

3 . 4 燃料管理

燃料管理とは、燃料の設計、燃料の取替計画の策定、炉心管理、計量管理、燃料検査（新燃料体および照射燃料体）、設計改良項目の燃料設計への反映等の一連の燃料・炉心に係る業務をいう。

燃料管理の主目的は、燃料の健全性を確保することであり、そのため運転上の制限値、臨界に達しないための措置、取扱い方法等を原子炉施設保安規定に定め、これを遵守するとともに、これまで沸騰水型原子炉の発電所を有する事業者が共同で種々の燃料設計の改良、運転経験の反映等を行ってきており、燃料の信頼性向上に努めている。

また、使用済燃料の発生量低減およびウラン資源の有効利用のため、適切な炉心設計を行うとともに高燃焼度燃料の導入を図っている。

3.4-1 燃料管理における現在の保安活動の仕組みについて

燃料管理の目的を達成するために実施している、現在の保安活動の仕組みについて、その概要を説明する。

島根原子力発電所の燃料管理における保安活動は、燃料管理業務の中で実施している。燃料管理業務は、燃料の発電所への受入れから払出しまでの間に、燃料体管理、計量管理、炉心管理の業務を行っている（業務の概要については別添資料3.4-1「燃料管理の業務フロー（概要）」参照）。

・燃料体管理

燃料体管理の目的は、燃料の検査、移動、貯蔵、運搬を適切に行うことである。

(1) 新燃料の受入れおよび貯蔵

新燃料を燃料製造工場から発電所に運搬し、受け入れた新燃料の外観・寸法検査を行っている。また、新燃料は新燃料貯蔵庫または燃料プールに貯蔵している。なお、新燃料貯蔵時の異物混入対策として、新燃料貯蔵庫内の新燃料はビニール袋に入れて貯蔵し、新燃料貯蔵庫の蓋を常時閉めて管理している。

また、燃料プールでは作業の都度、プール周りに異物混入防止エリアを設け、当該エリア内作業を行う場合は物品持込管理を実施し、異物による燃料破損（燃料からの放射性物質の漏えい）の発生防止を図っている。

(2) 燃料の検査

原子炉で使用した燃料の中から検査対象を選定し、外観検査を行って燃料の健全性を確認している。

燃料の取替えを行った場合は、水中テレビカメラにより燃料集合体番号を確認し、燃料取替実施計画に定められた燃料配置となっていることを確認している。

また、原子炉の冷却材中に含まれるよう素 131 の増加量の測定結果等から、 SHIPPING 検査の可否を判断し、SHIPPING 検査が必要な場合は SHIPPING 検査を行い、燃料の使用の可否を判断する手順としている。

なお、島根原子力発電所においては、運転開始以来、燃料破損は発生していない。

(3) 燃料の移動

燃料を移動する場合は、燃料取扱設備を用いている。

原子炉から燃料プールへ燃料を取り出す場合は、制御棒を引抜くセルについて燃料をすべて取り出す等あらかじめ定めた手順により、1体毎移動している。

また、燃料プールから原子炉へ燃料を装荷する場合は、燃料を装荷するセルについて制御棒を全挿入しておく等あらかじめ定めた手順により1体毎移動し、移動の都度、臨界未満であることを確認している。

(4) 使用済燃料の貯蔵

使用済燃料を貯蔵する場合は、燃料プールに貯蔵している。

なお、燃料プールは、燃料貯蔵時の異物混入防止対策として、プール周りに異物混入防止エリアを設ける等の対策を行うことにより、貯蔵中の燃料に異物が入ることによる不具合の発生防止を図っている。

(5) 使用済燃料の運搬・払出し

使用済燃料を運搬する場合は、使用済燃料輸送容器に入れて運搬を行っている。

発電所施設にて十分冷却された使用済燃料は、現在、青森県六ヶ所村に設置されている再処理施設に払い出すこととしている。

・計量管理

計量管理の目的は、我が国と国際原子力機関（以下、「IAEA」という）との間で締結されている保障措置協定に基づき、燃料の在庫変動管理を適切に行うことならびに国およびIAEAの査察の対応を行うことである。

(1) 在庫管理

燃料の受け払いに関する計画を作成し、新燃料の受入れ、燃料取替、払出しの都度、燃料の在庫変動等の記録を作成し、官庁に提出している。

(2) 査察対応

国際約束として、核燃料物質が平和目的で利用されている（核兵器等へ転用されていない）ことを、国の立会いのもとにIAEAの査察により確認している。この査察対応として、核燃料物質の保管場所における保管状況や運転記録等を用意し、国およびIAEAに確認を受けている。

・炉心管理

炉心管理の目的は、燃料を安全かつ効率的に燃焼させることである。燃料を安全に燃焼させることとは、燃料の健全性確保のため、運転上の燃料・炉心に関する制限値や目標値を定め、これらの指標を遵守するように運転することである。更に、燃料破損発生の可能性がある場合、破損の拡大を低減する運転も実施する。一方、燃料を効率的に燃焼させることとは、燃料を安全に燃焼させることを前提としつつ、使用済燃料の発生量低減、燃料サイクルコストの低減を図るものである。具体的には別添資料3.4-1「燃料管理の業務フロー(概要)」に示す以下の業務に相当する。

(1) 燃料取替実施計画

運転計画等に基づいて、炉心設計コードを使用した、取替炉心の安全性確認項目(原子炉停止余裕、最小限界出力比、燃料棒最大線出力密度、燃料集合体最高燃焼度)の解析結果が、計画されている運転期間において、制限値または設計目標値を満足することを確認した上で、炉内の燃料配置や燃料取替体制を定めた燃料取替実施計画を作成している。

(2) 原子炉停止余裕検査

サイクルを通して原子炉停止余裕が確保されていることを確認するため、最大価値を有する制御棒を全引抜きし、更にその対角方向に隣接する制御棒を必要な反応度補正位置まで引抜き、この状態で原子炉が臨界未満であることを確認している。

(3) 炉心性能管理

原子炉起動時および運転中の制御棒パターン調整時等において、熱的制限値(最小限界出力比、燃料棒最大線出力密度)、燃料のならし運転等を遵守した出力上昇計画(制御棒操作手順を含む)を作成するほか、原子炉熱出力や炉心流量の監視、熱的制限値の監視を行い、燃料の健全性を確認している。

3.4-2 燃料管理における保安活動の評価結果

本節においては、評価対象期間中の燃料管理に係る以下の事項について評価した結果を示す。

- ・自主的改善事項の継続性
- ・不適合事象、指摘事項等の改善措置の実施状況、再発の有無
- ・運転実績指標のトレンド

・燃料管理の仕組みの改善状況

(1) 組織・体制

燃料管理に係る組織・体制の改善状況

組織・体制に係る自主改善活動を行っており、主な1件について現在も継続して取り組まれていることを確認した。

また、不適合事象、指摘事項等における改善状況のうち、組織・体制に係るものはなかった。

[保安活動における自主的改善事項の活動状況]

これまで実施してきた主な自主的改善事項を以下に示す。

a. 業務分担について

原子力を取り巻く諸情勢対し確に対応していくため、平成21年2月に当時の技術課内にある3担当の業務所掌の見直しを行った。合わせて、炉心燃料担当(当時の炉心・技術担当)と燃料管理担当(当時の燃料担当)との間で体制を構築した。

この結果、新燃料輸送時の現場対応など過渡的に発生する業務に対し機能的に対応できるようになった。

燃料管理に係る組織・体制の評価結果

組織・体制に係る自主的改善活動を行っており、現在も継続されていることを確認した。

組織・体制については、自主的改善事項の活動状況に示したように、現場対応などの過渡的に発生する業務に対し機能的に対応できる体制を構築していることから、適切な燃料管理が確実にでき、継続的な改善を図ることができる組織・体制であると判断した。

(2) 社内マニュアル

燃料管理に係る社内マニュアルの改善状況

社内マニュアルに係る自主的改善活動を行っており、主な1件について現

在も継続して取り組まれていることを確認した。

また、不適合事象、指摘事項等における改善状況のうち、社内マニュアルに係るものはなかった。

なお、マニュアル類の改正状況についてはQMS高度化(平成20年2月)以降について調査した。

[保安活動における自主的改善事項の活動状況]

これまで実施してきた主な自主的改善事項を以下に示す。

a. 水素脆化割れによる燃料破損防止の対応について

制御棒パターン調整/変更時の制御棒引抜きの際、ペレットと被覆管の相互作用(以下、「PCI」という)により燃料が破損しないよう引抜き制御棒周辺の燃料被覆管の円周方向応力を評価し、管理してきた。

しかし、「平成13年度 高燃焼度等燃料安全試験に関する報告書(BWR高燃焼度燃料 総合評価編)」「(財)原子力発電技術機構、平成14年3月)における出力急昇試験等の知見から燃焼が進んだ燃料においては、従来のPCIによる燃料破損ではなく、水素脆化割れによる燃料破損が生じることが分かった。

この対策として、従来のPCIによる燃料破損防止の管理に加え、燃焼が進んだ領域については、新たに水素脆化割れにより燃料が破損しないように燃料被覆管の円周方向応力の管理を追加し、あわせてそれらの管理方法を「炉心管理手順書」に記載した。

この対策により、燃料破損のリスクを低減することで原子力発電所の安全運転を図っている。

なお、島根原子力発電所においては、運転開始以来、燃料破損は発生していない。

燃料管理に係る社内マニュアルの評価結果

社内マニュアルに係る自主的改善活動を行っており、現在も継続されていることを確認した。

社内マニュアルについては、燃料管理を実施する上で具体的な要領および手順を定めており、それらを遵守することにより、燃料破損のような原子力発電所の安全運転を損なう事象は発生していないことならびに自主的改善事項の活動状況として示した「水素脆化割れによる燃料破損防止の対応について」のように社内マニュアルの改正を順次行っていることから、適切にマニュアルが整備され、改善が図られていると判断した。

(3) 教育・訓練

燃料管理に係る教育・訓練の改善状況

教育・訓練に係る自主的改善活動を行っており、主な1件について現在も継続して取り組まれていることを確認した。

また、不適合事象、指摘事項等における改善状況のうち、教育・訓練に係るものはなかった。

[保安活動における自主的改善事項の活動状況]

これまで実施してきた主な自主的改善事項を以下に示す。

a. 燃料装荷時の燃料集合体着座位置の管理について

平成19年11月に柏崎刈羽原子力発電所5号機において、原子炉内の点検のため、原子炉から燃料プールへ燃料の移動作業を実施していたところ、燃料取替機の荷重が大きくなったことを示す警報が発報し、燃料取替機が自動運転を停止した。水中カメラを使用して当該燃料の外観を点検したところ、燃料が正しい装荷位置である燃料支持金具から外れていることが確認された。

原因は、原子炉への燃料装荷の際、燃料下部が燃料支持金具内に着座しない状態であったため、その後の地震により正規の着座位置から外れたものと推定されている。

この対策として、原子炉への燃料装荷時の「燃料移動手順」に燃料着座位置の目標値の記載および目標値を外れた場合の対応を記載し、その内容について定期検査毎に燃料取替業務に関わる者への教育を実施している。同事象は島根原子力発電所の運転開始以来、発生していないが、この対策により更なる改善が図られていると判断した。

燃料管理に係る教育・訓練の評価結果

教育・訓練に係る自主的改善活動を行っており、現在も継続されていることを確認した。

教育・訓練については、自主的改善事項の活動状況として示した「燃料装荷時の燃料集合体着座位置の管理について」のように、手順書の反映、教育等を行っていることから、改善が図られていると判断した。

・ 設備の改善状況

(1) 燃料管理に係る設備の改善状況

設備に係る自主的改善活動を行っており、主な2件について現在も継続して取り組まれていることを確認した。

また、不適合事象、指摘事項等における改善状況のうち、設備に係るものはなかった。

[保安活動における自主的改善事項の活動状況]

これまで実施してきた主な自主的改善事項を以下に示す。

燃料破損発生時の対応について

島根原子力発電所2号機において、燃料破損の監視は、原子炉冷却材および排ガス系の放射性物質濃度の測定と排ガス系の放射線の測定（以下、「排ガス放射線モニタ」という）により実施している。しかし、原子炉冷却材および排ガス系の放射性物質濃度の測定は、1週間に1回の手分析で行っており、連続的な測定ではなく、また、排ガス放射線モニタは連続測定しているが、微小な燃料破損による指示の変化が顕著に現れない。このため、燃料破損の早期発見が難しく、外部へ放射性物質が放出されるレベルまで検知されないリスクおよび燃料破損が拡大するリスクがあることから、以下の対策を講じることとした。

- ・従来の排ガス放射線モニタに加え、微小な燃料破損を発見できる「高感度オフガス放射線モニタ」を設置した。

- ・燃料破損が発生した場合に、燃料破損の位置を特定し、破損した燃料の出力を抑制することにより、燃料破損の拡大を防止する手順を作成した。

これらの対策により、燃料破損が発生した場合に早期発見および燃料破損の拡大を防止することで原子力発電所の安全運転を図っている。

なお、島根原子力発電所においては、運転開始以来、燃料破損は発生していない。

制御棒外観点検の実施について

平成18年1月に福島第一原子力発電所において、ハフニウム板型制御棒の外観点検を実施していたところ、タイロッドおよびシースにひびが確認された。島根原子力発電所2号機で使用している制御棒は、ボロンカーバイド粉末型制御棒とハフニウム棒型制御棒であり、型式が異なり直接関係はないが、原子力安全・保安院からの通知文書「沸騰水型原子炉における制御棒ひび発生事象について」(平成16・06・30原院第4号)に「適宜制御棒の点検を実施することにより、ひびの発生に関する情報を収集・共有し、制御棒の品質向上につなげることは原子力の品質保証活動の一環として望ましいことと考える」と記載されていることおよび原子力安全・保安院からの通知文書「沸騰水型原子力発電所のハフニウム板型制御棒のひび等に関する調査報告書について」(平成18・05・31原院第2号)に「同型制御棒について、毎定

期事業者検査時に全数外観点検することを指示する」と記載されていることに鑑み、島根原子力発電所2号機においても定期検査時に原子炉から取り出した制御棒の外観点検を実施することとした。

これまでにボロンカーバイド粉末型制御棒3本、ハフニウム棒型制御棒2本の外観点検を実施し、ひびが無いことを確認した。

(2) 燃料管理に係る設備の評価結果

設備に係る自主的改善活動を行っており、現在も継続されていることを確認した。

設備については、自主的改善事項の活動状況として示した「燃料破損発生時の対応について」および「制御棒外観点検の実施について」のように、燃料破損が発生した場合の早期発見および燃料破損の拡大防止対策、制御棒のひび等の運転経験の反映による信頼性、安全性の向上を行っており、改善が図られていると判断した。

・運転実績指標のトレンド

(1) 冷却材中のよう素¹³¹濃度の推移

(資料3.4-1「サイクル毎の炉水よう素濃度(平均値)の推移」参照)

通常の運転における炉水中のよう素発生源の大部分は、被覆材に微量に付着したウランの核分裂によるものであるが、燃料被覆管の健全性が損なわれた場合は、燃料棒内の核分裂生成物が漏えいしてくる。

サイクル毎の炉水よう素濃度を見ると、燃料破損は発生しておらず、保安規定に定める運転上の制限よりも低い値であり、かつ推移に著しい変化はなかった。

・総合評価

(1) 改善活動の評価

燃料管理における保安活動の仕組み(組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練)および燃料管理に係る設備について、保安活動における自主的改善活動を適切に実施してきており、改善する仕組みが機能していることを確認した。

(2) 運転実績指標のトレンド

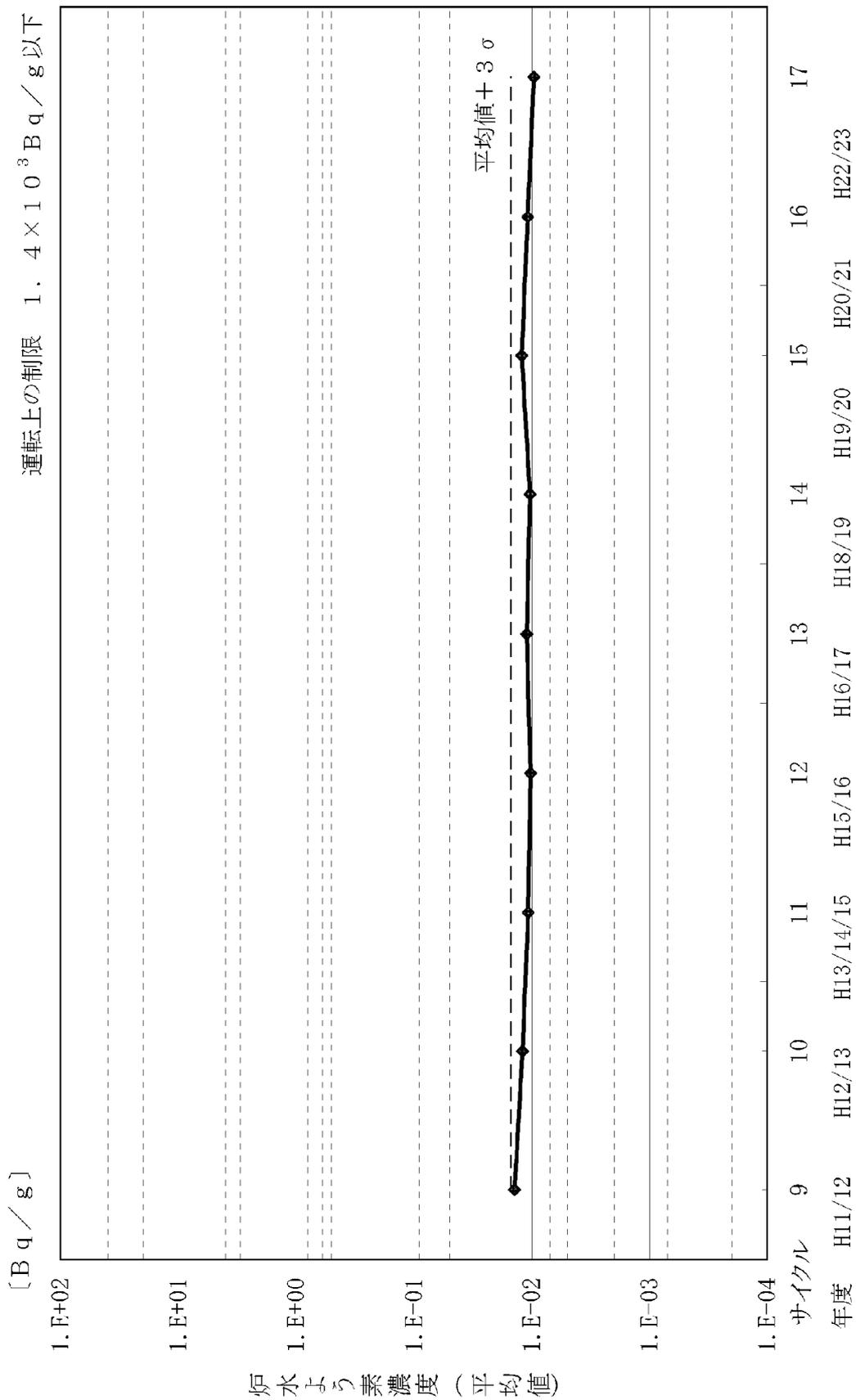
燃料管理に係る運転実績指標のトレンドについて、運転上の制限を遵守していることおよび推移に著しい変化がなかったことを確認した。

以上のことから、組織・体制、社内マニュアル、教育・訓練および設備に対する改善は、業務フローに従い確実に行われていることから、現在の燃料管理の仕組みが妥当であると判断した。

・ 今後の取り組み

燃料管理について、今後とも安全管理上重要な運転制限値の遵守および燃料の信頼性を確保するように業務を実施し、次の2項目についても継続していく。

- (1) 使用済燃料発生量の低減、ウラン資源の有効利用を目的として、これまでの燃料の信頼性向上の実績を基に、燃料の更なる高燃焼度化の検討ならびに適切な炉心設計および燃料管理を実施する。
- (2) 新設計燃料や新技術の導入に当たっては、より一層の品質管理と燃料の健全性・信頼性を確保するように業務を実施する。



資料 3.4 - 1 サイクル毎の炉水よう素濃度 (平均値) の推移

別添 3.4 燃料管理

・燃料の信頼性向上対策

BWR 燃料は、長年の使用実績、不具合経験、使用条件の変更等、様々な経験を経て改良され、信頼性の高い燃料になってきている。

最近では、信頼性向上はもちろん経済性向上や使用済燃料の発生量低減を目指した高性能・高燃焼度燃料の開発を進めている。

別添資料 3.4 - 2「燃料の変遷」に島根原子力発電所 2 号機における燃料の変遷を示す。

また、別添資料 3.4 - 3「BWR 燃料の改良の経緯」に、BWR 燃料の変遷および島根原子力発電所 2 号機の使用実績を示す。

(1) 燃料信頼性を向上させるための運転管理、燃料設計の改良

前回の定期安全レビュー報告（営業運転開始から平成 13 年 3 月まで）で調査した燃料信頼性向上対策の概要を以下に示す。

燃料破損を発生させないための運転管理面での改善

燃料破損を発生させないための運転管理面での対策として、平成元年（第 1 サイクル）から、ならし運転を取り入れた。

燃料破損を発生させないための燃料の設計変更

（別添資料 3.4 - 2「燃料の変遷」参照）

< 新型 8 × 8 燃料・・・平成元年（第 1 サイクル）から採用 >

・燃料棒内に 0.3MPa 程度のヘリウムガスを封入することにより、ペレットと燃料被覆管の熱伝達を良くし、その結果ペレットの温度を下げた。P C I および核分裂生成ガス放出を低減した。

・ウォータロッドの本数を従来の 1 本から 2 本に増やし、太さも太くした。これにより濃縮度増加による影響の改善、出力分布の調整を図った。

< 新型 8 × 8 ジルコニウムライナ燃料

・・・平成 2 年（第 2 サイクル）から採用 >

・燃料被覆管にジルコニウムの内張りを施して P C I による応力を緩和するジルコニウムライナ被覆管を採用した。

(2) 燃料の高燃焼度化に伴う燃料の設計変更

使用済燃料発生量の低減および燃料経済性の向上の観点から、燃料の高燃焼度化に取り組んでおり、高燃焼度化による影響を改善するために、以下の設計変更を行った。

前回の定期安全レビュー報告において調査した燃料の高燃焼度化に伴う設計変更の概要を以下に示す。

< 高燃焼度 8 × 8 燃料・・・平成 6 年（第 5 サイクル）から採用 >

- ・ 新型 8 × 8 ジルコニウムライナ燃料の設計を基本に，技術的に安全性，信頼性が確認されている範囲内で燃焼度を伸長させ，なおかつ，従来燃料と同程度の余裕を確保するため，太径ウォータロッドの採用，丸セル型スペーサの採用，ヘリウム加圧量の増加を行った燃料を採用している。

< 9 × 9 燃料・・・A 型：平成 12 年（第 10 サイクル）から採用，

B 型：前回定期安全レビュー報告以降

平成 17 年（第 13 サイクル）から採用 >

9 × 9 燃料（B 型）は，高燃焼度化に対応する以下の設計改良を行っているが，燃料被覆管，ペレット等の基本構成は高燃焼度 8 × 8 燃料と同じ材料を採用している。

- ・ 9 × 9 燃料には，A 型，B 型の 2 つの異なる設計があり，高燃焼度化に対応した設計改良を行っているが，燃料被覆管，ペレット等の基本構成は高燃焼度 8 × 8 燃料と同じ材料を採用している。

- ・ 燃料棒を 9 行 9 列に配列することにより，燃料棒の熱負荷（線出力密度）を軽減させる設計とし，A 型では 74 本（部分長燃料棒 8 本含む），B 型では 72 本としている。

- ・ A 型，B 型共に燃焼に伴う燃料棒内圧上昇を緩和させるために，燃料棒内のヘリウム加圧量を 1.0MPa 程度に増加している。

- ・ A 型では太径ウォータロッド 2 本（燃料棒 7 本相当）を，B 型では角管のウォータチャンネル 1 本（燃料棒 9 本相当）を採用し，濃縮度増加による影響に対する改善を行っている。

・ 運転経験の反映

前回の定期安全レビュー報告において調査した内容を以下に示す（別添資料 3.4 - 4 「運転経験の反映状況」参照）。

- ・ スウェーデン オスカーシャム発電所 2 号機チャンネルボックス曲がり事象
- ・ 米国 ラサール発電所 2 号機中性子束振動事象
- ・ 浜岡原子力発電所 1 号機燃料棒損傷事象

今回の調査期間における改善状況以外の運転経験の反映状況を以下に示す。

（1）使用済燃料貯蔵設備の増容量化

使用済燃料の貯蔵裕度を確保するため，平成 11 年から平成 14 年にかけて燃

料プール貯蔵容量の増強工事を行った。

その結果、貯蔵容量を 2,320 体から 3,518 体分へ増容量した。

3. 用語について

(1) 最小限界出力比

運転時の異常な過渡変化においても、沸騰遷移による過熱が生じて燃料被覆管が損傷しないよう、通常運転時の制限として設けられているものである。

管群体系を用いた熱水力実験データをベストフィットし、さらにデータのばらつきを統計的に処理することにより、沸騰遷移発生を判断する手法が GE 社において開発された。本評価により得られる熱的余裕を最小限界出力比（沸騰遷移を生じる燃料集合体の限界出力と実際の燃料集合体の出力の比の炉心内における最小値）という。最小限界出力比の限界値は炉心内の燃料棒の 99.9% 以上が沸騰遷移を起こさないという基準を満足するように定められ、島根原子力発電所 2 号機の場合は 1.07 である。この評価手法は国内における検討（「沸騰水型原子炉の炉心熱設計手法および熱的運転制限値決定手法について」、昭和 51 年 2 月 16 日、原子炉安全専門審査会）を経て、国内 BWR で採用され、島根原子力発電所 2 号機においても平成元年の営業運転開始時から採用している。

最小限界出力比の運転制限値は、過渡変化時の最小限界出力比の変化分を限界値に加えることで定められるが、この運転制限値は燃料タイプにより異なるため、新しい燃料タイプが装荷される毎に、それに対応した値を定めている。

(2) 燃料棒最大線出力密度

運転時の異常な過渡変化においても、燃料被覆管とペレットの相対的膨張差により燃料被覆管に歪みが生じて燃料被覆管が損傷しないよう、通常運転時の制限として設けられているもので、燃料棒の単位長さ当たりの発生出力（kW/m）の炉心内における最大値である。

島根原子力発電所の燃料は、平成元年（営業運転開始）から新型 8 × 8 燃料を採用し、以降、燃料棒最大線出力密度の制限値は新しい燃料タイプが装荷される毎に、それに対応した値を定めているが、いずれの燃料タイプも 44.0kW/m である。

(3) 原子炉停止余裕

最大価値を有する制御棒が 1 本完全に引抜かれた状態であっても、炉心を臨界未滿にできることとしている。

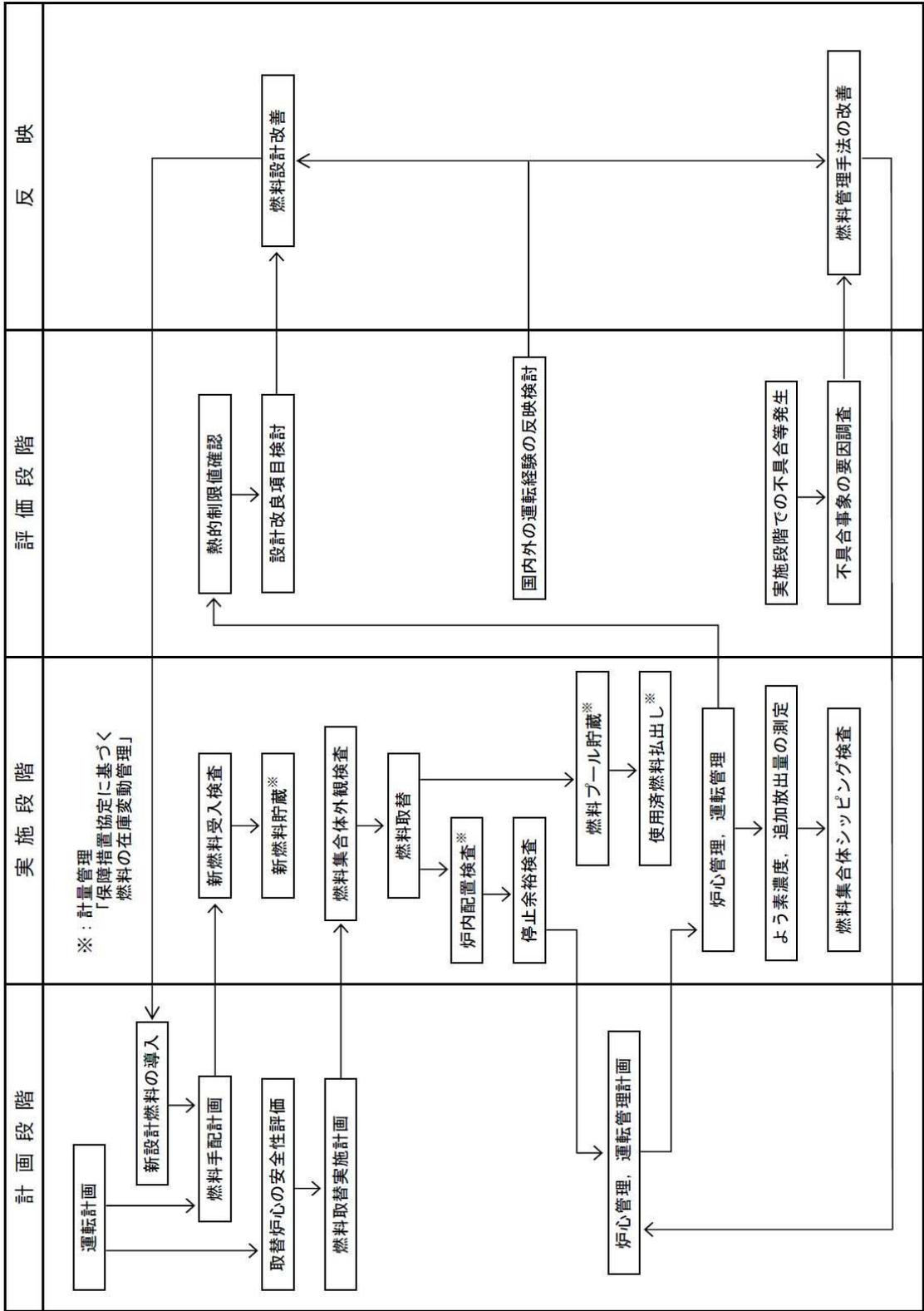
設計計算では、余裕を見込んで最大価値制御棒 1 本が完全に引き抜かれたときの実効増倍率を 0.99 未満とすることを設計目標としている。

(4) 燃料集合体最高燃焼度

燃焼度とは、原子炉に装荷される燃料の初期単位重金属重量あたりの発熱量 (MWd/t) をいう。

燃料集合体最高燃焼度は、燃料の使用範囲の制限として定められるが、この制限値は燃料タイプにより異なるため、新しい燃料タイプが装荷される毎に、それに対応した値を定めている。

別添資料 3.4-1 燃料管理の業務フロー（概要）



別添資料 3.4-2 燃料の変遷

燃料タイプ	平成 年												平均濃縮度 (wt%)	最高燃焼度 (Gnd/t)	設計改良のねらい	主な設計仕様												
	元	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	被覆管	ペレット L/D=1.0 チャンファ
新型 8 × 8																								再結晶化 焼鈍材	L/D=1.0 チャンファ	あり	約0.3MPa	2本
新型 8 × 8 シムエラム付																								再結晶化 焼鈍材 ライナつき	L/D=1.0 チャンファ	あり	約0.3MPa	2本
高燃焼度 8 × 8																								再結晶化 焼鈍材 ライナつき	L/D=1.0 チャンファ	あり	約0.5MPa	1本 (太径)
9 × 9 (A型)																								再結晶化 焼鈍材 ライナつき	L/D=1.1 チャンファ	なし	約1.0MPa	2本 (太径)
9 × 9 (B型)																								再結晶化 焼鈍材 ライナつき	L/D=1.1 チャンファ	なし	約1.0MPa	1本 (角管)

・ H23年3月現在、9 × 9燃料 (A型、B型) を使用している。

別添資料 3.4-3 BWR燃料の改良の経緯

区分	昭和35年		昭和45年		昭和55年		平成2年		平成12年		平成17年		平成22年	
	I 初期の性能向上		II 信頼性向上		III 利用率向上		IV 高性能化/高燃焼度化							
主な改良技術	○燃料材料の基礎研究 ○燃料棒照射試験 ○炉心設計研究 ○燃料製造技術開発		○水分管理強化 ○7×7改良型燃料 ○ならし運転方法 ○8×8型燃料		○ならし運転方法の再評価 ○ヘリウム加圧燃料 ○上下2領域燃料 ○コントローラセルコア ○ジルコニウムライナ燃料 ○ならし運転方法の緩和 ○高燃焼度燃料									
燃料型式	6×6, 7×7原型		7×7	7×7改良型	8×8	8×8	新型8×8 ジノコム5付	新型8×8 ジノコム5付	高燃焼度8×8		9×9			
島根2号機使用実績														

別添資料 3.4 - 4 運転経験の反映状況

<p>チャンネル・ボックス曲がり事象 (昭和62年12月) オスカーシャム発電所2号機 (スウェーデン)</p>	<p>再使用チャンネルボックスの曲がり为主要原因と考えられる燃料破損が発生した。この燃料は日本で使用している燃料とは設計が異なるSVEA燃料であった。調査の結果、隣接の燃料に装着されていたチャンネルボックスが再使用中で、過度の曲がりが生じており、このチャンネルボックスの曲がりにより熱的余裕の減少が生じ、定常運転中ドライアウトになり燃料破損に至ったものと結論付けられている。</p> <p>島根原子力発電所2号機では、初装荷燃料に使用したチャンネルボックスの一部を第4サイクル(平成4年)から第7サイクル(平成8年)にかけて再使用した。再使用にあたっては、曲がりをはじめとした変形等について寸法測定等を行い、再使用期間中の健全性評価を行っている。</p> <p>なお、前回定期安全レビュー報告以降にチャンネルボックスの曲がりを中心としたR因子を設定することにより、チャンネルボックスの曲がりを中心とした熱的制限値を評価し、監視を行っている。</p>
<p>中性子束振動事象 (昭和62年3月) ラサール発電所2号機 (米国)</p>	<p>炉心出力振動の経験を反映して、安定性の余裕を確保する観点から、以下の対策を講じた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・昭和62年11月、原子炉再循環ポンプトリップ時、制御棒を挿入して出力抑制を図ることを運転マニュアルに記載した。 ・平成2年8月以降、万一の原子炉再循環ポンプトリップ後、不安定事象を確認した場合、原子炉をスクラムさせる手順を取ることにした。 ・原子炉再循環ポンプが1台以上トリップしたときに数本の制御棒を挿入して出力を低下させるため、選択制御棒挿入機能(SRI)の改造を平成5年度(第4回定検)にて実施した。 ・平成6年(第5サイクル)以降、炉心の不安定領域に入ることのないように運転上の制限(安定性制限曲線)を設け、運転管理面における強化を図った。
<p>燃料棒損傷事象 (平成2年6月) 浜岡原子力発電所1号機</p>	<p>定期検査において、燃料集合体5体に漏えいが確認された。調査の結果、特異性のある水質環境(ナトリウムイオン(Na+)濃度が高い等)により、腐食感受性の相対的に高い燃料被覆材に異常な酸化が発生し、一部の燃料棒ではく離さらには漏えいに至ったものである。</p> <p>本事象の対応として、島根原子力発電所2号機では水質の監視を強化するとともに、新燃料の燃料被覆管は腐食感受性の低い材料を使用すること、さらに燃料被覆管表面のはく離を検知する観点から照射燃料外観検査の充実を図った。検査の結果、腐食感受性の高い燃料被覆材においてもはく離は認められなかった。</p> <p>島根原子力発電所2号機では平成5年度(第4回)定期検査で腐食感受性の高い燃料被覆管を用いた燃料は全て取り出されている。</p>