

要検討項目議論のためのたたき台

資料 No. 1

大項目		小項目	ページ
必要性	1. プルサーマルの必要性 (1) 中国電力のプルサーマルの必要性の理由は妥当か。	有限なウラン資源の有効利用，エネルギー安定供給に寄与 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 高レベル放射性廃棄物量の低減	1 ~ 4
	2. 経済性 (1) プルサーマルはウラン燃料を燃やすより経費がかかるのか		4 ~ 5
	3. その他		
安全性	(1) MOX燃料を使った運転上の特性と安全性	炉心出力分布に偏り(ムラ)ができるか 制御棒の効きが悪くなるか ウラン燃料を使った場合より安全性が損なわれるか	6 6 ~ 7 7 ~ 10
	(2) MOX燃料の健全性	MOX燃料はウラン燃料より内圧が上がり、破損しやすくなるか 燃料の燃え方に場所によってムラが生じ、燃料棒が破損しやすいか プルトニウムスポットの影響で燃料が壊れやすいか MOX燃料の融点や熱伝導と原子炉の安全性との関係はどうか 海外で製造されるMOX燃料の品質は大丈夫か	10 ~ 11 11 ~ 12 12 ~ 13 13 ~ 14 14 ~ 15
	(3) 事故時	ウラン炉心より事故時の被害が大きくなるのか 反応度事故時の評価は大丈夫か	16 ~ 17 17 ~ 18
	(4) MOX燃料の取扱	炉心に入れる前のMOX燃料の取扱いは難しいか (安全性、労働者被ばく量の増加)	19 ~ 21
	(5) 使用済MOX燃料	MOX燃料の輸送の安全性はどうか(安全性、核拡散、保障措置) 使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料より取扱いが難しいか (貯蔵、輸送)	21 ~ 22 22 ~ 23
	(6) MOX燃料の使用実績	使用実績は十分か	23 ~ 25
	(7) 中国電力の技術的能力	教育・訓練 品質保証活動	25 ~ 27 27 ~ 28
	(8) その他		28 ~ 30
その他	(1) 使用済MOX燃料の処理	処理の方策が未定	31 ~ 33
	(2) その他		

要検討項目(論点)整理のためのたたき台

・必要性

(注)下線部：今回追加記載

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
1. プルサーマルの必要性	<p>(1) 中国電力のプルサーマルの必要性の理由は妥当か。 有限なウラン資源の有効利用, エネルギー安定供給に寄与 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 高レベル放射性廃棄物量の低減</p>	<p>〔中国電力〕 国策としてのプルサーマルの位置づけ プルサーマルは, 我が国の原子力開発の当初からの国の政策 有限なウラン資源の有効利用, エネルギー安定供給に寄与 ・再処理して回収するプルトニウム, ウランを再利用することにより, 約2割~4割のウラン資源を節約 ・プルトニウム約0.2トンは, 石油ドラム缶80万本に相当(石油資源の節約) = 約9億5千万kWhの発電が可能 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 ・国際プルトニウム指針の採用 高レベル放射性廃棄物量の低減 ・燃料集合体7~8体からガラス固化体1本へ減容</p> <p>〔中国電力〕 1. プルサーマルの必要性 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 1 (2頁) <u>中国地方の電力需要に対応して電力の安定的かつ効率的な供給を果たすためには, バランスのとれた電源構成(ベストミックス)が必要。</u> <u>原子力比率の低い当社では, 供給安定性, 経済性, 環境保全に優れた原子力の開発が最重要経営課題。</u> <u>地域の皆さまに将来にわたり安定した電気をお届けするという公益的課題達成のためにも原子燃料サイクルの早期確立が必要。</u></p> <p><u>2010年度までのプルサーマル実施に向けて不退転の決意で取り組み</u></p> <p>2. ウラン資源の節約、有効利用 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 2、 - 1 - 3 (7~9頁) <u>ウラン資源の節約量は, 年間約300億kWhの電力量に相当。(青森県の年間消費電力量の約3倍に相当)</u> <u>核燃料サイクルに伴って獲得できるエネルギーは, 再処理</u> ・MOX燃料加工等で使用するエネルギーに比べてはるかに</p>	

・必要性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>1. プルサーマルの必要性 (続き)</p>	<p>(1) 中国電力のプルサーマルの必要性の理由は妥当か。有限なウラン資源の有効利用, エネルギー安定供給に寄与 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 高レベル放射性廃棄物量の低減 (続き)</p>	<p><u>多い。(試算例による)</u></p> <p>3. <u>中国電力のプルトニウム利用計画</u> (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 8 (18、19頁)</p> <p><u>回収プルトニウム量より利用プルトニウム量が上回り確実に利用していくことができる</u></p> <p>4. <u>高レベル放射性廃棄物量の低減</u> (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 4 (10~13頁)</p> <p><u>高レベル放射性廃棄物</u> ・体積は半分以下に低減 ・ウラン・プルトニウムを分離・回収するため, 放射能の強さも減少</p> <p><u>低レベル放射性廃棄物</u> ・発生量は増加 ・放射能濃度や性状に応じて区分し, 適切に処分</p> <p><u>環境負荷を低減</u></p> <p>[野口参事官] ・原子力発電所で使った後のウラン燃料には, まだ利用することができるウランやプルトニウムが含まれています。ウラン燃料もリサイクルできます。 ・「核燃料サイクルは, 原子力発電所から出る使用済燃料を再処理し, 有用資源を回収して再び燃料として利用するものであり, 供給安定性等に優れているという原子力発電の特性を一層改善するものである。このため, 我が国としては核燃料サイクル政策を推進することを国の基本的考え方」としています。 「エネルギー基本計画」(平成15年10月閣議決定) ・原子力委員会において, ほぼ5年毎に原子力長期計画が策定されており, 平成16年6月から「新計画策定会議」が設置され, 検討が行われました。平成17年10月に「原子力政策大綱」として決定されました。 【基本方針】 「安全性」、「核不拡散性」、「環境適合性」を確保する</p>	

．必要性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>1．プルサーマルの必要性 (続き)</p>	<p>(1) 中国電力のプルサーマルの必要性の理由は妥当か。有限なウラン資源の有効利用，エネルギー安定供給に寄与 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 高レベル放射性廃棄物量の低減 (続き)</p>	<p>とともに、「経済性」にも留意しつつ、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する。</p> <p>〔吉岡講師〕 原子力発電の事業リスク ・再処理方式の方が、はるかにコストが高く、また経営リスク（不確実性も考慮）も高い。それはハイリスクな原子力発電事業のリスクを、さらに大きく高める。 ・再処理を前提として、プルサーマルは成り立つ。したがってプルサーマル問題について判断するには、再処理問題について判断するのが先決である。 プルトニウム需給バランス問題が焦点 ・プルサーマル問題の焦点は、安全問題よりもむしろプルトニウム需給バランス問題にある。 ・プルトニウムの消費が全く進まず、余剰プルトニウムが増加する一方の状況下で、六ヶ所再処理工場を稼働させるのは非常に不可解な選択であり、プルトニウム在庫（海外分、東海分）をまず処分するのが、経営的観点から当然の選択であろう。 ・六ヶ所再処理工場の運転を凍結し、1997年の電事連計画を白紙撤回した上で、在庫処分目的の現実的なプルサーマル実施計画を、電力業界が改めて提案してくるならば、国民も聞く耳を持たないわけではない。</p> <p>〔出光講師〕 ・プルトニウムは貴重なエネルギー資源である</p> <p>〔小林講師〕 プルサーマルはウラン資源の節約ないし有効利用にはならない ウラン燃料では不要だった再処理をはじめ、MOX燃料の加工、輸送、貯蔵、使用済MOX燃料の処理処分など各段階で投入されるエネルギーを差し引かねばなりません。その量が膨大であることを考えると、果たしてプルサーマルに節約効果があるのか極めて疑問です。節約どころか無駄な浪費になる恐れが十分あります。</p>	

．必要性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>1．プルサーマルの必要性 (続き)</p>	<p>(1) 中国電力のプルサーマルの必要性の理由は妥当か。有限なウラン資源の有効利用，エネルギー安定供給に寄与 余剰プルトニウムを持たないという国際公約の実行 高レベル放射性廃棄物量の低減 (続き)</p>	<p>余剰プルトニウムの焼却は最大の理由ではない 余剰のプルトニウムを持たないという国際的な公約を守ることは、プルサ - マルをやる理由の一つには違いないでしょう。しかし、それなら六ヶ所村の再処理工場を稼働させプルトニウムを生産する政策と矛盾します。再処理工場の稼働を凍結してこそ説得ある理由になります。</p> <p>高レベル放射性廃棄物量の低減はプルサ - マルの目的ではない 高レベル放射性廃棄物量を低減するためにプルサ - マルをやるものではありません。これは廃棄物処分の問題であって、プルサ - マルとは関係のないことです。それに、高レベル放射性廃棄物の体積を減らすため使用済燃料を再処理すれば、それより桁違い(フランスの実績で約15倍)に大量の中、低レベル放射性廃棄物が新たに発生します。放射性廃棄物量全体として見れば、増大になっても低減にはなりません。</p> <p>最大の理由 三つの推進理由は、プルサ - マル自体の必要性を納得させるものではありません。真の理由はほかにあり、それは、原発使用済燃料の行き先を求めることにあると考えられます。 プルサ - マルは政府の原子力政策の破綻を覆い隠すために出された政策で、そのツケを立地にしわ寄せする政策に他なりません。そのツケを、立地自治体が払う必要はないでしょう。</p>	
<p>2．経済性</p>	<p>プルサーマルはウラン燃料を燃やすより経費がかかるのか</p>	<p>〔中国電力〕 1．プルサーマルによる電気料金への影響 (第6回懇談会 資料1 - 3)の - 3 - 1(26頁)</p> <p>現時点ではMOX 燃料加工先が決定していないため、MOX 燃料の加工代についての具体的な数値を持ち合わせておりません。 しかしながら、原子力発電では、発電費に占める燃料費の割合は小さい上、当社の場合、島根2号機において炉心装荷率1/3以下で使用すること等から、MOX 燃料の使用が発電コストに与える影響は小さく、経営努力で吸収できると考えています。</p>	

．必要性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
2．経済性 (続き)	<p>プルサーマルはウラン燃料を燃やすより経費がかかるのか (続き)</p>	<p><u>当社発電原価への影響</u> (MOX 燃料の取得費がウラン燃料の2 倍になった場合の試算例) 島根2 号機にMOX 燃料を228 体(最大可能装荷体数)装荷した場合、原子力発電単価への影響は約1.2%、全体の発電単価への影響は約0.4%と想定しています。</p> <p>[吉岡講師] ・再処理方式の方が、はるかにコストが高く、また経営リスク(不確実性も考慮)も高い。それはハイリスクな原子力発電事業のリスクを、さらに大きく高める。</p> <p>[出光講師] ・原子力委員会は、使用済み核燃料を再処理した場合としない場合の費用の試算結果をまとめ、公表した。 1 か月に3 0 0 kWh の電力消費一般家庭の電気代に換算すると、年間6 0 0 - 8 4 0 円程度割高になる。 ・バックエンド関係の費用はキロワットアワー当たりの1 . 4 7 円ぐらいとなっている。ちなみに、ウラン燃料の購入費用は約2 円弱ぐらいとってください。その他運転費を入れると5 . 2 円ぐらいと御理解ください。これを経済性がないと見るかどうかということですが、まあこれは受け入れられるんじゃないかというのが私の意見です。</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
1．MOX燃料を使った運転上の特性と安全性の関係	炉心出力分布に偏り(ムラ)ができるか	<p>〔中国電力〕</p> <p>1．発熱分布の平坦化            (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 8、 - 1 - 9            (51～54頁)</p> <p>島根2号機に限らず、従来のウラン燃料においても、異なる濃縮度をもった燃料棒の配置を工夫することにより、発熱の分布の平坦化を図っています。</p> <p>同様に、島根2号機で今回採用予定のMOX燃料についても、異なるプルトニウム含有率をもった燃料棒の配置を工夫することにより、燃料集合体内の発熱分布を平坦化し、極端に高い出力が発生するところをなくすようにしています。</p> <p>従来のウラン燃料のみの炉心においても、設計の異なる燃料が混在しており、また、燃焼期間の異なる燃料が混在していることから、これらの燃料を安全かつ効率的に燃焼させるよう、原子炉内での燃料集合体の配置に工夫を行っています。</p> <p>MOX燃料もウラン燃料と比べて特性が大きく異なるわけではなく、島根2号機でのMOX燃料集合体の配置に当たっては、ウラン燃料のみの炉心と比較して、特別複雑な配慮を要するものではありません。</p> <p>〔小林講師〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プルサ-マルではウラン燃料の中にMOX燃料が集合体単位で市松模様の形に装荷されます。したがって、原子炉内の至る所に、プルトニウム含有率の分布の極端な偏りが存在します。このことが、ウランとプルトニウムとの性質の違いと相まって安全上の問題を生じさせます。</li> </ul>	
	制御棒の効きが悪くなるか	<p>〔中国電力〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急停止時、通常停止時ともに、原子炉を停止させる能力に有意な差はない。</li> </ul> <p>1．制御棒の効きについて            (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 7 (47～50頁)</p>	

．安全性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
1．MOX燃料を使った運転上の特性と安全性の関係 (続き)	制御棒の効きが悪くなるか (続き)	<p><u>緊急時に原子炉をすばやく止める機能</u> MOX燃料装荷炉心の緊急停止(スクラム)時の停止能力は、<u>ウラン燃料のみの炉心と同等。</u></p> <p><u>停止している原子炉の停止状態を維持する機能</u> MOX燃料装荷炉心でも、<u>従来のウラン燃料炉心と同様に、停止状態を維持することが可能。</u></p> <p>〔出光講師〕 制御棒の価値が若干下がるが、対策として ・MOX燃料を集合体の1/3までとすること ・MOX集合体の位置の適切配置 ・集合体内でのMOX燃料棒の適切配置 で対応可能</p> <p>〔小林講師〕 ・原子炉の制御装置や停止装置(制御棒とホウ酸)の効きが低下します。 その理由は、ウラン燃料よりMOX燃料の方が熱中性子吸収がずっと大きいことに由来します。制御効果は熱中性子を吸収することによって発揮されますが、MOX燃料集合体及びその近傍では熱中性子分布が低下するため、吸収される熱中性子が少なくなって制御効果が低下するのです。 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はいますが、それには限界があります。</p> <p>〔佐藤課長〕 ・「制御棒の原子炉を止める能力は十分かについて」は、安全審査で余裕をもって原子炉が停止できるかどうかを確認する。</p>	
	ウラン燃料を使った場合より安全性が損なわれるか	<p>〔中国電力〕 <u>1．MOX燃料について</u> (第6回懇談会 資料1-2の18頁「MOX燃料について」)</p> <p><u>MOX燃料は、燃料ペレットの中身が、ウラン酸化物からウラン・プルトニウム混合酸化物に変わったのみ。</u> <u>燃料集合体の形状等は従来のウラン燃料と同じ。</u> <u>燃料の中身が変わったことにより、以下の事項に影響。</u></p>	



．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
1．MOX燃料を使った運転上の特性と安全性の関係 (続き)	ウラン燃料を使った場合より安全性が損なわれるか (続き)	<p>・燃料の物性            ・原子炉内の中性子のふるまい            ・MOX燃料から放出される放射線による線量等</p> <p>これらの影響を、適切に設計・運用等に反映</p> <p>2．原子炉圧力が上昇する事象が発生した場合            (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 13(61~62頁)</p> <p>原子炉圧力が上昇するような事象が発生した場合には、原子炉圧力の上昇に伴い原子炉内のボイド(泡)が潰れることによって水の密度が上昇し、中性子が減速しやすくなり(熱中性子になりやすい)、結果として核分裂が起こりやすくなることから、原子炉の出力が上昇します。</p> <p>島根2号機において、原子炉圧力が上昇する事象が発生した場合には、MOX燃料を装荷した炉心では、中性子束はより急上昇する傾向はあるものの、ウラン燃料のみを装荷した炉心と同様、原子炉スクラムにより中性子束は急減することになります。</p> <p>表面熱流束(*)や原子炉圧力の上昇は、中性子束の上昇に比べゆっくりとしているため、MOX燃料を装荷した炉心とウラン燃料のみを装荷した炉心とでその差はほとんどありません。</p> <p>(*)表面熱流束：単位時間、単位面積当たりの燃料被覆管表面の通過熱量をいいます。</p> <p>[出光講師]            軽水炉でのプルトニウムの利用(プルサーマル)            ・ウラン燃料でも、時間が経つとプルトニウムが核分裂をしている            ・最初からプルトニウムがあるかどうかの差            ・核的な違いはほとんど無い            ・制御棒の価値が若干下がる            対策            MOX燃料を集合体の1/3までとすること            MOX集合体の位置の適切配置</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>1．MOX燃料を使った運転上の特性と安全性の関係 (続き)</p>	<p>ウラン燃料を使った場合より安全性が損なわれるか (続き)</p>	<p>集合体内でのMOX燃料棒の適切配置で対応可能</p> <p>〔小林講師〕          現行軽水炉の構造を変更せずにMOX燃料を使用する。そのため、プルトニウムの炉内装荷量が、重量にして最大1/3までに制限される。          MOX燃料の加工、輸送、貯蔵等にかかる追加費用や手間を抑えるため、MOXに含まれるプルトニウム含有率をできるだけ多くして、一度に多量のプルトニウムを焼却する。          ウラン燃料と多少の不整合は許容する。          試験過程をできるだけ省略し、いきなりぶっつけ本番で商業利用を始める。          以上のように、どちらかといえば安全性より経済性に重きが置かれています。現行軽水炉は、元来、低濃縮ウランを燃料とする炉として設計されていますが、そこへ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結果だと言えます。</p> <p>〔佐藤課長〕          原子力安全委員会における検討結果          (検討の範囲)          核分裂性プルトニウム富化度は8%まで、MOX燃料の炉心装荷率は1/3程度まで、燃料集合体最高燃焼度は45,000MWd/tまで          (検討結果)          ・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          ・安全評価に当たって、従来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</p> <p>原子力安全委員会が定めた各種指針等を適用して安全審査を実施</p> <p>安全審査のポイント          ・制御棒の原子炉を止める能力は十分か          ・出力が急激に変動したときうまく元に戻ろうとするか</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
1．MOX燃料を使った運転上の特性と安全性の関係 (続き)	<p>ウラン燃料を使った場合より安全性が損なわれるか (続き)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各々の燃料棒の出力の出方にアンバランスはないか</li> <li>・ 燃料棒 内にガス が異常に充満して燃料棒を傷めないか</li> <li>・ 原子炉内が異常高温になったとき燃料が溶けないか</li> <li>・ 事故を想定した場合の発電所周辺への影響はないか</li> <li>・ MOX燃料の取扱や貯蔵は安全に行えるか</li> </ul>	
	<p>原子炉施設周辺の一般公衆の線量評価は、ウラン燃料使用時と変わらないか。</p>	<p>〔中国電力〕 1．平常運転時の周辺環境への影響 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 15(65~66頁)</p> <p><u>島根原子力発電所においては、これまで周辺環境へ影響を与えるような放射性物質の放出はない。</u> <u>MOX燃料の信頼性も、従来のウラン燃料と同等であり、これまでウラン燃料と異なる燃料破損の事例は報告されていない。</u> <u>MOX燃料の採用により、周辺環境への影響が大きくなることはない。</u></p>	
2．MOX燃料の健全性	<p>MOX燃料はウラン燃料より内圧が上がり、破損しやすくなるのか</p>	<p>〔中国電力〕 1．MOX燃料の内圧上昇 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 11(57~58頁)</p> <p><u>ウランやプルトニウムの核分裂により、キセノン(Xe)、クリプトン(Kr)などのガス(核分裂生成ガス:FPガス)が発生します。このFPガスの大部分は燃料ペレット内部に留まりますが、その一部は燃料ペレットから燃料棒内部に放出されることから、燃焼に伴い、燃料棒の内圧が上昇します。</u> <u>MOX燃料については、FPガスの放出率が高くなるとのデータもあることから、島根2号機のMOX燃料の設計にあたっては、先行電力のMOX燃料と同様、ウラン燃料よりFPガスの放出率が高くなるものとして、燃料棒内の空間(ガス溜め)の体積をウラン燃料棒より増加させた設計としています。</u> <u>島根2号機の燃料棒内圧を評価した結果、燃料取り出し時の燃</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
2．MOX燃料の健全性 (続き)	MOX燃料はウラン燃料より内圧が上がり、破損しやすいのか (続き)	<p><u>料棒内圧はウラン燃料棒と同等となることを確認しています。</u></p> <p>〔出光講師〕            プルトニウムの方が約10%ガス生成率が高い。            対策            ・プレナムの体積を増やす。            ・燃焼度40,000MWd/tまでに制限する。            MOX燃料はウラン燃料が破損した条件でも破損しなかった。</p> <p>〔小林講師〕            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。            ・プルトニウムスポットの形成が、ウラン燃料よりMOX燃料でFPガスをより多く放出する主原因と考えられています。            燃料棒内の圧力が高くなる。            ・先述のようにウラン燃料よりFPガスが多く出やすいこと            対策として、燃料棒内で気体を溜めるガス溜めの体積をウラン燃料棒より大きくします。</p> <p>〔佐藤課長〕            「燃料棒内にガスが異常に充満して燃料棒を傷めないか」については、安全審査で使用末期の燃料棒内の圧力を計算して、安全上問題ない範囲に抑えられるかどうかを確認する。</p>	
	燃料の燃え方に場所によってムラが生じ、燃料棒が破損しやすいか	<p>〔中国電力〕</p> <p><u>1．MOX燃料集合体毎の発熱分布</u>  <u>(第6回懇談会資料1-3)の - 1 - 8、 - 1 - 9</u>  <u>(51～53頁)</u></p> <p><u>MOX燃料とウラン燃料で特性に大差なし。</u>  <u>ウラン燃料のみの炉心と比較して燃料集合体の配置にあたって、特別複雑な配慮を要しない。</u>  <u>従来のウラン燃料のみの炉心</u>  <u>・設計の異なる燃料が混在</u>  <u>・燃焼期間の異なる燃料が混在</u></p> <p><u>燃料を安全かつ効率的に燃焼させるよう、原子炉内での燃料集合体の配置を工夫。</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
2．MOX燃料の健全性 (続き)	燃料の燃え方に場所によってムラが生じ、燃料棒が破損しやすいか (続き)	<p>〔出光講師〕 MOX燃料は熱がこもり易い(熱伝導が悪い)ことについて ・確かに熱伝導率は低下するが、熱伝導率の低下は10%程度 ・プルトニウムよりも温度(運転条件)の方が影響する MOX燃料はウラン燃料よりも柔らかい。(クリープ速度が大きい)ことについて ・被覆管と燃料ペレットの機械的相互作用(PCMI)が小さくなり壊れにくくなる。</p> <p>〔小林講師〕 燃料の燃え方に場所によってムラが生じます。 ・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ます。 ・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します。しかし、それにも限界があります。その上、燃料の組成構造が非常に複雑になります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ません。</p> <p>〔佐藤課長〕 ・「各々の燃料棒の出力の出方にアンバランスはないか」については、想定される出力差を前提に評価を行い、燃料が安全であるかどうかを確認する</p>	
	プルトニウムスポットの影響で燃料が壊れやすいか	<p>〔中国電力〕 1．プルトニウムスポットの影響 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 12(59~60頁)</p> <p><u>初期のMOX燃料は、二酸化プルトニウム粉末と二酸化ウラン粉末とを単純に混ぜ合わせる加工法であったことから、比較的大きなプルトニウム・スポット(プルトニウムのかたまり)が発生する傾向にありました。</u> <u>しかしながら、最近では、二酸化プルトニウム粉末と二酸化ウラン粉末とを粉砕し、すりつぶしながら混合する加工法が採用されていることから、プルトニウム・スポットは十分小さくなって</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
2．MOX燃料の健全性 (続き)	プルトニウムスポットの影響で燃料が壊れやすいか (続き)	<p>おり、照射実績によっても燃料の健全性に問題ないことが確認されています。</p> <p>なお、反応度投入事象時の局所的出力増加による破損挙動の解明のための実験がアメリカで行われており、プルトニウム・スポット径400<math>\mu</math>m、1100<math>\mu</math>mの実験結果によってもプルトニウム・スポットの破損しきい値(燃料が破損したとみなす燃料の発熱量)への影響がないことが確認されています。</p> <p>〔小林講師〕            プルトニウムスポット(塊)の生成が避けられない。            ・ウラン燃料と違い、MOX燃料はウランとプルトニウムという異なる二種類の物質を混ぜて作られます。しかし、両者を完全に均一に混ぜることは不可能です。その結果、至る所に塊状のプルトニウム(プルトニウムスポット)が残ります。            ・プルトニウムスポットの形成が、ウラン燃料よりMOX燃料でFPガスをより多く放出する主原因と考えられています。            プルトニウムスポットは、MOX中のプルトニウム含有率が大きいほど数も大きさも増えます。それだけFPガスの放出率が増加すると考えられています。MOX燃料集合体内の含有率の制限値は欧米にも例のない大きさに設定されています。それだけ欧米のプルサ・マルより放出の危険性が高くなる恐れがあります。</p> <p>〔佐藤課長〕            「燃料棒内にガスが異常に充満して燃料棒を傷めないか」については、安全審査で使用末期の燃料棒内の圧力を計算して、安全上問題ない範囲に抑えられるかどうかを確認する。</p>	
	MOX燃料の融点や熱伝導と原子炉の安全性との関係はどうか	<p>〔中国電力〕            1．MOX燃料の融点、熱伝導について            (第6回懇談会資料1-3)の - 1 - 10(54~56頁)</p> <p>MOX燃料ペレットの融点(溶け出す温度)は、ウラン燃料ペレットの融点(約2,800)よりわずかながら低下しますが、その差は数十に過ぎません。</p> <p>島根2号機で採用予定のMOX燃料では、ペレットの熱伝導度</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
2．MOX燃料の健全性 (続き)	MOX燃料の融点や熱伝導と原子炉の安全性との関係はどうか (続き)	<p><u>(熱の伝わりやすさ)がわずかながら低下しますが、これを考慮して評価した実際のペレット中心温度は千数百度程度であり、融点に対して十分な余裕があり、問題となるものではありません。</u></p> <p>〔出光講師〕 MOX燃料は溶けやすい(融点が高い)ことについては、融点に対して十分な余裕がある。</p> <p>〔小林講師〕 MOX燃料は融点が高い。 ・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高くなります。 MOX燃料は熱伝導度が約5%小さくなります。それだけ熱を伝えにくく、燃料温度が上がります。温度が高ければFPガスの放出率も上がります。</p> <p>〔佐藤課長〕 「原子炉内が異常高温になったとき燃料が溶けないか」については、通常運転時や異常時においても燃料中心温度の溶融点に対する余裕が確保できるかどうかを確認する。</p>	
	海外で製造されるMOX燃料の品質は大丈夫か	<p>〔中国電力〕 1．MOX燃料の品質について <u>(第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 2(81~83頁)</u></p> <p><u>「英国BNFL社製MOX燃料データ問題」を受けて、輸入燃料体検査制度の改善やJEAC4111-2003「原子力発電所における安全のための品質保証規程」の策定がなされており、これらを踏まえ、品質管理の徹底を図ることとしています。</u></p> <p><u>具体的には、国(原子力安全・保安院)の通達に基づき、MOX燃料の製造期間中、MOX燃料加工工場に当社社員を派遣し、製造状況及び品質保証活動について確認するとともに、適切な頻度で監査を行うこととしています。さらに、品質保証活動の確認等を実施する場合には第三者機関を活用することとしています。これらの取り組みにより、確実な品質管理を行うことができるものと考えています。</u></p>	

．安全性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
2．MOX燃料の健全性 (続き)	海外で製造されるMOX燃料の品質は大丈夫か (続き)	<p>〔吉岡講師〕 燃料製造 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。</p> <p>〔佐藤課長〕 輸入燃料体検査制度の改善(平成12年7月) ・電気事業法施行規則の改正 燃料体検査申請書に「品質保証に関する説明書」の添付を義務づけ ・MOX燃料体に係る輸入燃料体検査の運用の改善(通達) 設置(変更)許可取得後にMOX燃料体の製造を開始 MOX燃料体の製造前に検査申請を行い、品質保証計画の確認を受けるとともに、製造後の日本に向けた輸送開始前に品質保証活動結果の確認を受けたうえで、MOX燃料体そのものの検査を実施 当分の間、海外燃料工場の品質保証活動の確認の際、第三者機関を活用</p>	
	<p><u>燃焼が進み中性子照射量が増えると、被覆管が壊れやすくなるのではないか。</u></p>	<p>〔中国電力〕 1．中性子照射量の被覆管への影響 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 17(70頁)</p> <p><u>MOX燃料はウラン燃料と比べ、高速中性子束が増加しますが、島根2号機で採用予定のMOX燃料の集合体最高燃焼度は、9×9燃料より低く設定していることから、MOX燃料被覆管が寿命中に経験する高速中性子照射量はウラン燃料より小さく、MOX燃料被覆管の照射挙動はウラン燃料の場合とほぼ同等です</u></p>	



．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
3．事故時	ウラン炉心より事故時の被害が大きくなるのか	<p>〔中国電力〕</p> <p>1．事故時の影響  <u>(第6回懇談会 資料1 - 3)の - 1 - 16(67～69頁)</u></p> <p><u>MOX燃料を採用した場合でも、従来のウラン燃料の場合と同様、結果が厳しくなるように放射性物質の放出量を想定</u></p> <p><u>万一事故が起こったとしても、プルトニウムが外部に放出される恐れはない。</u></p> <p><u>事故時の影響が広がることはない。</u></p> <p><u>プルトニウムが放出されない理由</u>  <u>沸点が高いので燃料から放出されない。</u>  <u>仮に燃料が溶融したとしても、格納容器内に放出されることは考えられない。</u>  <u>万一、格納容器に放出されても、以下の機能により低減される。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・格納容器スプレイによる除去</li> <li>・気密性の高い格納容器による保持</li> <li>・原子炉建屋の高性能粒子フィルタによる除去</li> </ul> <p>〔小林講師〕</p> <p>安全余裕が削られる          プルサ - マルによる個々の技術的危険性増加要因は、推進サイドでもよく承知されていることです。当然のことながら、個々に対策も講じられています。しかし、現行の設計を変えずに変則的なやり方で実施するため、対策にはどうしても限界があります。国の定めた許容範囲内だと言っても、従来の炉が持っていた安全余裕を削るという形でしわ寄せされます。安全余裕の重要性は、機械は故障するもの人間にはミスはつきものですから、その時に備え、予期せぬ事故に対する抵抗性を高めることにあります。プルサ - マルをやると従来の安全余裕が削られることは誰も否定できません。それだけ事故に対する抵抗力が低下することになり、危険性が増加することは確実です。</p>	

．安全性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
3．事故時 ( 続 き )	ウラン炉心より事故時の被害 が大きくなるのか ( 続 き )	<p>事故のきっかけとなる事象が増える            プルサ - マルには、これまでのウラン燃料だけの炉にはなかつた新たな事象の可能性を少なからず産み出します。それが事故のつながるかどうかは今後の展開によりますが、いずれにしても事故につながる要因を増やすことになるのは確実でしょう。</p> <p>〔佐藤課長〕            「事故を想定した場合の発電所周辺への影響はないか」については、安全審査でMOX燃料を使用した場合でも、周辺の住民に放射線による影響がないことを確認する。</p>	
	反応度事故時の評価は大丈夫か	<p>〔中国電力〕  <u>1．反応度事故時の評価</u>  <u>( 第 6 回 懇 談 会 資 料 1 - 3 ) の - 1 - 14(63～64頁)</u></p> <p>制御棒が落下した場合のように瞬時に大きな出力が発生するような事故(反応度事故)が発生した場合には、燃料が破損する可能性があります。この破損のしきい値(燃料が破損したとみなす燃料の発熱量)は、日本原子力研究開発機構(旧日本原子力研究所)等で行われた出力急昇試験の結果から、国(原子力安全委員会)によって評価されています。</p> <p>MOX燃料に適用される反応度事故時の破損しきい値については、国(原子力安全委員会)において、ウラン燃料とMOX燃料とでは照射挙動に大差がないため、ウラン燃料に適用される反応度事故時の破損しきい値を適用することは妥当と判断されています。</p> <p>また、国内外のMOX燃料を用いた実験においてもその妥当性が示されています。</p> <p>・仏国の実験炉(CABRI 炉)において、MOX燃料を用いた反応度事故模擬実験が行われており、上記の破損しきい値を十分に上回るエンタルピでも破損が生じていないこと、破損事例</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
3．事故時 (続き)	<p>反応度事故時の評価は大丈夫か (続き)</p>	<p><u>が破損しきい値を十分に上回るエンタルピーで発生していることから、ウラン燃料に適用される破損しきい値をMOX燃料に適用することの妥当性が示されています。</u>            ・<u>新型転換炉「ふげん」用のMOX燃料に対する日本原子力研究開発機構(旧日本原子力研究所)の実験においても現行の破損しきい値の妥当性を否定する知見は得られていません。</u></p> <p>〔出光講師〕            MOX燃料はウラン燃料が破損した条件でも破損しなかった。</p> <p>〔小林講師〕            反応度急昇事故時の試験が行われていない。            設置許可申請時の国の安全審査では、出力が急上昇する事故時に燃料が破壊しないことを確認しなければなりません。破壊限界は、燃料の燃焼度が高くなるほど低下することがわかっています。ところが、沸騰水型炉の使用済MOX燃料については試験が行われたことがなく、破壊限界が調べられていません。この点に関しては見切り発車になる可能性があります。</p>	
	<p><u>防災対策(EPZの範囲)を変更しなくてもよいのか。</u></p>	<p>〔中国電力〕  <u>(第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 11(97頁)</u></p> <p><u>MOX燃料の採用によっても、防災対策(EPZの範囲)を見直す必要はありません。</u></p> <p><u>原子力発電所は、多重防護の考え方に基づく設計を行い、異常の発生を未然に防止するとともに、仮に異常が発生したとしても、それが事故にまで拡大し、周辺公衆に著しい放射線被ばくを及ぼすことがないよう、十分な事故防止対策を講じており、MOX燃料の採用によっても、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の安全機能はウラン燃料を使用する場合と変わるものではなく、万一事故が起こったとしても、プルトニウムが外部に放出される恐れはありません。</u>  <u>仮に燃料が溶融するような事故を仮想しても、格納容器内に放出されることはほとんど考えられません。また、格納容器内に放出されることを仮定したとしても、スプレイ水によ</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
3．事故時 (続き)	<p><u>防災対策（EPZ の範囲）を 変更しなくてもよいのか。</u> (続き)</p>	<p><u>る除去機能や格納容器の気密性等により、実際には周辺環境 に放出されることは考えられず、これらによる環境への影響 はウラン燃料同様、無視できます。</u></p> <p>(参考) EPZ (Emergency Planning Zone) <u>周辺住民等への迅速な情報連絡手段の確保、緊急時環境放射線 モニタリング体制の整備、原子力防災に特有の資機材等の整備、 屋内退避・避難等の方法の周知、避難経路及び場所の明示等の「 防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲」をいう。</u> <u>「原子炉施設等の防災対策について」(昭和55年6月30日原 子力安全委員会決定、最新改訂：平成14年11月)では、原子力 発電所におけるEPZ のめやす距離(半径)は、約8～10km とされ ています。</u></p>	
4．MOX燃 料の取扱	<p>炉心に入れる前のMOX燃料 の取扱いは難しいか 貯蔵(臨界、温度)、 労働者被ばく量の増加</p>	<p>[中国電力]</p> <p>1．MOX燃料の発電所での取扱い <u>(第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 5 (87～88頁)</u></p> <p><u>MOX燃料は、プルトニウムの壊変により生じたアメリシウム からのガンマ線等の影響により、ウラン燃料に比べ線量が高くな ります。</u> <u>島根原子力発電所での取扱いにあたっては、必要に応じて遮へ い体を設置するとともに、可能な限り燃料との距離をとる等、作 業員の被ばく低減対策を確実に実施することとしています。</u> <u>また、MOX燃料の保管は燃料プールで行うこととしており、プ ール水の遮へい効果により、被ばくの問題が生じることはありません。</u></p> <p>2．MOX燃料の貯蔵 <u>(第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 8 (93頁)</u></p> <p><u>MOX燃料を含めて、これまで使用した燃料の中で最も燃焼能 力の高い燃料を燃料プールの貯蔵容量最大で貯蔵し、かつ、燃料 プール水温等についても想定される最も厳しい貯蔵状態を想定し て評価を行い、燃料が臨界に達することがないことを確認してい</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>4．MOX燃料の取扱 (続き)</p>	<p>炉心に入れる前のMOX燃料の取扱いは難しいか 貯蔵(臨界、温度)、 労働者被ばく量の増加 (続き)</p>	<p>ます。 なお、MOX燃料の燃焼能力は、ウラン濃縮度が約3.0wt%のウラン燃料と同等となるように設計しており、現在使用している9×9ウラン燃料(ウラン濃縮度約3.7wt%)よりも燃焼能力としては低いものです。</p> <p>3．プルトニウムの人体への影響 (第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 1(78頁)</p> <p>被ばくの形態には大きく分けて「内部被ばく」と「外部被ばく」があります。プルトニウムを吸い込むなどの場合は「内部被ばく」、プルトニウムから放出される放射線が身体にあたる場合は「外部被ばく」となります。</p> <p>プルトニウムが発する放射線(アルファ線)は、紙一枚でも遮ることができるため、プルトニウムは体内に取り込まれなければ問題になることはありません。</p> <p>但し、プルトニウムの壊変により生じたアメリシウムから放出される放射線(ガンマ線)によって外部被ばくを引き起こす恐れがあることから、その取扱いに際しては遮へい体設置等の被ばく低減措置が必要となります。</p> <p>原子力発電所で使用するMOX燃料では、プルトニウムはウランと混ぜ、陶器のように焼き固めたペレットとして被覆管という金属のさやの中に密封されているため、体内に取り込まれることは考えられません。</p> <p>また、MOX燃料加工工場では、プルトニウム粉末及びペレットを扱う場合には、その取扱機器を減圧密閉構造のグローブボックスに収納し、その中でプルトニウムを取り扱っています。</p> <p>〔出光講師〕 核分裂生成物については、燃焼度が上がればそれだけ核分裂するからたくさんできる。どの燃焼度の燃料かによっても差は出てくる。プルトニウムが入ってることに対する特有の現象としては、TRUと呼ばれる超ウラン元素が、多少蓄積をする。それと発熱量が多少高目になるが、今の貯蔵能力でも十分に貯蔵できると理解している。TRUはアルファ線をより出す放射性物質ですが、アルファ線というのは紙1枚で止るので、燃料</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
4．MOX燃料の取扱 (続き)	炉心に入れる前のMOX燃料の取扱いは難しいか 貯蔵(臨界、温度)、 労働者被ばく量の増加 (続き)	<p>棒の外に出てくることはありません。ガンマ線は、ほかの核分裂生成物からたくさん出るので、放射能的、全体の量的にはほかの燃料と大差ないと思う。あと発熱が若干高目になるので、その冷却性能が貯蔵施設で十分かどうかということになると思う。全部がMOX燃料でしたら、今の貯蔵プールで貯蔵できるかどうかはわかりませんが、どのぐらいの使用済MOX燃料が発生して、その貯蔵プールがどのぐらいの除熱性能があるかと、そういったことで決まると思う。</p> <p>ウラン燃料でも素手でさわったりというのはやりませんが、MOX燃料は、線量は確かに上がります。だからといって、さわれないかということそういうわけではないが余りさわらない方がいい。集合体にされたときには、集合体も実際に人が手でさわったりということはないと思う。表面の線量率はウラン燃料に比べて初期には上がっているが、取り扱いで近寄ったら危ないとかというレベルのものではない。</p> <p>〔小林講師〕 プルトニウムおよびMOX燃料取扱作業の発生 ・ウラン燃料のときに不要だったプルトニウム取扱作業(再処理、燃料加工等)やMOX取扱作業(輸送、原発内取扱)が不可欠になり、労働者被曝量増加の原因になります。</p> <p>〔佐藤課長〕 「MOX燃料の取扱や貯蔵は安全に行えるか」については、安全審査でMOX燃料の安全な取扱が可能かどうかを確認する。 ・新燃料受入 MOX新燃料は、ウラン新燃料と比べて数十倍放射線が高い 取扱時に遮へいを考慮するなど被ばく管理を行う 使用済燃料プールに保管 専用の容器に入れて輸送</p>	
	MOX燃料の輸送の安全性はどうか 安全性、核拡散、保証措置	<p>〔中国電力〕 1．MOX燃料の輸送時の安全の確保 (第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 4(85~86頁)</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
4．MOX燃料の取扱 (続き)	MOX燃料の輸送の安全性はどうか 安全性、核拡散、保証措置 (続き)	<p><u>安全対策</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>使用済燃料輸送船と同等の安全対策が施された輸送船を使用。</u></li> <li>・<u>事故に遭遇しても十分耐えられる安全性の高い輸送容器を使用。</u></li> </ul> <p><u>核物質防護(先行例)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>武装した2隻の専用輸送船が相互に護衛しながら航行。</u></li> <li>・<u>武装した護衛官が乗船。</u></li> </ul> <p><u>輸送船</u></p> <p><u>衝突防止レーダー、二重船殻構造、消火設備</u></p> <p><u>輸送容器</u></p> <p><u>輸送容器は、9mの高さからの落下試験、800にさらした耐火試験、水深200m下での浸漬試験等によっても、密封性、遮へい性、未臨界性の性能が維持されるよう設計されたもの。</u></p> <p>[小林講師]</p> <p>核拡散の危険性の増加と核防護対策の重大化 ウラン燃料は低濃縮のため核兵器になりませんが、MOX燃料中のプルトニウムは核兵器になりますから、核拡散の危険性が増加するとともに、その防護対策は桁違いに厳しくなります。プルサ-マルが始まると、プルトニウムが全国的に大量流通することになりますから、そうした対策の一環として情報の機密化や住民等への監視強化が進められるなど、管理社会化の強化につながる恐れも生まれてきます。</p>	
5．使用済MOX燃料	使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料より扱いが難しいか 貯蔵(臨界、温度) 輸送、輸送容器	<p>[中国電力]</p> <p>1．<u>使用済MOX燃料の貯蔵</u> (第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 6、 - 2 - 7 (89~92頁)</p> <p>(冷却能力)</p> <p><u>使用済ウラン燃料と使用済MOX燃料とで発熱量に大差はなく、現在の燃料プールの冷却設備により十分冷却することができます。</u></p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
5．使用済MOX燃料 OX燃料 (続き)	使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料より扱いが難しいか 貯蔵(臨界、温度) 輸送、輸送容器 (続き)	<p>(被ばくの観点)</p> <p>使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料と同様、全て水中で取扱い、燃料プールで貯蔵することから、プール水の遮へい効果により、被ばくの問題が生じることはありません。</p> <p>なお、水は1mの水深で1/1000以下に放射線を低減させます。燃料プールに保管中の燃料上部から水面までの距離は約7mありますので、プール近傍でもほとんど被ばくすることはありません。</p> <p>[小林講師] プルトニウムおよびMOX燃料取扱作業の発生 ・ウラン燃料のときに不要だったプルトニウム取扱作業(再処理、燃料加工等)やMOX取扱作業(輸送、原発内取扱)が不可欠になり、労働者被曝量増加の原因になります。</p> <p>[佐藤課長] 「使用済MOX燃料の取扱や貯蔵は安全に行えるか」については、安全審査で使用済燃料貯蔵プール冷却設備で冷却できるかどうかを確認する。</p>	
6．MOX燃料の使用実績	使用実績は十分か	<p>[中国電力] プルサーマルでのMOX燃料使用実績【海外】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1960年代から使用開始。</li> <li>・ヨーロッパを中心に、各国で約5,000体、56基での豊富な使用実績。</li> <li>・現在でも、4カ国、36基で使用。</li> </ul> <p>(第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 2(40~41頁)</p> <p>1．国内の使用実績</p> <p>少数体規模での実証試験として、日本原子力発電(株)敦賀発電所1号機(BWR)で2体、関西電力(株)美浜発電所1号機(PWR)で4体のMOX燃料が安全に使用され、その後の照射後試験でも、燃料の健全性が確認されています。</p> <p>また、旧核燃料サイクル開発機構(現日本原子力研究開発機構)の新型転換炉ふげん発電所においても772体のMOX燃料が装荷され、燃料集合体最高燃焼度は約40,000MWd/tに達してお</p>	



．安全性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
6．MOX燃料の使用実績 (続き)	使用実績は十分か (続き)	<p><u>り、全て健全に使用されています。</u></p> <p><u>2．海外の使用実績</u>  MOX燃料は、1960年代から使用が開始され、海外では欧州を中心に、9ヶ国、54基の原子力発電所において2004年12月末現在で約5,000体の豊富な使用実績があります。  2004年12月末現在、フランス、ドイツ、スイス、ベルギーの4ヶ国、36基で使用されています。  なお、これまで、ウラン燃料と異なる燃料破損の事例は報告されていません。  また、これまでプルサーマルを中止していたアメリカにおいては、余剰プルトニウム処分計画の一環として、2005年3月に、原子力規制委員会(NRC)からデュークパワー社のカトーバ1号機(PWR)でMOX燃料4体を試験使用する許可を、2005年6月に使用を開始しています。</p> <p><u>3．BWRでの使用実績</u>  我が国を含め、世界7ヶ国、14基の原子力発電所で、2004年12月末現在約940体の使用実績があり、燃料集合体最高燃焼度も約58,000Mwd/tに達しています。</p> <p>[野口参事官]  ・関西電力(株)美浜発電所一号機(PWR)、日本原子力発電(株)敦賀発電所一号機(BWR)でプルサーマルの実証試験が行われ、試験後も燃料が健全であったことが確認されています。  ・我が国が独自に開発した新型転換炉「ふげん」(1979～2003.3)においては、24年間でMOX燃料を770体以上利用しました(1基当たりの装荷体数では世界最高)。  ・世界でも、10ヶ国で40年以上にわたるMOX燃料の利用実績があります(累積装荷体数：約4,900体)。  ・以上のプルサーマルの利用実績を積み重ねている間に、プルトニウムを起因とする事故は生じていません。</p> <p>[小林講師]  プルサ - マルは本当に他国で十分な実績があるのか？  プルサ - マルの安全性を他国での実績で示すとき、単に使用</p>	

．安全性

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
6．MOX燃料の使用実績 (続き)	使用実績は十分か (続き)	<p>されたMOX燃料集合体や実施された炉の数で示しても意味はありません。プルトニウム含有率あるいはプルトニウム富化度（核分裂性プルトニウム量の全核燃料物質質量に対する割合）や燃焼度など、計画しているプルサ・マルの技術的条件を比較する必要があります。日本の計画を欧州各国と規制値によって比較しますと、プルトニウム含有率あるいは富化度が他国に例のない高いものであることがわかります。すなわち、日本の条件に匹敵するプルサ・マルの実績はどこにもありません。外国の実績は安全性の証にならないことがわかります。</p> <p>また、外国の例は大部分が加圧水型炉のもので、沸騰水型炉についてはずっと少なく、それだけ実績に乏しいのが現状です。</p> <p>試験過程をできるだけ省略し、いきなりぶっつけ本番で商業利用を始める。</p>	
7．中国電力の技術的能力	教育・訓練	<p>〔中国電力〕</p> <p>1．中国電力の安全対策 (第6回懇談会 資料1-3)の - 3 - 1 (101~103頁)</p> <p>島根原子力発電所の安全対策の基本的な考え方は以下のとおりです。</p> <p>多重防護の設計            厳重な品質管理，入念な点検・検査            社員の資質向上</p> <p>運転員，保修員を含めた原子力部門の技術系社員は，技術訓練センターでの訓練に加え，国内の原子力関係機関（株式会社BWR 運転訓練センター等）において，各人の能力，目的に応じた実技訓練や机上教育を計画的に実施し，一般及び専門知識，技能の習得及び習熟に努めています。また，原子力安全の達成に必要な技術的能力を維持・向上させるため，保安規定に基づき対象者，教育内容，教育時間等について保安教育実施計画を立てそれに従って教育を実施しています。</p> <p>安全文化の醸成</p> <p>国際的には，原子力発電の安全性，信頼性をより一層向上させる目的で設立されたWANO（世界原子力発電事業者協会）の活動を通じて，国内においては，原子力産業界全体の安</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>7．中国電力 の技術的能 力 (続き)</p>	<p>教育・訓練 (続き)</p>	<p>全意識の高揚，モラルの向上，原子力の安全文化の共有化・向上を図り，原子力に対する信頼を回復することを目的として設立したNS ネット（ニュークリアセイフティネットワーク，平成17年3月に日本原子力技術協会へ継承）の活動を通じて，安全文化の醸成に努めています。</p> <p>具体的には，会員の専門家により構成したチームにより，会員の事業所の原子力安全に関する取り組みを，現場観察及び書類審査，面談などの意見交換を通して専門的立場から評価し，課題や良好事例を抽出することで，会員の自主的な安全推進活動の向上を図っています（ピュアレビュー）。</p> <p>また，「安全文化意見交換会」を通して，経営者をはじめとして発電所員と原子力安全委員会との間で，安全文化に関する意見交換を行っています。</p> <p>更にモラル向上のための教育を定期的実施しています。</p> <p>2．中国電力の運転技術習熟等の安全管理方針 (第6回懇談会 資料1-3)の - 3 - 7 (112～114頁)</p> <p>発電所の安全確保および安定運転に必要な知識，技能，モラルを兼ね備えた要員を養成するための教育訓練は，日常業務を通して行うOJTを主体とし，これを補完するために社内外の研修を活用しています。</p> <p>(1) 運転員の資質向上策 運転員の教育・訓練は，運転員の知識・技能の維持・向上を目的として運転員の長期養成計画に基づき，(株)BWR 運転訓練センター（BTC），当社原子力シミュレータ，技術訓練棟において体系的，計画的に実施しています。</p> <p>運転員の資格レベルに応じた教育計画を運転員の長期養成計画として定めており，当社原子力シミュレータおよびBTCにおけるシミュレータを主体とした各種訓練，原子力の基礎教育，事故・故障時運転操作訓練及び原子炉施設保安規定の教育等の職場における教育を通じて，運転員の技能向上を図っています。</p> <p>(2) 保修員の資質向上策 品質保証センターにおいて，社内やメーカー等の専門的知識</p>	

．安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
<p>7．中国電力 の技術的能 力 (続き)</p>	<p>教育・訓練 (続き)</p>	<p>・技能を有している者を講師・指導員として，入社年数により初級，中級，上級，専門コース等，実機に近い設備・機器を用いた教育・訓練を実施し，作業安全管理，品質管理等の項目を設定し，<u>保修担当員の養成に取り組んでいます。</u> また，メーカー等主催の研修へも積極的に保修担当員を派遣し，技術・技能の習得を図っています。</p> <p>2．プルサーマルに関する社内研修体制 (第6回懇談会 資料1-3)の - 3 - 8 (115頁)</p> <p>これまでも，燃料・炉心管理，燃料輸送，機器の点検・検査及び運転操作に関する継続的な社内外の研修・教育を通して，技術系職員の資質向上に努めるとともに，品質保証体制を確立する等を通して，島根原子力発電所の安全・安定運転に取り組んできておりますが，プルサーマルの実施にあたっては，MOX 燃料の成型加工時の検査業務，輸送業務，発電所での受取・検査業務が新たな業務として加わることとなりますので，これまでの社内外の研修・教育に加えて，MOX 燃料に関する社内外の教育・研修，作業前の事前教育・訓練を通じて，これまで同様，安全確保に万全を期してまいります。</p>	
	<p>品質保証活動</p>	<p>〔中国電力〕 1．中国電力の安全対策 (第6回懇談会 資料1-3)の - 3 - 5 (108～110頁)</p> <p>品質保証活動は，ISO9001-2000 を基本とする「原子力発電所における安全のための品質保証規程」(JEAC4111-2003)に従って，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確立，実施，評価を行うことで，システムの有効性を継続的に改善しています。 島根原子力発電所においては，社長が定めた品質マネジメントシステムに基づき，保安規定において「島根原子力発電所品質マニュアル」を定め，これにより品質保証活動を的確に遂行し，発電所の安全・安定運転の継続を図っています。 また，保安規定において，巡視点検及び保守管理について規定</p>	

・安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
7. 中国電力の技術的能力 (続き)	品質保証活動 (続き)	<p>し実施しています。</p> <p>島根原子力発電所の安全・安定運転を維持するために、系統、機器等について安全上の機能・重要度等に応じた適切な保全を実施しています。この保全プログラムでは、保全計画（点検・補修等の方法、実施時期及び頻度）、点検、補修等の結果の確認・評価方法、記録の採取・保存及び是正処置の方法を定め、点検、補修、取替、改造などの実施並びに当該設備が技術基準に適合することを定期事業者検査において確認しています。</p> <p>国の安全規制</p> <p>原子力発電所は、原子炉等規制法に基づき原子炉の設置許可、設計および工事の方法の認可、使用前検査、溶接検査、保安規定の認可、運転開始後の定期検査、保安規定の遵守状況の検査（保安検査）ならびに運転管理監督までの安全規制が実施されています。</p> <p>また、電気事業法の規定に基づき、工事計画認可、使用前検査、溶接検査、定期検査等の安全規制が実施されています。</p>	
8. その他	中性子照射量が増えると、原子炉压力容器が壊れやすくなるのではないか。	<p>〔中国電力〕</p> <p>1. 中国電力の安全対策 (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 18(71頁)</p> <p>MOX 燃料では核分裂により発生する中性子の数が若干多くなり、高速中性子の数が多くなりますが、MOX 燃料を装荷した炉心での炉心領域における高速中性子の増加量は高々数%程度にすぎない上、炉心と原子炉压力容器壁との間の厚い水の層により、中性子のエネルギーは十分減衰してしまうことから、MOX 燃料を装荷した炉心も、ウラン燃料のみを装荷した炉心と同様、原子炉压力容器まで到達する高速中性子の数は極めて少なく、原子炉压力容器の健全性に影響が生じることはありません。</p>	

・安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
	<p><u>プルトニウム含有率が高すぎるのではないか。</u></p>	<p>〔中国電力〕            1. 中国電力の安全対策            (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 6(46頁)</p> <p>照射後試験等を通じて得られたMOX 燃料の核的特性、物性、照射挙動に関する知見を基に国(原子力安全委員会)において検討がなされ、MOX 燃料のプルトニウム含有率がペレット最大プルトニウム含有率で約13wt%、ペレット最大核分裂性プルトニウム富化度で約8wt%、<u>燃焼度が燃料集合体最高燃焼度で45,000MWd/tの範囲内であれば、ウラン燃料のみを使用した場合と同じ設計・評価が可能であることが確認されています。</u></p> <p>島根2号機で今回採用を予定しているMOX 燃料のプルトニウム含有率、燃焼度は、この国による検討範囲内とし、それを踏まえた設計を行うことから、安全性に問題はないと考えています。</p> <p>〔小林講師〕  <u>日本の計画を欧州各国と規制値によって比較しますと、プルトニウム含有率あるいは富化度が他国に例のない高いものであることがわかります。すなわち、日本の条件に匹敵するプルサーマルの実績はどこにもありません。外国の実績は安全性の証にならないことがわかります。</u></p>	
	<p><u>プルサーマルは受け入れた後で危険性が増加されていくのではないのか。(MOX 燃料の高燃焼度化・プルトニウム含有率の増大化)</u></p>	<p>〔中国電力〕            (第6回懇談会 資料1-3)の - 1 - 20(73頁)</p> <p>当社としては、まず、現在採用予定のMOX 燃料について、皆さまのご理解をいただくことが最も大切なことと考えております。</p> <p>将来的にMOX 燃料のプルトニウム含有率、燃料集合体の最高燃焼度を変更する場合には、ウラン燃料の場合と同様、国による厳正な審査を受けることとなります。</p> <p>MOX 燃料のプルトニウム含有率を高め、高燃焼度化を進めていくにあたっては、MOX 燃料の使用実績、照射後試験及びMOX 燃料を用いた実験炉での試験を通して、その安全性、安全設計手法及び安全評価手法の妥当性を確認することが必要となります。</p> <p>なお、ウラン燃料においても、これまでの使用実績、照射後試験、実験炉での試験を通して、その安全性、安全設計手法及び安</p>	

. 安全性

区分	要検討事項	専門家等の説明で述べられた関連事項	懇談会の意見
	<p>プルサーマルは受け入れた後で危険性が増加されていくのではないのか。(MOX燃料の高燃焼度化・プルトニウム含有率の増大化) (続き)</p>	<p>全評価手法の妥当性を確認しながら、段階的に高燃焼度化を進めてきています。</p> <p>[小林講師]</p> <p>(1) MOX燃料のより高燃焼度化  <u>プルサーマルは、最初、MOX燃料の燃焼度をウラン燃料より低く抑えて始められます。一方、電力自由化が推進されている現在、電力コスト削減が電力会社にとって喫緊の問題となっており、それに対応してウラン燃料の高燃焼度化が進められています。そうした状況にあって、いつまでもMOX燃料だけ特別扱いされることはありえないでしょう。いずれMOX燃料も燃焼度制限値が引き上げられ、やがてウラン燃料と肩を並べることは確実と思われま</u>  <u>す。</u>  <u>燃料の危険性は燃焼度が上がるほど増加します。</u></p> <p>(2) プルトニウム含有率(または富化度)の増大化  <u>余剰プルトニウムをより効率的に焼却し経済的負担を軽減するため、今後、プルトニウム含有率をさらに増大させる可能性があります。これも危険性の増大につながります。</u></p>	

．その他

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
1．使用済MOX燃料の処理	処理の方策が未定	<p>〔中国電力〕</p> <p>1．使用済MOX燃料の処理方策            (第6回懇談会 資料1-3)の - 2 - 12(98～99頁)</p> <p>使用済MOX燃料の処理方策については、国において2010年頃から検討が開始され、そ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こととされており、当社としては、当面、適切に貯蔵管理することとしています。</p> <p>なお、仏国COGEMA社の再処理工場において約22トン、国内の東海再処理工場において約20トンの使用済MOX燃料の再処理実績があります。</p> <p>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燃料の再処理実績より、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おらず、また、燃焼度の差による有意な相違も認められていないことから、使用済MOX燃料の再処理は技術的には可能と考えられています。</p> <p>〔吉岡講師〕</p> <p>使用済みMOX燃料は放射能レベルが高く、扱いにくい成分が多い。六ヶ所工場では再処理できないことになっている。再処理されるのか、それとも放置されるのかが大問題で、策定会議ではこの辺に関して微妙な議論がなされた。前回の長期計画では2010年ごろから第2再処理工場について検討を始めることになっている。今度はちょっと違って、六ヶ所工場の能力を超える使用済み燃料については、その処理の仕方も含めて2010年ごろから検討するとなっている。再処理でなくて処理という言葉になった。これは東大の山地委員が直接処分も選択肢としてあり得るようなニュアンスを入れるように言ったため、近藤委員長が最終的に受け入れて、六ヶ所は今の方針では動かすが、次の再処理工場はないかもしれない、直接処分になるかもしれないというニュアンスで新しい政策大綱が書かれている。</p> <p>第2再処理工場がより高性能なものである場合には、MOX燃料も再処理できるようになる。あるいは六ヶ所再処理工場でも無理をすればできないことはない。具体的に言えば使用済み</p>	



．その他

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
1．使用済MOX燃料の処理 (続き)	処理の方策が未定 (続き)	<p>MOX燃料を薄めるというウルトラCみたいですが、薄めて何とか再処理だけはしてしまうという選択肢もあるが、六ヶ所工場で処理できない大量の使用済みウラン燃料が余ってるもとの、何で面倒な使用済みMOX燃料を薄めたものを再処理するのかというのは、経営的に理由を立てるのが難しい。だからそのまま保管されるでしょうが、まだ決まってない。必ず処分されるとは限らないということです。</p> <p>〔出光講師〕 下北の再処理工場ではMOX燃料の再処理は想定されていないが、2010年以降に第2再処理については考え始めましょうということになっている。当座はウランの使用済み燃料があるのでこの処理が先で、その後、MOX燃料の処理をしていくことになっている。</p> <p>技術的なことでは、高速炉燃料の再処理というのを私は、研究をしていて問題なく再処理ができていた。プラントとしてどうするかは、プラントの規模等によってやり方等は変わるが、科学的には、再処理はできると思っている。あとは、どの段階で大型工場をつくるのかとか、再処理方式のどれを選ぶかとかを2010年以降に検討するというふうに理解している。</p> <p>〔小林講師〕 これまでプルサ - マルの設置変更許可を得た電力会社（関電、九電）には、いずれも使用済MOX燃料の処分先が明記されていません。中国電力も同様になると思われますが、設置（変更）許可処分の前例にないことです。処分の見通しがないままの実施は大きな問題です。</p> <p>《原子力政策大綱》 中間貯蔵された使用済燃料及び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するという基本的方針を踏まえ、柔軟性にも配慮して進めるものとし、その結果</p>	

．その他

区 分	要 検 討 事 項	専 門 家 等 の 説 明 で 述 べ ら れ た 関 連 事 項	懇 談 会 の 意 見
1．使用済M OX燃料の 処理 (続き)	処理の方策が未定 (続き)	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に間に合う時期までに結論を得ることとする。	