

電 炉 燃 第 7 4 号
平成 2 0 年 1 2 月 2 6 日

松 江 市 長
松 浦 正 敬 様

広島市中区小町 4 番 33 号
中 国 電 力 株 式 会 社
取締役社長 山 下 隆

島根原子力発電所 2 号機におけるウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用
に係る原子炉設置変更許可申請の申請了解に当たってのご質問回答について

「島根原子力発電所 2 号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用に
係る国への原子炉設置変更許可申請の申請了解について (回答)」(平成 1 8 年 1
0 月 2 3 日付け政第 4 0 7 号)においてご質問いただきました事項につきまして、
添付のとおり回答申し上げます。

当社といたしましては、地元の皆さまのご理解を得られるよう最大限の努力
を傾注しつつ、安全の確保を最優先にプルサーマル計画を進めてまいる所存で
ありますので、よろしくお願い申し上げます。

以上



1. 大地震時における原子炉の緊急停止等について

9月19日に原子力安全委員会で改定された「発電用原子炉設備に関する耐震設計審査指針」に基づく基準地震動を想定した場合においても、原子炉の緊急停止を確実に行うことが可能か、制御棒の挿入等の原子炉停止系の機能が確保されるか国の確認を受け、その結果をご説明いただきたい。

また、プルサーマル実施原子力発電の原子炉特性等について、上記の基準地震動を想定した場合に影響がないか国の確認を受け、その結果をご説明いただきたい。

改訂された耐震設計審査指針に照らして、新しく基準地震動 S s -1 および S s -2 (注1)を策定し、それを用いて島根原子力発電所の原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する主要な8施設について、耐震安全性評価を実施しました。

この耐震安全性評価の中で、島根2号機の制御棒の挿入性については、基準地震動 S s -1 および S s -2 を想定した場合の燃料集合体の相対変位がそれぞれ34.7mm、27.5mmであり、原子炉設置許可申請において規定している時間内(注2)での制御棒の挿入性が確認されている相対変位(40mm)以下(注3)であることから、当社は基準地震動 S s -1 および S s -2 によっても制御棒の挿入機能が確保されると評価しました。

これに対し、原子力安全・保安院は、新しく策定した基準地震動 S s -1 および S s -2 の妥当性については「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会」の下に設置されている「地震・津波ワーキンググループ」及び「地質・地盤ワーキンググループ」による「合同ワーキンググループ」にて、また、島根2号機の制御棒の挿入性を含む主要な8施設の耐震安全性評価の妥当性については「構造ワーキンググループ」にて審議され、当社の評価結果は妥当と判断されました。

また、MOX 燃料集合体の構造は従来のウラン燃料と同じであるため、MOX 燃料の耐震安全性は従来のウラン燃料と同等です。

(注1) 中越沖地震の際に柏崎・刈羽原子力発電所において、当該地域の震源特性が1.5倍と大きかったことを踏まえ、更なる耐震安全性への余裕を見込む観点から、突道断層から放出される地震波の強さ(応力降下量*)

を 1.5 倍とした基準地震動 ($S_s \cdot 2$) を追加設定したもの

(注 2) 全ストロークの 75%挿入において 1.62 秒以下

(注 3) 制御棒、燃料集合体、制御棒駆動機構を模擬した試験装置を加振させた状態で、制御棒の挿入性を確認した値 (図 1-1 参照)

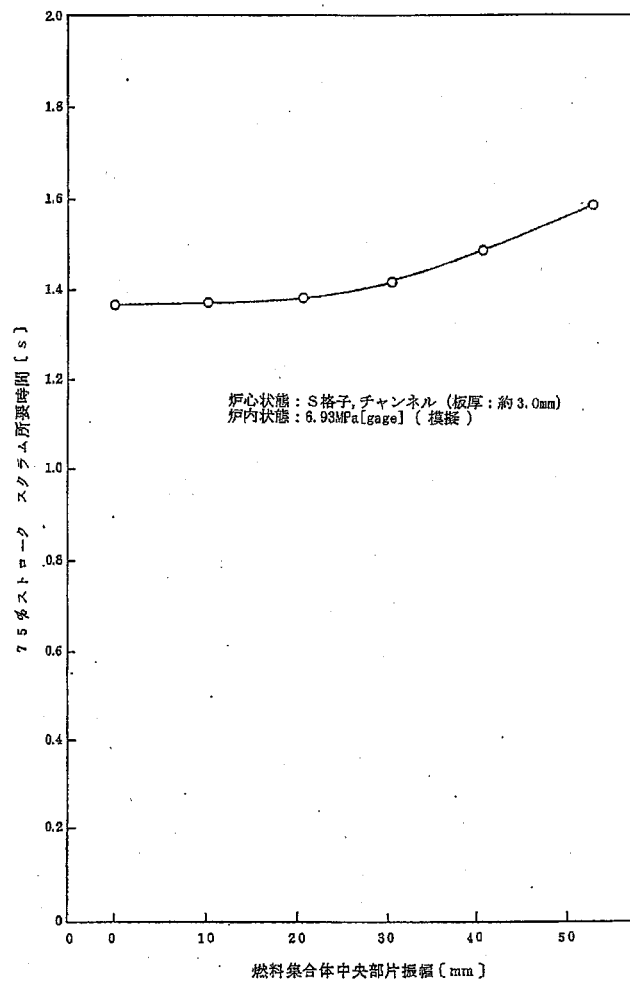


図 1-1 地震時挿入性試験結果

(出典: 沸騰水型原子力発電所 新型制御棒の概要 (改良炉心用))

平成 19 年 10 月 日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社)

※ 応力降下量とは、断層のずれ破壊により、蓄えられていた歪エネルギーが解放されることで、降下する応力の大きさを表す物理量のことをいう。

2. 使用済みウラン燃料と使用済み MOX 燃料の貯蔵量及び処理について

使用済みウラン燃料と使用済み MOX 燃料の貯蔵量は、2045 年頃にピークに達し管理容量を越えるとの推計を発表されているが、それぞれの貯蔵量の年次ごとの詳細な数量をお示しいただきたい。

また、仮に第二再処理工場の操業に遅れが生じるような場合には、使用済みウラン燃料と使用済み MOX 燃料をどのように処理されるのか、具体的な計画をご説明いただきたい。

島根原子力発電所における使用済燃料貯蔵量の年次ごとの推計は図 2-1 のとおりです。

使用済 MOX 燃料の処理方策については、平成 17 年 10 月に閣議決定された原子力政策大綱において、「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」、また、「その結果を踏まえて建設が進められる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間に合う時期までに結論を得る」とされています。

また、平成 18 年 8 月の総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会で了承された「原子力立国計画」においては、六ヶ所再処理工場の操業終了時頃（2045 年頃）に第二再処理工場の操業を開始し、回収されるプルトニウムは FBR で再利用するとの基本シナリオが示されています。

当社としましては、島根原子力発電所で発生する使用済 MOX 燃料については、当面適切に貯蔵管理し、国の定める処理方策に沿って処理することを考えています。

なお、使用済 MOX 燃料の再処理については、日本原子力開発機構の東海再処理工場において新型転換炉「ふげん」の使用済 MOX 燃料を約 30 トン、またフランスにおいても仏国 AREVA NC 社の再処理工場において約 70 トンの再処理実績があります。使用済 MOX 燃料の再処理については、新型転換炉「ふげん」等の使用済 MOX 燃料の再処理実績では、燃料の溶解特性やウラン、プルトニウム、核分裂生成物等の抽出特性に、ウラン燃料と有意な相違は認められていません。

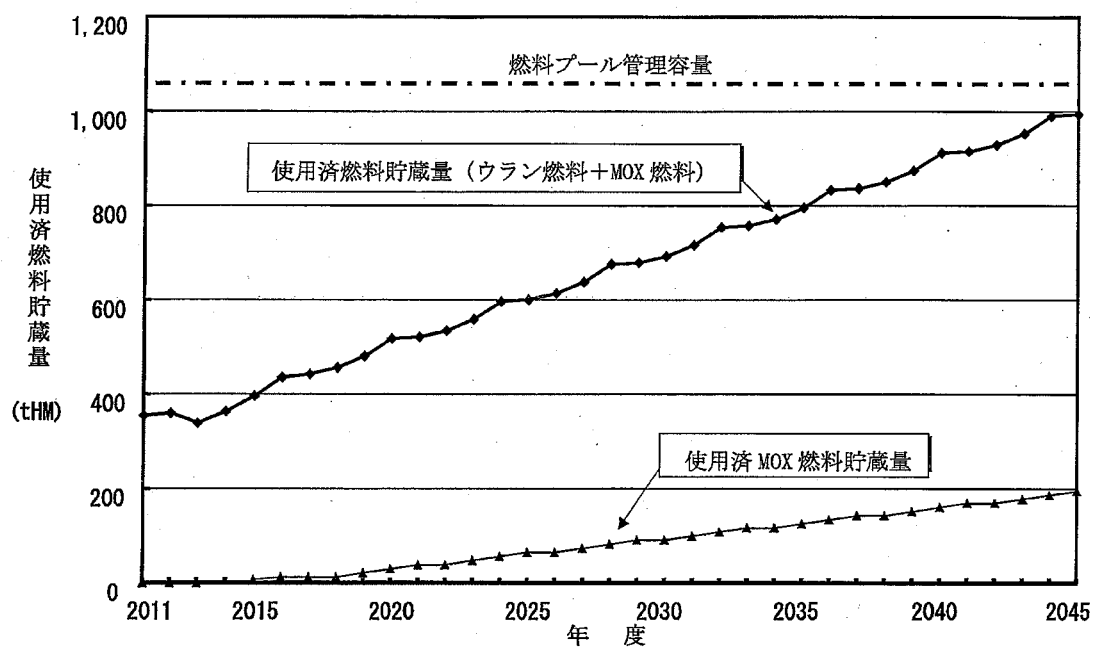


図 2-1 島根原子力発電所における燃料プール内の使用済燃料貯蔵量の推計

3. MOX 燃料の品質管理について

海外で MOX 燃料を製造する場合の燃料加工事業者の品質保証については、第一に、電気事業者は、規制当局が必要に応じ燃料加工事業者に立ち入り調査を行うことができる旨を、燃料加工事業者が定めていることを確認すること、第二に、電気事業者は製造時の品質保証活動の確認等を実施する場合、第三者機関を活用することとされているところである。燃料加工事業者として想定する事業者が、上記の条件を適正に履行する能力を有するかどうか調査し、ご説明いただきたい。

英国 BNFL 社製 MOX 燃料データ改ざん問題を踏まえて、平成 14 年 7 月に原子力安全・保安院が制定した「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」及び「MOX 燃料体に係る輸入燃料体検査について」において、規制当局の立入り調査、第三者機関の活用が規定されていることから、これらについて、今後当社が国内燃料メーカーと締結する燃料加工契約等に適切に盛り込んでいきます。

4. MOX 燃料加工事業者の技術的能力について

海外の MOX 燃料加工事業者は、フランスの COGEMA、イギリスの BNGS、ベルギーのベルゴがあるが、特にプルトニウム含有率の不均一性について、プルトニウムスポットの問題など品質における技術的能力を、それぞれ調査しご説明いただきたい。

現在、当社が想定している海外の MOX 燃料加工事業者は、フランスの MELOX 社 (AREVA NC (旧 COGEMA) 社の 100%出資会社) 及びイギリスの SL 社 (旧 BNGS 社) です。それぞれの技術的能力の評価結果を以下に示します。

1. 技術的能力評価結果の概要について

MELOX 社及び SL 社に対して、MOX 燃料の製造工程毎に、製造実績の調査及び実際の部材または模擬部材を使用した製造確認試験を実施し、MELOX 社及び SL 社が日本向け BWR 仕様の MOX 燃料を製造することができる技術的能力を有することを確認しています。

製造実績調査結果及び製造確認試験結果の概要は以下のとおりです。

(ペレット製造工程)

MOX ペレットの製造実績調査により、外観、密度、不純物、等価核分裂性物質濃度、プルトニウム均一度等の日本向け BWR 仕様への適合性を確認するとともに、実際にウランペレットを用いた研削能力等の調査を行うことで、日本向け BWR ペレット寸法仕様への適合性等の確認を行っています。

(燃料棒製造工程)

製造実績調査及びウランペレットを用いた燃料棒製造試験を実施することで、外観、寸法、わん曲等の確認を行っています。また、上部端栓の溶接に関しても、溶接試験を実施し、溶接部の断面観察を行うことで健全性の確認を行っています。

(燃料集合体組立工程)

模擬燃料棒を用いて実際に燃料集合体を組立て、外観、寸法等の確認を行うことで健全性を確認しています。

2. プルトニウム含有率の不均一性について

プルトニウムスポットの燃料への影響について、プルトニウムスポット内のプルトニウム含有率が 100wt%であったとしても、その径が 550 μm 以下であれば燃料の健全性への影響はないという知見が得られていることから、当社は、MOX 焼結ペレットのプルトニウムスポットの大きさについて、実効直径*で 400 μm 以下となるように仕様値を定め、製造管理を行う予定です。

MELOX 社 (MIMAS 法)^(注1) 及び SL 社 (SBR 法)^(注2) で製造された MOX 焼結ペレットについて、プルトニウムスポット内のプルトニウム含有率分布の測定結果を図 4-1 に、プルトニウムスポット径の分布の測定結果を図 4-2 にそれぞれ示します。本図に示すとおり、プルトニウムスポット内のプルトニウム含有率は最大でも 30wt% 程度、プルトニウムスポット径は最大でも 200 μm 程度であり、両社ともに当社の仕様を十分に満足する MOX 焼結ペレットを製造する能力を有すると考えています。

<参考> 各社の MOX 粉末製法について

(注1) MELOX 社 (MIMAS (Micronized Master Blend Method) 法)

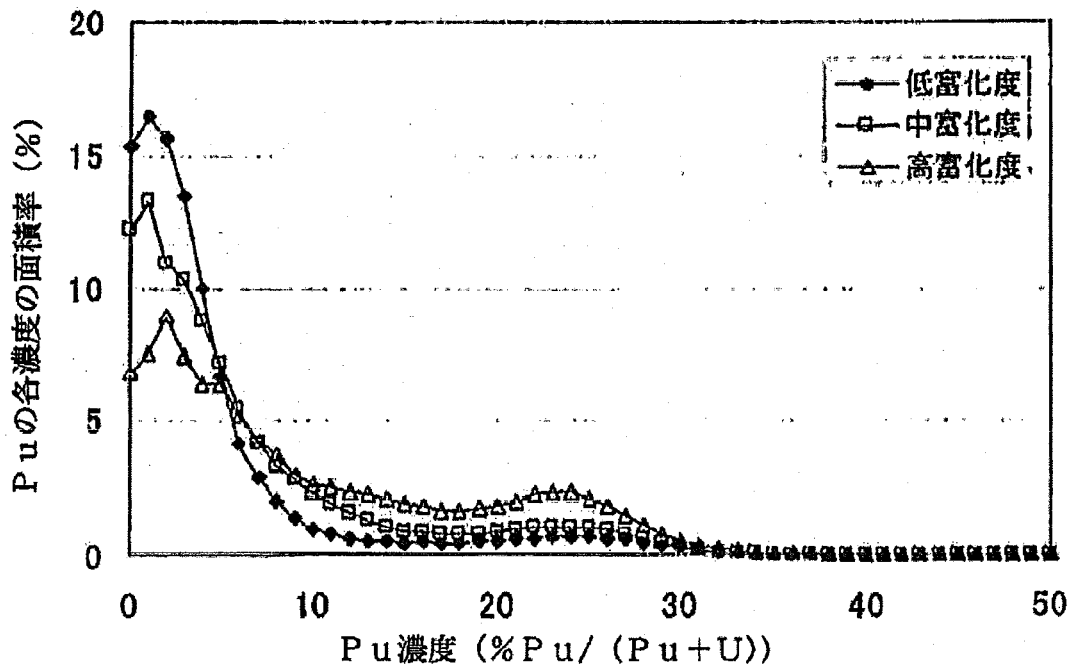
混合を 2 段階に分けて行う。最初比較的高いプルトニウム含有率の MOX 粉末をボールミル (円筒形のセル内に MOX 粉末と金属製のボールを投入し、セルを回転) で粉砕混合によって均質化処理を行い (1 次混合)、さらに酸化ウラン粉末を混合して攪拌機にて均質化処理を行う (2 次混合) ことで、所定のプルトニウム含有率に調整する。

(注2) SL 社 (SBR (Short Binderless Route) 法)

1 回の混合で所定のプルトニウム含有率の MOX 粉末を得るため、高エネルギーを投入したアトリターミル (MOX 粉末と金属製のボールを攪拌棒により強制的に攪拌) によって粉砕混合を行うことで均質化を行う。

* プルトニウムスポットの大きさは同じであっても、プルトニウムスポット中のプルトニウム含有率が大きい方が燃料への影響も大きくなる。このため、MOX 焼結ペレットの製造管理では、測定されたプルトニウムスポットの大きさ、プルトニウム含有率から、プルトニウムスポット中のプルトニウム含有率が 100wt% であるとした場合の径 (実効直径) に換算を行う。

MELOX 社 (MIMAS 法) (1)



SL 社 (SBR 法) (2)

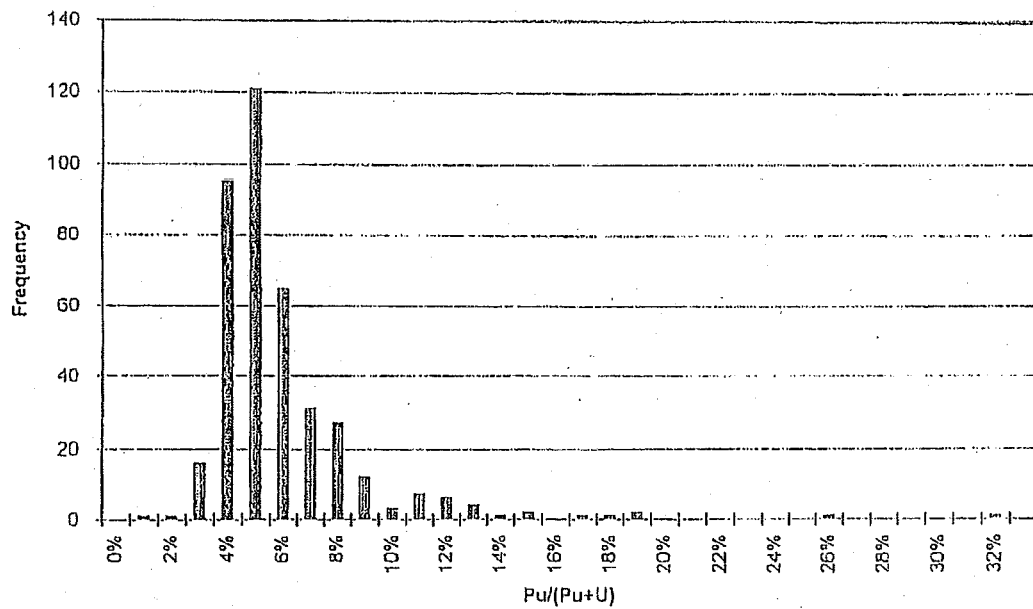
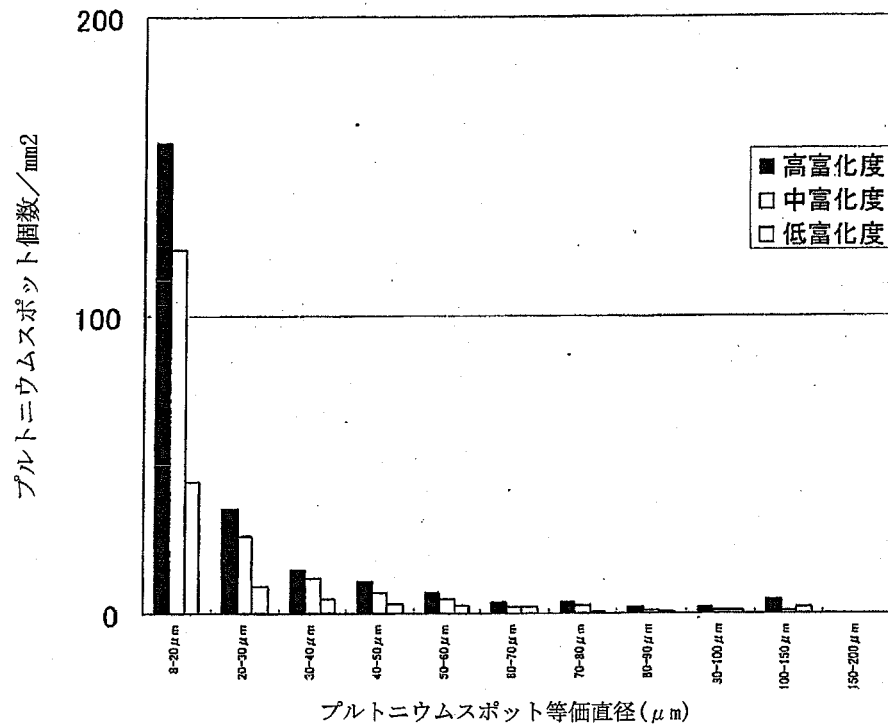


図 4-1 MOX 焼結ペレット中のプルトニウム含有率の頻度分布の例

MELOX 社 (MIMAS 法) (1)



SL 社 (SBR 法) (3)

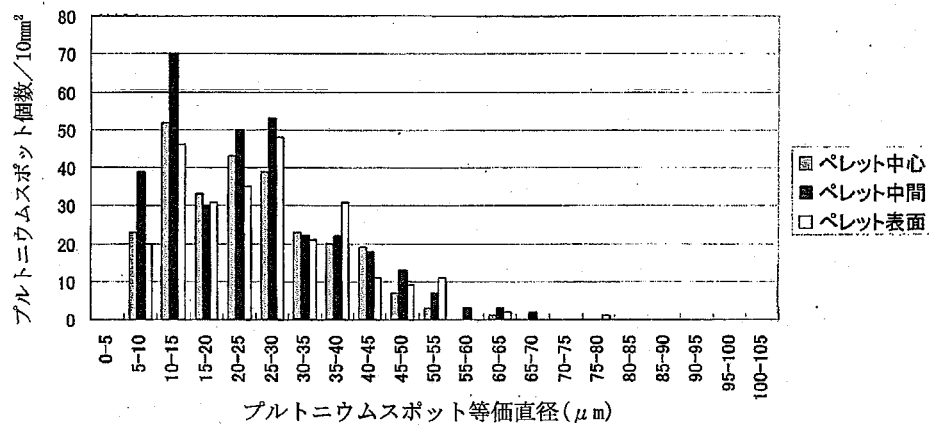


図 4-1 プルトニウムスポット径の分布

出典

- (1) 平成 12 年度 燃料集合体信頼性実証試験に関する報告書 (1/3 炉心混合酸化物燃料照射試験編)、平成 13 年 3 月 (財) 原子力発電技術機構
- (2) J. Edwards et al., "BNFL Supply of MOX Fuel Assemblies to the Beznau 1 PWR of NOK", July 1995 IAEA Technical Committee Meeting, Windermere, UK.
- (3) 平成 11 年度 燃料集合体信頼性実証試験に関する報告書 (混合酸化物燃料照射試験編)、平成 12 年 3 月 (財) 原子力発電技術機構

5. プルサーマル導入に伴う電気料金への影響について

核燃料サイクルの全量再処理に係わるバックエンド費用と、プルサーマル導入に伴う MOX 燃料加工費用、運送費用等のフロントエンド費用について、試算されている内訳と将来予測数値をお示しいただきたい。

上記のバックエンド費用とフロントエンド費用が、今後の電気料金に及ぼす影響についてご説明いただきたい。

平成 17 年 10 月に閣議決定された原子力政策大綱において、以下のとおり試算結果が示されています。

	全量再処理
原子力発電コスト	約 5.2 円/kWh
うち核燃料 サイクルコスト	約 1.6 円/kWh ・うちフロントエンド ：0.63 円/kWh ・うちバックエンド ：0.93 円/kWh

なお、平成 16 年 11 月の「基本シナリオの核燃料サイクルコスト比較に関する報告書」（原子力委員会新計画策定会議技術検討小委員会）において、その内訳について以下のとおり報告されています。

単位：円/kWh

項 目			全量再処理
サ イ ク ル コ ス ト	フロントエンド	ウラン燃料	0.57
		MOX 燃料	0.07
	バックエンド	再処理	0.63
		HLW 貯蔵輸送処分	0.16
		TRU 廃棄物処理貯蔵処分	0.11
		中間貯蔵	0.04
		SF 直接処分	—
	合 計		約 1.6
原子力発電コスト		約 5.2	

また、全量再処理のケースと直接処分のケースとの差が電気料金に及ぼす影響についても、新計画策定会議において以下のとおり試算されています。

「一般家庭の電気代に換算すると年間600～840円程度割高となり、年間1%程度の負担増となる*。」

*：全量再処理と全量直接処分の原子力発電コスト差 約 0.5～0.7 円／kWh

1 世帯当りの平均電気使用量 約 300kWh／月

1 世帯当りの年間電気代 約 72,000 円 (20 円／kWh×300kWh×12 ヶ月)

1 世帯当りの年間負担増額 約 600～840 円

(0.5～0.7 円／kWh×100kWh×12 ヶ月：原子力発電は総電力の 1/3 と想定)

6. ヒューマンエラーの防止策について

プルサーマル導入に伴って、燃料加工時の燃料検査、受け入れ時の燃料検査、炉心管理の複雑化など、新たに発生する業務についてヒューマンエラーの防止策はどのように行われるのか、個々の業務について具体的にお示しいただきたい。

以下に示すとおり、MOX 燃料を使用した場合でも、MOX 燃料の特性に配慮した対策を講じることで、それぞれの業務を確実に実施できると考えています。

1. 燃料加工時の検査

現在、ウラン燃料加工時の検査に当たっては、事前に検査員教育を行い、検査員として必要な力量を有する者を派遣しています。

MOX燃料加工時の検査に当たっては、上記に加え、より一層の品質管理の徹底の観点から、以下を実施することとしています。

- ・ 製造期間を通じて当社社員をMOX燃料加工工場に派遣し、製造工程毎に立会検査を行います。本立会検査は、元請会社（国内燃料メーカー）とともに実施することで、検査に確実を期すこととします。
- ・ 製造開始後のMOX燃料加工事業者の製造状況及び品質保証活動状況を確認するため、製造工程の各段階に応じて工程監査を実施します。
- ・ 上記監査の実施に当たっては、監査の信頼性を高めるため、加工工場のある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ます。

2. 受け入れ時の検査

ウラン燃料の受入検査には、検査員として必要な力量を有する者を従事せるとともに、作業前打合せ等により検査要領の周知徹底を図っています。

MOX燃料は、ウラン燃料に比べて線量が高いため、遠隔操作等作業員の被ばく低減を考慮した方法によって検査を行う必要がありますが、検査項目がウラン燃料と同等であること、また、検査員に対し、事前にMOX燃料の検査方法の特徴に配慮した教育訓練を行うことにより、ウラン燃料の場合と同等の検査の質を維持できると考えています。

3. 炉心管理

MOX燃料を使用しても、現在の原子炉設備や運転方法に変更はありません。また、MOX燃料はウラン燃料と比べて特性が大きく異なるわけではなく、その特性も十分把握されていることから、MOX燃料を装荷しても炉心管理上特別な配慮が必要となることはありません。

現状のウラン燃料炉心でも燃料の種類毎に、それぞれの燃料の特性等を炉心性能監視用の計算機に入力して炉心管理を行っており、正しい入力データが作成されていること、それが正しく計算機に入力され、計算結果が正しく出力されることをダブルチェックにより確認しています。

MOX燃料を装荷した場合でも、現状のウラン燃料と同様の作業を行うことで、確実な炉心管理が可能と考えています。

7. プルサーマル導入に伴う核物質防護について

核ジャック、テロ攻撃等に対して、プルサーマル導入に伴い特に強化して取り組む必要のある防護対策について、燃料輸送時の対策も含め、具体的にご説明いただきたい。

1. 島根原子力発電所における核物質防護について

原子力発電所において、ウラン燃料及びMOX燃料を使用する場合の核物質防護に関して要求される措置は「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下、「実用炉則」という。）」第十五条の三で定められています。その概要を表 7-1 に示します。

島根原子力発電所においては、実用炉則の要求に基づき、施設内の核物質の盗取等の不法移転や、施設内の重要機器等の妨害破壊行為による放射性物質の外部放出に対する防護のための必要な措置について「核物質防護規定」を定め、これを遵守すること、防護に関する業務を統一的に管理する「核物質防護管理者」を選任すること等の措置を行っています。

MOX 燃料に対する核物質防護上の要求事項は、ウラン燃料に対する要求事項と変わりはなく、MOX 燃料の導入により、現状、島根原子力発電所で行っている核物質防護上の措置に加え、新たに強化して取り組む必要性のある防護対策はありません。

表 7-1 核物質防護に関する措置

概 要
1. 防護区域を定め、コンクリート造り等の堅固な障壁により区画 2. 周辺防護区域を定め、さく等により区画し、照明装置等の人の侵入を確認できる装置を設置 3. 見張人による防護区域及び周辺防護区域の巡視 4. 防護区域及び周辺防護区域への立入りに対する措置 ・ 立入者への証明書等発行及び所持 ・ 一時立入者の防護区域立入時の常時立入者の同行 5. 業務用以外の車両の防護区域及び周辺防護区域への立入禁止 6. 防護区域及び周辺防護区域出入口での措置 ・ 妨害行為又は防護設備等の破壊行為に供され得る物品の持込み及び特定核燃料物質の持出しの点検 ・ 防護区域出入口での金属検知装置及び特定核燃料物質の検知装置による点検 ・ 見張人による常時監視又は施錠、人の侵入を検知・表示する装置の設置 7. 特定核燃料物質の管理 ・ 防護区域内に置く ・ 見張人による常時監視又はコンクリート造り等の堅固な構造の施設（以下「施設」という。）において出入口の施錠、人の侵入を検知・表示する装置の設置、施設への立入を認めた者以外のものの立入禁止、見張人による施設周辺の巡視 ・ 特定核燃料物質取扱者による異常発見時の報告 ・ 特定核燃料物質取扱者による日々の作業終了後の点検及び点検結果の報告 8. 監視装置の設置 ・ 人の侵入を検知・表示する機能を有する装置の設置 ・ 重要な監視装置へ非常用予備発電装置を備える等の措置 ・ 監視装置のうち人の侵入表示部の見張人が常時監視できる位置への設置 9. 防護区域及び周辺防護区域並びに施設の出入口のかぎ及び錠への措置 ・ 複製が困難となるようにする ・ 不審な点が認められた場合の取替え又は構造の変更 ・ 指定した者によるかぎ管理、当該者以外の者のかぎ取扱いの禁止 10. 設備及び装置の点検及び保守 11. 連絡に関する措置 ・ 見張人の詰所の設置 ・ 見張人と見張人の詰所の連絡手段の確保 ・ 防護区域内及び周辺防護区域内と見張人の詰所の連絡設備の設置 ・ 見張人の詰所から関係機関への二以上の連絡手段の確保 12. 従事者への教育及び訓練 13. 防護体制の整備 14. 妨害破壊行為等に対する緊急時対応計画の作成 15. 防護に関する詳細事項の管理、漏えいの防止 16. 1. ～15. の措置の経済産業大臣が別に定める妨害破壊行為等の脅威への対応 17. 1. ～16. の措置に対する定期的な評価及び評価の結果に基づく必要な改善

2. 輸送時の防護対策

MOX 燃料の海上輸送は日米原子力協定実施取極付属書五（回収プルトニウムの国際輸送のための指針）等関連の国際約束等（注）に従って適切な核物質防護措置を講じることになっており、これに基づいた輸送体制により実施することになると想定しています。

なお、過去の MOX 燃料の輸送においては、以下のとおり実施されたと聞いています。

- （１）公海上においては英国籍の 2 隻の武装した船舶が相互に護衛しながら航行。
- （２）各武装輸送船には、護衛任務に必要な教育訓練を受けた武装護衛官が乗船。
- （３）日本領海内においては海上保安庁が護衛。

また、平成 17 年 5 月の原子炉等規制法の改正において、核物質防護対策の強化を目的として新たに核物質防護に関する守秘義務に係る規定が盛り込まれました。島根原子力発電所では、本規定に基づきウラン燃料の事業所外輸送における特定核燃料物質の防護に関する情報について、厳重な管理を行っています。MOX 燃料の輸送に当たっては、プルトニウムを含むという特性に鑑み、より一層厳重な情報管理を行うこととしています。

（注）国際輸送の際の主要な防護措置

- ・ 専用輸送船の使用
- ・ 安全な輸送経路の選定
- ・ 緊急時を除き、無寄港での航行
- ・ 護衛官の乗船
- ・ 原則として武装護衛船による護衛
- ・ 海上における積荷の移動の防止措置
- ・ 通常の航行通信とは別個の通信系の装備
- ・ オペレーション・センターによる輸送船の位置と積荷の状況の監視
- ・ 緊急時計画の作成