

3.3.4 設計における変更

原子力部門は、設計の変更が必要となった場合、各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な設計を実施し、設計結果を必要に応じ修正する。

3.4 工事に係る品質管理の方法

原子力部門は、工事段階において、設工認に基づく設備の具体的な設計（設計3）、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を以下のとおり実施する。

なお、実用炉規則別表第二対象設備外の設備の主要な耐圧部の溶接部については、設計3の実施に先立ち該当設備の抽出を工事段階で実施する。

また、これらの活動を調達する場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」を適用して実施する。

3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）

原子力部門は、工事段階において、設工認に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計3）（主要な耐圧部の溶接部については溶接部に係る設計が設工認対象となる。）を実施する。

3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施

原子力部門は、設工認に基づく設備を設置するための工事を「工事の方法」並びに「3.6 設工認における調達管理の方法」に従い実施する。

設工認に基づく設備のうち、新たな工事を伴わない設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合には、使用前事業者検査により技術基準規則に適合していることを確認する。

3.5 使用前事業者検査

原子力部門は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに行われていること、技術基準規則に適合していることを確認（設工認のうち、設工認品管計画については、認可（届出後 30 日経過）された内容から設計、工事及び検査プロセスが変更されている場合には、品質マネジメントシステム計画に従い変更した後の設計、工事及び検査プロセスに従っていることを確認する。）するため、保安規定に基づく使用前事業者検査を計画し、原子力部門に属する工事を主管する組織（以下「工事を主管する組織」という。）からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。

3.5.1 使用前事業者検査での確認事項

原子力部門は、以下の項目について使用前事業者検査を実施する。

I 実設備の仕様の適合性確認

II 実施した工事が、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」及び「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に記載したプロセス並びに「工事の方法」とおりに行われていること。

これらの項目のうち、I を第 3.5-1 表に示す検査として、II を品質マネジメントシステムに係る使用前事業者検査（以下「QA 検査」という。）として実施する。

II については工事全般に対して実施するものであるが、「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」を実施する場合は、工事を主管する組織が実施する溶接に関するプロセス管理が適切に行われていることの確認を QA 検査に追加する。

また、QA 検査では上記 II に加え、上記 I のうち工事を主管する組織（供給者含む。）が検査記録を採取する場合には記録の信頼性の確認を行い、設工認に基づく工事の信頼性を確保する。

なお、主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査では、供給者が作成する検査項目毎の記録を用いるが、検査を主管する組織（供給者含む。）が「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」に基づく管理を行うため工事を主管する組織（供給者を含む。）が実施する検査項目毎の記録の信頼性は確保済みであるため、この範囲は QA 検査の対象外とする。

3.5.2 設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり の明確化

原子力部門は、使用前事業者検査の実施に先立ち、設計 1～3 の結果と適合性確認対象の繋がりを明確化する。

3.5.3 使用前事業者検査の計画

原子力部門は、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.5-1 表に定める要求種別ごとに確認項目、確認視点及び主な検査項目をもとに使用前事業者検査の計画を策定する。

適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、使用前事業者検査を計画する。

個々に実施する使用前事業者検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる使用前事業者検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。

また、使用前事業者検査の実施に先立ち、設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を使用前事業者検査の方法として明確にする。

3.5.4 検査計画の管理

原子力部門は、使用前事業者検査を適切な時期で実施するため、関係組織と調整のうえ検査計画を作成し、使用前事業者検査が確実に行われることを管理する。

3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理

原子力部門は、溶接が特殊工程であることを踏まえ、工程管理等の計画を策定し、溶接施工工場におけるプロセスの適切性の確認及び監視を行う。また、溶接継手に対する要求事項は、溶接部詳細一覧表（溶接方法、溶接材料、溶接施工法、熱処理条件、検査項目等）により管理し、これに係る関連図書を含め、業務の実施に当たって必要な図書を溶接施工工場に提出させ、それを確認し、必要な管理を実施する。

3.5.6 使用前事業者検査の実施

原子力部門は、以下のとおり使用前事業者検査を実施する。

(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成

適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 使用前事業者検査の計画」で決定した確認方法を基に、使用前事業者検査実施要領書を作成する。

実施する検査が代替検査となる場合は、代替による使用前事業者検査の方法を決定する。

(2) 使用前事業者検査の体制

使用前事業者検査の体制は、検査要領書で明確にする。

(3) 使用前事業者検査の実施

検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、使用前事業者検査を実施する。

第 3.5-1 表 要求事項に対する確認項目及び確認の視点

要求種別		確認項目	確認視点	主な検査項目
設備	設置要求	名称、取付箇所、個数	設計要求のとおり（名称、取付箇所、個数）に設置されていることを確認する。	据付検査 状態確認検査
		系統構成	実際に使用できる系統構成になっていることを確認する。	機能・性能検査
	機能要求	容量、揚程等の仕様（要目表）	要目表の記載のとおりである事を確認する。	材料検査 寸法検査 外観検査
		上記以外の所要の機能要求事項	目的とする能力（機能・性能）が発揮できることを確認する。	据付検査 耐圧検査 漏えい検査 建物・構築物構造検査 機能・性能検査 特性検査 状態確認検査
		評価のインプット条件等の要求事項	評価条件を満足していることを確認する。	状態確認検査
	設計要求	評価結果を設計条件とする要求事項	内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求として確認する。	内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求の検査を適用
運用要求		手順確認	手順化されていることを確認する。（保安規定）	状態確認検査

3.6 設工認における調達管理の方法

設工認で行う調達管理は、品質マネジメントシステム計画に基づき以下の管理を実施する。

3.6.1 供給者の技術的評価

原子力部門は、供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として供給者の技術的評価を実施する。

3.6.2 供給者の選定

原子力部門は、設工認に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度を加味した品質重要度分類等に従いグレード分けを行い管理する。

3.6.3 調達製品の調達管理

原子力部門は、調達の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じたグレード分けを適用し、以下の管理を実施する。

(1) 調達仕様書の作成

業務の内容に応じ、品質マネジメントシステム計画に基づく調達要求事項を含めた調達仕様書を作成し、供給者の業務実施状況を適切に管理する。

(「(2) 調達製品の管理」参照)

(2) 調達製品の管理

調達仕様書で要求した製品が確実に納品されるよう調達製品が納入されるまでの間、製品に応じた必要な管理を実施する。

(3) 調達製品の検証

調達製品が調達要求事項を満たしていることを確実にするために調達製品の検証を行う。また、供給先で検証を実施する場合、あらかじめ調達文書で検証の要領及び調達製品のリリースの方法を明確にした上で、検証を行う。

3.6.4 受注者品質保証監査

原子力部門は、供給者の品質保証活動及び健全な安全文化を育成し維持する

ための活動が適切で、かつ、確実に行われていることを確認するために、受注者品質保証監査を実施する。

3.6.5 設工認における調達管理の特例

原子力部門は、設工認の対象となる適合性確認対象設備のうち、設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合は、設置当時に調達を終えており、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づく管理は適用しない。

3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ

3.7.1 文書及び記録の管理

原子力部門は、設工認に係る文書及び記録について、以下の管理を実施する。

(1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る文書及び記録

設計、工事及び検査に係る文書及び記録については、品質マネジメントシステム計画に示す規定文書、規定文書に基づき業務ごとに作成される文書、それらに基づき作成される品質記録であり、これらを適切に管理する。

(2) 供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合の管理

設工認において供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合、供給者の品質保証能力の確認、かつ、対象設備での使用が可能な場合において、適用可能な図書として扱う。

(3) 使用前事業者検査に用いる文書及び記録

使用前事業者検査として、記録確認検査を実施する場合に用いる記録は、上記(1)、(2)を用いて実施する。

3.7.2 識別管理及びトレーサビリティ

原子力部門は、設工認に係る識別及びトレーサビリティの管理を以下のとおり実施する。

(1) 計測器の管理

設計及び工事、検査で使用する計測器については、品質マネジメントシステム計画に従った、校正・検証及び識別等の管理を実施する。

(2) 機器、弁及び配管等の管理

機器類、弁及び配管類は、品質マネジメントシステム計画に従った管理を実施する。

3.8 不適合管理

原子力部門は、設工認に係る設計、工事及び検査において発生した不適合については、品質マネジメントシステム計画に基づき管理を行う。

4. 適合性確認対象設備の施設管理

原子力部門は、設工認に基づく工事を保安規定に基づき管理する。

5. 変更の理由

当社では、川内原子力発電所第1号機向けの燃料体の加工を計画しており、燃料体に係る設計及び工事の計画については、令和2年4月の「原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律」及び関連規則等（以下「改正法等」という。）の施行を踏まえ、改正法等の内容反映が必要となったことから、燃料体に係る要目表を定めるとともに、基本設計方針、適用基準及び適用規格の変更を行う。

6. 添付書類

(1) 添付資料

(2) 添付図面

(1) 添付資料目次

添付資料 1 発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書

添付資料 2 耐震性に関する説明書

添付資料 3 強度に関する説明書

添付資料 4 燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能に関する説明書

添付資料 5 設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書

(2) 添付図面目次

<原子炉本体>

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(1/12)
【第1-1図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(2/12)
【第1-2図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(3/12)
【第1-3図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(4/12)
【第1-4図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(5/12)
【第1-5図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(6/12)
【第1-6図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(7/12)
【第1-7図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）(8/12)
【第1-8図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）（9/12）
【第1-9図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）（10/12）
【第1-10図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）（11/12）
【第1-11図】

- ・原子炉本体の構造図（燃料体）
17行17列B型燃料集合体（ウラン燃料）（12/12）
【第1-12図】

発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 1

川内原子力発電所第 1 号機

発電用原子炉の設置の許可（本文（五号））との
整合性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 1-1

川内原子力発電所第1号機

目 次

	頁
1. 概 要	1 (1) - 1 - 1
2. 基本方針	1 (1) - 1 - 1
3. 記載の基本事項	1 (1) - 1 - 1
4. 発電用原子炉の設置の許可との整合性	1 (1) - 1 - 2
五、発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備	
ハ、原子炉本体の構造及び設備	
(2) 燃料体	
(i) 燃料材の種類	
(ii) 燃料被覆材の種類	
(iii) 燃料要素の構造	
(iv) 燃料集合体の構造	

1. 概 要

本資料は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第43条の3の8第1項の許可を受けたところによる設計及び工事の計画であることを、川内原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（以下「設置変更許可申請書」という。）の「本文（五号）」との整合性により示すものである。

2. 基本方針

設置変更許可申請書との整合性は、設置変更許可申請書「本文（五号）」と設計及び工事の計画のうち「基本設計方針」及び「機器等の仕様に関する記載事項（以下「要目表」という。）」について示す。

また、設置変更許可申請書「添付書類八」のうち「本文（五号）」に係る設備設計を記載している箇所についても整合性を示す。

設置変更許可申請書並びに設計及び工事の計画のうち、本設計及び工事の計画に伴う変更がない箇所は、既に認可された設計及び工事の計画にて設置変更許可申請書との整合性を示しているため、本資料では変更箇所について整合性を示す。

なお、変更の工事において、変更に係る内容が許可の際の申請書等の記載事項でない場合においては、許可に抵触するものでないため、本資料には記載しない。

3. 記載の基本事項

- (1) 説明書の構成は比較表形式とし、左欄から「設置変更許可申請書（本文）」、「設置変更許可申請書（添付書類八）」、「設計及び工事の計画」、「整合性」及び「備考」を記載する。
- (2) 説明書の記載順は、「本文（五号）」に記載する順とする。
- (3) 設置変更許可申請書と設計及び工事の計画の記載が同等の箇所には、実線のアンダーラインで明示する。表記等が異なる場合には破線のアンダーラインを引くとともに、設計及び工事の計画が設置変更許可申請書と整合していることを明示する。

4. 発電用原子炉の設置の許可との整合性

原子炉設置変更許可申請書と設計及び工事の計画との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性	備考																																																																																																																																																																																																																																	
<p>五、発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備</p> <p>ハ、原子炉本体の構造及び設備</p> <p>(2) 燃料体</p> <p>(i) 燃料材の種類</p> <p>①二酸化ウラン焼結ペレット（一部ガドリニアを含む。）</p> <p>ウラン 235 濃縮度</p> <p>初装荷燃料 第1領域 約 2.1wt%</p> <p>第2領域 約 2.6wt%</p> <p>第3領域 約 3.1wt%</p> <p>取替燃料 約 4.8wt%以下</p> <p>（ガドリニア入り燃料については、濃縮度約 3.2wt%以下、ガドリニア濃度約 10wt%以下）</p> <p>ただし、第4領域 約 3.2wt%</p> <p>第5～第9領域 約 3.4wt%</p> <p>第10～第21領域 約 4.1wt%～約 3.4wt%</p> <p>（ガドリニア入り燃料については、濃縮度約 2.6wt%～約 1.9wt%、ガドリニア濃度約 6wt%）</p> <p>ペレットの初期密度 理論密度の約 97%</p> <p>（ガドリニア入り燃料については、理論密度の約 96%）</p> <p>ただし、第1～第21領域 理論密度の約 95%</p>	<p>3. 発電用原子炉及び炉心</p> <p>第 3.2.1 表 燃料の主要仕様</p> <p>(1) ペレット</p> <p>材 料 ①二酸化ウラン</p> <p>（一部ガドリニアを含む。）</p> <p>濃 縮 度</p> <p>初装荷燃料</p> <p>第1領域 約 2.1wt%</p> <p>第2領域 約 2.6wt%</p> <p>第3領域 約 3.1wt%</p> <p>取替燃料 約 4.8wt%以下</p> <p>ガドリニア入り二酸化ウラン燃料については、濃縮度約 3.2wt%以下、ガドリニア濃度約 10wt%以下</p> <p>ただし、第4領域 約 3.2wt%</p> <p>第5～第9領域 約 3.4wt%</p> <p>第10～第21領域 約 4.1wt%～約 3.4wt%</p> <p>ガドリニア入り二酸化ウラン燃料については、濃縮度約 2.6wt%～約 1.9wt%、ガドリニア濃度約 6wt%</p> <p>初期密度 理論密度の約 97%</p> <p>ガドリニア入り二酸化ウラン燃料については、理論密度の約 96%</p> <p>ただし、第1～第21領域 理論密度の約 95%</p> <p>ペレット直径 約 8.19mm 又は約 8.05mm</p> <p>ペレット長さ 約 11.5mm、約 10.0mm、約 9.2mm 又は約 9.0mm</p> <p>ペレット最高燃焼度 約 71,000Mwd/t</p> <p>ペレット中心最高温度</p> <p>定格出力時 約 1,770℃</p> <p>約 1,630℃</p> <p>（ガドリニア入り二酸化ウラン燃料）</p> <p>最大線出力密度 59.1kW/m 時 約 2,270℃</p> <p>（ガドリニア入り二酸化ウラン燃料 約 2,040℃</p> <p>については 44.3kW/m 時） （ガドリニア入り二酸化ウラン燃料）</p>	<p>【原子炉本体】</p> <p>（要目表）</p> <p>原子炉本体 加圧水炉型発電炉式炉心構造に係るものについては、次の事項 ① 燃料体の名称、種別、寸法寸法及び材料（初装荷及び取替燃料の別記記載すること。）</p> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">名 称</th><th>17 行 17 列 B 型燃料集合体 (ウラン燃料)</th><th>変更前</th><th>変更後</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="2">種 別</td><td>—</td><td>—</td><td>①17 行 17 列二酸化ウラン燃料体</td></tr><tr><td colspan="2">材 質</td><td>—</td><td>—</td><td>4.028.0 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">材 質</td><td>—</td><td>—</td><td>214.8x214.8 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">上 部 実 行 板 下 面 と 燃 料 集 成 体 上 面 の 間 隔</td><td>0.00</td><td>—</td><td>0.00 (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">全 長</td><td>0.00</td><td>2,962.0 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">有 効 燃 焼 長 さ</td><td>0.00</td><td>2,648.0 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">ペ レ ッ ト 間 隔</td><td>0.00</td><td>8.190 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">ペ レ ッ ト 長 さ</td><td>0.00</td><td>9.2 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">燃 料 結 核 材 質 厚</td><td>0.00</td><td>9.00 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">燃 料 結 核 材 質 厚</td><td>0.00</td><td>8.36 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">燃 料 結 核 材 質 厚</td><td>0.00</td><td>0.37 (18.0) (18.0)</td><td>—</td></tr><tr><td colspan="2">上 部 プ レ ナ ム 長 さ</td><td>0.00</td><td>—</td><td>0.00 (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">下 部 プ レ ナ ム 長 さ</td><td>0.00</td><td>—</td><td>0.00 (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">上 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度</td><td>0.00</td><td>—</td><td>0.00 (18.0)</td></tr><tr><td colspan="2">下 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度</td><td>0.00</td><td>—</td><td>0.00 (18.0)</td></tr></tbody></table> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">濃 縮 度</th><th>wt%</th><th>4.80 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><th colspan="2">燃 料 集 成 体 比</th><th>%</th><th>97.0 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><td>燃 料 対 ウ ラ ン 比</td><td>—</td><td></td><td></td><td>2.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ウ ラ ン</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>2.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ア</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>水</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>酸</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr></thead><tbody><tr><th colspan="2">濃 縮 度</th><th>wt%</th><th>3.30 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><th colspan="2">燃 料 集 成 体 比</th><th>%</th><th>96.0 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><td>燃 料 対 ウ ラ ン 比</td><td>—</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ウ ラ ン</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ア</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>10.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ム</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>水</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>酸</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr></tbody></table> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">濃 縮 度</th><th>wt%</th><th>3.30 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><th colspan="2">燃 料 集 成 体 比</th><th>%</th><th>96.0 (18.0) (18.0)</th><th>同左</th></tr><tr><td>燃 料 対 ウ ラ ン 比</td><td>—</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ウ ラ ン</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ア</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>6.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ム</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>水</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>酸</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr></thead><tbody><tr><td>燃 料 対 ウ ラ ン 比</td><td>—</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ウ ラ ン</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ア</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>ガ ド リ ニ ム</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>水</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr><tr><td>酸</td><td>wt%</td><td></td><td></td><td>0.00 (18.0) (18.0)</td></tr></tbody></table>	名 称		17 行 17 列 B 型燃料集合体 (ウラン燃料)	変更前	変更後	種 別		—	—	①17 行 17 列二酸化ウラン燃料体	材 質		—	—	4.028.0 (18.0) (18.0)	材 質		—	—	214.8x214.8 (18.0) (18.0)	上 部 実 行 板 下 面 と 燃 料 集 成 体 上 面 の 間 隔		0.00	—	0.00 (18.0)	全 長		0.00	2,962.0 (18.0) (18.0)	—	有 効 燃 焼 長 さ		0.00	2,648.0 (18.0) (18.0)	—	ペ レ ッ ト 間 隔		0.00	8.190 (18.0) (18.0)	—	ペ レ ッ ト 長 さ		0.00	9.2 (18.0) (18.0)	—	燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	9.00 (18.0) (18.0)	—	燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	8.36 (18.0) (18.0)	—	燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	0.37 (18.0) (18.0)	—	上 部 プ レ ナ ム 長 さ		0.00	—	0.00 (18.0)	下 部 プ レ ナ ム 長 さ		0.00	—	0.00 (18.0)	上 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度		0.00	—	0.00 (18.0)	下 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度		0.00	—	0.00 (18.0)	濃 縮 度		wt%	4.80 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 集 成 体 比		%	97.0 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			2.00 (18.0) (18.0)	ウ ラ ン	wt%			2.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ア	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	濃 縮 度		wt%	3.30 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 集 成 体 比		%	96.0 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)	ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ア	wt%			10.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	濃 縮 度		wt%	3.30 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 集 成 体 比		%	96.0 (18.0) (18.0)	同左	燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)	ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ア	wt%			6.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)	ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ア	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)	<p>①設置変更許可申請書（本文）の「二酸化ウラン焼結ペレット（一部ガドリニアを含む。）」と設計及び工事の計画の「17 行 17 列二酸化ウラン燃料体」は同義であり、整合している。</p>	
名 称		17 行 17 列 B 型燃料集合体 (ウラン燃料)	変更前	変更後																																																																																																																																																																																																																																	
種 別		—	—	①17 行 17 列二酸化ウラン燃料体																																																																																																																																																																																																																																	
材 質		—	—	4.028.0 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
材 質		—	—	214.8x214.8 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
上 部 実 行 板 下 面 と 燃 料 集 成 体 上 面 の 間 隔		0.00	—	0.00 (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
全 長		0.00	2,962.0 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
有 効 燃 焼 長 さ		0.00	2,648.0 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
ペ レ ッ ト 間 隔		0.00	8.190 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
ペ レ ッ ト 長 さ		0.00	9.2 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	9.00 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	8.36 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 結 核 材 質 厚		0.00	0.37 (18.0) (18.0)	—																																																																																																																																																																																																																																	
上 部 プ レ ナ ム 長 さ		0.00	—	0.00 (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
下 部 プ レ ナ ム 長 さ		0.00	—	0.00 (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
上 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度		0.00	—	0.00 (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
下 部 プ レ ナ ム コ イ ル ば お 厚 度		0.00	—	0.00 (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
濃 縮 度		wt%	4.80 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 集 成 体 比		%	97.0 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			2.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ウ ラ ン	wt%			2.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ア	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
濃 縮 度		wt%	3.30 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 集 成 体 比		%	96.0 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ア	wt%			10.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
濃 縮 度		wt%	3.30 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 集 成 体 比		%	96.0 (18.0) (18.0)	同左																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ア	wt%			6.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
燃 料 対 ウ ラ ン 比	—			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ウ ラ ン	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ア	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
ガ ド リ ニ ム	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
水	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	
酸	wt%			0.00 (18.0) (18.0)																																																																																																																																																																																																																																	

原子炉設置変更許可申請書と設計及び工事の計画との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性	備考																																																						
<p>(ii) 燃料被覆材の種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ②③ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金 ③ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金 <p>ただし、第1～第21領域燃料については、ジルカロイ-4</p>	<p>(2) 被覆管</p> <p>材 料</p> <p>②③ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金</p> <p>・Sn-Fe-Cr-Nb 系ジルコニウム基合金 (Sn : 0.7～0.9wt%、 Fe : 0.18～0.24wt%、 Cr : 0.07～0.13wt%、 Fe+Cr : 0.28～0.37wt%、 Nb : 0.45～0.55wt%、 Zr : 残り)</p> <p>・Sn-Fe-Cr-Nb-Ni 系ジルコニウム基合金 (Sn : 0.90～1.15wt%、 Fe : 0.24～0.30wt%、 Cr : 0.13～0.19wt%、 Nb : 0.08～0.14wt%、 Ni : 0.007～0.014wt%、 Zr : 残り)</p> <p>③ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金</p> <p>・Sn-Fe-Nb 系ジルコニウム基合金 (Sn : 0.9～1.3wt%、 Fe : 0.08～0.12wt%、 Nb : 0.8～1.2wt%、 Zr : 残り)</p> <p>ただし、第1～第21領域 ジルカロイ-4</p>	<p>【原子炉本体】 (要目表)</p> <table border="1" data-bbox="1676 262 2418 745"> <thead> <tr> <th></th> <th>部 品 名</th> <th>材 質</th> <th>規格</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="13">燃料</td> <td>燃料被覆材</td> <td>②③ジルカロイ-4</td> <td>ASTM B351 Gr. B60804 (Zr-TN 891D) [注]</td> </tr> <tr> <td>最上層支持板及び最下層支持板</td> <td>—</td> <td>AMS 5566 [注]</td> </tr> <tr> <td>中間層支持板</td> <td>—</td> <td>ASTM B552 Gr. B60864 [注]</td> </tr> <tr> <td>上層支持板 (上層ノズル) 及び下層支持板 (下層ノズル)</td> <td>—</td> <td>ASTM [注]</td> </tr> <tr> <td>製管検査内シンプル</td> <td>—</td> <td>ASTM B552 Gr. B60864 [注]</td> </tr> <tr> <td>上層ノズル押さえ板</td> <td>—</td> <td>AMS 5566 [注]</td> </tr> <tr> <td>クラッシュスクリュー</td> <td>—</td> <td>ASTM [注]</td> </tr> <tr> <td>上部ノズレット・シンプル・ロッキングカップ</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>シンプル</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>製管検査内シンプル</td> <td>—</td> <td>ASTM B552 Gr. B60864 [注]</td> </tr> <tr> <td>スクリュー</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>下部ノズル</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>下部ノズル押さえ板</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>下部ノズルシンプル</td> <td>—</td> <td>[注]</td> </tr> <tr> <td>ストッパ</td> <td>—</td> <td>ASTM B351 Gr. B60804 [注]</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>ASTM B552 Gr. B60864 [注]</td> </tr> </tbody> </table> <p>【原子炉本体】 (基本設計方針)</p> <p>1. 炉心等</p> <p>③燃料体(燃料材、燃料要素その他の部品を含む。)は、設置(変更)許可を受けた仕様となる構造及び設計とする。</p>		部 品 名	材 質	規格	燃料	燃料被覆材	②③ジルカロイ-4	ASTM B351 Gr. B60804 (Zr-TN 891D) [注]	最上層支持板及び最下層支持板	—	AMS 5566 [注]	中間層支持板	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]	上層支持板 (上層ノズル) 及び下層支持板 (下層ノズル)	—	ASTM [注]	製管検査内シンプル	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]	上層ノズル押さえ板	—	AMS 5566 [注]	クラッシュスクリュー	—	ASTM [注]	上部ノズレット・シンプル・ロッキングカップ	—	[注]	シンプル	—	[注]	製管検査内シンプル	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]	スクリュー	—	[注]	下部ノズル	—	[注]	下部ノズル押さえ板	—	[注]	下部ノズルシンプル	—	[注]	ストッパ	—	ASTM B351 Gr. B60804 [注]				ASTM B552 Gr. B60864 [注]	<p>②設置変更許可申請書(本文)の「ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金」と設計及び工事の計画の「Sn-Fe-Cr-Nb-Ni系ジルコニウム基合金」は同義であり、整合している。</p> <p>③設計及び工事の計画では、設置(変更)許可を受けた仕様となる構造及び設計とする基本設計方針としていることから、設置変更許可申請書(本文)と整合している。</p>	
	部 品 名	材 質	規格																																																							
燃料	燃料被覆材	②③ジルカロイ-4	ASTM B351 Gr. B60804 (Zr-TN 891D) [注]																																																							
	最上層支持板及び最下層支持板	—	AMS 5566 [注]																																																							
	中間層支持板	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]																																																							
	上層支持板 (上層ノズル) 及び下層支持板 (下層ノズル)	—	ASTM [注]																																																							
	製管検査内シンプル	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]																																																							
	上層ノズル押さえ板	—	AMS 5566 [注]																																																							
	クラッシュスクリュー	—	ASTM [注]																																																							
	上部ノズレット・シンプル・ロッキングカップ	—	[注]																																																							
	シンプル	—	[注]																																																							
	製管検査内シンプル	—	ASTM B552 Gr. B60864 [注]																																																							
	スクリュー	—	[注]																																																							
	下部ノズル	—	[注]																																																							
	下部ノズル押さえ板	—	[注]																																																							
下部ノズルシンプル	—	[注]																																																								
ストッパ	—	ASTM B351 Gr. B60804 [注]																																																								
			ASTM B552 Gr. B60864 [注]																																																							

原子炉設置変更許可申請書と設計及び工事の計画との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性	備考																																																																						
<p>(iii) 燃料要素の構造</p> <p>a. 構造</p> <p>④燃料要素（燃料棒）は、円筒形被覆管に二酸化ウラン焼結ペレット（一部ガドリニアを含む。）を挿入し、両端を密封した構造であり、ヘリウムが加圧充てんされている。</p> <p>b. 主要寸法</p> <p>⑤燃料棒外径 約 9.5mm</p> <p>⑤被覆管厚さ 約 0.6mm</p> <p>⑤燃料棒有効長さ 約 3.7m</p>	<p>3.2 機械設計</p> <p>3.2.1 燃料</p> <p>(3) 主要設備</p> <p>a. 燃料棒</p> <p>④燃料棒は、第 3.2.1 図に示すように二酸化ウラン焼結ペレット又はガドリニア入り二酸化ウラン焼結ペレットをジルコニウム合金被覆管又はジルカロイ-4 被覆管に挿入し、輸送及び取扱時のペレットの移動を防ぐためにコイルばねを入れ、両端にジルカロイ-4 端栓を溶接した密封構造のもので、ヘリウムを加圧充てんする。</p> <p>第 3.2.1 表 燃料の主要仕様</p> <p>(2) 被覆管</p> <p>⑤外 径 約 9.50mm</p> <p>⑤厚 さ 約 0.57mm</p> <p>ただし、第 6～第 21 領域 約 0.57mm 又は約 0.64mm</p> <p>被覆管-ペレット間隙(直径) 約 0.17mm</p> <p>表面最高温度</p> <p>定格出力時 約 349℃</p> <p>最大線出力密度 59.1kW/m 時 約 350℃</p> <p>第 3.1.1 表 発電用原子炉及び炉心の主要仕様</p> <p>炉心熱出力 約 2,652MW</p> <p>1 次冷却材全流量 約 45.7×10⁶kg/h</p> <p>原子炉容器入口 1 次冷却材温度 約 284℃</p> <p>原子炉容器出口 1 次冷却材温度 約 321℃</p> <p>原子炉圧力 約 15.4MPa [gage]</p> <p>⑤炉心有効高さ 約 3.66m</p> <p>炉心等価直径 約 3.04m</p> <p>炉心全ウラン量 約 74t</p> <p>冷却回路数 3</p>	<p>【原子炉本体】</p> <p>(基本設計方針)</p> <p>1. 炉心等</p> <p>④燃料体（燃料材、燃料要素その他の部品を含む。）は、設置（変更）許可を受けた仕様となる構造及び設計とする。</p> <p>【原子炉本体】</p> <p>(要目表)</p> <p>原子炉本体 加圧水型炉門原子炉施設に係るものについては、次の事項 ① 燃料棒の運動、運動、不安定性及び材料（燃料棒及び被覆管の割に添付すること。）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>品名</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>変更前</th> <th>変更後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)</td> <td>変更なし</td> <td>変更なし</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)</td> <td>4,028.0 (17.1) (17.1)</td> <td>214.3×214.3 (17.1) (17.1)</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>12.6 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>上部燃料要素</td> <td>3,862.0 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>2.648 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>8.190 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>9.2 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>2.92 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>8.36 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>2.92 (17.1) (17.1)</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>同</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>同</td> <td>同</td> </tr> <tr> <td>燃料要素</td> <td>個</td> <td>燃料要素</td> <td>同</td> <td>同</td> </tr> </tbody> </table>	品名	単位	数量	変更前	変更後	燃料要素	個	17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)	変更なし	変更なし	燃料要素	個	17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)	4,028.0 (17.1) (17.1)	214.3×214.3 (17.1) (17.1)	燃料要素	個	燃料要素	12.6 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	上部燃料要素	3,862.0 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	2.648 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	8.190 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	9.2 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	2.92 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	8.36 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	2.92 (17.1) (17.1)	同	燃料要素	個	燃料要素	同	同	燃料要素	個	燃料要素	同	同	燃料要素	個	燃料要素	同	同	<p>④設計及び工事の計画では、設置（変更）許可を受けた仕様となる構造及び設計とする基本設計方針としていることから、設置変更許可申請書（本文）と整合している。</p> <p>⑤設計及び工事の計画では、詳細設計に基づく数値を記載しており、設置変更許可申請書（本文）と整合している。</p>	
品名	単位	数量	変更前	変更後																																																																						
燃料要素	個	17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)	変更なし	変更なし																																																																						
燃料要素	個	17 行 17 列 17 列燃料要素体 (ウラン燃料)	4,028.0 (17.1) (17.1)	214.3×214.3 (17.1) (17.1)																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	12.6 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	上部燃料要素	3,862.0 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	2.648 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	8.190 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	9.2 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	2.92 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	8.36 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	2.92 (17.1) (17.1)	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	同	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	同	同																																																																						
燃料要素	個	燃料要素	同	同																																																																						

原子炉設置変更許可申請書と設計及び工事の計画との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性	備考
<p>(iv) 燃料集合体の構造</p> <p>a. 構造</p> <p>⑥燃料集合体は、燃料棒、制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルを支持格子により17行17列の一定ピッチの正方形に配列し、制御棒案内シンプルの上端に上部ノズル、下端に下部ノズルを取り付け、下部ノズルでその荷重を支持する構造とする。</p>	<p>3.2 機械設計</p> <p>3.2.1 燃料</p> <p>(1) 概要</p> <p>⑥燃料集合体は、多数の二酸化ウラン焼結ペレット又はガドリニア入り二酸化ウラン焼結ペレットを「ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金」若しくは「ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金」又はジルカロイ-4で被覆した燃料棒、制御棒案内シンプル、炉内計装用案内シンプル、支持格子、上部ノズル、下部ノズル等で構成する。申請書本文における五、発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備</p> <p>ハ、原子炉本体の構造及び設備</p> <p>(ロ) 燃料体</p> <p>(2) 被覆材の種類に示す「ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金」若しくは「ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金」（以下、3.2.1では「ジルコニウム基合金」という。）の主成分は第3.2.1表のとおりである。⑥燃料棒の配列は、17×17であり、そのうち264本が燃料棒、24本が制御棒案内シンプル、残り1本が炉内計装用案内シンプルである。制御棒案内シンプルは、制御棒クラスタ、バーナブルポイズン、中性子源又はブラギングデバイスの挿入に使用する。</p>	<p>【原子炉本体】</p> <p>(基本設計方針)</p> <p>1. 炉心等</p> <p>⑥燃料体(燃料材、燃料要素その他の部品を含む。)は、設置(変更)許可を受けた仕様となる構造及び設計とする。</p>	<p>⑥設計及び工事の計画では、設置許可を受けた構造及び設計とする基本設計方針としていることから、設置変更許可申請書(本文)と整合している。</p>	

原子炉設置変更許可申請書と設計及び工事の計画との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性	備考																																																																											
<p>b. 主要仕様</p> <p>⑦燃料集合体における燃料棒配列 17×17 ⑦燃料棒ピッチ 約 13mm ⑧燃料集合体当たりの燃料棒本数 264 ⑧燃料集合体当たりの制御棒案内シンプル本数 24 ⑧燃料集合体当たりの炉内計装用案内シンプル本数 1</p> <p>(v) 最高燃焼度</p> <table border="1" data-bbox="181 1524 670 1638"> <tr> <td>燃料集合体最高燃焼度</td> <td>55,000MWd/t</td> </tr> <tr> <td>ただし、第1～第9領域</td> <td>39,000MWd/t</td> </tr> <tr> <td>第10～第21領域</td> <td>48,000MWd/t</td> </tr> </table>	燃料集合体最高燃焼度	55,000MWd/t	ただし、第1～第9領域	39,000MWd/t	第10～第21領域	48,000MWd/t	<p>第3.2.1表 燃料の主要仕様</p> <p>(3) 燃料集合体</p> <p>集合体数 157</p> <p>⑦燃料棒配列 17×17</p> <p>⑧集合体当たり燃料棒本数 264</p> <p>全燃料棒本数 41,448</p> <p>燃料棒全長(端栓とも) 約 3.9m</p> <p>⑦燃料棒ピッチ 約 12.6mm</p> <p>集合体全長 約 4.1m</p> <p>集合体断面寸法 約 214mm×約 214mm</p> <p>支持格子材料</p> <table border="1" data-bbox="1023 630 1632 777"> <tr> <td rowspan="2">最上下部</td> <td>ニッケル・クロム・鉄合金</td> </tr> <tr> <td>鉄合金</td> </tr> <tr> <td>中間部</td> <td>ジルカロイ-4 又は ニッケル・クロム・鉄合金</td> </tr> </table> <p>集合体当たり支持格子数 9</p> <p>制御棒案内シンプル材料 ジルカロイ-4</p> <p>⑧集合体当たり制御棒案内シンプル本数 24</p> <p>制御棒案内シンプル</p> <table border="1" data-bbox="1023 945 1573 1176"> <tr> <td rowspan="2">外 径</td> <td>上部</td> <td>約 12.2mm</td> </tr> <tr> <td>下部</td> <td>約 10.9mm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">厚 さ</td> <td>上部</td> <td>約 0.41mm</td> </tr> <tr> <td>下部</td> <td>約 0.41mm</td> </tr> </table> <p>炉内計装用案内シンプル材料 ジルカロイ-4</p> <p>⑧集合体当たり炉内計装用案内シンプル本数 1</p> <p>炉内計装用案内シンプル</p> <table border="1" data-bbox="1023 1323 1484 1386"> <tr> <td>外 径</td> <td>約 12.2mm</td> </tr> <tr> <td>厚 さ</td> <td>約 0.41mm</td> </tr> </table> <p>燃 焼 度</p> <p>取替燃料集合体平均 約 49,000MWd/t (3.3 で述べる平衡炉心)</p> <p>燃料集合体最高 55,000MWd/t</p> <p>ただし、第1～第9領域 39,000MWd/t</p> <p>第10～第21領域 48,000MWd/t</p>	最上下部	ニッケル・クロム・鉄合金	鉄合金	中間部	ジルカロイ-4 又は ニッケル・クロム・鉄合金	外 径	上部	約 12.2mm	下部	約 10.9mm	厚 さ	上部	約 0.41mm	下部	約 0.41mm	外 径	約 12.2mm	厚 さ	約 0.41mm	<p>【原子炉本体】 (要目表)</p> <p><small>原子炉本体 炉心温度計測用炉内管の配列は炉心温度計測用のものについては、次のとおり である。燃料棒の長さは、土寸で記述し、括弧内は寸法公差の範囲を示すこと。</small></p> <table border="1" data-bbox="1662 273 2418 714"> <thead> <tr> <th>種 類</th> <th>材 質</th> <th>規 格</th> <th>定 量</th> <th>定 価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">燃料集合体</td> <td>全 長</td> <td>約 3900mm</td> <td>157</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>燃料棒全長</td> <td>約 3900mm</td> <td>41,448</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">燃料棒ピッチ</td> <td>燃料棒ピッチ</td> <td>約 12.6mm</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>燃料棒ピッチ</td> <td>約 12.6mm</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">燃料棒支持格子</td> <td>燃料棒支持格子</td> <td>約 214mm×約 214mm</td> <td>9</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>燃料棒支持格子</td> <td>約 214mm×約 214mm</td> <td>9</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">制御棒案内シンプル</td> <td>制御棒案内シンプル</td> <td>約 10.9mm</td> <td>24</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>制御棒案内シンプル</td> <td>約 10.9mm</td> <td>24</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">炉内計装用案内シンプル</td> <td>炉内計装用案内シンプル</td> <td>約 12.2mm</td> <td>1</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>炉内計装用案内シンプル</td> <td>約 12.2mm</td> <td>1</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>【原子炉本体】 (基本設計方針)</p> <p>1. 炉心等</p> <p>⑧燃料体(燃料材、燃料要素その他の部品を含む。)は、設置(変更)許可を受けた仕様となる構造及び設計とする。</p>	種 類	材 質	規 格	定 量	定 価	燃料集合体	全 長	約 3900mm	157	—	燃料棒全長	約 3900mm	41,448	—	燃料棒ピッチ	燃料棒ピッチ	約 12.6mm	—	—	燃料棒ピッチ	約 12.6mm	—	—	燃料棒支持格子	燃料棒支持格子	約 214mm×約 214mm	9	—	燃料棒支持格子	約 214mm×約 214mm	9	—	制御棒案内シンプル	制御棒案内シンプル	約 10.9mm	24	—	制御棒案内シンプル	約 10.9mm	24	—	炉内計装用案内シンプル	炉内計装用案内シンプル	約 12.2mm	1	—	炉内計装用案内シンプル	約 12.2mm	1	—	<p>⑦設計及び工事の計画では、詳細設計に基づく数値を記載しており、設置変更許可申請書(本文)と整合している。</p> <p>⑧設計及び工事の計画では、設置許可を受けた構造及び設計とする基本設計方針としていることから、設置変更許可申請書(本文)と整合している。</p>	
燃料集合体最高燃焼度	55,000MWd/t																																																																														
ただし、第1～第9領域	39,000MWd/t																																																																														
第10～第21領域	48,000MWd/t																																																																														
最上下部	ニッケル・クロム・鉄合金																																																																														
	鉄合金																																																																														
中間部	ジルカロイ-4 又は ニッケル・クロム・鉄合金																																																																														
外 径	上部	約 12.2mm																																																																													
	下部	約 10.9mm																																																																													
厚 さ	上部	約 0.41mm																																																																													
	下部	約 0.41mm																																																																													
外 径	約 12.2mm																																																																														
厚 さ	約 0.41mm																																																																														
種 類	材 質	規 格	定 量	定 価																																																																											
燃料集合体	全 長	約 3900mm	157	—																																																																											
	燃料棒全長	約 3900mm	41,448	—																																																																											
燃料棒ピッチ	燃料棒ピッチ	約 12.6mm	—	—																																																																											
	燃料棒ピッチ	約 12.6mm	—	—																																																																											
燃料棒支持格子	燃料棒支持格子	約 214mm×約 214mm	9	—																																																																											
	燃料棒支持格子	約 214mm×約 214mm	9	—																																																																											
制御棒案内シンプル	制御棒案内シンプル	約 10.9mm	24	—																																																																											
	制御棒案内シンプル	約 10.9mm	24	—																																																																											
炉内計装用案内シンプル	炉内計装用案内シンプル	約 12.2mm	1	—																																																																											
	炉内計装用案内シンプル	約 12.2mm	1	—																																																																											

発電用原子炉の設置の許可（本文（十一号））との
整合性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 1-2

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	1 (1) - 2 - 1
2. 基本方針	1 (1) - 2 - 1
3. 記載の基本事項	1 (1) - 2 - 1
4. 発電用原子炉の設置の許可との整合性	1 (1) - 2 - 2
十一、発電用原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に 関する事項	

1. 概要

本資料は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律 第43条の3の8第1項の許可を受けたところによる設計及び工事の計画であることを、川内原子力発電所 発電用原子炉設置変更許可申請書（以下「設置変更許可申請書」という。）の「本文（十一号）」との整合性により示すものである。

2. 基本方針

設置変更許可申請書との整合性は、設置変更許可申請書「本文（十一号）」と設計及び工事の計画のうち「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」について示す。

3. 記載の基本事項

- (1) 説明書の構成は比較表形式とし、左欄から「設置変更許可申請書（本文）」、「設計及び工事の計画 該当事項」及び「整合性」を記載する。
- (2) 説明書の記載順は、「本文（十一号）」に記載する順とする。
- (3) 設置変更許可申請書と設計及び工事の計画の記載が同等の箇所には、実線のアンダーラインで明示する。

4. 発電用原子炉の設置の許可との整合性

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>十一、発電用原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項 発電用原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項を以下のとおりとする。</p> <p>1. 目的 <u>発電用原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項（以下「品質管理に関する事項」という。）は、原子力の安全を確保するため、「原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則」（以下「品管規則」という。）に基づく品質マネジメントシステムを確立し、実施するとともに、その実効性を維持するため、その改善を継続的に行うことを目的とする。</u></p> <p>2. 適用範囲 <u>品質管理に関する事項は、川内原子力発電所の保安活動に適用する。</u></p> <p>3. 定義 <u>品質管理に関する事項における用語の定義は、次に掲げるものを除き品管規則に従う。</u> (1) 保安に関する組織：当社の品質マネジメントシステムに基づき、原子炉施設を運営管理（運転開始前の管理を含む。）する各部門の総称をいう。 (2) 原子炉施設：核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第43条の3の5に規定する発電用原子炉施設をいう。</p> <p>4 品質マネジメントシステム 4.1 品質マネジメントシステムに係る要求事項 <u>(1) 保安に関する組織は、品質管理に関する事項に従って、品質マネジメントシステムを確立し、実施するとともに、その実効性を維持するため、その改善を継続的に行う。</u></p>	<p>4. 設計及び工事に係る品質マネジメントシステム</p> <p>1. 設計及び工事に係る品質マネジメントシステム <u>当社は、原子力の安全を確保するための品質マネジメントシステムを構築し、「川内原子力発電所原子炉施設保安規定」（以下「保安規定」という。）に品質マネジメントシステム計画を定めている。「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」（以下「設工認品管計画」という。）は品質マネジメントシステム計画に基づき、設計及び工事に係る具体的な品質管理の方法、組織等の計画された事項を示したものである。</u></p> <p>2. 適用範囲・定義 2.1 適用範囲 <u>設工認品管計画は、川内原子力発電所第1号機の原子炉施設の設計、工事及び検査に係る保安活動に適用する。</u></p> <p>2.2 定義 <u>設工認品管計画における用語の定義は、以下を除き品質マネジメントシステム計画に従う。</u> (1) 実用炉規則 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年12月28日通商産業省令第77号）をいう。 (2) 技術基準規則 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（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）をいう。 (3) 実用炉規則別表第二対象設備 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年12月28日通商産業省令第77号）の別表第二「設備別記載事項」に示された設備をいう。 (4) 適合性確認対象設備 設計及び工事の計画（以下「設工認」という。）に基づき、技術基準規則への適合性を確保するために必要となる設備をいう。</p> <p>3. 設計及び工事の計画における設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等 <u>設工認における設計、工事及び検査に係る品質管理は、品質マネジメントシステムに基づき以下のとおり実施する。</u></p>	<p>設置変更許可申請書（本文（十一号））において、設計及び工事の計画の内容は以下のとおり満足している。</p> <p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている原子炉施設保安規定に品質マネジメントシステム計画を定め、その品質マネジメントシステム計画に従い設工認品管計画を定めていることから整合している。（以下、設置変更許可申請書（本文十一号）に対応した設計及び工事の計画での説明がない箇所については、品質マネジメントシステム計画にて対応していることを以て整合している。）</p> <p>設計及び工事の計画の適用範囲は、設置変更許可申請書（本文十一号）の適用範囲に示す川内原子力発電所の保安活動に包含されていることから整合している。</p> <p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画の用語の定義に従っていることから整合している。</p> <p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い品質管理を行うことから整合している。</p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性												
<p>(2) 保安に関する組織は、<u>保安活動の重要度に応じて、品質マネジメントシステムを確立し、運用する。</u>この場合において、次に掲げる事項を適切に考慮する。</p> <p>a. 原子炉施設、組織又は保安活動の重要度及びこれらの複雑さの程度</p> <p>b. 原子炉施設若しくは機器等の品質又は保安活動に関連する原子力の安全に影響を及ぼすおそれのあるもの及びこれらに関連する潜在的影響の大きさ</p> <p>c. 機器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は保安活動が不適切に計画され、若しくは実行されたことにより起こり得る影響</p> <p>(3) 保安に関する組織は、自らの原子炉施設に適用される関係法令（以下「関係法令」という。）を明確に認識し、品管規則に規定する文書その他品質マネジメントシステムに必要な文書（記録を除く。以下「品質マネジメント文書」という。）に明記する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、品質マネジメントシステムに必要なプロセスを明確にするとともに、そのプロセスを組織に適用することを決定し、次に掲げる業務を行う。</p> <p>a. プロセスの運用に必要な情報及び当該プロセスの運用により達成される結果を明確に定める。</p> <p>b. プロセスの順序及び相互関係を明確に定める。</p> <p>c. プロセスの運用及び管理の実効性の確保に必要な保安に関する組織の保安活動の状況を示す指標（以下「保安活動指標」という。）並びに当該指標に係る判定基準を明確に定める。</p> <p>d. プロセスの運用並びに監視及び測定（以下「監視測定」という。）に必要な資源及び情報が利用できる体制を確保する（責任及び権限の明確化を含む。）。</p>	<p>3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査</p> <p>3.2.1 設計及び工事のグレード分けの適用</p> <p>品質マネジメントシステムにおいて、<u>設工認に係る設計・開発のグレード分けを以下のとおり定めている。</u></p> <table border="1" data-bbox="1219 426 2148 705"> <thead> <tr> <th>グレード</th> <th>工事区分</th> <th>設計区分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グレード1</td> <td>原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事</td> <td>実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計</td> </tr> <tr> <td>グレード2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>グレード3</td> <td>上記以外の原子炉施設に関する工事</td> <td>実用炉規則別表第二対象設備以外の原子炉施設の工事のための設計</td> </tr> </tbody> </table> <p>設工認におけるグレードは、原子炉施設の安全上の重要性に応じて以下のとおり適用する。</p> <p>(1) 実用炉規則別表第二対象設備に係る管理</p> <p>実用炉規則別表第二対象設備に係る設計は、「実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計」を適用し、グレード1として管理する。</p> <p>(2) 主要な耐圧部の溶接部に係る管理</p> <p>主要な耐圧部の溶接部に係る設計は、当該溶接部が含まれる設備に応じたグレードを適用し管理する。</p> <p>3.6.2 供給者の選定</p> <p>原子力部門は、<u>設工認に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度を加味した品質重要度分類等に従いグレード分けを行い管理する。</u></p> <p>3.6.3 調達製品の調達管理</p> <p>原子力部門は、<u>調達の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じたグレード分けを適用し、以下の管理を実施する。</u></p>	グレード	工事区分	設計区分	グレード1	原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計	グレード2			グレード3	上記以外の原子炉施設に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備以外の原子炉施設の工事のための設計	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計のグレード分けを行うことから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達のグレード分けを行うことから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達のグレード分けを行うことから整合している。</u></p>
グレード	工事区分	設計区分												
グレード1	原子力発電所の安全上重要な設備及び構築物等に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備に該当する原子炉施設に関する工事の要求事項への適合性を確保するための設計												
グレード2														
グレード3	上記以外の原子炉施設に関する工事	実用炉規則別表第二対象設備以外の原子炉施設の工事のための設計												

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>e. プロセスの運用状況を監視測定し、分析する。ただし、監視測定することが困難である場合は、この限りでない。</p> <p>f. プロセスについて、意図した結果を得、及び実効性を維持するための措置を講ずる。</p> <p>g. プロセス及び組織を品質マネジメントシステムと整合的なものとする。</p> <p>h. 原子力の安全とそれ以外の事項において意思決定の際に対立が生じた場合には、原子力の安全が確保されるようにする。</p> <p>(5) 保安に関する組織は、健全な安全文化を育成し、及び維持する。</p> <p>(6) 保安に関する組織は、機器等又は個別業務に係る要求事項（関係法令を含む。以下「個別業務等要求事項」という。）への適合に影響を及ぼすプロセスを外部委託することとしたときは、当該プロセスが管理されているようにする。</p> <p>(7) 保安に関する組織は、保安活動の重要度に応じて、資源の適切な配分を行う。</p> <p>4.2 品質マネジメントシステムの文書化</p> <p>4.2.1 一般</p> <p>保安に関する組織は、4.1(1)に従い品質マネジメントシステムを確立するときは、<u>保安活動の重要度に応じて次に掲げる文書を作成し、当該文書に規定する事項を実施する。</u></p> <p>(1) 品質方針及び品質目標</p> <p>(2) 品質マネジメントシステムを規定する文書（以下「品質マニュアル」という。）</p> <p>(3) 実効性のあるプロセスの計画的な実施及び管理がなされるようにするために必要な文書</p> <p>(4) <u>品管規則に規定する手順書、指示書、図面等（以下「手順書等」という。）</u></p> <p>4.2.2 品質マニュアル</p> <p>保安に関する組織は、品質マニュアルに次に掲げる事項を定める。</p> <p>(1) 品質マネジメントシステムの運用に係る組織に関する事項</p> <p>(2) 保安活動の計画、実施、評価及び改善に関する事項</p> <p>(3) 品質マネジメントシステムの適用範囲</p> <p>(4) 品質マネジメントシステムのために作成した手順書等の参照情報</p> <p>(5) プロセスの相互の関係</p> <p>4.2.3 文書の管理</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>品質マネジメント文書を管理する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、要員が判断及び決定をするに当たり、適切な品質マネジメント文書を利用できるよう、品質マネジメント文書に関する次に掲げる事項を定めた手順書等を作成する。</p> <p>a. 品質マネジメント文書を発行するに当たり、その妥当性を審査し、発行を承認する。</p> <p>b. 品質マネジメント文書の改訂の必要性について評価するとともに、改訂に当たり、その妥当性を審査し、改訂を承認する。</p>	<p>3.7 記録、識別管理、トレーサビリティ</p> <p>3.7.1 文書及び記録の管理</p> <p>原子力部門は、<u>設工認に係る文書及び記録について、以下の管理を実施する。</u></p> <p>(1) 適合性確認対象設備の設計、工事及び検査に係る文書及び記録</p> <p>設計、工事及び検査に係る文書及び記録については、品質マネジメントシステム計画に示す規定文書、規定文書に基づき業務ごとに作成される文書、それらに基づき作成される品質記録であり、これらを適切に管理する。</p> <p>(2) 供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合の管理</p> <p>設工認において供給者が所有する図書を設計、工事及び検査に用いる場合、供給者の品質保証能力の確認、かつ、対象設備での使用が可能な場合において、適用可能な図書として扱う。</p> <p>(3) 使用前事業者検査に用いる文書及び記録</p> <p>使用前事業者検査として、記録確認検査を実施する場合に用いる記録は、上記(1)、(2)を用いて実施する。</p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い文書及び記録の管理を行うことから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>c. 4.2.3(2)a、b に基づく審査及び 4.2.3(2)b の評価には、その対象となる文書に定められた活動を実施する部門の要員を参画させる。</p> <p>d. 品質マネジメント文書の改訂内容及び最新の改訂状況を識別できるようにする。</p> <p>e. 改訂のあった品質マネジメント文書を利用する場合には、当該文書の適切な制定版又は改訂版が利用しやすい体制を確保する。</p> <p>f. 品質マネジメント文書を、読みやすく容易に内容を把握することができるようにする。</p> <p>g. 組織の外部で作成された品質マネジメント文書を識別し、その配付を管理する。</p> <p>h. 廃止した品質マネジメント文書が使用されることを防止すること。この場合において、当該文書を保持するときは、その目的にかかわらず、これを識別し、管理する。</p> <p>4.2.4 記録の管理</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>品管規則に規定する個別業務等要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性を実証する記録を明確にする</u>とともに、<u>当該記録を、読みやすく容易に内容を把握することができ、かつ、検索することができるように作成し、保安活動の重要度に応じてこれを管理する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、4.2.4(1)の記録の識別、保存、保護、検索及び廃棄に関し所要の管理の方法を定めた手順書等を作成する。</p> <p>5 経営責任者等の責任</p> <p>5.1 経営責任者の原子力の安全のためのリーダーシップ</p> <p>社長は、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、責任を持って品質マネジメントシステムを確立させ、実施させるとともに、その実効性を維持していることを、次に掲げる業務を行うことによって実証する。</p> <p>(1) 品質方針を定める。</p> <p>(2) 品質目標が定められているようにする。</p> <p>(3) 要員が、健全な安全文化を育成し、及び維持することに貢献できるようにする。</p> <p>(4) 5.6.1 に規定するマネジメントレビューを実施する。</p> <p>(5) 資源が利用できる体制を確保するようにする。</p> <p>(6) 関係法令を遵守することその他原子力の安全を確保することの重要性を要員に周知するようにする。</p> <p>(7) 保安活動に関する担当業務を理解し、遂行する責任を有することを要員に認識させるようにする。</p> <p>(8) 全ての階層で行われる決定が、原子力の安全の確保について、その優先順位及び説明する責任を考慮して確実に行われるようにする。</p> <p>5.2 原子力の安全の確保の重視</p> <p>社長は、組織の意思決定に当たり、機器等及び個別業務が個別業務等要求事項に適合し、かつ、原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれないようにする。</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>5.3 品質方針 社長は、品質方針が次に掲げる事項に適合しているようにする。 (1) 組織の目的及び状況に対して適切なものである。 (2) 要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性の維持に社長が責任を持って関与する。 (3) 品質目標を定め、評価するに当たっての枠組みとなるものである。 (4) 要員に周知され、理解されている。 (5) 品質マネジメントシステムの継続的な改善に社長が責任を持って関与する。</p> <p>5.4 計画 5.4.1 品質目標 (1) 社長は、部門において、品質目標（個別業務等要求事項への適合のために必要な目標を含む。）が定められているようにする。 (2) 社長は、品質目標が、その達成状況を評価し得るものであって、かつ、品質方針と整合的なものとなるようにする。</p> <p>5.4.2 品質マネジメントシステムの計画 (1) 社長は、品質マネジメントシステムが 4.1 の規定に適合するよう、その実施に当たっての計画が策定されているようにする。 (2) 社長は、品質マネジメントシステムの変更が計画され、それが実施される場合においては、当該品質マネジメントシステムが不備のない状態に維持されているようにする。この場合において、保安活動の重要度に応じて、次に掲げる事項を適切に考慮する。 a. 品質マネジメントシステムの変更の目的及び当該変更により起こり得る結果 b. 品質マネジメントシステムの実効性の維持 c. 資源の利用可能性 d. 責任及び権限の割当て</p> <p>5.5 責任、権限及び情報の伝達 5.5.1 責任及び権限 社長は、<u>部門及び要員の責任及び権限並びに部門相互間の業務の手順を定めさせ、関係する要員が責任を持って業務を遂行できるようにする。</u></p> <p>5.5.2 品質マネジメントシステム管理責任者 社長は、品質マネジメントシステムを管理する責任者に、次に掲げる業務に係る責任及び権限を与える。 (1) プロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにする。 (2) 品質マネジメントシステムの運用状況及びその改善の必要性について社長に報告する。 (3) 健全な安全文化を育成し、及び維持することにより、原子力の安全の確保についての認識が向上するようにする。 (4) 関係法令を遵守する。</p>	<p>3.1 設計、工事及び検査に係る組織 設計、工事及び検査は、<u>品質マネジメントシステム計画に示す、本店組織及び発電所組織で構成する体制で実施する。</u> <u>設計、工事及び検査に係る組織は、担当する設備に関する設計、工事及び検査について責任と権限を持つ。</u></p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計、工事及び検査に係る組織を定めていることから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書 (本文)	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>5.5.3 管理者</p> <p>(1) 社長は、次に掲げる業務を管理監督する地位にある者（以下「管理者」という。）に、当該管理者が管理監督する業務に係る責任及び権限を与えるようにする。</p> <p>a. 個別業務のプロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにする。</p> <p>b. 要員の個別業務等要求事項についての認識が向上するようにする。</p> <p>c. 個別業務の実施状況に関する評価を行う。</p> <p>d. 健全な安全文化を育成し、及び維持する。</p> <p>e. 関係法令を遵守する。</p> <p>(2) 管理者は、5.5.3(1)で与えられた責任及び権限の範囲において、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、次に掲げる事項を確実に実施する。</p> <p>a. 品質目標を設定し、その目標の達成状況を確認するため、業務の実施状況を監視測定する。</p> <p>b. 要員が、原子力の安全に対する意識を向上し、かつ、原子力の安全への取組を積極的に行えるようにする。</p> <p>c. 原子力の安全に係る意思決定の理由及びその内容を、関係する要員に確実に伝達する。</p> <p>d. 常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を要員に定着させるとともに、要員が、積極的に原子炉施設の保安に関する問題の報告を行えるようにする。</p> <p>e. 要員が、積極的に業務の改善に対する貢献を行えるようにする。</p> <p>(3) 管理者は、管理監督する業務に関する自己評価を、あらかじめ定められた間隔で行う。</p> <p>5.5.4 組織の内部の情報の伝達</p> <p>社長は、組織の内部の情報が適切に伝達される仕組みが確立されているようにするとともに、品質マネジメントシステムの実効性に関する情報が確実に伝達されるようにする。</p> <p>5.6 マネジメントレビュー</p> <p>5.6.1 一般</p> <p>社長は、品質マネジメントシステムの実効性を評価するとともに、改善の機会を得て、保安活動の改善に必要な措置を講ずるため、品質マネジメントシステムの評価（以下「マネジメントレビュー」という。）を、あらかじめ定められた間隔で行う。</p> <p>5.6.2 マネジメントレビューに用いる情報</p> <p>保安に関する組織は、マネジメントレビューにおいて、少なくとも次に掲げる情報を報告する。</p> <p>(1) 内部監査の結果</p> <p>(2) 組織の外部の者の意見</p> <p>(3) プロセスの運用状況</p> <p>(4) 使用前事業者検査及び定期事業者検査（以下「使用前事業者検査等」という。）並びに自主検査等の結果</p>	<p>3.1 設計、工事及び検査に係る組織</p> <p>設計、工事及び検査は、品質マネジメントシステム計画に示す、本店組織及び発電所組織で構成する体制で実施する。</p> <p>設計、工事及び検査に係る組織は、担当する設備に関する設計、工事及び検査について責任と権限を持つ。</p>	<p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計、工事及び検査に係る組織を定めていることから整合している。</p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>(5) 品質目標の達成状況 (6) 健全な安全文化の育成及び維持の状況 (7) 関係法令の遵守状況 (8) 不適合並びに是正処置及び未然防止処置の状況 (9) 従前のマネジメントレビューの結果を受けて講じた措置 (10) 品質マネジメントシステムに影響を及ぼすおそれのある変更 (11) 部門又は要員からの改善のための提案 (12) 資源の妥当性 (13) 保安活動の改善のために講じた措置の実効性</p> <p>5.6.3 マネジメントレビューの結果を受けて行う措置 (1) 保安に関する組織は、マネジメントレビューの結果を受けて、少なくとも次に掲げる事項について決定する。 a. 品質マネジメントシステム及びプロセスの実効性の維持に必要な改善 b. 個別業務に関する計画及び個別業務の実施に関連する保安活動の改善 c. 品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善のために必要な資源 d. 健全な安全文化の育成及び維持に関する改善 e. 関係法令の遵守に関する改善 (2) 保安に関する組織は、マネジメントレビューの結果の記録を作成し、これを管理する。 (3) 保安に関する組織は、5.6.3(1)の決定をした事項について、必要な措置を講じる。</p> <p>6 資源の管理 6.1 資源の確保 保安に関する組織は、原子力の安全を確実なものにするために必要な次に掲げる資源を明確に定め、これを確保し、及び管理する。 (1) 要員 (2) 個別業務に必要な施設、設備及びサービスの体系 (3) 作業環境 (4) その他必要な資源 6.2 要員の力量の確保及び教育訓練 (1) 保安に関する組織は、個別業務の実施に必要な技能及び経験を有し、意図した結果を達成するために必要な知識及び技能並びにそれを適用する能力（以下「力量」という。）が実証された者を要員に充てる。 (2) 保安に関する組織は、要員の力量を確保するために、保安活動の重要度に応じて次に掲げる業務を行う。 a. 要員にどのような力量が必要かを明確に定める。 b. 要員の力量を確保するために教育訓練その他の措置を講ずる。 c. 6.2(2)b に基づく措置の実効性を評価する。 d. 要員が、自らの個別業務について次に掲げる事項を認識しているようにする。 (a) 品質目標の達成に向けた自らの貢献</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>(b) 品質マネジメントシステムの実効性を維持するための自らの貢献 (c) 原子力の安全に対する当該業務の重要性 e. 要員の力量及び教育訓練その他の措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>7 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 7.1 個別業務に必要なプロセスの計画 (1) 保安に関する組織は、個別業務に必要なプロセスについて、計画を策定するとともに、そのプロセスを確立する。 (2) 保安に関する組織は、7.1(1)で策定した計画と当該個別業務以外のプロセスに係る個別業務等要求事項との整合性を確保する。 (3) 保安に関する組織は、個別業務に関する計画（以下「個別業務計画」という。）の策定又は変更を行うに当たり、次に掲げる事項を明確にする。 a. 個別業務計画の策定又は変更の目的及び当該計画の策定又は変更により起こり得る結果 b. 機器等又は個別業務に係る品質目標及び個別業務等要求事項 c. 機器等又は個別業務に固有のプロセス、品質マネジメント文書及び資源 d. 使用前事業者検査等、検証、妥当性確認及び監視測定並びにこれらの個別業務等要求事項への適合性を判定するための基準（以下「合否判定基準」という。） e. 個別業務に必要なプロセス及び当該プロセスを実施した結果が個別業務等要求事項に適合することを実証するために必要な記録 (4) 保安に関する組織は、策定した個別業務計画を、その個別業務の作業方法に適したものとする。</p> <p>7.2 個別業務等要求事項に関するプロセス 7.2.1 個別業務等要求事項として明確にすべき事項 保安に関する組織は、次に掲げる事項を個別業務等要求事項として明確に定める。 (1) 組織の外部の者が明示してはいないものの、機器等又は個別業務に必要な要求事項 (2) 関係法令 (3) 7.2.1(1)及び(2)に掲げるもののほか、保安に関する組織が必要とする要求事項</p> <p>7.2.2 個別業務等要求事項の審査 (1) 保安に関する組織は、機器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、個別業務等要求事項の審査を実施する。 (2) 保安に関する組織は、7.2.2(1)の審査を実施するに当たり、次に掲げる事項を確認する。 a. 当該個別業務等要求事項が定められている。 b. 当該個別業務等要求事項が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項と相違する場合においては、その相違点が解明されている。 c. 保安に関する組織が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項に</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性																																			
<p>適合するための能力を有している。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、7.2.2(1)の審査の結果の記録及び当該審査の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、個別業務等要求事項が変更された場合においては、関連する文書が改訂されるようにするとともに、関連する要員に対し変更後の個別業務等要求事項が周知されるようにする。</p> <p>7.2.3 組織の外部の者との情報の伝達等 保安に関する組織は、組織の外部の者からの情報の収集及び組織の外部の者への情報の伝達のために、実効性のある方法を明確に定め、これを実施する。</p> <p>7.3 設計開発 7.3.1 設計開発計画 (1) 保安に関する組織は、<u>設計開発（専ら原子炉施設において用いるための設計開発に限る。）の計画（以下「設計開発計画」という。）を策定するとともに、設計開発を管理する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、設計開発計画の策定において、次に掲げる事項を明確にする。 a. <u>設計開発の性質、期間及び複雑さの程度</u></p>	<p>3.3 設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画 原子力部門は、<u>設工認における設計を実施するための設計開発計画を策定し、この計画に基づき設計を以下のとおり実施する。</u></p> <p>3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査 <u>設工認における設計、工事及び検査の各段階を第 3.2-1 表に示す。</u></p> <p>第 3.2-1 表 設工認における設計、工事及び検査の各段階</p> <table border="1" data-bbox="1202 1123 2157 1759"> <thead> <tr> <th colspan="2">各段階</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">設計</td> <td>3.3</td> <td>設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画</td> </tr> <tr> <td>3.3.1※</td> <td>適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化</td> </tr> <tr> <td>3.3.2</td> <td>各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定</td> </tr> <tr> <td>3.3.3(1)※</td> <td>設計（設計 1、2）の実施</td> </tr> <tr> <td>3.3.3(2)</td> <td>設計開発の結果に係る情報に対する検証</td> </tr> <tr> <td>3.3.4※</td> <td>設計における変更</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">工事及び検査</td> <td>3.4.1※</td> <td>設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）</td> </tr> <tr> <td>3.4.2</td> <td>設備の具体的な設計に基づく工事の実施</td> </tr> <tr> <td>3.5.1</td> <td>使用前事業者検査での確認事項</td> </tr> <tr> <td>3.5.2</td> <td>設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり</td> </tr> <tr> <td>3.5.3</td> <td>使用前事業者検査の計画</td> </tr> <tr> <td>3.5.4</td> <td>検査計画の管理</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">調達</td> <td>3.5.5</td> <td>主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理</td> </tr> <tr> <td>3.5.6</td> <td>使用前事業者検査の実施</td> </tr> <tr> <td>3.6</td> <td>設工認における調達管理の方法</td> </tr> </tbody> </table> <p>※「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査」でいう、レビュー対応項目</p>	各段階		設計	3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画	3.3.1※	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	3.3.3(1)※	設計（設計 1、2）の実施	3.3.3(2)	設計開発の結果に係る情報に対する検証	3.3.4※	設計における変更	工事及び検査	3.4.1※	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）	3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施	3.5.1	使用前事業者検査での確認事項	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり	3.5.3	使用前事業者検査の計画	3.5.4	検査計画の管理	調達	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理	3.5.6	使用前事業者検査の実施	3.6	設工認における調達管理の方法	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計に先立ち設計開発計画を定めていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計開発計画にて設計における段階を定め管理を行っていることから整合している。</u></p>
各段階																																					
設計	3.3	設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績に係る計画																																			
	3.3.1※	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化																																			
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定																																			
	3.3.3(1)※	設計（設計 1、2）の実施																																			
	3.3.3(2)	設計開発の結果に係る情報に対する検証																																			
	3.3.4※	設計における変更																																			
工事及び検査	3.4.1※	設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）																																			
	3.4.2	設備の具体的な設計に基づく工事の実施																																			
	3.5.1	使用前事業者検査での確認事項																																			
	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり																																			
	3.5.3	使用前事業者検査の計画																																			
	3.5.4	検査計画の管理																																			
調達	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理																																			
	3.5.6	使用前事業者検査の実施																																			
3.6	設工認における調達管理の方法																																				

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>b. <u>設計開発の各段階における適切な審査、検証及び妥当性確認の方法並びに管理体制</u></p> <p>c. <u>設計開発に係る部門及び要員の責任及び権限</u></p> <p>d. <u>設計開発に必要な組織の内部及び外部の資源</u></p> <p>(3) 保安に関する組織は、実効性のある情報の伝達並びに責任及び権限の明確な割当てがなされるようにするために、設計開発に関与する各者間の連絡を管理する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、7.3.1(1)に基づき策定した設計開発計画を、設計開発の進行に応じて適切に変更する。</p> <p>7.3.2 設計開発に用いる情報</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>個別業務等要求事項として設計開発に用いる情報であって、次に掲げるものを明確に定めるとともに、当該情報に係る記録を作成し、これを管理する。</u></p> <p>a. 機能及び性能に係る要求事項</p> <p>b. 従前の類似した設計開発から得られた情報であって、当該設計開発に用いる情報として適用可能なもの</p> <p>c. 関係法令</p> <p>d. その他設計開発に必要な要求事項</p> <p>(2) 保安に関する組織は、設計開発に用いる情報について、その妥当性を評価し、承認する。</p>	<p>原子力部門は、設計の各段階におけるレビューを、第 3.2-1 表に示す段階において実施するとともに、記録を管理する。このレビューについては、<u>原子力部門で当該設備の設計に関する専門家を含めて実施する。</u></p> <p>(1) 実用炉規則別表第二対象設備に対する管理</p> <p>設工認のうち、実用炉規則別表第二対象設備に対する設計、工事及び検査の管理を第 3.2-1 表に示す。</p> <p>なお、実用炉規則別表第二対象設備のうち、設工認申請（届出）が不要な工事を行う場合は、設工認品管計画のうち、必要な事項を適用して設計、工事及び検査を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準規則に適合していることを確認する。</p> <p>(2) 主要な耐圧部の溶接部に対する管理</p> <p>設工認のうち、主要な耐圧部の溶接部に対する必要な設計、工事及び検査の管理は、「3.4 工事に係る品質管理の方法」、「3.5 使用前事業者検査」及び「3.6 設工認における調達管理の方法」に示す事項（第 3.2-1 表における「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」～「3.6 設工認における調達管理の方法」）のうち、必要な事項を実施し、工事が設工認のとおりであること及び技術基準規則に適合していることを確認する。</p> <p>3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化</p> <p>原子力部門は、<u>設工認における技術基準規則等への適合性を確保するために必要な要求事項を明確にする。</u></p> <p>3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定</p> <p>原子力部門は、設工認に関連する工事において、追加・変更となる適合性確認対象設備（運用を含む。）のうち、対象となる適合性確認対象設備（運用を含む。）の要求事項への適合性を確保するために、実際に使用する際の系統・構成で必要となる運用を考慮し選定する。</p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計開発計画にてレビュー等の管理方法を定め、レビューは当該設計に関する専門家を含めて実施する計画としていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計開発へのインプットとして、適合性確認対象設備に対する要求事項を明確化していることから整合している。</u></p>
<p>7.3.3 設計開発の結果に係る情報</p> <p>(1) 保安に関する組織は、設計開発の結果に係る情報を、設計開発に用いた情報と対比して検証することができる形式により管理する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、設計開発の次の段階のプロセスに進むに当たり、あらかじめ、当該設計開発の結果に係る情報を承認する。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、<u>設計開発の結果に係る情報を、次に掲げる事項に適合するものとする。</u></p> <p>a. 設計開発に係る個別業務等要求事項に適合するものである。</p> <p>b. 調達、機器等の使用及び個別業務の実施のために適切な情報を提供</p>	<p>3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証</p> <p>原子力部門は、適合性確認対象設備の技術基準規則等への適合性を確保するための設計を以下のとおり実施する。</p> <p>(1) 設計（設計 1、2）の実施</p> <p>a. 「設計 1」として、<u>技術基準規則等の適合性確認対象設備に必要な要求事項を基に、必要な設計を漏れなく実施するための基本設計方針</u></p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計を実施し、アウトプットを取りまとめていることか</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>するものである。</p> <p>c. 合否判定基準を含むものである。</p> <p>d. 機器等を安全かつ適正に使用するために不可欠な当該機器等の特性が明確である。</p> <p>7.3.4 設計開発レビュー</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>設計開発の適切な段階において、設計開発計画に従って、次に掲げる事項を目的とした体系的な審査（以下「設計開発レビュー」という。）を実施する。</u></p> <p>a. 設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性について評価する。</p> <p>b. 設計開発に問題がある場合においては、当該問題の内容を明確にし、必要な措置を提案する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、<u>設計開発レビューに、当該設計開発レビューの対象となっている設計開発段階に関連する部門の代表者及び当該設計開発に係る専門家を参加させる。</u></p> <p>(3) 保安に関する組織は、<u>設計開発レビューの結果の記録及び当該設計開発レビューの結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</u></p> <p>7.3.5 設計開発の検証</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>設計開発の結果が個別業務等要求事項に適合している状態を確保するために、設計開発計画に従って検証を実施する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、<u>7.3.5(1)に基づく検証の結果の記録及び当該検証の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</u></p> <p>(3) 保安に関する組織は、<u>当該設計開発を行った要員に 7.3.5(1)に基づく検証をさせない。</u></p> <p>7.3.6 設計開発の妥当性確認</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性を確認するために、設計開発計画に従って、当該設計開発の妥当性確認（以下「設計開発妥当性確認」という。）を実施する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、<u>機器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、設計開発妥当性確認を完了させる。</u></p> <p>(3) 保安に関する組織は、<u>設計開発妥当性確認の結果の記録及び当該設計</u></p>	<p>を明確化する。</p> <p>b. 「設計2」として、「設計1」で明確にした基本設計方針を用いて<u>適合性確認対象設備に必要な詳細設計を実施する。</u></p> <p>なお、詳細設計の品質を確保する上で重要な活動となる、「調達による解析」及び「手計算による自社解析」について、その重要度に応じて個別に管理事項を計画し信頼性を確保する。</p> <p>3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計3）</p> <p>原子力部門は、<u>工事段階において、設工認に基づく製品実現のための設備の具体的な設計（設計3）（主要な耐圧部の溶接部については溶接部に係る設計が設工認対象となる。）を実施する。</u></p> <p>3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査</p> <p>原子力部門は、<u>設計の各段階におけるレビューを、第3.2-1表に示す段階において実施するとともに、記録を管理する。このレビューについては、原子力部門で当該設備の設計に関する専門家を含めて実施する。</u></p> <p>3.3.3 設工認における設計及び設計開発の結果に係る情報に対する検証</p> <p>(2) 設計開発の結果に係る情報に対する検証</p> <p><u>設計1及び設計2の結果について、原設計者以外の者に検証を実施させる。</u></p> <p>3.5.6 使用前事業者検査の実施</p> <p>原子力部門は、以下のとおり<u>使用前事業者検査を実施する。</u></p> <p>(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成</p> <p>適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 使用前事業者検査の計画」で決定した確認方法を基に、使用前事業者検査要領書を作成する。</p> <p>実施する検査が代替検査となる場合は、代替による使用前事業者検査</p>	<p>ら整合している。</p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計において設計開発のレビューを実施している。レビューは当該設計に関する専門家を含めて実施することとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計において設計開発の検証を原設計者以外の者に実施させることとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計の妥当性確認として使用前事業者検査を実施することとしていることから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>開発妥当性確認の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>7.3.7 設計開発の変更の管理 (1) 保安に関する組織は、<u>設計開発の変更を行った場合においては、当該変更の内容を識別することができるようにするとともに、当該変更に係る記録を作成し、これを管理する。</u> (2) 保安に関する組織は、設計開発の変更を行うに当たり、あらかじめ、審査、検証及び妥当性確認を行い、変更を承認する。 (3) 保安に関する組織は、7.3.7(2)に基づく審査において、設計開発の変更が原子炉施設に及ぼす影響の評価（当該原子炉施設を構成する材料又は部品に及ぼす影響の評価を含む。）を行う。 (4) 保安に関する組織は、7.3.7(2)に基づく審査、検証及び妥当性確認の結果の記録及びその結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>7.4 調達 7.4.1 調達プロセス (1) 保安に関する組織は、<u>調達する物品又は役務（以下「調達物品等」という。）が、自ら規定する調達物品等に係る要求事項（以下「調達物品等要求事項」という。）に適合するようにする。</u> (2) 保安に関する組織は、保安活動の重要度に応じて、調達物品等の供給者及び調達物品等に適用される管理の方法及び程度を定める。この場合において、一般産業用工業品については、調達物品等の供給者等から必要な情報を入手し当該一般産業用工業品が調達物品等要求事項に適合していることを確認できるように、管理の方法及び程度を定める。 (3) 保安に関する組織は、<u>調達物品等要求事項に従い、調達物品等を供給する能力を根拠として調達物品等の供給者を評価し、選定する。</u> (4) 保安に関する組織は、調達物品等の供給者の評価及び選定に係る判定基準を定める。 (5) 保安に関する組織は、7.4.1(3)に基づく評価の結果の記録及び当該評価の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。 (6) 保安に関する組織は、調達物品等を調達する場合には、個別業務計画において、適切な調達の実施に必要な事項（当該調達物品等の調達後におけるこれらの維持又は運用に必要な技術情報（原子炉施設の保安に係るものに限る。）の取得及び当該情報を他の原子力事業者等と共有するために必要な措置に関する事項を含む。）を定める。</p>	<p>の方法を決定する。 (2) 使用前事業者検査の体制 使用前事業者検査の体制は、検査要領書で明確にする。 (3) 使用前事業者検査の実施 検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、使用前事業者検査を実施する。</p> <p>3.3.4 設計における変更 原子力部門は、<u>設計の変更が必要となった場合、各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な設計を実施し、設計結果を必要に応じ修正する。</u></p> <p>3.6 設工認における調達管理の方法 設工認で行う調達管理は、<u>品質マネジメントシステム計画に基づき以下の管理を実施する。</u></p> <p>3.6.1 供給者の技術的評価 原子力部門は、<u>供給者が当社の要求事項に従って調達製品を供給する技術的な能力を判断の根拠として供給者の技術的評価を実施する。</u></p> <p>3.6.2 供給者の選定 原子力部門は、<u>設工認に必要な調達を行う場合、原子力安全に対する影響や供給者の実績等を考慮し、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に定める重要度に供給信頼度を加味した品質重要度分類等に従いグレード分けを行い管理する。</u></p> <p>3.6.3 調達製品の調達管理 原子力部門は、調達の実施に際し、原子力安全に及ぼす影響に応じた</p>	<p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い設計において必要時には変更の管理を実施することとしていることから整合している。</p> <p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達管理を実施することとしていることから整合している。</p> <p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達管理において供給者の技術的評価を行い、その結果に基づき供給者を選定することとしていることから整合している。</p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>7.4.2 調達物品等要求事項</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>調達物品等に関する情報に、次に掲げる調達物品等要求事項のうち、該当するものを含める。</u></p> <p>a. 調達物品等の供給者の業務のプロセス及び設備に係る要求事項</p> <p>b. 調達物品等の供給者の要員の力量に係る要求事項</p> <p>c. 調達物品等の供給者の品質マネジメントシステムに係る要求事項</p> <p>d. 調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項</p> <p>e. 調達物品等の供給者が健全な安全文化を育成し、及び維持するために必要な要求事項</p> <p>f. 一般産業用工業品を機器等に使用するに当たっての評価に必要な要求事項</p> <p>g. その他調達物品等に必要な要求事項</p> <p>(2) 保安に関する組織は、調達物品等要求事項として、当該組織が調達物品等の供給者の工場等において使用前事業者検査等その他の個別業務を行う際の原子力規制委員会の職員による当該工場等への立入りに関することを含める。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、<u>調達物品等の供給者に対し調達物品等に関する情報を提供するに当たり、あらかじめ、当該調達物品等要求事項の妥当性を確認する。</u></p> <p>(4) 保安に関する組織は、調達物品等を受領する場合には、調達物品等の供給者に対し、調達物品等要求事項への適合状況を記録した文書を提出させる。</p> <p>7.4.3 調達物品等の検証</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>調達物品等が調達物品等要求事項に適合しているようにするために必要な検証の方法を定め、実施する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、<u>調達物品等の供給者の工場等において調達物品等の検証を実施することとしたときは、当該検証の実施要領及び調達物品等の供給者からの出荷の可否の決定の方法について調達物品等要求事項の中で明確に定める。</u></p>	<p>グレード分けを適用し、以下の管理を実施する。</p> <p>(1) <u>調達仕様書の作成</u> 業務の内容に応じ、品質マネジメントシステム計画に基づく調達要求事項を含めた調達仕様書を作成し、供給者の業務実施状況を適切に管理する。（「(2) 調達製品の管理」参照）</p> <p>(2) 調達製品の管理 調達仕様書で要求した製品が確実に納品されるよう調達製品が納入されるまでの間、製品に応じた必要な管理を実施する。</p> <p>(3) 調達製品の検証 <u>調達製品が調達要求事項を満たしていることを確実にするために調達製品の検証を行う。また、供給先で検証を実施する場合、あらかじめ調達文書で検証の要領及び調達製品のリリースの方法を明確にした上で、検証を行う。</u></p> <p>3.6.4 受注者品質保証監査 原子力部門は、供給者の品質保証活動及び健全な安全文化を育成し維持するための活動が適切で、かつ、確実に行われていることを確認するために、受注者品質保証監査を実施する。</p> <p>3.6.5 設工認における調達管理の特例 原子力部門は、設工認の対象となる適合性確認対象設備のうち、設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合は、設置当時に調達を終えており、「3.6 設工認における調達管理の方法」に基づく管理は適用しない。</p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達管理において調達要求事項を明確にし、管理することとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い調達管理において調達製品を受領する際は検証を行うこととしていることから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>7.5 個別業務の実施</p> <p>7.5.1 個別業務の管理</p> <p>保安に関する組織は、個別業務計画に基づき個別業務を次に掲げる事項（当該個別業務の内容等から該当しないと認められるものを除く。）に適合するように実施する。</p> <p>(1) 原子炉施設の保安のために必要な情報が利用できる体制にある。</p> <p>(2) 手順書等が必要な時に利用できる体制にある。</p> <p>(3) 当該個別業務に見合う設備を使用している。</p> <p>(4) 監視測定のための設備が利用できる体制にあり、かつ、当該設備を使用している。</p> <p>(5) 8.2.3 に基づく監視測定を実施している。</p> <p>(6) 品質管理に関する事項に基づき、プロセスの次の段階に進むことの承認を行っている。</p>	<p>3.4 工事に係る品質管理の方法</p> <p>原子力部門は、工事段階において、設工認に基づく設備の具体的な設計（設計 3）、その結果を反映した設備を導入するために必要な工事を以下のとおり実施する。</p> <p>なお、実用炉規則別表第二対象設備外の設備の主要な耐圧部の溶接部については、設計 3 の実施に先立ち該当設備の抽出を工事段階で実施する。</p> <p>また、これらの活動を調達する場合は、「3.6 設工認における調達管理の方法」を適用して実施する。</p> <p>3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施</p> <p>原子力部門は、設工認に基づく設備を設置するための工事を「工事の方法」並びに「3.6 設工認における調達管理の方法」に従い実施する。設工認に基づく設備のうち、新たな工事を伴わない設工認申請（届出）時点で設置されている設備がある場合には、使用前事業者検査により技術基準規則に適合していることを確認する。</p> <p>3.5 使用前事業者検査</p> <p>原子力部門は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに行われていること、技術基準規則に適合していることを確認（設工認のうち、設工認品管計画については、認可（届出後 30 日経過）された内容から設計、工事及び検査プロセスが変更されている場合には、品質マネジメントシステム計画に従い変更した後の設計、工事及び検査プロセスに従っていることを確認する。）するため、保安規定に基づく使用前事業者検査を計画し、原子力部門に属する工事を主管する組織（以下「工事を主管する組織」という。）からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。</p> <p>3.5.1 使用前事業者検査での確認事項</p> <p>原子力部門は、以下の項目について使用前事業者検査を実施する。</p> <p>I 実設備の仕様の適合性確認</p> <p>II 実施した工事が、「3.4.1 設工認に基づく設備の具体的な設計の実施（設計 3）」及び「3.4.2 設備の具体的な設計に基づく工事の実施」に記載したプロセス並びに「工事の方法」のとおり行われていること。</p> <p>これらの項目のうち、I を第 3.5-1 表に示す検査として、II を品質マネジメントシステムに係る使用前事業者検査（以下「QA 検査」という。）として実施する。</p> <p>II については工事全般に対して実施するものであるが、「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」を実施する場合は、工事を主管する組織が実施する溶接に関するプロセス管理が適切に行われていることの確認を QA 検査に追加する。</p> <p>また、QA 検査では上記 II に加え、上記 I のうち工事を主管する組織（供給者を含む。）が検査記録を採取する場合には記録の信頼性の確認を行い、設工認に基づく工事の信頼性を確保する。</p> <p>なお、主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査では、供給者が作成する検査項目毎の記録を用いるが、検査を主管する組織（供給者含</p>	<p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い工事の実施、使用前事業者検査の計画の策定を、個別業務の管理として実施していることから整合している。</p>

む。)が「3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理」に基づく管理を行うため工事を主管する組織（供給者を含む。）が実施する検査項目毎の記録の信頼性は確保済みであるため、この範囲は QA 検査の対象外とする。

第 3.5-1 表 要求事項に対する確認項目及び確認の視点

要求種別	確認項目	確認視点	主な検査項目
設備 設計要求	設置要求 名称、取付箇所、個数	設計要求のとおり（名称、取付箇所、個数）に設置されていることを確認する。	据付検査 状態確認検査
	系統構成 系統構成、系統隔離、可搬設備の接続性	実際に使用できる系統構成になっていることを確認する。	機能・性能検査
	機能要求 容量、揚程等の仕様（要目表） 上記以外の所要の機能要求事項	要目表の記載のとおりであることを確認する。	材料検査 寸法検査 外観検査 据付検査 耐圧検査 漏えい検査 建物・構築物構造検査 機能・性能検査 特性検査 状態確認検査
		目的とする能力（機能・性能）が発揮できることを確認する。	
	評価要求 評価のインプット条件等の要求事項 評価結果を設計条件とする要求事項	評価条件を満足していることを確認する。	状態確認検査
		内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求として確認する。	内容に応じて、設置要求、系統構成、機能要求の検査を適用
運用 運用要求 手順確認	手順化されていることを確認する。（保安規定）	状態確認検査	

3.5.2 設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり の明確化

原子力部門は、使用前事業者検査の実施に先立ち、設計 1~3 の結果と適合性確認対象の繋がりを明確化する。

3.5.3 使用前事業者検査の計画

原子力部門は、「工事の方法」に記載された使用前事業者検査の項目及び第 3.5-1 表に定める要求種別ごとに確認項目、確認視点及び主な検査

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>7.5.2 個別業務の実施に係るプロセスの妥当性確認</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>個別業務の実施に係るプロセスについて</u>、それ以降の監視測定では当該プロセスの結果を検証することができない場合（個別業務が実施された後にのみ不適合その他の事象が明確になる場合を含む。）においては、<u>妥当性確認を行う。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、7.5.2(1)のプロセスが個別業務計画に定めた結果を得ることができることを、7.5.2(1)に基づく妥当性確認によって実証する。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、妥当性確認を行った場合は、その結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、7.5.2(1)の妥当性確認の対象とされたプロセスについて、次に掲げる事項（当該プロセスの内容等から該当しないと認められるものを除く。）を明確にする。</p> <p>a. 当該プロセスの審査及び承認のための判定基準</p> <p>b. 妥当性確認に用いる設備の承認及び要員の力量を確認する方法</p> <p>c. 妥当性確認の方法</p> <p>7.5.3 識別管理及びトレーサビリティの確保</p> <p>(1) 保安に関する組織は、個別業務計画及び個別業務の実施に係る全てのプロセスにおいて、適切な手段により、<u>機器等及び個別業務の状態を識別し、管理する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、<u>トレーサビリティ（機器等の使用又は個別業務の実施に係る履歴、適用又は所在を追跡できる状態をいう。）の確保が個別業務等要求事項である場合においては、機器等又は個別業務を識別し、これを記録するとともに、当該記録を管理する。</u></p>	<p>項目をもとに使用前事業者検査の計画を策定する。 適合性確認対象設備のうち、技術基準規則上の措置（運用）に必要な設備についても、使用前事業者検査を計画する。 個々に実施する使用前事業者検査に加えてプラント運転に影響を及ぼしていないことを総合的に確認するため、定格熱出力一定運転時の主要パラメータを確認することによる使用前事業者検査（負荷検査）の計画を必要に応じて策定する。 また、使用前事業者検査の実施に先立ち、設計結果に関する具体的な検査概要及び判定基準を使用前事業者検査の方法として明確にする。</p> <p>3.5.4 検査計画の管理 原子力部門は、使用前事業者検査を適切な時期で実施するため、関係組織と調整のうえ検査計画を作成し、<u>使用前事業者検査が確実に行われることを管理する。</u></p> <p>4.適合性確認対象設備の施設管理 原子力部門は、<u>設工認に基づく工事を保安規定に基づき管理する。</u></p> <p>3.5.5 主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理 原子力部門は、<u>溶接が特殊工程であることを踏まえ、工程管理等の計画を策定し、溶接施工工場におけるプロセスの適切性の確認及び監視を行う。</u>また、溶接継手に対する要求事項は、溶接部詳細一覧表（溶接方法、溶接材料、溶接施工法、熱処理条件、検査項目等）により管理し、これに係る関連図書を含め、業務の実施に当たって必要な図書を溶接施工工場に提出させ、それを確認し、<u>必要な管理を実施する。</u></p> <p>3.7.2 識別管理及びトレーサビリティ 原子力部門は、設工認に係る識別及びトレーサビリティの管理を以下のとおり実施する。</p> <p>(2) 機器、弁及び配管等の管理 <u>機器類、弁及び配管類は、品質マネジメントシステム計画に従った管理を実施する。</u></p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従いプロセスの妥当性確認として行われる使用前事業者検査（溶接）におけるあらかじめの検査に係る確認を実施することとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い識別、トレーサビリティの管理を実施することとしていることから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>7.5.4 組織の外部の者の物品 保安に関する組織は、組織の外部の者の物品を所持している場合においては、必要に応じ、記録を作成し、これを管理する。</p> <p>7.5.5 調達物品の管理 保安に関する組織は、調達した物品が使用されるまでの間、当該物品を調達物品等要求事項に適合するよう管理（識別表示、取扱い、包装、保管及び保護を含む。）する。</p> <p>7.6 監視測定のための設備の管理 (1) 保安に関する組織は、機器等又は個別業務の個別業務等要求事項への適合性の実証に必要な監視測定及び当該監視測定のための設備を明確に定める。 (2) 保安に関する組織は、7.6(1)の監視測定について、実施可能であり、かつ、当該監視測定に係る要求事項と整合性のとれた方法で実施する。 (3) 保安に関する組織は、<u>監視測定の結果の妥当性を確保するために、監視測定のために必要な設備を、次に掲げる事項に適合するものとする。</u> a. あらかじめ定められた間隔で、又は使用の前に、計量の標準まで追跡することが可能な方法（当該計量の標準が存在しない場合にあっては、校正又は検証の根拠について記録する方法）により<u>校正又は検証がなされている。</u> b. <u>校正の状態が明確になるよう、識別されている。</u> c. 所要の調整がなされている。 d. 監視測定の結果を無効とする操作から保護されている。 e. 取扱い、維持及び保管の間、損傷及び劣化から保護されている。 (4) 保安に関する組織は、監視測定のための設備に係る要求事項への不適合が判明した場合においては、従前の監視測定の結果の妥当性を評価し、これを記録する。 (5) 保安に関する組織は、7.6(4)に示す不適合が判明した場合において、当該監視測定のための設備及び7.6(4)の不適合により影響を受けた機器等又は個別業務について、適切な措置を講じる。 (6) 保安に関する組織は、監視測定のための設備の校正及び検証の結果の記録を作成し、これを管理する。 (7) 保安に関する組織は、監視測定においてソフトウェアを使用することとしたときは、その初回の使用に当たり、あらかじめ、当該ソフトウェアが意図したとおりに当該監視測定に適用されていることを確認する。</p> <p>8 評価及び改善 8.1 監視測定、分析、評価及び改善 (1) 保安に関する組織は、監視測定、分析、評価及び改善に係るプロセスを計画し、実施する。 (2) 保安に関する組織は、要員が 8.1(1)の監視測定の結果を利用できるようにする。</p>	<p>3.7.2 識別管理及びトレーサビリティ 原子力部門は、設工認に係る識別及びトレーサビリティの管理を以下のとおり実施する。 (1) 計測器の管理 <u>設計及び工事、検査で使用する計測器については、品質マネジメントシステム計画に従った、校正・検証及び識別等の管理を実施する。</u></p>	<p>設計及び工事の計画では、設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い計測器の管理を実施することとしていることから整合している。</p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>8.2 監視測定</p> <p>8.2.1 組織の外部の者の意見</p> <p>(1) 保安に関する組織は、監視測定の一環として、原子力の安全の確保に対する組織の外部の者の意見を把握する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、8.2.1(1)に基づく意見の把握及び当該意見の反映に係る方法を明確に定める。</p> <p>8.2.2 内部監査</p> <p>(1) 保安に関する組織は、品質マネジメントシステムについて、次に掲げる要件への適合性を確認するために、保安活動の重要度に応じて、あらかじめ定められた間隔で、客観的な評価を行う部門その他の体制により内部監査を実施する。</p> <p>a. 品質管理に関する事項に基づく品質マネジメントシステムに係る要求事項</p> <p>b. 実効性のある実施及び実効性の維持</p> <p>(2) 保安に関する組織は、内部監査の判定基準、監査範囲、頻度、方法及び責任を定める。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、内部監査の対象となり得る部門、個別業務、プロセス、その他の領域（以下「領域」という。）の状態及び重要性並びに従前の監査の結果を考慮して内部監査の対象を選定し、かつ、内部監査の実施に関する計画（以下「内部監査実施計画」という。）を策定し、及び実施することにより、内部監査の実効性を維持する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、内部監査を行う要員（以下「内部監査員」という。）の選定及び内部監査の実施においては、客観性及び公平性を確保する。</p> <p>(5) 保安に関する組織は、内部監査員又は管理者に自らの個別業務又は管理下にある個別業務に関する内部監査をさせない。</p> <p>(6) 保安に関する組織は、内部監査実施計画の策定及び実施並びに内部監査結果の報告並びに記録の作成及び管理について、その責任及び権限並びに内部監査に係る要求事項を手順書等に定める。</p> <p>(7) 保安に関する組織は、内部監査の対象として選定された領域に責任を有する管理者に内部監査結果を通知する。</p> <p>(8) 保安に関する組織は、不適合が発見された場合には、8.2.2(7)に基づく通知を受けた管理者に、不適合を除去するための措置及び是正処置を遅滞なく講じさせるとともに、当該措置の検証を行わせ、その結果を報告させる。</p> <p>8.2.3 プロセスの監視測定</p> <p>(1) 保安に関する組織は、プロセスの監視測定を行う場合においては、当該プロセスの監視測定に見合う方法により、これを行う。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、8.2.3(1)に基づく監視測定の実施に当たり、保安活動の重要度に応じて、保安活動指標を用いる。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、8.2.3(1)に基づく方法により、プロセスが5.4.2(1)及び7.1(1)の計画に定めた結果を得ることができていることを実証する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、8.2.3(1)の監視測定の結果に基づき、保安活動の改善のために、必要な措置を講じる。</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>(5) 保安に関する組織は、5.4.2(1)及び 7.1(1)の計画に定めた結果を得ることができない場合又は当該結果を得ることができないおそれがある場合においては、個別業務等要求事項への適合性を確保するために、当該プロセスの問題を特定し、当該問題に対して適切な措置を講じる。</p> <p>8.2.4 機器等の検査等</p> <p>(1) 保安に関する組織は、機器等に係る要求事項への適合性を検証するために、個別業務計画に従って、<u>個別業務の実施に係るプロセスの適切な段階において、使用前事業者検査等又は自主検査等を実施する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、使用前事業者検査等又は自主検査等の結果に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、プロセスの次の段階に進むことの承認を行った要員を特定することができる記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、個別業務計画に基づく使用前事業者検査等又は自主検査等を支障なく完了するまでは、プロセスの次の段階に進むことの承認をしてはならない。ただし、当該承認の権限を持つ要員が、個別業務計画に定める手順により、特に承認をする場合は、この限りではない。</p> <p>(5) 保安に関する組織は、<u>保安活動の重要度に応じて、使用前事業者検査等の独立性（使用前事業者検査等を実施する要員をその対象となる機器等を所管する部門に属する要員と部門を異にする要員とすることその他の方法により、使用前事業者検査等の中立性及び信頼性が損なわれないことをいう。）を確保する。</u></p> <p>(6) 保安に関する組織は、保安活動の重要度に応じて、自主検査等における独立性については、8.2.4(5)を準用する。この場合において、「部門を異にする要員」とあるのは、「必要に応じて部門を異にする要員」と読み替えるものとする。</p> <p>8.3 不適合の管理</p> <p>(1) 保安に関する組織は、<u>個別業務等要求事項に適合しない機器等が使用され、又は個別業務が実施されることがないよう、当該機器等又は個別業務を特定し、これを管理する。</u></p> <p>(2) 保安に関する組織は、不適合の処理に係る管理並びにそれに関連する責任及び権限を手順書等に定める。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、次に掲げる方法のいずれかにより、不適合を処理する。</p>	<p>3.5.6 使用前事業者検査の実施</p> <p>原子力部門は、以下のとおり<u>使用前事業者検査を実施する。</u></p> <p>(1) 使用前事業者検査の検査要領書の作成</p> <p>適合性確認対象設備が設工認に適合していることを確認するため「3.5.3 使用前事業者検査の計画」で決定した確認方法を基に、使用前事業者検査要領書を作成する。</p> <p>実施する検査が代替検査となる場合は、代替による使用前事業者検査の方法を決定する。</p> <p>(2) 使用前事業者検査の体制</p> <p>使用前事業者検査の体制は、検査要領書で明確にする。</p> <p>(3) 使用前事業者検査の実施</p> <p>検査要領書に基づき、確立された検査体制の下で、使用前事業者検査を実施する。</p> <p>3.5 使用前事業者検査</p> <p>原子力部門は、適合性確認対象設備が設工認のとおりに行われていていること、技術基準規則に適合していることを確認（設工認のうち、設工認品管計画については、認可（届出後 30 日経過）された内容から設計、工事及び検査プロセスが変更されている場合には、品質マネジメントシステム計画に従い変更した後の設計、工事及び検査プロセスに従っていることを確認する。）するため、保安規定に基づく<u>使用前事業者検査を計画し、原子力部門に属する工事を主管する組織（以下「工事を主管する組織」という。）からの独立性を確保した検査体制のもと実施する。</u></p> <p>3.8 不適合管理</p> <p>原子力部門は、設工認に係る設計、工事及び検査において発生した不適合については、<u>品質マネジメントシステム計画に基づき管理を行う。</u></p>	<p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い使用前事業者検査を実施することとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い使用前事業者検査における独立性を確保することとしていることから整合している。</u></p> <p>設計及び工事の計画では、<u>設置変更許可申請書（本文十一号）に基づき定めている品質マネジメントシステム計画に従い、設工認に係る業務にて発生した不適合を管理することとしていることから整合している。</u></p>

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>a. 発見された不適合を除去するための措置を講ずる。</p> <p>b. 不適合について、あらかじめ定められた手順により原子力の安全に及ぼす影響について評価し、機器等の使用又は個別業務の実施についての承認を行う（以下「特別採用」という。）。</p> <p>c. 機器等の使用又は個別業務の実施ができないようにするための措置を講ずる。</p> <p>d. 機器等の使用又は個別業務の実施後に発見した不適合については、その不適合による影響又は起こり得る影響に応じて適切な措置を講ずる。</p> <p>(4) 保安に関する組織は、不適合の内容の記録及び当該不適合に対して講じた措置（特別採用を含む。）に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(5) 保安に関する組織は、8.3(3)a に基づく措置を講じた場合においては、個別業務等要求事項への適合性を実証するための検証を行う。</p> <p>8.4 データの分析及び評価</p> <p>(1) 保安に関する組織は、品質マネジメントシステムが実効性のあるものであることを実証するため、及び当該品質マネジメントシステムの実効性の改善の必要性を評価するために、適切なデータ（監視測定の結果から得られたデータ及びそれ以外の関連情報源からのデータを含む。）を明確にし、収集し、及び分析する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、8.4(1)に基づくデータの分析及びこれに基づく評価を行い、次に掲げる事項に係る情報を得る。</p> <p>a. 保安に関する組織の外部の者からの意見の傾向及び特徴その他分析により得られる知見</p> <p>b. 個別業務等要求事項への適合性</p> <p>c. 機器等及びプロセスの特性及び傾向（是正処置を行う端緒となるものを含む。）</p> <p>d. 調達物品等の供給者の供給能力</p> <p>8.5 改善</p> <p>8.5.1 継続的な改善</p> <p>保安に関する組織は、品質マネジメントシステムの継続的な改善を行うために、品質方針及び品質目標の設定、マネジメントレビュー及び内部監査の結果の活用、データの分析並びに是正処置及び未然防止処置の評価を通じて改善が必要な事項を明確にするとともに、当該改善の実施その他の措置を講じる。</p> <p>8.5.2 是正処置等</p> <p>(1) 保安に関する組織は、個々の不適合その他の事象が原子力の安全に及ぼす影響に応じて、次に掲げるところにより、速やかに適切な是正処置を講じる。</p> <p>a. 是正処置を講ずる必要性について次に掲げる手順により評価を行う。</p> <p>(a) 不適合その他の事象の分析及び当該不適合の原因の明確化</p> <p>(b) 類似の不適合その他の事象の有無又は当該類似の不適合その他の事象が発生する可能性の明確化</p>		

設置変更許可申請書（本文）	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>b. 必要な是正処置を明確にし、実施する。</p> <p>c. 講じた全ての是正処置の実効性の評価を行う。</p> <p>d. 必要に応じ、計画において決定した保安活動の改善のために講じた措置を変更する。</p> <p>e. 必要に応じ、品質マネジメントシステムを変更する。</p> <p>f. 原子力の安全に及ぼす影響の程度が大きい不適合に関して、根本的な原因を究明するために行う分析の手順を確立し、実施する。</p> <p>g. 講じた全ての是正処置及びその結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、8.5.2(1)に掲げる事項について、手順書等に定める。</p> <p>(3) 保安に関する組織は、手順書等に基づき、複数の不適合その他の事象に係る情報から類似する事象に係る情報を抽出し、その分析を行い、当該類似の事象に共通する原因を明確にした上で、適切な措置を講じる。</p> <p>8.5.3 未然防止処置</p> <p>(1) 保安に関する組織は、原子力施設その他の施設の運転経験等の知見を収集し、自らの組織で起こり得る不適合の重要性に応じて、次に掲げるところにより、適切な未然防止処置を講じる。</p> <p>a. 起こり得る不適合及びその原因について調査する。</p> <p>b. 未然防止処置を講ずる必要性について評価する。</p> <p>c. 必要な未然防止処置を明確にし、実施する。</p> <p>d. 講じた全ての未然防止処置の実効性の評価を行う。</p> <p>e. 講じた全ての未然防止処置及びその結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>(2) 保安に関する組織は、8.5.3(1)に掲げる事項について手順書等に定める。</p>		

耐震性に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 2

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	2 (1) - 1
2. 耐震性に関する評価	2 (1) - 1

1. 概 要

本資料は、発電用原子炉施設のうち燃料体の耐震設計について「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5条（地震による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 耐震性に関する評価

今回の申請に係る燃料体は既認可燃料体^(注)から変更はなく、当該燃料体に係る耐震設計は、平成27年3月18日付け原規規発第1503181号にて認可された工事計画の添付資料3「耐震性に関する説明書」のうち添付資料3-17-1-2「燃料集合体の耐震計算書」及び令和元年7月24日付け原規規発第1907244号にて認可された工事計画の添付資料2「耐震性に関する説明書」（以下併せて「既設工認における耐震性に関する説明書」という。）にて適合性を確認している。

従って、今回の燃料体に係る耐震性に関する評価は、既設工認における耐震性に関する説明書による。

（注）燃料メーカーが既に燃料体設計認可を取得した燃料体

強度に関する説明書

設計及び工事計画認可申請添付資料 3

川内原子力発電所第 1 号機

目 次

	頁
1. 概 要	3 (1) - 1
1.1 燃料集合体の構造	3 (1) - 1
1.1.1 燃料棒	3 (1) - 1
1.1.2 上部ノズル組立体及び下部ノズル	3 (1) - 2
1.1.3 制御棒案内シンプル	3 (1) - 3
1.1.4 炉内計装用案内シンプル	3 (1) - 3
1.1.5 支持格子	3 (1) - 3
2. 設計条件	3 (1) - 5
2.1 燃焼度	3 (1) - 5
2.2 線出力密度	3 (1) - 5
2.3 原子炉運転条件	3 (1) - 6
3. 燃料棒の強度計算	3 (1) - 7
3.1 燃料棒の設計基準	3 (1) - 7
3.2 燃料棒の強度評価方法	3 (1) - 9
3.2.1 強度評価に用いる解析コード	3 (1) - 9
3.2.2 解析コードに用いるモデル及び計算方法	3 (1) - 12
3.3 強度評価結果	3 (1) - 45
3.3.1 計算条件	3 (1) - 45
3.3.2 計算結果	3 (1) - 52
3.3.3 燃料棒の温度評価結果	3 (1) - 58
3.3.4 燃料棒の内圧評価結果	3 (1) - 61
3.3.5 被覆管の応力評価結果	3 (1) - 63
3.3.6 被覆管のひずみ評価結果	3 (1) - 71
3.3.7 被覆管の疲労評価結果	3 (1) - 74
3.4 その他の考慮事項	3 (1) - 77
3.4.1 燃料棒曲がり評価	3 (1) - 77
3.4.2 トータルギャップ評価	3 (1) - 77
3.4.3 被覆管外面腐食及び水素吸収量評価	3 (1) - 78
3.4.4 PCI 評価	3 (1) - 79

3.4.5	クリープコラプス評価	3 (1) - 79
3.4.6	フレッティング摩耗評価	3 (1) - 80
3.4.7	混在炉心における共存性	3 (1) - 81
4.	燃料集合体の強度計算	3 (1) - 92
4.1	燃料集合体の設計基準	3 (1) - 92
4.2	燃料集合体強度評価方法	3 (1) - 95
4.2.1	燃料輸送及び取扱い時における評価方法	3 (1) - 95
4.2.2	通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時 における評価方法	3 (1) - 98
4.3	強度評価結果	3 (1) - 101
4.3.1	燃料輸送及び取扱い時における評価結果	3 (1) - 101
4.3.2	通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時 における評価結果	3 (1) - 103
5.	参考文献	3 (1) - 106

1. 概要

本資料は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第 23 条及び「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の解釈」に基づき、17 行 17 列 B 型燃料集合体（ウラン燃料）（以下「燃料集合体」という。）が原子炉内における使用期間中に生じ得る種々の因子を考慮しても、その健全性を失うことがないように設計されていることを説明するものである。

なお、炉心は 157 体の燃料集合体で構成され、原子炉熱出力 2,652MW を安全に出せるように設計されている。燃料集合体は所定の燃焼率（以下「燃焼度」という。）を達成できるように設計されている。

1.1 燃料集合体の構造

燃料集合体は、燃料要素（以下「燃料棒」という。）、上部ノズル押さえばねが組み込まれている上部ノズル（以下「上部ノズル組立体」という。）、下部ノズル、制御棒案内シンプル、炉内計装用案内シンプル及び支持格子から構成されている。

以下に個々の構成要素を説明する。

1.1.1 燃料棒

燃料棒は核分裂により発生する熱を 1 次冷却材に伝える機能及び核分裂生成物を燃料棒内に保持する機能を有する。

燃料棒は、燃料被覆材（以下「被覆管」という。）に、二酸化ウラン焼結ペレット（以下「二酸化ウランペレット」という。）、又はガドリニア入り二酸化ウラン焼結ペレット（以下「ガドリニア入り二酸化ウランペレット」という。）、また、ペレットの上部及び下部には、上部プレナムコイルばね及び下部プレナムコイルばね（以下「ペレット押さえばね」という。）が入れられ、上端及び下端に燃料被覆材端栓が溶接された構造となっている。さらに、燃料棒はペレットと被覆管の相互作用を軽減するために上部端栓に設けられた加圧孔を通してヘリウムが加圧充てんされ、封入溶接された密封構造となっている。

二酸化ウランペレット及びガドリニア入り二酸化ウランペレットは、それぞれ二酸化ウラン粉末、二酸化ウラン粉末とガドリニア粉末の混合粉が圧縮成形され、水素／窒素混合雰囲気焼結された円柱形の焼結体であり、両端面中央部に凹部（以下「ディッシュ」という。）を有する。また、両端面周

縁部に面取り（以下「チャンファ」という。）を有する。

ディッシュは照射中の軸方向の熱膨張及びスエリングによる膨張を吸収し、チャンファは、端面近傍の微少な欠け発生を低減し、また、膨張時端面の変形を抑える働きをする。

燃料棒の上部及び下部には、燃焼による核分裂生成ガスの放出による燃料棒内圧の上昇を軽減するため、ガス溜めの作用をするプレナム部が設けられている。

ペレット押さえばねは、燃料集合体の輸送及び取扱い時に、ペレットが移動することを防止している。

また、ペレット直径、ペレットと被覆管の間隙及び被覆管の肉厚は通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、燃料棒の健全性が十分維持されるように設定されている。

上部ノズル組立体及び下部ノズルと燃料棒の間隔は、原子炉での使用時、燃料棒の軸方向の伸びを考慮して設定されている。

1.1.2 上部ノズル組立体及び下部ノズル

上部及び下部ノズルは、原子炉内における燃料集合体の位置決めをする機能を有する。さらに、上部及び下部ノズルには、燃料集合体内で発生する熱を除去するため、下方より流入する 1 次冷却材を燃料集合体内へ導き、通過させるための孔が設けられ、その流路が確保されている。上部及び下部ノズルには、上部及び下部炉心板に取り付けられた案内ピンとかん合する孔が、上部及び下部ノズルの対角位置の 2 コーナに設けられている。

また上部ノズル組立体は、通常運転時の燃料集合体の浮き上がりを防止するため、上部炉心板と燃料集合体の間隔の変化に応じ適切なばね力を発生する板状の上部ノズル押さえばねが上部ノズルに組み込まれてクランプスクリューによって取り付けられている。

上部ノズル組立体は、上部リングナットにより制御棒案内シンプルとねじ結合されている。

また下部ノズルは、シンプルスクリューにより制御棒案内シンプルと結合されている。下部ノズルは、ストラクチャーの上面に異物フィルターを配置し、リベットにより結合されている。異物阻止性能向上のため、異物フィルターのすべての流水孔は、燃料棒と最下部支持格子に対応する配置となっている。

1.1.3 制御棒案内シンプル

制御棒案内シンプルは、制御棒、バーナブルポイズン棒、中性子源棒等を燃料集合体内へ挿入する際の案内をする機能及びこれらを保持する機能を有する。

制御棒案内シンプルは、下部の内外径を細くすることによって内部に保有する 1 次冷却材の抵抗により、制御棒落下による燃料集合体への衝撃を緩和するようになっている。

また、制御棒案内シンプル 24 本のうち 8 本には、中間部支持格子の上位置にストッパーを溶接で取り付け、中間部支持格子が燃料棒及び制御棒案内シンプルを滑り、過度に移動することを防止している。これは、Sn-Fe-Cr 系ジルコニウム合金製中間部支持格子の燃料棒拘束力緩和が、析出硬化型ニッケル基合金製支持格子よりも大きく、また、圧力損失の増加により浮き上がり力が大きくなるためである。

1.1.4 炉内計装用案内シンプル

炉内計装用案内シンプルは、下部ノズル下面から燃料集合体内に挿入される炉内中性子束検出器を導き、これを保持する機能を有する。

炉内計装用案内シンプルの上端及び下端は、上部ノズル組立体及び下部ノズルに設けられた孔に挿入された構造となっている。

また炉内計装用案内シンプルには、中間部支持格子 7 個の各下位置にスリーブが拡管で取り付けられており、中間部支持格子が下方向に過度に動くことを防止する働きをする。

1.1.5 支持格子

支持格子は、ソフトストップとハードストップによって、燃料棒を保持する。また、燃料棒相互の間隔並びに燃料棒と制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルとの間隔を保ち、核的性能及び熱水力的性能を保つ機能を有する。

支持格子は、薄板が 17 行 17 列の格子状に組み合わせられたもので、溶接された構造となっている。

最上部支持格子には制御棒案内シンプルを挿入する 24 箇所中ストッパー付き制御棒案内シンプルを挿入する 8 箇所を除いてスリーブが溶接されており、2 段の拡管により制御棒案内シンプルに固定されている。最下部支持

格子にはスリーブが溶接されており、かしめにより制御棒案内シンプルに固定されている。

一方、中間部支持格子は、制御棒案内シンプルに固定されていないため、制御棒案内シンプルと燃料棒の間に熱膨張差及び照射成長差が生じても、中間部支持格子が燃料棒とともに移動することで、燃料棒の過度の曲がりを低減する働きをする。また、中間部支持格子 7 個には、1 次冷却材の混合を助け、熱除去効率を高めるために、混合羽根が設けられている。

2. 設計条件

本申請の燃料集合体の通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における核・熱水力設計条件は以下のとおりである。

2.1 燃焼度

本申請の燃料集合体、燃料棒及びペレットに対する設計の燃焼度は次のとおりである。

燃料集合体最高	:	55,000	MWd/t
燃料棒最高	:	61,000	MWd/t
ペレット最高	:	71,000	MWd/t

2.2 線出力密度

炉心平均線出力密度は 17.1kW/m である。また、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における最大線出力密度は次のとおりである。

	<u>二酸化ウラン</u> 燃料棒	<u>ガドリニア入り</u> 二酸化ウラン燃料棒
通常運転時の 最大線出力密度	: 41.1 kW/m	31.9 kW/m
運転時の異常な 過渡変化時における 最大線出力密度	: 59.1 kW/m	44.3 kW/m

ガドリニア入り二酸化ウラン燃料棒（以下「ガドリニア入り燃料棒」という。）ではガドリニアを 6wt%又は 10wt%添加したことに対し、U-235濃縮度を二酸化ウラン燃料棒の 4.80wt%より 1.60wt%低下させ 3.20wt%としているので、ガドリニア入り燃料棒の最大線出力密度は二酸化ウラン燃料棒の場合より低くなる。

2.3 原子炉運転条件

本申請の燃料集合体を使用する原子炉における 1 次冷却材の運転条件の主なものは次のとおりである。

- ・原子炉熱出力 : 2,652 MW
- ・運転圧力 : 15.5 MPa[abs]
- ・炉心入口温度
 - 通常運転時 : 283.6 ℃
 - 高温停止時 : 286.1 ℃
- ・1 次冷却材全流量 : 45.7×10^6 kg/h

3. 燃料棒の強度計算

3.1 燃料棒の設計基準

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、第 3-1 表に示す基準を満足するように燃料棒を設計する。

設計基準を設定するに当たっての基本的な考慮事項と設計基準を同表に示す。

なお、これらの基準は、原子力規制委員会規則「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」、技術基準規則、原子炉安全基準専門部会報告書「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について（昭和 63 年 5 月 12 日）」及び原子炉安全専門審査会内規「加圧水型原子炉に用いられる 17 行 17 列型の燃料集合体について（昭和 51 年 2 月 16 日）」に記載されている考え方に基づいている。

このほか、その他の考慮事項として、燃料棒曲がり評価、トータルギャップ評価、被覆管外面腐食及び水素吸収量評価、ペレット-被覆管相互作用の評価 (PCI 評価)、クリープコラプス評価及びフレットィング摩耗評価を実施する。

第 3-1 表 燃料棒設計における基本的考慮事項と設計基準

項目	基本的考慮事項	設計基準
(1)燃料温度	1) ペレット溶融に伴う過大な膨張を防ぐ。 2) 燃料スタックの不安定化を防ぐ。 3) 核分裂生成ガス（以下「FP ガス」という。）の過度の放出あるいは移動を防ぐ。 4) ペレットと被覆管の有害な化学反応を防ぐ。	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)燃料棒内圧	サーマルフィードバック効果 ^(注1) による燃料温度の過度な上昇を防ぐ。	通常運転時において、被覆管の外向きのクリープ変形により、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)被覆管応力	通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時を通じて被覆管の健全性を確保する。	被覆管の耐力 ^(注2) 以下であること。
(4)被覆管ひずみ		円周方向引張ひずみの変化量は各過渡変化に対し1%以下であること。
(5)周期的な被覆管ひずみ（累積損傷係数）	日間負荷変動を含む種々の設計過渡条件に対して被覆管の健全性を確保する。	ASME Sec. III の概念による設計疲労寿命以下であること。

(注 1) 内圧支配に至った燃料棒では、被覆管は外向きのクリープ変形により外径が増加し、一旦接触したペレットと被覆管のギャップが再度生じる可能性がある。これにより、ギャップ部の熱伝達が低下し燃料温度が増加すると、更に FP ガスが放出されて内圧が上昇し、その結果、更にギャップが広がる。

(注 2) 0.2%の塑性変形を起こす応力をいう。

3.2 燃料棒の強度評価方法

強度評価は、3.1 項で述べた設計基準に従って行うが、以下にこれら評価方法及び解析コードの概要を述べる。

また第 3-1 図に燃料棒強度評価フロー図を示す。

3.2.1 強度評価に用いる解析コード

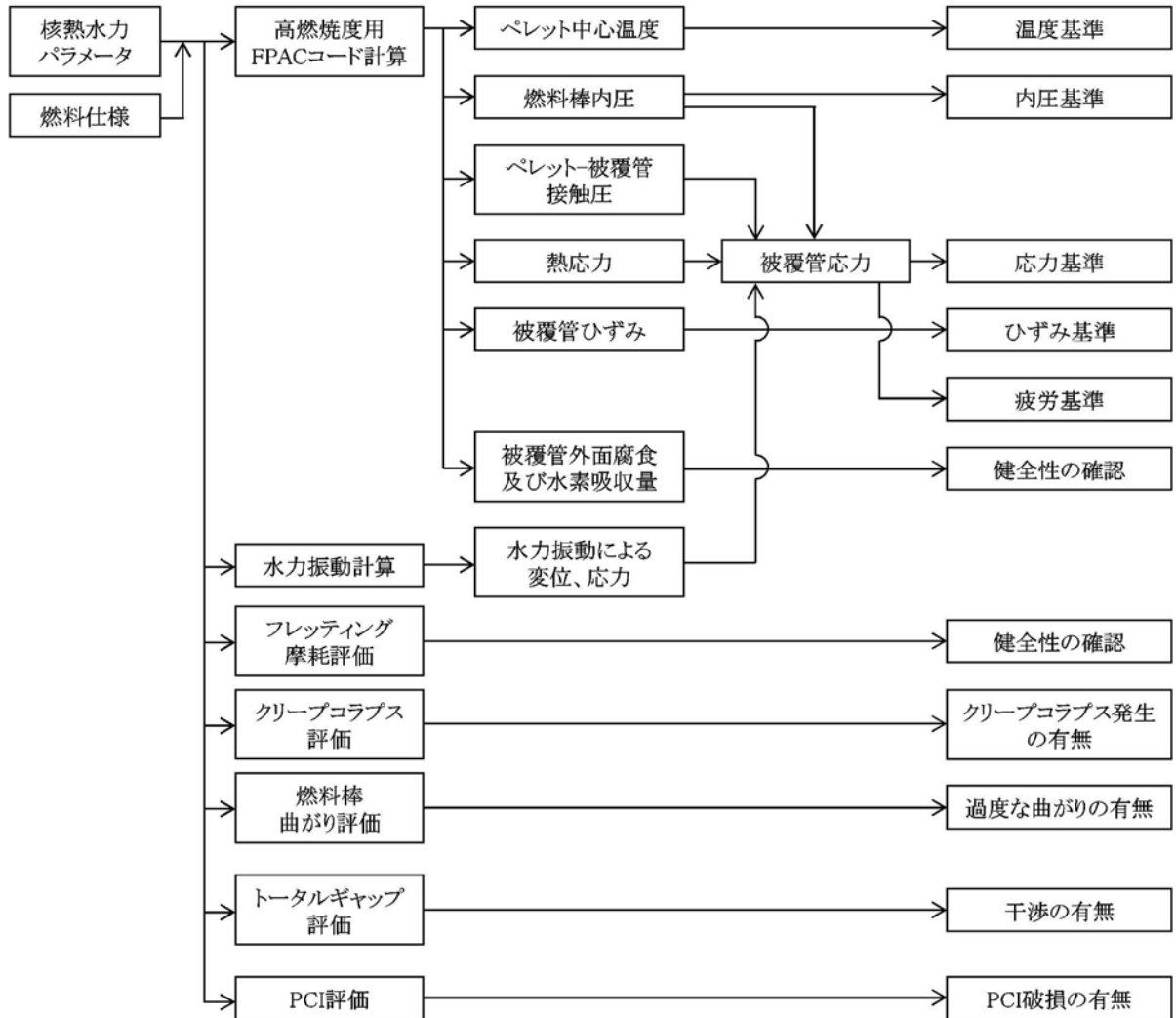
現在の発電用軽水炉においては、二酸化ウラン粉末を焼結したペレットあるいは二酸化ウラン粉末にガドリニア粉末を混合し焼結したペレットを、ジルコニウムを主成分とした合金被覆管の中に挿入した燃料棒が用いられている。

この燃料棒の強度評価を、二酸化ウランペレットやガドリニア入り二酸化ウランペレット（ガドリニア濃度 10wt%以下）の照射挙動をモデル化し、燃焼によるペレット熱伝導率の低下等の高燃焼度下での照射挙動、あるいは、Sn-Fe-Cr-Nb-Ni 系ジルコニウム基合金（以下「NDA」という。）被覆管の照射挙動をモデル化した高燃焼度用 FPAC コード⁽¹⁾(Fuel Performance Analysis Code)を用いて行う。評価に用いる解析コード「高燃焼度用 FPAC Ver.1」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

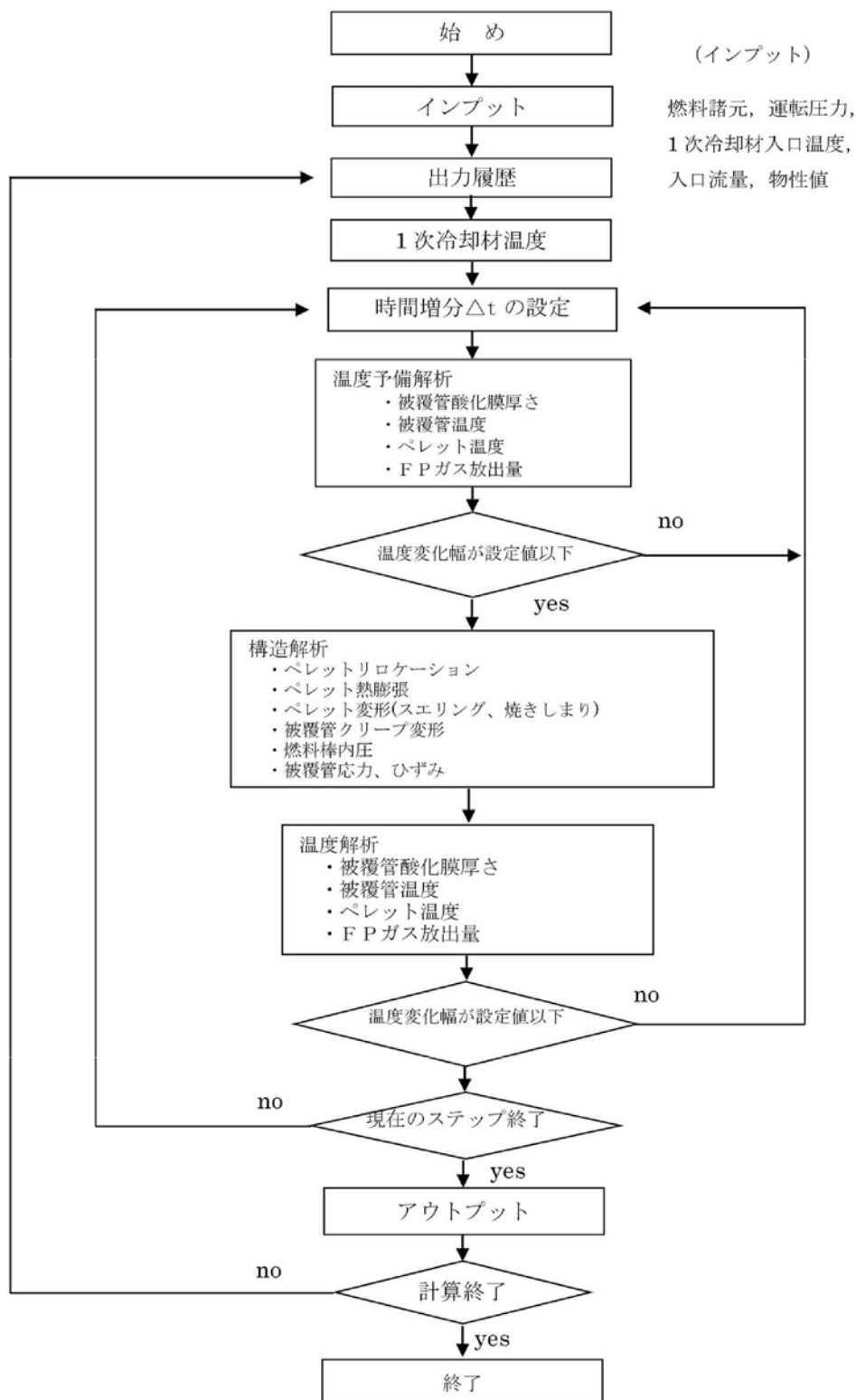
高燃焼度用 FPAC コードは、燃料棒が原子炉内で示す挙動（核分裂生成物（以下「FP」という。）の生成及び放出、ペレットの割れ、熱膨張、スエリング及び焼きしまり、被覆管の熱膨張、弾性変形、クリープ及び照射成長、ペレットと被覆管の相互作用等）をモデル化して、ペレット中心温度、燃料棒内圧、被覆管の応力、ひずみ及び疲労等を評価することができる。

計算フローの概要は、第 3-2 図に示すブロックダイアグラムで表される。

燃料棒評価



第3-1図 燃料棒強度評価フロー図



第3-2図 高燃焼度用FPACコードのフロー図

3.2.2 解析コードに用いるモデル及び計算方法

(1) 燃料棒の温度

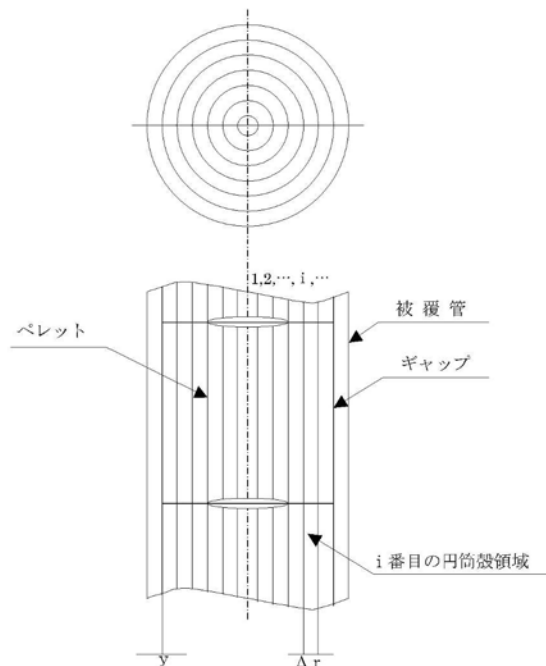
高燃焼度用 FPAC コードでは、燃料中心温度は定常状態にあるものとして、燃料中心温度に影響を与える因子、即ち、1次冷却材温度、被覆管と1次冷却材間の熱伝達係数、被覆管熱伝導率、ギャップコンダクタンス、ペレット熱伝導率を考慮した燃料棒全体の熱伝導マトリックスを作成し、温度計算を行う。なお、ペレットタイプにより異なる項目については、その影響を考慮している。

燃料中心温度は次式で計算する。

$$T_{fuel} = T_{cool} + \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

ここで、

- T_{fuel} : 燃料中心温度、℃
- T_{cool} : 1次冷却材温度、℃
- ΔT_1 : 被覆管表面温度上昇、℃
- ΔT_2 : 被覆管内外面温度差、℃
- ΔT_3 : 被覆管の内面とペレット表面の温度差（ギャップによる温度上昇）、℃
- ΔT_4 : ペレット内温度上昇、℃



a. 1次冷却材温度

次式により1次冷却材温度を求める。

$$T_{cool}(Z) = T_{in} + \int_0^Z \frac{4q''(Z)}{C_p G D_e} dZ \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

ここで、

- Z : 軸方向高さ、m
- $T_{cool}(Z)$: 軸方向高さ Z における冷却材温度、 $^{\circ}\text{C}$
- T_{in} : 1次冷却材入口温度、 $^{\circ}\text{C}$
- $q''(Z)$: 軸方向高さ Z における熱流束、 W/m^2
- C_p : 1次冷却材比熱、 $\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$
- G : 1次冷却材流量、 $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$
- D_e : 熱水力等価直径、m

b. 被覆管表面の温度

1次冷却材と被覆管表面の温度差 ΔT_1 は、次のように計算する。

$$\Delta T_1 = \frac{q''}{h} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

ここで、

- q'' : 被覆管表面熱流束、 W/m^2
- h : 熱伝達係数、 $\text{W}/\text{m}^2/^{\circ}\text{C}$

未沸騰の領域では、熱伝達係数 h として Dittus-Boelter の式⁽²⁾から計算される値を用いる。

$$h = 0.023 \text{Re}^{0.8} \text{Pr}^{0.4} K / D_e \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

ここで、

- D_e : 熱水力等価直径、m
- K : 流体の熱伝導率、 $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$
- Re : レイノルズ数
- Pr : プラントル数

沸騰が生じているかを判定するために蒸気表から求めた飽和温度と前式から計算される被覆管表面温度を比較する。局所沸騰が生じている場合には、次に示す Thom の式⁽³⁾を用いて、被覆管表面温度を計算する。

$$\Delta T_1 = T_{clad} - T_{cool} \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

$$T_{clad} = T_{sat} + \Delta T_{Thom} \quad \dots\dots\dots (3-6)$$

ここで、

- T_{clad} : 被覆管表面温度、℃
- T_{sat} : 1次冷却材飽和温度、℃
- ΔT_{Thom} : Thom の式で計算される温度差、℃

$$= \frac{0.072(q''/3.155)^{0.5}}{1.8 \exp(0.1151P)}$$
- q'' : 熱流束、W/m²
- P : 系の圧力、MPa

c. 被覆管内外面の温度差

$$\Delta T_2 = \frac{\bar{q}'' t}{K_{cl}} \quad \dots\dots\dots (3-7)$$

ここで、

- \bar{q}'' : 被覆管の平均熱流束、W/m²
- K_{cl} : 被覆管の平均熱伝導率、W/m/℃
- t : 被覆管肉厚、m

さらに、この温度計算には、被覆管表面の酸化膜が時間とともに増加し、熱伝導を低下させる効果についても上式に合わせて考慮する。

d. 被覆管の内面とペレット表面の温度差（ギャップによる温度上昇）

$$\Delta T_3 = \frac{q''}{h_{gap}} \quad \dots\dots\dots (3-8)$$

ここで、

- q'' : ペレット表面での熱流束、W/m²
- h_{gap} : ギャップコンダクタンス、W/m²/℃

ギャップコンダクタンスは、Ross と Stoute の式⁽⁴⁾をもとにして、内部ガスの熱伝達、被覆管とペレットの接触による熱伝達、輻射による熱伝達の項の和として次のように表す。

$$h_{gap} = \frac{K_m}{\alpha y + \beta G} + h_r + h_s \quad \dots\dots\dots (3-9)$$

ここで、

K_m	: 混合ガスの熱伝導率、W/m ² /°C
y	: 径方向ギャップ、m
G	: 温度飛躍距離、m
α 、 β	: 係数
h_r	: 輻射による熱伝達係数、W/m ² /°C
h_s	: ペレット-被覆管接触による熱伝達係数、 W/m ² /°C
	$= K_{mean} \cdot f(R_1, R_2, P, H)$
	$K_{mean} = \frac{2k_c k_p}{k_c + k_p}$
k_c	: 被覆管熱伝導率、W/m ² /°C
k_p	: ペレット熱伝導率、W/m ² /°C
$f(R_1, R_2, P, H)$: ペレット表面粗さ、被覆管表面粗さ、 接触圧、メイヤ硬度の関数
R_1	: ペレット表面粗さ、m
R_2	: 被覆管表面粗さ（内面）、m
P	: ペレットと被覆管の接触圧、MPa
H	: メイヤ硬度、MPa

一般に輻射による熱伝達の項 h_r の寄与は小さい。

ガス熱伝導率

熱伝導に寄与するガスとしては、封入ガス(He)、FPガス(Kr,Xe)、ペレット吸着ガス(N₂)を考慮し、混合したガスの熱伝導率は MATPRO-V9 のモデル⁽⁵⁾により計算する。

ギャップコンダクタンス

径方向ギャップ y は、被覆管内面からペレット外径を減ずることで求める。但し、ペレット外径は、並びかえ（リロケーション）を考慮した寸法とする。

また、このギャップコンダクタンスの式では、 y は完全にゼロになることはなく、最小値を設けて表面粗さの寄与を考慮し、接触している時と接触していない時とを同一の式で表すことに特徴がある。

第3-3図にギャップコンダクタンスの実測値と計算値の比較を示す。

e. ペレット内温度上昇

ペレット内の温度分布は、径方向に分割した円筒殻領域の各々について次式を用いて計算する。各領域の温度差は次式で表される。

$$\Delta T_i = \frac{\bar{q}''_{fuel} \cdot \Delta r}{K_{fuel}} \dots\dots\dots (3-10)$$

ここで、

- ΔT_i : 円筒殻領域*i*の温度上昇、℃
- \bar{q}''_{fuel} : 領域*i*の平均熱流束、W/m²
- Δr : 領域*i*の厚さ、m
- K_{fuel} : 領域*i*の平均温度でのペレット熱伝導率、W/m/°C

この温度差 ΔT_i を合計してペレット内の温度上昇が求まる。

ペレット熱伝導率及びギャップコンダクタンスはペレット温度の関数としているため、この温度計算は、第3-2図の計算フローに従い計算する。また、ペレットの温度計算には、ペレット内の出力分布を考慮する。

(a) ペレット熱伝導率

二酸化ウランペレット

95%理論密度（以下「T.D.」という。）の未照射二酸化ウランペレットの熱伝導率は、次式で表される。

$$K_U^{95} = \underbrace{-0.0114 + \frac{100.17}{11.80 + 0.0238T}}_{K_0} + \underbrace{+ 86.40 \times 10^{-12} T^3 + 46.08 \times 10^{-10} T^2 + 81.92 \times 10^{-9} T}_{K_1} \dots\dots (3-11)$$

ここで、

- K_U^{95} : 95%T.D.のウランペレットの熱伝導率、W/m/°C
- T : 温度、℃
- K_0 : 格子振動による熱伝導の項、W/m/°C
- K_1 : 伝導電子による熱伝導の項、W/m/°C

この式は、980℃以下では IAEA(International Atomic Energy Agency)のパネルで推薦した式⁽⁶⁾の値とほぼ一致し、980℃以上では、

$$\int_{\text{融点}} KdT = 93 \text{ W/cm} \text{ となるようにして作成されている。}$$

この 93W/cm は、海外データ⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾が 90～97W/cm であるので、その中間値として決定された。

ガドリニア入り二酸化ウランペレット

ガドリニア入り二酸化ウランでは、 UO_2 結晶格子中の U 元素が、Gd により置換された結晶構造を持っている。このことから、 UO_2 結晶格子中では、Gd が不純物として働き、熱伝導率の低下をもたらす。Gd が熱伝導率を低下させる効果は、石本らのモデル⁽¹²⁾により考慮する。95%T.D.の未照射ガドリニア入り二酸化ウランペレットの熱伝導率は、次式で表される。

$$K_{Gd}^{95} = (K_0 / x) \cdot \arctan(x) + K_1 \quad \dots\dots\dots (3-12)$$

$$x = \sum_i (D_i \cdot y_i^{1/2}) \cdot K_0^{1/2}$$

ここで、

- K_{Gd}^{95} : 95%T.D.のガドリニア入り二酸化ウランペレットの熱伝導率、W/m/°C
- i : 元素 i 、Gd
- D_i : 元素 i の温度に依存する関数
- y_i : 元素 i の固溶濃度

モデル中の個々の定数は、未照射ガドリニア入り二酸化ウランペレット実測値と良く一致するように定められている。

照射効果

ペレットの熱伝導率は照射により低下することが報告されており、その主要な原因は、ペレット中に固溶した FP 元素によるものと、照射欠陥によるものの寄与とがある。FP 元素固溶による熱伝導率低下の効果については、Gd が不純物として働き、熱伝導率の低下をもた

らす効果と同様にモデル化することができる⁽¹²⁾。また、照射欠陥についても、不純物として見なすことによりモデル化されている。

$$K_{irr}^{95} = (K_0 / x) \cdot \arctan(x) + K_1 \dots\dots\dots (3-13)$$

$$x = \left\{ \sum_i (D_i \cdot y_i^{1/2}) + D_{irr} \cdot y_{irr}^{1/2} \right\} \cdot K_0^{1/2}$$

ここで、

- K_{irr}^{95} : 95%T.D.の照射後ペレットの熱伝導率、W/m²°C
- i : 元素 i (Gd,FP)
- D_i : 元素 i の温度に依存する関数
- D_{irr} : 照射欠陥の温度に依存する関数
- y_i : 元素 i の固溶濃度
- y_{irr} : 燃焼度の関数

モデル中の個々の定数は、FP 固溶を模擬した SIMFUEL や、照射後ペレットの熱伝導率実測値と良く一致するよう定められている。熱伝導率モデルを第 3-4 図～第 3-6 図に示す。

密度の効果

これまで述べた熱伝導率の式は 95%T.D.ペレットをベースとしており、他の密度のペレットやペレットの焼きしまりによる密度変化の熱伝導率への影響を以下の式で補正する。

$$K_{fuel} = K_{fuel}^{ref} \left(\frac{1-P}{1-P_{ref}} \right)^\alpha \dots\dots\dots (3-14)$$

ここで、

- K_{fuel} : ペレット熱伝導率、W/m²°C
- P : 気孔の比率
- α : 定数 1.5

* ref とは算出の元となるデータの意味。ここでは 95%T.D.ペレットのこと。

また、熱伝導率は [] と低下する⁽¹³⁾ため、 [] では、この影響を考慮したペレット熱伝導率を用いて [] を評価している。

(b) 径方向出力分布

分割したペレットの各円筒殻領域の発生熱量は、中性子輸送理論に基づく GDLUX コード⁽¹⁴⁾のパラメータサーベイの計算結果をもとにして、内挿又は外挿による値を使用できるようにしている。このサーベイ計算では、ペレットの径方向の出力分布がペレット直径、ペレット密度及び燃焼度による変化として求められている。

簡略計算には、中性子拡散方程式より得られる次の式を用いて計算する。

$$\phi / \phi_0 = I_0(\kappa r) \quad \dots\dots\dots (3-15)$$

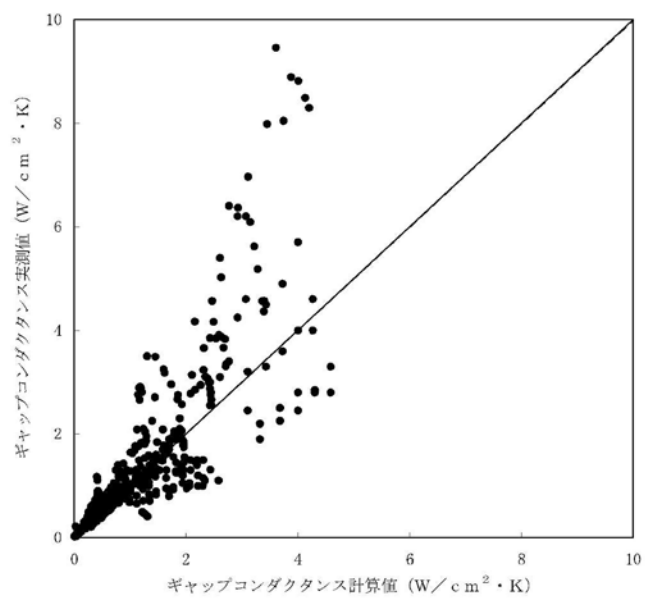
ここで、

ϕ / ϕ_0 : 位置 r での相対出力

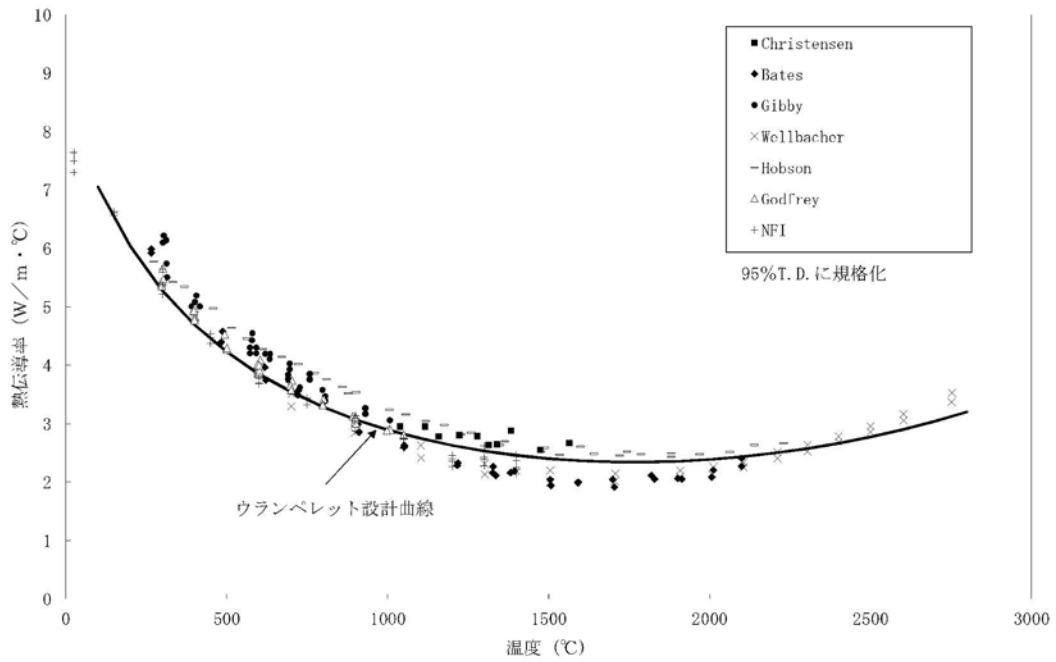
κ : 拡散係数の逆数 (濃縮度、燃焼度等で変化する。)

$I_0(x)$: 0 次の変形ベッセル関数

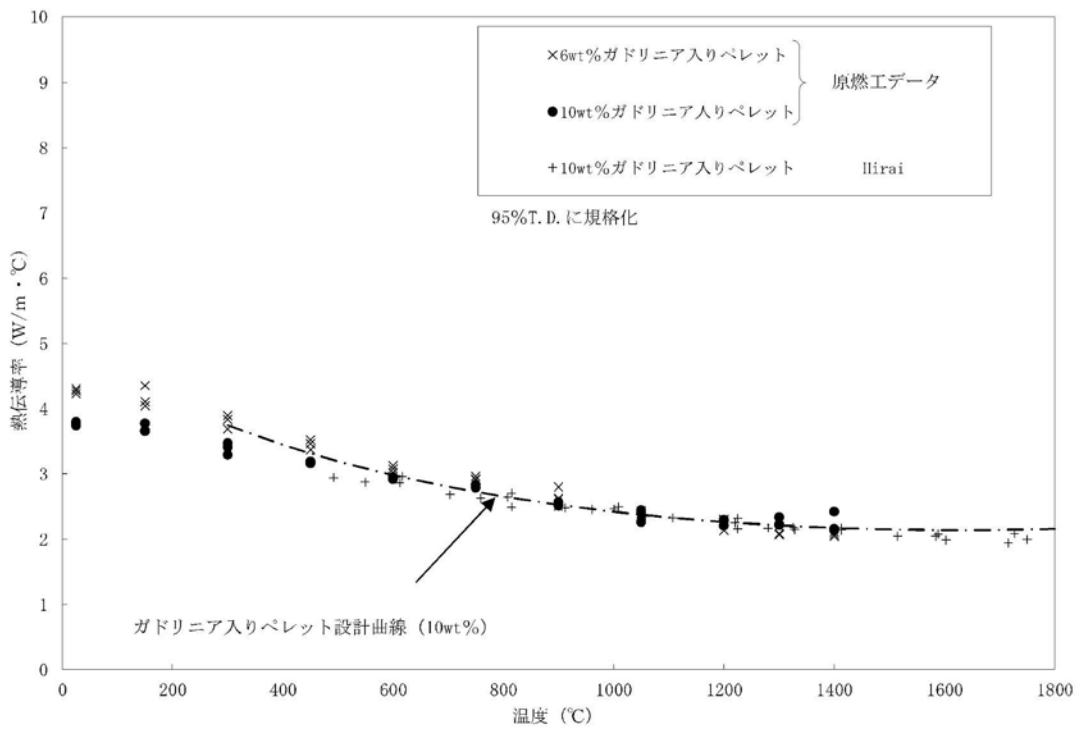
(注 1) 酸素対重金属比。二酸化ウランにおいては O/U (酸素対ウラン比) と同じであり、化学量論組成では 2.00 となる。



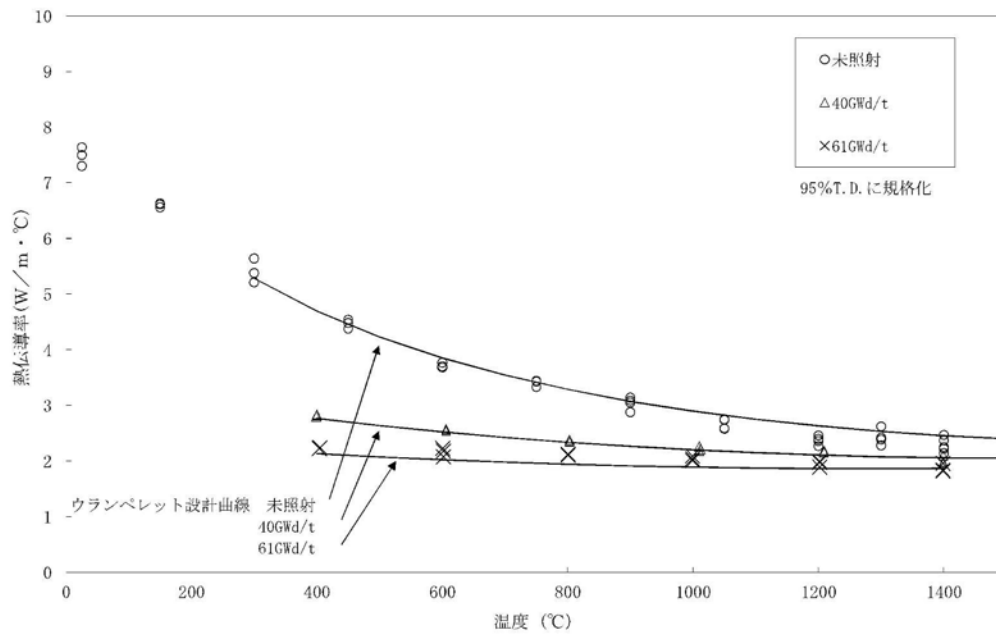
第3-3図 ギャップコンダクタンス式の実測値⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾と計算値との比較



第3-4図 二酸化ウランペレットの熱伝導率（未照射）(17)(18)



第3-5図 ガドリニア入り二酸化ウランペレットの熱伝導率（未照射）(18)(19)



第3-6図 照射後二酸化ウランペレットの熱伝導率(18)(20)(21)

(2) ペレットの寸法変化

ペレットの寸法変化は熱膨張、燃焼によるスエリング及び焼きしまり、ペレットのリロケーションを考慮して計算する。なお、被覆管応力について、ペレットのクリープ変形による軸方向への逃げがないとした場合の方が厳しい評価となるため、ペレットの軸方向へのクリープ変形は考慮していない。

a. ペレット熱膨張による寸法変化

熱膨張による寸法変化は次式により計算する。

$$L_i = L_{0i} [1 + \alpha (\bar{T}_i - T_{0i})] \dots\dots\dots (3-16)$$

ここで、

- L_{0i} : 室温での寸法、mm
- L_i : 温度 T_i での寸法、mm
- α : 熱膨張係数 (温度の関数)、 $1/^\circ\text{C}$
- \bar{T}_i : 領域 i での平均温度、 $^\circ\text{C}$
- T_{0i} : 室温、 $^\circ\text{C}$
- i : i 番目の円筒殻領域

ガドリニア入り二酸化ウランペレットの熱膨張率は二酸化ウランペレットと同等であることが報告されている⁽²²⁾。このことから熱膨張率モデルは、ペレットタイプによらず MATPRO-V9 の二酸化ウランの熱膨張モデル⁽⁵⁾としている。

b. ペレットスエリングによる寸法変化モデル

FP の生成及びその蓄積によるペレットのスエリングは、多くの照射実験及び観察結果に基づき以下のような項目に分けられる。

(a) 非圧縮性スエリング

非圧縮性スエリングとは、ペレットに加わる外部拘束力に依存しないものである。これには主に次の3つが寄与している。

1) 非蒸発性固体状 FP に起因するもの

高温でも蒸発しない固体状 FP によるものであり、単純に燃焼度に比例してスエリングに寄与する。

2) 蒸発性 FP に起因するもの

ヨウ素、セシウム等は高温になると気化してペレットより放出されるので、低温でのみスエリングに寄与する。

3) 結晶粒界に生成される微少な FP ガスに起因するもの

FP ガスに起因するが、微少なためペレットの外部拘束には依存せず、高温になるとペレットから放出され、スエリングに寄与しなくなる。

(b) 圧縮性スエリング

圧縮性スエリングとはペレットに被覆管との相互作用による外部拘束力が働くと、スエリングに寄与しなくなるものである。これは主に FP ガスに起因するもので、燃焼度に依存する。

ペレットに外部拘束力が働くとスエリングが小さくなることは、実験で明らかにされている⁽²³⁾。

以上をまとめると、単位燃焼度あたりのスエリング率は次式で表されることになる。

$$\Delta V/V = f(T, P, Bu) \dots\dots\dots (3-17)$$

ここで、

$\Delta V/V$: スエリング率

T : 温度、℃

P : ペレットに加わる外部拘束力、MPa

Bu : 燃焼度、MWd/t

ペレットのスエリングは、二酸化ウランペレットとガドリニア入り二酸化ウランペレットで同等であることが報告されている⁽²²⁾。このことから、ペレットタイプによらず、同一のモデルとしている。また、添付資料 4「燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐食性その他の性能に関する説明書」の 3.2.2 項で示したとおり、スエリングはペレット初期密度に依存しないと考えられるため、ペレット初期密度に関わらず同一のモデルとしている。

c. ペレットの焼きしまり

Marlowe のモデル⁽²⁴⁾に基づいた焼きしまりモデルを用いる。

ペレットの焼きしまりは、二酸化ウランペレットとガドリニア入り二酸化ウランペレットで同等であることが報告されている⁽²²⁾。このことから、ペレットタイプによらず、同一のモデルとしている。

d. ペレットのリロケーション

燃焼が開始されるとペレットが割れ、並びかえ（リロケーション）が起こり、ペレット径が増加する。また、被覆管とペレットが接触した後、ペレットの径が減少する。この効果を、照射後試験データを基にモデル化している。

(a) ペレット・被覆管の非接触時

非接触時におけるペレットリロケーションひずみ (ϵ_{reloc}) は次のように表される。

$$\epsilon_{reloc} = \frac{(D_{can}^{cold} - D_{pel}^{cold}) \times f(Bu, P)}{D_{pel}^{cold}} \dots\dots\dots (3-18)$$

ここで、

- ϵ_{reloc} : ペレットリロケーションひずみ
- D_{pel}^{cold} : 製造時ペレット外径、mm
- D_{can}^{cold} : 製造时被覆管内径、mm
- $f(Bu, P)$: 燃焼度と線出力密度によって決まる係数
- P : 線出力密度、W/cm
- Bu : 燃焼度、MWd/t

上式より、ペレット径は見掛け上 $(1 + \epsilon_{reloc}) D_{pel}$ であるとする (D_{pel} : リロケーションがないとした場合の燃焼中のペレット外径)。

なお、 $f(Bu, P)$ は燃料棒の照射後金相試験の写真からペレット-被覆管ギャップを測定して求めたギャップ閉塞割合である。

(b) ペレット・被覆管の接触時

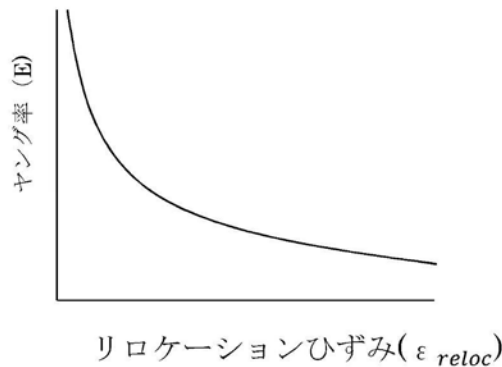
接触時におけるペレットリロケーションひずみの変化は、被覆管とペレットの接触応力とペレットの剛性（ヤング率）から求める。

$$\varepsilon_{reloc}^{new} = \varepsilon_{reloc}^{old} - \Delta \sigma_c / E \quad \dots\dots\dots (3-19)$$

ここで、

- $\varepsilon_{reloc}^{new}$: 現ステップにおけるリロケーションひずみ
- $\varepsilon_{reloc}^{old}$: 前ステップにおけるリロケーションひずみ
- $\Delta \sigma_c$: ペレットと被覆管の接触応力の変化量
- E : ペレットのヤング率 (リロケーションひずみの関数)

ここで、ペレットの剛性 (ヤング率) は被覆管クリープダウンのデータを良く説明するよう、リロケーションひずみにより変化するとしている。



上図において、ペレットリロケーションひずみが大きければペレットの剛性は小さい。この状態でペレットと被覆管が接触すると、ペレットは容易に圧縮されるため被覆管に発生する応力は小さく、いわゆる“ソフトコンタクト”の状態を表す。ペレットリロケーションひずみが小さくなるとペレットの剛性が高くなり、この状態でペレットと被覆管が接触すると、ペレットは容易には圧縮されなくなるため、燃料棒外径はペレットのスエリングにより徐々に増加していく。更にリロケーションひずみが小さくなりリロケーションひずみが無くなるとペレットは本来の剛性を回復し、この状態でペレットと被覆管が接触すると、燃料棒外径はペレットのスエリングに従って増加し、いわゆる“ハードコンタクト”の状態を表す。

ガドリニア入り二酸化ウランペレットのリロケーションモデル、ヤング率、ポアソン比は、二酸化ウランペレットと同一のモデルとしている。

(3) 被覆管の寸法変化

被覆管の寸法変化は、熱膨張、弾性変形、塑性変形、クリープ変形、及び照射成長を考慮して計算する。

a. 被覆管の熱膨張

熱膨張による寸法変化は次式により計算する。

$$R = R_0 [1 + \alpha (\bar{T} - T_0)] \quad \dots\dots\dots (3-20)$$

ここで、

R_0 : 室温での被覆管半径、mm

R : 温度 \bar{T} での被覆管半径、mm

\bar{T} : 被覆管平均温度、 $^{\circ}\text{C}$

T_0 : 室温、 $^{\circ}\text{C}$

α : 熱膨張係数 (温度の関数)、 $1/^{\circ}\text{C}$

軸方向の寸法変化も同様な式で計算する。

b. 被覆管の弾性変形

弾性変形は等方性として次式から計算する。

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_r \\ \varepsilon_{\theta} \\ \varepsilon_z \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu \\ -\nu & 1 & -\nu \\ -\nu & -\nu & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_r \\ \sigma_{\theta} \\ \sigma_z \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3-21)$$

ここで、

ε_r : 半径方向ひずみ

ε_{θ} : 円周方向ひずみ

ε_z : 軸方向ひずみ

σ_r : 半径方向応力、MPa

σ_{θ} : 円周方向応力、MPa

σ_z : 軸方向応力、MPa

E : 被覆管のヤング率 (温度の関数)、MPa

ν : 被覆管のポアソン比 (温度の関数)

主応力 σ_r 、 σ_{θ} 、 σ_z は、その主方向が円筒座標の座標軸と一致し (せん断応力はゼロとして計算する)、その方向が変化しないと仮定して計

算し、内外圧差による応力及び熱応力を考慮する。

内外圧差による応力は次式により計算する。

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 r_o^2 (P_o - P_i - P_c)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} + \frac{(P_i + P_c) r_i^2 - P_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} \dots\dots\dots (3-22)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{r_i^2 r_o^2 (P_o - P_i - P_c)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} + \frac{(P_i + P_c) r_i^2 - P_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} \dots\dots\dots (3-23)$$

$$\sigma_z = \frac{(P_i + P_c) r_i^2 - P_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} \dots\dots\dots (3-24)$$

ここで、

- σ_r : 半径方向応力、MPa
- σ_θ : 円周方向応力、MPa
- σ_z : 軸方向応力、MPa
- P_i : 内圧、MPa
- P_o : 外圧、MPa
- P_c : ペレット-被覆管間の接触圧、MPa
- r : 任意の径方向位置、mm
- r_i : 被覆管内半径、mm
- r_o : 被覆管外半径、mm

ペレットと被覆管の接触時の内外圧差による応力の計算においては、接触によって生じる応力を考慮するとともにリロケーションによる外径の増加分が残っている間は、ペレットは小さな外力で収縮し、大きな接触圧は生じないとモデル化している。

また、被覆管の内外面に温度差がある場合に被覆管に発生する熱応力は次式により計算する。

$$\sigma_r = \frac{E\alpha}{r^2(1-\nu)} \left[-\int_{r_i}^r T(r)rdr + \frac{r^2 - r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \int_{r_i}^{r_o} T(r)rdr \right] \dots\dots\dots (3-25)$$

$$\sigma_\theta = \frac{E\alpha}{r^2(1-\nu)} \left[-T(r)r^2 + \int_{r_i}^r T(r)rdr + \frac{r^2 + r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \int_{r_i}^{r_o} T(r)rdr \right] \dots\dots\dots (3-26)$$

$$\sigma_z = \frac{E\alpha}{1-\nu} \left[-T(r) + \frac{2}{r_o^2 - r_i^2} \int_{r_i}^{r_o} T(r)rdr \right] \dots\dots\dots (3-27)$$

ここで、

$$T(r) = \frac{T_i - T_o}{\log r_i - \log r_o} \log r + \frac{T_o \log r_i - T_i \log r_o}{\log r_i - \log r_o}$$