

女川原子力発電所 2号炉

設計基準対象施設について

平成 31年 1月

東北電力株式会社

目次

- 4 条 地震による損傷の防止
- 5 条 津波による損傷の防止
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）
- 7 条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8 条 火災による損傷の防止
- 9 条 溢水による損傷の防止等
- 10 条 誤操作の防止
- 11 条 安全避難通路等
- 12 条 安全施設
- 14 条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16 条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
- 17 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 23 条 計測制御系統施設（第 16 条に含む）
- 24 条 安全保護回路
- 26 条 原子炉制御室等
- 31 条 監視設備
- 33 条 保安電源設備
- 34 条 緊急時対策所
- 35 条 通信連絡設備

下線は、今回の提出資料を示す。

女川原子力発電所 2 号炉

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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 追加要求事項及び評価条件変更に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等（手順等含む）
2. 追加要求事項に対する適合方針
 - 2.1 使用済燃料プールへの重量物落下について
 - 2.2 使用済燃料プールを監視する機能の確保について
3. 別添資料
 - 別添資料 1 使用済燃料プールへの重量物落下について
 - 別添資料 2 使用済燃料プール監視設備について
 - 別添資料 3 運用，手順説明資料 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
 - 別添資料 4 使用済燃料プールへの重量物落下に係る対象重量物の現場確認について

< 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女川原子力発電所2号炉における適合性を示す。

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。

3. において、追加要求事項に適合するための運用、手順等を抽出し、必要となる対策等を整理する。

4. において、設計にあたって実施する各評価に必要な入力条件等の設定を行うため、設備等の設置状況を現場にて確認した内容について整理する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

設置許可基準規則^{※1}第16条並びに技術基準規則^{※2}第26条, 第34条及び第47条を表1.1-1に示す。また, 表1.1-1において, 新規制基準に伴う追加要求事項を明確化する。

※1：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

※2：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

表 1.1-1 設置許可基準規則第 16 条及び技術基準規則第 26 条,
第 34 条及び第 47 条要求事項

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
<p>発電用原子炉施設には、次に掲げる ところにより、通常運転時に使用する 燃料体又は使用済燃料（以下この条に おいて「燃料体等」という。）の取扱施 設（安全施設に係るものに限る。）を設 けなければならない。</p> <p>一 燃料体等を取り扱う能力を有す るものとする事。</p> <p>二 燃料体等が臨界に達するおそれ がないものとする事。</p> <p>三 崩壊熱により燃料体等が熔融し ないものとする事。</p>	<p>第二十六条 通常運転時に使用する燃料体 又は使用済燃料（以下この条において「燃 料体等」という。）を取り扱う設備は、次 に定めるところにより施設しなければならない。</p> <p>一 燃料体等を取り扱う能力を有するも のであること。</p> <p>二 燃料体等が臨界に達するおそれがな い構造であること。</p> <p>三 崩壊熱により燃料体等が熔融しない ものであること</p>	<p>変更なし</p>
<p>—</p>	<p>四 取扱中に燃料体等が破損しないこと。</p> <p>五 燃料体等を封入する容器は、取扱中 における衝撃、熱その他の容器に加わる 負荷に耐え、かつ、容易に破損しない ものであること。</p>	<p>変更なし</p>
<p>四 使用済燃料からの放射線に対し て適切な遮蔽能力を有するものと すること。</p>	<p>六 前号の容器は、内部に燃料体等を入 れた場合に、放射線障害を防止するため、 その表面の線量当量率及びその表面か ら一メートルの距離における線量当量 率がそれぞれ原子力規制委員会の定め る線量当量率を超えないように遮蔽で きるものであること。ただし、管理区 域内においてのみ使用されるものにつ いては、この限りでない。</p>	<p>変更なし</p>

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
<p>五 燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できるものとする。</p>	<p>七 燃料体等の取扱中に燃料体等を取り扱うための動力源がなくなった場合に、燃料体等を保持する構造を有する機器を設けることにより燃料体等の落下を防止できること。</p>	<p>変更なし</p>
<p>2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。</p> <p>イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。</p> <p>ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。</p> <p>ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。</p>	<p>2 燃料体等を貯蔵する設備は、次に定めるところにより施設しなければならない。</p> <p>五 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質が放出されることに伴い公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合、放射性物質による敷地外への影響を低減するため、燃料貯蔵設備の格納施設及び放射性物質の放出を低減する発電用原子炉施設を施設すること。</p> <p>三 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものであること。</p> <p>一 燃料体等が臨界に達するおそれがない構造であること。</p>	<p>変更なし</p>
<p>二 使用済燃料の貯蔵施設（使用済燃料を工場等内に貯蔵する乾式キャスク（以下「キャスク」という。）を除く。）にあつては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものであること。</p> <p>イ 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。</p>	<p>四 使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する水槽（以下「使用済燃料貯蔵槽」という。）は、次に定めるところによること。</p> <p>ロ 使用済燃料その他高放射性の燃料体の放射線を遮蔽するために必要な量の水があること。</p>	<p>変更なし</p>

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
<p>ロ 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有するものとする。</p> <p>ハ 使用済燃料貯蔵槽（安全施設に属するものに限る。以下この項及び次項において同じ。）から放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料貯蔵槽から水が漏れ出した場合において水の漏れを検知することができるものとする。</p>	<p>ニ 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものであること。</p> <p>イ 放射性物質を含む水があふれ、又は漏れない構造であること。</p> <p>ハ 使用済燃料その他高放射性の燃料体の被覆が著しく腐食するおそれがある場合は、これを防止すること。</p>	変更なし
<p>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。</p>	<p>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。</p>	追加要求事項
-	<p>七 取扱者以外の者がみだりに立ち入らないようにすること。</p>	変更なし

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
<p>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。</p> <p>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。</p> <p>二 <u>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。</u></p>	<p>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。</p> <p>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</p> <p>3 <u>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。</u></p>	追加要求事項
—	<p>4 <u>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。</u></p>	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
<p>(再掲)</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>2 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、<u>自動的に警報する装置を施設しなければならない。</u>ただし、発電用原子炉施設が、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に自動的に対処する機能を有している場合は、この限りでない。</p>	<p>追加要求事項</p>

1.2 追加要求事項及び評価条件変更に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

五 発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(1)耐震構造、(2)耐津波構造に加え、以下の基本の方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料(以下「燃料体等」という。)の取扱施設(安全施設に係るものに限る。)は、燃料体等を取り扱う能力を有し、燃料体等が臨界に達するおそれがなく、崩壊熱により燃料体等が溶融せず、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有し、燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できる設計とする。

燃料体等の貯蔵施設(安全施設に属するものに限る。)は、燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納でき、放射性物質の放出を低減できる設計とする。また、燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するとともに、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有し、貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有し、使用済燃料プールから放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料プールから水が漏れいした場合において、水の漏れいを検知することができる設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、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おいてもその機能が損なわれない設計とすることとし、使用済燃料プールの機能に影響を及ぼす重量物については落下しない設計とする。

使用済燃料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異常を検知し、それを中央制御室に伝えるとともに、外部電源が使用できない場合においても非常用所内電源系からの電源供給により、使用済燃料プールの水位及び水温並びに放射線量を監視することが可能な設計とする。

ニ 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備の記述を以下のとおり変更する。

(1) 核燃料物質取扱設備の構造

核燃料物質取扱設備（燃料取扱設備）は、燃料交換機、原子炉建屋クレーン等で構成する。

新燃料は、原子炉建屋原子炉棟内に設ける新燃料貯蔵庫から原子炉建屋クレーン等で使用済燃料プールに移し、燃料取扱装置により炉心に挿入する。

燃料の取替えは、原子炉上部のウェルに水を張り、水中で燃料取扱装置を用いて行う。

使用済燃料は、遮蔽に必要な水深を確保した状態で、水中で燃料交換機により移送し、原子炉建屋原子炉棟内の使用済燃料プールの水中に貯蔵する。

燃料取扱装置は、燃料取扱時において燃料体が臨界に達することのない設計とする。

また、燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止する設計とするとともに、使用済燃料プール周辺の設備状況等を踏まえて、使用済燃料プールの機能に影響を及ぼす重量物については落下を防止できる設計とする。

なお、使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

(i) 新燃料貯蔵庫

a 構造

新燃料貯蔵庫は、新燃料を貯蔵ラックに挿入して貯蔵するものであり、原子炉建屋原子炉棟内に設置する。

新燃料貯蔵施設は、想定されるいかなる状態においても新燃料が臨界に達することのない設計とする。

b 貯蔵能力

全炉心燃料の約 40%相当分

(ii) 使用済燃料貯蔵施設

a 使用済燃料プール

(a) 構造

使用済燃料プールは、使用済燃料及び新燃料を水中の貯蔵ラックに入れて貯蔵する鉄筋コンクリート造、ステンレス鋼内張りの水槽（使用済燃料プール）であり、原子炉建屋原子炉棟内に設ける。

使用済燃料プールは、燃料体等の上部に十分な水深を確保する設計とするとともに、使用済燃料プール水位、使用済燃料プール水温、使用済燃料プール上部の空間線量率及び使用済燃料プール水の漏えいを監視する設備を設ける。

使用済燃料プールは、想定されるいかなる状態においても燃料体等が

臨界に達することのない設計とする。

また、使用済燃料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おいても使用済燃料プールの機能を損なうような損傷を生じない設計とする。

使用済燃料プールは、残留熱除去系及び燃料プール冷却浄化系の有する使用済燃料プールの冷却機能喪失又は残留熱除去系ポンプによる使用済燃料プールへの補給機能が喪失し、又は使用済燃料プール水の小規模な漏えいが発生した場合において、燃料体等の貯蔵機能を確保する設計とする。

使用済燃料プールの冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料プールからの水の漏えいその他の要因により使用済燃料プールの水位が低下した場合及び使用済燃料プールからの大量の水の漏えいその他の要因により使用済燃料プールの水位が異常に低下した場合に、臨界にならないよう配慮した使用済燃料貯蔵ラックの形状により臨界を防止できる設計とする。

b 貯蔵能力

全炉心燃料の約 400%相当分

(3) 核燃料物質貯蔵用冷却設備の構造及び冷却能力

(i) 燃料プール冷却浄化系

燃料プール冷却浄化系は、ポンプ、熱交換器、ろ過脱塩装置等で構成し、使用済燃料からの崩壊熱を除去するとともに、使用済燃料プール水を浄化できる設計とする。さらに、全炉心燃料を取り出した場合においても、残留熱除去系を併用して、使用済燃料プール水の十分な冷却が可能な設計とする。また、補給水ラインを設け、使用済燃料プール水の補給も可能な設計とする。

燃料プール冷却浄化系及び残留熱除去系の熱交換器で除去した熱は、原子炉補機冷却系等を経て、最終ヒートシンクである海へ輸送できる設計とする。

a. 燃料プール冷却浄化系ポンプ

台数 2

容量 約 160m³/h (1 台あたり)

b. 燃料プール冷却浄化系熱交換器

基数 2

(2) 安全設計方針

該当なし

(3) 適合性説明

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下この条において「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。

- 一 燃料体等を取り扱う能力を有するものとする。
- 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする。
- 四 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。
- 五 燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できるものとする。

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。

- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。
 - イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。
 - ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。
 - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 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。）にあつては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものであること。
 - イ 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。
 - ロ 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであつて、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有するものとする。
 - ハ 使用済燃料貯蔵槽（安全施設に属するものに限る。以下この項及び次項において同じ。）から放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであつて、使用済燃料貯蔵槽から水が漏れいした場合において水の漏れを検知することができるものとする。
 - 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。

- 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。
- 4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。
 - 一 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。
 - 二 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。
 - 三 使用済燃料が内包する放射性物質を閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

適合のための設計方針

以下、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）のうち、チャンネル・ボックスを除いたものを燃料集合体という。

第1項第1号について

燃料取扱設備は、新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取り扱いにおいて、当該燃料を搬入、搬出又は保管できる設計とする。

第1項第2号について

燃料取扱設備は、燃料体等を一体ずつ取り扱う構造とし、臨界を防止する設計とする。

第1項第3号について

燃料体等（新燃料を除く。）の移送は、すべて水中で行い、崩壊熱により溶融しない設計とする。

第1項第4号について

使用済燃料の取扱設備は、取扱い時において、十分な水遮蔽深さが確保される設計とする等、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低くするような設計とする。

第1項第5号について

燃料交換機の燃料つかみ具は二重ワイヤや種々のインターロックを設け、燃料移動中の燃料体等の落下を防止できる設計とする。

また、原子炉建屋クレーンの主要要素は、吊り荷の落下防止措置を施すとともに使用済燃料輸送容器を吊った場合は、使用済燃料プール上を走行できないなどのインターロックを設ける設計とする。

第2項第1号イについて

貯蔵設備は、原子炉建屋原子炉棟内に設置し、適切な雰囲気を換気空調系で維持する設計とする。また、燃料等の落下により放射性物質が放出された場合は、原子炉建屋原子炉棟で、その放散を防ぎ、非常用ガス処理系で処理する設計とする。

第2項第1号ロについて

新燃料貯蔵庫の貯蔵能力は、全炉心燃料の約40%とする。

使用済燃料プールは、2号炉の全炉心燃料の約400%とする。

第2項第1号ハについて

燃料体等の貯蔵設備としては、新燃料貯蔵庫、使用済燃料プールがある。

(1) 新燃料貯蔵庫は、浸水を防止し、かつ、水が入ったとしても排水可能な構造とする。

(2) 新燃料貯蔵ラックは、燃料間距離を十分とることにより、新燃料を貯蔵能力最大に収容した状態で万一新燃料貯蔵庫が水で満たされるという厳しい状態を仮定しても、実効増倍率は0.95以下に保つことができる設計とする。

なお、実際に起きることは考えられないが、反応度が最も高くなるような水分雰囲気で満たされた場合を仮定しても臨界未満にできる設計とする。

(3) 使用済燃料プール及び使用済燃料貯蔵ラックは、耐震Sクラスで設計し、使用済燃料プール中の使用済燃料貯蔵ラックは、適切な燃料間距離をとることにより燃料が相互に接近しないようにする。また、貯蔵能力最大に燃料を収容し、使用済燃料プール水温及び使用済燃料貯蔵ラック内燃料位置等について想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を0.95以下に保つことができる設計とする。

第2項第2号イについて

使用済燃料の貯蔵設備については、以下のように設計する。

使用済燃料プール内の壁面及び底部はコンクリート壁による遮蔽を施すとともに、使用済燃料等の上部は十分な遮蔽効果を有する水深を確保する設計とする。

第2項第2号ロについて

使用済燃料プールの崩壊熱は、燃料プール冷却浄化系の熱交換器で使用済燃料プール水を冷却して除去するが、必要に応じて残留熱除去系の熱交換器を併用する。燃料プール冷却浄化系及び残留熱除去系の熱交換器で除去した熱は、原子炉補機冷却系等を経て最終ヒートシンクである海へ輸送できる設計とする。

また、燃料プール冷却浄化系は、ろ過脱塩装置を設置して使用済燃料プール水の浄化を行う設計とする。

第2項第2号ハについて

使用済燃料プールの耐震設計は、Sクラスで設計し、内面はステンレス鋼でライニングし漏えいを防止する。また、使用済燃料プールには排水口を設けないとともに、使用済燃料プールに入る配管には逆止弁を設けサイフォン効果により使用済燃料プール水が流出しない設計とする。

また、万が一の使用済燃料プールライニングの破損による漏えいを監視するため、漏えい検知装置及び水位警報装置を設ける設計とする。

第2項第2号ニについて

燃料交換機の燃料つかみ具は、二重のワイヤや種々のインターロックを設け、かつ、ワイヤ、インターロック等は、その使用前に必ず機能試験、検査を実施するので燃料体等取扱中に燃料体等が落下することはないと考えるが、使用済燃料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おいても使用済燃料プールの機能を失うような損傷は生じない設計とする。

また、燃料交換機本体等の重量物については、使用済燃料プールに落下しない設計とする。

なお、使用済燃料輸送容器の落下については、キャスクピットは使用済燃料プールとは障壁で分離し、かつ、原子炉建屋クレーンは吊り荷の落下防止措置を施すとともに使用済燃料輸送容器を吊った場合は、使用済燃料貯蔵ラック上を走行できない等のインターロックを設ける設計とするので、使用済燃料輸送容器が使用済燃料プールに落下することを想定する必要はない。

第3項について

使用済燃料プールには、使用済燃料プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を監視する設備を設け、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可能な設計とする。また、これらの計測設備については非常用所内電源系から受電し、外部電源が利用できない場合においても、監視が可能な設計とする。

第4項について

本発電用原子炉施設では、乾式キャスクを用いた使用済燃料の貯蔵設備を設置していない。

1.3 気象等

該当なし

1.4 設備等(手順等含む)

4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

4.1 燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備

4.1.1 通常運転時

4.1.1.1 概要

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備は、新燃料貯蔵庫、使用済燃料プール、燃料交換機、原子炉建屋クレーン、キャスク洗浄ピット等で構成する。

なお、使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

新燃料貯蔵庫及び使用済燃料プールの概要図を第 4.1-1 図に示す。

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備は、新燃料を原子炉建屋原子炉棟に搬入してから炉心に装荷するまで、及び使用済燃料を炉心から取り出し原子炉棟から搬出までの貯蔵、並びに取り扱いを行うものである。

使用済燃料プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量は中央制御室で監視できるとともに、異常時は中央制御室に警報を発信する。

4.1.1.2 設計方針

(1) 未臨界性

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備は、幾何学的な安全配置又は適切な手段により、臨界を防止できる設計とする。

燃料体等の貯蔵設備は、燃料体等を貯蔵容量最大に収容した場合でも通常時はもちろん、想定されるいかなる場合でも、未臨界性を確保できる設計とする。また、燃料体等の取扱設備は、燃料体等を直接取り扱う場合には、一体ずつ取り扱う構造とし、臨界を防止する設計とする。

(2) 非常用補給能力

使用済燃料プール水の補給に復水貯蔵タンク水が使用できない場合には、残留熱除去系を用いてサブプレッション・チェンバの水を補給できる設計とする。

(3) 貯蔵能力

使用済燃料プールは、使用済燃料を計画どおりに貯蔵した後でも、炉心内の全燃料を使用済燃料プールに移すことができるような貯蔵能力を有した設計とする。また、新燃料貯蔵庫は、通常時の燃料取替を考慮し、適切な貯蔵能力を有した設計とする。

(4) 遮蔽

使用済燃料プール内の壁面及び底部は、コンクリート壁による遮蔽を施すとともに、燃料体等の上部には十分な遮蔽効果を有する水深を確保する設計とする。

燃料体等の取扱設備は、使用済燃料の炉心から使用済燃料プールへの移送操作、使用済燃料プールから炉心への移送操作、使用済燃料輸送容器への収容操

作等が、使用済燃料の遮蔽に必要な水深を確保した状態で、水中で行うことができる設計とする。

(5) 漏えい防止、漏えい監視及び崩壊熱の除去能力の喪失に至る状態の監視

使用済燃料プール水の漏えいを防止するため、使用済燃料プールには排水口を設けない設計とする。また、使用済燃料プールに接続された配管には逆止弁を設け、配管が破損しても、使用済燃料プール水が流出しない設計とする。

万一の使用済燃料プール水の漏えいを監視するため、漏えい検知装置及び水位警報装置を設ける設計とする。また、使用済燃料プールの水温及び燃料取扱場所の放射線量を測定できる設計とする。

(6) 構造強度

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備は、地震荷重等の適切な組合せを考慮しても強度上耐え得る設計とする。

また、使用済燃料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おいても使用済燃料プールの機能を損なうような損傷を生じない設計とする。

(7) 落下防止

落下時に使用済燃料プールの機能に影響を及ぼす重量物については、使用済燃料プール周辺の状況、現場における作業実績、図面等にて確認することにより、落下時のエネルギーを評価し、気中落下試験時の模擬燃料集合体（チャンネル・ボックス含む）の落下エネルギー（15.5kJ）以上となる設備等を抽出する。床面や壁面へ固定する設備等については、使用済燃料プールからの離隔を確保するため、使用済燃料プールへ落下するおそれはない。

a. 原子炉建屋原子炉棟

原子炉建屋原子炉棟の屋根を支持する屋根トラスは、主要部材（主トラス、サブトラス等）について基準地震動に対する発生応力が終局耐力を超えず、又は弾塑性特性を適用する部材については破断せず、使用済燃料プール内に落下しない設計を基本とし、主要部材以外（水平ブレース等）については評価において部材の破断の可能性が生じる場合には、適切な落下防止対策により使用済燃料プール内に落下しない設計とする。また、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し、地震による剥落のない構造とする。

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合わせて基準地震動に対して使用済燃料プール内へ落下しない設計とする。

b. 燃料交換機

燃料交換機は、基準地震動による地震荷重に対し、燃料交換機本体の健全性評価及び転倒落下防止評価を行い、使用済燃料プールへの落下物とならないよう、以下を満足する設計とする。また、燃料交換機は、ワイヤロープの2

重化，フック部の外れ止め及び動力電源喪失時の保持機能により，落下防止対策を講じた設計とする。

- (a) 燃料交換機本体の健全性評価においては，想定される使用条件において評価が保守的となるよう吊荷の条件を考慮し，地震時に燃料取替機本体に発生する応力が許容応力以下であること。
- (b) 転倒落下防止評価においては，走行レール及び横行レール頭部を抱き込む構造をした燃料交換機の転倒防止装置について，想定される使用条件において評価が保守的となるよう吊荷の条件を考慮し，地震時に転倒防止装置及び取付ボルトに発生する応力が許容応力以下であること。
- (c) 走行レールの健全性評価においては，想定される使用条件において，地震時に走行レールに発生する応力が許容応力以下であること。

c. 原子炉建屋クレーン

原子炉建屋クレーンは，基準地震動による地震荷重に対し，クレーン本体の健全性評価及び転倒落下防止評価を行い，使用済燃料プールへの落下物とならないよう，以下を満足する設計とする。また，原子炉建屋クレーンは，ワイヤロープ2重化，フック部の外れ止め及び動力電源喪失時の保持機能により落下防止対策を施すとともに，使用済燃料輸送容器等を吊った場合は，使用済燃料貯蔵ラック上を走行できない等のインターロックを設ける設計とする。

- (a) 原子炉建屋クレーン本体の健全性評価においては，想定される使用条件において評価が保守的となるよう吊荷の条件を考慮し，地震時にクレーン本体に発生する応力が許容応力以下であること。
 - (b) 転倒落下防止評価においては，走行方向及び横行方向に浮上り代を設けた構造をした原子炉建屋クレーンの脱線防止ラグについて，想定される使用条件において評価が保守的となるよう吊荷の条件を考慮し，地震時に脱線防止ラグに発生する応力が許容応力以下であること。
- (8) 雰囲気浄化

燃料体等の貯蔵設備は，原子炉建屋原子炉棟内に設置し，適切な雰囲気を換気空調設備（「8. 放射線管理施設」参照）で維持する設計とする。また，燃料体等の落下により放射性物質等が放出された場合には，原子炉建屋原子炉棟で，その放散を防ぎ，非常用ガス処理系（「9. 原子炉格納施設」参照）で処理する設計とする。

(9) 除染

使用済燃料輸送容器の除染ができる設計とする。

(10) 被ばく低減

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備は，放射線業務従事者の被ばくを合理的に達成できる限り低減する設計とする。

(11) 燃料取扱場所のモニタリング

燃料取扱場所は、崩壊熱の除去能力の喪失に至る状態を検出できるとともに、これを適切に放射線業務従事者へ伝えることができる設計とする。

(12) 試験検査

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備のうち安全機能を有する構築物、系統及び機器は、適切な定期的試験及び検査を行うことができる設計とする。

4.1.1.3 主要設備の仕様

燃料取扱及び貯蔵設備の主要設備の仕様を第 4.1-1 表に示す。

4.1.1.4 主要設備

発電所に到着した新燃料は、受取検査後、原子炉建屋原子炉棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料プールに貯蔵する。

(1) 燃料交換機

燃料交換機は、原子炉ウェル、使用済燃料プール及び蒸気乾燥器・気水分離器ピット上を水平に移動するブリッジ並びにその上を移動するトロリで構成する。

また、燃料つかみ具は2重のワイヤや燃料体等を確実につかんでいない場合には、吊上げができない等のインターロックを設け、圧縮空気が喪失した場合にも、燃料体等が外れない設計とする。

燃料取替作業による放射線業務従事者の被ばくを低減するため、燃料交換機は遠隔自動で運転できる設計とする。

(2) 原子炉建屋クレーン

原子炉建屋クレーンは、新燃料、使用済燃料輸送容器の運搬に使用するとともに、原子炉遮蔽体、原子炉格納容器上蓋、原子炉圧力容器上蓋、蒸気乾燥器、気水分離器等の取外し、運搬及び取付けに使用する。

また、原子炉建屋クレーンの主要要素は、種々の2重化を行うとともに重量物を吊った状態で使用済燃料貯蔵ラック上を通過できないようインターロックを設ける。

(3) 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は、発電所に到着した新燃料を受取検査後炉心に装荷するまで貯蔵する鉄筋コンクリート造の設備で、原子炉建屋原子炉棟内に設け、全炉心燃料の約40%を収納できる。燃料は堅固な構造のラックに垂直に入れ、乾燥状態で保管する。新燃料貯蔵庫には水が充満するのを防止するための排水口を設ける。

なお、新燃料は発電所敷地内の倉庫に所定の保安上の措置を行った上、一時仮置することもある。

新燃料貯蔵ラックは、貯蔵燃料の臨界を防止するために必要な燃料間距離を保持し、たとえ新燃料を貯蔵容量最大で貯蔵した状態で、万一新燃料貯蔵庫が水で満たされるという厳しい状態を仮定しても、実効増倍率を0.95以下に保つ。さらに実際には起こることは考えられないが、反応度が最も高くなるとい

うような水分雰囲気を満たされる場合を仮定しても臨界未満とする。

(4) 使用済燃料プール

使用済燃料プールは、2号炉の約400%炉心分の燃料の貯蔵が可能であり、さらに放射化された機器等の貯蔵及び取り扱いができるスペースをもたせる。壁の厚さは遮蔽を考慮して十分とり、内面はステンレス鋼でライニングし漏えいを防止する。使用済燃料プールの水深は約11.5mである。また、著しく破損した燃料集合体は、使用済燃料プール内の破損燃料貯蔵ラックに収納する。

なお、使用済燃料プールは通常運転中、全炉心の燃料体等を貯蔵できる容量を確保する。

使用済燃料貯蔵ラックは、中性子吸収材であるほう素を添加したステンレス鋼を使用するとともに適切な燃料間距離をとることにより、燃料体等を貯蔵容量最大で貯蔵し、かつ使用済燃料プール水温及び使用済燃料貯蔵ラック内燃料貯蔵位置等について、想定されるいかなる場合でも実効増倍率を0.95以下に保ち、貯蔵燃料の臨界を防止する。

使用済燃料プール水の漏えいを防止するため、使用済燃料プールには排水口を設けない。使用済燃料プール水の漏えい又は崩壊熱の除去能力の喪失に至る状態を監視するため、使用済燃料プール監視設備として、燃料貯蔵プール水位、燃料プールライナドレン漏えい、燃料貯蔵プール水温度、燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度、使用済燃料プール水位/温度（ガイドパルス式）、燃料交換フロア放射線モニタ、原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ、燃料取替エリア放射線モニタを設ける。

なお、外部電源が利用できない場合においても、使用済燃料プール監視設備は、非常用所内電源系より受電し、外部電源が喪失した場合においても計測が可能な設計とする。

また、使用済燃料プール水の補給に復水貯蔵タンク水が使用できない場合には、残留熱除去系を用いてサブプレッション・チェンバのプール水を補給する。

キャスクピットは、使用済燃料プールの横に別個に設け、万一の使用済燃料輸送容器等の落下事故の場合にも、使用済燃料プールの機能を喪失しないようにする。

なお、新燃料を使用済燃料プールに一時的に仮置することもある。

(5) キャスク除染ピット

キャスク除染ピットは、使用済燃料プールに隣接して設け、キャスクの除染を行う。

(6) 破損燃料検出装置

破損燃料検出装置は、原子炉停止時に SHIPPING を行って、破損燃料を検出する。なお、SHIPPING とは、チャンネル・ボックス上にシッパキャップを載せ、各チャンネル・ボックス内の水を採取し、核種分析によって燃料の破損を検出する方法である。

(7) 燃料貯蔵プール水位

燃料貯蔵プール水位は、使用済燃料プール水位の異常な低下及び上昇を監視できる計測範囲を有し、異常を検知した場合は中央制御室に警報を発信する設計とする。

(8) 燃料プールライナドレン漏えい

燃料プールライナドレン漏えいは、使用済燃料プールライナからの漏えいを検知できる計測範囲を有し、使用済燃料プールからの漏えいが発生した場合に中央制御室に警報を発信する設計とする。

(9) 燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度

燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度は、使用済燃料プール温度の異常な上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な温度上昇時に警報を発信する設計とする。

(10) 燃料貯蔵プール水温度

燃料貯蔵プール水温度は、使用済燃料プール温度の異常な上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な温度上昇時に警報を発信する設計とする。

(11) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）は、使用済燃料プール水位の異常な低下及び使用済燃料プール温度の異常な上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、水位の異常な低下時及び温度の異常な上昇時に警報を発信する設計とする。

(12) 燃料交換フロア放射線モニタ

燃料交換フロア放射線モニタは、燃料取扱場所の放射線量について異常な上昇を検出できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な放射線量を検出し警報を発信する設計とする。

(13) 原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ

原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタは、燃料取扱場所での燃料取扱事故（燃料体等の落下）時において燃料取扱場所の放射線量について異常な上昇を検出できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な放射線量を検知した場合に警報を発信し、原子炉建屋の通常の換気空調系を停止するとともに非常用ガス処理系を起動する設計とする。

(14) 燃料取替エリア放射線モニタ

燃料取替エリア放射線モニタは、燃料取扱場所での燃料取扱事故（燃料体等の落下）時において燃料取扱場所の放射線量について異常な上昇を検出できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な放射線量を検知した場合に警報を発信し、原子炉建屋の通常の換気空調系を停止するとともに非常用ガス処理系を起動する設計とする。

4.1.1.5 試験検査

燃料体等の取扱設備及び貯蔵設備の機器は、その使用前に必ず機能試験、検査を実施する。

4.1.1.6 手順等

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設は、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理を行う。

(1) 使用済燃料プールへの重量物落下防止対策

- a. 使用済燃料プール周辺に設置する設備や取り扱う吊荷については、あらかじめ定めた評価フローに基づき評価を行い、使用済燃料プールに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。
- b. 日常作業等において使用済燃料プール周辺に持ち込む物品については、必要最低限に制限するとともに落下防止措置を実施する。
- c. 燃料交換機及び原子炉建屋クレーンは、通常待機時、使用済燃料プール上への待機配置を原則行わないこととする。また、原子炉建屋クレーンにより、使用済燃料輸送容器を使用済燃料プール上で取り扱う場合は、使用済燃料輸送容器の移動範囲の制限に関する運用上の措置を講ずることとし、それらを手順等に整備し、的確に実施する。
- d. 使用済燃料プール上で作業を行う原子炉建屋クレーンについては、クレーン等安全規則に基づき、定期点検及び作業開始前点検を実施するとともに、クレーンの運転、玉掛けは有資格者が実施する。また、燃料交換機においても、定期点検及び作業開始前点検を実施する。

第 4.1-1 表 燃料取扱及び貯蔵設備の設備仕様

- (1) 種類 ステンレス鋼内張りプール形 (ラック貯蔵方式)
- (2) 貯蔵能力 全炉心燃料の約 400%相当分
- (3) 燃料貯蔵プール水位
- | | |
|------|--|
| 個数 | 1 |
| 計測範囲 | (水位低警報設定値)
通常水位-165mm (O. P. 32730mm)
(水位高警報設定値)
通常水位+ 35mm (O. P. 32930mm) |
| 種類 | フロート式 |
- (4) 燃料プールライナドレン漏えい
- | | |
|------|--|
| 個数 | 1 |
| 計測範囲 | (警報設定値)
ドレン止め弁(O. P. 15550mm) より +528mm (O. P. 16078mm) |
| 種類 | フロート式 |
- (5) 燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度
- | | |
|------|-----------|
| 個数 | 1 |
| 計測範囲 | 0°C~100°C |
| 種類 | 熱電対 |
- (6) 燃料貯蔵プール水温度
- | | |
|------|-----------|
| 個数 | 1 |
| 計測範囲 | 0°C~100°C |
| 種類 | 熱電対 |
- (7) 使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式)
- | | |
|------|---|
| 個数 | 水位：1
温度：1 (検出点 2 箇所) |
| 計測範囲 | 水位：-4300~7300mm (O. P. 21620~O. P. 33220mm)
温度：0~120°C |
| 種類 | 水位：ガイドパルス式
温度：測温抵抗体 |
- (8) 燃料交換フロア放射線モニタ
- | | |
|------|-------------------|
| 個数 | 1 |
| 計測範囲 | 10^{-4} ~1mSv/h |
| 種類 | 半導体式 |
- (9) 原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ
- | | |
|------|-------------------|
| 個数 | 4 |
| 計測範囲 | 10^{-4} ~1mSv/h |
| 種類 | 半導体式 |

(10) 燃料取替エリア放射線モニタ

個数	4
計測範囲	$10^{-3} \sim 10\text{mSv/h}$
種類	半導体式

2. 追加要求事項に対する適合方針

2.1 使用済燃料プールへの重量物落下について

使用済燃料プールへ重量物が落下した場合においても、使用済燃料プールの機能が損なわれないようにするため、使用済燃料プールへの落下が想定される重量物を抽出し、抽出された重量物が基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

(1) 使用済燃料プールへの落下が想定される重量物の抽出

a. 使用済燃料プール周辺の設備等の抽出

使用済燃料プール周辺の設備等について、現場確認、図面等（建屋機器配置図、機器設計仕様書、系統設計仕様書、設置変更許可申請書）により抽出し、抽出した設備等を類似機器毎に項目分類を行う。なお、抽出した機器については、現場の作業実績により抽出に漏れがないことを確認している。

b. 使用済燃料プールへの落下を検討すべき重量物の抽出

上記 a. で抽出及び項目分類したものについて、項目毎に使用済燃料プールとの離隔距離や設置方法などを考慮し、使用済燃料プールに落下するおそれがあるものを抽出する。

抽出された設備等の中から、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、使用済燃料プールへの落下影響を検討すべき重量物を抽出する。

(2) 使用済燃料プールへの落下防止対策

a. 耐震性確保による落下防止対策

燃料交換機、原子炉建屋クレーンについて、基準地震動 S_s に対して耐震評価により壊れて落下しないことを確認し、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、使用済燃料プール周辺に常設している重量物は、落下防止のために必要な構造強度を有する設計とする。

b. 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 2 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る設計とする。

c. 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、燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの使用済燃料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による落下防止措置及び使用済燃料プール周りの異物混入防止対策を実施する方針について保安規定にて示す。

2.2 使用済燃料プールを監視する機能の確保について

使用済燃料プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を中央制御室において監視し，異常時に警報を発信する設計とする。また，これら計測設備については非常用所内電源から受電し，外部電源が利用できない場合においても，監視できる設計とする。

女川原子力発電所 2 号炉

使用済燃料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 設置状況による抽出
 - 4.1.2 落下エネルギーによる抽出
 - 4.1.3 落下防止対策の要否判断が必要となる重量物の抽出
 - 4.2 評価フローⅡの抽出結果
 - 4.2.1 設置状況による抽出結果
 - 4.2.2 落下エネルギーによる抽出結果
 - 4.2.3 落下防止対策の要否判断が必要となる重量物の抽出結果
5. 落下防止対策の要否判断
 - 5.1 評価フローⅢ（落下防止対策の要否判断）の考え方
 - 5.2 評価フローⅢの評価
 - 5.2.1 耐震性確保による落下防止対策
 - 5.2.2 設備構造上の落下防止対策
 - 5.2.3 運用状況による落下防止対策
 - 5.3 評価フローⅢの抽出結果
 - 5.3.1 落下防止対策を実施することにより落下評価が不要となるもの

6. 重量物の落下に係る評価結果

(別紙)

1. 燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性について
2. 使用済燃料プールと運転床上設備等との離隔概要について
3. 燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの待機場所について
4. 原子炉建屋クレーンのインターロックについて
5. 使用済燃料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. 燃料交換機 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. 燃料交換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
5. 新燃料の取扱いにおける落下防止対策
6. 使用済燃料輸送容器取扱い作業時における使用済燃料プールへの影響
7. 使用済燃料輸送容器吊具による使用済燃料輸送容器の吊り方について
8. 原子炉建屋原子炉棟屋根トラス部材の落下防止対策

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、女川 2 号炉使用済燃料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附属施設の位置、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

使用済燃料プールへの落下時影響評価が必要な重量物について、図 2.1 の評価フローにより網羅的に評価した。フローに記載のⅠ～Ⅴの内容について以下に示す。

Ⅰ. 使用済燃料プール周辺の設備等の抽出

使用済燃料プール周辺の設備等について、現場確認、図面等（機器配置図、機器設計仕様書、系統設計仕様書、設置変更許可申請書）により抽出し、抽出した設備等を類似機器毎に項目分類を行う。なお、抽出した機器については、現場の作業実績により抽出に漏れないことを確認する。

Ⅱ. 使用済燃料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で抽出及び項目分類したものについて、項目毎に使用済燃料プールとの離隔距離や設置方法などを考慮し、使用済燃料プールに落下するおそれがあるものを抽出する。

抽出された設備等の落下エネルギーと、燃料集合体の気中落下試験時の落下エネルギーを比較し、使用済燃料プールへの落下影響を検討すべき重量物を抽出する。

Ⅲ. 落下防止対策の要否判断

評価フローⅡで抽出した設備等に対し、以下のいずれかの落下防止対策がなされていることを確認する。

- ・耐震性確保による落下防止対策
- ・設備構造上の落下防止対策
- ・運用状況による落下防止対策

Ⅳ. 使用済燃料プールへの落下時影響評価が必要なもの

評価フローⅢで落下防止対策が必要とされた重量物は、落下時に使用済燃料プールの機能を損なうおそれがあることから、使用済燃料プールの落下時影響評価を実施する。

Ⅴ. 使用済燃料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で対策不要としたものは、使用済燃料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。

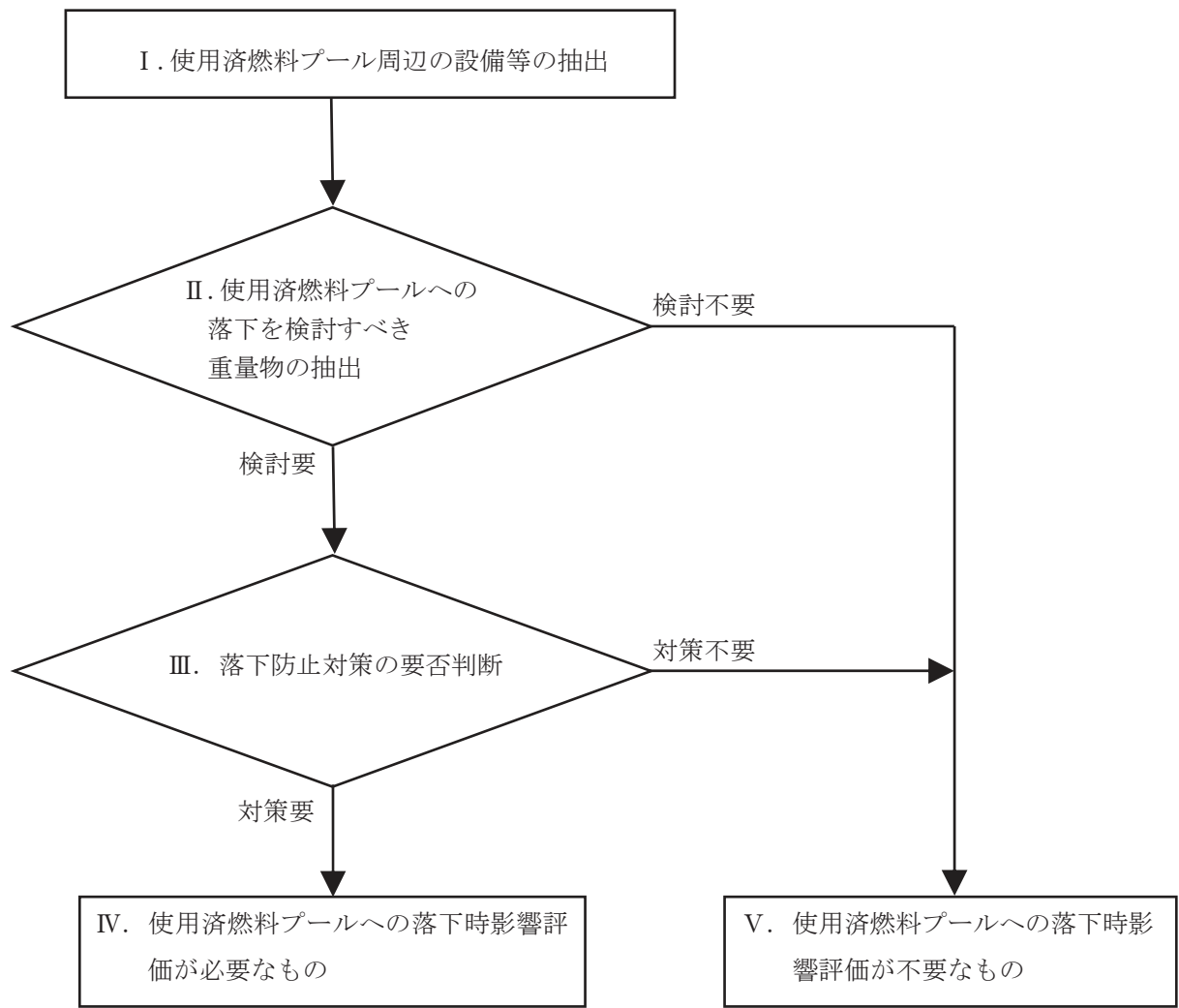


図 2.1 評価フロー

3. 使用済燃料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）

- ・使用済燃料プール周辺の設備等について、設置位置（高さ）、物量、質量、固定状況等を確認し、地震等により使用済燃料プールへの落下物となるおそれのあるもの。

3.1.2 機器配置図等[※]による抽出

使用済燃料プール周辺の設備等について、機器配置図や設計仕様書の図面等を用いて抽出する。なお、今後設置を計画している重大事故等対処設備についても抽出対象とする。

※ 機器配置図

機器設計仕様書（原子炉建屋クレーン、燃料取扱設備、燃料交換機 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）

設置変更許可申請書

（抽出基準）

- ・使用済燃料プール周辺の内挿物等、現場で確認できない設備等について、機器配置図等にて物量、質量、配置状況等を確認し、使用済燃料プールへの落下物となるおそれのあるもの。

3.1.3 使用済燃料プール周辺の作業実績からの抽出

使用済燃料プール周辺の作業で、燃料交換機又は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）

- ・使用済燃料プール周辺の作業において、燃料交換機又は原子炉建屋クレーンを使用して取り扱う設備等。

また、使用済燃料プール周辺は、異物混入防止エリアとなっており、日常作業等における持込品については、必要最低限に制限するとともに落下防止措置を講じていることから、使用済燃料プールに落下するおそれがないため、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

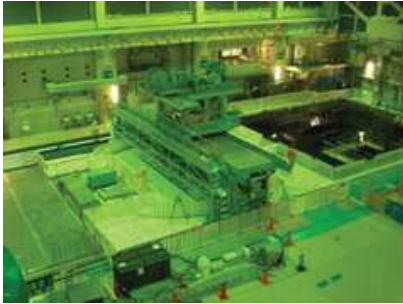
現場，機器配置図等による確認及び作業実績により，以下の設備等を抽出した。抽出した設備等を分類した各項目の詳細については，表 3.2.1 に示す。

【抽出した設備等の分類項目】

- ・原子炉建屋原子炉棟
- ・燃料交換機
- ・原子炉建屋クレーン
- ・その他クレーン類
- ・PCV（取扱具含む）
- ・RPV（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
- ・使用済燃料輸送容器（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
- ・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
- ・その他

使用済燃料プール周辺の主な作業としては，「燃料交換機又は原子炉建屋クレーンを使用した燃料集合体等の移送作業」，「燃料交換機を使用した原子炉圧力容器と使用済燃料プール内ラック間の内挿物等の移動及び使用済燃料輸送容器への使用済燃料集合体の移動作業」，「原子炉建屋クレーンを使用した使用済燃料輸送容器の移動及びプラント定期検査時の運転床面における設備等の配置変更，搬入・搬出等」がある。

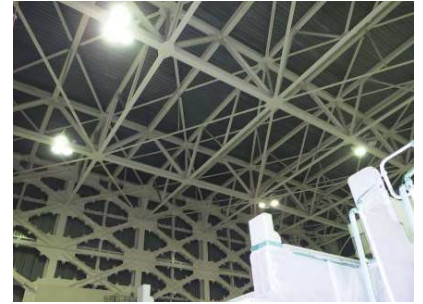
女川 2 号炉の原子炉建屋原子炉棟運転床状況を図 3.2.1 に示す。このうち，燃料交換機とその取扱い設備，及び原子炉建屋クレーンとその取扱い設備について，それぞれ図 3.2.2，図 3.2.3 に示す。



原子炉建屋原子炉棟運転床全体



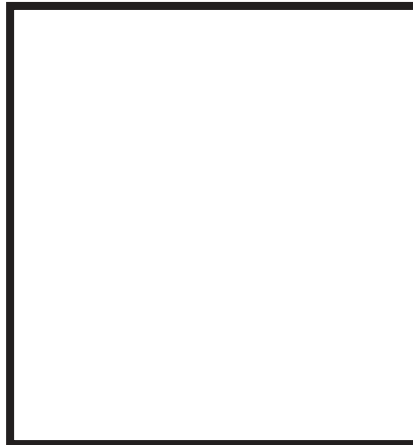
燃料交換機



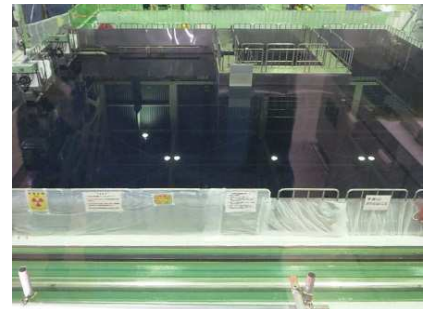
原子炉建屋原子炉棟運転床天井



原子炉建屋クレーン



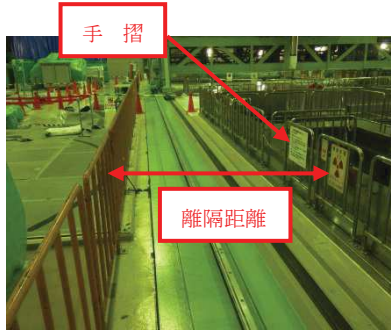
原子炉建屋原子炉棟運転床概略平面



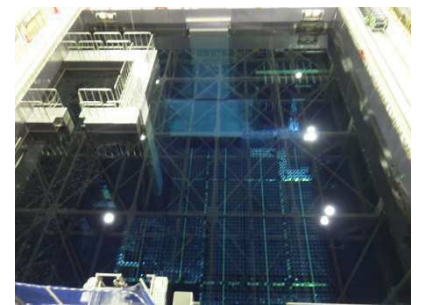
①使用済燃料プール全体



②使用済燃料プール側面



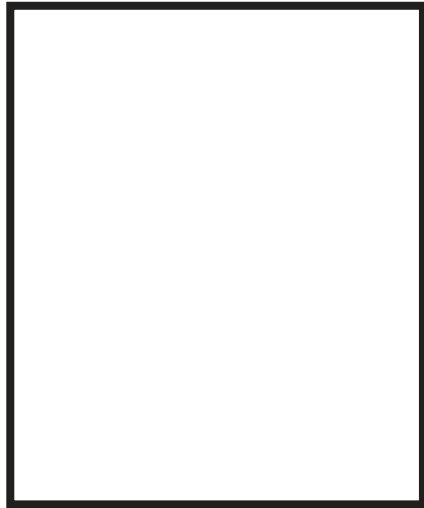
③使用済燃料プール側面



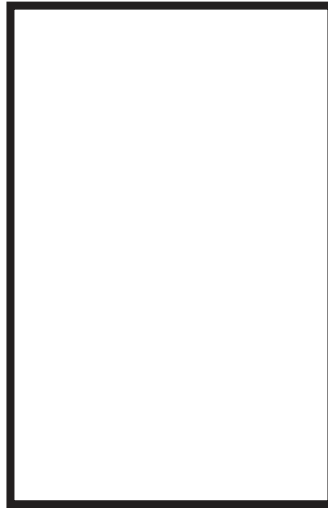
④使用済燃料プールラック

図 3.2.1 女川 2 号炉 原子炉建屋原子炉棟運転床（オペレーティングフロア）概要

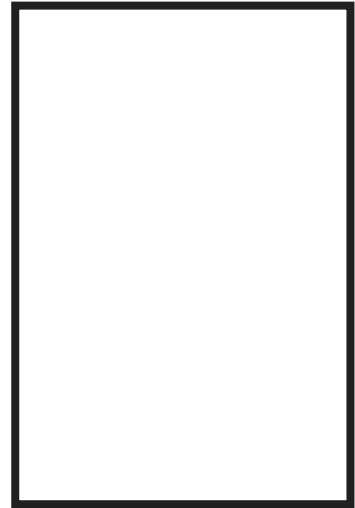
枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません



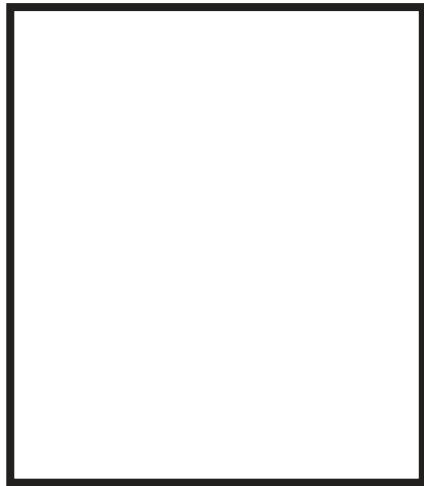
燃料交換機本体



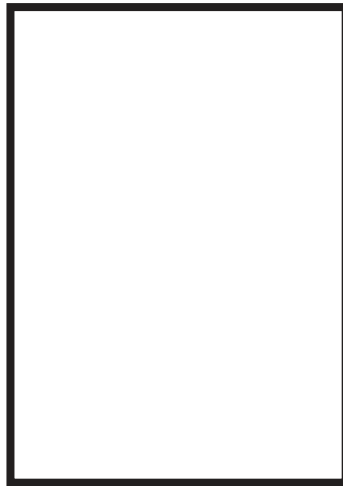
燃料集合体



使用済燃料貯蔵ラック



内挿物（制御棒）



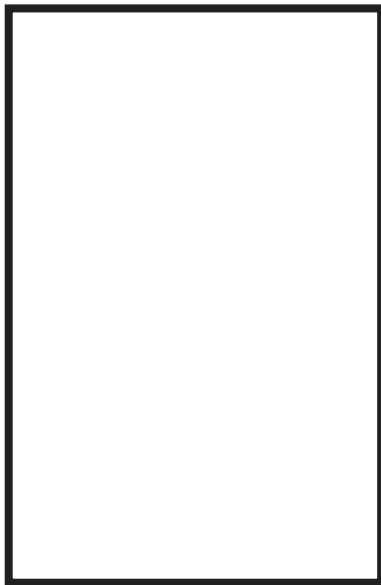
制御棒つかみ具

図 3.2.2 燃料交換機本体及び取扱い設備等

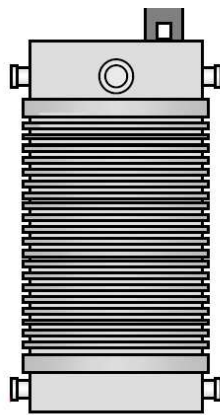
枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません



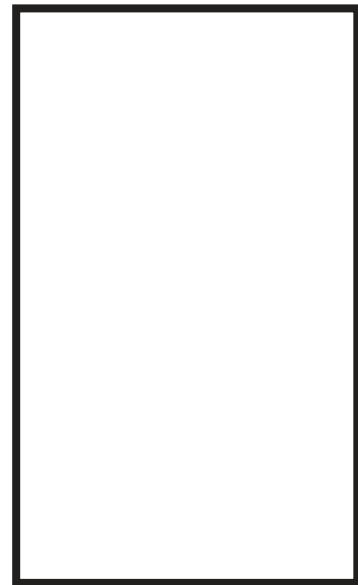
原子炉建屋クレーン



使用済燃料輸送容器吊具



使用済燃料輸送容器



使用済燃料プールゲート

図 3.2.3 原子炉建屋クレーン本体及び取扱い設備等

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

表 3.2.1 評価フロー I の抽出結果（詳細）（1/5）

番号	抽出項目	詳細
1	原子炉建屋原子炉棟	屋根トラス, 耐震壁等
		照明
		クレーンランウェイガード
2	燃料交換機	燃料交換機
3	原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン
4	その他クレーン類	燃料コンテナ起立台
		新燃料検査台
5	PCV（取扱具含む）	PCVヘッド（ボルト含む）
		上蓋スリング
6	RPV（取扱具含む）	RPVヘッド
		RPVスタッドボルト
		RPVスタッドテンショナ
		RPV-Oリング
		RPV保温材
		上蓋スリング
		スタッドボルトトラック
		燃料交換用鉛シールド
		RPVスタッドテンショナ仮置き台
7	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
		シュラウドヘッドボルトレンチ
		蒸気乾燥器
		蒸気乾燥器・気水分離器吊り具
		MSラインプラグ（操作盤含む）
		グリッドガイド
		インコア挿入ガイド
		操作ポール+その他プール工具
		LPRM検出器
		LPRM/ドライチューブ移送具
		LPRM/ドライチューブ取扱具
		引抜きIHT錘
		挿入用IHT
		インコアストロングバック
		SRNM
中性子源		

表 3.2.1 評価フロー I の抽出結果 (詳細) (2/5)

番号	抽出項目	詳細
7	内挿物 (取扱具含む)	起動用中性子源ホルダ
		燃料集合体
		制御棒+燃料支持金具
		制御棒・燃料サポート同時つかみ具
		制御棒
		制御棒つかみ具
		燃料チャンネル着脱機
		チャンネルボックス
		チャンネル移動つかみ具
		チャンネル取扱具
		チャンネル取扱ブーム
		チャンネルボルトレンチ
		ダブルブレードガイド
		ジェットポンプグラップル
		インコアモニタ切断具廃棄用つかみ具
インコアモニタ切断具廃棄用カッター		
LPRM保管箱		
8	プール内ラック類	ブレードガイド貯蔵ラック
		チャンネル貯蔵ラック
		使用済燃料貯蔵ラック
		制御棒・破損燃料貯蔵ラック
		新燃料貯蔵ラック
		廃棄物 (LPRM) 収納容器
		制御棒貯蔵ラック
		制御棒貯蔵ハンガ
		燃料支持金具用単体貯蔵ラック
9	プールゲート類	D/Sプールゲート
		使用済燃料プールゲート (大)
		使用済燃料プールゲート (小)
		キャスクピットゲート
10	使用済燃料輸送容器 (取扱具含む)	使用済燃料輸送容器
		使用済燃料輸送容器蓋
		使用済燃料輸送容器吊具
		使用済燃料輸送容器蓋吊具

表 3.2.1 評価フロー I の抽出結果（詳細）（3/5）

番号	抽出項目	詳細
1 1	電源盤類	照明用分電盤
		作業用分電盤
		エレベータ用変圧器
		燃料交換機主電動機駆動用変圧器
		燃料チャンネル着脱機制御盤
		新燃料検査台制御盤
		原子炉建屋天井クレーン制御盤
		原子炉建屋クレーン電源現場操作箱
		燃料プール状態表示盤
		オペフロ照明用安定器収納盤
		火災報知機総合盤
1 2	フェンス・ラダー類	手摺り
		D/Sプール用梯子
		原子炉ウェル用梯子
		新燃料検査用ラダー
1 3	装置類	静的触媒式水素再結合装置
		除染装置
1 4	作業機材類	水中カラーTVカメラヘッド
		水中カラーTVカメラケーブル
		水中カラーTVカメラ制御盤
		水中白黒カメラヘッド
		水中白黒カメラ ケーブル
		水中白黒カメラ制御装置
		水中照明
		炉内照明（気中投光式）
		工具棚
1 5	計器・カメラ・通信機器類	ページング用スピーカ
		ページング用ハンドセット
		I TVカメラ
		I A E Aカメラ
		使用済燃料プール監視カメラ
		水素濃度計
		原子炉建屋内水素濃度

表 3.2.1 評価フロー I の抽出結果 (詳細) (4/5)

番号	抽出項目	詳細
15	計器・カメラ・通信機器類	地震観測装置
		エリア放射線モニタ
		燃料取替エリア放射線モニタ
		使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量, 低線量)
		SGTSトレイン出口流量発信器 (スタンション含む)
		HWHサージタンク水位発信器 (スタンション含む)
		原子炉建屋外気差圧発信器 (スタンション含む)
		RCWサージタンク水位発信器 (スタンション含む)
		使用済燃料プール水位/温度(ガイドパルス式)
		使用済燃料プール水位/温度 (ヒートサーモ式)
		使用済燃料プールレベルスイッチ
		使用済燃料プール水温度計
		チャンネルボックス測定装置信号箱
静的触媒式水素再結合装置動作監視装置		
16	試験・検査用機材類	模擬燃料集合体
		スタッドボルト用試験片
		炉内 SHIPPING 制御装置
		炉外 SHIPPING コンテナ
		炉外 SHIPPING シッパーキャップ
		テストウェイト
		キャリブレーション用治具キャスク
17	コンクリートプラグ・ハッチ類	新燃料貯蔵庫カバー
		D/Sピット側スロットプラグ (A)
		D/Sピット側スロットプラグ (B)
		D/Sピット側スロットプラグ (C)
		原子炉ウェルカバー (Aタイプ)
		原子炉ウェルカバー (Bタイプ)
		原子炉ウェルカバー (Cタイプ)

表 3.2.1 評価フロー I の抽出結果 (詳細) (5/5)

番号	抽出項目	詳細
17	コンクリートプラグ・ハッチ類	原子炉ウェルカバー (Dタイプ)
		原子炉ウェルカバー (Eタイプ)
		スキマサージタンクハッチカバー (A)
		スキマサージタンクハッチカバー (B)
		使用済燃料プール側スロットプラグ (A)
		使用済燃料プール側スロットプラグ (B)
		使用済燃料プール側スロットプラグ (C)
		使用済燃料プール側スロットプラグ (D)
		D/Sピットカバー (No. 1)
		D/Sピットカバー (No. 2)
		D/Sピットカバー (No. 3)
		D/Sピットカバー (No. 4)
		D/Sピットカバー (No. 5)
		D/Sプラグ吊り具
		ウェルカバー吊り具
		大物搬入口ハッチカバー
		電動ハッチ装置
18	その他	配管等
		タンク類
		非常誘導灯
		消火設備
		掲示物
		窓ガラス
		空調ダクト
		原子炉建屋ベント装置
		サービスボックス・電源ボックス蓋
		消火器格納庫
		原子炉建屋真空清掃設備掃除用収納箱
		ケーブル
		救命用具
		定期検査用資機材
スプレイノズル		

4. 使用済燃料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 設置状況による抽出

使用済燃料プールとの離隔や設置方法等を考慮して、使用済燃料プール内に落下するおそれのある設備等を検討要、それ以外を検討不要の重量物として抽出する。

なお、使用済燃料プールとの離隔は、使用済燃料プールと離隔距離が確保され、かつ、手摺りにより区画された外側に設置されていることとする。

4.1.2 落下エネルギーによる抽出

4.1.1「設置状況による抽出」にて検討要となった重量物について、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[※]）を超える重量物となる設備等を検討要、それ以外の設備等を検討不要として抽出する。

※燃料集合体の気中落下を想定した場合でも使用済燃料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、落下高さは図 4.1.1 に示すとおり一律に各設備などの最大吊り上げ高さ（＝フック上限位置－使用済燃料プール最深床高さ）とし、基準面は使用済燃料プール最深床高さとする。

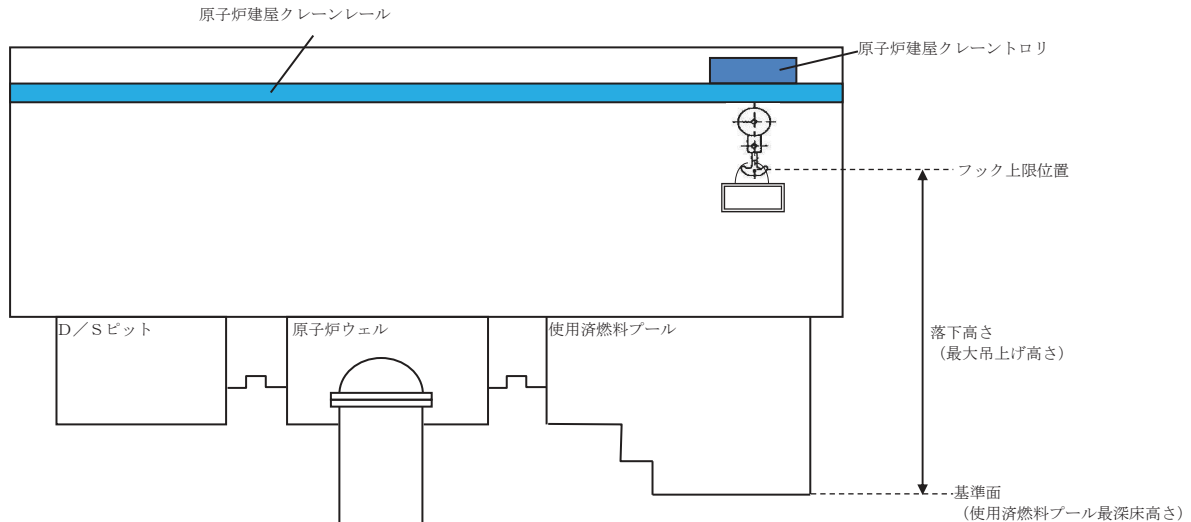


図 4.1.1 落下高さ算出概要

4.1.3 落下防止対策の要否判断が必要となる重量物の抽出

4.1.1「設置状況による抽出」及び4.1.2「落下エネルギーによる抽出」により検討要となる重量物について、評価フローⅢで使用済燃料プールへの落下防止対策の対応状況確認が必要となる重量物として抽出する。

4.2 評価フローⅡの抽出結果

4.2.1 設置状況による抽出結果

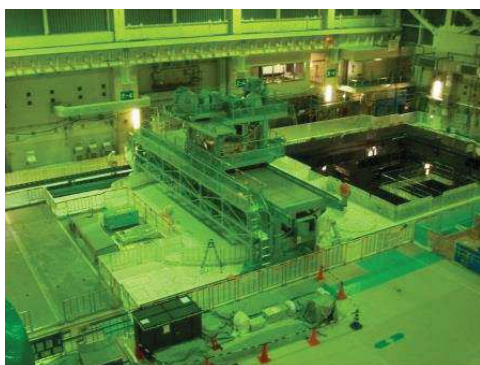
下記項目の設備等は、通常時使用済燃料プールの上で取扱うことがなく、使用済燃料プールの手摺の外側に設置され、転倒防止対策（電源盤類については床や壁面にボルト等にて固定又は固縛）がとられており、仮に地震等により損壊・転倒したとしても使用済燃料プールまでの離隔がとれていることから検討不要とする（詳細は、使用済燃料プールと運転床上設備等との離隔概要について（別紙2）参照）。原子炉建屋原子炉棟運転床上設備及び離隔距離の概要について図4.2.1に示す。

<検討不要となる項目*>

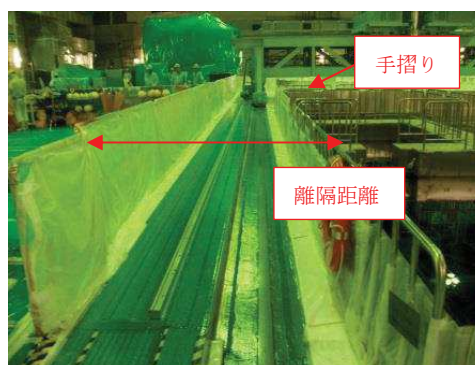
- ・その他クレーン類
- ・PCV（取扱具含む）
- ・電源盤類

※各項目の詳細は表3.2.1を参照

(女川2号炉の状況)



原子炉建屋原子炉棟運転床上設備



隔離距離の概要

図 4.2.1 原子炉建屋原子炉棟運転床上設備及び隔離距離の概要

4.2.2 落下エネルギーによる抽出結果

下記項目の設備等は、4.1.2「落下エネルギーによる抽出」に示す方法により算出した落下エネルギーが、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、検討不要とする。

<検討不要の項目※>

- ・プール内ラック類
- ・計器・カメラ・通信機器類
- ・その他

※各項目の詳細は表 3.2.1 を参照

上記項目の設備等は、使用中に仮に使用済燃料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体等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 落下防止対策の要否判断が必要となる重量物の抽出結果

4.2.1「設置状況による抽出」及び4.2.2「落下エネルギーによる抽出」により、抽出した検討要となる重量物の項目を下記に示す。

これらの項目は、落下により使用済燃料プールの機能を損なう恐れがあることから、後段の評価フローⅢで使用済燃料プールへの落下防止対策の要否確認を実施する。

<検討要となる項目※>

- ・原子炉建屋原子炉棟
- ・燃料交換機
- ・原子炉建屋クレーン
- ・R P V (取扱具含む)

- ・内挿物（取扱具含む）
 - ・プールゲート類
 - ・使用済燃料輸送容器（取扱具含む）
 - ・フェンス・ラダー類
 - ・装置類
 - ・作業機材類
 - ・試験・検査用機材類
 - ・コンクリートプラグ・ハッチ類
- ※各項目の詳細は表 3. 2. 1 を参照

5. 落下防止対策の要否判断

5.1 評価フローⅢ（落下防止対策の要否判断）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、使用済燃料プールへの落下原因に応じて、落下防止対策を適切に実施する設計とする。

抽出した設備等に対する落下原因及び落下防止対策の整理について表 5.1.1 に示す。

表 5.1.1 抽出した設備等に対する落下原因及び落下防止対策の整理

抽出した設備等※ ¹ (分類項目)	該当する落下原因 (a~d) 及び落下防止対策 (①~③)					
	a. 地震による 設備等の破損	b. 吊荷取扱装置の 故障等		c. 吊荷取扱装置の 誤操作		d. 吊荷取扱設備の 待機位置等
	①	②	③	②	③	③
原子炉建屋原子炉棟	○※ ²	—	—	—	—	—
燃料交換機	○	—	○	—	○	○
原子炉建屋クレーン	○	—	○	—	○	○
R P V (取扱具含む)	—	○	○	○	○	—
内挿物 (取扱具含む)	—	○	○	○	○	—
プールゲート類	—	○	○	○	○	—
使用済燃料輸送容器 (取扱具含む)	—	○	○	○	○	○
フェンス・ラダー類	—	○	○	○	○	—
装置類	—	○	○	○	○	—
作業機材類	—	○	○	○	○	—
試験・検査用機材類	—	○	○	○	○	—
コンクリートプラグ・ハッチ類	—	○	○	○	○	—

※1：項目の詳細は表 3.2.1 参照

※2：耐震評価は、落下防止対策を含めて使用済燃料プールに落下しない設計とする。

ここで、吊荷取扱設備とは、燃料交換機又は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。

上記落下防止対策①~③については、具体的に以下により確認する。

① 耐震性確保による落下防止対策

原子炉建屋原子炉棟、燃料交換機、原子炉建屋クレーンについて、基準地震動Ssに対して耐震評価を実施し落下防止対策等を含めて使用済燃料プールに落下しない設計であること。

また、使用済燃料プール周辺に常設している設備は、落下防止のために必要な構造強度を有する設計とする。

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2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る設計とする。

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，燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの使用済燃料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による落下防止措置及び使用済燃料プール周りの異物混入防止対策を実施する。

5.2 評価フローⅢの評価

5.2.1 耐震性確保による落下防止対策

(1) 原子炉建屋原子炉棟及び使用済燃料プール上部にある常設設備

原子炉建屋原子炉棟については，3階床面（O.P. 33.2m）より上部の鉄筋コンクリート造の壁及び鉄骨造の屋根トラス等を線材，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地震力に対して，屋根トラスの主要部材（主トラス，サブトラス等）の発生応力が終局耐力を超えず，又は弾塑性特性を適用する部材については破断せず，使用済燃料プールに落下しない設計を基本とし，主要部材以外（水平ブレース等）については評価において部材の破断が想定される場合には，適切な落下防止対策（補足説明資料8）により，使用済燃料プールに落下しない設計とする。原子炉建屋原子炉棟屋根トラスの解析モデルについて図5.2.1に示す。

また，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。原子炉建屋原子炉棟3階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，3階床面より下部の耐震壁とあわせて基準地震動 S_s に対して落下しない設計とする。

なお，使用済燃料プール上部にある常設設備としては天井照明があるが，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ため，評価フローⅡにおいて検討不要としている。

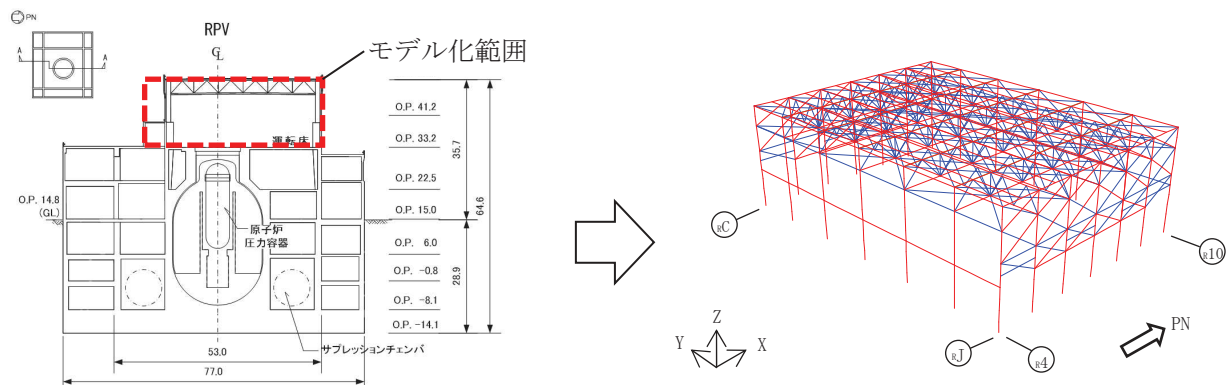


図 5.2.1 原子炉建屋原子炉棟屋根トラスの解析モデル

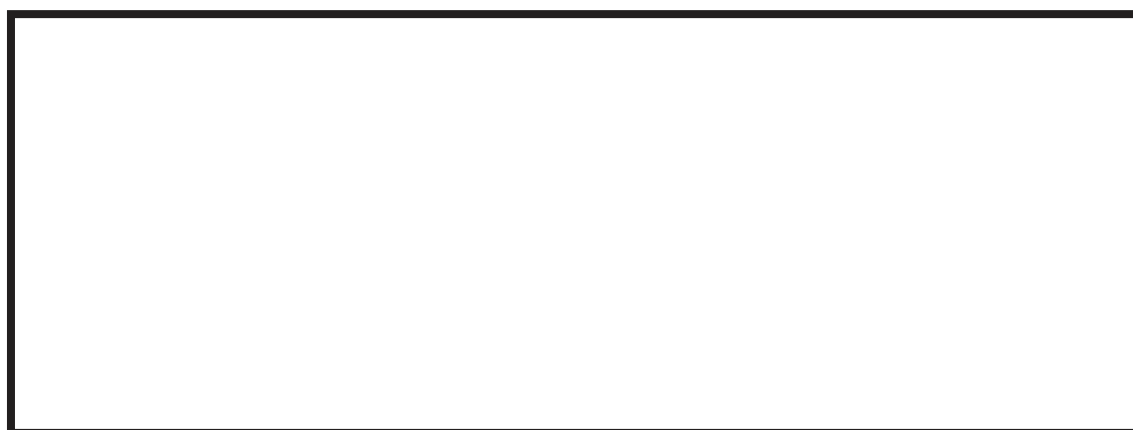
(2) 燃料交換機

燃料交換機[※]は、使用済燃料プール、原子炉ウェル及びD/Sピットをまたぎ、レール上を走行する設備であり、浮上りによる脱線を防止するため、転倒防止装置を設置している。転倒防止装置は、走行レールの頭部を転倒防止装置にて抱き込む構造であり、燃料交換機の浮上りにより走行及び横行レールより脱線しない構造とする。燃料交換機及び走行レールの詳細図について図 5.2.2 に示す。

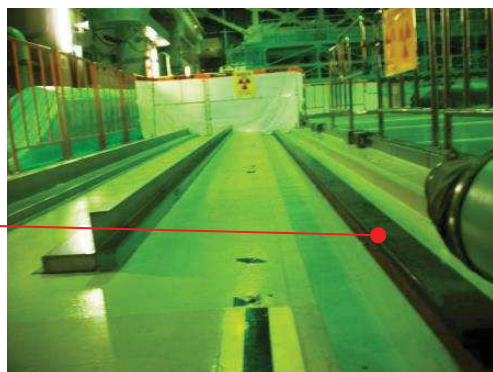
燃料交換機は、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

※ 耐震性評価においては燃料交換機の使用済燃料プール上で取り扱う吊荷となる項目全てを包絡する質量とする。

- 燃料集合体
- ダブルブレードガイド
- 制御棒 等

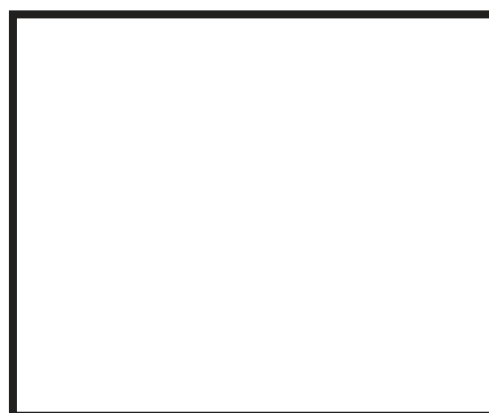


燃料交換機本体



走行レール

走行レール上面



走行レール断面

図 5.2.2 燃料交換機本体及び走行レール詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

a. 燃料交換機の落下防止対策

燃料交換機は、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

以下に、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

解析モデルとして燃料交換機の3次元はりモデルを作成し、スペクトルモーダル解析にて評価する。燃料交換機の解析モデルについて図5.2.3に示す。

(b) 評価部材

- i. 燃料交換機本体（構造物フレーム）
- ii. トロリ転倒防止装置
- iii. ブリッジ転倒防止装置
- iv. 走行レール

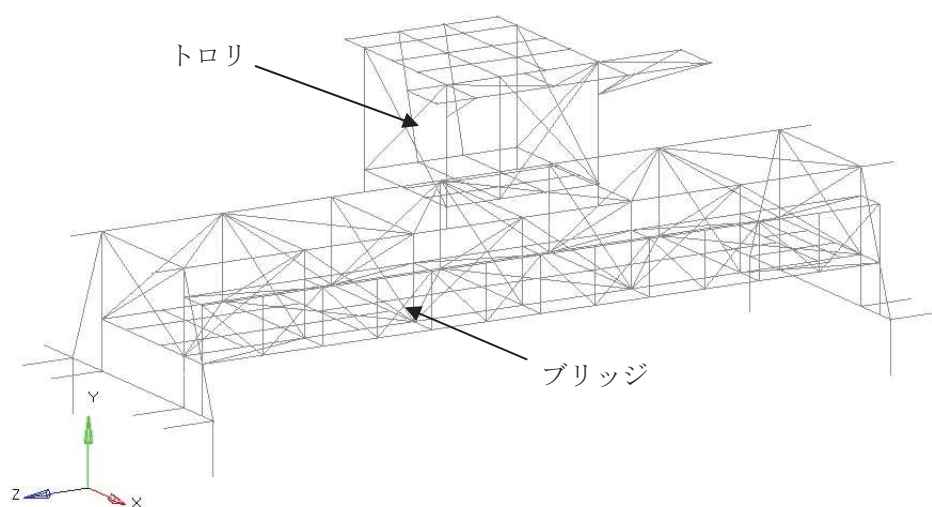


図 5.2.3 燃料交換機 解析モデル（イメージ）

i. 燃料交換機本体（構造物フレーム）

燃料交換機本体（構造物フレーム）は、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して燃料交換機本体（構造物フレーム）に発生する応力が許容応力以下となる設計とする。

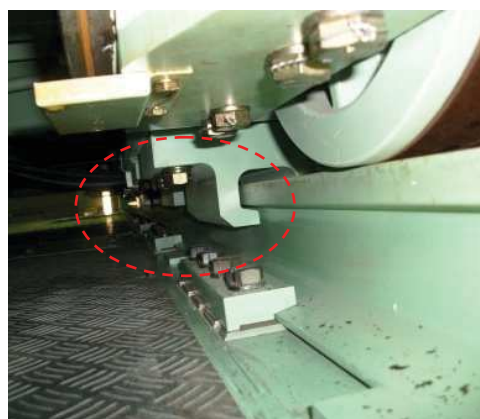
ii. トロリ転倒防止装置

ブリッジ上部のトロリ横行レールの頭部をトロリ転倒防止装置（両爪タイプ）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。トロリ転倒防止装置の詳細を図5.2.4に示す。

本装置は、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動Ssに対して転倒防止装置及び取付ボルトに発生する応力が許容応力以下となる設計とする。



燃料交換機（トロリ）外観



燃料交換機（トロリ）転倒防止装置

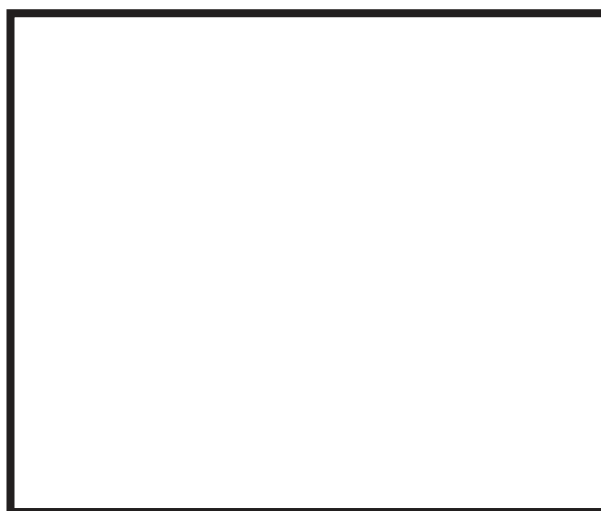


図 5.2.4 トロリ転倒防止装置詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

iii. ブリッジ転倒防止装置

運転床面上の走行用レールの頭部をブリッジ転倒防止装置（両爪タイプ）つめ部にて両側から抱き込む構造とし、燃料交換機が浮上り、走行レールより脱線しない構造としている。ブリッジ転倒防止装置の詳細を図 5.2.5 に示す。

本装置は、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して転倒防止装置及び取付ボルトに発生する応力が許容応力以下となる設計とする。



図 5.2.5 ブリッジ転倒防止装置詳細

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、燃料交換機本体が使用済燃料プールに落下することを防止するため、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して走行レールに発生する応力が許容応力以下となる設計とする。走行レールの詳細を図 5.2.6 に示す。

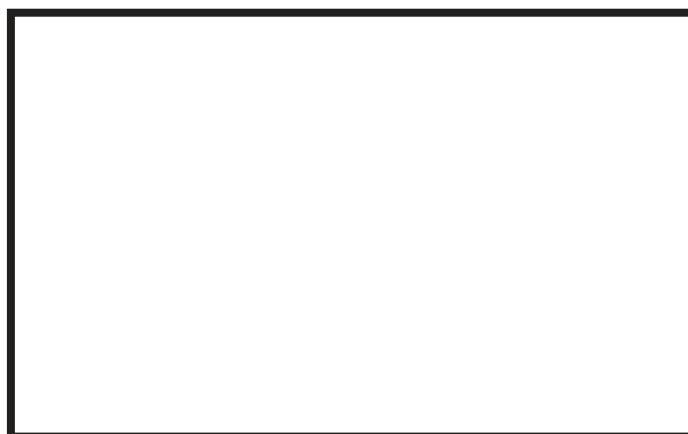


図 5.2.6 走行レール詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

b. 吊荷の落下防止対策

燃料交換機で吊荷を扱う際、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、ワイヤロープ、フック及びブレーキは、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

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。耐震性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

吊荷位置（上端～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、最も大きな震度を鉛直方向床応答スペクトルから算出し、ワイヤロープ、フック及びブレーキに作用する荷重を算出する。当該算出荷重から、各部の評価を行う。

(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、基準地震動 S_s の鉛直方向床応答スペクトルでの震度を用いて、ワイヤロープ長さを考慮し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 (S_u) 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、重量物の吊荷作業にて使用する全てのホイスト（主ホイスト及び補助ホイスト）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。

「燃料交換機 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（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、原子炉建屋原子炉棟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、浮上りによる脱線防止するため、脱線防止ラグを設置している。脱線防止ラグは、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する。

原子炉建屋クレーンは、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

※ 耐震性評価においては原子炉建屋クレーンの使用済燃料プール上で取り扱う吊荷は、下記のように原子炉建屋クレーンによりつられる項目を包絡する質量とする。

- 使用済燃料輸送容器
- プールゲート
- 燃料集合体 等

原子炉建屋クレーン本体の詳細を図 5.2.7 に示す。



図 5.2.7 原子炉建屋クレーン本体詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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、想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。耐震性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。解析モデルを図 5.2.8 に示す。

(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

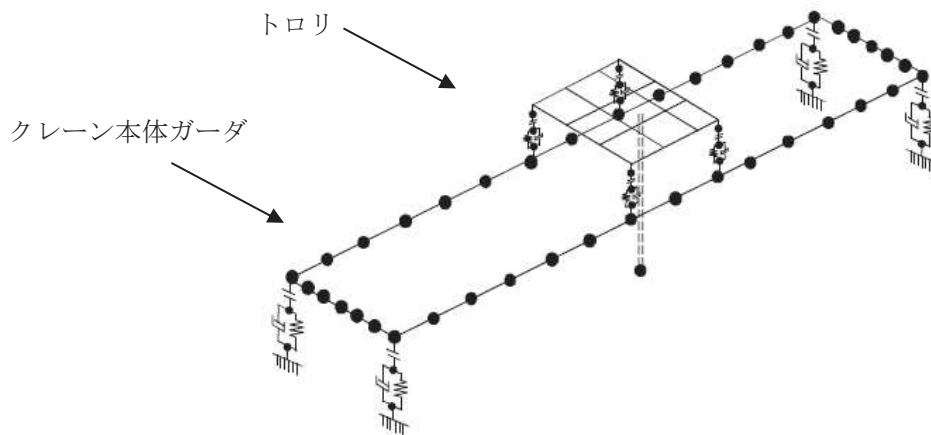


図 5.2.8 原子炉建屋クレーン 解析モデル (イメージ)

i. クレーン本体ガーダ

原子炉建屋クレーン本体ガーダは、原子炉建屋クレーンが想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

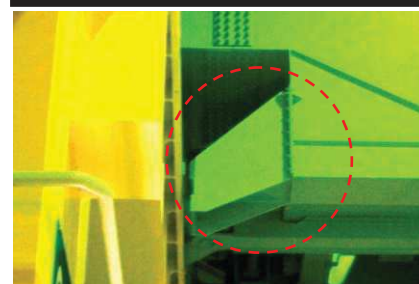
ii. 脱線防止ラグ

脱線防止ラグは、ランウェイガード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、ランウェイガードより脱落しない構造とする。原子炉建屋クレーン本体及び脱線防止ラグの詳細を図 5.2.9 に示す。

脱線防止ラグは、原子炉建屋クレーンが想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して脱線防止ラグに発生する応力が許容応力以下となる設計とする。



原子炉建屋クレーン外観



脱線防止ラグ

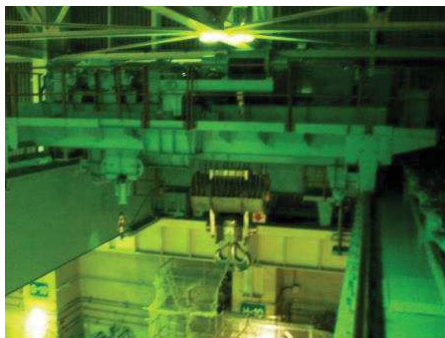
図 5.2.9 原子炉建屋クレーン本体及び脱線防止ラグ詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

iii. トロリストoppa

トロリストoppa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する。トロリ本体及びトロリストoppaの詳細を図 5.2.10 に示す。

トロリストoppaは、原子炉建屋クレーンが想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対してトロリストoppaに発生する応力が許容値応力以下となる設計とする。



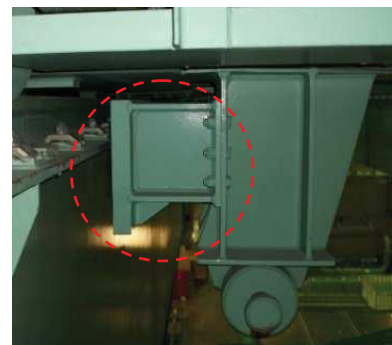
原子炉建屋クレーン外観



トロリストoppa



トロリ本体



トロリストoppa外観

図 5.2.10 トロリ本体及びトロリストoppa詳細

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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、ワイヤロープ、フック及びブレーキは、原子炉建屋クレーンが想定される最大質量の吊荷を吊った状態においても、基準地震動 S_s に対して使用済燃料プールへの落下を防止する設計とする。

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、ワイヤ部にトラス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 (S_u) 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、重量物の吊荷作業にて使用する全てのホイスト (20t ホイスト及び3t ホイスト) 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。

「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 (補足説明資料2)」に、主巻における評価例を示す。

5.2.2 設備構造上の落下防止対策

(1) 燃料交換機

使用済燃料プール上において、燃料交換機で扱う吊荷の作業を行う際に、使用済燃料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. 動力電源等の喪失対策

燃料交換機は、動力電源等の喪失時に自動的にブレーキがかかる設計とする。動力電源等が喪失した場合のブレーキ機能について以下に示す。

(a) 動力電源喪失時の落下防止機能について

直流電磁ブレーキの概要について図 5.2.11 に示す。

燃料交換機のブレーキは、動力電源喪失時においても図 5.2.11 の①、②に示すように、スプリングにより機械的にブレーキ力を維持するフェイルセーフ設計としている。

非励磁時のブレーキ機能について

- ① 制御電源により、電磁石が励磁し、吸引力が押しバネの力に打ち勝ってブレーキ板はブレーキライニングと非接触状態となる。
- ② 制御電源が落ち、電磁石が非励磁となると、ブレーキ板との間の吸引力が喪失する。押しバネの力によりブレーキ板が駆動軸に取り付けられているブレーキライニングを押しあわせる。



図 5.2.11 直流電磁ブレーキの概要

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

- (b) 駆動用空気喪失時の落下防止機能について
燃料つかみ具機構の概要を図 5.2.12 に示す。

燃料つかみ具機構の駆動用空気喪失時の落下防止機能を以下に示す。

- 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するフェイルセーフ設計としている。
- ②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機構により、燃料集合体は外れない設計としている。
- 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。

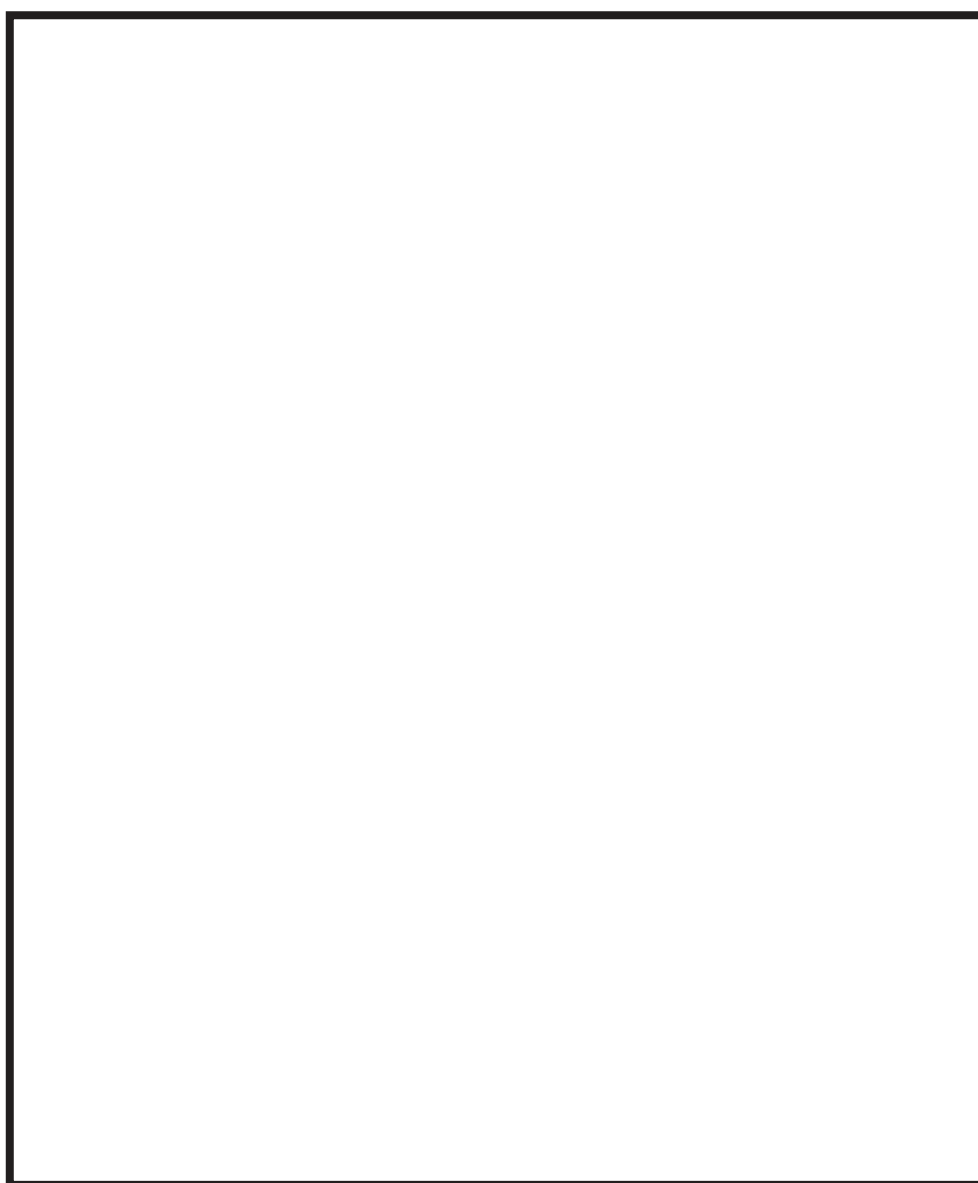


図 5.2.12 燃料つかみ具機構概要

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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、安全に保持できる設計とする。燃料交換機ワイヤロープの2重化構造を図5.2.13に示す。

※ワイヤロープ1本の耐荷重は約12.6tであり、燃料集合体の1体の重量(約300kg)は十分に保持可能である。



図 5.2.13 燃料交換機ワイヤロープ2重化構造

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

c. 速度制限

燃料交換機は、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、一連の燃料交換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、吊荷の落下を防止する設計とする。

各運転操作における運転速度の上限値を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 運転速度の上限値 単位：m/min

速度設定	ブリッジ	トロリ	主ホイスト※2
高速 1			
高速 2			
低速			
微速			

※1：自動・半自動のみ

※2：走行式補助ホイストについては、 m/min

d. 過巻防止

主ホイスト及び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する設計とする。

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

(2) 原子炉建屋クレーン

使用済燃料プール上において、原子炉建屋クレーンで扱う吊荷の作業を行う際に、以下のとおり、使用済燃料プール内への吊荷落下防止対策を実施する。

a. 動力電源の喪失対策

原子炉建屋クレーンは、動力電源喪失時に自動的にブレーキがかかる設計としている。動力電源喪失により非励磁となった場合のブレーキ機能について以下に示す。

(a) 動力電源喪失時のブレーキ機能について

直流電磁ブレーキ構造の概要を図 5.2.14 に示す。

原子炉建屋クレーンのブレーキは、動力電源喪失時においても図 5.2.14 に示すように、バネにより機械的にブレーキ力を維持するフェイルセーフ設計としている。

※非励磁時のブレーキ機能について：
制御電源が落ち、電磁コイルが非励磁となると、バネ（点線部）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（紫部）が挟み込み、強力な制動力を発生する。

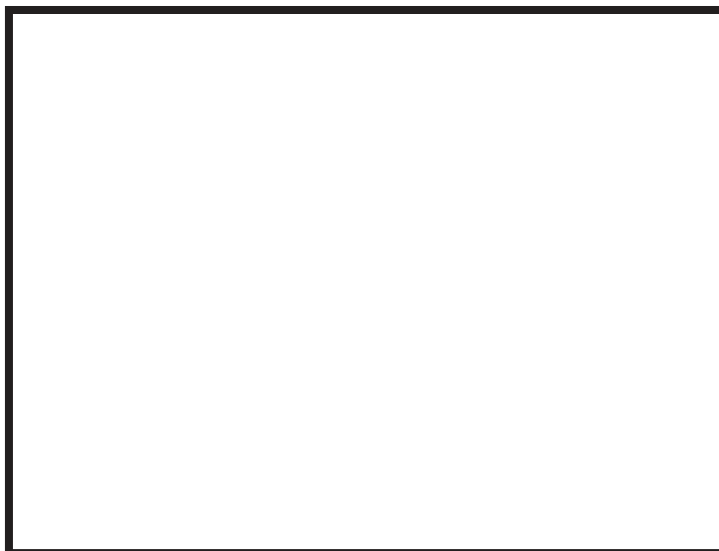


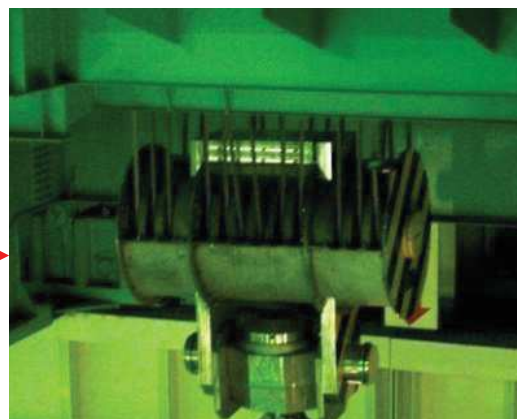
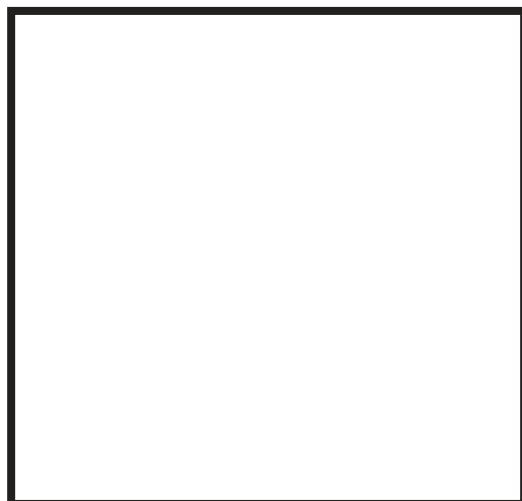
図 5.2.14 直流電磁ブレーキ構造の概要

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

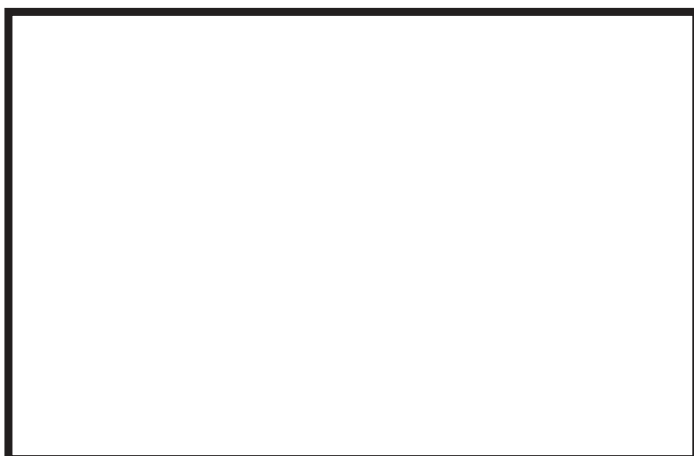
b. 主巻装置・ワイヤロープ2重化対策及びフックの外れ止め金具

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する。主巻装置についても落下防止対策として、減速機、ブレーキ、ドラム等を2重化し重量物が落下しない設計としている。

また、フックには、外れ止め金具を装備し、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している。主巻装置、ワイヤロープ2重化構造及び主巻フック構造を図5.2.15に示す。



2重ドラム方式の巻上げ機構



主巻フック構造

図5.2.15 ワイヤロープ2重化構造及び主巻フック構造

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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な設計としている。

各運転操作における運転速度の上限値を表 5.2.2 に示すとおりとなる。

表 5.2.2 運転速度の上限値 単位：m/min

運転操作	運転室操作		無線操作		
	ステップレス	低速	高速	中速	低速
主巻上					
補巻上					
横行					
走行					
20t ホイスト巻上					
20t ホイスト横行					
3 t ホイスト巻上					

※ () 内は、無負荷時最高速度

運転室操作、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。

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

d. 過巻防止

主巻上, 補巻上, 20t ホイスト, 3t 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) を設けることにより, 過巻による吊荷の落下を防止する設計としている。

リミットスイッチは, 図 5.2.16 及び図 5.2.17 に示す, リミットレバーをクレーンフックが機械的に押し上げることでリミットスイッチを動作させる機構としている。



図 5.2.16 過巻防止用リミットスイッチ
(主巻, 補巻上装置)



図 5.2.17 過巻防止用リミットスイッチ
(ホイスト巻上装置)

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

5.2.3 運用状況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い、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プールに落下することを防止する設計とする。

また、燃料交換機においても、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プールに落下することを防止する設計としている。

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なうときは、その日の作業を開始する前に、次の事項について点検を行わなければならない。

- 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、シャックル、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、異常を認めるときは、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

燃料交換機及び原子炉建屋クレーンは、通常時、使用済燃料プール上への待機配置を原則行わないこととし、使用済燃料プールに落下することを防止する運用としている。

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、可動範囲をインターロックにより制限することで、吊荷等が使用済燃料プールに落下することを防止する設計とする。

別紙3に燃料交換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、別紙4に原子炉建屋クレーンのインターロックについて示す。

(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、落下防止対策を図る運用としている。

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運用としている。

別紙5に、使用済燃料プール周辺における異物混入防止エリアの概要を示す。

5.3 評価フローⅢの抽出結果

5.3.1 落下防止対策を実施することにより落下評価が不要となるもの

評価フローⅡで検討要となった重量物について、5.2.1「耐震性確保による落下防止対策」、5.2.2「設備構造上の落下防止対策」、及び5.2.3「運用状況による落下防止対策」を実施することで、使用済燃料プールへの落下時影響評価は不要とする。

6. 重量物の落下に係る評価結果

(1) 評価結果

使用済燃料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、女川2号炉の整理表を表6.1に示す。(抽出した設備等の配置、質量及び落下高さは、現場、機器配置図等の確認及び作業実績により確認した。)

(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」に基づき、落下時影響評価が必要な重量物を抽出した。

評価フローⅠ及び評価フローⅡにおいて、使用済燃料プールへの落下により使用済燃料プールの機能を損なうおそれがある重量物として、原子炉建屋原子炉棟、燃料交換機、原子炉建屋クレーン及び吊荷等の設備を抽出した。

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、使用済燃料プール周辺に常設している重量物は、落下防止のために必要な構造強度を有する設計としていることを確認した。

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。

今回抽出した設備以外で、今後、使用済燃料プール周辺に設置する、または使用済燃料プール周辺において取扱う設備等については、使用済燃料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の考え方に基づき、使用済燃料プールへの落下時影響評価の要否確認を行い、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。

表 6.1 使用済燃料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 (女川2号炉)

番号	抽出した設備等	評価フロアⅠ			評価フロアⅡ			評価フロアⅢ				選定結果 ^{※2}	落下時の影響評価
		評価Ⅱ-① 配置	評価Ⅱ-②		選定結果	a.地震による設備等の破損 対策①	b.吊荷取扱装置の故障等 対策②	c.吊荷取扱装置の取組作業 対策③	d.吊荷取扱装置の待機位置等 対策④				
			質量	高さ						落下エネルギー [*]			
1	原子炉建屋原炉棟	×	特定不可	約26m	×	—	—	—	—	—	—	○	不要
2	燃料交換機	×	約36t	約12m	×	約4.2MJ	—	—	—	—	—	○	不要
3	原子炉建屋クレーン	×	約333t	約20m	×	約65MJ	—	—	—	—	—	○	不要
4	その他クレーン	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	不要
5	PCV(取扱具含む)	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	不要
6	RPV(取扱具含む)	×	約19t	約20m	×	約3.6MJ	—	—	—	—	—	○	不要
7	内挿物(取扱具含む)	×	約300kg	約24m	×	約71kJ	—	—	—	—	—	○	不要
8	プール内フック類	×	約260kg	約3.5m	○	約9kJ	—	—	—	—	—	—	不要
9	プールゲート類	×	約950kg	約21m	×	約193kJ	—	—	—	—	—	○	不要
10	使用済燃料輸送容器(取扱具含む)	×	約101t	約20m	×	約20MJ	—	—	—	—	—	○	不要
11	電源器類	○	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	不要
12	フェンス・ラダー類	×	約180kg	約24m	×	約43kJ	—	—	—	—	—	○	不要
13	装置類	×	約2t	約21m	×	約405kJ	—	—	—	—	—	○	不要
14	作業機材類	×	約400kg	約21m	×	約81kJ	—	—	—	—	—	○	不要
15	計器・カメラ・通信機器類	×	約2t	約0.3m	○	約6kJ	—	—	—	—	—	—	不要
16	試験・検査用機材類	×	約1t	約21m	×	約203kJ	—	—	—	—	—	○	不要
17	コンクリートブロック・ハッチ類	×	約10t	約20m	×	約2MJ	—	—	—	—	—	○	不要
18	その他	×	約100kg	約12m	○	約12kJ	—	—	—	—	—	—	不要

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

【評価フロアⅡによる評価基準】

- ・評価Ⅱ-①:設置状況等により、使用済燃料貯蔵プールへ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Ⅱ-②:模擬燃料集合体の落下エネルギー=15.504kJ(310kg×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「○」であれば選定結果を「○」、落下時影響評価は「不要」とする。選定結果が「×」の場合は評価フロアⅢによる評価を実施する。
- ・評価Ⅲ:a.b.c.d.の落下原因に対して適切な落下防止措置(対策①~④)が確認された場合は「○」、それ以外は「×」
- ・選定結果:a.b.c.d.の項目に「×」が無く、いずれかが「○」であれば評価フロアⅢの選定結果を「○」、落下時の影響評価は「不要」。

a.b.c.d.の項目に一つでも「×」があれば選定結果を「×」、落下時の影響評価を「必要」。 「—」は評価不要または対象外。

※1:耐震評価は、落下防止対策を含めて使用済燃料プールに落下しない設計とする。

※2: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。

燃料集合体落下時の使用済燃料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

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。
- (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。

使用済燃料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。

水中の燃料集合体質量（内挿物を含む）は、本試験で使用した模擬燃料集合体の質量未満であり、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。

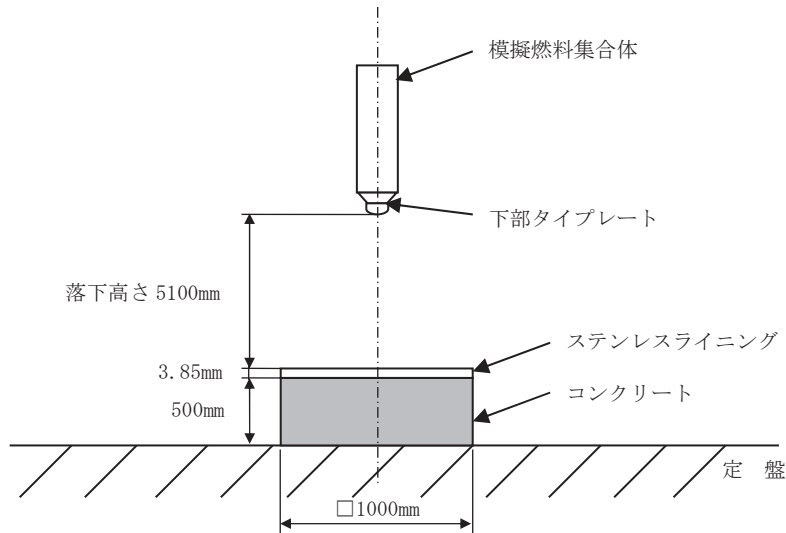


図1 模擬燃料集合体落下試験方法

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交換機による燃料移送高さを考慮し、5.1mと安全側である。

※2：女川2号炉にて取り扱っている燃料集合体質量（チャンネルボックス含む）は、表1に示すとおりであり310kg未満であることを確認している。

表1 燃料集合体質量

		燃料集合体質量(kg)	
		気中	
実機	9×9燃料（A型）		
	9×9燃料（B型）		
	新型8×8ジルコニウムライナ燃料		
	高燃焼度8×8燃料		
模擬燃料集合体		310	

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

使用済燃料プールと運転床上設備等との離隔概要について

評価フローⅡにおける「設置状況による抽出」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，使用済燃料プールと離隔距離を確保し，使用済燃料プールへ落下するおそれはない。

また，電源盤類については，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「設置状況による抽出」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「設置状況による抽出」にて検討不要とした設備等の落下防止分類

抽出項目	No.	詳細	落下防止分類
その他クレーン類	1	燃料コンテナ起立台	①，②
	2	新燃料検査台	①，②
PCV (取扱具含む)	3	PCVヘッド (ボルト含む)	①
	4	上蓋スリング	①
電源盤類	5	照明用分電盤	①，②
	6	作業用分電盤	①，②
	7	エレベータ用変圧器	①，②
	8	燃料交換機主電動機駆動用変圧器	①，②
	9	燃料チャンネル着脱機制御盤	①，②
	10	新燃料検査台制御盤	①，②
	11	原子炉建屋天井クレーン制御盤	①，②
	12	原子炉建屋クレーン電源現場操作箱	①，②
	13	燃料プール状態表示盤	①，②
	14	オペフロ照明用安定器収納盤	①，②
	15	火災報知機総合盤	①，②

【落下防止分類】

- ①使用済燃料プールから離隔距離を確保した手摺り外側に設置，保管及び取扱い
- ②床または壁面への固定

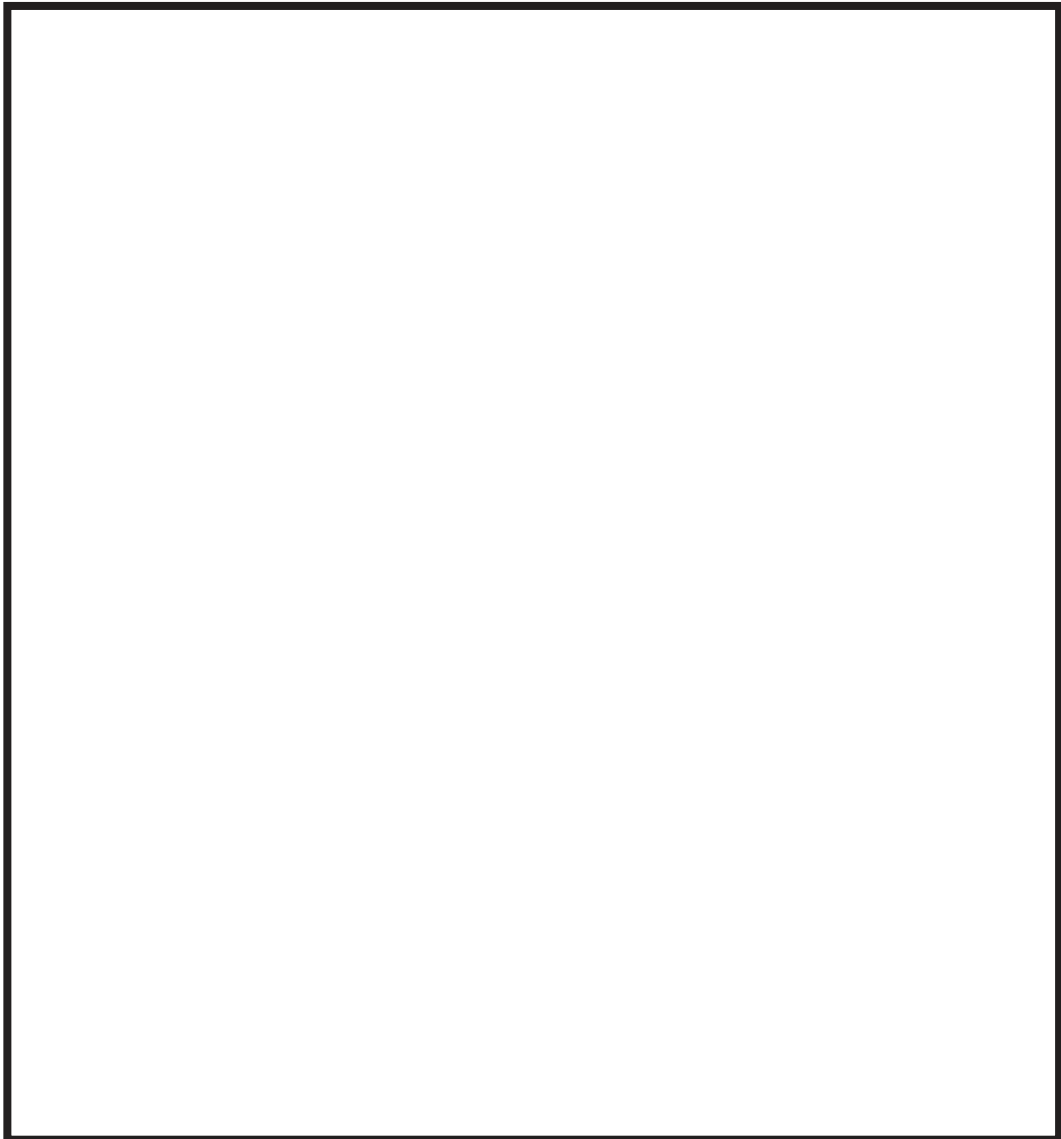


図1 使用済燃料プールと周辺設備の配置図



図2 電源盤のボルトによる壁面固定

燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの待機場所について

燃料交換機及び原子炉建屋クレーンは、通常時、使用済燃料プール上へ原則待機配置しない運用とすることで、使用済燃料プールへの落下は防止される。

図 1, 2 に、女川 2 号炉における燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの通常時待機範囲を示す。

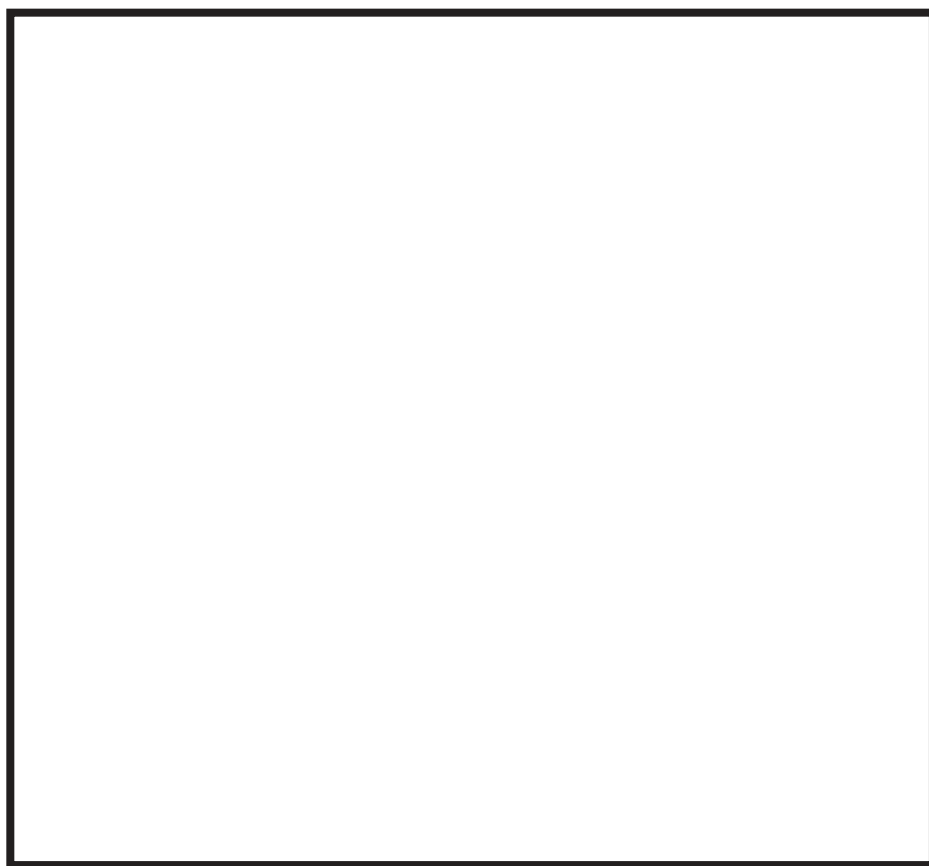


図 1 燃料交換機 待機範囲

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

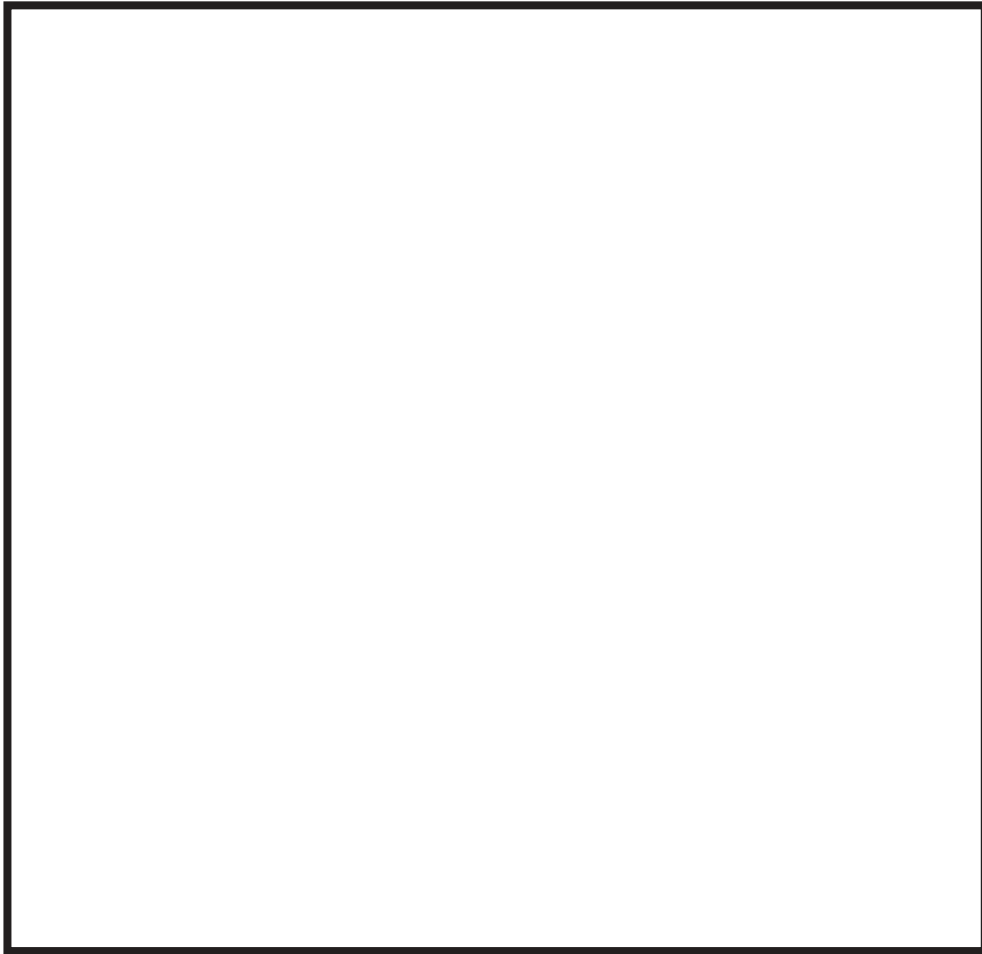


図 2 原子炉建屋クレーン 待機範囲

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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、使用済燃料プール上を重量物及びキャスク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原子炉棟運転床面全域を走行及び横行できるよう敷設し、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可動範囲の制限により、使用済燃料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している。

原子炉建屋クレーンの走行又は横行用リミットスイッチの構造を図1に示す。また、原子炉建屋クレーンの重量物及び使用済燃料輸送容器移送のインターロックによる可動範囲とリミットスイッチ展開図の関係を図2～3に示す。リミットスイッチは、原子炉建屋クレーンがレバーを機械的に動作させることで、インターロックが動作する設計としている。



図1 原子炉建屋クレーンの走行，横行用リミットスイッチの構造

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

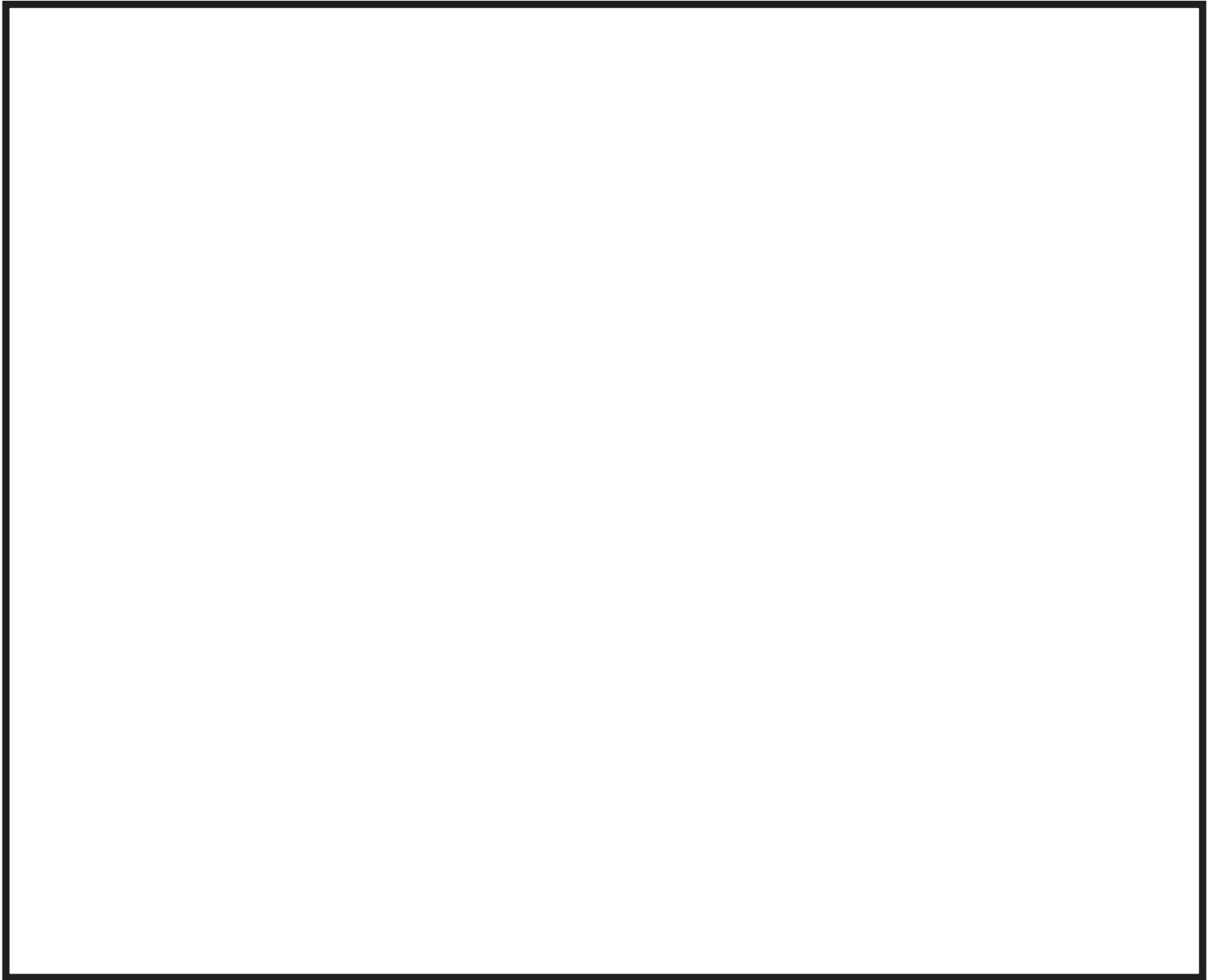


図2 原子炉建屋クレーンのインターロックによる重量物移送範囲と
リミットスイッチ展開図

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

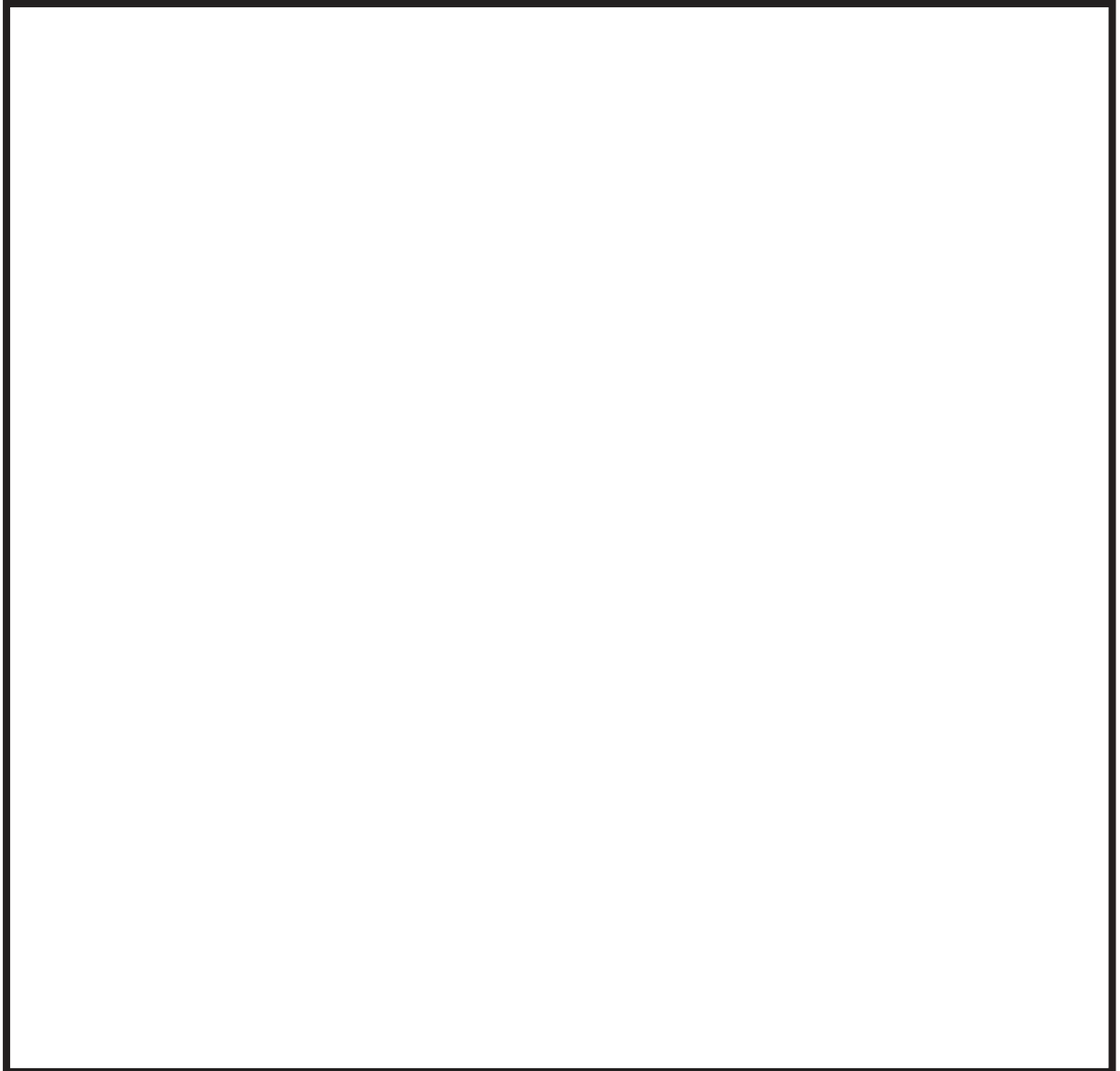


図 3 原子炉建屋クレーンのインターロックによるキャスク移送範囲と
リミットスイッチ展開図

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

使用済燃料プール周辺における異物混入防止エリアについて

女川 2 号炉における使用済燃料プール周りは、図 1 に示すとおり、定検中及び運転中において、使用済燃料プールと離隔距離を確保した手摺り（フェンス）等により異物混入防止強化エリアを設定し、入域の制限及び物品の持ち込みを制限することで、使用済燃料プールへの異物混入による損傷を未然に防止している。

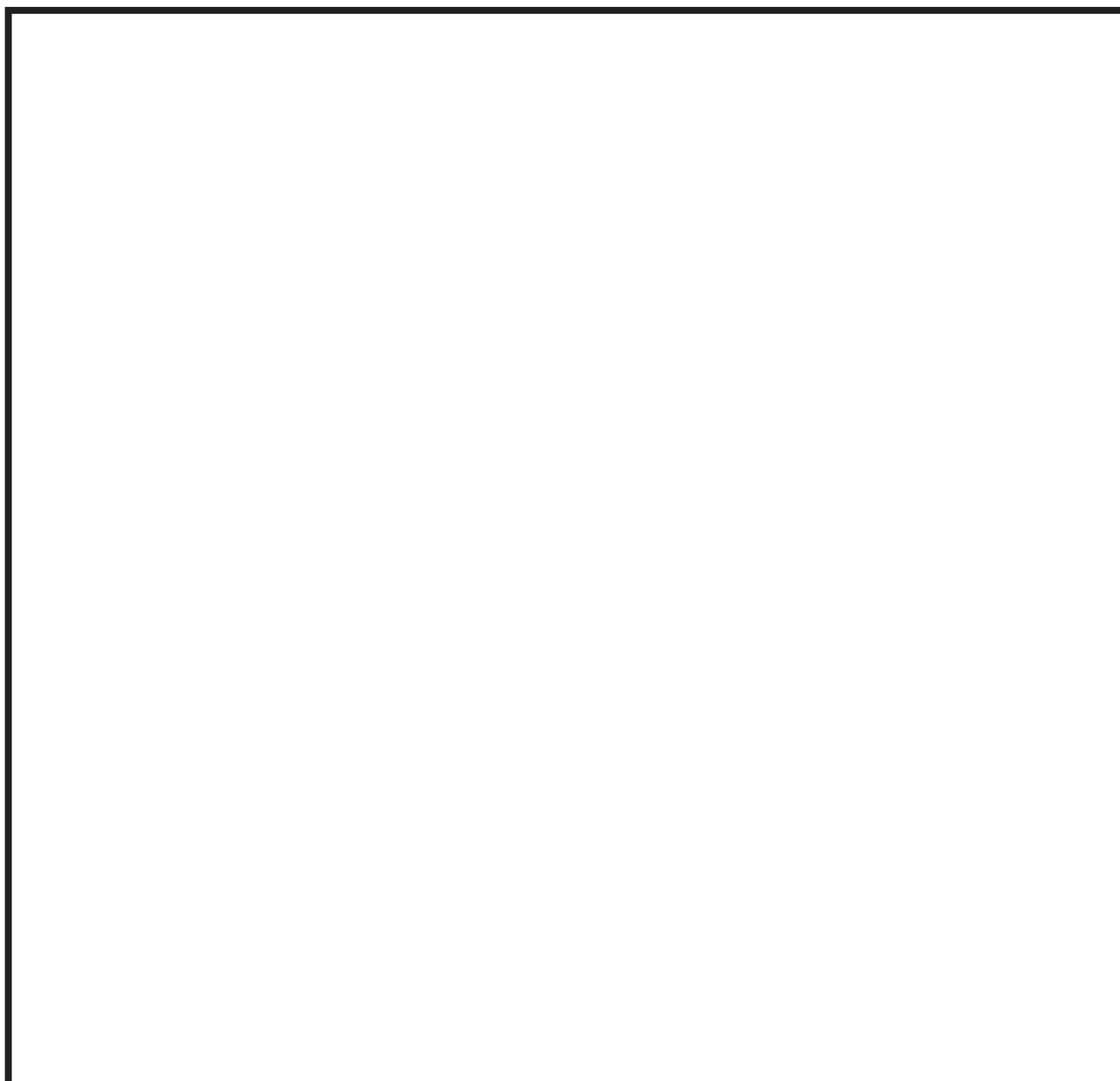


図 1 原子炉建屋原子炉棟運転床面 異物混入防止エリア設定概要（運転中・定検中）

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

燃料交換機 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

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こととする。

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：鉛直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

燃料交換機主ホイスト（ワイヤロープ、グラップルヘッド、ブレーキ）の健全性評価結果は、評価が終了した後、工認段階において、下記表 1 裕度整理表にて示すこととする。^(注1)

表 1 燃料交換機主ホイスト各部 裕度整理表

設備	部位		裕度	判定基準値
燃料交換機	ワイヤロープ		(注1)	(注1)
	グラップル ヘッド	フック	(注1)	(注1)
		シャフト	(注1)	(注1)
	ブレーキ		(注1)	(注1)

※1 燃料交換機のワイヤロープ及びグラップルヘッドの構造については図 5.2.12 及び図 5.2.13、ブレーキの構造については図 5.2.11 参照。

※2 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、ワイヤロープ部にトラス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

吊荷質量：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 に示す。

表 1 原子炉建屋クレーン 主巻各部 裕度整理表

設 備	部 位		判定基準
原子炉建屋 クレーン	ワイヤロープ※ ¹		1.00 以上
	フック※ ¹		
	ブレーキ※ ¹		

※¹ 原子炉建屋クレーンのワイヤロープ及びフックの構造については図 5.2.15，ブレーキの構造については図 5.2.14 を参照。

※² 平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 $S_s-1, 2$ による暫定評価

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

燃料交換機及び原子炉建屋クレーンの落下防止対策

○燃料交換機

燃料交換機は、走行及び横行レールからの浮上りによる脱線を防止するため、転倒防止装置を設置しており、走行及び横行レールの転倒防止装置は、レールの頭部を転倒防止装置にて抱き込む構造であり、燃料交換機の浮上りにより走行及び横行レールより脱線しない構造とする。

なお、走行及び横行レールには、走行及び横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交換機又はトロリが滑り、仮に本ストoppaが損傷したとしても、使用済燃料プール側の走行レールについては燃料交換機の幅より建屋壁面との離隔距離の幅のほうが短いことから、燃料交換機がレールから脱線するおそれは無く、横行レールについては、燃料交換機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（使用済燃料プールエリア外）へ脱線することから、使用済燃料プールに落下することはない。燃料交換機走行レールと壁面距離について図1に示す。

なお、D/Sピット側については、ストoppaが損傷し燃料交換機がレールから脱線しても、使用済燃料プールとの離隔距離が十分に確保されているため、使用済燃料プールに落下するおそれはない。

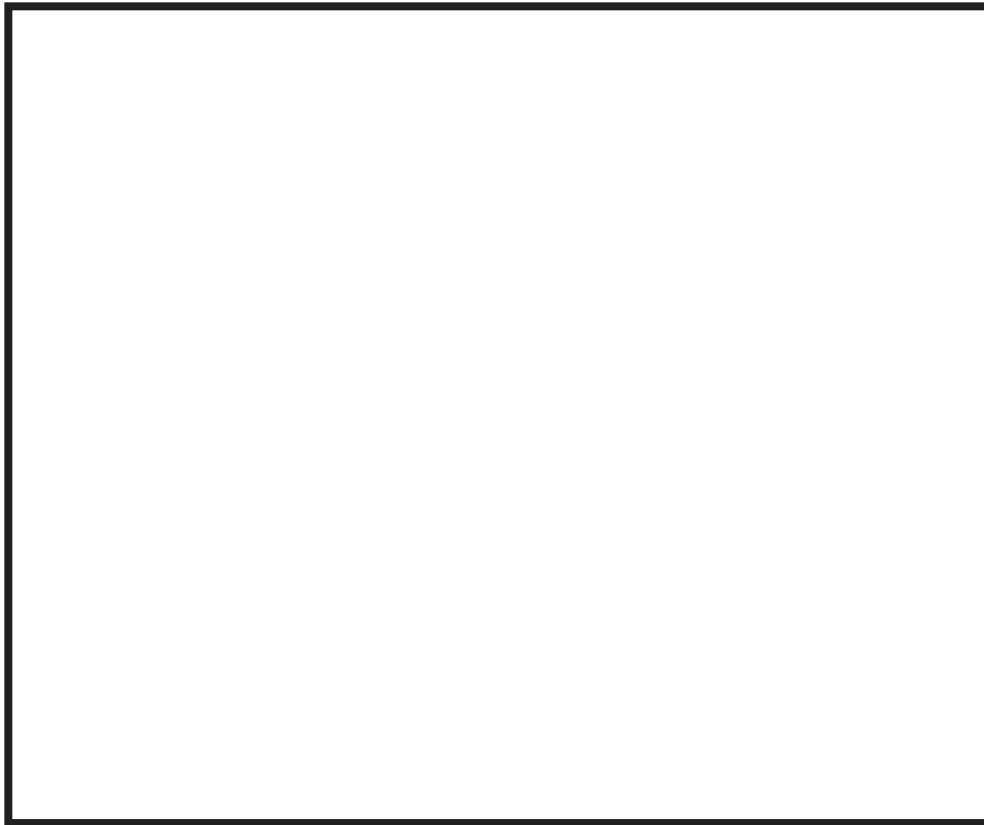


図1 燃料交換機走行レールと壁面距離

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

○原子炉建屋クレーン

原子炉建屋クレーンは、走行及び横行レールからの浮上りによる脱線を防止するため、脱線防止ラグを設置しており、脱線防止ラグは、ランウェイガード当り面及び横行レールに対し、浮上り代を設けた構造とし、クレーンの浮上りにより走行及び横行レールより脱線しない構造とする。原子炉建屋クレーンの走行、横行レールと壁面距離について図2に示す。

なお、走行及び横行レールには、走行または横行方向への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又はトロリが滑り、仮に本ストoppaが損傷したとしても、走行及び横行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又はトロリが走行及び横行レールから脱線するおそれは無く、使用済燃料プールに落下することはない。



図2 原子炉建屋クレーン走行、横行レールと壁面距離

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

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 女川 2 号炉への水平展開の必要性について

以下の観点から、本事象の女川 2 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、女川 2 号炉の原子炉建屋クレーンは脱線防止ラグがあることから、ランウェイ上から落下することはない。
- ・女川 2 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。

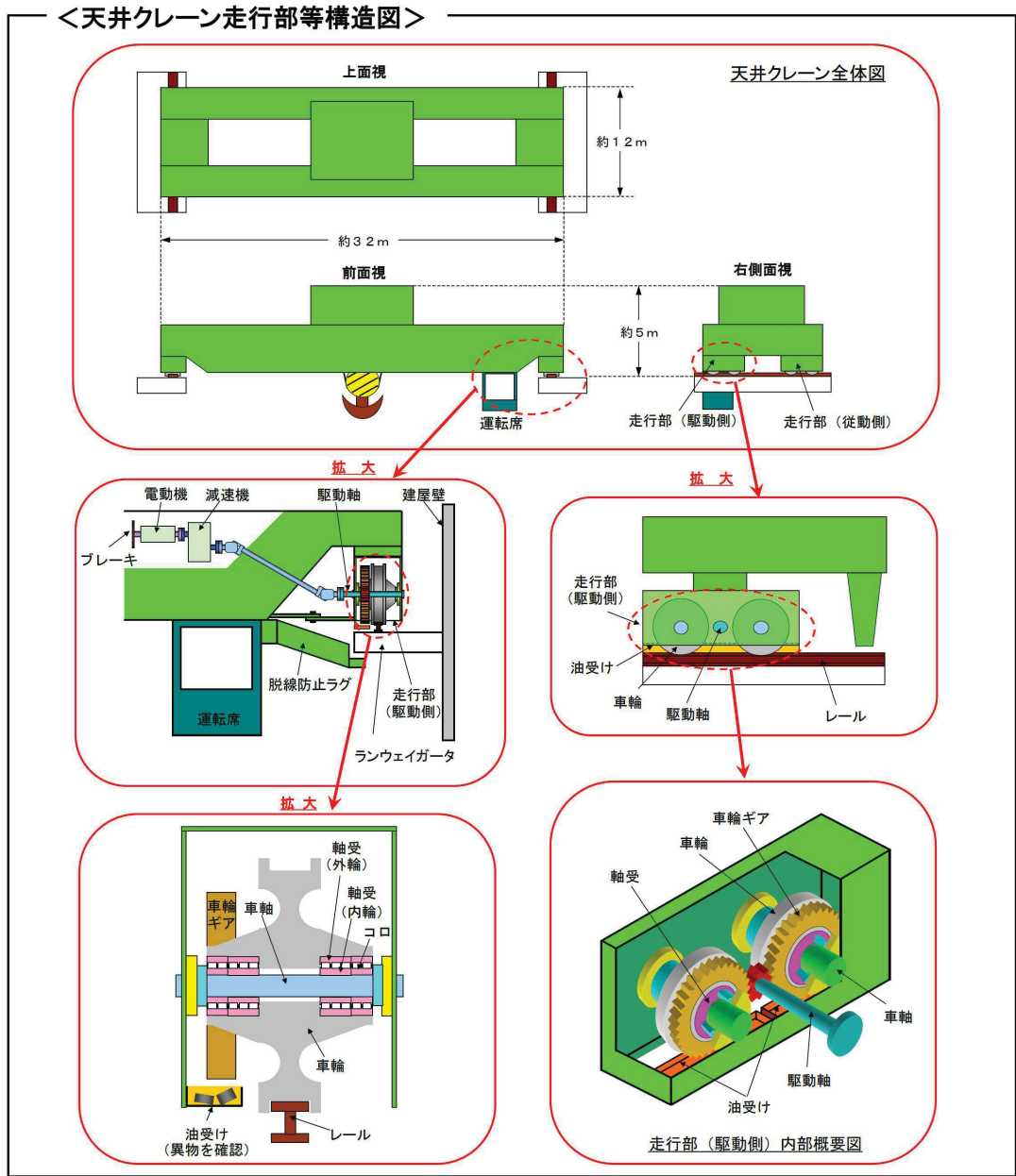


図1 女川原子力発電所1号炉 原子炉建屋天井クレーン走行部等構造図
(平成25年11月21日 当社プレス資料より抜粋)

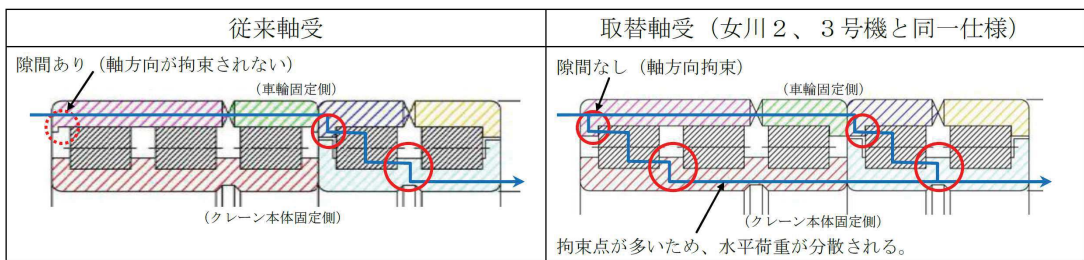


図2 女川原子力発電所1号炉 従来軸受と取替軸受の比較
(平成25年11月21日 当社プレス資料より抜粋)

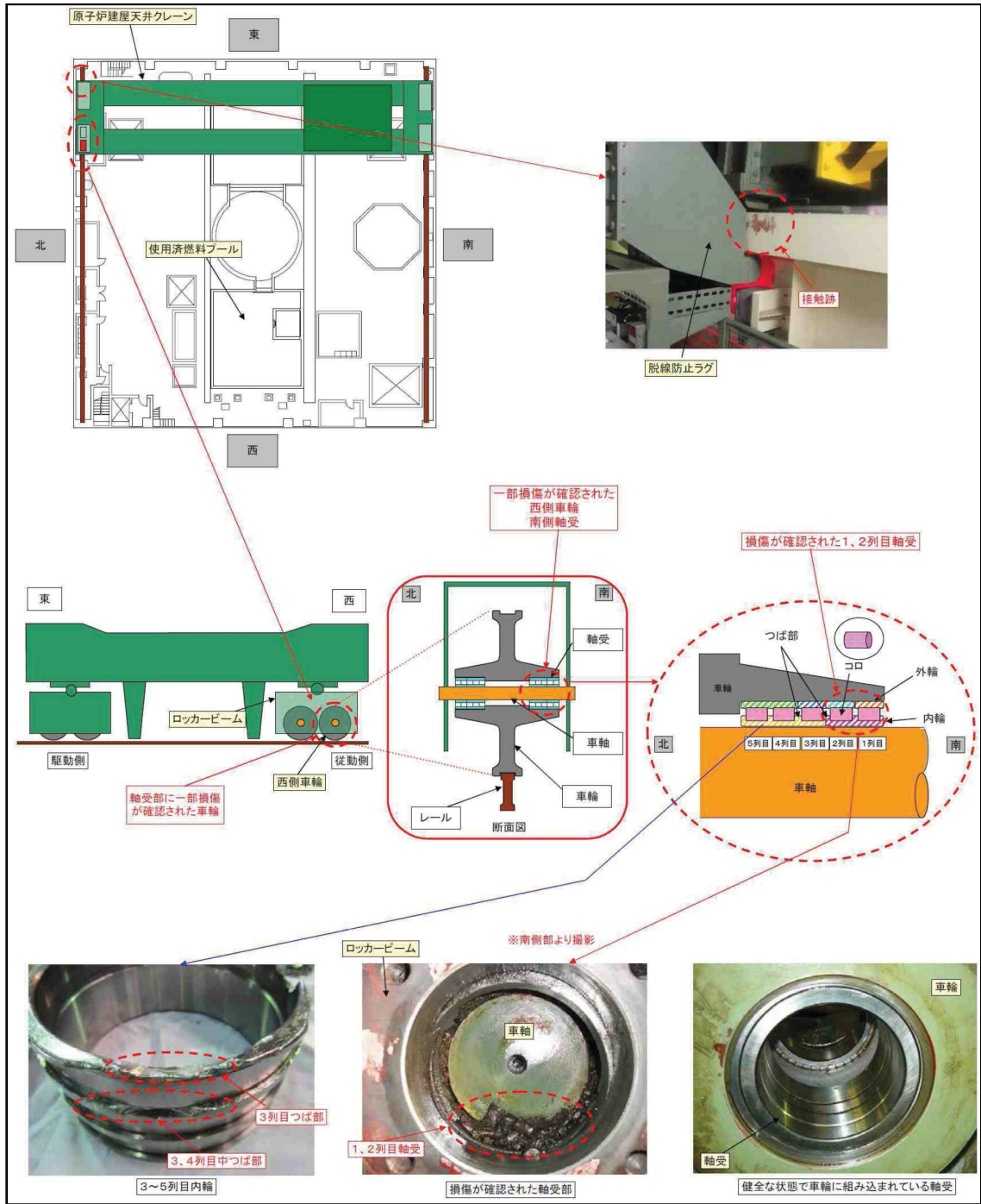


図3 福島第二原子力発電所3号炉 原子炉建屋クレーンの損傷状況について
 (平成25年12月25日 東京電力プレス資料より抜粋)

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[※]。

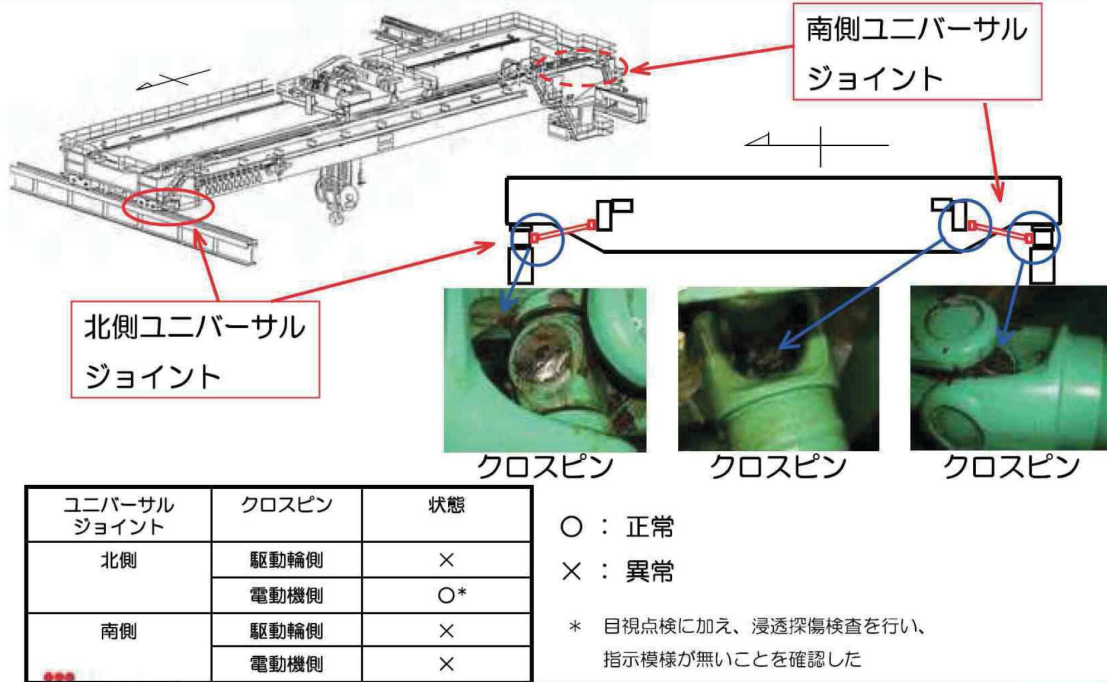
※：6 号炉の原子炉建屋クレーンは摺動痕よりブレーキが効かない状態で、約 30cm 程度移動したものと推定される。

2. 2 女川 2 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。

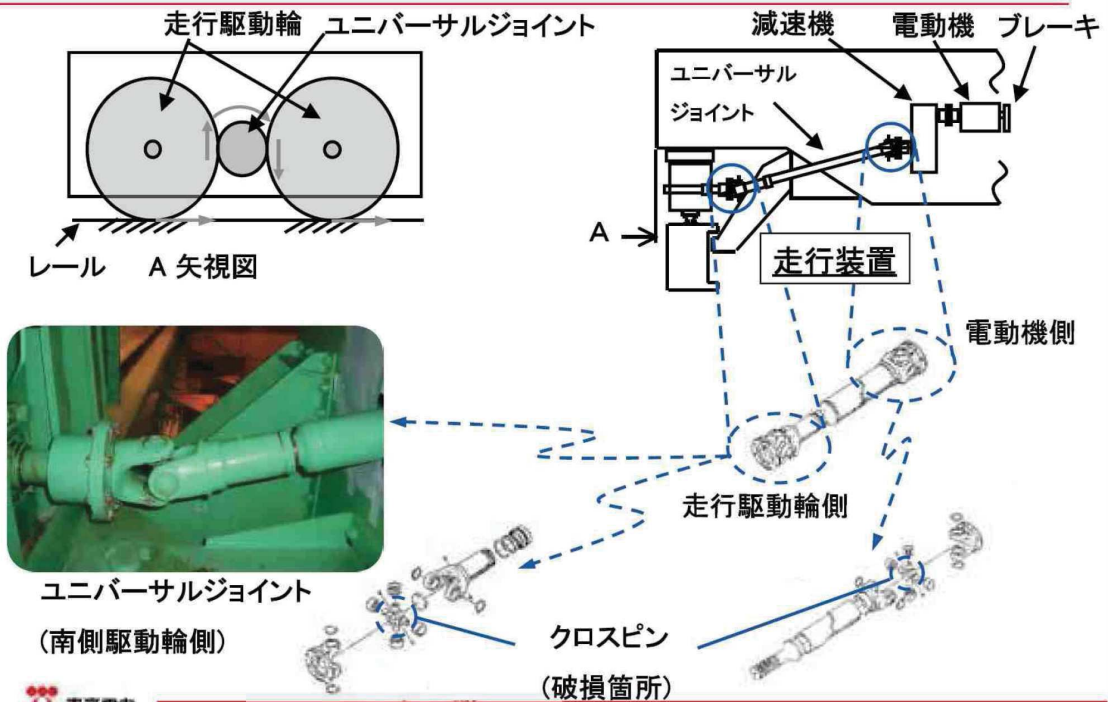
- ・ユニバーサルジョイントはクレーンの走行機能を担うものであり、当該部品が破損しても、本部品は車輪への回転エネルギーを伝える機能であり、本部品が機能喪失した場合においても、脱線防止ラグが設置されていることから、原子炉建屋クレーンはランウェイ上から落下することはない。
- ・当該部が損傷することで、発生応力が緩和され減速機や電動機等の重要部品の損傷が回避された側面がある。

事象の概要 (1)



1

事象の概要 (2)



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 事業者協議会等を通じて情報を収集している。

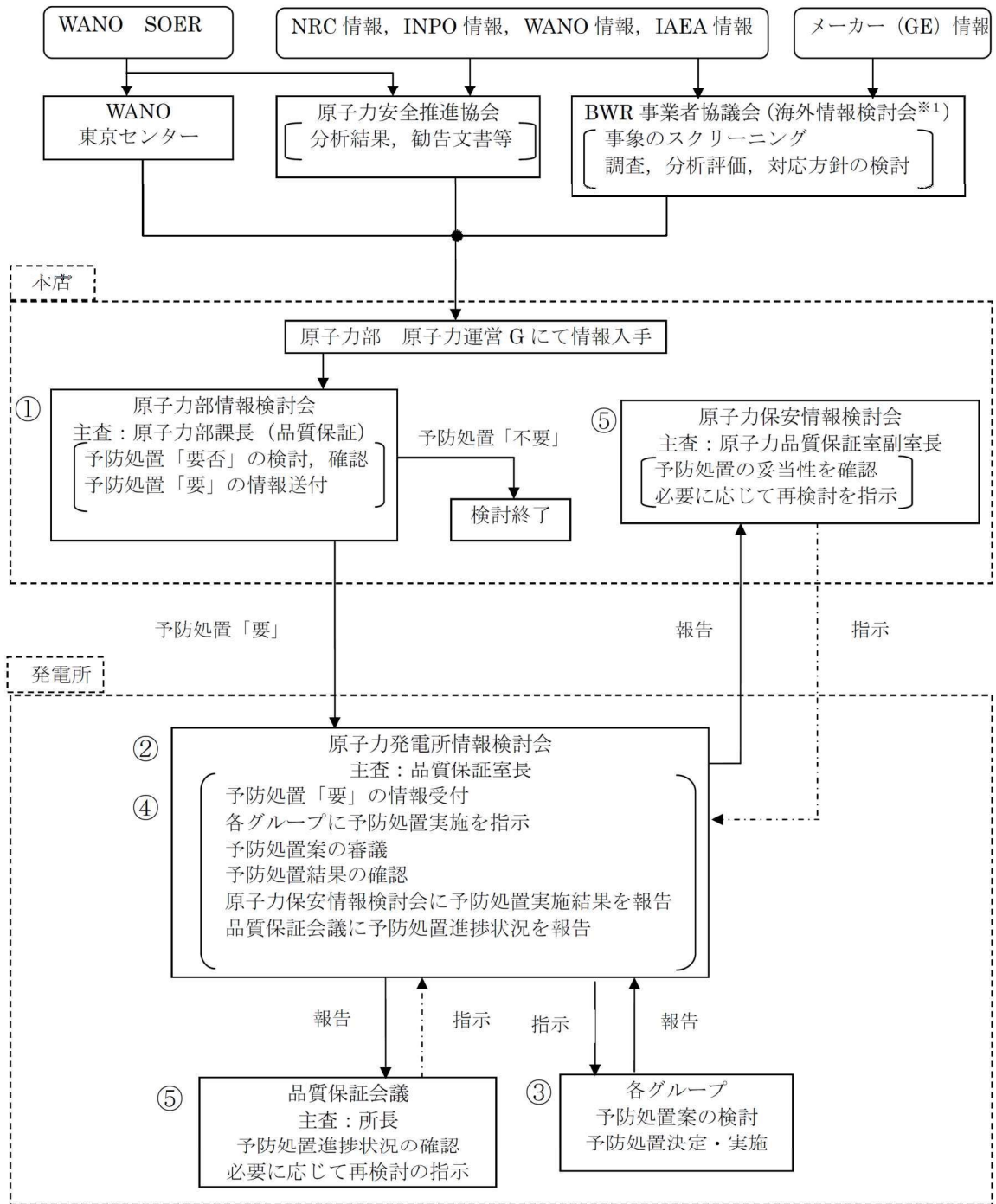
入手した情報については、社内要領に従い、社内検討会にてスクリーニングを行い、対応が必要と判断された案件については、当社における現状調査や予防処置の検討を実施することとしている。海外の不具合情報の処理フローについて図5に示す。

処理方法の詳細については以下のとおり。（下記番号とフロー図内の番号が対応）

- ① 海外情報については、BWR 事業者協議会や原子力安全推進協会から得ており、入手した情報は、本店の原子力部情報検討会にてスクリーニングを行い、予防処置が必要と判断した情報について発電所に送付している。
- ② 発電所では本店から送付された情報を原子力発電所情報検討会が受付し、各グループに検討を指示する。
- ③ 各グループで検討した予防処置案は 原子力発電所情報検討会にて審議され、妥当と判断された後、各グループにて予防処置を実施する。
- ④ 予防措置の実施結果については、原子力発電所情報検討会に報告される。また、その予防処置結果は、原子力発電所情報検討会より、発電所品質保証会議ならびに本店の原子力保安情報検討会に報告される。
- ⑤ 発電所品質保証会議ならびに本店の原子力保安情報検討会に報告された予防処置結果は、妥当性の確認が行われ、必要に応じて再検討の指示がなされる。

なお、本店で入手した海外情報については、台帳管理を行い、さらに予防処置が必要となった情報については、システムにより一元的に管理している。

一般的な海外情報の処理概要



※1 1回/2ヶ月 電力会社, プラントメーカー, JANSI 他が参加

図5 不具合情報の処理フロー

新燃料の取扱いにおける落下防止対策

新燃料は、原子炉建屋クレーン及び燃料交換機にて取り扱い、原子炉建屋原子炉棟内に搬入後、検査を行い、所定の場所（新燃料貯蔵庫または使用済燃料プール）へ保管され、燃料装荷の際に炉心へと移送する。

新燃料の取扱いに係る移送フロー及び経路（例）を図1に示す。

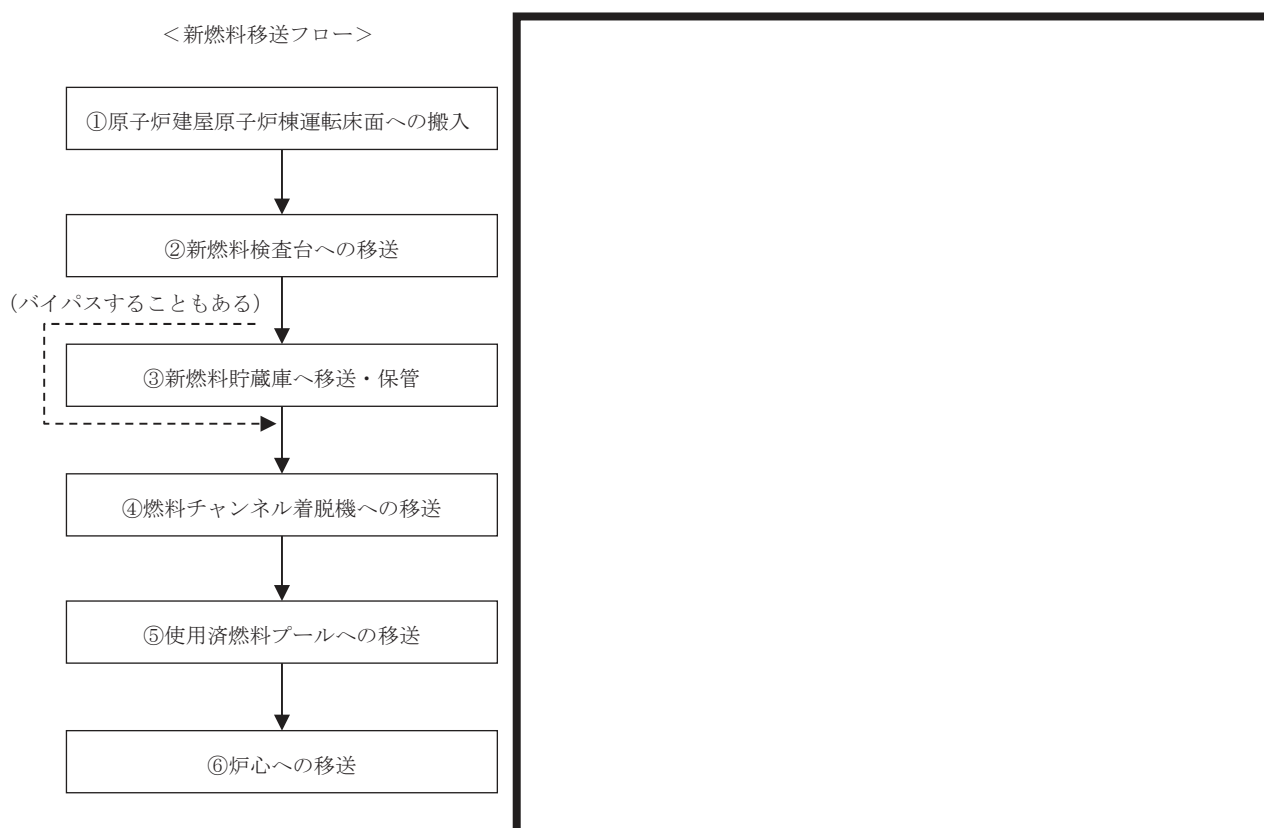


図1 新燃料の取扱いに係る移送フロー及び経路（例）

図1に示すとおり、新燃料の取扱いに係る移送時においては、可能な限り使用済燃料プール上を移送しない運用にて新燃料の使用済燃料プールへの落下を防止する設計としている。なお、燃料チャンネル着脱機^{*}に装荷する際には使用済燃料プール上を移送することとなる。

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金具を装備し、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を防止する設計としている。

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

炉心への燃料装荷の際には、燃料交換機による新燃料移送作業を行うこととなるが、燃料交換機についても、駆動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、新燃料落下を防止する設計としている。

※燃料チャンネル着脱機は、新燃料を原子炉建屋クレーンから燃料交換機へ受け渡す中継作業時に使用。

使用済燃料輸送容器取扱い作業時における使用済燃料プールへの影響

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を使用する。作業概要を図 1 に示す。

使用済燃料輸送容器の取扱い作業は、図 1 に示す通り機器搬出入口ハッチから運転床面へ使用済燃料輸送容器の移送を行い、キャスク洗浄ピット及びキャスクピットにて燃料の装荷作業が行われる。

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プール上を通過することが無いよう、インターロック（キャスク移送モード）運転を行うことで、使用済燃料プールへの使用済燃料輸送容器の落下を防止する設計としている。

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、フックには外れ止め金具を装備し、速度制限、過巻防止用のリミットスイッチも設けることから、使用済燃料輸送容器の落下を防止する設計としている。

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、図 1 に示すとおり、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ている。そのため、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^{※1}としても使用済燃料輸送容器は使用済燃料プールと隔離されていることから、使用済燃料プール水位維持のためのライニング健全性は維持される。

※1：過去事例において、東北地方太平洋沖地震時、2号炉の原子炉建屋クレーンは摺動痕から約 36cm 移動したものと推定され、インターロック（キャスク移送モード）運転による可動範囲から、使用済燃料輸送容器取扱い時に使用済燃料輸送容器がキャスクピット外の使用済燃料プールに落下することはない（図 2 参照）。なお、鉛直方向については現状評価において、ブレーキによる制動力を上回る負荷トルクは発生しないことを確認している。

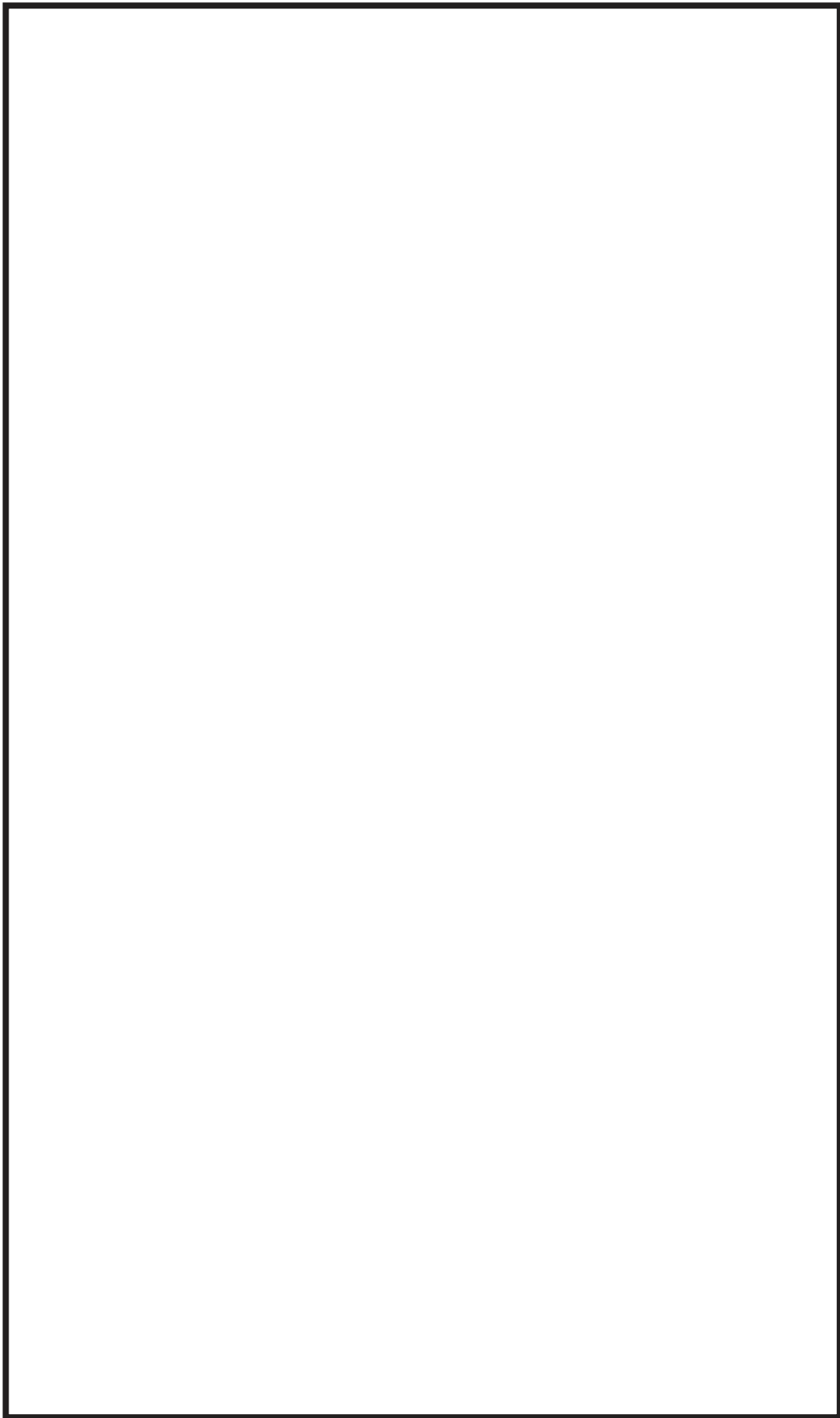


図 1 使用済燃料輸送容器取扱い作業フロー

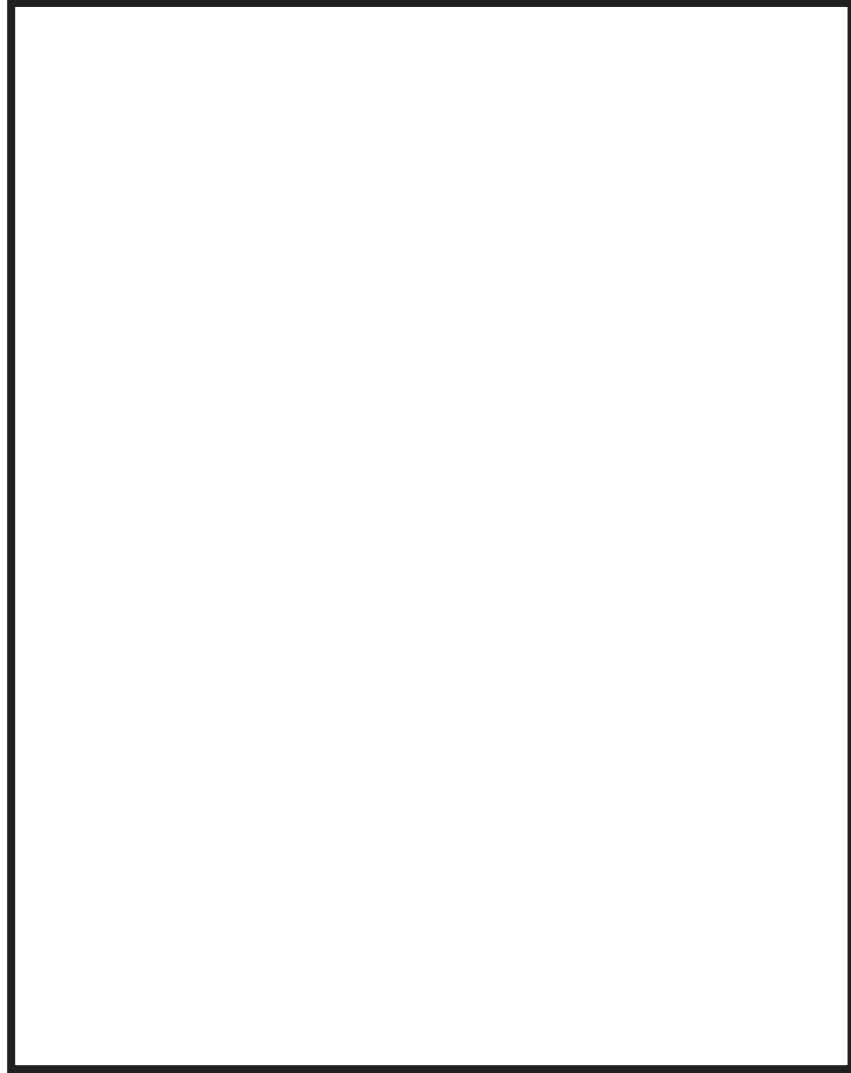


図2 キャスクとキャスクピットゲートの距離関係

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

使用済燃料輸送容器吊具による使用済燃料輸送容器の吊り方について

使用済燃料輸送容器は、原子炉建屋クレーンに使用済燃料輸送容器吊具を取付けて移送する。現場での使用状況を図 1 に示す。

使用済燃料輸送容器を移送する場合、図 2 に示すように使用済燃料輸送容器とキャスク吊具は 4 か所の使用済燃料輸送容器トラニオンで支持することとする。また、使用済燃料輸送容器吊具と原子炉建屋クレーンは、使用済燃料輸送容器吊具のクレーンフック取合ピンとクレーンフックで固定することに加えて、使用済燃料輸送容器吊具の安全板と原子炉建屋クレーンにおいても補助的に固定することにより、使用済燃料輸送容器吊具とクレーンフックの固定を 2 重化する。



図 1 使用済燃料輸送容器吊具の現場での使用状況

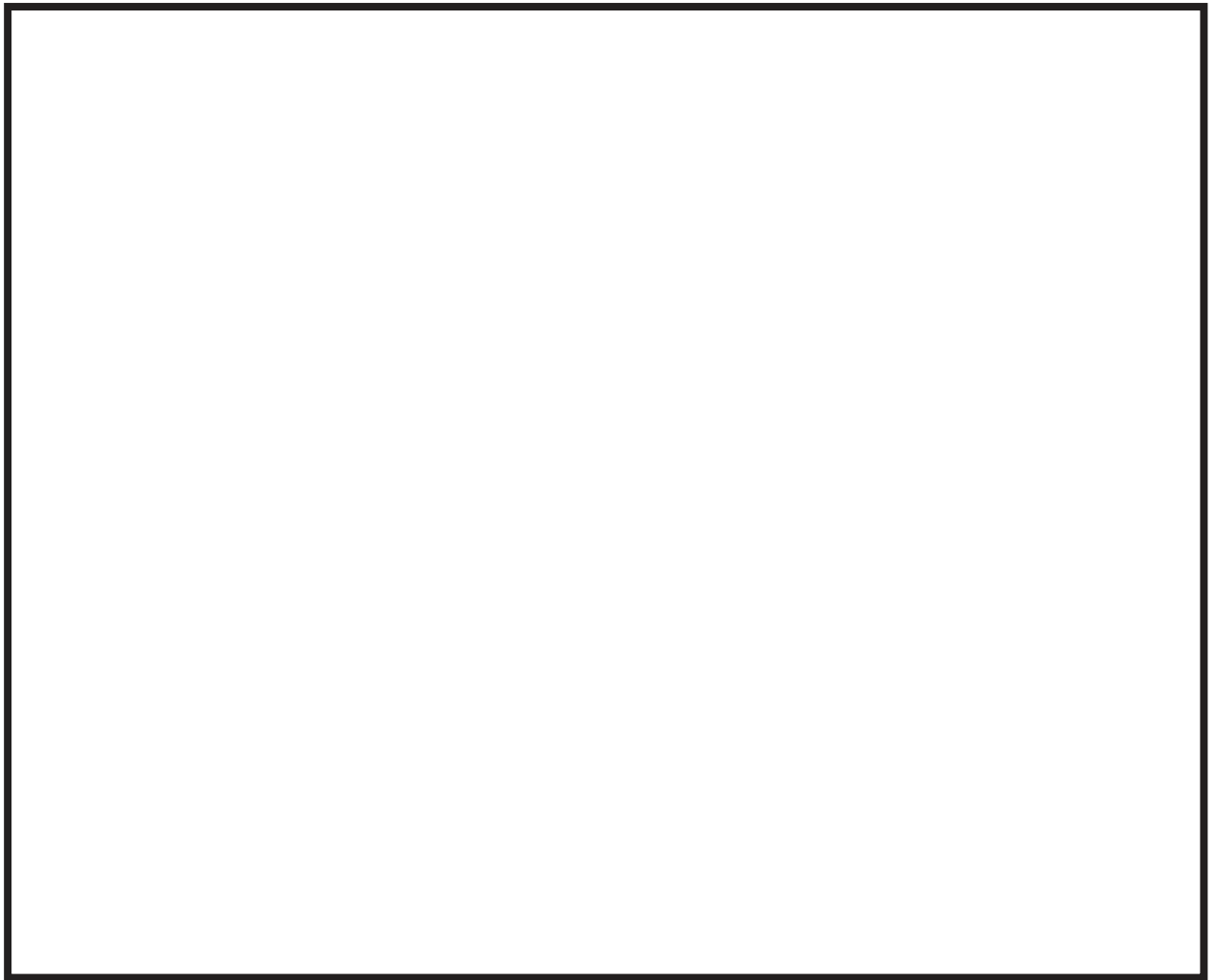


図 2 使用済燃料輸送容器吊具の構造図

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

原子炉建屋原子炉棟屋根トラス部材の落下防止対策

1. 屋根トラス部材の落下防止対策について

屋根トラスの鉄骨部材は原子炉建屋原子炉棟の屋根スラブを支える部材であり、基準地震動 S_s に対して、主要部材（主トラス、サブトラス等）について終局耐力を超えず、又は弾塑性特性を適用する部材については破断せず、使用済燃料プールに落下しない設計を基本とし、水平ブレース（当初設計時は仮設部材）等の主要部材以外については、評価において破断の可能性が生じる場合には、落下防止対策により使用済燃料プールに落下しない設計とする。ここでは落下防止対策について、屋根トラス下弦面の水平ブレースを評価対象例とした場合について示す。屋根トラスの概要を図 1 に示す。

2. 対象部材の落下エネルギーの評価例

屋根トラス下弦面の水平ブレースを対象とした場合の落下エネルギーを下式により算定する。

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

E : 落下エネルギー[J]

m : 質量[kg] = 部材 1 本あたりの質量 約 70kg

g : 重力加速度[m/s²]

h : 落下高さ[m] = 使用済燃料プール最深床高さから屋根トラス下弦面の水平ブレースまでの高さ 約 26m (図 2)

以上より、水平ブレースの落下エネルギーは約 18kJ となり、模擬燃料集合体の落下エネルギー (15.5kJ) 以上となるため、落下防止対策が必要となる。

3. 対象部材の落下防止対策例

水平ブレースの落下防止対策例としては、地震時に接合部に破断が生じた場合に部材が落下する可能性を考慮し、水平ブレースをワイヤー吊りすることにより部材の落下を防止する。ワイヤーの設計にあたっては、部材の落下に伴い生じる応力が、耐力に対して十分下回るよう設計する。

なお、今後の詳細評価により落下防止対策は不要となる場合も考えられるが、下弦面の全ての水平ブレースについて落下防止対策を実施している。水平ブレースの落下防止対策例を図 3 に示す。

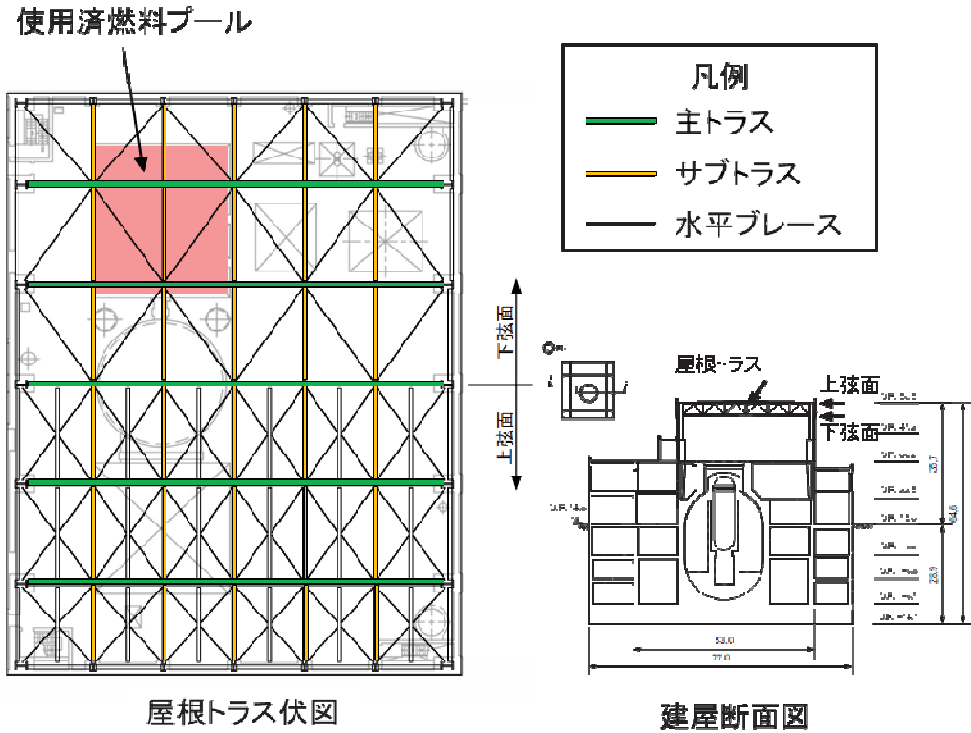


図1 原子炉建屋屋根トラスの概要

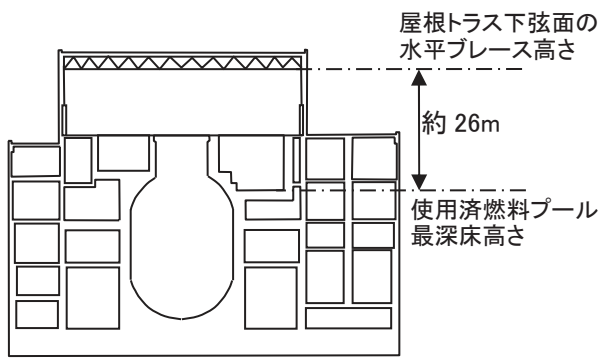
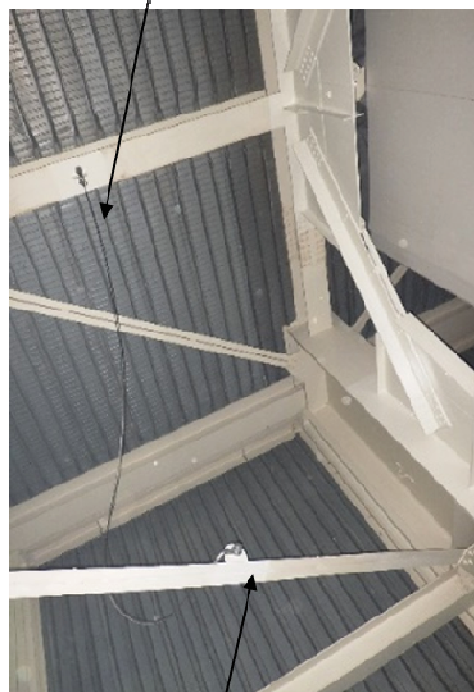


図2 水平ブレースの落下高さ

水平ブレースの落下防止ワイヤー



水平ブレース(下弦面)

図3 水平ブレースの落下防止対策例
(下から屋根面を見上げた状態)

女川原子力発電所 2 号炉

使用済燃料プール監視設備について

目次

1. 使用済燃料プール監視設備（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）使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）について
- （別紙3）警報設定値について
- （別紙4）使用済燃料プール監視設備（設計基準対象設備）の電源容量について

1. 使用済燃料プール監視設備（設計基準対象施設）

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」という。）」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，使用済燃料プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を監視する設計基準対象施設である使用済燃料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，燃料貯蔵プール水位，燃料プールライナドレン漏えい，燃料貯蔵プール水温度，燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度，使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式），燃料交換フロア放射線モニタ，原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ，燃料取替エリア放射線モニタを設置している。また，使用済燃料プールの水位低下，上昇及び温度上昇並びに使用済燃料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 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，使用済燃料プールの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を監視する，燃料貯蔵プール水位，燃料プールライナドレン漏えい，燃料貯蔵プール水温度，燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度，使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式），燃料交換フロア放射線モニタ，原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ，燃料取替エリア放射線モニタについて，非常用所内電源系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 使用済燃料プール監視設備の一覧(1/2)

名称	種類	測定範囲の考え方	計測範囲	警報設定値	取付箇所	個数	耐震 重要度
燃料貯蔵プール水位	フロート式 水位検出器	水位が通常水位 (O. P. 32895mm) 近傍であること。	—	水位高 通常水位+ 35mm (O. P. 32930mm) 水位低 通常水位-165mm (O. P. 32730mm)	原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C
燃料プールライナドレン漏えい	フロート式 水位検出器	使用済燃料プールライナ部からの漏えいを検知できること。	—	ドレン止め弁 (O. P. 15550mm) +528mm (O. P. 16078mm)	原子炉建屋 1階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C
燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度*3	熱電対	燃料プール冷却浄化系の系統によりプール温度は 52°C以下に維持されており、使用済燃料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°C) に余裕を見た温度とする。	0~100°C	温度高 57°C	原子炉建屋 中2階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C
燃料貯蔵プール水温度	熱電対		0~100°C	温度高 57°C	原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C
使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式)	ガイドパルス式水位検出器	使用済燃料プールの上端近傍から下端近傍まで測定できること。	-4300~7300mm (O. P. 21620~ O. P. 33220mm) *1	水位低 通常水位-165mm (O. P. 32730mm)	原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C (Ss)*2
	测温抵抗体	使用済燃料プール内における冷却水の過熱状態を監視できること。	0~120°C	温度高 57°C	原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1 *4	C (Ss)*2

*1：使用済燃料ラック上端 (O. P. 25920mm) を基準 (0mm) とする。

*2：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。

*3：燃料プール冷却浄化系ポンプ運転時のみ使用済燃料プールの温度監視として期待する。

*4：検出点 2 箇所

表 1.2.1 使用済燃料プール監視設備の一覧(2/2)

名称	種類	測定範囲の考え方	計測範囲	警報設定値	取付箇所	個数	耐震 重要度
燃料交換フロア放射線モニタ	半導体式 放射線検出器	燃料取扱場所の遮へい設計区分Cの上限値(0.05mSv/h)を包含して測定できる範囲とする。	$10^{-4} \sim 1\text{mSv/h}$	バックグラウンドの3倍	原子炉建屋3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	1	C
原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ	半導体式 放射線検出器	原子炉建屋原子炉棟から放出される換気空調系排気を連続的に監視し、放射線量について異常な上昇を検知した場合に、原子炉建屋原子炉棟換気空調系を隔離し、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。	$10^{-4} \sim 1\text{mSv/h}$	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	原子炉建屋 中3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	4	S
燃料取扱エリア放射線モニタ	半導体式 放射線検出器	燃料取扱エリアの放射線レベルを連続的に監視し、放射線量について異常な上昇を検知した場合に、原子炉建屋原子炉棟換気空調系を隔離し、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。	$10^{-3} \sim 10\text{mSv/h}$	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	原子炉建屋3階 (原子炉建屋原子炉棟内)	4	S

(1) 燃料貯蔵プール水位

○計測目的：使用済燃料プールの通常補給レベルの監視及び基準水位レベル（O. P. 32895mm）からの水位の異常な低下及び上昇の監視を目的としている。

○構成概略：フロート式水位検出器で検出された使用済燃料プールの水位は，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，中央制御室に発信され，警報が発せられるとともに，プロセス計算機からアラームタイプに出力し記録する。

○警報設定：

水位高：使用済燃料プール水位の異常な上昇によって運転床面へプール水が溢れるのを事前に検知するために設定値を設けている。

通常水位 +35mm（O. P. 32930mm）

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。

通常水位 -165mm（O. P. 32730mm）

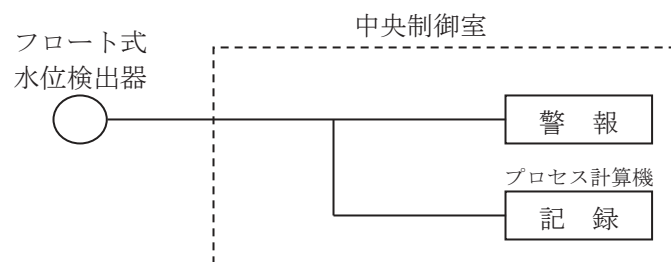


図 1.2.1 燃料貯蔵プール水位の概略構成図

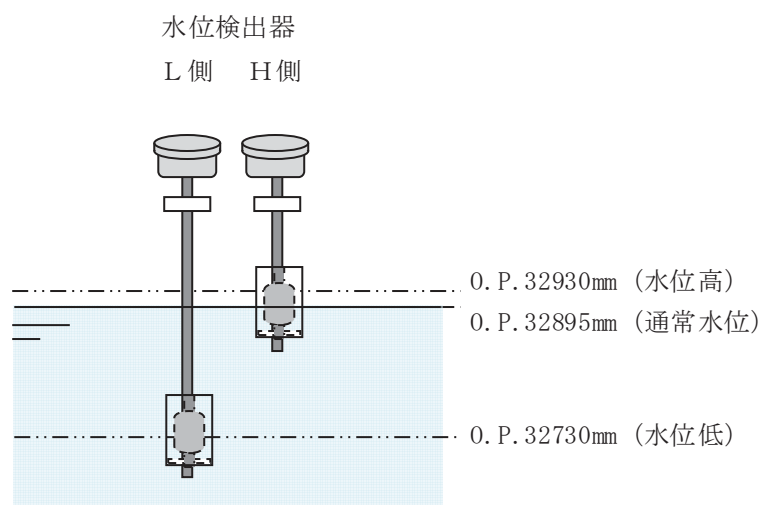


図 1. 2. 2 燃料貯蔵プール水位の警報設定値

(設備仕様)

個 数 : 1 個

設置場所 : 原子炉建屋 3 階 (原子炉建屋原子炉棟内)

警報設定値 : 水位高 : 通常水位 + 35mm (O. P. 32930mm)

水位低 : 通常水位 -165mm (O. P. 32730mm)

一括警報 : 「F P C ・ F P M U W 制御盤異常」

個別警報 : 「燃料プール水位高／低」

(2) 燃料プールライナドレン漏えい

- 計測目的：使用済燃料プールライナからの漏えいの早期発見を目的としている。
使用済燃料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燃料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プールライナからの漏えいを監視する。
- 構成概略：燃料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フロート式水位検出器で検出し、使用済燃料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、中央制御室に警報が発せられるとともに、プロセス計算機からアラームタイパに出力し記録する。
- 警報設定：燃料プールライナドレン漏えいは、漏えい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。
警報設定値は、ドレン止め弁（O.P. 15550mm）から+528mm の位置（O.P. 16078mm）とする。

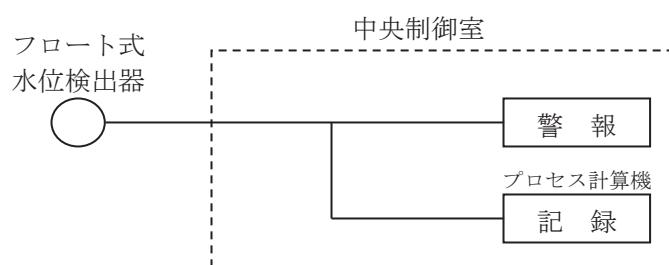


図 1.2.3 燃料プールライナドレン漏えいの概略構成図

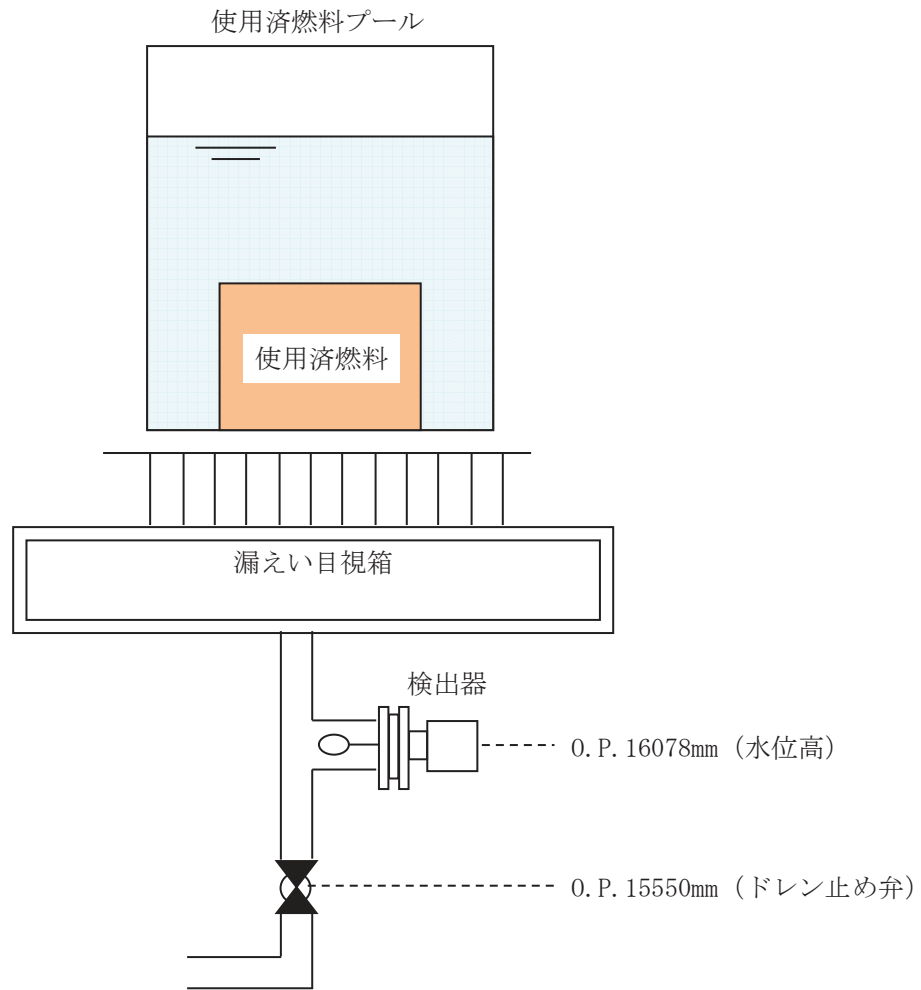


図 1.2.4 燃料プールライナドレン漏えいの警報設定値

(設備仕様)

個 数 : 1 個

設置場所 : 原子炉建屋 1 階 (原子炉建屋原子炉棟内)

警報設定値 : ドレン止め弁 (O. P. 15550mm) より
+528mm (O. P. 16078mm)

一括警報 : 「F P C ・ F P M U W 制御盤異常」

個別警報 : 「燃料プールライナドレン漏えい大」

(3) 燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度

○計測目的：使用済燃料プール温度の異常な上昇の監視及び冷却状況の監視を目的としている。

○構成概略：燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度は，熱電対にて温度を電気信号へ変換した後，中央制御室に指示及び記録されるとともに，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：冷却水の異常な温度上昇を監視できるよう，0～100℃の温度計測を可能としている。

○警報設定：燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の設定値は，燃料プール冷却浄化系の系統によりプール温度は52℃以下に維持されており，使用済燃料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（57℃）とする。

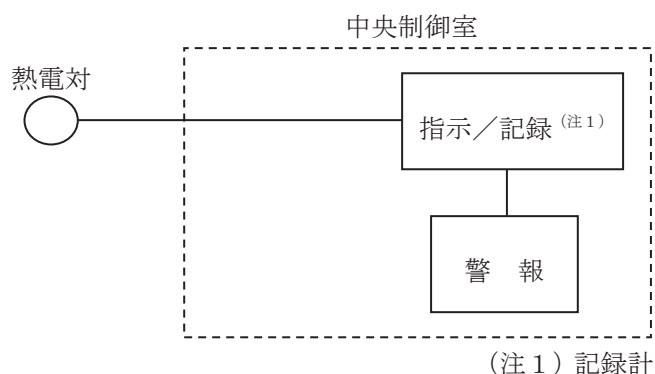


図 1.2.5 燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の概略構成図

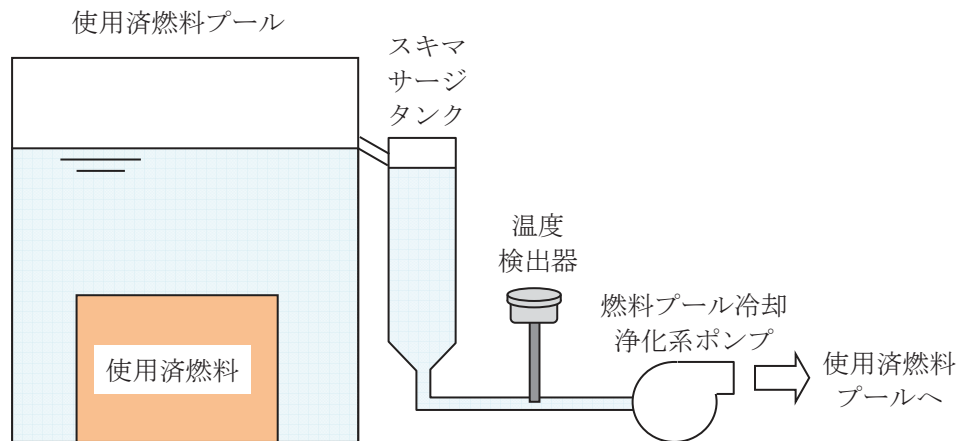


図 1.2.6 燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の設置図

(設備仕様)

計測範囲 : 0~100℃

個 数 : 1 個

設置場所 : 原子炉建屋 中 2 階 (原子炉建屋原子炉棟内)

警報設定値 : 温度高 57℃

一括警報 : 「F P C ・ F P M U W 制御盤異常」

個別警報 : 「F P C ポンプ入口温度高」

(4) 燃料貯蔵プール水温度

- 計測目的：使用済燃料プール温度の異常な上昇の監視及び冷却水状態の把握を目的とする。
- 構成概略：燃料貯蔵プール水温度は、熱電対にて温度を電気信号へ変換した後、中央制御室に指示及び記録されるとともに、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：冷却水の異常な温度上昇を監視できるように、0～100℃の温度計測を可能としている。
- 警報設定：使用済燃料プール温度は、燃料プール冷却浄化系により、通常 52℃以下で維持されており、使用済燃料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（57℃）とする。

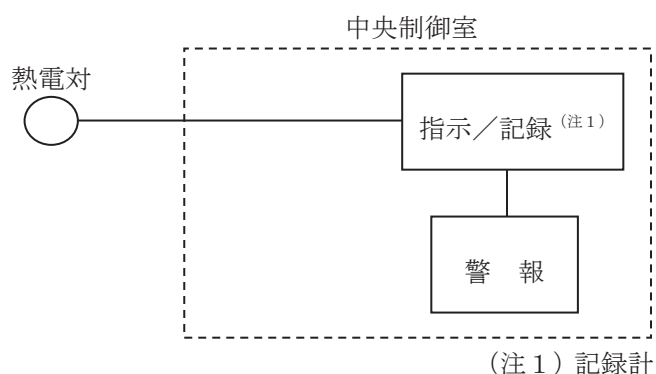


図 1. 2. 7 燃料貯蔵プール水温度の概略構成図

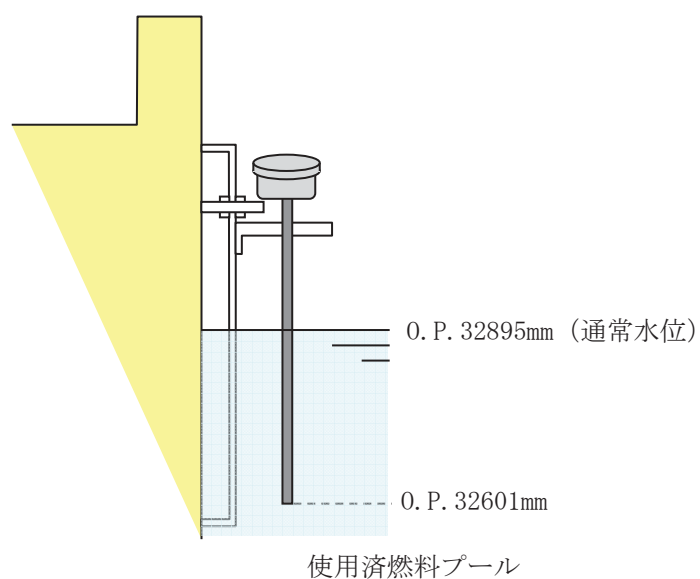


図 1. 2. 8 燃料貯蔵プール水温度の設置図

(設備仕様)

計測範囲 : 0~100℃

個 数 : 1 個

設置場所 : 原子炉建屋 3 階 (原子炉建屋原子炉棟内)

警報設定値 : 温度高 57℃

個別警報 : 「燃料貯蔵プール水温度高」

(5) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）

○計測目的（水位）：使用済燃料プール水位の異常な低下の監視を目的とし新たに設置する。

○計測目的（温度）：使用済燃料プール温度の異常な上昇の監視及び冷却状況の把握を目的とし新たに設置する。

○構成概略（水位）：パルス信号を発信し，プール水面から反射したパルス信号を検出するまでの時間を演算装置にて測定し，水位信号に変換する処理を行った後，中央制御室に指示及び記録されるとともに，所定の警報設定値に達した場合に警報が発せられる。

○構成概略（温度）：测温抵抗体により検出された温度は，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ともに，所定の警報設定値に達した場合に警報が発せられる。

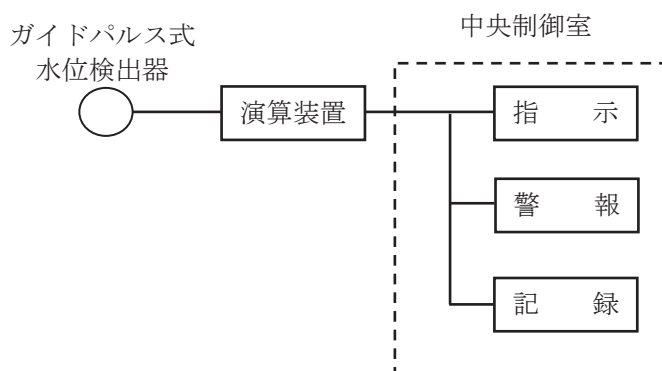


図 1.2.9 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（水位計測）の概略構成図

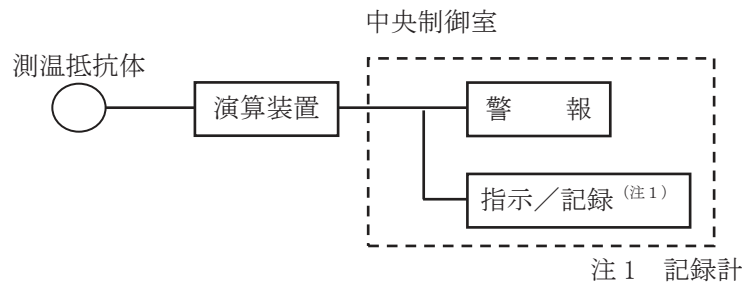


図 1. 2. 10 使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) (温度計測) の概略構成図

- 計測範囲 (水位) : 使用済燃料プール上端近傍からプール下端近傍まで計測を可能とする。
 なお, 基準地震動 S_s によるスロッシングを考慮した溢水時 (通常水位から270mm低下) においても水位計測を可能とする。
- 計測範囲 (温度) : 冷却水の異常な温度上昇を監視できるよう, 0~120°Cの温度を計測可能とする。
- 警報設定 (水位) :
 水位低: 使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) のうち, 水位計測の設定値は, 燃料プール冷却浄化系ポンプが停止後, 更に異常な水位低下が発生した場合に, これ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。
 通常水位 -165mm (O. P. 32730mm)
- 警報設定 (温度) :
 使用済燃料プール温度は, 燃料プール冷却浄化系によりプール温度は 52°C以下に維持されており, 使用済燃料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, 設定値はプール水の最高許容温度 (65°C) に余裕を見た温度 (57°C) とする。

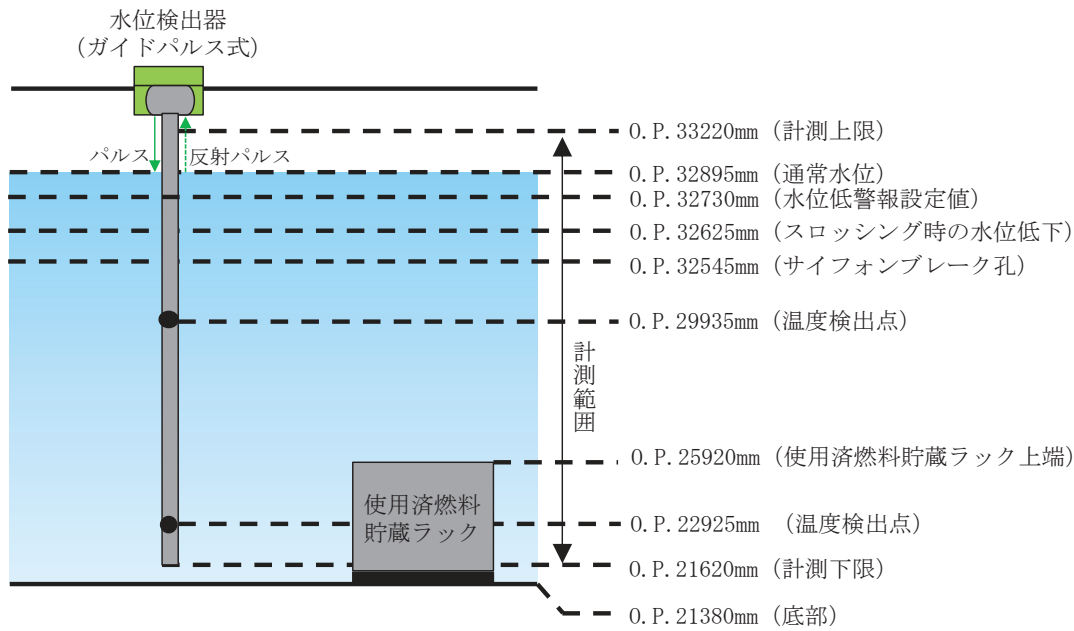


図 1. 2. 11 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の計測範囲

(設備仕様)

計測範囲 : 【水位】
O. P. 21620～33220mm

【温度】
0～120℃

個 数 : 【水位】
1個
【温度】
1個 (検出点2箇所)

設置場所 : 原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)

警報設定値 : 水位低 : 通常水位 -165mm (O. P. 32730mm)

温度高 : 57℃

一括警報 : 「S F P監視盤異常」

個別警報 : 「燃料プール水位低」
「燃料プール温度高」

(6) 燃料交換フロア放射線モニタ

- 計測目的：作業従事者に対する放射線防護の観点から、使用済燃料プールエリアにおける線量当量率を監視する。
- 構成概略：燃料交換フロア放射線モニタは線量当量率を、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ともに、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：燃料交換フロア放射線モニタは、燃料取扱場所の遮へい設計区分Cの上限値(0.05mSv/h)を包含して計測できる範囲とし、 10^{-4} ~1mSv/hの線量当量率を計測可能としている。
- 警報設定：通常時の誤動作防止の観点からバックグラウンドの3倍の値を設定値とする。

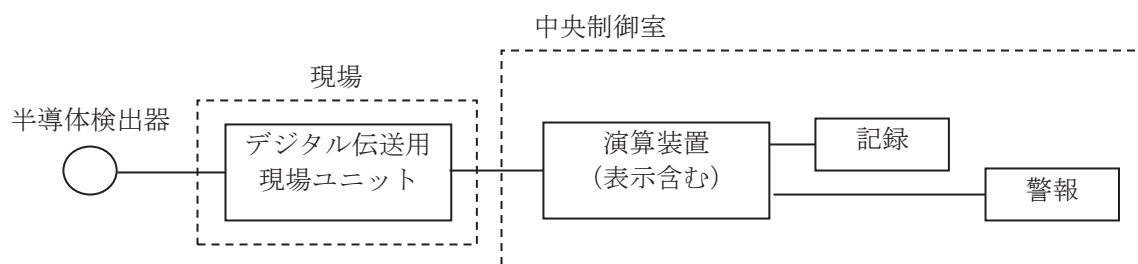


図 1.2.12 燃料交換フロア放射線モニタの概略構成図

(設備仕様)

- 計測範囲 : 10^{-4} ~1mSv/h
- 個数 : 1個
- 設置場所 : 原子炉建屋 3階 (原子炉建屋原子炉棟内)
- 警報設定 : バックグラウンドの3倍
- 個別警報 : 「燃料交換エリア放射能高」

(7) 燃料取替エリア放射線モニタ

- 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ともに、非常用ガス処理系に切り替えるため、燃料取替エリアの放射線量を監視する。
- 構成概略：燃料取替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ともに、所定の警報設定値に達した場合、放射能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：燃料取替エリアの放射線レベルを連続的に監視し、異常な放射線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ともに、非常用ガス処理系を起動する設定値以上が計測可能としている。
- 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。

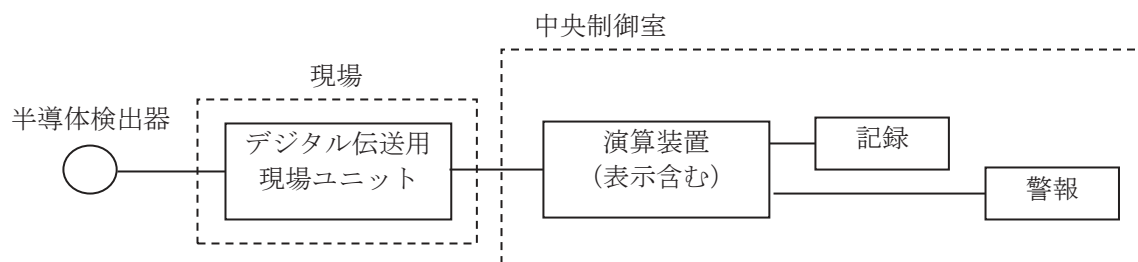


図 1.2.13 燃料取替エリア放射線モニタの概略構成図

(設備仕様)

- 計測範囲 : $10^{-3} \sim 10$ mSv/h
- 個 数 : 4 個
- 設置場所 : 原子炉建屋 3 階 (原子炉建屋原子炉棟内)
- 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
- 個別警報 : 高高 「燃料取替エリア放射能高高」
高 「燃料取替エリア放射能高」

(8) 原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ

○計測目的：原子炉建屋原子炉棟内の異常な放射線上昇を検出し，原子炉建屋原子炉棟の通常換気空調系を停止するとともに，非常用ガス処理系に切り替えるため，原子炉建屋原子炉棟換気空調系排気の放射線量を監視する。

○構成概略：原子炉建屋原子炉棟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ともに，所定の警報設定値に達した場合，放射能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：原子炉建屋原子炉棟内から放出される換気空調系排気を連続的に監視し，異常な放射線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ともに，非常用ガス処理系を起動する設定値以上が計測可能としている。

○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倍とする。

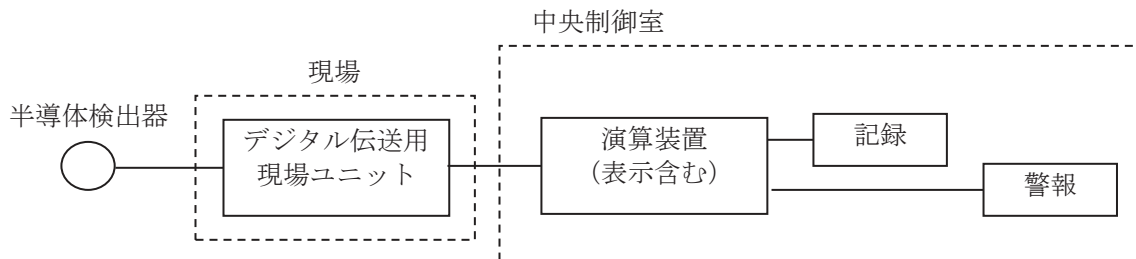


図 1.2.14 原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタの概略構成図

(設備仕様)

- 計測範囲 : $10^{-4} \sim 1\text{mSv/h}$
- 個 数 : 4 個
- 設置場所 : 原子炉建屋 中 3 階 (原子炉建屋原子炉棟内)
- 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
- 個別警報 : 高高 「原子炉建屋原子炉棟排気放射能高高」
高 「原子炉建屋原子炉棟排気放射能高」

1.3 使用済燃料プール監視設備（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、「女川原子力発電所原子炉施設保安規定（規程）第11章 記録および報告 第121条」に定める保安に関する記録及び社内規程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 使用済燃料プール監視設備の記録と保存

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	燃料交換フロア放射線モニタ	記録紙	10年
	原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ	記録紙	10年
	燃料取替エリア放射線モニタ	記録紙	10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	燃料貯蔵プール水温度	記録紙	10年
	燃料貯蔵プール水位	運転日誌	5年

1.4 使用済燃料プール監視設備（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プール監視設備は、非常用所内電源系からの電源供給により、外部電源が喪失した場合においても計測が可能な設計としている。（第十六条 第3項）

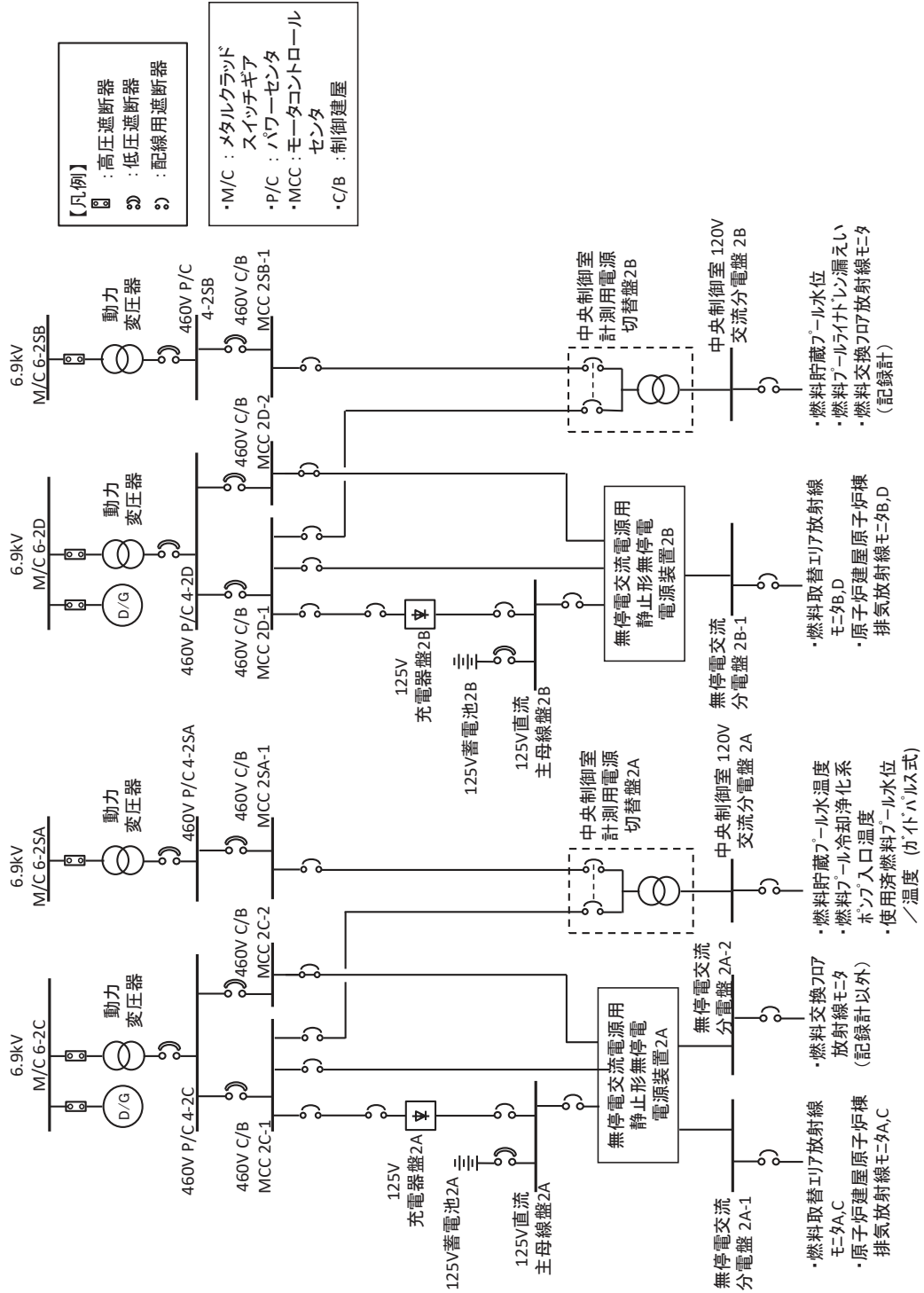


図 1.4.1 計測装置の電源構成概略図

1.5 使用済燃料プール監視設備（設計基準対象施設）の設置場所について
図 1.5.1 に使用済燃料プール監視設備の設置場所を示す。

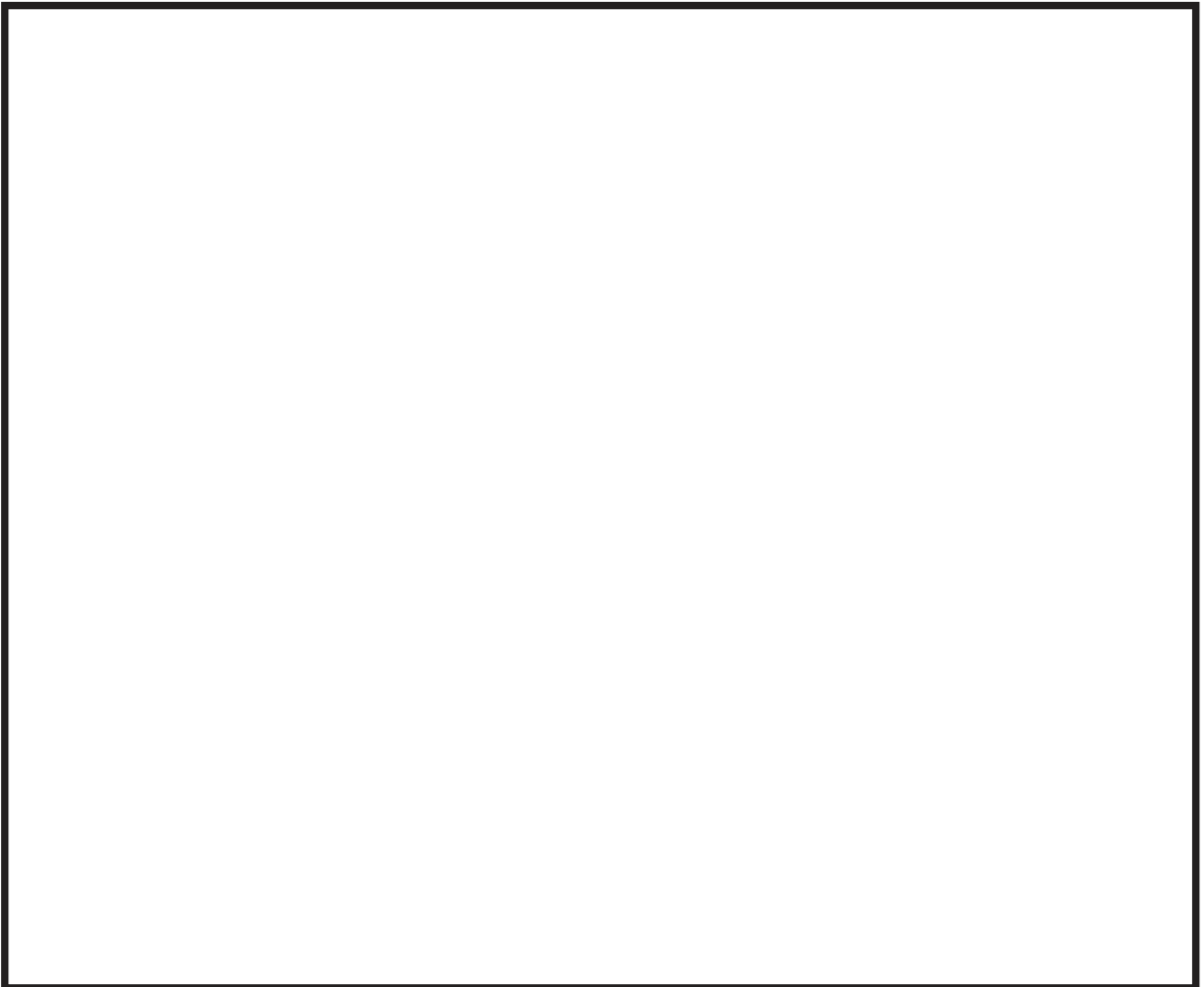


図 1.5.1 使用済燃料プール監視設備の設置場所(1/4)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

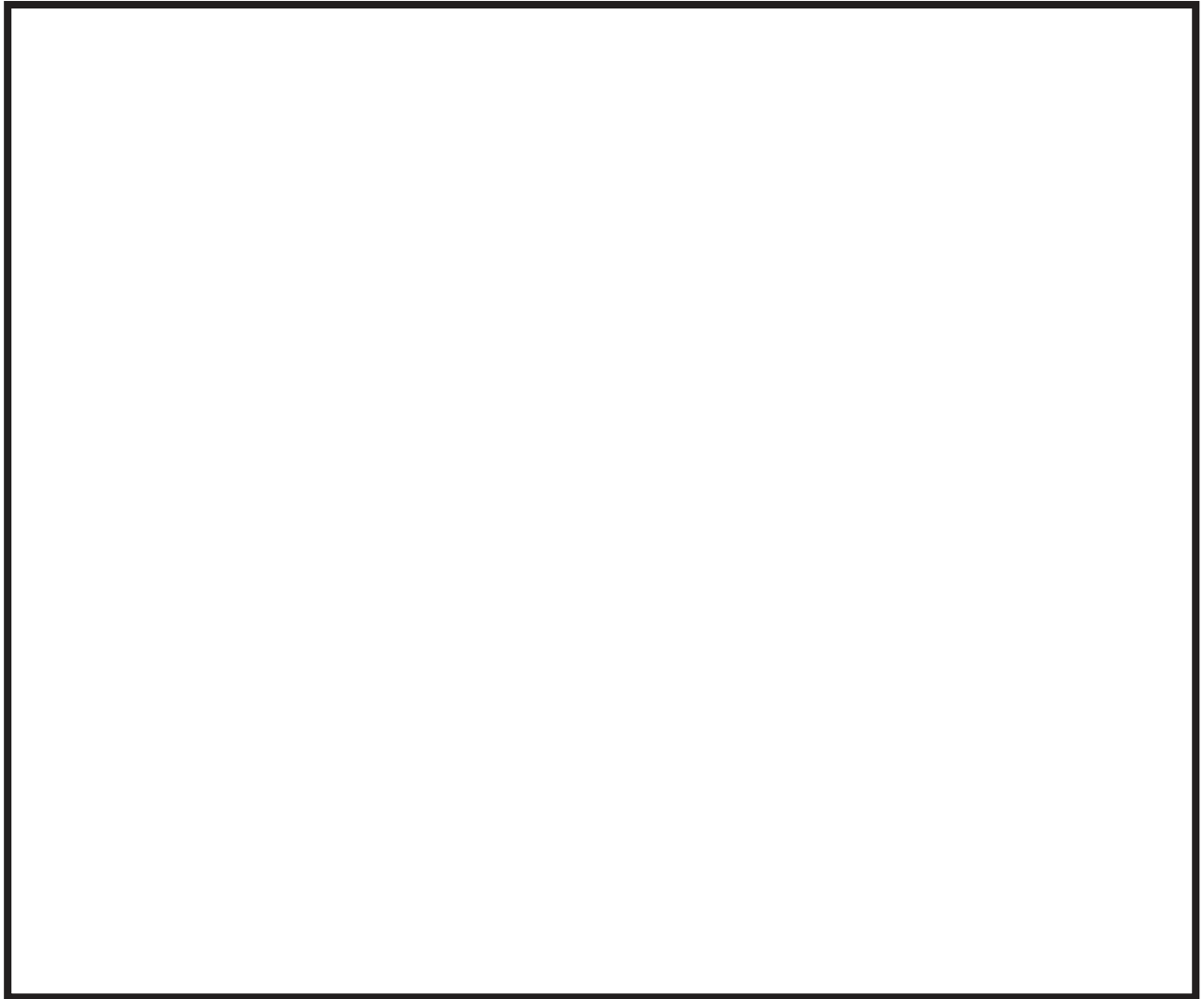


図 1.5.1 使用済燃料プール監視設備の設置場所(2/4)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

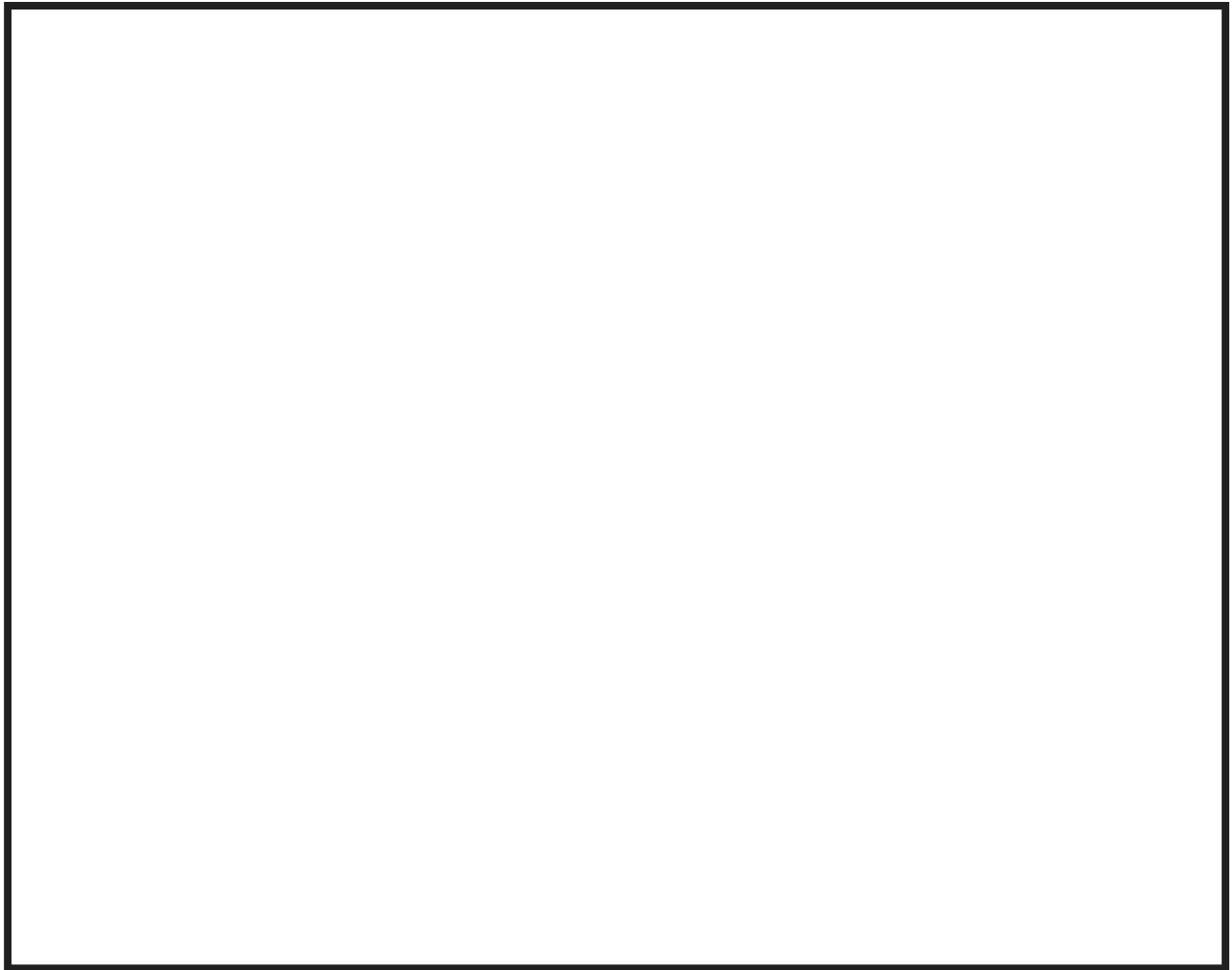


図 1.5.1 使用済燃料プール監視設備の設置場所(3/4)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

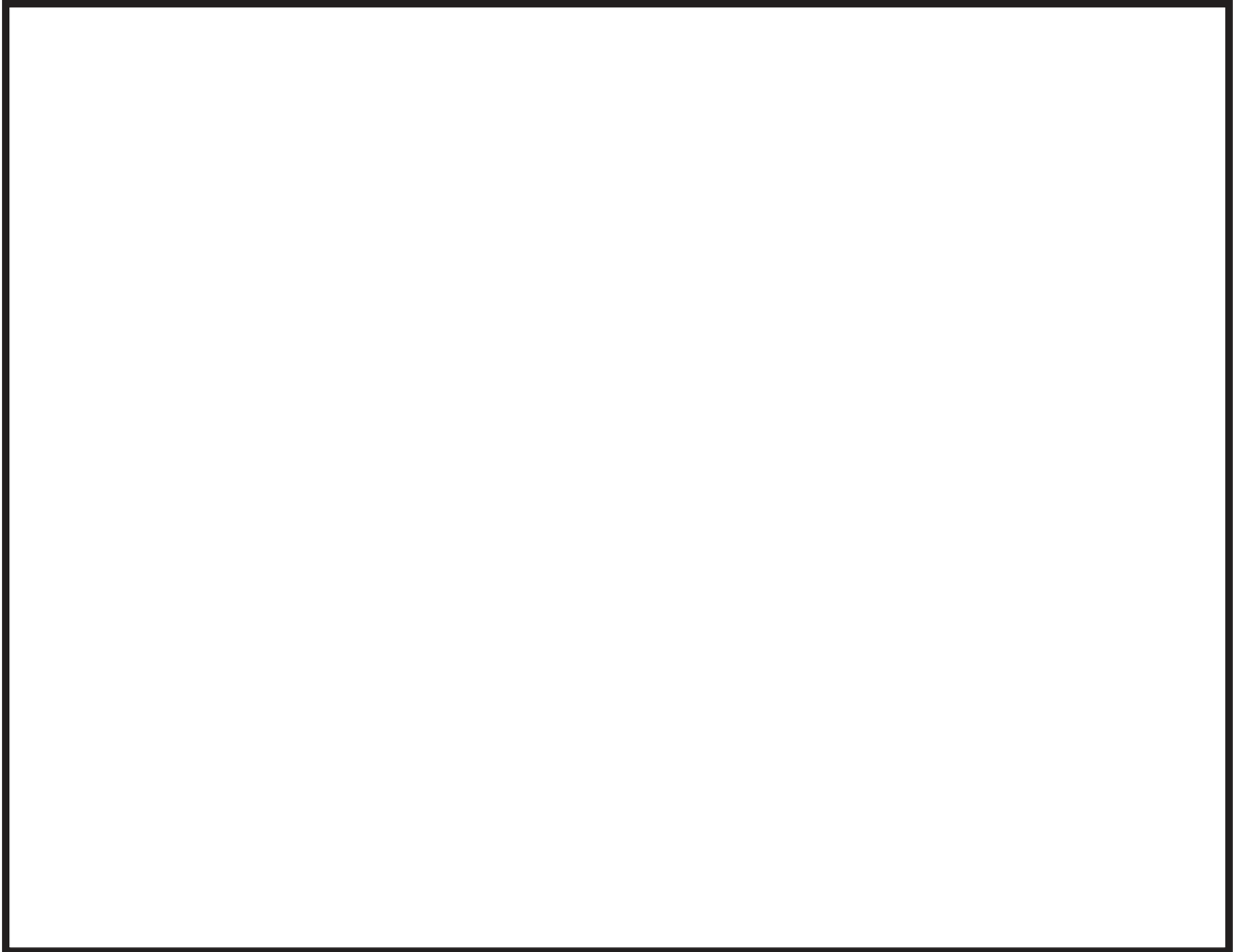


図 1.5.1 使用済燃料プール監視設備の設置場所(4/4)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

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、「女川原子力発電所原子炉施設保安規定（規程） 11章 記録および報告 第121条」に定める保安に関する記録及び社内規程に基づき保存期間等を定めて保管することとしている。

要求事項	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	起動領域モニタレベル	記録紙	10年
	平均出力領域モニタレベル	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	5年
四 一次冷却材に関する次の事項			
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	5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	5年
	主蒸気温度	運転日誌	5年
	主蒸気流量	運転日誌	5年
	給水圧力	運転日誌	5年
	給水温度	運転日誌	5年
	給水流量	運転日誌	5年
五 原子炉压力容器（加圧器がある場合は、加圧器）内及び蒸気発生器内の水位	原子炉水位（停止域）	記録紙	10年
	原子炉水位（燃料域）	記録紙	10年
	原子炉水位（広帯域）	記録紙	10年
	原子炉水位（狭帯域）	記録紙	10年
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	ドライウェル圧力	記録紙	10年
	圧力抑制室圧力	記録紙	10年
	格納容器内温度	記録紙	10年
	格納容器内雰囲気水素濃度	記録紙	10年
	格納容器内雰囲気酸素濃度	記録紙	10年
	格納容器内ダスト放射線モニタ	記録紙	10年
	原子炉格納容器内雰囲気放射線モニタ	記録紙	10年

要求事項	計測装置	記録方法	保存期間
七 主蒸気管中及び空気抽出器その他の蒸気タービン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	主蒸気管放射線モニタ	記録紙	10年
	空気エゼクタオフガス放射線モニタ	記録紙	10年
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気中の放射性物質の濃度	スタック放射線モニタ	記録紙	10年
	非常用ガス処理系放射線モニタ		
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	液体廃棄物処理系排水放射線モニタ	記録紙	10年
十一 放射性物質により汚染するおそれがある管理区域（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所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	エリア放射線モニタ	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	記録紙	10年
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	燃料貯蔵プール水位	運転日誌	5年
	燃料貯蔵プール水温度	記録紙	10年
十五 敷地内における風向及び風速	風向	記録紙	10年
	風速	記録紙	10年

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）について

1. 使用済燃料プール水位（ガイドパルス式）の計測性能

(1) 検出原理

使用済燃料プール水位（ガイドパルス式）は、パルス（電気信号）がインピーダンス（抵抗）の変化点で反射する性質を利用した検出器であり、演算装置からパルスを発生させ、検出器内部のガイドケーブルによりパルスを伝送し、空気と水のインピーダンスの差により、図1のとおり水面で反射したパルスが演算装置に戻るまでの時間を計測し、そのパルスの反射時間を演算装置にて水位に変換して計測する水位計である。

パルスがガイドケーブルを伝わることで乱反射しない設計となっており、連続して水位を計測することが可能である。

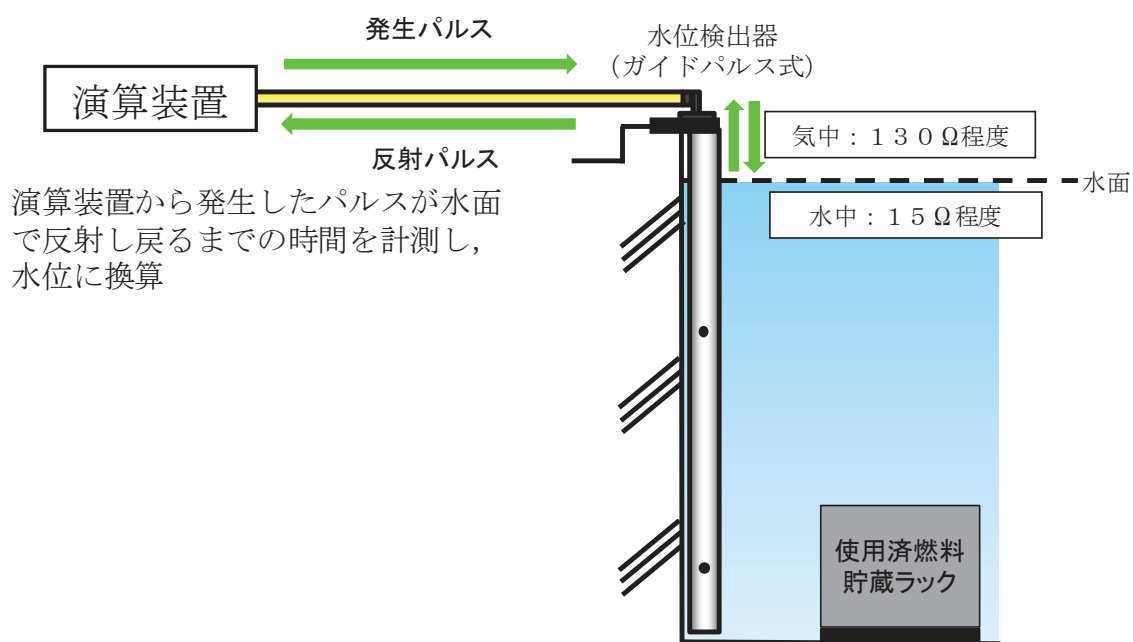


図1 ガイドパルス式水位計による水位検出原理

(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、検出器頂部付近の気相部分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後、給水し水位を上昇させた試験を実施している。

使用済燃料プール水位（ガイドパルス式）の試験結果については図2のとおり、水温、蒸気環境下に左右されずにプール水位を計測することが可能であった。（図2「高温状態の試験結果」参照。）

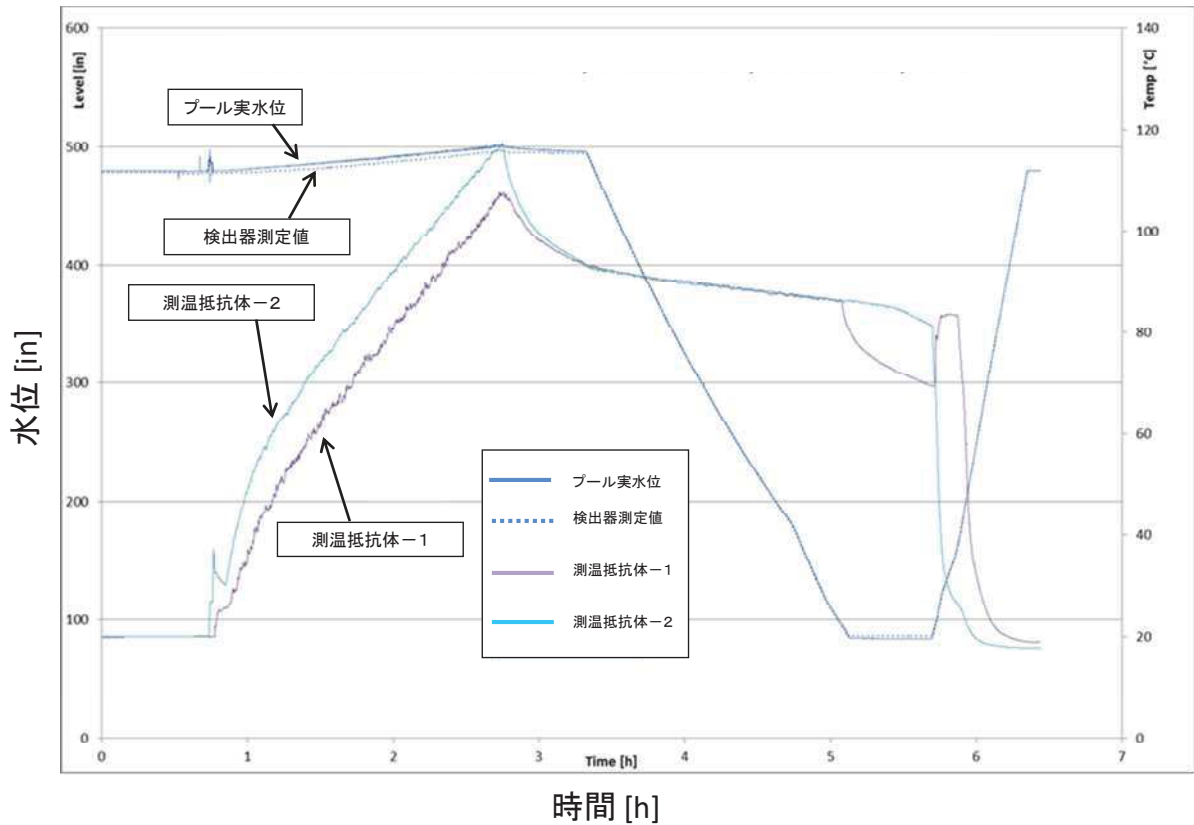


図2 高温状態の試験結果

(3) 温度計及び水位計としての機能維持について

使用済燃料プール水位・温度（ガイドパルス式）は、パルス（電気信号）による水位測定に加え、測温抵抗体による温度計測により水温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2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、温度計は測温抵抗体を使用し、連続して測定が可能である。

水位計に関しては、空気と水面のインピーダンス（抵抗）の差によるパルスの反射により水位を監視することができる。

異なった検出原理（検出器）により、同時に水位及び温度計測が可能な設計とする。

警報設定値について

1. 燃料貯蔵プール水位の警報設定値について

(1) 警報設定範囲及び警報設定値

燃料貯蔵プール水位の水位高及び水位低の警報設定範囲は下記の考えに基づき設定している。

(水位高) 使用済燃料プール水位の異常上昇により運転床面へプール水が溢れることを事前に検知するため、通常水位 (O. P. 32895mm) ～運転床面 (O. P. 33200mm) の間で設定をする。

(水位低) 通常水位はスキマせきのせき板上部より高い位置にあるが、燃料プール冷却浄化系ポンプが停止した場合プール水位は、せき板の位置よりスキマサージタンク開口部下端 (O. P. 32740mm) になる可能性がある。そこから水位が更に低下した場合は、想定していない異常な水位低下になることから、燃料プール冷却浄化系ポンプ停止時のプール水位の位置より下に設定をする。

上記警報設定範囲を考慮し、燃料貯蔵プール水位の警報設定値を表 1 に示す。また、図 1 に使用済燃料プールとスキマサージタンク間の概要図、図 2 に燃料貯蔵プール水位の警報設定範囲概要図を示す。

表 1 燃料貯蔵プール水位の警報設定値

警報	警報設定値
水位低	通常水位-165mm (O. P. 32730mm)
水位高	通常水位 +35mm (O. P. 32930mm)

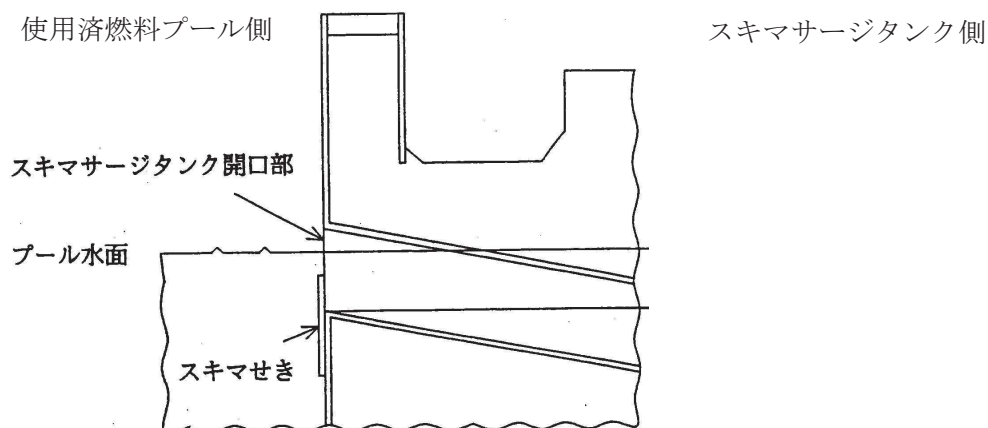


図 1 使用済燃料プールとスキマサージタンク間の概要図

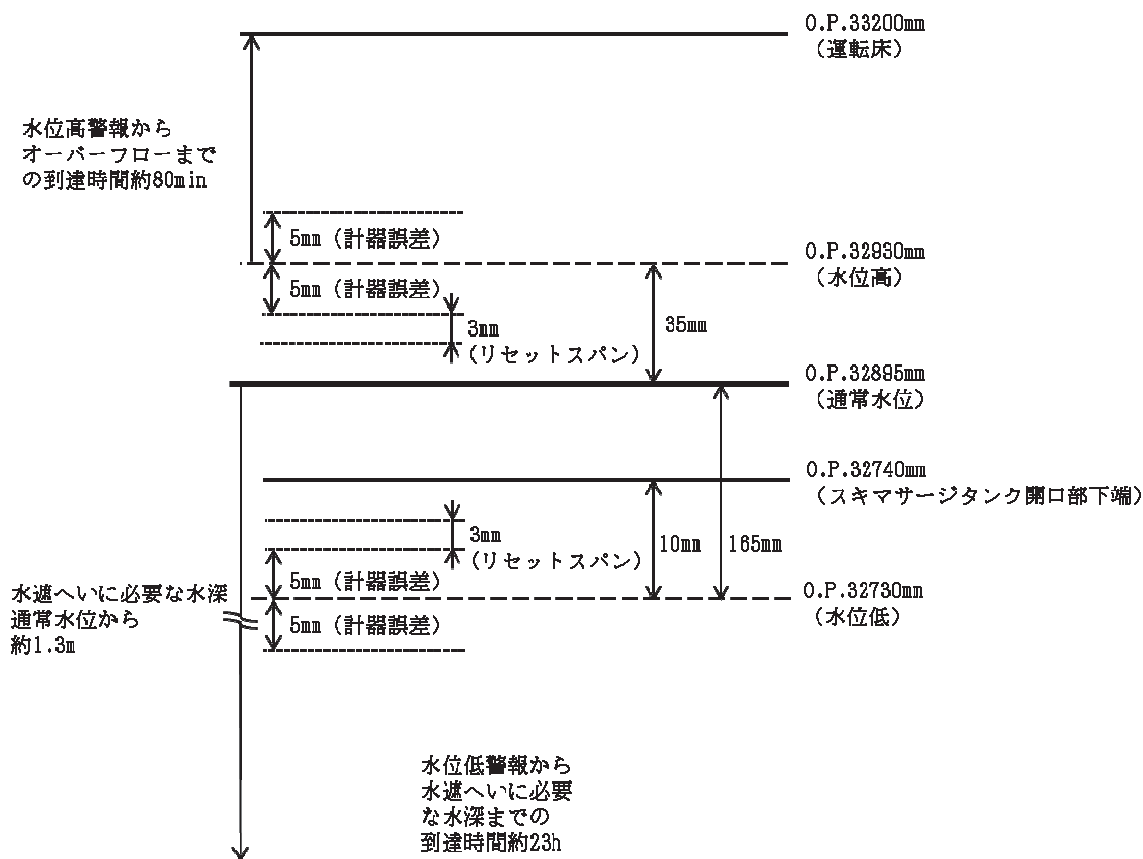


図2 燃料貯蔵プール水位の警報設定範囲概要図

(2) 運転操作における警報設定値の評価

以下の諸条件（有効性評価で使用）を用いて評価した。

- ・プール保有水量：約1400m³
- ・プール断面積：約152m³
- ・使用済燃料プールの冷却系の機能喪失後，プール水温上昇速度：約4°C/h
- ・使用済燃料プールの冷却系の機能喪失後，プール水位低下速度：約0.08m/h

水位低警報設定値は通常水位-165mm（0.P. 32730mm）であり，必要な水遮へい（10mSv/h の場合）は通常水位から約1.3mである。仮に使用済燃料プール水の蒸発（水位低下速度0.08m/h）を想定した場合，水位低警報発生から必要となる水遮蔽（水位）が失われるまでの時間は約23時間となり，使用済燃料プールへの補給操作に余裕*を持った設計としている。

水位高警報設定値は通常水位+35mm（0.P. 32930mm）であり，仮に燃料プール補給水系（約30m³/h）により使用済燃料プールへ補給し続けてしまった場合，水位高警報発生から運転床面へプール水がオーバーフローするまでの時間は約80分であり，警報発生から補給停止操作をする上で余裕*を持った設計としている。

* 運転員の手動操作の時間的余裕 (10 分) + 補給開始または補給停止操作終了 (約 5 分) を考慮しても余裕を持った設計としている。

2. 燃料プールライナドレン漏えいの警報設定値について

(1) 警報設定範囲及び警報設定値

使用済燃料プールライナからの微小漏えいを監視するために、計器の設置スペースを考慮し警報を設定する。表 2 に燃料プールライナドレン漏えいの警報設定値を、図 3 に燃料プールライナドレン漏えいの警報設定概略図を示す。

表 2 燃料プールライナドレン漏えいの警報設定値

警報	警報設定値
水位高	ドレン止め弁+528mm (O. P. 16078mm)

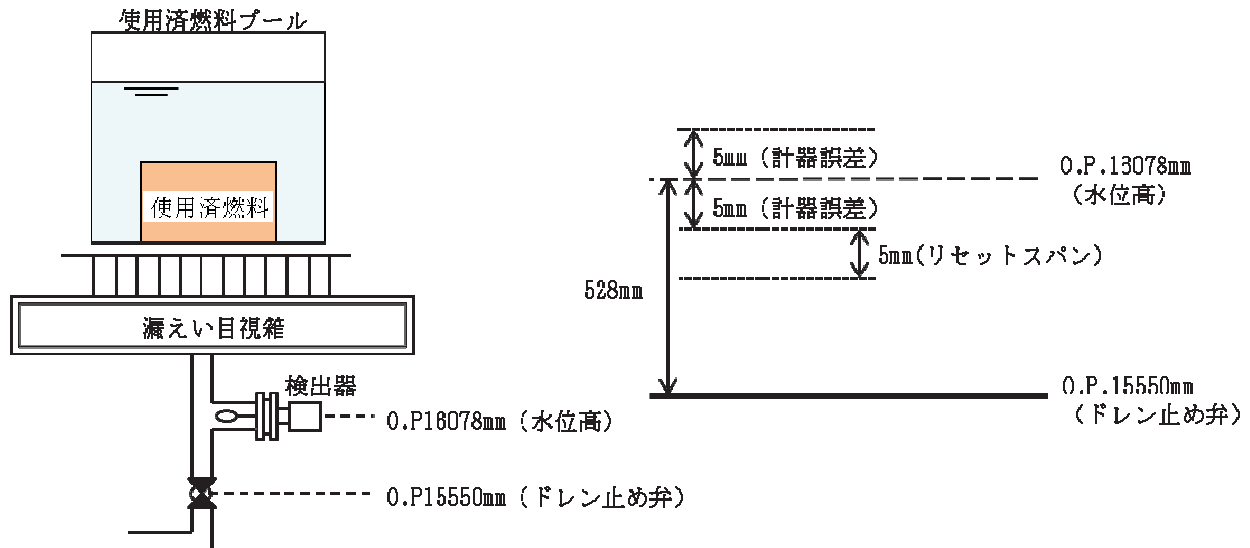


図 3 燃料プールライナドレン漏えいの警報設定概要図

(2) 運転操作における警報設定値の評価

燃料プールライナドレン漏えいの水位高警報設定値はドレン止め弁+528mm (O. P. 16078mm) であり、警報設定値までのドレン配管の容積は、約 $4.12 \times 10^{-3} \text{m}^3$ である。この容量は使用済燃料プールの容積 (約 1400m^3) に対して十分小さな値であり、プールライナ漏えいの早期検出において余裕*を持った設計としている。

* 仮に警報設定値を超える $5.00 \times 10^{-3} \text{m}^3$ の水がドレン配管に溜まった場合、プールの水位低下は約0.03mm程度であり、必要な水遮へい (10mSv/hの場合) は通常水位から約1.3mであることから、余裕を持った設計としている。

3. 燃料貯蔵プール水温度及び燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の警報設定値について

(1) 警報設定範囲及び警報設定値

使用済燃料プール水が通常温度よりも高くなったことを検出するため、通常時の使用済燃料プール水温度の上限値 52℃より高く、プール水の最高許容温度（65℃）に余裕を見た温度の間で設定する。表 3 に燃料貯蔵プール水温度及び燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の警報設定値を、図 4 に燃料貯蔵プール水温度及び燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の警報設定概要図を示す。

表 3 燃料貯蔵プール水温度及び燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の警報設定値

警報	警報設定値
温度高	57℃

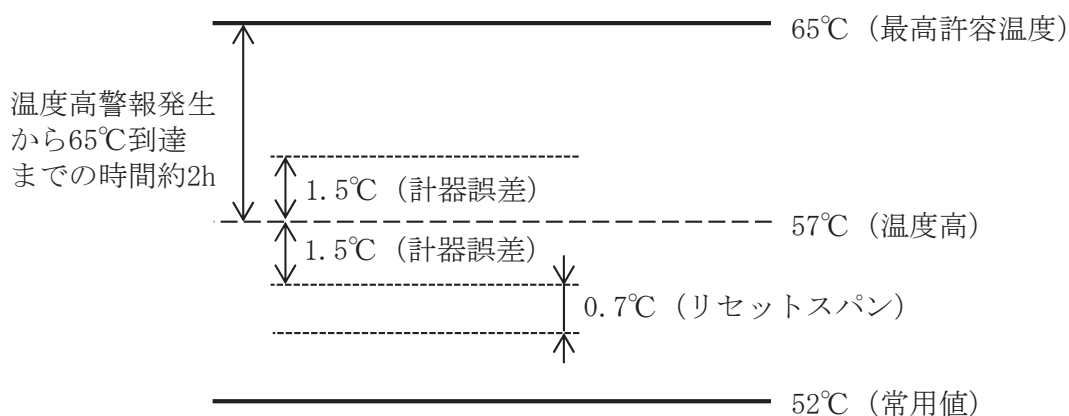


図 4 燃料貯蔵プール水温度及び燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度の警報設定概要図

(2) 運転操作における警報設定値の評価

有効性評価における使用済燃料プールの冷却系の機能喪失後の温度上昇は約 4℃/h である。温度高警報設定値 57℃から最高許容温度 65℃に達するまでの時間は約 2 時間であり、余裕*を持った設計としている。

*運転員の手動操作の時間的余裕（10 分）＋残留熱除去系の燃料プール冷却モード切替（約 110 分）に対して、使用済燃料プールの冷却系の機能喪失時の初期水温：約 40℃から警報設定値 57℃に達するまでに約 4.2 時間以上あり、さらに警報発生から最高許容温度 65℃に達するまで約 2 時間であることを考慮すると、その間に残留熱除去系の燃料プール冷却モードへ切替することは可能であり、余裕を持った設計としている。

使用済燃料プール監視設備（設計基準対象設備）の電源容量について

使用済燃料プール監視設備の電源は非常用所内電源より供給している。負荷容量は最大で、A系 4kVA, B系 1kVA 程度であり、無停電交流電源用静止形無停電電源装置及び中央制御室計測用電源切替盤から電源供給可能である。

表 1 に非常用ディーゼル発電機の最大負荷容量を示す。非常用ディーゼル発電機の容量は 1 台当たり 7, 625kVA であり、負荷に対して十分な容量を有している。

表 1 非常用ディーゼル発電機の負荷の内訳

負荷	非常用D/G(A)				非常用D/G(B)			
	設置台数	負荷容量 (kW/台)	稼働台数	稼働容量* (kW) LOP LOCA	設置台数	負荷容量 (kW/台)	稼働台数	稼働容量* (kW) LOP LOCA
低圧炉心スプレイスポンプ	1	1000	1	947.4	—	—	—	—
残留熱除去系ポンプ	1	540	1	511.6	2	540	2	1023.2
高圧炉心スプレイスポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—
原子炉補機冷却海水ポンプ	2	420	2	795.8	2	420	2	795.8
原子炉補機冷却水ポンプ	2	235	2	470.0	2	235	2	470.0
高圧炉心スプレイスポンプ補機冷却海水ポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—
高圧炉心スプレイスポンプ補機冷却水ポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—
タービン補機冷却水ポンプ	1	330	1	312.7	2	330	1	312.7
タービン補機冷却海水ポンプ	1	350	1	331.6	2	350	1	331.6
ディーゼル室換気設備	3	45	3	135.0	3	45	3	135.0
蓄電池充電器	—	284	—	284.0	—	284	—	284.0
非常用照明	—	200	—	180.0	—	200	—	180.0
非常用ガス処理装置	—	50.8	—	50.4	—	50.8	—	35.0
その他の非常用負荷	—	—	—	2327.4	—	—	—	1842.4
無停電交流電源用静止形無停電電源装置 (使用済燃料プール監視設備)	1	45	1	45.0 (3.3)	1	45	1	45.0 (0.2)
中央制御室計測用電源切替盤 (使用済燃料プール監視設備)	1	52.5	1	52.5 (0.6)	1	52.5	1	52.5 (0.3)
その他の非常用負荷	—	—	—	1070.3	—	—	—	857.7
合計	—	—	—	5957.2	—	—	—	5092.1

* 稼働容量：負荷の効率，負荷率，稼働率を考慮した容量

女川原子力発電所 2 号炉

運用，手順説明資料

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

第16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

設置許可基準規則 第16条 第2項第二号二
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はその機能が損なわれないものとする。

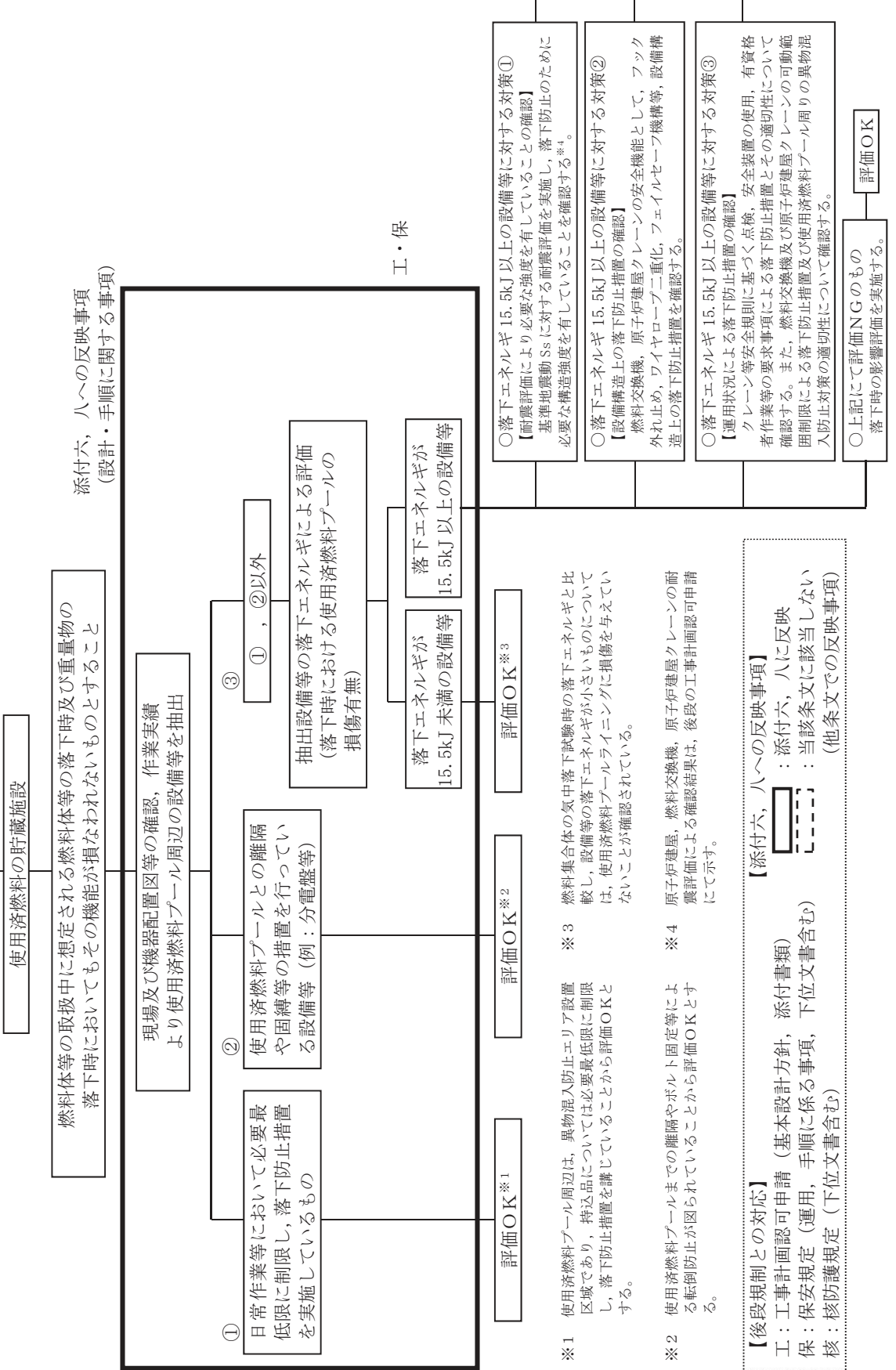


表 1 運用, 手順に係る対策等 (設計基準)

設置許可基準規則 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第 16 条	燃料交換機における対策	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料プール周辺に設置する設備, 取扱う吊荷等については, あらかじめ定めた評価フローに基づき評価を行い, 使用済燃料プールに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。 日常作業等において使用済燃料プール周辺に持ち込む物品については, 必要最低限に制限するとともに落下防止措置を実施する。
		体制	—
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料プールの健全性を維持するため, 保守計画に基づき適切に保守管理, 点検を実施するとともに必要に応じて補修を行う。
		教育・訓練	—
燃料体等の取扱施設 及び貯蔵施設	原子炉建屋クレーンにおける対策	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料プール周辺に設置する設備, 取扱う吊荷等については, あらかじめ定めた評価フローに基づき評価を行い, 使用済燃料プールに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。 日常作業等において使用済燃料プール周辺に持ち込む物品については, 必要最低限に制限するとともに落下防止措置を実施する。
		体制	—
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料プールの健全性を維持するため, 保守計画に基づき適切に保守管理, 点検を実施するとともに必要に応じて補修を行う。 クレーン等安全規則に基づき, 定期点検及び作業前点検を実施するとともに, クレーンの運転, 玉掛けは有資格者が実施する。
		教育・訓練	—

第16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

設置許可基準規則 第16条 第3項第一号

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。

設置許可基準規則 第16条 第3項第二号

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を監視することができるものとする。

使用済燃料の貯蔵施設

(燃料貯蔵プール水位、燃料プールのドレン漏えい、燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度、燃料貯蔵プール水温、使用済燃料プール水位/温度(ガイドバルス式)、燃料交換フロア放射線モニタ、原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ、燃料取替エリア放射線モニタ)

使用済燃料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異常を検知し、中央制御室での監視及び警報発信が可能であること。

異常の検知

警報発信

燃料貯蔵プール水位、燃料プールのドレン漏えい、燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度、燃料貯蔵プール水温、使用済燃料プール水位/温度(ガイドバルス式)、燃料交換フロア放射線モニタ、原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ、燃料取替エリア放射線モニタの設置。

中央制御室の
警報発信回路

工

外部電源が利用できない場合において、使用済燃料プールの水位、温度及び放射線量の監視が可能であること。

燃料貯蔵プール水位、燃料プールのドレン漏えい、燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度、燃料貯蔵プール水温、使用済燃料プール水位/温度(ガイドバルス式)、燃料交換フロア放射線モニタ、原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ、燃料取替エリア放射線モニタの非常用所内電源からの給電。

工

使用済燃料プールの水位、温度及び放射線量の計測結果を表示し、記録し、及び保存することができること。

燃料貯蔵プール水位、燃料プールのドレン漏えい、燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度、燃料貯蔵プール水温、使用済燃料プール水位/温度(ガイドバルス式)、燃料交換フロア放射線モニタ、原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ、燃料取替エリア放射線モニタの記録及び保存。

工・保

【後段規制との対応】

工：工事計画認可申請（基本設計方針、添付書類）

保：保安規定（運用、手順に係る事項、下位文書含む）

核：核防護規定（下位文書含む）

【添付六、八への反映事項】

□：添付六、八に反映

□□：当該条文に該当しない

(他条文での反映事項)

表 2 運用, 手順に係る対策等 (設計基準)

設置許可基準規則 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第 16 条 燃料体等の取扱施設 及び貯蔵施設	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料貯蔵プール水位 ・燃料プールライナドレン漏えい ・燃料貯蔵プール水温度 ・燃料プール冷却浄化系ポンプ入口温度 ・使用済燃料プール水位/温度 (ガットハル式) ・燃料交換フロア放射線モニタ ・燃料取替エリア放射線モニタ ・原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ ・中央制御室の警報発信回路 	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
		運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
		運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
		運用・手順	—

女川原子力発電所 2 号炉

使用済燃料プールへの重量物落下に係る

対象重量物の現場確認について

1. 基準要求

【第 16 条】 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）及び技術基準規則第 26 条（燃料取扱設備及び燃料貯蔵施設）にて、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を要求されている。

当該基準を満足するにあたっては、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おいてもその機能が損なわれない設計とするとともに、燃料交換機及びクレーンはワイヤロープ二重化等落下防止対策を行う設計としている。

また、使用済燃料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必要があることから、使用済燃料プール周辺の設備等について現場確認を行うこととする。

2. 確認項目及び内容

上記基準要求を満足するにあたっては、使用済燃料プール周辺の設備等が地震時に使用済燃料プールへの重量物とならないか調査する必要があり、現場確認及び機器配置図等を用いた机上検討、また、使用済燃料プール周辺の作業で、燃料交換機、原子炉建屋クレーンを使用して取扱う重量物について、作業実績に基づき抽出を行った。

抽出された設備等を添付資料 1 に示す。

(1) 現場確認による抽出

使用済燃料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プールに落下するおそれがあるもの」について抽出した。

具体的には、使用済燃料プール周辺の設備等について、設置位置(高さ)、物量、重量、固定状況等を確認し、地震等により使用済燃料プールへの落下物となるおそれのあるものを抽出した。

(2) 機器配置図等※による抽出

使用済燃料プール周辺の設備等について、機器配置図等にて抽出した。

※ 建屋機器配置図

機器設計仕様書（燃料取扱設備、燃料交換機 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）

設置変更許可申請書

具体的には、内挿物等現場で確認出来ない重量物について、機器配置図等にて物量、重量、設置状況等確認し、使用済燃料プールへの落下物となるおそれのあるものを抽出した。

(3) 使用済燃料プール周辺の作業実績からの抽出

使用済燃料プール周辺の作業で、燃料交換機、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した。

なお、仮設機材類の持込品については、使用済燃料プールが、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、抽出の対象外とした。

3. 抽出物に対する評価

現場確認、機器配置図等の確認及び作業実績により抽出された設備については、設置状況や落下エネルギーによる評価及び落下防止対策の状況により使用済燃料プールへの影響評価を実施した。

4. 今後の対応

今回抽出した設備等以外の設備等で、今後、使用済燃料プール周辺に設置する、または取り扱う設備等については、添付資料 2「使用済燃料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」に基づき、使用済燃料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。

現場確認等における抽出物の詳細

使用済燃料プール周辺の設備等について、現場及び機器配置図等による確認を行うとともに、使用済燃料プール周辺の作業で、燃料交換機又は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、作業実績に基づき網羅的に抽出を行った。

詳細について、表 1 に整理する。

表1 現場確認等における抽出物の詳細（その1）

番号	抽出物	詳細	評価フローⅠ		評価フローⅡ		代表重量物※2
			評価①	評価②	選定結果		
			配置※1	落下エネルギー ○：15.5kJ未満 ×：15.5kJ以上 —：評価不要			
1	原子炉建屋原子炉棟	屋根トラス、屋根等	×	×	×	○（特定不可）	
		照明	×	○	○		
		クレーンランウェイガータ	○	—	○		
2	燃料交換機	燃料交換機	×	×	×	○（約36t，約12m）	
3	原子炉建屋クレーン	原子炉建屋クレーン	×	×	×	○（約333t，約20m）	
4	その他クレーン	燃料コンテナ起立台	○	—	○		
		新燃料検査台	○	—	○		
5	PCV (取扱具含む)	PCVヘッド（ボルト含む）	○	—	○		
		上蓋スリング	○	—	○		
6	RPV (取扱具含む)	RPVヘッド	○	—	○		
		RPVスタッドボルト	×	×	×		
		RPVスタッドテンションナ	○	—	○		
		RPV-Oリング	×	○	○		
		RPV保温材	○	—	○		
		上蓋スリング	○	—	○		
		スタッドボルトトラック	×	×	×		
		燃料交換用鉛シールド	×	×	×		○（約19t，約20m）
		RPVスタッドテンションナ仮置き台	×	×	×		
7	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	○	—	○		
		シュラウドヘッドボルトレンチ	×	×	×		
		蒸気乾燥器	○	—	○		
		蒸気乾燥器・気水分離器吊り具	○	—	○		
		MSラインブラグ（操作盤含む）	○	—	○		
		グリッドガイド	×	○	○		
		インコア挿入ガイド	×	×	×		
		操作ボール+その他プール工具	×	○	○		
		LPRM検出器	×	○	○		
		LPRM/ドライチューブ移送具	×	○	○		
		LPRM/ドライチューブ取扱具	×	○	○		
		引抜きIHT錘	×	○	○		
		挿入用IHT	×	○	○		
		インコアストロングバック	×	×	×		
		SRNM	×	○	○		
		中性子源	×	○	○		
		起動用中性子源ホルダ	×	○	○		
		燃料集合体	×	○	○		
		制御棒+燃料支持金具	×	○	○		
制御棒・燃料サポート同時つかみ具	×	×	×				

※1 使用済燃料プールとの離隔距離の確保又は運転床面、建屋壁面への固定設備等に該当する場合は「○」、該当しない場合は「×」

※2 評価フローⅡにおける評価①で「×」となった設備等のうち、評価②で落下エネルギーが最大となるものを代表重量物として選定

表1 現場確認等における抽出物の詳細（その2）

番号	抽出物	詳細	評価フローⅠ		評価フローⅡ		代表重量物※2
			評価①	評価②	選定結果		
			配置※1	落下エネルギー ○：15.5k J未満 ×：15.5k J以上 —：評価不要			
7	内挿物 (取扱具含む)	制御棒	×	○	○		
		制御棒つかみ具	×	○	○		
		燃料チャンネル着脱機	×	○	○		
		チャンネルボックス	×	○	○		
		チャンネル移動つかみ具	×	○	○		
		チャンネル取扱具	×	○	○		
		チャンネル取扱ブーム	×	×	×		
		チャンネルボルトレンチ	×	○	○		
		ダブルブレードガイド	×	×	×	○ (約300kg, 約24m)	
		ジェットポンプグラップル	×	○	○		
		インコアモニタ切断具廃棄用つかみ具	×	○	○		
		インコアモニタ切断具廃棄用カッター	×	×	×		
		LPRM保管箱	×	×	×		
8	プール内ラック類	ブレードガイド貯蔵ラック	×	○	○		
		チャンネル貯蔵ラック	×	○	○	○ (約260kg, 約3.5m)	
		使用済燃料貯蔵ラック	×	○	○		
		制御棒・破損燃料貯蔵ラック	×	○	○		
		新燃料貯蔵ラック	○	—	○		
		廃棄物(LPRM)収納容器	×	×	×		
		制御棒貯蔵ラック	×	○	○		
		制御棒貯蔵ハンガ	×	○	○		
		燃料支持金具用単体貯蔵ラック	×	○	○		
9	プールゲート類	D/Sプールゲート	○	—	○		
		使用済燃料プールゲート(大)	×	×	×	○ (約950kg, 約21m)	
		使用済燃料プールゲート(小)	×	×	×		
		キャスクピットゲート	×	×	×		
10	使用済燃料輸送容器 (取扱具含む)	使用済燃料輸送容器	×	×	×	○ (約101t, 約20m)	
		使用済燃料輸送容器蓋	×	×	×		
		使用済燃料輸送容器吊り具	×	×	×		
		使用済燃料輸送容器蓋吊り具	×	×	×		
11	電源盤類	照明用分電盤	○	—	○		
		作業用分電盤	○	—	○		
		エレベータ用変圧器	○	—	○		
		燃料交換機主電動機駆動用変圧器	○	—	○		
		燃料チャンネル着脱機制御盤	○	—	○		
		新燃料検査台制御盤	○	—	○		
		原子炉建屋天井クレーン制御盤	○	—	○		
		原子炉建屋クレーン電源現場操作箱	○	—	○		
		燃料プール状態表示盤	○	—	○		
		オペフロ照明用安定器収納盤	○	—	○		
火災報知機総合盤	○	—	○				

※1 使用済燃料プールとの離隔距離の確保又は運転床面、建屋壁面への固定設備等に該当する場合は「○」、該当しない場合は「×」

※2 評価フローⅡにおける評価①で「×」となった設備等のうち、評価②で落下エネルギーが最大となるものを代表重量物として選定

表1 現場確認等における抽出物の詳細 (その3)

番号	抽出物	詳細	評価フローⅠ		評価フローⅡ		代表重量物 ^{※2}
			評価①	評価②	選定結果		
			配置 ^{※1}	落下エネルギー ○:15.5kJ未満 ×:15.5kJ以上 —:評価不要			
12	フェンス・ラダー類	手摺り	×	○	○		
		D/Sプール用梯子	×	×	×	○ (約180kg, 約24m)	
		原子炉ウェル用梯子	×	×	×		
		新燃料検査用ラダー	○	—	○		
13	装置類	静的触媒式水素再結合装置	○	—	○		
		除染装置	×	×	×	○ (約2t, 約21m)	
14	作業機材類	水中カラーTVカメラヘッド	×	○	○		
		水中カラーTVカメラケーブル	×	○	○		
		水中カラーTVカメラ制御盤	×	○	○		
		水中白黒カメラヘッド	×	○	○		
		水中白黒カメラ ケーブル	×	○	○		
		水中白黒カメラ制御装置	×	×	×	○ (約400kg, 約21m)	
		水中照明	×	○	○		
		炉内照明 (気中投光式)	×	○	○		
15	計器・カメラ ・通信機器類	ページング用スピーカ	○	—	○		
		ページング用ハンドセット	○	—	○		
		ITVカメラ	○	—	○		
		IAEAカメラ	○	—	○		
		使用済燃料プール監視カメラ	○	—	○		
		水素濃度計	○	—	○		
		原子炉建屋内水素濃度	○	—	○		
		地震観測装置	○	—	○		
		エリア放射線モニタ	○	—	○		
		燃料取替エリア放射線モニタ	○	—	○		
		使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量, 低線量)	×	○	○		
		SGTSトレイン出口流量発信器 (スタンション含む)	○	—	○		
		HWHサージタンク水位発信器 (スタンション含む)	○	—	○		
		原子炉建屋外気差圧発信器 (スタンション含む)	○	—	○		
		RCWサージタンク水位発信器 (スタンション含む)	○	—	○		
		使用済燃料プール水位/温度 (ガイドバルブ式)	×	○	○		
		使用済燃料プール水位/温度 (ヒートサーモ式)	×	○	○	○ (約2t, 約0.3m)	
		使用済燃料プールレベルスイッチ	×	○	○		
		使用済燃料プール水温度	×	○	○		
		チャンネル測定装置信号箱	○	—	○		
静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	○	—	○				
16	試験・検査用機材類	模擬燃料集合体	×	×	×		
		スタッドボルト用試験片	○	—	○		
		炉内 SHIPPING 制御装置	×	×	×		
		炉外 SHIPPING コンテナ	×	×	×		

※1 使用済燃料プールとの離隔距離の確保又は運転床面、建屋壁面への固定設備等に該当する場合は「○」、該当しない場合は「×」

※2 評価フローⅡにおける評価①で「×」となった設備等のうち、評価②で落下エネルギーが最大となるものを代表重量物として選定

表1 現場確認等における抽出物の詳細（その4）

番号	抽出物	詳細	評価フローⅠ		評価フローⅡ		代表重量物※2
			配置※1	評価①	評価②	選定結果	
16	試験・検査用機材類	炉外シッピング シッパーキャップ	×	×	×		
		テストウェイト	○	—	○		
		キャリブレーション用治具キャスク	×	×	×	○（約1t, 約21m）	
17	コンクリートプラグ・ハッチ類	新燃料貯蔵庫カバー	○	—	○		
		D/Sピット側スロットプラグ（A）	○	—	○		
		D/Sピット側スロットプラグ（B）	○	—	○		
		D/Sピット側スロットプラグ（C）	○	—	○		
		原子炉ウェルカバー（Aタイプ）	○	—	○		
		原子炉ウェルカバー（Bタイプ）	○	—	○		
		原子炉ウェルカバー（Cタイプ）	○	—	○		
		原子炉ウェルカバー（Dタイプ）	○	—	○		
		原子炉ウェルカバー（Eタイプ）	○	—	○		
		スキマサージタンクハッチカバー（A）	○	—	○		
		スキマサージタンクハッチカバー（B）	○	—	○		
		使用済燃料プール側スロットプラグ（A）	×	×	×		
		使用済燃料プール側スロットプラグ（B）	×	×	×	○（約10t, 約20m）	
		使用済燃料プール側スロットプラグ（C）	×	×	×	○（約10t, 約20m）	
		使用済燃料プール側スロットプラグ（D）	×	×	×	○（約10t, 約20m）	
		D/Sピットカバー（No.1）	○	—	○		
		D/Sピットカバー（No.2）	○	—	○		
		D/Sピットカバー（No.3）	○	—	○		
		D/Sピットカバー（No.4）	○	—	○		
		D/Sピットカバー（No.5）	○	—	○		
D/Sプラグ吊り具	○	—	○				
ウェルカバー吊り具	○	—	○				
大物搬入口ハッチカバー	○	—	○				
電動ハッチ装置	○	—	○				
18	その他	配管等	×	○	○	○（約100kg, 約12m）	
		タンク類	○	—	○		
		非常誘導灯	○	—	○		
		消火設備	○	—	○		
		掲示物	×	○	○		
		窓ガラス	○	—	○		
		空調ダクト	○	—	○		
		原子炉建屋ベント装置	○	—	○		
		サービスボックス・電源ボックス蓋	○	—	○		
		消火器格納庫	○	—	○		
		原子炉建屋真空清掃設備掃除用収納箱	○	—	○		
		ケーブル	○	—	○		
		救命用具	×	○	○		
		定期検査用資機材	○	—	○		
		スプレイノズル	○	—	○		

※1 使用済燃料プールとの離隔距離の確保又は運転床面，建屋壁面への固定設備等に該当する場合は「○」，該当しない場合は「×」

※2 評価フローⅡにおける評価①で「×」となった設備等のうち，評価②で落下エネルギーが最大となるものを代表重量物として選定

使用済燃料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

I. 使用済燃料プール周辺の設備等の抽出

使用済燃料プール周辺の設備等について、現場確認、図面等（機器配置図、機器設計仕様書、系統設計仕様書、設置変更許可申請書）により抽出し、抽出した設備等を類似機器毎に項目分類を行う。なお、抽出した機器については、現場の作業実績により抽出に漏れがないことを確認する。

II. 使用済燃料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 で抽出及び項目分類したものについて、項目毎に使用済燃料プールとの離隔距離や設置方法などを考慮し、使用済燃料プールに落下するおそれがあるものを抽出する。

抽出された設備等の落下エネルギーと、燃料集合体の気中落下試験時の落下エネルギー^{*}を比較し、使用済燃料プールへの落下影響を検討すべき重量物を抽出する。

^{*}燃料集合体の落下を想定した場合でも使用済燃料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プールライニングの健全性について（添付資料 3）参照。

III. 落下防止対策の要否判断

評価フロー II で抽出した設備等に対し、以下のいずれかの落下防止対策がなされていることを確認する。

- ・耐震性確保による落下防止対策
- ・設備構造上の落下防止対策
- ・運用状況による落下防止対策

IV. 使用済燃料プールへの落下時影響評価が必要なもの

評価フロー III で落下防止対策が必要とされた重量物は、落下時に使用済燃料プールの機能を損なうおそれがあることから、使用済燃料プールへの落下時影響評価を実施する。

V. 使用済燃料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、又は評価フロー III で対策不要としたものは、使用済燃料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。

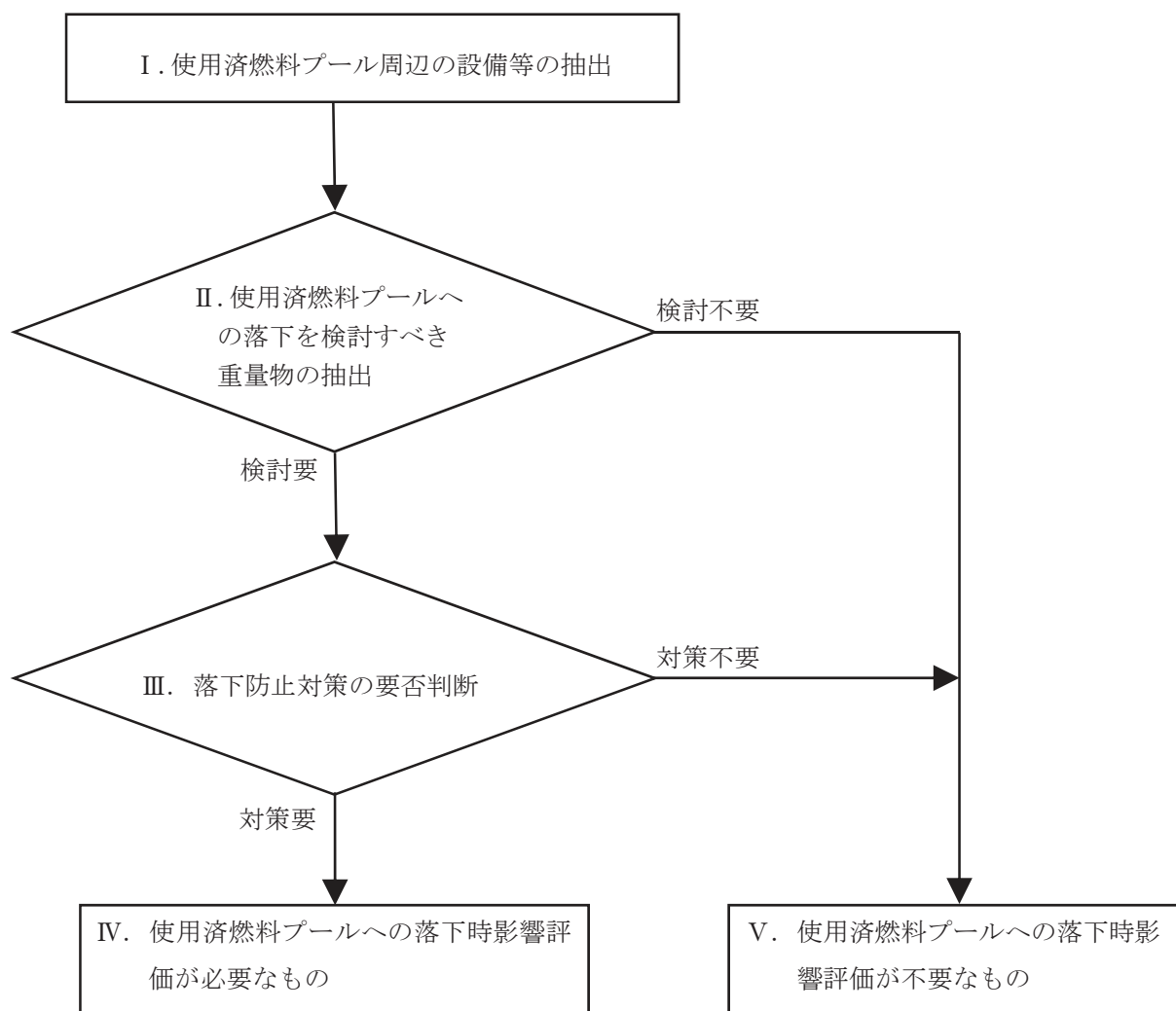


図1 使用済燃料プールへの落下時影響評価が必要な重量物の評価フロー

燃料集合体落下時の使用済燃料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

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。
- (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。

使用済燃料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。

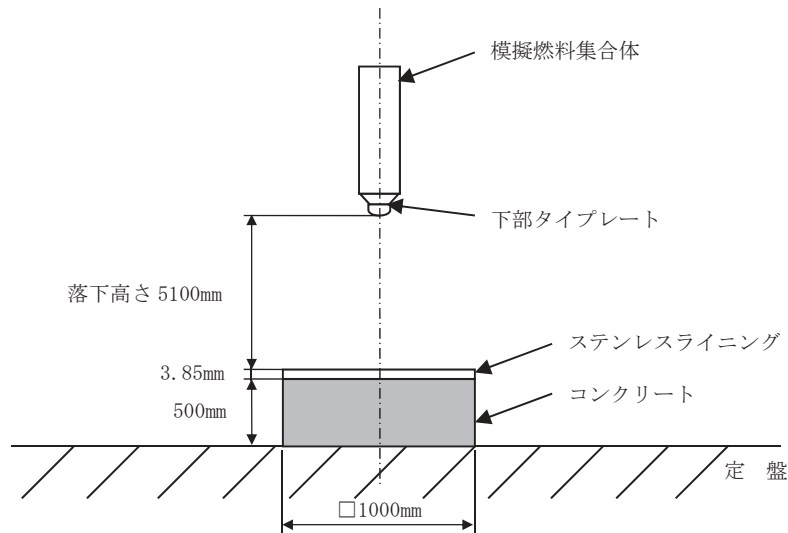


図1 模擬燃料集合体落下試験方法

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交換機による燃料移送高さを考慮し、5.1mと安全側である。

※2：女川2号炉にて取り扱っている燃料集合体重量（チャンネルボックス含む）は、表1に示すとおりであり310kg未満であることを確認している。

表1 燃料集合体重量

		燃料集合体重量(kg)	
		気中	
実機	9×9燃料（A型）		
	9×9燃料（B型）		
	新型8×8ジルコニウムライナ燃料		
	高燃焼度8×8燃料		
模擬燃料集合体		310	

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません