

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第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-007 改7
提出年月日	2020年4月10日

工事計画に係る説明資料（核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設）

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付書類名称	補足説明資料（内容）	備考
1	使用済燃料貯蔵槽の温度、水位及び漏えいを監視する装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書		
2	燃料取扱設備、新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書		
3	燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書	1. 使用済燃料貯蔵プール周りの主要な重量物の配置 2. 燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所について 3. 原子炉建屋クレーンのインターロックについて 4. 新燃料の取扱いにおける落下防止対策 5. 使用済燃料輸送容器取扱い作業時における使用済燃料貯蔵プールへの影響 6. ワイヤロープ及び主要部材の強度に関する説明について 7. 使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物の抽出結果 別添 1 重量物落下時のチャンネルボックスへの荷重について	今回提出範囲
4	使用済燃料貯蔵槽の冷却能力に関する説明書		
5	使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力に関する説明書		

別紙 工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係

工認添付書類と設置許可まとめ資料との関係

(工事計画に係る補足説明資料 (核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設))

工認添付資料	設置許可まとめ資料			引用内容
燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書	DB	第 16 条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	落下防止について引用 ただし、燃料取替機及び原子炉建屋クレーンに係る評価方法及び評価結果については、各耐震計算書に示す。

燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の  
破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書に  
係る補足説明資料

## 目 次

1. 使用済燃料貯蔵プール周りの主要な重量物の配置	1-1
2. 燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所について	2-1
3. 原子炉建屋クレーンのインターロックについて	3-1
4. 新燃料の取扱いにおける落下防止対策	4-1
5. 使用済燃料輸送容器取扱い作業時における使用済燃料貯蔵プールへの影響	5-1
6. ワイヤロープ及び主要部材の強度に関する説明について	6-1
7. 使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物の抽出結果	7-1
別添 1 重量物落下時のチャンネルボックスへの荷重について	別 1-1

1. 使用済燃料貯蔵プール周りの主要な重量物の配置

落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある主要な重量物の配置を図 1-1 に示す。



原子炉建屋オペレーティング  
フロアの床面全体



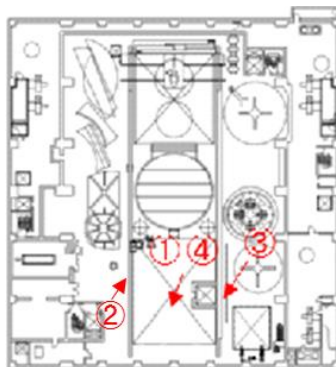
燃料取替機



使用済燃料貯蔵プール  
上部天井



原子炉建屋クレーン



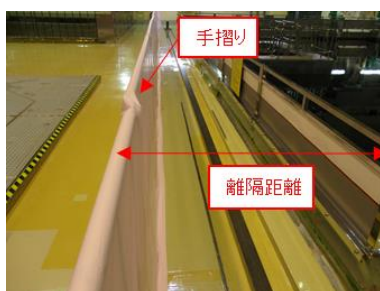
原子炉建屋オペレーティング  
フロアの床面概略平面図



①使用済燃料貯蔵プール全体



②使用済燃料貯蔵プール  
南側側面



③使用済燃料貯蔵プール  
北側側面



④使用済燃料貯蔵プール  
内ラック

図 1-1 使用済燃料貯蔵プール周りの主要な重量物の配置

## 2. 燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所について

燃料取替機及び原子炉建屋クレーンは、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、レールからの落下を防止するよう、ストoppaから基準地震動  $S_s$  での滑りを考慮した距離をとる、又はストoppaにより脱線を防止できる設計とする。図 2-1~2 に燃料取替機及び原子炉建屋クレーンの待機場所を示す。

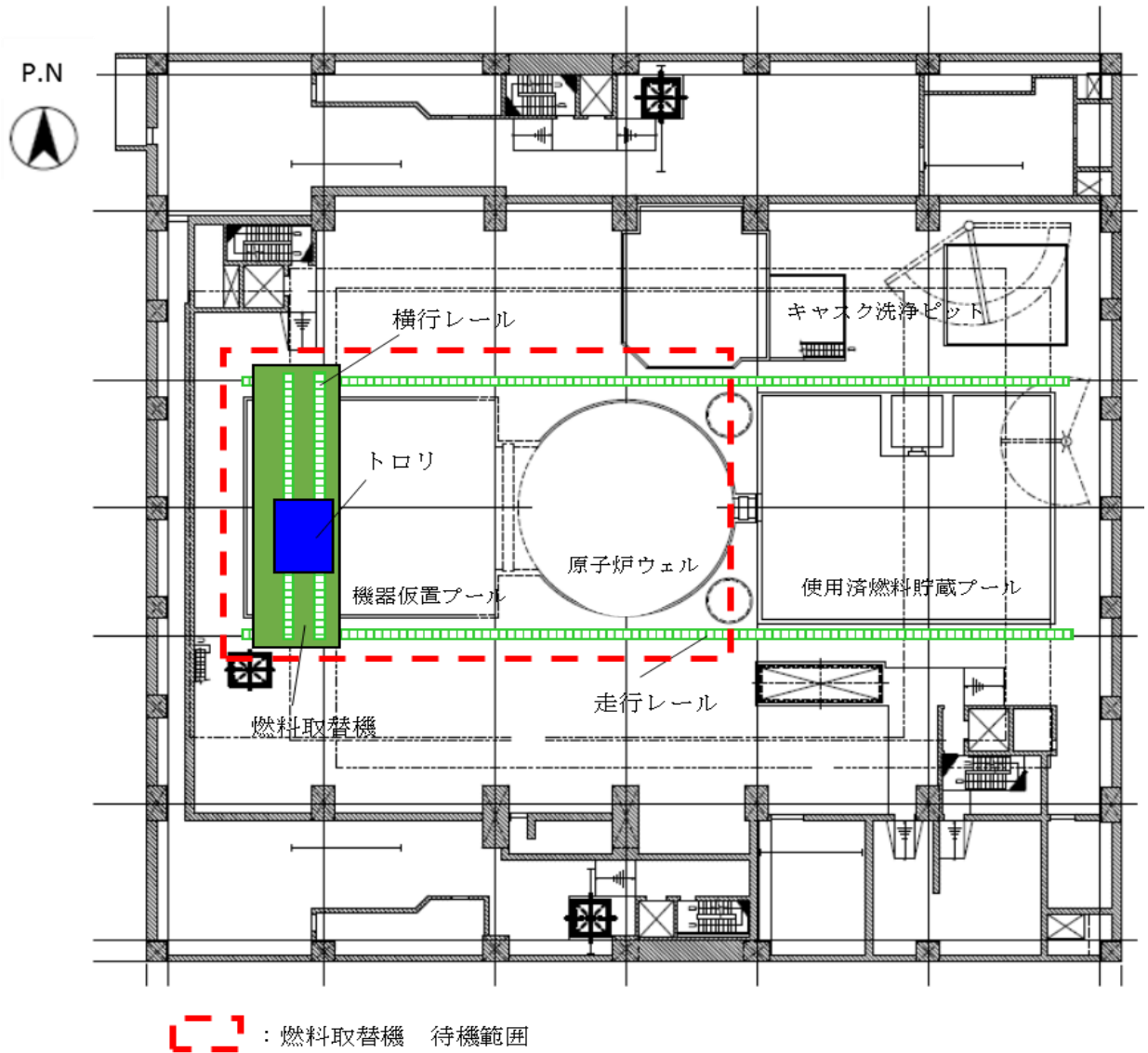
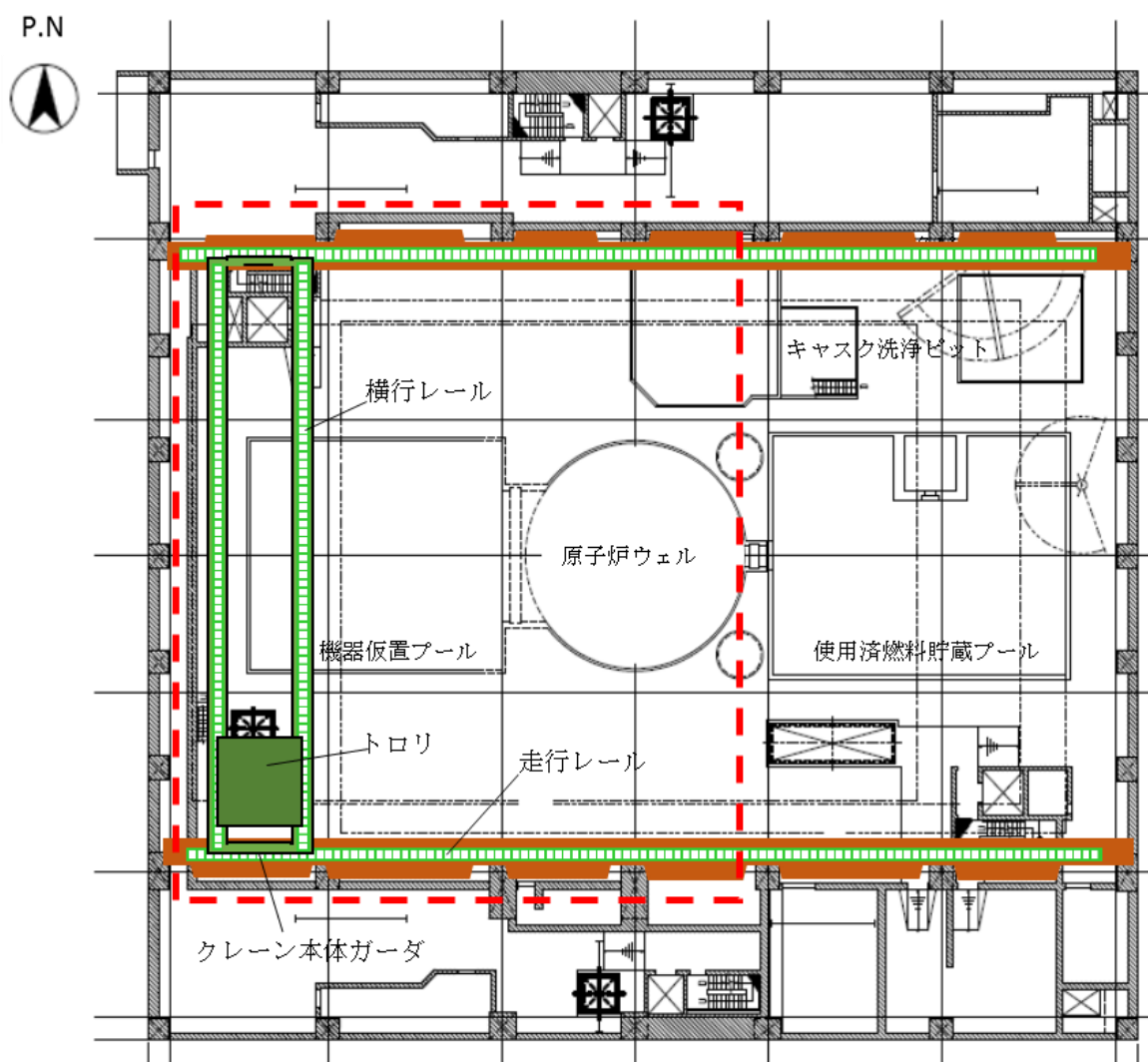


図 2-1 燃料取替機待機場所




 : 原子炉建屋クレーン待機範囲

図 2-2 原子炉建屋クレーン待機場所



### 3. 原子炉建屋クレーンのインターロックについて

原子炉建屋クレーンは、使用済燃料貯蔵プール上を使用済燃料輸送容器及び重量物が走行及び横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。

原子炉建屋クレーン走行レール及び横行レールは原子炉建屋オペレーティングフロアを走行及び横行できるよう敷設されているが、重量物及び使用済燃料輸送容器の移送を行う際には、重量物及び使用済燃料輸送容器が使用済燃料貯蔵プール上を通過しないよう、レールに沿って設置されたリミットスイッチ及びインターロックによる移送範囲の制限により、使用済燃料貯蔵プールへの重量物及び使用済燃料輸送容器の落下を防止する設計とする。

インターロックには3つのモード（A～Cモード）があり、取り扱う重量物に応じてモード選択を行い、移送範囲を制限することで、使用済燃料貯蔵プールへの重量物及び使用済燃料輸送容器の落下を防止している。上記について、社内規定にて原子炉建屋オペレーティングフロアにて揚重作業を行う場合、インターロック（A～Cモード）のモード選択にて移送範囲を制限することとし、工事毎の要領書にて、走行範囲を明確にして、可能な限り使用済燃料貯蔵プール上を移送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防止を図る。

原子炉建屋クレーンのインターロックによる重量物移送範囲の関係を図3-1～2に示す。なお、使用済燃料貯蔵プール上へアクセス可能なモードはCモードのみである。

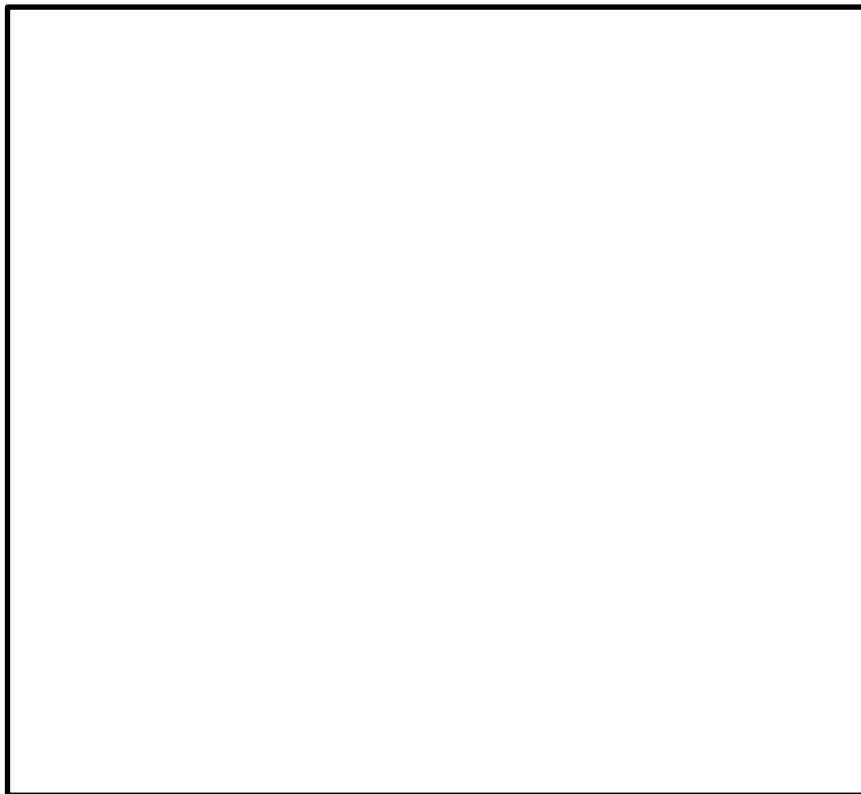


図3-1 原子炉建屋クレーンのインターロック（Bモード）による重量物移送範囲

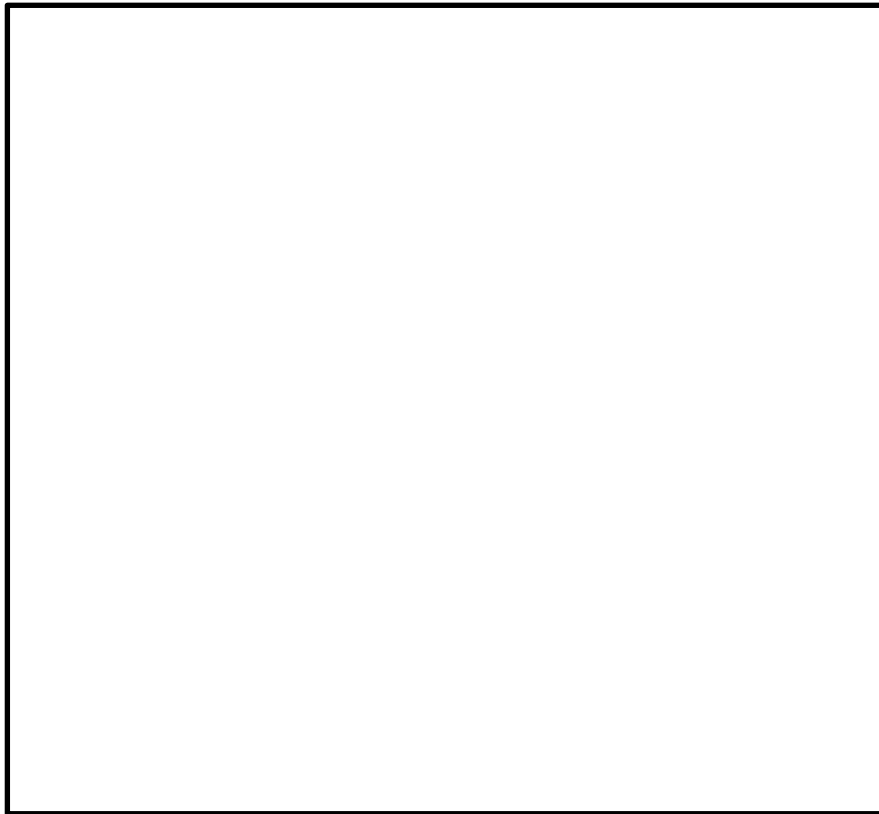


図 3-2 原子炉建屋クレーンのインターロック（Aモード）による  
使用済燃料輸送容器移送範囲

#### 4. 新燃料の取扱いにおける落下防止対策

新燃料は、新燃料輸送容器に2体ずつ収納され原子炉建屋クレーン（補巻）によって原子炉建屋オペレーティングフロアへ搬入する。新燃料輸送容器から新燃料検査台へは新燃料を1体ずつ原子炉建屋クレーン（補巻）によって移送し、受入検査を実施するとともにチャンネルボックスを装着する。新燃料検査台から新燃料貯蔵庫又は燃料チャンネル着脱機へ原子炉建屋クレーン（補巻）にて移送する。新燃料貯蔵庫から燃料チャンネル着脱機への移送にも原子炉建屋クレーン（補巻）を用いる。吊具として使用するナイロンスリングは気中作業で確実な装着を確認し、安全率は、6以上を確保している。燃料チャンネル着脱機から使用済燃料貯蔵プールのラック、ラック間及びラック-炉心間の移送は燃料取替機にて取り扱われる。

新燃料の取扱いに係る移送フロー及び経路（例）を図4-1に示す。

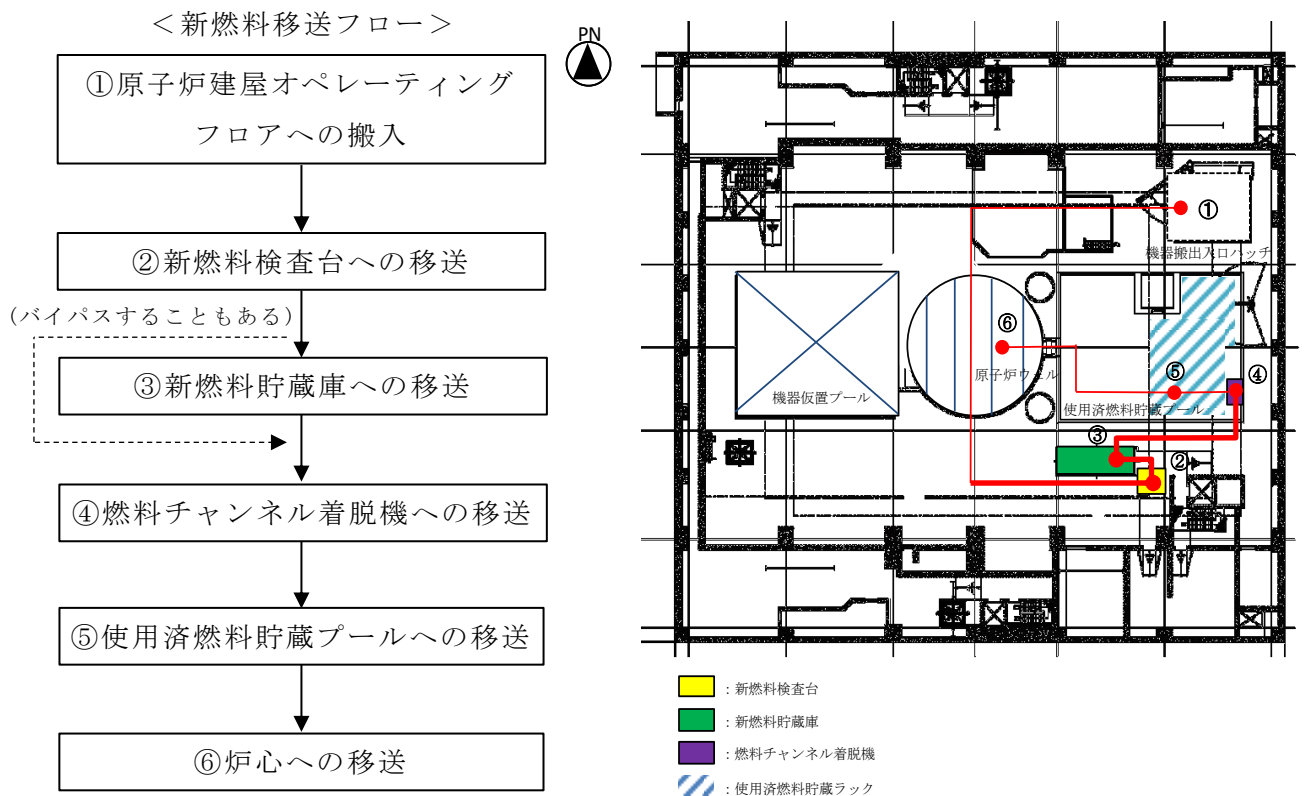


図4-1 新燃料の取扱いに係る移送フロー及び経路（例）

図 4-1 に示すとおり、新燃料は、原子炉ウェル上を通過しているが、新燃料移送は運転中等、原則原子炉蓋が閉まっているときに実施するため、原子炉内に新燃料が落下することはない。また、新燃料を使用済燃料貯蔵プールへ移送する際は、可能な限り使用済燃料貯蔵プール上を移送しない運用とし、使用済燃料貯蔵プール上への落下を防止している（「【参考】新燃料の入水作業」参照）。

原子炉建屋クレーンは、動力電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とともに、フックには外れ止め装置を装備し、新燃料の落下を防止する構造としており、速度制限、過巻防止用のリミットスイッチにより、誤操作等による新燃料の落下は防止される。

炉心への燃料装荷の際には、燃料取替機による新燃料移送作業を行うこととなるが、燃料取替機についても、動力源喪失時等における種々のインターロックが設けられており、新燃料の落下は防止される。

燃料チャンネル着脱機（図 4-2）は、使用済燃料貯蔵プールの壁面に設置され、ガイドレールがプール壁面の金物に差し込まれており、上部でボルト固定されている。燃料チャンネル着脱機は、1 体のみ燃料体等を載せることのできる台座と燃料体等が倒れないよう上部で支持する固定具が一体（カート）となり昇降する設計となっている。カートはガイドレールに支持されており、ローラチェーンを介して最上限ストッパから下限ストッパの位置までの間を昇降（図 4-3）し、直接使用済燃料貯蔵プールライニングに衝突しないため、使用済燃料貯蔵プールライニングを損傷させることはない。なお、燃料集合体外観検査時に燃料体等の昇降を行う際には、線量低減の観点から、機械的なインターロックにより、上限ストッパの位置までに上昇を制限する運用とする。電源遮断時には、電磁ブレーキで駆動軸を保持する構造となっている。

#### 【参考】新燃料の入水作業

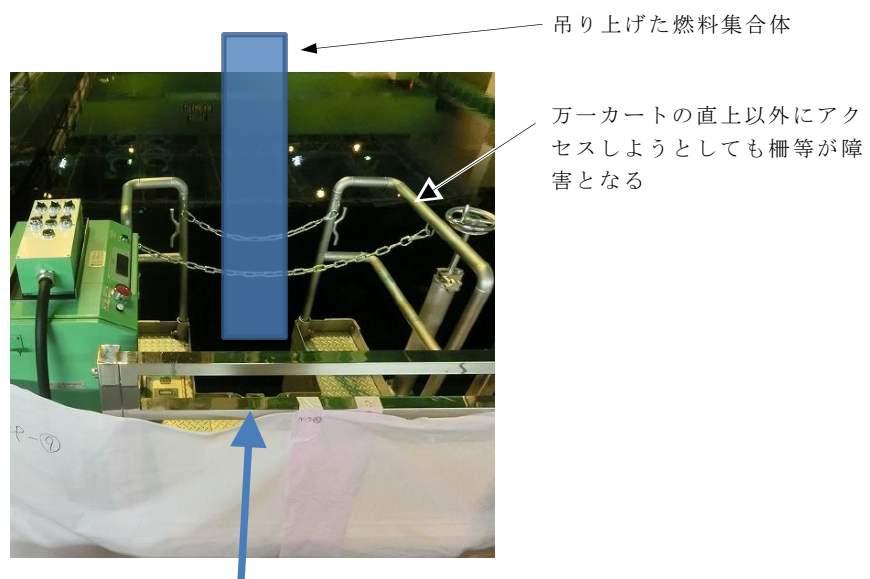
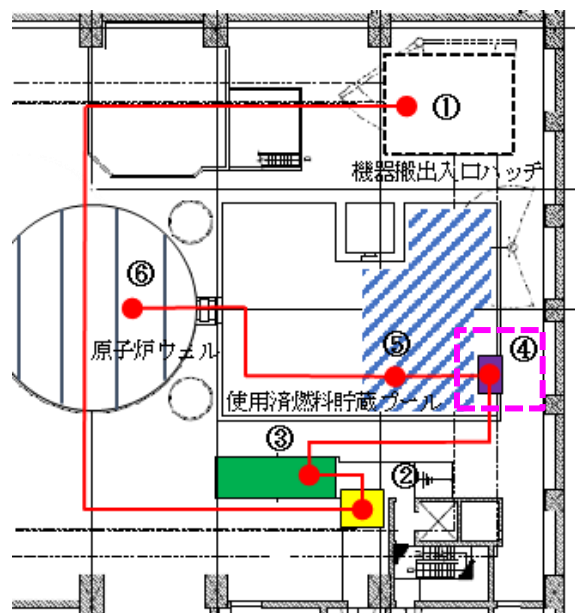
新燃料取扱時においては、原子炉建屋 4 階に搬入された新燃料輸送容器から、原子炉建屋クレーン（補巻）によって、燃料集合体を 1 体ずつ吊り上げ、新燃料検査台にて受入検査しチャンネルボックスを装着した上で、再び原子炉建屋クレーン（補巻）にて吊り上げて移動し（場合によっては新燃料貯蔵庫に貯蔵した後同様に吊り上げて移動し）、燃料チャンネル着脱機に載せて使用済燃料貯蔵プールに入水し、燃料取替機に受け渡す。

新燃料検査台又は新燃料貯蔵庫にて、原子炉建屋クレーン（補巻）は、安全率 6 以上のワイヤロープに装着された落下防止装置付きのフックにて、安全率 6 以上のナイロンスリングを気中作業にて確実に取り付けた新燃料をゆっくり吊り上げる。

新燃料検査台又は新燃料貯蔵庫から燃料チャンネル着脱機の直近までは、新燃料の動線上にある構造物を避けるために必要な高さ（原子炉建屋オペレーティングフロアの床面上から最大約 1.2 m）に吊り上げながら移動する。新燃料は、使用済燃料貯蔵プールの燃料チャンネル着脱機上に移動し、参考図のように、金属製の柵に囲まれた燃料チャ

ンネル着脱機の吊り下ろしエリアへ，作業員が直接手で触れ監視しつつクレーン操作者に指示を出して移動する。燃料チャンネル着脱機の吊り下ろしエリアでは，水面上に差し掛かる前に新燃料を燃料チャンネル着脱機上面近くまで吊り下ろす。

燃料チャンネル着脱機のカートが，水面から深さ□cm 程度の高さまで上昇した状態で待機しているところへ，作業員が直接手でサポートしながらクレーン操作者に指示を出し，新燃料をカート直上にゆっくりと移動させる。カートの真上に来たことを作業員が目視で確認し，ゆっくりと確実にカートの上面にある燃料をホールドする四角形の孔に目視をしながら下部タイプレートの下端から挿入し，カート下方の台座まで新燃料を降下させる。



参考図 チャンネル着脱機のカートへ吊り下ろす直前の状況（イメージ）

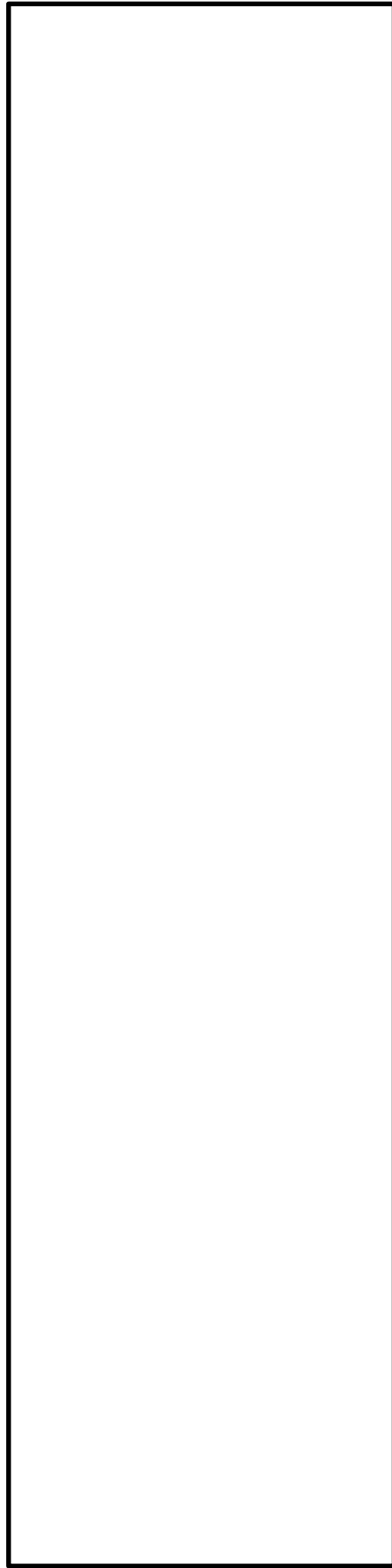


図 4-2 燃料チャンネル着脱機概要

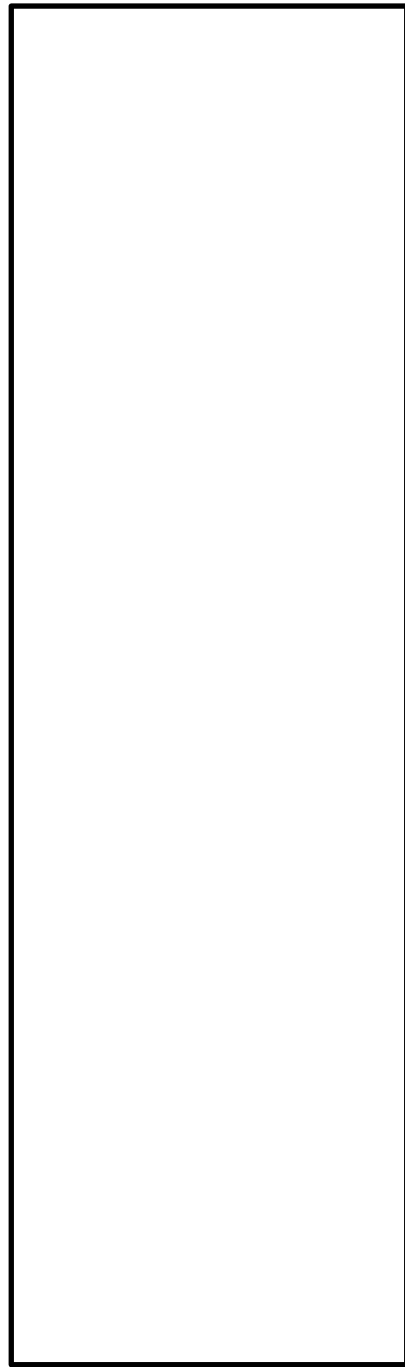


図 4-3 ストップの位置

## 5. 使用済燃料輸送容器取扱い作業時における使用済燃料貯蔵プールへの影響

使用済燃料輸送容器の取扱い作業は原子炉建屋クレーン（主巻）を使用し、機器搬出入口ハッチより原子炉建屋オペレーティングフロアへ使用済燃料輸送容器の移送を行い、キャスクピットにて使用済燃料の収納作業が行われる。ラックからキャスクピットの使用済燃料輸送容器への使用済燃料の移送には燃料取替機を用いる。作業概要について図 5-1 に示す。

本作業時における原子炉建屋クレーンの運転は、使用済燃料輸送容器が使用済燃料貯蔵プール上を通過することがないように、インターロックによる可動範囲制限を行うことで、使用済燃料貯蔵プールへの使用済燃料輸送容器の落下は防止される設計としている。

また、原子炉建屋クレーンはインターロックによる運転の他、動力電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とともに、フックには外れ止め金具が装備されており、速度制限、過巻防止用のリミットスイッチも設けられていることから、使用済燃料輸送容器の落下は防止される設計としている。

なお、キャスクピットでの使用済燃料輸送容器取扱い時に、仮に地震等にて原子炉建屋クレーンの各ブレーキ（横行、走行、巻上下）の機能が喪失した場合、使用済燃料輸送容器は横行、走行方向及び鉛直方向に滑るおそれがあるが、使用済燃料輸送容器をキャスクピットにて取り扱う際には、キャスクピットを使用済燃料貯蔵プールと隔離して、キャスクピット単独で水抜き等を実施するためのキャスクピットゲートが設置されるため、使用済燃料輸送容器が横行、走行方向及び鉛直方向に滑った<sup>\*1,2</sup>としても、使用済燃料貯蔵プール水位維持のための使用済燃料貯蔵プールライニング健全性は維持される。使用済燃料輸送容器とキャスクピットの上から見た位置関係を図 5-2 に示す。

使用済燃料を燃料取替機にて使用済燃料輸送容器に収納する際は、キャスクピットにアクセスするため燃料取替機のモードをキャスクモードに切り替える。通常燃料を約  m しか吊り上げられないインターロックとなっているが、これによって、最大で約  m まで吊り上げられるようになる。図 5-3 に使用済燃料輸送容器とキャスクピットを横から見た位置関係を示す。

キャスクピットから取り出した使用済燃料輸送容器は、原子炉建屋オペレーティングフロアとは隔離されたキャスク除染ピットにおいて、転倒防止装置を取り付けることにより固縛する。

注記\*1: 使用済燃料輸送容器取扱い時は、インターロックにより可動範囲が制限されること及びキャスクピットはキャスクピットゲートにより使用済燃料貯蔵プールと隔離されることから、使用済燃料輸送容器がキャスクピット内に吊り下ろされている状態で横行、走行方向に滑ったとしても使用済燃料輸送容器とキャスクピット壁の隙間は約 37cm であり、使用済燃料貯蔵プールライニングを損傷させない。

\*2: 鉛直方向ブレーキについて、制動力を上回る負荷トルクが発生した場合の滑り量

は KK7 補足-028-10「機電分耐震計算書の補足について」にて説明する。

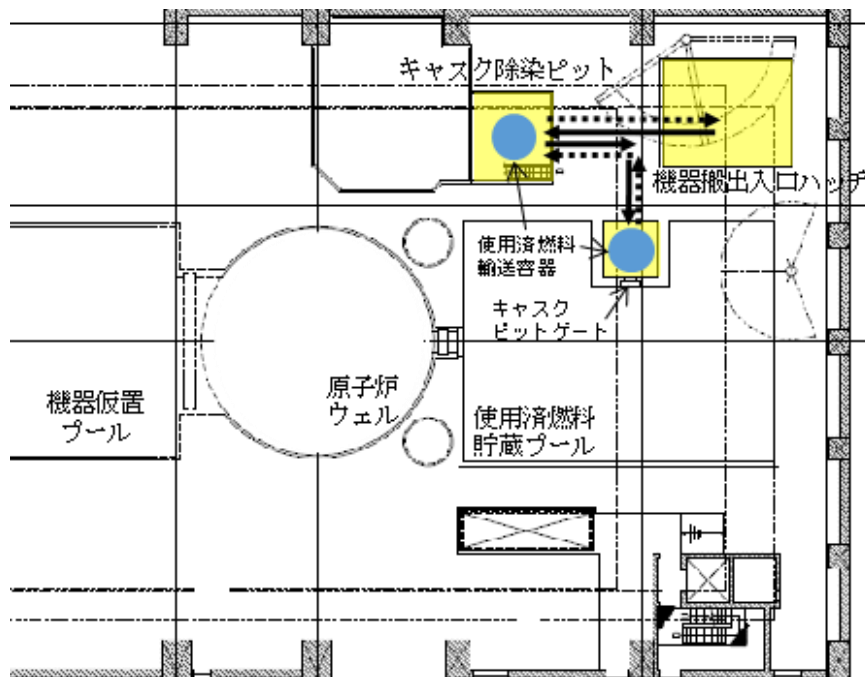
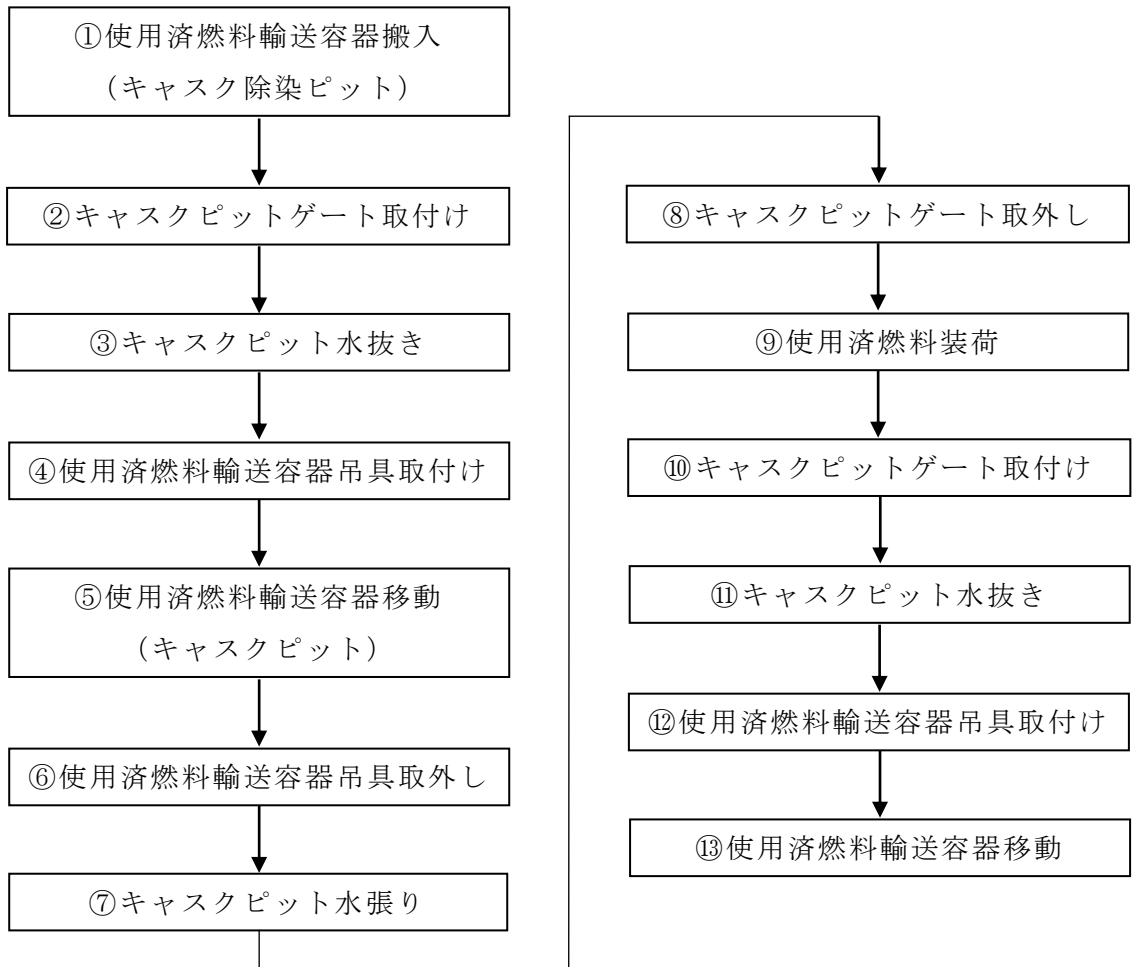


図 5-1 キャスク取扱い作業フロー (例)



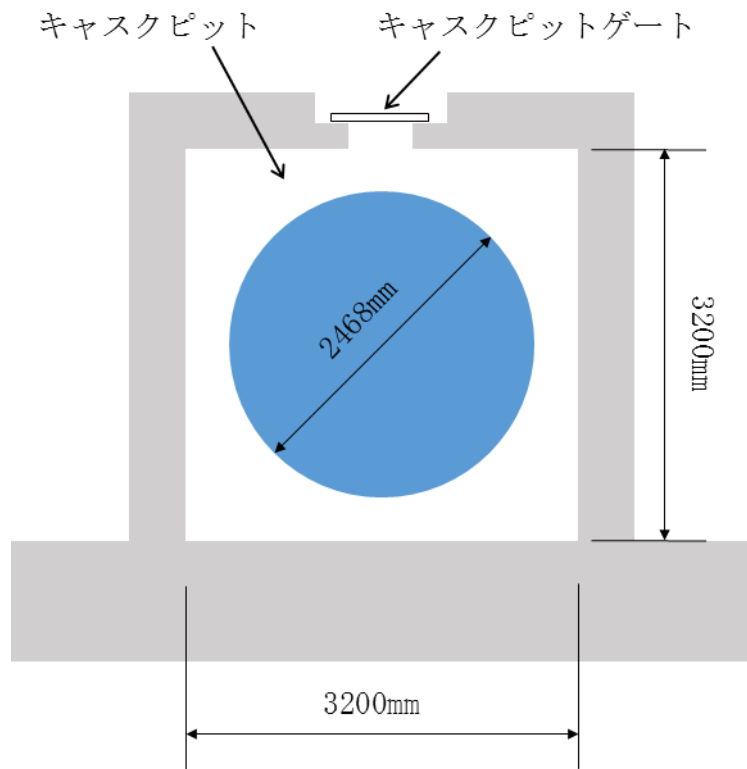


図 5-2 使用済燃料輸送容器とカスクピットの位置関係（上から見た図）

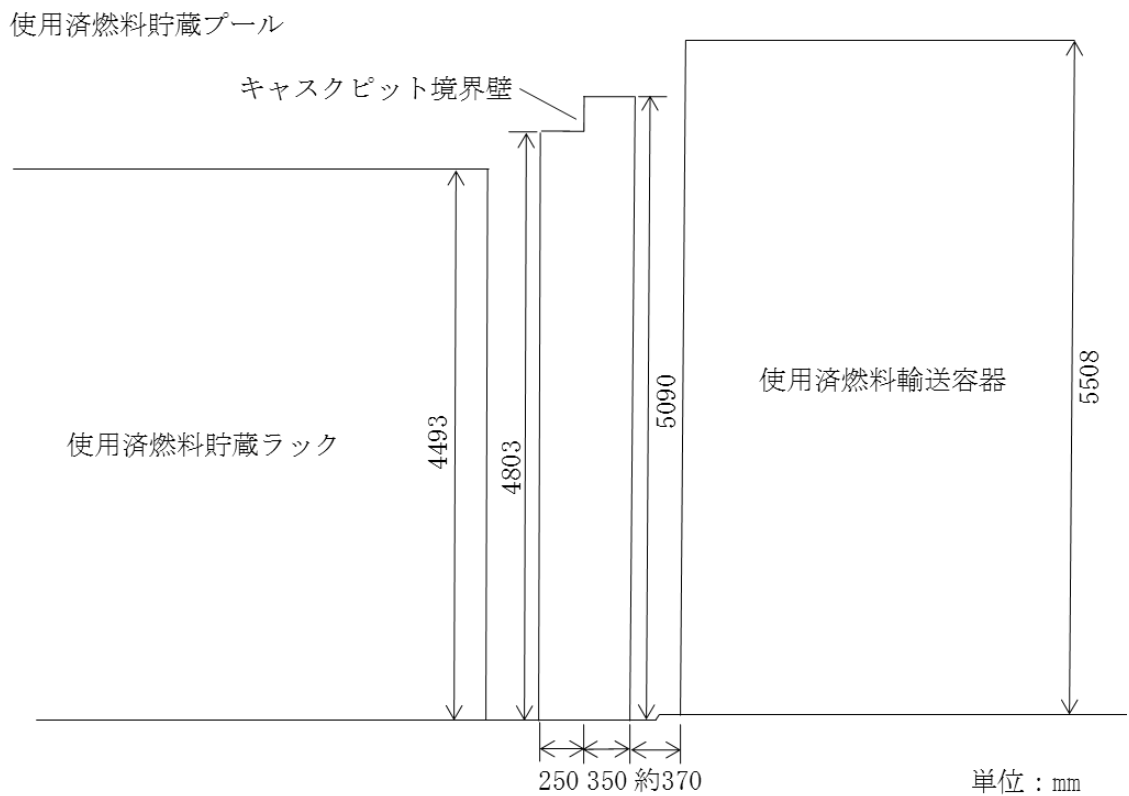


図 5-3 使用済燃料輸送容器とカスクピットの位置関係（横から見た図）

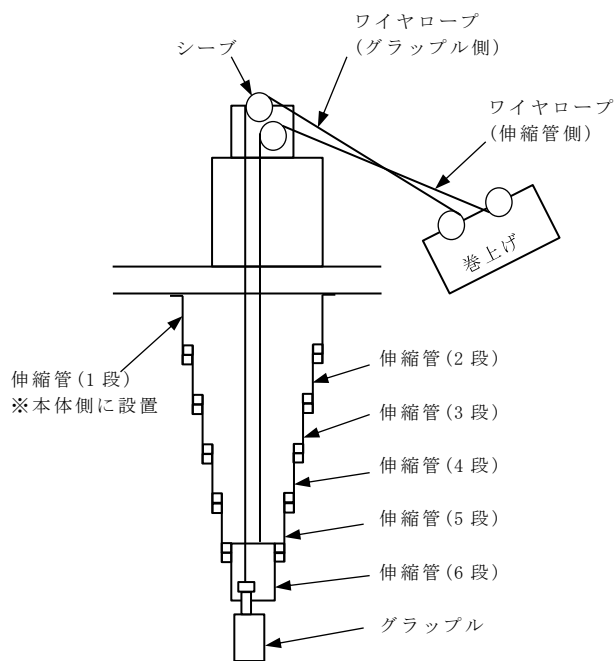
6. ワイヤロープ及び主要部材の強度に関する説明について

燃料取替機は、ワイヤロープを2本有しており、1本が「燃料集合体及びグラップル」を、もう1本が「伸縮管」をそれぞれ吊る構造となっている（図6-1参照）。

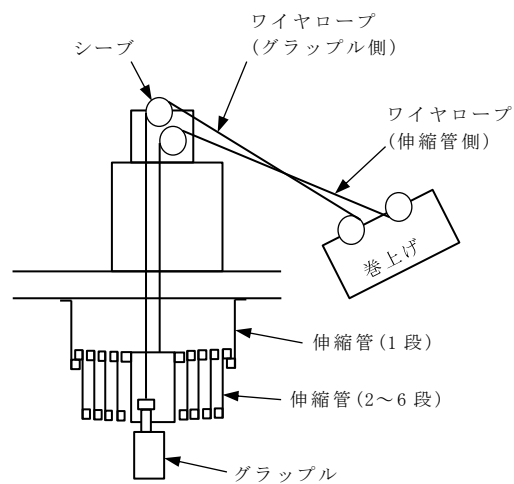
燃料取替機は、定格荷重を460 kgとしており、0.5 t未満のためクレーン構造規格適用除外揚重機となるが、ホイスト、走行レール、ガーダの設計については、クレーン構造規格を準用し、その他の部品は、JIS及びメーカー社内基準等に基づいた設計としており、各ワイヤロープは、当該規格要求を満足する安全率を有した設計としている。

万が一どちらかのワイヤロープが切断した場合でも、残り1本のワイヤロープで吊荷（燃料集合体 約  kg）、伸縮管（本体側に設置（固定）された第1段を除く第2段～6段の荷重：約  kg）及びグラップル（約  kg）を保持可能な設計としている。

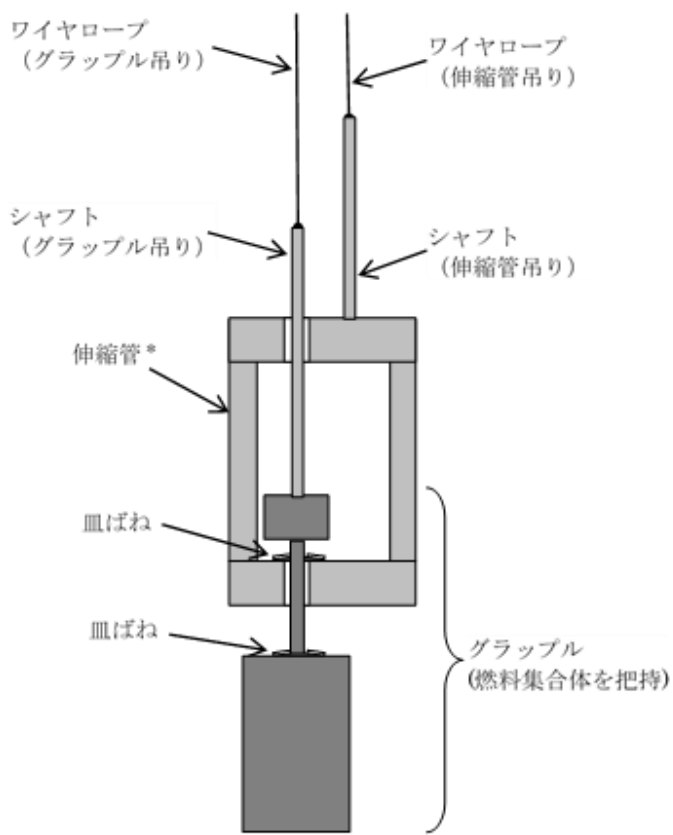
ワイヤロープの破断荷重（ kN）に対し、使用上の最大荷重は13.0 kN（定格荷重460 kg、グラップル 約  kg、伸縮管（第2段～6段の荷重）約  kg：合計約  kg）で、安全率は約9であり、クレーン構造規格要求（安全率3.55）を満足した設計となっている。また、燃料吊り荷重伝達ルートにおける、ワイヤロープ以外の主要強度部材（フック、グラップルシャフト、ワイヤロープ取付部等）においても、クレーン構造規格に定めるワイヤロープと同等以上の安全率を有する設計としている。



燃料取替機概略 (伸縮管伸長時)



燃料取替機概略 (伸縮管収縮時)



注記\* : 伸縮管は模式図とし、先端の管 (6段)のみを記載。

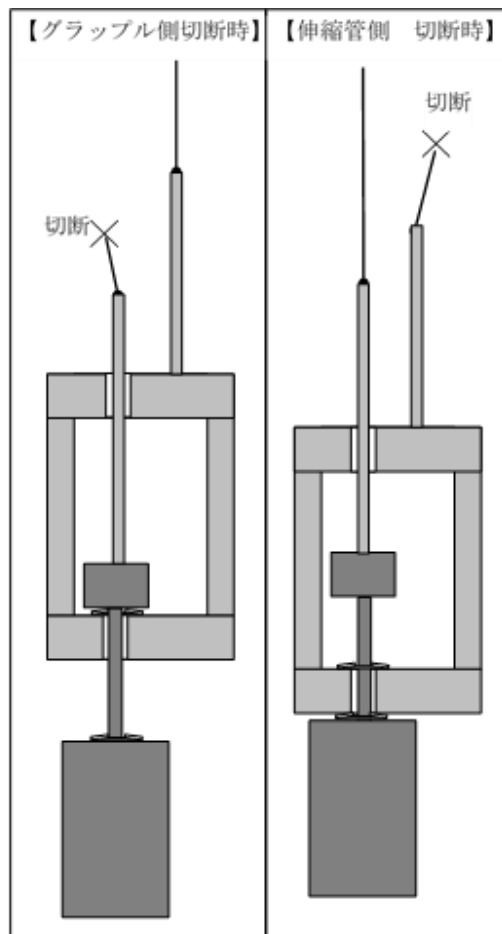


図 6-1 ワイヤロープ概略図

・片側ワイヤロープが切断した場合の衝撃荷重について

先に示したクレーン構造規格要求の安全率3.55は、静荷重に対して定められたものであるため、片側ワイヤロープが切断した場合の衝撃荷重が加わっても、残りの片側ワイヤロープが保持可能であることについて以下のとおり確認した。

ワイヤロープの破断荷重が、衝撃荷重と負担荷重の和よりも大きいことを確認する。

ワイヤロープ2本の内、伸縮管側のワイヤロープが切断したと仮定する。この場合の衝撃荷重Fは、

$$\int F dt = m \cdot v$$

で表される。ここで、m：伸縮管荷重（約□ kg），v：速度である。ワイヤロープの固有周期をTとすれば、

$$F = 2 \pi m V / T$$

となる。ここで、 $\pi$ ：円周率，V：落下距離到達時の速度である。

固有周期Tは、以下の式で表せる。

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ここで、kはワイヤロープのバネ定数で、

$$k = E \cdot A / L$$

E：ワイヤロープの弾性係数 約□ N/mm<sup>2</sup>

A：ワイヤロープの断面積 □ mm<sup>2</sup>

L：ワイヤロープの長さ（巻出し長さ） 約□ m

落下距離は（伸縮管－グラップル間）として46 mmであり、落下距離到達時の速度Vは重力加速度を9.8 m/s<sup>2</sup>とすれば0.95 m/sと計算でき、衝撃荷重F=約□ Nとなる。

ワイヤロープの負担荷重は、定格荷重460 kgとグラップル約□ kgの合計とし、衝撃荷重Fには余裕をみてF=35000 Nとすると、ワイヤロープの破断荷重：□ Nより、

$$\begin{aligned} \text{破断荷重} / (\text{衝撃荷重} + \text{負担荷重}) &= \square / (35000 + \square \times 9.8) \\ &= \square > 2 \end{aligned}$$

上記結果により、片側ワイヤロープ（伸縮管側）が切断した場合においても、破断荷重が衝撃荷重と負担荷重の和を上回っており、もう片側のワイヤロープにて保持可能な設計を有している。

なお、式の出典は機械工学便覧、各パラメータは以下による。

E：ワイヤロープのメーカー値を採用。ワイヤロープはプレテンション加工\*を実施しており、経年後の固くなった状態を想定。

A：ワイヤロープは、約10倍の安全率を有した設計であり、2定検毎に交換を行うことから、顕著な恒久的伸びは発生しないため、断面積の縮小は考慮せず、製作時の寸法を想定。

L：グラップルを最上限位置まで巻上げ，伸縮管第2段～6段の荷重が掛かった状態を想定。

注記＊：製作完了後，引張装置を使用し，所定の荷重（張力）をかけ，一定時間保持した後，荷重を元に戻すことを一定回数繰り返すことで，使用初期に生じる初期伸び及びロープ径の細りが少なくなる。なお，加工により弾性係数が約1.3倍増加する。

## 7. 使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物の抽出結果

### 7.1 使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物の抽出結果

使用済燃料貯蔵プール周辺設備等の重量物について、使用済燃料貯蔵プールへの落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物について、使用済燃料貯蔵プールとの位置関係、作業実績を踏まえて抽出した結果の詳細を表 7-1 に示す。気中落下時の衝突エネルギーが落下試験の衝突エネルギーより大きい設備等について、十分な離隔距離の確保、固縛若しくは固定、又は基準地震動  $S_s$  による地震荷重に対し使用済燃料貯蔵プールへ落下しない設計を行うことにより落下防止対策を行っている。基準地震動  $S_s$  において使用済燃料貯蔵プールへ落下しない設計とする設備のうち、チャンネル取扱ブーム、再循環ポンプ取扱装置仮置台、チャンネル貯蔵ラック及び使用済燃料貯蔵プール上部ダクトの耐震評価結果については 7.2 に示す。なお、使用済燃料貯蔵プール周辺で資機材等を設置する場合は、落下時の衝突エネルギーの大小に関わらず、社内規定に基づき評価を行い、設置場所や固定方法について検討した上で設置する。

また、使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある重量物のうち、使用済燃料貯蔵プールのフロアレベルに設置するものの一覧（表 7-2）、配置図（図 7-1）及び吊荷の落下防止対策（表 7-3）を以下に示す。

表 7-1 使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼすおそれのある  
重量物の抽出結果\*1

番号	抽出項目*5	詳細	抽出の考え方	使用済燃料貯蔵プールに対する位置関係、作業実績を踏まえた落下防止対策	
1	原子炉建屋	B 屋根トラス、耐震壁等	ウォークダウンにより抽出	基準地震動 S s に対する落下防止設計 落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない	
		B ダクト			
		A 天井照明			
2	燃料取替機	燃料取替機	作業実績を踏まえ抽出	基準地震動 S s に対する落下防止設計	
3	原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン	作業実績を踏まえ抽出	基準地震動 S s に対する落下防止設計	
4	プール用ジブクレーン	プール用ジブクレーン	ウォークダウンにより抽出	撤去*2	
5	チャンネル取扱ブーム	チャンネル取扱ブーム	機器配置図等により抽出	基準地震動 S s に対する落下防止設計	
6	その他クレーン類	新燃料検査台 機器搬出入口用ジブクレーン	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による落下防止対策*3	
7	RCCVヘッド (取扱具含む)	RCCVヘッド (ボルト含む) RCCV M/I吊具	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による落下防止対策*3,4	
8	RPVヘッド (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)) スタッドボルト	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による落下防止対策*3,4	
		RPVヘッド自動着脱機制御盤 RPVヘッド保温材			
		RPV上蓋除染パン 上蓋支持台			
		ボルトシャンク部清掃装置 スタッドボルトラック			
		RPVオーリング			
		ボルト着脱装置 油圧装置・集塵装置 (RPVヘッド自動着脱装置用) テンション予備品収納箱 ボルトスタンド			
		離隔、固縛等による落下防止対策*3			
		離隔、固縛等による落下防止対策*3,4			
		離隔、固縛等による落下防止対策*4			
		離隔、固縛等による落下防止対策*3,4			
9	内挿物 (取扱具含む)	B シュラウドヘッド+気水分離器	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない	
		B シュラウドヘッドボルト	作業実績を踏まえ抽出		
		A シュラウドヘッドボルトレンチ			機器配置図等により抽出
		B 蒸気乾燥器	作業実績を踏まえ抽出		
		B D/Sスリング			機器配置図等により抽出
		B MSラインブラグ	作業実績を踏まえ抽出		
		B 主蒸気ラインブラグ操作ユニット			機器配置図等により抽出
		B ガイドロッド (収納ケース含む)	作業実績を踏まえ抽出		
		A ガイドロッドつかみ具			
		A グリッドガイド			
		A インコア挿入ガイド			
		A 挿入ガイド一時保管台			
		A 操作ボール			
		A ミラーアタッチメント			
		A 計測器取扱具 (IHT)			
		B 中性子源			機器配置図等により抽出
		B 再循環ポンプ検査水槽			
		B 再循環ポンプ検査水槽用作業架台			
		A 再循環ポンプ検査水槽用仮設レール			
		B 再循環ポンプ上部取扱装置保管用移動レール			
		B 再循環ポンプ上部取扱装置保管用吊り天秤			
		B インペラ・シャフトクラッド除去治具			
		B 再循環ポンプ上部共通吊具 (保管箱含む)			
		A 再循環ポンプ上部取扱接続ロッド			
		B 再循環ポンプ上部ブラグ			
		B 再循環ポンプディフューザ・ストレッチチューブつかみ具			
B 再循環ポンプディフューザウェアリングつかみ具					
離隔、固縛等による落下防止対策*4					
離隔、固縛等による落下防止対策*3					
落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない					
離隔、固縛等による落下防止対策*3,4					
離隔、固縛等による落下防止対策*3,4					

番号	抽出項目*5	詳細	抽出の考え方	使用済燃料貯蔵プールに対する位置関係、作業実績を踏まえた落下防止対策			
9	内挿物（取扱具含む）	B	再循環ポンプインペラ・シャフト	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*4		
		B	再循環ポンプインペラ・シャフトつかみ具		離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
		B	再循環ポンプディフューザ・ストレッチチューブ		離隔、固縛等による 落下防止対策*4		
		A	再循環ポンプディフューザウェアリング		作業実績を踏まえ抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない	
		A	燃料集合体				
		A	他号機燃料取扱グラブ（収納コンテナ含む）	機器配置図等により抽出			
		A	燃料チャンネル	ウォークダウンにより抽出			
		A	燃料チャンネル着脱機				
		A	チャンネル移動つかみ具	機器配置図等により抽出			
		A	チャンネル取扱具				
		A	チャンネルボルトレンチ				
		A	制御棒	作業実績を踏まえ抽出			
		A	制御棒つかみ具				
		B	CR・FS	機器配置図等により抽出			離隔、固縛等による 落下防止対策
		B	CR・FS同時つかみ具（保管架台含む）				離隔、固縛等による 落下防止対策*4
		A	LPRM切断機	作業実績を踏まえ抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない		
		A	LPRM吊下げハンガ				
		A	SRNM				
		A	LPRM検出器				
		A	LPRMドライチューブ移送具	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
		A	インコアマニプレーター				
		A	ブレードガイド				
		B	インコアストロングバック（原子炉内計装管搬出入装置）				
A	サーバランス試験片	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない					
B	再循環ポンプ取扱具保管棚	離隔、固縛等による 落下防止対策*3					
10	プール壁設置物	再循環ポンプ取扱装置仮置台	機器配置図等により抽出	基準地震動Ssに対する 落下防止設計			
11	プール内ラック類	A	使用済燃料貯蔵ラック	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない		
		A	制御棒・破損燃料貯蔵ラック		離隔、固縛等による 落下防止対策*3		
		B	新燃料貯蔵ラック	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない		
		A	制御棒貯蔵ハンガ				
		A	使用済LPRM保管ラック				
		A	ブレードガイド貯蔵ラック				
		A	再循環ポンプインペラ・シャフト保管ラック				
A	再循環ポンプディフューザ・ストレッチチューブ保管ラック						
12	プールゲート類	SFPゲート（小）	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*4			
		SFPゲート（大）					
		キャスクビットゲート					
		DSPゲート					
13	使用済燃料輸送容器（取扱具含む）	使用済燃料輸送容器	作業実績を踏まえ抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*4			
		使用済燃料輸送容器吊具	機器配置図等により抽出				
		転倒防止架台	作業実績を踏まえ抽出				
14	電源盤類	機器搬出入口ハッチカバー制御盤	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3			
		燃料チャンネル着脱機制御盤	機器配置図等により抽出				
		原子炉内ISI装置用制御盤					
		再循環ポンプインペラ・シャフト検査台用操作盤					
		ジャンクションBOX			ウォークダウンにより抽出		
		原子炉建屋クレーン操作箱					
		RPVヘッド自動着脱機トランス盤					
		照明用トランス					
		照明用分電盤					
		作業用電源箱					
		原子炉建屋クレーン点検用照明電源スイッチ箱					
		原子炉建屋クレーンジョイントボックス					
		無線通信設備補助増幅器					
使用済燃料プール水位・温度計中継端子箱							
15	フェンス・ラダー類	A	手摺り	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない		
		B	DSP用梯子	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
		B	原子炉ウェル用梯子		離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
		B	新燃料検査台ピット用ラダー	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3		
		B	SFPスロット部ブリッジ	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		



番号	抽出項目*5	詳細	抽出の考え方	使用済燃料貯蔵プールに対する位置関係、作業実績を踏まえた落下防止対策
16	装置類	B 伸縮式電動ハッチ駆動装置	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		B 除染装置（収納コンテナ含む）		
		A DSPゲートエアパッキン供給装置	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
17	作業機材類	B 清掃装置	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		B 工具収納ラック A		
		B 工具収納ラック B		
		B 工具収納ラック C		
		B 工具箱（1）	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4
		B 工具箱（2）		
		B 工具箱（3）		
		B スリング類収納ハンガ	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		B 長物類収納ラック A		
		B 長物類収納ラック B		
		B ボール類収納ラック		
		B 搬入口ハッチカバー部品収納箱	機器配置図等により抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		A 再循環ポンプインペラ・シャフト検査台用 水中TVカメラユニット		
		A 再循環ポンプ取扱装置用水中TVカメラ 操作ラック		
		B 清掃油棚		
		A 再循環ポンプ取扱機器用水中TVカメラ	ウォークダウンにより抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		A ポータブル型気中投光式照明灯		
A ビューイングエイド				
A 燃料チャンネル着脱機テレビカメラ				
A 燃料取替監視用テレビ装置SFP側テレビカメラ	機器配置図等により抽出			
A 燃料取替監視用テレビ装置炉心側テレビカメラ				
18	計器・カメラ・ 通信機器類	B IAEAカメラ	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策
		B ITVカメラ	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		B ARM（エリアモニタ）		
		B プロセスモニタ	ウォークダウンにより抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		B ページング		
		A 使用済燃料貯蔵プール温度計		
		A 使用済燃料貯蔵プール水位計		
		B 水素濃度計	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		B フィルタ装置出口配管Uシール水位計		
		B 原子炉建屋-外気差圧（南側）発信器		
		B 原子炉建屋-外気差圧（西側）発信器		
		B 原子炉建屋-外気差圧（東側）発信器		
		B 原子炉建屋-外気差圧（北側）発信器		
		B SGTSイオンチェンバ検出器		
B SGTS排気流量発信器				
19	試験・検査用機材類	A 再循環ポンプ検査台	作業実績を踏まえ抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		B シッパーキャップ（シッピング検査用）	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*4
		B 原子炉内 ISI装置収納庫	作業実績を踏まえ抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4
20	コンクリートブラグ・ ハッチ類	SFPスロットブラグ（A）	作業実績を踏まえ抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4
		SFPスロットブラグ（B）		
		SFPスロットブラグ（C）		
		SFPスロットブラグ（D）		
		DSスロットブラグ（A）		
		DSスロットブラグ（B）		
		DSスロットブラグ（C）		
		D/Sプールカバー	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
		原子炉ウエルカバー（A）		
		原子炉ウエルカバー（B）		
		原子炉ウエルカバー（C）		
		原子炉ウエルカバー（D）		
		原子炉ウエルカバー（E）		
大物搬入口ハッチカバー	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
新燃料貯蔵庫カバー				
スキマサージタンク用ハッチカバーA スキマサージタンク用ハッチカバーB				
新燃料検査台ビットカバー	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3		
燃料把握機調整ビットカバー				
キャスク洗浄ビットカバー	ウォークダウンにより抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3,4		
21	空調機	燃料取替機制御室空調機	機器配置図等により抽出	離隔、固縛等による 落下防止対策*3
22	重大事故等対処設備	静的触媒式水素再結合器 常設スプレイヘッド	ウォークダウンにより抽出	基準地震動Ssに対する 落下防止設計

番号	抽出項目 <sup>*5</sup>	詳細	抽出の考え方	使用済燃料貯蔵プールに対する位置関係、作業実績を踏まえた落下防止対策	
23	その他	A	チェッカープレート	ウォークダウンにより抽出	落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		A	非常誘導灯		離隔、固縛等による落下防止対策 <sup>*3</sup>
		B	消火設備		離隔、固縛等による落下防止対策
		B	掲示物		離隔、固縛等による落下防止対策
		B	鉛ガラス		離隔、固縛等による落下防止対策
		B	トップベント		離隔、固縛等による落下防止対策
		B	ブローアウトパネル		離隔、固縛等による落下防止対策
		A	ケーブル		落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		B	放送機材		離隔、固縛等による落下防止対策
		A	救命用具		落下時に使用済燃料貯蔵プールの機能に影響を及ぼさない
		A	定期検査用資機材		離隔、固縛等による落下防止対策 <sup>*3</sup>
		B	止水堰		離隔、固縛等による落下防止対策 <sup>*3</sup>

注記\*1：重量物の抽出に当たっては、ニューシア情報を確認し、重量物の固縛措置に関して、柏崎刈羽原子力発電所第7号機で反映が必要な事項はないことを確認している。

\*2：プール用ジブクレーンは基準地震動S<sub>s</sub>による使用済燃料貯蔵プールへの波及的影響を考慮して撤去する。なお、プール用ジブクレーンで実施していた作業は、燃料取替機、原子炉建屋クレーン及びチャンネル取扱ブームにより実施可能なため、プール用ジブクレーン撤去による問題はない。

\*3：使用済燃料貯蔵プールのフロアレベルに設置するものの離隔、固縛等による落下防止対策の詳細について表7-2に記載する。

\*4：吊り上げ時の落下防止対策の詳細について表7-3に記載する。

\*5：「抽出項目」で示す設備等のうち、落下時に使用済燃料貯蔵プールに影響を及ぼさないものと落下防止対策を実施するものがいずれも含まれる設備等については、落下時に影響を及ぼさないものを「A」、落下防止対策を実施するものを「B」とする。

表 7-2 使用済燃料貯蔵プールのフロアレベルに設置するものの一覧

番号	抽出項目	No.	詳細	離隔の考え方 (使用済燃料貯蔵プールからの距離, 設置高さ, 重量, 形状, 床の段差)
6	その他クレーン類	1	新燃料検査台	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		2	機器搬出入口用ジブクレーン	
7	RCCVヘッド (取扱具含む)	3	RCCVヘッド (ボルト含む)	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 重量, 形状
		4	RCCV M/I吊具	
8	RPVヘッド (取扱具含む)	5	RPVヘッド (+スタッドテンショナ (RPVヘッド自動着脱機))	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 重量, 形状
		6	スタッドボルト	
		7	RPVヘッド自動着脱機制御盤	
		8	RPVヘッド保温材	
		9	RPV上蓋除染パン 上蓋支持台	
		10	ボルトシャング部清掃装置	
		11	スタッドボルトトラック	
		12	ボルト着脱装置	
		13	油圧装置・集塵装置 (RPVヘッド自動着脱装置用)	
		14	テンショナー予備品収納箱	
		15	ボルトスタンド	
		16	D/Sスリング	
		17	MSラインブラグ	
		9	内挿物 (取扱具含む)	
19	ガイドロッド (収納ケース含む)			
20	再循環ポンプ検査水槽			
21	再循環ポンプ検査水槽用作業架台			
22	再循環ポンプ上部取扱装置保管用移動レール			
23	再循環ポンプ上部取扱装置保管用吊り天秤			
24	再循環ポンプ上部共通吊具 (保管箱含む)			
25	再循環ポンプ上部ブラグ			
26	再循環ポンプディフューザ・ ストレッチチューブつかみ具			
27	再循環ポンプディフューザ ウェアリングつかみ具			
28	再循環ポンプインベラ・シャフトつかみ具			
29	インコアストロングバック (原子炉内計装管搬出入装置)			
30	再循環ポンプ取扱具保管棚			
11	プール内ラック類			31
14	電源盤類	32	機器搬出入口ハッチカバー用制御盤	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 形状, 床の段差
		33	燃料チャンネル着脱機制御盤	
		34	原子炉内ISI装置用制御盤	
		35	再循環ポンプインベラ・シャフト 検査台用操作盤	
		36	ジャンクションBOX	
		37	原子炉建屋クレーン操作箱	
		38	RPVヘッド自動着脱機トランス盤	
		39	照明用トランス	
		40	照明用分電盤	
		41	作業用電源箱	
		42	原子炉建屋クレーン点検用照明電源スイッチ箱	
		43	原子炉建屋クレーンジョイントボックス	
		44	無線通信設備補助増幅器	
		45	使用済燃料プール水位・温度計中継端子箱	
15	フェンス・ラダー類	46	DSP用梯子	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		47	原子炉ウェル用梯子	
		48	新燃料検査台ビット用ラダー	
16	装置類	49	SFPスロット部ブリッジ	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		50	伸縮式電動ハッチ駆動装置	
17	作業機材類	51	清掃装置	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		52	工具収納ラック A	
			工具収納ラック B	
			工具収納ラック C	
		53	工具箱 (1)	
			工具箱 (2)	
		54	工具箱 (3)	
		55	スリング類収納ハンガ	
		56	長物類収納ラック A	
			長物類収納ラック B	
57	ボール類収納ラック			
58	搬入口ハッチカバー部品収納箱			
18	計器・カメラ・ 通信機器類	59	清掃油棚	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		60	ARM (エリアモニタ)	
		61	プロセスモニタ	
		62	ページング	
		63	水素濃度計	
		64	フィルタ装置出口配管Uシール水位計	
		65	原子炉建屋-外気差圧 (南側) 発信器	
			原子炉建屋-外気差圧 (西側) 発信器	
			原子炉建屋-外気差圧 (東側) 発信器	
			原子炉建屋-外気差圧 (北側) 発信器	
66	SGTSイオンチェンバ検出器			
67	SGTS排気流量発信器			
19	試験・検査用機材類	68	原子炉内 ISI装置収納庫	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差

番号	抽出項目	No.	詳細	離隔の考え方 (使用済燃料貯蔵プールからの距離, 設置高さ, 重量, 形状, 床の段差)
20	コンクリートブラグ・ハッチ類	69	SFPスロットブラグ(A)	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 重量, 形状
			SFPスロットブラグ(B)	
			SFPスロットブラグ(C)	
			SFPスロットブラグ(D)	
		70	DSスロットブラグ(A)	
			DSスロットブラグ(B)	
			DSスロットブラグ(C)	
		71	D/Sプールカバー	
		72	原子炉ウエルカバー(A)	
			原子炉ウエルカバー(B)	
			原子炉ウエルカバー(C)	
			原子炉ウエルカバー(D)	
			原子炉ウエルカバー(E)	
		73	大物搬入口ハッチカバー	
74	新燃料貯蔵庫カバー			
75	スキマサージタンク用ハッチカバーA			
	スキマサージタンク用ハッチカバーB			
76	新燃料検査台ピットカバー			
77	キャスク洗浄ピットカバー			
21	空調機	78	燃料取替機制御室空調機	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
23	その他	79	消火設備	使用済燃料貯蔵プールからの距離, 床の段差
		80	止水堰	

表 7-3 吊り荷の落下防止対策

番号	抽出項目	詳細	使用するクレーン（主巻・補巻・10tホイスト）及び吊具（専用・汎用のワイヤ・スリング・吊具）*	適用法令・安全率の考え方
7	RCCVヘッド (取扱具含む)	RCCVヘッド（ボルト含む）	主巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
		RCCV M/I吊具	主巻	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。
8	RPVヘッド (取扱具含む)	RPVヘッド（+スタッドテンショナ（RPVヘッド自動着脱機））	主巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
		スタッドボルト	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		RPVヘッド自動着脱機制御盤	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		RPVヘッド保温材	主巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
		ボルトシャック部清掃装置	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		スタッドボルトラック	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		RPVオーリング	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ及びナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		ボルト着脱装置	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		油圧装置・集塵装置（RPVヘッド自動着脱装置用）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		テンショナー予備品収納箱	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		ボルトスタンド	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		9	内挿物（取扱具含む）	シュラウドヘッド+気水分離器
シュラウドヘッドボルト	主巻・専用吊具			主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
蒸気乾燥器	主巻・専用吊具			主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
D/Sスリング	主巻・専用吊具			主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
MSラインブラグ	主巻・専用吊具			主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
主蒸気ラインブラグ操作ユニット	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）			補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
ガイドロッド（収納ケース含む）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）			補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
中性子源	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）			補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
インペラ・シャフトクラッド除去治具	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）			補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
再循環ポンプ上部共通吊具（保管箱含む）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）			補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
再循環ポンプ上部ブラグ	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）			補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
再循環ポンプディフューザ・ストレッチチューブつかみ具	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）			補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
再循環ポンプディフューザウェアリングつかみ具	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）			補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
再循環ポンプインペラ・シャフト	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）			補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。

番号	抽出項目	詳細	使用するクレーン（主巻・補巻・10tボイスト）及び吊具（専用・汎用のワイヤ・スリング・吊具）*	適用法令・安全率の考え方
9	内挿物（取扱具含む）	再循環ポンプインペラ・シャフトつかみ具	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		再循環ポンプディフューザ・ストレッチチューブ	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		CR・FS同時つかみ具（保管架台含む）	補巻・汎用吊具（ナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		インコアストロングバック（原子炉内計装管搬入装置）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
12	プールゲート類	SFPゲート（小）	補巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカ社内基準に基づき、強度評価を実施。
		SFPゲート（大）	補巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカ社内基準に基づき、強度評価を実施。
		キャスクビットゲート	補巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカ社内基準に基づき、強度評価を実施。
		DSPゲート	主巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカ社内基準に基づき、強度評価を実施。
13	使用済燃料輸送容器（取扱具含む）	使用済燃料輸送容器	主巻・専用吊具	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。専用吊具は二重化している。
		使用済燃料輸送容器吊具	主巻	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。
		転倒防止架台	主巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
15	フェンス・ラダー類	DSP用梯子	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		原子炉ウェル用梯子	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		SFPスロット部ブリッジ	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
16	装置類	除染装置（収納コンテナ含む）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
17	作業機材類	工具箱（1）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		工具箱（2）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		工具箱（3）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
19	試験・検査用機材類	シッパーキャップ（ SHIPPING検査用）	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ又はナイロンスリング）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。ナイロンスリングはメーカ値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		原子炉内 ISI装置収納庫	補巻・汎用吊具（ワイヤロープ）	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。

番号	抽出項目	詳細	使用するクレーン（主巻・補巻・10tホイスト）及び吊具（専用・汎用のワイヤ・スリング・吊具）*	適用法令・安全率の考え方
20	コンクリートブラグ・ハッチ類	SFPスロットブラグ (A)	10tホイスト・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	10tホイストはクレーン構造規格による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		SFPスロットブラグ (B)	10tホイスト・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	10tホイストはクレーン構造規格による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		SFPスロットブラグ (C)	10tホイスト・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	10tホイストはクレーン構造規格による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		SFPスロットブラグ (D)	10tホイスト・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	10tホイストはクレーン構造規格による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		DSスロットブラグ (A)	主巻・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		DSスロットブラグ (B)	主巻・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		DSスロットブラグ (C)	主巻・専用吊具・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		D/Sプールカバー	10tホイスト・専用吊具	10tホイストはクレーン構造規格による。吊具はメーカー社内基準に基づき、強度評価を実施。
		原子炉ウェルカバー (A)	主巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		原子炉ウェルカバー (B)	主巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		原子炉ウェルカバー (C)	主巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		原子炉ウェルカバー (D)	主巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		原子炉ウェルカバー (E)	主巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	主巻はKK7添-1-038 3.落下防止対策による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		新燃料貯蔵庫カバー	補巻・汎用吊具 (ワイヤロープ及びナイロンスリング)	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。
		スキマサージタンク用ハッチカバーA	補巻・汎用吊具 (ワイヤロープ)	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		スキマサージタンク用ハッチカバーB	補巻・汎用吊具 (ワイヤロープ)	補巻はクレーン構造規格による。ワイヤロープはクレーン等安全規則により、安全率6以上のものを使用。
		キャスク洗浄ビットカバー	補巻・汎用吊具 (ナイロンスリング)	補巻はクレーン構造規格による。ナイロンスリングはメーカー値に対して、余裕を持った使用荷重としている。

注記\*：使用するクレーン及び吊具については代表ケースを示す。代表ケースで示すものと異なるクレーン及び吊具で吊り荷を取扱う場合においても、代表ケースと同様に適切な適用法令・安全率の考え方となるようにし、吊り荷の落下を防止する。

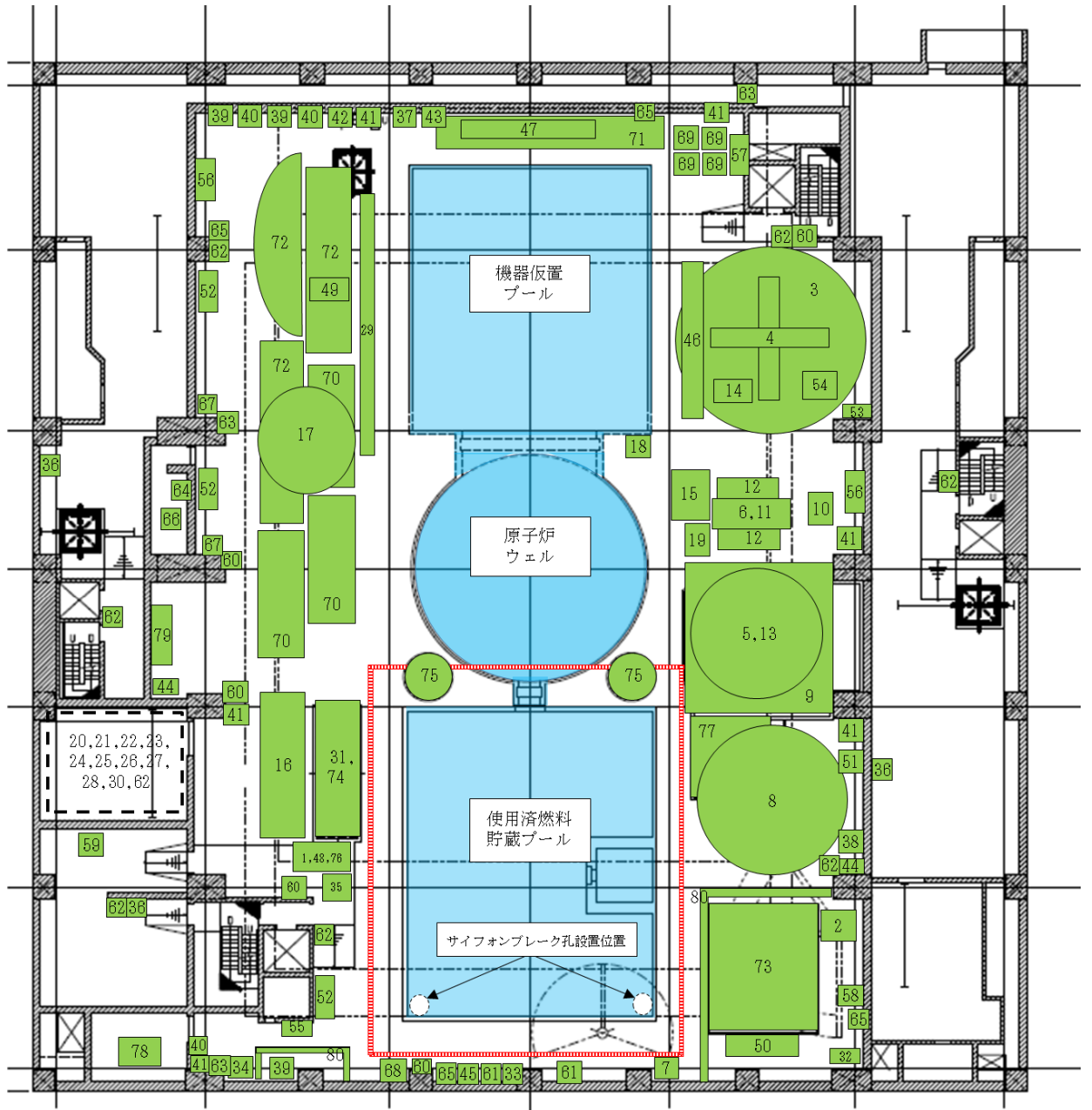


図 7-1 使用済燃料貯蔵プールのフロアレベルに設置するものの一覧



## 7.2 耐震評価結果

### (1) チャンネル取扱ブームの健全性評価

#### a. 概要

柏崎刈羽原子力発電所第7号機の使用済燃料貯蔵プールの東側には、チャンネル取扱ブームが設置されている。

当該ブームが基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、使用済燃料貯蔵プールに落下しないことを説明する。

#### b. 耐震評価

チャンネル取扱ブームは、図7-2の位置関係図に示すように、使用済燃料貯蔵プールの東側に設置されており、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。当該ブームに対して基準地震動  $S_s$  を用いた耐震評価を実施する。

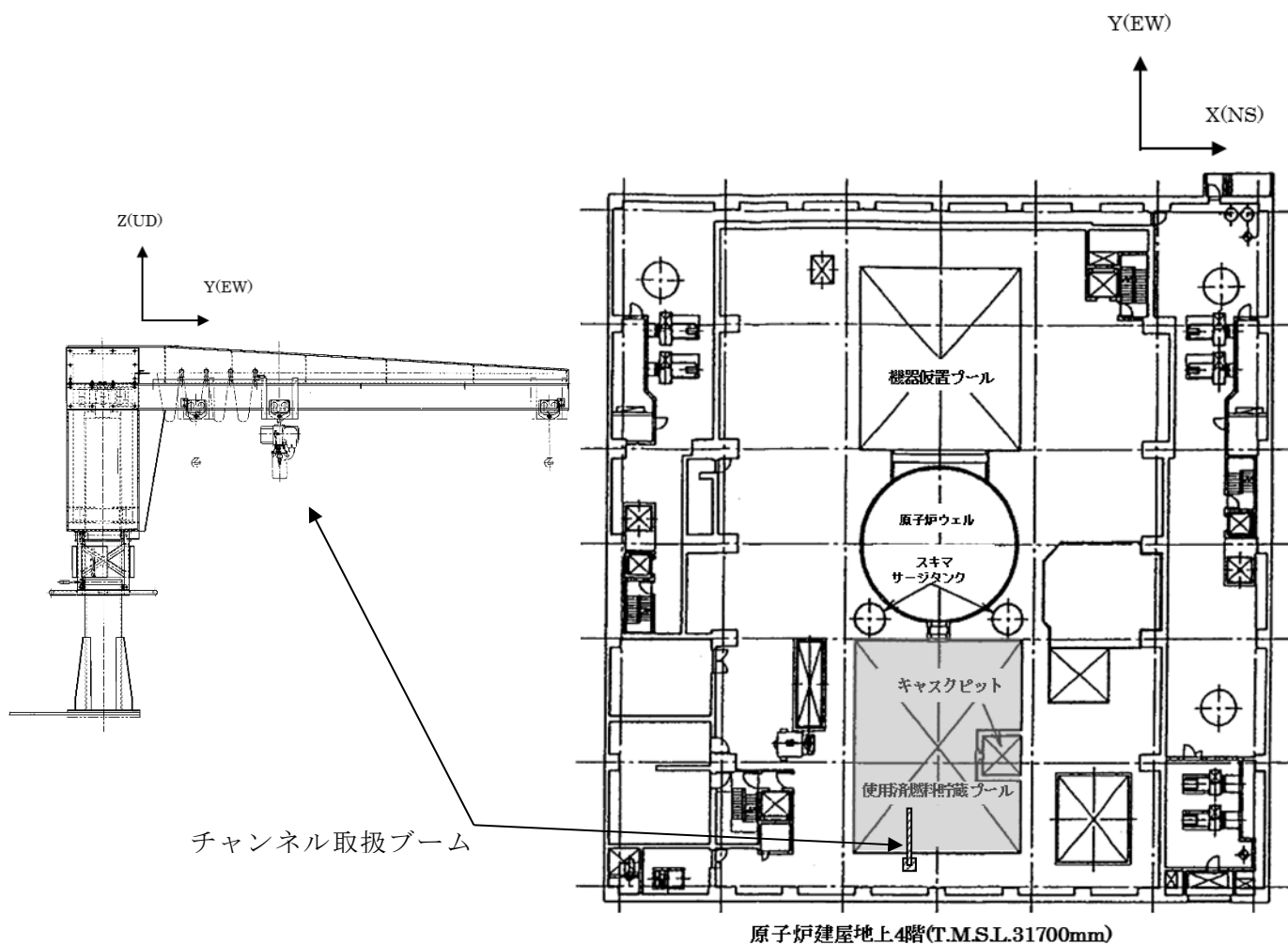


図7-2 チャンネル取扱ブームと使用済燃料貯蔵プール等との位置関係図

(a) 荷重条件

評価に用いる地震力は、固有値に応じて、設置高さでの床応答スペクトルに基づく値又は最大応答加速度の 1.2 倍の値を使用する。

なお、チャンネル取扱ブームは原子炉建屋 4 階の床面に設置されているため、原子炉建屋 4 階 (T. M. S. L. 31700mm) の地震力を評価に用いる。

(b) 評価手法

図 7-3 に示すチャンネル取扱ブームについて、図 7-4 に示すとおりはり要素でモデル化して固有値解析及び地震応答解析を実施する。

解析結果から応力を算出し耐震評価を行い、基準地震動  $S_s$  に対して構造強度を有していること（支持機能を維持すること）を評価する。

また、解析結果はその他支持構造物の許容値と比較し評価する。

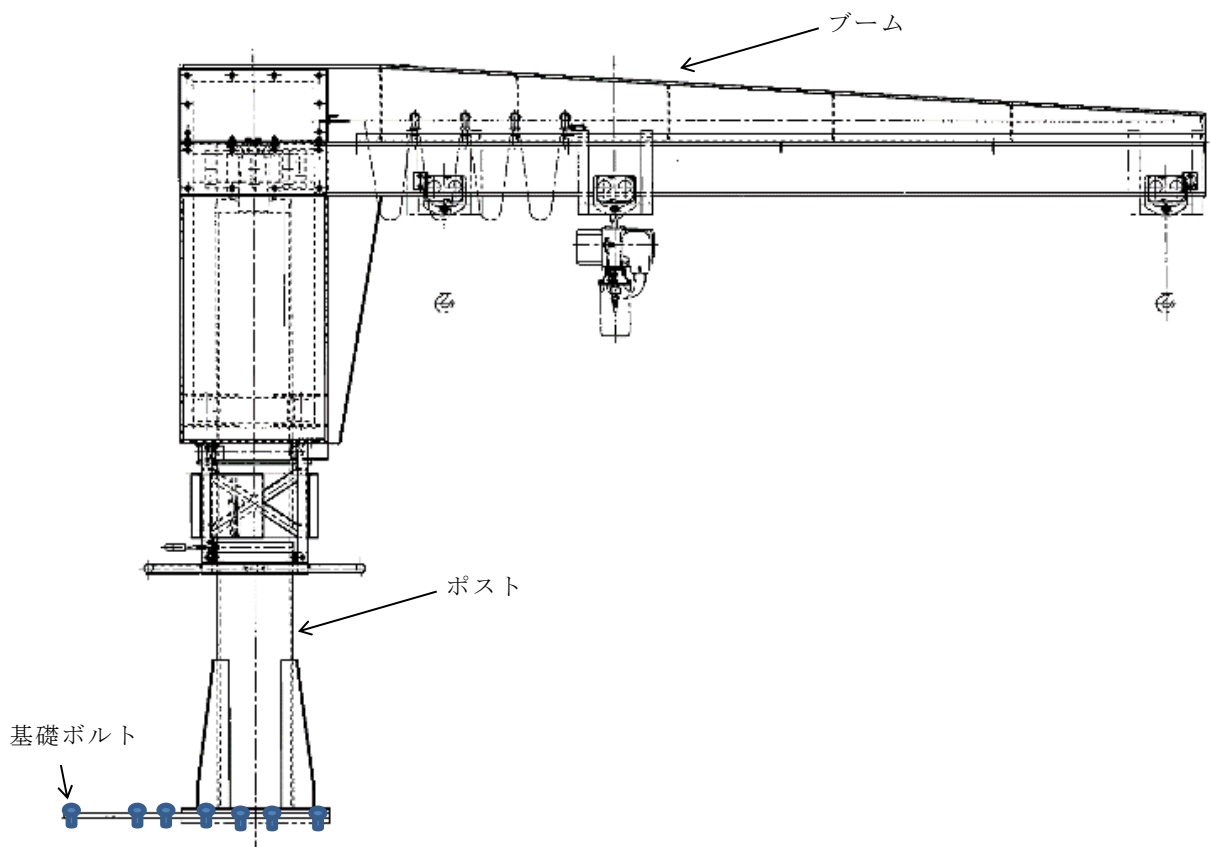
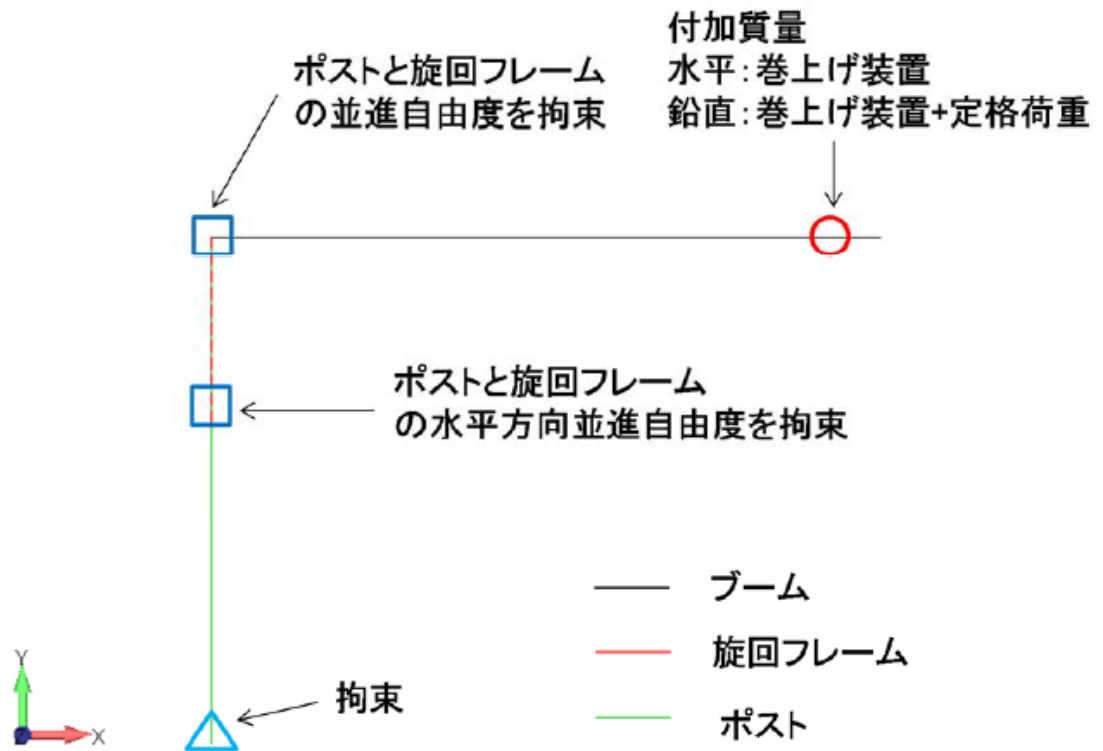


図 7-3 チャンネル取扱ブーム構造図



方向を以下のようにした

X方向: NS

Y方向: UD

Z方向: EW

図 7-4 チャンネル取扱ブーム解析モデル

(c) 評価結果

チャンネル取扱ブームの耐震評価の結果、裕度が最も厳しい基礎ボルトで1以上の裕度を確保しており落下することはない。評価結果を表 7-4 に示す。

表 7-4 チャンネル取扱ブームに発生する最大応力の裕度

評価部位	応力の種類	裕度	判定基準
基礎ボルト	引張	1.2	1.0 以上
	せん断	37.0	1.0 以上

(2) 再循環ポンプ取扱装置仮置台の健全性評価

a. 概要

柏崎刈羽原子力発電所第7号機の使用済燃料貯蔵プールの壁面には、再循環ポンプ取扱装置仮置台が設置されている。当該仮置台が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、使用済燃料貯蔵プールへ落下しないことを説明する。

b. 耐震評価

再循環ポンプ取扱装置仮置台は、図7-5の位置関係図に示すように、使用済燃料貯蔵プールの壁面に設置されており、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。当該仮置台に対して基準地震動  $S_s$  を用いた耐震評価を実施する。

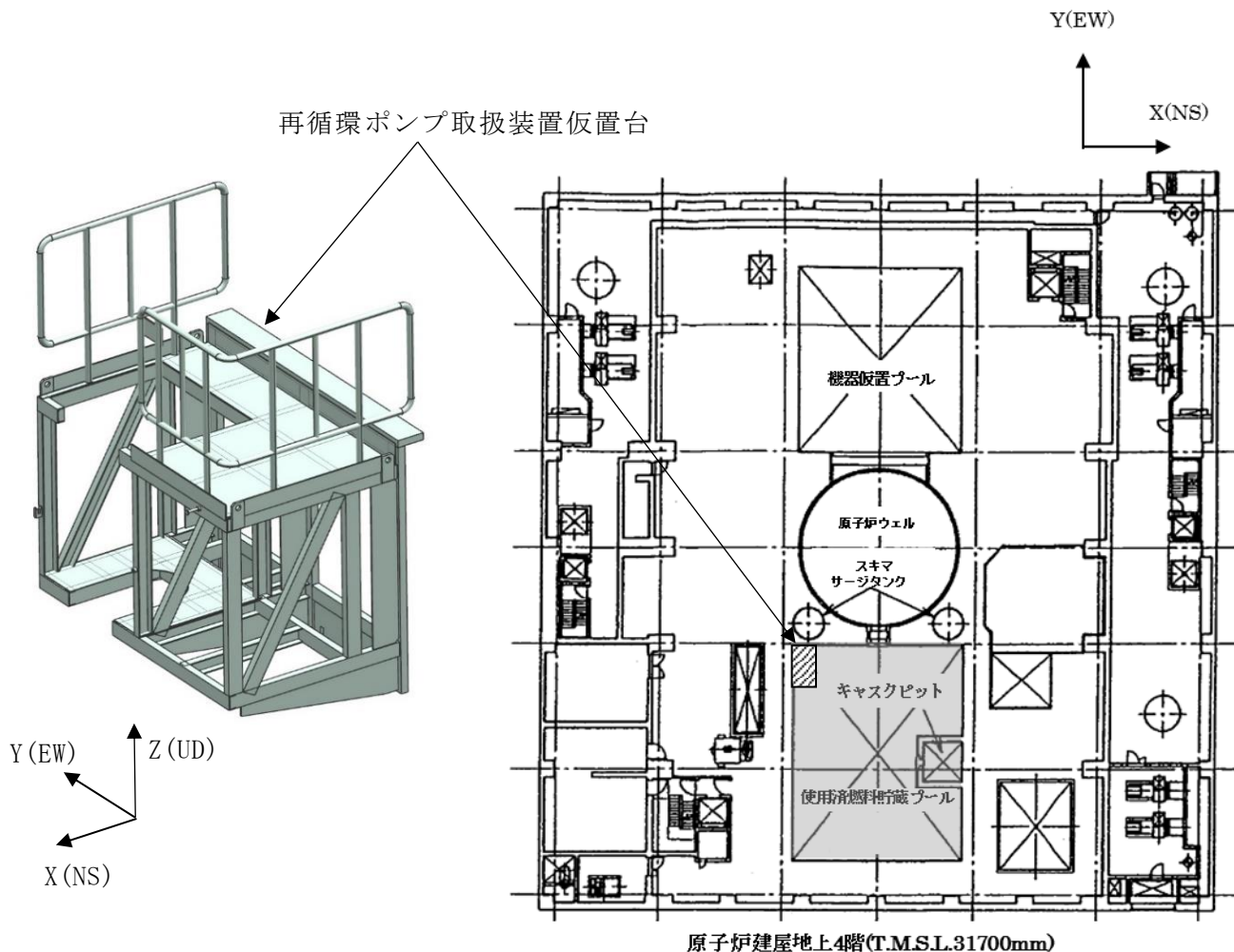


図7-5 再循環ポンプ取扱装置仮置台と使用済燃料貯蔵プール等との位置関係図

(a) 荷重条件

評価に用いる地震力は、固有値に応じて、設置高さでの床応答スペクトルに基づく値又は最大応答加速度の 1.2 倍の値を使用する。

なお、再循環ポンプ取扱装置仮置台は T. M. S. L. 31700mm から 30500mm にわたって設置されているため、評価に用いる地震力は、原子炉建屋 4 階 (T. M. S. L. 31700mm) 及び原子炉建屋 3 階 (T. M. S. L. 23500mm) の地震力のうちいずれか大きい方の地震力を使用する。

(b) 評価手法

図 7-6 に示す再循環ポンプ取扱装置仮置台について、図 7-7 に示すとおり本体フレームをはり要素でモデル化して固有値解析及び地震応答解析を実施する。

解析結果から応力を算出し耐震評価を行い、基準地震動  $S_s$  に対して構造強度を有していること（支持機能を維持すること）を評価する。

また、解析結果はその他支持構造物の許容値と比較し評価する。

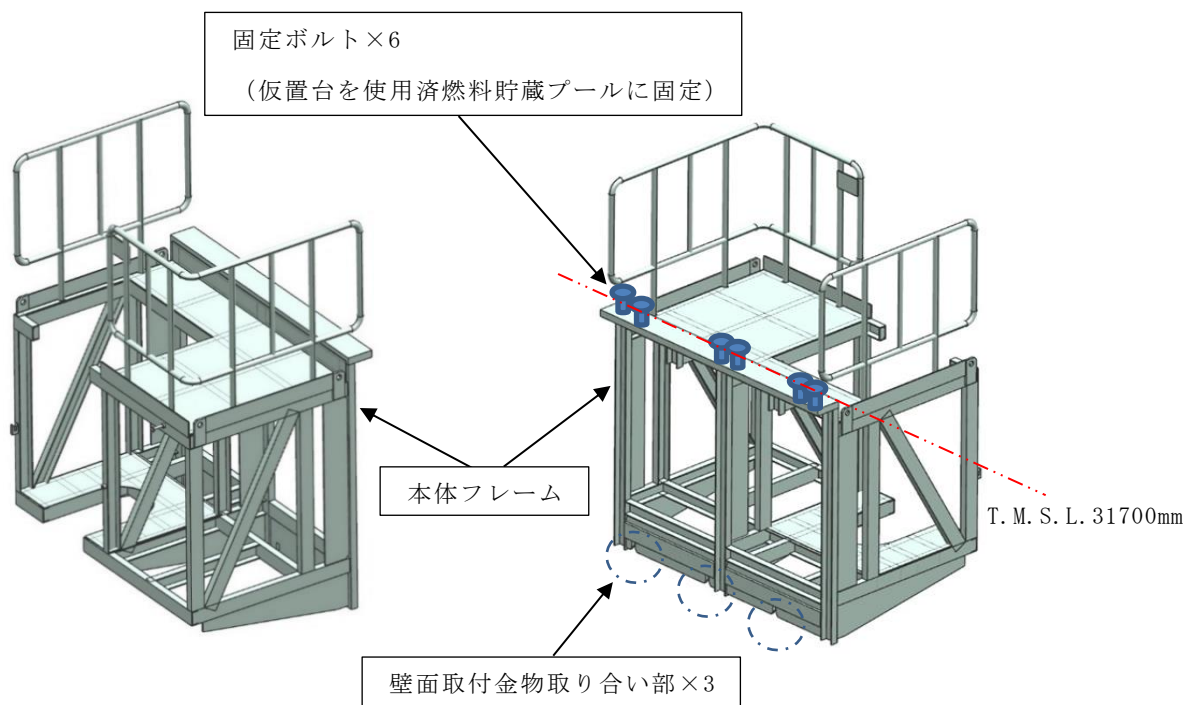


図 7-6 再循環ポンプ取扱装置仮置台構造図

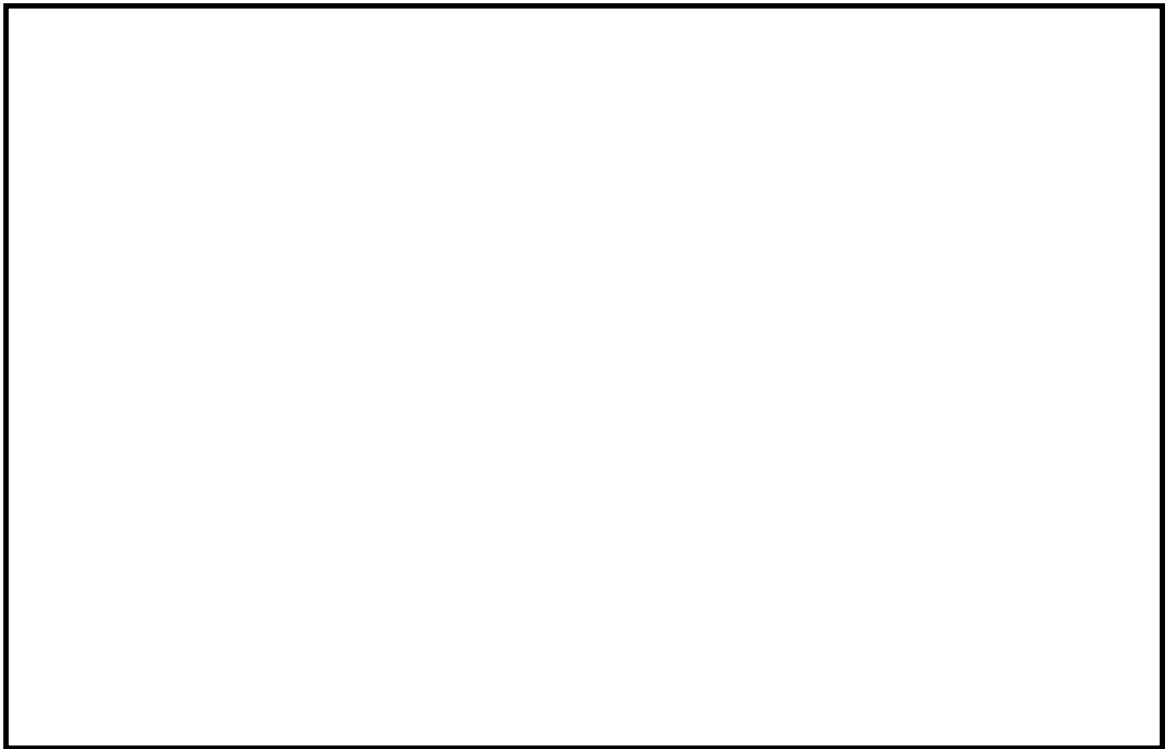


図 7-7 再循環ポンプ取扱装置仮置台解析モデル

(c) 評価結果

再循環ポンプ取扱装置仮置台の耐震評価の結果、裕度が最も厳しい本体フレームで1以上の裕度を確保しており裕度を確保しており落下することはない。評価結果を表 7-5 に示す。

表 7-5 再循環ポンプ取扱装置仮置台に発生する最大応力の裕度

評価部位	応力の種類	裕度	判定基準
本体フレーム	曲 げ	4.19	1.0 以上
	せ ん 断	24.53	1.0 以上
	組 合 せ	4.13	1.0 以上

(3) チャンネル貯蔵ラックの健全性評価

a. 概要

柏崎刈羽原子力発電所第7号機の使用済燃料貯蔵プールの壁面には、チャンネル貯蔵ラックが設置されている。

当該ラックが基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、使用済燃料貯蔵プールへ落下しないことを説明する。

b. 耐震評価

チャンネル貯蔵ラックは、図 7-8 の位置関係図に示すように、使用済燃料貯蔵プールの壁面に設置されており、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。当該ラックに対して基準地震動  $S_s$  を用いた耐震評価を実施する。

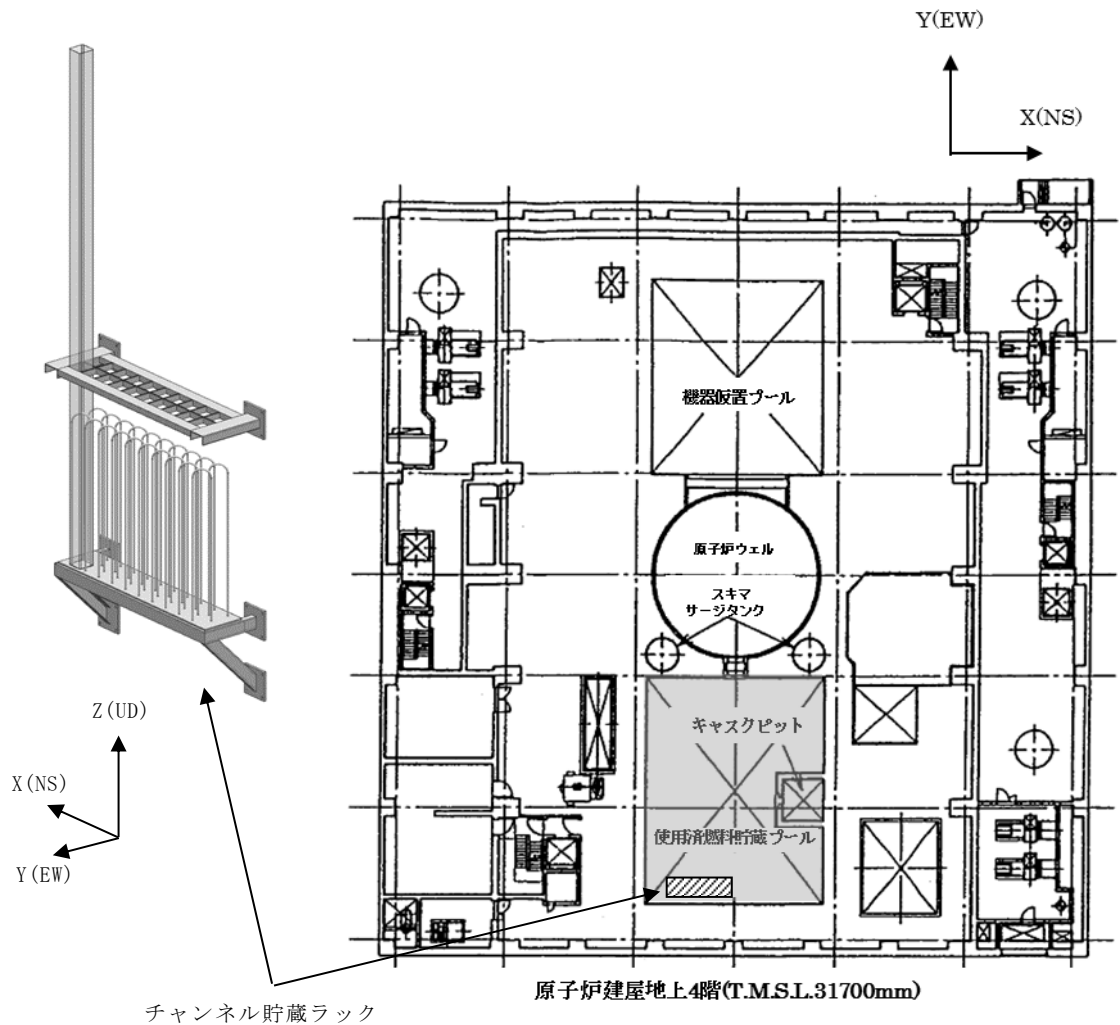


図 7-8 チャンネル貯蔵ラックと使用済燃料貯蔵プール等との位置関係図

(a) 荷重条件

評価に用いる地震力は、固有値に応じて、設置高さでの床応答スペクトルに基づく値又は最大応答加速度の 1.2 倍の値を使用する。

なお、チャンネル貯蔵ラックは T. M. S. L. 23638mm から 25412.5mm にわたって設置されているため、評価に用いる地震力は、原子炉建屋 3 階(T. M. S. L. 23500mm) 及び原子炉建屋 4 階(T. M. S. L. 31700mm)の地震力のうちいずれか大きい方の地震力を使用する。

(b) 構造強度評価

図 7-9 に示すチャンネル貯蔵ラックについて、図 7-10 に示すとおりはり要素及びシェル要素でモデル化して固有値解析を行い、得られた固有値を用いて耐震評価を実施する。

耐震評価に当たっては、チャンネル貯蔵ラックは構造が簡易であり、はり要素で簡易なモデル化が可能のため、応力計算は手計算にて行う。

評価結果については、基準地震動  $S_s$  に対して構造強度を有していること（支持機能を維持すること）を評価する。

また、解析結果はその他支持構造物の許容値と比較し評価する。

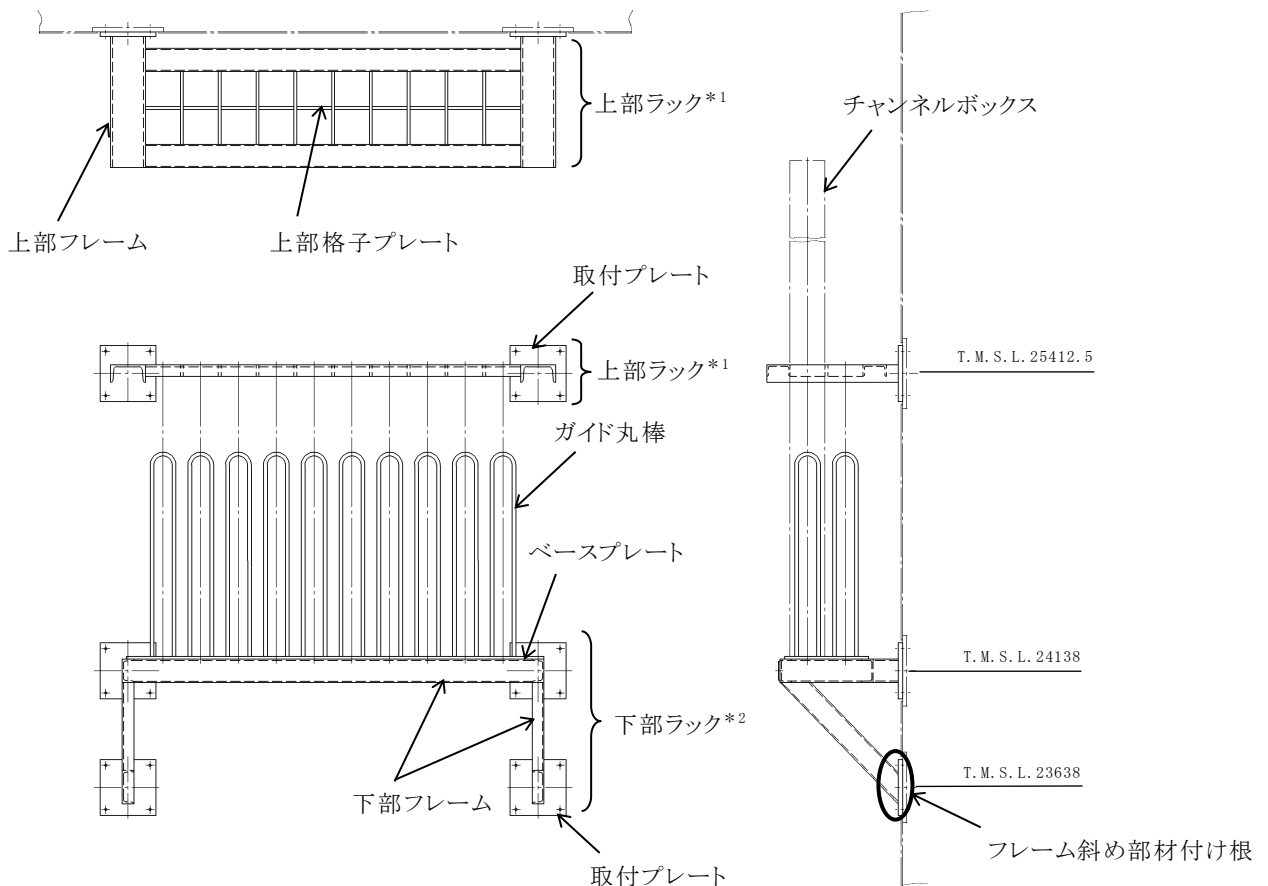


図 7-9 チャンネル貯蔵ラック構造図



注記\*1：溝型鋼を組み合わせたフレーム及び上部格子プレートから成り，壁には取付プレートを介してボルトで固定されている

\*2：溝型鋼を組み合わせたフレーム，ベースプレート及びガイド丸棒から成り，壁には取付プレートを介してボルトで固定されている

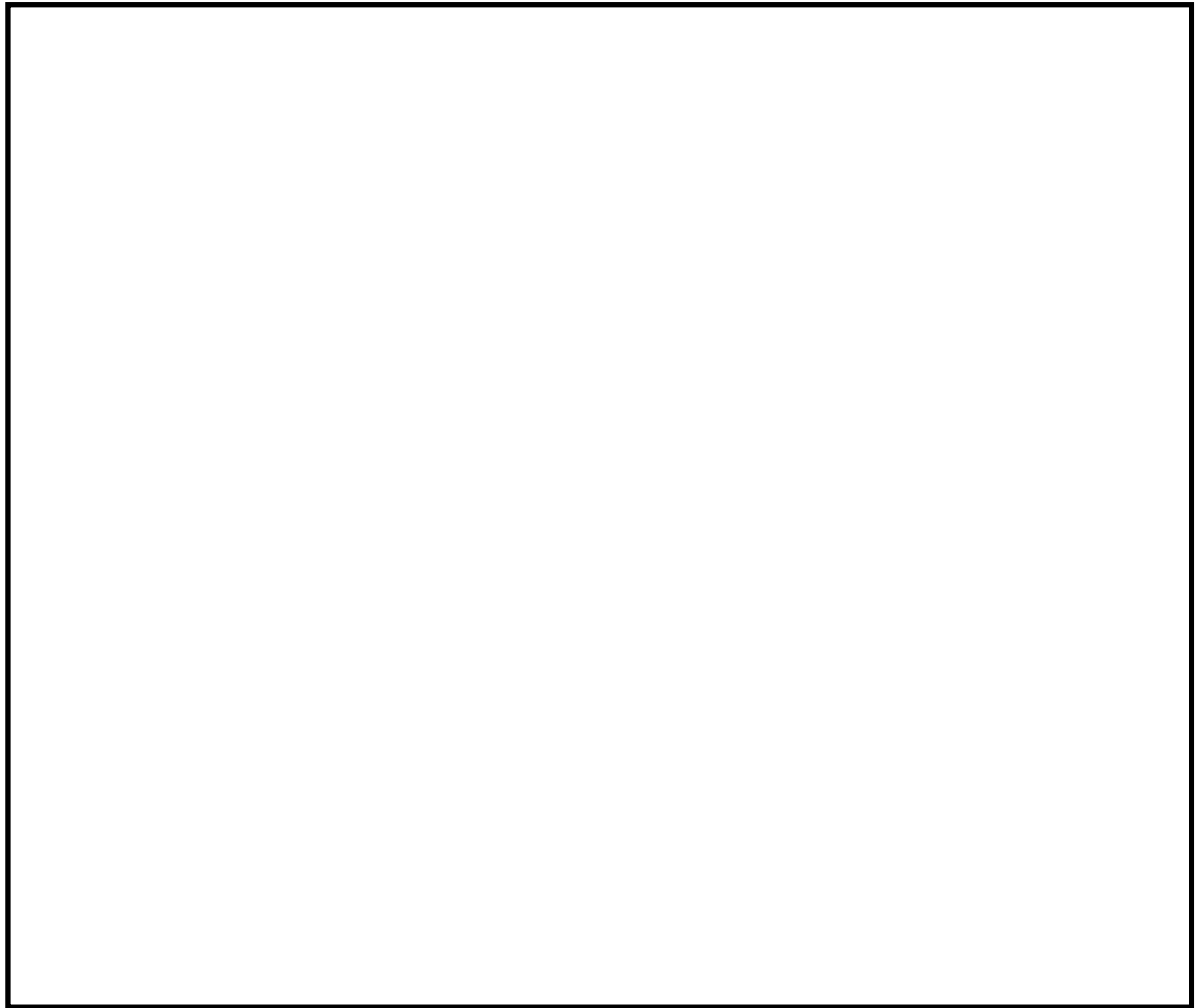


図 7-10 チャンネル貯蔵ラック解析モデル

(c) 評価結果

チャンネル貯蔵ラックの耐震評価の結果，裕度が最も厳しい下部ラックのフレーム斜め部材付け根で1以上の裕度を確保しており落下することはない。評価結果を表 7-6 に示す。

表 7-6 チャンネル貯蔵ラックに発生する最大応力の裕度

評価部位		応力の種類	裕度	判定基準
下部ラック	フレーム斜め部材付け根	引張	1.26	1.0 以上
		せん断	7.86	1.0 以上
		組合せ	1.25	1.0 以上

(4) 使用済燃料プール上部ダクトの健全性評価

a. 概要

柏崎刈羽原子力発電所第7号機の使用済燃料貯蔵プール上部には、ダクト（原子炉区域・タービン区域換気空調系）が設置されている。

当該ダクトが基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、使用済燃料貯蔵プールへ落下しないことを説明する。

図7-11 に上記ダクトの使用済燃料貯蔵プール上部への設置状況を示す。



図7-11 使用済燃料貯蔵プール上部のダクト 設置状況

b. 耐震評価

本評価の対象範囲は、図 7-12 に示すとおり、使用済燃料貯蔵プールから離隔距離を確保した手摺りの内側の使用済燃料貯蔵プール上部のダクト、及び当該ダクトを支持するダクトサポートとし、当該ダクトに対して基準地震動  $S_s$  を用いた耐震評価を実施する。

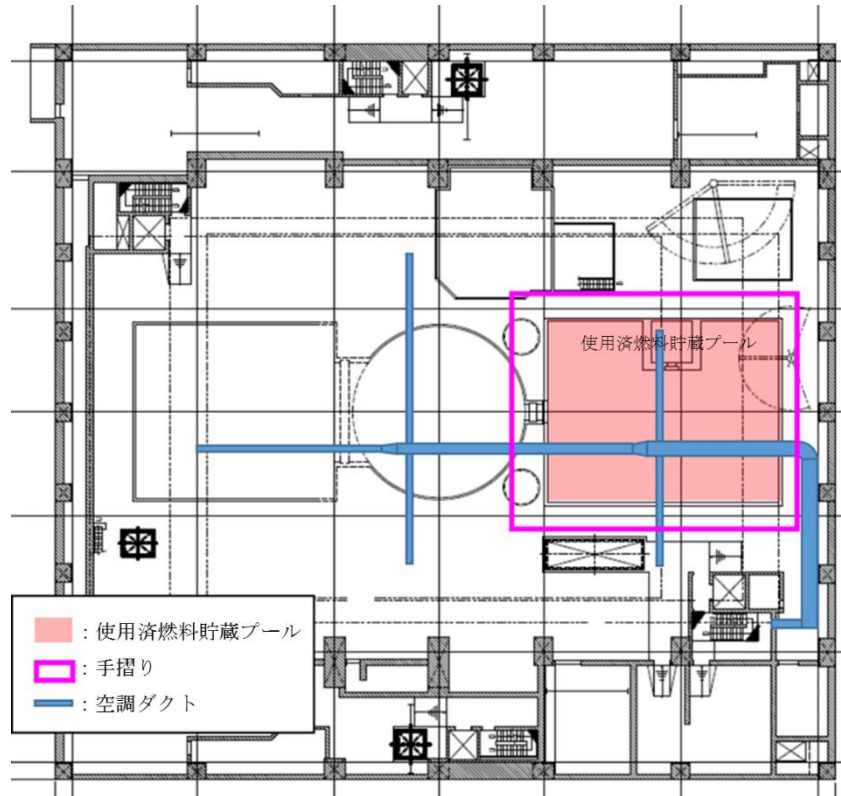


図 7-12 原子炉建屋オペレーティングフロア上部 ダクト配置図

(a) 評価条件

① 荷重条件

評価に用いる地震力は、固有値に応じて、設置高さでの床応答スペクトルに基づく値又は最大応答加速度の 1.2 倍の値を使用する。

評価に用いる地震力は、原子炉建屋のフロアレベルの最高レベルとなる T. M. S. L. 49700mm（当該ダクト設置レベルは T. M. S. L. 47100mm）の地震力を使用する。

② ダクト評価

ダクト評価として，図7-12に示す範囲を多質点連続梁モデルとし，解析から曲げモーメントを求め，許容座屈曲げモーメントに対する評価を実施した。

ダクト及びダクトサポート解析モデルを図7-13に示す。

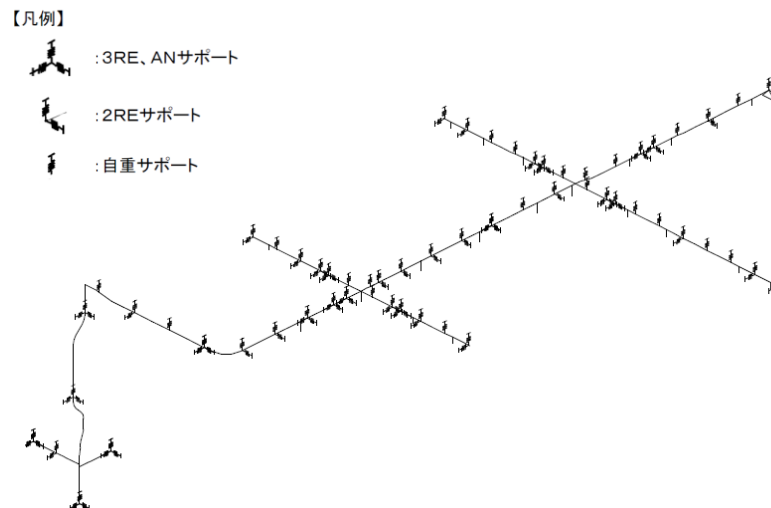


図7-13 ダクト及びダクトサポート解析モデル

評価においては，ダクトが基準地震動  $S_s$  に対して構造強度を有していること（支持機能を維持すること）を評価した。

なお，許容座屈曲げモーメントは下記の算出式を用い，評価結果は(裕度)＝(許容座屈曲げモーメント)／(ダクトに発生する曲げモーメント(解析結果))で示す。安全係数は設計裕度として  $S = \square$  を用いた。

$$M = S \cdot M_T \cdot \gamma$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y}$$

- M : 許容座屈曲げモーメント
- S : 座屈曲げモーメントの安全係数
- $\gamma$  : 座屈限界曲げモーメントの安全係数
- $M_T$  : 座屈限界曲げモーメント
- $\lambda$  : 座屈限界曲げモーメントの補正係数
- $\pi$  : 円周率
- t : ダクト板厚
- I : 断面二次モーメント

$\nu$  : ポアソン比  
 $b$  : ダクト幅  
 $E$  : 縦弾性係数  
 $\sigma_y$  : 降伏応力

③ サポート評価

サポート評価においても、限界評価として供用状態を  $D_s$  ( $F$  値 =  $\min(1.2S_y, 0.7S_u)$ \*) とし、ダクト解析による支持点反力にて解析評価を実施した。評価結果は(裕度) = (許容応力  $F$  値) / (ダクトサポートに発生する応力 (解析結果)) で示す。

注記\* : JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程における、その他支持構造物に対する許容応力算出の際の  $F$  値の規定

(b) 評価結果

ダクト及びダクトサポートの耐震評価の結果、発生する最大の曲げモーメント及び応力は基準地震動に対して 1 以上の裕度を確保しており落下することはない。評価結果を第 1 表に示すとともに、図 7-14 に、ダクト及びダクトサポートに発生する最大の曲げモーメント及び応力発生箇所を示す。

表 7-7 ダクト及びダクトサポートに発生する最大の曲げモーメント及び応力の裕度

対象設備	裕度	判定基準
ダクト		
ダクトサポート		



図 7-14 ダクト及びダクトサポートにおける最大の曲げモーメント及び  
応力発生箇所

c. 解析コードの概要

項目 \ コード名	N S A F E
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）によるダクトの固有値解析，モーメント算定
開発機関	[Redacted]
開発時期	[Redacted]
使用したバージョン	Ver. 4
コードの概要	<p>本解析コードは，支持構造物の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは，汎用構造解析コード [Redacted] をメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元，2次元あるいは3次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メインプログラムである [Redacted] については，代表的なダクト検証用モデルを対象とした曲げモーメント及び固有値の算定において，解析解が材料力学に基づく計算手法を用いた理論解と概ね一致していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力の分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・今回の工事計画認可申請で行うはりモデルによるダクトの曲げモーメント及び固有値の算定の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。</li> </ul>

(a) 解析手法

イ. 一般事項

本解析コードは、

をベースに

作成された応力評価

プログラムである。

ロ. 解析コードの特徴

NSAFEの主な特徴を以下に示す。

- ・1次元，2次元あるいは3次元形状有限要素プログラムである。
- ・モデル要素として5種類の要素を扱うことができる。
- ・静的解析後に，同じモデルを使い，解析条件及び荷重条件を変更し動的解析を行うことができる。

ハ. 解析手法

(イ) 静的解析

要素の平衡方程式を組み立て，構造物全体に対して次の平衡方程式を作り，これを解く。

$$K u = R$$

ここで，

K：剛性マトリックス

u：変位ベクトル

R：荷重ベクトル

計算された節点の変位から，要素の変形及び要素の応力を求める。

(ロ) 固有値解析

次の固有値方程式を解いて，固有振動数と振動モードを求める。

$$K \phi = \omega^2 M \phi$$

ここで，

K：剛性マトリックス

$\phi$ ：固有ベクトル

$\omega$ ：固有振動数

M：質量マトリックス



上記方程式の解法として、剛性マトリックスと質量マトリックスが小さい場合にはデターミナント法を用い、剛性マトリックスと質量マトリックスが大きい場合はサブスペース反復法が用いられる。

## ニ. 解析フローチャート

本解析コードを用いた解析フローチャートを図 7-15 に示す。

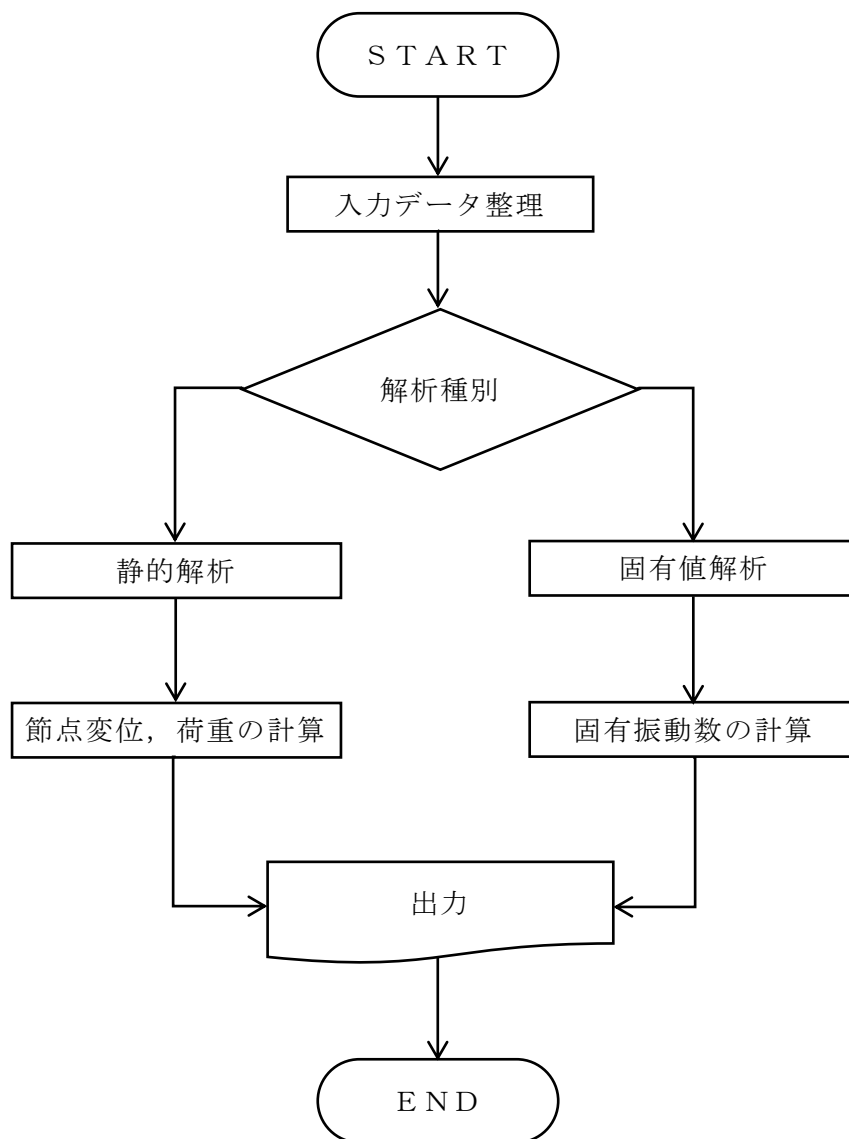


図7-15 解析フローチャート

ホ. 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

(イ) 検証 (Verification)

今回の解析に用いた解析コードNSAFEの検証として、曲げモーメント及び固有値についてNSAFEによる解析結果と理論式により算定する理論解との比較検証を行う。

① 解析ケース

表7-9に示す2ケースについて解析を行い、別法による結果と比較する。

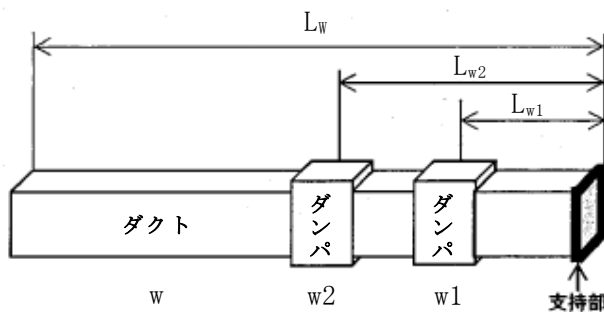
表7-8 検証ケース

ケース	解析種別	内容	要素	条件
1	静的解析	片持ちばりの自重及び集中重量による固定端モーメント	はり要素	角ダクト, 一様密度, 集中重量
2	固有値解析	片持ちばりの固有振動数		

② 解析条件

任意のダクトサイズ及びダンパを使用した解析モデルを使用する。

図7-16に解析条件を, 図7-17に解析モデル図を示す。



ダクト質量	w	17	(kg/m)
ダクト長さ	$L_w$	1820	(mm)
付加質量1	w1	750	(kg)
付加距離1	$L_{w1}$	820	(mm)
付加質量2	w2	900	(kg)
付加距離2	$L_{w2}$	1170	(mm)
設計震度	$\alpha$	1.23	(—)
断面二次モーメント	I	$1.285 \times 10^7$	(mm <sup>4</sup> )
縦弾性係数	E	201036	(MPa)

図7-16 解析条件

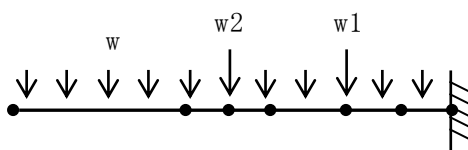


図7-17 解析モデル（使用要素：はり要素）

③ 解析結果

- ・解析結果と理論解との比較（ケース1）

表7-10に解析結果と理論解との曲げモーメントの比較結果を示す。表7-10に示すとおり，解析結果と理論解は概ね一致しており，解析コードN S A F Eが検証されていることを確認した。

表7-9 解析結果と理論解の比較

（単位：N・m）

比較項目	理論解*	解析結果	誤差
$M_{max}$ （固定端モーメント）	20453.044	20453.035	0.009

注記\*：理論解は下記の式で計算する。

$$M_{max} = \left( \frac{w \cdot (L_w)^2}{2} + w1 \cdot L_{w1} + w2 \cdot L_{w2} \right) \cdot \alpha$$

（出典：機械工学便覧）

- ・解析結果と理論解との比較（ケース2）

表7-11に解析結果と理論解との固有振動数の比較結果を示す。表7-11に示すとおり，解析結果と理論解は概ね一致しており，解析コードN S A F Eが検証されていることを確認した。

表7-10 解析結果と理論解の比較

（単位：Hz）

次数	理論解*	解析結果	誤差
一次	10.1663	9.7450	0.4213

注記\*：理論解は下記の式で計算する。

$$fd = \frac{\omega c}{2 \cdot \pi}$$

$\omega c$  : 固有角振動数

$$\frac{1}{\omega c^2} = \frac{1}{\omega_0^2} + \frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2}$$

$$\omega_0 = \frac{\lambda^2}{(L_w)^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{w'}} \quad , \quad w' = w/1000 \quad , \quad \lambda = 1.875$$

(出典：機械工学便覧，機械設計便覧)

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I}{w_1' \cdot (L_{w1})^3}} \quad , \quad w_1' = w_1/1000$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot I}{w_2' \cdot (L_{w2})^3}} \quad , \quad w_2' = w_2/1000$$

(出典：機械設計便覧)

(ロ) 妥当性確認 (Validation)

本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。

- ・原子力の分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。
- ・今回の工事計画認可申請で行うはりモデルによるダクトの曲げモーメント及び固有値の算定の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。

(ハ) 評価結果

(イ)及び(ロ)より，本解析コードを使用目的に示す曲げモーメント及び固有値の算定に用いることは妥当である。

## 重量物落下時のチャンネルボックスへの荷重について

チャンネルボックスは、チャンネルファスナによって上部タイプレートに結合されており、重量物落下時はチャンネルファスナを通じて上部タイプレートと一体としてふるまうこととなる。このため重量物落下時の荷重の一部はチャンネルボックスにも作用するが、その荷重は摩擦によってスペーサ及び下部タイプレートに作用する。スペーサは2本のウォータロッドのうちの1本で上下方向の位置が保持されている。したがって、重量物落下時のチャンネルボックスへの荷重の一部は、下部タイプレート及びウォータロッドにかかることになる（図1-1）。

以上を考慮すると、落下物を受ける燃料集合体にチャンネルボックスを装着しない状態を仮定し、ウォータロッドへの荷重を無視して、燃料棒のみで落下物の荷重を受け止める想定は保守的であると考えられる。

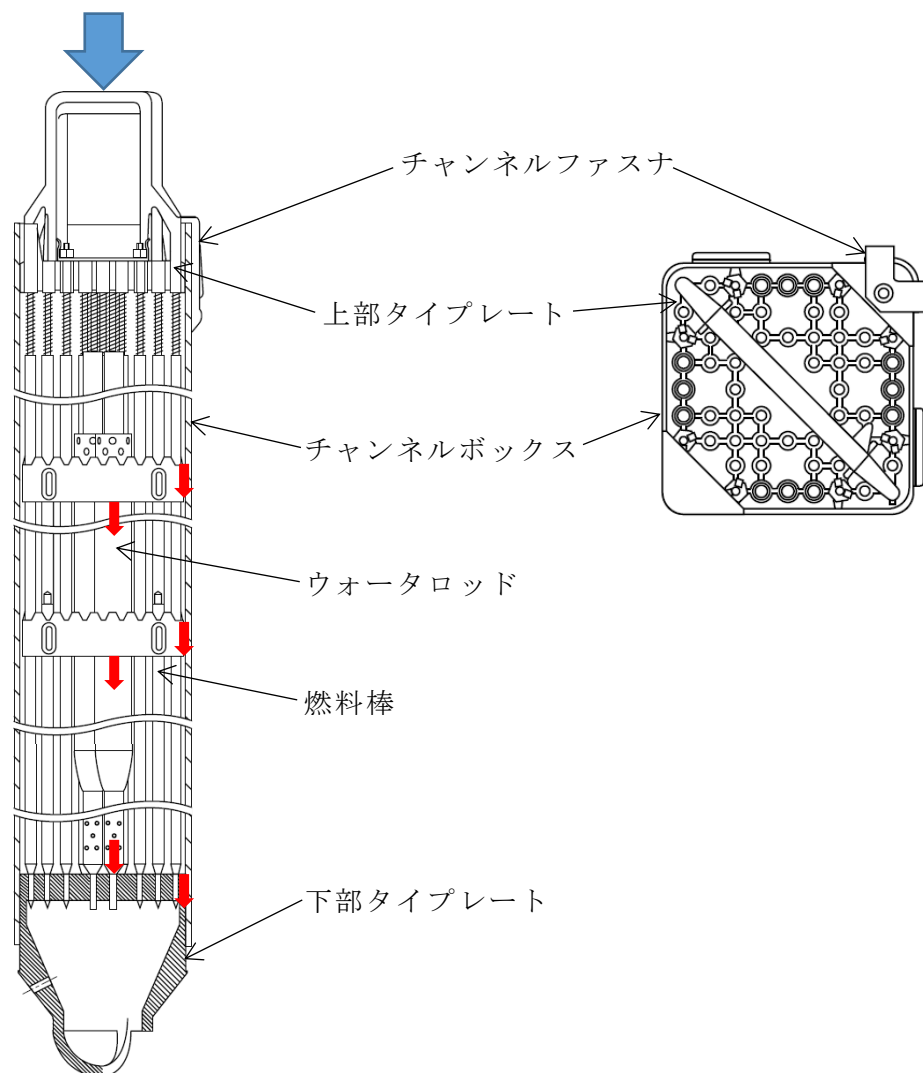


図1-1 チャンネルボックスの受ける荷重について