

プルサーマル

－資源節約効果に対する疑問と安全問題について－(2/2)

Ⅲ. プルサーマルの危険性について

島根2号のプルサーマル計画については、具体的な技術情報がまだ明らかにされていません。したがって、ここで書くことは一般的な問題に限られます。また、プルサーマルの原理など基礎的な科学技術上の説明は、すでに中国電力から配付資料とともに行われているようですから、ここでは省略させていただきます(資料NO.6「ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の使用について」平成17年11月28日、中国電力株式会社)。

1、プルサーマル実施の技術的考え方の基本

各原発で計画されているプルサーマルは、商業ベースで実施されるため、以下のような技術的考え方を基本に実施されます。

1. 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。
2. 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。
3. ウラン燃料と多少の不整合は許容する。
4. 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。このことは、後述するように、2についての設計を他国のプルサーマルと比較するとはっきりします。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。

2、現行軽水炉との違い

(1)燃料物質の違い

1. ウラン燃料は核分裂性の235と非核分裂性のウラン238の2種の原子核だけで構成されています。一方、MOX燃料はこの2種のほかに5種のプルトニウム原子核(表3)が加わり、合計7種の原子核で構成され、はるかに複雑になっています。
2. ウランとプルトニウムとでは核的性質が大きく異なります。ペレット単位で比較すると、MOX燃料ペレット(プルトニウムは原子炉級、表3)はウラン燃料ペレット(濃縮度3%の場合)より熱中性子を約20倍吸収します。また、ウラン燃料に比べて即発中性子寿命が短く、遅発中性子成分がより少ない。この違いは反応度事故時の挙動に違いをもたらす、出力上昇をより速くかつより大きくします。
3. プルトニウムの放射能はウランより強いいため、MOX燃料の放射能毒性はウラン燃料より大きい。

(2)原子炉内でのプルトニウム分布の違い

ウラン燃料だけの原子炉も運転中にプルトニウムが生成され、その一部は核分裂(燃焼)しています。しかし、プルトニウムの分布に極端な偏りはありません。一方、プルサーマルではウラン燃料の中にMOX燃料が、図3のように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(後述)。

(3) 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。

(4) 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。プルサーマルが始まると、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。

3、プルサーマルによる運転上の危険性

(1) 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(図4)。

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ますが、それには限界があります。

(2) 反応度事故(正常のコントロールを逸脱して出力が上昇する事故)が起こったとき、出力上昇速度がより速く、出力もより大きくなる傾向があります。

(3) 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(図5)。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。

(4) 圧力が上昇する時の出力上昇がより速くなります。

沸騰水型では、「給水加熱喪失」や「給水制御弁の故障」、「タービントリップ」などが起こって圧力が上昇したとき出力が上がりますが、プルサーマルになると、その上昇が速くなります。

4、MOX燃料の危険性

(1) 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。

1. 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要原因と考えられています。

2. 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。日本のプルトニウム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(表4)。それだけ欧米のプルサーマルより放出の危険性が高くなる恐れがあります。

(2)燃料棒内の圧力が高くなる。

1. 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
2. プルトニウムの方がアルファ線(ヘリウムの原子核、ヘリウムは気体)を多く放出する。
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。

(3)MOX燃料は融点が低い。

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ります。

(4)MOX燃料は熱伝導度がより小さい。

ウラン燃料より熱伝導度が約5%小さくなります。それだけ熱を伝えにくく、燃料温度が上がりやすくなります。温度が高ければFPガスの放出率も上がります。

(5)燃料製造上の危険性

1. プルトニウムやMOX燃料の放射能はウラン燃料より強く、作業者の被曝量が増える(図6)。
2. 臨界量が小さく、臨界事故の可能性がより大きくなる。
3. 発熱が大きく、その熱で燃料物質の物性が変化する。
4. 放射能毒性が強く、取扱いには密封された特別な設備が必要である。
5. 原料プルトニウムの同位体比(核分裂性プルトニウムと非核分裂性プルトニウムとの比)がバッチごとに大きく異なる。

(6)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。

5、プルサーマルの技術上の危険性の性格

(1)安全余裕が削られる

プルサー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(図7)。

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。

プルサー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。

(2)事故のきっかけとなる事象が増える

プルサーマルには、これまでのウラン燃料だけの炉にはなかっ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。

6、プルサーマルは本当に他国で十分な実績があるのか？

プルサーマルの安全性を他国での実績で示すとき、単に使用された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ー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(表4)、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。

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。

7、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

(1)MOX燃料のより高燃焼度化

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す。すでにフランスでその申請がありましたが、規制当局によって却下されています(Nuclear Fuel, March 28, 2005)。燃料の危険性は燃焼度が上がるほど増加します。

(2)プルトニウム含有率(または富化度)の増大化

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。

(3)超ウラン元素物質、長寿命放射性物質の焼却処分の可能性

プルトニウムに加えて核廃棄物である超ウラン元素物質であるアメリシウムや超寿命放射性物質も混ぜて焼却処分する研究が行われています。将来、プルサーマルの一環として実施されることも考えられます。

プルサーマルをいったん受け入れると、以上のように計画が次々エスカレートしていく可能性があります。自治体がどれだけ追跡できるかが問われることになるでしょう。

IV. 使用済MOX燃料の処分方法が未定

これまでプルサー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せんが、設置(変更)許可処分の前例にないことで、処分の見通しが不明のままの実施は大きな問題です。