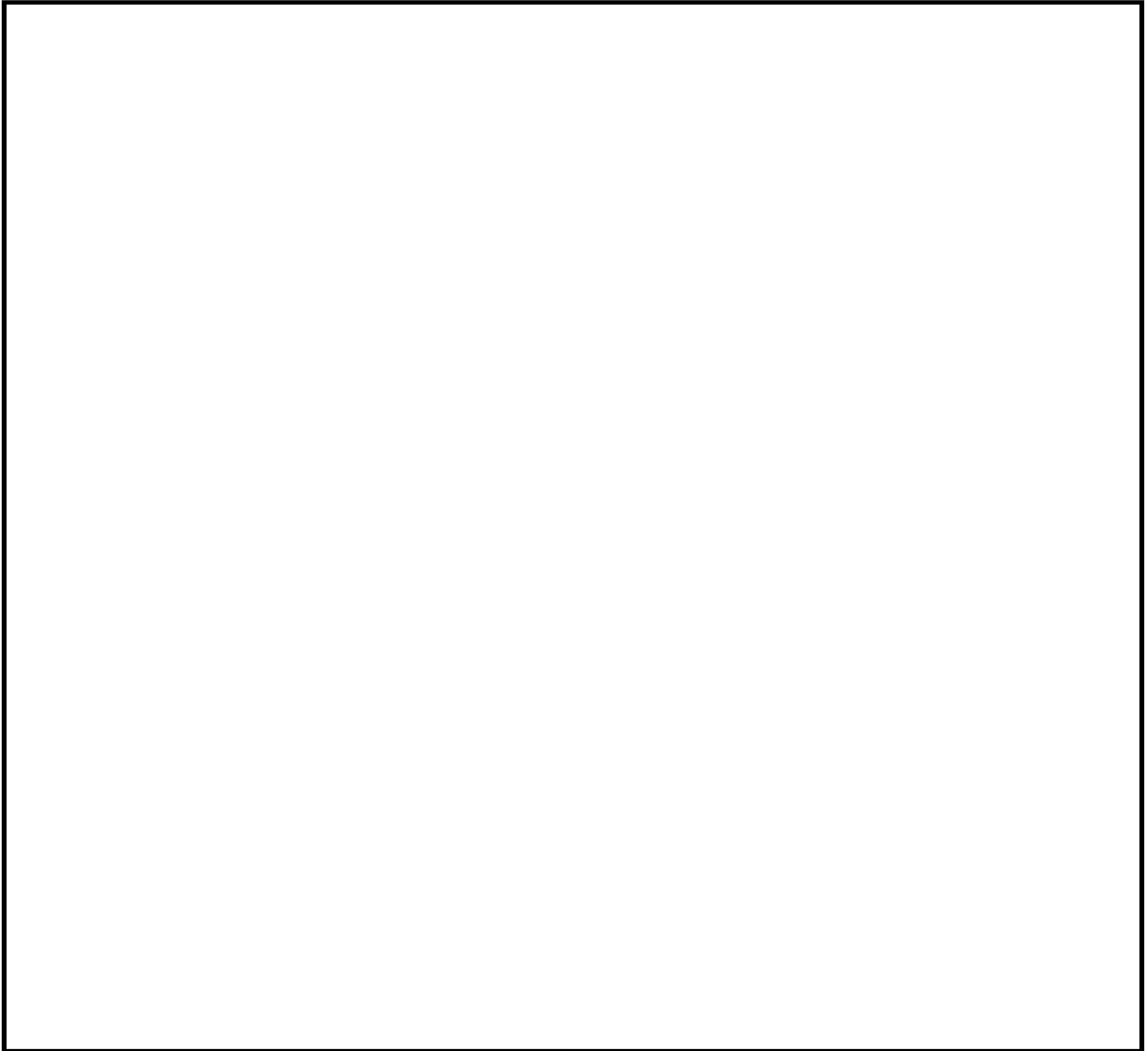


図 1.5.1 6号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(3/4)

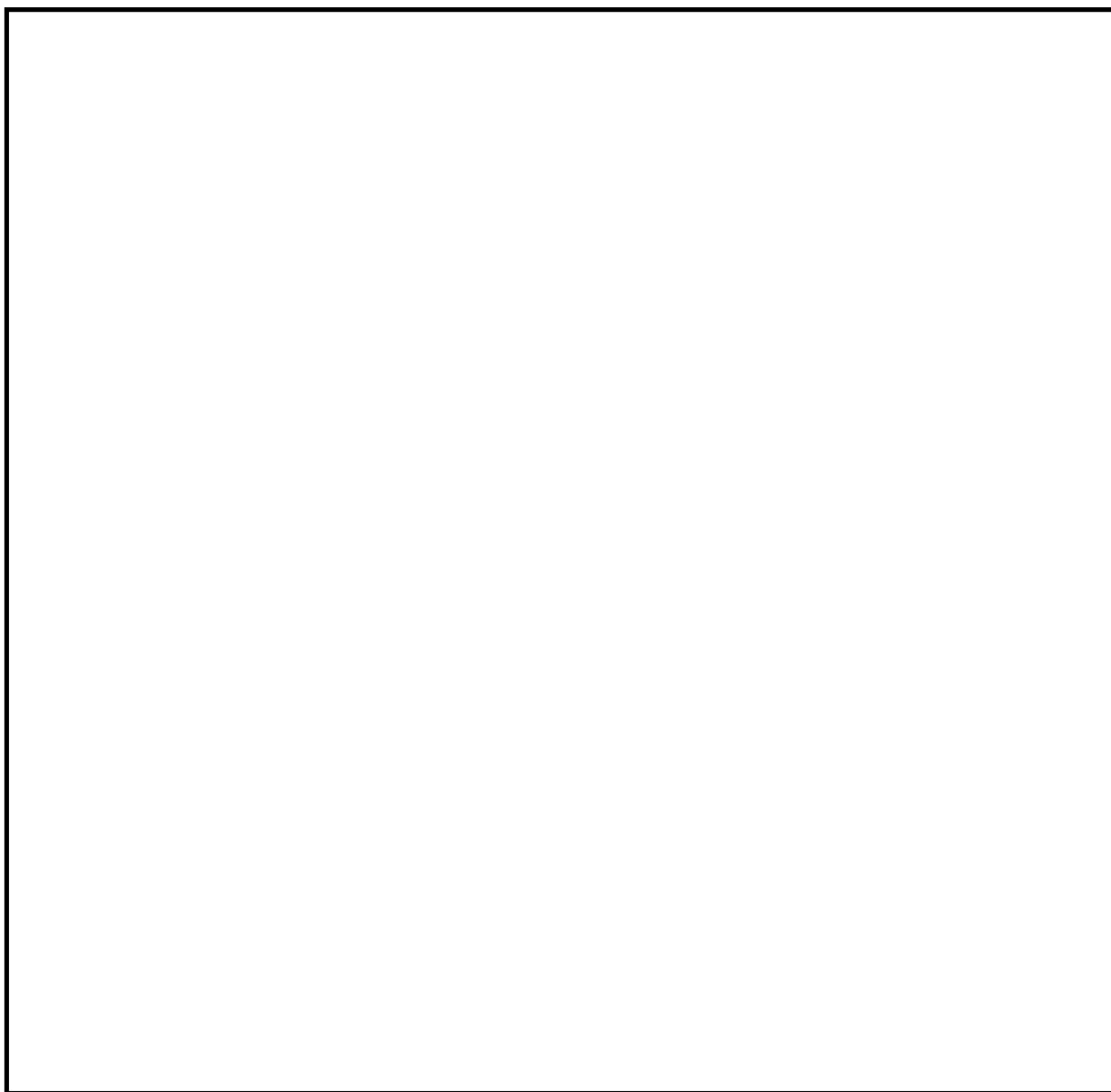


図 1.5.1 6号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(4/4)

(2) 7号炉の使用済燃料貯蔵プール監視設備

図 1.5.2 に 7 号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所を示す。

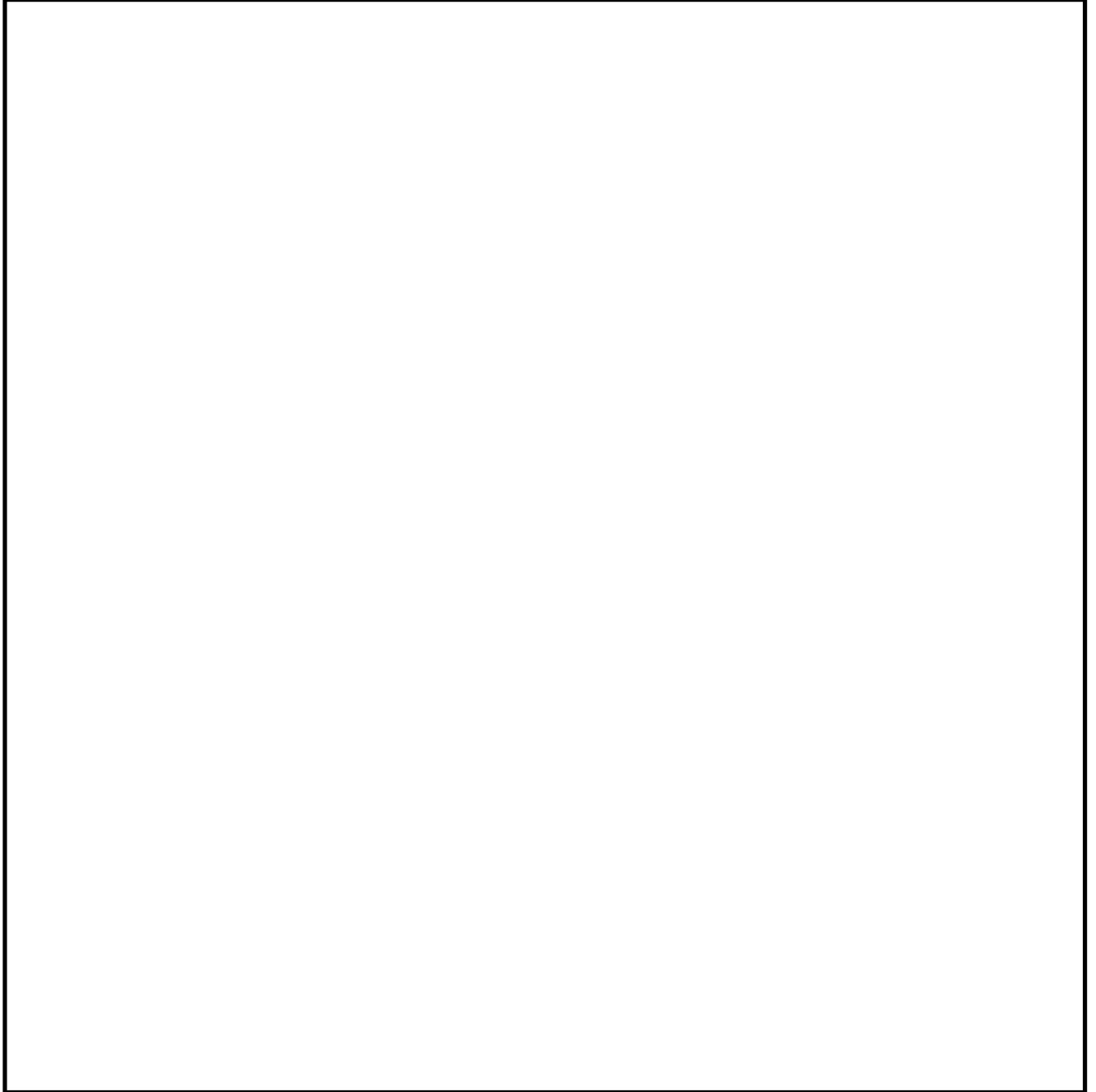


図 1.5.2 7号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(1/4)

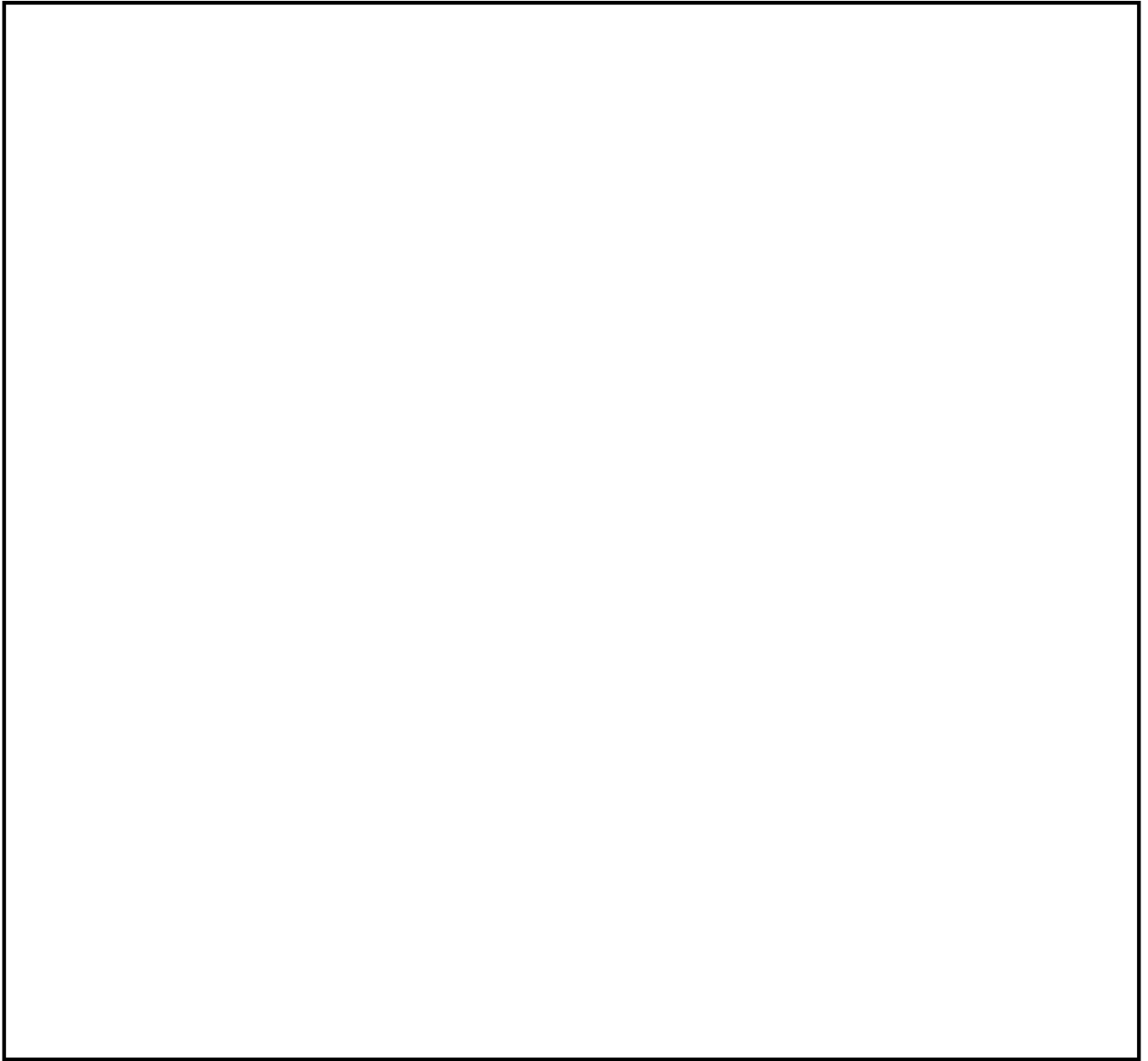


図 1.5.2 7号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(2/4)

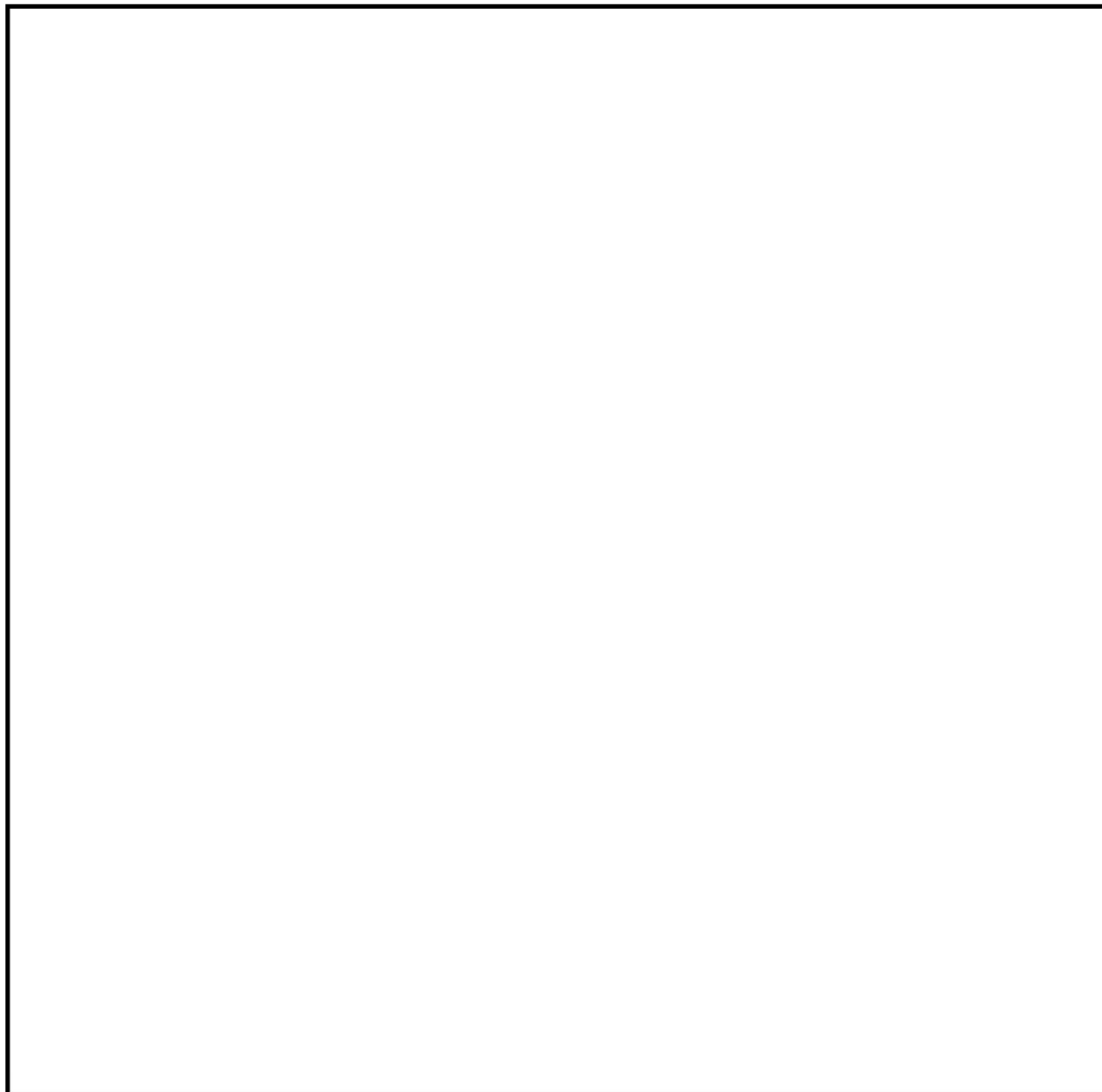


図 1.5.2 7号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(3/4)

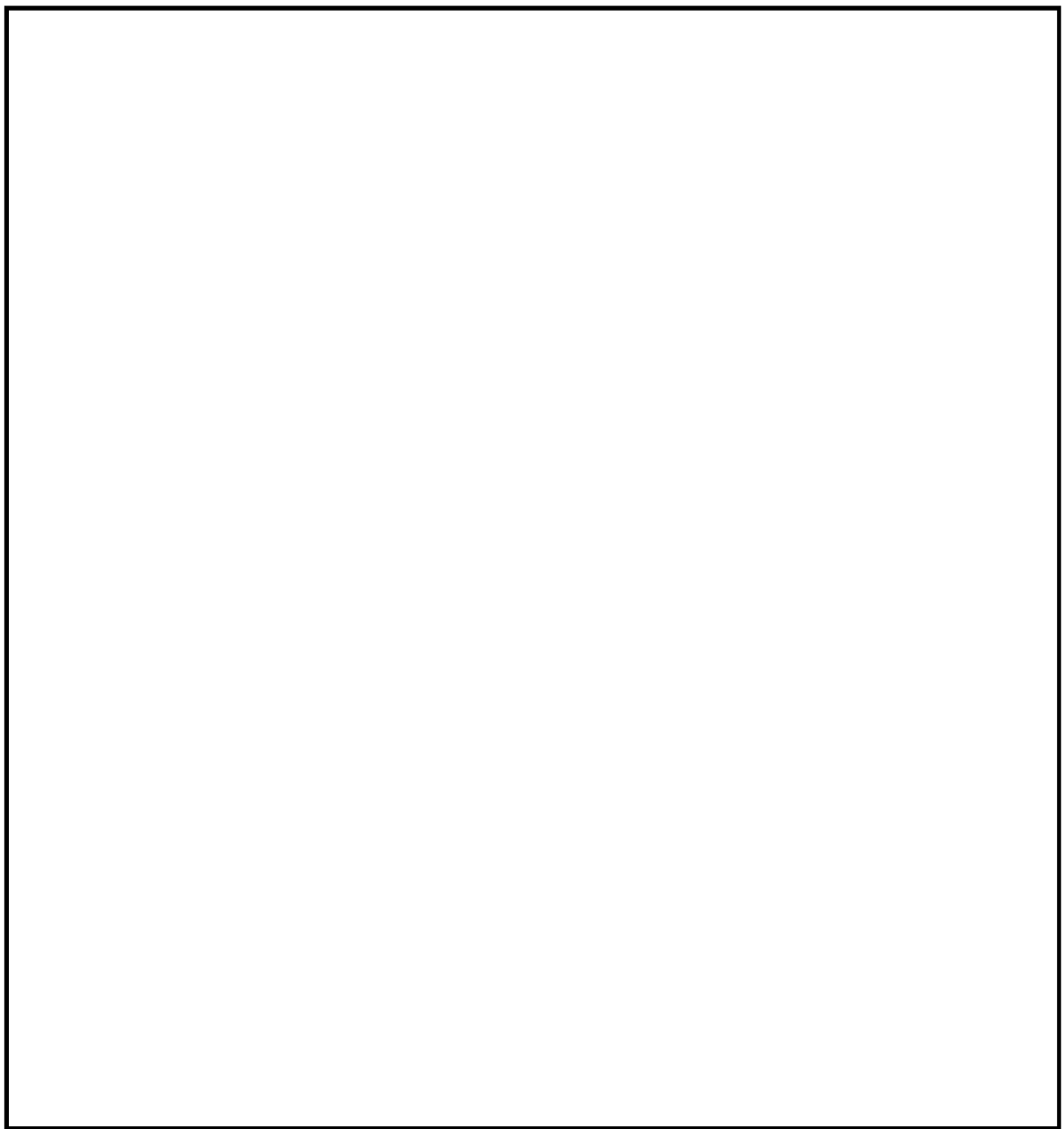


図 1.5.2 7号炉使用済燃料貯蔵プール監視設備の設置場所(4/4)

各計測装置の記録及び保存について

「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」第三十四条において使用済燃料貯蔵プールの温度、水位及び線量当量率について、「表示、記録、保存」が追加要求されており、柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定 第 11 章記録及び報告 第 120 条に定める保安に関する記録及び社内マニュアルに基づき保存期間等を定めて保管することとしている。

要求項目	計測装置	記録方法	保存期間
一 炉心における中性子束密度	起動領域モニタ	記録紙	10 年
	平均出力領域モニタ	記録紙	10 年
三 制御棒の位置及び液体制御材を使用する場合にあっては、その濃度	制御棒位置	運転日誌	1 年
四 一次冷却剤に関する次の事項			
イ 放射性物質及び不純物の濃度	原子炉水導電率	運転日誌	1 年
ロ 原子炉压力容器の入口及び出口における圧力、温度及び流量	主蒸気圧力	運転日誌	10 年
	主蒸気流量	運転日誌	10 年
	主蒸気温度	運転日誌	10 年
	給水圧力	運転日誌	10 年
	給水流量	運転日誌	10 年
	給水温度	運転日誌	10 年
五 原子炉压力容器（加熱器がある場合は、加熱器）内及び蒸気発生器内の水位	原子炉水位（停止域）	運転日誌	※ 1
	原子炉水位（燃料域）	運転日誌	※ 1
	原子炉水位（広帯域）	運転日誌	※ 1
	原子炉水位（狭帯域）	運転日誌	※ 1
六 原子炉格納容器内の圧力、温度、可燃性ガスの濃度、放射性物質の濃度及び線量当量率	格納容器内圧力	日常点検表	5 年
	格納容器内温度	運転日誌	※ 1
	格納容器内酸素ガス濃度	運転日誌	※ 1
	格納容器内線量等量率	日常点検表	5 年
	格納容器内放射性物質濃度	運転日誌	※ 1
七 主蒸気管中及び空気抽出器その他の蒸気タービン	主蒸気管放射線モニタ	記録紙	5 年

要求項目	計測装置	記録方法	保存期間
又は復水器に接続する設備であって放射性物質を内包する設備の排ガス中の放射性物質の濃度	空気抽出器排ガス放射線モニタ	記録紙	※ 1
八 蒸気発生器の出口における二次冷却材の圧力、温度及び流量並びに二次冷却材中の放射性物質の濃度	PWR に対する要求		
九 排気筒の出口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度	主排気筒放射線モニタ	気体廃棄物管理月報	10 年
	S G T S 系放射線モニタ	気体廃棄物管理月報	10 年
十 排水口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度	液体プロセス放射線モニタ	放射性液体廃棄物管理月報	10 年
十一 放射性物質により汚染する可能性がある管理区域（管理区域のうち、その場所における外部放射線に係わる線量のみが実用炉規則第二条第二項第四号に規定する線量を超えるおそれがある場合を除いた場所をいう。以下同じ。）内に開口部がある排水路の出口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度	対象なし		
十二 管理区域内において人が常時立ち入る場所その他放射線管理を特に必要とする場所（燃料取扱場所その他の放射線業務従事者に対する放射線障害の防止のための措置を必要とする場所をいう。）の線量当量率	R / B 4 F 北西側エリア	記録紙	10 年
	燃料貯蔵プールエリア（A）	記録紙	10 年
	燃料貯蔵プールエリア（B）	記録紙	10 年
	原子炉区域（A）	記録紙	10 年
	原子炉区域（B）	記録紙	10 年
	R / B 4 F 南東側	記録紙	10 年
	MS I V / S R V ラッピング室	記録紙	10 年
	R / B 3 F 南東側エリア	記録紙	10 年
	R / B 2 F 北西側エリア	記録紙	10 年

要求項目	計測装置	記録方法	保存期間
	R/B 2F 南東側エリア	記録紙	10 年
	R/B 1F 北西側エリア	記録紙	10 年
	R/B 機器搬 出入口	記録紙	10 年
	R/B 1F 南東側エリア	記録紙	10 年
	原子炉冷却材浄 化系操作エリア	記録紙	10 年
	炉水サンプリン グ室	記録紙	10 年
	計装ラック室 (A)	記録紙	10 年
	計装ラック室 (D)	記録紙	10 年
	R/B B1F 南東側エリア	記録紙	10 年
	TIP駆動装置 室	記録紙	10 年
	TIP装置室	記録紙	10 年
	CRD/RIP 補修室	記録紙	10 年
	R/B B2F 南東側エリア	記録紙	10 年
	CRD水圧制御 ユニットエリア (A)	記録紙	10 年
	CRD水圧制御 ユニットエリア (B)	記録紙	10 年
	R/B B3F 南東側エリア	記録紙	10 年
十三 周辺監視区域に隣接する地域における空間線量率及び放射性物質の濃度	モニタリングポスト	モニタリング スト月報	5 年
十四 使用済燃料その他の高放射性の燃料体を貯蔵する水槽の水温及び水位	使用済燃料貯蔵 プール温度	日常点検表	5 年
	使用済燃料貯蔵 プール水位	日常点検表	5 年
十五 敷地内における風向及び風速	風向・風速計	気象記録チャ ート	10 年

※1：永久（原子炉施設を解体または廃棄した後5年が経過するまでの期間）

使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）について

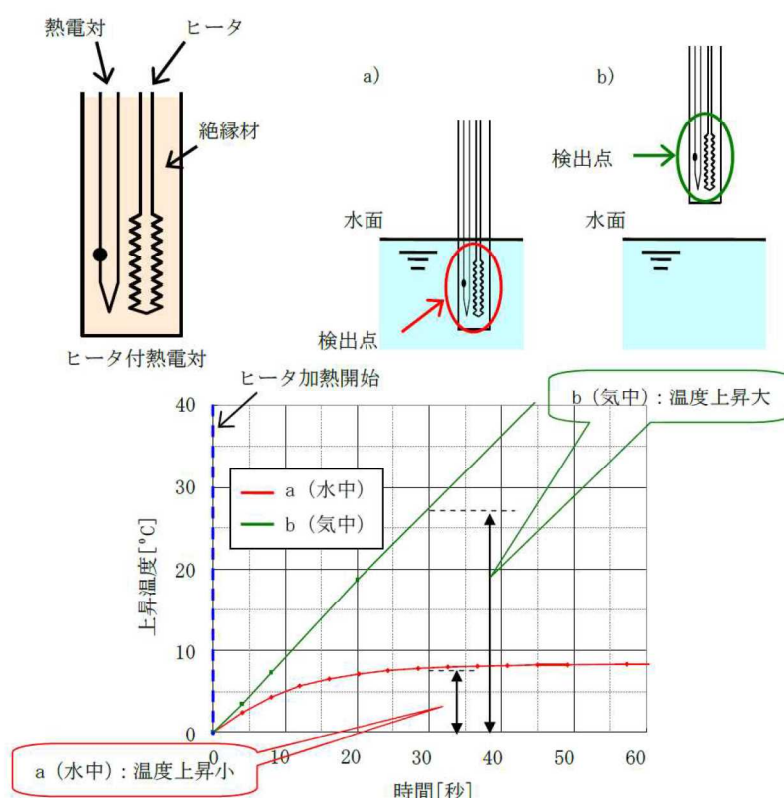
1. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の計測性能

(1) 検出原理

使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）は、金属シースとヒータ線・熱電対の間に絶縁材を充てん封入したヒータ付熱電対を使用した水位計である。ヒータ付熱電対の検出点が気中にあるときにヒータを加熱すると、熱電対が検出する温度はヒータ加熱時間にほぼ比例して上昇する。一方、検出点が水中にあるときにヒータを加熱すると、熱電対が検出する温度はヒータ加熱開始後、数十秒で飽和する（第1図）。これは気中と水中とで熱伝達率が異なっているためである。この特性を利用して、ヒータ加熱開始前後の熱電対の温度変化から検出点が水中にあるか気中にあるかを判定する。検出点をプールの深さ方向に複数並べることによって検出点の配置間隔でプール水位を計測することができる。

ヒータ加熱開始後30秒以上で水中／気中を判定することが可能だが、確実に水中／気中を判定するため、ヒータ加熱時間は60秒としている。

また、ヒータ付熱電対は、ヒータを加熱しない状態では、通常の熱電対と同様に温度を計測することが可能である。



第1図 ヒータ付熱電対式による水位検出原理

(2) 事故時の計測性能の信頼性について

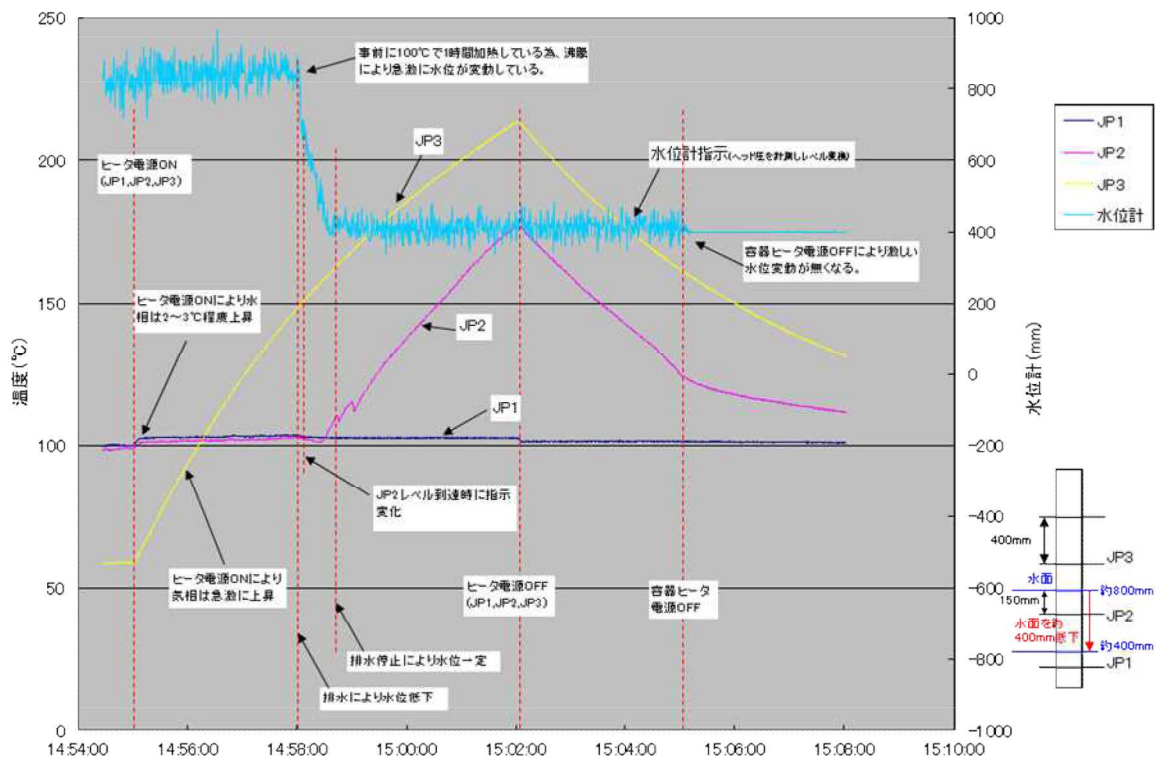
使用済燃料貯蔵プールの重大事故等時において、プール水温の上昇に伴う沸騰による水位低下が想定される。その場合は、気相部分の熱電対が蒸気に覆われることが想定されるため、そのような状態を模擬した試験を実施している。

試験容器内に水位計を設置し、水温を100℃まで加熱（沸騰状態）した状態から水位を低下させた試験を実施している。

ヒータ付き熱電対の応答性について、第2図において、水位を低下させてJP2（真ん中の温度計）温度計の挙動を確認する。

JP2 温度計が水面下（水中）の場合は温度上昇すること無く水温を測定しているが、検出器が水面以上（気中）となった場合はヒータによる加熱で温度が顕著に上昇し始めることが確認されており、検出点をヒータで加熱することにより水中／気中の判定は可能であると言える。

（第2図 「高温状態の試験結果」参照）



第2図 高温状態の試験結果

(3) 温度計及び水位計としての機能維持について

使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）は、熱電対による温度にて水温及び水位を測定する二つの機能を持つ。

温度計に関しては液相にある14箇所の温度を測定することで多重性を持つ設計とする。また、ヒータ付きの熱電対であるが全ての熱電対に対して同時にヒータを使用することはないため使用済燃料貯蔵プールの温度については連続して測定が可能である。

水位計に関しては、気相と液相の差温度を確認することにより水位を監視

することができる。また、ヒータで加熱することによって熱電対の温度上昇によって熱電対が気相または液相にあるのか判定が可能である。

ヒータ加熱によって水温測定が不可とならないように、ヒータの加熱は一定時間のシーケンシャル測定を実施しており、同時に水位・温度計としての機能が喪失しないような設計とする。

2. 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の水位設定点について

（1）目的

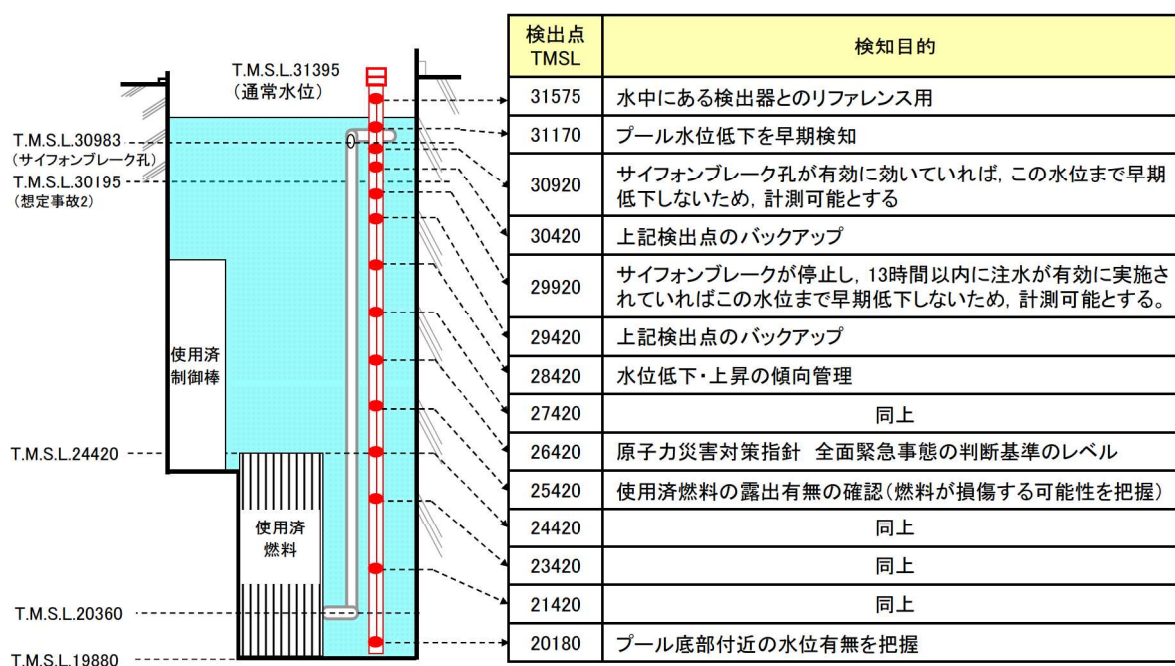
使用済燃料貯蔵プールの水位低下が発生した場合に，使用済燃料貯蔵プール水位計（SA 広域）において使用済燃料プール底部まで 14 個の温度計（熱電対）にて使用済燃料貯蔵プールの水位を検知する。

使用済燃料貯蔵プールの水位検出点としては以下の目的を把握できるように検出点を設ける設計とする。

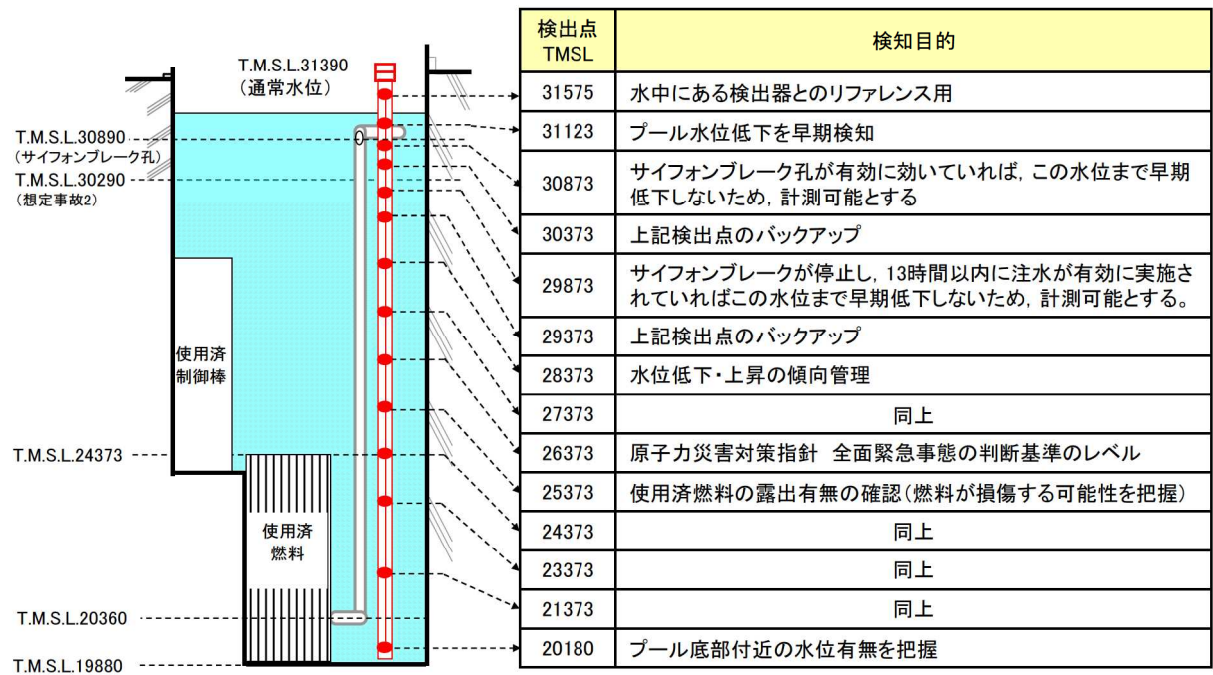
- ・使用済燃料貯蔵プールの水位低下を早期に検知すること
- ・使用済燃料貯蔵プールの水位低下時にサイフォンブレイク孔が有効に機能しているか把握すること
- ・使用済燃料貯蔵プールの水位低下時に代替注水設備が有効に機能しているか把握すること
- ・使用済燃料の露出有無（燃料損傷の可能性）を把握すること
- ・使用済燃料貯蔵プール底部付近の水位検知の有無を把握すること

（2）使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の水位設定点について

使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の各水位設定点は，検出点の単一故障や水位低下・上昇傾向を把握可能とするため，下図のとおり設定する。



第 1 図 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の水位設定点（6 号炉）



第2図 使用済燃料貯蔵プール水位・温度計（SA 広域）の水位設定点（7号炉）