

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機
において長期保管した MOX 新燃料の健全性
に係る確認結果について

平成 22 年 7 月
原子力安全・保安院

目 次

1	はじめに	1
2	確認方針	1
3	確認項目の抽出	1
4	確認内容	3
4.1	燃料の組成変化による影響に係る確認	3
4.1.1	燃料の機械設計	3
4.1.2	炉心の核設計	5
4.1.3	炉心の熱水力設計	11
4.1.4	動特性	13
4.1.5	使用済燃料貯蔵時の未臨界性及び冷却性	15
4.1.6	安全評価	16
4.2	環境及びその他の影響に係る確認	19
4.2.1	燃料集合体の外観	19
4.2.2	ファイバースコープ等による確認	19
4.2.3	水質管理等	20
4.2.4	保管期間中の MOX 新燃料集合体への影響	20
5	まとめ	22
6	検討経過	22
別添 1	東京電力(株)福島第一原子力発電所 3 号機に係るプルサーマル計画の概要	
別添 2	東京電力(株)福島第一原子力発電所 3 号機において長期保管した MOX 新燃料集合体の健全性の確認のための立入検査の実施結果について	

1 はじめに

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料(以下「MOX燃料」という。)の採用に係る設置変更については、平成10年11月に申請され、平成11年7月に設置変更許可を行った。平成11年9月には MOX 新燃料(32体)が同発電所に搬入され、平成12年8月に輸入燃料体検査を合格とした。当該 MOX 新燃料は、発電所に搬入され10年以上を経た現在においても使用済燃料プールにおいて保管された状態にある。(別添1)

東京電力(株)は、長期間保管した MOX 新燃料を原子炉に装荷したプルサーマルの実施を計画している。このように長期間保管した MOX 新燃料を原子炉に装荷し使用するに当たって、東京電力(株)は当該 MOX 燃料の健全性の評価、検査を行い、本年5月21日に「福島第一原子力発電所3号機において長期間保管した MOX 新燃料の健全性に係る評価・検査報告書」(以下「評価・検査報告書」という。)を原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)に提出した。

保安院では、東京電力(株)からの報告書提出を受け、長期間保管した MOX 燃料の健全性を確認するとともに、それを使用した原子炉の安全運転に支障がないことを確認することとした。

本報告書は、保安院の確認結果をとりまとめたものである。なお、確認に当たっては、原子力安全・保安部会の小委員会又はワーキンググループに属する委員等の専門的意見を聴取した。

2 確認方針

長期間保管した MOX 新燃料については、製造後、プルトニウム241がアメリシウム241に崩壊することによる燃料の組成変化や、使用済燃料プール水中に保管されたことによる燃料集合体構成部材の腐食等の影響が考えられる。このため、長期間保管した MOX 新燃料について、これらの影響を考慮しても、健全性が確保され、また、それを使用した原子炉の安全運転に支障がないことを評価するための確認項目を抽出し、その確認の方法及び判断基準等について検討するとともに、東京電力(株)が提出した評価・検査報告書の内容がそれに照らして妥当であることを確認することとした。

また、必要に応じ現地での保管状況についても確認することとした。

3 確認項目の抽出

長期保管した MOX 燃料の健全性を評価するに当たり、確認すべき項目を長期保管に伴う影響を踏まえ、図3-1に示すとおり、「燃料の組成変化による影響」と「環境及びその他による影響」に分類し、それぞれ図3-2及び図3-3に示すとおり、設置変更許可に係る安全審査、輸入燃料体検査等の確認項目に沿って抽出した。

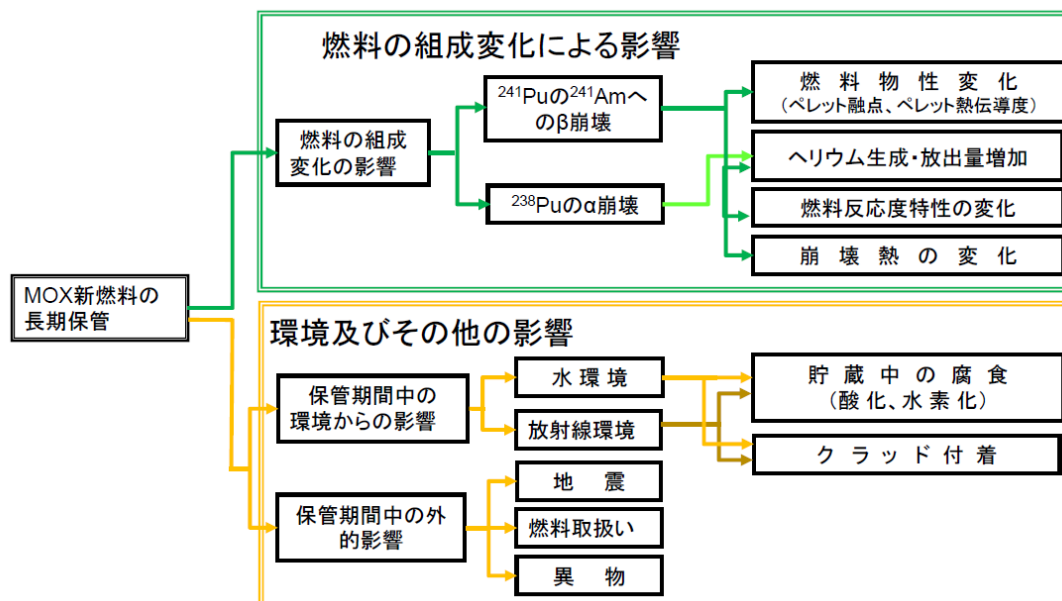


図3-1 長期保管した MOX 新燃料に想定される影響

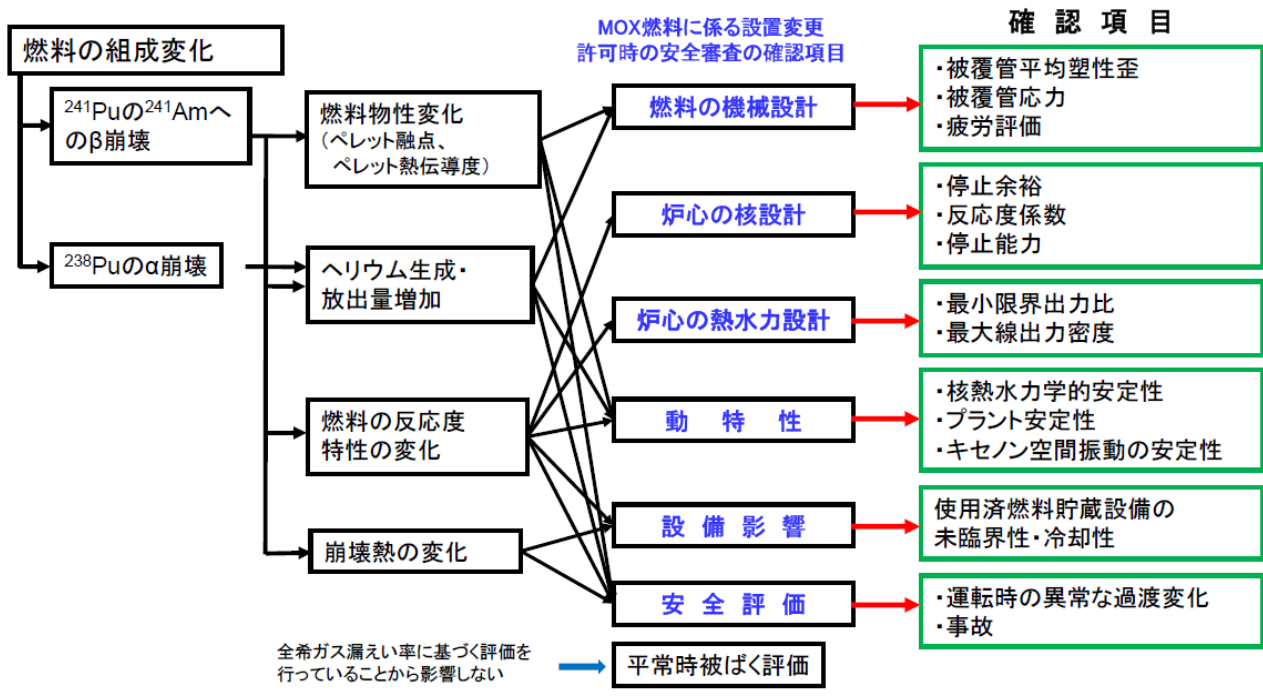


図3-2 燃料の組成変化による影響に係る確認項目

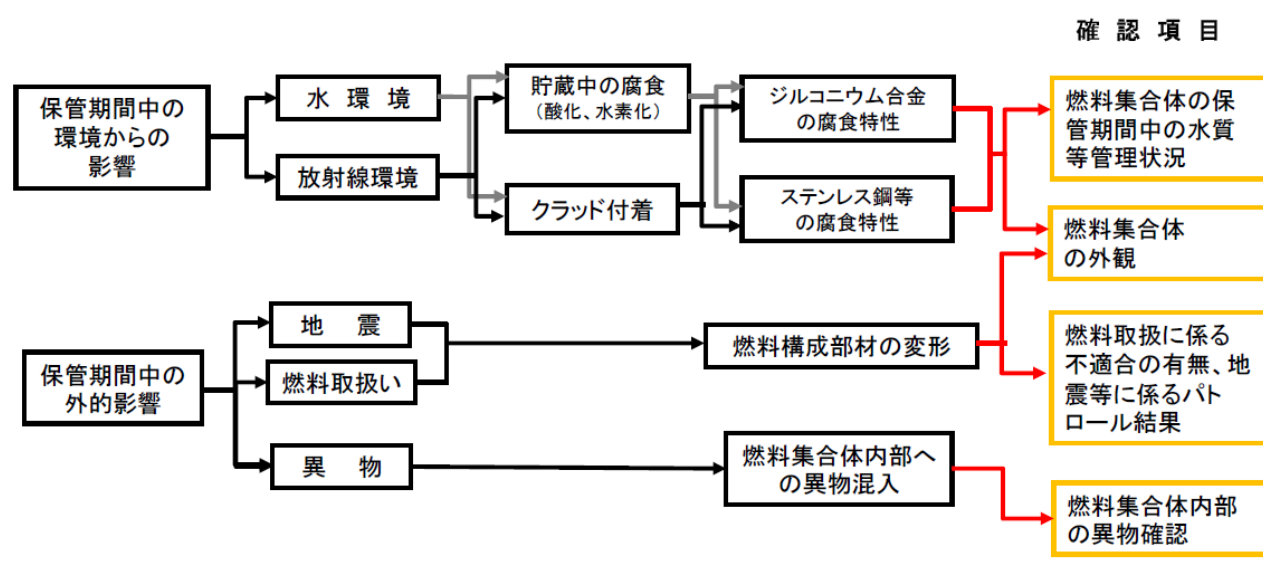


図3-3 環境及びその他の影響に係る確認項目

4 確認内容

4.1 燃料の組成変化による影響に係る確認

保安院は、燃料の組成変化による影響を踏まえ抽出された確認項目について、東京電力が行った長期保管した MOX 燃料及びそれを装荷した炉心等の評価内容並びにその評価結果について、MOX 燃料の採用に係る設置変更許可時の安全審査を踏まえ確認を行った。

確認において、MOX 燃料の長期保管による影響を踏まえても、設置変更許可時の評価炉心(代表 Pu 組成平衡炉心等)を基に保守的に設定した解析条件を変更する必要がない場合は、設置変更許可の評価結果に包絡されることから、判断基準を満足するものとした。また、確認に当たっては、取替炉心毎等に管理される項目があることを考慮した。

4.1.1 燃料の機械設計

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う物性値(融点、熱伝導度等)、ヘリウムの生成及び放出量等への影響を考慮しても、燃料の機械設計が以下に示す判断基準を満足することが要求される。

- 燃料被覆管の円周方向平均塑性歪は1%以下であること。
- 燃料被覆管の応力は許容応力以下であること。
- 燃料被覆管の累積疲労は許容限界値を超えないこと。

(2) 東京電力による評価

① 評価条件

a. プルトニウム及びアメリシウム含有率

保管中の MOX 新燃料集合体は、プルトニウム含有率が異なる4つのタイプの MOX 燃料棒及びウラン燃料棒(ガドリニア入りを含む。)から構成されており、プルトニウム含有率は、これらを包絡する設置許可上の上限値である 10 wt%とし、アメリシウムの含有率については、4つのタイプの MOX 燃料棒のうち、最大値である約 0.34wt%を包絡する値として保守的に 0.5wt%を評価条件としている。なお、この値は、約 25 年の保管期間に相当するとしている。

b. ペレット物性(融点、熱伝導度等)

二酸化プルトニウム及び二酸化アメリシウムともに結晶構造(蛍石型面心立方格子)、格子定数及び密度は同等であり、測定データを基にアメリシウム含有率 3wt%以下の範囲で融点、熱伝導度への影響は認められず¹、長期保管 MOX 新燃料のアメリシウム含有率が 0.5wt%以下であることから、ペレット物性については評価条件を変更しないとしている。

c. ヘリウムの生成、放出

プルトニウム 238 の α 崩壊及びプルトニウム 241 の β 崩壊により蓄積したアメリシウム 241 が燃焼中に高次化して生成するキュリウム 242 の α 崩壊に伴う、ヘリウムの生成及び放出量の増加については、ORIGEN2²コードにより増加分を考慮したとしている。

¹ 「独立行政法人 日本原子力研究開発機構 高速増殖炉研究開発センター 原子炉設置変更許可申請 燃料機械設計について」(原子力安全・保安院、資料第 111A-1-5 号(第 111 部会資料)、平成 19 年 9 月)

² 「ORIGEN2: Isotope Generation and Depletion Code, MATRIX EXPONENTIAL METHOD, CCC-371」

d. 設計出力履歴

福島第一原子力発電所3号機の次サイクルである第25サイクルから第27サイクルに MOX 燃料を装荷した場合(想定した MOX 燃料については表4. 1-2参照)について、サイクルごとに炉心評価を実施している。図4. 1-1に炉心内の燃料棒が経験する出力・燃焼度を示すが、全ての燃料棒について、設置変更許可解析で用いられている設計出力履歴に包絡されるとしている。

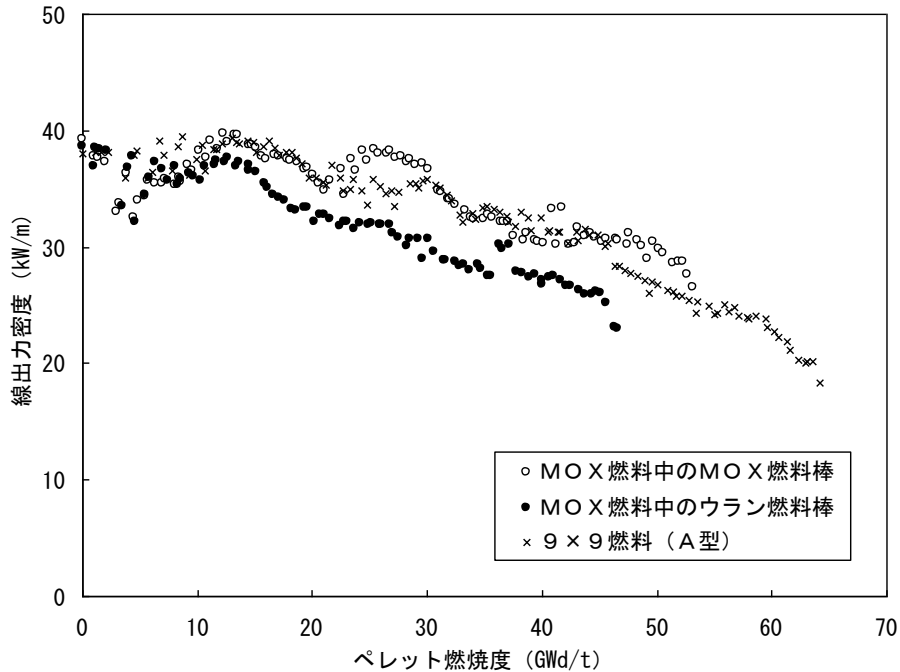


図4. 1-1 燃料棒の出力・燃焼度

* : 第25サイクルから第27サイクルの全燃料集合体の全燃料棒が経験するペレット燃焼度と線出力密度のデータを整理し、ペレット燃焼度幅0.5GWd/t毎の範囲で線出力密度が最大となる点をプロットしたもの。

② 評価手法

設置変更許可で用いている燃料棒熱機械解析コードにより、評価を実施したとしている。また、ヘリウム生成量の増加については ORIGEN2 を用いて考慮したとしている。

③ 評価結果

MOX ペレットの最高温度は、表4. 1-1に示すとおり、約 1620°Cであり、ペレット融点約 2640°Cを下回るとしている。

燃料被覆管の円周方向平均塑性歪については、長期保管した MOX 燃料に対して評価が行われ、表4. 1-1に示すとおり、1%塑性歪に対応する出力余裕の最小値は寿命初期に現れ約 71%としている。運転時の異常な過渡変化時における最大線出力密度の増加分は約 21%であり、運転時の異常な過渡変化時においても長期間保管した MOX 燃料の被覆管の円周方向平均塑性歪は 1%以下であり燃料は機械的に破損しないとしている。

燃料被覆管の応力については、設置変更許可時の評価において燃料棒の内外圧差による応力を厳しく評価するため FP ガス及びヘリウムの放出はないとして評価していること等から長期保管した MOX 燃料についても、発生応力は従来と変わらず許容応力以下であるとしている。

燃料被覆管の累積疲労については、発生応力が変わらないことから、同様に許容限界値を超えないとしている。

また、動特性及び運転時の異常な過渡変化時の解析等で用いるギャップ熱伝達係数についても、機械設計で用いるコードで評価した結果、同解析で用いるギャップ熱伝達係数を変えて再評価する必要はないとしている。

(3) 保安院における確認結果

評価条件については、長期保管による MOX 燃料の組成変化及びヘリウム生成・放出量の増加による影響が適切に考慮されており、評価手法については、MOX 燃料の採用に係る設置変更許可時と同様の手法を用いていること及び長期保管による影響を踏まえても適用できることを確認した。また、評価結果は判断基準を満足しており、長期保管した MOX 燃料の機械設計に係る評価は妥当であることを確認した。

表4. 1-1 燃料棒機械設計評価結果

	今回の評価値	設置変更許可の解析値 (プルトニウム含有率: 10wt%)	参考値
ペレット最高温度	約 1620°C	約 1660°C	約 2640°C (ペレット融点*1)
1%塑性歪に対する 出力余裕の最小値	約 71% (約 75kW/m)*3	約 71%*2 (約 75kW/m)*3	約 21% (約 53 kW/m) (運転時の異常な過渡変化時の 最大線出力密度の増加分)

*1: ペレット最高温度が生じる寿命中期におけるペレット融点

*2: 設置変更許可の評価では、ペレット径方向出力分布が平坦でペレット中心温度が高いプルトニウム含有率 1wt%についても評価を行い、その場合の評価結果は約 65%である

*3: 1%塑性歪に相当する線出力密度。

4.1.2 炉心の核設計

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性等への影響を考慮しても、炉心の核特性が以下に示す判断基準を満足することが要求される。

○最大反応度値を有する制御棒1本が完全に引き抜かれた場合でも、炉心を臨界未満にできること。

○ドップラ係数及び減速材ボイド係数は負であること。

○ほう酸水注入系については、原子炉を定格出力運転状態から炉心を臨界未満にでき、かつ、維持できること。

(2) 東京電力による評価

① 評価条件

a. 運転サイクル

福島第一原子力発電所3号機の次サイクルである第25サイクルに MOX 燃料を装荷した炉心が予定され、また、MOX 燃料は3サイクルの使用が予定されていることから、第25～27サイクルまでの炉心について評価したとしている。

b. MOX 燃料の装荷体数

表4. 1-2に示すとおり、第25サイクルには長期保管中の32体、第26サイクルには輸入燃料体検査申請中の32体、第27サイクルには平衡炉心で想定している取替体数の80体の MOX 新燃料が新たに装荷されるとして評価したとしている。

表4. 1-2 サイクル毎の MOX 燃料装荷体数

運転サイクル数 ^{*1}	MOX 燃料装荷体数 ^{*2}		装荷する新燃料の設定根拠
	新燃料	炉内全燃料	
第 25 サイクル	32 体	32 体	福島第一 3 号機の使用済燃料プールで保管中の MOX 燃料
第 26 サイクル	32 体	64 体	輸入燃料体検査申請中(平成 12 年 11 月 14 日付)の MOX 燃料
第 27 サイクル	80 体	144 体	設置変更許可解析の平衡炉心における 1 取替当たりの MOX 燃料

*1:各サイクルの運転期間については、評価上は 13 ヶ月に約 1 ヶ月の調整運転期間を含めている。

*2:炉心内の全燃料集合体の体数は 548 体である。

c. MOX 燃料の核設計

装荷する MOX 新燃料の核種毎の含有率と同位体組成割合については、以下のとおりとしている。

○第25サイクルに装荷される MOX 新燃料は製造データを基に長期保管による組成変化を考慮。

○第26サイクルに装荷される MOX 新燃料は製造データ(輸入燃料体検査申請中)を基に装荷予定時期までの保管による組成変化を考慮。

○第27サイクルで装荷される MOX 新燃料は、表4. 1-3に示す設置変更許可解析で使用した標準組成。

表4. 1-3 第 27 サイクル装荷 MOX 新燃料の組成(wt%)

Pu核種	第 27 サイクル	
	含有率	Pu 同位体組成割合
Pu238	約 0.1	約 2
Pu239	約 2.3	約 59
Pu240	約 1.0	約 27
Pu241	約 0.3	約 8
Pu242	約 0.2	約 4
Am241	約 0.0	約 1
Puf	約 2.6	約 67
全 Pu ^{*1}	約 3.9	100

*1:四捨五入の関係で、全 Pu 欄の数値と核種毎の欄の数値の合計が一致しない場合がある。

② 評価手法

設置変更許可で用いている単位燃料集合体核計算コード及び三次元沸騰水型原子炉模擬計算コード等により評価したとしている。

③ 評価結果

停止余裕については、表4. 1-4に示すとおり、第25から第27サイクルの炉心において、最大反応度価値を有する制御棒1本が完全に引き抜かれた場合でも炉心を未臨界にできとしている。代表例として図4. 1-2に第25サイクルの最大価値制御棒 1 本引き抜き時の実効増倍率の燃焼変化を示す。

また、スクラム特性については、図4. 1-3に示すとおり、第25から第27サイクルのスクラム反応度曲線はサイクル早期及び末期炉心それぞれの設計用スクラム反応度曲線に包絡されているとしている。

反応度フィードバック特性としての、減速材ボイド係数(図4. 1-4)、及びドブプラ係数(表4. 1. -5)並びにこれらの反応度係数を総合した出力反応度係数(表4. 1-6)はサイ

クルを通じ負となるとしている。

なお、安全解析で用いられる動的ボイド係数^Ⅲ及び動的ドップラ係数^Ⅳは、表4. 1-7に示すとおり、設置変更許可における9×9燃料(A型)平衡炉心及び1/3MOX 平衡炉心(全炉心の燃料体数 548 体のうち、MOX 燃料の最大装荷体数である 240 体が装荷された平衡炉心)の中間的な値となるとしている。

設置変更許可における安全解析で用いられる動的ボイド係数は、装荷されることが想定される全ての燃料タイプの中から最も厳しい解析結果を与えるものを選定した上で、詳細設計の変動分を考慮した保守ファクタ(1.25もしくは0.9)とプルトニウムの同位体組成変動を考慮した保守ファクタ 1.02 を乗じた値としている。また、設置変更許可における安全解析で用いられる動的ドップラ係数は、過渡変化へ与える影響が小さいことから、動的ボイド係数の解析条件を与える燃料の値に、詳細設計の変動分を考慮した保守ファクタ 0.9 とプルトニウムの同位体組成変動を考慮した保守ファクタ0.99を乗じた値としている。今回の評価値は、設置変更許可で考慮している炉心の範囲内にあることから、同係数を変更して運転時の異常な過渡変化及び事故時の評価等を行う必要はないとしている。

ほう酸水注入系の制御能力については、第25から第27サイクルについて未臨界性評価を行い、MOX 燃料の装荷体数の増加に伴い、中性子スペクトルが硬くなり、ほう素価値が低くなる傾向があるが、表4. 1-8に示すとおり、制限値を満足するとしている。

停止余裕、スクラム特性及びほう酸水注入系の制御能力は、保安規定等で管理することが定められている項目であり、取替炉心毎に評価を行い、制限値を満足していることを確認するとしている。

(3) 保安院における確認結果

評価条件については、長期保管による MOX 燃料の組成変化の影響が適切に考慮されており、評価手法については、MOX 燃料の採用に係る設置変更許可時と同等の手法を用いていること及び長期保管による影響を踏まえても適用できることを確認した。また、評価結果は判断基準を満足しており、長期保管した MOX 燃料を装荷した場合の原子炉の核設計に係る評価は妥当であることを確認した。

表4. 1-4 停止余裕評価結果(単位:%Δ k)

項目	今回の評価値			設置変更許可解析値 (1/3MOX 炉心)	判断基準
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
停止余裕	1.6	1.3	1.3	1.1	0 より大

評価条件 第25～第27 サイクル: 冷温停止状態(温度 20、60、100℃)、サイクルを通じての最小値
設置変更許可解析: 代表Pu組成、平衡炉心、冷温停止状態(温度 20℃)、サイクルを通じての最小値

表4. 1-5 ドップラ係数(単位:(Δ k/k)/°C)

	今回の評価値			設置変更許可解析値	
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル	9×9A 炉心	1/3MOX 炉心
サイクル初期	-1.95×10^{-5}	-1.97×10^{-5}	-1.99×10^{-5}	-1.95×10^{-5}	-1.99×10^{-5}
サイクル末期	-2.13×10^{-5}	-2.13×10^{-5}	-2.13×10^{-5}	-2.13×10^{-5}	-2.13×10^{-5}

評価条件 第25～第27 サイクル: 原子炉定格出力、40%ボイド率
設置変更許可解析: 平衡炉心、原子炉定格出力、40%ボイド率、1/3MOX 炉心については代表Pu組成

Ⅲ 動的ボイド係数: 減速材ボイド係数を実効遅発中性子割合で除した値

Ⅳ 動的ドップラ係数: ドップラ係数を実効遅発中性子割合で除した値

表4. 1-6 出力反応度係数(単位: $(\Delta k/k)/(\Delta p/p)$)

	今回の評価値			設置変更許可解析値 (1/3MOX 炉心)	
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
サイクル初期	-0.044	-0.044	-0.045	-0.047	-0.04 より負 (申請書記載値)
サイクル末期	-0.047	-0.048	-0.049	-0.050	

評価条件 第25～第27 サイクル:原子炉定格出力
設置変更許可解析:代表Pu組成、平衡炉心、原子炉定格出力

表4. 1-7 安全解析使用値(動的ポイド係数及び動的ドブプラ係数)

		今回の評価値			設置変更許可解析値	
		25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル	9×9A 炉心	1/3MOX 炉心
動的ポイド係数 (単位: β /%ポイド率)	サイクル初期	-7.2	-7.5	-7.9	-7.0	-8.6
	サイクル末期	-7.6	-7.7	-8.1	-7.4	-8.6
動的ドブプラ係数 (単位: β /°C)	サイクル初期	-0.33	-0.34	-0.36	-0.33	-0.38
	サイクル末期	-0.41	-0.41	-0.42	-0.40	-0.43

評価条件 第25～第27 サイクル:原子炉定格出力、40%ポイド率
設置変更許可解析:平衡炉心、原子炉定格出力、40%ポイド率、1/3MOX 炉心については代表Pu組成

表4. 1-8 ほう酸水注入系の制御能力

	今回の評価値			設置変更許可解析値 (1/3MOX 炉心)	判断基準
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
ほう酸水注入時 実効増倍率	0.924	0.927	0.938	0.945	0.95 以下

評価条件 第25～第27 サイクル:減速材温度 20°C、ほう素濃度 600ppm、一点近似解析
設置変更許可解析:代表Pu組成、平衡炉心、減速材温度 20°C、ほう素濃度 600ppm、一点近似解析

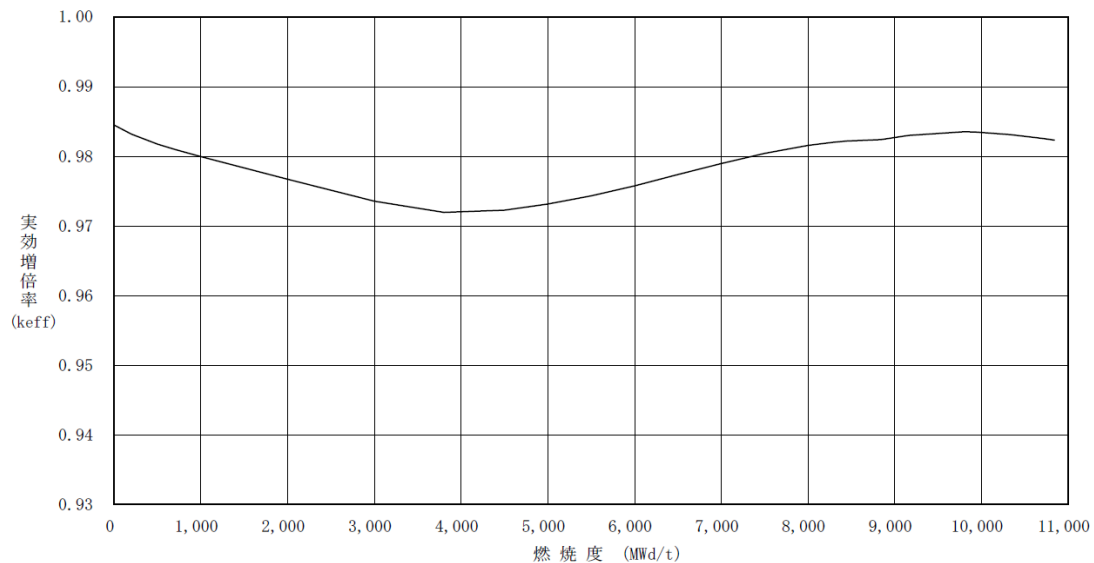


図4. 1-2 最大価値制御棒 1 本引き抜き時の実効増倍率の燃焼変化(第 25 サイクル)

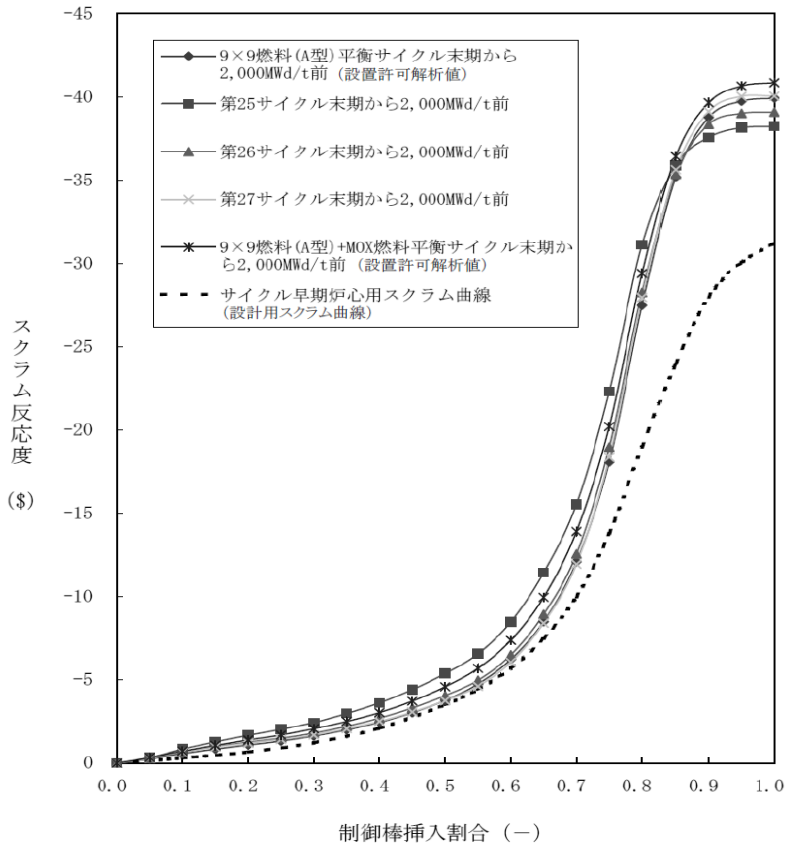


図4. 1-3(1) スクラム特性(サイクル早期炉心)

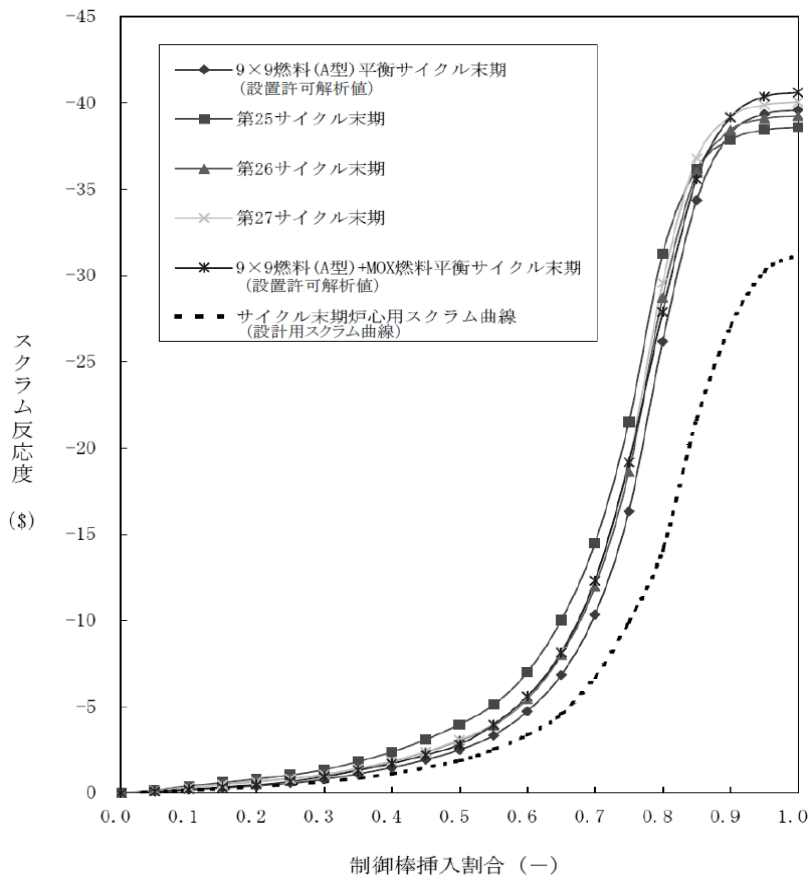


図4. 1-3(2) スクラム特性(サイクル末期炉心)

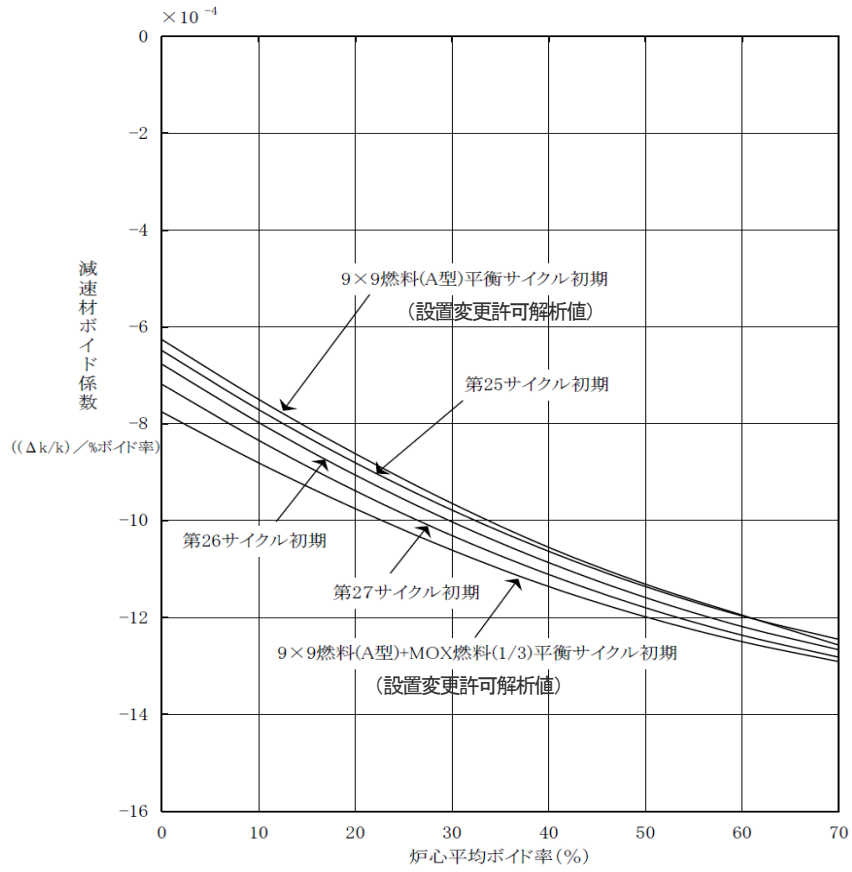


図4. 1-4(1) 減速材ポイド係数(サイクル初期炉心)

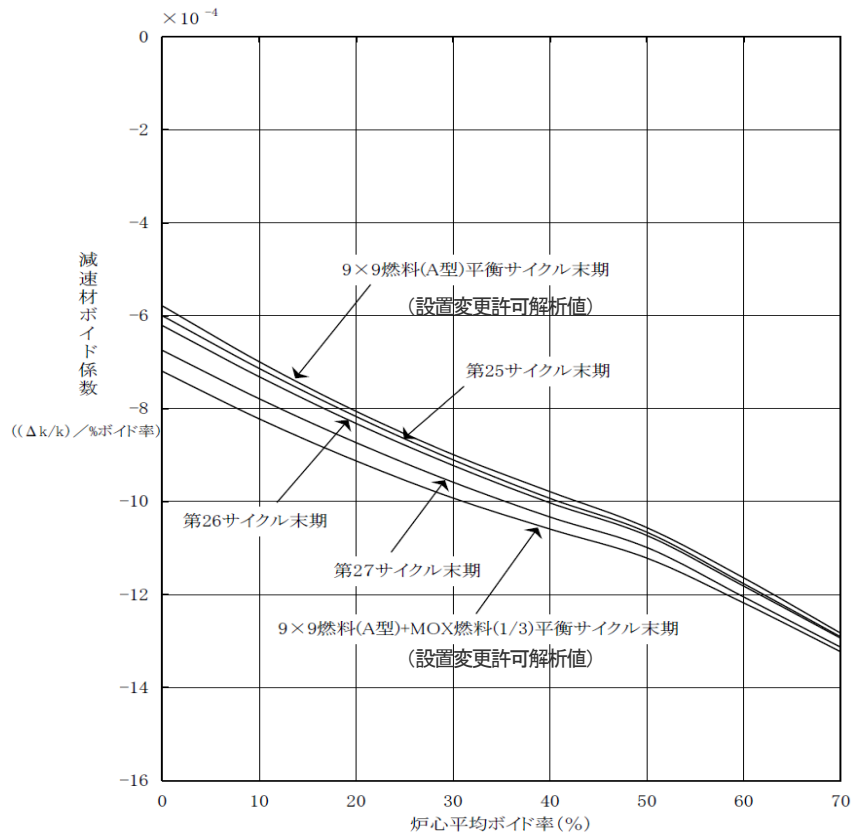


図4. 1-4(2) 減速材ポイド係数(サイクル末期炉心)

4.1.3 炉心の熱水力設計

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性等への影響を考慮しても、炉心の熱水力設計が以下に示す判断基準を満足することが要求される。

○最小限界出力比(以下「MCPR」という。)及び最大線出力密度は通常運転時の熱的制限値を超えることなく運転でき、運転時の異常な過渡変化時に燃料の許容設計限界を超えないこと。

(2) 東京電力による評価

① 評価条件

「4. 1. 2炉心の核設計」に同じ条件を用いている。

② 評価手法

「4. 1. 2炉心の核設計」に同じ手法及び「沸騰水型原子炉の炉心熱設計手法及び熱的運転制限値決定手法について」に示されている手法を用いている。

③ 評価結果

MCPR の許容限界値(SLMCPR)については、第25から第27サイクルの炉心の中から炉心内に MCPR 近傍の燃料集合体が多く存在し厳しい結果を与える第26サイクル末期の炉心について評価したところ 1.053 であり、現行の設置変更許可の制限値 1.07 を変更する必要はないとしている。

また、通常運転時の MCPR の制限(OLMCPR)と最大線出力密度の制限(44kW/m)については、表4. 1-9に示すとおり、第25から第27サイクルにおいてこれを満足して運転可能であるとしている。通常運転時のこれらの熱的制限値を遵守することで、「4. 1. 6 安全評価」に示すように運転時の異常な過渡変化時においても、原子炉冷却系、原子炉停止系、計測制御系及び安全保護系の機能とあいまって、燃料の許容設計限界を超えることはないとしている。なお、代表例として図4. 1. -5に第25サイクルの MCPR の燃焼変化を、図4. 1-6に第25サイクルの最大線出力密度の燃焼変化を示す。MCPR 及び最大線出力密度は、保安規定で管理することが定められている項目であり、運転中に制限値を満足していることを確認している。

(3) 保安院における確認結果

評価条件については、長期保管による MOX 燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性に与える影響が適切に考慮されており、評価手法については、MOX燃料の採用に係る設置変更許可時と同様の手法を用いていること及び長期保管による影響を踏まえても適用できることを確認した。また、評価結果は判断基準を満足しており、長期保管した MOX 燃料を装荷した場合の原子炉の熱水力設計に係る評価は妥当であることを確認した。

表4. 1-9 MCPR 及び最大線出力密度の評価結果

項目		燃料 タイプ*1	今回の評価値			設置変更 許可解析値 (1/3MOX 炉心)	判断基準
			25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
最 小 限 界 出 力 比*2	サイクル 早期炉心*3	MOX	1.66	1.56	1.58	1.66	1.28 以上
		9×9A	1.38	1.37	1.37	1.41	1.29 以上
	サイクル 末期炉心*3	MOX	1.65	1.64	1.62	1.64	1.39 以上
		9×9A	1.50	1.50	1.50	1.50	1.42 以上
最大線出力密度*2 (kW/m)		MOX	39.2	39.7	38.4	40.0	44 以下
		9×9A	40.0	37.8	37.8	37.7	44 以下

*1: 燃料タイプの MOX は MOX 燃料を、9×9A は 9×9 燃料(A 型)を示す。

*2: 最小限界出力比はサイクル中の最小値を、最大線出力密度はサイクル中の最大値を示す。

*3: サイクル早期炉心とはサイクル初期からサイクル末期よりさかのぼって炉心平均燃焼度で 2,000MWd/t 手前までの期間であり、サイクル末期炉心はそれ以外の期間である。

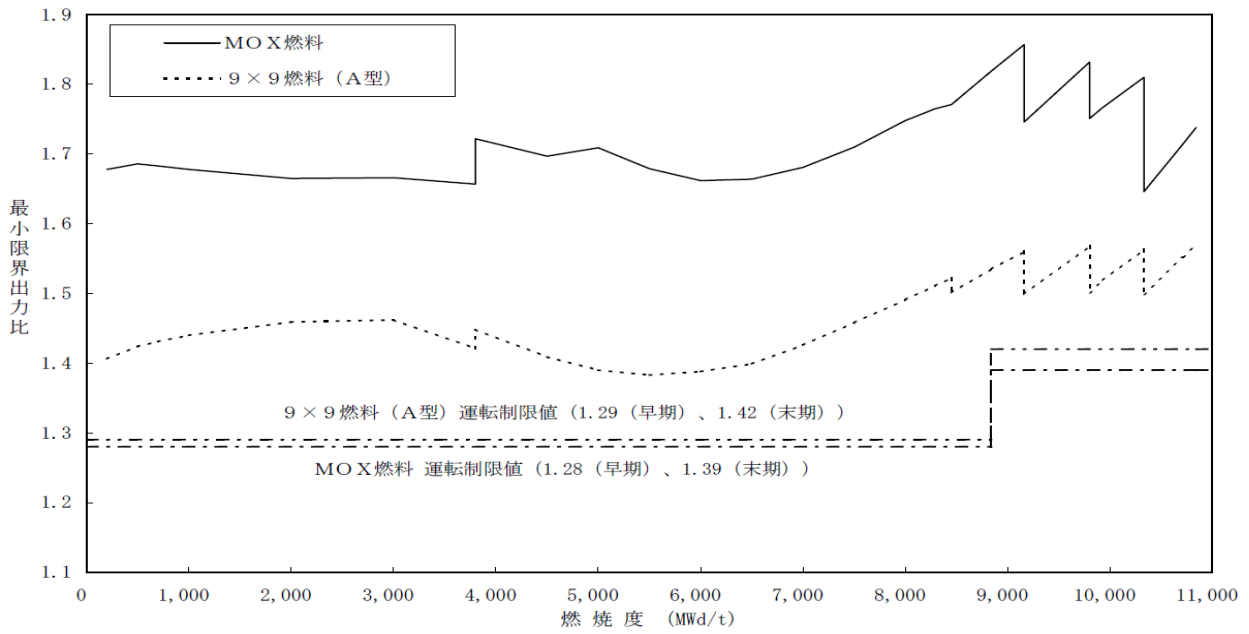


図4. 1-5 最小限界出力比の燃焼変化(第25サイクル)

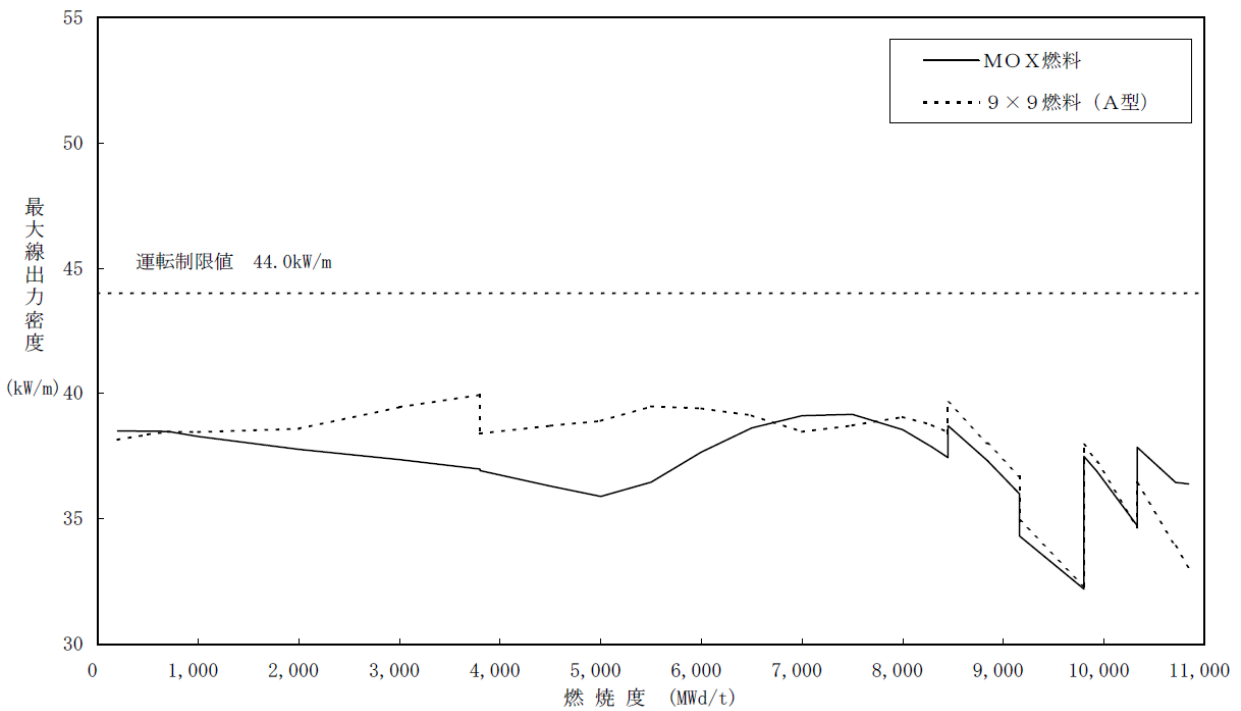


図4. 1-6 最大線出力密度の燃焼変化(第25サイクル)

4.1.4 動特性

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性等への影響を考慮しても、炉心の動特性が以下に示す判断基準を満足することが要求される。

- 核熱水力学的安定性(チャンネル安定性、炉心安定性及び領域安定性)は限界基準を満足すること。
- プラント安定性は限界基準を満足すること。
- キセノン空間振動の安定性については、空間振動を抑制できるような負の出力反応度係数を有すること。

(2) 東京電力による評価

① 核熱水力学的安定性(チャンネル安定性、炉心安定性及び領域安定性)

核熱水力学的安定性(チャンネル安定性、炉心安定性及び領域安定性)については、設置変更許可解析で用いた周波数領域安定性解析コードにより、第25から第27サイクルの炉心に対応した出力ピーキング等を入力し評価を行い、表4. 1-10に示すとおり、判断基準を満足することを確認したとしている。

核熱水力学的安定性は、社内規定で確認することが定められている項目であり、取替炉心毎に評価を行い、制限値を満足していることを確認としている。

表4. 1-10 核熱水力学的安定性の解析結果(減幅比)

	今回の評価値			設置変更許可解析値	判断基準
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
チャンネル安定性(MOX)	0.31	0.30	0.31	0.51	<1
炉心安定性	0.61	0.67	0.72	0.77	<1
領域安定性	0.35	0.30	0.32	0.60	<1

評価条件 第25～第27サイクル:各サイクル末期のボイド係数、各サイクル末期のドブドラ係数、各サイクルの出力ピーキング係数
設置変更許可解析:平衡炉心サイクル末期のボイド係数×1.02、平衡炉心サイクル末期のドブドラ係数×0.99、平衡炉心の値を包絡する出力ピーキング係数

② プラント安定性

プラント安定性については、MOX 燃料を長期保管したことによる影響が想定される入力条件としては、ギャップ熱伝達係数及び動的ボイド係数があるとしている。これらについては「4. 1. 1燃料の機械設計」及び「4. 1. 2炉心の核設計」で示したように、ギャップ熱伝達係数については安全側に条件設定された設置変更許可時の解析に用いた値の範囲に包絡されていること、動的ボイド係数については設置変更許可における 1/3MOX 平衡炉心での評価値に包絡されていること等から限界基準を満足するとしている。

③ キセノン空間振動の安定性

キセノン空間振動の安定性については、「4. 1. 2炉心の核設計」に示したように評価で用いる出力反応度係数は、設置変更許可申請書記載値を満足していること及び炉心平均熱中性子束についても表4. 1-11に示すとおり、9×9燃料(A 型)平衡炉心と1/3MOX 平衡炉心の中間的な値になっていることから空間振動を抑制できるような負の出力反応度係数を有するとしている。

表4. 1-11 炉心平均熱中性子束(単位:n/cm²s)

今回の評価値			設置変更許可解析値	
25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル	9×9A 炉心	1/3MOX 炉心
3.6×10^{13}	3.5×10^{13}	3.4×10^{13}	3.6×10^{13}	3.2×10^{13}

評価条件 第25～第27サイクル:原子炉定格出力、40%ボイド率
設置変更許可解析:平衡炉心、原子炉定格出力、40%ボイド率、1/3MOX 炉心については代表Pu組成

(3) 保安院における確認結果

評価条件については、長期保管による MOX 燃料の組成変化の影響が適切に考慮されており、評価手法については、MOX 燃料の採用に係る設置変更許可時と同様の手法を用いていること及び長期保管による影響を踏まえても適用できることを確認した。また、評価結果は判断基準を満足しており、長期保管された MOX 燃料を装荷した場合の炉心の安定性に係る評価は妥当であることを確認した。

4.1.5 使用済燃料貯蔵時の未臨界性及び冷却性

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性及び崩壊熱への影響を考慮しても、使用済燃料貯蔵設備が以下に示す判断基準を満足することが要求される。

○燃料の貯蔵設備は、想定されるいかなる場合でも、臨界を防止できること。

○燃料の貯蔵設備は、崩壊熱を十分に除去し最終的な熱の逃がし場へ輸送できること。

(2) 東京電力による評価

① 未臨界性

使用済燃料貯蔵設備の未臨界性については、長期保管した MOX 燃料の燃焼に伴う無限増倍率の最大値を確認し、設置変更許可における評価条件である無限増倍率(1.23)を下回ることから想定されるいかなる場合でも、臨界を防止できるとしている。

② 冷却性

使用済燃料貯蔵設備の冷却性については、図4.1-7に示すとおり、長期保管した MOX 燃料が使用済燃料となった際の崩壊熱が標準組成の使用済 MOX 燃料より大きくなることから、評価を実施し、表4.1-12に示すとおり、評価基準を満足することを確認したとしている。

使用済燃料プール水温は保安規定等で管理することが定められており、規定された水温を満足する運用を行うとしている。

(3) 保安院における確認結果

MOX 燃料の採用に係る設置変更許可と同様の手法により長期保管による MOX 燃料の組成変化による影響を適切に考慮した評価が行われているとともに、評価結果は判断基準を満足していることから、長期保管した MOX 燃料を装荷した場合の使用済燃料貯蔵設備の未臨界性及び冷却性に係る評価は妥当であることを確認した。

表4.1-12 使用済 MOX 燃料の冷却性評価結果

	今回の評価	設置変更許可解析	評価基準
通常最大熱負荷時	48.5°C	47.9°C	52°C以下
非常時最大熱負荷時	62.8°C	62.3°C	65°C以下

通常最大熱負荷時：炉心から取り出した使用済燃料1回取替分と、それ以前に取り出した使用済燃料から発生する崩壊熱量を燃料プール冷却浄化系で冷却する場合。

非常時最大熱負荷時：サイクル末期における全炉心分の使用済燃料と、それ以前に取り出した使用済燃料から発生する崩壊熱量を燃料プール冷却浄化系と残留熱除去系で冷却する場合。

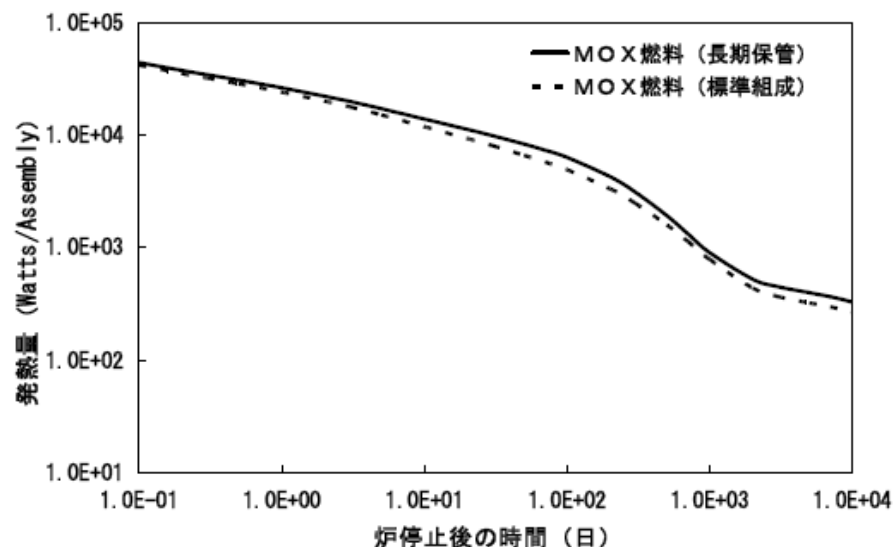


図4.1-7 使用済 MOX 燃料の崩壊熱

4.1.6 安全評価

(1) 判断基準

燃料の組成変化に伴う燃料の反応度特性等への影響を考慮しても、運転時の異常な過渡変化及び事故時において、それぞれ以下に示す判断基準を満足することが要求される。

① 運転時の異常な過渡変化の判断基準

○MCPRは許容限界値以上であること。

○燃料被覆管は機械的に破損しないこと。

○燃料エンタルピは、「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針」(以下「反応度投入事象評価指針」という。)に示された燃料の許容限界を超えないこと。

○原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、最高使用圧力の 1.1 倍の圧力以下であること。

② 事故の判断基準

○炉心は著しい損傷に至ることなく、かつ、十分な冷却が可能であること。

○燃料エンタルピは制限値を超えないこと。

○原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、最高使用圧力の 1.2 倍の圧力以下であること。

○原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力は、最高使用圧力以下であること。

○周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと。

(2) 東京電力による評価

① 運転時の異常な過渡変化

a. 原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き

第25から第27サイクルにおける最大制御棒価値については、表4. 1-13に示すように設置変更許可時の1/3MOX 炉心の解析値を下回っており、設置変更許可時の当該事象の評価では制御棒価値を 1.3%Δ k と十分保守的な条件で評価していることから長期保管 MOX を装荷した炉心においても判断基準を満足するとしている。また、引き抜き制御棒価値は、社内規定に基づき取替炉心毎に 1.0%Δ k を満足するような炉心設計を行うとしている。

表4. 1-13 最大制御棒価値(単位:%Δ k)

	今回評価値			設置変更許可 解析値 (1/3MOX 炉心)	設置変更 許可解析 条件
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
サイクル初期	0.84	0.89	0.92	0.98	1.3
サイクル末期	0.84	0.97*	0.85	0.87	

評価条件 第25～第27サイクル:低温(20°C)から高温待機(286°C)までの最大値

設置変更許可解析:代表 Pu 組成、平衡炉心、低温(20°C)から高温待機(286°C)までの最大値

*:第26サイクルのサイクル末期の炉心については、最大価値制御棒周りの燃料の反応度が高いため、最大制御棒価値が他のサイクルに比べ大きくなっている。

b. 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き

第25から第27サイクルについて解析を実施し、表4. 1-14に示すとおり、設置変更許可の解析値を下回るとともに、判断基準を満足していることを確認したとしている。

「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」は、社内規定に基づき取替炉心毎に評価を行い、制限値を満足していることを確認するとしている。

表4. 1-14 「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」の解析結果

	今回の評価値			設置変更許可 解析値 (1/3MOX 炉心)	判断 基準
	25 サイクル	26 サイクル	27 サイクル		
表面熱流束の最大値	約 106%	約 107%	約 105%	約 121%	165%以下
最小限界出力比 の最小値	1.25	1.27	1.28	1.16	1.07 以上

評価条件 第25～第27サイクル:各サイクル初期、評価炉心に対応した制御棒パターン、MCPR 及び最大線出力密度
設置変更許可解析:代表 Pu 組成、平衡炉心サイクル初期、評価結果を厳しくするための仮想的な制御棒パターン、運転制限値の MCPR 及び最大線出力密度

c. プラント過渡(上記の2事象を除く運転時の異常な過渡変化)

MOX 燃料の長期保管の影響を受けることが想定されるものとしてギャップ熱伝達係数及び動的ボイド係数(表4. 1-7)があるが、これらが設置変更許可における解析条件に包絡されることから判断基準を満足するとしている。

② 事故

a. 制御棒落下

第25から第27サイクルにおける最大制御棒価値については、表4. 1-13に示すように設置変更許可時の1/3MOX 炉心の解析値を下回っており、設置変更許可時の当該事象の評価では落下制御棒の価値を 1.3%Δ k と十分保守的な条件で評価していることから長期保管した MOX 燃料を装荷した炉心においても判断基準を満足するとしている。また、引き抜き制御棒価値は、社内規定に基づき取替炉心毎に 1.0%Δ k を満足するような炉心設計を行うとしている。

b. 原子炉冷却材喪失、主蒸気管破断及び可燃性ガスの発生

解析の入力条件のなかで MOX 燃料の長期保管の影響を受けることが想定される項目としては崩壊熱の時間変化があるとしている。図4. 1-8に示すとおり、長期保管 MOX 燃料とウラン燃料の崩壊熱を比較すると炉心取り出し後数日間はウラン燃料が高く、この間に解析における判断基準に係る評価値が現れること、また、評価ではこれらより保守的な崩壊熱(GE+3σ 等)を使用していること、さらに、ギャップ熱伝達係数は、保守的な解析条件を使用することから、設置変更許可時の評価を上回ることはなく、判断基準を満足しているとしている。

また、原子炉冷却材喪失の解析で行っている燃料被覆管の破裂の発生の有無については、長期保管に伴うヘリウム放出の増加により燃料棒内圧が高くなるため影響評価を実施し、図4. 1-9に示すとおり、破裂判定曲線を下回っていることから燃料の破裂は発生しないとしている。

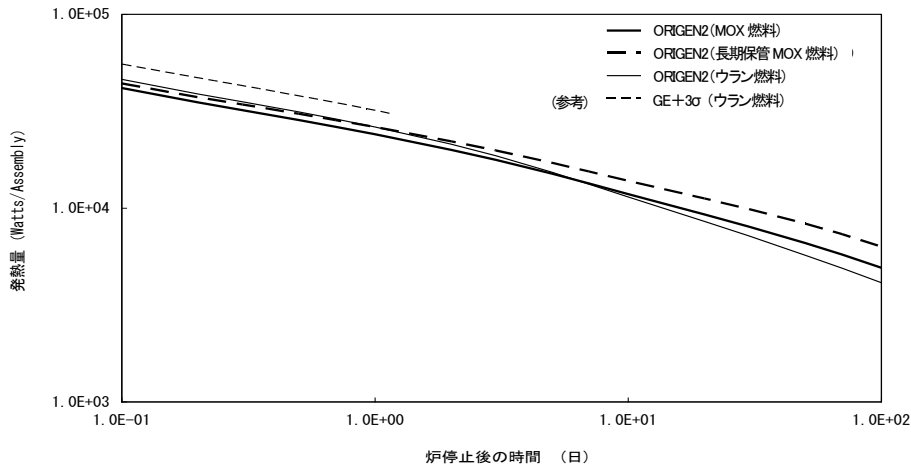


図4. 1-8 ORIGEN2による各種燃料の崩壊熱評価結果とGE+3σ崩壊熱の比較

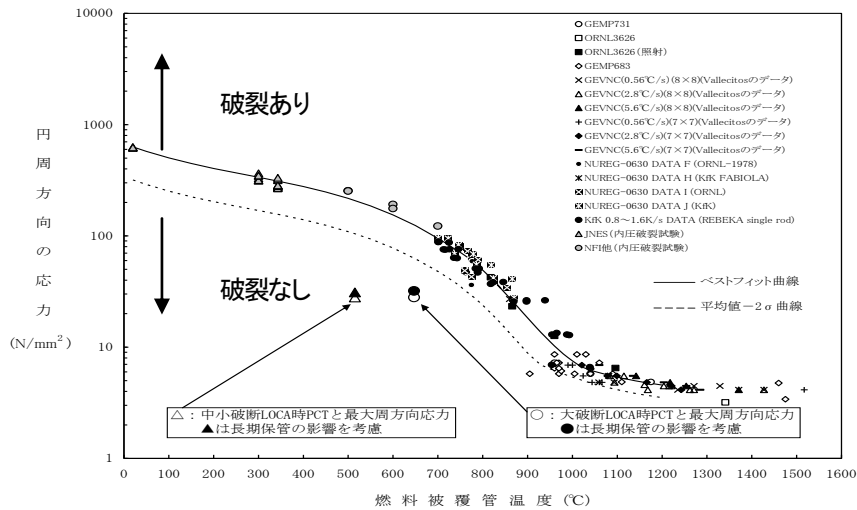


図4. 1-9 長期保管 MOX 燃料の原子炉冷却材喪失時の破裂判定

c. 原子炉冷却材流量の喪失及び原子炉冷却材ポンプ軸固着

解析の入力条件のなかで MOX 燃料の長期保管の影響を受けることが想定されるものとしてギャップ熱伝達係数及び動的ポイド係数(表4. 1-7)があるが、これらが設置変更許可における解析条件に包絡されることから判断基準を満足している。

d. 事故時被ばく

設置変更許可申請では、1/3MOX 燃料炉心とウラン燃料炉心とを比較して、厳しい評価となるウラン燃料炉心に適用されている方法を用いて被ばく評価が実施されている。長期保管した MOX 燃料を用いた炉心は、核分裂性プルトニウムが減少することから、1/3 MOX 燃料炉心とウラン燃料炉心との中間的な炉心になることから長期保管による影響はないとしている。

(3) 保安院における確認結果

MOX 燃料の採用に係る設置変更許可時と同様の手法により、長期保管による MOX 燃料の組成変化による影響を適切に考慮した評価が行われているとともに、評価結果は判断基準を満足しており、長期保管された MOX 燃料を装荷した場合の原子炉施設の安全保護系及び原子炉停止系等並びに工学的安全施設等の設計に係る評価は妥当であることを確認した。

4.2 環境及びその他の影響に係る確認

保安院は、環境及びその他の影響に係る確認項目として抽出された以下の4項目について、「評価・検査報告書」の内容を確認するとともに、立入検査により MOX 新燃料集合体の外観確認、ファイバースコープによる確認及び記録確認等を実施した。(別添2)

4.2.1 燃料集合体の外観

(1) 判断基準

MOX 新燃料集合体への外力による影響、ジルコニウム合金の腐食及びステンレス鋼等の腐食の観点から、燃料健全性に影響がないことを、以下の判断基準により確認する。

- 東京電力が実施した外観確認が適切に実施されていること。
- 燃料棒に明らかな損傷・つぶれの無いこと。
- 燃料棒以外の構成要素に有害な損傷・変形等の無いこと。
- 燃料棒間の間隙に狭小な箇所が無いこと。
- 燃料棒の明らかな油脂・酸化物等で有害な付着物の無いこと。
- 外観確認において確認された擦れ跡等については、製造時のものであり、燃料受入時において確認されているものであること。

(2) 東京電力による確認結果

MOX 新燃料集合体32体について外観確認を行い、燃料棒表面には新しい金属が持つ特有の光沢が見られており、また、いずれも判定基準を満たしているとしている。

なお、燃料棒表面にローラのスリップ跡、軸方向・斜め方向の擦れ跡、周方向の擦れ跡がみられたものがあつたが、これらはいずれも製造時のものであり、燃料受入時においても確認されているものであるとしている。

(3) 保安院における確認結果

① 東京電力による確認結果について

東京電力の実施した外観確認について、立入検査により、必要な文書が社内規程に基づき適切に定められていること、要領書に従って外観確認が実施されていること、判定が適切に行われていること、結果が「評価・検査報告書」と整合していることを確認した。

② 保安院による確認結果について

保安院は、代表性を考慮して選定した3体の MOX 新燃料集合体について、東京電力の社内検査要領書に準じた水中テレビカメラによる外観確認を実施した。また、平成11年12月に実施した輸入燃料体検査時の映像との比較も実施した。

これらの結果、確認した範囲において、燃料棒表面並びにスペーサ及び上下部タイプレート等表面には金属光沢が認められ、また、保安院の判断基準を満足するものであることを確認した。

4.2.2 ファイバースコープ等による確認

(1) 判断基準

MOX 新燃料集合体内部に燃料健全性に影響を及ぼす異物が無いことを、以下の判断基準により確認する。

- 東京電力が実施したファイバースコープ等による確認が適切に実施されていること。
- MOX 新燃料集合体の健全性に影響を及ぼす異物が無いこと。

(2) 東京電力による確認結果

MOX 新燃料集合体32体についてファイバースコープ等による燃料集合体内部確認を実施

した結果、燃料健全性に影響を及ぼす異物が無いことを確認したとしている。

なお、燃料集合体内部確認において、燃料組立時に燃料棒に生じる薄皮状の切り粉、ウォーターロッドタブ先端エッジ部の微少な変形、小さく剛性の無い浮遊物が確認されたが、これらは燃料健全性に影響を与えるものではないとしている。

(3) 保安院における確認結果

① 東京電力による確認結果について

東京電力の実施したファイバースコープ等による確認について、立入検査により、必要な文書が社内規程に基づき適切に定められていること、要領書に従って確認が実施されていること、結果が「評価・検査報告書」と整合していることを確認した。

また、東京電力の確認において認められた、燃料棒表面の薄皮状の切り粉やウォーターロッドタブ先端エッジ部の微少な変形について、燃料健全性に影響を与えるものではないとする評価が妥当なものであることを確認した。

② 保安院による確認結果について

保安院は、代表性を考慮して選定した1体のMOX新燃料集合体について、ファイバースコープによる確認を実施した。

この結果、確認した範囲において、東京電力の報告と同様に、燃料棒表面の薄皮状の切り粉は認められたものの、その他の異物等は認められなかった。

さらに、保安院独自の観点から、ファイバースコープを用いて、MOX新燃料集合体内部に位置する燃料棒表面等の確認を行い、燃料棒等の表面には金属光沢が認められ、MOX新燃料集合体の内部に位置する燃料棒と外周部に位置する燃料棒の表面状態に差異は認められないことを確認した。

4.2.3 水質管理等

(1) 判断基準

MOX新燃料集合体の保管中の使用済燃料プールの水質等の管理状況について、以下の判断基準により確認する。

○使用済燃料プール水位、水温が保安規定を満足していること。

○使用済燃料プール水質が社内管理基準を満足していること。

(2) 東京電力における評価

MOX新燃料集合体保管期間中において、使用済燃料プール水位はオーバーフロー水位付近であり、水温は65℃以下であり、水質も社内管理基準を満たしているため問題ないとしている。

(3) 保安院における確認結果

水位、水温、導電率、pH、塩素濃度及び不溶性鉄濃度について、MOX新燃料集合体保管期間中の管理状況を東京電力の記録により確認し、保安規定や社内管理基準を満足し適切に水質等が管理されていること、また、「評価・検査報告書」と整合していることを確認した。

4.2.4 保管期間中のMOX新燃料集合体への影響

(1) 判断基準

MOX新燃料集合体の保管中の燃料取扱い及び地震による影響について、以下の判断基準により確認する。

○燃料取扱い作業における燃料健全性に影響を与える不適合がないこと。

○保管期間中に発生した地震により燃料健全性に影響を与える事象が発生していないこと。

(2) 東京電力による評価

① 燃料取扱いによる影響

燃料取扱い作業における燃料健全性に影響する不適合は発生していないとしている。

② 地震による影響

燃料保管期間中に発生した最大の地震は2003年5月26日の宮城県沖を震源とする地震で、付近の気象庁の観測所において観測された最大震度は4であり、地震発生後のパトロールにおいて使用済燃料プール内に異常の無いことを確認しているとしている。

(3) 保安院における確認結果

MOX 新燃料集合体取扱い時等において、燃料健全性に影響する不適合は、発生していないことを確認した。なお、MOX 新燃料集合体の下部タイププレートにテープ片が確認され、取り除いた事象が2件あったが、これらについては燃料健全性に影響を与えない事象であることを確認した。

また、MOX 新燃料集合体の保管期間中において発生した地震加速度が最も大きな地震は2003年5月26日の地震であり、地震後に実施したパトロールに係る点検結果報告書から、MOX 新燃料集合体に異常が確認されていないことを確認した。

5 まとめ

保安院では、長期間保管した MOX 燃料の健全性及びそれを使用した原子炉の安全運転に支障がないことについて、東京電力(株)の行った評価結果を確認するとともに、確認に当たっては東京電力(株)に追加的な説明を求め、また立入検査による保管状況の確認等を行うことにより検討した。

その結果、東京電力(株)の行った評価は妥当であり、立入検査でも問題は認められなかったことから MOX 燃料の健全性及びそれを使用した原子炉の安全運転に支障がないと判断する。

今後、保安院は、使用前検査及び保安検査等を通じ、長期保管した MOX 燃料の使用に係る安全性について継続して確認する。

6 検討経過

本報告書は、福島第一原子力発電所3号機において長期保管した MOX 燃料の健全性及びそれを使用した原子炉の安全運転に支障がないことについて取りまとめたものである。取りまとめに当たっては、経済産業省 総合エネルギー調査会 原子力安全・保安部会の小委員会又はワーキンググループに属する以下の委員等の専門的意見を聴取した。

平成22年7月現在

氏名	所属
石島 清見	財団法人高度情報科学技術研究機構 理事
上村 勝一郎	独立行政法人原子力安全基盤機構 原子力システム安全部特任参事
更田 豊志	独立行政法人日本原子力研究開発機構 安全研究センター副センター長
山本 章夫	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 教授
松本 光由*	独立行政法人原子力安全基盤機構 検査業務部 審議役

(* : 委員委嘱されていない専門家)

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機に係るプルサーマル計画の概要

1. 発電所の所在地

福島県双葉郡大熊町及び双葉町

2. 原子炉の型式及び熱出力

型式 濃縮ウラン燃料 ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料、軽水減速、軽水冷却、沸騰水型

熱出力 約 2,380MW(電気出力 約 784MW)

3. 概要

3号機において、燃料集合体 548 体のうち、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料(以下「MOX 燃料」という。)集合体を最大 240 体使用する。

なお、MOX 燃料集合体は、高燃焼度8×8燃料集合体と同一の構造を持ち、プルトニウム含有率を約 3.0wt%濃縮ウラン相当に調整したものである。

4. これまでの経緯

平成10年11月 原子炉設置変更許可申請

平成11年 7月 原子炉設置変更許可

平成11年 8月 MOX 輸入燃料体検査申請

平成11年 9月 工事計画認可申請

平成11年 9月 MOX 燃料 発電所に搬入(保管状況については、次ページ参照)

平成11年11月 工事計画認可

平成12年 8月 MOX 輸入燃料体検査合格

平成22年 5月 東京電力(株)が保安院に「評価・検査報告書」を提出

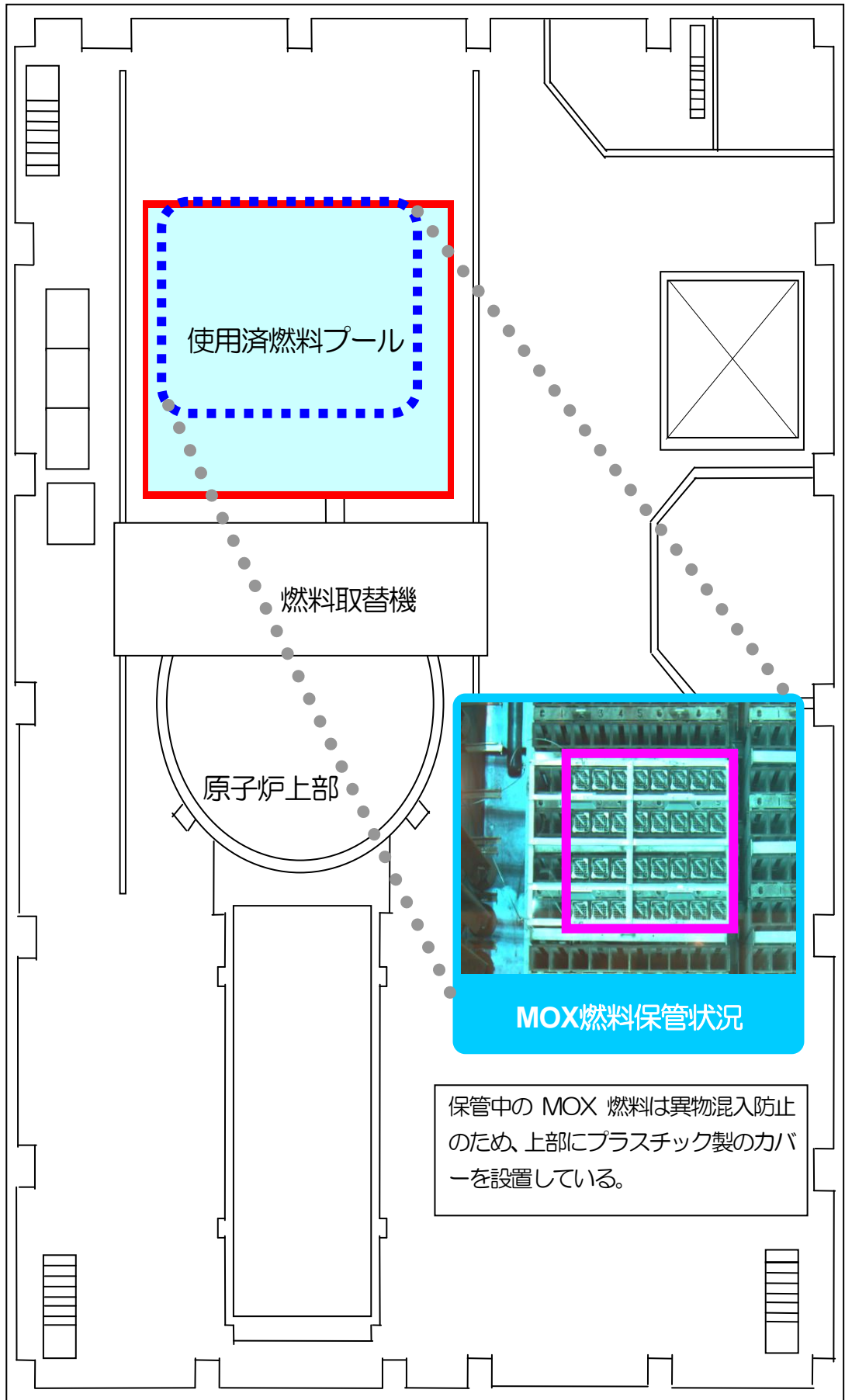


図 MOX 新燃料の保管状況

東京電力(株)福島第一原子力発電所3号機において長期保管した MOX 新燃料集合体の健全性の確認のための立入検査の実施結果について

1. 立入検査の目的

原子力安全・保安院(以下「保安院」という)が本年5月21日に東京電力(株)から提出を受けた「福島第一原子力発電所3号機において長期間保管したMOX新燃料集合体の健全性に係る評価・検査報告書」(以下「評価・検査報告書」という。)の内容の妥当性の確認を目的として立入検査を実施した。

2. 立入検査の概要

(1)立入検査期間

平成22年6月3日～4日

(2)立入検査実施者

原子力発電検査課員及び福島第一原子力保安検査官事務所員 計5名

(3)検査内容

東京電力(株)の評価・検査報告書について、東京電力(株)が実施したMOX新燃料集合体の外観確認及びファイバースコープ等による確認に係る結果の妥当性等を確認するとともに、保安院としても外観確認及びファイバースコープによる内部確認を実施した。

また、MOX新燃料集合体を保管している使用済み燃料プールにおける水質管理の実施状況等を確認した。

3. 立入検査における着目事項

(1)外観確認

- ・東京電力(株)が行った外観確認が適切に実施されていること。
- ・MOX新燃料集合体の外観が判断基準を満たしているものであること。

【判断基準】

- a. 燃料棒に明らかな損傷・つぶれの無いこと。
- b. 燃料棒以外の構成要素に有害な損傷・変形等の無いこと。
- c. 燃料棒間の間隙に狭小な箇所が無いこと。
- d. 燃料棒の明らかな油脂・酸化物等で有害な付着物の無いこと。
- e. 外観確認において確認された擦れ跡等については、製造時のものであり、燃料受入時において確認されているものであること。

(2)ファイバースコープ等による確認

- ・東京電力(株)が実施したファイバースコープ等による内部確認が適切に実施されていること。

・MOX新燃料集合体の健全性に影響を及ぼす異物が無いこと。

(3)水質管理等

・MOX新燃料集合体を保管している使用済燃料プールの水質等の管理が適切に実施されていること。

(4)その他

・受け入れ後のMOX新燃料集合体の取扱いや保管中の地震等によりMOX新燃料集合体の健全性に影響を与える事象が発生していないこと。

4. 立入検査結果

(1)外観確認

a. 東京電力(株)の確認結果について

保安院は、東京電力(株)が外観確認の実施に当たり、同社の社内規程に基づき「実施計画」「社内検査要領書」を定めており、その内容が適切であること、「実施計画」「社内検査要領書」のとおり外観確認を実施していることを確認するとともに、外観確認結果の記録である「社内検査成績書」が「評価・検査報告書」と整合していることを確認した。

また、同社が外観確認に用いた判定用の見本、文書及び外観確認映像についても確認し、同社の判定が適切であったことを確認した。

これらの結果から、東京電力(株)による外観確認は適切に実施されており、その判定も適切であると認められる。

b.保安院としての外観確認の実施結果

保安院は、代表性を考慮し3体の MOX 新燃料集合体を外観確認の対象として選定し、東京電力(株)の社内検査要領書に準じた水中テレビカメラによる外観確認を実施した。

集合体番号	UMF3	UMF16	UMF20
選定の理由	「周方向の擦れ跡、軸方向・斜め方向の擦れ跡」が確認できる代表	MOX 新燃料集合体の受入後の移動回数が最も多い	「ローラのスリップ跡」が確認できる代表

これら3体については、燃料棒表面は金属光沢が認められ、また、判断基準を満足するものであることを確認した(図1-1から図1-4)。

さらに、平成11年12月に実施した輸入燃料体検査における外観確認の映像との比較も行い、MOX 新燃料集合体の外観に長期間保管による影響は無いことを確認した。

(2)ファイバースコープ等による確認

a. 東京電力(株)の確認結果について

保安院は、東京電力(株)がファイバースコープ等による確認に当たり、同社の社内規程に基づき

「実施計画」「業務実施計画」を定めており、その内容が適切であること、「実施計画」「業務実施計画」のとおりファイバースコープ等による確認を実施していることを確認するとともに、その実施結果が「評価・検査報告書」と整合していることを確認した。

また、東京電力(株)が実施したファイバースコープ等による確認において認められた、燃料棒表面の薄皮状の切り粉やウォーターロッドタブ先端エッジ部の微少な変形について、同社は「評価・検査報告書」において燃料健全性へ影響与えるものではないとしているが、この評価内容が妥当なものであることを確認した。

b.保安院としてのファイバースコープによる内部確認の実施結果

保安院は、代表性を考慮しUMF20を確認対象に選定し、ファイバースコープによる内部確認を実施した。

異物の有無の確認に加え、東京電力(株)の確認において認められた薄皮状の切り粉についても確認を行うため、第3スペーサ上面及び第4スペーサ上面のそれぞれ3経路を確認箇所を選定した。確認箇所を図1に示す。

第3スペーサ上面及び第4スペーサ上面を確認した結果、東京電力(株)の報告と同様に、薄皮状の切り粉は認められたものの、その他の異物等は認められなかった(図3-1及び図3-2)。

さらに、保安院独自の視点から、第5スパンの3力所についてMOX新燃料集合体の内側の燃料棒の表面状態の確認も実施した。確認した範囲においては、3力所すべてにおいて、燃料棒及びウォーターロッド(燃料棒と同材料)ともに表面に金属光沢が認められ、MOX新燃料集合体の内側の燃料棒等と外周部の燃料棒の表面状態に差異は認められなかった(図3-3及び図3-4)。

(3)水質管理等

使用済燃料プールの水質等の管理状況について、東京電力(株)の記録確認を行った。

水位、水温、導電率、pH、塩素濃度及び不溶性鉄濃度について、MOX新燃料集合体受入れ後から現在までの管理状況を記録により確認し、保安規定や社内管理基準を満足し適切に水質等が管理されており「評価・検査報告書」と整合していることを確認した(図4-1から図4-5)。

さらに、当日の使用済燃料プールの水位及び水温については、目視及び中央制御室の計器を確認し保安規定に定める範囲内であることを確認するとともに、導電率については、当日の放射性廃棄物処理建屋制御室の計器を確認し、社内管理基準値を満足していることを確認した。

(4)その他

a. MOX新燃料集合体の受入れ後の燃料の取扱いに係る不適合について

MOX新燃料集合体の健全性に影響する不適合は、発生していないことを確認した。なお、MOX新燃料集合体の下部タイプレートにテープ片が確認され、取り除いた事象が2件あったが、これらについては燃料健全性に影響を与えない事象であることを確認した。

b. 地震の発生と地震発生時の点検結果について

MOX 新燃料集合体の受入後に発生した最も大きな地震は2003年5月26日の地震であり、地震後に実施したパトロールに係る点検結果報告書から、MOX 新燃料集合体に異常が確認されていないことを確認した。

5. まとめ

保安院は、東京電力(株)福島第一原子力発電所に立入検査を実施し、同発電所3号機において長期保管されているMOX新燃料集合体の外観確認及びファイバースコープによる内部確認を保安院自ら実施するとともに、水質管理の状況等について記録等により確認を行った。

この結果、東京電力(株)が実施した外観確認及びファイバースコープ等による確認は適切なものであり、また、保安院の確認した範囲において、MOX新燃料集合体に異常は認められず、判断基準を満足するものであることを確認した。

また、東京電力(株)が実施した外観確認、ファイバースコープ等による確認、水質管理等が適切に実施されていることを確認した。



図1-1 UMF3外観確認結果(周方向の擦れ跡)

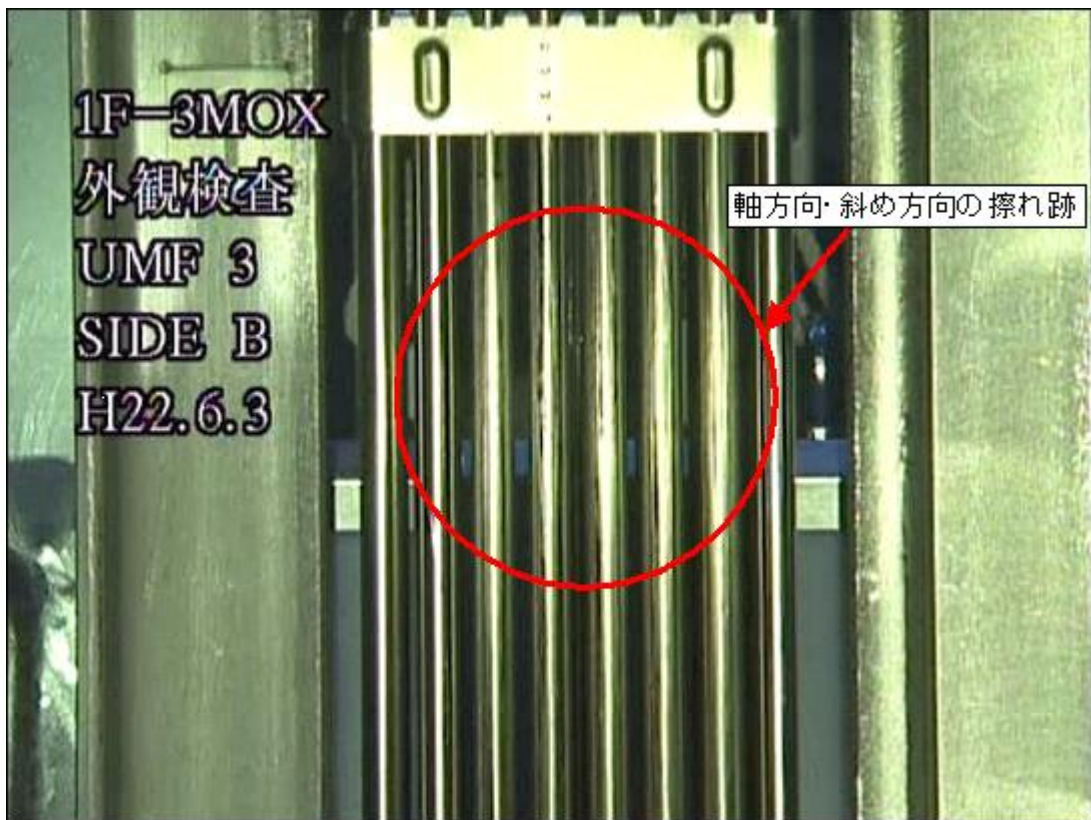


図1-2 UMF3外観確認結果(軸方向・斜め方向の擦れ跡)



図1-3 UMF16外観確認結果



図1-4 UMF20外観確認結果(ローラのスリップ跡)

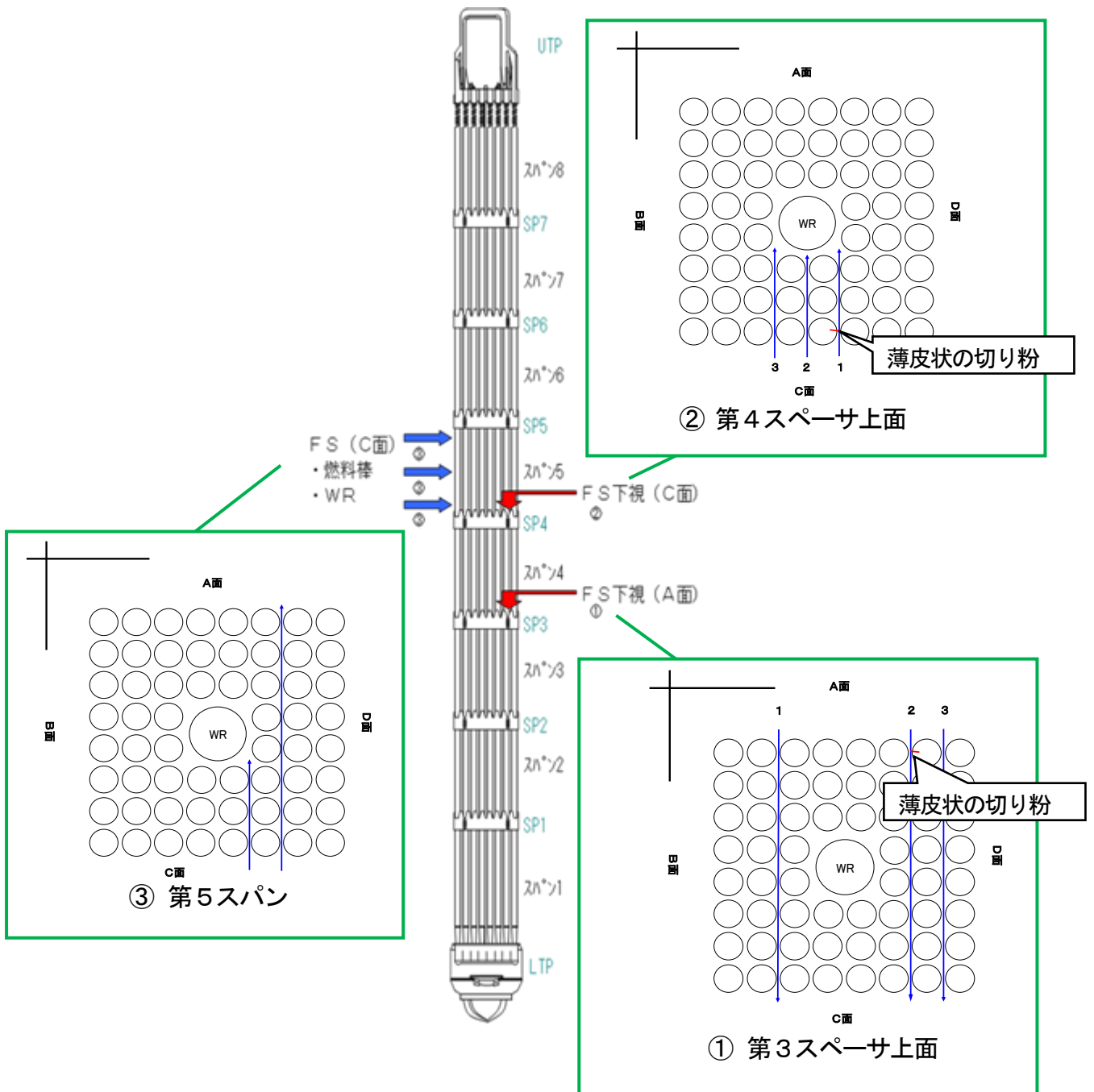


図2 ファイバースコープによる内部確認箇所

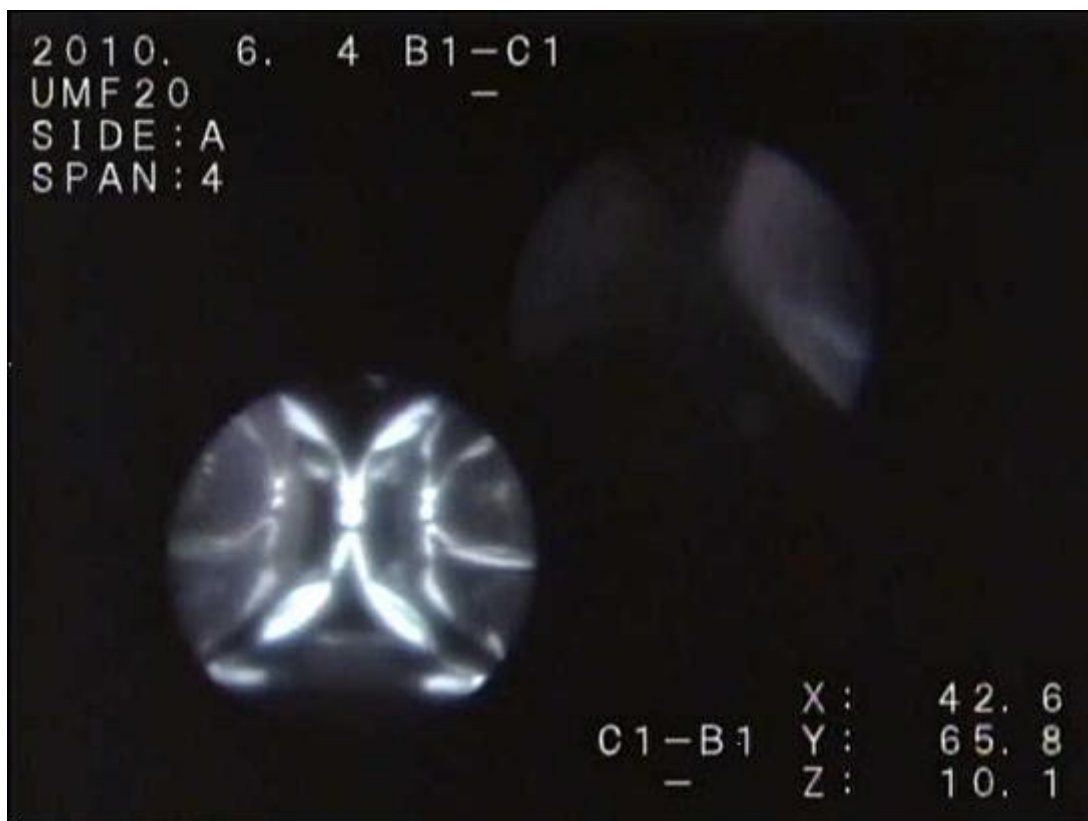


図3-1 ファイバースコープ観察例

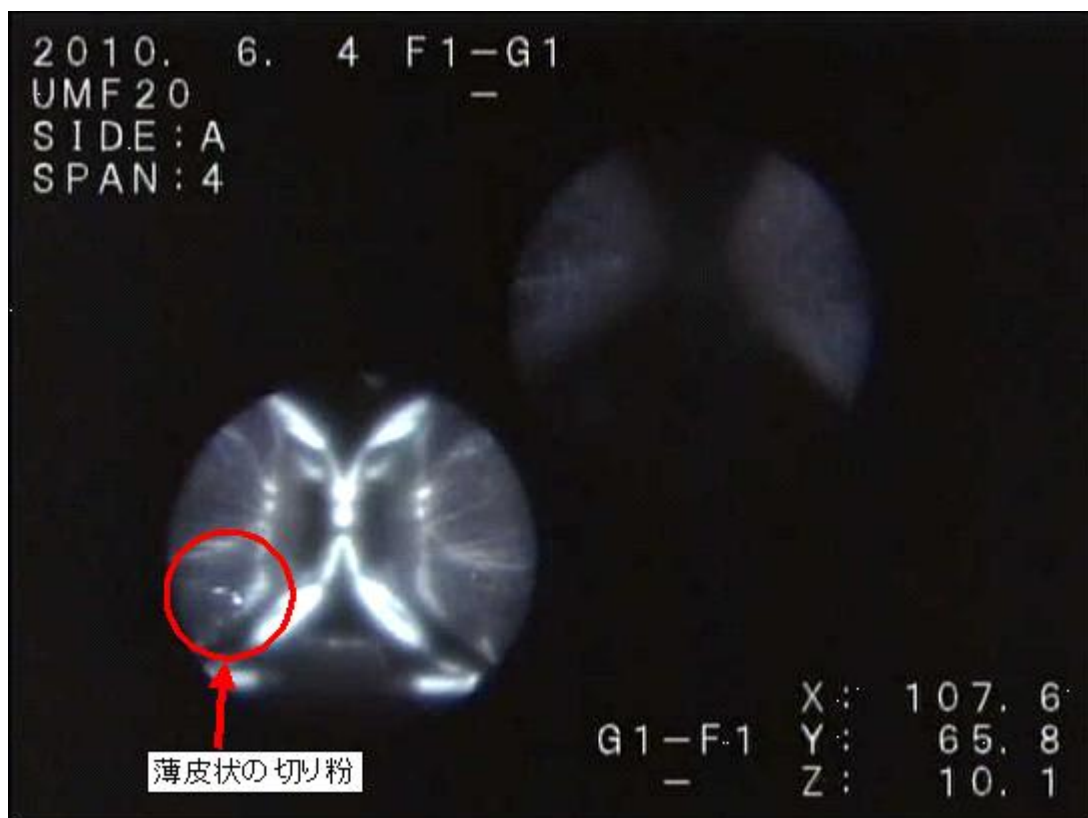


図3-2 ファイバースコープ観察例(薄皮状の切り粉)

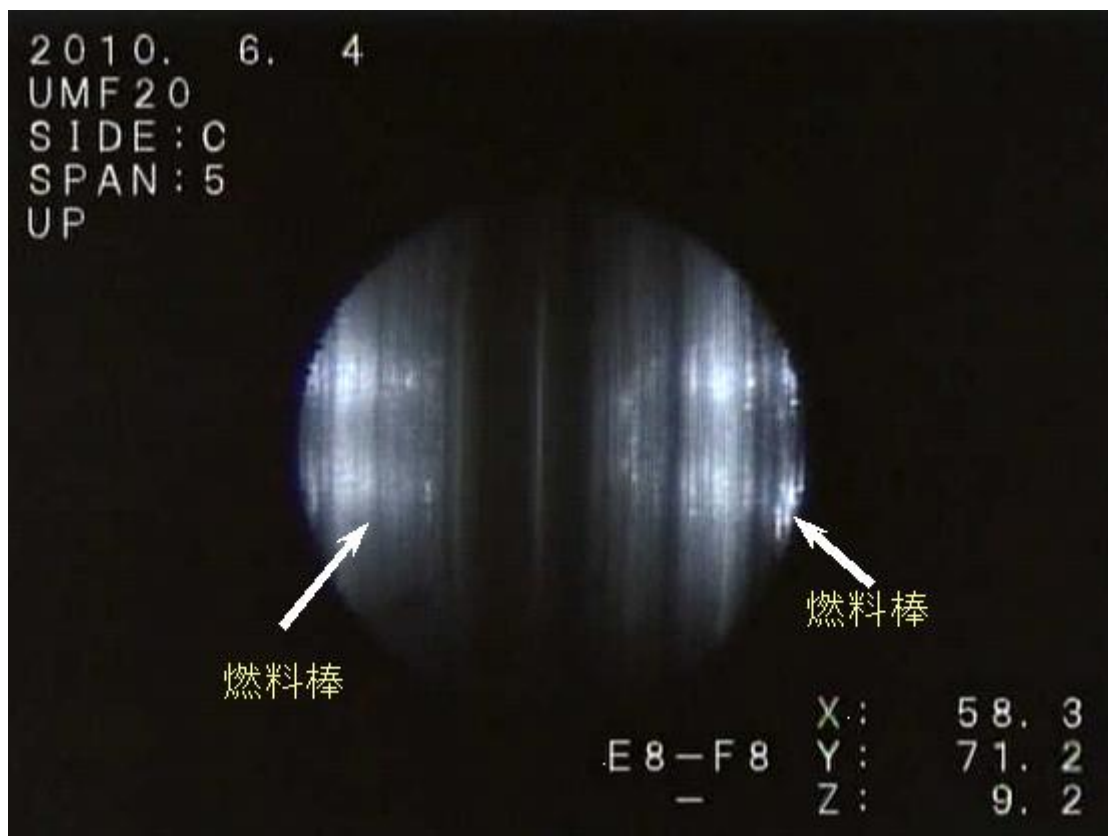


図3-3 ファイバースコープ観察例(直視視野)



図3-4 ファイバースコープ観察例(直視視野)



図4-1 使用済燃料プール水温度の推移

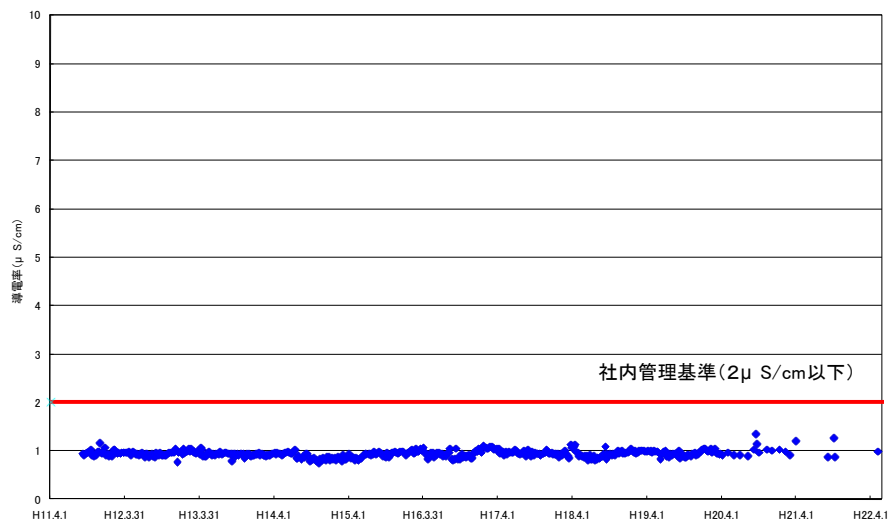


図4-2 使用済燃料プール水導電率の推移

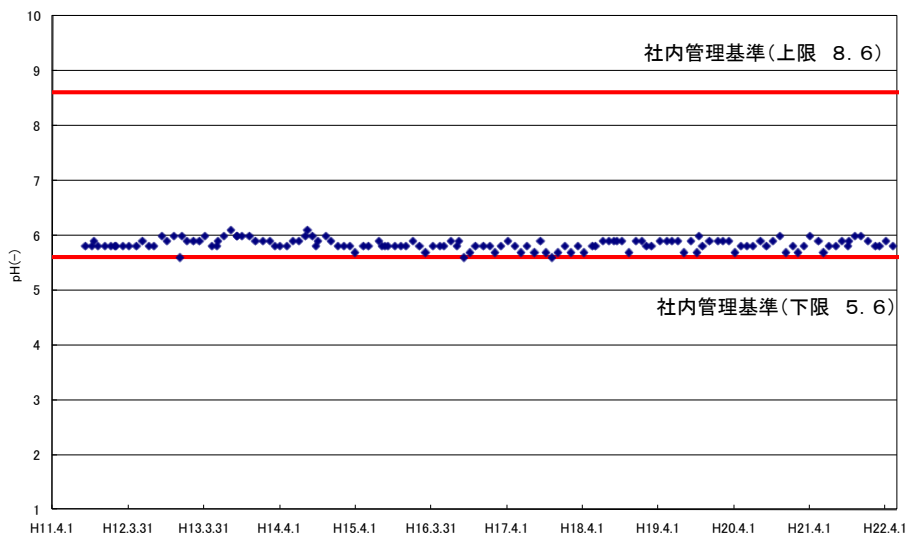


図4-3 使用済燃料プール水pHの推移

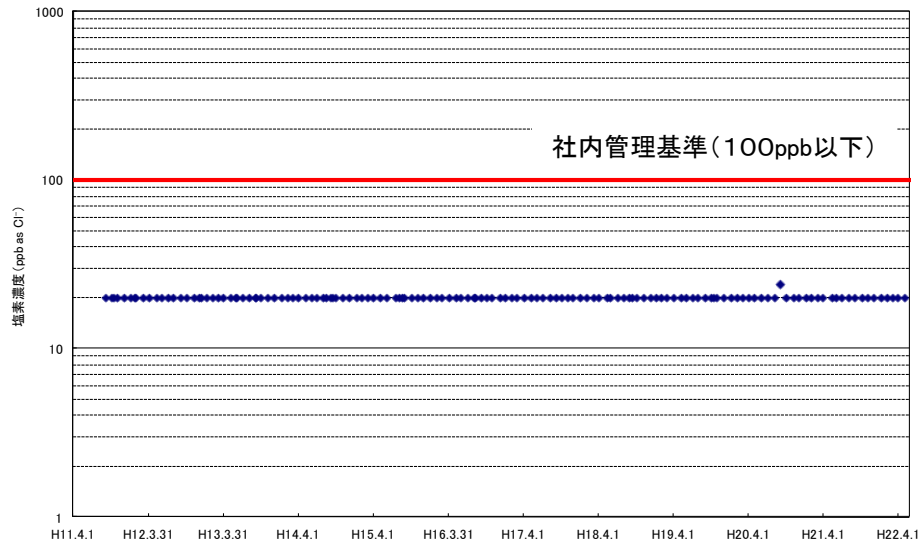


図4-4 使用済燃料プール水塩素濃度の推移

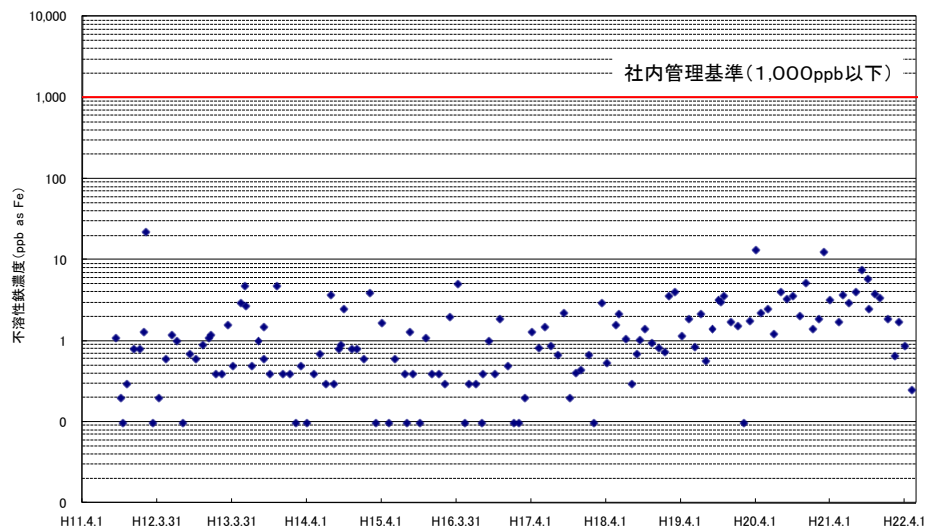


図4-5 使用済燃料プール水不溶性鉄濃度の推移