

## 玄海原子力発電所4号炉高燃焼度燃料の使用に伴う原子炉設置変更許可申請 コメントリスト(燃料体熱・機械設計関連)

No.	資料名	11/21 ヒアリングコメント内容	コメント回答	コメント 回答日
1	申請条文整理表 (8/22付け資料1)	全般 15条2項から6項までの各項について、燃料体のどの側面に対して適合性を確認しているのか(燃料集合体か燃料棒か、燃料棒の内側か外側か、申請書添付3. 発電用原子炉及び炉心のうち機械設計か核設計か熱水力設計かなど)を明確にすること。		
2	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について(8/22付け資料2)	全般 15条2項から6項までの各項について、条文への適合性をどう確認しているか、どのようなパラメータがどのような条件を満たしていれば良いとしているのか、明確にすること。 併せて、本申請においてその適合性に変更があるのであれば明確にすること。また、値の変わらないパラメータ(評価値と許容値両方)について、全く値に変更がないのか、有効数字や数値処理の関係で変わらないのかも明確にすること。 以下No.3~12は、各条文への適合性を確認するに当たっての関連する事実確認である。 ※15条2項については通常運転時に関する内容を確認したい(11/14ヒアで確認したのは運転時の異常な過渡変化時に関する内容)。また、15条3項から6項までは「関連する本文記載箇所」「関連する添付書類記載箇所」がまとめて示されており、項ごとの対応関係が分からない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>資料1-1「設置許可基準規則第15条の各条文と対象設備について」にて各項の要求対象設備(評価対象)及び設計観点と具体的な設計、及び設置許可で記載するものと設工認で記載するものの区分けについてご説明する。</li> <li>燃料集合体の各構成要素の強度評価の応力及び許容値についてはASME Sec. IIIの炉心支持構造物の分類に準拠して実施している。</li> <li>資料1-2「通常運転時の熱的制限値について」にて各パラメータの値に変更が無いのか及び算出根拠についてご説明する。</li> </ul>	今回ご説明
3	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について(8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条2項(通常運転時) 「燃料要素の許容損傷限界」の具体的内容を説明すること。また、最小限界熱流束比(最小DNBR)が許容限界値以上であること、燃料中心最高温度が二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること、被覆管の焼損を起こさないことと「燃料要素の許容損傷限界を超えない」ことの関係性を説明すること。		
4	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について(8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条2項(通常運転時) 最小限界熱流束比(最小DNBR)と燃料棒最大線出力密度の熱的制限値の設定根拠を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>資料1-2「通常運転時の熱的制限値について」にて最小限界熱流束比(最小DNBR)と燃料棒最大線出力密度の熱的制限値の設定根拠についてご説明する。</li> </ul>	今回ご説明
5	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について(8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条2項(通常運転時) 燃料中心最高温度が二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であることを基準とする旨適合のための設計方針に記載しているのに対し、申請書本文ではガドリニア入り二酸化ウラン燃料の燃料棒最大線出力密度を記載していない理由は何か。	ガドリニア入り二酸化ウラン燃料の最大線出力密度は、ウラン235濃縮度を二酸化ウラン燃料よりも下げるにより二酸化ウラン燃料の最大線出力密度を超えない設計としており、本文五号に熱的制限値として記載している最大線出力密度43.1kW/mを超えることはないため、申請書本文には記載していない。	2023年11月21日
6	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について(8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条4項 温度変動により損傷を受けない設計とする対象に燃料体が含まれていない理由を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料体は流体を内包していないため、温度変動により損傷を受けない設計とする対象ではない。条文整理表に以下の通り追記する。 「なお、燃料集合体については流体を内包する設備ではないことから温度変動による損傷を考慮する対象ではない。」</li> <li>「8/22付け資料2」の本文関連箇所への「本文五号ロ。」追加については別途提出したヒアリング資料にて追加している。</li> <li>水力振動について、資料1-1「設置許可基準規則第15条の各条文と対象設備について」の第4項のフレットイング摩耗に関する、申請書で引用している参考文献の該当箇所を示す。(添付書類類 3.6参考文献 (1)「三菱PWR高燃焼度化ステップ2燃料(信頼性向上燃料)の機械設計」(P4-33)及び(3)「原燃工製PWRステップ2燃料の機械設計について(玄海4号)」(P21,22))</li> </ul>	今回ご説明

玄海原子力発電所4号炉高燃焼度燃料の使用に伴う原子炉設置変更許可申請 コメントリスト(燃料体熱・機械設計関連)

No.	資料名	11/21 ヒアリングコメント内容	コメント回答	コメント 回答日
7	申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について (8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条5項及び15条6項1号 (通常運転時) 適合のための設計方針のうち15条5項に關係する部分と15条6項1号に關係する部分がそれぞれどこからどこまでか、説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・15条5項及び15条6項1号の具体的な負荷については、資料1-3「設置許可基準規則第15条5項及び第15条6項1号の設計方針及び設計上考慮している負荷について」にて説明する。</li> <li>・ASMEの具体的な対象設備については資料1-1「設置許可基準規則第15条の各条文と対象設備について」の第3項で示す上下部ノズル、制御棒案内シムプルであり、第3項に關連する強度評価における応力及び許容値についてASMEの炉心支持構造物の分類に従っている。</li> </ul>	今回ご説明
8	申請条文整理表 (8/22付け資料1) 申請条文に対する設置許可基準規則適合のための設計方針と申請書記載の整合性について (8/22付け資料2)	設置許可基準規則15条6項2号及び16条1項1号 15条6項2号の「輸送中」と「取扱中」の範囲を明確にすること。また、16条1項1号の「新燃料の搬入から使用済燃料の搬出まで」との關係性を説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料1-4「燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の変更箇所に関する補足について」にて、15条6項2号の「輸送中」と「取扱中」の範囲を、16条1項1号の「新燃料の搬入から使用済燃料の搬出まで」との關係性と併せて説明する。</li> </ul>	今回ご説明
9	申請条文整理表 (8/22付け資料1)	設置許可基準規則16条1項1号 燃料体等の取扱施設について、その設備構成を一つ一つ説明すること。特に、燃料体等を収納する各容器については、取扱施設に含まれるのか否か明確にすること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料1-4「燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の変更箇所に関する補足について」にて、燃料体等の取扱施設について、その設備構成を一つ一つ説明する。</li> <li>・使用済燃料運搬用容器は、取扱施設に含まれる。</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵施設に含まれる。</li> </ul>	今回ご説明
10	申請条文整理表 (8/22付け資料1)	設置許可基準規則16条1項1号 本文五号二、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備 は今回の申請で変更があるが、「新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取扱いにおける設計方針に変更はない」の「設計方針」とは何を指すのか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料1-4「燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の変更箇所に関する補足について」にて、「新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取扱いにおける設計方針に変更はない」ことを説明する。</li> </ul>	今回ご説明

## 設置許可基準規則第 15 条の各条文と対象設備について

第 15 条	条文	要求対象設備 (評価対象)	設計観点	具体的な設計
2 項	<p><b>炉心</b>は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより<b>燃料要素の許容損傷限界を超えないもの</b>でなければならない。</p>	炉心 (炉心)	<p>燃料被覆材を以下に示す熱的及び機械的観点から損傷させないため、炉心として熱的制限値及び核的制限値を設けるとともに、過大温度 <math>\Delta T</math> 高原子炉トリップ等の安全保護系により炉心を防護する設計としている。</p> <p>熱的破損：DNB 発生による燃料被覆材表面の熱伝達悪化、反応度投入事象時の被覆管の溶融及び脆化に起因する破損を考慮</p> <p>機械的破損：燃料ペレットの溶融に伴う体積膨張、反応度投入事象時における急激な出力上昇により生じるペレット-被覆管機械的相互作用 (PCMI) による破損を考慮</p>	<p>炉心は、それに関連する 1 次冷却系統、反応度制御系統、原子炉停止系統、計測制御系統、安全保護回路の機能とあいまって、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料要素の許容損傷限界を超えないように以下の基準を満足する設計とする。</p> <p>a. 最小 DNBR は、許容限界値以上であること。 b. 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。</p> <p>これらはプラントの安全評価により確認されるものであるが、安全評価の前提条件である通常運転時の最小 DNBR が 2.19 以上となること、最大線出力密度が 43.1kW/m 以下となることを熱的制限値としている。</p> <p>また、想定される反応度投入過渡事象 (原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き) 時も燃料材のエンタルピに関する燃料要素の許容損傷限界及び PCMI 破損しきい値のめやすを超えない設計とする。これはプラントの安全評価により確認されるものであるが、安全評価の前提条件である制御棒クラスタによる最大反応度添加率が 0.00075 (<math>\Delta K/K</math>)/s 以下となることを核的制限値としている。</p>

第 15 条	条文	要求対象設備 (評価対象)	設計観点	具体的な設計
3 項	<p><b>燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、<u>発電用原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できるもの</u>でなければならない。</b></p>	<p>燃料体 (燃料棒以外の構成要素)</p>	<p>燃料棒以外の構成要素を以下に示す構造・強度的観点から、燃料集合体の構成要素としての安全機能を維持できる構造・強度を有する設計とすることとしている。</p> <p>【停止機能】 制御棒の挿入経路及び挿入性維持 (制御棒案内シンプル)</p> <p>【冷却機能】 燃料集合体の支持骨格及び燃料棒間隔による冷却材流路維持 (上下部ノズル、支持格子、制御棒案内シンプル)</p>	<p>原子炉内における使用期間中の通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において加わる荷重に対して、各構成要素が原則として ASME Sec. III の規格に準拠して十分な強度を有し、その機能が保持できる設計とする。</p> <p>また、設計基準事故時においては原子炉容器内の圧力変動により発生する応力に対して、燃料集合体の構成要素が安全機能を維持できることを確認することとしている。</p> <p>詳細は設工認申請書において、通常運転時の水力的揚力、浮力、ホールドダウン力及び自重、異常な過渡変化時のスクラムによる荷重を考慮し、燃料集合体の各構成要素が燃料集合体としての機能を維持できること、及び事故時の燃料集合体の振動が耐震評価に包絡されることを説明する。*</p>

第 15 条	条文	要求対象設備 (評価対象)	設計観点	具体的な設計
4 項	<p><b>燃料体</b>及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、<b>一次冷却材</b>又は二次冷却材の循環、沸騰その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けないものでなければならない。</p>	燃料体 (燃料被覆材)	<p>燃料被覆材を以下に示す機械的観点から、流体振動により損傷しない設計としている。</p> <p>機械的損傷：燃料棒と支持格子のスプリング、ディンプルの接点におけるフレットング摩耗による燃料被覆材の損傷を考慮</p>	<p>燃料棒が流体振動によるフレットング摩耗によって損傷を受けない設計であることを確認している。</p> <p>設計の詳細は設工認申請において示す予定であり、確証試験結果によりフレットング摩耗評価を行い、燃料棒の健全性を示す。*</p> <p>詳細は設工認申請において、確証試験結果によりフレットング摩耗評価を行い、燃料棒の健全性を説明する。*</p>
			<p>燃料被覆材を以下に示す機械的観点から損傷させないために、流体振動に伴う発生応力(水力振動による応力)により燃料被覆材が損傷しない設計としている。</p> <p>機械的損傷：燃料棒の振動により発生する応力による燃料被覆材の損傷を考慮</p>	<p>燃料被覆管応力評価において水力振動による荷重を考慮し、燃料被覆材の耐力以下となる設計とする。</p> <p>詳細は設工認申請において、内外圧差による応力、ペレットの接触圧による応力、熱応力及び水力振動による応力を組み合わせた場合でも燃料被覆材の耐力を下回ることを説明する。*</p>

第 15 条	条文	要求対象設備 (評価対象)	設計観点	具体的な設計												
5 項	<p><b>燃料体</b>は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、<u>必要な物理的及び化学的性質を保持するもの</u>でなければならない。</p>	燃料体 (燃料棒)	燃料棒及び燃料ペレットの構成材料について、原子炉運転状態に応じた圧力及び温度条件、燃焼度、中性子照射量等の最も厳しい条件においても、耐熱性、耐放射線性、耐食性等を保持するものとしている。	<p>燃料ペレット及び燃料被覆管の材料は通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時を含むプラントの使用条件の下で、燃料ペレットの変形（熱膨張、スエリング及び焼き締め）、核分裂生成ガスの生成及び放出、燃料被覆管の変形（熱膨張、クリープ、弾性変形）等を考慮しても、燃料寿命中に耐熱性、耐放射線性、耐食性等を保持するものとしている。</p> <p>詳細は設工認申請において、上記条件を考慮した強度評価を実施し、その健全性を説明する。*</p>												
6 項	燃料体は、次に掲げるものでなければならない。															
6 項一	<p>通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の<b>燃料体に加わる負荷に耐えるもの</b>とすること。</p>	燃料体 (燃料棒)	燃料棒を、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において閉じ込め機能を維持するよう設計する。具体的には、燃料棒に損傷を生じないように設計する。	<p>燃料棒は燃料寿命中、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、以下の方針で設計する。</p> <table border="1" data-bbox="1379 756 1951 1246"> <tr> <td data-bbox="1379 756 1568 842">燃料中心温度</td> <td data-bbox="1568 756 1951 842">二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であることを確認する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 842 1568 959">燃料棒内圧</td> <td data-bbox="1568 842 1951 959">燃料被覆管の外向きのクリープ変形により燃料ペレットと燃料被覆管のギャップが増加する圧力を超えないことを確認する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 959 1568 1011">燃料被覆管応力</td> <td data-bbox="1568 959 1951 1011">燃料被覆管の耐力以下であることを確認する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 1011 1568 1128">燃料被覆管歪</td> <td data-bbox="1568 1011 1951 1128">燃料被覆管に生じる円周方向引張歪の変化量は各過渡変化に対して 1%以下であることを確認する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 1128 1568 1181">被覆管疲労</td> <td data-bbox="1568 1128 1951 1181">累積疲労サイクルは設計疲労寿命以下であることを確認する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 1181 1568 1246">その他の考慮事項</td> <td data-bbox="1568 1181 1951 1246">腐食、水素吸収、PCI の観点で問題ないことを確認する。</td> </tr> </table> <p>詳細は設工認申請において、燃料棒が上記の基準を満足するよう設計されていることを説明する。*</p>	燃料中心温度	二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であることを確認する。	燃料棒内圧	燃料被覆管の外向きのクリープ変形により燃料ペレットと燃料被覆管のギャップが増加する圧力を超えないことを確認する。	燃料被覆管応力	燃料被覆管の耐力以下であることを確認する。	燃料被覆管歪	燃料被覆管に生じる円周方向引張歪の変化量は各過渡変化に対して 1%以下であることを確認する。	被覆管疲労	累積疲労サイクルは設計疲労寿命以下であることを確認する。	その他の考慮事項	腐食、水素吸収、PCI の観点で問題ないことを確認する。
燃料中心温度	二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であることを確認する。															
燃料棒内圧	燃料被覆管の外向きのクリープ変形により燃料ペレットと燃料被覆管のギャップが増加する圧力を超えないことを確認する。															
燃料被覆管応力	燃料被覆管の耐力以下であることを確認する。															
燃料被覆管歪	燃料被覆管に生じる円周方向引張歪の変化量は各過渡変化に対して 1%以下であることを確認する。															
被覆管疲労	累積疲労サイクルは設計疲労寿命以下であることを確認する。															
その他の考慮事項	腐食、水素吸収、PCI の観点で問題ないことを確認する。															

第 15 条	条文	要求対象設備 (評価対象)	設計観点	具体的な設計
6 項二	<p>輸送中又は取扱中において、<u>著しい変形を生じないもの</u>とすること。</p>	<p>燃料体 (燃料棒以外の構成要素)</p>	<p>輸送中又は取扱中に想定される荷重により、燃料集合体の以下の構成部品が十分な強度を有し、燃料集合体としての機能が保持できる設計とすることとしている。</p> <p>【停止機能】 制御棒の挿入経路及び挿入性維持 (制御棒案内シンプル)</p> <p>【冷却機能】 燃料集合体の支持骨格及び燃料棒間隔による冷却材流路維持 (上下部ノズル、支持格子、制御棒案内シンプル)</p>	<p>輸送中又は取扱中に燃料集合体に加わる荷重を 6G と設定し、構成部品がこの荷重に対して十分な強度を有し、燃料集合体としての機能が保持できる設計とする。</p> <p>詳細は設工認申請において、6G の設計荷重に対し燃料集合体の各構成要素が燃料集合体としての機能が維持できることを説明する。*</p>

※原子炉設置変更許可申請にあつては、基本設計段階であり、燃料体の構造・強度評価に必要な各構成部材の詳細設計(詳細寸法等)が確定していないことを踏まえ、その仕様を決定する上での設計方針を記載し、詳細段階である設工認申請において、上記条件を考慮した強度評価を実施し、その健全性を確認することとしている。

## 通常運転時の熱的制限値について

## 1. 最小限界熱流束比（最小 DNBR）

炉心の熱水力設計における DNBR 評価は、「発電用加圧水型原子炉の炉心熱設計評価指針」（原子力安全委員会 平成 12 年 8 月 28 日 一部改訂）に基づき実施しており、「最小限界熱流束比（最小 DNBR） 2.19」は、通常運転時を包絡する運転条件を入力パラメータとして評価した値である。DNBR 評価の入力パラメータ等について表 1 に示す。

安全解析では、通常運転時を包絡する運転条件を初期条件として運転時の異常な過渡変化時の最小 DNBR が許容限界値以下であることを確認しているため、通常運転時の最小 DNBR を熱的制限値とすることで、間接的に運転時の異常な過渡変化時の最小 DNBR が許容限界値を満足することを担保している。

表 1 熱水力設計における DNBR 評価の比較

(a) 設計手法及び評価結果

	ステップ 1 燃料装荷炉心	ステップ 2 燃料装荷炉心	備考
熱設計手法	統計的熱設計 手法 (ITDP : Improved Thermal Design Procedure)	改良統計的熱 設計手法 (GSTM : Generalized Statistical Thermal-design Method)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当社のステップ 2 燃料導入時に採用実績のある知見の反映</li> <li>・ITDP (ステップ 1 燃料装荷炉心) は、DNB 相関式の不確定性を許容限界値に、入力パラメータの不確定性(*)を評価値に、それぞれ個別に考慮する設計手法</li> <li>・GSTM (ステップ 2 燃料装荷炉心) は、ITDP において別々に取扱っている DNB 相関式の不確定性と入力パラメータの不確定性(*)を一括して統計的に取扱い、全て許容限界値に考慮する設計手法</li> </ul> (*ここでは、計測誤差等の、統計的に取り扱うことが妥当な不確定性のみを指す
熱的制限値：定格出力時の最小 DNBR (最小限界熱流束比)	1.80	2.19	通常運転時を包絡する条件を入力パラメータとした評価値(後述の入力パラメータの変更に加えて、以下の手法による差を含む) <ul style="list-style-type: none"> <li>・ITDP (ステップ 1 燃料装荷炉心) では、入力パラメータの不確定性と設計余裕を差し引いた値としているが、GSTM (ステップ 2 燃料装荷炉心) では、これらを考慮しない値としている</li> </ul>



(b) 入力パラメータ (ステップ 2 燃料の採用に伴い見直したパラメータ)

入力パラメータ	ステップ 1 燃料装荷炉心	ステップ 2 燃料装荷炉心	備考
核的エンタルピー上昇 熱水路係数 $F_{\Delta H}^N$ (水平方向出力分布)	1.54	1.58	燃料の高燃焼度化に伴い、燃焼燃料と新燃料の反応度差が拡大することにより、水平方向出力分布が平坦化しにくくなるため、炉心設計の柔軟性を確保する観点から、 $F_{\Delta H}^N$ 最確値を 1.54 から 1.58 へ変更
軸方向ピーキング係数 $F_z^N$ (軸方向出力分布)	1.55 コサイン分布	1.62 コサイン分布	燃料の高燃焼度化に伴い、サイクル末期では炉心中央部の燃焼が進み炉心上部の出力が高くなる傾向にあることから、DNBR 評価が厳しくなる可能性がある。このため DNBR 評価に用いる軸方向出力分布は、通常運転時に現れる様々な軸方向出力分布による DNBR を包絡して評価することができるよう、従来使用していた 1.55 コサイン分布から 1.62 コサイン分布へ変更
熱拡散係数 TDC (水路間の乱流混合による熱移動量を表す係数 TDC : Thermal Diffusion Coefficient)	0.045	0.026	ステップ 2 燃料 (ジルカロイグリッド燃料) の TDC は、ステップ 1 燃料 (インコネルグリッド燃料) と異なるため、燃料型式毎の TDC の計測結果より、ステップ 1 燃料及びステップ 2 燃料の全てを包絡する条件へ変更 (0.045→0.026)
グリッド圧力損失係数			ステップ 1 燃料の値からステップ 2 燃料の値に変更 (「 <span style="border: 1px dashed black; padding: 0 5px;">                    </span> 」)。

                     : 商業機密に係る事項のため、公開できません。

## (c) 入力パラメータ (ステップ 2 燃料の採用で変更のないパラメータ)

入力パラメータ	ステップ 1 燃料装荷炉心	ステップ 2 燃料装荷炉心	備考
1 次冷却材流量	80,400m <sup>3</sup> /h	←	
炉心バイパス流量	4.5%	←	
炉心入口流量分布	※	←	※炉心入口流量の不均一性について、高温集合体への冷却材流量を平均より 5% 減少させることにより考慮
原子炉出力	3411MW	←	
1 次冷却材平均温度	307.1℃	←	
原子炉圧力	15.6 MPa [gage]	←	
エンタルピ上昇に関する工学的熱水路係数 $F_{\Delta H}^E$	1.0	←	
流路面積	※	←	※流路面積は燃料棒ピッチ、燃料棒外径、制御棒案内シンプル外径、炉内計装用案内シンプル外径より算出

## 2. 燃料棒最大線出力密度

「燃料棒最大線出力密度 43.1kW/m」は、通常運転時を包絡する条件として炉心平均線出力密度に熱流束熱水路係数（ $F_Q$ ）制限値を考慮して設定した値である。安全解析の初期条件の制限値として、間接的に運転時の異常な過渡変化時の燃料中心最高温度が燃料の溶融点を満足することを担保している。

$$\begin{aligned} & \text{燃料棒最大線出力密度 (43.1kW/m)} \\ & = \text{炉心平均線出力密度 (17.9kW/m)} \times F_Q \text{ 制限値 (2.41)} \end{aligned}$$

なお、ステップ2 燃料導入にあたって炉心平均線出力密度に変更はなく、また、通常運転時の熱流束熱水路係数（ $F_Q$ ）制限値についても変更しないため、燃料棒最大線出力密度も同様に変更はない。

設置許可基準規則第 15 条 5 項及び第 15 条 6 項 1 号の  
設計方針及び設計上考慮している負荷について

1 設置許可基準規則第 15 条 5 項について

設置許可基準規則 15 条 5 項の要求事項は、

「燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。」であり、その設計方針は、

「燃料体は、通常運転時における燃料要素の内外圧差、燃料要素及び他の材料の照射、負荷の変化により起こる圧力及び温度の変化、化学的効果、静的及び動的荷重、燃料材の変形並びに燃料要素内封入ガスの組成の変化等を考慮して、各構成要素が十分な強度を有し、その機能を保持できる設計とし、」としている。

具体的な設計及び申請書関連記載箇所を表に示す。

2 設置許可基準規則第 15 条 6 項 1 号について

設置許可基準規則 15 条 6 項 1 号の要求事項は、

「通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。」であり、その設計方針は、

「通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の圧力、自重、附加荷重、核分裂生成物の蓄積による燃料被覆材の内圧上昇、熱応力等の荷重に耐える設計とする。このため、燃料要素は所要の運転期間において、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、以下の基準を満足できる設計とする。

- (1) 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。
- (2) 燃料要素内圧は、通常運転時において、燃料被覆材の外向きのクリープ変形により燃料材と燃料被覆材のギャップが増加する圧力を超えないこと。
- (3) 燃料被覆材応力は、燃料被覆材の耐力以下であること。
- (4) 燃料被覆材に生じる円周方向引張歪の変化量は、各過渡変化に対して 1%以下であること。
- (5) 累積疲労サイクルは設計疲労寿命以下であること。」としている。

なお、設置許可基準規則第 15 条 6 項 1 号の設計は、設置許可基準規則第 15 条 5 項の考慮事項を踏まえた上での設計である。

具体的な設計及び申請書関連記載箇所を表に示す。

表 設置許可基準規則第 15 条 5 項及び第 15 条 6 項 1 号に係る具体的な設計及び申請書関連記載箇所

要求対象設備 (評価対象)	設計上考慮している 燃料体のふるまい	設計上考慮している負荷	具体的な設計	申請書関連記載箇所
燃料体 (燃料棒)	[ペレット] ・熱膨張 ・スエリング ・焼きしまり ・核分裂生成ガスの生成及び放出 ・核分裂生成物の蓄積による燃料の溶融点低下 ・燃焼に伴う熱伝導率低下  [被覆管] ・熱膨張 ・クリープ ・弾性変形 ・中性子照射による強度増加、延性低下 ・腐食(酸化) ・水素吸収  [燃料棒] ・ペレットと被覆管の間隙中のガスの熱伝導率	ペレット溶融によるペレットと被覆管との熱膨張差による応力	燃料中心最高温度が各燃料(二酸化ウラン、Gd 入り二酸化ウラン)の溶融点未満	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (2)設計方針 (5)評価 a. 燃料棒 b. 照射効果 c. 燃料棒 (a)燃料中心最高温度
		被覆管の外向きのクリープ変形	燃料棒内圧がペレットと被覆管のギャップが増加する圧力を超えないこと	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (2)設計方針 (5)評価 a. 燃料棒 b. 照射効果 c. 燃料棒 (b)燃料棒内圧
		燃料棒の内外圧差による被覆管応力	被覆管応力は被覆材の耐力以下	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (2)設計方針 (5)評価 a. 燃料棒 b. 照射効果 c. 燃料棒 (c)被覆管の応力
		ペレットの接触圧による被覆管応力		
		被覆管の熱応力		
		燃料棒の水力振動による被覆管応力		
		被覆管の円周方向引張歪の変化量	被覆管に生じる円周方向引張歪の変化量は各過渡変化に対して1%以下	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (2)設計方針 (5)評価 a. 燃料棒 b. 照射効果 c. 燃料棒 (d)被覆管の歪
		被覆管の累積疲労サイクル	累積疲労サイクルはLannger and O'Donnell の曲線に基づく許容累積疲労サイクルを十分下回る	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (2)設計方針 (5)評価 a. 燃料棒 c. 燃料棒 (e)疲労サイクル
		被覆管の腐食(酸化)	被覆管の酸化減肉による応力増加は問題とならないこと	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (5)評価 c. 燃料棒 その他の考慮事項
被覆管の水素吸収	被覆管の水素吸収を考慮しても被覆管の延性は確保されていること	3.2 機械設計 3.2.1 燃料 (5)評価 c. 燃料棒 その他の考慮事項		

以上

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の  
変更箇所に関する補足について

2024年1月  
九州電力株式会社

#### 1. 4号炉における燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の対象燃料について

玄海原子力発電所の燃料体等の主な取扱施設及び貯蔵施設における、取扱又は貯蔵対象となる燃料体等の概要を図1に示す。また、本申請による変更箇所を同図の赤字にて示す。本申請において、4号炉において取替燃料として燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t の高燃焼度燃料（以下「高燃焼度燃料」という。）を使用することとしているが、図1に示すとおり4号炉以外の燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に変更を加えるものではない。

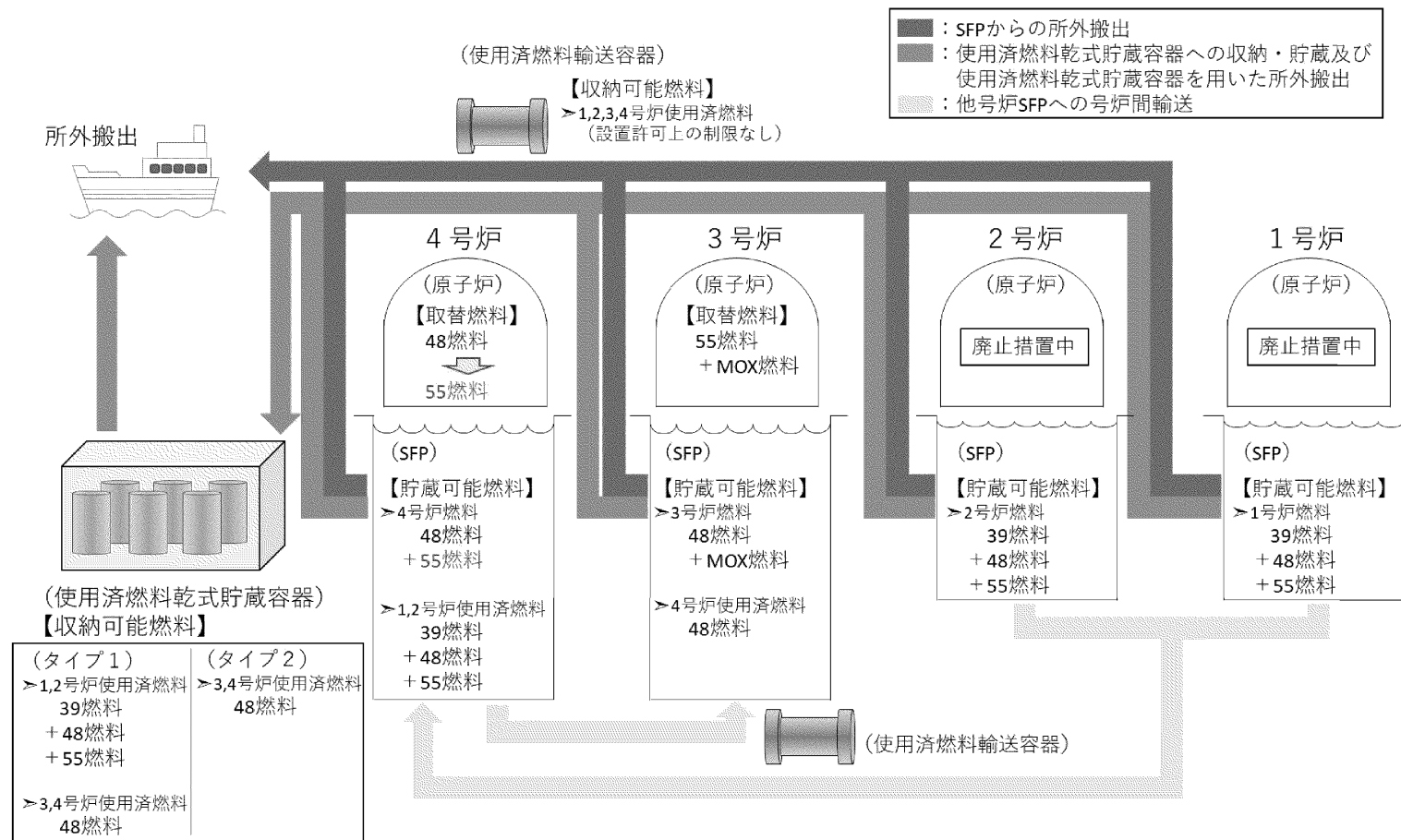


図1 玄海原子力発電所の燃料取扱施設及び貯蔵施設の対象燃料※1、2

※1 燃料集合体最高燃焼度が 39,000MWd/t、48,000MWd/t、55,000MWd/t の燃料集合体をそれぞれ 39 燃料、48 燃料、55 燃料という。  
 ※2 使用済燃料乾式貯蔵容器は兼用キャスクであるため、輸送容器を兼ねる。



## 2. 本申請における本文変更箇所について

1. のとおり、本申請後も4号炉以外の燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設の既許可条件に変更を加えるものでないことから、4号炉と共用化している3号炉の使用済燃料ピットに高燃焼度燃料を貯蔵しない旨を明確するため、4号炉の申請書本文を以下①に示すとおり変更するとともに4号炉の添付書類八の関連箇所を変更する。

また、1, 2号炉と共用化している4号炉の使用済燃料ピットについて、既許可では貯蔵可能な燃料集合体最高燃焼度が1, 2号炉と4号炉で異なっていたためその旨を明確化していたが、本申請により4号炉の使用済燃料ピットに貯蔵可能な使用済燃料の燃料集合体最高燃焼度が1, 2, 4号炉で同じとなったことから、以下②に示すとおり当該記載を削除する。

なお、これらの変更については変更前後で既許可条件を変更するものではないことから記載の適正化と整理している。

### 【変更内容】

#### 五、発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

##### ニ. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

###### (1) 核燃料物質取扱設備の構造

変更前	変更後
<p>.....</p> <p>使用済燃料 ②（1号炉及び2号炉の燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを含む。）は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部1号、2号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、7年以上冷却した4号炉の使用済燃料については、必要に応じて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。</p> <p>.....</p>	<p>.....</p> <p>使用済燃料は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部1号、2号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、7年以上冷却した4号炉の使用済燃料 ①（燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを除く。）については、必要に応じて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。</p> <p>.....</p>

###### (2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

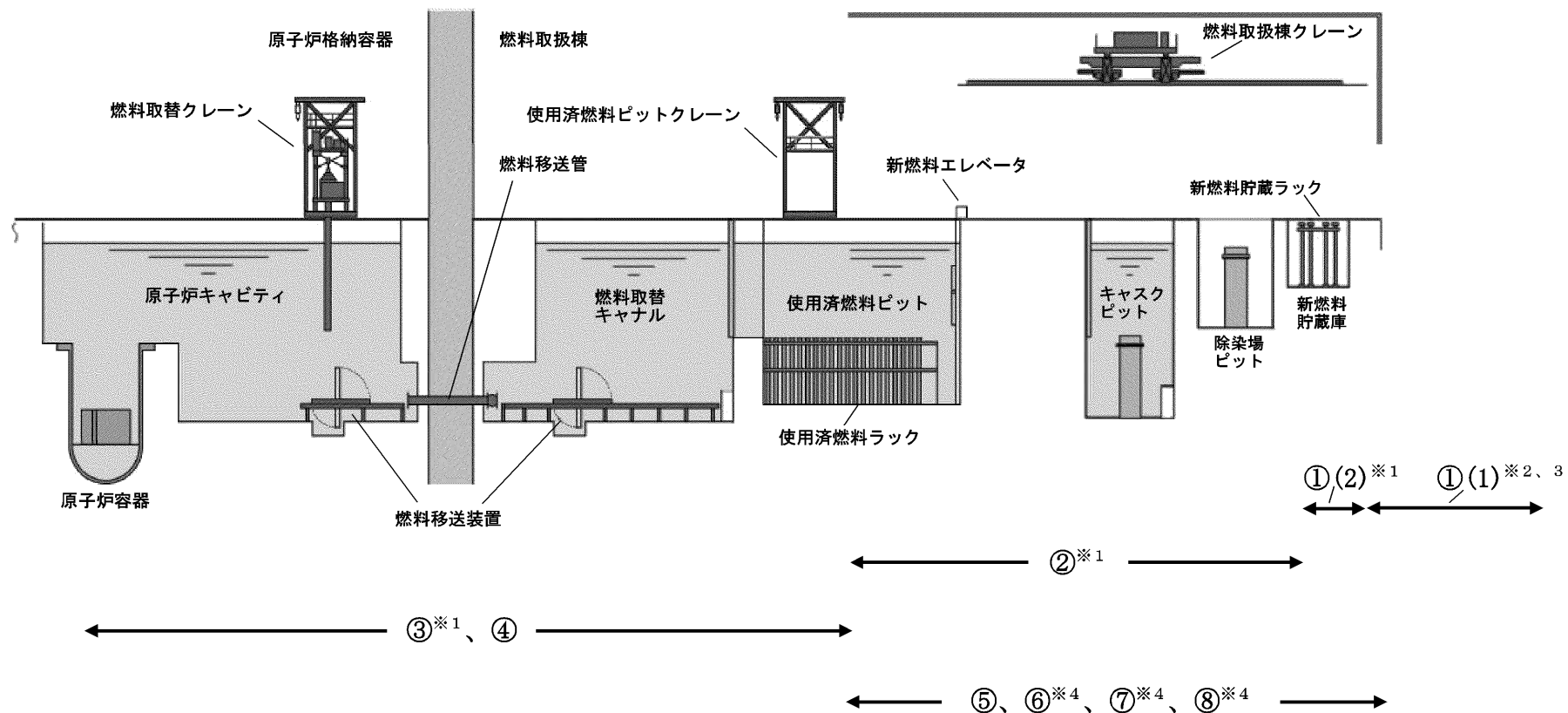
変更前	変更後
<p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</p> <p>使用済燃料貯蔵設備（一部4号炉燃料取扱棟内1号、2号及び4号炉共用、並びに一部3号炉燃料取扱棟内3号及び4号炉共用、一部既設）は、燃料体等 ②（1号及び2号炉の燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t の使用済燃料を含む。）をほう酸水中の使用済燃料ラックに挿入して貯蔵する鉄筋コンクリート造、ステンレス鋼内張りの水槽（使用済燃料ピット）であり、燃料取扱棟内に設ける。</p> <p>.....</p>	<p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</p> <p>使用済燃料貯蔵設備（一部4号炉燃料取扱棟内1号、2号及び4号炉共用、並びに一部3号炉燃料取扱棟内3号及び4号炉共用、一部既設）は、燃料体等をほう酸水中の使用済燃料ラックに挿入し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（使用済燃料ピット）であり、燃料取扱棟内に設ける。</p> <p>.....</p>

### 3. 4号炉における燃料体等の取り扱いについて

本申請後も設置許可基準規則第16条第1項第1号における適合性に影響が無いことを示すため、表1及び図2に燃料取扱作業内容とその使用設備、表2に燃料取扱作業内容と本文記載との関連を示す。また、各燃料体等の取扱施設の概要について別紙に示す。

表1 4号炉の燃料取扱作業内容とその使用設備

作業項目	作業内容	使用設備
①新燃料受入	(1)新燃料輸送容器の移動 (2)新燃料輸送容器の開梱、 新燃料貯蔵庫への移動	燃料取扱棟クレーン(4号炉内、1、 2、4号炉共用)
②新燃料の使用済燃料ピットへの移動	(1)新燃料貯蔵庫から新燃料エレベータへの移動 (2)新燃料エレベータでの下降 (3)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)への移動	(1)燃料取扱棟クレーン(4号炉内、 1、2、4号炉共用) (2)新燃料エレベータ (3)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用)
③燃料装荷	(1)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)から燃料移送装置への移動 (2)原子炉格納容器内への移送 (3)原子炉内へ装荷	(1)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用) (2)燃料移送装置 (3)燃料取替クレーン
④燃料取出	(1)原子炉内から燃料移送装置への移動 (2)燃料取扱棟内への移送 (3)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)へ移動	(1)燃料取替クレーン (2)燃料移送装置 (3)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用)
⑤号炉間輸送(1、2号炉使用済燃料受入)	(1)使用済燃料輸送容器のキャスクピット への移動 (2)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)への移動	(1)燃料取扱棟クレーン(4号炉内、 1、2、4号炉共用) (2)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用)
⑥号炉間輸送(3号炉への使用済燃料搬出)	(1)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)から使用済燃料輸送容器への装てん (2)使用済燃料輸送容器の搬出 (3)使用済燃料輸送容器のキャスクピット への移動 (4)使用済燃料ピット(3号炉内、3、4号 炉共用)への移動	(1)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用) (2)燃料取扱棟クレーン(4号炉内、 1、2、4号炉共用) (3)燃料取扱棟クレーン(3号炉内、 3、4号炉共用) (4)使用済燃料ピットクレーン(3 号炉内、3、4号炉共用)
⑦使用済燃料ピットからの所外搬出	(1)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)から使用済燃料輸送容器への使用済燃料の装てん (2)使用済燃料輸送容器の搬出	(1)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用) (2)燃料取扱棟クレーン(4号炉内、 1、2、4号炉共用)
⑧乾式貯蔵施設への搬出	(1)使用済燃料ピット(4号炉内、1、2、 4号炉共用)から使用済燃料乾式貯蔵容 器への使用済燃料の装てん (2)使用済燃料乾式貯蔵容器の搬出	(1)使用済燃料ピットクレーン(4 号炉内、1、2、4号炉共用) (2)燃料取扱棟クレーン(4号炉内、 1、2、4号炉共用)



- ※1 取扱時として燃料体に加わる荷重を考慮する範囲
- ※2 輸送時として燃料体に加わる荷重を考慮する範囲
- ※3 「新燃料の搬入」に該当
- ※4 ⑥のうち(1)及び(2)、⑦及び⑧が「使用済燃料の搬出」に該当

図2 燃料取扱作業内容とその使用設備の概略（玄海4号炉内）

赤字部：本申請における追加箇所

灰色部：本変更申請書の記載範囲外（説明性の観点から完本版より抜粋）

表2 4号炉の各燃料取扱作業内容と本文記載との関連

本文記載	添付書類 4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備	備考
<p>①新燃料受入及び②新燃料の使用済燃料ピットへの移送</p> <p>ニ. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(1) 核燃料物質取扱設備の構造(略)</p> <p>新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、原子炉格納容器内に搬入する。燃料取扱替えは、原子炉上部の原子炉キャビティに水張りし、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で行う。(以下略)</p>	<p>4.1.1 通常運転時等</p> <p>4.1.1.1 概要(略)</p> <p>発電所に搬入した新燃料は、受入検査後、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料ピットに貯蔵する。これらの新燃料は、再装荷燃料等とともに炉心へ装荷するが、新燃料貯蔵庫に貯蔵した新燃料は、炉心へ装荷する前に通常使用済燃料ピットに一時的に保管する。(以下略)</p> <p>4.1.1.4 主要設備(略)</p> <p>(6) 使用済燃料ピットクレーン 使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、使用済燃料ピット上を移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンであり、使用済燃料ピット内での4号炉の燃料集合体の移動は、移送台車上のグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリ又は架台上のホイスト、4号炉燃料用取扱工具等によって行う。(以下略)</p> <p>(7) 燃料取扱棟クレーン 燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実にを行う天井走行形クレーンである。(以下略)</p> <p>(8) 新燃料エレベータ 新燃料エレベータは、1体の燃料集合体を載せることのできる箱型エレベータで、燃料取扱棟クレーンから使用済燃料ピットクレーンに新燃料を受渡する装置である。(以下略)</p>	<p>・「新燃料」とは、4号炉の最高燃焼度48,000Mwd/t及び55,000Mwd/tの新燃料を示す。</p>

本文記載	添付書類八 4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備	備考
<p>③燃料装荷及び④燃料取出</p> <p>ニ. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(1) 核燃料物質取扱設備の構造(略)</p> <p>新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、原子炉格納容器内に搬入する。燃料取扱替えは、原子炉上部の原子炉キャビティに水張りし、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で行う。</p> <p>使用済燃料は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部1号、2号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、7年以上冷却した4号炉の使用済燃料（燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/l のものを除く。）については、必要に応じて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。</p> <p>(以下略)</p>	<p>4.1.1 通常運転時等</p> <p>4.1.1.1 概要(略)</p> <p>炉心への装荷の手順は、以下に示す燃料の取出しとほぼ逆の手順によって行う。</p> <p>原子炉停止後、原子炉より取り出す使用済燃料は、燃料取替クレーン、燃料移送装置、使用済燃料ビットクレーン等を使用して、ほう酸水を張った原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル及び燃料移送管を通して使用済燃料ビットへ移動する。（以下略）</p> <p>4.1.1.4 主要設備(略)</p> <p>(5) 燃料取替クレーン</p> <p>燃料取替クレーンは、原子炉キャビティと原子炉格納容器内チャンネルの上に設けたレール上を水平に移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンである。</p> <p>移送台車上には、運転台及び燃料集合体をつかむためのグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリがあり、燃料集合体は、マストチューブ内に入った状態で原子炉キャビティ及び原子炉格納容器内チャンネルの適当な位置に移動することができる。（以下略）</p> <p>(6) 使用済燃料ビットクレーン</p> <p>使用済燃料ビットクレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、使用済燃料ビット上を移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンであり、使用済燃料ビット内での4号炉の燃料集合体の移動は、移送台車上のグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリ又は架台上のホイスト、4号炉燃料用取扱工具等によって行う。（以下略）</p> <p>(9) 燃料移送装置</p> <p>燃料移送装置は、燃料移送管を通して燃料を移送するために、水中でレール上を走行する移送台車及び燃料移送管の両端のトラックフレームに燃料集合体の姿勢を変えるリフティング機構を設ける。（以下略）</p>	<p>・「新燃料」とは、4号炉の最高燃焼度 48,000MWd/t 及び 55,000MWd/t の新燃料を示す。</p>

本文記載	添付書類八 4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備	備考
<p>⑤号炉間輸送（1，2号炉使用済燃料受入）及び⑥号炉間輸送（3号炉への搬出）</p> <p>二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(1) 核燃料物質取扱設備の構造(略)</p> <p>使用済燃料は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部1号、2号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、7年以上冷却した4号炉の使用済燃料（燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを除く。）については、必要に応じて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用、一部既設）のほう酸水中に貯蔵する。</p> <p>(以下略)</p>	<p>4.1.1 通常運転時等</p> <p>4.1.1.1 概要</p> <p>(略)</p> <p>使用済燃料は、使用済燃料ピットに貯蔵するが、必要に応じて使用済燃料ピット内で別に用意した容器に入れて貯蔵する。</p> <p>また、使用済燃料は必要に応じて使用済燃料ピットで7年以上冷却し、使用済燃料の再処理工場への輸送に使用する使用済燃料輸送容器に入れて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットに運搬する。ただし、3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットに運搬する使用済燃料には、4号炉で使用した燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを除く。</p> <p>(略)</p> <p>なお、使用済燃料ピット内に貯蔵する使用済燃料には、1号炉及び2号炉で使用した燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを含む。</p> <p>(以下略)</p> <p>4.1.1.4 主要設備</p> <p>(略)</p> <p>(6) 使用済燃料ピットクレーン</p> <p>使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、使用済燃料ピット上を移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンであり、使用済燃料ピット内での4号炉の燃料集合体の移動は、移送台車上のグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリ又は架台上のホイスト、4号炉燃料用取扱工具等によって行う。また、使用済燃料ピット内での1号炉及び2号炉の燃料集合体の移動は、架台上のホイスト、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具等によって行う。</p> <p>(略)</p> <p>また、3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットクレーン（3号及び4号炉共用、既設）は、3号炉添付書類八 4.1.1.4 (6) 使用済燃料ピットクレーンに同じ。</p> <p>(7) 燃料取扱棟クレーン</p> <p>燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実に行う天井走行形クレーンである。</p> <p>(略)</p> <p>また、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱棟クレーン（3号及び4号炉共用、既設）は、3号炉添付書類八 4.1.1.4 (7) 燃料取扱棟クレーンに同じ。</p>	<p>・「使用済燃料」とは、4号炉及び1、2号炉で生じた使用済燃料の全てを示す。</p> <p>・「4号炉の使用済燃料（燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t のものを除く。）」とは4号炉で生じた使用済燃料のうち最高燃焼度 48,000MWd/t 燃料のものを示す</p>

本文記載	添付書類八 4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備	備考
<p>⑦所外搬出</p> <p>ロ. 発電用原子炉施設の一般構造</p> <p>(3) その他の主要な構造</p> <p>(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設</p> <p>(略)</p> <p>使用済燃料貯蔵設備から再処理工場への使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。</p>	<p>4.1.1 通常運転時等</p> <p>4.1.1.1 概要</p> <p>使用済燃料は、使用済燃料ピット内で通常1年間以上冷却し、冷却を終えた使用済燃料は、使用済燃料ピットクレーン等を使用して水中で使用済燃料輸送容器に入れ再処理工場へ搬出する。</p> <p>(略)</p> <p>4.1.1.4 主要設備</p> <p>(6) 使用済燃料ピットクレーン</p> <p>使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、使用済燃料ピット上を移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンであり、使用済燃料ピット内での4号炉の燃料集合体の移動は、移送台車上のグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリ又は架台上のホイスト、4号炉燃料用取扱工具等によって行う。また、使用済燃料ピット内での1号炉及び2号炉の燃料集合体の移動は、架台上のホイスト、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具等によって行う。（以下略）</p> <p>(7) 燃料取扱棟クレーン</p> <p>燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実に行う天井走行形クレーンである。（以下略）</p>	<p>・「使用済燃料」とは、4号炉及び1、2号炉で生じた使用済燃料の全てを示す。</p>

本文記載	添付書類八 4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備	備考
<p>⑧乾式貯蔵施設への搬出</p> <p>ロ. 発電用原子炉施設の一般構造</p> <p>(3) その他の主要な構</p> <p>(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設</p> <p>(略)</p> <p>また、1号炉、2号炉、3号炉又は4号炉の使用済燃料貯蔵設備にて貯蔵する使用済燃料のうち、十分に冷却した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬して貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。</p>	<p>4.1.1 通常運転時等</p> <p>4.1.1.1 概要</p> <p>(略)</p> <p><u>使用済燃料のうち、十分に冷却（15年以上冷却）した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、ヘリウムガスを封入後、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬する。使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器に収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲並びに遮へい機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないことを、あらかじめ確認する。使用済燃料乾式貯蔵施設では、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車を使用して使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。</u>（以下略）</p> <p>4.1.1.4 主要設備</p> <p>(略)</p> <p>(6) 使用済燃料ピットクレーン</p> <p>使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、使用済燃料ピット上を移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンであり、使用済燃料ピット内での4号炉の燃料集合体の移動は、移送台車上のグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリ又は架台上のホイスト、4号炉燃料用取扱工具等によって行う。また、使用済燃料ピット内での1号炉及び2号炉の燃料集合体の移動は、架台上のホイスト、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具等によって行う。（以下略）</p> <p>(7) 燃料取扱棟クレーン</p> <p>燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実に行う天井走行形クレーンである。（以下略）</p> <p>(13) 使用済燃料乾式貯蔵施設</p> <p>(略)</p> <p>a. 使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ1）（1号、2号、3号及び4号炉共用）</p> <p>(a) 1号炉及び2号炉用燃料収納時（ウラン燃料）</p> <p>燃料集合体中の燃料棒配列 14×14 燃料（1号及び2号炉用）</p> <p>ウラン235濃縮度 約4.8wt%以下</p> <p>燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t 以下</p> <p>冷却年数 15年以上</p> <p>(b) 3号炉及び4号炉用燃料収納時（ウラン燃料）</p> <p>燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料（3号及び4号炉用）</p> <p>ウラン235濃縮度 約4.1wt%以下</p> <p>燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下</p> <p>冷却年数 15年以上</p> <p>なお、1号炉及び2号炉用燃料と3号炉及び4号炉用燃料を同一容器に収納しない。</p> <p>b. 使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ2）（3号及び4号炉共用）</p> <p>(a) ウラン燃料</p> <p>燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料（3号及び4号炉用）</p> <p>ウラン235濃縮度 約4.1wt%以下</p> <p>燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下</p> <p>冷却年数 15年以上（以下略）</p>	<p>・「使用済燃料」とは、4号炉及び1、2号炉で生じた使用済燃料の全てを示す。</p>

以上



## 玄海4号炉の燃料体等の取扱施設について

## 1. 設備構成について

玄海4号炉の燃料体等の取扱施設は、主に添付資料八 第4.1.1表に記載の以下の設備から構成される。

- ・燃料取扱棟クレーン
- ・新燃料エレベータ
- ・使用済燃料ピットクレーン
- ・燃料移送装置
- ・燃料取替クレーン
- ・除染場ピット
- ・燃料取替チャンネル
- ・原子炉キャビティ

上記設備のうち、燃料体等を取り扱う、燃料取扱棟クレーン、新燃料エレベータ、使用済燃料ピットクレーン、燃料移送装置、燃料取替クレーンについて、高燃焼度燃料を使用した場合でも燃料集合体の取扱部のインターフェース形状に変更はなく、新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取扱いにおける設計方針に変更はないことを、次頁以降で説明する。

なお、除染場ピット、燃料取替チャンネル、原子炉キャビティは、燃料集合体を直接取り扱う設備ではなく、以下の目的で設けられているエリアである。

除染場ピットは、キャスクピットに隣接して設け、使用済燃料輸送容器等の除染を行う。

原子炉キャビティは、原子炉容器上方に設けられ、燃料取替時にほう酸水で満たされている。

燃料取替チャンネルは、原子炉キャビティと燃料取扱棟の間で燃料集合体を移送するための水路である。

## 2. 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーンは、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器、新燃料等の移動を安全かつ確実にを行う天井走行形クレーンである。

燃料集合体の取り扱いに係る高燃焼度燃料の導入に伴う影響としては、燃料集合体の重量増を考慮する必要がある。燃料集合体重量は、従来燃料より約 20kg 増加し、約 690kg となるが、燃料取扱棟クレーンのホイストの定格荷重は 5t であるため問題とならず、設計方針に変更はない。

以下に、燃料取扱棟クレーンの概略図を示す。

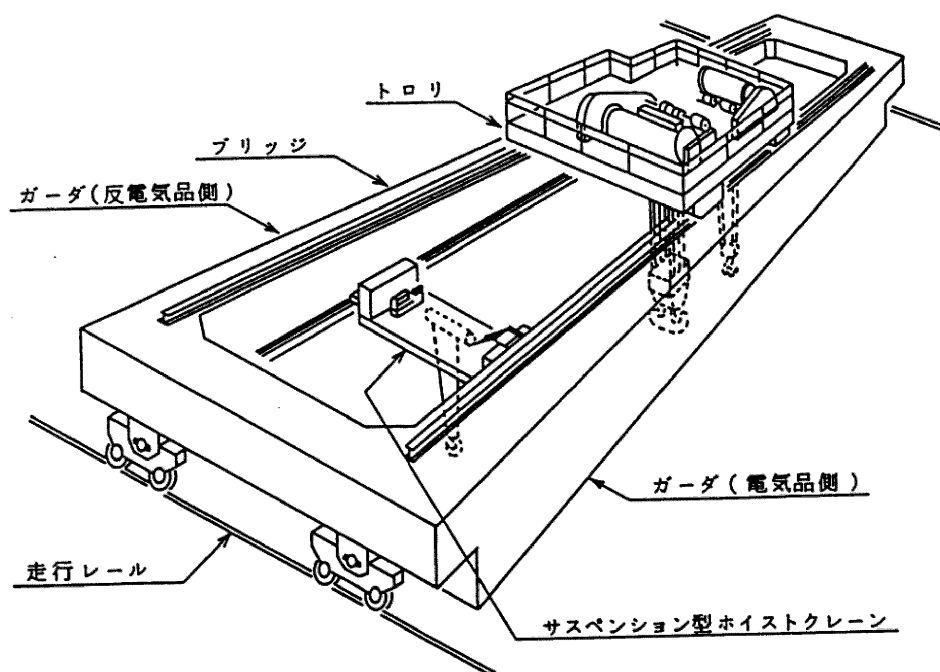


図 燃料取扱棟クレーンの概略図

### 3. 新燃料エレベータ

新燃料エレベータは、1体の燃料集合体を載せることのできる箱型エレベータで、燃料取扱棟クレーンから使用済燃料ピットクレーンに新燃料を受渡する装置である。

燃料集合体の取り扱いに係る高燃焼度燃料の導入に伴う影響としては、燃料集合体の重量増及び燃料集合体の外寸増を考慮する必要がある。燃料集合体重量は、従来燃料より約20kg増加し、約690kgとなるが、新燃料エレベータは模擬燃料集合体（約740kg）の取扱いにおいても問題なく動作することを確認しており、また、燃料集合体の外寸（約214mm×約214mm）は変わらないため、設計方針に変更はない。

以下に、新燃料エレベータの概略図を示す。

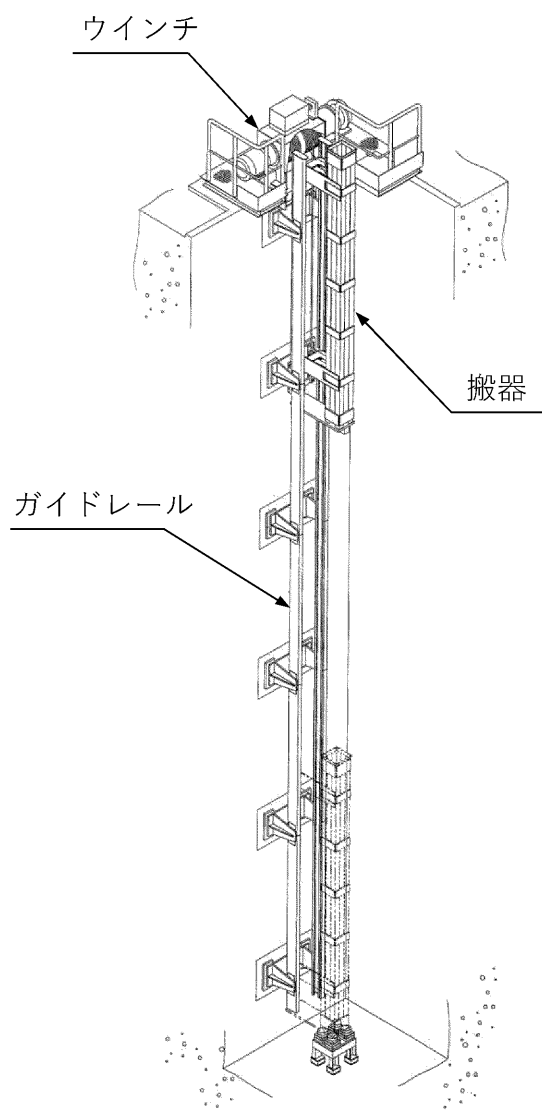


図 新燃料エレベータの概略図

#### 4. 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーンは、使用済燃料ピット内での燃料体及び、内挿物の取扱いに使用されるもので、ブリッジと上部のホイストモノレールを手動鎖動横行する2台のモノレール型ホイストにより構成されている。

燃料集合体の取り扱いに係る高燃焼度燃料の導入に伴う影響としては、燃料集合体の重量増を考慮する必要がある。燃料集合体重量は、従来燃料より約20kg増加し、約690kgとなるが、使用済燃料ピットクレーンのホイストの定格荷重は2tであるため問題とならず、設計方針に変更はない。

以下に、使用済燃料ピットクレーンの概略図を示す。

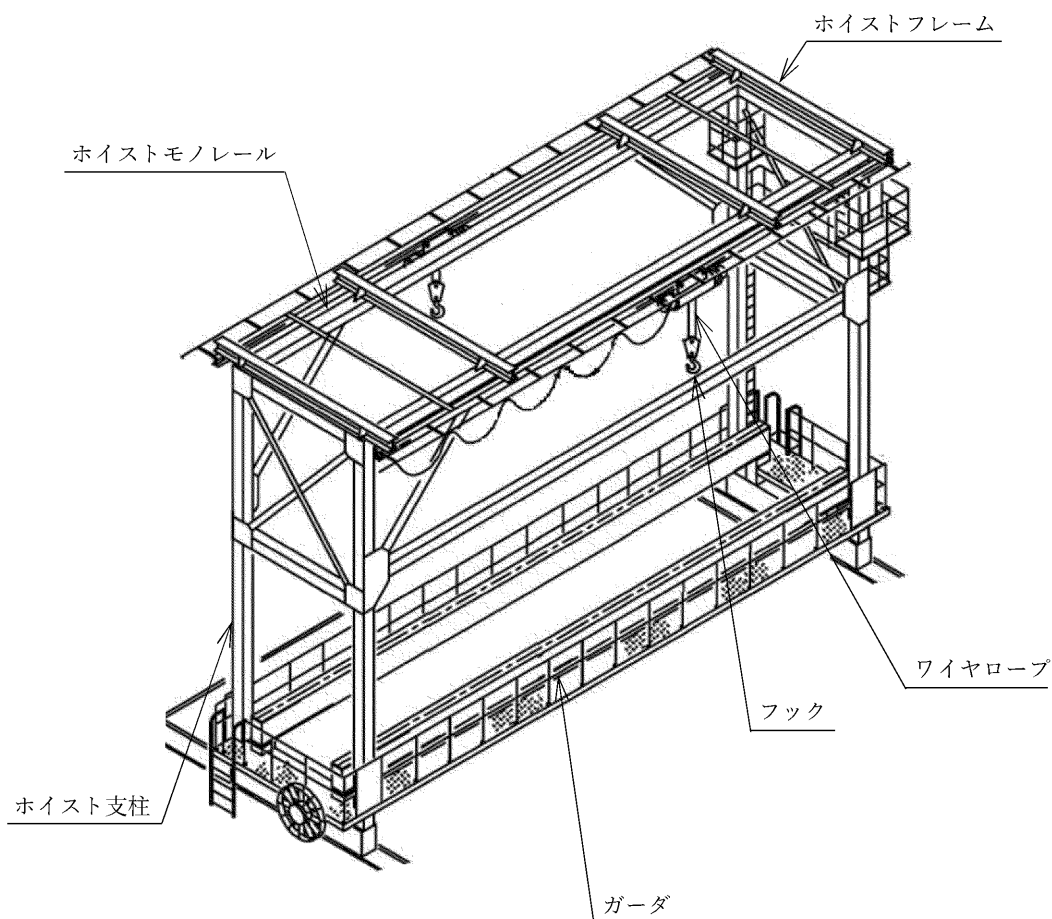


図 使用済燃料ピットクレーンの概略図

## 5. 燃料移送装置

燃料移送装置は、燃料移送管を通して燃料集合体を移送するために、水中でレール上を走行する移送台車及び燃料移送管の両端のトラックフレームに燃料集合体の姿勢を変えるリフティング機構を設ける。

燃料集合体の取り扱いに係る高燃焼度燃料の導入に伴う影響としては、燃料集合体の重量増及び燃料集合体の外寸増を考慮する必要がある。燃料集合体重量は、従来燃料より約 20kg 増加し、約 690kg となるが、燃料移送装置は模擬燃料集合体（約 740kg）の取扱いにおいても問題なく動作することを確認しており、また、燃料集合体の外寸（約 214mm×約 214mm）は変わらないため、設計方針に変更はない。

以下に、燃料移送装置の概略図を示す。

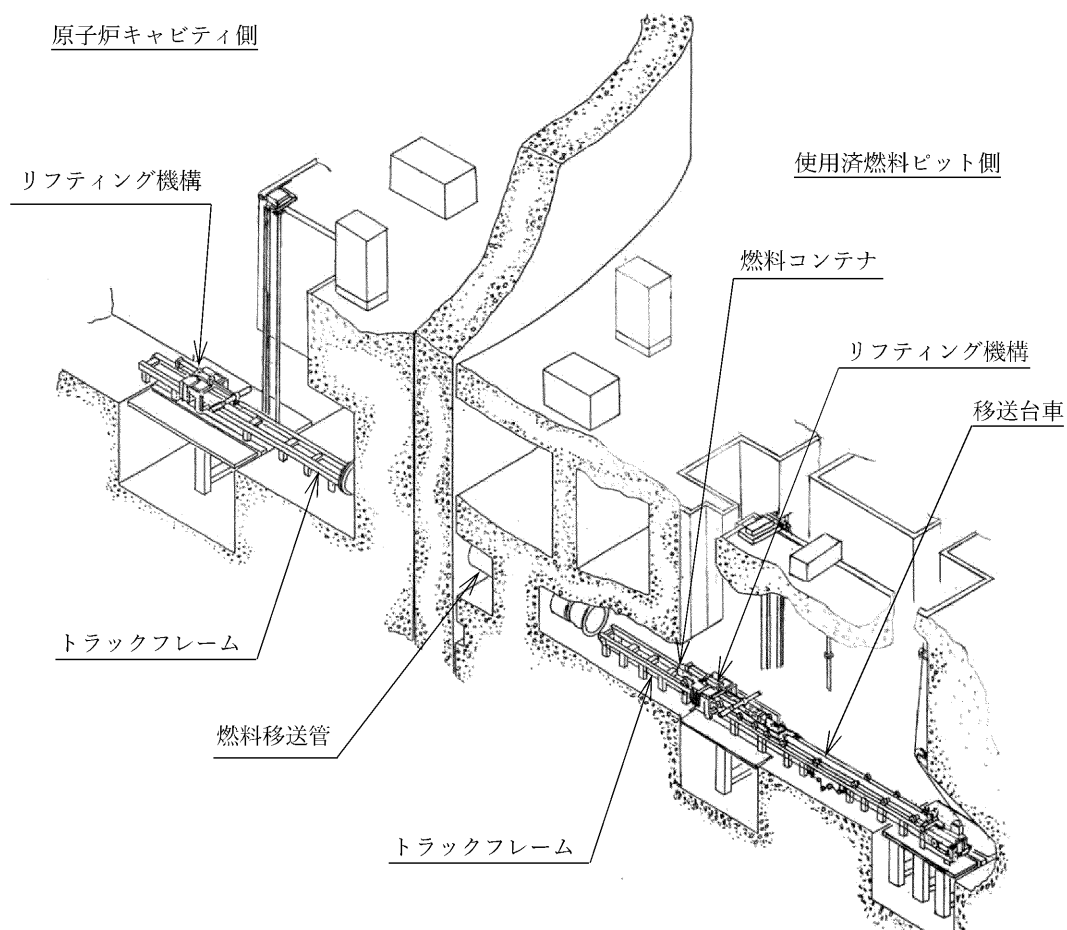


図 燃料移送装置の概略図

## 6. 燃料取替クレーン

燃料取替クレーンは原子炉内での燃料交換に使用されるもので、ブリッジとトロリで構成されている。ブリッジはキャビティをまたいで走行し、トロリを原子炉キャビティの長手方向の望む位置に位置決めするものである。

燃料集合体の取り扱いに係る高燃焼度燃料の導入に伴う影響としては、燃料集合体の重量増及び燃料集合体の外寸増を考慮する必要がある。燃料集合体重量は、従来燃料より約20kg増加し、約690kgとなるが、燃料取替クレーンは模擬燃料集合体(約740kg)の取扱いにおいても問題なく動作することを確認しており、また、燃料集合体の外寸(約214mm×約214mm)は変わらないため、設計方針に変更はない。

以下に、燃料取替クレーンの概略図を示す。

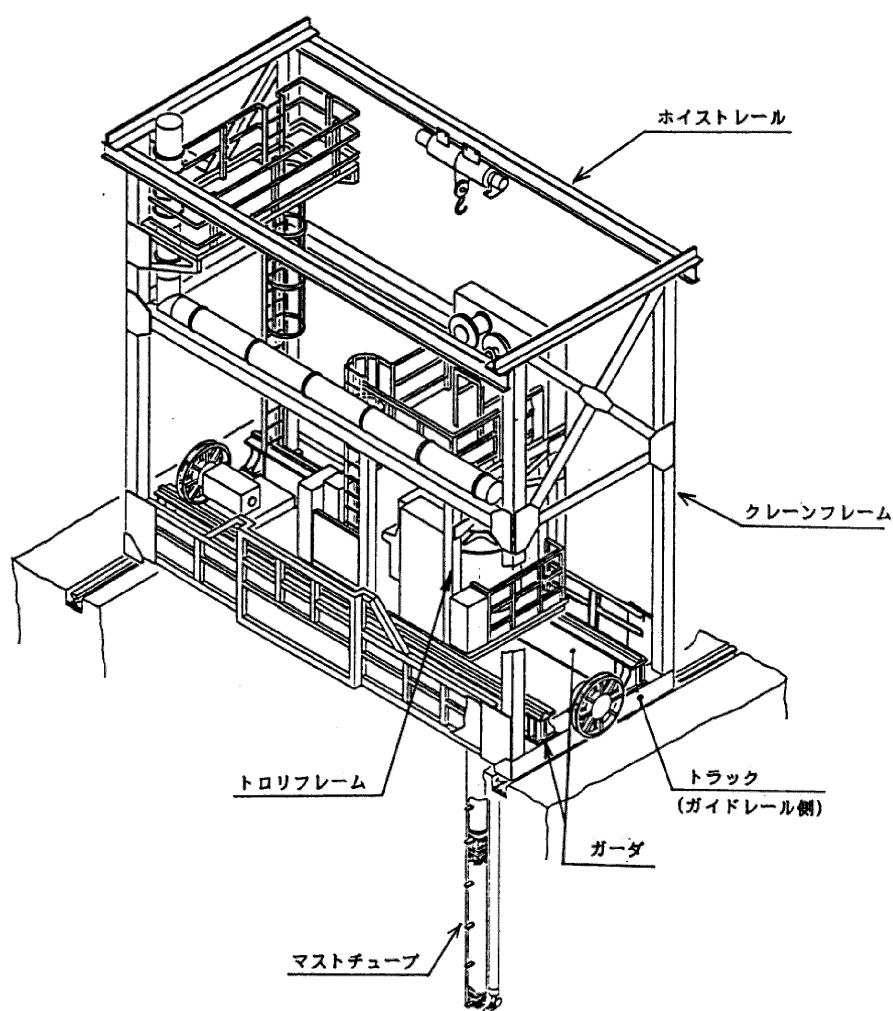


図 燃料取替クレーンの概略図