

伊方3号機プルサーマル計画の安全性についての意見  
(平成18年9月12日 伊方原子力発電所環境安全管理委員会技術専門部会)

1 審議の経過

伊方3号機プルサーマル計画については、平成16年6月1日に技術専門部会を開催し、「プルサーマルの基本的な安全性は認められる。」「個別炉としての国の安全審査を踏まえ改めて審議することが必要。」等の意見を提出した。

その後、原子力安全・保安院における一次審査及び原子力安全委員会における二次審査を経て、伊方3号機のプルサーマル計画については、設置変更後の安全性は確保し得るとして、経済産業大臣から平成18年3月28日に許可された。

技術専門部会としては、国の設置変更許可を踏まえ、安全性に係る審議を再開し、4月26日には第1回会議を開催し、経済産業省及び原子力安全委員会から安全審査の結果について説明を受けるとともに、燃料の健全性、原子炉の制御性、地震への対応など9項目の論点を抽出し、国の安全審査結果の検討を行った。

また、6月4日の国のプルサーマルシンポジウムには7名の委員が、7月23日の県のプルサーマル公開討論会には8名の委員が参加し、プルサーマルに推進・慎重の立場の学識経験者の様々な議論や、会場参加者の疑問点や意見を、直接聴取した。

8月10日には第2回会議を開催し、公開討論会における議論、意見等を踏まえ、引き続きプルサーマルの安全性について検討を行い、特に、伊方発電所の耐震安全性とプルサーマルとの関係等について更に審議を深めるとともに、各委員から論点毎の意見を聴取した。

更に、9月12日に第3回会議を開催し、別添のとおり、論点毎の意見を整理するとともに、次のとおり、伊方3号機のプルサーマル計画の安全性に関しての部会意見を取りまとめた。

2 総括的な意見

技術専門部会としては、伊方3号機のプルサーマル計画に係る安全性について、技術的・専門的な観点から慎重に検討した結果、国の安全審査結果は妥当であり、

伊方3号機のプルサーマル計画の安全性は確保し得るとの結論を得た。

また、MOX燃料の製造・輸送・取扱い、原子炉の燃料配置、使用済MOX燃料の処理体系、耐震設計審査指針への対応等に関しては、国及び四国電力(株)において、適切な対応、確認、審査等を行なうとともに、県民への情報公開と十分な説明に努めることを強く要請する。

なお、技術専門部会としても、伊方3号機のプルサーマル計画の各段階における安全性や、耐震設計審査指針改定を踏まえた伊方発電所の評価結果等について、十分に確認して参りたい。

## 伊方3号機プルサーマル計画の安全性に関する意見 (伊方原子力発電所環境安全管理委員会技術専門部会)

### 1 燃料の健全性

#### (1)燃料の溶融点

論 点	意 見
ウラン燃料に比べて融点が低いことによる影響	<p>MOX燃料ペレットの融点は、ウラン燃料ペレットの融点よりも低くなるが、それを踏まえた上で、計算モデルの不確定性や燃料の製造公差、燃焼に伴う融点の低下を考慮して、余裕をみて、燃料中心温度の制限値をウラン燃料2,580 に対しMOX燃料では2,500 としている。これに対し定格出力時のMOXペレットの最高温度は、約1,740 であり、また、異常時の最高温度も約2,230 で、制限値に対して十分な余裕があることから、燃料の健全性は確保できるものと理解できる。</p> <p>燃料の融点や制御棒、ほう素の効きなどの問題について、安全余裕、すなわち制限値と実際の数値の差が少しでも小さくなれば、事故の危険が増大するような指摘があるが、実際の数値が制限値を満足していれば安全上全く問題ないものであり、安全余裕が小さくなったこと自身を原因として問題が発生するものではない。</p> <p>MOX燃料の特性は、これまで実験データ等により十分に把握されてきており、より安全側のデータを採用し、様々な不確定性を考慮して燃料中心温度の制限値を設定しており、保守的な考え方のもとに設計上安全余裕があることが確認されていることから、MOX燃料の健全性は確保されるものと、理解できる。</p>

#### (2)燃料棒の内圧(プルトニウムスポット)

論 点	意 見
燃料棒内圧の上昇による影響	<p>MOX燃料では、燃料棒内の核分裂生成ガスの放出が多くなり、内圧が上昇するとの指摘があるが、最近の実験データによれば、MOX燃料とウラン燃料とで核分裂生成ガスの放出量に大きな差はない。</p> <p>MOX燃料では、ヘリウムガス発生も内圧上昇の要因と考えられ、これらに対しては、燃料棒設計にあたり、燃料棒に入れる初期ヘリウムガス量を減らすことにより、対応している。</p> <p>燃料棒内圧評価においては、ウラン燃料よりもMOX燃料のほうが、核分裂生成ガス放出が大きいデータも含めたモデルを用い、発生するヘリウムガスも考慮して評価をしており、これによっても、燃料棒内圧の評価値は、基準値に対して0.83に抑えられることから、燃料棒の健全性は確保できるものと理解できる。</p>
プルトニウムスポットによる燃料の健全性への影響	<p>MOXペレット中に発生する可能性のあるプルトニウムスポットの大きさは、古い製法でも400ミクロン以下、実際の製造で使用すると思われるMIMAS法等では、最大でも100ミクロンから200ミクロン程度で製造が可能とされている。</p> <p>実際の燃料製造においては、過去の多数の実績に基づいて製造公差を決め、国による燃料体の検査により製品がその基準を満たしていることを確認することとされている。</p> <p>一方、「1/3MOX報告書」において、プルトニウムスポット径400ミクロン、1100ミクロンの実験結果によっても破損挙動への影響がなく、現実的に想定される程度のプルトニウムスポットが燃料破損挙動に及ぼす影響は無視し得ると考えられると示されており、製造公差も考慮しても、プルトニウムスポットによる燃料の健全性は確保されるものと理解できる。</p> <p>今後、国には、燃料製造段階においても、燃料の詳細仕様が基準を満たし、燃料が適切に造られていることを確認されることを要請する。</p>

### (3)燃料集合体の健全性

論 点	意 見
MOX新燃料は、ウラン新燃料より崩壊熱が大きいことによる燃料集合体強度への影響	MOX燃料集合体は、構造がウラン燃料と同じであり、6 Gの荷重に対して燃料集合体としての機能が保持できるように設計されているが、輸送中に高温となることで燃料集合体強度が低下することを考慮し、輸送及び取扱い時には荷重を4 G以下に制限することによって、輸送時においても構成部品が十分な強度が保たれるものと理解できる。 実際の輸送時には、輸送容器に加速度計などを取り付けて確認するとしているが、四国電力に対して、十分な注意を払い安全な輸送を行うよう、また、国に対しては、輸送の安全性を適切に確認するよう要請する。

### (4)燃料棒設計コードの妥当性

論 点	意 見
燃料棒設計コードの妥当性	今回、ステップ2燃料の設計において妥当性が確認されている燃料棒設計コードに、MOX燃料の特性を反映したものを使用しているが、評価項目ごとに実測値と計算値とを比較し、コードの妥当性が確認されており、今回用いられている燃料棒設計コードにより、適切に燃料棒の設計、評価がなされているものと理解できる。

## 2 設備の健全性

論 点	意 見
ブルサーマルにより中性子照射量が増加することによる設備への影響	中性子の照射量に関して、 MOX燃料の被覆管の応力については、炉内での使用温度や高速中性子照射の効果を考慮しても、被覆材の耐力以下となるように設計されていること 原子炉容器については、内面のステンレス鋼への中性子照射量は、照射誘起型応力腐食割れを起こすほどの中性子照射量の増加にはならないこと などから、設備への影響はないものと理解できる。また、中性子照射の影響については、監視試験片等を定期的に取り出して確認されることから、その面でも十分な確認ができるものと考えられる。

## 3 原子炉の制御性

### (1)制御棒及びほう素の効きについて

論 点	意 見
制御棒の効きが悪くなることによる原子炉制御性への影響	MOX燃料は、ウラン燃料よりも熱中性子を吸収しやすいため、その分、制御棒に吸収される中性子が少なくなり、制御棒の効きが悪くなる傾向にあるが、評価においては、制御棒1本が引き抜かれて効かない状態を想定しても、十分な停止余裕があることが確認されており、緊急時など必要な場合に原子炉を安全に停止するなどの原子炉制御能力は確保されるものと理解できる。
ほう素の効きが悪くなることによる原子炉制御性への影響	MOX燃料は、ウラン燃料よりも熱中性子を吸収しやすいため、中性子吸収材であるほう素の効きも悪くなる傾向があるが、燃料取替時に使用する燃料取替用水タンクや異常時に原子炉に水を注入する蓄圧タンクのほう素濃度をあらかじめ約3,400 ppm以上から4,400 ppm以上に高めておくことで、ほう素の効きを確保できることが確認されていることから、緊急時など必要な場合に原子炉を安全に停止するなどの原子炉制御能力は確保されるものと理解できる。 ほう素の効きを確保するためにほう酸濃度を上げれば、ほう酸が析出して閉塞するなど、トラブルの可能性が増加するとの指摘もあるが、今回の変更申請における燃料取替用水や緊急時の蓄圧タンクのほう素濃度は、4,400 ppm程度であり、20 ではほう素が析出する濃度約8,100 ppm以下(10 では約6,100 ppm)であることから、ほう素が析出してトラブルが起こる可能性は、極めて少ないと考えられる。 なお、ほう酸タンク等の一部の工程では、それ以上のほう素濃度で貯蔵・取扱されているものもあり、温度管理等で適切な対策がとられているものと考えられるが、今後ともその取扱には十分な注意が必要である。

## (2)自己制御性について

論 点	意 見
出力が急に変動した場合の原子炉制御性への影響	燃料中のプルトニウム量が多くなると、自己制御性、すなわち、出力変動時に元の状態に戻ろうとする作用が大きくなる。したがって、何らかの原因で原子炉の出力が上昇すれば、それ以上の出力上昇を抑えようとする力が働くが、逆に、原子炉が冷却された場合、原子炉自らが出力を上げようとする力が働く。このため、解析においては、出力が上がる場合と下がる場合の解析をして、いずれの場合も十分安定に原子炉が制御できることが確認されており、原子炉制御能力は確保されるものと理解できる。

## (3)出力分布特性

論 点	意 見
燃料間の出力の差が大きくなりやすいことの安全設計への影響	MOX燃料は、燃料集合体外周部の出力が高くなる傾向があることから、外周部の燃料棒のプルトニウム含有率を低下させて、燃料集合体内の出力分布を平坦化させている。また、ウラン炉心と同様に、原子炉内において燃料集合体を適切に配置するとともに、中性子吸収材を併用して原子炉内の出力分布を平坦化させていることから、MOX炉心の燃料の出力差をウラン炉心と同程度にできることが確認されており、安全性は確保されるものと理解できる。
特にMOX燃料とステップ2高燃焼度燃料の混焼による燃料間の出力差の安全設計への影響	ステップ2燃料とMOX燃料の混在による主な影響としては、制御棒やほう素の効きがわずかに低下する、燃料間の出力の差が大きくなりやすいなどがあげられるが、それぞれ必要な停止余裕が確保できること、適切な燃料配置等により出力分布の平坦化が可能であることが確認されており、安全性は確保されるものと理解できる。 なお、出力分布の平坦化を図るための適切な燃料配置については、定期検査ごとの燃料集合体炉内配置検査において、取替炉心の安全性が確認されることとなっているので、国等による慎重かつ適確な検査を要請する。

## 4 MOX燃料の使用実績

### (1)プルトニウム富化度、燃焼度等の実績

論 点	意 見
海外でのMOX燃料の実績	国内外での実績については、フランスやドイツなどで、2004年12月末現在で、累積装荷体数4,894体装荷されており、MOX燃料特有の原因による燃料の損傷事例等もなく、十分安全な実績・設計の信頼性があるものと理解できる。
高燃焼度燃料(ステップ2燃料)とMOX燃料の併用の実績	ベルギーでは、MOX燃料の燃焼度として49,000MWd/tまで、ウラン燃料で54,000MWd/tまでの実績があり、伊方発電所で計画しているものと同等もしくはそれ以上の実績があるということであり、また、これまでMOX燃料特有の理由により燃料棒が破損したという報告はないことから、高燃焼度燃料とMOX燃料との併用の十分安全な実績があるものと理解できる。 伊方の場合は、MOX燃料とステップ2燃料との混在炉心であることから、国の審査においては、混在炉心が燃料の健全性や原子炉の動特性にどういった影響があるか、設計手法などにMOX燃料の特性を適切に取り込んでいるかどうかを中心に審査され、安全性が確認されており、海外での実績もあり、かつ、伊方の条件を踏まえ、適切に設計、評価、審査されているものと理解できる。 プルトニウム富化度については、海外のMOX燃料と伊方のMOX燃料とでは条件が違うが、原子力安全委員会による1/3MOX報告書での検討の範囲内であり、伊方でのプルトニウム富化度などの条件をもとに、適切に評価されているものと理解できる。

## 5 平常時の被ばく

論 点	意 見
新燃料及び使用済燃料の放射線量が、ウラン燃料より高いことによる作業員の被ばくへの影響	<p>新燃料を取り扱う場合には、表面線量率が約10mSv/hのMOX新燃料を、新燃料取扱装置を使用して作業することにより、取り扱い場所で、作業従事者の年間の線量限度50mSvに基づき、立入頻度等を考慮して0.15mSv/h以下となることが確認されており、作業員の被ばく管理は可能と考えられる。</p> <p>また、新燃料及び使用済燃料については、使用済燃料ピットで、水深を確保して貯蔵・取扱されることから、放射線の遮へい措置は安全になされるものと理解できる。</p> <p>なお、可能な限り被ばく量が低減されるよう、適切な被ばく管理が望まれることから、実際の新燃料取扱装置の設計、仕様等については、国による適切な確認を要請する。</p> <p>また、実際の取扱いに当たっては、放射線管理が適切に行われるよう指導・管理を要請する。</p>

## 6 事故時の影響

論 点	意 見
ブルサーマル実施の事故時の影響について	<p>原子炉冷却材喪失事故、蒸気発生器伝熱管破損事故などを想定し解析した結果、評価結果が一番厳しくなる蒸気発生器伝熱管破損事故においても、敷地境界外における実効線量については、約0.5mSv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ないものと評価されており、ウラン燃料時に比べ、ほとんど変わらないものと理解できる。</p>
事故時のプルトニウムの放出可能性について	<p>二酸化プルトニウムの沸点は、約3,230と十分高い温度であり、プルトニウムが気体となりにくいことから、プルトニウムが格納容器外へ放出される可能性はほとんどなく、発電所外への放射性物質の影響はウラン燃料と差はないものと理解できる。</p>
過酷事故が発生した場合の被害について	<p>炉心の約半分が溶融したというスリーマイル島の事故においても、放射性希ガスなどは環境へ放出されたものの、燃料中に存在していると考えられるプルトニウムについては、環境中で検出されていないことから、過酷事故が発生した場合においても、プルトニウムが格納容器外へ放出されるような事故の確率は十分に小さく、現実的には起こりえないとの考えは理解できる。</p>

## 7 使用済MOX燃料の貯蔵

論 点	意 見
使用済燃料の発熱量がウラン燃料より大きいことによる使用済燃料ピット冷却能力への影響	<p>使用済MOX燃料は、使用済ウラン燃料に比べて、長時間発熱し続けるが、安全審査においては、使用済MOX燃料が貯蔵容量ほぼ一杯とする最も過酷な条件でも、使用済燃料ピットの基準水温65℃に対し、評価値が、57.9℃と下回っており、冷却能力に問題はないものと理解できる。</p>
使用済MOX燃料の処理の方針	<p>使用済MOX燃料の再処理の実績については、フランスや日本でも実績があり、技術的には再処理をすることが可能であるものと理解できる。</p> <p>原子力政策大綱では、使用済MOX燃料の処理方針は2010年頃から検討を開始し、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とされているが、国においては、伊方発電所に使用済MOX燃料が長期間貯蔵され続けられないよう、使用済MOX燃料の処理体系を早期に決定するよう要請する。</p>

## 8 地震への対応

論 点	意 見
ブルサーマル実施時における地震による構造物への影響	<p>ブルサーマルを導入しても、原子炉の構造に変更はなく、燃料集合体の形状や重量はウラン燃料もMOX燃料もほとんど変わらないということであるから、3号機の構造物の強度や従来の耐震設計審査指針に従った耐震設計に直接影響するものではないことは理解できる。</p> <p>また、中性子照射量の増加ということを考慮しても、照射量の増加はわずかであり、材料の強度への影響は、ウラン燃料を装荷した場合とほとんど変わらないため、構造物への影響はほとんど変わらないものと理解できる。</p>
志賀2号運転差し止め判決がでたこと、耐震指針の見直し作業中であること、ブルサーマルへの影響	<p>四国電力は、伊方前面海域の活断層や中央構造線等に対する新たな知見が出た場合、その都度再評価を行い、国によりその結果が妥当であることが確認されており、最新の知見による伊方発電所の耐震安全性の評価が確認されていることが県に報告されている。</p> <p>なお、耐震設計審査指針の改訂がなされた場合には、四国電力において速やかに耐震安全性の再評価を行うとともに、国においても確認され、その評価結果については、県に説明するとともに、わかりやすく広報されることを要請する。</p> <p>また、当部会としても、評価結果については、十分に確認して参りたい。</p>
新耐震指針による評価時期	<p>耐震安全性というのは、安全性の基準をどう設定するかで変わるものであるから、新耐震指針による耐震安全性評価については、MOX燃料を装荷する時期までに適切に確認する必要がある。</p>

## 9 安全審査の判断基準等について

論 点	意 見
「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」(1/3MOX報告書)を適用することの妥当性	<p>伊方発電所のブルサーマルについては、「1/3MOX報告書」の範囲を超えているという指摘もあるが、今回の評価において、核設計に用いられる計算コードは、ステップ2燃料について妥当性が確認されたものであり、かつ、MOX燃料を使った実験によっても検証されており、MOX燃料に対しても適用可能であると判断される。また、機械設計及び熱水力設計に用いられる高燃焼度用の燃料核設計コードについてはMOX燃料に対しての初めての適用となっているが、実験データを踏まえてMOX燃料の特性が適切に取り入れられているということから、「1/3MOX報告書」を判断基準とすることは妥当であるものと理解できる。</p>

(その他)

### 国の安全審査に対する意見

#### 意見

国による安全審査は、1/3MOX報告書や、各種の安全審査指針類に基づき、これまでの審査経験、国内外における実績や最新の科学的知見等も参考として、経済産業省原子力安全・保安院における、専門家の意見を聴取しつつ審査した一次審査と、原子力安全委員会における、さまざまな専門家による二次審査により、厳格かつ適切に実施され、伊方3号機プルサーマル計画に係る原子炉設置変更許可申請については、妥当性が確認されたものと理解できる。

### 四国電力(株)の安全管理体制に対する意見

#### 意見

四国電力(株)では、各種の保安活動を保安規定に基づき実施しており、品質保証計画に基づいた取組みが行なわれている。また、この品質保証活動の実施状況を確認する体制も構築され、従業員に対する教育・訓練についても、計画的に実施されているところである。更に、これらの実施状況については、国の保安検査においても、適切に確認されているところである。

更に、四国電力(株)では、これまで30年近くの原子炉の運転経験があり、特に大きな事故もなく、安全な運転が行なわれているが、平成11年からは、正常状態以外のあらゆるトラブル事象について、安全協定に基づき、県、伊方町に報告するとともに、全ての設備故障等について詳細な原因究明を行い、水平展開を含めた対策が実施されてきたところであり、適切な安全管理体制が構築されていると考える。今後とも、安全管理体制の維持に努められるよう要請する。

### 今後の安全性確保に対する意見

#### 意見

原子炉の安全は、設計段階でよければいいというものでなく、実際こものを作る段階、運転する段階、それぞれの段階で安全を確保することが重要である。それに対して、国も、十分、慎重にチェックされ、各段階で安全を確保するよう努力を払って頂くよう要請する。当部会としても、各段階での安全性を十分に確認していきたい。