

4 安全性の確認

- (1) 女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る
検討会議 設置要綱
- (2) プルサーマル及び耐震安全性に関する論点
- (3) 女川原子力発電所3号機におけるウラン・プルトニウム
混合酸化物燃料採用に関する安全性について（報告）
（安全性検討会議座長から自治体あて）
- (4) 女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る
自治体の見解
- (5) パブリックコメント募集要項
- (6) パブリックコメント募集結果概要
- (7) 自治体の見解（案）に対する県民意見（パブリックコメント）
及びそれに対する自治体の考え
- (8) 各論点毎の検討結果
- (9) 女川原子力発電所の安全管理について（自治体まとめ）
- (10) 女川原子力発電所の安全管理について（自治体まとめ）
説明資料

(1) 女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る検討会議 設置要綱

女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る検討会議 開催要綱

(目的)

第1条 宮城県、女川町及び石巻市（以下「関係自治体」という。）は、東北電力株式会社女川原子力発電所3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料採用（以下「女川原子力発電所プルサーマル計画」という。）に係る安全性について学識経験者からの意見聴取を行うため、「女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る検討会議」（以下「安全性検討会議」という。）を開催する。

(所掌事務)

第2条 安全性検討会議は、次の各号について検討するものとする。

- (1) 女川原子力発電所プルサーマル計画に係る安全性に関すること
- (2) その他関係自治体の長が必要と認める事項

(構成)

第3条 安全性検討会議は、別表に掲げる者の出席をもって開催する。

(座長)

第4条 安全性検討会議に座長1名、副座長1名を置く。

- 2 座長は、会議進行を掌理する。
- 3 副座長は、座長を補佐し、座長に事故あるとき、又は、座長が欠けたときはその職務を代理する。

(会議)

第5条 安全性検討会議は、宮城県知事が招集する。

- 2 会議には、宮城県知事が必要と認める者を出席させることができる。

(庶務)

第6条 安全性検討会議の庶務は、宮城県環境生活部原子力安全対策室において処理する。

(雑則)

第7条 この要綱に定めるもののほか、安全性検討会議の運営に関し必要な事項は、宮城県知事が別に定める。

附則

- 1 この要綱は、平成21年9月24日から施行する。
- 2 この要綱は、平成23年9月23日限り、その効力を失う。ただし、この間に安全性検討会議の目的が達成されたと認められる場合は、目的が達成された日をもって効力を失うものとする。

別 表

専門分野	職 名	氏名	備考
原子炉材料工学	東北大学名誉教授・東北大学マイクロトン・ラジオアイソトープセンター研究教授	長谷川雅幸	座長
原子力システム安全工学	東北大学大学院工学研究科教授	若林 利男	副座長
放射化学	東北大学高等教育開発推進センター教授	関根 勉	
原子炉工学	東北大学大学院工学研究科准教授	岩崎 智彦	
原子力化学工学	東北大学金属材料研究所助教	山村 朝雄	
地震工学	東北大学大学院工学研究科教授	源栄 正人	
耐震工学	東京理科大学工学部教授	栗田 哲	

(2) プルサーマル及び耐震安全性に関する論点

大項目	中項目	小項目	検討課題	過去に本県や他道県に寄せられた意見
I 一般的事項	プルトリウム	1 プルトニウムの特性	①プルトリウムは重金属で毒性が強く、また、放射性物質であるので、発ガンなど人体への影響が憂慮される。 ②プルトリウムが含まれているMOX燃料は、従来のウラン燃料とは特性が変わり、原子力発電所の運転に悪影響を与えるのではないのか。	・MOX燃料の使用は核燃料サイクル全体を通じて、人や環境がプルトリウムに触れるリスクが大きくなることは否定できない。 ・作業員ではなく、一般人の年被ばく限度値をもとに検討すべきではないか。 ・プルトリウムの放射能はウランより強いので、MOX燃料の放射能毒性はウラン燃料より大きい。 ・現行軽水炉は、低濃縮ウランを燃料とする炉として設計されているが、本来の目的と異なるMOX燃料を装荷するという変則的な使い方を要する。 ・プルトリウムは100分の1gで肺がんを引き起こすといわれている。 ・女川3号機では、その猛毒のプルトリウムが年間400kgも炉心に装荷される。
		2 MOX燃料の使用実績	①女川原子力発電所と同じ形式の原子炉(軽水炉)でのMOX燃料の使用実績や実証試験が少ないのではないのか。 ②女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトリウム含有率、装荷割合はこれまでの実績と比べて高くないのか。 ③過去にMOX燃料が破損した例があるが、問題はないのか。	・特に異常事態でのMOX燃料がどのように振る舞うかについて使用実績や実証試験が不足しているとする。 ・非常に少数の使用実績しかない。特にBWRIは少ない。 ・女川3号機において燃料集合体560体のうちMOX燃料集合体を最大228体装荷するとしているが、世界でこのような事例はあるのか。 ・海外では、過去にMOX燃料の破損事故の実例があるが、問題はないのか。 ・プルサーマルの実績は、フランスやドイツの実績でしかない。 ・MOX燃料の破損事故の実例がある。
	MOX燃料	3 海外におけるMOX燃料の製造	①過去に海外で製造したMOX燃料の検査データの改ざん事例があったが、MOX燃料加工事業者の品質保証をどのように確認していくのか。 ②製造過程の監査はどのように実施するのか。 ③プルトリウム含有率の不均一性、プルトリウムスポットの有無等の品質を、どの様に評価するのか。	・英国原子燃料会社(BNFL)が製造したペレットで検査データの捏造が組織的に行われたので、今後も繰り返される可能性はないのか。 ・評価を行う第三者機関は、どこが指名するのか。独立性に問題はないのか。 ・燃料がきちんと製造される保障はない。イギリスはとくに信用がけないのではないのか。事故・事件を繰り返している会社と契約を繰り返すのは常識的に考えにくい。 ・海外でMOX燃料を製造する場合、その燃料加工事業者の品質保証をどの様な体制・方法で確認する予定か。特に、プルトリウム含有率の不均一性、プルトリウムスポットの有無等の品質を、どの様に評価するのか。
		4 輸送時の安全対策	MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強いが、安全に輸送することができるのか。	・輸送時の安全については、一応の対策が施されているが、核燃料が原子力施設から出て一般社会と接触する局面があるので、社会に対する災害のリスクが増大することは否定できない。 ・「危険物船舶輸送及び貯蔵規則」では、核分裂性輸送物が「告示で定める場合に臨界に達しないこと」を求めている。輸送物の未臨界性についても検討すべき。 ・輸送容器や船舶の安全対策のみならず、核物質防護の問題が重要であり、どのような警備体制のもとに輸送が実施されるか十分検討すべき。 ・核拡散の危険性の増加と核防護対策の重大化 ・MOX燃料の輸送、また、貯蔵することは核テロリズム等、増える脅威、その対策はどのようにするのか。 ・猛毒の核兵器材料が国中で大量消費・大量移送されることになる。十分な安全対策は可能か。 ・MOX燃料に含まれるプルトリウムは、ウランと比較し放射線が強い。 ・輸送経路での交通事故等による大量の放射能漏れの危険性もある。 ・万が一容器が壊れた場合は、どのような被害があるのか。 ・燃料の製造から、輸送、保管、装荷作業などの各過程で、労働者や一般公衆への被曝の危険性を増大させる。 ・核兵器材料のプルトリウムを大量に含んだMOX燃料を、公道で輸送したりすること自体、核拡散上問題の多い行為である。
		5 使用済MOX燃料の再処理	①使用済MOX燃料は、どう処理していくのか。 ②使用済MOX燃料は使用済ウラン燃料よりも硝酸に溶けにくいなどの課題が指摘されており、再処理することができないのではないのか。	・使用済MOX燃料の再利用計画がない現状では、六ヶ所再処理工場等への搬出はできないのではないのか。 ・使用済MOX燃料の再処理の場合、再処理工場で扱う溶液中のプルトリウムの濃度も大変高くなることから臨界管理が難しい。 ・プルトリウム量が多いためアルファ線による有機溶媒の損傷が大きくなりレッドオイルなど爆発性物質の生成量も増える。 ・使用済燃料中の核分裂生成物の組成が異なるため、不溶性残渣の原因となる白金族が増え、ノズルなどの詰まりの原因となる。 ・使用済MOX燃料の再処理実績としてあげられているものは、プルトリウム富化度も燃焼度も低いぶんの使用済燃料の再処理実績であり、その処理量も六ヶ所再処理工場の数日分にしか過ぎず、十分な実績を積んだとは言いがたい。
		6 使用済MOX燃料の処分	①使用済MOX燃料の処分方法が決定されるまでの間は、女川原子力発電所に長期保管されるのではないのか。 ②使用済MOX燃料は、女川原子力発電所のどこに保管され、安全対策は万全か。 ③使用済MOX燃料を再処理すると、低・中レベル放射性廃棄物が発生するので、放射性廃棄物の全体量は増大するのではないのか。 ④使用済みMOXは1回燃やすと質が劣る。再処理できない可能性があるのではないのか。	・使用済MOX燃料は発電所内の使用済燃料貯蔵プールで貯蔵せざるを得ないと思うが、それによって貯蔵量が管理容量を超える事態は発生しないか。 ・使用済MOX燃料の処分費用は、使用済ウラン燃料の4倍にもなる。
	地震	7 地震によるプルサーマルへの影響	①新しい耐震指針により、どのようにして耐震安全性を確認(バックチェック)しているのか。 ②地震の想定が小さいのではないのか。 ③中越沖地震における知見はどのように活かしたのか。 ④実際に地震により被災した場合、どのくらいの被害を想定していて、また、防災体制はどうなっているのか。 ⑤プルサーマルを実施すると、地震の際に危険性が増すのではないのか。	・耐震安全性が評価されていないのに、MOX燃料を使うプルサーマルの事前協議の申し入れを行ったのは問題ではないのか。 ・新たに策定した基準値震動Ss1に対してプルサーマルを実施した場合、原子炉特性等に影響はないのか。原子炉の緊急停止を確実に行うことが可能か。 ・女川原子力発電所の設計用基準地震が580ガルと設定されているが、小さいのではないのか。 ・「耐震補強工事」が完了していないなら、プルサーマル計画を中止・撤回するのが妥当ではないのか。

大項目	中項目	小項目	検討課題	過去に本県や他道県に寄せられた意見
Ⅱ 安全審査事項	炉心の安全設計	8 燃料健全性への影響 1 ベレット中心温度 2 燃料棒内圧 3 プルトニウムスポット	(8-1) MOX燃料は、ウラン燃料よりベレットの融点が低下し、熱伝導率も小さくなり、燃料中心温度が上昇する傾向にある。燃料の健全性を保つことはできるのか。 (8-2) MOX燃料はウラン燃料より、ベレットからの核分裂生成ガスの放出率が高く、燃料棒の内圧が上昇することで、燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。また、反応度急昇事故時の試験が行われていないのではないかと。 (8-3) プルトニウムとウランを混合してMOX燃料を作るときに、プルトニウムの固まり(プルトニウムスポット)ができる場合があるといわれているが、燃焼の際に燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。	(8-1) ・プルトニウムは、ウランのように簡単に実験が行えず、データが決定的に不足しており、事故時の評価が十分に行われているとは思えない。 ・プルトニウム含有率の違いによって、数十度から約100℃ウラン燃料より融点が低くなる。 ・MOX燃料は熱伝導率が約5%小さくなる。それだけ熱を伝えにくく、燃料温度が上がりやすくなる。 ・燃料中心温度、燃焼に伴う融点が低下する傾向にあるが、大きな温度差はなく、制限値の温度に対して十分な余裕がある。 (8-2) ・燃焼度が増えていくに従い、どのように内圧が変化していくのかが不明ではないか。最高燃焼度に達したとき、核分裂生成ガスが何%になるかが不明ではないか。 ・気体状の核分裂生成物(FPガス、通称「死の灰」のうち気体状のもの)がベレットから漏れやすくなる。 ・ウラン燃料よりFPガスが多く出やすく、燃料棒内の圧力が高くなる。 ・反応度急昇事故時の試験が行われていない。 (8-3) ・プルトニウムスポットができることは確かであり、燃料の健全性にどのような影響を与えるかは、必ずしも十分に説明されていない。 ・フランスのMIMAS法は、イギリスのSBR法に比べプルトニウムスポットができやすいとされている。 ・プルトニウムスポットは、MOX燃料中のプルトニウム含有率が大きいほど数も大ききも増す。それだけFPガスの放出率が増加すると考えられている。 ・プルトニウムスポットからガス状の核分裂生成物の放出率が多くなり、MOX燃料とウラン燃料の焼きむらも生じるので燃料破壊が起こりやすくなる。
		9 原子炉の制御性への影響 1 出力分布の不均一性 2 熱中性子割合の減少 3 作業ミス・操作ミスの可能性	(9-1) MOX燃料はプルトニウムが中性子を吸収するために燃料集合体内の中性子が少なくなる。中性子が多く存在するウラン燃料を隣に配置すると、その部分のMOX燃料が反応しやすくなり、MOX燃料集合体外周部の燃料棒出力が高くなりやすくなるが、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えないか。 (9-2) プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると熱中性子の割合が減少することから、原子炉の制御が不安定になったり、制御が不能になることはないか。 (9-3) MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に間違いを誘発しやすく、また、制御棒引き抜けなどの操作ミスが事故につながる危険性も大きくなるのではないかと。	(9-1) ・よく燃えるところ(MOX燃料集合体の一番外側の燃料棒)では燃料棒が破損しやすくなる危険性が生じる。 ・上記の対策として、MOX燃料集合体内の外側の燃料棒ほどプルトニウム含有率を小さくして燃えにくくする配置にする。しかし、それにも限界がある。 ・MOX燃料とウラン燃料の境界では性質が異なるため焼きむらが生じるので燃料破損が起こりやすくなる。また核分裂の制御を難しくする。 (9-2) ・プルトニウム燃料の場合、避発境界の幅はウランの1/3の程度であり、即発境界になりやすい。 (9-3) ・燃焼度の異なる燃料が増え、燃料入れ替えの作業ミスの可能性が高くなる。その場合、制御棒引き抜けなどの事故が重なった場合、解析する必要はないか。 ・何らかの原因で制御棒が抜けるなどして反応度が加わった場合の安全性について検討すべきである。 ・燃料の組成構造が非常に複雑になるから製造ミスも発生しやすくなり、その結果新たな事故のきっかけを増やすことになりかねない。 ・MOX炉心では配置が複雑になるため、装荷時に間違いを誘発しやすく、事故につながる危険性も大きくなる。
	原子炉停止能力	10 緊急時の原子炉停止能力	プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると制御棒への熱中性子の吸収割合が減少し、制御棒の効きが悪くなる傾向があるが、原子炉の安全は確保されているのか。	・ほう酸水注入装置が作動しなかった場合の、事故の経過の解明を行うべきではないか。 ・原子炉の制御装置や停止装置(制御棒とボウ酸)の効きが低下する。 ・対策として、制御棒の位置をなるべくMOX燃料集合体から離れた場所に配置することになっているが、それには限界がある。
	MOX燃料の取扱い	11 作業時の被ばく 1 MOX新燃料の取扱い 2 使用済MOX燃料の取扱い	(11-1) MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強く、輸送や検査時における燃料取扱時に作業員の被ばくが大きくなるのではないかと。また、燃料取扱中に燃料落下事故が発生した際、ウラン燃料と比較して影響が大きくなるのではないかと。 (11-2) 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べて放射線が強いことから、使用済MOX燃料を貯蔵することにより作業エリアの線量が高くなることはないか。	(11-1) ・燃料表面の線量率はウラン燃料の300倍近くあり、扱いにくい。さらに、再処理から時間を経たプルトニウムを使用した場合、プルトニウム241のベータ崩壊によるアメリシウム241の割合が増え強いガンマ線を出し、作業時の被ばく量を増大させる。 ・表面線量率のデータはどのような「古さ」のプルトニウムを使ったのか、明らかにすべき。 ・計画被ばく線量は最大でどのくらいになると推定しているか、被ばく線量を示すべき。 ・作業員の被曝線量が増える。 ・MOX燃料がウラン燃料より放射線が高く、人体に内部被ばくをもたらすおそれがある。作業員の健康を守るための対策はどうか。 ・MOX燃料に含まれるプルトニウムは、ウランと比較して放射線が強い。 ・燃料の製造から、輸送、保管、装荷作業などの各過程で、労働者や一般公衆への被曝の危険性を増大させる。 (11-2) ・作業員の被ばく線量(推定値)を使用済ウラン燃料と比較して示すべき。 ・使用済MOX燃料は防護が難しいガンマ線や中性子線が多くなるといわれている。そのため、作業員の被ばくが増えることが心配される。
		12 貯蔵設備の冷却能力	使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料に比べて大きいと、使用済MOX燃料を保管する際、十分に冷却することができるか。	・安全な温度まで下がるのに要する時間は、使用済ウラン燃料(30～50年)の10倍(500年)といわれている。
	公衆への影響	13 平常時の周辺への影響	MOX燃料を使用することにより、通常の運転時において周辺住民の被ばく量が増えるのではないかと。	—
		14 事故時の周辺への影響	① MOX燃料を使用すると事故が発生した際、住民の被ばく量が増えるのではないかと。 ② プルトニウムが環境中に放出されるのではないかと。 ③ 炉心溶融等の過酷事故対策が必要ではないかと。	・高温による蒸発ではなく、爆発などで機械的に燃料が破損し、放射性物質が環境中に放出されることはないか。
	技術的能力	15 安全管理体制 1 核物質防護対策、教育 2 安全管理等への取り組み	(15-1) MOX燃料を導入することに伴いテロ等に備えた核物質防護対策や、社員教育等は行っているか。 (15-2) ① 東北電力では、安全確保に向けてどのように取り組んでいるのか。 ② 過去のトラブル等において、どのような対策を取ってきたのか。また、その結果はどうであったか。 ③ 安全確保に向けて、組織内で連携を充分に図っているか。 ④ 東北電力では、一連のトラブルを風化しないように、今後どのような取り組みを行っているのか。	(15-1) ・核物質のテロによる奪取、盗難、紛失などについて、一層の管理強化が必要。 (15-2) ・品質保証体制・安全管理が一向に改善されていない。プルサーマル導入の事前協議の申入れをいったん撤回すべきではないか

(3) 女川原子力発電所3号機におけるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料採用に関する安全性について(報告)(安全性検討会議座長から自治体へ)

平成21年12月18日

宮城県知事 村井 嘉浩 殿
女川町長 安住 宣孝 殿
石巻市長 亀山 紘 殿

女川原子力発電所3号機における
プルサーマルの安全性に係る検討会議
座長 長谷川 雅幸

1 安全性に係る検討結果

女川原子力発電所3号機におけるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料採用に関する安全性に係る論点について、それぞれに対する東北電力株式会社の講じる対策または見解を本検討会議において慎重に検討した結果、各委員から意見があったので、別紙のとおり報告する。

2 附帯意見

本検討会議において、女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る検討を行う中で、国に要望すべき事項、自治体が考慮すべき事項及び東北電力株式会社に対して要請すべき事項が意見として出されたので、附帯意見として以下のとおり報告する。

(1) 国に要望すべき事項

①核燃料サイクルに係る国民的合意の形成

2010年頃から使用済MOX燃料の処理について検討するとしているが、発電所に使用済MOX燃料が長期に貯蔵され続けないよう処理体系を早期に決定すること。また、プルサーマルを含む核燃料サイクルの推進について、安全確保を第一としつつ積極的な情報公開と住民説明を行い、国民的合意形成に努めること。併せて、MOX燃料の再処理について、実用化に向けた研究を一層強力に推進すること。

(2) 自治体が考慮すべき事項

①原子力担当職員の拡充及び教育の推進

宮城県は、原子力担当職員の拡充及び教育を推進し、MOX燃料導入やこれから迎える原子炉の高経年化時代を見据え、環境放射能・放射線監視のみならず“原子力発電所の安全及び信頼性の確認”についても県民の期待に応えること。

②プルサーマルに係る積極的な情報公開

宮城県は、プルサーマルの計画に係る各段階における県としての見解、対応を積極的に情報公開すること。

③MOX燃料導入に対応した環境モニタリング体制の確立

宮城県は、ウランやプルトニウム等の核種分析を可能とするように環境モニタリング体制を増強し、MOX燃料に対する監視能力及び体制を確立すること。また、この体制が東北電力株式会社にも必要であるか検討すること。

④震災時における円滑な連携の検討

自治体は、2007年に発生した新潟県中越沖地震による東京電力柏崎刈羽原子力発電所の被災時に国、地元自治体及び事業者間の円滑な連携を図ることができなかった事例を解析及び検討しておくとともに、国の機関との連携を密にすること。

(3) 東北電力株式会社に対し要請すべき事項

①プルサーマルに係る安全性の確認と積極的な情報公開

MOX燃料の製造、輸送、装荷、運転の各段階において、安全性の確認とそれらの情報公開を積極的かつ迅速に行うこと。

②MOX燃料導入に対応した環境モニタリング体制の検討

ウランやプルトニウム等の核種分析を可能とする環境モニタリング体制を確立する必要があるか検討すること。

(別紙) 安全性に関する検討結果

論 点	1 プルトニウムの特 性
検討課題	① プルトニウムは重金属で毒性が強く、また、放射性物質であるので、発ガンなど人体への影響が憂慮される。 ② プルトニウムが含まれているMOX燃料は、従来のウラン燃料とは特性が変わり、原子力発電所の運転に悪影響を与えるのではないか。
委員意見	○ MOX燃料は、確かにウラン燃料と比べて、融点、熱伝導や核分裂ガス放出などの物性や原子炉物理的性質で差異はあるものの、(i)MOX燃料を全体の1／3の範囲に制限する、(ii)プルトニウム濃度のある値（最高 5.8%、平均 4.3%）以下とする、(iii)プルトニウム濃度の異なる燃料を最適配置する、の条件の基で使用する限り、原子炉としての安全性はウラン燃料のそれと同等であると判断される。 プルトニウムは、化学的毒性、アルファ線放射能の点でウランより毒性が高いが、高温で焼結された酸化物ペレットは安定であるとともに、ジルコニウム合金被覆管に密封されて（燃料棒）使用されることから、原子炉外に漏れ出ることとはほとんど無いと思われる。 ○ MOX燃料はセラミック状に焼き固めて被覆管に封入されており、通常は外に出ることはないので心配はないと考える。また、MOX燃料装荷率が1／3程度であれば、ウラン燃料装荷炉心の設計手法、評価手法が適用できることが確認されており、また、その設計手法を用いたMOX燃料炉心の解析結果は判断基準を満足しており運転特性上問題ないと判断する。 ○ プルトニウムを用いた燃料には、放射能や放射能毒性など人体への影響の可能性がある点において、ウラン燃料に比べて一定の影響が認められる。しかし、その度合は限定的であり大きくない。 MOX燃料では、プルトニウム含有の影響で融点、ガス放出率などの点で若干の影響が認められる。融点の悪化は小さく、燃料の機能を損ねることはない。ガス放出率への影響は有意であるが、ガスプレナムの拡大により燃料棒内圧はウラン燃料と同程度に維持される。 プルトニウム含有の影響は認められるが、影響が限定的であるか、対策が講じられることにより、燃料の性能はウランの燃料のものと同程度の性能を有すると考えられる。しかし、プルトニウム含有の影響が存在することを十分考慮し、慎重な運転（特に燃焼度管理）が不可欠である。 ○ プルトニウムを含むMOX燃料は、燃料製造工場で被覆管内に密封され、表面汚染の無いことを確認して出荷される。原子炉に装荷し発電に使われ、使用済燃料として冷却される間、密封状態は維持される。このように、ウラン燃料と同様に燃料構成物質が原子炉から外に出ることはない。 炉心安定性、異常な過渡変化、事故時の炉心損傷等に関するデータより女川の1／3 MOX炉心は女川の9×9ウラン炉心、高燃焼度8×8炉心と同等であり、原子力発電所の運転に悪影響を与える原因とならない。

論 点 検討課題 委員意見	2 MOX燃料の使用実績 ① 女川原子力発電所と同じ形式の原子炉（軽水炉）でのMOX燃料の使用実績や実証試験が少ないのではないのか。 ② 女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトニウム含有率、装荷割合はこれまでの実績と比べて高くないのか。 ③ 過去にMOX燃料が破損した例があるが、問題はないか。 ○ PWR やふげんでの使用実績は多くあるとはいえ、BWR での使用実績は PWR のそれに比べて少なく、ドイツ・グンドレミンゲン、我が国では敦賀 1 号炉での実績があるのみである。しかし、その少数例の範囲内でもMOX燃料に起因する問題は起こっていないこと、また材料試験炉照射でも特に問題は起こっていない。したがって、必要な使用実績は確保されていると考える。 一般的に言って、我が国のウラン燃料製造技術は非常に高く、最近では装荷燃料にピンホールが見つかることはほとんど無い。しかしながら、先ず最初に装荷されるMOX燃料は外国のメーカーでの製造が予想されることから、それらの安全性確認は十分になされるべきである（論点 3 参照）。 ○ わが国だけでなく、海外での使用実績、照射実績を考慮すれば十分にあると判断する。また、わが国では熱中性子炉で沸騰水冷却の「ふげん」でのMOX燃料の使用実績は 772 体あり、それらのデータも参考になると考える。 ドイツの原子炉の実績を考えると、プルトニウム含有率、装荷率とも高すぎることはないと判断する。 日本で燃料製造、使用されたMOX燃料の破損はない（「ふげん」の装荷燃料 772 体での破損がない実績も含めて）。また、海外での破損例は、MOX燃料に起因するものではないことが確認されており問題ないと判断する。 ○ MOX燃料の、PWR での使用実績は多数あると認められる。しかし、BWR での使用実績はかならずしも多いとは言えない。 女川で使用予定の燃料のプルトニウム含有率や装荷割合は、PWR および BWR で過去に使用されたMOX燃料のそれらの中にほぼ包含され、格別特異なものとは認められない。 破損した燃料が存在する。しかし、その破損理由は、ウラン燃料の破損と同じ理由であり、MOX燃料特有の破損は認められない。 以上より、BWR での使用実績が必ずしも多くないが、MOX核燃料の燃料特性はPWR、BWRは共通であるので、PWR燃料の使用実績を勘案すると、MOX燃料の使用実績は十分であると考ええる。しかし、MOX燃料製造、使用においては、BWR燃料の使用実績が少ない点を念頭に万全の配慮が必須である。 ○ 軽水炉でのMOX燃料の使用実績は、ドイツ等で高い燃焼度での多くの実績があり、プルトニウム含有率や装荷割合も高い。MOX燃料の破損はウラン燃料と同等であり、外側の燃料被覆管は破損することがないため、問題とならない。
------------------------------------	--

論 点	3 海外におけるMOX燃料の製造
検討課題	① 過去に海外で製造したMOX燃料の検査データの改ざん事例があったが、MOX燃料加工事業者の品質保証をどのように確認していくのか。 ② 製造過程の監査はどのように実施するのか。 ③ プルトニウム含有率の不均一性、プルトニウムスポットの有無等の品質を、どのように評価するのか。
委員意見	○ 関西電力の依頼で英国 BNFL 社がMOX燃料を製作した際、同社が検査データを改ざんした例があることから、外国での検査に対する信頼性が懸念されている。しかし今回は、東北電力社員が製作期間全体にわたって常駐すること、さらに第三者機関に監査を依頼することでその懸念は解決されると考える。なお、常駐社員は十分なMOX検査能力（ならびに語学能力）を身につけていなければならない。また、必要に応じて日本政府の担当機関の職員が検査に立ち入る権利を持っていることは極めて重要である。 MOX燃料ペレット中のプルトニウムスポットに関しては、プルトニウム酸化物微粒子の寸法が 400 ミクロンより充分小さく製造管理できるので特に問題ないと考ええる。 海外MOX燃料調達に関し、以上をはじめとした品質保証について万全の措置が不可欠である。 ○ 東北電力のMOX燃料製造に関わる品質保証の確認方法は問題ないと判断する。しかし、体制については今後、更に検討を行い、住民の信頼が得られるように努力してほしい。 プルトニウムの不均一性、プルトニウムスポットについては、今までの知見を基にした検査、製造管理を十分に行うことにより問題ないと判断する。 ○ 電力にて、厳密な品質保証がなされることを求めるとともに、国においてその管理監督を厳格になされることを期待する。 プルトニウム含有率の不均一性は、核性能・燃料性能に影響するほど大きくない。プルトニウムスポットは、それが大きい場合、核性能・燃料性能に影響すると認められる。しかし、女川で予定される燃料製造において予想されるプルトニウムスポットは小さいことから、核性能・燃料性能に影響はない。 MOX燃料製造の実績は十分存在することから、製造自体に問題は認められない。しかし、MOX燃料を使用するには、国の責任での厳密な管理監督とともに、きちんとした情報公開により住民の不安解消に努めることがその前提となる。 ○ MOX燃料製造の間、東北電力社員を工場に常駐させるとともに、契約前、製造の前後の各段階で第三者機関を含めた監査や立ち入り検査を行うこと、国のMOX燃料加工工場への立ち入り等により、品質保証には十分な体制であると確認できる。 プルトニウム含有率の不均一性については、MOX燃料材に求められる技術基準の中で定められており、検査と記録確認が行われる。

論 点	4 輸送時の安全対策
検討課題	MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強いが、安全に輸送することができるのか。
委員意見	○ プルトニウムを含むMOX燃料は、ガンマ線、中性子、アルファ線に関し、ウラン燃料よりも放射線線量率ならびに放射能が高いが、(i)燃料ペレットは燃料被覆管に密封されることから放射能汚染の可能性はまず無い、(ii)十分な遮蔽能力をもった輸送専用容器中に保管されて輸送される、(iii)輸送専用容器は通常予想される範囲内の落下、火災に充分耐える、ことから、輸送に関して物理的な問題はないと思われる。 しかしながら、核テロリズムなどの対策は、警察庁、海上保安庁、消防庁などを含む関係官庁と十分な連絡・監督の下に行われなければならない。 ○ MOX燃料の放射線の特性を考慮し、また、健全性を確認した専用の輸送容器を使用して輸送するため安全上問題ないと判断する。 ○ 未燃焼MOX燃料からの放射線は使用済ウラン燃料からのものより小さく、使用済MOX燃料の放射線は使用済ウラン燃料と同程度である。これから、MOX燃料の輸送は、現在使用済ウラン燃料の輸送が行われていることから、輸送は問題なく行うことができると判断される。 ○ 従来、使用済燃料の輸送で実績ある輸送容器は、MOX燃料の輸送に対しても、表面の温度、線量当量率の点から問題ない。海上輸送のための専用の輸送船の安全装備と、輸送時の対策についても、問題ない。

論 点	5 使用済MOX燃料の再処理
検討課題	① 使用済MOX燃料は、どう処理していくのか。 ② 使用済MOX燃料は使用済ウラン燃料よりも硝酸に溶けにくいなどの課題が指摘されており、再処理することができないのではないか。
委員意見	○ MOX燃料の再処理については、ほぼ基礎的研究は終了し、ウラン燃料と比べてMOX燃料は、より硝酸に溶けにくく、溶媒抽出に用いる有機溶媒の劣化が早いなどの問題点はあるものの、それらは研究開発によって解決でき、処理は可能と考える。この点に関し、国として実用化に向けた研究を一層強力に推進しておくべきであるように要望すべきである。 MOX燃料の再処理の問題は、国策として至急検討着手すべき重要課題である。この点も国に強く要望すべき課題である。 ○ 国の原子力政策大綱に基づき、着実に進められることにより住民の信頼が得られると考える。 使用済MOX燃料の再処理については、日本では、「ふげん」のMOX燃料の実績、海外ではフランス、英国での多くの実績があり、十分に実施できると判断する。 ○ プルトニウム含有率など再処理に影響を及ぼす基本的な燃料特性は、原子炉運転後においてはウラン燃料とMOX燃料で同程度となる。従って、ウラン燃料と大きく異なることはなく、実施できる。 核分裂生成物の生成割合がウラン／プルトニウムで異なることから、原理的には再処理時の残渣成分が異なる。しかし、ウラン燃料においても燃焼時にはプルトニウムの核分裂が相当割合発生していることから、燃焼後における残渣成分はウラン燃料／MOX燃料でほとんど同じとなる。 燃焼後のウラン燃料／MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料の再処理に問題はない。 ○ 使用済MOX燃料の処理については、原子力委員会でも議論されているが、原子力政策大綱に定められる通り 2010 年頃から検討される計画である。使用済MOX燃料の硝酸への溶解や再処理について、フランス等で十分な実績がある。

論 点	6 使用済MOX燃料の処分
検討課題	① 使用済MOX燃料の処分方法が決定されるまでの間は、女川原子力発電所に長期保管されるのではないかな。 ② 使用済MOX燃料は、女川原子力発電所のどこに保管され、安全対策は万全かな。 ③ 使用済MOX燃料を再処理すると、低・中レベル放射性廃棄物が発生するので、放射性廃棄物の全体量は増大するのではないかな。 ④ MOX燃料は1回燃やすと質が劣る。再処理できなくなる可能性があるのではないかな。
委員意見	○ 国策としてMOX燃料の処分・再処理方法が決まり、実行可能になるまでのある程度の期間、女川原子力発電所に保管されるのはやむを得ないと思われる。但し使用済MOX燃料の本数は、貯蔵プールの保管可能本数より充分少なく、当分の間、問題はないと考える。また、プルトニウムの一部は、これから建設される大間原子力発電所(MOX燃料専用に設計された軽水炉)に譲渡される計画であることから、女川原子力発電所で使用するMOX燃料そのものが以前の計画より減ることとなり、使用済となるMOX燃料も減る。 使用済MOX燃料は、燃料プールで保管されることになるが、臨界管理、放射線管理などの安全対策を確認したところ問題ないと思える。またテロ対策に関しても問題ないと思われる。 使用済MOX燃料の再処理によって、生ずる高レベル放射性廃棄物の量はウラン燃料の場合とほぼ同様である。低、中レベルの放射性廃棄物も発生し全体量は増加するが、MOX燃料使用に伴って、高レベル放射性廃棄物そのものの低減のメリットの方が大である。 一回使用したMOX燃料中に含まれているプルトニウムは、核分裂プルトニウムの割合が小さく再処理する価値(経済的価値)が少なくなる可能性はあるが、原子力発電の再処理全体としての検討の観点から国策として判断されるべき課題であろう。 ○ 我が国の原子力政策は、再処理を前提としているために、使用済MOX燃料は原子力発電所に永久に保管されることはないと思える。原子力委員会での今後の検討で方針が決められ着実に実施されることで住民の信頼が得られると思える。 東北電力の保管、安全対策の方針は妥当なものであると判断する。 放射性廃棄物の全体量が増えても、再処理により高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、処分場面積等が低減できるため、環境負荷低減の観点からは効果的であると思える。 使用済MOX燃料の質は劣化するが、再処理は今までの知見から可能であると判断する。また、劣化したプルトニウムはFBRで利用できると考える。 ○ これは東北電力(株)だけの問題ではなく、日本全体のエネルギー政策に関わる問題である。したがって事業者のみにゆだねられるのではなく、国の政策決定に大きく左右されるものである。 ○ 国における努力(再処理施設建設)が速やかに行われるならば、女川で想定されるMOX燃料使用数が少ないことも考え合わせると、長期保管の心配はない。 燃焼後のウラン燃料/MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料の運転後の保管は使用済ウラン燃料と同じにできる。従って、その保管に格別な問題が生じることはない。 燃焼後のウラン燃料/MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料再処理時の廃棄物発生量は、使用済ウラン燃料と同程度である。 基本的に、プルトニウムの同位体の核特性から、MOX燃料の使用は1回に限られる。しかし、未使用のプルトニウムとの混合などにより、十分な多数回の使用が可能である。

国における努力（再処理施設建設）が速やかに行われるならば、使用されるMOX燃料数は多くなく、この点の心配はない。

- 使用済MOX燃料は、女川3号機の使用済燃料プールに保管される予定であるが、この容量に十分な余裕があり、冷却や耐震についても十分な対策がなされている。

使用済MOX燃料の処理については、原子力政策大綱に定められる通り、2010年頃から原子力委員会で検討が開始する。六ヶ所の第一処理工場の操業終了に充分に間に合うまでの間に結論が出る。

使用済MOX燃料中には、軽水炉では燃えにくいプルトニウム含有量が大きくなるが、高速増殖炉で燃やせるため、貯蔵しておくこととなっている。使用済MOX燃料の全量再処理を行っても、放射性廃棄物の全体量はほとんど不変である。

論 点	7 地震によるプルサーマルへの影響
検討課題	① 新しい耐震指針により、どのようにして耐震安全性を確認（バックチェック）しているのか。 ② 地震の想定が小さいのではないか。 ③ 中越沖地震における知見はどのように活かしたのか。 ④ 実際に地震により被災した場合、どのくらいの被害を想定していて、また、防災体制はどうなっているのか。 ⑤ プルサーマルを実施すると、地震の際に危険性が増すのではないか。
委員意見	○ 新指針に対する対策として、東北電力が示したバックチェックのプロセスを確認した結果、1) 基準地震動の作成段階において考慮すべき項目が明快に示されていること、また、作成した基準地震動に対して、Sクラスの施設の安全性の確認をするばかりでなく、Bクラス及びCクラスの施設については、基準地震動S_sによるSクラスの施設への波及的影響の評価及び確認を行っている。説明資料から検討方法は明快に理解できる。よって、国が新指針で要求する耐震安全性の要求に対する女川発電所の耐震安全性確認の方法は妥当であると判断する。 静的地震力については、一般の建物と女川原子力発電所の耐震性能を比較する上では重要であり、女川について静的地震力と動的地震力の関係について確認することが出来た。なお、今後新たな施設の設計にあたっては、基準地震動S_sの検討のみならず、静的地震力や基準地震動S_dによる検討についても十分留意しながら取り組む必要がある。 上下動に対する地震力の考え方については、新指針と旧指針の違いを確認するとともに、上下動に関する建屋の地震応答解析の妥当性を2005年宮城県沖の地震による検討で確認することが出来た。上下動の施設評価については、水平動との同時入力評価等、今後も評価手法を高度化してゆくよう観測記録による検討を継続して取り組んでいくことを望む。 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原発の1号機～4号機に対する基準地震動は2,000ガルを超える最大加速度（約2,300ガル）となっているのに対し、女川の基準地震動S_sの最大加速度は580ガルという値となっているが、女川原発の基準地震動S_sの評価は以下の理由により妥当であると判断する。 1) 柏崎刈羽の基準地震動S_sとの違いの要因として東北電力が引用して示した新潟県中越沖地震の震源特性（平均的の1.5倍）、伝播経路の特性（平均的の2倍）、および褶曲地盤によるサイト特性（2倍）に関する説明資料、および中越沖地震における知見を踏まえた地質調査や活断層調査に基づく女川原発敷地周辺の地質・地質構造に関する説明資料を確認したところ、硬岩サイトの女川では震源特性として柏崎と同じく平均の1.5倍を考慮しても、褶曲構造を有する軟岩サイトの柏崎刈羽よりも1/4倍程度の大きさとなることは最新の地震学・地震工学の視点から十分理解できる。 2) また、東北電力は基準地震動S_sの評価のための想定地震としてプレート境界の地震としての連動型想定宮城県沖地震（M_w8.2）、海洋プレート内地震としての2003年宮城県沖の地震（M7.1）を敷地下方に想定した地震、海洋プレート内地震としての2003年宮城県沖の地震（M7.1）、及び内陸地殻内の活断層による地震としてのF-6断層～F-9断層による地震（M7.1）等に対する地震動評価について、不確定要素の影響について確認したところ震源特性としてのアスペリティーの応力降下量、伝播経路や敷地周辺の地質・地質構造によるサイトの地震動増幅特性の影響を十分考慮していると判断できる。 3) 震源を特定できない地震に対する検討もなされており、0.5秒～2.0秒の周期帯域の構造物は、これにより地震力が決定されることが確認できる。 4) さらに、昨年、陸のプレート内で発生した岩手・宮城内陸地震では、断層近傍で、特に上下動の大きい加速度値が観測されているが、その主な要因は表層地盤の影響という見解が示されており、岩盤に立地する女川原子力発電所に直ちに適用される事例では無い。また、岩手・宮城内陸地震は、もともと微小地震

の発生が認められる「歪集中帯」で発生した地震であり、同様の規模の地震の発生が女川の位置する北上山地南部で発生が予想される訳では無い。

原子力発電所の設備は、安全上の重要度に応じ、設備の耐震クラスを分類し、クラス毎に考慮する地震力に対して機能を維持できるよう設計することが基本であるが、地震時に耐震クラスの下位の設備が損傷した場合でも、耐震クラスが上位の設備に影響がないようになっているかどうかを確認したところ、設備の配置や隔離壁の設置などを考慮するほか、場合によっては上位クラス並みの強度を確保しているという東北電力の対応は妥当であると判断する。

事務所の耐震性向上対策や屋外施設の基礎強度の確認がなされている。事務所（緊急対策室を含む）の耐震性向上については、現在実施中の増設する事務本館を免震化や既設事務所の耐震補強の実施状況を現地調査により確認した。屋外施設の基礎強度の確認については、柏崎刈羽発電所の変圧器の火災の原因となった基礎形式の違いによる相対変位を解消するための基礎工事の実施などを現地調査により確認できた。

これらの耐震対策は、地震時における原発の安全性確保を確保する上で有効であると判断できる。

MOX燃料集合体はウラン燃料集合体と基本的な構造が同じであり、MOX燃料の採用にあたっては、原子炉施設の構造や設備など耐震性に関わる変更を伴うものではないとする東北電力の見解は妥当なものと判断する。また、新指針による基準地震動 S_s に対する女川3号機の主要施設の耐震安全性評価の方法を確認したところ、耐震安全性に問題のないとする東北電力の見解は妥当であると判断する。地震時の制御棒の挿入性（規定時間内に挿入できること）については、地震時の変位を評価した地震応答解析モデルの減衰定数の設定など評価法に付いて確認したところ、問題のないとする東北電力の見解は妥当なものと判断する。

- 国からの指示に従って、新しい耐震指針に基づき、女川原子力発電所に最も強い揺れを起こす地震を想定し、想定した地震に対する原子力発電所施設の耐震安全性を評価（耐震バックチェック）している。新しい耐震指針では、内陸地殻内地震を特に重要視している。地震の想定では、原子力発電所周辺で起こる内陸地殻内地震を見逃さないように詳細な活断層の調査を実施することになっている。近年、中越地震をはじめとして内陸地殻内地震の地震被害が日本の各地で起こっていることに対応しており、新しい耐震指針は実情に合致しているものと考えられる。また、地震による原子力発電所の揺れ（地震動）の評価方法に断層モデルを使用することになっており、地震工学の最新の技術を取り入れている。従って、新しい耐震指針は、地震学及び地震工学の最新の知見に基づいているので、耐震安全性が重要となる原子力発電所の耐震性能評価方法として妥当である。

地震の想定では、地質調査等を行って原子力発電所周辺の活断層を丹念に調べ、地震学の最新の知見を取り入れている。さらに、中越沖地震を踏まえて地震の不確かさを考慮し、地震を大きめに想定している。想定した地震が起きた場合に生じる発電所の揺れ（地震動）の評価では、中越沖地震の経験を踏まえて地中深い地盤も考慮し、また、地震工学の最新の知見も取り入れている。従って、現在の知見からみると、想定した地震は小さいとは言えない。

想定した地震が現実に起きたとしても、耐震安全上重要な原子炉建屋は評価基準に対して約2倍の余裕があり、耐震安全性が確保されている。原子炉建屋ほど耐震安全性が要求されないタービン建屋についても原子炉建屋と同等の評価を自主的に実施し、耐震安全性が確保されていることを確認している。また、原子炉を「止める」、「冷す」、放射性物質を建物内部に「閉じ込める」に関わる設備については、評価基準に対して約1.6倍の余裕があり、想定した地震が起きても原子炉が安全に停止できるように設計がされている。万が一、予測できない何らかの原因により原子炉建屋内部で放射性物質が漏れても、放射性物質を建物の外に出さないように設計がなされている。

耐震余裕度の更なる向上が必要と判断した配管サポート、クレーン、排気筒につ

いては、耐震裕度向上の工事を実施しており、想定した地震が起きたとしても原子力発電施設の被害は軽微なレベルに止まると判断される。

地震防災体制では、中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所の経験を踏まえて地震直後の初期対応の強化が図られている。化学消防車を追加配置し、消防要員を増加し、定期的に消防訓練を実施して、初期消火が確実に実行されるように自衛消防体制を強化している。放射性物質の漏えい等の事実確認体制についても、万全を期するように体制の強化を図っている。中越沖地震では、原子力発電所の事務所に設けられた緊急対策室のドアの枠が地震で歪み、ドアがあけられず、緊急対策室が使用できなかった。この経験から、既存の事務所を耐震補強し、また、地震直後から通常と同じように使用することが可能な免震構造を増設する事務所に採用することで、緊急対策室が使用できるようにしている。中越沖地震の経験は、地震の想定だけでなく地震防災体制にも生かされている。

地震に対する安全性は原子炉施設の建物・構築物及び機器・配管の耐震性能に関わるが、使用する燃料には関わらない。プルサーマルでMOX燃料を使用しても、地震に対する危険性が増すことはない。

- 新耐震指針に基づき、着実に耐震安全性の評価が行われると判断する。中越沖地震から得られた知見、最新の知見をもとに地震想定を行って評価している。

防災体制については、中越沖地震の発生を踏まえて、対応をすることとしており、妥当なものと判断する。

原子炉施設の構造や設備に関わる変更がないこと、MOX燃料集合体とウラン燃料集合体の構造は同一であること等により、MOX燃料の採用は、耐震安全性に影響を与えるものではないと判断する。

- 女川で想定されるMOX燃料は、燃料分を除きウラン燃料と同じである。従って、MOX燃料を使用した時に限った危険性はない。また、中越沖地震における知見も反映された耐震設計もなされており、女川の耐震性に問題はないと考えられる。

- 旧指針を高度化した新指針では、徹底的な地質・活断層調査により影響の最大と考えられる検討用地震や震源を特定しない地震を含めて最大の地震動となる基準地震動を策定して、これに耐震設計上重要な施設の安全機能の保持が可能であるとの評価を受けている。この評価には中越沖地震の知見を十分に反映している。被災した場合の対策として、消防車の体制は問題なく、中越沖地震で問題となったような変圧器等における基礎の違いの無いことも確認した。以上により、ウラン燃料に対して十分な耐震安全性を備えており、プルサーマル実施が耐震安全性に悪影響を与えることはない。

論 点	8 燃料健全性への影響
検討課題	8-1 ペレット中心温度 MOX燃料は、ウラン燃料よりペレットの融点が低下し、熱伝導率も小さくなり、燃料中心温度が上昇する傾向にある。燃料の健全性を保つことはできるのか。 8-2 燃料棒内圧 MOX燃料はウラン燃料より、ペレットからの核分裂生成ガスの放出率が高く、燃料棒の内圧が上昇することで、燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。また、反応度急昇事故時の試験が行われていないのではないかと。 8-3 プルトニウムスポット プルトニウムとウランを混合してMOX燃料を作るときに、プルトニウムの固まり（プルトニウムスポット）ができる場合があるといわれているが、燃焼の際に燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。
委員意見	○ プルトニウム含有の影響は認められるが、影響が限定的であるか、対策が講じられることにより、燃料の性能はウランの燃料のものと同程度の性能を有すると考えられる。しかし、プルトニウム含有の影響が存在することを十分考慮し、慎重な運転（特に燃焼度管理）を行うことを求める。 ○ MOX燃料の融点の低下は、燃焼度によるペレット中心温度の推移を考慮しても問題とならない。核分裂生成ガスの放出量も、燃料被覆管内での圧力が原子炉圧力よりも低いことから問題とならない。反応度急昇試験の結果、当該事故における燃料の熔融・破損の閾値はウラン燃料と同等である。 プルトニウムスポットのサイズは400μm以下に管理され、このサイズ以下で、ペレット温度の上昇、FPガス放出率の上昇、燃料棒内圧の上昇のいずれにおいても、重要な影響はない。 【「8-1 ペレット中心温度」について】 ○ MOX燃料の試験データをもとに確立した評価手法を用いて解析し、融点に対して十分な余裕をもった設計値となっているため、健全性が保たれると判断する。 ○ MOX燃料では、プルトニウム含有の影響で融点、ガス放出率などの点で若干の影響が認められる。融点の悪化は小さく、燃料の機能を損ねることはない。 【「8-2 燃料棒内圧」について】 ○ 燃料棒の内圧上昇については、ガスプレナム体積を増加する等の設計上の配慮がなされるため、燃料健全性上問題ないと判断する。反応度投入事象については、旧原研のNSRRを用いた実験等によりウラン燃料と破損挙動は同等という結果が得られており、問題ないと判断する。 ○ ガス放出率への影響は有意であるが、ガスプレナムの拡大により燃料棒内圧はウラン燃料と同程度に維持される。 【「8-3 プルトニウムスポット」について】 ○ プルトニウムスポットについては、今までの知見を基にした製造方法を用い、製造管理を十分に行うことにより、燃料健全性上問題ないと判断する。 ○ プルトニウムスポットは、それが大きい場合、核性能・燃料性能に影響すると認められる。しかし、女川で予定される燃料製造において予想されるプルトニウムスポットは小さいことから、核性能・燃料性能に影響はない。

論 点	9 原子炉の制御性への影響
検討課題	9-1 出力分布の不均一性 MOX燃料はプルトニウムが中性子を吸収するために燃料集合体内の中性子が少なくなる。中性子が多く存在するウラン燃料を隣に配置すると、その部分のMOX燃料が反応しやすくなり、MOX燃料集合体外周部の燃料棒出力が高くなりやすいが、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えないか。 9-2 熱中性子割合の減少 プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると熱中性子の割合が減少することから、原子炉の制御が不安定になったり、制御が不能になることはないのか。 9-3 作業ミス・操作ミスの可能性 MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に間違いを誘発しやすく、また、制御棒引き抜けなどの操作ミスが事故につながる危険性も大きくなるのではないか。
委員意見	○ プルトニウムの特性から、MOX燃料を用いた炉心の燃料・炉心特性が損なわれる可能性はあるが、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心においては、MOX燃料の設計配慮、炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（1／3以下）であることから、その炉心特性、過渡特性、安全特性はウラン燃料のみの炉心と同じ性能であると判断できる。しかし、燃料種類増加により、装荷ミスなどの危険性が高まると考えられるので、電力での厳密な運転管理が必要である。 ○ 女川の1／3MOX炉心に関する十分に保守性を確保した安定性解析や過渡解析の結果によれば、炉心安定性は運転上の設計基準減幅比や限界基準減幅比を満たしている。出力分布の観点からは、MOX燃料となってもウラン燃料と変わらないようにするための方策がとられることとなっている。 炉心へのMOX燃料装荷時の位置間違いを排除するために、燃料の刻印番号により確認を行う。万一最も重要な制御棒一本が完全に引き抜かれても、他の制御棒の挿入により炉心を未臨界にできる。東北電力には、燃料装荷位置や制御棒操作の確認をしっかりと行うことを改めてお願いしたい。 ○ 原子炉制御性への影響については、プルトニウムの核特性（炉物理特性）を考慮して、MOX燃料中のプルトニウム濃度や燃料配置が検討されており、特に問題がないと考える。 なお、作業ミス・操作ミスの可能性については、従来”制御棒の入れ違い”が1年程度以上続いていたこともあり、十分な対策（ハード、ソフトおよび労務管理など）が必要であろう。 【「9-1 出力分布の不均一性」について】 ○ 臨界実験データ、実機での運転データ等を用いて精度が確立された核特性計算コードを用い、また、プルトニウム含有率を変える等の設計上の配慮を行うことにより、ウラン燃料と同等の出力分布とすることができると判断する。 ○ プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料の核特性が損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料では、LPF（局所ピーク因子、Local Peaking Factor）が小さいなどの設計配慮がなされており、その核性能はウラン燃料の核性能と同程度であると判断できる。 【「9-2 熱中性子割合の減少」について】 ○ 実機での運転データ等を用いて精度が確立された動特性計算コードを用いて解

	析を行い、出力変動に対して十分な減衰特性を有していることを確認しており、制御上問題ないと判断する。 ○ プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料を用いた炉心の炉心特性も損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心においては、MOX燃料の設計配慮、炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（1／3以下）ことから、その炉心特性、過渡特性、安全特性はウラン燃料のみの炉心と同じ性能であると判断できる。 【「9－3 作業ミス・操作ミスの可能性」について】 ○ 燃料装荷作業時の配置ミスについては、手順書等の整備、水中カメラ等による確認により防止できると判断する。しかし、ヒューマンエラーの低減については、論点15で述べる対応を期待する。 ○ 燃料種類増加により、装荷ミスなどの危険性が高まる可能性がある。そのため、東北電力における厳格な運転管理を望む。
--	--

論 点	10 緊急時の原子炉停止能力
検討課題	プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると制御棒への熱中性子の吸収割合が減少し、制御棒の効きが悪くなる傾向があるが、原子炉の安全は確保されているのか。
委員意見	○ 原子炉停止に関しては、十分な対策がなされていると思われる。しかしながら中越沖地震の場合にもみられるように、万一の場合には、“止める”ばかりでなく、“冷やす”、“閉じ込める”ことが不可欠であり、日頃からその訓練（運転員のみならず発電所全体）を行っておく必要がある。 ○ 臨界実験データ、実機での運転データ等を用いて精度が確立された核特性計算コードを用い、制御棒反応度、原子炉停止余裕、貯蔵施設の臨界可能性等を解析して、判断基準に対して十分な余裕を持っていることを確認している。 ○ プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料を用いた炉心の制御性能も損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心では、MOX燃料・炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（1／3以下）ことから、その制御性はウラン燃料のみの炉心と同じであると判断できる。 ○ 原子炉停止余裕の解析結果によれば、制御棒による原子炉停止能力が最も厳しいときでさえ、制御棒による熱中性子の吸収能力はMOX燃料でも十分に余裕がある。

論 点	1 1 作業時の被ばく
検討課題	1 1 - 1 MOX新燃料の取扱い MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強く、輸送や検査時等における燃料取扱時に作業員の被ばくが大きくなるのではないかと。また、燃料取扱中に燃料落下事故が発生した際、ウラン燃料と比較して影響が大きくなるのではないかと。 1 1 - 2 使用済MOX燃料の取扱い 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べて放射線が強くなるが、使用済MOX燃料を貯蔵することにより作業エリアの線量が高くなることはないかと。
委員意見	○ MOX燃料は、それぞれのウラン燃料にくらべて使用前では線量当量率は高く、使用済では線量当量率は低い。従って、MOX新燃料を扱う場合、遮蔽、距離、作業時間の制限や取り扱い専用機器や新たな作業工程が導入され、作業員の被ばくを低減することは可能と考える。なお、それらには十分な習熟と労働衛生管理が欠かせないと思われる。 ○ 使用済MOX燃料の取り扱いは使用済ウラン燃料と同じである。しかし、未燃焼MOX燃料では放射線量が大きくなることから、その取扱いを厳格にすることが必須である。 ○ 輸送時、検査時における燃料取り扱いによる作業員の被ばくがウラン燃料よりも大きくならないための対策は十分にとられていることを確認した。使用済MOX燃料の取り扱いは水中で行われるため、使用済ウラン燃料に比べて高い中性子線強度は水により遮蔽され、作業エリアの線量は高くない。 【「1 1 - 1 MOX新燃料の取扱い」について】 ○ 遮へい体の設置、作業時間の短縮、燃料との距離の確保等の被ばく低減対策により、ウラン燃料と同等の被ばく量とすることができると判断する。MOX燃料が万が一落下した場合でも実効線量は、従来のウラン燃料と変わらないことを確認している。 ○ 未燃焼MOX燃料の放射線量は、未燃焼ウラン燃料のものよりかなり大きい。従って、未燃焼MOX燃料の取り扱い時の被ばくの拡大が懸念される。電力では、このため、その取扱いを厳格にする新たなMOX燃料取り扱い法を計画している。その方法が的確に運用されれば、被ばくの拡大は防げるとものと判断される。 【「1 1 - 2 使用済MOX燃料の取扱い」について】 ○ 使用済燃料プールは、使用済MOX燃料の放射線の遮へいに必要な水深を確保しており、作業エリアの線量が高くなることはない判断する。 ○ 使用済MOX燃料の放射線量は使用済ウラン燃料と同程度である。使用済MOX燃料を取扱っても、作業エリア線量が高くなることはない。

論 点	1 2 貯蔵設備の冷却能力
検討課題	使用済MOX 燃料の発熱量は使用済ウラン燃料に比べて大きいですが、使用済MOX 燃料を保管する際、十分に冷却することができるか。
委員意見	○ 燃料プールで使用済MOX燃料の保管を予定しているが、保管については、冷却能力、放射線安全管理、臨界管理の点で安全上特に問題ないと考える。また、現在予定されているMOX燃料の数量であれば、この燃料プールでの保管は、容量において当分の間問題ないと思われる。 ○ 使用済MOX燃料と使用済ウラン燃料の崩壊熱は、ほぼ同等という解析結果が得られており、また、保守的な仮定を置いても現在の冷却設備で十分に冷却を確保できることを確認している。 ○ 使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料を若干上回る程度であり、限定的である。使用済MOX燃料の保管時の冷却性はウラン燃料使用時と変わらない。 ○ 使用済MOX燃料の保管において、冷却設備の能力は十分であることを確認した。

論 点	1 3 平常時の周辺への影響
検討課題	MOX 燃料を使用することにより、通常の運転時において周辺住民の被ばく量が増えるのではないか。
委員意見	○ プルトニウムの核分裂によって、MOX燃料ではウラン燃料に比べて、ヨウ素蓄積量が若干増加するものの希ガス、ヨウ素などを総合した周辺住民の被ばく量はウラン燃料の場合とほぼ同じである。なお、ICRP1990 年勧告によって、ヨウ素実効線量係数が約 2 倍になったことを考慮しても、全被ばく量にほとんど差異はない。従ってウラン燃料の場合と同様に、MOX燃料を装荷した場合でも、年間予想被ばく量（13 マイクロシーベルト／年）は、原発周辺目標値（50 マイクロシーベルト／年）より十分低く見積もられ、特に問題ないと思われる。 ○ 平常時の被ばく量については、ウラン炉心と 1 / 3 MOX 炉心の評価結果の比較より、増加することはないと判断する。 ○ 使用済MOX燃料の放射エネルギーは使用済ウラン燃料を若干上回る程度であり、炉心全体としての放射エネルギーの増加はほとんどない。従ってMOX燃料使用により被ばく量が増えることは考えられない。 ○ 被ばくにおいて重要な希ガスやヨウ素による実効線量の評価は、ICRP1990 年勧告を取り込んでも増大しない。

論 点	1 4 事故時の周辺への影響
検討課題	① MOX燃料を使用すると事故が発生した際、住民の被ばく量が増えるのではないかな。 ② プルトニウムが環境中に放出されるのではないかな。 ③ 炉心熔融等の過酷事故対策が必要ではないかな。
委員意見	○ MOX燃料使用時の想定事故として、放射性気体廃棄物処理施設の破損、主蒸気管の破断、燃料集合体の落下、原子炉冷却材の喪失、制御棒落下を取り上げて実効線量を評価している。それらの内、最も高い線量である主蒸気管破断の場合の値でも、約 0.09mSv とウラン燃料の場合とほぼ同じであり、問題とならない。 プルトニウム酸化物の融点は十分高いので、燃料が融解して、プルトニウムが環境中へ放出することはまず起こることは無いと評価している。ただし破損などによって、粒子状燃料物質が生じて、格納容器内にほぼ閉じ込められること、格納容器外に漏れた場合でも非常用ガス処理系でほぼ捕らえられる。 炉心熔融などの過酷事故として、ウラン燃料の場合の炉心損傷および格納容器破損の確率論的安全評価を行い、それらのリスクは原子力安全委員会の目標値を十分下回っている。また、MOX燃料を使っている場合でも、燃焼度が低いことから、ウラン燃料の場合の評価と変わらない。 以上より、事故時の周辺への影響は十分少なく、ウラン燃料の場合とほとんど変わらないと考える。 しかしながら、MOX燃料を使っているときの事故に対する風評被害は、ウラン燃料使用時の場合よりも大きいと危惧される。この点の対策も不可欠であろう。 ○ 事故時の被ばく量については、ウラン炉心と 1 / 3 MOX 炉心の評価結果の比較より、増加することはないと判断する。 事故時に格納容器内に、もし、プルトニウム等の粒子状物質が放出されたとしても、格納容器の各種機能によりプルトニウムが周辺環境に放出されることはない判断する。 確率論的安全評価により十分に炉心損傷頻度が低く、問題ないと判断する。 ○ 重大な事故時の被ばく計算では、他の施設の例に従った漏洩率を仮定し、実際の希釈容量などの施設の特有の条件を加味した計算が行われている。またプルトニウム放出の可能性については、いったん格納容器内に収められてしまっからは極めて低いと予想する。 ○ 使用済MOX燃料の放射エネルギーは使用済ウラン燃料を若干上回る程度あり、炉心全体としての放射エネルギーの増加はほとんどない。従ってMOX燃料使用により、事故時の被ばく量が増えることは考えられない。 女川で想定されるMOX燃料は、燃料自身以外、これまで使用されてきたウラン燃料とまったく同一である。従って、燃料自身の放出の可能性はウラン燃料と変わることない。 女川で想定されるMOX燃料を使用したとしても、燃料／炉心特性（過渡特性、安全特性）は、ウラン燃料のときとほとんど同じである。従って、MOX燃料を使用した時に限った危険性の心配やそのための対策は必要ではない。 ○ 事故時の被ばく線量として、実際の 10 万倍の冷却材中の濃度を仮定し評価してもウラン燃料と変わらない。万が一、格納容器内にプルトニウムが放出されても、格納容器スプレイによる除去、非常用ガス処理系のフィルタによる除去により、周辺環境には放出されない。MOX燃料の照射試験、照射後試験、出力上昇試験の結果によれば、FPガス放出量、燃料健全性においてウラン燃料より悪化することはない。

論 点	1 5 安全管理体制
検討課題	1 5 - 1 核物質防護対策、教育 MOX燃料を導入することに伴いテロ等に備えた核物質防護対策や、社員教育等は行っているか。 1 5 - 2 安全管理等への取り組み ① 東北電力では、安全確保に向けてどのように取り組んでいるのか。 ② 過去のトラブル等において、どのような対策を取ってきたのか。また、その結果はどうであったか。 ③ 安全確保に向けて、組織内で連携を十分に図っているか。 ④ 東北電力では、一連のトラブルを風化しないように、今後どのような取り組みを行っていくのか。
委員意見	○ 東北電力の運転管理においては、かつて保安院からの” C ” 評定に現れている通り、種々の問題があった。しかし、その後の取り組み（発電所管理体制の見直し、人員の増強、教育の充実、トラブル対応の改善、情報公開の徹底など）が取られてきたが、保安院からも” A ” 評定が得られるになった通り、最近ではその成果が出つつあるように認められる。また、MOX燃料に対する姿勢も真摯なものが感じられる。しかし、このような傾向が一時的に留まることなく、今後も続くことが発電所の安全に欠かせない。電力には、今後ともさらなる安全への取り組みがなされることを強く要望する。また、県には、電力に対する監視を厳正に行い、県民の安全安心の確保を担保していただきたい。 ○ MOX燃料導入に向けた核物質防護対策、社員教育の方針は十分である。安全確保に向けて社長が強いリーダーシップをとって、増員を含む安全管理体制の増強と組織連携を図ることとなった。過去のトラブルにおいてヒューマンエラーの背後要因や組織に根ざす要因の分析を強力に進めているようである。この分析に基づく組織運営によりトラブルを根絶できるか否かについて、社会は東北電力を注視しているところであり、決して油断があってはならない。 【「1 5 - 1 核物質防護対策、教育」について】 ○ 運転員は、MOX燃料を装荷したことに伴う炉物理的な差異とその複雑さを良く理解し、原子炉を運転しなければいけない。そのための教育訓練が不可欠であろう ○ テロ対策（核物質防護対策）に関しては、十分な対策がとられていると思われる。今後とも、社員、協力企業、下請け企業、出入り業者を含め絶えず細心の注意とチェックが必要である。 ○ MOX燃料導入に当たっての核物質防護対策、および、教育・訓練の実施計画は妥当なものとする。 【「1 5 - 2 安全管理等への取り組み」全体について】 ○ 安全管理に関しては、安全管理の社内体制の拡充（社長をトップとする原子力推進会議の設置等）、内部現場コミュニケーションの充実を図る対策、MOX燃料を扱うための教育訓練が整備・実施されつつある。またそれらに対する社内および第三者評価体制も実施されつつあり、協力企業・下請け企業との連携・コミュニケーション拡充の方策もなされつつある。 トップダウンによる指示やマニュアルの遵守は勿論大切なことであるが、意見箱などをはじめとし協力企業も含めたボトムアップの施策も採られている。 以上のことから、発電所をはじめとした会社全体での取り組みは評価できる。 しかしながら、上記の一部は数年前から措置されてきているが、トラブルの発生

が続いたことから県民の信頼が回復していない。MOX燃料の導入が計画されているこの段階で、現場作業、教育訓練、労働衛生などの安全に係わる事項を着実に実施するとともに、一層強化・充実し、安全運転を通じて地域をはじめとする県民からの信頼を得る必要がある。

- 安全管理体制、安全管理活動、トラブル発生防止の対策と体制については、妥当なものとする。ただ、ヒューマンエラーの低減については、全体の方針の整備、ハードだけでなく、作業環境と人間特性等を考慮した検討を引き続き実施してほしい。

- 会社としての取り組みシステムは大変よく整備されており、また取り組みも評価できる。また安全確保の実践的な取り組みは、現場で特によく現実化されていることを視察により確認できた。

2008 年末から 2009 年ではトラブルが頻発し、マスコミによる報道もあり、県民を疑心暗鬼にさせたことは否めない。頻繁なトラブル発生と再発防止策の発表が相次いだため、トラブル対策に対する取り組みが形骸化していると感じられたが、その後、システムの整備や実践的な取り組みで改善に努めている。

現場での安全意識に基づく取り組みは多岐にわたり、大変活発に行われていると感じた。

MOX 導入に伴う新たな人員配置の創設や増強を行うことの説明があり、具体的であった。またトラブル対策については、他事業所の事象の把握に努める等の説明があったほか、人材教育の推進や組織機能の充実化を図る旨の姿勢が示されたことは評価できるであろう。

全体としての意見

委員意見

- 女川原子力発電所におけるプルサーマルについては、工学的、技術的な安全性及び安全管理について確認したところ、基本的には安全性は確保されると判断する。
なお、MOX燃料導入を控え、従来以上に原子力発電所の安全性、信頼性が要求されている。安全管理、品質保証、ヒューマンエラー防止のハード、ソフトの拡充は勿論であるが、労働意欲、個々の作業に対する使命感、全体の仕事に対する個々の仕事の位置付けの十分な把握、相互の円滑なコミュニケーションなどの向上に対する絶えざる努力を求める。
また、社員のみならず協力企業・下請け企業を含め明るくのびのびとしかし緊張感を持って、電力の安定供給という極めて社会的意義の高い仕事をこなしていただきたい。
安全管理の最終責任は東北電力にあることは勿論であるが、協力企業・下請け企業、納入業者の技術力向上、品質管理の徹底も欠かせない。これらに関して、協力企業に要望することにとどまらず、電力社員の技術向上とそれに基づく仕様作成、受け入れ・施工検査、円滑なコミュニケーションが不可欠であろう。
- MOX燃料を炉心の1/3装荷した場合の安全性について、炉心安全設計、原子炉停止能力、MOX燃料の取扱い、平常時、事故時の周辺への影響、地震安全性等の観点から検討し、十分に確保できることを確認した。安全管理体制については、妥当なものと考えるが、今までのトラブルを踏まえたヒューマンエラー低減には更なる検討と改善を期待する。
- 女川原子力発電所においてプルサーマルを導入する計画に関しては、東北電力株式会社の積極的な推進意識を感じたほか、諸外国における使用例や日本の玄海発電所の導入例などに鑑み、技術的な問題はないだろうと思われる。ただし、昨今の東北電力における種々のトラブル発生の頻度の高さが立地県民に不安を与えてきたことも事実であり、逆に女川発電所の成長の糧としてこれらをとらえ、より一層の努力がなければならない。今後の東北電力の対応と経過を注意深く見守っていく必要がある。
- 東北電力における会社としての安全意識を高めるための改善の努力は、システム整備や現場での姿勢にはっきりと見られる。ただし、これらはトラブルを基盤とした意識の出発点から生まれたであろうことが現場においてもまざまざと感じられた。逆に、トラブルなどがなく順調に経緯した場合を想定したとき、改善努力の具体的な目標は全く異なるものになることは明白であろう。繁忙状態の中での後始末に終始するあまり、本来機能すべき目標設定を行うことが困難である状態が続き、さらにはその発想基盤も覆い尽くされてしまった結果であると想像する。しばらくは忍耐強く見守る時間が必要であり、基盤整備の充実化による結果が見えてくることを期待したい。また、MOX燃料に関わらず使用済燃料の再処理や処分に関わる問題は国の政策に大きく左右される。その施策がなかなか順調に推移していない状況であるため、原子力政策自体について国民を納得させることができず、また事業者の根底を揺るがしかねないものであることも見逃せない。
- 女川で想定されるMOX燃料について、基本的な問題点は認められない。しかし仮に使用することとなった場合、東北電力においては、発電所管理のさらなる厳密化を不断に続けることを求める。また、県に対して、電力の対する監視を厳正に行い、県民の安全安心を担保していただきたい。
- 中越沖地震の知見を踏まえた耐震安全性の評価、耐震補強、消防車等体制は十分に評価できる。安全管理体制について、従来のトラブルを踏まえた根本的、組織的対策をなされていると評価できるが、今後の動向を注視したい。MOX燃料を使用しても、ウラン燃料と同等の安全性を確保できることを確認した。

- 新潟県中越沖地震の発生時の災害時の教訓として、東北電力が実施してきている対策としの一つに、自衛消防体制および事故報告体制の強化が挙げられている。消防体制については、初期消火体制や放射性物質の漏えい等の事実確認体制が強化され、災害時連絡手段の確保も従来よりなされていることが実地調査により確認できた。これらの災害時対応策は、地震時に原発の安全性を確保する上で有効であると判断できる。
- 安全管理体制についてはこれまでの説明で結構かと思いますが、防災対策は、「過去に学び、現況を知り、次に備える」必要があります。社会の変化に対応する柔軟性、最先端の科学技術を有効に利用する視点が重要である。
- 被災時のモニタリング技術と連動した迅速な状況把握体制、適切な報道対応体制が望まれます。
- 女川原子力発電所のプルサーマル計画に係わる安全性については問題がないと判断する。ただし、地震については不確定な部分が少なくないことを考えると、地震学の発展にあわせて、原子力発電施設の耐震安全性評価を適宜行い、必要に応じて耐震裕度向上の工事を施し、原子力発電施設の安全性確保に努めて頂きたい。また、原子力発電所で観測された地震記録を分析し、その結果を耐震安全性評価方法に反映させて、耐震安全性評価方法の高度化と合理化を図って頂きたい。このことにより、安全で経済的な原子力発電所の維持管理が可能と考えている。

(4) 女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る自治体の見解

平成22年2月16日

女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る 自治体の見解

宮 城 県
女 川 町
石 巻 市

宮城県、女川町及び石巻市は、「女川原子力発電所周辺の安全確保に関する協定」に基づき、東北電力株式会社から女川原子力発電所3号機へのウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（以下「MOX燃料」という）採用（以下「プルサーマル」という）に関する協議を受け、その安全性について検討した結果、次のとおり確認したので、自治体の見解としてここに示します。

第1 自治体の見解の取りまとめの経緯

プルサーマルの導入に際しては、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく国による厳正な審査が行われ、その安全性が確認されるものでありますが、宮城県、女川町及び石巻市は、女川原子力発電所3号機の安全性について地域としても十分に理解する必要があると考え、改めて地域住民の目線でこれを確認することとしました。

なお、安全性の確認に当たっては、原子力発電は高度な専門性を要することから、3自治体共同で、女川原子力発電所に詳しい者でかつ、原子炉・放射線の専門家及び地震・耐震の専門家を委員とした「女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る検討会議」（以下「安全性検討会議」という）を設置して、プルサーマルの導入に当たって地域住民が疑問や不安に思う主要な15の論点について検討し、委員から意見を受けることとしました。

第2 自治体の見解

宮城県、女川町及び石巻市は、安全性検討会議における委員からの意見、東北電力株式会社の講じる対策及びこれまでの国の見解等を基に、女川原子力発電所3号機のプルサーマルに関する安全性を論点ごとに検討した結果、下記のとおり、プルサーマルを導入しても、その安全性はウラン燃料利用の場合と変わらず確保できるものと判断しました。検討の詳細を別紙に示します。また、原子力発電所の運営に当たっては、国の安全規制が適用され、原子力安全委員会のダブルチェックや原子力保安検査官事務所による常時の監視体制などおおむね適切なものであると判断でき、これにより女川原子力発電所としての基本的な安全管理は維持できるものと考えました。

記

- 1 計画は、原子力安全委員会が基本的にウラン燃料だけを使用した場合と同じ安全設計、安全評価が可能であるとしているMOX燃料の原子炉内への装荷率である3分の1以下となっていること。
- 2 MOX燃料の健全性については、確保されていること。
- 3 MOX燃料を採用しても原子炉の制御性には問題がなく、原子炉を停止するために必要な能力は十分確保されていること。
- 4 世界的にMOX燃料は40年以上の使用実績があり、女川原子力発電所3号機と同じ形式の炉でも十分な実績があること。
- 5 法令や通達による国の検査及び事業者や燃料加工メーカーの品質保証活動が適切に実施されることにより、MOX燃料の品質は確保されること。
- 6 MOX新燃料の輸送及び取扱い時において、安全性は確保できること。
- 7 使用済MOX燃料の取扱いや保管は、安全に行えること。
- 8 国の政策として、今後、使用済MOX燃料の処理の方策の検討が始まること。
- 9 女川原子力発電所3号機の耐震安全性は新耐震指針に照らし、問題はないと考えられることのほか、MOX燃料の採用は耐震安全性に影響を与えるものではないこと。
- 10 MOX燃料を採用した場合の平常時及び事故時における周辺への影響は、ウラン燃料と同等であること。
- 11 東北電力株式会社の安全管理の仕組みは十分なものであり、不断の努力により十分な安全は確保されること。

論 点	1 プルトニウムの特性
検討課題	① プルトニウムは重金属で毒性が強く、また、放射性物質であるので、発ガンなど人体への影響が憂慮される。 ② プルトニウムが含まれているMOX燃料は、従来のウラン燃料とは特性が変わり、原子力発電所の運転に悪影響を与えるのではないか。
自治体の見 解	プルトニウムには、重金属としての化学的毒性のほかに放射能毒性も有する。放射能毒性については、人体に取り込まれるとプルトニウムから放出されるアルファ線により内部被ばくの影響が懸念される。 しかし、MOX燃料として使用する際には、プルトニウムとウランの混合物をセラミック状に焼き固めて燃料被覆管に密封して使用する等、プルトニウムが環境中に放出されることのない設計と構造になっており、原子力発電所の運転管理を適切に実施することにより、プルトニウムによる人体への影響は心配ないものとする。 また、MOX燃料は従来から使用しているウラン燃料と比較すると、核的特性及びその物性に若干の差異は見られるが、原子力安全委員会※では、原子炉内へのMOX燃料の装荷率が約3分の1までであれば、基本的にウラン燃料だけを使用した場合と同じ安全設計・安全評価が可能であるとしている。 今回、MOX燃料の装荷率が3分の1以下であること、核的特性等を十分考慮した上で必要な対策を講じていることから、女川原子力発電所3号機におけるMOX燃料の使用は基本的に問題ないものとする。 ※「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」平成7年6月19日 原子力安全委員会了承

論 点	2 MOX燃料の使用実績
検討課題	① 女川原子力発電所と同じ形式の原子炉（軽水炉）でのMOX燃料の使用実績や実証試験が少ないのではないか。 ② 女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトニウム含有率、装荷割合はこれまでの実績と比べて高くないのか。 ③ 過去にMOX燃料が破損した例があるが、問題はないか。
自治体の見 解	世界的には10か国の原子炉で40年以上にわたる使用実績（原子炉58基：6,350体（平成20年12月現在））があり、女川原子力発電所と同じ形式の炉（BWR）としては、日本を含め7か国の原子炉14基で、計1,199体の実績がある。 今回、女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトニウム含有率及び装荷割合は、同形炉のドイツの実績と比べて高すぎるということはない。 また、これまでのMOX燃料及びウラン燃料の使用実績において、燃料の破損事例が見られるものの、対策や改善が済んでいることに加え、MOX燃料に起因する特異的な破損は確認されていない。 これらのことから、MOX燃料の使用実績については十分であり、使用についても問題はないものとする。

論 点	3 海外におけるMOX燃料の製造
検討課題	① 過去に海外で製造したMOX燃料の検査データの改ざん事例があったが、MOX燃料加工事業者の品質保証をどのように確認していくのか。 ② 製造過程の監査はどのように実施するのか。 ③ プルトニウム含有率の不均一性、プルトニウムスポットの有無等の品質を、どのように評価するのか。
自治体の見 解	東北電力においては、国による輸入燃料体検査に関する通達に基づき、「海外MOX燃料調達に関する品質保証活動について」を定め、使用するMOX燃料を海外において製造委託する場合には、その製造期間中は社員を現地に駐在させ、燃料製造の各工程において製造状況及び品質保証活動の監査や確認を行うとともに、監査の信頼性を高めるために第三者機関も活用する計画としている。 法令や通達による国の検査や事業者及び燃料加工メーカーの品質保証活動が適切に実施されることにより、MOX燃料の品質は確保されるものと考えている。

論 点	4 輸送時の安全対策
検討課題	MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強いが、安全に輸送することができるのか。
自治体の見 解	MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いが、その輸送は十分な遮へい能力を有する輸送容器を用いるため、安全に取り扱うことができる。 東北電力では、MOX燃料を海上輸送することとし、専用の輸送容器は、落下、火災、水没等の事態に遭遇しても十分耐えられるよう健全性が確保されることを試験されているほか、容器内部に水が浸入しても臨界にならないものを用いることとしている。 また、輸送船は二重船殻構造等の安全構造を有する専用船を用いることとしており、テロ等の脅威に対応するため、輸送中は武装護衛船による護衛も実施することとしている。 これらのことから、MOX新燃料の輸送に関する安全性は、確保されるものと考えている。

論 点	5 使用済MOX燃料の再処理
検討課題	① 使用済MOX燃料は、どう処理していくのか。 ② 使用済MOX燃料は使用済ウラン燃料よりも硝酸に溶けにくいなどの課題が指摘されており、再処理することができないのではないかな。
自治体の見 解	使用済MOX燃料の再処理は、国内外での実績もあり、また、その特性はウラン燃料と大きく異なることはないことから、十分実施可能と考える。 なお、原子力政策大綱※では、使用済MOX燃料の処理の方策については、六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて2010年ころから検討を開始するとしている。 ※「原子力政策大綱」 原子力委員会 平成17年10月14日 閣議決定

論 点	6 使用済MOX燃料の処分
検討課題	① 使用済MOX燃料の処分方法が決定されるまでの間は、女川原子力発電所に長期保管されるのではないかな。 ② 使用済MOX燃料は、女川原子力発電所のどこに保管され、安全対策は万全かな。 ③ 使用済MOX燃料を再処理すると、低・中レベル放射性廃棄物が発生するので、放射性廃棄物の全体量は増大するのではないかな。 ④ MOX燃料は1回燃やすと質が劣る。再処理できなくなる可能性があるのではないかな。
自治体の見 解	原子力政策大綱※¹では、使用済MOX燃料の処理の方策について六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて2010年ころから検討を開始し、六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとしている。 東北電力は、使用済MOX燃料等を再処理する「第二再処理工場」が操業を開始するまでは、女川原子力発電所3号機の燃料プールに保管することとしているが、最も厳しい条件下においても当該燃料プールの冷却能力は十分であること及び未臨界性が確認されていることにより、安全性は確保され则认为る。 また、使用済MOX燃料の再処理を行うと、全量直接処分よりも全体の放射性廃棄物は体積にして同程度から6%増加するが、高レベル放射性廃棄物の量は3割から4割まで減らすことができると試算されており※²、高レベル放射性廃棄物の持つ有害度を低減することが可能となる。 なお、使用済MOX燃料の再処理に関しては、国内外での実績があるほか、原子力立国計画※³においては、回収されたプルトニウムについては、高速増殖炉での利用又は再度プルサーマル燃料として利用することとしている。 ※1 「原子力政策大綱」 原子力委員会 平成17年10月14日 閣議決定 ※2 原子力委員会第9回新計画策定会議資料第8号 平成16年10月17日 ※3 「原子力立国計画」 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会 報告書 平成18年8月8日

論 点	7 地震によるプルサーマルへの影響
検討課題	① 新しい耐震指針により、どのようにして耐震安全性を確認（バックチェック）しているのか。 ② 地震の想定が小さいのではないか。 ③ 中越沖地震における知見はどのように活かしたのか。 ④ 実際に地震により被災した場合、どのくらいの被害を想定していて、また、防災体制はどうなっているのか。 ⑤ プルサーマルを実施すると、地震の際に危険性が増すのではないか。
自治体の 見 解	女川原子力発電所のプルサーマルについては、耐震性にかかわる変更を伴わず、燃料集合体の構造も同一であることから、ウラン燃料と同様の耐震安全性は確保され则认为。 また、女川原子力発電所では、平成 18 年 9 月に改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」及び平成 19 年 7 月に発生した新潟県中越沖地震を踏まえた耐震バックチェック※を実施しており、基準地震動の設定及びその地震動における耐震安全性について検討がなされている。 なお、女川原子力発電所各号機の耐震バックチェックに用いる基準地震動は、敷地周辺の地質やその構造について調査がなされ、また、地震動評価においては、断層モデル又は応答スペクトルを用いて「震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を設定した上で適切に策定されており、原子力安全・保安院において妥当との評価が出されている。 安全性検討会議の専門家による確認においては、東北電力が実施した女川原子力発電所 3 号機に対する耐震バックチェックの手法は妥当であり、加えて、地震時に下位の耐震クラスの設備が損傷した場合でも、耐震クラスが上位の設備へ波及的影響がない設計となっていることも確認し、耐震安全性に問題がないものとの意見を受けている。 地震に対する防災体制については、中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の経験を踏まえた地震直後の初期対応の強化が図られており、問題はないものとする。 ※ 改訂された耐震指針は、今後新設される原子力発電所等に適用されるが、稼働中の原子力発電所等についても、改訂後の耐震指針に照らして耐震安全性の評価を実施することとされており、この耐震安全性の評価を「耐震バックチェック」という。

論 点	8 燃料健全性への影響
検討課題	8-1 ペレット中心温度 MOX燃料は、ウラン燃料よりペレットの融点が低下し、熱伝導率も小さくなり、燃料中心温度が上昇する傾向にある。燃料の健全性を保つことはできるのか。 8-2 燃料棒内圧 MOX燃料はウラン燃料より、ペレットからの核分裂生成ガスの放出率が高く、燃料棒の内圧が上昇することで、燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。また、反応度急昇事故時の試験が行われていないのではないかと。 8-3 プルトニウムスポット プルトニウムとウランを混合してMOX燃料を作るときに、プルトニウムの固まり（プルトニウムスポット）ができる場合があるといわれているが、燃焼の際に燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。
自治体の見 解	MOX燃料は、ウラン燃料よりも融点が低く、熱伝導率も小さく、燃料中心温度が高い傾向にあるが、使用期間全体を通じて、最高温度は融点に対して約 1,000℃程度の余裕があることが確認されている。 また、MOX燃料は、ガス状の核分裂生成物の放出率が高く、ヘリウムガスの生成量も多いため、燃料棒内のガスため用空間（プレナム）の体積を大きくすることにより、内圧を安全の範囲内に保つこととしている。 さらに、プルトニウムスポットについては、日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所）において最大で直径 1,100 μm のプルトニウムを埋め込んだMOX燃料で反応度投入試験を行っており、燃料破損への影響はないことが確認されていることに加えて、その他の燃料の健全性に関しても日本のほか、米国やフランスにおいて実験が行われてきている。 今回、東北電力が使用を計画しているMOX燃料は、プルトニウムスポットの直径が 400 μm 以下となるよう仕様を定めて製造管理を行うとしている。 これらのことから、燃料棒の健全性が損なわれることはないものと考えます。

論 点	9 原子炉の制御性への影響
検討課題	9-1 出力分布の不均一性 MOX燃料はプルトニウムが中性子を吸収するために燃料集合体内の中性子が少なくなる。中性子が多く存在するウラン燃料を隣に配置すると、その部分のMOX燃料が反応しやすくなり、MOX燃料集合体外周部の燃料棒出力が高くなりやすいが、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えないか。 9-2 熱中性子割合の減少 プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると熱中性子の割合が減少することから、原子炉の制御が不安定になったり、制御が不能になることはないのか。 9-3 作業ミス・操作ミスの可能性 MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に間違いを誘発しやすく、また、制御棒引き上げなどの操作ミスが事故につながる危険性も大きくなるのではないか。
自治体の見 解	プルトニウムは、ウランよりも熱中性子を吸収しやすいが、MOX燃料採用に当たって、燃料集合体内で核分裂性プルトニウムの濃度を変えた燃料棒を適正に配置することにより、燃料集合体内部の出力分布をウラン燃料と同等にするように設計しており、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えるものではないことが確認されている。 MOX燃料を採用すると、遅発中性子割合が少なくなるとともに減速材ボイド係数がより負となることから、ウラン燃料炉心と比較して炉心安定性等が悪くなるが、MOX燃料の設計や原子炉内における配置に配慮することにより、安定性の解析結果は基準を満足することが確認されている。 これらのことから、原子炉の制御性に問題はないと考える。 また、東北電力は燃料装荷時には手順書に従い複数人で燃料集合体の固有番号を確認する体制を実施してきている。MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に入れ間違いの可能性が高くなるが、現在の対策が確実に履行されれば燃料装荷間違いの可能性及び事故につながる危険性は最小限に抑えられると考える。

論 点	10 緊急時の原子炉停止能力
検討課題	プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると制御棒への熱中性子の吸収割合が減少し、制御棒の効きが悪くなる傾向があるが、原子炉の安全は確保されているのか。
自治体の見 解	プルトニウムは、ウランよりも熱中性子を吸収しやすいため、制御棒付近では熱中性子数が少なくなることから、MOX燃料を装荷した炉心は、ウラン燃料のみの炉心と比較して制御棒の効きが若干低下するが、原子炉停止余裕の解析評価では、制御棒による原子炉停止能力が最も厳しいときでも十分な安全余裕を有していることが確認されており、原子炉を停止するために必要な能力は十分確保されていると考える。

論 点	1 1 作業時の被ばく
検討課題	1 1 - 1 MOX新燃料の取扱い MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強く、輸送や検査時等における燃料取扱時に作業員の被ばくが大きくなるのではないかと。また、燃料取扱中に燃料落下事故が発生した際、ウラン燃料と比較して影響が大きくなるのではないかと。 1 1 - 2 使用済MOX燃料の取扱い 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べて放射線が強くなるが、使用済MOX燃料を貯蔵することにより作業エリアの線量が高くなることはないかと。
自治体の見 解	MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いため、輸送や燃料検査等の取扱時においては作業員の被ばく低減を図る必要がある。東北電力では遮へい体の設置、遠隔操作の実施及び作業時間の短縮の措置を講ずるとしており、作業員の被ばくを低減することが可能であると考え。 また、燃料落下事故については、装置の二重化などによる安全対策を施すとしており、仮に落下した際の影響評価でも判断基準を満足していることが確認されており、MOX新燃料の取扱いにおける被ばくについては特段の問題はないものと考え。 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料と比較して中性子線が多く放出されるが、ガンマ線は放出量が少なく、使用済ウラン燃料の方がわずかに高い線源強度となる。 使用済MOX燃料の保管に当たっては、従来の使用済ウラン燃料と同様に、遮へいに必要な水深とコンクリート厚を確保した状態で燃料プールで行うこととしていることから、作業エリアの線量が高くなることはないと考え。

論 点	1 2 貯蔵設備の冷却能力
検討課題	使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料に比べて大きいと、使用済MOX燃料を保管する際、十分に冷却することができるかと。
自治体の見 解	使用済MOX燃料の発熱量は、使用済ウラン燃料に比べて大きいと、女川原子力発電所3号機におけるMOX燃料の使用計画においては、MOX燃料の燃焼期間が短いことから、燃料プールに保管する際の使用済MOX燃料の崩壊熱は使用済ウラン燃料のものと同等であり、現在の冷却設備で対応可能であることが確認されている。 このことから、使用済MOX燃料を保管する燃料プールの冷却能力は十分であると考え。

論 点	1 3 平常時の周辺への影響
検討課題	MOX 燃料を使用することにより、通常の運転時において周辺住民の被ばく量が増えるのではないかな。
自治体の見 解	MOX燃料はウラン燃料と比較して、原子炉運転中でのプルトニウムの核分裂が多いため、燃料棒中の核分裂生成物の存在割合も多く、放射性ヨウ素は若干増加するものの放射性希ガスは1 / 3 MOX炉心で7割程度まで少なくなる。放射線量は放射性希ガスに起因するものが支配的であるので、MOX燃料による線量はウラン燃料による線量を超えることはなく、通常の運転時において周辺住民の被ばく量は増えないことが確認されている。 このことから、平常時の周辺への影響は従来と変わらないものと考える。

論 点	1 4 事故時の周辺への影響
検討課題	① MOX燃料を使用すると事故が発生した際、住民の被ばく量が増えるのではないかな。 ② プルトニウムが環境中に放出されるのではないかな。 ③ 炉心溶融等の過酷事故対策が必要ではないかな。
自治体の見 解	MOX燃料中のプルトニウムは、沸点が高いため、燃料破損に至る事故が発生したとしても気体状になりにくい。仮に粒子状物質として原子炉格納容器内に放出されたとしても各種装置による除去や原子力発電所が有する放射性物質を閉じ込める能力により、環境中にプルトニウムが放出されることは考えにくい。 また、燃料ペレットからの放射性希ガスと放射性ヨウ素の放出率については、MOX燃料はウラン燃料と比較して、若干大きくなるが、これまでのウラン燃料使用時の安全評価に用いている放出率の範囲内となっていることから、安全評価上は住民の被ばく量は増加しないことが確認されている。 さらに、過酷事故対策についても、評価上の想定はウラン燃料使用時の条件に包含されていることから、MOX燃料を使用したときに限った対策は必要と認められない。 これらのことから、MOX燃料を使用した際においても、事故時の周辺への影響は、従来のウラン燃料によるものと同等であると考える。

論 点	1 5 安全管理体制
検討課題	1 5 - 1 核物質防護対策, 教育 MOX燃料を導入することに伴いテロ等に備えた核物質防護対策や, 社員教育等は行っているか。 1 5 - 2 安全管理等への取り組み ① 東北電力では, 安全確保に向けてどのように取り組んでいるのか。 ② 過去のトラブル等において, どのような対策を取ってきたのか。また, その結果はどうであったか。 ③ 安全確保に向けて, 組織内で連携を十分に図っているか。 ④ 東北電力では, 一連のトラブルを風化しないように, 今後どのような取り組みを行っていくのか。
自治体の見 解	女川原子力発電所のテロ等の対策については, 原子炉等規制法に基づき国の認可を受けた「女川原子力発電所核物質防護規定」を定めており, 各種の厳重な防護措置が講じられていることから, MOX燃料の使用においても現状の対応で可能と考える。 教育に関しては, 保安教育等が規定や計画に基づいて実施されており, 今後はMOX燃料に関する教育も行うこととしている。また, 職種や職歴に応じた種々の研修・教育, 訓練などを社内だけでなく, 社外のような手段を活用して実施しているほか, 今後, 新人教育の在り方を検討している。 これらのことから, 核物質防護対策に関しては適切であり, また, 教育に関しては, 今後も社員及び協力会社作業員に対して適切かつ積極的に実施していくことで, 安全管理体制が維持できるものとする。 安全管理等への取り組みについては, 東北電力においては, 平成 18 年 7 月, 女川原子力発電所における品質保証体制が十分に機能していないおそれがあるとして, 国からの指示を受け, 総点検を実施している。また, 同年 11 月には発電設備の総点検の指示を受け, これを実施している。 平成 20 年には, 原子力発電所構内及び原子炉格納容器内での連続火災や平成 21 年には, 非常用炉心冷却系の機能が不十分な状態で原子炉を運転していたこと等, 県民に不安を与える不具合やトラブルが散見されたが, 原因の分析及び再発防止対策を策定し, 組織の見直しや人員配置等の対策を施しているところである。 現在の東北電力の安全管理体制については, 社長をトップとした組織体で構成されているほか, 品質保証活動は, ISO9001 の品質マネジメントシステムを基本とした「原子力発電所における安全のための品質保証規定 (JEAC4111)」にしたがって品質保証計画が制定されており, 仕組みとしては十分なものとなっている。 現在, 品質保証活動については, 目標設定の在り方や品質保証マネジメントの有効性評価などにおいて, なお完成の途上にある状況ではある。今後, 継続的に品質マネジメントシステムの改善を進め, 原子力安全に係る PDCA サイクルの継続的改善が見えるようにするとともに, 事業者は, 過去に自ら定めた再発防止対策を遵守することはもとより, 不具合やトラブルの未然防止に資するよう, 現状の安全管理体制の下, 確実な品質マネジメントを実施し, 新たな不具合やトラブルを限りなくゼロに近づける不断の努力を行うことで, プルサーマルを実施するに当たっての十分な安全が確保されるものとする。

平成 2 1 年 1 2 月 2 8 日

女川原子力発電所 3 号機のプルサーマルの安全性 に係る自治体の見解（案）に対する御意見募集

平成 2 0 年 1 1 月 5 日、宮城県では、女川町及び石巻市とともに、「女川原子力発電所周辺の安全確保に関する協定」に基づき、東北電力株式会社から、女川原子力発電所 3 号機へのウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（以下、「MOX 燃料」という。）採用（以下「プルサーマル」という。）に関する協議を受けました。

宮城県、女川町及び石巻市としては、協議への回答に当たっては、安全性の確認と地域住民の理解が重要であると考えており、今回、このうち、安全性について、自治体の見解案を取りまとめましたので、これに対する県民の皆様の御意見・御提案等を募集します。

1 公表する案の名称

女川原子力発電所 3 号機におけるプルサーマルの安全性に係る自治体の見解（案）

2 公表する関係資料

- (1) 女川原子力発電所 3 号機におけるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料採用に関する安全性について（報告） <安全性検討会議座長から 3 自治体への意見書>
- (2) 各論点ごとの検討結果
- (3) 同説明資料

3 案及び関係資料の公表場所

ホームページ（<http://www.miyagi-pluth.net/>「考えて見ませんか？プルサーマル」のページ等）、宮城県環境生活部原子力安全対策室、石巻市総務部防災対策課、女川町企画課、宮城県庁県政情報センター及び各地方振興事務所県政情報コーナー（仙台地方振興事務所を除く。）

※ ホームページ以外での公表は、平成 2 2 年 1 月 4 日（月）から行います。

4 意見等の提出及び問合せ先

以下の 3 つの窓口いずれでも受け付けします。

(1) 宮城県環境生活部原子力安全対策室安全対策班

住 所 〒 9 8 0 - 8 5 7 0 宮城県仙台市青葉区本町三丁目 8 - 1

F A X 0 2 2 - 2 1 1 - 2 6 9 5

E-mail gentai@pref.miyagi.jp

電 話 0 2 2 - 2 1 1 - 2 6 0 7 （電話による意見提出はできません。）

(2) 石巻市総務部防災対策課

住 所 〒 9 8 6 - 8 5 0 1 石巻市日和が丘 1 丁目 1 番 1 号

FAX 0225-94-8681

E-mail ispragdi@city.ishinomaki.lg.jp

電話 0225-95-1111（電話による意見提出はできません。）

(3) 女川町企画課原子力対策係

住所 〒986-2261 牡鹿郡女川町女川浜字女川 136 番地

FAX 0225-53-5483

E-mail atom@town.onagawa.miyagi.jp

電話 0225-54-3131（電話による意見提出はできません。）

5 意見等の提出方法

郵便、ファクシミリ又は電子メール

なお、意見提出の様式は自由ですが、いずれの方法の場合でも、住所、氏名（団体・企業の場合は、その名称及び代表者の氏名）、電話番号を必ず記載してください。

意見等の提出は、日本語に限ります。

6 意見の募集期間

平成21年12月28日（月）から平成22年1月27日（水）まで

なお、郵便については、当日消印有効です。

7 今後の予定

皆様からいただいた意見（住所や氏名等の個人情報は、公表しません。）とそれに対する自治体の考え方につきましては、成案と併せて、平成22年2月ごろに開催する安全性検討会議において報告するとともに、上記「3 素案及び関係資料の公表場所」と同じ場所で公表する予定です。

なお、皆様からいただいた意見に対する宮城県の考え方については、皆様個々人に返信することはありません。

(6) パブリックコメント募集結果概要

パブリックコメントの結果

1 女川原子力発電所3号機のプルサーマルの安全性に係る自治体の見解（案）に対する意見募集の結果の概要

(1) 公表した案の名称

女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る自治体の見解（案）

(2) 公表した関係資料

- ① 女川原子力発電所3号機におけるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料採用に関する安全性について（報告）＜安全性検討会議座長から3自治体への意見書＞
- ② 各論点毎の検討結果
- ③ 同説明資料

(3) 意見募集期間

平成21年12月28日（月）から平成22年1月27日（水）まで

(4) 意見募集結果

① 意見提出者数

提出者居住地別	意見提出通数（提出人数）	備考（通数割合％）
女川町	13（13）	9.5
石巻市	23（23）	16.9
女川町・石巻市以外の県内	90（87）	66.2
県外	5（5）	3.7
無効	5（5）	3.7
合計	136（133）	100

※ 慎重人数／推進人数＝35／98

② 論点ごとの具体的な意見の件数

番号	論点項目	意見提出件数
論点1	プルトニウムの特性	5
論点2	MOX燃料の使用実績	9
論点3	海外におけるMOX燃料の製造	13
論点4	輸送時の安全対策	3
論点5	使用済MOX燃料の再処理	16
論点6	使用済MOX燃料の処分	9
論点7	地震によるプルサーマルへの影響	9
論点8	燃料健全性への影響	9
論点9	原子炉の制御性への影響	9
論点10	緊急時の原子炉停止能力	2
論点11	作業時の被ばく	6
論点12	貯蔵設備の冷却能力	6
論点13	平常時の周辺への影響	2
論点14	事故時の周辺への影響	5
論点15	安全管理体制	8
その他	その他	143

（合計254件）

※ 1通の意見に2以上の論点に対する意見が存在する場合があるため、提出通数と意見提出件数は一致しない。

(7) 自治体の見解(案)に対する県民意見(パブリックコメント)及びそれに対する自治体の考え

「女川原子力発電所3号機におけるプルサーマルの安全性に係る自治体見解(案)」に対する
パブリックコメント結果

(総意見数:254件)

1 論点について

(意見数:111件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
論点1: プルトニウムの特性		5	
1-1-1	資料中に、MOX新燃料のPu-241(プルトニウム241)の放射エネルギーが「0.3%」と「0」と記載されている表がある。この中で女川3号機で使用される女川1号機由来プルトニウムはその検討範囲に含まれているのか。	2	表1はウラン燃料との違いを説明するために、 α 崩壊の放射能の比較として参考文献を引用したものです。また、表2は公開文献における組成比の例を記載したものです。
1-1-2	プルトニウムはウランよりもっと強い猛毒である。	1	プルトニウムをMOX燃料として使用する際には、プルトニウムとウランの混合物をセラミック状に焼き固めて燃料被覆管に密封して使用する等、プルトニウムが環境中に放出されることのない設計と構造になっておりますので、原子力発電所の運転管理を適切に実施することで、プルトニウムによる人体への影響は心配ないものと考えます。
1-1-3	排水配管の誤接続などがあれば、プルトニウムが環境中に放出される状況ではないか。	1	東北電力では、これまで調査した範囲において配管の誤接続はないとしています。なお、原子力発電所の運転管理を適切に実施することにより、周辺環境に放出されないものと考えます。
1-1-4	従来のウラン燃料とは違った物質を扱う点が憂慮される。	1	プルトニウムの特性は把握されており、MOX燃料ではセラミック状に焼き固めた燃料ペレットを被覆管に密封して使用するので原子炉外に漏れ出ることはほとんどないほか、MOX燃料の装荷率を1/3以下にすることにより、従来のウラン炉心と同様に安全性は確保できると考えます。
論点2: MOX燃料の使用実績		9	
1-2-1	女川原子力発電所と同じ沸騰水型でMOX燃料を原子炉に3分の1まで入れた実績はあるのか。また、外国と日本ではプルトニウムの含有率が違うと聞いているがどうか。	2	MOX燃料については、ドイツ等のBWRを含むこれまでの世界各国の豊富な実績に基づき、女川原子力発電所での使用にあたり、燃料の挙動等について十分な知見を得ているものと考えます。BWRについてはドイツのグンドレミンゲンにおいて784体中300体(重量比で約1/3)の装荷実績があります。また含有率は女川の約4.3%(標準的な組成)に対してグンドレミンゲンの実績では約5.4%であることが(安全性検討会議において)確認されております。
1-2-2	国内全体のBWRでの『漏えい燃料発生率』と比較して、海外でのMOX燃料の破損事例は1桁多くなっている。MOX燃料の破損事例には原因不明が多く見られており、MOX燃料に起因する特異な破損は確認されていないとは言えない。	2	MOX燃料の破損事例については、国内で製造され使用されたMOX燃料に破損燃料が発生していないこと、海外のMOX燃料の破損原因がウラン燃料と同様、燃料製造や原子炉冷却材中の異物等に起因するものであり、MOX燃料での特異な破損(燃料被覆管の変形等)が報告されていないことが確認されております。
1-2-3	女川3号機で使用されるMOX燃料と同様のBWR燃料の実績がほとんどないことを全く記載していないのは、悪質な隠蔽・情報操作ではないか。	1	安全性検討会議の資料等には、BWR炉心におけるMOX燃料の使用実績が示されています。これには、女川3号機にて採用予定の燃料より高い燃焼度で使用されたドイツのグンドレミンゲンにおける燃料の使用実績が含まれています。
1-2-4	実証試験をせず、いきなり営業炉でプルサーマルを実施することについて、誰も異議を挟まないのは不自然である。	1	世界的にMOX燃料は40年以上の使用実績があり、女川3号機と同じ型式の炉でも十分な実績があります。
1-2-5	MOX燃料の装荷実績を持つBWRの大半は試験規模に過ぎず、実用レベルでの実績を持つのはグンドレミンゲンしかない。	1	
1-2-6	MOX燃料のプルトニウム含有率について、「高すぎるということはない」と述べているが、女川で使われる燃料棒の燃焼挙動について、実験炉、検証炉などのデータが存在するのか。	1	女川3号機のMOX燃料のプルトニウム含有率(核分裂性プルトニウム富化度約2.9%、プルトニウム含有率約4.3%)は、原子力安全委員会の「1/3MOX報告書」における検討範囲内であり、問題ないものと確認されております。
1-2-7	世界的にはMOX燃料の使用実績が十分とのことですので安心しました。	1	ご意見として承ります。
論点3: 海外におけるMOX燃料の製造		13	
1-3-1	品質保証について、電力社員の現地駐在や第三者機関による監査で確保されるのでしょうか。	2	製造時の立会検査や製造状況の確認は、電力社員と海外での燃料製造、検査の実績のある元請会社が同時に実施します。また、当該地域において原子力関連業務に精通した監査・調査会社を第三者機関として参加させ助言・支援を受ける予定であることを確認しており、MOX燃料の品質は確保されるものと考えます。

1-3-2	東北電力は、過去の経験を踏まえた国の通達をしっかり守り、検査や監査には今まで以上に力を注ぎ、MOX燃料の確認結果について私たちにも分かりやすく伝えてほしい。	1	ご意見として承ります。 なお、地域住民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、事業者に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。
1-3-3	メロックス社の燃料は信用できない。絶対に使わないでほしい。	1	東北電力は、まだMOX燃料の加工契約を結んでいませんが、どの加工メーカーに依頼するにしても、品質管理を徹底するとしています。
1-3-4	MOX燃料については、過去にプルサーマルを実施しようとした電力会社でデータの改ざんなどが発覚している。女川原子力発電所で安全に実施するには、事前の製品チェックや品質保証対策に一層努力してほしい。	1	ご意見として承ります。
1-3-5	各電力会社の不純物混入自主検査項目の項目数に違いがあるが、東北電力は何項目を予定しているのか。	1	燃料体の安全は輸入燃料体検査(国の検査)により確認されます。また、東北電力は、輸入燃料体検査項目以外にも、より高い品質を確保するために自主検査を行うこととしており、不純物の対象元素についてもウラン燃料の実績等を考慮し、輸入燃料体検査申請までに決定することとしています。
1-3-6	MELOX社の実績は、大半がフランス国内のPWR原発への供給に限られており、BWRである女川3号機のMOX燃料製造について「実績十分」と評価できるのか。	1	メロックス社ではPWR、BWR用燃料を製造しており、実績があるものと考えます。
1-3-7	国のMOX燃料の審査には具体的な審査基準がなく、各電力会社の自主検査項目もまちまちである。それで安全性は確保できるのか。	3	東北電力は、MOX燃料の加工契約を結んでいませんが、いずれの燃料会社にも発注するとしても、品質管理を徹底して実施するとしています。燃料体の安全性は輸入燃料体検査により確認でき、自主検査は燃料体の安全性を確認するものに必ずしも必要なものでなく、より高い品質を確保するため、輸入燃料体検査項目以外について、自主検査を実施するとしています。
1-3-8	公開フォーラムで小山氏が1999年検査データ改ざんの問題点として指摘した、技術基準(省令)への適合性判断に数値的基準がないこと、主観的判断に依存していることについて、全く回答がない。	1	輸入燃料体の不純物含有量に関する検査項目は、事業者の申請に基づき、その妥当性も含め、国が確認しております。なお、不純物量についての民間規格(JEAG4204-2009)には、不純物含有量は、燃料被覆材の水素脆化や腐食に関係するものであり、MOX燃料材についても、ウラン燃料材と同様の検査項目(炭素、ふっ素、窒素及び水素)とすることは妥当であると記載されています。
1-3-9	製造過程がブラックボックスとなっている限り、安全性は検証不能となるのではないのか。 添付3-1記載の東北電力の「要員」が、検査データ改ざんを見抜けなかった当時の関電・国の要員とどこがどのように異なるのか。	1	製造時の立会検査や製造状況の確認は、東北電力社員と海外でのMOX燃料製造、検査の実績のある元請会社社員の両者が実施するとしています。 更に原子力関連業務に精通した監査・調査会社を第三者機関として参加させ、助言・支援を受ける予定であることを確認しており、MOX燃料の品質は確保されるものと考えます。
1-3-10	法令や通達によって検査、品質保証活動が適切に行われているというが、これまでのデータ改ざんなども法令や通達によって適切に管理されていたのではないのか。	1	製造時の立会検査や製造状況の確認は、電力社員と海外での燃料製造、検査の実績のある元請会社が同時に実施します。 また、当該地域において原子力関連業務に精通した監査・調査会社を第三者機関として参加させ助言・支援を受ける予定であることを確認しており、MOX燃料の品質は確保されるものと考えます。
論点4: 輸送時の安全対策		3	
1-4-1	MOX燃料の線量当量率の評価条件として「Pu組成: 低組成(Pu割合62%)、再処理後の期間: 2年経過」を設定しているが、この条件は、再処理から10年以上経過したフランスに保管中の女川1号機由来のAm-241(アメリシウム241)を多量に含むプルトニウムと、大きくかけ離れているのではないのか。	1	使用済燃料を再処理した際にプルトニウム量および核分裂性プルトニウム量が確定し帳簿管理されます。なお、アメリシウムなどの不純物は再処理を行った際に除去されます。
1-4-2	線量当量率の評価条件で、MOX燃料は「Pu組成が低組成(Pu割合62%)で再処理後2年経過」が仮定されているが、それが最も厳しい評価を与える条件となっているのか。	1	本評価は公開文献の例示を示したものであり、再処理後2年経過を前提として、厳しい結果となるよう低組成を条件としています。
1-4-3	輸送時の安全対策は一定の基準は設けているとはいえず、その範囲内に収まらないのではないのか。	1	MOX燃料は、専用船により海上輸送され、直接発電所の港に運び込まれます。また、輸送容器は法令に定める試験でも健全性が確保できるものが使用されます。これらの輸送船及び輸送容器は国際規則・基準を十分満足し、安全性が確保されたものが使用されます。

論点5:使用済MOX燃料の再処理		16
1-5-1	使用済MOX燃料の処分方法が決まっておらず、再処理も困難である。	12
1-5-2	使用済核燃料、MOX燃料は再利用は出来ず、また発電所以外に保管場所はなく、処理方針が見えないままでは長期に女川に保管せざるを得なくなることから実施すべきでない。	3
1-5-3	女川3号機プルサーマルで想定されている燃焼度(4.0GWd/t)のBWR使用済MOXの処理実績は、“全くない”のではないか。	1
論点6:使用済MOX燃料の処分		9
1-6-1	使用済MOX燃料は、女川原発の敷地内で保管することになるのか。使用済MOX燃料の行き先は決まっておらず、使用済MOX燃料を再度再処理するか、廃棄するのかさえ定まっていない。	4
1-6-2	使用済燃料プールが空の状態を仮定して定検約30回分の貯蔵能力があるという東北電力の説明は、地元住民への回答になっていないのではないか。	1
1-6-3	MOX新燃料は、原発搬入後、原子炉へ装荷されるまで、使用済燃料プールで保管されるのではないか。その場合、取替え用新MOX燃料分(最大76体分?)だけ同プールの空き容量は減少するため、最大貯蔵容量は2256-76=2180体とすべきではないか。	1
1-6-4	プールの貯蔵能力に関して、本格稼動すらしていない六ヶ所再処理工場への全量搬出を仮定して、定期検査約30回分が貯蔵可能と主張するのは非現実的なのではないか。	1
1-6-5	使用済MOX燃料の女川原発からの搬出時期はいつか。	1
1-6-6	国の全量再処理路線について、放射性廃棄物の全体量が増えたとしても、高レベル廃棄物の体積や処分場面積を低減できるので環境適合性があるとしているが、面積の低減により処分場候補地の選定の困難性がどの程度改善され、土地取得の経済性はどの程度向上するのか。	1
論点7:地震によるプルサーマルへの影響		9
1-7-1	・女川原子力発電所3号機の「新耐震指針による耐震安全性評価(バックチェック)」の中間報告並びに最終報告は原子力安全委員会から評価されていない(H21.12.28現在)のに自治体(県、町)が「問題がないと考えられる」と言うのは疑問である。 ・考慮すべき活断層の年代をもっと長くするべきではないか。 ・基準地震動Ssの策定で検討した「海洋プレート内地震」をM7.1と想定したが小さいのではないか。 ・基準地震動Ssの策定で検討した「内陸地殻内地震」をM7.1と想定したが小さいのではないか。 ・花泉～若柳のとう曲構造、1962年宮城県北部地震の震源断層、加護坊山-一の岳山断層、旭山とう曲・須江断層、2003年宮城県中部の地震 南部セグメント断層、F15～F16断層の同時活動性は本当にないのか。	1
1-7-2	検討課題の論点に気づいていないことがあり、不足がみられる。	1

1-7-3	耐震安全性は問題無いと考えられているとありますが、近い将来高い確率で宮城県で地震が起こる可能性が高いと、ラジオなどでも地震の備えをと警告している。	1	基準地震動の設定及びその地震動における耐震安全性については、原子力安全・保安院において妥当との評価が出されています。
1-7-4	国の耐震安全性評価がまだ出ていない段階での「見解」はもう少し慎重であるべき。	1	女川原子力発電所に詳しい原子炉・放射線の専門家及び立地地域の地震に詳しい専門家を委員とした「安全性検討会議」において、中立的な立場から技術的知見に基づき、耐震バックチェックの手法は妥当と確認されています。
1-7-5	地震のメカニズムが完全に分かったつもりでいるようである。	1	このことから、耐震安全性については問題ないと判断しています。
1-7-6	宮城県沖地震M8.2を想定すると、最大加速度を580ガルとした女川原発の基準地震動について「過小評価があるのではないか」と思っています。	1	今回策定した基準地震動は、連動型想定宮城県沖地震による影響も考慮した上で策定されています。その結果は原子力安全・保安院において妥当との評価が出されています。
1-7-7	必要なのは、女川の間近で想定される宮城県沖地震に対する対策だと思います。「新耐震指針に照らし、問題はないと考えられる」とされているが、地震に対し安全が確保されたといえる施設はないのではないか。	1	
1-7-8	耐震安全性に問題はないと言っていますが、問題が起きた場合のリスクも含めて地元住民に説明や理解は得ているのか。	1	ご意見として承ります。なお、耐震安全性については、平成22年1月31日に女川町内にて経済産業省が開催した「住民説明会」において国から説明がなされております。
1-7-9	津波の引き潮により冷却水が取水できなくなった場合の冷却能力喪失による影響評価がされていない。	1	引き波により水位が低下した場合でも必要な海水を水路等に貯められる設計としております。
論点8：燃料健全性への影響		9	
1-8-1	MOX燃料の特性把握を目的に実施されたドーデバルト炉(オランダ)の実験で使用されたMOX燃料のプルトニウム含有率5.4、6.4wt%は、女川3号機で使用するMOX燃料ペレットの最大プルトニウム含有率10wt%以下という基本仕様に対して、「ほぼ同じ仕様である」と言えるのか。	1	ドーデバルトの試験は、MOX燃料の照射特性を把握する目的で実施されたものであり、試験で使用したMOX燃料棒の基本仕様(被覆管仕様、ペレット仕様、ヘリウム封入圧)が女川3号機に採用するMOX燃料棒とほぼ同じであることや、女川3号機のMOX燃料棒の設計に使用している燃料棒設計コードの妥当性の検証に本試験の結果が使用されていることが確認されております。 なお、MOX燃料の融点や熱伝導率等の物性値は、プルトニウム含有率に従っておおむね滑らかに変化することが知られおり、MOX燃料棒の健全性を評価する燃料棒設計コードでは、それぞれ少なくともプルトニウム含有率20wt%までのペレット物性値の文献データ等を基にモデル化されていることが確認されております。
1-8-2	燃料健全性に与える影響に関する解析・実験では、想定・使用されたプルトニウム組成が、女川3号機プルスーマルで使用されるはずの女川1号機由来プルトニウム組成より厳しい評価を与えるものであることを、確認しているのか。	1	一般的にプルトニウムは、使用済燃料を再処理した際に量が確定され、帳簿管理されることとなります。このプルトニウム量を基準にMOX燃料を発注した際に、要求仕様を満足した等量の核分裂性プルトニウムが引き渡されます。 なお、燃料の要求仕様を満足していれば、安全性は確保されることが確認されております。 また、MOXペレット中に生じるプルトニウムスポットは十分小さく、安全に加工できることが確認されております。
1-8-3	MOX燃料のFPガスの放出率について、「ウラン燃料と大きな差異は見られない」と「放出率が高くなる傾向がある」との記載がある。	1	FPガス放出率の試験結果で温度が同じ条件であればMOX燃料とウラン燃料で大きな差異が見られないことが確認されております。
1-8-4	ガス溜め用空間についてMOX燃料棒と9×9燃料棒を比較していますが、8×8燃料と比較すべきではないか。	1	女川3号機ではMOX燃料と混在して使用されるのが9×9燃料であることから、9×9燃料と比較したものです。8×8燃料と比較した場合、プレナム部分の長さはMOX燃料の約48cmにに対し、8×8燃料は約33cmです。
1-8-5	MOX燃料を9×9燃料と比較して、プレナム体積比が大きいと主張していますが、内外径も被覆管厚さも異なるものを比較して意味があるのか。	1	
1-8-6	ペレットのPuO ₂ 含有率を最大の10wt%を仮定していますが、その際のPu _f 組成も最大値・評価を最も厳しくする値を仮定しているのか。	1	安全評価の際は、各パラメータについてそれぞれ最大値や実験結果よりも厳しい値を仮定しています。また、Pu濃度、組成とも安全側の条件で行われていることが確認されております。
1-8-7	反応度投入試験は、燃焼度やPu濃度・組成の点からも、厳しい評価条件で実施されているのか。	1	
1-8-8	試料中のデータ、MOX燃料のプルトニウム含有率(6.4wt%や5.4wt%)は、女川3号機での最大想定PuO ₂ 含有率10wt%(Pu含有率なら8.8wt%)より低いのではないか。	1	安全性検討会議資料「各論点毎の検討結果」の図8-4及び8-5は、一般的なMOX燃料とウラン燃料の傾向について説明したものです。
1-8-9	プルトニウム含有率、地震が起きたとき、制御棒の挿入ができないときなど複合的に問題が起きても健全性が損なわれないという保証が必要である。	1	燃料の健全性については、想定される最も厳しい状態を検討しても基準を満たすことが確認されております。また、制御棒につきましては、地震時においても挿入できることが確認されております。

論点9：原子炉の制御性への影響		9
1-9-1	MOX燃料の装荷時期の遅れによる影響として、装荷時期が5年間遅れた場合について評価・説明がされているが、最大・最悪の条件を仮定しているのか。	2 MOX燃料の装荷遅れによる影響については、プルトニウムの組成変化等を考慮し、反応度係数について、減速材ボイド係数を1.02倍、ドブプラ係数を0.99倍しています。これに対し安全側に全MOX燃料(228体)の5年装荷遅れを仮定して評価を行い、反応度係数の変動が減速材ボイド係数で0.5%以下、ドブプラ係数で0.1%以下と僅かであります。また、MOX燃料の装荷体数が少ないほど影響は小さく、装荷遅れによる反応度の低下分は新燃料の体数を増やすことにより補うことができます。これらから、東北電力のプルトニウム利用計画から見て、装荷遅れによる影響は小さいものであることが確認されております。
1-9-2	資料中で「成型加工から5年経過した場合を考慮」し、影響する要因としてAm-241の増加が示されているが、再処理から10年以上経過した女川1号機由来Puの使用を前提とすべきではないか。	1
1-9-3	プルサーマルを実施することによって、安全余裕が確実に蝕まれていく。	1 プルサーマルによる安全性については、ウラン燃料利用の場合と変わらず確保でき、また、世界的にMOX燃料は40年以上の使用実績があり女川3号機と同じ型式の炉でも十分な実績があります。
1-9-4	女川MOX炉心は、高燃焼度8×8炉心、9×9炉心や先行MOX炉心と「基本的にはほぼ同等」としているが、資料からは安定性が悪化することが読み取れる。	1
1-9-5	安全性確認の大前提として、『申請書』に明記された「自社プルトニウム＝女川1号機から取り出された使用済燃料を再処理して得られたプルトニウム」が、上記範囲に収まることを証明・確認する必要があるのではないのか。	1 使用済燃料を再処理した際にプルトニウム量および核分裂性プルトニウム量が確定し、帳簿管理されます。また、アメリシウムなどの不純物は再処理を行った際に除去されます。プルトニウムの量はプルトニウム241の崩壊により少しずつ減少しますが、MOX燃料加工を発注した際に、加工に要求される仕様を満足した等量の核分裂性プルトニウムが引き渡されます。なお、要求仕様を満足していれば、安全性は確保されることを安全性検討会議において確認いただいています。
1-9-6	単一の重大事象が発生した場合の安全裕度の解析は行われていますが、複数の重大事象が重なった場合の安全裕度の検証はされていない。	1 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」に基づき、最大価値を有する制御棒1本が完全に引き抜かれた状態のままであることを仮定しても、他の制御棒によって原子炉を確実に停止できることが確認されております。なお、炉心が損傷するような過酷事故については、その発生の防止、その影響を緩和するための対策(アクシデントマネジメント)を講じていることにより、女川3号機で炉心が損傷する頻度は1億年に1回であり、また、格納容器が破損する頻度は20億年に1回程度であり、リスクは十分に低くなっていることから、安全評価は求められておりません。
1-9-7	核分裂性プルトニウムの含有により、数々の懸念が指摘されています。運転をより複雑にし、作業・操作の人的ミス誘発するのではないのか。	1 MOX燃料を採用しても、その健全性や原子炉の制御に影響を与えるものではないことが確認されています。なお、燃料の入れ間違いの可能性については、燃料装荷後に水中カメラにて燃料集合体の刻印番号を複数人で確認する等の対策を既に講じており、危険性は最小限に抑えられるものと確認されています。
1-9-8	下請け、孫請けの会社での作業員についてきちんと教育がなされていることを電力会社できちんと把握できるとは思えない。	1 東北電力では教育は計画的に職種や職歴に応じて、また、協力会社も含めて実施されており、今後も適切かつ積極的な教育を行うこととしております。
論点10：緊急時の原子炉停止能力		2
1-10-1	プルサーマルを実施することによって、安全余裕が確実に蝕まれていく。	1 プルサーマルによる安全性については、ウラン燃料利用の場合と変わらず確保でき、また、世界的にMOX燃料は40年以上の使用実績があり女川3号機と同じ型式の炉でも十分な実績があります。
1-10-2	裕度が確保されているとの評価の例として、制御棒が1本引き抜かれたケースを評価しているが、女川では過去に制御棒を2本同時に脱落したトラブルを経験している。	1 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」に基づき、最大価値を有する制御棒1本が完全に引き抜かれた状態のままであることを仮定しても、他の制御棒によって原子炉を確実に停止できることが確認されております。なお、女川1号機における制御棒引き抜け事象は、定期検査中に、2本の制御棒が1/24および約1/3抜けたものですが、中性子束モニタの指示値には変化がなく緊急時のスクラム機能も有していたことから安全に対する影響はなかったものです。制御棒引き抜け事象については事業者間で情報を共有するとともに、東北電力においても再発防止対策を実施しております。
論点11：作業時の被ばく		6
1-11-1	作業する人たちの被ばくの程度が大きくなりないように、しっかりと管理してほしい。	2 ご意見として承ります。なお、地域住民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、事業者に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。
1-11-2	データの前提条件が、女川1号機由来プルトニウムの範囲を包含しているのか。	1 本評価は公開文献の例示を示したものであり、再処理後2年経過を前提として、厳しい結果となるよう低組成を条件としています。なお、MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いが遮へい体の設置、遠隔操作の実施及び作業時間の短縮の措置を講ずることで、作業者の被ばくを低減することが可能であると考えます。
1-11-3	使用済MOX燃料の線源強度ではPu _f 組成の高組成75%を仮定しているのに対し、表面線量率では低組成62%を仮定しているのは、一貫性がないのではないのか。	1 それぞれ厳しい結果となる条件で評価されていることが確認されております。公開文献によれば使用済燃料の主な線源は核分裂生成物であり、炉停止後10日における解析では線源強度は高組成(Pu _f 割合75%)が最も高くなっています。

1-11-4	ウラン燃料に比べてはるかに放射線の強い燃料を扱うことから自ずとその危険性は高まる。	1	MOX新燃料の放射線はウラン新燃料に比べて高いですが、放射線防護を適切に実施することにより、作業時の被ばくという観点では危険なレベルではなく、作業員に影響がでないよう安全に作業することができるものと考えます。 使用済MOX燃料については、使用済ウラン燃料と同様に水中で取り扱うため、作業エリアの線量は高くないものと考えます。
1-11-5	東北電力の社員とともに、多くの関連会社(下請け、孫請けなど)の従業員が被ばくの危険にさらされながら働いている。MOX燃料を使うとなると、これまで以上に負担がかかるが、安全検討委員会では、その点について十分な議論がされたとは思えない。	1	MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いが遮へい体の設置、遠隔操作の実施及び作業時間の短縮の措置を講ずることで、作業員の被ばくを低減することが可能であると考えます。
論点12:貯蔵設備の冷却能力		6	
1-12-1	MOX燃料とウラン燃料の崩壊熱の比較において、MOX燃料の燃焼期間が33GWd/tとされている。国内で認められているといわれる最大45GWd/tまで検討すべき。	1	使用済燃料プールの崩壊熱評価では、定期的な燃料取替によって発生する使用済燃料の崩壊熱の合計により評価するため、燃焼度は取り出した燃料の平均燃焼度を使用して確認されております。
1-12-2	ウラン燃料の使用済燃料よりも放射能が強く発熱量も多くなるにもかかわらず、この検討結果では20年までしか検討していない。	1	使用済ウラン燃料及びMOX燃料ともに発熱量が高いのは運転停止直後であり、その後は次第に発熱量は減少するため、使用済燃料の発熱量等の変化を考慮し、最も熱負荷の高い条件により、貯蔵設備の冷却能力に関する安全性が確認されております。
1-12-3	ベースケース(Pu割合67%)に対して「Pu低組成の影響」として「Pu割合58%」を想定しているが、これがより現実的な低組成Puの想定値ではないのか。	1	安全評価の際は、各パラメータについてそれぞれ最大値や実験結果よりも厳しい値を仮定しています。また、Pu濃度、組成とも安全側の条件で行われていることが確認されております。
1-12-4	Pu組成で67%を仮定していますが、他の論点での値と一貫性がないのではないのか。	1	崩壊熱評価では様々な初期組成の使用済燃料が使用済燃料プールに貯蔵されるため、代表的な燃料として標準組成について評価しており、組成変動の感度が小さいことが確認されております。
1-12-5	使用済燃料プールの冷却能力を喪失した時の使用済MOX燃料の健全性評価が行われていない。	1	使用済燃料プールの冷却設備については、バックアップの冷却設備が多重化されております。
1-12-6	使用済MOX燃料は、燃焼度を抑えてウラン燃料と同等の発熱量にするとの説明だが、比較したグラフを見る限り同等とは言えない。	1	現在のMOX燃料の設計では、使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料と同等となり、現在の冷却設備で十分冷却することが確認されております。
論点13:平常時の周辺への影響		2	
1-13-1	女川原子力発電所の近郊に住むものとしては、何よりも事故が発生したとき大丈夫かということが問題である。反対する人たちは、「プルトニウムは危険であり事故が起きると大変なことになる」という事が心配であったが、論点13ではMOX燃料を使用しても、平常時ばかりでなく、事故時においても周辺への影響はウラン燃料と変わるものではないことが確認できて、とても安心した。	1	県民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後も適宜、東北電力に対して安全を最優先した原子力発電所の運転管理を求めていくとともに、県、女川町及び石巻市と連携し、緊急時の防災体制や防災訓練等の充実を図っていきます。
1-13-2	平常時の周辺への影響は従来と変わらないというのは、にわかには信じ難い。	1	線量評価上支配的な希ガスの蓄積量はMOX炉心の方が小さくなるため、安全側にウラン炉心の希ガス蓄積量を用いて評価しており、MOX燃料装荷による周辺への影響は変わらないことが確認されております。
論点14:事故時の周辺への影響		5	
1-14-1	事故があったときの被害が大きすぎる。	1	MOX燃料を使用しても、安全評価上はウラン燃料使用時と比較して、事故時の住民への被ばく量は増加しないことが確認されております。
1-14-2	事故時の周辺への影響は従来と変わらないというのは、にわかには信じ難い。	1	
1-14-3	過酷事故時の α 核種の影響評価をしていない。	1	炉心が損傷するような事故(過酷事故)の防止、その影響を緩和するための対策(アクシデントマネジメント)を講じていることから、女川3号機で炉心が損傷する頻度は1億年に1回であり、また、格納容器が破損する頻度は20億年に1回程度とリスクは十分に低くなっており、 α 核種の影響評価をしていません。
1-14-4	逃がし弁で放出した蒸気に含まれる α 核種の影響評価をしていない。	1	女川3号機では、逃がし弁から放出される蒸気は圧力抑制室の水中に導かれることから、直接、環境中に放出されることはありません。
1-14-5	万が一、発電所内で事故が発生した場合の住民避難についてどう考えているのか。	1	原子力発電所にて事故が発生した際の住民避難につきましては、放射性物質が環境中に放出されることが予想され、住民の方々の被ばく量が避難が必要なレベルに達することが予想される場合に実施します。なお、県、女川町及び石巻市は、毎年、原子力防災訓練を実施しており、その中で情報伝達や住民避難について検討し、検証しています。

論点15:安全管理体制		8	
1-15-1	東北電力は根本原因を究明しようとせず、事故対策はその場しのぎのものではないか。	1	個々の不適合事象については、その都度、対策を検討し改善を図るとともに、重要なものについては根本原因分析を行い、必要な対策を講じていると考えます。 なお、県民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、事業者に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。
1-15-2	東北電力は根本的な再発防止対策を検討していないのではないか。	1	
1-15-3	過去に放射性物質の漏洩燃料棒を交換せずに発電による利益確保を最優先とした、東北電力の上層部・発電所幹部に事象の重要性に対する危機意識の低下・慣行優先の業務運営があったのではないか。	1	
1-15-4	東北電力から、「安全最優先の徹底」というトップの強い意思や「安全文化」が見受けられない。	1	経営ビジョンでは原子力安全を重視することを明確に謳っており、社を挙げて進めていこうとするトップの意志が認められます。また、安全文化醸成のための様々な取り組みが進められていることを確認しています。
1-15-5	東北電力は、制御棒のひび割れについて論点15に記載していませんが、不具合事象と認識していないのか。	1	これまで点検で確認された制御棒のひび割れについては、その都度公表を行うとともに、健全性評価を行い安全性に影響ないことを確認した上で継続使用または新品との交換が行われています。これらは、停止時の点検において確認された軽微な事象であることから、記載していないとのことです。
1-15-6	女川原子力発電所ではハフニウム制御棒について、現在使用しておらず、他社プラントで生じていたひび割れなどの異常は女川ではなかったと繰り返し説明しているが、過去に国の暫定基準下回る照射量にてハフニウム制御棒にひび割れが見つかった。	1	東北電力においては、現在ボロンカーバイド型制御棒のみを使用しています。 なお、東北電力で過去に使用していたハフニウム板型制御棒において確認されたひびは、福島第一6号機で確認されているシースを横断するようなひびと異なり、上部（ハンドルとシースをつなぐ溶接部近傍）における微小なひびであり、制御棒の健全性に影響を与えるようなものではないとのことです。
1-15-7	安全管理体制面において、多くの不安を禁じ得ない。	1	東北電力の安全管理体制については、社長をトップとした組織体で構成され、品質保証計画が制定されており、仕組みとしては十分であることを確認しました。 現在、東北電力では継続的な品質マネジメントシステムの改善、再発防止対策の遵守、不具合やトラブルの未然防止に資するよう不断の努力を行うことで、プルサーマルを実施するに当たっての十分な安全管理体制が確保されるものと考えます。
1-15-8	運転時の外的脅威に対する対策について教えていただきたい。	1	女川原子力発電所のテロ等の対策については、原子炉等規制法に基づき国の認可を受けた「女川原子力発電所核物質防護規定」による監視装置の設置ほか、警察官の常時配置等、各種の厳重な防護措置が講じられております。

プルサーマル

(1) 安全性

(意見数 96 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
2-1-1	プルサーマルが安全性に問題はなく、危険ではないことがよくわかりました。	83	ご意見として承ります。 なお、県民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、東北電力に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。
2-1-2	危険ではないでしょうか、とても不安です。	4	女川3号機のプルサーマルについては、安全性が確保されることが確認されています。
2-1-3	少しではあっても、危険性が高まることは電力会社も認めている。	2	
2-1-4	原子力発電における安全性は十分確保されておらず、まして当初想定されていないMOX燃料を使用したプルサーマルは実施すべきでないと思います。	1	
2-1-5	プルサーマルによって安全余裕が削られ、大事故を誘発することにもなるのではないですか。	1	
2-1-6	もっと安全性について議論を重ねるべきです。	1	
2-1-7	国が原子力の安全を重要視して、電力会社を指導していただきたい。	1	ご意見として承ります。 国に対しましては、今後も東北電力に対する厳正な審査、検査や指導を行うように要請していきます。 また、県民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、東北電力に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。
2-1-8	事故の大半は、人為的なミスによって起こるものであるから、作業者を含めた全ての関係者に、プルサーマルによって変化する部分をしっかりと認識してもらうことが肝心です。	1	
2-1-9	国、電力会社等の関係者は、最前線の作業を徹底して検証すべきである。	1	
2-1-10	プルサーマル発電はこれまでのウランによる発電に比べても、リスクが同等であるとの判断をしているが、何をもってそのような判断にいったのか、定量的に判断できる資料を提示いただきたい。	1	安全性検討会議においては、女川3号機におけるプルサーマルの安全性について15個の論点に分類をし、安全性が確認されております。それぞれの資料については、公表しております。

(2) 女川原子力発電所

(意見数 8 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
2-2-1	2009年9月5日の基調講演会での東北電力の配布資料では、女川3号機プルサーマルは「東北電力の原発から発生した使用済燃料を再処理して回収されたプルトニウムの利用・リサイクル」ということを意味するのではないかと。 また、現時点で東北電力の原発で使用済燃料が再処理されたのは女川原発1号機だけだということを知っているか。	1	一般的にプルトニウムは、使用済燃料を再処理した際に量が確定され、帳簿管理されることとなります。このプルトニウム量を基準にMOX燃料を発注した際に、要求仕様を満足した等量の核分裂性プルトニウムが引き渡されます。アメリカンなどの不純物は再処理を行った際に除去されること等、要求仕様を満足できるMOX燃料の製造が可能であることが確認されており、安全性は確保できると考えます。
2-2-2	女川3号機プルサーマルで使用されるプルトニウムが、国内外の他の電力会社(原発)の使用済燃料由来であったり、他国の核兵器・核兵器用プルトニウム生産用原子炉由来であったとしたら、申請書の記載は正確なものと言えるのか。	1	
2-2-3	東北電力が女川1号機由来でないプルトニウム混入の可能性を十分認識していた上で申請書の記載を行っていたとすると、それは意図的な「虚偽記載」ではないか。また、地元自治体・地元住民に対する「正確な説明・情報提供」にはなっていないのではないかと。	1	
2-2-4	女川3号機プルサーマルに女川1号機由来のプルトニウムが必ずしも使用されないということを前提として検討がなされたとなると、申請書の記載を前提としないうで一体何を前提として検討を行なったのか。申請書の記載は、重要な前提・検討対象ではないかと。	1	

2-2-5	国は「検討範囲としたMOX燃料の特性、挙動は、ウラン燃料と大きな差はなく」としていますが、女川3号機で使用される女川1号機由来プルトニウムはその検討範囲に含まれているのか。	1	使用済燃料を再処理した際にプルトニウム量および核分裂性プルトニウム量が確定し、帳簿管理されます。また、アメリシウムなどの不純物は再処理を行った際に除去され、MOX燃料加工を発注した際に、加工に要求される仕様を満足した等量の核分裂性プルトニウムが引き渡されます。 なお、要求仕様を満足していれば、安全性は確保されることが確認されています。
2-2-6	東北電力が保有しているプルトニウムの大部分は英仏の再処理工場に保管され、随分と時間が経っている。炉内から取り出されてから長時間経つと、Pu-241が崩壊してAm-241に変わり、アメリシウムは中性子を吸収する物質の為に、核物質としての品質が劣化する。	1	
2-2-7	女川3号機でのプルサーマル計画は、現在保有しているプルトニウム量では1度装荷したらなくなる量である。六ヶ所再処理工場が順調に運転したら年間200kgのプルトニウムが配分されると東北電力は説明しているが、トラブル続きの現状を見ると予想もあてにはならない。プルサーマル実施の前提となるプルトニウムの確保の見通しもないまま、プルサーマルを語るのは本末転倒である。	1	東北電力のプルサーマル計画では、MOX燃料の使用を1/3炉心程度としており、装荷上限及びMOX燃料の特性が最も大きく現れる状態で安全解析を行い、その安全性が確認されております。したがって、プルトニウム保有量に関わらず、その範囲であれば安全性が確保されと考えます。
2-2-8	安全性を確認するため申請書類を検討しようとしたが、東北電力が恣意的に核物質防護上の観点により、一部非公開を行なった。これでは、県民・住民は公正・適切にプルサーマル・原発・核燃料サイクルなどの安全性の判断を行なうことができない。	1	平成20年1月7日以降、核物質防護上の観点から、情報の公開について検討を開始し、平成20年12月から、警備状況、核物質防護設備、構内全体配置図、機器配置、構内移動経路等については非公開とされています。当該申請書類は県民を代表し、委員には確認いただきましたのでご理解願います。

(3) 自治体の対応

(意見数 14 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
2-3-1	石巻市は見解を控えたのであれば、パブリックコメントを募集するのは時期尚早であった。	2	石巻市は、同市が設置した市民勉強会を開催中であることから、見解を控えたものでありますが、安全性については、3自治体で安全性検討会議を開催し、専門家の御意見を伺いながら検討、確認してきたものであり、パブリックコメントの募集については問題ないと考えます。
2-3-2	石巻市において「プルサーマル市民勉強会」が開かれている最中であり「プルサーマル市民勉強会」が終了してから県民意見募集を行うべきだったのではないか。	2	
2-3-3	石巻市は自治体見解を出すことは、差し控えることとしたが、新聞報道において石巻市は「見解を控えたことについての意見募集」との考え方を伝えている。問題はないか。	1	
2-3-4	石巻市の見解が出されない以上、宮城県・女川町・石巻市の3市町で女川原子力発電所としての基本的な安全管理は維持できると確認されたとはいえないと思う。	1	
2-3-5	「基調講演会」「対話フォーラム」での議論が、自治体の見解に反映されているのか全く分からない。	1	自治体の見解(案)は、地域住民の最も関心の高い安全性について安全性検討会議における委員からの意見、東北電力株式会社の講じる対策及びこれまでの国の見解等を基にまとめたものであり、「基調講演会」「対話フォーラム」での議論も参考としております。
2-3-6	プルサーマルの前提となる、高レベル放射性廃棄物の処理方法や高速増殖炉計画の見通しなどが総体として明らかになり、進んでいかなければ、女川原発3号機でプルサーマルを行う必要性に意味合いを持たせることには無理があるので、自治体見解(案)は一旦白紙に戻すこと。	1	自治体の見解(案)は、地域住民の最も関心の高い安全性について安全性検討会議における委員からの意見、東北電力株式会社の講じる対策及びこれまでの国の見解等を基にまとめたものであり、今後、パブリックコメント等の意見を踏まえて総合的に判断していきます。 なお、我が国における原子力の基本方針(原子力政策大綱)を定める過程では、原子力の有識者のみならず、各界の様々な方々により、核燃料サイクルについて、エネルギーセキュリティや環境適合性、経済性などの長所・短所を含めて検討した上で、国民の意見聴取がなされております。
2-3-7	「プルサーマルの必要性」の検討を抜きにした「自治体見解(案)」は信頼できない。	1	昨年9月から地元自治体として「安全性検討会議」、「基調講演会」及び「対話フォーラム」等をはじめとして、学識経験者や地域の皆様方の意見をうかがいながら慎重に進めています。
2-3-8	宮城県・石巻市・女川町は、なぜ急いで結論をだそうとするのか。	1	
2-3-9	「朝日新聞」宮城県版の記事によると、知事は昨年12月24日に、「自治体も安全性については問題ない、という理解に至った」と述べたようですが、石巻市が自治体の見解を出すことは差し控えているこの時点での発言は、言いすぎではないか。	1	ここで自治体とは、宮城県及び女川町を示しています。
2-3-10	自治体の見解(案)に、事前了解をしない(あるいは、仮に事前了解をしても、それを撤回する)条件を明記すべき。	1	ご意見として承ります。

2-3-11	石巻市民が石巻市に対し、安全性検討会議委員各自の意見書の開示を求めています。石巻市には意見書が存在せず、開示を受けられません。なぜ、宮城県は石巻市に対して委員各自の意見書を配布しないのか。	1	安全性検討会議における各委員からの意見については、座長が各委員の意見を集約し、その名で自治体に報告するものであり、県は委員各自の意見書を保有していません。
2-3-12	ブルサーマル発電について、自治体としてはどのような監視を行っていくのか。	1	県民の皆様が安心して暮らしていけるよう、今後とも、東北電力に対して立入調査等を行い、安全を最優先した原子力発電所の運転管理と積極的な情報公開を求めています。なお、環境モニタリングの強化については、今後検討していきます。

(4) 安全性検討会議

(意見数 11 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
2-4-1	安全性検討会議には批判的な学者も入れるべき。	5	
2-4-2	安全性検討会議には、ブルサーマル導入に対して批判的あるいは反対の専門家が入っていない。また、活断層の有無を評価できる専門家は入っていない。	1	女川原子力発電所に詳しい原子炉・放射線の専門家及び立地地域の地震に詳しい専門家を委員とした「安全性検討会議」において、中立的な立場から技術的知見に基づいて安全性を確認していただいております。
2-4-3	「基調講演会」「対話フォーラム」における、慎重の立場の専門家4人の意見は貴重なものでした。「安全性検討会議」にこの4人の専門家を招いて、7人の委員と議論する場を作るべき。	1	また、我が国における原子力の基本方針(原子力政策大綱)を定める過程では、原子力の有識者のみならず、各界の様々な方々により、核燃料サイクルについて、エネルギーセキュリティや環境適合性、経済性などの長所・短所を含めて検討した上で、国民の意見聴取がなされております。その結果、2005年、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用し、ブルサーマルを着実に推進していく方針が定められました。その時点で、最も合理的な判断がなされたものと考えています。
2-4-4	ブルサーマル導入の「必要性」「経済性」についても県、石巻市、女川町は検討するべきであり、「必要性」「経済性」の専門家、ブルサーマルに批判的な専門家も入れた新たな「ブルサーマル導入についての検討会」を作り検討するべきである。	1	
2-4-5	地方自治体の会議体である安全性検討会議は、国の審査結果に異を唱えることは越権行為であってできないと考えるのか。それとも、「国の審査結果に対して」、地方自治の観点や地元住民から付託された役割に鑑み、国の審査結果・判断に拘束されことなく独立して、学識経験者としての独自の視点から、検討・判断するのか。	1	原子炉等規制法に基づき、国の厳正な安全審査が行われたものですが、改めて地域住民の視点で安全性について確認したものです。
2-4-6	マスメディアが公正に報道し、全県民が正しい情報で判断できるようにし、賛成・反対両者の立場の専門家及び幅広い一般市民が参加する議論の場を設置して、議論を尽くすべき。	1	宮城県、女川町及び石巻市では原子力の慎重派及び推進派の先生を招き「基調講演会」及び「対話フォーラム」を開催し、県民の皆様に参加していただきました。これらの結果は全て公開し、提供された資料等はインターネットを通じて公開する等、透明性の高い運営に努めました。
2-4-7	東北電力が、女川3号機ブルサーマルで使用されるプルトニウムについて、申請書等に「不正確な記載・誤記」もしくは「虚偽記載」を行っていたことを見落としても、安全性について正確・十分な検討を行なった、地元自治体・地元住民から付託された自らの役割を十分に果たしたと言えるか。	1	一般的にプルトニウムは、使用済燃料を再処理した際に量が確定され、帳簿管理されることとなります。このプルトニウム量を基準にMOX燃料を発注した際に、要求仕様を満足した等量の核分裂性プルトニウムが引き渡されます。アメリカウムなどの不純物は再処理を行った際に除去されること等、要求仕様を満足できるMOX燃料の製造が可能であることを確認しており、安全性は確保できると考えます。

(5) 住民理解等

(意見数 4 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
2-5-1	マスメディアが公正に報道し、全県民が正しい情報で判断できるようにし、賛成・反対両者の立場の専門家及び幅広い一般市民が参加する議論の場を設置して、議論を尽くすべき。	1	宮城県、女川町及び石巻市では原子力の慎重派及び推進派の先生を招き「基調講演会」及び「対話フォーラム」を開催し、県民の皆様に参加していただきました。これらの結果は全て公開し、提供された資料等はインターネットを通じて公開する等、透明性の高い運営に努めています。
2-5-2	広く県民にブルサーマルの理解を深めていただく取り組みが必要である。	1	女川原子力発電所に関することであり、特に発電所周辺地域の方々に関心を深めていただくことが必要であることから、「基調講演会」及び「対話フォーラム」は女川町及び石巻市で行いました。なお、県政だより等で広くお知らせすることにより、仙台市や他の地域の方にも参加していただけるようにしました。また、これらの映像や使用した資料等は全てホームページにて公開しています。 今後とも、県民の皆様へブルサーマルの理解を深めていただけるよう取り組んでいきます。

2-5-3	行政や電力会社は工夫し、子供でも理解可能な分かりやすいかたちで原子力発電を情報発信していただきたい。	1	ご意見として承ります。 今後とも、県民の皆様へ原子力発電やプルサーマルの理解を深めていただけるよう取り組んでいきます。
2-5-4	プルサーマルの実施にあたって、住民の意思や思いは確認されたのか。	1	これまでに開催しました「基調講演会」や「対話フォーラム」の状況及びパブリックコメント等の意見を参考にしながら判断していきます。

原子力政策・核燃料サイクル

(意見数 10 件)

ご意見・ご質問の概要		件数	対応・回答等
3-1	何のためにプルサーマルを実施するのか、と根本的な疑惑を感じざるを得ない。	1	我が国における原子力の基本方針(原子力政策大綱)を定める過程では、原子力の有識者のみならず、各界の様々な方々により、核燃料サイクルについて、エネルギーセキュリティや環境適合性、経済性などの長所・短所を含めて検討した上で、国民の意見聴取がなされております。その結果、2005年、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用し、プルサーマルを着実に推進していく方針が定められました。また、原子力政策大綱では、使用済MOX燃料の処理の方策について六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて2010年ころから検討を開始し、六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとしております。 なお、平成21年9月5日に行われた基調講演会や平成22年1月31日の住民説明会においても、国は着実に核燃料サイクルを進めていくこととしております。
3-2	国の政策自体を検証することができないのであれば、プルサーマルの是非の判断は見送るべきである。	1	
3-3	国策の失敗を地域住民に押し付けることとなるのではないか。	1	
3-4	プルサーマルを問題にする時は、先ずその必要性から改めて議論を始めるべき。	1	
3-5	無理を重ね巨費を投じてまでプルサーマルを実施する理由は何なのか。	1	
3-6	プルサーマルを動かすためのMOX燃料をつくる六ヶ所村の再処理工場の稼働に大変な危惧を抱える。	1	ご意見として承ります。 我が国における原子力の基本方針(原子力政策大綱)を定める過程では、原子力の有識者のみならず、各界の様々な方々により、核燃料サイクルについて、エネルギーセキュリティや環境適合性、経済性などの長所・短所を含めて検討した上で、国民の意見聴取がなされております。その結果、2005年、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用し、プルサーマルを着実に推進していく方針が定められました。その時点で、最も合理的な判断がなされたものと考えます。 また、再処理工場から放出される放射能の影響は、国の安全審査で施設周辺において最も影響を受けると想定される条件下でも年間約0.022ミリシーベルトと評価され、法令の限度(年間1ミリシーベルト)を十分下回ることが確認されております。
3-7	耐震問題、六ヶ所の再処理工場や高速増殖炉、最終処分場問題等を解決するのが先決である。	1	
3-8	現在、青森の再処理工場では、試験運転ながら、既に放射性物質が放出されており、環境が汚染されていると聞いており、深刻な健康被害が予想される。	1	
3-9	現時点で六ヶ所再処理工場の操業について明るい見通しはない。また、高速増殖炉「もんじゅ」において技術的な問題をクリアできるとは到底思えない。	1	六ヶ所再処理工場は、高レベル廃棄物のガラス固化施設の炉のトラブルにより操業開始が遅れておりますが、せん断、溶解、精製、脱硝等の施設は既に試験を終えております。 なお、平成21年9月5日に行われた基調講演会や平成22年1月31日の住民説明会においても、国は着実に核燃料サイクルを進めていくこととしております。 また、高速増殖炉については、2005年に閣議決定された「原子力政策大綱」に基づいて、2025年頃に実証炉、2050年頃の実用炉導入を目指した研究開発が官民一体となり進められております。
3-10	核燃料サイクルを着実に進めていくためにも、国はMOX燃料の再処理や高速増殖炉の開発をしっかり進めて欲しい。	1	

(8) 各論点毎の検討結果

【P. 113～P. 192】

各論点毎の検討結果

1 一般的事項

【論点1】プルトニウムの特性	1-1
【論点2】MOX燃料の使用実績	2-1
【論点3】海外におけるMOX燃料の製造	3-1
【論点4】輸送時の安全対策	4-1
【論点5】使用済MOX燃料の再処理	5-1
【論点6】使用済MOX燃料の処分	6-1
【論点7】地震によるプルサーマルへの影響	7-1

2 安全審査事項

【論点8】燃料健全性への影響	
8-1 ベレット中心温度	8-1
8-2 燃料棒内圧	8-3
8-3 プルトニウムスポット	8-5
【論点9】原子炉の制御性への影響	
9-1 出力分布の不均一性	9-1
9-2 熱中性子割合の減少	9-3
9-3 作業ミス・操作ミスの可能性	9-6
【論点10】緊急時の原子炉停止能力	10-1
【論点11】作業時の被ばく	
11-1 MOX新燃料の取扱い	11-1
11-2 使用済MOX燃料の取扱い	11-3
【論点12】貯蔵設備の冷却能力	12-1
【論点13】平常時の周辺への影響	13-1
【論点14】事故時の周辺への影響	14-1
【論点15】安全管理体制	
15-1 核物質防護対策、教育	15-1
15-2 安全管理等への取り組み	15-4

1 一般的事項

論点1 プルトニウムの特性

○検討課題

- ① プルトニウムは重金属で毒性が強く、また、放射性物質であるので、発ガンなど人体への影響が憂慮される。
- ② プルトニウムが含まれているMOX燃料は、従来のウラン燃料とは特性が変わり、原子力発電所の運転に悪影響を与えるのではないかと。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ MOX燃料の使用は核燃料サイクル全体を通じて、人や環境がプルトニウムに触れるリスクが大きくなることは否定できない。
- ・ 作業員ではなく、一般人の年被ばく限度値をもとに検討すべきではないか。
- ・ プルトニウムの放射能はウランより強いと、MOX燃料の放射能毒性はウラン燃料より大きい。
- ・ 現行軽水炉は、低濃縮ウランを燃料とする炉として設計されているが、本来の目的と異なるMOX燃料を装荷するという変則的な使い方をする。
- ・ プルトニウムは100分の1gで肺がんを引き起こすといわれている。
- ・ 女川3号機では、その猛毒のプルトニウムが年間400kgも炉心に装荷される。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

プルトニウムの特性により、MOX燃料はウラン燃料に比べ以下のような違いがあるが、これらの違いについては、対応する論点項目にて、記載している。

項目		安全上の影響	論点	区分
物 性	融点が下がる	燃料ベレットの融点の低下	8-1	燃料の 健全性
	熱伝導度が下がる	燃料ベレット中心温度の上昇	8-1	
	核分裂ガス放出率が高くなる	燃料棒内圧の上昇	8-2	
	ウラン・プルトニウムの不均一性	プルトニウムスポットの発生	8-3	
核 的 性 質	断面積が大きくなる(核分裂、吸収)	制御棒の効きが悪くなる	10	原子炉の 制御性
	反応度係数の絶対値が増大	過渡事象時の急激な反応度変化	9-2	
	出力ピーキングが大きくなる	出力分布の偏りが発生	9-1	
	核分裂収率が異なるアクチニドの生成	よう素、トリチウム、アクチニドの生成増加	13、14	公衆影響
	崩壊熱が増加する	貯蔵管理、廃棄物管理へ影響	12	MOX燃料の 取扱い
	遅発中性子割合が減少する	反応度投入時に出力が上昇しやすくなる	9-2	原子炉の 制御性
	放射能が大きくなる	輸送、作業時の被ばく量の増加	4、11	MOX燃料の 取扱い
	アルファ線を放出する	発がん性がある	1	プルトニウム の特性
	高速中性子割合が増加	炉内構造物等の劣化	1	

①について

- ・ プルトニウムはアルファ線を出すため、体内に取り込まれた場合、長い潜伏期間を経て発ガンの可能性がある。

ただし、MOX燃料では、プルトニウムとウランを混ぜ合わせた粉末をセラミック状に焼き固めたもの（ペレット）が金属製の管（燃料被覆管）の中に密封されていることから、プルトニウムそのものが外に出てくる心配はない。

〔参考〕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（以下、「ウラン燃料棒」という）、又はMOX焼結ペレットを挿入し、両端を密封した構造（以下、「MOX燃料棒」という。）としている。（原子炉設置変更許可申請書 P.14）

- ・ MOX新燃料の放射能は、ウラン新燃料に比べて、 α 崩壊で10000倍程度高くなり、使用済MOX燃料の放射能は、使用済ウラン燃料に比べて α 崩壊で10倍程度高くなる（別紙1－1）。

②について

- ・ MOX燃料とウラン燃料を比較すると、その特性には多少差があるが、その差の程度やそれが及ぼす影響の程度は、今までのデータや知見より把握されている。MOX燃料の原子炉内への装荷率が燃料全体の3分の1程度までの使用範囲であれば、ウラン燃料だけを使用した場合と基本的に同じ安全設計・評価が可能である。

〔参考〕原子炉設置変更許可申請書に記載しているMOX燃料の装荷体数（最大228体）は、重量比で約3分の1である。（原子炉設置変更許可申請書 P.11）

- ・ MOX燃料を装荷すると炉心平均の高速中性子（エネルギーが高い中性子）が5%程度増加するが、炉内構造物等に有意な影響を与えることはない。

i) 原子炉圧力容器

炉心付近の原子炉圧力容器は、高速中性子の照射を受けることにより、温度が低下したときに硬く脆くなる傾向（脆化）がある。この脆化の程度を把握するために、4セットの試験片を炉心領域に装荷し、計画的に試験を行っている（発電所運転中に計4回：運転初期（第2回定期検査時取出済）、運転中2回、運転末期）。

試験の結果から脆化の影響の出ない温度を算出（JEAC4201）し、その結果に基づき容器及び原子炉冷却材温度の制限値を定め、その温度以上で管理している。

仮に高速中性子照射量を保守的に20%増加した場合を仮定して、照射による脆化の影響が出ない温度を算出しても、わずかに1℃程度上昇するのみであり、MOX燃料装荷による脆化に対する影響は少ない。

ii) 燃料被覆管及びチャンネルボックス

燃料被覆管及びチャンネルボックスの材料は、高速中性子の照射を受けることにより脆化していく傾向にあるが、照射量がある一定以上になると、その傾向は飽和する。この場合でも構造強度に関する国の基準が維持されることが確認されている。

iii) 制御棒

女川3号機で使用している、ボロンカーバイド型制御棒は、中性子照射による構造物の脆化によってその機能が維持できなくなる事例はこれまでにない。

なお、同型の制御棒は、ホウ素（ボロン）が熱中性子をよく吸収する性質を利用しており、熱中性子を吸収することによりボロンが減少していく。そのため、制御棒の劣化は熱中性子照射量に依存し、高速中性子照射量増加による影響はない。

iv) 炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、ジェットポンプ等

高速中性子の照射により応力腐食割れを起こした場合に備えて、これら炉内構造物については、従来より国の技術基準に従い、点検・管理、および必要に応じ

修理を行うことにより健全性を確保することとしている。

○国の見解

- ・ 現在までに得られている知見を基に、軽水炉において代替燃料の一部として使用が予想されるMOX燃料及びそれを装荷した炉心について検討を行った結果、検討範囲としたMOX燃料の特性、挙動は、ウラン燃料と大きな差はなく、また、MOX燃料及びその装荷炉心は従来のウラン燃料炉心と同様の設計が可能であると認められるので、安全評価に当たって、従来のウラン燃料炉心に用いている判断基準並びにMOX燃料の特性を適切に取り込んだ安全設計手法、安全評価手法を適用することは差し支えないものと判断する。

（発電用軽水炉型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について 4. 結論）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ MOX燃料は、確かにウラン燃料と比べて、融点、熱伝導や核分裂ガス放出などの物性や原子炉物理的性質で差異はあるものの、(i)MOX燃料を全体の1／3の範囲に制限する、(ii)プルトニウム濃度のある値（最高5.8%、平均4.3%）以下とする、(iii)プルトニウム濃度の異なる燃料を最適配置する、の条件の基で使用する限り、原子炉としての安全性はウラン燃料のそれと同等であると判断される。

プルトニウムは、化学的毒性、アルファ線放射能の点でウランより毒性が高いが、高温で焼結された酸化物ペレットは安定であるとともに、ジルコニウム合金被覆管に密封されて（燃料棒）使用されることから、原子炉外に漏れ出することはほとんど無いと思われる。

- ・ MOX燃料はセラミック状に焼き固めて被覆管に封入されており、通常は外に出ることはないの心配はないと考える。また、MOX燃料装荷率が1／3程度であれば、ウラン燃料装荷炉心の設計手法、評価手法が適用できることが確認されており、また、その設計手法を用いたMOX燃料炉心の解析結果は判断基準を満足しており運転特性上問題ないと判断する。

- ・ プルトニウムを用いた燃料には、放射能や放射能毒性など人体への影響の可能性がある点において、ウラン燃料に比べて一定の影響が認められる。しかし、その度合いは限定的であり大きくない。

MOX燃料では、プルトニウム含有の影響で融点、ガス放出率などの点で若干の影響が認められる。融点の悪化は小さく、燃料の機能を損ねることはない。ガス放出率への影響は有意であるが、ガスプレナムの拡大により燃料棒内圧はウラン燃料と同程度に維持される。

プルトニウム含有の影響は認められるが、影響が限定的であるか、対策が講じられることにより、燃料の性能はウランの燃料のものと同程度の性能を有すると考えられる。しかし、プルトニウム含有の影響が存在することを十分考慮し、慎重な運転（特に燃焼度管理）が不可欠である。

- ・ プルトニウムを含むMOX燃料は、燃料製造工場で被覆管内に密封され、表面汚染の無いことを確認して出荷される。原子炉に装荷し発電に使われ、使用済燃料として冷却される間、密封状態は維持される。このように、ウラン燃料と同様に燃料構成物質が原子炉から外に出ることはない。

炉心安定性、異常な過渡変化、事故時の炉心損傷等に関するデータより女川の1／3MOX炉心は女川の9×9ウラン炉心、高燃焼度8×8炉心と同等であり、原子力発電所の運転に悪影響を与える原因とならない。

○自治体の見解

プルトニウムには、重金属としての化学的毒性のほかに放射性毒性も有する。放射性毒性については、人体に取り込まれるとプルトニウムから放出されるアルファ線により内部被ばくの影響が懸念される。

しかし、MOX燃料として使用する際には、プルトニウムとウランの混合物をセラミック状に焼き固めて燃料被覆管に密封して使用する等、プルトニウムが環境中に放出されることのない設計と構造になっており、原子力発電所の運転管理を適切に実施することにより、プルトニウムによる人体への影響は心配ないものとする。

また、MOX燃料は従来から使用しているウラン燃料と比較すると、核的特性及びその物性に若干の差異は見られるが、原子力安全委員会※では、原子炉内へのMOX燃料の装荷率が約3分の1までであれば、基本的にウラン燃料だけを使用した場合と同じ安全設計・安全評価が可能であるとしている。

今回、MOX燃料の装荷率が3分の1以下であること、核的特性等を十分考慮した上で必要な対策を講じていることから、女川原子力発電所3号機におけるMOX燃料の使用は基本的に問題ないものとする。

※「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」平成7年6月19日 原子力安全委員会了承

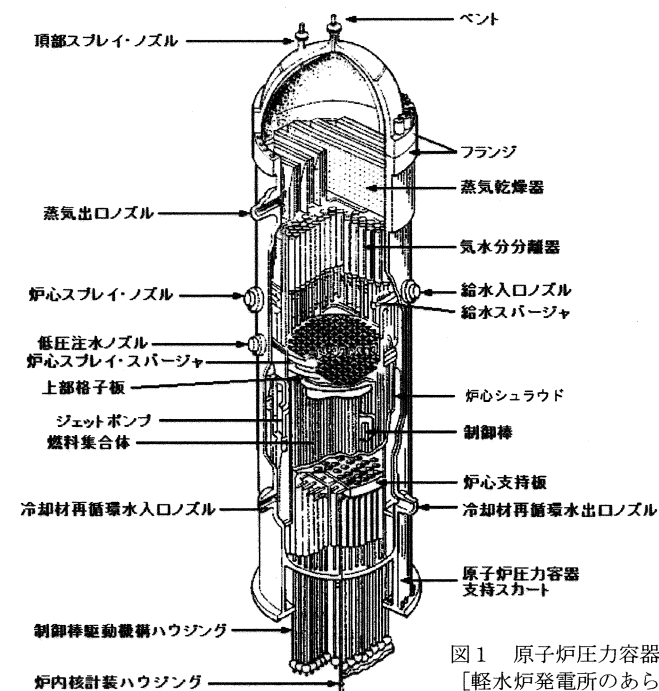


図1 原子炉压力容器概略図
[軽水炉発電所のあらまし(改訂版)
平成4年10月:原子力安全研究協会]

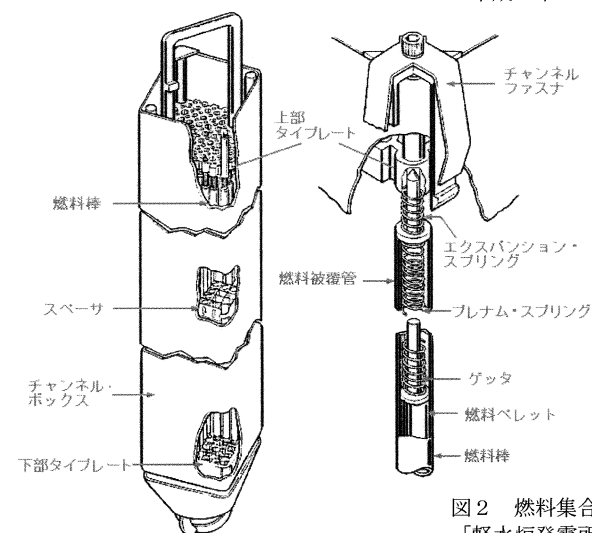


図2 燃料集合体概略図
[軽水炉発電所のあらまし(改訂版)
平成4年10月:原子力安全研究協会]

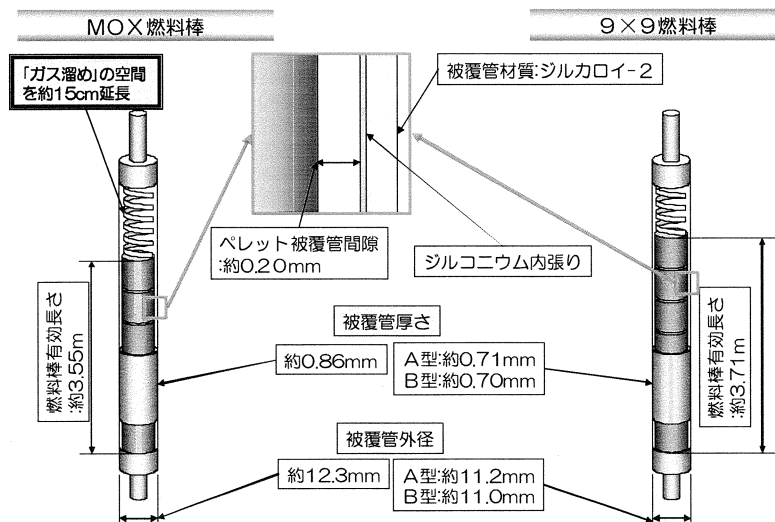


図3 MOX燃料棒とウラン燃料棒の比較

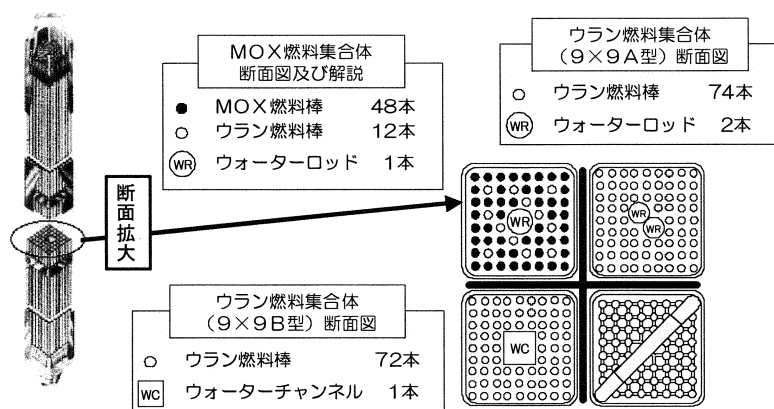


図4 MOX燃料集合体とウラン燃料集合体の比較

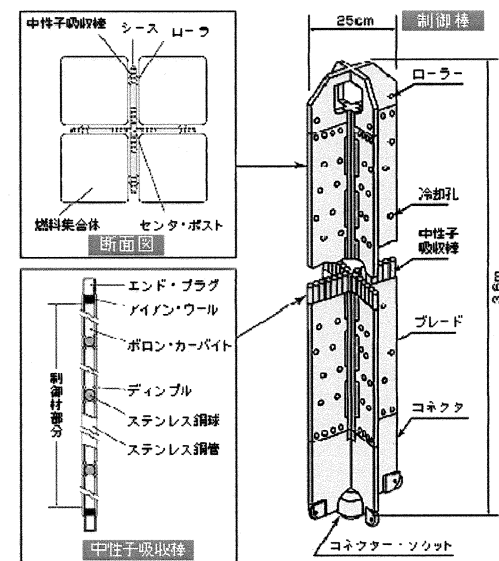


図5 ボロンカーバイド型制御棒概略図

(株)日立製作所HPより引用
<http://www.hitachi-hgnc.co.jp/nuclear/product/abwr/reactor/controlrod/index.html>

ウラン燃料とMOX燃料の放射能の比較

ウラン燃料、MOX燃料の放射能は表1のとおりである。

新燃料の場合、MOX燃料はウラン燃料に比べてプルトニウム等による放射能が高いため、 α 崩壊で10000倍程度高くなる。

使用済燃料の場合、ウラン燃料、MOX燃料ともにキュリウムによる影響が大きく、 α 崩壊ではMOX燃料が10倍程度高くなる。

また、ウラン燃料、MOX燃料のプルトニウム組成比の例を表2に示す。

表1 ウラン燃料とMOX燃料の放射能 (α 崩壊)

	ウラン燃料		MOX燃料 (低組成)	
	新燃料	使用済燃料	新燃料	使用済燃料
ウラン	8.1E+04	6. E+04	3. 4E+04	3. E+04
ネプツニウム	—	1. E+04	—	3. E+03
プルトニウム	0	1. 6E+08	7. 0E+08	9. 1E+08
Pu238	0	1. 3E+08	5. 2E+08	7. 6E+08
Pu239	0	1. E+07	6. E+07	2. E+07
Pu240	0	2. E+07	1. E+08	1. E+08
Pu241	0	1. E+05	0	6. E+05
Pu242	0	8. E+04	4. E+05	8. E+05
アメリシウム	0	7. 0E+06	5. 6E+07	1. 1E+08
キュリウム	—	2. 2E+09	—	2. 05E+10
総合計	8. 1E+04	2. 4E+09	7. 6E+08	2. 15E+10

(単位: MBq、初期金属重量1トン当たり、原子炉停止直後)

出典: 松岡理 (1998)、「プルトニウム物語 プルサーマルをめぐる」、ミオシン出版

表2 ウラン燃料、MOX燃料のプルトニウム組成比

	ウラン燃料		MOX燃料	
	新燃料	使用済燃料	新燃料	使用済燃料
Pu238	0	0. 02	0. 06	0. 07
Pu239	0	0. 4	2. 3	1. 1
Pu240	0	0. 2	1. 1	1. 1
Pu241	0	0. 1	0. 3	0. 4
Pu242	0	0. 08	0. 2	0. 3

(単位: %)

※: 表2の値は、『プルトニウムを燃料とする原子炉の立地評価に必要なプルトニウムに関するめやす線量について』の適用方法などについて(原子力安全委員会、平成13年3月)からの読み取り値である

論点2 MOX燃料の使用実績

○検討課題

- ① 女川原子力発電所と同じ形式の原子炉(軽水炉)でのMOX燃料の使用実績や実証試験が少ないのではないか。
- ② 女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトニウム含有率、装荷割合はこれまでの実績と比べて高くないのか。
- ③ 過去にMOX燃料が破損した例があるが、問題はないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 特に異常事態でのMOX燃料がどのように振る舞うかについて使用実績や実証試験が不足していると考える。
- ・ 非常に少数の使用実績しかない。特にBWRは少ない
- ・ 女川3号機において燃料集合体560体のうちMOX燃料集合体を最大228体装荷するとしているが、世界でこのような実例はあるのか。
- ・ 海外では、過去にMOX燃料の破損事故の実例があるが、問題はないか。
- ・ プルサーマルの実績は、フランスやドイツの実績でしかない。
- ・ MOX燃料の破損事故の実例がある。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ MOX燃料とウラン燃料を比較すると、その特性には多少差があるが、その差の程度やそれが及ぼす影響の程度は、今までのデータや知見より把握されている。〔「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」平成7年6月19日原子力安全委員会了承 以下「1/3MOX 報告」〕

①について

- ・ 40年前から、軽水炉でのMOX燃料の使用実績があり、2008年12月末時点では、欧州を中心に(日本を含め)10カ国の原子炉58基で6,350体の使用実績があり、これまで安全に使用されてきており、実績は十分である。

【国内での使用実績】

国内の軽水炉では、日本原子力発電㈱敦賀1号機(BWR)で2体(1986年6月～1990年2月)、関西電力㈱美浜1号機(PWR)で4体(1988年3月～1991年12月)のMOX燃料が実証試験で使用され、試験後も燃料が健全であったことが確認されている。

また、炉型が違うものの、国の原子炉「ふげん」による772体のMOX燃料の使用実績がある。

【BWRでの使用実績】

世界の「BWR」での使用実績(2008年12月末時点)は、7カ国(日本、ドイツ、イタリア、オランダ、スウェーデン、インド、米国)の商業用BWRにおいて、計1199体(14基)の実績がある。

②について

- ・ BWRでプルサーマルを行っているドイツのグンドレミンゲンB、C炉では、Pu含有率は約5.4重量%(燃料集合体平均)の実績がある。
装荷率についてもグンドレミンゲンB炉で約1/3(300/784体)の実績がある。
ドイツの実績から、女川原子力発電所で申請しているPu含有率(約2.9～5.8重量%(標準的なもので約4.3重量%))、装荷率(約1/3、228/560体)が高すぎるという

ことはない。(別紙1参照)

③について

- 国内で製造され、国内で使用された MOX 燃料に破損は発生していない。また海外での MOX 燃料の破損も、その破損原因は、ウラン燃料と同様、燃料製造や異物等に起因するものであり、MOX 燃料に起因する特異な破損は報告されていないことから、現在の MOX 燃料設計及び製造で問題ないと考ええる。(別紙2参照)

○国の見解

(1) 燃料及び装荷炉心の一般的な特徴

MOX 燃料の軽水炉における核的特性及びその物性、照射挙動は、①ウラン燃料に比べ差があるものの、これらは把握されており、これまでに得られている経験、データ等からは、安全に係わる特段の問題は生じていない

(2) 燃料の使用実績並びに照射後試験結果について

以上のように、①③MOX 燃料の使用についてはこれまで相当の実績があり、また、安全上の課題も特に見当たらないことから、今後、軽水炉において取替燃料の一部としてMOX 燃料を使用する上で基本的な技術は確立されているものと判断する。

(3) 熱・機械設計について

プルトニウムを含有するペレットの主要な物性はこれまでの研究等により把握されており、また、①MOXペレットの照射に伴うふるまいについても、その製造方法の相違までも含めて照射後試験等により詳細なデータが採取されている。今回検討を行った燃料設計手法にはMOX 燃料の物性や照射挙動のウラン燃料からの変化が適切に考慮されている。

(4) 核設計について

代表的な炉心における設計例の検討の結果から、②MOX燃料集合体の装荷率が1/3程度であれば、ウラン燃料炉心と同等の特性を有する炉心設計は可能と考えられる。

(1/3MOX報告書)

○安全性検討会議委員からの意見

- PWR やふげんでの使用実績は多くあるとはいえ、BWR での使用実績は PWR のそれに比べて少なく、ドイツ・グンドレミンゲン、我が国では敦賀1号炉での実績があるのみである。しかし、その少数例の範囲内でもMOX燃料に起因する問題は起こっていないこと、また材料試験炉照射でも特に問題は起こっていない。したがって、必要な使用実績は確保されていると考ええる。

一般的に言って、我が国のウラン燃料製造技術は非常に高く、最近では装荷燃料にピンホールが見つかることはほとんど無い。しかしながら、先ず最初に装荷されるMOX燃料は外国のメーカーでの製造が予想されることから、それらの安全性確認は十分になされるべきである(論点3参照)。

- わが国だけでなく、海外での使用実績、照射実績を考慮すれば十分にあると判断する。また、わが国では熱中性子炉で沸騰水冷却の「ふげん」でのMOX燃料の使用実績は772体あり、それらのデータも参考になると考える。

ドイツの原子炉の実績を考えると、プルトニウム含有率、装荷率とも高すぎることはないと判断する。

日本で燃料製造、使用されたMOX燃料の破損はない(「ふげん」の装荷燃料772体での破損がない実績も含めて)。また、海外での破損例は、MOX燃料に起因するものではないことが確認されており問題ないと判断する。

- MOX燃料の、PWRでの使用実績は多数あると認められる。しかし、BWRでの使用実績はかならずしも多いとは言えない。

女川で使用予定の燃料のプルトニウム含有率や装荷割合は、PWRおよびBWRで過去に使用されたMOX燃料のそれらの中にほぼ包含され、格別特異なものとは認められない。

破損した燃料が存在する。しかし、その破損理由は、ウラン燃料の破損と同じ理由であり、MOX燃料特有の破損は認められない。

以上より、BWRでの使用実績が必ずしも多くないが、MOX核燃料の燃料特性はPWR、BWRは共通であるので、PWR燃料の使用実績を勘案すると、MOX燃料の使用実績は十分であると考ええる。しかし、MOX燃料製造、使用においては、BWR燃料の使用実績が少ない点を念頭に万全の配慮が必須である。

- 軽水炉でのMOX燃料の使用実績は、ドイツ等で高い燃焼度での多くの実績があり、プルトニウム含有率や装荷割合も高い。MOX燃料の破損はウラン燃料と同等であり、外側の燃料被覆管は破損することがないため、問題とならない。

○自治体の見解

世界的には10か国の原子炉で40年以上にわたる使用実績(原子炉58基:6,350体(平成20年12月現在))があり、女川原子力発電所と同じ形式の炉(BWR)としては、日本を含め7か国の原子炉14基で、計1,199体の実績がある。

今回、女川原子力発電所で使用されるMOX燃料のプルトニウム含有率及び装荷割合は、同形炉のドイツの実績と比べて高すぎるということはない。

また、これまでのMOX燃料及びウラン燃料の使用実績において、燃料の破損事例が見られるものの、対策や改善が済んでいることに加え、MOX燃料に起因する特異的な破損は確認されていない。

これらのことから、MOX燃料の使用実績については十分であり、使用についても問題はないものと考ええる。

別紙 1

女川原子力発電所で使用を予定しているMOX燃料の許認可条件と、現在、当社と同じBWRでプルサーマルを行っているドイツのグンドレミンゲンB、C炉（9×9燃料、10×10燃料）での許認可条件および実績を以下のとおり比較する。

	燃料 型式	燃料集合体平均プルト ニウム含有率	燃料集合体平均核分裂性 プルトニウム富化度	装荷率※5
ドイツにおける 2000 年 までの実績※1	9×9 または 10×10	約 5.4wt%	約 3.6wt%	約 1/3 (300/784 体) (2006 年)
ドイツ許認可条件※2	9×9 または 10×10	約 7.8wt% (核分裂性プルトニウム 割合 70wt%として概算 した場合)	5.47wt%	約 1/3 (300/784 体)
東北電力申請書記載内容 (核分裂性プルトニウム 割合約 67wt%の場合)	8×8	約 4.3wt%※3	約 2.9wt%：概算※4	約 1/3 (228/560 体) (約 30/約 95t ：概算※5)

※1：IAEA Technical Report Series-415 p47

※2：燃料の型式認定及び解析コードの検証に係る制度の調査と提言（JNES）B.2-33

※3：標準的な組成のプルトニウム（核分裂性プルトニウム 6.7%）の場合の一例。申請
値は燃料集合体平均ウラン235濃縮度約3.0wt%相当以下として約2.9～5.8wt%

※4：燃料集合体平均プルトニウム含有率から算定した概算値

※5：重量比

※6：MOXペレット換算とした場合の概算値

MOX燃料の破損実績について

MOX燃料の破損事例を第1表に示す。国内で製造され、国内で使用されたMOX燃料に破損は発生しておらず、また海外でのMOX燃料の破損も、その破損原因はウラン燃料と同様、燃料製造や原子炉冷却材中の異物等に起因するものであり、MOX燃料での特異な破損（燃料被覆管の変形等）は報告されていない。

第1表 MOX燃料の破損事例

年	製造	国	発電所	炉型	燃焼度 (GWd/t)	原 因	破損数※2
1970	GE	アメリカ	Big Rock Point	BWR	20以下	過度なクラフトによる局所腐食※1	2体 ⁽⁸⁾
1972	BN	ベルギー	BR-3	PWR	30	端栓溶接不良※1	1体 ⁽³⁾
1973	Siemens	ドイツ	Obrigheim	PWR	(2サイクル目)	被覆管水素化※1	数本 ⁽²⁾
1973		オランダ	Dodewaard	BWR	10	被覆管水素化※1	1本 ⁽³⁾
1980	BN	ベルギー	BR-3	PWR	35	水質に起因する局所的な腐食※1	6本 ⁽³⁾
1990		スイス	Beznau-1	PWR	15	異物	1体中2本 ⁽³⁾
1993	COGEMA	フランス	Dampierre-1	PWR	(1サイクル目)	異物と推定	1体 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾
1997		フランス	Tricastin-2	PWR	(1サイクル目)	不明	1体 ⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾
1997	BNFL	スイス	Beznau-1	PWR	(1サイクル目)	端栓溶接不良※1	1体中1本 ⁽⁷⁾
2000		スイス	Beznau-1	PWR	(3サイクル目)	不明	2体中2本 ⁽⁷⁾
2001	COGEMA	フランス	Tricastin-4	PWR	不明	不明	4体 ⁽⁹⁾
2003		フランス	Dampierre-1	PWR	不明	不明	1体 ⁽¹⁰⁾
不明	Siemens	ドイツ	不明	不明	7～14	異物	2体中2本 ⁽¹⁾
					15～29	異物	1体中1本 ⁽¹⁾
					22～37	異物	1体中1本 ⁽¹⁾
不明	BN	不明	不明	不明	不明	異物	3体 ⁽¹¹⁾

(1) F.U.Schlemmer et al., "Status of Irradiation Experience with Recycled Fuel Materials in the FRG for SIEMENS/KWU Type Fuel Assemblies", IAEA Mtg., Cadarache. Nov. 1989.

(2) H.J.Schenk et al., "Experience with the Use of Recycle Plutonium in Mixed-Oxide Fuel in Light Water Reactors in the Federal Republic of Germany", Nucl. Tec. Vol.43 MID-APR 1979.

(3) P.Deramaix et al., "IN-PILE Performance of Mixed-Oxide Fuel with Particular Emphasis on MIMAS Fuel", Nucl. Tec. Vol.102 April 1993.

(4) S.Benjamin, "Plutonium Recycling : The Point of View of Electricite de France", IAEA-TECDOC-941, 1995

(5) P.Blanpain et al., "Recent Results from the in Reactor MOX Fuel Performance and Improvement Program", 1997 ANS Topical Meeting, Portland, Oregon

(6) Nuclear Fuel, August 11, 1997

(7) Nuclear Fuel, December 27, 1999

(8) R.W.Voll, "Plutonium Recycle R&D and Operating Experience at Big Rock Point", ANS Topical Mtg., Miami, May(1977)

(9) BNFL Press Response, August 2, 2000

(10) J. Provost, et al., "MOX and UOX PWR Fuel Performances EDF Operating Experience", Proc. of the 2005 Water Reactor Fuel Performance Meeting, paper No. 1129, Kyoto, October 2-6, 2005

(11) 「福島第一原子力発電所3号機並びに柏崎刈羽原子力発電所3号機用MOX燃料に関する品質管理状況の再確認結果について」（東京電力㈱、平成12年2月）

※1：これらの破損原因については既に対策が施され、近年これらの原因による破損事例は報告されていない

※2：体数のみ記載：破損燃料棒を含む燃料集合体数のみ分かるもの（破損燃料棒本数は不明）

本数のみ記載：破損燃料棒の数のみ分かるもの（破損燃料棒を含む燃料集合体数は不明）

体数、本数が記載：破損燃料棒の本数、体数が分かるもの

論点3 海外におけるMOX燃料の製造

○検討課題

- ① 過去に海外で製造したMOX燃料の検査データの改ざん事象があったが、MOX燃料加工事業者の品質保証をどのように確認していくのか。
- ② 製造過程の監査はどのように実施するのか。
- ③ プルトニウム含有率の不均一性、プルトニウムスポットの有無等の品質を、どの様に評価するのか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 英国原子燃料会社(BNFL)が製造したペレットで検査データの捏造が組織的に行われたので、今後も繰り返される可能性がないのか。
- ・ 評価を行う第3者機関は、どこが指名するのか。独立性に問題ないのか。
- ・ 燃料がきちんと製造される保証はない。イギリスはとくに信用がおけないのではないか。事故・事件を繰り返している会社と契約を繰り返すのは常識的に考えにくい。
- ・ 海外でMOX燃料を製造する場合、その燃料加工事業者の品質保証をどのような体制・方法で確認する予定か。特に、プルトニウム含有率の不均一性、プルトニウムスポットの有無等の品質を、どの様に評価するのか。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ 海外におけるMOX燃料製造時の品質保証等の確認の流れは別紙3-1のとおり。

①、②について

- ・ 海外からMOX燃料を調達するという特殊性及び過去に先行電力でBNFLによるデータ改竄問題が発生した経緯を踏まえ、製造会社は、以下に示す国の通達事項を満たす契約内容とする。
 - 製造会社が、国際的に認知された品質保証の規定（ISO9001：2000等）に適合した品質マネジメントシステムであること。
 - 電力が、製造会社の社内教育や不正発生の未然防止対策を含めた評価を行い、必要な改善を要求できること。また、電力が適切な頻度で監査が行えること。
 - 製造会社において異常事態が発生した場合に、電力へ連絡する方法及び体制を定めること。また製造会社に対し、元請会社へ連絡する方法及び体制を定めさせること。
 - 電力が、燃料工場において、製造の工程毎に適切な検査を実施できること。
 - 電力が、製造期間を通じて社員を燃料工場に派遣し、製造状況および品質保証活動を確認できること。また、国が必要に応じ、燃料加工工場に立ち入り、電力の品質保証活動の調査を行うことができること。
- ・ 電力が、製造会社の監査を実施する際には、監査の信頼性を高めるため、当該地域において原子力関連業務に精通した監査・調査会社を第三者機関として参加させ、助言・支援を受ける予定である。

③について

- ・ MOX燃料は、ウランとプルトニウムを混合するため、ペレット内にプルトニウムの不均一が生じる可能性があるが、燃料の健全性に影響を与えない範囲（プルトニウムスポットの直径で400μm以下）で製造管理を行うとともに、ペレット製造段階において、プルトニウムの均一性の検査を行う。

〔参考〕MOX燃料は、ウランとプルトニウムを混合するため、ペレット内にプルトニウム含有率の不均一が生じる可能性があるが、この不均一性は燃料の健全性に影響を与えない範囲である。（設置許可申請書8-3-17）

- ・ なお、燃料製造工程における検査は、表3-1のとおりである。
- ・ また、別紙3-2のとおり、表面汚染および燃料棒の誤配置防止に対する処置を行う。

表3-1 MOX燃料製造工程における検査内容

項目	検査内容
ペレット	プルトニウムの均一性、UO2粉末又はMOX粉末の特性、ペレットの密度、化学成分、表面仕上げ等の検査を行う。
被覆管	寸法検査、超音波探傷試験等を行い、更に破壊検査として、化学成分、引張試験、破裂試験等を行う。
端栓溶接	X線写真検査又は超音波検査による確認を行う。
燃料棒	ヘリウム漏れ試験を行い、被覆管及び端栓溶接部からのヘリウムの漏れがないことを確認する。 燃料棒1本毎に表面汚染検査を行う。
燃料集合体	燃料棒間隙のような重要部分についての寸法検査と目視検査を行う。

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 国（原子力安全・保安院）は、輸入燃料体検査に関する通達（平成14年7月31日）を発出し、品質保証についての対策等を行い、不正が起らないような仕組みを構築している（プルサーマルの安全規制について 原子力安全・保安院：添付3-2参照）
- ・ MOX燃料は、燃料ペレット内にプルトニウム含有率の不均一が生じる可能性があるが、この不均一性は燃料の健全性に影響を与えない範囲で管理される。
（原子力安全・保安院：安全審査書P8）
- ・ 燃料調達に関する品質保証活動については、MOX燃料を輸入する場合において、申請者は、第三者機関の活用とともに海外事業者との契約者である国内加工事業者の活用を図りつつ、その品質保証活動の計画を立案し、実施するとしている。
それらの活動は、経済産業省原子力安全・保安院通達「電気事業者及び燃料加工事業者の品質保証に関する確認事項について(内規)の制定について（平成14年7月31日付け平成14・05・16原院第1号）」等に従って行うとしている。
（原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果）
（別紙1 3.3(4)品質保証活動P4）
- ・ MOX燃料については、燃料ペレット内にプルトニウム含有率の不均一（プルトニウムスポット）が生じる可能性があるが、燃料の健全性に影響を与えないとしている。
（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3.3.1.1(1)機械設計P5）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ 関西電力の依頼で英国BNFL社がMOX燃料を製作した際、同社が検査データを改ざんした例があることから、外国での検査に対する信頼性が懸念されている。しかし今回は、東北電力社員が製作期間全体にわたって常駐すること、さらに第三者機関に監査を依頼することでその懸念は解決されると考える。なお、常駐社員は十分なMOX検査能力（ならびに語学能力）を身につけていなければならない。また、必要に応じて日本政府の担当機関の職員が検査に立ち入る権利を持っていることは極めて

重要である。

MOX燃料ペレット中のプルトニウムスポットに関しては、プルトニウム酸化物微粒子の寸法が 400 ミクロンより充分小さく製造管理できるので特に問題ないと考え

る。

海外MOX燃料調達に関し、以上をはじめとした品質保証について万全の措置が不可欠である。

- ・ 東北電力のMOX燃料製造に関わる品質保証の確認方法は問題ないと判断する。しかし、体制については今後、更に検討を行い、住民の信頼が得られるように努力してほしい。
- ・ プルトニウムの不均一性、プルトニウムスポットについては、今までの知見を基にした検査、製造管理を十分に行うことにより問題ないと判断する。
- ・ 電力にて、厳密な品質保証がなされることを求めるとともに、国においてその管理監督を厳格になされることを期待する。
- ・ プルトニウム含有率の不均一性は、核性能・燃料性能に影響するほど大きくない。プルトニウムスポットは、それが大きい場合、核性能・燃料性能に影響すると認められる。しかし、女川で予定される燃料製造において予想されるプルトニウムスポットは小さいことから、核性能・燃料性能に影響はない。
- ・ MOX燃料製造の実績は十分存在することから、製造自体に問題は認められない。しかし、MOX燃料を使用するには、国の責任での厳密な管理監督とともに、きちっとした情報公開により住民の不安解消に努めることがその前提となる。
- ・ MOX燃料製造の間、東北電力社員を工場に常駐させるとともに、契約前、製造の前後の各段階で第三者機関を含めた監査や立ち入り検査を行うこと、国のMOX燃料加工工場への立ち入り等により、品質保証には十分な体制であると確認できる。
- ・ プルトニウム含有率の不均一性については、MOX燃料材に求められる技術基準の中で定められており、検査と記録確認が行われる。

○自治体の見解

東北電力においては、国による輸入燃料体検査に関する通達に基づき、「海外MOX燃料調達に関する品質保証活動について」を定め、使用するMOX燃料を海外において製造委託する場合には、その製造期間中は社員を現地に駐在させ、燃料製造の各工程において製造状況及び品質保証活動の監査や確認を行うとともに、監査の信頼性を高めるために第三者機関も活用する計画としている。

法令や通達による国の検査や事業者及び燃料加工メーカーの品質保証活動が適切に実施されることにより、MOX燃料の品質は確保されるものと考え

海外におけるMOX燃料製造時の品質保証等の確認の流れ

項 目	加工前	ペレット工程	燃料棒工程	集集体工程	加工後	役 割
調達前監査	▼調達前監査 ▼契約※					(a)電力が元請会社を独自に確認 (b)電力が加工事業者を独自に確認
システム監査		▼システム監査				(a)電力が元請会社を独自に確認 (b)電力が加工事業者を独自に確認 第三者機関も参加
輸入燃料体検査申請		▼輸入燃料体検査申請			▼補正申請	電力が国に申請
プロセス監査 最終確認監査			プロセス監査		▼最終確認監査	電力が主体的に元請会社も参加し 加工事業者を確認 第三者機関も参加
MOX燃料製造		▼製造開始			▼製造終了	
駐在 検査及び製造状況 等の確認						電力の燃料検査員が駐在 元請会社と一緒に確認
発電所受入検査					▼輸送 ▼	発電所で検査実施 (国の立会)

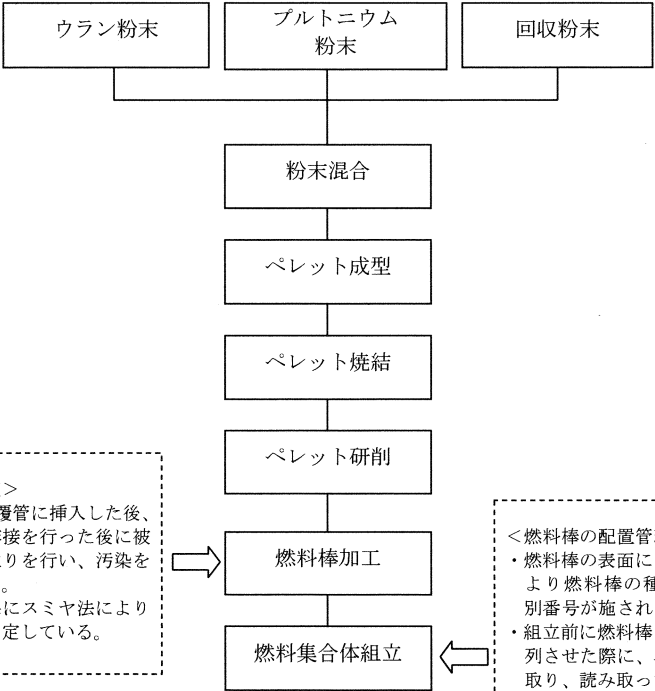
※契約で付帯事項として品質要求事項が合意される

MOX燃料の製造工程
(燃料棒の配置管理と表面汚染検査について)

MOX燃料材に求められる技術基準*への適合と検査項目

次の各号に適合すること		検査の項目と方法	
第一号	各元素の含有量の全重量に対する百分率の値の偏差	著しく大きくないこと	・不純物 ・235U濃度 ・Pu含有率 ・Pu組成 記録確認
第二号	酸素の原子数のU及びPuの原子数の合計に対する比率の値	実用上差し支えないこと	・化学成分 O/M比 記録確認
第三号	235U、239Pu及び241Puの含有量の合計のU及びPuの含有量の合計に対する百分率の値の偏差	著しく大きくないこと	・235U濃度 ・Pu含有率 ・Pu組成 記録確認
第四号	Puの均一度	実用上差し支えないこと	Pu均一度 記録確認
第五号 ペレット型燃料材			
イ	各部分の寸法の偏差	著しく大きくないこと	・寸法 記録確認
	密度の偏差	著しく大きくないこと	・密度 記録確認
	表面の割れ、きず等	有害なものがないこと	・外観 割れ、きず等 記録確認
	表面の油脂、酸化物等の付着物	有害な付着物がないこと	・外観 表面の汚れ 記録確認

※ 発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令



＜表面汚染検査＞
・ペレットを被覆管に挿入した後、および端栓溶接を行った後に被覆管のふき取りを行い、汚染を防止している。
・燃料棒1本毎にスミヤ法により表面汚染を測定している。

＜燃料棒の配置管理＞
・燃料棒の表面には、バーコードにより燃料棒の種類に対応した識別番号が施されている。
・組立前に燃料棒を8×8配列に整列させた際に、バーコードを読み取り、読み取った識別番号と予め登録された燃料棒配置情報と照合し、配置確認を行っている。
・配置情報と一致しない場合は組立が行えないシステムとなっている。

また、発電所受入時においても、スミヤ法により燃料ホルダー内面の表面汚染を測定する予定である。

添付 3-1

(別紙 3)

海外MOX燃料調達に関する 品質保証活動について

東北電力株式会社

別紙 3-1

3-7

海外MOX燃料調達に関する品質保証活動について

海外MOX燃料の成型加工は、設計、加工、使用期間を通じた責任の一元化を図るため、設計を担当する国内燃料加工メーカーを元請け会社とし、海外MOX燃料加工事業者を下請企業とする体制で実施することとしている。

海外MOX燃料調達における、当社の品質保証活動の進め方を以下に示す。なお、本資料の記載に係る具体的内容については、必要に応じて社内規定へ具体化し、MOX燃料の調達を確実に実施する。

1. 品質マネジメントシステムに係る文書の整備

当社は、JEAC4111-2003に基づく社長をトップマネジメントとする品質マネジメントシステムを構築し、女川原子力発電所の保安活動全般に適用しており、海外MOX燃料調達についてもこの枠組みの中で対応する。

上記マネジメントシステムのもと、当社「女川原子力発電所原子炉施設保安規定」の品質保証計画に基づき、マニュアル、要領等の社内文書を展開し、文書体系を構築している。

海外MOX燃料調達業務は、「原子力品質マネジメントシステム調達管理要領」、「原子力品質マネジメントシステム設計・開発要領」及び「原子力発電所燃料管理要領」等に基づき実施する。

②

2. 資源の運用管理

海外MOX燃料調達においては、それを実施する要員の力量が重要であるため、教育・訓練計画に基づき、要員を育成し、力量の管理を行うこととしており、実際に海外MOX燃料加工工場において、監査及び検査に従事する力量を有する要員を確保する。

具体的には、教育・訓練の年度計画を策定し、それに基づいて教育・訓練を実施し、海外MOX燃料加工工場における監査及び検査に従事する力量を持つ要員を確保する。なお、要員の具体的な力量は以下のとおりである。

- ・ 海外MOX燃料加工工場における監査チームは、監査リーダー及び監査員で構成し、監査リーダーに必要な力量は、監査経験があること及び監査員研修（ISO9000 内部監査員研修、または ISO9000 審査員研修）を修了して

別紙 3-2

3-8

③
いることとする。

- ・ 海外MOX燃料加工工場における検査員に必要な力量は、検査に対する知識を持つこと、または燃料の製造に係る立会検査経験があることとする。

また、MOX燃料に関する知識・技術等の習得を目的として、監査リーダー、監査員及び検査員に対しては、MOX燃料の設計、製造並びに立会検査に関する教育を実施する。

3. MOX燃料調達業務における実施内容

(1) 契約段階

(a) 供給先への品質保証要求事項の明確化

海外からMOX燃料を調達するという特殊性^{※1}及び過去に先行電力でBNFLによるデータ改竄問題が発生した経緯を踏まえ、以下に示す輸入燃料体検査に関する通達事項（「電気事業者及び燃料加工事業者の品質保証に関する確認事項について（内規）の制定について（原子力安全・保安院）」、平成14年7月31日）を可能とする契約内容とする。

- ・ ISO9001：2000等国際的に認知された品質保証の規定に適合した品質マネジメントシステムであること。
- ・ MOX燃料加工事業者の従業員教育やデータのセキュリティ管理等不正発生の未然防止対策を含めた評価を行い、必要な改善を要求すること。
また、適切な頻度でMOX燃料加工事業者の監査を行うこと。
- ・ 異常事態が発生した場合に、当社へ連絡する方法及び体制を定めること。
またMOX燃料加工事業者に対し、元請会社へ連絡する方法及び体制を定めさせること。
- ・ 加工の工程毎にMOX燃料加工工場において適切な検査を実施すること。
- ・ 製造期間を通じてMOX燃料加工工場に社員を派遣し、MOX燃料加工事業者の製造状況及び品質保証活動を確認すること。また、元請会社及びMOX燃料加工事業者に対しても、規制当局の立入り調査権を認めさせること。

※1 燃料検査の容易性及び輸送時における国際間移動の柔軟性について、ウラン燃料とMOX燃料の間には大きな差があり、これらを特殊性としている。

(b) 供給先の評価・選定

供給先の評価・選定にあたり、元請け会社及びMOX燃料加工事業者の技術的能力、品質マネジメントシステムの構築および供給実績等を確認する。

元請会社については定期的な監査により、また、MOX燃料加工事業者については契約前の監査により品質マネジメントシステム構築状況を確認する予定としている。

(2) 加工準備段階

(a) 品質保証計画の審査・承認

元請会社及びMOX燃料加工事業者から、品質保証計画を提出させ、品質保証要求事項に対応する項目が含まれていることを確認することを予定している。

(b) システム監査

上記品質保証計画が定められたとおりの機能を果たしていることを確認するため、元請会社及びMOX燃料加工事業者に対し、システム監査を実施する。

また、MOX燃料加工事業者の従業員教育やデータのセキュリティ管理等不正発生の未然防止対策についての評価も実施する。MOX燃料加工事業者のシステム監査に際しては、当社の監査能力を補完し、監査の信頼性を高めるため、当該地域において原子力関連業務に精通した監査・調査会社を第三者機関として参加させ、助言・支援を受ける予定である。なお、第三者機関の選定については、仏国及び英国で実績のある監査・調査機関を候補として考えている。

システム監査結果により、是正処置の必要があると判断した場合、加工開始までには是正処置を行わせ、その処置の検証を行う。また、システム監査実施後も必要に応じて定期監査を行い、品質保証活動の実施状況について現場確認を行う。

(c) 輸入燃料体検査申請

加工開始 1 月前までに輸入燃料体検査申請を行い、規制当局の審査を受ける。この際、製造期間中の試験、検査等の計画を定めた「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説明書」及び製造期間中に実施する品質管理状況の確認や監査等の計画、異常事態発生時の処置を含む「品質保証の計画に関する説明書」を添付する。

(3) 加工実施段階

(a) 製造期間を通じての当社社員の派遣

MOX燃料加工事業者の製造状況及び品質保証活動について確認するため、製造期間を通じて当社社員をMOX燃料加工工場に派遣し、立会検査及び製造状況の現場確認により製造状況・品質管理状況の確認を行う予定である。

(b) 監査

当社の要求事項を満たす製品が安定して製造されることを確認するため、当社社員をMOX燃料加工工場に派遣し、加工中の工程毎に工程監査を実施する。また、加工の最終段階として最終確認監査を行い、品質管理データ等の確認を行う。

これらの実施にあたっては、システム監査と同様、第三者機関の助言・支援を受ける予定である。

(c) 輸入燃料体検査申請に係る追加書類の提出

日本への輸送開始 1 月前までに、MOX燃料加工工場における試験、検査結果等を記載した「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結果に関する説明書」及び製造期間中に実施した品質管理状況の確認や監査等に基づく品質保証活動の確認結果等を記載した「品質保証の結果に関する説明書」を規制当局へ追加提出する。

(d) 発電所受入

輸送完了後、当社検査員がMOX燃料受取検査を実施し、その後、規制当局による輸入燃料体検査を受検する。

4. 評価及び改善

(1) プロセスの監視

当社は、原子力保安活動の実施部門である原子力部門とは独立した監査組織を設け、実施部門の品質保証活動状況について、JEAC4111-2003 に基づく内部監査を定期的実施している。

MOX燃料調達においても、上記内部監査と日常の業務実施状況を通じた自己アセスメントによりプロセス全般を監視し、品質マネジメントシステムの有効性を評価する。

(2) マネジメントレビュー

社長は、マネジメントレビューを実施し、評価し、品質保証活動の有効性を継続的に改善する。

線量当量率の評価条件

ウラン燃料：9×9燃料

MOX燃料：

Pu組成：低組成（Pu割合62%）

再処理後の期間：2年経過

出典：株式会社東芝「沸騰水型原子力発電所MOX燃料の貯蔵について」TLR-068

改訂1 平成11年2月

- ・ 先行電力におけるMOX燃料の線量当量率の実績は以下のとおり。

①東京電力実績

	線量当量率（mSv/h）	
	燃料表面	燃料表面から1m
MOX燃料	1.01 [*]	約0.1 [*]

※ 出典：東京電力㈱プルサーマルPA資料

②中部電力実績：表面で1mSv/h程度

なお、PWRでは、MOX燃料集合体の表面線量率は約1.1mSv/h（ウラン燃料は約0.04mSv/h）と、BWRと比べて高くなる例がある。（北海道「泊発電所3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用計画（プルサーマル計画）に係る安全性について（最終報告）」）

【輸送容器について】

- ・ 専用の輸送容器は通常輸送時には、法令に定める線量当量率基準、表面で2mSv/h、表面から1mで100μSv/hを超えない設計となっており、表面温度についても、同様に法令基準85℃を超えない設計となっている。
- ・ 実際のMOX新燃料輸送時の輸送容器の線量当量率と表面温度は以下のとおり。

先行電力の実績例（海上輸送開始前）		
線量当量率	表面	≤30μSv/h
	表面から1m	≤6μSv/h
表面温度	≤47.6℃	

先行電力の実績例（発電所受入時最大）		
線量当量率	表面	0.0547mSv/h
	表面から1m	0.0079mSv/h

出典：愛媛県HP（収納MOX新燃料は四国電力用）

（BWR電力では、輸送時の輸送容器の線量当量率を公表していない。）

- ・ MOX新燃料の輸送容器は、1990年代に日本からフランスに運んだ使用済燃料の輸送容器と同じ設計であり、使用済燃料を収納しても、線量当量率や輸送容器表面温度が法令要求を満足するものを使用する。
- ・ 輸送時の事故に対しては、放射性物質の漏えいによる災害の発生防止の観点から、輸送容器は、落下、火災、水没などの事態に遭遇しても十分耐えられるよう、法令に定める以下の試験でも健全性が確保できるものを使用する。
 - 9mの高さから落下
 - 30分・800℃の環境
 - 水中（15mに8時間、200mに1時間）に浸漬 など
- ・ 輸送容器を上記の落下、耐火、浸漬の試験条件においたときに、容器内部に水が入り、燃料が最も臨界になりやすい状態にある時を条件としても、臨界にならないことを確認している。

【輸送時の安全対策について】

- ・ 海上輸送は以下の対策により、安全に実施されている。
 - 専用船を使用すること。
 - 武装護衛船による護衛を実施する。
 - 気象や沿岸地域の状況を考慮した輸送経路を選定する。
 - 緊急時以外は無寄航航海。

【輸送船について】

- ・ 輸送船は以下の構造や設備を有している。
 - 二重船殻構造および耐衝突構造
 - 固縛設備（輸送物の移動や転倒防止措置）
 - 非常用電源設備、航海設備、機関室消火設備（国際航海基準に準じる）
 - 放射線管理設備（放射性輸送物のため）
 - 船倉冷却設備（輸送物の表面温度を許容温度以下に保つため）
 - 非常用漲水装置（火災時に船倉内に水を漲水するため）
 - 放射線モニタ（貨物区域の線量当量率を監視するため）

PWRのMOX新燃料は、発熱による影響を考慮し、輸送中の加速度を制限しているが、BWRのMOX新燃料は1体あたりの発熱量がPWRの約10分の1であり、輸送容器の収納体数の差（BWR：21体以下、PWR：8体以下）を考慮しても熱源としては大きく下回ること、及び燃料被覆管が厚いことから、輸送中の加速度制限は設けていない。

※ PWRの出典は、北海道「泊発電所3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用計画（プルサーマル計画）に係る安全性について（最終報告）」

※ BWRの発熱量の出典は、株式会社東芝「沸騰水型原子力発電所MOX燃料の貯蔵について」TLR-068 改訂1 平成11年2月

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 燃料集合体の機械設計においては、以下に示す事項を満足することが要求される。
 - ③ 燃料集合体は、輸送及び取扱い中に過度の変形を生じない設計であること。

（原子力安全・保安院：安全審査書P7）

- ・ MOX新燃料は、輸送及び取扱い中に受ける通常の荷重並びに輸送中の高温状態に耐えるように設計される。
これらのことから、本原子炉施設の燃料集合体の機械設計は要求事項を満足しており、妥当なものと判断した。

（原子力安全・保安院：安全審査書P8）

- ・ MOX燃料集合体の輸送中の燃料の健全性については、輸送中に受ける荷重並びに温度条件を考慮して、燃料の健全性が保たれるように設計するとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3.3.1.1（1）機械設計P5）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ プルトニウムを含むMOX燃料は、ガンマ線、中性子、アルファ線に関し、ウラン燃料よりも放射線線量率ならびに放射能が高いが、(i)燃料ペレットは燃料被覆管に密封されることから放射能汚染の可能性はまず無い、(ii)十分な遮蔽能力をもった輸送専用容器中に保管されて輸送される、(iii)輸送専用容器は通常予想される範囲内の落下、火災に充分耐える、ことから、輸送に関して物理的な問題はないと思われる。
しかしながら、核テロリズムなどの対策は、警察庁、海上保安庁、消防庁などを含

む関係官庁と十分な連絡・監督の下に行われなければならない。

- ・ MOX燃料の放射線の特徴を考慮し、また、健全性を確認した専用の輸送容器を使用して輸送するため安全上問題ないと判断する。
- ・ 未燃焼MOX燃料からの放射線は使用済ウラン燃料からのものより小さく、使用済MOX燃料の放射線は使用済ウラン燃料と同程度である。これから、MOX燃料の輸送は、現在使用済ウラン燃料の輸送が行われていることから、輸送は問題なく行うことができると判断される。
- ・ 従来、使用済燃料の輸送で実績ある輸送容器は、MOX燃料の輸送に対しても、表面の温度、線量当量率の点から問題ない。海上輸送のための専用の輸送船の安全装備と、輸送時の対策についても、問題ない。

○自治体の見解

MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いが、その輸送は十分な遮へい能力を有する輸送容器を用いるため、安全に取り扱うことができる。

東北電力では、MOX燃料を海上輸送することとし、専用の輸送容器は、落下、火災、水没等の事態に遭遇しても十分耐えられるよう健全性が確保されることを試験されているほか、容器内部に水が浸入しても臨界にならないものを用いることとしている。

また、輸送船は二重船殻構造等の安全構造を有する専用船を用いることとしており、テロ等の脅威に対応するため、輸送中は武装護衛船による護衛も実施することとしている。

これらのことから、MOX新燃料の輸送に関する安全性は、確保されるものと考え

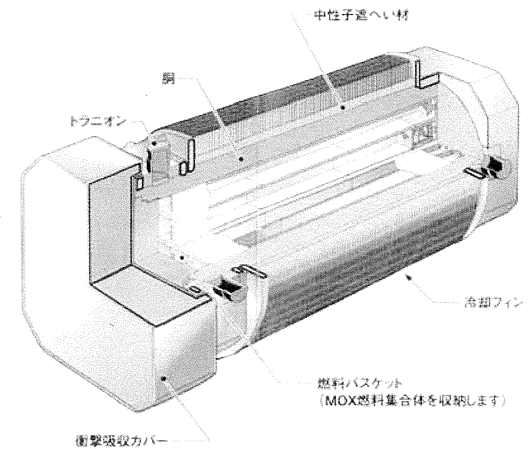


図4-1 輸送容器概要図

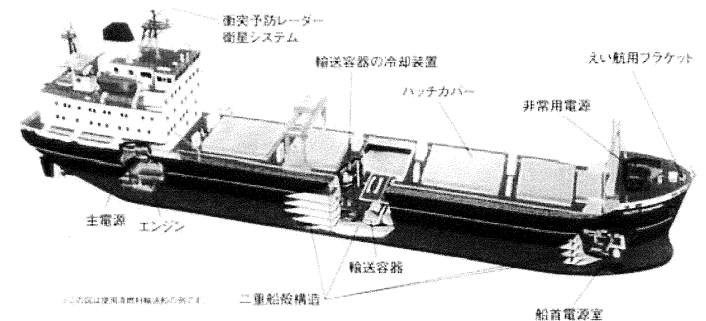


図4-2 輸送船概要図

出典「MOX燃料を安全に輸送します」（電気事業連合会）

論点5 使用済MOX燃料の再処理

○検討課題

- ① 使用済MOX燃料は、どう処理していくのか。
- ② 使用済MOX燃料は使用済ウラン燃料よりも硝酸に溶けにくいなどの課題が指摘されており、再処理することができないのではないかな。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 使用済MOX燃料の再利用計画がない現状では、六ヶ所再処理工場等への搬出はできないのではないかな。
- ・ 使用済MOX燃料の再処理の場合、再処理工場で扱う溶液中のプルトニウムの濃度も大変高くなることから臨界管理が難しい。
- ・ プルトニウム量が多いためアルファ線による有機溶媒の損傷が大きくなりレッドオイル^{※1}の生成量も増える。
- ・ 使用済み燃料中の核分裂生成物の組成が異なるため、不溶性残渣の原因となる白金族が増え、ノズルなどの詰まりの原因となる。
- ・ 使用済MOX燃料の再処理実績としてあげられているものは、プルトニウム富化度も燃焼度も低いふげんの使用済燃料の再処理実績であり、その処理量も六ヶ所再処理工場の数日分にしか過ぎず、十分な実績を積んだとは言いがたい。

※1 核燃料の再処理の際、抽出溶媒であるTBP（リン酸トリブチル）は、硝酸や核燃料の硝酸塩と混合した状態で加熱されると、赤色を呈した物質が生成される場合がある。この物質を一般にレッドオイルという。レッドオイルの生成は発熱反応で、反応が始まると温度が上昇し、反応が加速されて爆発の原因になる可能性があるため、TBPを取り除くための洗浄や、加熱源の蒸気温度を制限するなどの安全対策が取られている。安全評価では、この反応加速の温度を135℃としている。（「原子力防災基礎用語集」原子力安全技術センター より）

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

①について

- ・ 原子力政策大綱（平成17年10月閣議決定）では、使用済MOX燃料の処理の方策は2010年頃から検討を開始することとしている。
この検討では、使用済MOX燃料等を再処理する「第二再処理工場」について、具体的な設計等を決めていくことになる。

【参考】ブルサーマルに伴って発生する軽水炉使用済MOX燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて2010年頃から検討を開始する。この検討は（中略）その処理のための施設の操業が六ヶ所再処理工場の操業終了に十分に間に合う時期までに結論を得ることとする。（原子力政策大綱P.38）

②について

- ・ 日本原子力研究開発機構では、既存の東海再処理施設であっても、設備の部分的な付加を必要とするものの大きな設備変更を伴うことなく、使用済MOX燃料の再処理が可能との見解をまとめている（表5-1参照）。
この検討は、新型転換炉（ATR）「ふげん」のMOX燃料の再処理実績を踏まえたものである。
- ・ 使用済MOX燃料の再処理は、国内の「ふげん」燃料だけでなく、フランス、イギリス、ドイツにおいて150tを超える実績があり（表5-2参照）、フランスにおいては、

最高燃焼度65,000MWd/tの燃料を対象としている。

○国の見解

原子力委員会において、2010年頃から開始する第2再処理工場に係る検討も念頭に、将来の核燃料サイクルについて主として技術的、産業的観点から検討が進められている。この中では、第2再処理工場の一例として、六ヶ所再処理工場に引き続き2047年から処理を開始することが示されている。
（「核燃料サイクル分野の今後の展開について【技術的論点整理】」：添付5-1参照）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ MOX燃料の再処理については、ほぼ基礎的研究は終了し、ウラン燃料と比べてMOX燃料は、より硝酸に溶けにくく、溶媒抽出に用いる有機溶媒の劣化が早いなどの問題点はあるものの、それらは研究開発によって解決でき、処理は可能と考える。この点に関し、国として実用化に向けた研究を一層強力に推進しておくべきであるように要望すべきである。
MOX燃料の再処理の問題は、国策として至急検討着手すべき重要課題である。この点も国に強く要望すべき課題である。

- ・ 国の原子力政策大綱に基づき、着実に進められることにより住民の信頼が得られると考える。

使用済MOX燃料の再処理については、日本では、「ふげん」のMOX燃料の実績、海外ではフランス、英国での多くの実績があり、十分に実施できると判断する。

- ・ プルトニウム含有率など再処理に影響を及ぼす基本的な燃料特性は、原子炉運転後においてはウラン燃料とMOX燃料で同程度となる。従って、ウラン燃料と大きく異なることはなく、実施できる。

核分裂生成物の生成割合がウラン／プルトニウムで異なることから、原理的には再処理時の残渣成分が異なる。しかし、ウラン燃料においても燃焼時にはプルトニウムの核分裂が相当割合発生していることから、燃焼後における残渣成分はウラン燃料／MOX燃料でほとんど同じとなる。

燃焼後のウラン燃料／MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料の再処理に問題はない。

- ・ 使用済MOX燃料の処理については、原子力委員会でも議論されているが、原子力政策大綱に定められる通り2010年頃から検討される計画である。使用済MOX燃料の硝酸への溶解や再処理について、フランス等で十分な実績がある。

○自治体の見解

使用済MOX燃料の再処理は、国内外での実績もあり、また、その特性はウラン燃料と大きく異なることはないことから、十分実施可能と考える。
なお、原子力政策大綱[※]では、使用済MOX燃料の処理の方策については、六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて2010年頃から検討を開始するとしている。

※「原子力政策大綱」 原子力委員会 平成17年10月14日 閣議決定

表 5-1 使用済 MOX 燃料を東海再処理施設で処理する場合に配慮する点と対応策

配慮項目	対策案
燃料溶解性	MOX 燃料の溶解性を確保するために、ウランとプルトニウムを均一に混合する燃料製造方法の改良が行われており、硝酸溶解性は良好。
臨界安全性	可溶性中性子吸収材の利用により臨界安全性を確保可能。
中性子遮へい	大部分はコンクリートであり、中性子遮へい上問題ない。一部の鉄・鉛遮へい部には遮へいの補強により対応可能
プルトニウム量増加	小型試験装置 (OTL) を用いた試験により、現行のプロセスでも溶媒抽出器のプルトニウム濃度が高くなり過ぎることはないことを確認済。
不溶解残渣発生量増加	プルサーマル燃料では核分裂性生成物中の不溶解残渣の成分となる白金族元素の含有量が大きい、不溶解残渣をろ過する既存のフィルタの洗浄や交換の頻度増加させることで対応可能。
α 放射性物質質量増加	プルサーマル燃料ではプルトニウム含有量そのものが高くなることに加え、単位重量当たりの α 崩壊割合が高くなるため、プルトニウムを溶媒に抽出する際、α 線による溶媒劣化が進むことが懸念されるが、溶媒洗浄用試薬流量の増加などにより対応可能。
プルトニウム発熱量増加	プルサーマル燃料ではプルトニウム含有量そのものが高くなることに加え、単位重量当たりの発熱量が高くなるため、分離精製後のプルトニウム溶液の保管中の温度上昇を防ぐ必要があり、溶液中のプルトニウム濃度を制限することで対応可能。

【出典】

(1) 使用済プルサーマル燃料の再処理 (月刊「エネルギー」 2005 年 6 月号)

表 5-2 使用済 MOX 燃料の再処理実績

国	施設	処理対象	処理実績 [t]	燃焼度 [GWd/t]	備考
仏国	AT1	FBR	約 1 ^{※1}	—	—
	APM	FBR LWR	約 21.1 ^{※1}	34 (LWR)	
	UP2-400	FBR LWR	約 19.6 ^{※1}	33-41 (LWR)	
	UP2-800	LWR	約 58.4 ^{※2}	65 以下	
英国	ドーンレイ・サイト	FBR	約 24.5 ^{※1}	—	—
ドイツ	WAK	LWR	約 0.2 ^{※1}	—	—
	MILLI	LWR	約 0.3 ^{※1}	—	—
日本	東海再処理工場	ATR (ふげん)	約 29 ^{※2}	20 以下	(注 2)
	高レベル放射性物質研究施設	FBR	約 0.01 ^{※1}	—	—

(国内分：2009 年 9 月末現在、海外分：2007 年 12 月末現在)

(注 1) 現在、軽水炉の使用済 MOX 燃料の再処理が行われているのは UP2-800 のみである。UP2-800 では、使用済ウラン燃料と使用済 MOX 燃料の再処理が行われており、使用済 MOX 燃料の再処理の際は、硝酸溶解性の確保の観点から、使用済ウラン燃料と比べて溶解条件を変えて運転している (下記参照)。

<UP2-800 における溶解条件>

	使用済 MOX 燃料	使用済ウラン燃料
硝酸濃度	5.1N (mol/l)	3 N (mol/l)
溶解温度	約 90～92℃	約 90℃
溶解時間	約 7 時間	約 2 時間

(注 2) 我が国では現在、東海再処理工場で ATR (ふげん) の使用済 MOX 燃料の再処理が行われている。東海再処理工場で使用済 MOX 燃料の再処理を行う際は、プルトニウムの処理量がプルトニウム精製工程 (溶媒抽出) および蒸発濃縮工程の施設の能力を超えないように、溶解液に硝酸ウラン溶液を加えて抽出工程への供給量を調整することとしている。

※ 1 月刊「エネルギー」Vol.38, No.6, 2005, (株) 日本工業新聞社

※ 2 東北電力調べ

※ 3 IAEA Technical Reports Series No.415, " Status and Advances in MOX Fuel Technology" , June 2003

核燃料サイクル分野の今後の展開について【技術的論点整理】
(平成 21 年 7 月 28 日 第 28 回原子力委員会資料第 1-1 号)
関連箇所の要約

- 軽水炉使用済燃料は、六ヶ所再処理工場に引き続き 2047 年から 1200tHM/年程度の処理が必要と試算。また、FBR 使用済燃料は、FBR 導入開始後 5～10 年に 100～200tHM/年程度、その 10～20 年後に 100～200tHM/年程度増加し、最大規模として 500～800tHM/年程度の処理が必要と試算。
- 「第二再処理工場」は、FBR 使用済燃料、軽水炉使用済燃料（MOX 含む）を再処理する施設。
- 「第二再処理工場」では、軽水炉と FBR 使用済燃料を別々の設備で処理する場合も同一の設備で処理する場合もあり得、FBR 使用済燃料の再処理製品を軽水炉にリサイクルする可能性もあるので、各種の可能性について検討を行う必要がある。
- 「第二再処理工場」で採用すべき再処理プロセスの選定を行うためには、各々について再処理プロセスを仮定して得失を評価することが必要である。また、再処理のみの合理性ではなく、軽水炉及び FBR の 2 つの核燃料サイクル全体の経済合理性、不確かな未来や環境変化への柔軟性等、総合的かつ定量的な評価を行うべきである。
- 「軽水炉から FBR への移行期」には、核燃料サイクルの重心が徐々に軽水炉から FBR に移行すること、両者はさらに長期にわたり共存する可能性もあること等を勘案する必要がある。
- 次世代の再処理技術開発にあたっては、成果の評価や進捗度管理、効率性評価等が客観的に行われ、一元的で再処理技術開発全体を鳥瞰したマネジメントが不可欠である。

以 上

論点 6 使用済 MOX 燃料の処分

○検討課題

- ① 使用済 MOX 燃料の処分方法が決定されるまでの間は、女川原子力発電所に長期保管されるのではないか。
- ② 使用済 MOX 燃料は、女川原子力発電所のどこに保管され、安全対策は万全か。
- ③ 使用済 MOX 燃料を再処理すると、低・中レベル放射性廃棄物が発生するので、放射性廃棄物の全体量は増大するのではないか。
- ④ MOX 燃料は 1 回燃やすと質が劣る。再処理できなくなる可能性があるのではないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 使用済 MOX 燃料は発電所内の使用済燃料貯蔵プールで貯蔵せざるを得ないと思うが、それによって貯蔵量が管理容量を超える事態は発生しないか。
- ・ 使用済 MOX 燃料の処分費用は、使用済ウラン燃料の 4 倍にもなる。

○東北電力株式会社の請じる対策または見解

①について

- ・ 原子力政策大綱（平成 17 年 10 月閣議決定）では、使用済 MOX 燃料の処理の方策は 2010 年頃から検討を開始することとしている。
この検討では、使用済 MOX 燃料等を再処理する「第二再処理工場」について、具体的な設計等を決めていくことになる。従って原子力発電所に永久的に MOX 燃料が貯蔵されることはない。

[参考] プルサーマルに伴って発生する軽水炉使用済 MOX 燃料の処理の方策は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理技術に関する研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて 2010 年頃から検討を開始する。この検討は（中略）その処理のための施設の操業が六ヶ所再処理工場の操業終了に十分に間に合う時期までに結論を得ることとする。（原子力政策大綱 P.38）

②について

- ・ 使用済 MOX 燃料は、これまでと同様に、女川 3 号機の使用済燃料貯蔵プール内のラックに貯蔵が可能である。（詳細は論点 12 を参照）
- ・ 女川 3 号機の使用済燃料プールの管理容量は 2256 体である。女川 3 号機は運開後 7 年しか経っておらず、現在貯蔵されている使用済ウラン燃料は 524 体。十分な余裕を有している。
- ・ MOX 燃料を最大 228 体装荷し続けると仮定した場合、1 回の定期検査ごとに、その約 1/3 を交換することから 76 体（=228 体/3 回）程度の使用済 MOX 燃料が発生する。
- ・ 使用済ウラン燃料は、六ヶ所再処理工場への搬出や、将来的には別の貯蔵施設での貯蔵も可能であることから、プールから搬出することができると考えており、管理容量のすべてに使用済 MOX 燃料が貯蔵とすることを前提とし、定期検査約 30 回分（2256 体/76 体）貯蔵可能となる。
- ・ なお、プルトリウムの大間発電所譲渡などを考慮すると、実際の MOX 燃料の取替体数は少なくなるため、より長期間の保管が可能である。

③について

- ・ 使用済 MOX 燃料を再処理して分離された高レベル廃液はガラス固化され、使用済ウラン燃料と同様に処分することができる。

- ・ 使用済燃料を全量再処理した場合、全量直接処分した場合に比べ、高レベル放射性廃棄物は体積にして 3～4 割に低減でき、放射性廃棄物の全体量は、体積にして同程度～6%増加するとの試算がある（表 6－1）。
- ・ しかし、放射性廃棄物の全体量が増えたとしても、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、体積及び処分場の面積を低減できるので、環境適合性の確保の点からも、「使用済燃料の全量再処理」が我が国の基本路線となっている。

〔参考〕環境適合性

再処理する場合は、ウランやプルトニウムを回収して利用することにより、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、体積及び処分場の面積を低減できるので、廃棄物の最小化という循環型社会の目標により適合する。（原子力政策大綱P.36）

- ・ 使用済MOX燃料の発生量は、使用済燃料の全発生量の 1／10 程度（プルサーマル実施基数約 1／3×炉内装荷率 1／3 以下）であり、放射性廃棄物全体に与える影響はわずかである

④について

- ・ 使用済MOX燃料の再処理は可能である（論点 5 参照）。
- ・ 使用済MOX燃料から回収されるプルトニウムは、燃えにくいプルトニウムを多く含むが、FBRの燃料として使用可能である。
- ・ FBRの導入が遅れた場合、原子力立国計画（平成 18 年 8 月、資源エネルギー調査会原子力部会）では、「必要に応じて再処理して回収プルトニウムを再度プルサーマル燃料として利用する」とされている。

〔参考〕（FBR 導入が遅れた場合）商業ベースでの FBR 導入までは、軽水炉使用済燃料を再処理して回収したプルトニウムをプルサーマルで再利用し、プルサーマル使用済燃料は FBR 用に貯蔵することとするが、必要に応じて再処理して回収プルトニウムを再度プルサーマル燃料として利用する。（原子力立国計画 P.70）

○国の見解

①について

- ・ 原子力委員会において、2010 年頃から開始する第 2 再処理工場に係る検討も念頭に、将来の核燃料サイクルについて主として技術的、産業的観点から検討が進められている。この中では、第 2 再処理工場の一例として、六ヶ所再処理工場に引き続く 2047 年から処理開始することが示されている。
（「核燃料サイクル分野の今後の展開について【技術的論点整理】」：論点 5 の添付 5－1 参照）

③について

- ・ 使用済燃料を全量再処理した場合、全量直接処分した場合に比べ、高レベル放射性廃棄物は体積にして 3～4 割に低減でき、放射性廃棄物の全体量は、体積にして同程度～6%増加するとの試算がある（表 6－1）。
- ・ しかし、放射性廃棄物の全体量が増えたとしても、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、体積及び処分場の面積を低減できるので、環境適合性の確保の点からも、「使用済燃料の全量再処理」が我が国の基本路線となっている。

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ 国策としてMOX燃料の処分・再処理方法が決まり、実行可能になるまでのある程

度の期間、女川原子力発電所に保管されるのはやむを得ないと思われる。但し使用済MOX燃料の本数は、貯蔵プールの保管可能本数より充分少なく、当分の間、問題はないと考える。また、プルトニウムの一部は、これから建設される大間原子力発電所（MOX燃料専用設計された軽水炉）に譲渡される計画であることから、女川原子力発電所で使用するMOX燃料そのものが以前の計画より減ることとなり、使用済となるMOX燃料も減る。

使用済MOX燃料は、燃料プールで保管されることになるが、臨界管理、放射線管理などの安全対策を確認したところ問題ないとする。またテロ対策に関しても問題ないと思われる。

使用済MOX燃料の再処理によって、生ずる高レベル放射性廃棄物の量はウラン燃料の場合とほぼ同様である。低、中レベルの放射性廃棄物も発生し全体量は増加するが、MOX燃料使用に伴って、高レベル放射性廃棄物そのものの低減のメリットの方が大である。

一回使用したMOX燃料中に含まれているプルトニウムは、核分裂プルトニウムの割合が小さく再処理する価値（経済的価値）が少なくなる可能性はあるが、原子力発電の再処理全体としての検討の観点から国策として判断されるべき課題であろう。

- ・ 我が国の原子力政策は、再処理を前提としているために、使用済MOX燃料は原子力発電所に永久に保管されることはないとする。原子力委員会での今後の検討で方針が決められ着実に実施されることで住民の信頼が得られると考える。

東北電力の保管、安全対策の方針は妥当なものであると判断する。

放射性廃棄物の全体量が増えても、再処理により高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度、処分場面積等が低減できるため、環境負荷低減の観点からは効果的であると考える。

使用済MOX燃料の質は劣化するが、再処理は今までの知見から可能であると判断する。また、劣化したプルトニウムはFBRで利用できると考える。

- ・ これは東北電力（株）だけの問題ではなく、日本全体のエネルギー政策に関わる問題である。したがって事業者のみにゆだねられるものではなく、国の政策決定に大きく左右されるものである。

- ・ 国における努力（再処理施設建設）が速やかに行われるならば、女川で想定されるMOX燃料使用数が少ないことも考え合わせると、長期保管の心配はない。

燃焼後のウラン燃料／MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料の運転後の保管は使用済ウラン燃料と同じにできる。従って、その保管に格別な問題が生じることはない。

燃焼後のウラン燃料／MOX燃料は同じ燃料特性となることから、使用済MOX燃料再処理時の廃棄物発生量は、使用済ウラン燃料と同程度である。

基本的に、プルトニウムの同位体の核特性から、MOX燃料の使用は 1 回に限られる。しかし、未使用のプルトニウムとの混合などにより、十分な多数回の使用が可能である。

国における努力（再処理施設建設）が速やかに行われるならば、使用されるMOX燃料数は多くなく、この点の心配はない。

- ・ 使用済MOX燃料は、女川 3 号機の使用済燃料プールに保管される予定であるが、この容量に十分な余裕があり、冷却や耐震についても十分な対策がなされている。使用済MOX燃料の処理については、原子力政策大綱に定められる通り、2010 年頃から原子力委員会で検討が開始する。六ヶ所の第一処理工場の操業終了に十分に間に合うまでの間に結論が出る。使用済MOX燃料中には、軽水炉では燃えにくいプルトニウム含有量が大きくなるが、高速増殖炉で燃やせるため、貯蔵しておくこととなっている。使用済MOX燃料の全量再処理を行っても、放射性廃棄物の全体量はほとんど不変である。

○自治体の見解

原子力政策大綱^{※1}では、使用済MOX燃料の処理の方策について六ヶ所再処理工場の運転実績等を踏まえて 2010 年ころから検討を開始し、六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとしている。

東北電力は、使用済MOX燃料等を再処理する「第二再処理工場」が操業を開始するまでは、女川原子力発電所 3 号機の燃料プールに保管することとしているが、最も厳しい条件下においても当該燃料プールの冷却能力は十分であること及び未臨界性が確認されていることにより、安全性は確保され则认为。

また、使用済MOX燃料の再処理を行うと、全量直接処分よりも全体の放射性廃棄物は体積にして同程度から 6 %増加するが、高レベル放射性廃棄物の量は 3 割から 4 割まで減らすことができると試算されており^{※2}、高レベル放射性廃棄物の持つ有害度を低減することが可能となる。

なお、使用済MOX燃料の再処理に関しては、国内外での実績があるほか、原子力立国計画^{※3}においては、回収されたプルトニウムについては、高速増殖炉での利用又は再度プルサーマル燃料として利用することとしている。

※1 「原子力政策大綱」 原子力委員会 平成 17 年 10 月 14 日 閣議決定
※2 原子力委員会第 9 回新計画策定会議資料第 8 号 平成 16 年 10 月 17 日
※3 「原子力立国計画」 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会 報告書 平成 18 年 8 月 8 日

表 6-1 放射性廃棄物の種類と発生量（体積）

年間発生量（58GWe） ^{※1}		全量再処理	全量直接処分
ガラス固化体		約 1,400m ³	――
使用済ウラン燃料		――	約 3,800m ³ ^{※2} 約 5,200m ³ ^{※3}
低レベル廃棄物 （TRU 廃棄物）	L0	約 510m ³	――
	L1	約 800m ³	――
	L2	約 2,300m ³	――
低レベル廃棄物 （発電所廃棄物）	L1	約 590m ³	約 590m ³
	L2	約 7,400m ³	約 7,400m ³
	L3	約 6,300m ³	約 6,300m ³
低レベル廃棄物 （ウラン廃棄物）	L1	約 420m ³	約 460m ³
	L2	約 220m ³	約 230m ³

L0：地層処分
L1：余裕深度処分
L2：浅地中処分（コンクリートビット）
L3：浅地中処分（素掘り）

※1) 廃止措置時の放射性廃棄物を含む
※2) 1 キヤニスタ当りの使用済燃料 4 体のケース
※3) 1 キヤニスタ当りの使用済燃料 2 体のケース
※4) 炉寿命 60 年、サイクル施設寿命 40 年

出典：原子力委員会第 9 回新計画策定会議資料第 8 号より抜粋

論点7 地震によるブルサーマルへの影響

○検討課題

- ①新しい耐震指針により、どのようにして耐震安全性を確認（バックチェック）しているのか。
- ②地震の想定が小さいのではないか
- ③中越沖地震における知見はどのように活かしたのか。
- ④実際に地震により被災した場合、どのくらい被害を想定していて、また、防災体制はどうなっているのか。
- ⑤ブルサーマルを実施すると、地震の際に危険性が増すのではないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・耐震安全性が評価されていないのに、MOX燃料を使うブルサーマルの事前協議の申し入れを行ったのは問題ではないか。
- ・新たに策定した基準値震動 S_s に対してブルサーマルを実施した場合、原子炉特性等に影響はないのか。原子炉の緊急停止を確実にすることが可能か。
- ・女川原子力発電所の設計用基準地震が 580 ガルと設定されているが、小さすぎるのではないか。
- ・「耐震補強工事」が完了していないなら、ブルサーマル計画を中止・撤回するのが妥当ではないか。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

① について

- ・国（原子力安全・保安院）より、「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」（以下「バックチェックルール」という。）が策定されるとともに、各電力会社等に対して、稼働中及び建設中の発電用原子炉施設等について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性評価（以下「耐震バックチェック」という。）の実施とそのための実施計画の作成が指示されている。これらに基づいて耐震バックチェックを実施している。
- ・耐震バックチェックは、国からの指示に基づき以下の基本的な考え方に基づき実施している。

- 1）新耐震指針の要求（※）を踏まえ、既設発電用原子炉施設等の耐震安全性評価及び確認に当たっては、基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の安全機能

の保持の観点から行うこととする。

- 2）基準地震動 S_s に対する安全機能の保持の評価及び確認を行う施設は、新耐震指針によるSクラスの施設とする。

なお、Sクラスの施設に波及的破損を生じさせるおそれのあるBクラス及びCクラスの施設については、基準地震動 S_s によるSクラスの施設への波及的影響の評価及び確認を行うこととする。

- 3）基準地震動 S_s は、新耐震指針に則り「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を考慮して策定することとする。
- 4）施設に作用する地震力の算定、発生応力の算定、安全機能の評価及び確認等に用いる地震応答解析手法、解析モデル、許容値等については、従来の評価実績、最新の知見及び規格・基準等を考慮することとする。

※「新耐震指針の要求」:

新耐震指針では、「耐震設計上重要な施設は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動による地震力に対して、その安全機能が損なわれることがない」よう求めている。

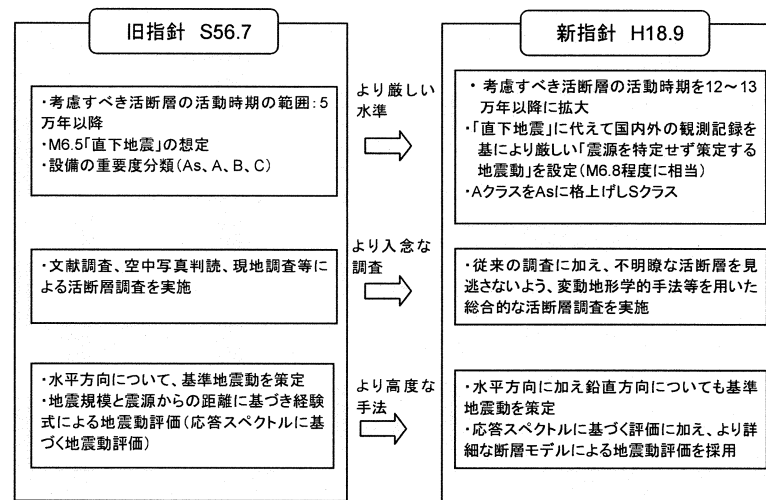


図1 新耐震設計審査指針のポイント

表1 新耐震指針の主な改訂内容		
項目	旧指針	新指針
設備の 重要度分類	A s、A、B、Cの4分類	S、B、Cの3分類 (AをA sに格上げし、統合)
活断層の 評価	過去5万年前以降に活動した 活断層	過去12～13万年前以降に活動 した活断層
地震動の 評価	応答スペクトルによる経験的評価	応答スペクトルによる経験的評価 ＋ 断層モデルによる詳細評価
直下地震の 考慮	一律にマグニチュード6.5の直 下地震を想定	敷地毎に震源を特定できない地震 動の揺れを定義
基準地震動	設計用最強地震による基準地震動 S1 設計用限界地震による基準地震動 S2	基準地震動Ssに1本化 (設計に際して基準地震動Ssを 係数倍した弾性設計用地震動Sd を設定)

- ・平成18年9月 原子力安全委員会にて決定
- ・最新の地震学・地震工学などの知見を反映し、高度化

② について

- ・基準地震動Ssは、地震観測記録や地質調査結果を踏まえて、中越沖地震から得られた知見など、最新の知見を反映して策定している。

女川では、地質調査結果を踏まえて活断層をより安全側に評価し、2005年の地震観測記録等により得られた知見も反映している。検討用地震としては、プレート間地震ではM8.2、プレート内地震および内陸地殻内地震ではM7.1の地震を選定し、応答スペクトルによる手法や断層モデルを用いた手法により不確かさも考慮して評価しており、評価すべき地震動として妥当なものとしている。

表2 地震の分類と考慮する地震			
様式	プレート間地震	海洋プレート内地震	内陸地殻内地震
特 徴	過去の被害状況から、敷地に影響を及ぼすプレート間地震は、宮城県沖地震のうち陸側の震源域が活動する地震	日本海溝付近で発生する「沈み込む海洋プレート内地震」による影響は小さい。「沈み込んだ海洋プレート内地震」による被害が知られている。	太平洋側海域、仙台湾側海域等に活断層が分布
考慮する地震	宮城県沖地震のうち、陸側と海側の震源域が連動する連動型想定宮城県沖地震（Mw8.2）を考慮	東北地方で発生した「沈み込んだ海洋プレート内地震」の最大規模である2003年宮城県沖の地震（M7.1）を敷地下方に考慮	地震規模と敷地との距離の関係から、F－6断層～F－9断層による地震（M7.1）を考慮

表3 策定された基準地震動Ss（単位：cm/s ² ）				
基準地震動Ss			水平方向	鉛直方向
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法	Ss－D	580	387
	断層モデルを用いた手法	Ss－F	445	209
震源を特定せず策定する地震動		Ss－B	450	273

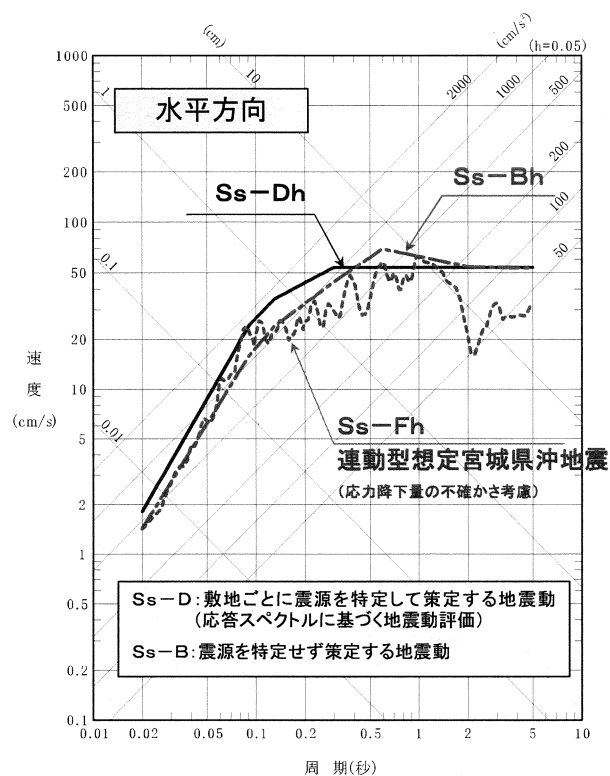


図2 基準地震動S s の応答スペクトル

③ について

中越沖地震を踏まえた耐震バックチェックに反映すべき事項については、国からの指示に基づき適宜中間報告書やバックチェック審議資料に反映してきている。

具体的には、基準地震動S s の策定においては、断層モデルによる検討における応力降下量の1.5倍の考慮や地盤の地下構造特性の影響の考慮などである。

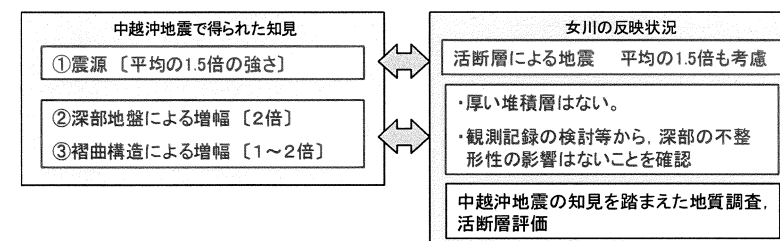


図3 中越沖地震で得られた知見との対応

④ について

原子力発電所の設備は、安全上の重要度に応じ、設備の耐震クラスを分類し、クラス毎に考慮する地震力に対して機能を維持できるよう設計することが基本である。

ただし、地震時に耐震クラスの下位の設備が損傷したとしても、耐震クラスが上位の設備に影響がないことが求められており、設備の配置や隔離壁の設置などを考慮するほか、場合によっては上位クラス並みの強度を確保している。

また、消防法に基づく防火設計も実施している。

新潟県中越沖地震の発生を踏まえて、以下の対応を実施しており、災害時の対応に万全を期すこととしている。

- 自衛消防体制および事故報告体制の強化
 - ・初期消火体制の強化（要員増加、消防車の追加配置、大型消火器の増設）
 - ・放射性物質の漏えい等の事実確認体制を強化
 - ・災害時連絡手段の確保（女川は従来より確保済み）
- 事務所（緊急対策室を含む）の耐震性向上
 - ・増設する事務本館を免震化（実施中）
 - ・既設事務所の耐震補強（実施中）
- 屋外施設の基礎強度の確認
 - ・変圧器、タンクなど

なお、女川原子力発電所では、2005年宮城県沖の地震を踏まえ、最も古い1号機について、経年化の影響評価を行っており、耐震安全上問題のないことを確認している。

⑤ について

以下のことから、プルサーマルを実施しても、耐震安全性に影響はないものと評価している。

- ・MOX燃料の採用にあたっては、原子炉施設の構造や設備など耐震性に関わる変更を伴うものではない。
 - ・MOX燃料集合体はウラン燃料集合体と基本的な構造が同じであり、耐震安全性に影響を与えるものではない。
 - ・新指針による基準地震動Ssに対して、女川3号機の主要施設の耐震安全性に問題のないことを確認している。
- 燃料集合体については、地震時の変位により、制御棒の挿入性に問題のないこと（規定時間内に挿入できること）を確認している。

○ 国の見解

① ～③について

原子力安全・保安院は、「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」（バックチェックルール）を策定するとともに、各電力会社等に対して、稼働中及び建設中の発電用原子炉施設等について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性評価（耐震バックチェック）の実施とそのための実施計画の作成を求め、これらに基づいて耐震バックチェックの審議を実施している。

また、原子力安全・保安院は、中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価を実施するため各電力に対して以下の通り指示し、この指示内容を踏まえた審議を実施している。

- （1）平成19年7月16日 新潟県中越沖地震発生。原子力安全・保安院は本地震を踏まえ、各電力会社等に対して耐震バックチェック実施計画の見直しを求めた。
- （2）平成19年12月27日 原子力安全・保安院は「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震バックチェックに反映すべき事項の中間とりまとめについて」をとりまとめ、各電力会社等に対して、耐震バックチェックに反映するよう求めた。
- （3）平成20年9月4日 原子力安全・保安院は「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について」をとりまとめ、各電力会社等に対して、耐震バックチェックに反映するよう求めた。

これらを踏まえた審議により原子力安全・保安院は、建物及び施設の評価に関して8月10日の第39回構造WGにて東北電力の評価結果を妥当と判断し、地質及び地震動の評価に関して11月30日の第38回合同WGにて東北電力の評価結果を妥当と判断している。

原子力安全・保安院は、12月3日に新耐震指針に照らした女川原子力発電所の耐震安全性に係る中間報告が「妥当」であるとの評価結果を東北電力に通知している。

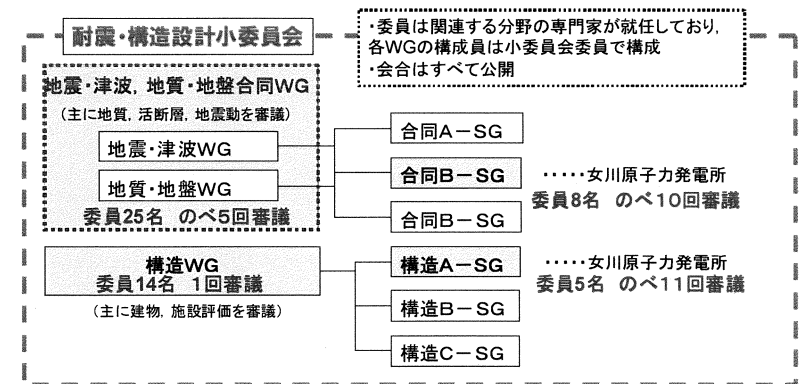


図4 原子力安全・保安院における審議体制

④について

・原子力安全・保安院では、「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」の元に「中越沖地震における原子力施設に関する自衛消防および情報連絡・提供に関するワーキンググループ」を設置して審議を行い、報告書を取りまとめ、平成20年2月20日に調査・対策委員会です承された。

その後の、事業者の対策実施状況については、「原子力防災小委員会」で確認されている。

⑤について

- ・MOX燃料の採用にあたっては、原子炉施設の構造や設備など耐震性に関わる変更を伴わないこと、及びMOX燃料集合体は、ウラン燃料集合体と基本的な構造が同一であることから、MOX燃料の採用は原子力発電所の耐震安全性に影響を与えるものではない。

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ 新指針に対する対策として、東北電力が示したバックチェックのプロセスを確認した結果、1) 基準地震動の作成段階において考慮すべき項目が明快に示されていること、また、作成した基準地震動に対して、Sクラスの施設の安全性の確認をするばかりでなく、Bクラス及びCクラスの施設については、基準地震動S sによるSクラスの施設への波及的影響の評価及び確認を行っている。説明資料から検討方法は明快に理解できる。よって、国が新指針で要求する耐震安全性の要求に対する女川発電所の耐震安全性確認の方法は妥当であると判断する。

静的地震力については、一般の建物と女川原子力発電所の耐震性能を比較する上では重要であり、女川について静的地震力と動的地震力の関係について確認することが出来た。なお、今後新たな施設の設計にあたっては、基準地震動S sの検討のみならず、静的地震力や基準地震動S dによる検討についても十分留意しながら取り組む必要がある。

上下動に対する地震力の考え方については、新指針と旧指針の違いを確認するとともに、上下動に関する建屋の地震応答解析の妥当性を2005年宮城県沖の地震による検討で確認することが出来た。上下動の施設評価については、水平動との同時入力評価等、今後も評価手法を高度化してゆくよう観測記録による検討を継続して取り組んでいくことを望む。

新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原発の1号機～4号機に対する基準地震動は2,000ガルを超える最大加速度（約2,300ガル）となっているのに対し、女川の基準地震動S sの最大加速度は580ガルという値となっているが、女川原発の基準地震動S sの評価は以下の理由により妥当であると判断する。

- 1) 柏崎刈羽の基準地震動Ssとの違いの要因として東北電力が引用して示した新潟県中越沖地震の震源特性（平均的の1.5倍）、伝播経路の特性（平均的の2倍）、および褶曲地盤によるサイト特性（2倍）に関する説明資料、および中越沖地震における知見を踏まえた地質調査や活断層調査に基づく女川原発敷地周辺の地質・地質構造に関する説明資料を確認したところ、硬岩サイトの女川では震源特性として柏崎と同じく平均の1.5倍を考慮しても、褶曲構造を有する軟岩サイトの柏崎刈羽よりも1／4倍程度の大きさとなることは最新の地震学・地震工学の視点から十分理解できる。
- 2) また、東北電力は基準地震動S sの評価のための想定地震としてプレート境界の地震としての運動型想定宮城県沖地震（Mw8.2）、海洋プレート内地震としての2003年宮城県沖の地震（M7.1）を敷地下方に想定した地震、海洋プレート内地震としての2003年宮城県沖の地震（M7.1）、及び内陸地殻内の活断層による地震としてのF-6断層～F-9断層による地震（M7.1）等に対する地震動評価について、不確定要素の影響について確認したところ震源特性としてのアスペリティーの応

力降下量、伝播経路や敷地周辺の地質・地質構造によるサイトの地震動増幅特性の影響を十分考慮していると判断できる。

- 3) 震源を特定できない地震に対する検討もなされており、0.5秒～2.0秒の周期帯域の構造物は、これにより地震力が決定されることが確認できる。

- 4) さらに、昨年、陸のプレート内で発生した岩手・宮城内陸地震では、断層近傍で、特に上下動の大きい加速度値が観測されているが、その主な要因は表層地盤の影響という見解が示されており、岩盤に立地する女川原子力発電所に直ちに適用される事例では無い。また、岩手・宮城内陸地震は、もともと微小地震の発生が認められる「歪集中帯」で発生した地震であり、同様の規模の地震の発生が女川の位置する北上山地南部で発生が予想される訳では無い。

原子力発電所の設備は、安全上の重要度に応じ、設備の耐震クラスを分類し、クラス毎に考慮する地震力に対して機能を維持できるよう設計することが基本であるが、地震時に耐震クラスの下位の設備が損傷した場合でも、耐震クラスが上位の設備に影響がないようになっているかどうかを確認したところ、設備の配置や隔離壁の設置などを考慮するほか、場合によっては上位クラス並みの強度を確保しているという東北電力の対応は妥当であると判断する。

事務所の耐震性向上対策や屋外施設の基礎強度の確認がなされている。事務所（緊急対策室を含む）の耐震性向上については、現在実施中の増設する事務本館を免震化や既設事務所の耐震補強の実施状況を現地調査により確認した。屋外施設の基礎強度の確認については、柏崎刈羽発電所の変圧器の火災の原因となった基礎形式の違いによる相対変位を解消するための基礎工事の実施などを現地調査により確認できた。

これらの耐震対策は、地震時における原発の安全性確保を確保する上で有効であると判断できる。

MOX燃料集合体はウラン燃料集合体と基本的な構造が同じであり、MOX燃料の採用にあたっては、原子炉施設の構造や設備など耐震性に関わる変更を伴うものではないとする東北電力の見解は妥当なものと判断する。また、新指針による基準地震動Ssに対する女川3号機の主要施設の耐震安全性評価の方法を確認したところ、耐震安全性に問題のないとする東北電力の見解は妥当であると判断する。地震時の制御棒の挿入性（規定時間内に挿入できること）については、地震時の変位を評価した地震応答解析モデルの減衰定数の設定など評価法に付いて確認したところ、問題のないとする東北電力の見解は妥当なものと判断する。

- ・ 国からの指示に従って、新しい耐震指針に基づき、女川原子力発電所に最も強い揺れを起こす地震を想定し、想定した地震に対する原子力発電所施設の耐震安全性を評価（耐震バックチェック）している。新しい耐震指針では、内陸地殻内地震を特に重要視している。地震の想定では、原子力発電所周辺で起こる内陸地殻内地震を見逃さ

ないように詳細な活断層の調査を実施することになっている。近年、中越地震をはじめとして内陸地殻内地震の地震被害が日本の各地で起こっていることに対応しており、新しい耐震指針は実情に合致しているものと考えられる。また、地震による原子力発電所の揺れ（地震動）の評価方法に断層モデルを使用することになっており、地震工学の最新の技術を取り入れている。従って、新しい耐震指針は、地震学及び地震工学の最新の知見に基づいているので、耐震安全性が重要となる原子力発電所の耐震性能評価方法として妥当である。

地震の想定では、地質調査等を行って原子力発電所周辺の活断層を丹念に調べ、地震学の最新の知見を取り入れている。さらに、中越沖地震を踏まえて地震の不確かさを考慮し、地震を大きめに想定している。想定した地震が起きた場合に生じる発電所の揺れ（地震動）の評価では、中越沖地震の経験を踏まえて地中深い地盤も考慮し、また、地震工学の最新の知見も取り入れている。従って、現在の知見からみると、想定した地震は小さいとは言えない。

想定した地震が現実起きたとしても、耐震安全上重要な原子炉建屋は評価基準に対して約2倍の余裕があり、耐震安全性が確保されている。原子炉建屋ほど耐震安全性が要求されないタービン建屋についても原子炉建屋と同等の評価を自主的に実施し、耐震安全性が確保されていることを確認している。また、原子炉を「止める」、「冷す」、放射性物質を建物内部に「閉じ込める」に関わる設備については、評価基準に対して約1.6倍の余裕があり、想定した地震が起きても原子炉が安全に停止できるように設計がされている。万が一、予測できない何らかの原因により原子炉建屋内部で放射性物質が漏れても、放射性物質を建物の外に出さないように設計がなされている。

耐震余裕度の更なる向上が必要と判断した配管サポート、クレーン、排気筒については、耐震裕度向上の工事を実施しており、想定した地震が起きたとしても原子力発電施設の被害は軽微なレベルに止まると判断される。

地震防災体制では、中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所の経験を踏まえて地震直後の初期対応の強化が図られている。化学消防車を追加配置し、消防要員を増加し、定期的に消防訓練を実施して、初期消火が確実に実行されるように自衛消防体制を強化している。放射性物質の漏えい等の事実確認体制についても、万全を期するように体制の強化を図っている。中越沖地震では、原子力発電所の事務所に設けられた緊急対策室のドアの枠が地震で歪み、ドアがあけられず、緊急対策室が使用できなかった。この経験から、既存の事務所を耐震補強し、また、地震直後から通常と同じように使用することが可能な免震構造を増設する事務所に採用することで、緊急対策室が使用できるようにしている。中越沖地震の経験は、地震の想定だけでなく地震防災体制にも生かされている。

地震に対する安全性は原子炉施設の建物・構築物及び機器・配管の耐震性能に関わるが、使用する燃料には関わらない。プルサーマルでMOX燃料を使用しても、地震

に対する危険性が増すことはない。

- ・ 新耐震指針に基づき、着実に耐震安全性の評価が行われると判断する。中越沖地震から得られた知見、最新の知見をもとに地震想定を行って評価している。

防災体制については、中越沖地震の発生を踏まえて、対応をすることとしており、妥当なもの判断する。

原子炉施設の構造や設備に関わる変更がないこと、MOX燃料集合体とウラン燃料集合体の構造は同一であること等により、MOX燃料の採用は、耐震安全性に影響を与えるものではないと判断する。

- ・ 女川で想定されるMOX燃料は、燃料分を除きウラン燃料と同じである。従って、MOX燃料を使用した時に限った危険性はない。また、中越沖地震における知見も反映された耐震設計もなされており、女川の耐震性に問題はないと考えられる。

- ・ 旧指針を高度化した新指針では、徹底的な地質・活断層調査により影響の最大と考えられる検討用地震や震源を特定しない地震を含めて最大の地震動となる基準地震動を策定して、これに耐震設計上重要な施設の安全機能の保持が可能であるとの評価を受けている。この評価には中越沖地震の知見を十分に反映している。被災した場合の対策として、消防車の体制は問題なく、中越沖地震で問題となったような変圧器等における基礎の違いの無いことも確認した。以上により、ウラン燃料に対して十分な耐震安全性を備えており、プルサーマル実施が耐震安全性に悪影響を与えることはない。

○自治体の見解

女川原子力発電所のプルサーマルについては、耐震性にかかわる変更を伴わず、燃料集合体の構造も同一であることから、ウラン燃料と同様の耐震安全性は確保される考える。

また、女川原子力発電所では、平成18年9月に改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」及び平成19年7月に発生した新潟県中越沖地震を踏まえた耐震バックチェック[※]を実施しており、基準地震動の設定及びその地震動における耐震安全性について検討がなされている。

なお、女川原子力発電所各号機の耐震バックチェックに用いる基準地震動は、敷地周辺の地質やその構造について調査がなされ、また、地震動評価においては、断層モデル又は応答スペクトルを用いて「震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特

定せず策定する地震動」を設定した上で適切に策定されており、原子力安全・保安院において妥当との評価が出されている。

安全性検討会議の専門家による確認においては、東北電力が実施した女川原子力発電所3号機に対する耐震バックチェックの手法は妥当であり、加えて、地震時に下位の耐震クラスの設備が損傷した場合でも、耐震クラスが上位の設備へ波及的影響がない設計となっていることも確認し、耐震安全性に問題がないものとの意見を受けている。

地震に対する防災体制については、中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の経験を踏まえた地震直後の初期対応の強化が図られており、問題はないものと考えている。

※ 改訂された耐震指針は、今後新設される原子力発電所等に適用されるが、稼働中の原子力発電所等についても、改訂後の耐震指針に照らして耐震安全性の評価を実施することとされており、この耐震安全性の評価を「耐震バックチェック」という。

2 安全審査事項

論点8 燃料健全性への影響

論点8-1 ペレット中心温度

○検討課題

MOX燃料は、ウラン燃料よりペレットの融点が低下し、熱伝導率も小さくなり、燃料中心温度が上昇する傾向にある。燃料の健全性を保つことはできるのか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ プルトニウムは、ウランのように簡単に実験が行えず、データが決定的に不足しており、事故時の評価が十分に行われているとは思えない。
- ・ プルトニウム含有率の違いによって、数十度から約100℃ウラン燃料より融点が低くなる。
- ・ MOX燃料は熱伝導度が約5%小さくなる。それだけ熱を伝えにくく、燃料温度が上がりやすくなる。
- ・ 燃料中心温度、燃焼に伴う融点が低下する傾向にあるが、大きな温度差はなく、制限値の温度に対して十分な余裕がある。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ MOXペレットは、二酸化プルトニウム (PuO_2) 含有率が高い程、熱伝導度が低くなって温度が上がりやすくなり、同時に融点は低くなることから、 PuO_2 含有率が上限の10重量%（以下wt%）であるMOXペレットについて評価を行っている。
- ・ PuO_2 含有率が10wt%のMOXペレットの燃料使用開始時の融点は約2740℃であり、純粋なウランペレット(2805℃)の場合に比べ幾分低下する。(設置許可申請書8-3-19)
- ・ また、最近の融点測定によれば、燃料の使用に伴う融点の変化は小さいことが確認されているが、保守的に約1年(10000MWd/t)あたり32℃低下すると仮定して比較する。
- ・ MOX燃料集合体において、燃料使用期間を通じてのMOXペレットの最高温度は約1660℃である。9×9燃料集合体におけるウランペレットの最高温度約1550℃よりは上昇するが、常に融点に対して約1000℃程度余裕があり、燃料の健全性は保たれる。(表8-1、図8-1 参照) (設置許可申請書8-3-20)
- ・ 参考として、MOX燃料集合体中のウランペレットの最高温度は約1800℃である。(図8-1 参照)

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
MOX燃料は、核分裂生成ガス放出率がウラン燃料に比べ若干高めの傾向であることから、燃料棒の伝熱特性の低下及び燃料棒内圧の上昇がウラン燃料に比べ大きくなる特徴がある。MOX燃料では、ウラン燃料で従来より行われている初期ヘリウム加圧、ペレットの高密度焼結に加え、MOX燃料棒のブレナム体積を大きくしている。これにより、燃料中心温度は、燃料寿命を通じて融点に対して低く抑えられ、また、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても、燃料棒内圧によるMOX燃料の燃料被覆管の応力は許容応力を超えないように設計される。

(原子力安全・保安院：安全審査書P7)

MOX燃料被覆管応力については、内外圧力差、水力振動、スパーサの接触圧による応力及び熱応力等を考慮し、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、許容応力を下回るように設計するとしている。

MOX燃料棒内圧については、ウラン燃料棒に比べて核分裂生成ガスの放出、ヘリウムガスの放出が多いことから内圧が高くなる傾向にあることに対応するため、ウラン燃料で従来から行われている初期ヘリウム加圧によって燃料ペレットからのガスの放出を抑制することに加え、燃料棒上部にあるプレナム体積を大きくした設計とすることで、燃料棒内圧の上昇を抑制するとしている。

MOX燃料ペレット温度については、ペレットの融点の実験結果を基に定められており、燃料寿命を通して、MOX燃料ペレット最高温度を、融点に対して低く抑えるとしている。

(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 1. 1 (1) 機械設計 P4)

論点8-2 燃料棒内圧

○検討課題

MOX燃料はウラン燃料より、ペレットからの核分裂生成ガスの放出率が高く、燃料棒の内圧が上昇することで、燃料棒の健全性が損なわれるのではないかと。

また、反応度急昇事故時の試験が行われていないのではないかと。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 燃焼度が増えていくに従い、どのように内圧が変化していくのかが不明ではないかと。最高燃焼度に達したとき、核分裂生成ガスが何%になるのかが不明ではないかと。
- ・ 気体状の核分裂生成物（FP ガス、通称「死の灰」のうち気体状のもの）がペレットから漏れやすい。
- ・ ウラン燃料よりFPガスが多く出やすく、燃料棒内の圧力が高くなる。
- ・ 反応度急昇事故時の試験が行われていない。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

[燃料棒の内圧について]

- ・ MOX燃料はウラン燃料棒に比べて熱伝導度が低くなり、ペレット中心温度が高くなるため（論点8-1参照）、FPガス放出率が高くなると考えられる。また、MOX燃料はプルトニウム等の α 崩壊によるヘリウムガスの生成量および放出量が多くなる。
- ・ このため、燃料棒内に溜まるガスの増加による燃料棒内圧の上昇を抑える目的で、MOX燃料棒ではガス溜め用空間（プレナム）体積を 9×9 燃料のウラン燃料棒に比べて大きくしている。（プレナム部体積／燃料部体積：MOX燃料棒＝0.13、 9×9 燃料のウラン燃料棒＝0.09）（図8-2参照）
- ・ PuO_2 含有率が高いほどペレット中心温度が高くなり、FPガス放出率、Heガス放出率が増加し、内圧が高くなることから、評価は保守的に PuO_2 含有率が上限の10wt%であるMOX燃料棒について行っている。
- ・ 燃料強度上、最厳しくなるのは燃料棒の内圧と外圧の差が最大となるときである。外圧（＝原子炉の圧力）は約7MPaであるため、燃料棒の内圧が最も低い燃料使用開始時に内圧と外圧の差が最大となるが、この場合でも、MOX燃料の燃料被覆管に生じる応力は許容応力の約60%程度と十分余裕がある。
- ・ また、MOX燃料集合体において、燃料取出し時の燃料棒内圧は、MOX燃料棒で約5.7MPa[abs]、外圧（約7MPa[abs]）を超えない。この値は 9×9 燃料集合体のウラン燃料棒内圧約5.6MPa[abs]と比較しても大きな差はない。参考にMOX燃料集合体のウラン燃料棒の取出し時の内圧は約6.0MPa[abs]である。（表8-2、図8-3）
- ・ このように、FPガス放出率やHeガス放出率の増大を考慮しても、燃料棒内圧は 9×9 燃料集合体のウラン燃料棒の場合と大きな差はなく、燃料棒内圧によるMOX燃料の燃料被覆管の応力は許容応力を超えないため、燃料棒の健全性は保たれる。（設置許可申請書8-3-20（4））

[反応度投入試験について]

- ・ 反応度投入事象時の影響については、事象の模擬ができる実験として（旧）日本原子力研究所の原子炉安全性研究炉（NSRR）を用いた実験及び米国のSPERT実験が行われており、溶融・脆化の破損しきい値はウラン燃料と同等であり、破損形態も同じであると報告されている。（表8-3参照）

○国の見解（安全審査結果）

- ・以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。

MOX燃料は、核分裂生成ガス放出率がウラン燃料に比べ若干高めの傾向であることから、燃料棒の伝熱特性の低下及び燃料棒内圧の上昇がウラン燃料に比べ大きくなる特徴がある。MOX燃料では、ウラン燃料で従来より行われている初期ヘリウム加圧、ペレットの高密度焼結に加え、MOX燃料棒のプレナム体積を大きくしている。これにより、燃料中心温度は、燃料寿命を通じて融点に対して低く抑えられ、また、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても、燃料棒内圧によるMOX燃料の燃料被覆管の応力は許容応力を超えないように設計される。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P7）

MOX燃料被覆管応力については、内外圧力差、水力振動、スパーサの接触圧による応力及び熱応力等を考慮し、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、許容応力を下回るように設計するとしている。

MOX燃料棒内圧については、ウラン燃料棒に比べて核分裂生成ガスの放出、ヘリウムガスの放出が多いことから内圧が高くなる傾向にあることに対応するため、ウラン燃料で従来から行われている初期ヘリウム加圧によって燃料ペレットからのガスの放出を抑制することに加え、燃料棒上部にあるプレナム体積を大きくした設計とすることで、燃料棒内圧の上昇を抑制するとしている。

MOX燃料ペレット温度については、ペレットの融点の実験結果を基に定められており、燃料寿命を通して、MOX燃料ペレット最高温度を、融点に対して低く抑えるとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3. 3. 1. 1 (1) 機械設計 P4）

論点8-3 プルトニウムスポット

○検討課題

プルトニウムとウランを混合してMOX燃料を作るときに、プルトニウムの固まり（プルトニウムスポット）ができる場合があるといわれているが、燃焼の際に燃料棒の健全性が損なわれるのではないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ プルトニウムスポットができることは確かであり、燃料の健全性にどのような影響を与えるかは、必ずしも十分に解明されていない。
- ・ フランスのMIMAS 法は、イギリスのSBR 法に比べプルトニウムスポットができやすいとされている。
- ・ プルトニウムスポットは、MOX燃料中のプルトニウム含有率が大きいほど数も大きさも増す。それだけFPガスの放出率が増加すると考えられている。
- ・ プルトニウムスポットからガス状の核分裂生成物の放出率が多くなり、MOX燃料とウラン燃料の焼きむらも生じるので燃料破壊が起こりやすくなる。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ プルトニウムスポットがあると、その部分では他の部分より核分裂数が多くなり、局部的な発熱量やFPガスの放出率が高くなることが考えられる。
- ・ しかしながら、以下の通り、MOXペレット中に生じるプルトニウムスポットは十分小さく、燃料健全性に与える影響は無視し得るものである。
- ・ プルトニウムスポットの影響についての実験、解析結果を以下に示す。

【燃料破損への影響】

国内（NSRR）および海外（米 SPERT 実験）の試験用原子炉を用いた実験が行われている。

NSRRでは、MOXペレットに直径 400 μ m、1100 μ mの 100wt%PuO₂を、米 SPERTでは、ウランペレットに直径 550 μ mの 100wt%PuO₂を埋め込み、プルトニウムスポットが存在した場合を模擬して反応度投入試験を行った。その結果、いずれも燃料破損への影響はないことが確認された。

【ペレット温度の上昇】

400 μ m のプルトニウムを仮定した解析では、プルトニウムスポットとそれ以外の領域の温度差は数十度程度と小さい。

【FPガス放出率の増加】

MIMAS法で製造されたMOX燃料について、FPガス放出率を測定した結果、ウラン燃料との差異はみられなかった（図8-4、8-5 参照）。

【燃料棒内圧の上昇】

上記のようにFPガス放出率に差異がないため、内圧の上昇にも影響はない。これらの実験、解析結果より、直径 400 μ m 程度のプルトニウムスポットが存在しても、ウラン燃料と比べて顕著な影響はないことを確認している。

- ・ MOXペレットの製造にあたっては、燃料健全性に影響を与えない範囲として、プルトニウムスポットの直径で400 μ m以下となるよう仕様を定めて製造管理を行なう。
- ・ なお、現在、加工事業者で採用している製造方法（MIMAS法、SBR法）では、実際のプルトニウムスポットの大きさは最大でも等価直径200 μ m以下であることが報告されている（図8-6、8-7(1)(2)参照）。

【参考】

M I M A S 法：

最初比較的高いPuO₂含有率のMOX粉末をボールミル（円筒形のセル内にMOX粉末と金属製のボールを投入し、セルを回転）で粉碎混合することで均質化処理を行う（1次混合）。さらにUO₂粉末を混合して攪拌機にて均質化処理を行い（2次混合）ことで所定のPuO₂含有率に調整する。

S B R 法：

1回の混合で所定のPuO₂含有率のMOX粉末を得るために、アトリターミル（MOX粉末と金属製のボールを攪拌機により強制的に攪拌）によって粉碎混合を行うことで均質化を行っている。

○国の見解（安全審査結果）

- 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
MOX燃料は、燃料ペレット内にプルトニウム含有率の不均一が生じる可能性があるが、この不均一性は燃料の健全性に影響を与えない範囲で管理される。
（原子力安全・保安院：安全審査書P8）

MOX燃料については、燃料ペレット内にプルトニウム含有率の不均一（プルトニウムスポット）が生じる可能性があるが、燃料の健全性に影響を与えないとしている。
（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3. 3. 1. 1（1）機械設計P4）

○安全性検討会議委員からの意見

- プルトニウム含有の影響は認められるが、影響が限定的であるか、対策が講じられることにより、燃料の性能はウランの燃料のものと同程度の性能を有すると考えられる。しかし、プルトニウム含有の影響が存在することを十分考慮し、慎重な運転（特に燃焼度管理）を行うことを求める。
- MOX燃料の融点の低下は、燃焼度によるペレット中心温度の推移を考慮しても問題とならない。核分裂生成ガスの放出量も、燃料被覆管内での圧力が原子炉圧力よりも低いことから問題とならない。反応度急昇試験の結果、当該事故における燃料の溶融・破損の閾値はウラン燃料と同等である。
プルトニウムスポットのサイズは400μm以下に管理され、このサイズ以下で、ペレット温度の上昇、FPガス放出率の上昇、燃料棒内圧の上昇のいずれにおいても、重要な影響はない。

【「8-1 ペレット中心温度」について】

- MOX燃料の試験データをもとに確立した評価手法を用いて解析し、融点に対して十分な余裕をもった設計値となっているため、健全性が保たれると判断する。
- MOX燃料では、プルトニウム含有の影響で融点、ガス放出率などの点で若干の影響が認められる。融点の悪化は小さく、燃料の機能を損ねることはない。

【「8-2 燃料棒内圧」について】

- 燃料棒の内圧上昇については、ガスブレナム体積を増加する等の設計上の配慮がなされるため、燃料健全性上問題ないと判断する。反応度投入事象については、旧原研のNSRRを用いた実験等によりウラン燃料と破損挙動は同等という結果が得られており、問題ないと判断する。

- ガス放出率への影響は有意であるが、ガスブレナムの拡大により燃料棒内圧はウラン燃料と同程度に維持される。

【「8-3 プルトニウムスポット」について】

- プルトニウムスポットについては、今までの知見を基にした製造方法を用い、製造管理を十分に行うことにより、燃料健全性上問題ないと判断する。
- プルトニウムスポットは、それが大きい場合、核性能・燃料性能に影響すると認められる。しかし、女川で予定される燃料製造において予想されるプルトニウムスポットは小さいことから、核性能・燃料性能に影響はない。

○自治体の見解

MOX燃料は、ウラン燃料よりも融点が低く、熱伝導率も小さく、燃料中心温度が高い傾向にあるが、使用期間全体を通じて、最高温度は融点に対して約1,000℃程度の余裕があることが確認されている。

また、MOX燃料は、ガス状の核分裂生成物の放出率が高く、ヘリウムガスの生成量も多いため、燃料棒内のガスため用空間（ブレナム）の体積を大きくすることにより、内圧を安全の範囲内に保つこととしている。

さらに、プルトニウムスポットについては、日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所）において最大で直径1,100μmのプルトニウムを埋め込んだMOX燃料で反応度投入試験を行っており、燃料破損への影響はないことが確認されていることに加えて、その他の燃料の健全性に関しても日本のほか、米国やフランスにおいて実験が行われてきている。

今回、東北電力が使用を計画しているMOX燃料は、プルトニウムスポットの直径が400μm以下となるよう仕様を定めて製造管理を行うとしている。

これらのことから、燃料棒の健全性が損なわれることはないものと考える。

表 8－1 ペレット最高温度

	MOX ペレット (PuO ₂ 含有率 10wt%)	ウランペレット (9×9燃料 (A型))
燃料使用開始時	約 1,470℃	約 1,520℃
(中 間)	約 1,660℃	約 1,550℃
燃料取出し時	約 1,320℃	約 780℃
中間時の融点	約 2,650℃	約 2,700℃
ペレット融点の下限	約 2,560℃	約 2,630℃

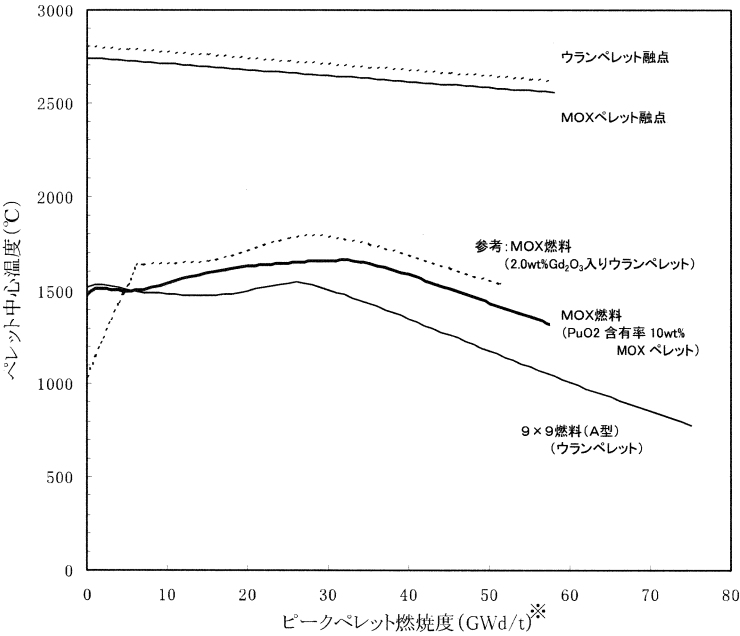
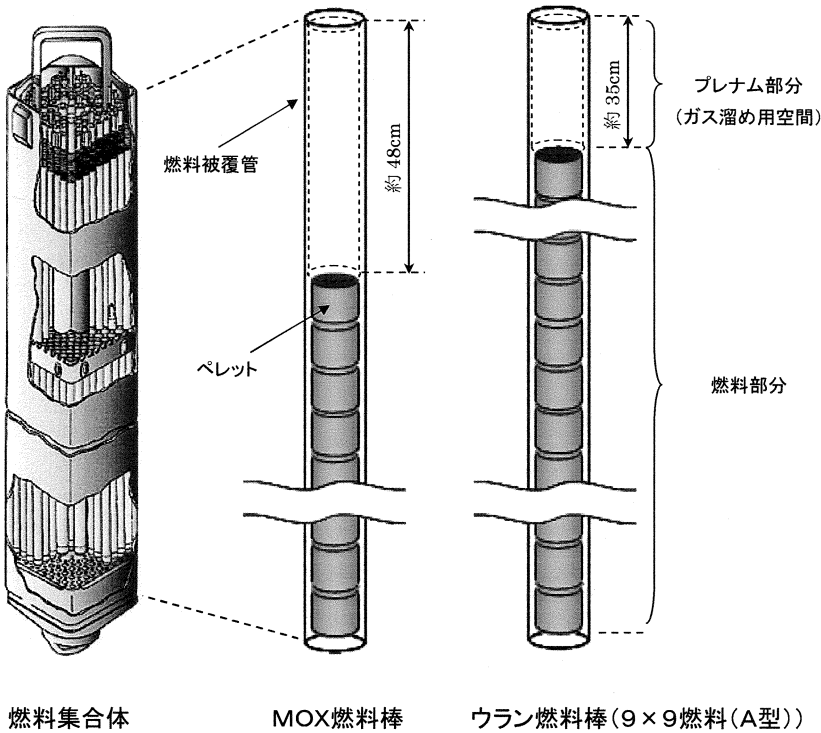


図 8－1 ペレット中心温度推移

※ピークペレット燃焼度：燃料集合体を構成するペレットのうち、最も燃焼の進んだものの燃焼度。



プレナム体積比＝プレナム部分体積／燃料部分体積
MOX燃料棒 : 0.13
ウラン燃料棒(9×9燃料(A型)) : 0.09

図 8－2 燃料棒のプレナム体積比

表 8－3 MOX 燃料に関する反応度投入試験について (BWR 関連)

試験項目	実施団体	実施期間	試験概要	関連文献
SPERT (アメリカの反応度投入試験 模擬試験機) 実験	・アメリカ原子国立工学研究 所	1970 年	・MOX 燃料の溶解・酸化の侵襲しき、値はウラン燃料と同 等 ・50 μm のフリスボスボナ存在しても機械的エネル ギの発生は無い	・W. G. Lassie, "The Response of Mixed Oxide Fuel Rods to Power Bursts", IN-TFR-114, April (1970) ・M. D. Freshley, et al., "Behavior of Discrete Plutonium Dioxide Particles in Mixed Oxide Fuel During Rapid Power Transients", Nuclear Technology Vol.15 August (1972)
NSRR (JAERI 現 JAEA) の反応度投 入事後模擬試験機) 実験	・JAERI (現 JAEA)	1985 年～ 1999 年頃	・100 μm, 1,100 μm のフリスボナ付き MOX 燃料でも溶解・ 酸化の侵襲しき、値はウラン燃料と同等	・日本原子力研究所 NSRR 実験プロセスボート-171, JAERI M. 89-097 (1989) ・T. Abe, et al., "Failure Behavior of Plutonium Uranium Mixed Oxide Fuel Under Reactivity Initiated Accident Condition", Journal of Nuclear Materials, 188 (1992)
CABRI (フランスの反応度投入事後 模擬試験機) 実験	・フランス原子力庁	1996 年～ 1997 年	・MOX 燃料の PCM 侵襲しき、値はウラン燃料と同等	・F. Schmitz, et al., "RIA Tests in CABRI with MOX Fuel", proceeding of IAEA International Symposium, Vienna, May 1999, IAEA SM-386/23
照射済みATR-MOX燃料のNSRRに おける反応度投入試験	・JNC (現 JAEA)	～1999 年頃	・5本のATR-MOX燃料(燃焼度約20GWd/t)のRIA実験を 行い、全て破損無し	・燃料安全研究 1999, JAERI Review 2000-010, 日本原子力研究所 ・燃料安全研究2000, JAERI Review 2001-013, 日本原子力研究所

表 8－2 燃料棒内圧解析結果

	MOX 燃料棒 (PuO ₂ 含有率 10wt%)	ウランペレット (9×9 燃料 (A型))
燃料使用開始時	約 1.3 MPa[abs]	約 2.7 MPa[abs]
(中 間)	約 3.6 MPa[abs]	約 4.1 MPa[abs]
燃料取出し時	約 5.7 MPa[abs]	約 5.6 MPa[abs]

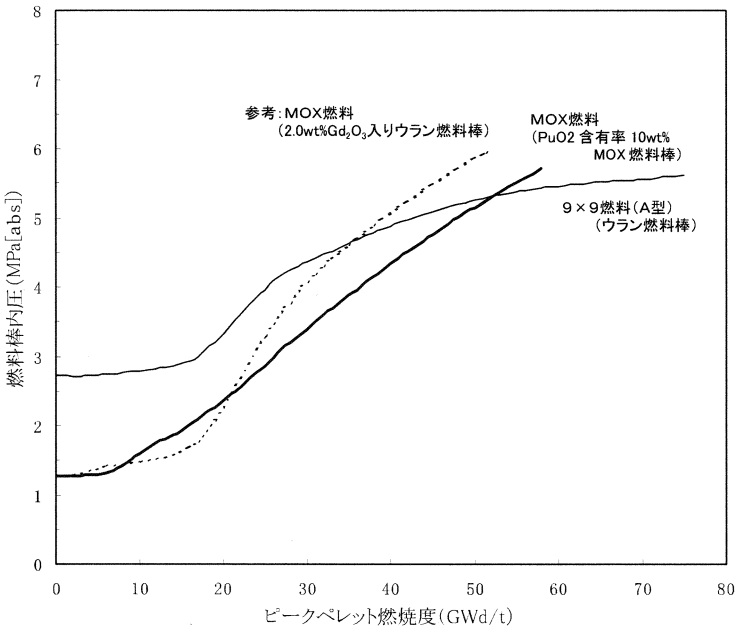
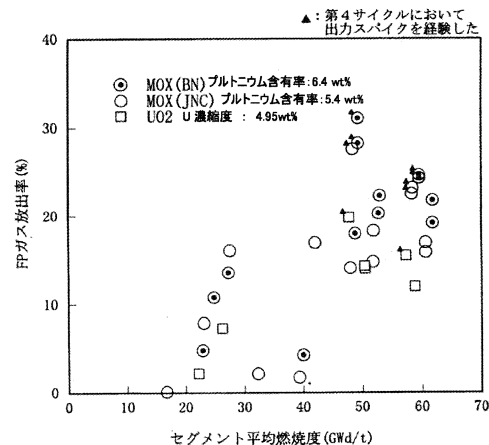


図 8－3 燃料棒内圧の燃焼度依存性



MOX(BN):
ベルゴ・ニュークリア社で
MIMAS 法により製造された
もの。

図 8-4 F P ガス放出率の測定結果

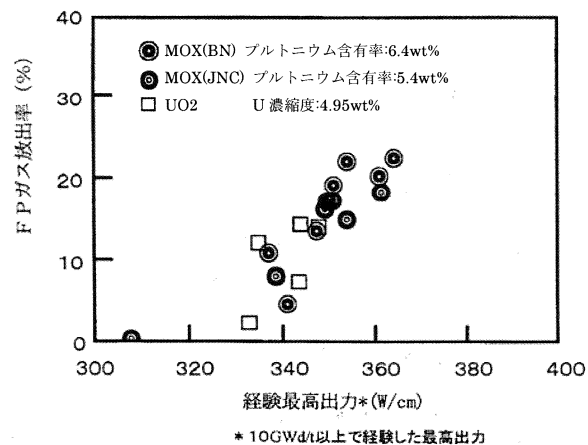
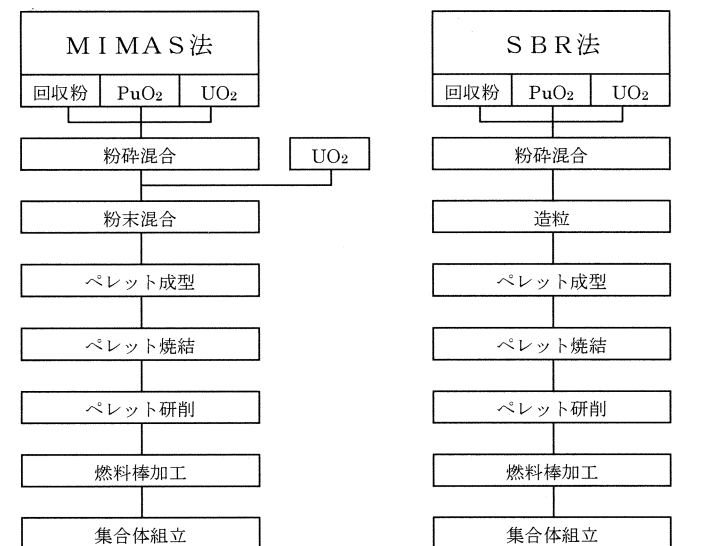


図 8-4 のデータを、取り出しまでに経験した最高出力で整理したもの。
(第 4 サイクルにおいて出力スパイク*を経験したデータを除く)

図 8-5 F P ガス放出率と経験最高出力

※: 第 4 サイクル照射中に制御棒操作によって操作前と比べて局所的に
一部出力上昇 (約 10%以上) があったもの。



- ・一次混合
PuO₂粉末 20～30%, UO₂粉末 80～70%のボールミルによる混合。
- ・二次混合
ダブルコーン機械混合により最終富化度に調整。
- ・造粒工程無し。
- ・混合を二段階に分けて行うので均質性がよい。

- ・アトリターミルによりPuO₂粉末とUO₂粉末を混合粉碎し、一回の混合で最終富化度に調整。
- ・造粒工程有り。
- ・アトリターミルによる攪拌混合であるためPu粒子は微小化される。

図 8-6 MOX 燃料加工工程

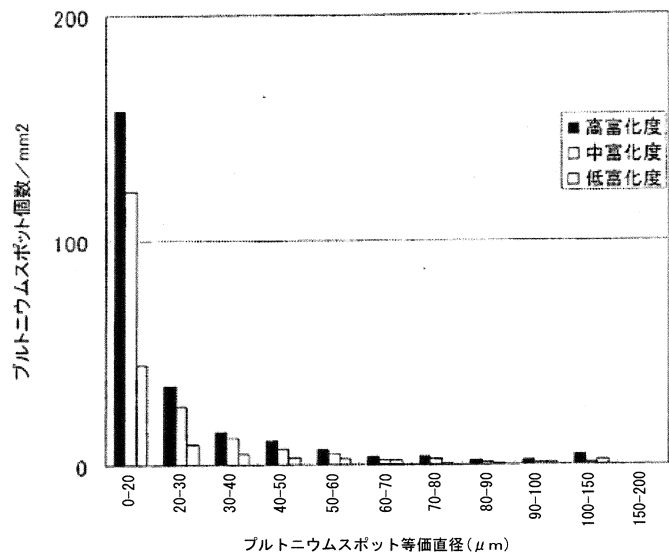


図8-7(1)プルトニウムスポット径の分布(MELOX社:MIMAS法)

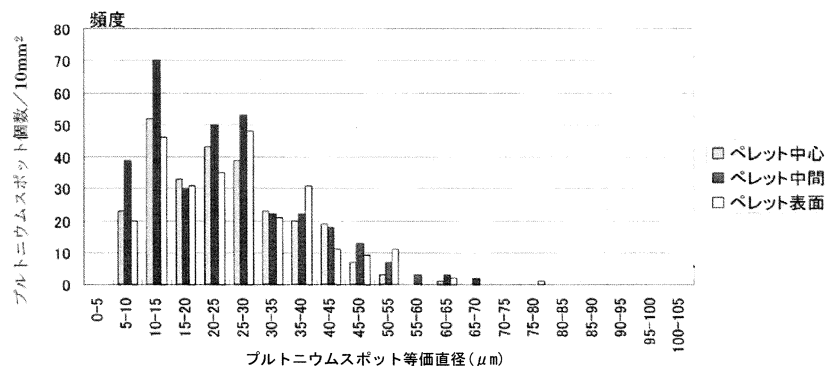


図8-7(2)プルトニウムスポット径の分布(SL社:SBR法)

論点 9 原子炉の制御性への影響

論点 9-1 出力分布の不均一性

○検討課題

MOX燃料はプルトニウムが中性子を吸収するために燃料集合体内の中性子が少なくなる。中性子が多く存在するウラン燃料を隣に配置すると、その部分のMOX燃料が反応しやすくなり、MOX燃料集合体外周部の燃料棒出力が高くなりやすいが、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- よく燃えるところ(MOX燃料集合体の一番外側の燃料棒)では燃料棒が破損しやすくなる危険性が生じる。
- 上記の対策として、MOX燃料集合体内の外側の燃料棒ほどプルトニウム含有率を小さくして燃えにくくする配置にする。しかし、それにも限界がある。
- MOX燃料とウラン燃料の境界では性質が異なるため焼きむらが生じるので燃料破損が起こりやすくなる。また核分裂の制御を難しくする。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- 核分裂が起きやすい燃料棒と核分裂が起きにくい燃料棒の差があまり大きくならないように、MOX燃料集合体内に濃度を変えた(4種類程度のプルトニウム含有率、1種類程度のウラン濃縮度)燃料棒を使用する。またウラン燃料棒の軸方向には濃縮度分布をもたせている。(図9-1参照)(設置許可申請書8-3-12)
- 燃料外周部の燃料棒はプルトニウム含有率を小さくし燃えにくい配置にする。
- このような燃料設計とすることで、MOX燃料集合体の燃料棒の出力分布のばらつきはウラン燃料と同等にすることができる。(9×9燃料に対しては、ほぼ同等から1割程度小さい。高燃焼度8×8燃料に対してはほぼ同等。)
- また、燃料棒の出力上昇が厳しくなる過渡事象(「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」)時でも、燃料棒の出力は定格時の約121%まで上昇するにとどまり、燃料被覆管に過度の変形が生じないように設けた制限値(定格時の165%以下であること)には十分余裕がある。

[参考] 「(前略) また、局所の表面熱流束の最大値は定格値の約121%であり、1%塑性歪^{※1}を与えるまでには十分余裕がある。(図9-2参照)(設置許可申請書10-2-16)」

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
燃料被覆管の機械的破損については、局所の表面熱流束の最大値が「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」において定格の約121%となるが、燃料被覆管の円周方向の平均塑性歪1%※1に対応する局所の表面熱流束値165%を下回っている。
(原子力安全・保安院：安全審査書 P19)

- ・ MOX燃料被覆管の円周方向平均塑性歪については、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、1%を下回るように設計としている。
(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 1. 1 (1) 機械設計 P4)
- ・ 最大線出力密度が最も厳しくなる運転時の異常な過渡変化（「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」）においても、最大線出力密度は設計用出力履歴の約 121%であり、判断基準である円周方向平均塑性歪1%に対応する設計用出力履歴の165%に対し十分な余裕を確保としている。
(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 1. 1 (3) 熱水力設計 P6)
- ・ 燃料被覆管の最大表面熱流束については、「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」において定格値の約 121%であり、これが定常的に発生しているものと仮定しても、判断基準である被覆管に1%の円周方向平均塑性歪が生じる線出力密度相当の設計用出力履歴の 165%を下回るとしている。
(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 4 運転時の異常な過渡変化の解析 P9)

※1 1%塑性歪＝燃料被覆管の円周方向の平均塑性歪1%：出力の上昇で燃料ペレットが膨張し、被覆管を内側から押すことで被覆管の円周が伸びる。このような変形で被覆管が破損しないように、円周の伸び量を変形前の1%以内になるように出力上昇を制限している。

論点9-2 熱中性子割合の減少

○検討課題

プルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると熱中性子の割合が減少することから、原子炉の制御が不安定になったり、制御が不能になることはないのか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ プルトニウム燃料の場合、遅発臨界の幅はウランの 1/3 の程度であり、即発臨界になりやすい。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ プルトニウムはウランに比べて、エネルギーの小さい中性子（熱中性子）を吸収しやすいため、平均熱中性子束はMOX燃料を採用した方が小さくなる。（表9-1参照）（設置許可申請書8-3-79）
- ・ 安定した核分裂に重要な遅発中性子割合※1をみると、 ^{239}Pu は ^{235}U の1/3程度であるが、MOX燃料は ^{239}Pu のみで構成されているわけではなく、また、全燃料560体のうち228体MOX燃料を装荷した場合でも残りはウラン燃料であるため、炉心として平均化された実効遅発中性子割合の減少はウラン燃料のみの炉心の1割程度にとどまる。（表9-2、表9-3参照）（設置許可申請書8-3-79）
- ・ MOX燃料が装荷された炉心では、冷却水の沸騰で生じた泡の増減による出力の変動割合（減速材ボイド係数）がウラン燃料を装荷した炉心よりも大きくなるので、炉心安定性（炉心全体の出力の振動）、領域安定性（炉心全体ではあまり出力変動はないが、炉心の左右半面で逆方向の振動）、プラント安定性（原子炉の出力を一定にするために設けた制御装置の働きも考慮した炉心出力などの振動）は、悪くなる傾向にある。（表9-4、図9-3、図9-4参照）
- ・ しかしながら、原子炉は、出力振動に対し十分な安定性を有しているため制御が不能になることはない。さらに各運転サイクルの具体的な燃料配置を定める段階においても、十分な安定性を有することを確認する。また、この運転状態以外でたとえ出力振動が生じたとしても、出力振動を中性子束モニタで監視でき、制御棒等で抑えることができる設計とする。（表9-4、図9-3、図9-4参照）（設置許可申請書8-3-121）
- ・ また、原子炉は、運転中の圧力設定値の変更、制御棒の操作、あるいは再循環流量の変化等、平常運転中に予想される外乱に対して、安定に応答し、燃料の許容設計限界を超える状態に至ることなく十分満足な制御が可能であることを解析で確かめている。（図9-3、図9-4参照）（設置許可申請書8-3-122）

- ・ キセノン安定性（中性子を吸収する性質のあるキセノンの発生量が、核分裂の増減に応じて時間遅れを持って増減することにより生じる出力の振動）については、沸騰水型原子炉では、定格出力時の出力反応度係数は、キセノンの空間振動を十分に抑制することができる範囲にある。（図9－5参照）（設置許可申請書8－3－134）

※1 遅発中性子割合：核分裂で発生する中性子には、核分裂と同時に発生する中性子（即発中性子）と、核分裂でできた核分裂生成物の崩壊に伴って発生する中性子（遅発中性子）がある。全中性子数に対する遅発中性子数の割合を「遅発中性子割合」といい、これが大きいほうが中性子の増減がゆっくりになる。

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
いずれの安定性についても解析結果は、限界基準を満足し、さらに、炉心安定性については、運転上の設計基準を満足しており、燃料の許容設計限界を超える状態に至らないような減衰特性を有するとしている。

また、プラント安定性については、運転中の圧力設定値の変更、制御棒の操作又は原子炉再循環流量の変化等、運転中に予想される外乱を与えて解析が行われている。解析結果は、プラントの各系統の機能とあいまって、限界基準及び運転上の設計基準を満足しており、プラントの安定に必要な減衰特性を有するとしている。

さらに、定格出力運転時におけるキセノンによる出力の空間振動に対する安定性については、空間振動を制御できるような負の出力反応度係数を有するとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P13）

ボイド変化に伴う不安定な出力振動が生じないように設計されるとともに、反応度外乱に対しては、ボイド効果、ドブブラ効果等に基づく負の出力反応度係数による自己制御性を有するように設計される。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P12）

- ・ MOX燃料装荷炉心の反応度フィードバック特性については、ウラン燃料のみを装荷した炉心と比較して、ドブブラ係数及び減速材ボイド係数が、より負となる傾向がある。急速な固有の出力抑制効果をもたらすようドブブラ係数及び減速材ボイド係数は、各サイクル期間中、常に負の値となるように設計するとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3. 3. 1. 1（2）核設計 P5）

- ・ 動特性に関しては、燃料の許容設計限界を超える状態に至らないよう十分な減衰特性を持つか、あるいは出力振動を制御し得るように、以下のような設計上の考慮を行うとしている。

反応度の外乱に対してドブブラ効果等の負の出力反応度係数による自己制御性を

有する設計にするとともに、ボイド変化等に伴う不安定な出力振動を生じないように設計するとしている。

原子炉の安定性の余裕については、運転特性図において運転領域を制限する安定性制限曲線を設けるとともに、低炉心流量高出力領域で選択制御棒挿入機構により出力を制限することで確保するとしている。

プラント運転中に予想されるすべての運転状態での安定性については、原子炉の安定性が最も悪くなる最低ポンプ速度最大出力運転時を解析点とし、チャンネル水力学的安定性、炉心安定性及び領域安定性の解析を行い、それらの減幅比は限界基準（1. 0未満）を満足しており、燃料の許容設計限界を超える状態に至らないような減衰特性を有するよう設計するとしている。

自動流量制御時の安定性については、最も厳しくなる自動流量制御下限出力運転時においても、炉心安定性の応答の減幅比として運転上の設計基準（0. 25以下）を下回るとしている。

プラント安定性については、MOX燃料が装荷された炉心で限界基準及び運転上の設計基準を満足しており、プラントの安定に必要な減衰特性を有するとしている。

キセノン空間振動の安定性については、定格出力時にキセノン空間振動を抑制できる負の出力反応度係数を有するとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3. 3. 1. 1（4）動特性 P6）

論点 9-3 作業ミス・操作ミスの可能性

○検討課題

MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に間違いを誘発しやすく、制御棒引き抜けなどの操作ミスが事故につながる危険性も大きくなるのではないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 燃焼度の異なる燃料が増え、燃料入れ替えの作業ミスの可能性が高くなる。その場合、制御棒引き抜けなどの事故が重なった場合、解析する必要はないのか。
- ・ 何らかの原因で制御棒が抜けるなどして反応度が加わった場合の安全性について検討すべきである。
- ・ 燃料の組成構造が非常に複雑になるから製造ミスも発生しやすくなり、その結果新たな事故のきっかけを増やすことになりかねない。
- ・ MOX炉心では配置が複雑になるため、装荷時に間違いを誘発しやすく、事故につながる危険性も大きくなる。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ これまでも燃料取替作業は以下の手順により行い、繰り返し、かつ複数の人間が原子炉内で燃料を置く場所を確認している。
 - ① 燃料装荷を行う前には燃料集合体の番号（刻印番号）と装荷位置を記載した手順書を準備する。
 - ② 燃料装荷を行う前に燃料装荷手順を燃料交換用の計算機に入力する。
 - ③ 燃料装荷時に作業員は燃料番号を手順書、計算機で確認し、燃料交換機にて1体ずつ装荷を実施する。また、確認は複数の作業員が行う。
 - ④ 全数の装荷が終了した後、集合体の位置に間違いがないか水中カメラにより刻印番号のチェックを行う。チェックは複数人で行い、また炉内の確認は定期事業者検査として行われる。（図9-6参照）
- ・ 制御棒の引き抜けなどの操作ミスに対しては、仮に炉心内で最も核分裂反応をしやすい部分の制御棒1本が完全に引き抜かれた場合でも、他の制御棒の挿入により炉心を未臨界にできることから安全性が確保される。

〔参考〕実際の設計では、設計上の余裕を見込んで、最大反応度価値を持つ制御棒1本が完全に引き抜かれた状態でも、炉心の実効増倍率の計算値は、常に0.99未満となるように設計する。（図9-7参照）（設置許可申請書8-3-66）

- ・ 仮に制御棒が落下する事故でも、燃料ペレットは溶融には至らず、また、原子炉

圧力容器の健全性が損なわれないことを確認している。

〔参考〕燃料エンタルピーの最大値は約698kJ/kgであり、制限値963 kJ/kg（230cal/g）から燃焼の進行等に伴うペレット融点低下の影響を考慮した値837 kJ/kgを超えていない。また、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倍の圧力を十分に下回る。（図9-8参照）（設置許可申請書10-3-40）

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
9×9燃料（A型）又は9×9燃料（B型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡炉心においては、全制御棒を全挿入した状態から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、炉心の実効増倍率が常に0.99未満となるように設計するとしている。すなわち、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、炉心を臨界未満にできるとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書P19）

燃料エンタルピーの最大値は「制御棒落下」において、9×9燃料（A型）で約693kJ/kgであり、9×9燃料（B型）で約698kJ/kg、MOX燃料で約651kJ/kgであり、「反応度投入事象評価指針」に示された制限値からさらに燃焼の進行並びにガドリニア又はプルトニウム添加に伴うペレット融点低下分に相当するエンタルピーを差し引いた値である837 kJ/kgを下回っている。

（原子力安全・保安院：安全審査書P25）

- ・ MOX燃料装荷炉心における制御棒の反応度価値については、ウラン燃料装荷炉心に比較して低下する傾向にあるが、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状態でも、残りの制御棒により低温状態及び高温状態において炉心を臨界未満にできるとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3.3.1.1（2）核設計P5）

- ・ 燃料エンタルピーの最大値については、「制御棒落下」において生じ、9×9燃料（A型）で約693kJ/kg、9×9燃料（B型）で約698kJ/kg、MOX燃料で約651kJ/kgであり、「反応度投入事象評価指針」に示された制限値からさらに燃焼の進行、ガドリニア添加又はプルトニウム添加によるペレットの融点の低下分に相当するエンタルピーを差し引いた値（MOX燃料並びにウラン燃料とも837kJ/kg）を下回るとしている。

また、浸水燃料の破裂及びPCM I 破損による衝撃圧力等の発生によって、原子炉停止能力及び原子炉圧力容器の健全性が損なわれることはないとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3.3.5 事故の解析P10）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ プルトニウムの特性から、MOX燃料を用いた炉心の燃料・炉心特性が損なわれる可能性はあるが、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心においては、MOX燃料の設計配慮、炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（1／3以下）であることから、その炉心特性、過渡特性、安全特性はウラン燃料のみの炉心と同じ性能であると判断できる。しかし、燃料種類増加により、装荷ミスなどの危険性が高まると考えられるので、電力での厳密な運転管理が必要である。
- ・ 女川の1／3MOX炉心に関する充分に保守性を確保した安定性解析や過渡解析の結果によれば、炉心安定性は運転上の設計基準減幅比や限界基準減幅比を満たしている。出力分布の観点からは、MOX燃料となってもウラン燃料と変わらないようにするための方策がとられることとなっている。
炉心へのMOX燃料装荷時の位置間違いを排除するために、燃料の刻印番号により確認を行う。万一最も重要な制御棒一本が完全に引き抜かれても、他の制御棒の挿入により炉心を未臨界にできる。東北電力には、燃料装荷位置や制御棒操作の確認をしっかりと行うことを改めてお願いしたい。
- ・ 原子炉制御性への影響については、プルトニウムの核特性（炉物理特性）を考慮して、MOX燃料中のプルトニウム濃度や燃料配置が検討されており、特に問題がないと考える。
なお、作業ミス・操作ミスの可能性については、従来”制御棒の入れ違い”が1年程度以上続いていたこともあり、十分な対策（ハード、ソフトおよび労務管理など）が必要であろう。

【「9-1 出力分布の不均一性」について】

- ・ 臨界実験データ、実機での運転データ等を用いて精度が確立された核特性計算コードを用い、また、プルトニウム含有率を変える等の設計上の配慮を行うことにより、ウラン燃料と同等の出力分布とすることができると判断する。
- ・ プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料の核特性が損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料では、LPF（局所ピーク因子、Local Peaking Factor）が小さいなどの設計配慮がなされており、その核性能はウラン燃料の核性能と同程度であると判断できる。

【「9-2 熱中性子割合の減少」について】

- ・ 実機での運転データ等を用いて精度が確立された動特性計算コードを用いて解析を行い、出力変動に対して十分な減衰特性を有していることを確認しており、制御上問題ないと判断する。
- ・ プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料を用いた炉心の炉心特性も損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心においては、MOX燃料の設計配慮、炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（1／3以下）ことから、その炉心特性、過渡特性、安全特性はウラン燃料のみの炉心と同じ性能であると判断できる。

【「9-3 作業ミス・操作ミスの可能性」について】

- ・ 燃料装荷作業時の配置ミスについては、手順書等の整備、水中カメラ等による確認により防止できると判断する。しかし、ヒューマンエラーの低減については、論点15で述べる対応を期待する。
- ・ 燃料種類増加により、装荷ミスなどの危険性が高まる可能性がある。そのため、東北電力における厳格な運転管理を望む。

○自治体の見解

プルトニウムは、ウランよりも熱中性子を吸収しやすいが、MOX燃料採用に当たって、燃料集合体内で核分裂性プルトニウムの濃度を変えた燃料棒を適正に配置することにより、燃料集合体内部の出力分布をウラン燃料と同等にするように設計しており、燃料の健全性や原子炉の制御に影響を与えるものではないことが確認されている。

MOX燃料を採用すると、遅発中性子割合が少なくなるとともに減速材ボイド係数がより負となることから、ウラン燃料炉心と比較して炉心安定性等が悪くなるが、MOX燃料の設計や原子炉内における配置に配慮することにより、安定性の解析結果は基準を満足することが確認されている。

これらのことから、原子炉の制御性に問題はないと考える。

また、東北電力は燃料装荷時には手順書に従い複数人で燃料集合体の固有番号を確認する体制を実施してきている。MOX燃料を導入すると燃料の種類が増え、炉心への燃料装荷時に入れ間違いの可能性が高くなるが、現在の対策が確実に履行されれば燃料装荷間違いの可能性及び事故につながる危険性は最小限に抑えられると考える。

表 9－1 平均熱中性子束の比較

9×9 燃料（A 型）及び MOX 燃料	9×9 燃料（A 型）
約 $3.1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	約 $3.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

表 9－2 核種毎の遅発中性子割合の比較※

^{239}Pu	^{235}U
0.0022	0.0067

※：沸騰型原子力発電所 混合酸化物燃料装荷炉心の設計解析手法について、TLR－058改訂1、株式会社東芝、平成11年2月より

表 9－3 炉心としての実効遅発中性子割合の比較

9×9 燃料及び MOX 燃料平衡炉心	9×9 燃料平衡炉心
約 0.0053（サイクル初期）	約 0.0060（サイクル初期）
約 0.0049（サイクル末期）	約 0.0053（サイクル末期）

表 9－4 核熱水力安定性解析結果

	解析点※1	女川 3 号 1/3 MOX 炉心※2	9×9 炉心※3	高燃焼度 8×8 炉心	島根 2 号 1/3 MOX 炉心※2	浜岡 4 号 1/3 MOX 炉心※2	判断基準
炉心安定性減幅比 ※5	最大出力 運転時	0.08	0.06	0.01 未満	0.08	0.08	運転上の 設計基準 減幅比 ≤ 0.25
	自動流量 制御 下限出力 運転時	0.19	0.21	0.14	0.23	0.18	
		定格出力の 94% 定格流量の 70%	定格出力の 86% 定格流量の 60%	定格出力の 83% 定格流量の 55%	定格出力の 94% 定格流量の 70%	定格出力の 94% 定格流量の 70%	限界基準 減幅比 < 1.0
	安定性が最 も悪化する 運転状態※4	0.75	0.60	0.67	0.74	0.72	
		定格出力の 63% 定格流量の 37%	定格出力の 63% 定格流量の 37%	定格出力の 63% 定格流量の 37%	定格出力の 57% 定格流量の 39%	定格出力の 52% 定格流量の 36%	
	減幅比 ※5	0.55	0.39	—	0.64	0.50	限界基準 減幅比 < 1.0

※1：女川 3 号の解析点を運転特性図とあわせて図 9－9 に示す。
※2：9×9（A 型）+ MOX 炉心
※3：9×9（A 型）炉心
※4：最低ポンプ速度最大出力運転時
※5：減幅比のイメージを下図に示す。

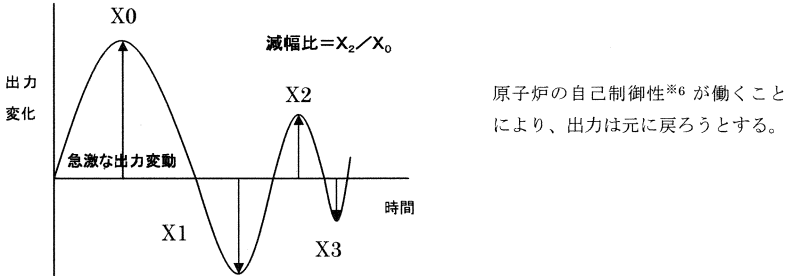


図 減幅比のイメージ

※6：自己制御性：BWR では、原子炉の出力が変化しても、「燃料の温度」や「冷却材の泡（ボイド）」の量が変わることで、出力変化を抑え、元に戻ろうとする作用（フィードバック作用）が働く。
●燃料温度効果（ドップラ効果）：燃料温度が上がると、燃料中のウラン 238、プルトニウム 240 など核分裂しにくい核種（主としてウラン 238）がより中性子を吸収するようになる。
●冷却材の泡の効果：冷却材中の泡が増えると、エネルギーの小さい中性子（熱中性子）の数が減り、ウラン 235、プルトニウム 239 の核分裂が減少する。

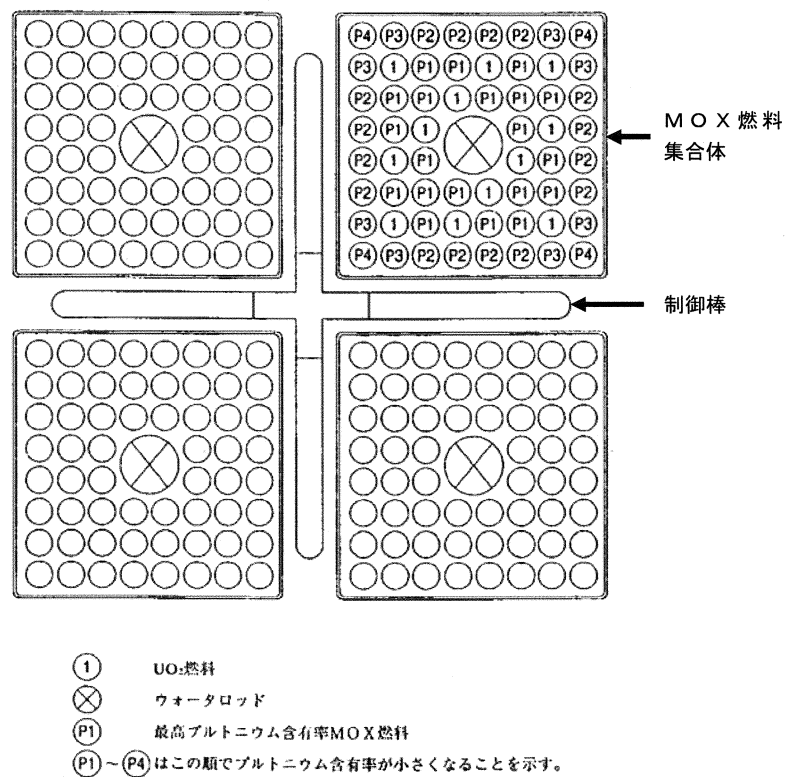


図9-1 燃料集合体内の燃料棒配置図(例)(MOX燃料)

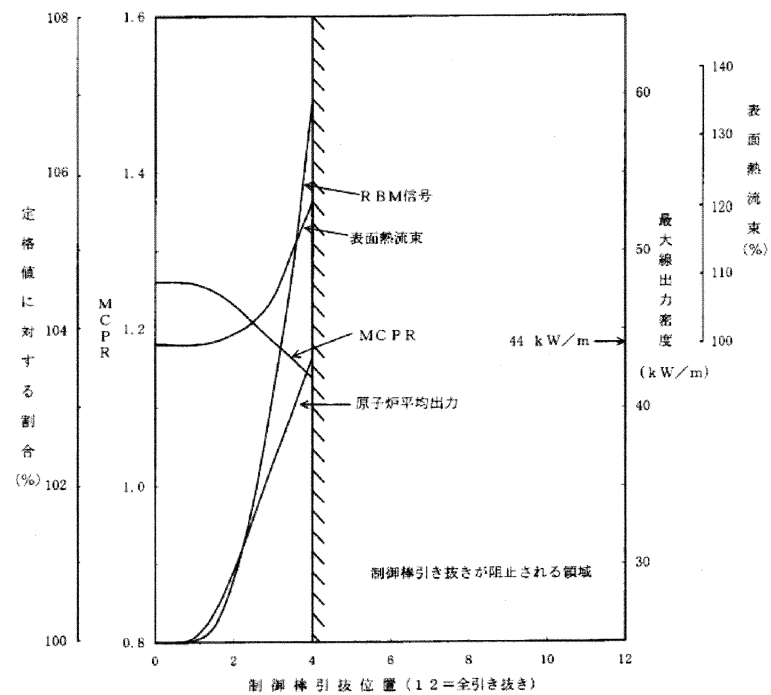


図9-2 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き時の過渡変化
 (9×9燃料(A型)及びMOX燃料228体を装荷した平衡炉心)

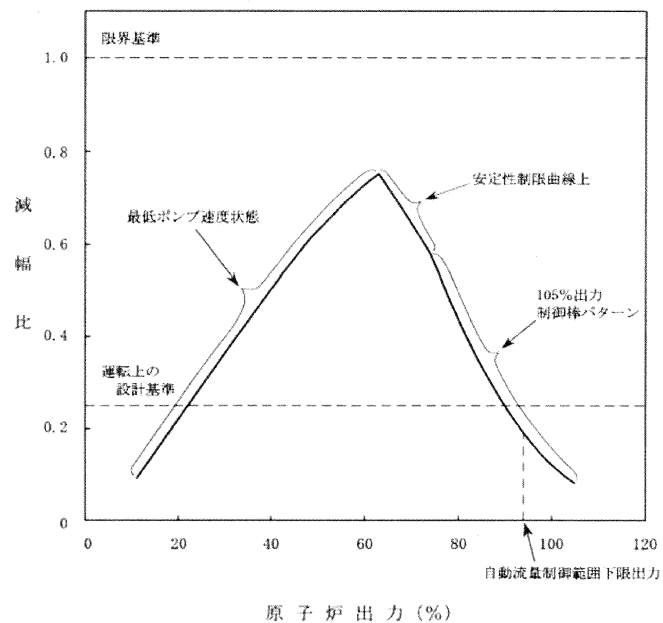


図9-3 炉心安定性と出力
(9×9燃料(A型)及びMOX燃料228体を装荷した炉心)

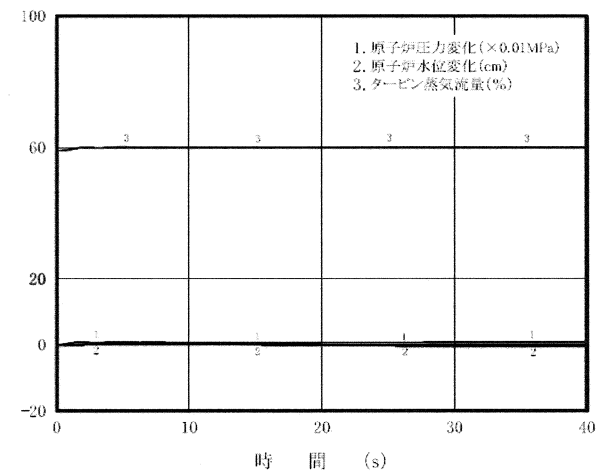
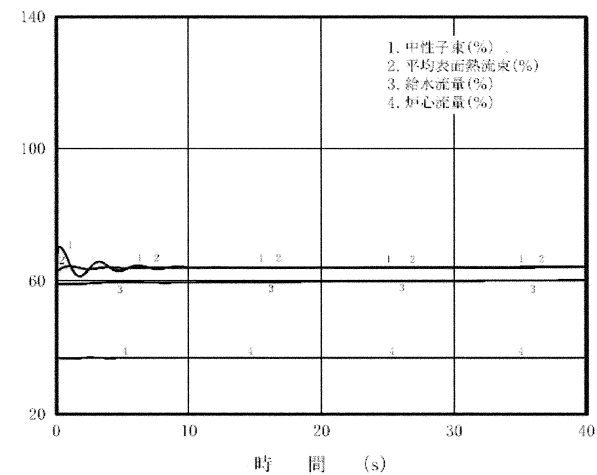


図9-4(1) 制御棒引き抜き10セント相当
(最低ポンプ速度最大出力運転時)
(9×9燃料(A型)及びMOX燃料を装荷した炉心)

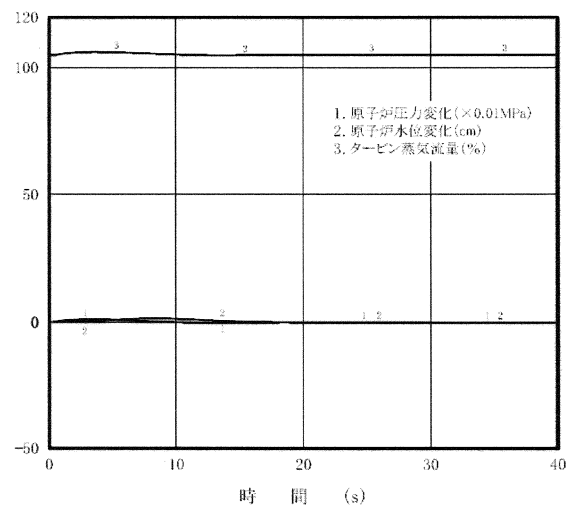
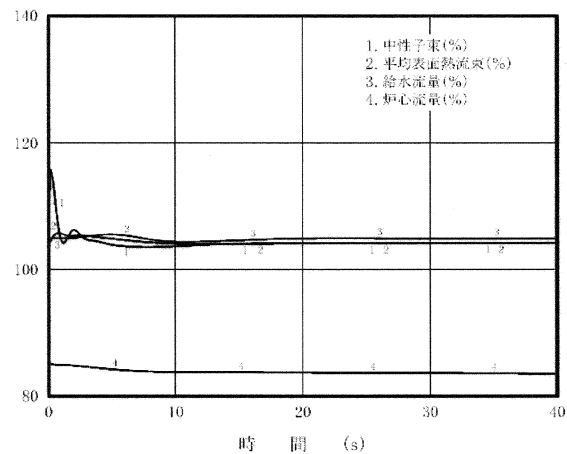


図9-4(2) 制御棒引き抜き 10 セント相当
(最大出力運転時)
(9×9 燃料 (A 型) 及びMOX 燃料を装荷した炉心)

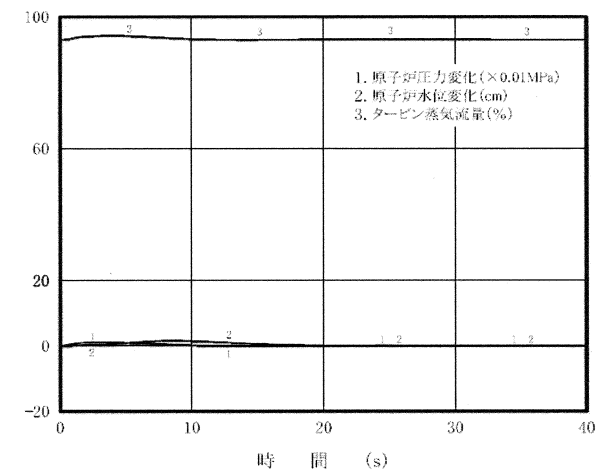
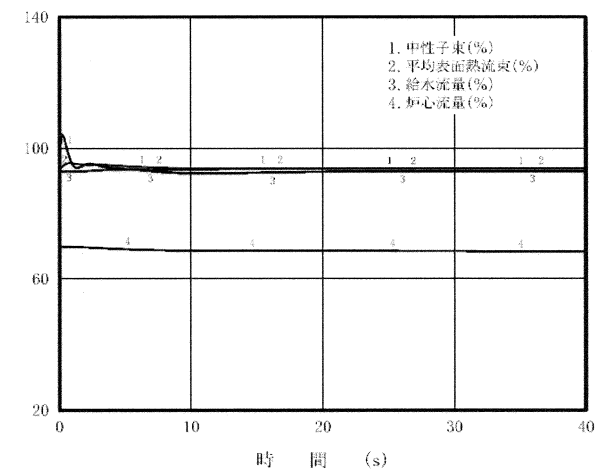


図9-4(3) 制御棒引き抜き 10 セント相当
(自動流量制御下限出力運転時)
(9×9 燃料 (A 型) 及びMOX 燃料を装荷した炉心)

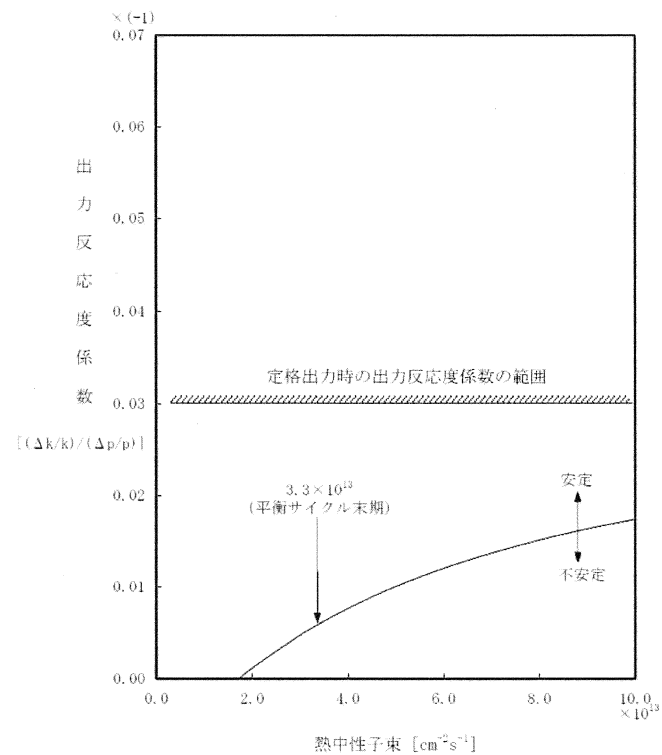


図9-5 軸方向キセノン空間振動の安定性
(9×9燃料(A型)及びMOX燃料228体を装荷した炉心)

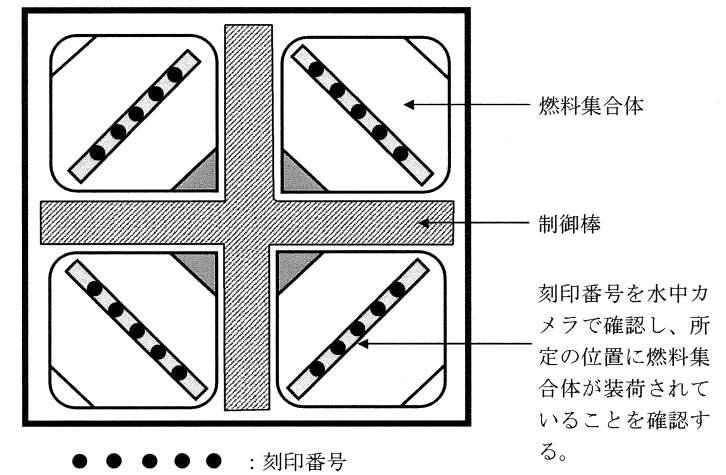


図9-6 刻印番号
(炉内に装荷された燃料集合体を上部から見たもの(イメージ))

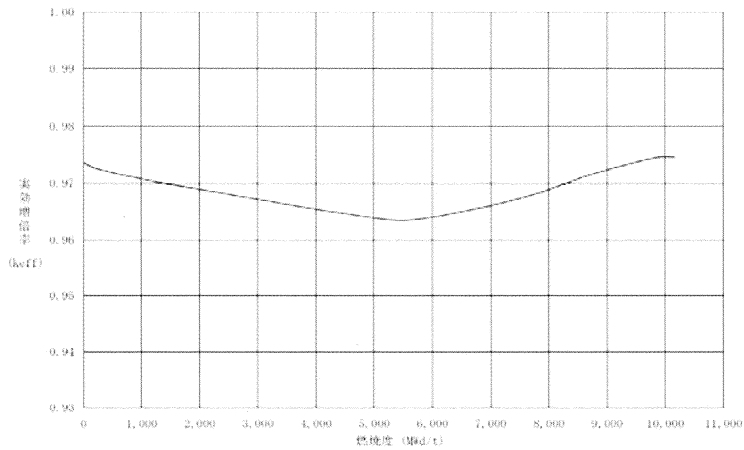


図 9-7 最大価値制御棒 1 本引き抜き時の実効増倍率の燃焼度依存性
(9×9 燃料 (A 型) 及び MOX 燃料 228 体を装荷した平衡炉心 (減速材温度 20℃)

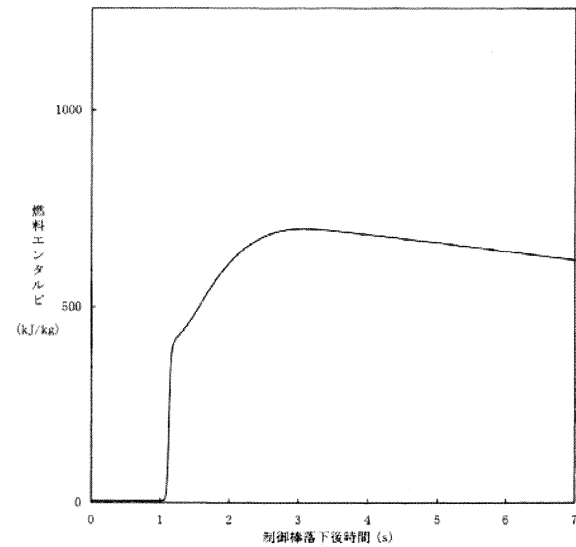


図 9-8 制御棒落下時の燃料エンタルピーの時間変化
(サイクル初期低温時、9×9 燃料 (B 型) 及び MOX 燃料 228 体を装荷した平衡炉心、9×9 燃料 (B 型))

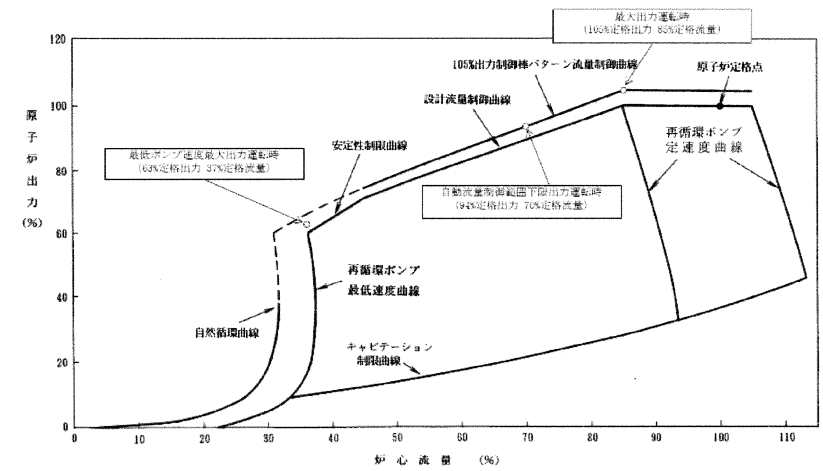
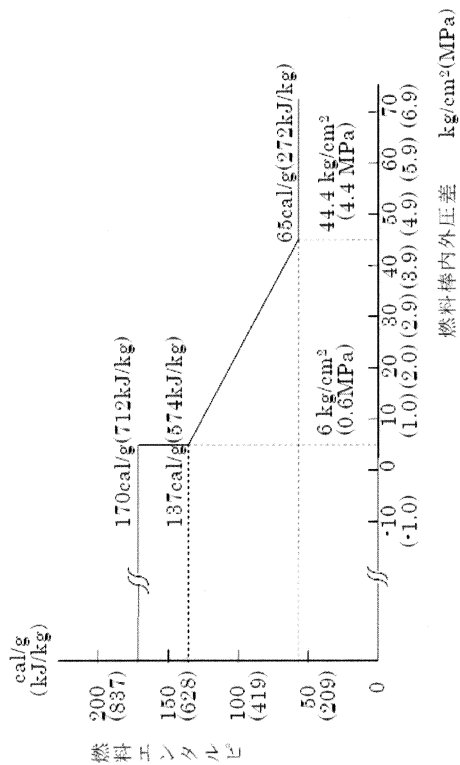


図 9-9 安定性解析点



「反応度投入事象評価指針（第2図）」より引用。ただし、燃料エンタルピーの単位を cal/g・UO₂ から cal/g としている。また、燃料エンタルピーについて kJ/kg 単位の記載を、また、燃料棒内外圧差について MPa 単位の数値を（）書きで記載している。

参考図 反応度投入事象における燃料の許容設計限界

表1 運転時の異常な過渡変化の解析結果（判断基準に対する評価）

評価項目	解析結果					判断基準
	女川3号 1/3 MOX 炉心	9×9 炉心	高燃焼度 8×8 炉心	島根2号 1/3 MOX 炉心	浜岡4号 1/3 MOX 炉心	
最小限界出力比 の最小値	1.09 〔給水加熱喪失〕	1.07 〔給水加熱喪失〕	1.07 〔給水加熱喪失〕	1.09 〔給水加熱喪失〕 1.09 〔負荷の喪失 (発電機負荷遮断、 タービンハイス弁 不動作)〕	1.09 〔負荷の喪失 (発電機負荷遮断、 タービンハイス弁 不動作)〕	次の最小限界出力比の許容設計 限界以上 MOX燃料採用時：1.09 9×9燃料採用時：1.07 高燃焼度8×8燃料：1.07 島根2号：1.09 浜岡4号：1.09
局所の表面熱流 束の最大値	約121%	約121%	約121%	約121%	約121%	次の1%塑性歪相当線出力密度 以下 MOX燃料採用時：165% 9×9燃料採用時：170% 高燃焼度8×8燃料：170% 島根2号：165% 浜岡4号：165%
燃料エンタルピー の最大値	約92kJ/kg	約95kJ/kg	約96kJ/kg	約141kJ/kg	約88kJ/kg	反応度投入事象評価指針に示さ れた燃料の許容設計限界（参考 図参照）以下
原子炉冷却材圧 力バウンダリに かかる 圧力の最大値	約8.25MPa[gage]	約8.23MPa[gage]	約8.23MPa[gage]	約8.50MPa[gage]	約8.29MPa[gage]	9.48MPa[gage]以下

表2 事故時における解析結果（判断基準に対する評価）

	評価項目	解析結果					判断基準
		女川3号			島根2号	浜岡4号	
		1/3 MOX炉心	9×9炉心	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心	1/3 MOX炉心	
炉心 損傷	燃料被覆管 最高温度 (℃)	9×9燃料（A型）： 約625 9×9燃料（B型）： 約610 MOX燃料：約564 (原子炉冷却材喪失)	9×9燃料（A型）： 約615 9×9燃料（B型）： 約602 (原子炉冷却材喪失)	約530 (原子炉冷却材喪失)	9×9燃料（A型）： 約589 9×9燃料（B型）： 約595 MOX燃料：約564 (原子炉冷却材喪失)	9×9燃料（A型）： 約610 MOX燃料：約565 (原子炉冷却材喪失)	1,200℃以下
	燃料被覆管 化学量論的 酸化量 (%)	極めて小さい	極めて小さい	極めて小さい	極めて小さい	極めて小さい	15%以下
	燃料エンタルピー の最大値 (kJ/kg)	9×9燃料（A型）： 約693 9×9燃料（B型）： 約698 MOX燃料：約651 (制御棒落下)	9×9燃料（A型）： 約651 9×9燃料（B型）： 約646 (制御棒落下)	約869 (制御棒落下)	9×9燃料（A型）： 約766 9×9燃料（B型）： 約671 MOX燃料：約648 (制御棒落下)	9×9燃料（A型）： 約683 MOX燃料：約592 (制御棒落下)	8×8燃料： 963kJ/kg 以下 9×9燃料、MOX燃料： 837 kJ/kg 以下
	原子炉冷却材圧力 バウンダリ にかかる 圧力の最大値 (MPa [gage])	約8.38 (原子炉冷却材ポンプの軸固着)	約8.41※ (原子炉冷却材ポンプの軸固着)	約8.63 (制御棒落下)	約8.60 (制御棒落下)	約8.58※ (原子炉冷却材ポンプの軸固着)	最高使用圧力の1.2倍 (10.34 MPa [gage]) 以下

※：原子炉圧力（原子炉圧力容器ドーム部）の最大値に原子炉圧力と圧力容器底部圧力との差（0.3MPa程度）を考慮した値

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（1/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心※1	9×9炉心※2	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心※1	1/3 MOX炉心※1
原子炉 起動時 における 制御棒 の異常 な引き 抜き	最小限界出力比 の最小値	—	—	—	—	—
	局所の表面熱流束 の最大値	—	—	—	—	—
	燃料エンタルピー の最大値	約92kJ/kg	約93 kJ/kg	約96 kJ/kg	約141kJ/kg	約88kJ/kg
	原子炉冷却材圧力 バウンダリにかか る圧力の最大値※3	約7.36MPa [gage]	(約7.07MPa [gage])	(約7.06MPa [gage])	約7.51MPa [gage]	約7.36MPa [gage]
出力運 転中の 制御棒 の異常 な引き 抜き	最小限界出力比 の最小値	1.13	1.10	1.10	1.12	1.17
	局所の表面熱流束 の最大値	約121%	約121%	約121%	約121%	約121%
	燃料エンタルピー の最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力 バウンダリにかか る圧力の最大値	ほとんど上昇しない	ほとんど上昇しない	ほとんど上昇しない	ほとんど上昇しない	ほとんど上昇しない

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：（ ）は原子炉圧力

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（2/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心※1	9×9炉心※2	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心※1	1/3 MOX炉心※1
原子炉冷却材流量の部分喪失	最小限界出力比の最小値	1.26	1.23	1.22	1.25	1.29
	局所の表面熱流束の最大値※3	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約7.36MPa[gage]	（約7.03MPa[gage]）	（約7.03MPa[gage]）	約7.33MPa[gage]	約7.33MPa[gage]
原子炉冷却材系の停止ループの誤起動	最小限界出力比の最小値	1.26	1.24	1.31	1.30	1.33
	局所の表面熱流束の最大値※3	約75%	【約77%】	【約77%】	約75%	【約78%】
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約6.85MPa[gage]	（約6.68MPa[gage]）	（約6.68MPa[gage]）	約6.90MPa[gage]	約6.85MPa[gage]

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：【 】は平均表面熱流束

※4：（ ）は原子炉圧力

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（3/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心※1	9×9炉心※2	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心※1	1/3 MOX炉心※1
外部電源喪失	最小限界出力比の最小値	1.26	1.23	1.23	1.25	1.29
	局所の表面熱流束の最大値※3	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約7.85MPa[gage]	（約7.68MPa[gage]）	（約7.66MPa[gage]）	約8.01MPa[gage]	約7.82MPa[gage]
給水加熱喪失	最小限界出力比の最小値	1.09	1.07	1.07	1.09	1.11
	局所の表面熱流束の最大値※3	約117%	【約121%】	【約121%】	約116%	【約121%】
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約7.50MPa[gage]	（約7.11MPa[gage]）	（約7.10MPa[gage]）	約7.48MPa[gage]	約7.49MPa[gage]

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：【 】は平均表面熱流束

※4：（ ）は原子炉圧力

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（4/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心 ^{※1}	9×9炉心 ^{※2}	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心 ^{※1}	1/3 MOX炉心 ^{※1}
原子炉冷却材流量制御系の誤動作	最小限界出力比の最小値	1.21	1.20	1.22	1.48	1.35
	局所の表面熱流束の最大値 ^{※3}	約87%	【約92%】	【約91%】	約71%	【約89%】
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値 ^{※4}	約7.06MPa[gage]	(約6.82MPa[gage])	(約6.81MPa[gage])	約6.91MPa[gage]	約7.01MPa[gage]
負荷の喪失	最小限界出力比の最小値	1.16	1.17	1.16	1.09	1.09
	局所の表面熱流束の最大値 ^{※3}	約104%	100%（初期値）	100%（初期値）	約117%	【約115%】
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値	約8.25MPa[gage]	約8.23MPa[gage]	約8.23MPa[gage]	約8.50MPa[gage]	約8.29MPa[gage]

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：【 】は平均表面熱流束

※4：（ ）は原子炉圧力

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（5/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心 ^{※1}	9×9炉心 ^{※2}	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心 ^{※1}	1/3 MOX炉心 ^{※1}
主蒸気隔離弁の誤閉止	最小限界出力比の最小値	1.26	1.23	1.23	1.25	1.29
	局所の表面熱流束の最大値 ^{※3}	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値 ^{※4}	約8.15MPa[gage]	(約7.84MPa[gage])	(約7.84MPa[gage])	約8.26MPa[gage]	約8.16MPa[gage]
給水制御系の故障	最小限界出力比の最小値	1.16	1.14	1.18	1.17	1.22
	局所の表面熱流束の最大値 ^{※3}	約106%	【約110%】	【約108%】	約106%	【約110%】
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値 ^{※4}	約8.08MPa[gage]	(約7.81MPa[gage])	(約7.80MPa[gage])	約7.50MPa[gage]	約7.42MPa[gage]

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：【 】は平均表面熱流束

※4：（ ）は原子炉圧力

表3 運転時の異常な過渡変化の解析結果（評価事象毎）（6/6）

評価項目		解析結果				
		女川3号			島根2号	浜岡4号
		1/3 MOX炉心※1	9×9炉心※2	高燃焼度8×8炉心	1/3 MOX炉心※1	1/3 MOX炉心※1
原子炉圧力制御系の故障	最小限界出力比の最小値	1.26	1.23	1.23	1.25	1.29
	局所の表面熱流束の最大値※3	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約7.73MPa[gage]	（約7.53MPa[gage]）	（約7.53MPa[gage]）	約7.87MPa[gage]	約7.77MPa[gage]
給水流量の全喪失	最小限界出力比の最小値	1.26	1.23	1.23	1.25	1.29
	局所の表面熱流束の最大値※3	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）	100%（初期値）
	燃料エンタルピーの最大値	—	—	—	—	—
	原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力の最大値※4	約7.70MPa[gage]	（約7.53MPa[gage]）	（約7.53MPa[gage]）	約7.89MPa[gage]	約7.68MPa[gage]

※1：9×9（A型）+MOX炉心

※2：9×9（A型）炉心

※3：【 】は平均表面熱流束

※4：（ ）は原子炉圧力

論点10 緊急時の原子炉停止能力

○検討課題

ブルトニウムはウランより熱中性子を吸収しやすいため、MOX燃料を採用すると制御棒への熱中性子の吸収割合が減少し、制御棒の効きが悪くなる傾向があるが、原子炉の安全は確保されているのか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ ほう酸水注入装置が作動しなかった場合の、事故の経過の解明を行うべきではないか。
- ・ 原子炉の制御装置や停止装置（制御棒とボウ酸）の効きが低下する。
- ・ 対策として、制御棒の位置をなるべくMOX燃料集合体から離れた場所に配置することになっているが、それには限界がある。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

（制御棒の停止能力について）

- ・ MOX燃料に含まれるブルトニウムは、ウランよりエネルギーが小さい中性子（熱中性子）を吸収しやすく、このため制御棒付近では中性子の数が減少し、MOX炉心では制御棒の効きが若干低下するものの、制御棒が原子炉を停止する能力にはほとんど十分な余裕がある（要求される能力を100とすると、ウラン炉心で280程度、MOX炉心で250程度）。
 - ・ MOX燃料とウラン燃料の配置などの工夫により、MOX燃料を使用しても確実に原子炉を制御・停止することができる。（表10-1、図10-1参照）
- 【参考】「9×9燃料（A型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡サイクル並びに9×9燃料（B型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルの解析によると、最大反応度値を持つ制御棒1本が完全に引き抜かれた状態でも実効増倍率は0.99未満となっている。（設置許可申請書8-3-66）」

- ・ 原子炉は運転期間を通じて定格出力を維持できるよう、約1年間運転できるような燃料を装荷しているが、制御棒も多めに用意している。したがって、MOX燃料炉心においてもウラン燃料炉心と同様、原子炉を余裕をもって停止することができる。

【参考】「9×9燃料（A型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡サイクル並びに9×9燃料（B型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルの解析例においては、制御棒の反応度制御能力の余裕が最小になる時の過剰増倍率は約0.09Δkであり、その場合の反応度制御能力は約0.16Δkである。（設置許可申請書8-3-65）」

- ・ 制御棒は、原子炉を停止するにあたり十分な本数を確保しており、また、1本1本が独立して駆動する設計となっている。さらに、制御棒が挿入できない場合、ほう酸水注入系によって原子炉を停止できる設計としている。

- ・ ほう酸水注入系は、MOX燃料を採用しても、ウラン炉心と同様、原子炉を余裕をもって臨界未満にできる能力を有している。ほう酸水注入系の系統概要図を図10-2に示す。なお、ほう酸水注入系は、必要なとき確実にほう酸水を原子炉へ注入できるように、ほう酸水注入ポンプおよびほう酸水注入弁の動作確認を定期的（ほう酸水注入ポンプ：1ヶ月に1回、ほう酸水注入弁：3ヶ月に1回）に実施している。

- ・ なお、評価手法を従来の一点近似による解析から、より詳細な三次元解析に変更しているが、この評価方法の採用によっても、現状の設計（ほう酸濃度：750ppm）で対応可能であることを確認している。

〔参考〕「ほう酸水注入系は、～中略～ 毎分0.001Δk以上の負の反応度を与え、原子炉を臨界未満にする能力を持っている。9×9燃料およびMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルの解析例によれば、ほう酸水注入系の反応度は毎分0.002Δkであり約30分間で臨界未満に必要な負の反応度を添加する能力を有している。（設置許可申請書8-3-53）」

・ プルトニウムはウランに比べて熱中性子を吸収しやすいことから、制御棒が吸収する熱中性子量が少なくなるため、制御棒の効きは若干悪くなる。一方、MOX燃料はウラン燃料より遅発中性子割合が少ないため、制御棒が挿入された際、中性子の減少が早くなり、制御棒の効きはよくなる。これらの効果が打ち消しあうことにより、原子炉の緊急停止能力はウラン燃料炉心と同等となる。

スクラム能力が確保されていることの確認として、スクラム曲線^{*1}が用いられており、原子炉のスクラム曲線を設計用スクラム曲線^{*2}と比較したとき、同じ制御棒の原子炉内への挿入割合に対してより多くの反応度（スクラム反応度^{*3}）が投入されていれば、その炉心のスクラム能力は確保されていることとなる。

・ なお、以下に示す監視パラメータがある設定値に達した場合、安全保護系の機能により原子炉を緊急停止する設計としている。

- i) 原子炉圧力
- ii) 原子炉水位
- iii) ドライウエル圧力
- iv) 中性子束
- v) 原子炉周期（ペリオド）
- vi) 中性子検出器計数率
- vii) スクラム排出容器水位
- viii) 主蒸気管放射能
- ix) 主蒸気隔離弁開度
- x) 主蒸気止め弁開度
- xi) 蒸気加減弁開度
- xii) 地震加速度

〔参考〕「9×9燃料（A型）平衡サイクル又は9×9燃料（B型）平衡サイクルの炉心にMOX燃料76体を装荷したサイクル、さらにMOX燃料76体を装荷したサイクル、及びMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルの各サイクル末期のスクラム曲線の解析値は、設計スクラム曲線に比べ十分安全側となっている（図10-3、10-4参照）。（設置許可申請書8-3-68）」

（補足：燃料プールの未臨界性について）

・ MOX新燃料、使用済MOX燃料は燃料プールの使用済燃料貯蔵ラックに貯蔵されるが、核分裂が起きやすい最も厳しい状態を想定しても、貯蔵燃料の臨界を防止することが出来ることを確認している（図10-5参照）。

プール水温度

4℃（中性子の減速効果が最も高い温度）を想定する。

ボロン（中性子吸収材）添加率

貯蔵ラックのボロン添加率は設計の最小値とし、安全側の評価とするため（臨界になりやすいように）ボロンによる中性子吸収量を少なく想定する。

貯蔵ラックの製造公差

板材肉厚は仕様上の最小値とし、ラックによる中性子吸収量を少なく想定する。格子ピッチ、ラック内幅を仕様上の最小値とし燃料集合体間の距離が小さいことを想定する。

貯蔵ラック内における燃料集合体配置

燃料集合体がラック中心に配置（ラック壁面から最も離れた位置）された状

態を想定する。

燃料集合体の無限増倍率

無限増倍率が、実際に使用する燃料よりさらに5%程度大きいと想定する。（ウラン燃料（9×9、高燃焼度8×8）の無限増倍率1.30、MOX燃料の無限増倍率1.23と想定）

※1：制御棒の原子炉内への挿入割合とこれによって原子炉へ投入される反応度の関係を表したものの。

※2：実際の原子炉におけるスクラム曲線を包絡するよう厳しく設定したスクラム曲線を設計用スクラム曲線という。原子炉の異常な過渡変化および事故時の評価には、この設計用スクラム曲線を用いて評価を行い、安全性を確認している。

※3：原子炉がスクラムした際、原子炉に投入される反応度

○国の見解（安全審査結果）

・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。

9×9燃料（A型）又は9×9燃料（B型）及びMOX燃料228体を装荷した平衡炉心においては、全制御棒を全挿入した状態から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、炉心の実効増倍率が常に0.99未満となるように設計するとしている。すなわち、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、炉心を臨界未満にできるとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P9）

MOX燃料を装荷したサイクル以降、ほう酸水の反応度価値が低下することを考慮しても、0.001Δk/min以上の負の反応度を与え、原子炉を定格出力運転状態から0.015Δk以上の余裕を持って炉心を臨界未満にでき、かつ、維持できるとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P14）

運転時の異常な過渡変化の解析に用いる設計用スクラム反応度曲線については、MOX燃料76体を装荷したサイクルからMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルに至るまでの各サイクル燃焼によるスクラム反応度曲線の劣化が考慮されている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P9）

3号炉の使用済燃料プールにおける燃料の臨界防止については、既設の中性子吸収材であるほう素を添加したステンレス鋼製使用済燃料貯蔵ラックにおいて、MOX燃料の貯蔵を考慮しても、適切な燃料間距離をとることにより、燃料を貯蔵容量最大で貯蔵し、かつ、プール水温、使用済燃料貯蔵ラック内燃料位置等について想定されるいかなる場合でも実効増倍率を0.95以下に保つことができるとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P15）

・ MOX燃料装荷炉心における制御棒の反応度価値については、ウラン燃料装荷炉心に比較して低下する傾向にあるが、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状態でも、残りの制御棒により低温状態及び高温状態において炉心を臨界未満にできるとしている。

・ 運転時の異常な過渡変化の解析に用いる設計用スクラム曲線については、MOX燃料76体を装荷したサイクルからMOX燃料228体を装荷した平衡サイクルに至るまでの各サイクルにおける燃焼によるスクラム反応度曲線の劣化を考慮し、十分安全側に設定するとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3.3.1.1（2）核設計 P5）

・ SLCについては、三次元解析によるSLC作動時の未臨界性評価を用いて、停止余裕0.015Δk（実効増倍率0.985）を設計基準としている。MOX燃

料を装荷したサイクル以降においても、SLC作動時の反応度添加速度が、キセノン崩壊及び減速材温度による反応度増加率を考慮した値 $0.001 \Delta k/min$ を上回って、原子炉を定格出力運転状態から $0.015 \Delta k$ 以上の余裕を持って炉心を臨界未満にでき、かつ、維持できるように設計するとしている。

(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 1. 2 原子炉停止系 P7)

- 燃料貯蔵設備におけるMOX燃料の臨界防止については、プール水温、ラックの製造公差やラック内燃料位置等について想定される厳しい状態を仮定して未臨界性評価を行い、実効増倍率は 0.95 以下に保たれ、未臨界性を維持できるとしている。

(原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3. 3. 2 燃料の貯蔵設備及び取扱設備 P7～8)

○安全性検討会議委員からの意見

- 原子炉停止に関しては、十分な対策がなされていると思われる。しかしながら中越沖地震の場合にもみられるように、万一の場合には、“止める”ばかりでなく、“冷やす”、“閉じ込める”ことが不可欠であり、日頃からその訓練（運転員のみならず発電所全体）を行っておく必要がある。
- 臨界実験データ、実機での運転データ等を用いて精度が確立された核特性計算コードを用い、制御棒反応度、原子炉停止余裕、貯蔵施設の臨界可能性等を解析して、判断基準に対して十分な余裕を持っていることを確認している。
- プルトニウムの吸収性能が若干強いことから、MOX燃料を用いた炉心の制御性能も損なわれる可能性はある。しかし、今回設計された女川用としてのMOX燃料／炉心では、MOX燃料・炉心設計時の工夫、およびMOX燃料数が少ない（ $1/3$ 以下）ことから、その制御性はウラン燃料のみの炉心と同じであると判断できる。
- 原子炉停止余裕の解析結果によれば、制御棒による原子炉停止能力が最も厳しいときでさえ、制御棒による熱中性子の吸収能力はMOX燃料でも十分に余裕がある。

○自治体の見解

プルトニウムは、ウランよりも熱中性子を吸収しやすいため、制御棒付近では熱中性子数が少なくなることから、MOX燃料を装荷した炉心は、ウラン燃料のみの炉心と比較して制御棒の効きが若干低下するが、原子炉停止余裕の解析評価では、制御棒による原子炉停止能力が最も厳しいときでも十分な安全余裕を有していることが確認されており、原子炉を停止するために必要な能力は十分確保されていると考える。

表10-1 女川3号機の停止余裕

燃料型式		実効増倍率	判断基準
ウラン燃料	高燃焼度8×8燃料	0.974	0.99以下
	9×9燃料(A型)	0.972	
	9×9燃料(B型)	0.979	
MOX燃料 (9×9燃料(A型)混在)		0.975	
(9×9燃料(B型)混在)		0.975	

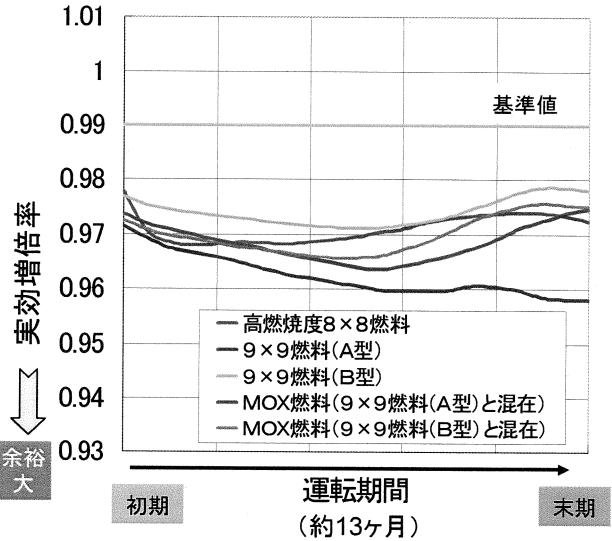


図10-1 (1) 女川3号機 停止余裕の推移

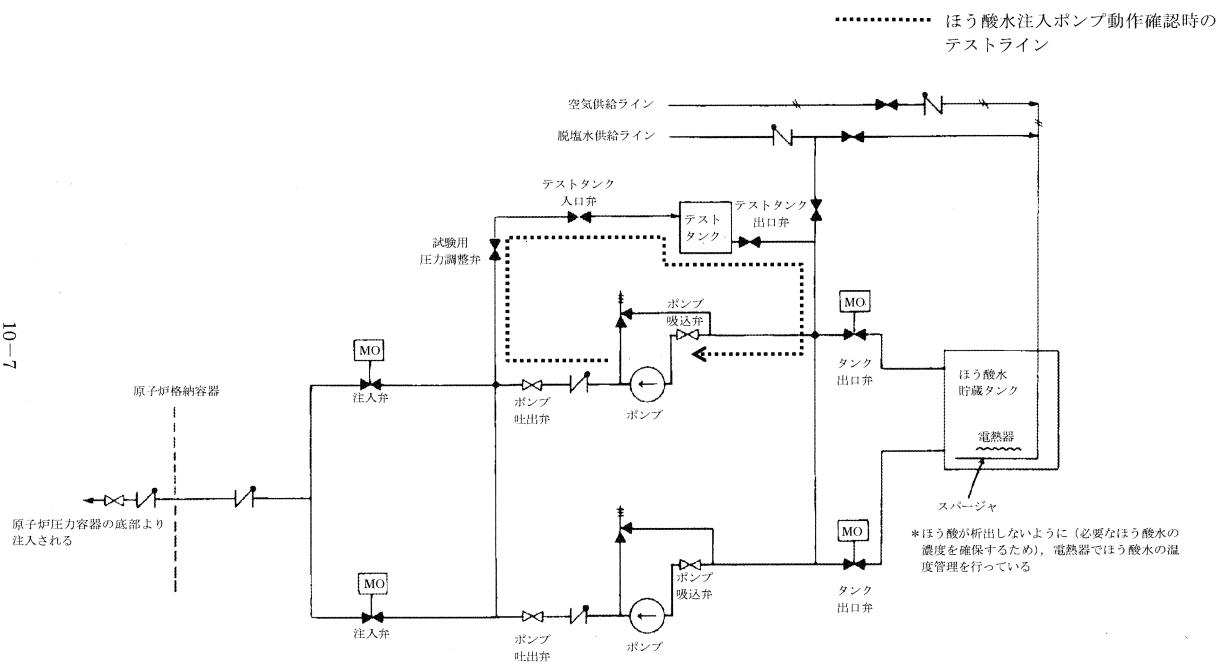


図 10-2 (1) ほう酸水注入系系統概要図

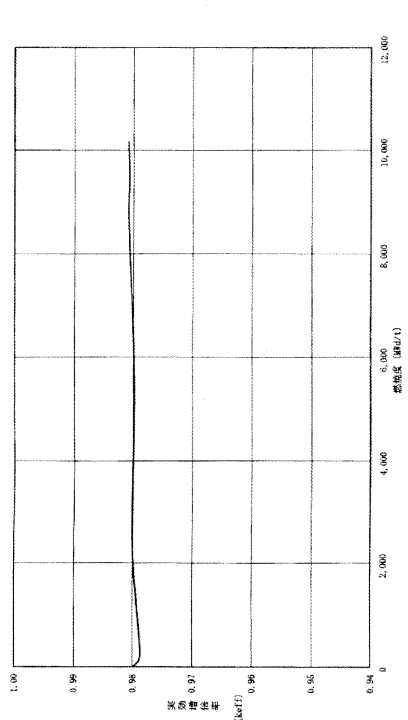


図 10-1 (2) 島根 2 号機 停止余裕の推移
(9 × 9 燃料 (A 型) 及び MOX 燃料を装荷した平衡炉心)

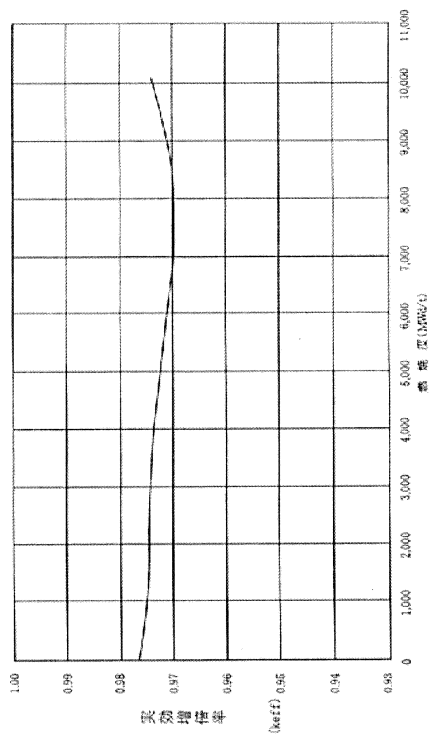


図 10-1 (3) 浜岡 4 号機 停止余裕の推移
(9 × 9 燃料 (A 型) 及び MOX 燃料を装荷した平衡炉心)

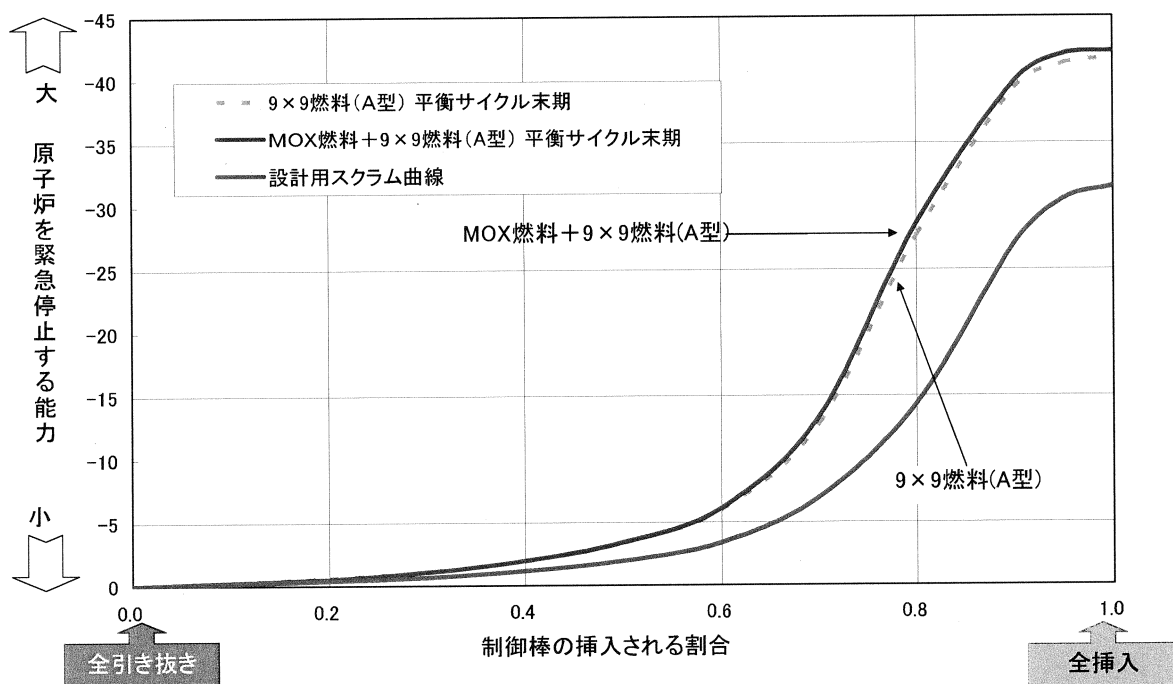


図10-3 スクラム反応度曲線

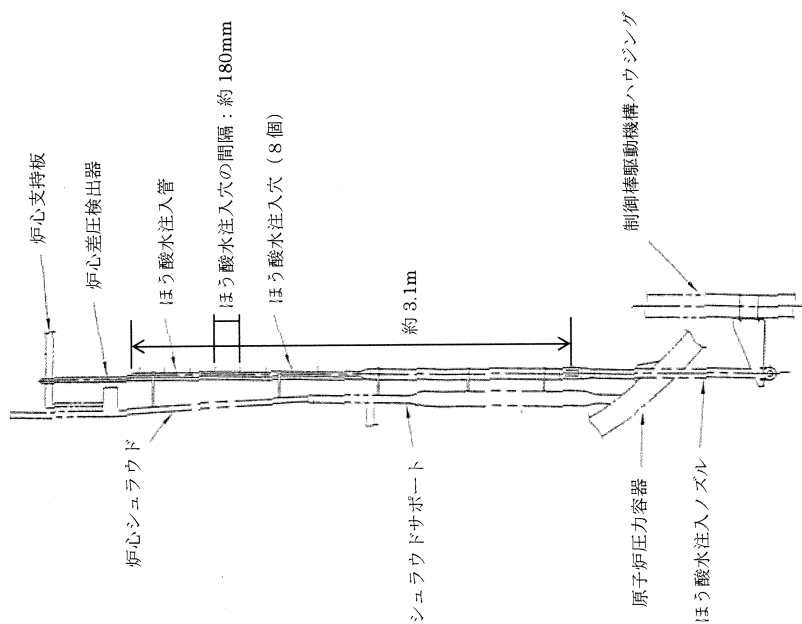


図10-2 (2) ほう酸水注入系注入口概要図

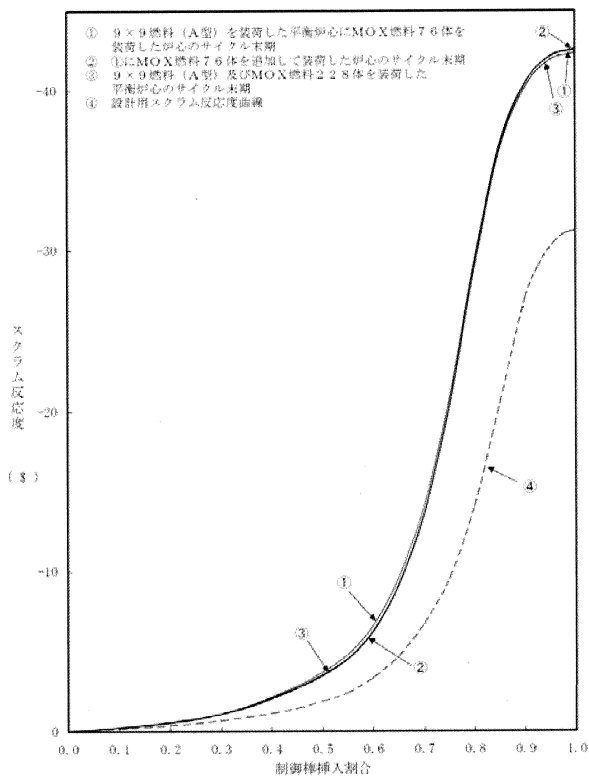


図 10-4 (1) 女川 3 号機 スクラム反応度曲線
(9×9 燃料 (A 型) 及び MOX 燃料を装荷した取替炉心)

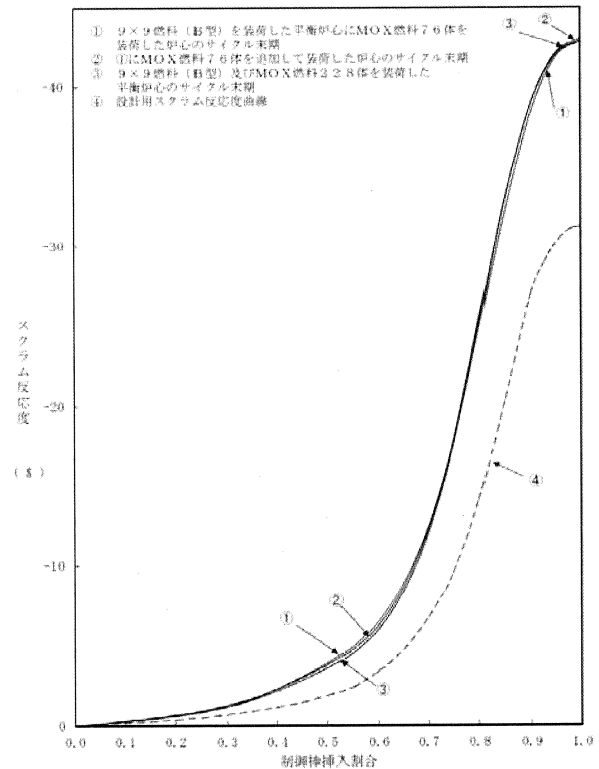


図 10-4 (2) 女川 3 号機 スクラム反応度曲線
(9×9 燃料 (B 型) 及び MOX 燃料を装荷した取替炉心)

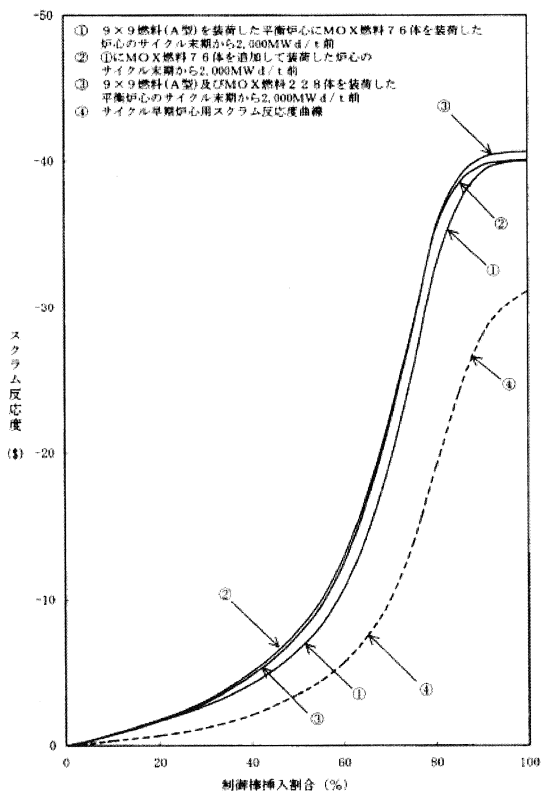


図 10-4 (3) 島根 2 号機 スクラム反応度曲線 (サイクル早期炉心用)
(9×9 燃料 (A 型) 及び MOX 燃料を装荷した取替炉心)

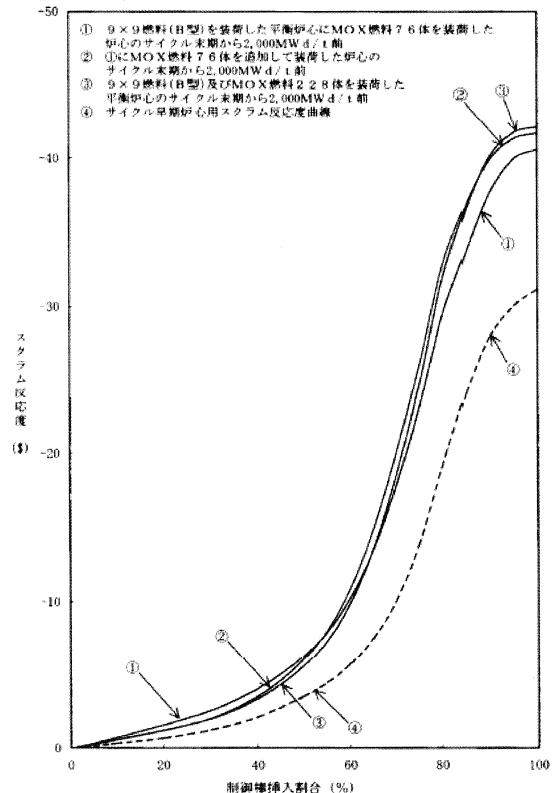


図 10-4 (4) 島根 2 号機 スクラム反応度曲線 (サイクル早期炉心用)
(9×9 燃料 (B 型) 及び MOX 燃料を装荷した取替炉心)

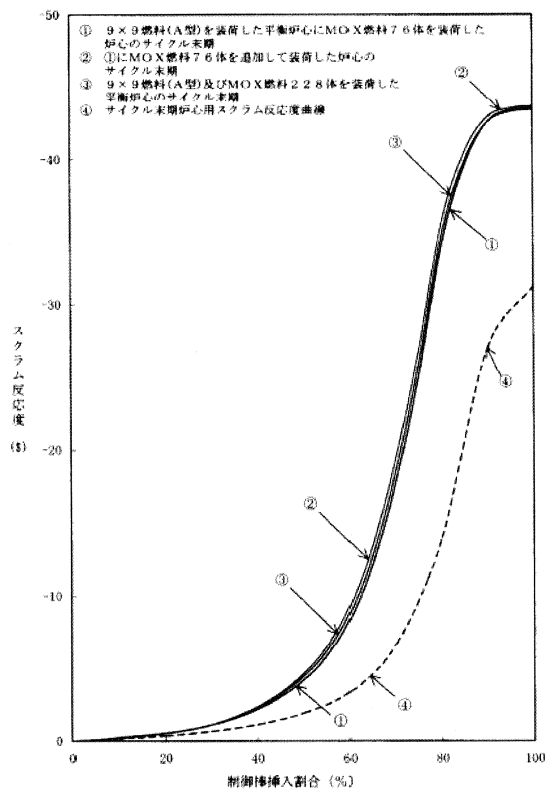


図10-4(5) 島根2号機 スクラム反応度曲線(サイクル末期炉心用)
 (9×9燃料(A型)及びMOX燃料を装荷した取替炉心)

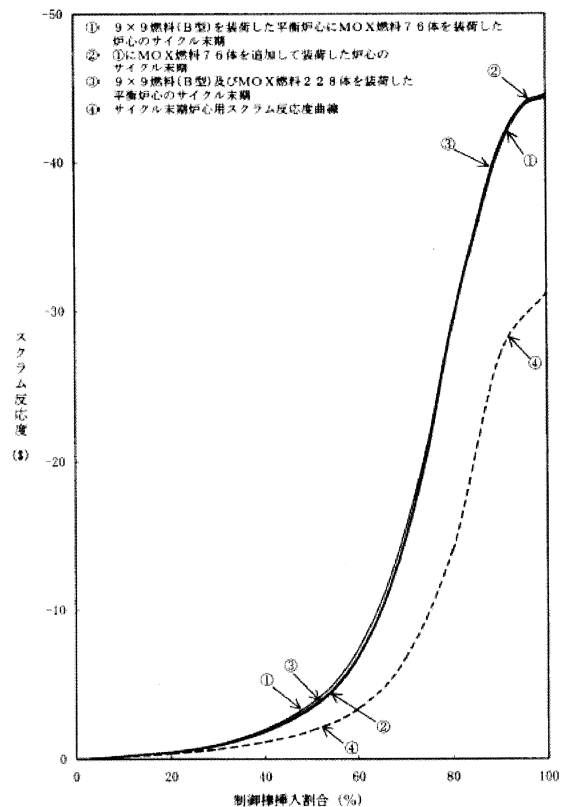


図10-4(6) 島根2号機 スクラム反応度曲線(サイクル末期炉心用)
 (9×9燃料(B型)及びMOX燃料を装荷した取替炉心)

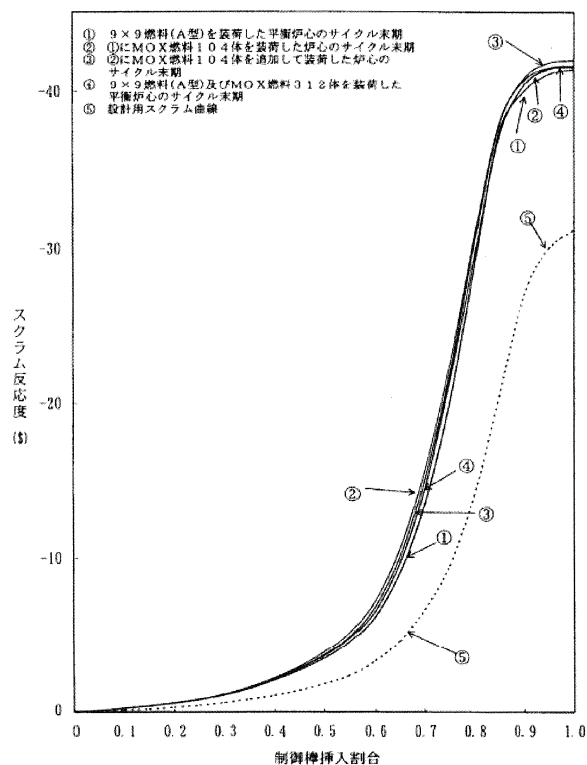


図10-4(7) 浜岡4号機 スクラム反応度曲線(サイクル末期炉心用)
 (9×9燃料(A型)及びMOX燃料を装荷した取替炉心)

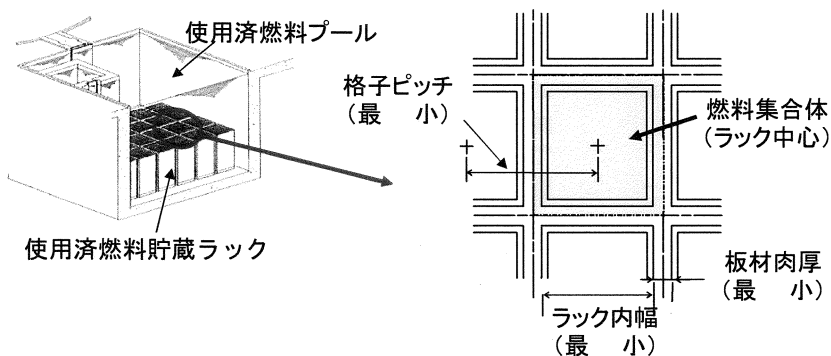


図10-5 使用済み燃料プール・使用済み燃料ラック外略図

論点11 作業時の被ばく

論点11-1 MOX新燃料の取扱い

○検討課題

MOX燃料は新燃料でもウラン燃料より放射線が強く、輸送や検査時等における燃料取扱時に作業員の被ばくが大きくなるのではないかと懸念されている。また、燃料取扱中に燃料落下事故が発生した際、ウラン燃料と比較して影響が大きくなるのではないかと懸念されている。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- 燃料表面の線量率はウラン燃料の300倍近くあり、扱いにくい。さらに、再処理から時間を経たプルトニウムを使用した場合、プルトニウム241のベータ崩壊によるアメリシウム241の割合が増え強いガンマ線を出し、作業時の被ばく量を増大させる。
- 表面線量率のデータはどのような「古さ」のプルトニウムを使ったのか、明らかにすべき。
- 計画被ばく線量は最大でどのくらいになると推定しているか、被ばく線量を示すべき。
- 作業者の被曝線量が増える。
- MOX燃料がウラン燃料より放射線が高く、人体に内部被ばくをもたらすおそれがある。作業者の健康を守るための対策はどうか。
- MOX燃料に含まれるプルトニウムは、ウランと比較し放射線が強い。
- 燃料の製造から、輸送、保管、装荷作業などの各過程で、労働者や一般公衆への被曝の危険性を増大させる。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

【放射線について】

- MOX燃料の線量当量率はウラン燃料に比べ、表面で約70倍、表面から1m離れたところでの影響は約50倍となる解析例がある。（燃料条件は論点4参照）

	線量当量率 (mSv/h)	
	燃料表面	燃料表面から1m
ウラン燃料	0.04	0.002
MOX燃料	2.7	0.1

出典 株式会社東芝「沸騰水型原子力発電所MOX燃料の貯蔵について」TLR-068
改訂1 平成11年2月

- この解析例をもとに燃料の貯蔵設備及び取扱い設備は、放射線業務従事者の被ばくを、合理的かつできる限り低減する設計とする。なお、MOX新燃料の取扱いに当たっては遠隔操作による燃料との距離の確保や燃料近辺での作業時間の短縮、必要に応じた遮へい体の設置等の被ばく低減対策を講じる。（図11-1）
- 先行電力におけるMOX燃料の線量当量率の実績は以下のとおり。

①東京電力実績

	線量当量率 (mSv/h)	
	燃料表面	燃料表面から1m
MOX燃料	1.01※	約0.1※

※ 出典：東京電力㈱プルサーマルPA資料

②中部電力実績：表面で1mSv/h程度

- MOX新燃料は、 ^{235}U 、 ^{238}U に比べて半減期の短いアルファ崩壊核種（ ^{238}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am ）を多く含んでいるため、アルファ線を多く放出するが、アルファ線は透過

力が弱く、燃料被覆管（燃料が密封収納されている管）により遮へいされるため、作業時の被ばくには影響しない。

【燃料の取扱いについて】

- 燃料交換機の燃料つかみ具は2重のワイヤや燃料集合体を確実につかんでいない場合には、吊上げができない等のインターロックを設けており、動力源が喪失した場合にも、燃料集合体が外れない設計となっている。
- 原子炉建屋クレーンは減速機やブレーキの二重化を行うとともに重量物を吊った状態で使用済燃料貯蔵ラック上を通過できないようインターロックを設けている。
- 取扱中に新燃料を落下させ、燃料が破損するような事故が起きたと仮定しても、燃料は陶器状に焼き固められており、核燃料物質が飛散するようなことはない。
- また、燃料破損に伴う影響評価も実施しており、評価結果はウラン燃料（9×9燃料）と変わらず判断基準を満足しており、影響はない。

燃料集合体の落下時の実効線量（mSv）		判断基準
希ガスのγ線外部被ばくによる実効線量	約 3.4×10^{-2}	—
よう素の内部被ばくによる実効線量	約 4.6×10^{-5}	—
合 計	約 3.4×10^{-2}	5

出典：女川原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書

○ 国の見解（安全審査結果）

- MOX燃料集合体を、3号機の使用済燃料プールにおいて取扱い及び貯蔵する際には、以下の事項を満足することが要求される。
 - ③ 燃料の取扱設備は、移送操作中の燃料集合体の落下を防止できること。
 - ④ 燃料の貯蔵設備及び取扱設備は、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低減できるように、放射線防護上の措置を講じた設計であること。
- （原子力安全・保安院：安全審査書P15）
- この中で、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低くするように、燃料との距離の確保、必要に応じた遮へい体の設置等の被ばく低減手法を組み合わせることと、MOX燃料集合体の取扱設備は、ワイヤの二重化等により燃料集合体の移送操作中の落下を防止することについて、燃料の貯蔵設備及び取扱設備の設計は要求事項を満足しており、妥当なものと判断されている。
- （原子力安全・保安院：安全審査書P15、16）

- 燃料取扱設備については、燃料集合体の移送操作中の落下防止のため、二重ワイヤ等を設けるとしている。
- MOX新燃料の取扱い及び貯蔵時の放射線防護上の措置については、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低くするように、MOX新燃料の表面線量率がウラン新燃料に比べて高いという特徴を考慮し、遮へい体の設置等の被ばく低減手法を組み合わせる措置を講じるとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3. 3. 2 燃料の貯蔵設備及び取扱設備 P7）

論点11-2 使用済MOX燃料の取扱い

○検討課題

使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べて放射線が強くなるが、使用済MOX燃料を貯蔵することにより作業エリアの線量が高くなることはないか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- 作業者の被ばく線量（推定値）を使用済ウラン燃料と比較して示すべき。
- 使用済MOX燃料は防護が難しいガンマ線や中性子線が多くなるといわれている。そのため、作業者の被ばくが増えることが心配される。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べ中性子の線源強度が高くなるが、使用済燃料の放射線は中性子線よりもガンマ線の寄与が大きい。一方、ガンマ線は、使用済ウラン燃料のほうがわずかに高い線源強度となっている。したがって、使用済燃料の遮へい計算はウラン燃料で代表できる。

燃料の種類	燃料1体当りの線源強度		備考
	ガンマ線（γ/s/体）	中性子線（n/s/体）	
ウラン燃料	1.0×10^{17}	0.5×10^9	燃焼度 55GWd/t
MOX燃料	0.9×10^{17}	1.0×10^9	燃焼度 40GWd/t

（注）線源強度は炉停止後10日の計算値

線源強度の燃料条件

ウラン燃料：9×9燃料（燃焼度 55GWd/t（最高燃焼度））

MOX燃料：

Pu組成：高組成（Pu質量割合75%）

再処理後の期間：2年経過

燃焼度：40GWd/t（最高燃焼度）

線源強度は、燃焼度は最高燃焼度を使用し、保守的に評価している。

出典：株式会社東芝「沸騰水型原子力発電所MOX燃料の貯蔵について」TLR-068
改訂1 平成11年2月

- 使用済MOX燃料は使用済ウラン燃料と同様に、使用済燃料プール内の使用済燃料貯蔵ラックに貯蔵される（図11-2）。中性子、ガンマ線はプール水、底部および壁面のコンクリートにより遮へいされる。プール水は放射線の遮へいに必要な水深を確保しており、コンクリートも放射線の遮へいに十分な厚さを有していることから、作業エリアを含め、周辺の線量が高くなることはない。

○国の見解（安全審査結果）

- 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
- 使用済MOX燃料の貯蔵設備及び取扱設備の放射線防護上の措置については、従来と同様、遮へいに必要な水深を確保した状態で、水中で取扱い、使用済燃料プールで保管するとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書P16）

- 使用済MOX燃料の貯蔵設備及び取扱設備の放射線防護上の措置については、使用済燃料プールの壁面及び底部はコンクリート壁による遮へいを施すとともに、使用済燃料及びMOX新燃料の上部は十分な遮へい効果を有する水深を確保した状態で、水中で取扱い、使用済燃料プールで保管するとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3. 3. 2 燃料の貯蔵設備及び取扱設備 P7）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ MOX燃料は、それぞれのウラン燃料にくらべて使用前では線量当量率は高く、使用済では線量当量率は低い。従って、MOX新燃料を扱う場合、遮蔽、距離、作業時間の制限や取り扱い専用機器や新たな作業工程が導入され、作業者の被ばくを低減することは可能と考える。なお、それらには十分な習熟と労働衛生管理が欠かせないと思われる。
- ・ 使用済MOX燃料の取り扱いは使用済ウラン燃料と同じである。しかし、未燃焼MOX燃料では放射線量が大きくなることから、その取扱いを厳格にすることが必須である。
- ・ 輸送時、検査時における燃料取り扱いによる作業員の被ばくがウラン燃料よりも大きくならないための対策は十分にとられていることを確認した。使用済MOX燃料の取り扱いは水中で行われるため、使用済ウラン燃料に比べて高い中性子線強度は水により遮蔽され、作業エリアの線量は高くない。

【「11-1 MOX新燃料の取扱い」について】

- ・ 遮へい体の設置、作業時間の短縮、燃料との距離の確保等の被ばく低減対策により、ウラン燃料と同等の被ばく量とすることができると判断する。MOX燃料が万が一落下した場合でも実効線量は、従来のウラン燃料と変わらないことを確認している。
- ・ 未燃焼MOX燃料の放射線量は、未燃焼ウラン燃料のものよりかなり大きい。従って、未燃焼MOX燃料の取り扱い時の被ばくの拡大が懸念される。電力では、このため、その取り扱いを厳格にする新たなMOX燃料取り扱い法を計画している。その方法が的確に運用されれば、被ばくの拡大は防げるとものと判断される。

【「11-2 使用済MOX燃料の取扱い」について】

- ・ 使用済燃料プールは、使用済MOX燃料の放射線の遮へいに必要な水深を確保しており、作業エリアの線量が高くなることはないと判断する。
- ・ 使用済MOX燃料の放射線量は使用済ウラン燃料と同程度である。使用済MOX燃料を取扱っても、作業エリア線量が高くなることはない。

○自治体の見解

MOX新燃料は、ウラン新燃料より放射線が強いいため、輸送や燃料検査等の取扱時には作業者の被ばく低減を図る必要がある。東北電力では遮へい体の設置、遠隔操作の実施及び作業時間の短縮の措置を講ずるとしており、作業者の被ばくを低減することが可能であると考える。

また、燃料落下事故については、装置の二重化などによる安全対策を施すとしており、仮に落下した際の影響評価でも判断基準を満足していることが確認されており、MOX新燃料の取扱いにおける被ばくについては特段の問題はないものと考ええる。

使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料と比較して中性子線が多く放出されるが、ガンマ線は放出量が少なく、使用済ウラン燃料の方がわずかに高い線源強度となる。

使用済MOX燃料の保管に当たっては、従来の使用済ウラン燃料と同様に、遮へいに必要な水深とコンクリート厚を確保した状態で燃料プールで行うこととしていることから、作業エリアの線量が高くなることはないと考ええる。

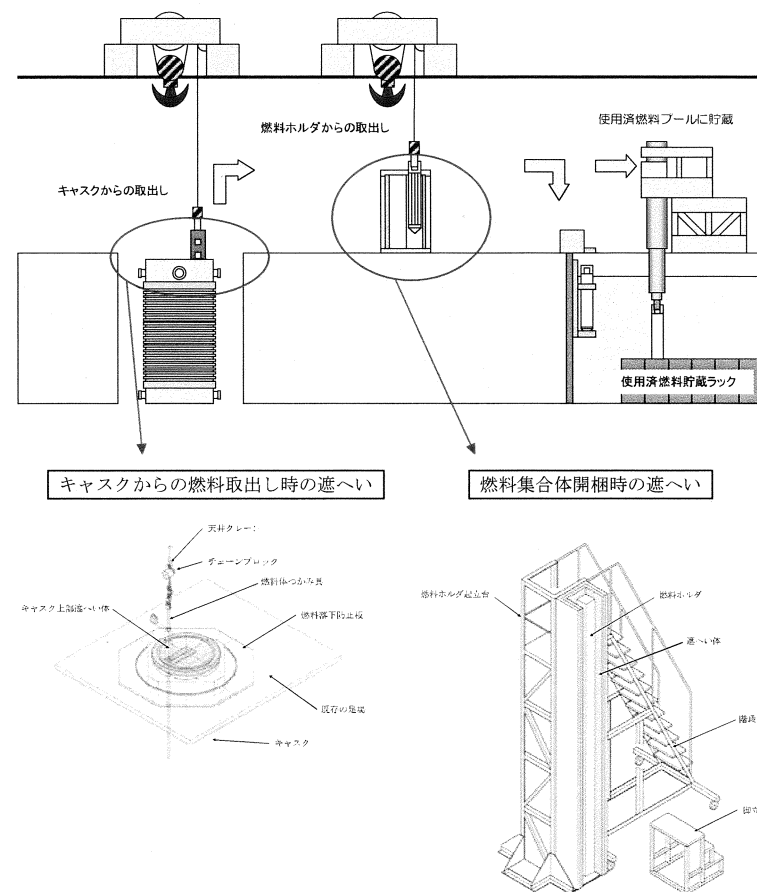


図 11-1 MOX新燃料取扱い時の被ばく低減対策

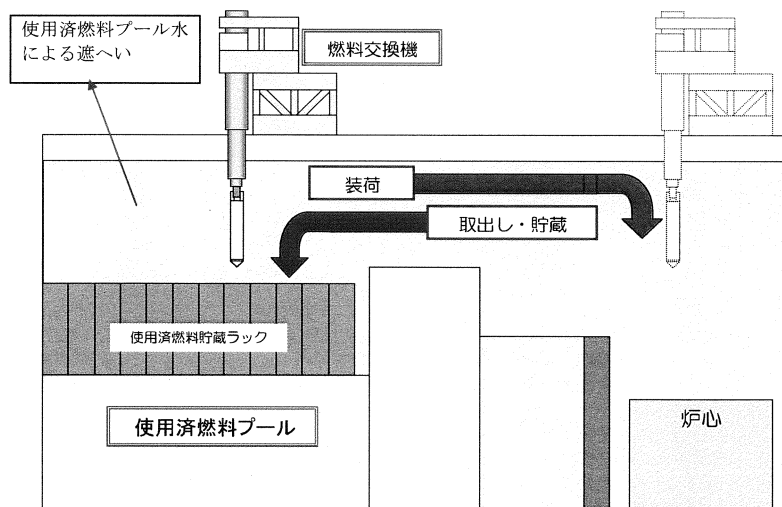


図 11-2 使用済MOX燃料取い時の被ばく低減対策

論点 12 貯蔵設備の冷却能力

○検討課題

使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料に比べて大きいですが、使用済MOX燃料を保管する際、十分に冷却することができるか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- 安全な温度まで下がるのに要する時間は、使用済ウラン燃料(30～50年)の10倍(500年)といわれている。

箇所

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- MOX燃料は、ウラン燃料と同じ燃焼期間であれば、ウラン燃料よりも崩壊熱が高くなるが、東北電力が採用するMOX燃料は、ウラン燃料に比べて原子炉での燃焼期間が短いため、使用済燃料プール(図12-1)内に貯蔵するときの崩壊熱はウラン燃料と同等である。(図12-2)ことから、現在の冷却設備で十分冷却することができる。
- 崩壊熱の評価においては、女川3号における燃料取替と女川1号からの燃料移動により、最も使用済燃料プールの発熱量が大きくなる組合せにより評価している。

- 評価用燃料の条件は以下のとおり

ウラン燃料：9×9燃料(燃焼度4.5GWd/t(取出平均燃焼度))

MOX燃料：

Pu組成：標準組成(Pu割合67%)

再処理後の期間：2年経過

燃焼度：3.3GWd/t(取出平均燃焼度)

炉心では、初期組成の異なるさまざまなMOX燃料が燃焼し、それらが使用済燃料となることから、崩壊熱評価に当たっては、代表的な燃料として、標準燃料を使用している。

出典：株式会社東芝「沸騰水型原子力発電所MOX燃料の貯蔵について」TLR-068

改訂1 平成11年2月

使用済燃料プールの崩壊熱評価では、定期的な燃料取替によって発生する使用済燃料の崩壊熱の合計により評価するため、燃焼度は取出燃料の目標値である平均燃焼度を使用している。

- MOX燃料の崩壊熱は、燃料の初期組成、再処理から燃料装荷までの期間およびアクチニド核種の評価精度により変化するため、崩壊熱の感度を確認している。
- 使用済燃料プールが、(原子炉内の燃料を除いて)満杯となった状態(通常最大熱負荷時)において、プール水温が52℃を超えないように設計されている。(図12-3)

さらに、原子炉内の全ての燃料を一時的に使用済燃料プールに取り出し、使用済燃料プールを満杯とした状態(最大熱負荷時)においてもプール水温が65℃以下になるように設計されている。(図12-4)

○国の見解（安全審査結果）

- ・ 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。

3号機の使用済燃料プールの除熱能力については、MOX燃料の貯蔵を考慮しても、原子炉ウェルと使用済燃料プールを仕切るプールゲートを閉じた時点で炉心から取り出した燃料1回分取替量から発生する崩壊熱並びにそれ以前の燃料取替で取り出した3号機のMOX燃料を含めた使用済燃料及び1号機から42ヶ月以上冷却後運搬された使用済燃料から発生する崩壊熱の合計として定義する通常最大熱負荷時を既設の燃料プール冷却浄化系の熱交換器で除去し、プール水温が52℃を超えないようにすることができるとしている。さらに、燃料サイクル末期における全炉心の崩壊熱並びにそれ以前の燃料取替で取り出した3号機の使用済燃料及び1号機から42ヶ月以上冷却後運搬された使用済燃料から発生する崩壊熱の合計として定義する最大熱負荷についても、既設の残留熱除去系を併用して除去し、プール水温を65℃以下に保つことができるとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書 P15）

- ・ 燃料貯蔵設備の除熱能力については、MOX燃料の貯蔵を考慮した通常最大熱負荷時（原子炉ウェルと燃料プールを仕切るプールゲートを閉じた時点で炉心から取り出した燃料1回分取替量から発生する崩壊熱と、それ以前の燃料取替で取り出した3号機の使用済燃料及び42ヶ月以上冷却後1号機より運搬された使用済燃料から発生する崩壊熱の合計）において、プール水温を52℃以下に保つことができるとしている。

さらに、最大熱負荷時（サイクル末期における全炉心の崩壊熱と、それ以前の燃料取替で取り出した3号機の使用済燃料及び42ヶ月以上冷却後1号機より運搬された使用済燃料から発生する崩壊熱の合計）においても、プール水温を65℃以下に保つことができるとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）

（別紙2 3.3.2 燃料の貯蔵設備及び取扱設備 P8）

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ 燃料プールで使用済MOX燃料の保管を予定しているが、保管については、冷却能力、放射線安全管理、臨界管理の点で安全上特に問題ないと考え。また、現在予定されているMOX燃料の数量であれば、この燃料プールでの保管は、容量において当分の間問題ないと思われる。
- ・ 使用済MOX燃料と使用済ウラン燃料の崩壊熱は、ほぼ同等という解析結果が得られており、また、保守的な仮定を置いても現在の冷却設備で十分に冷却を確保できることを確認している。
- ・ 使用済MOX燃料の発熱量は使用済ウラン燃料を若干上回る程度であり、限定的である。使用済MOX燃料の保管時の冷却性はウラン燃料使用時と変わらない。
- ・ 使用済MOX燃料の保管において、冷却設備の能力は十分であることを確認した。

○自治体の見解

使用済MOX燃料の発熱量は、使用済ウラン燃料に比べて大きい、女川原子力発電所3号機におけるMOX燃料の使用計画においては、MOX燃料の燃焼期間が短いことから、燃料プールに保管する際の使用済MOX燃料の崩壊熱は使用済ウラン燃料のものと同等であり、現在の冷却設備で対応可能であることが確認されている。

このことから、使用済MOX燃料を保管する燃料プールの冷却能力は十分であると考え。

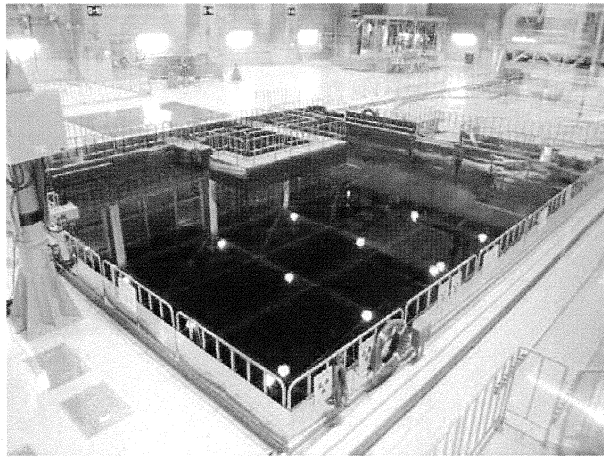


図 12-1 使用済燃料プール（女川 3 号機）

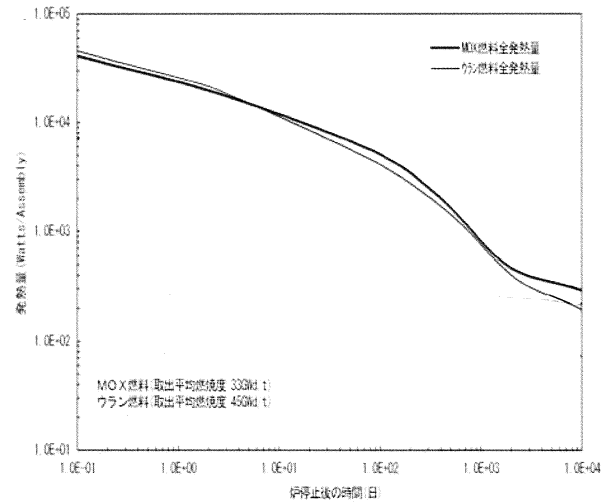


図 12-2 MOX燃料及びウラン燃料の崩壊熱解析例

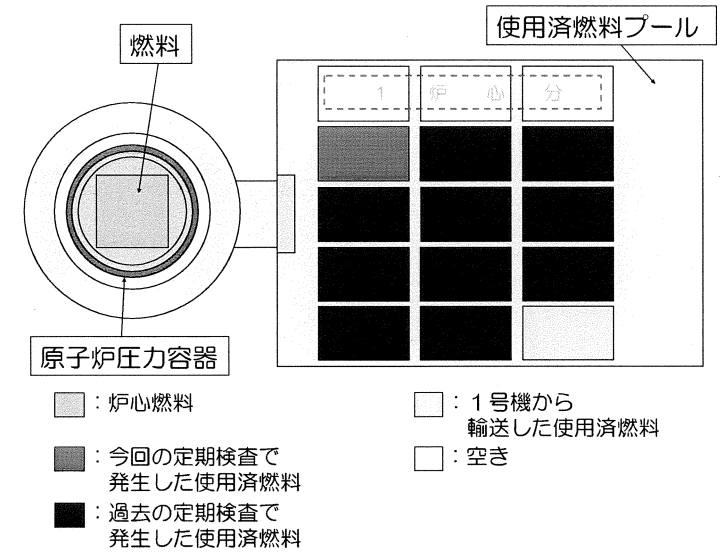


図 12-3 通常最大熱負荷時の使用済燃料プールの状態

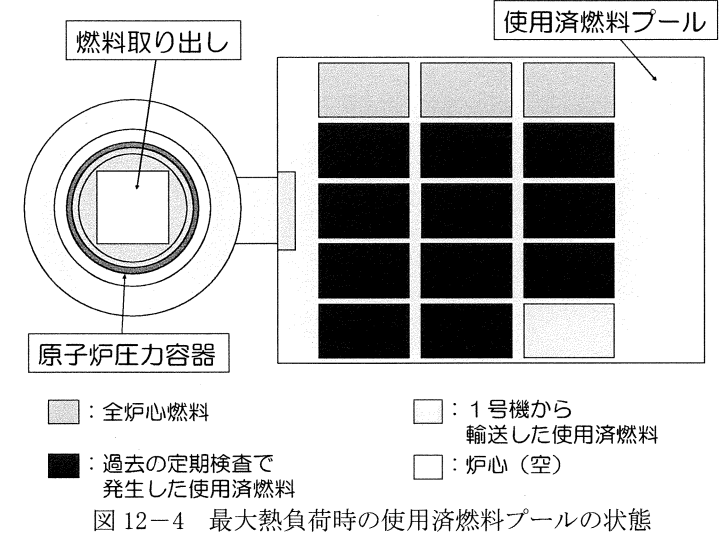


図 12-4 最大熱負荷時の使用済燃料プールの状態

論点 1 3 平常時の周辺への影響

○検討課題

MOX 燃料を使用することにより、通常の運転時において周辺住民の被ばく量が増えるのではないかな。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

※特になし

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

(I) MOX燃料を装荷した場合においても、平常時の周辺住民の被ばく量は表 1 のとおり増えることはない。

なお、よう素を摂取した場合の実効線量が約 2 倍 (約 $0.8 \mu\text{Sv/y} \Rightarrow$ 約 $1.7 \mu\text{Sv/y}$) となっているが、これは、ICRP の 1990 年勧告を線量評価に取り込んだことにより、よう素の実効線量換算係数が見直されたためである。

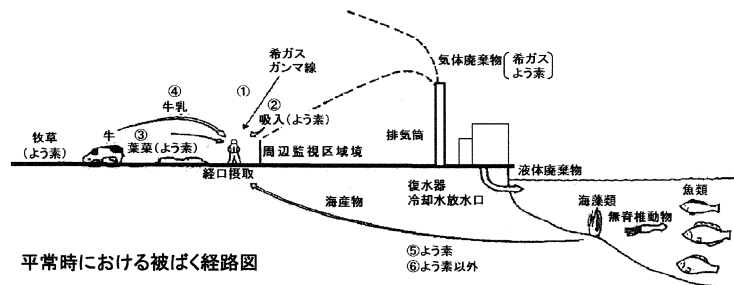
なお、ICRP の 1990 年勧告取り入れに伴う実効線量換算係数の主な変更は表 2 のとおりとなっている。

MOX燃料を装荷した場合、これまでと比べプルトニウムの核分裂が増えるため、炉内におけるよう素の蓄積量は若干増加し、希ガスの蓄積量は 7 割程度まで減少するという傾向がある。線量評価上は希ガスが支配的であるため、希ガスがより多くなるように、ウランの核分裂のみを考慮している (詳細は (II) 参照)。

表 1 平常時の周辺住民の被ばく量 ($\mu\text{Sv/y}$: マイクロシーベルト/年)

被ばく経路		ICRP1990 年 勧告取込前	ICRP1990 年 勧告取込後		判断 基準
		高燃焼度 8 × 8 炉心、 9 × 9 炉心	高燃焼度 8 × 8 炉心、 9 × 9 炉心	1/3 MOX 炉心	
希ガスによる実効線量	①	約 1.1 (1.0. 5)	約 1.1 (1.0. 5)	約 1.1 (1.0. 5)	50※
液体廃棄物(よう素を除く)による実効線量	⑥	約 1 (1. 00)	約 0.9 (0. 87)	約 0.9 (0. 87)	
よう素による実効線量	②、③ ④、⑤	約 0.8 (0. 78)	約 1.7 (1. 64)	約 1.7 (1. 64)	
評価結果の合計		約 1.3 (1.2. 4)	約 1.3 (1.3. 0)	約 1.3 (1.3. 0)	

※「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」に示される線量目標値 () 内の数値は解析結果の生値



平常時における被ばく経路図

【参考】国際放射線防護委員会 (ICRP: International Commission on Radiological Protection) は専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う国際組織である。放射線防護の基本的な考え方、防護基準、放射線防護の方策などについて検討し、検討結果は勧告あるいは報告 (Publication) という形で公表され、各国の放射線防護基準の規範となっている。ICRP1990 年勧告では、甲状腺への放射線影響度の指標となる荷重係数の見直し等が行われている。この勧告を原子力安全委員会の各種指針に取り込む改訂が平成 13 年に行われている。MOX燃料の採用に伴って、この改訂された指針に基づく線量評価方法を適用している。

表 2 ICRP の 1990 年勧告取り入れに伴う実効線量換算係数の変更点

		1990 年勧告取込前	1990 年勧告取込後
液体廃棄物中に含まれる核種 i の実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)	Cr-51	3.6×10^{-5}	3.8×10^{-5}
	Mn-54	7.3×10^{-4}	7.1×10^{-4}
	Fe-59	1.8×10^{-3}	1.8×10^{-3}
	Co-58	9.4×10^{-4}	7.4×10^{-4}
	Co-60	7.0×10^{-3}	3.4×10^{-3}
	Sr-89	2.3×10^{-3}	2.6×10^{-3}
	Sr-90	3.6×10^{-2}	2.8×10^{-2}
	Cs-134	2.0×10^{-2}	1.9×10^{-2}
	Cs-137	1.4×10^{-2}	1.3×10^{-2}
	H-3	1.7×10^{-5}	1.8×10^{-5}
放射性よう素における核種 i の吸入摂取による実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)	成人 I-131	※ 5.3×10^{-3}	1.5×10^{-2}
	I-133	※ 9.8×10^{-4}	2.9×10^{-3}
	幼児 I-131	※ 2.3×10^{-2}	6.9×10^{-2}
	I-133	※ 4.3×10^{-3}	1.6×10^{-2}
	乳児 I-131	※ 4.3×10^{-2}	1.3×10^{-1}
	I-133	※ 9.1×10^{-3}	3.5×10^{-2}
放射性よう素における核種 i の経口摂取による実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)	成人 I-131	※ 8.7×10^{-3}	1.6×10^{-2}
	I-133	※ 1.7×10^{-3}	3.1×10^{-3}
	幼児 I-131	※ 3.7×10^{-2}	7.5×10^{-2}
	I-133	※ 7.8×10^{-3}	1.7×10^{-2}
	乳児 I-131	※ 7.4×10^{-2}	1.4×10^{-1}
	I-133	※ 1.5×10^{-2}	3.8×10^{-2}
呼吸率 (cm^3/d)	成人	2.3×10^7	2.22×10^7
	幼児	8×10^6	8.72×10^6
	乳児	4×10^6	2.86×10^6

※: 従来指針では、成人値のみが示されており、幼児、乳児の値については、成人の値に別途与えられている年齢補正係数を乗じて求めることとしていた。

(II) 線量評価に対しては希ガスが支配的である。核分裂により発生する希ガスの割合(核分裂収率)はウランよりもプルトニウムのほうが低い(表3参照)。

MOX燃料を装荷すると参考図に示すとおり、ウラン燃料装荷炉心の場合よりもプルトニウム(Pu-239)の核分裂が多くなるため、希ガスの蓄積量は減少する(ヨウ素については増加する)。(表4参照)。

このため、希ガスに起因した線量は小さくなるが、評価上は安全側に、希ガスに起因した線量が小さくならないように、Pu-239の影響は考慮せず、U-235の核分裂のみ用いている。

なお、表4に示すとおり、実際の原子炉ではMOX燃料の装荷割合が大きくなるにつれ、希ガスの蓄積量は小さくなる傾向にある。

表3 核分裂収率の代表例

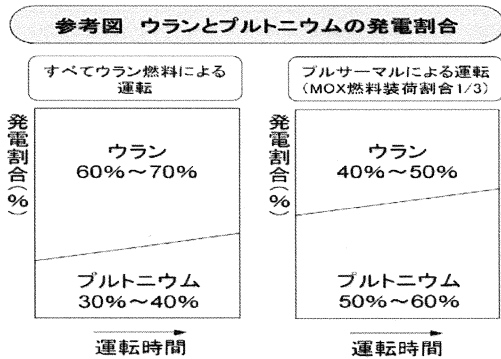
核分裂生成核種	核分裂収率(%)	
	U-235	Pu-239
I-131(ヨウ素)	2.84	3.74
Xe-138(希ガス)	6.28	4.89

表4 炉内核分裂生成物の蓄積量の比*

	ヨウ素 (I-131等価量)	希ガス (0.5MeV)
ウラン燃料炉心(ORIGEN) ⁽¹⁾	1.03	0.80
MOX燃料1/4装荷炉心 ⁽¹⁾ (ORIGEN)	1.04	0.70
MOX燃料1/3装荷炉心 ⁽²⁾ (ORIGEN-2)	1.04	0.65

* U-235核分裂収率のみを用いた場合の核分裂生成物蓄積量を1とする。

- (1) 「MOX燃料装荷炉心の被ばく評価における核分裂収率の取扱いについて」
(平成6年10月28日原子炉安全基準専門部会 MOX燃料検討小委員会)
- (2) 女川3号機1/3MOX燃料装荷炉心における核分裂生成物蓄積量



○国の見解(安全審査結果)

- 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
解析結果については、周辺監視区域外における1号炉、2号炉及び3号炉に起因する実効線量の最大値は年間約1.3μSvであり、法令に定める周辺監視区域境界外の線量限度(実効線量で年間1mSv)を十分下回るとともに、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」に示される線量目標値(実効線量で年間50μSv)を下回ることから、一般公衆の受ける線量が合理的に達成できる限り低減される設計であるものと判断した。

(原子力安全・保安院:安全審査書P17)

- 気体廃棄物中の放射性希ガスのγ線に起因する実効線量、液体廃棄物中に含まれる放射性物質(放射性ヨウ素を除く)に起因する実効線量及び放射性ヨウ素に起因する実効線量については、それぞれ年間約1.1μSv、年間約0.9μSv及び年間約1.7μSvとなり、合計で年間約1.3μSvであるとしている。
この値は、法令に定める周辺監視区域境界外の線量限度(実効線量で年間1mSv)を十分に下回るとともに、「線量目標値に関する指針」に示される線量目標値(実効線量で年間50μSv)を下回ることから、一般公衆の受ける線量が合理的に達成できる限り低減されるとしている。

(原子力安全委員会:災害防止に関する調査審議結果)
(別紙2 3.3.3 原子炉施設周辺の一般公衆の受ける線量評価 P8)

○安全性検討会議委員からの意見

- プルトニウムの核分裂によって、MOX燃料ではウラン燃料に比べて、ヨウ素蓄積量が若干増加するものの希ガス、ヨウ素などを総合した周辺住民の被ばく量はウラン燃料の場合とほぼ同じである。なお、ICRP1990年勧告によって、ヨウ素実効線量係数が約2倍になったことを考慮しても、全被ばく量にほとんど差異はない。従ってウラン燃料の場合と同様に、MOX燃料を装荷した場合でも、年間予想被ばく量(13マイクロシーベルト/年)は、原発周辺目標値(50マイクロシーベルト/年)より十分低く見積もられ、特に問題ないと思われる。

- 平常時の被ばく量については、ウラン炉心と1/3MOX炉心の評価結果の比較より、増加することはないと判断する。

- 使用済MOX燃料の放射エネルギーは使用済ウラン燃料を若干上回る程度であり、炉心全体としての放射エネルギーの増加はほとんどない。従ってMOX燃料使用により被ばく量が増えることは考えられない。

- 被ばくにおいて重要な希ガスやヨウ素による実効線量の評価は、ICRP1990年勧告を取り込んでも増大しない。

○自治体の見解

MOX燃料はウラン燃料と比較して、原子炉運転中でのプルトニウムの核分裂が多いため、燃料棒中の核分裂生成物の存在割合も多く、放射性ヨウ素は若干増加するものの放射性希ガスは1/3MOX炉心で7割程度まで少なくなる。放射線量は放射性希ガスに起因するものが支配的であるので、MOX燃料による線量はウラン燃料による線量を超えることはなく、通常の運転時において周辺住民の被ばく量は増えないことが確認されている。
このことから、平常時の周辺への影響は従来と変わらないものと考えられる。

論点 1 4 事故時の周辺への影響

○検討課題

- ①MOX燃料を使用すると事故が発生した際、住民の被ばく量が増えるのではないかな。
- ②プルトニウムが環境中に放出されるのではないかな。
- ③炉心溶融等の過酷事故対策が必要ではないかな。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・高温による蒸発ではなく、爆発などで機械的に燃料が破損し、放射性物質が環境中に放出されることはないかな。
- ・フランスの研究炉「P h e b u s 炉」の炉心溶解実験において、溶解が始まる温度が600℃であることが発見されたという情報がある。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

①について

- (I) 事故時の線量評価を行った結果、表1のとおり線量が最大となるのは主蒸気管破断の 9.0×10^{-2} mSvであり、判断基準5 mSvに対して十分低い線量である。この値は表2の通り、ICRP1990年勧告取込前と比較して3倍程度となっているが、これは、よう素の実効線量換算係数が見直されたためである。また、MOX燃料の燃料ペレットからの核分裂生成物の放出率は、ウラン燃料に比べ若干大きくなるが、安全評価に用いる放出率は安全側に大きく設定していることからウランの核分裂のみ考慮している（詳細は(III)参照）。
- (II) 女川3号における主蒸気管破断時の線量評価結果は、第2表のとおり島根2号及び浜岡4号と比較すると、女川3号がわずかに高い結果となっている。事故時の線量は、原子炉冷却材中の放射性物質の濃度（以下「冷却材濃度」という。）と環境中に放出された後の気象等の影響により決まるが、前者の冷却材濃度が高いことにより、女川の線量は大きくなっている。
なお、冷却材濃度は、原子炉冷却材浄化系流量及び主蒸気流量等の設計値により決まるもので、この冷却材濃度が、女川3号炉がわずかに高いのは、冷却材浄化系流量が他の2プラントより少ないこと、また、浜岡4号より出力が低く主蒸気流量が少ないことに起因する。
- (III) 女川3号の炉水の放射性物質の濃度は低いことから、作業時の被ばく量も世界的にみて低くなっている。ただし、事故時の線量評価では、安全側に余裕をみて、実際の約10万倍の冷却材濃度を仮定している。

よう素-131の濃度
 実際の冷却材濃度 : 約 2.0×10^{-2} Bq/g
 事故時線量評価の仮定 : 約 1.8×10^3 Bq/g

表1 事故時の実効線量評価結果（ICRP1990年勧告取込後）

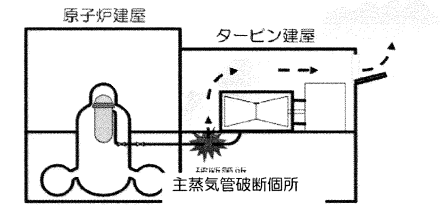
	放射性気体廃棄物 処理施設の破損	主蒸気管 破断	燃料集合体 の落下	原子炉冷却材 喪失	制御棒落下
実効線量	約 0.011	約 0.09	約 0.034	約 5.5×10^{-5}	約 8.8×10^{-3}

表2 主蒸気管破断におけるICRP1990年勧告取込前後の線量評価結果

(mSv)

	ICRP1990 年勧告取込前			ICRP1990 年勧告取込後				判断基準
	高燃焼度 8×8 9×9 炉心 (女川 3 号)	9×9 炉心		9×9 炉心	MOX 炉心			
		島根 2 号	浜岡 4 号	女川 3 号	女川 3 号	島根 2 号	浜岡 4 号	
主蒸気管破断	約 0.031	約 0.069	約 0.027	約 0.09	約 0.09	約 0.072	約 0.074	5

[参考]主蒸気管破断事故時のMOX燃料採用前の評価結果とMOX燃料採用後にICRP1990年勧告取込み前の指針を適用して評価した結果は上記のとおり変わらない。



主蒸気管破断概要図

- (IV) MOX燃料とウラン燃料それぞれについて、燃料ペレットからの核分裂生成物の放出率を求めた結果は表3のとおり、MOX燃料が若干大きくなっている。（表3参照）
このため、MOX燃料を考慮したほうが線量評価上は厳しい結果となるが、安全評価に用いる放出率は、希ガス10%、よう素5%であり、MOX燃料とウラン燃料の放出率の差は、安全評価で用いる安全側に設定された放出率に十分包絡される。
こうした理由により、原子力安全委員会の「1/3 MOX報告書」において、事故時における線量評価は従来と同様、U-235の核分裂収率を用いた評価として支障はないとされている。

表3 放射性FPガス放出率評価結果（MOX燃料検討小委員会）

	解析結果例 (%)		安全評価に用いられている値 (%)
	MOX燃料	ウラン燃料	
希ガス	0.58	0.40	10
よう素	0.73	0.50	5

②について

プルトニウムの放出の可能性については、プルトニウムは沸点が高く（酸化プルトニウムの沸点3227℃）、燃料の温度が上がっても燃料の外へはほとんど放出されない。仮に格納容器内に粒子状物質が放出されたとしても、

- ① BWRでは、格納容器スプレイ系により、格納容器内の放射性物質は除去される（除去効率は50%以上）。

- ② 格納容器は気密性が高いため格納容器外への漏洩率（格納容器体積に対して 0.5%/日）は設計上も低く抑えられている。
- ③ 格納容器から建屋内に漏えいした場合でも、非常用ガス処理系では、粒子状物質を除去するための高性能エアフィルタ（HEPAフィルタ；捕集効率は99.9%以上）が装備されており、環境へ放出される量は極めて少なくなる。
- このように設備対策が施されていることもあり、ウラン燃料と比べて被害の範囲が拡大するということはない。（図14-1参照）

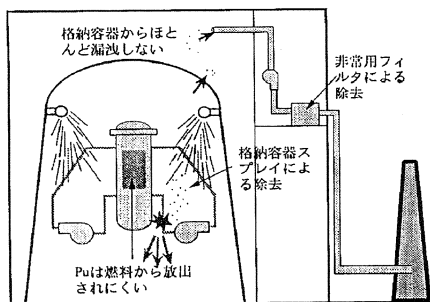


図14-1

③について

- 女川3号機では、現状でも十分低くなっている原子炉施設のリスクを、念のためにさらに低くするための対策であるアクシデントマネジメントを自主的に整備済みであり、確率論的安全評価の結果（発生頻度）は、原子力安全委員会の目標を十分下回っており、そのリスクは十分に低いものとなっている。
- 評価上使用している崩壊熱はウラン燃料の崩壊熱である。MOX燃料の燃焼度はウラン燃料より低いため、事象発生直後の崩壊熱はより小さく、評価結果は変わらない。

表4 確率論的安全評価結果

	女川3号機の評価	原子力安全委員会の目標	原子力安全委員会安全目標専門部会報告「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について－安全目標案に対応する性能目標について－」（平成18年3月）では、原子力施設の事故に起因する周辺の住民の死亡リスクを100万分の1程度以下に抑制するための具体的目標として、炉心損傷頻度を1万年に1回以下、格納容器破損頻度を10万年に1回以下としている。
炉心損傷頻度	8.7×10^{-9} / (炉年) (1億年に1回)	1×10^{-4} / (炉年) (1万年に1回)	
格納容器破損頻度	4.5×10^{-10} / (炉年) (20億年に1回)	1×10^{-5} / (炉年) (10万年に1回)	

（フランスの研究炉「Phebus炉」報道の件）

- フランスの実験（600度で炉心溶融）は報道の誤訳と判明した。
- 健全なMOX燃料の融点が従来の値と比べて若干下がる（約70℃）という事実に変更はない。

以上のことから、「Phebus炉」報道の件は、安全上問題ないと考えられる。

○ 国の見解（安全審査結果）

①について

- 以下のとおり、安全審査の要求事項を満足していることを確認している。
- 「1/3 MOX報告書」において「安全評価指針」に示された事象をそのまま用いることができるとしている。事故として取り上げられる事象については「安全評価指針」に基づき、解析の結果が厳しくなる事象が選定されており、事象の選定並びに解析の条件及び手法は妥当であり、判断基準を満足していることから、本原子炉施設の工学的安全施設等に関する設計は妥当なものと判断した。

（原子力安全・保安院：安全審査書P26、27）

- 想定したいずれの評価事象においても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としている。
- 敷地境界外における実効線量については、最も厳しくなる「主蒸気管破断」において約 $9.0 \times 10^{-2} \text{ mSv}$ であり、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではないとしている。

（原子力安全委員会：災害防止に関する調査審議結果）
（別紙2 3.3.5 事故の解析 P9～10）

○ 安全性検討会議委員からの意見

- MOX燃料使用時の想定事故として、放射性気体廃棄物処理施設の破損、主蒸気管の破断、燃料集合体の落下、原子炉冷却材の喪失、制御棒落下を取り上げて実効線量を評価している。それらの内、最も高い線量である主蒸気管破断の場合の値でも、約0.09mSvとウラン燃料の場合とほぼ同じであり、問題とならない。

プルトニウム酸化物の融点は十分高いので、燃料が融解して、プルトニウムが環境中へ放出することはまず起こることは無いと評価している。ただし破損などによって、粒子状燃料物質が生じても、格納容器内にほぼ閉じ込められること、格納容器外に漏れた場合でも非常用ガス処理系でほぼ捕らえられる。

炉心溶融などの過酷事故として、ウラン燃料の場合の炉心損傷および格納容器破損の確率論的安全評価を行い、それらのリスクは原子力安全委員会の目標値を十分下回っている。また、MOX燃料を使っている場合でも、燃焼度が低いことから、ウラン燃料の場合の評価と変わらない。

以上より、事故時の周辺への影響は十分少なく、ウラン燃料の場合とほとんど変わらないと考える。

しかしながら、MOX燃料を使っているときの事故に対する風評被害は、ウラン燃料使用時の場合よりも大きいと危惧される。この点の対策も不可欠であろう。

- 事故時の被ばく量については、ウラン炉心と1/3 MOX炉心の評価結果の比較より、増加することはないと判断する。
- 事故時に格納容器内に、もし、プルトニウム等の粒子状物質が放出されたとしても、格納容器の各種機能によりプルトニウムが周辺環境に放出されることはないと判断する。
- 確率論的安全評価により十分に炉心損傷頻度が低く、問題ないと判断する。

- 重大な事故時の被ばく計算では、他の施設の例に従った漏洩率を仮定し、実際の希釈容量などの施設の特有の条件を加味した計算が行われている。またプルトニウム放出の可能性については、いったん格納容器内に収められてしまっただけから低

事故時の実効線量の評価結果

評価項目	実効線量の評価結果 (mSv)				判断基準
	女川 3号	島根 2号	浜岡 4号		
放射性気体廃棄物処理施設の破損	約 1.1×10 ⁻²	約 1.1×10 ⁻²	約 1.1×10 ⁻²	約 1.1×10 ⁻²	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。 (実効線量 ≦ 5 mSv : 「安全評価審査指針」より)
主蒸気管破断	約 9.0×10 ⁻²	約 3.1×10 ⁻²	約 3.1×10 ⁻²	約 7.2×10 ⁻²	
燃料集合体の落下	約 3.4×10 ⁻²	約 3.4×10 ⁻²	約 3.3×10 ⁻²	約 7.0×10 ⁻²	
原子炉冷却材喪失	約 5.5×10 ⁻⁵	約 5.5×10 ⁻⁵	約 5.5×10 ⁻⁵	約 8.1×10 ⁻⁵	
制御棒落下	約 8.8×10 ⁻³	約 3.8×10 ⁻³	約 3.4×10 ⁻³	約 1.1×10 ⁻²	

14-6

いと予想する。

- ・ 使用済MOX燃料の放射エネルギーは使用済ウラン燃料を若干上回る程度あり、炉心全体としての放射エネルギーの増加はほとんどない。従ってMOX燃料使用により、事故時の被ばく量が増えることは考えられない。
女川で想定されるMOX燃料は、燃料自身以外、これまで使用されてきたウラン燃料とまったく同一である。従って、燃料自身の放出の可能性はウラン燃料と変わることない。
女川で想定されるMOX燃料を使用したとしても、燃料／炉心特性（過渡特性、安全特性）は、ウラン燃料のときとほとんど同じである。従って、MOX燃料を使用した時に限った危険性の心配やそのための対策は必要ではない。
- ・ 事故時の被ばく線量として、実際の 10 万倍の冷却材中の濃度を仮定し評価してもウラン燃料と変わらない。万が一、格納容器内にプルトニウムが放出されても、格納容器スプレイによる除去、非常用ガス処理系のフィルタによる除去により、周辺環境には放出されない。MOX燃料の照射試験、照射後試験、出力上昇試験の結果によれば、FPガス放出量、燃料健全性においてウラン燃料より悪化することはない。

○自治体の見解

MOX燃料中のプルトニウムは、沸点が高いため、燃料破損に至る事故が発生したとしても気体状になりにくい。仮に粒子状物質として原子炉格納容器内に放出されたとしても各種装置による除去や原子力発電所が有する放射性物質を閉じ込める能力により、環境中にプルトニウムが放出されることは考えにくい。

また、燃料ペレットからの放射性希ガスと放射性ヨウ素の放出率については、MOX燃料はウラン燃料と比較して、若干大きくなるが、これまでのウラン燃料使用時の安全評価に用いている放出率の範囲内となっていることから、安全評価上は住民の被ばく量は増加しないことが確認されている。

さらに、過酷事故対策についても、評価上の想定はウラン燃料使用時の条件に含まれていることから、MOX燃料を使用したときに限った対策は必要と認められない。

これらのことから、MOX燃料を使用した際においても、事故時の周辺への影響は、従来のウラン燃料によるものと同等であると考えられる。

論点 1 5 安全管理体制

論点 1 5 - 1 核物質防護対策、教育

○検討課題

MOX燃料を導入することに伴いテロ等に備えた核物質防護対策や、社員教育等を行っているか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・ 核物質のテロによる奪取、盗難、紛失などについて、一層の管理強化が必要。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

- ・ 女川原子力発電所では、原子炉等規制法に基づき、国の認可を受けた「女川原子力発電所核物質防護規定」を定めており、防護区域の設定、監視装置の設置、治安機関との連絡体制の整備等の対策を実施している。
- ・ とりわけ、米国における 2001 年 9 月 11 日の同時多発テロの発生以降、テロを巡る情勢は国際的に緊迫しており、我が国においても原子力施設に関しては、銃器を所持した警察官が常時配備される等、核物質防護のための強化策が講じられている。
- ・ また、このような国際情勢に的確に対応し、我が国の原子力施設の防護水準を国際的に遜色のないレベルにまで引き上げるため、IAEA（国際原子力機構）の最新のガイドラインの防護要件を取り入れた原子炉等規制法の改正が行われている（下記参照）。
- ・ この改正により、原子力事業者が講じた防護措置について、原子力安全・保安院が検査する「核物質防護検査制度」や核物質防護に係る機密情報に関与する者に守秘義務を課すなどの措置が導入されるなど、一層の核物質防護対策の強化が図られている。
- ・ このように、女川原子力発電所ではこれまで十分な核物質防護対策が講じられているため、MOX燃料の使用にあたっては、現状の防護措置で対応可能であると考えている。

＜核物質防護に係る制度改正の内容＞

- ①設計基礎脅威（DBT：Design Basis Threat）の策定
- ②核物質防護検査制度の創設
- ③核物質防護に係る秘密保持義務の制定

- ・ 東北電力では、社員や協力会社作業員を含めた全ての作業員に対して、保安規定に基づいた保安教育の実施が義務付けられている。
- ・ 運転員については、社外の運転教育専門機関である（株）BWR運転訓練センターにおいて訓練を実施する。また、女川原子力発電所の中央制御盤と同等のシュミレータを用いて事故や故障・トラブル等の対応訓練などを繰り返し行っている。
- ・ 保修員については、女川原子力発電所敷地内の原子力技術訓練センターにおいて、ポンプやモーター、制御装置など発電所と同様の機器を用い、協力会社作業員を含め、知識・技能の向上を目的とした教育訓練を実施している。
- ・ 原子燃料の業務に従事する技術系社員については、これまでメーカーから講師を招いてMOX燃料採用に関する安全解析を主体とした教育を行うなど、社内外でMOX燃料に関する知識・技術等の習得を目的とした教育が行われている。
- ・ 今後は、MOX燃料の導入に合わせ、MOX燃料に関する知識・技術等の習得を目的とした教育の拡充に努める方針としており、監査責任者、監査者及び検査員に対す

るMOX燃料の設計、製造並びに立会検査に関する派遣教育等を行う予定としている。（別紙 1 5 - 1 参照）

- ・ さらに、発電所員全員についても、MOX燃料の一般的な知識の習得を目的とした教育を実施する予定である。なお、この教育は、保安教育として継続的に実施していくこととしている。

○国の見解

原子力発電所では、物的障壁を持つ防護された区域を設け、入退域管理の徹底を図るとともに、不法な立ち入りを監視するための設備を設置している。万一異常が確認された場合には、警察や関係する行政機関へ確実に通報し、緊密な連携が取れるような体制を作っているところである。平成 1 7 年の原子炉等規制法の改正により事業者の防護措置のレベルは強化され、更に事業者の核物質防護対策について国が直接検査する制度も導入されたところであり、これらの取り組みの着実な実施に努めていくこととしている。

（伊方町ブルサーマルシンボジウムより）

申請者は、技術系社員に対して社内及び社外の研修等を実施し、また、保安規定に基づき教育を実施するとしている。本変更に係る業務に従事する技術系社員に対しては、必要な教育・訓練を実施するとしている。

（原子力安全・保安院：安全審査書（技術的能力）P6）

論点 1 5 安全管理体制

論点 1 5－2 安全管理等への取り組み

○検討課題

- ①東北電力では安全確保に向けてどのように取り組んでいるのか。
- ②過去のトラブル等において、どのような対策をとってきたのか。また、その結果はどうであったか。
- ③安全確保に向けて、組織内で連携を十分に図っているか。
- ④東北電力では、一連のトラブルを風化しないように、今後どのような取り組みを行っていくのか。

○過去に本県や他道県に寄せられた意見

- ・品質保証体制・安全管理が一向に改善されていない。プルサーマル導入の事前協議の申入れをいったん撤回すべきではないか。
- ・プルサーマル計画には賛成だが、安全性の確保がより重要になると思う。
- ・女川原子力発電所における相次ぐトラブルや、特にヒューマンエラーが繰り返されることについて不信感を持っている。

○東北電力株式会社の講じる対策または見解

当社は、安全管理のための取り組みとして、主に「社長をトップとするトップマネジメントの強化」、「不適合管理システムの充実によるトラブルの再発防止」、「ヒューマンエラー防止への取り組み」により、トラブルの発生防止に努めている。

以下、検討課題に沿って具体的活動の内容を説明する。

- ① について
 - ・当社の原子力発電所は、社長をトップとする安全管理体制のもとで、実施部門の管理責任者として火力原子力本部長、内部監査部門の管理責任者として原子力審査室長において運営されており、安全管理上重要な事項は「原子力安全推進会議」に付議し、社長他経営層の幅広い意見を踏まえて決定している。（図－1 5－2－1）
 - ・原子力安全に関する品質方針を社長が定め、その中で「安全最優先の徹底」というトップの強い意思を明確化している。
 - ・組織の隅々まで安全文化を浸透・定着させるために経営層と発電所所員・協力会社社員との対話活動を実施している。
 - ・最新の知見や他社の良好事例などを踏まえ、炉心管理業務、被ばく低減対策、災害時対応など、自主的な安全管理活動の改善に努めてきている。
 - ・安全確保のためには技術力の維持・向上が必要であり、技術研修として、他社への派遣による定検作業等の研修、ＯＢの活用による保修担当課員への技術指導等を実施している。
- ② について
 - ・品質マネジメントシステムにおける不適合管理によって、トラブル発生防止のための様々な活動を行っている。具体的活動は以下のとおり。
 - ・不適合事象が発生した場合は、各発電所における不適合事象検討会において、不適合処置方針を決定し、すみやかに不適合処置を実施する。さらに、不適合の原因を究明し、是正処置、予防処置について検討のうえ実施する。この不適合管理活動により、類似事象の発生を防止している。（図－1 5－2－2）
 - ・不適合管理活動においては、東通原子力発電所で発生した不適合情報、他社ブランドで発生した不適合事象の知見等も取り入れ、予防処置が必要な事象については、

東北電力で今後実施予定の教育

(別紙 1 5－1)

教育件名	目的・ねらい	受講対象者	実施頻度	カリキュラム
【派遣教育】 MOX燃料設計 教育	燃料製造メーカーからMOX燃料の設計、加工及び品質保証に関する知識を習得させる。	監査責任者、監査者及び検査員	システム監査前及び加工開始前	1. MOX燃料の設計 2. MOX燃料の加工 3. MOX燃料の品質保証
【派遣教育】 MOX燃料製造 教育	(独)日本原子力研究開発機構に出向き、MOX燃料の製造並びに特復の関する知識を習得させる。			1. MOX燃料の製造 2. MOX燃料の特徴
【派遣教育】 燃料立会検査 教育	国内の燃料メーカーにおける立会検査への同行により検査に必要な知識を習得させる。	発電所燃料担当技術者 当技術者 本店原子力部 燃料担当技術者	1回／年	1. 燃料検査の方法 2. 燃料検査時の留意点
【派遣教育】 炉心管理技術 教育	炉心管理に必要となる技術的知識を習得させる。			1. MOX燃料装荷炉心の特徴 2. MOX燃料装荷炉心の設計方法 3. MOX燃料装荷後の運転管理方法
MOX燃料教育 (専門)	MOX燃料の検査に対する知識を習得させる。	燃料取り扱い扱いに從事する技術者(運転員含む)	MOX燃料受け入れ前	1. MOX燃料の主要仕様、構成部品に関する事項 2. MOX燃料の特徴に関する事項 3. 新燃料検査手順に関する事項 4. 被ばく低減対策に関する事項 5. 燃料輸送から受け入れまでの工程に関する事項
MOX燃料教育 (一般)	MOX燃料の特徴に関する知識を習得させる。	発電所員全員	MOX燃料受け入れ前 1回(以降は、保安教育(反復教育)にて継続的に実施)	1. MOX燃料の主要仕様、構成部品に関する事項 2. MOX燃料の特徴に関する事項
保安教育(その他反復教育 集合教育)	原子力施設設の保安維持に必要な保安規定等に関する教育を実施する。	発電所員全員	1回／3年	1. MOX燃料の主要仕様、構成部品に関する事項 2. MOX燃料の特徴に関する事項

検討のうえ実施している。

- ・特にヒューマンエラーに起因する事象の発生を防止するために、ヒューマンエラーに起因して発生した事象のうち、重要なものについてはその背後要因を分析して是正・予防処置を実施する外、安全に重大な影響を及ぼすおそれがある事象については、根本原因分析を実施して、組織的な要因も含めて分析し、必要な是正・予防処置を行い、再発の防止に努めている。（図－１５－２－３）
 - ・女川２号機で平成１８年に発生した制御棒と燃料支持金具の入れ違いを例に再発防止対策を説明する。この事象は、定検作業により、６体の制御棒と燃料支持金具が取り外し手順の誤りと制御棒シリアル番号の未確認などの原因により、本来取付けられている場所と異なる場所に取付けられていたものである。まず、当該事象について、燃料支持金具の入れ違いによる影響を評価し、最小限界出力比、最大線出力密度、停止余裕に関して、サイクルを通して問題ないことを確認した。また、対策として、当社作業担当課による各工程での立会い確認の実施、取付け後の制御棒シリアル番号と燃料支持金具グループ番号の確認、炉内作業の重要性に関する教育の実施等により再発を防止している。
 - ・過去に発生したトラブル事象（実用炉規則１９条の１７に定める報告対象事象）の原因と対策は表－１５－２－１に示すとおり、それぞれ対策を確実に実施している。
 - ・また、表１５－２－２に女川原子力発電所における至近の不具合事象と再発防止対策を示す。
- ③ について
- ・安全確保のため、経営レベルにおいては「原子力安全推進会議」、本店においては「原子炉施設保安委員会」「原子力品質保証会議」、発電所レベルにおいては、「原子炉施設保安運営委員会」「発電所品質保証会議」を設け、原子炉施設の保安に関する事項、不適管理状況等について、各発電所の内部、本店と発電所の連携をとりながら審議を行っている。（図－１５－２－４）
 - ・発電所内においては、定検時の工程調整会議等で、各課間、協力企業との連携を確実にとりながら作業を進めている。
 - ・特に、協力企業とは車座対話等とおして現場の第一線の作業員の意見も吸い上げるとともに、協力企業のミーティングにも出席して意見交換を行い、連携を深めている。
 - ・以上のように、社長をトップマネジメントとした安全管理体制において、社長をはじめとした経営層から、協力企業社員も含め、現場の第一線まで、安全最優先の意識を徹底し、発電所の運営にあたっている。
 - ・さらに、コミュニケーションの充実を図るため、「組織的な共通要因」に対する対策であるコミュニケーション能力向上のための教育・訓練を実施していく。
- ④ について
- ・トラブル発生を防止するうえで重要となるヒューマンエラー防止については、設備自体にフェイルセーフ、インターロックといったシステムが備わっている。
 - ・加えて、ヒューマンエラー防止のため、様々な取り組みを行っている。
 - ・例えば、トラブル事象の風化防止のための取り組みとしては、発電所において、過去の不具合事象をハンドブック、カレンダーとして「見える化」することにより、原因と対策の周知徹底を図っている。
 - ・また、ヒューマンエラー防止のための啓発活動として、ヒューマンエラー防止推進責任者の配置、各定検における重点施策の実施、ヒューマンファクター教育等を実施し、ヒューマンエラー防止のために取り組んでいる。
 - ・以上の取り組みにより、女川１号機第１８回定検安全管理審査において「Ａ評定」

を受ける等着実に効果が上がってきているところである。

- ・しかしながら、平成２０～２１年度は、耐震裕度向上工事などの大規模な工事を実施してきたことから、各号機の定検が重複する状況が継続していたこともあり、不適合事象が発生していた。
- ・これら一連の事象を踏まえ、組織的な共通要因について分析し、組織のマネジメントやコミュニケーションといったところに、さらに改善すべき項目が挙げられ、これに対する対策方針を策定した。（表－１５－２－３）
- ・今後、外部有識者の意見・助言をいただきながら対策の浸透・定着を図っていく。

○ 国の見解（安全審査結果）

- （１） 設計及び運転等のための組織について
- ・設計業務については、定められた業務所掌に基づき、原子力部と女川原子力発電所において実施している。
 - ・運転等の業務については、保安規定で組織を明確にし、発電管理課、技術課、放射線管理課、保修管理課、電気必修課、機械必修課において実施し、原子炉施設の保安に関する事項を審議するため本店に保安委員会、発電所に保安運営委員会を設置している。
 - ・これらのことから、設計及び運転等を的確に遂行するに足りる、役割分担が明確化された組織が構築されていると認められる。
- （２） 設計及び運転に係る技術者の確保について
- ・原子炉主任技術者、第一種ボイラー・タービン主任技術者、第一種放射線取扱主任者、第一種電気主任技術者の有資格者、および運転責任者基準適合者等の技術者が在籍しており、また、今後も教育、訓練により必要な有資格者を確保していく。
 - ・これらのことから、設計及び運転等を行うために必要となる専門知識及び技術・技能を有する技術者が適切に確保されていると認められる。
- （３） 設計及び運転等の経験について
- ・東北電力は原子力発電所の建設及び改造における設計の経験と約２５年に及ぶ運転及び保守の経験を有する。
 - ・女川原子力発電所で採用するウラン・プルトニウム混合酸化物燃料について、現在使用している燃料の設計経験を活用でき、汎用性の高い核設計手法を用いていることから、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料に対しても適用できる。
 - ・これらのことから、当該設備変更に係る同等又は類似の施設の設計及び運転等の経験が十分に具備されていると認められる。
- （４） 設計及び運転に係る品質保証活動について
- ・東北電力は保安規定において品質保証計画を定め、社長をトップマネジメントとし、本店及び発電所の各室部所並びに実施部門と独立した内部監査部門である原子力検査室において、品質保証体制を構築している。
 - ・社長は、品質方針を設定し、火力原子力本部長の補佐を受け、原子力安全の重要性を組織内に周知している。実施部門の各組織の長は品質保証活動の計画、実施、評価および改善を行い、業務計画や規程類に基づき、各課長等が責任を持って実施している。
 - ・内部監査部門の原子力検査室長は内部監査を実施し社長に報告するとし、社長はマネジメントレビューにおいて、品質保証活動に関する改善の決定及び処置を行う。
 - ・品質マネジメント活動の継続的な改善等について審議を行うため、本店に原子力安全推進会議、女川原子力発電所に女川原子力発電所品質保証会議を設置している。
 - ・これらのことから、設計及び運転等を的確に遂行するために必要な品質保証活動を

行う体制が適切に構築されていると認められる。

(5) 技術者に対する教育・訓練について

- ・ 技術系社員に対して社内及び社外の研修等を実施し、また、保安規定に基づき教育を実施している。
- ・ 本変更に係る技術系社員に対しては必要な教育・訓練を実施している。
- ・ これらのことから、確保した技術者に対し、その専門知識及び技術・技能を維持・向上させるための教育・訓練を行う方針が適切に示されていると認められる。

(6) 有資格者の選任・配置について

- ・ 原子炉主任技術者を専任の職務として社長が選任し、原子炉の運転に関し保安の監督を誠実に行之、かつ保安のための職務が適切に遂行できる配置としている。
- ・ 運転責任者については、発電課長の職位の者として選任している。
- ・ これらのことから、原子炉の運転に際して必要となる有資格者等について、その職務が適切に遂行できるよう配置されていると認められる。

以上(1)～(6)のことから、東北電力は本申請に係る原子炉施設を設置変更するために必要な技術的能力及びその変更に係る原子炉施設の運転を的確に遂行するに足りる技術的能力があるものと判断した。

(原子力安全・保安院：安全審査書(技術的能力) P4～6)

- ・ 申請者は、本変更に係る設計の業務については、定められた業務所掌に基づき、火力原子力本部原子力部及び女川原子力発電所において実施するとしている。

また、本変更に係る運転及び保守の業務については、女川原子力発電所原子炉施設保安規定(以下「保安規定」という。))で組織を明確にし、発電管理課、保修管理課、技術課、放射線管理課、電気必修課及び機械必修課において実施するとしており、原子炉施設の保安に関する事項を審議するため本店に原子力部長を長とする「原子炉施設保安委員会」、女川原子力発電所に所長を長とする「原子炉施設保安運営委員会」を設置しているとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (1) 組織 P2)

- ・ 申請者は、原子炉主任技術者有資格者、第一種ボイラー・タービン主任技術者有資格者、第一種放射線取扱主任者有資格者、第一種電気主任技術者有資格者及び運転責任者の基準に適合した者等の技術者を擁するとしており、また、今後も必要な教育及び訓練により技術者を確保するとともに、各種資格取得の奨励により必要な有資格者数を確保していくとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (2) 技術者の確保 P3)

- ・ 申請者は、原子力発電所の建設時及び改造時における設計及び工事の経験と約25年に及ぶ運転及び保守の経験を有しているとしている。

申請者は、女川原子力発電所で採用するMOX燃料は、燃料棒及び燃料集合体の構造並びに燃料材以外の材料がこれまで使用してきた高燃焼度8×8燃料と同一であることから、現在使用している燃料の設計経験を活用できるとしている。

また、沸騰水型原子炉においては、異なる濃縮度の燃料棒及び燃料集合体の混在する体系等に対応できる汎用性の高い核設計手法を用いており、この手法はMOX燃料に対しても適用できるとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (3) 設計及び運転等の経験 P3)

- ・ 申請者は、「原子力発電所における安全のための品質保証規程(JEAC4111・2003)」に基づき品質保証計画を定め、社長をトップマネジメントとし、本店及び発電所の各室部署(以下「実施部門」という。)、並びに実施部門と独立した監査部門である原子力審査室において品質保証体制を構築している。

社長は、品質方針を設定し、原子力安全の重要性を組織内に周知するとしている。

実施部門の各組織の長は、品質保証活動の計画を立案し、実施、評価及び改善を行い、各業務における品質保証活動は、その業務に対する要求事項を満足するように定めた社内規定に基づき、実施部門の各課長等が責任を持って実施し、必要な記録を残すとしている。

監査部門の原子力審査室長は、内部監査を実施し、社長に報告するとし、社長は、品質保証活動の実施状況及び改善の必要性の有無についてマネジメントレビューにおいて評価し、品質保証活動に関する改善の決定及び処置を行うとしている。また、品質マネジメントシステムの継続的な改善等についての審議を行うため、本店に原子力安全推進会議を設置している。

さらに、発電所の品質マネジメントシステムの細部事項を審議するため、女川原子力発電所に女川原子力発電所品質保証会議を設置しているとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (4) 品質保証活動 P3)

- ・ 申請者は、本変更に係る業務に従事する技術者に対して、社内及び社外の研修等を実施するとともに、保安規定に基づき必要な教育・訓練を実施するとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (5) 技術者に対する教育・訓練 P4)

- ・ 申請者は、原子炉主任技術者を専任の職務として社長が選任し、また、代行者を課長以上の職位の者から選任し、原子炉の運転に関し保安の監督を誠実に行之、かつ保安のための職務が適切に遂行できる配置とするとしている。

なお、原子炉主任技術者を専任職として配置することにより組織面からの独立性が担保されているとしている。

(原子力安全委員会：技術的能力に関する調査審議結果)
(別紙1 3. 3 (6) 有資格者等の選任・配置 P4)

○安全性検討会議委員からの意見

- ・ 東北電力の運転管理においては、かつて保安院からの“C”評定に現れている通り、種々の問題があった。しかし、その後の取り組み(発電所管理体制の見直し、人員の増強、教育の充実、トラブル対応の改善、情報公開の徹底など)が取られてきたが、保安院からも“A”評定が得られるになった通り、最近ではその成果が出つつあるように認められる。また、MOX燃料に対する姿勢も真摯なものが感じられる。しかし、このような傾向が一時的に留まることなく、今後も続くことが発電所の安全に欠かせない。電力には、今後ともさらなる安全への取り組みがなされることを強く要望する。また、県には、電力に対する監視を厳正に行い、県民の安全安心の確保を担保していただきたい。

- ・ MOX燃料導入に向けた核物質防護対策、社員教育の方針は十分である。安全確保に向けて社長が強いリーダーシップをとって、増員を含む安全管理体制の増強と組織連携を図ることとなった。過去のトラブルにおいてヒューマンエラーの背後要因や組織に根ざす要因の分析を強力に進めているようである。この分析に基づく組織運営によりトラブルを根絶できるか否かについて、社会は東北電力を注視しているところであり、決して油断があってはならない。

【「１５－１ 核物質防護対策、教育」について】

- ・ 運転員は、MOX燃料を装荷したことに伴う炉物理的な差異とその複雑さを良く理解し、原子炉を運転しなければいけない。そのための教育訓練が不可欠であろう

- ・ テロ対策（核物質防護対策）に関しては、十分な対策がとられていると思われる。今後とも、社員、協力企業、下請け企業、出入り業者を含め絶えず細心の注意とチェックが必要である。

- ・ MOX燃料導入に当たっての核物質防護対策、および、教育・訓練の実施計画は妥当なものとする。

【「１５－２ 安全管理等への取り組み」全体について】

- ・ 安全管理に関しては、安全管理の社内体制の拡充（社長をトップとする原子力推進会議の設置等）、内部現場コミュニケーションの充実を図る対策、MOX燃料を扱うための教育訓練が整備・実施されつつある。またそれらに対する社内および第三者評価体制も実施されつつあり、協力企業・下請け企業との連携・コミュニケーション拡充の方策もなされつつある。

トップダウンによる指示やマニュアルの遵守は勿論大切なことであるが、意見箱などをはじめとし協力企業も含めたボトムアップの施策も採られている。

以上のことから、発電所をはじめとした会社全体での取り組みは評価できる。しかしながら、上記の一部は数年前から措置されてきているが、トラブルの発生が続いたことから県民の信頼が回復していない。MOX燃料の導入が計画されているこの段階で、現場作業、教育訓練、労働衛生などの安全に係わる事項を着実に実施するとともに、一層強化・充実し、安全運転を通じて地域をはじめとする県民からの信頼を得る必要があろう。

- ・ 安全管理体制、安全管理活動、トラブル発生防止の対策と体制については、妥当なものとする。ただ、ヒューマンエラーの低減については、全体の方針の整備、ハードだけでなく、作業環境と人間特性等を考慮した検討を引き続き実施してほしい。

- ・ 会社としての取り組みシステムは大変よく整備されており、また取り組みも評価できる。また安全確保の実際的な取り組みは、現場で特によく現実化されていることを視察により確認できた。

2008 年末から 2009 年ではトラブルが頻発し、マスコミによる報道もあり、県民を疑心暗鬼にさせたことは否めない。頻繁なトラブル発生と再発防止策の発表が相次いだため、トラブル対策に対する取り組みが形骸化していると感じられたが、その後、システムの整備や実際的な取り組みで改善に努めている。

現場での安全意識に基づく取り組みは多岐にわたり、大変活発に行われていると感じた。

MOX 導入に伴う新たな人員配置の創設や増強を行うことの説明があり、具体的であった。またトラブル対策については、他事業所の事象の把握に努める等の説明があったほか、人材教育の推進や組織機能の充実化を図る旨の姿勢が示されたことは評価できるのであろう。

○自治体の見解

女川原子力発電所のテロ等の対策については、原子炉等規制法に基づき国の認可を受けた「女川原子力発電所核物質防護規定」を定めており、各種の厳重な防護措置が講じられていることから、MOX燃料の使用においても現状の対応で可能と考える。

教育に関しては、保安教育等が規定や計画に基づいて実施されており、今後はMOX燃料に関する教育も行うこととしている。また、職種や職歴に応じた種々の研修・教育、訓練などを社内だけでなく、社外のような手段を活用して実施しているほか、今後、新人教育の在り方を検討している。

これらのことから、核物質防護対策に関しては適切であり、また、教育に関しては、今後も社員及び協力会社作業員に対して適切かつ積極的に実施していくことで、安全管理体制が維持できるものとする。

安全管理等への取組みについては、東北電力においては、平成 18 年 7 月、女川原子力発電所における品質保証体制が十分に機能していないおそれがあるとして、国からの指示を受け、総点検を実施している。また、同年 11 月には発電設備の総点検の指示を受け、これを実施している。

平成 20 年には、原子力発電所構内及び原子炉格納容器内での連続火災や平成 21 年には、非常用炉心冷却系の機能が不十分な状態で原子炉を運転していたこと等、県民に不安を与える不具合やトラブルが散見されたが、原因の分析及び再発防止対策を策定し、組織の見直しや人員配置等の対策を施しているところである。

現在の東北電力の安全管理体制については、社長をトップとした組織体で構成されているほか、品質保証活動は、ISO9001 の品質マネジメントシステムを基本とした「原子力発電所における安全のための品質保証規定（JEAC4111）」にしたがって品質保証計画が制定されており、仕組みとしては十分なものとなっている。

現在、品質保証活動については、目標設定の在り方や品質保証マネジメントの有効性評価などにおいて、なお完成の途上にある状況ではある。今後、継続的に品質マネジメントシステムの改善を進め、原子力安全に係る PDCA サイクルの継続的改善が見えるようにするとともに、事業者は、過去に自ら定めた再発防止対策を遵守することはもとより、不具合やトラブルの未然防止に資するよう、現状の安全管理体制の下、確実な品質マネジメントを実施し、新たな不具合やトラブルを限りなくゼロに近づける不断的努力を行うことで、プルサーマルを実施するに当たっての十分な安全が確保されるものとする。

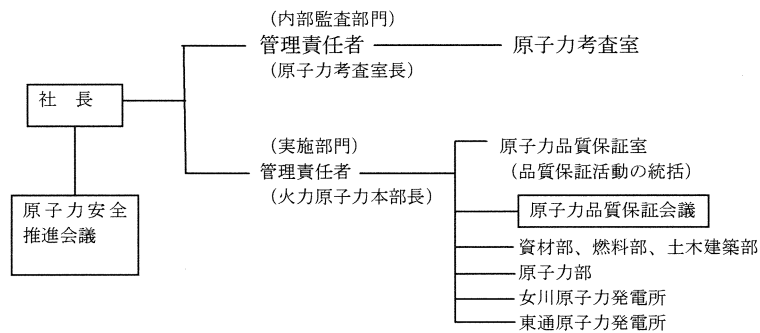


図-15-2-1 安全管理体制図

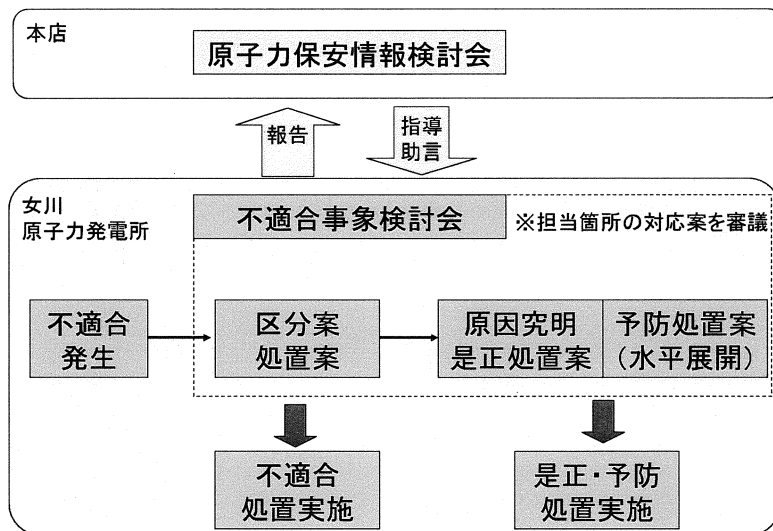


図-15-2-2 不適合管理の体制

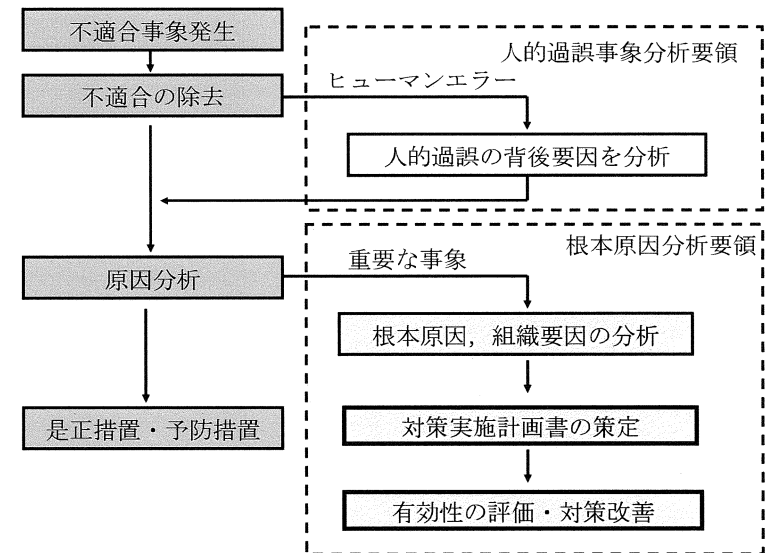


図-15-2-3 不適合管理の充実

表-15-2-1 至近に発生したトラブル事象

発生日	号機	事象の概要	主な原因	主な対策
H21.5.28	3号機	定検中における制御棒1本の過挿入	異物の弁シート部へのかみ込み	弁の超音波洗浄実施
H21.3.23	1号機	出力上昇過程での制御棒1本全挿入	運転中の制御棒駆動水圧系の空気抜き作業実施	運転中の空気抜き作業禁止
H19.11.10	3号機	気体廃棄物処理系における水素濃度上昇	水素／酸素濃度比にしきい値が存在	起動時の空気による掃気量増加 流量低下警報追加
H19.5.22	1号機	高圧注水系試験用第一調整弁不具合	運転時の振動による弁棒折損	弁の運用開度変更 弁の内部構造変更
H18.8.3	2号機	トーラス室における水漏れ	バウンダリ管理不十分	バウンダリ管理の責任者の明確化
H17.2.25	1号機	格納容器への窒素補給量増加	高圧注水系タービン排気ライン逆止弁からの流出	弁の構造変更 通常運転中の格納容器気密性の確認方法確立

表15-2-2 女川原子力発電所における過去の不具合事象

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
1	平成16年3月5日	1号機	原子炉冷却材浄化系ポンプ(B)室のダスト放射線モニタ指示値上昇について	前固定定期検査時の当該ポンプ分解点検後の組み立て作業において、フランジ部のボルトを取り付けた際、締付力が管理範囲の下限値に近かったことから、その後の運転中の温度等の影響により締付力が低下し、微量の蒸気が漏れ出したものと推定	当該ガasketを新品に交換するとともに、作業に当たっては、締付力を管理範囲の中間値とするよう手順の見直しを行った。	実施済み
2	平成16年6月21日	3号機	異物の確認・回収について	建設時における異物混入	機器の購入時や作業時における異物混入防止対策の改善や、異物混入防止教育の実施および協力会社への周知徹底	実施済み
3	平成16年7月23日	1号機	原子炉冷却材浄化系ポンプ(B)の停止について	フランジ部の目視点検を行ったところ、4箇所のフランジで、わずかに漏れ出した痕らしきものが認められた。この内3箇所については締付トルク管理値より低い値であることが確認された。	当該4箇所のフランジは締付けトルク管理値の上限近傍の値で締付けよう管理することとした。	実施済み
4	平成16年8月2日	3号機	主蒸気送りがし安全弁の追加点検について	主蒸気送りがし安全弁の開閉試験において、試験結果には問題はなかったものの、機器保護の観点から取付けたこととしていた試験用仮設器具を取付けずに試験を実施していた。	当該開閉試験について、試験要領書に試験用仮設器具が取り付けられていることを確認する項目を追加する等の対策を講じたほか、他の要領書についても、その手順に問題がないことを確認した。	要領書に記載済み。
5	平成16年8月6日	構内	女川原子力発電所構内における火災について(配電線火災)	当該電柱は高圧配電線から柱上変圧器へと引き込む電線(引き下げ線)に防護管が取り付けられていたため、雨水等により、防護管に付着した塩分やほこりが腐食に流れ落ちやすい環境にあったため、腐食表面に付着した塩分やほこりにより腐食の進展が低下し、微弱な電流が漏れ出したことから電線の被覆表面に電流が通り、出火に至ったものと推定	構内配電線の引き下げ線には、原則として防護管を使用しないこととし、工事等でやむを得ず防護管を使用する場合は、工事完了後、速やかに撤去する。	構内配電線の高圧引き下げ線について、防護管が使用されていないことを確認した。また、工事等でやむを得ず防護管を取り付ける場合は、工事完了後速やかに撤去するよう徹底している。
6	平成16年9月29日	1号機 2号機	高圧給水加熱器ベント管の減肉事象について	ベント管に巻き込まれた凝縮水による浸食(エロージョン)	毎定期検査時に肉厚測定を行うなど、適切な減肉管理を行う。 また、本情報を他電力に対して提供し、情報の共有化を図る。	実施済み
7	平成16年10月25日	1号機	給水系第1隔離弁付属部品に係る調査について	給水系第1隔離弁(B)の点検において、弁本体を支える弁軸の両端に取り付けられている2個のワッシャーリング(外径66.0mm、内径36.5mm、銅合金製)のうち、片方のワッシャーリングが紛失	給水系第1隔離弁については、ワッシャーリングが無い弁への構造変更を実施済みである。	実施済み
8	平成17年1月11日	1号機	燃料プールゲートのパッキンの一部接着不十分な箇所の補修について	燃料プール側ゲートのパッキンの一部に接着不十分な箇所があったため、発電再開に向けた最終的な点検において、燃料プールゲート間の漏れ検出ラインに微量の水の流れ(約100ミリリットル/分)が確認された。	補修を行い漏れがないことを確認	実施済み

15-14

■ 経営トップから担当部署まで、安全管理活動にかかわる情報共有と重要事項の審議のため、各会議体を設置

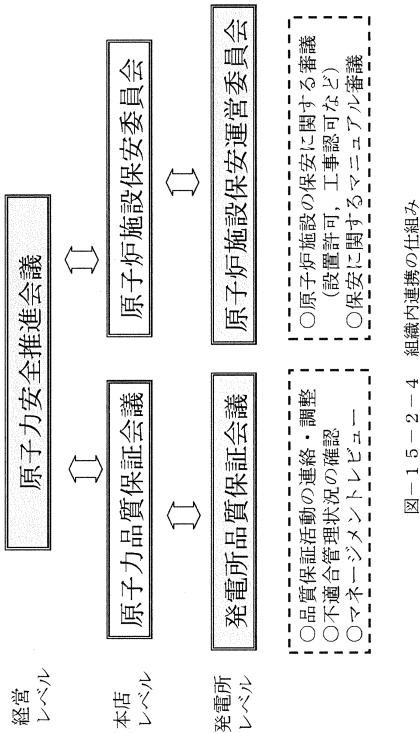


表 15-2-3 組織的な共通要因等に関する予防処置方針

【組織的な共通要因】		予防処置方針	対応期日
① 現場管理が適切に機能するために必要な仕組みの整備が不十分	組織的な共通要因	発電所において現場管理が適切に実施できるように、組織のマネジメントを向上させ、課単位のみならず、実作業を担当するチーム単位における能力の向上を目的として、管理職の管理・メンタリングの役割を加速する。	平成21年12月 (会社としての対応方針決定)
	② 内部コミュニケーションが不十分	業務の実施にあたって、その業務に内在するリスクや影響について、まずは自らに問いかけ、その上で、必要なコミュニケーションを上下間および組織横断的にとれるようになることを目指し、以下のような教育を実施する。 a. 実事例を基にした、操作による影響等をイメージする訓練 b. 業務を遂行するための関係者が、その業務目的を達成するために必要なコミュニケーション能力向上教育	平成21年10月 以降継続実施
【安全文化・組織風土】			
① 常に問いかけの姿勢 ② 良好なコミュニケーション	該当する項目	安全文化醸成活動方針	対応期日 平成21年10月
		安全文化醸成活動の活動計画を見直し、適切に対応していく。	
【その他、分析により抽出された課題】			
共通要因	予防処置方針		対応期日 平成22年3月
	① 「原子力安全に関する品質方針」に対する品質目標への展開、評価が不十分	改善に繋がるより具体的な品質目標および評価指標に見直すとともに、年度末に有効性の評価を実施する。	

15-13

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
9	平成17年2月25日	1号機	原子炉格納容器への窒素補給量の増加に伴う原子炉手動停止について	・高圧注水系統タービン排気ライン逆止弁(V-25)からの窒素流出した。 ・格納容器の窒素補給量が増加した場合の調査開始基準や保安規定第43条の「運転上の制限」の逸脱判断に対する基準が明確でなかったため、格納容器の窒素補給量が通常よりも増加していることを認識したものの、原子炉手動停止の判断までに時間を要した。	・当該弁については、弁の構造を変更し、アームと弁体ロッドが経年劣化により干渉しないようにした。 類似弁についてはアームと弁体ロッドの隙間等の状況変化等を確認するための管理内容を工事要領書に記載するとした。 ・類似弁への水平展開として、原子炉隔離時冷却システムタービン排気ライン逆止弁についてもアームと弁体ロッドの隙間等の状況変化等を確認するための管理内容を工事要領書に記載するとした。 ・通常運転における格納容器気密性の確認方法の確立	実施済み 実施済み 実施済み(「格納容器の気密性確認チェックシート(運転中)」にて対応)
10	平成17年3月30日	1号機	原子炉建屋内における水漏れについて	・運転員が弁番号と作業札を十分確認しなかったことから、操作すべき弁(V-21B)の付近にある別の弁(V-53B)を誤って開操作した。 ・第16回定期検査時の系統確認作業の際に十分な確認が行われず本来閉じられている下流側の弁(V-513)が開いたままの状態であったため、水漏れが発生した。	・弁の開閉を行う際は、操作する弁番号と作業札との照合を確実に実施することを再度周知・徹底する。 ・定期検査など原子炉停止中に運転する原子炉系の機器の水抜き弁などについては、点検終了後、弁を開操作する際に、通常の作業札とは別の札を取り付け、誤操作防止および操作忘れ防止の注意喚起を図る。 ・複数の系統で共用されている弁については、開閉状態の確認忘れが生じないよう、系ごとにチェック欄を設けるなど、チェックシート様式を見直すとともに、開閉状態の確認を確実に行うよう再度周知・徹底する。 ・一次冷却材の漏えいに至るような弁及び非常用炉心冷却系等の弁については、従来から行っている弁状態の確認に加え、更に、原子炉起動前にも弁の開閉状態について確認を行う。 ・今回の事例について検討会を行うとともに、上記の対策が確実に実施されるよう運転員の教育に反映する。	実施済み 実施済み 実施済み 実施済み(「系統チェックの実施方法に関する手引き」に記載し実施している。)
11	平成17年7月2日	3号機	気体廃棄物処理系放射線モニタ指示値の上昇について	燃料棒の一部から原子炉冷却材中への放射性物質の微量な漏えい	・漏えいの可能性がある燃料集合体付近の制御棒5本を全挿入し、その近傍の出力を抑制した上で、放射線モニタ等の監視を行いながら、微量にプラントの出力を上昇させた。 ・漏えいの可能性のある燃料集合体を次の定期検査において調査。	実施済み 実施済み
12	平成18年3月3日	2号機	原子炉再循環ポンプ(A)軸封部の点検について	シール摺動面に微細な異物が混入したため、第一段軸封部のシートリングのシール面に微少な傷	当該軸封部については新品に取り替えるとともに、従来から実施している異物混入防止対策を引き続き実施する。	実施済み
13	平成18年2月10日	(東通1)	東芝原子炉給水流量計に係る不正なデータ補正について	東芝の試験担当者が当該実流量試験データを不正に補正し、東芝が自ら設定した計器精度の範囲内に収まるようにした。 東芝の品質マネジメントシステムが十分に機能していなかった。 当社の製品調達時におけるメーカー等、製品供給者に対する要求事項が明確ではなかった。 当社の供給者に対する品質監査が踏み込んだものとなっていなかった。	当社は、東芝が実施する再発防止策について、計画段階からその内容を確認し、実施状況を品質監査により確認する。 調達要求事項の明確化 供給者に対する品質監査の充実 当社と供給者とのコミュニケーションの充実	実施済み(供給者監査にて継続して実施) 原子力品質マネジメントシステム調達管理要領に、「原子力安全の重視およびコンプライアンスの徹底」などの調達要求事項を反映し、改正を行った。(平成18年7月28日改正) 継続して実施 継続して実施

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
14	平成18年5月11日	2号機	高圧第2給水加熱器(B)ベント配管の配管減肉事象	エロージョンにより減肉が進展し、配管に穴が発生。	「機器・配管肉厚管理要領書」の配管減肉管理フローを見直す。 女川2号機の高圧第2給水加熱器(B)のベント配管の第1エルボ部1箇所および今回減肉が確認された4箇所について同材質の新品に交換した。 今後の減肉監視対象箇所全ての測定については、「余寿命が残り5年と評価される時期」または「前回の測定から5年が経過する時期」の何れかの早い時期までに点検を実施し、データの蓄積を行う。 減肉監視対象箇所については、代表性を排除し検査対象箇所として選定する。また、健全性確認対象箇所については、プラントの高経年化対策の一環として、減肉の発生しやすさや発生した場合の影響の度合いを考慮し、計画的に全箇所点検する。	実施済み(「機器・配管肉厚管理要領書」に反映) 実施済み 継続して実施 継続して実施
15	平成18年7月7日	—	原子力発電所の品質保証体制の総点検について	(1)トップマネジメントのコミットメントに対する重要性の認識不足 (2)事故・トラブル事象など、事象の重要性に対する危機意識の低下 (3)調達業務に対する厳格な管理意識の低下 (4)環境変化(新規プラントの運用、検査制度への対応など)に対応するための適切な体制構築と資源投入不足 (5)慣行優先の業務運営	①経営方針における安全最優先の明確化と決意の表明 ②「原子力安全に関する品質方針」の抜本的改正 ③最高経営層と現場の直接対話活動の強化 ④内部監査組織の強化(原子力検査室の設置) ⑤原子力品質保証室の新設 ⑥原子力安全推進会議議長の変更 ⑦外部監査機関による監査 ⑧原子力安全・保安院指示文書受領時の対応方法の明確化 ⑨当社プラントに関する情報伝達ルールの明確化 ⑩他社プラントに関する情報伝達ルールの明確化 ⑪調達管理に対する意識改革および調達管理要領の改定 ⑫経営資源(特に人的資源)適正配分に関する評価・検証 ⑬原子力安全推進会議の充実 ⑭各種教育などのさらなる充実による人材育成 ⑮現行業務プロセスのレビューおよび改善 ⑯不適合情報検討会の設置 ⑰「原子力の安全と信頼に関する顧問会議」の継続的な開催	実施済み(継続して実施) 実施済み(継続して実施) 実施済み(継続して実施) 内部監査機能の充実 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み 継続して実施 継続して実施 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
38	平成21年2月19日	1号機	誤信号による非常用炉心冷却系(炉心スプレイ系)の作動について	(a)不明確な作業手順と作業体制 i. 操作対象弁の不明確 ii. 安全処置と工事作業の区分の不明確 (b)不十分な安全処置検討 (c)「原子炉水位低(L-1)」C信号発信時に作業中断しなかったこと (d)業務プロセスに係る不十分な情報伝達 (e)業務の輻輳	①現場銘板の付いていない弁(例 計装弁)については、作業手順書に現場の作業対象箇所の図を記載し、対象弁に手順書上の弁番号を設定する。 ②現場銘板の付いていない弁については、作業手順書に弁の開閉順序を記載する。 ③現場銘板の付いていない弁に手順書で設定した弁番号の札を取り付ける。 ④弁番号の札の取り付けおよび弁の開閉作業等については、弁操作をする者と確認をする者がチェックリストに基づきダブルチェックを行う。 ⑤非常用炉心冷却系および重要度の特に高い原子炉保護系の動作に影響を与える計画外作業の場合には、作業体制および作業手順を原子炉施設保安運営委員会に付議し、必ず個別の係修作業票を発行する。 ⑥非常用炉心冷却系および原子炉保護系の動作に影響を与える計画外に作業については、電氣的系統隔離を含めて適切な安全処置の要否を確実に検討する。検討にあたっては、対応体制、作業手順、プラントへの影響を総合的に評価し、その結果を原子炉施設保安運営委員会に付議して、発電所全体で確認するとともにリスク情報を共有する。 ⑦非常用炉心冷却系および原子炉保護系の動作に影響を与える計画外に作業については作業計画段階において、想定される事象の検討を行う。 ⑧想定外の警報や機器の起動・停止、パラメータ変動事象等が発生した場合には、一旦、立ち止まり(作業中断)、速やかに作業継続の可否を検討する体制を構築することを作業手順書に定める。	実施済み 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み 実施済み

15-23

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
39	平成21年3月23日	1号機	発電機出力上昇過程における制御棒1本の金挿入事象について	a. 原子炉運転中の制御棒駆動水圧系の空気抜き作業の実施 b. 不十分な情報・リスク認識に基づく承認 c. 適用範囲が不明確な作業手順 d. 「起動時健全性評価会」検討内容の不備	①原子炉運転中(起動時含む)における制御棒駆動水圧系(待機側の機器は除く)の空気抜き作業は実施しないこととし、V-90、91等の空気抜き弁設置場所には運転中操作禁止表示を掲示する。 ②初めて行う作業や計画外で行う作業に対しては、個別に作業手順書を作成、承認する。担当者は所内関係者に作業内容の説明を行い、管理職および原子炉主任技術者は確認を行う。 ③初めて行う作業や計画外で行う作業に対して新たな作業手順書を作成、もしくは、既存の作業手順書の一部を抜粋・変更して個別の作業手順書として使用する場合には、作業手順書には、作業を行うことができる原子炉運転状態(原子炉圧力、原子炉冷却材温度等)を明確に記載し、手順書作成時には、「3Hチェック印」(初めて変更、久しぶりに対する該当チェックと理由)を押印し、管理職および必要に応じて原子炉主任技術者は担当者と確認・対話を行う。以上について、「工事要領書・工事報告書作成要領書」等、関係する要領書に明記。 ④起動時に発生した不適合事象については、確実な検討を行うために、「不適合事象検討会」において処置方針または処置内容を検討し、その検討結果について、出力上昇への影響等の観点から処置の要否を「起動時健全性評価会」において審議する。	実施済み(掲示、運転手順書に反映) 実施済み 実施済み 実施済み
40	平成21年4月2日	1号機	「誤信号による非常用炉心冷却系(炉心スプレイ系)の作動」、「残留熱除去系(B)系統圧力の上昇」および「原子炉起動中の操作していない制御棒の挿入」事象に関する根本原因分析の実施および再発防止対策の策定について (関連) ・誤信号による非常用炉心冷却系(炉心スプレイ系)の作動事象(平成21年2月19日) ・残留熱除去系(B)系統圧力の上昇事象(平成21年3月15日) ・原子炉起動中の操作していない制御棒の挿入事象(平成21年3月23日)	(1)(共通根本原因1)計画外作業に対する計画・承認プロセス不十分 (2)(共通根本原因2)当直のバリア機能に関するプロセス不十分 (3)(共通根本原因3)係修作業の管理プロセス不十分 (4)(共通根本原因4)コミュニケーション不十分	①計画外作業の計画立案プロセスおよび承認プロセスを明確にするために現行要領書を見直すことなどにより、計画外作業においても計画・承認を確実に行うようにする。 ②当直のバリア機能に関するプロセスを明確にするために現行要領書を見直すことなどにより、プラント監視および管理の強化・充実に図る。 ③計画外作業発生時における係修作業実施にあたり、個別の係修作業票を発行するなどの管理プロセスを明確にするために現行要領書を見直すことなどにより、係修作業担当課による検討を十分行うようにするとともに、当直による作業内容の確認が十分できるようにする。 ④原因が不明な場合の係修作業依頼票の記載内容(プロセス)について、プロセスを明確にする。 ⑤起動時健全性評価会以外製品でシステムシミュレーションに係る会議体について、運営プロセスの確認を行い、必要な改善を行う。	実施済み(「係修作業依頼票および係修作業票の運用要領書」を改正) 実施済み 実施済み 実施済み(「係修作業依頼票および係修作業票の運用要領書」を改正)
41	平成21年4月6日	1号機	給水加熱器ドレンポンプ(B)軸封部の状況について	揺動面の当たりの不均一などより封水(シール水)の一部がしみ出していることが原因と考えられる。	定格熱出力到達以降においても監視強化を継続し、当該ポンプ軸封部からの漏えい量が日平均で毎時2リットルを超過したことが確認された場合は、計画的に当該ポンプの軸封部の交換を実施する。	実施済み(「係修作業依頼票および係修作業票の運用要領書」を改正)
42	平成21年4月15日	1号機	保安規定に定める運転上の制限を満足しない事象について(高圧注水系駆動蒸気配管閉止フランジ部からの微少な漏えい)	ガスケットの経年劣化によりシール性能が低下し、漏えいに至ったものと推定	(1)当該フランジ部について、ガスケットを新品に交換した。 (2)当該フランジ部および類似箇所については、今後、計画的に開放点検を行う。	実施済み 実施済み(2号機10回定検より開始)

15-24

No.	発生日	号機	件名	原因	対策	対策の実施状況
43	平成21年5月28日	3号機	定期検査中における制鋼機1本の過剰入 事象について	当該HCUの方向制御弁(123弁)に異物が混入し、 シート面に噛み込んだことにより発生したものと推定	①当該HCUの方向制御弁(123弁)を新品に交換する とともに、当該マニホールド部のフラッシングおよびマニ ホールドフィルタ(P1～P4)の超音波洗浄を実施する。 ③異物混入防止対策を徹底するとともに、新品マニホー ルドフィルタ(P1)についても、他のマニホールドフィルタ (P2、P3、P4)と同様に、組み込み前に現地で超音波 洗浄を実施するとともに、その旨を工事要領書に明記。	実施済み 実施済み(工事要領書に反映済み)
44	平成21年6月11日	1号機	女川原子力発電所1号機の原子炉停止に ついて	ゴムパッキン製造時における融合不良により割れが発 生し、発電機と励磁機の接合部に使用しているゴムパッ キンが外れており、このため、接合部の内部に封入され ていた油が飛散	①カップリング復旧作業は、工場検査・現地確認を实施 し、問題ないことを確認したのち新品のパッキンに取り 替える。 ②メーカーによるゴムパッキンの工場出荷検査におい て、溝部を押し広げて割れの発生がないことを確認する 検査を追加するとともに、ファイバースコープによる画像 記録を残す。 ③ゴムパッキンの現場受入れおよび交換にあたっては、 ゴムパッキンの割れの有無等について拡大鏡を用い詳 細に確認することを工事要領書に明記する。	実施済み 工場出荷時、対策のとおり作業を実施した。 実施済み(工事要領書に反映済み)
45	平成21年7月15日	1号機	「非常用炉心冷却系(高圧注水系)の機能 喪失における保安規定違反」事象に関す る根本原因分析の実施および再発防止対 策の策定について	・「原子炉水位高」ランプが、球切れにより消灯してい た。 ・「原子炉水位高」信号を確認する方法が、ランプの視認 以外になかった。 ・手順書には、解除ボタンを押すことが明記されていな かった。 ・ランプの球切れに気付かず、信号は解除されていると いう誤った認識をした。 ・プラント起動時に高圧注水系手動起動試験を実施しな かった。 ・手順書の記載が不明確であった。	・「原子炉水位高」信号を示すランプをLEDに変更 ・安全系について、類似事象を検討し、LEDタイプに変 更 ・ランプが球切れしていても、信号の状態を確認できるよ う警報表示等の設備を追加 ・安全系について、類似事象を検討し、信号の状態を確認 できるように警報表示等の設備を追加する。 ・手順書に、「ランプ状態を確認した後、解除ボタンを押す ことを明記」 ・手順書に、原子炉水位上昇/低下操作の手順を明記 ・状況の変化に応じた盤面監視を行うプロセスを明確化 ・プラント起動時に論理回路に係わる機能確認を行うプ ロセスを追加 ・要領書に、系統の起動条件が成立していることを確認 するプロセスを追加 ・当該ボジショナを新品に取替 ・当該弁の動作確認 ・今回の定期検査で交換したボジショナ24台について も、弁の動作確認を実施 ・法令要求等を遵守するための業務プロセスの明確化 ・管理項目、管理手順の確立 ・相互関係、具体的な業務移管内容、重要なポイント、 責任範囲等の明確化 ・確実な引き継ぎ ・権限者へ報告するプロセスを構築 ・保安監督を確実に行えるようプロセスを明確化	女川1号19回定検時にランプをLED化に変更す る。 安全系について類似箇所がないことを確認済み。 女川1号19回定検・女川2号11回定検・女川3号6回 定検時に警報追加作業を実施する。 安全系について類似箇所がないことを確認済み。 実施済み(運転手順書改正済み) 実施済み 実施済み(手引き改正済み) 暫定対応(運転指示書にて対応)
46	平成21年7月23日	3号機	低圧第2給水加熱器(A)水位調節弁点検 に伴う原子炉停止について	・ボジショナの動作遅延により、当該弁の制御が正常に 行われなかった。	・当該ボジショナを新品に取替 ・当該弁の動作確認 ・今回の定期検査で交換したボジショナ24台について も、弁の動作確認を実施	実施済み 実施済み
47	平成21年7月27日	3号機	補助ボイラー(A)の運転時間の超過につ いて	・法令要求等の管理プロセスが不十分 ・業務移管プロセスが不十分 ・ボイラー・タービン主任技術者の職務等が不明確 ・内部コミュニケーションが不十分	・法令要求等を遵守するための業務プロセスの明確化 ・管理項目、管理手順の確立 ・相互関係、具体的な業務移管内容、重要なポイント、 責任範囲等の明確化 ・確実な引き継ぎ ・権限者へ報告するプロセスを構築 ・保安監督を確実に行えるようプロセスを明確化 ・管理すべき重要な情報の明確化 ・管理職より実施状況を確認する仕組みを構築	管理プロセスの改善策を検討中 継続検討中(「業務分担表」等に留意点を明記) 主任技術者が電気工作物の工事・維持および運 用に関する保安の監督を確実に行うため、職務内 容・確認記録を明確に文書化することについて、現 在、既存文書との整合性確認も含め、詳細内容を MM(モーニング・ミーティング)における管理職の 確認事項明確化、グループ内の報・連・相活性化 等のため、特に人数の多い組織(保修3課)のMM の進め方を見直し試運用中である。

女川原子力発電所の安全管理について（自治体まとめ）

1 調査の主旨

これまで、ブルサーマルを考える対話フォーラムや意見募集に際して、ブルサーマルは理解できるものの、東北電力株式会社の女川原子力発電所の安全管理に対して心配している県民が少なからずいることが判っている。最近では大きなトラブルや不適合事象等は少なくなっているが、事前協議回答を行うのにあたりその点について十分確認をする必要がある。そのため、自治体として女川原子力発電所の安全管理に関し、国の規制と東北電力株式会社の体制の両面から調査を行い、その結果をとりまとめた。

2 調査の方法

以下の調査や報告等をもとに行った。

- ア 女川原子力発電所及び東北電力株式会社本店に対する調査
- イ 経済産業省原子力安全・保安院女川原子力保安検査官事務所に対する調査
- ウ 東北電力株式会社からの随時の資料提供
- エ 九州電力株式会社玄海原子力発電所に対する調査
- オ 女川原子力発電所 1 号機定期安全レビュー（第 2 回）報告書
- カ 東北電力グループ経営ビジョン 2 0 2 0（H21.6）
- キ 東北電力株式会社女川原子力発電所の原子炉の設置変更（3 号原子炉施設の変更）について（答申）（H21.12）
- ク 女川原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（3 号原子炉施設の変更）（H20.11）ほか

3 調査結果

(1) 原子力発電所の安全に係る国の規制

ア 法体系

原子力基本法の精神を踏まえて制定され、核燃料防護及び原子炉等の災害防止等により公共の安全を図ることを目的とする核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律、いわゆる原子炉等規制法及び電気事業の包括的な規定をする電気事業法に基づき規制がなされている。

イ 規制組織

経済産業省の中に商業用原子炉の規制行政を担う原子力安全・保安院を設置し、厳正な審査や検査を行っている。また、原子力安全・保安院の原子力安全行政を外部の目からチェックする機関として内閣府に原子力安全委員会が設置されている。

原子力安全・保安院においては、原子炉の設置の許可や工事計画の認可は原子力発電安全審査課が担当し、保安規定の認可、遵守状況の検査等は原子力発電検査課が担当している。なお、審査等における安全解析・評価は、独立行政法人原子力安全基盤機構（J N E S）が支援している。

さらに、安全規制と防災対策の迅速な対応のため、女川町内に「女川原子力保安検査官事務所」が設置されている。ここでは、原子力保安検査官 4 名と原子力防災専門官 1 名が配置され、原子力発電所の日常的な監視が行われている。

ウ 許認可

原子力発電所に係る許認可は、原子炉等規制法及び電気事業法に基づき、立地段階から廃止措置まで様々なものが規定されており、各段階において、政省令に基づく基準や原子力安全委員会が定めた指針などに基づき、原子力安全・保安院が、仮定する運転時の異常な状態でのシミュレーションなどの詳細の解析をはじめとした審査を行っている。原子炉設置許可、工事計画認可、保安規定認可、廃止措置計画認可などがあり、特に、原子炉設置許可については、原子力委員会や原子力安全委員会による審査、いわゆるダブルチェックもなされている。

エ 法令検査・審査

巡視点検などの日常的なもののから、年 4 回の保安検査、原子炉停止・起動、燃料取替などの安全確保上重要な行為に係る保安検査、一定期間ごとに行う定期検査、さらにはおよそ 10 年スパンで行われる定期安全レビューに関する保安検査などの長期的なものまでさまざまな間隔で多面的に検査が行われている。保安検査官事務所の原子力保安検査官の日常的な巡視や年 4 回の保安規定の遵守状況を検査する保安検査、安全確保上重要な行為に係る保安検査、及びトラブル時の立入検査のほか、定期検査等には本院からも検査官が来て検査を行っている。保安検査は、年度ごとにテーマを決め、2 年で保安規定のすべての条文の遵守状況を確認するように計画的に検査が行われている。さらに、原子力安全委員会が原子力安全・保安院の保安検査に対する立入調査を不定期に行っており、ここでもダブルチェックが機能している。

また、国自ら行う検査のほか、定期安全管理審査など、国からの通知や事業者からの申請に基づき、J N E S も実施している。

オ 行政処分

原子炉等規制法においては、命令違反や無許可の変更、欠格要件に該当したときの他、保安規定の遵守違反や保安規定の無認可等に対しても経済産業大臣は許可取消等の行政処分を行うことができる。また、原子炉施設の性能が技術上の基準に適合しない場合や、原子炉施設の保全、原子炉の運転等が基準に違反している場合は、経済産業大臣が原子炉施設の使用停止等の必要な措置が命令できるものと規定されており、厳しい措置も可能である。

カ 女川原子力保安検査官事務所

女川原子力保安検査官事務所に配置される原子力保安検査官は原子力安全・保安院の原子力発電検査課の職員の位置付けとなっている。原子力保安検査官は、原子力施設の安全

監視、保安検査の実施、事故時の連絡・現場確認、地域への情報発信等を任務としており、本院と常に連携をとりながら業務を遂行している。女川原子力発電所内に駐在室を設けており、平日は毎日駐在し、運転状況のヒアリングや中央制御室及び現場の巡視などを行っている。トラブルの際には勤務時間外においても速やかに発電所に行けるよう行動することとしているほか、土日休日でも事務所に1名は必ず出勤している。原子力災害時の活動拠点となるオフサイトセンター内に原子力保安検査官事務所があり、原子力防災専門官事務所としての位置付けも有している。

女川原子力保安検査官事務所では、「1日原子力保安検査官事務所」を開催し、地域とのコミュニケーションを図っている。

(2) 東北電力株式会社の安全管理体制

ア 会社の経営方針

「地域社会との共栄」「創造的経営の推進」を経営理念に掲げ、「地域と共に歩む複合エネルギーサービス企業」を企業グループ像として描いている。また、事業運営の5つの方向性のうち1つめに「原子力を中心としたエネルギー供給の推進」を掲げ、超長期的に発電電力量に占める原子力発電比率を40%程度まで高めることを目指すとともに、原子力マネジメント向上、人材確保・育成・技術力向上を目標としている。また、3つめの「収支安定性の向上に向けた事業運営の推進」の中で、「安全確保、安定供給を徹底する企業文化の定着と事業運営の推進」を掲げ、原子力発電所の品質保証に係る意識改革元年（平成18年度）の取組を継承し、安全確保最優先の行動、常に問い直す習慣、情報共有を基本に安全文化を根付かせることとしており、社を挙げて原子力の推進や原子力品質保証の取組強化を進めようという決意が表れている。

イ 安全管理に対する社内規定

原子炉等規制法に基づく女川原子力発電所原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）、及び電気事業法に基づく「保安規程」を制定し、原子炉施設の保安のために必要な措置を定め、核燃料物質等又は原子炉による災害の防止を図っている。保安規定には、品質保証、体制及び評価、運転管理、燃料管理、放射性廃棄物管理、放射線管理、保守管理、緊急時の措置、保安教育、記録及び報告が定められており、発電所の保安に関するすべてはこれに基づくものになっている。

この保安規定は、自ら定めるものではあるが、これに反すると法令違反となるものであり、法と同等の重要なルールとなっている。

ウ 組織

原子炉施設の運転及び保守の業務については、保安規定で組織が明確化され、発電所では発電管理課、保修管理課、技術課、放射線管理課、電気保修課、機械保修課及び土木建築課において実施され、本店では主に原子力部が担当することとされている。原子炉施設の保安に関する事項を審議するため本店に原子力部長を長とする「原子炉施設保安委員会」が設置され、設置許可申請書記載内容の変更、保安規定の変更などが審議されている。また、女川原子力発電所には発電所長を長とする「原子炉施設保安運営委員会」が設置され、運転管理等のマニュアルの制定・改訂、原子炉施設の定期的な評価、保安教育計画の策定

等の審議が行われている。会議体については、この他、平成21年7月に発生した補助ボイラー定期事業者検査の手續きに関する不適合等を踏まえた再発防止対策の確実な実施と浸透・定着のため、平成21年10月に「原子力安全に関する専門家会議」「再発防止対策推進特別チーム」などを設置しているところである。

エ 人員

平成21年5月現在で、本店原子力部及び女川原子力発電所の技術者は489名（本店90名、発電所399名）となっており、このうち10年以上の経験を有する管理者は79名在籍している。原子炉規制法に基づく原子炉主任技術者の有資格者は本店原子力部に13名、女川原子力発電所に14名在籍し、第一種放射線取扱主任者の有資格者は本店原子力部で22名、女川原子力発電所に31名在籍している。

原子力部門として平成19年度から5年で90名の増員を計画的に進めているところであるが、東通原子力発電所の設置・運転に伴い、中堅以上の社員が分散化したことにより、女川原子力発電所としての中堅社員の層が薄くなっている。

オ 品質保証マネジメントシステム

「原子力発電所における安全のための品質保証規程（J E A C 4 1 1 1）」を踏まえた「原子力品質保証規程」を制定し、I S O 9 0 0 1 に準じた原子力品質マネジメントシステムを構築している。この原子力品質マネジメントシステム（以下「QMS」という。）は、品質（＝原子力安全）に影響を与える全てのプロセスについて、これを計画（P）し、実施（D）し、評価（C）し、改善（A）するというP D C A のサイクルを廻すことにより、安全の達成をより強固にしようとするものであり、原子炉等規制法に基づき義務化されている。品質保証規程については、J E A C 4 1 1 1 の制定にともない平成16年4月に制定しているが、その後も必要の都度改正が行われている。また、平成18年7月の原子力安全・保安院からの指示により品質保証体制の総点検が実施された。この際、「原子力安全の重視」「人的資源」「業務の計画及び実施」「調達」「評価及び改善」の5つの課題及びそれに対する背景要因を洗い出し、17項目の再発防止対策（アクションプラン）を策定し、このアクションプランに基づき体制を強化しているところである。

a 品質保証に係る組織

社長をトップとし、関係業務の実施に係る管理責任者に火力原子力本部長を、内部監査に係る管理責任者に原子力考査室長を任命している。社長は、「原子力安全に関する品質方針」を設定し、これに基づき、関係業務の各組織の長が、品質保証に係る目標を立案し、実施、評価及び改善を行う。原子力考査室長は、内部監査を実施し、社長に報告する。社長は、品質保証活動の実施状況及び改善の必要性の有無についてマネジメントレビューにおいて評価し、品質保証活動に関する改善の指示を行う。また、品質マネジメントシステムの継続的な改善等についての審議を行うため、本店に社長をトップとした原子力安全推進会議を設置し、年4回以上開催している。

各組織の品質保証活動に係る指導・助言及び総括的な事務を行うため、火力原子力本部長の下に原子力品質保証室を設けているほか、各組織の品質保証活動に係る連絡・調整を行うため本店に原子力品質保証会議を設置している。

なお、平成18年7月に品質保証体制の総点検結果をより実効あるものとするため、「原子力の安全と信頼に関する顧問会議」を設置し、平成20年5月まで5回開催し、

社外の視点から包括的なアドバイスを受けている。

b マネジメントレビュー

本店各部・室や発電所において、監査の結果、外部の受け止め方、品質目標の達成度、予防・是正処置の状況、前回のフォローアップ、改善提案などについての情報を作成し、これを管理責任者である火力原子力本部長及び原子力考査室長がとりまとめ、マネジメントレビューのインプットとして作成される。これが原子力安全推進会議において、社長に報告され、アウトプットとして出された社長指示が、管理責任者を通じて各部・室・発電所に対し通知され、業務に反映させている。社長からは原子力安全推進会議においてさまざまな指示がなされ、評価（C）→改善（A）が機能している。

c 品質目標の設定

組織の階層ごとに設定する品質目標は、社長が設定した品質方針と整合がとれたものであり、かつその達成度が判定可能なものを作成することになっている。原子力部や発電所等、関係する業務を実施する全ての部門において品質目標を設定し、各部門において定着しつつあるが、これらの品質目標は、最終目標である品質方針を効率的・効果的に達成するための最良で体系的な手段とし、またその指標が適切にその達成度を測定するには、なお検討の余地があり、現在、原子力品質保証室において、よりよいものにするべく検討しているところである。

d 文書体系

品質マネジメントシステムの文書体系としては、保安規定に定めている「品質保証計画」と「原子力品質保証規程」を一次文書として、それを受けた二次文書及び手引き書・マニュアル・手順書などの三次文書から成り立っている。原子力品質保証規程は、J E A C 4 1 1 1 に準拠した内容で策定されており、P D C A サイクルの仕組みは十分なものとなっている。また、三次文書については、500 以上の膨大な文書群となっている。

e 教育・訓練

保安教育は、保安規定に基づく保安教育実施要領書及び毎年策定される保安教育実施計画に基づき、計画的に実施されている。また、部門教育として、原子力部門教育訓練指針が策定され、教育内容及び技術レベルに応じて「新入社員教育」「基礎教育」「専門教育」「管理教育」の区分で必要な教育訓練を実施するなど、体系化し、毎年計画的に実施されている。従業員の力量については「原子力QMS 力量、教育・訓練認識要領」に基づき、力量評価の基準を定め、講習・研修の実績、試験の結果等で評価している。

また、発電所内に運転・保守に携わる技術者を養成する訓練設備として原子力技術訓練センターを設置し、教育の充実を図っている。また、保守技術者の養成では、他の発電所等に派遣するなどの体験的な研修等も実施している。

f 調達管理

調達に関しては、J E A C 4 1 1 1 に基づき供給する能力を判断の根拠として供給者を評価し選定することとしている。また、調達時には必要な要求事項を明確化するとともに、要求事項を満足するか否かを確認するための検査を行うこととしており、概ね適切に実施されていると判断される。さらに、定期的に供給者監査を行い、供給者に対し、必要な指示及び要望を行っている。

g 不適合管理

不適合事象が発生した場合は、不適合管理・是正処置・予防処置要領に基づき、不適合事象発生都度の発電所で「不適合事象検討会」を開催し、状況の把握及び不適合の

区分、処置案の妥当性、是正処置及び予防処置の要否について検討している。その上で、不適合区分に応じた処置を講じている。また、この情報は本店の原子力保安情報検討会に報告し指導助言を受けている。

h 是正処置

不適合の原因を特定し、是正処置案を担当課が検討・評価した後、重要度に応じ品質保証室の確認・審査等を受けた上で、再発防止対策を講じている。詳細な原因分析が必要な場合は、不適合事象検討会の指示を受け、「人的過誤事象分析要領」に基づき背後要因を分析している。その結果は、不適合事象検討会で内容の妥当性について、検討・評価・助言している。また、安全に重大な影響を与える事象については、「根本原因分析要領」に従って事象毎に根本原因を分析し、この結果に基づき是正処置を講じている。

i 予防処置

起こりうる不適合の原因を除去する必要がある場合は予防処置案を担当課が検討、評価した後、重要度に応じ品質保証室の確認・審査等を受けた上で、予防処置を実施している。また「根本原因分析要領」に基づき、蓄積している不適合等に関するデータの傾向を把握し、その結果を元に対象事象の抽出を行い、根本原因分析を実施している。他社の原子力発電所での不適合情報については、本店原子力部において、原子力発電情報公開ライブラリー（N U C I A）、日本原子力技術協会（J A N T I）などの国内情報及び原子力発電運転協会（I N P O）、世界原子力発電事業者協会（W A N O）などの海外情報から入手し、これを本店原子力部情報検討会において必要なもののみ抽出した上で、原子力発電所の品質保証室に予防処置の検討を依頼する。発電所においては、これを検討し処置を講じるとともに、原子力部情報検討会に報告し指導助言を受けている。緊急・重大なものは、このルートとは別に本店から発電所に直接指示が行われている。

以上のように様々な情報源に基づき女川原子力発電所への改善事項の水平展開がシステムの的に図られている。

j 内部監査

内部監査は、業務を行う部門から独立した原子力考査室が「原子力QMS 内部監査要領」に基づき業務の計画やJ E A C 4 1 1 1 の要求事項等に適合しているか、又はQMS が効果的に実施され維持されているかなどについて、明確にするため監査を行うことになっている。年度ごとに原子力考査計画を作成し、原子力安全推進会議で社長の承認を得た上で、内部監査を実施する。監査結果については社長へ報告するとともに、是正処置や改善措置の確認した後、その結果と共に原子力安全推進会議に報告している。現在、内部監査業務を効果的に実施するため、監査員の力量管理、QMS 有効性評価に関する監査手法の改善等に取り組んでいる。

k 外部監査

保安活動の一層の改善のため、世界原子力発電事業者協会（W A N O）及び日本原子力技術協会（J A N T I）によりピアレビュー（事業者相互評価）を行っており、世界の発電所運営経験の優れた事例などに照らした改善提案を受け、改善活動に反映させている。また、平成19年度及び20年度には、外部監査機関であるロイド・レジスター・ジャパンによる外部の視点による監査を実施している。

カ 事故・故障等発生時の対応及び緊急時の措置

定期的な故障トラブル対応訓練、通報連絡訓練、消防訓練の実施及び原子力防災訓練の

参加などを積極的に実施しており、事故・故障等発生時の初動体制や速やかな通報連絡体制を確立している。

キ 最近の安全管理に関する取組

原子力安全に関する品質方針に掲げた3つの重点項目「安全最優先の徹底」「常に問い直す習慣」「コミュニケーションの充実による情報の共有」に係る活動を保安活動に反映し、安全管理に対する取組を進めている。

「安全最優先の徹底」については、安全運転宣言や発電所長から所員への直接メッセージ配信など安全最優先の徹底を図っている。

また、ヒューマンエラー防止対策として、余裕のある設計、フェイルセーフ（安全側に作動）、インターロック（誤操作防止）などハード対策を実施しているほか、1分間ドリル活用による作業前の確認、ヒューマンエラー防止推進責任者の設置やヒューマンエラー防止カードの作成、講演会、ヒューマンファクター教育を実施するなど人への対策を講じている。さらにトラブルの教訓を風化させないため、過去のトラブルを記載したカレンダーの掲示を実施している。

女川原子力発電所では、設計・建設開始当初より「クリーンプラント活動」を展開し、設計対策、水質管理、作業管理など被ばく低減のきめ細かい管理を実施しており、作業員の被ばく線量の低さは世界トップレベルの実績を挙げている。

「常に問い直す習慣」に対応する取組については、業務改善提案の推進や所長表彰制度などを実施している。

「コミュニケーションの充実による情報の共有」については、最高経営層・本店管理職と所員・協力会社社員との直接対話、意見箱の積極的運用、「発電所かわったかい？」の開催、現場レベルでの工程調整会義・車座対話による協力企業社員との意見交換、協力企業社員の社内ミーティングへの参加などにより情報の共有が図られている。また、OBの活用による技術指導を実施して、経験の浅い係員の技術力向上及び早期戦力化に寄与している。

なお、データ改ざん等の社会的問題に伴い原子力安全・保安院から平成18年11月に発出された「発電設備総点検」に基づき、いくつかの不備が確認されたことから、「気づく」「話す」「直す」のキーワードに基づく取組を全社的に強化・充実している。

さらに、平成21年7月に発生した補助ボイラー定期事業者検査の手続きに関する不適合等をきっかけに、過去の不適合事象の根本原因分析結果から組織的な共通要因を抽出し、組織マネジメント力の向上やコミュニケーション能力の向上について具体的取組を進めている。

(3) 他電力の状況との比較

ア これまでのトラブル等の状況及び他電力会社との比較

JNES原子力施設運転管理年報(H20)によれば、原子炉施設毎の稼働日数あたりのトラブル法定報告件数を見ると、女川原子力発電所1～3号機は平均程度又は平均より少ないものとなっている。しかし、国際原子力事象評価尺度（INES）の0⁺（安全上重要ではない事象であるが、安全に影響を与えうる事象）以上の件数では女川1号機は比較的事件数が多いものとなっている。一方で、九州電力などは、いずれもわずかしがなく、電力

会社により、トラブル件数多寡の傾向が異なっている。

イ 他電力会社（九州電力）の状況

玄海原子力発電所において実地調査を行い、九州電力株式会社に聞き取りしたところ、九州電力株式会社の原子力発電所においてトラブルが少ない理由は以下の点が考えられた。

- a 保守を担当する協力企業の技術的レベルが高いこと。
- b 玄海原子力発電所においては1～4号機までであるが、発電所の組織が技術所長以下管理部門も含め1・2号機担当及び3・4号機担当の2つに分かれており、組織や社員の担当する範囲が適正な分量となっていること。

3 まとめ

(1) 原子力発電所の安全に係る国の規制

原子力発電所の国の安全規制については、原子炉等規制法及び電気事業法に基づき、原子力安全・保安院が許認可に対する安全審査や検査を行うとともに、これに対する原子力安全委員会のダブルチェックが機能しているほか、行政処分などの規定等もあり、原子力発電所に対する規制の枠組みとしては概ね十分であると考えられるが、現段階において、国に対して以下の点を求めていく必要があると考えられる。

ア 安全審査や検査については、立地地域の住民が不安にならないよう、常に最新の知見を取り入れるとともに、一層厳格に実施していただきたいこと。

イ 原子力保安検査官事務所に対しては、一定の権限を付与し、地域住民の安心のため自主的に活動出来る範囲を広げるとともに、トラブル時におけるマスコミへの説明を積極的に実施していただきたいこと。

ウ 原子力保安検査官事務所には、関係機関をはじめとした地域とのコミュニケーションを積極的に図っていただくとともに、自らの活動を一層PRしていただきたいこと。

(2) 東北電力株式会社の安全管理体制

東北電力株式会社では、原子力安全・保安院の品質保証体制の総点検指示によるアクションプランに基づき、原子力品質マネジメントシステムは改善され、仕組みとしては十分なものとなった。また、昨年6月に発表された「東北電力グループ経営ビジョン2020」では、原子力安全を重視することを明確に謳っており、社を挙げて進めていくという決意が伺える。さらに、社長の定めた原子力安全に関する品質方針を具体化するため、さまざまな積極的取組が進められており、安全文化が醸成されつつある。一方で、昨年度から今年度にかけて、火災や不適合事象が連続し、一時県民への信頼性が危ぶまれたが、これらへの反省を糧にして、会社の体制にかかる改善を積み重ねているところである。今後とも、以下の点について検討・改善しながら、取組を継続していく必要がある。

ア 原子力品質マネジメントシステムがより効果的に働くよう、品質方針達成に向けての品質目標の再検討や、内部監査によるシステム評価の方法の検討等、一層の充実を行っていただきたいこと。

イ 女川原子力発電所において中堅社員の層が薄くなっている現状を踏まえ、教育・訓練を

強化させるなど計画的に人材育成を図っていただきたいこと。

ウ 九州電力など国内にトラブルの少ない他の電力会社もあることから、発電所レベルでも情報交換を積極的に実施し、より安全・安心な運転に反映させていただきたいこと。

エ 協力企業に対し、技術的レベルアップのための社員教育・訓練の充実や品質保証活動の一層の理解促進などを図っていただきたいこと。

オ 女川原子力発電所においては、1～3号機を1組織で運営しており、一課あたりの担当範囲が広いと考えられるため、より適正な組織の編成について検討していただきたいこと。

女川原子力発電所の安全管理 について(自治体まとめ)

平成22年2月15日

宮城県・女川町・石巻市

1

調査の方法

- ・ 女川原子力発電所及び東北電力株式会社本店に対する調査
- ・ 経済産業省原子力安全・保安院女川原子力保安検査官事務所に対する調査
- ・ 東北電力株式会社からの随時の資料提供
- ・ 女川原子力発電所1号機定期安全レビュー(第2回)報告書
- ・ 女川原子力発電所原子炉設置変更許可申請書

ほかを参照

3

調査の主旨

- ・ プルサーマルは理解できても、女川原子力発電所の安全管理に対して危惧するという声
- ・ 自治体として発電所の安全管理体制を十分に確認する必要



- ・ 県民の視点で、国の法規制の枠組みと東北電力の女川原子力発電所の安全管理体制全体について整理・評価

2

女川原子力発電所の安全に係る 国の規制

- ・ 法体系
- ・ 規制組織
- ・ 許認可
- ・ 法令検査等
- ・ 女川原子力保安検査官事務所

4

原子炉施設に対する法体系

- 原子炉等規制法:
原子力基本法 の精神にのっとり、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が平和の目的に限られ、かつ、これらの利用が計画的に行われることを確保するとともに、これらによる災害を防止し、及び核燃料物質を防護して、公共の安全を図るために、製錬、加工、貯蔵、再処理及び廃棄の事業並びに原子炉の設置及び運転等に関する必要な規制を行うほか、原子力の研究、開発及び利用に関する条約その他の国際約束を実施するために、国際規制物資の使用等に関する必要な規制を行うことを目的とする。
- 電気事業法:
電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の利用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ることを目的とする。

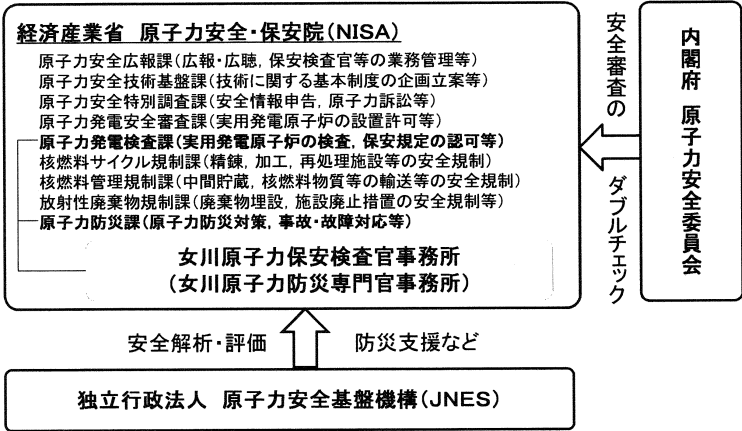
5

原子炉施設の許認可(主なもの)

時期	主な許認可事項	原子炉等規制法	電気事業法
設計	原子炉設置許可申請	第23条第1項	
建設	工事計画認可申請		第47条第1項
	保安規程届出		第42条
	燃料体検査申請		第51条第1項
	使用前検査申請		第49条
	核物質防護規定認可申請	第43条の2	
	原子炉主任技術者選任届出	第40条第2項	
	保安規定認可申請	第37条第1項	
運転	運転計画届出	第30条	
	事業開始届出		第7条
	定期検査申請		第54条第1項
	定期安全管理検査申請		第55条第1項
廃止	廃止措置計画認可	第43条の3の2	

7

原子炉施設の国の規制組織



原子炉施設の法令検査等

原子力安全・保安院は、さまざまなタイミングで多面的に検査を実施している。

- 1 日常の巡視点検
 - ・ 発電所内に駐在室を設置、毎日の運転状況ヒアリング、現場の巡視等
- 2 保安検査
 - ・ 年4回、保安規定の条文の遵守状況を計画的に検査
 - ・ 原子炉停止・起動、燃料取替などの安全確保上重要な検査
- 3 定期検査
 - ・ 一定期間ごとの技術基準適合状況の検査
- 4 定期安全レビューに関する保安検査
 - ・ おおよそ10年スパンで行われる定期安全レビューの保安検査

行政処分等

- ・ 許可取消・運転停止命令
 - ・ 無許可の変更
 - ・ 命令違反
 - ・ 保安規定の無認可, 保安規定の違反 など
- ・ 原子炉施設の使用停止等の命令
 - ・ 原子炉施設の性能の技術上の基準違反
 - ・ 原子炉施設保全, 原子炉の運転等の規定違反 など

9

東北電力の安全管理体制

- ・ 会社の経営方針
- ・ 安全管理に対する社内規定
- ・ 組織
- ・ 人員
- ・ 品質保証マネジメントシステム

11

女川原子力保安検査官事務所

項 目	内 容
場所	宮城県原子力防災対策センター(オフサイトセンター, 女川町)内, 発電所内に駐在室
職員数	保安検査官4名, 防災専門官1名
職員の位置付け	本院の原子力発電検査課の職員
任務	原子力施設の安全監視, 保安検査の実施, 事故時の連絡・現場確認, 地域への情報発信等
その他	・ 発電所トラブルの際に速やかに発電所に行けるよう行動, 土日休日も1名は出勤。 ・ 原子力防災専門官事務所としての位置付けもある。 ・ 「1日原子力保安検査官事務所」の開催。 ・ 常に本院と連携をとりながら業務を遂行。

保安検査官事務所聞き取り

10

東北電力の保安の体制

項 目	調 査 結 果
会社の経営方針	・ 経営方針に原子力安全を重視することを明示
安全管理に対する社内規定	・ 法に基づき保安規定・保安規程を整備
組織	・ 保安規定で組織が明確化
人員	・ 技術者, 資格者, 経験者は多数 ・ H19年度から計画的な増員 ・ 中堅社員の層が薄い

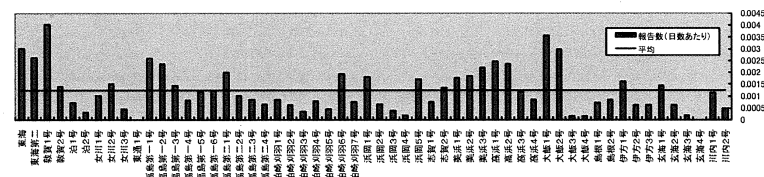
12

東北電力の 品質保証マネジメントシステム1

項 目	調 査 結 果
品質保証組織	・ 社長をトップとした組織 ・ 原子力安全推進会議でトップマネジメント
マネジメントレビュー	・ 社長に内部監査の結果、目標達成状況について年2回報告 ・ 社長からアウトプットとして出された指示に基づき改善
品質方針・品質目標の設定	・ 社長が品質方針を設定 ・ 品質方針と整合のとれている品質目標を階層ごとに設定 ・ 目標の定め方、指標の設定の仕方に課題
教育・訓練	・ 体系的、計画的に実施 ・ 必要な力量評価を実施
調達管理	・ 供給者能力を評価し調達先を選定 ・ 定期的に供給者監査を行い必要な指示・要望

13

国内の原子力発電所のトラブル報告件数(稼働日数あたり)の比較



JNES原子力施設運転管理年報(H20)データを加工

国際原子力事象評価尺度 (INES) による0+及び1の件数 (NUCIAデータ)

東海、柏崎刈羽1, 女川1が5件、敦賀2, 柏崎刈羽6, 美浜3等が3件、高浜2, 大飯2, 島根2等が2件などとなっており、九州電力は比較的少ない。

項 目	調 査 結 果
不適合管理・是正処置, 予防処置	・ 根本原因, 人的過誤事象などについて, 詳細の原因分析の方法を要領として作成 ・ 自社他発電所, 他電力の不適合データを系統的に収集し, 必要に応じて予防処置に反映 ・ 発電所レベルであり他社との交流はない
内部監査	・ 原子力安全推進会議で社長に逐次報告 ・ 監査員の力量評価に課題 ・ QMSのシステム有効性評価に課題
外部監査	・ 事業者相互評価, 外部監査機関の監査

九州電力(玄海原子力発電所)への聞き取り
トラブルの比較的少ない理由と考えられるもの

- 1 保守を担当する協力企業の技術的レベルが高い。
- 2 玄海原子力発電所においては、1～4号機までであるが、発電所の組織が技術所長以下管理部門も含め、1、2号機担当、及び3、4号機担当の2つに分かれており、組織や社員の担当する範囲が適正な分量となっている。

ま と め

(原子力発電所の安全に係る国の規制)

国の安全規制は、原子力発電所に対する規制の枠組みとして概ね十分であるが、以下の点についても検討が必要であると思われる。

- 1 安全審査や検査については、最新の知見を取り入れ、一層厳格に実施すること
- 2 原子力保安検査官事務所に一定の権限を付与し、自立的に活動できる範囲を広げること
- 3 原子力保安検査官事務所には、トラブル時におけるマスコミへの説明を積極的に実施すること
- 4 原子力保安検査官事務所には、関係機関をはじめとした地域とのコミュニケーションを積極的に図ること
- 5 原子力保安検査官事務所は、自らの活動を一層PRすること

17

ま と め

(東北電力の安全管理体制)

現在、信頼の確保に向けて改善努力を積み重ねているところであり、今後とも、以下の点について検討・改善しながら取組を継続していく必要がある。

- 1 原子力QMSの品質目標の再検討、内部監査のシステム有効性評価の方法の検討等、QMSの一層の充実
- 2 教育・訓練の強化など計画的な人材育成
- 3 発電所レベルで他社との情報交換の積極的な実施
- 4 技術的レベルアップのための協力企業に対する社員の教育・訓練の充実、品質保証体制の一層の理解促進
- 5 女川原子力発電所のより適正な組織の編成の検討

18