

関西電力株式会社の高浜発電所3，4号機用MOX燃料に係る
輸入燃料体検査申請に対する県の確認結果について

平成21年1月15日
原子力安全対策課

1 輸入燃料体検査申請までの経緯

- 平成11年6月に事前了解した関西電力高浜発電所3，4号機のプルサーマル計画については、平成11年9月に英国BNFL社で製造中の3号機用MOX燃料および既に発電所に搬入していた4号機用MOX燃料の検査不正が判明したため、関西電力は当該MOX燃料の使用を取り止めた。
- このBNFL問題を受け、関西電力は、加工契約（本契約）を結ぶ前に、元請会社および海外MOX燃料加工会社が契約するに適切であるかを評価するため、事前に各会社の品質保証システムを監査する（以下、「システム監査」という）など、海外MOX燃料調達に係る品質保証の仕組みを改善した。
- この改善した仕組みに基づき、関西電力は、海外MOX燃料調達に向けて、平成16年5月から6月にかけて、元請会社候補である原子燃料工業株式会社熊取事業所（以下、「原燃工」という。）および海外MOX燃料加工会社候補であるコジェマ社・メロックス工場に対しシステム監査を実施したが、同年8月に、美浜3号機事故が発生したことを受け、関西電力自らの判断で海外MOX燃料調達に係る手続きを中断した。
- その後、平成20年1月30日に、関西電力は、プルサーマル計画の準備作業を再開することとし、前回行ったシステム監査から年月が経過していることから、再度、平成20年2月に原燃工およびコジェマ社から工場の所有権を移転されたメロックス社メロックス工場（以下、「メロックス」という）に対し、システム監査を実施した。そして、その結果を報告書として取りまとめ、平成20年3月17日に県、高浜町等に提出した。
- 県は、関西電力の報告書の確認を行うため、高浜町とともに、関西電力原子力事業本部および原燃工熊取事業所に現地調査を行い、関係者からのヒアリングや関係書類の確認を実施し、3月31日に関西電力に対し、報告書の確認結果を伝えた。これを受け、関西電力は、同日、原燃工との間

でMOX燃料加工の本契約を交わし、メロックス工場でMOX燃料を製造することとした。

- その後、関西電力は、輸入燃料体検査申請に向けて、原燃工の品質保証計画等について書類審査を行うとともに、平成20年10月16日に原燃工熊取事業所、10月20～23日にメロックス工場に対して関西電力向けのMOX燃料に係る品質保証活動の実施状況を確認するため定期監査を実施した。
- この定期監査の結果を踏まえ、平成20年11月10日、経済産業省に対して、電気事業法に基づき高浜発電所3，4号機用MOX燃料に係る輸入燃料体検査申請を行うとともに、同日、県、高浜町等に輸入燃料体検査申請の報告を行った。

2 県の確認の観点および方法

- プルサーマル計画について、県としては、関西電力に対し、各段階で進捗を詳細に公表し、県民の理解が得られるよう対応することを強く要請しているところである。また、計画の進捗状況などについては、節目となる工程の各段階で報告を求め、その内容を厳正に確認することとしている。
- 今回報告を受けた輸入燃料体検査申請は、海外で実際にMOX燃料を製造する前に、事業者が原子炉設置変更許可を受けた燃料の基本設計に基づく詳細設計や品質保証計画について、事前に国に申請して確認を受けるものである。
- この輸入燃料体検査申請の趣旨を踏まえ、県としては、燃料設計については、原子炉設置変更許可における基本設計に基づき適切に詳細設計が行われているかどうか、品質保証計画については、その根拠となる定期監査が、BNFL問題を踏まえ関西電力が改善した品質保証システムに基づき適切に行われているかどうかを確認することとした。
- また、平成20年1月に、メロックスにおいて、他電力向けのMOX燃料製造時に、試作品等として使用される製造管理用の部品が、誤って製品用として使用される事象が発生したことから、同様の事象の再発防止対策として、部品の識別管理などが適切に実施されているかを確認することとした。

○ そこで、県は、高浜町とともに、平成20年11月18日、関西電力原子力事業本部において、輸入燃料体検査申請の内容や定期監査の結果について、関係書類の確認や実際に監査を実施した監査チームリーダー等へのヒアリングを行った。

また、平成20年11月26日、県は、高浜町とともに、部品をメロックス社に供給し、製造元請としてメロックス社におけるMOX燃料の製造管理を行う原燃工熊取事業所において、熊取事業所長やMOX燃料製造の責任者である副所長をはじめとする関係者から、原燃工およびメロックス社の品質保証活動の実施状況について説明を受けるとともに、製造部品の識別管理の状況について確認を行った。

その際、あわせて、関西電力が原燃工熊取事業所に対して実施した定期監査に立ち会った第三者機関であるビューローベリタス社の審査員へのインタビューを実施した。

3 燃料設計に関する確認結果

輸入燃料体検査申請書は本文および添付書類からなる。添付書類は、燃料設計に係るもの（添付書類1～5）と品質保証計画に係るもの（添付書類6）に細分される。

（輸入燃料体検査申請書の申請事項）

- ・ 本文
- ・ 添付書類1 「燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐腐食性その他の性能に関する説明書」
- ・ 添付書類2 「燃料体（燃料要素の集合体である燃料体にあたっては、燃料要素）の強度計算書」
- ・ 添付書類3 「燃料体の構造図」
- ・ 添付書類4 「加工のフローシート」
- ・ 添付書類5 「燃料材、燃料被覆材その他の部品の組成、構造、強度等に関する試験の計画に関する資料」
- ・ 添付書類6 「品質保証の計画に関する説明書」

これらのうち、燃料設計について確認した結果は以下のとおり。

(1) 本文および添付書類3「燃料体の構造図」

- ・ 本文および添付書類3においては、これから製造を行おうとするMOX燃料の寸法や構造等の仕様が示されている。

- ・寸法等について、原子炉設置変更許可を受けた基本仕様と照らし合わせた結果、適切に詳細仕様が定められていることを確認した。
- ・構造については、17行17列型ウラン燃料集合体（最高燃焼度48GWd/t）と同じであることを確認した。

MOX燃料の主な仕様

項目		基本仕様 (設置変更許可)	詳細仕様 (今回の申請)
ペレット	プルトニウム含有率	約4.1wt%濃縮 ウラン相当以下	同左
	直径	約8.05mm	8.050mm
	長さ	約11.5mm	11.5mm
燃料棒	全長	約3.9m	3852.0mm
	数量	264本	同左
燃料集合体	全長	約4.1m	4035.5mm*
	断面寸法	約214mm ×約214mm	214.3mm ×214.3mm
	燃料棒ピッチ	約12.6mm	12.6mm
燃料被覆管	外径	約9.50mm	9.50mm
	肉厚	約0.64mm	0.64mm

*：上部ノズル突起部除く

(2)添付書類1「燃料体の耐熱性、耐放射線性、耐腐食性その他の性能に関する説明書」

- ・添付書類1においては、これから製造を行おうとするMOX燃料に使用するペレットや被覆管および燃料集合体の構成部材について、熱、放射線、腐食に対する健全性が示されている。
- ・ペレットについては、ウランとプルトニウムを混合し焼結させたものであり、ウランペレットと比較した時の特徴とされるプルトニウム含有率の増加に伴う溶融点の低下、燃焼に伴う燃料棒内圧の上昇等について、実験データ等に基づき、健全性の検討が行われていることを確認した。
- ・被覆管や燃料集合体の構成部材については、これまでのウラン燃料と同じ材料を用いており、十分実績のある材料が使用されていることを確認した。

MOX燃料の主な構成部材

部材	ウラン燃料	MOX燃料
被覆管	Sn-Fe-Cr 系ジルコニウム合金 (ジルカロイ-4)	同左
支持格子	耐食耐熱ニッケル基合金 (インコネル-718)	同左
制御棒案内シ ンプル	Sn-Fe-Cr 系ジルコニウム合金 (ジルカロイ-4)	同左
炉内計装用案 内シンプル	Sn-Fe-Cr 系ジルコニウム合金 (ジルカロイ-4)	同左
上部ノズル	ステンレス鋼鋳鋼	同左
下部ノズル	ステンレス鋼鋳鋼	同左

(3) 添付書類2「燃料体(燃料要素の集合体である燃料体にあたっては、燃料要素)の強度計算書」

- 添付書類2においては、これから製造を行おうとするMOX燃料について、運転時および地震時の燃料棒の強度計算結果と、運転時、輸送・取扱い時および地震時の燃料集合体の強度計算結果が示されている。
- 燃料棒の強度計算においては、添付書類1で検討したMOX燃料の特徴を適切に反映して強度計算を行うことが必要である。溶融点の低下については、プルトニウム含有率を考慮し、ウランペレットより低い溶融点を設計基準としていることを確認した。また、燃料棒内圧の上昇等の特徴については、MOX燃料が原子炉内で示す挙動(核分裂生成ガスの放出など)をモデル化した計算コードを用いて、強度評価が行われていることを確認した。
- 燃料集合体の強度計算においては、燃料集合体の構成部材や構造がウラン燃料と同じであることから、ウラン燃料と同様な強度評価が行われていることを確認した。また、MOX新燃料は輸送時に高温となり、燃料構成部材の強度低下が起きることを踏まえ、高温状態での燃料輸送および取扱い時の荷重制限値をウラン燃料より低く設定していることを確認した。

MOX燃料棒の主な強度計算結果

評価項目	設計基準	評価結果
ペレット 中心温度	MOXペレットの溶融点（2510℃） 未満であること (参考) ウラン燃料の溶融点2580℃	約2220℃
燃料棒内圧	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（19.0MPa） を超えないこと	16.1MPa

(4) 添付書類4「加工のフローシート」および添付書類5「燃料材、燃料被覆材その他の部品の組成、構造、強度等に関する試験の計画に関する資料」

- ・添付書類4および添付書類5においては、これから製造を行おうとするMOX燃料の製造工程と検査計画が示されている。
- ・燃料製造工程は大別すると、ペレット製造、燃料棒組立て、燃料集合体組立ての順に進められるが、MOX燃料製造はウラン燃料製造と比べて、プルトニウムを混合したペレットを製造し取り扱うことが異なっている。
- ・このことを踏まえ、MOX燃料製造時の検査においては、ペレット製造工程において、プルトニウムの含有率、組成、均一度の検査を追加して実施する計画であることを確認した。

ペレットの検査項目

検査項目	ウラン燃料		MOX燃料	
	抜取検査	記録確認	抜取検査	記録確認
不純物	—	○	—	○
U-235濃度	—	○	—	○
プルトニウム含有率	/	/	—	○
プルトニウム組成	/	/	—	○
寸法	○	○	○	○
密度	○	○	○	○
外観	○	○	○	○
U+Pu+Am含有率	—	○*1	—	○
O/M比	—	○*2	—	○
プルトニウム均一度	/	/	—	○

*1：U含有率、*2：O/U比

4 定期監査に関する確認結果

輸入燃料体検査申請書の添付書類6「品質保証の計画に関する説明書」は、定期監査結果に基づいていることから、定期監査の計画、監査員の資格、定期監査結果について確認した。また、定期監査に立ち会った第三者機関等の評価や原燃工熊取事業所の確認を行った。

(1) 定期監査計画

関西電力の海外MOX燃料調達に係る品質保証の仕組みは、関西電力の社内標準に規定されており、定期監査については、「原子力発電所原子燃料濃縮・成型加工工事管理要綱」に業務フローが定められ、「原燃品質・安全業務要綱」および「原燃品質・安全業務要綱指針」に細目が規定されている。

これらの社内標準によると、定期監査は、原子力事業本部の原燃品質・安全グループが中心となり、関係グループの協力を得ながら、「定期監査実施計画書の策定」→「定期監査の実施」→「改善要望事項のフォローアップ」の順で進めることとなっている。

確認結果は以下のとおり。

- ・原燃品質・安全グループは、社内標準に則り、監査対象、監査目的、監査日程、監査項目、監査組織などを含む定期監査実施計画書を作成し、原子燃料部門統括の承認を得ていることを確認した。
- ・定期監査実施計画書には、具体的な確認項目を記した監査チェックシートが添付されており、そのチェックシートの確認項目は、社内標準に定めるISO9001への適合性に係る事項、MOX燃料製造に係る事項、BNFL再発防止対策に係る事項、輸入燃料体検査制度への適合性に係る事項、他電力における製造管理用部品の組み込み事象の再発防止対策に係る事項であることを確認した。
- ・第三者機関の活用方法については、社内標準に基づき、定期監査実施計画書に定められていることを確認した。

(2) 監査員の資格

- ・定期監査を実施するにあたり監査チームは、社内標準で求められている人数（3名以上）を満たす3名で構成されていることを確認した。

- ・また、監査チームの構成要件は、社内標準で、1) 監査員および検査員として承認されていること、2) 監査責任者は原則として上級監査員として承認されていること、3) 社外研修「ISO9000審査員研修コース」を終了していること、4) 前回の監査を実施した者を監査チームに1名以上含めることとしており、今回の監査チームはこれら要件をすべて満たしていることを確認した。
- ・監査チーム構成員の資格は、監査員、検査員、上級監査員の資格承認に関する基準を定めた社内標準に従い、個人の教育受講実績および実務経験をもとに評価・承認していることを確認した。

(3) 定期監査結果

- ・定期監査実施計画書に従い、監査員資格を有する監査員が、原燃工およびメロックスに対し定期監査を行っており、いずれの監査においても、第三者機関が立ち会っていることを確認した。
- ・原燃品質・安全グループは、社内標準に従い、「監査報告書」、「監査所見」、「監査チェックシート」を含む監査結果報告書を作成し、原子燃料部門統括の承認を得ていることを確認した。
- ・関西電力が提出した定期監査結果報告書に記載されている内容（別添）は、監査チェックシートに記載されている各確認項目の評価結果を踏まえていることを確認した。
- ・監査チェックシートに記載されている確認項目の評価については、原燃工およびメロックスの管理文書、品質記録の確認や関係者へのインタビューによっておこなわれていることを確認した。
- ・今定期監査では、不適合および改善要望事項はないことを確認した。

(4) 第三者機関等の評価

① 社内監査

- ・関西電力の各部門から独立した立場にある経営監査室が、今回の定期監査の計画から結果のとりまとめに至る各段階で監査を行っていることを確認した。

②第三者機関(ビューローベリタス社)による関西電力の定期監査に対する評価結果の確認

- ・ビューローベリタス社による評価結果を直接確認するため、関西電力の原燃工に対する定期監査に立ち会った審査員にインタビューを実施し、監査が適切に実施され、不適合はなかったことを確認した。

(5)原子燃料工業熊取事業所の確認

関西電力が提出した定期監査結果報告書に基づき、原燃工熊取事業所における品質保証活動の実施状況を確認するため、熊取事業所長、副所長をはじめとするMOXプロジェクトの関係者へのヒアリングおよび書類確認を実施した。

主な確認結果は以下のとおり。

①原燃工の品質保証活動

- ・MOX燃料調達に係る業務の実施状況については、原燃工熊取事業所長が作成したMOX燃料調達に係る計画書に基づき会議を月一回程度の割合で開催し、各部門間で適切なコミュニケーションがなされ、社内共有が図られていることを確認した。
- ・MOX燃料用の各部材の製造における品質管理については、あらかじめ定められた検査方法等によって、適切な品質管理が実施されたこと、また、関西電力が適宜立会検査を実施していることを確認した。
- ・MOX燃料の初期製造および本格製造時の品質管理については、原燃工の社員を現地に派遣し、通常よりも多い抜き取り数で検査を実施するなど綿密な立会検査を行い、製品の品質管理データについては、統計処理を行うことで評価することが定められていることを確認した。
- ・現地派遣者については、メロックス社への適切な品質管理や指導を実施するため、海外MOX燃料製造に関する教育が計画および実施され、役割に応じた必要な力量の付与が図られていることを確認した。
- ・現地派遣者の体制については、現地管理責任者をはじめ品質管理等の各部門の責任者が現地に赴き、その役割や権限が明確にされていることを確認した。

②他電力の製造管理用部品の組み込み事象を踏まえた部品の識別管理

- ・製造管理用部品の組み込み事象に対する対策として部品の識別管理について確認したところ、原燃工の検査と関西電力の検査に合格した部品についてのみ合格証を発行し、その合格証番号が部品の識別番号として使用される仕組みが定められており、実施されていることを確認した。
- ・原燃工はメロックス社に対して、製造管理部品を製品用として使用せず、製品製造前に製造管理用部品は全て廃棄すること、また、廃棄されたことを原燃工および関西電力が確認することを要求していることを確認した。

5 まとめ

- 高浜発電所3，4号機用MOX燃料の設計については、原子炉設置変更許可に基づき、MOX燃料の詳細仕様が定められるとともに、MOX燃料の特徴を踏まえた強度評価が行われていることを確認した。
- 品質保証計画については、輸入燃料体検査申請にあたり事前に実施した関西電力の原燃工およびメロックスに対する定期監査が、関西電力の品質保証の仕組みに基づき適切に行われていることを確認するとともに、実際に、原燃工において、品質保証活動が行われていることを確認した。