

プルサーマルの問題点

小林 圭二

I. はじめに プルサーマルの問題点とは

プルサーマルについては安全問題に関心が集中し、安全上の影響を最も強く受けるかも知れない立地地域住民だけに投げかけられた問題であるかのように言われています。その結果、推進する側の説明も、立地地域住民を対象にもつばら安全対策などの技術的な説明に力が注がれているように思われます。

安全性はたしかに重要な問題点の一つです。しかし、プルサーマルは、日本の原子力政策が約40年にわたり蓄積してきた矛盾が姿を現したものです。したがって、プルサーマルには、安全性の前にもっと広く根本的な問題があります。それは、

- ① プルサーマルには利点がなく、やる必要性がないこと、
- ② プルトニウムは核兵器の材料になるから、それを大量に使い流通させるプルサーマルは国際的な道義に反すること、です。

必要が無く道義に反することなら、安全上の議論に入るまでもなくプルサーマルはやるべきでないでしょう。これは国民全体の問題です。しかし、必要性を前提に、始めから問題を安全性だけにしぼって技術上の議論をするだけでは、問題を立地地域だけの問題に矮小化し、その結果、住民の方々だけに負担をかけることとなります。

プルサーマルの議論は、上に上げた根本的な問題を出発点にしなければなりません。

II. プルサーマル問題を考える基礎

1. プルサーマルってなに？

今動いている原発は軽水炉といって、濃縮ウランを燃料とする原発です。天然に産出するウランには燃えるウラン（ウラン235）がわずか0.7%しか含まれていません。そのままでは軽水炉の燃料になりませんから、燃えるウランを3%～4%に濃縮します。それ以外はすべて燃えないウラン（ウラン238）です。

その軽水炉の燃料の一部としてプルトニウムを併用するのがプルサーマルです。

ウランが天然資源であるのに対し、プルトニウムは天然にありません。原発の運転中に、燃えないウラン238に中性子が衝突することによって生まれます。生まれたプルトニウムの中に燃えるプルトニウム239とプルトニウム241が含まれていますから、それを取り出せば燃料として使うことができます。使用済燃料内に貯まったプルトニウムを取り出す施設が再処理工場です。取り出したプルトニウムを軽水炉で燃料の一部として燃やそうというのがプルサーマルです。それは燃料のリサイクルになり、ウラン資源の節約になると言われていますが、はたしてそうでしょうか。

2. プルトニウム利用とは高速増殖炉のこと

プルトニウム利用には、プルサーマルの他に**高速増殖炉**があります。高速増殖炉はプルトニウムを燃料とするために考え出された原発です。「増殖」とは、消費した燃料より生まれる燃料の方が多いこと、「高速」とは、中性子の速度が高速であるという意味です。

原発でエネルギーを発生させる仕組みは、ウラン235やプルトニウム239のような燃える核燃料に中性子が衝突して起こる**核分裂反応**です。核分裂反応は、衝突する中性子の速度を十分に減速させると（**熱中性子**）、高速中性子を衝突させるよりも何百倍も核分裂を起こしやすくなります。ですから、原発には一般に減速材があり、中性子の速度を遅くし熱中性子にしてから核分裂させます（図1）。今の原発では軽水（普通の水）が減速材です。

なぜ高速増殖炉は核分裂しにくい高速の中性子で核分裂させるかということ、中性子が高速でない増殖ができない、つまり燃料の生産量が消費量より多くなれないからです。プルトニウムは天然に存在しないから、プルトニウムの生産量が消費量より少なければほどなく燃料が補給できなくなり、プルトニウムを燃料とする原発なんか成立しないからです。

逆に、増殖が可能ならば、計算上ではウラン資源を軽水炉の数十倍も有効に利用できるようになります。この圧倒的な資源的魅力ゆえに、日本の原子力政策は最初から高速増殖炉開発に重点を置いてきました。高速増殖炉がプルトニウム利用の本命なのです。

3、核燃料サイクルは高速増殖炉のためのもの

プルトニウムを利用するには**核燃料サイクル**という仕組みが必要です。

使用済燃料を再処理工場で化学的に溶かしてプルトニウムを取り出し、それを劣化ウラン（濃縮後のカスの燃えないウラン）で薄めてMOX（プルトニウムに燃えないウランを混ぜて薄めた実際に使われる燃料）の粉末にします。MOX粉末を燃料加工工場で燃料集合体の形に加工し、それを原子炉に装荷して燃やします。燃やしたあとの使用済燃料をまた再処理してプルトニウムを取りだし燃料にする、こうして同じ工程が輪のように循環する仕組みです（図2）。

核燃料サイクルは、循環を何回も繰り返してウラン資源の利用率を上げられる高速増殖炉のための仕組みです。したがって、プルサーマルのように使用済ウラン燃料から取り出したプルトニウムが1回まわるだけでは、とても核燃料サイクルとは呼べません。建設費だけで2兆5千億円もした青森県六ヶ所村の再処理工場も、資源的魅力のある高速

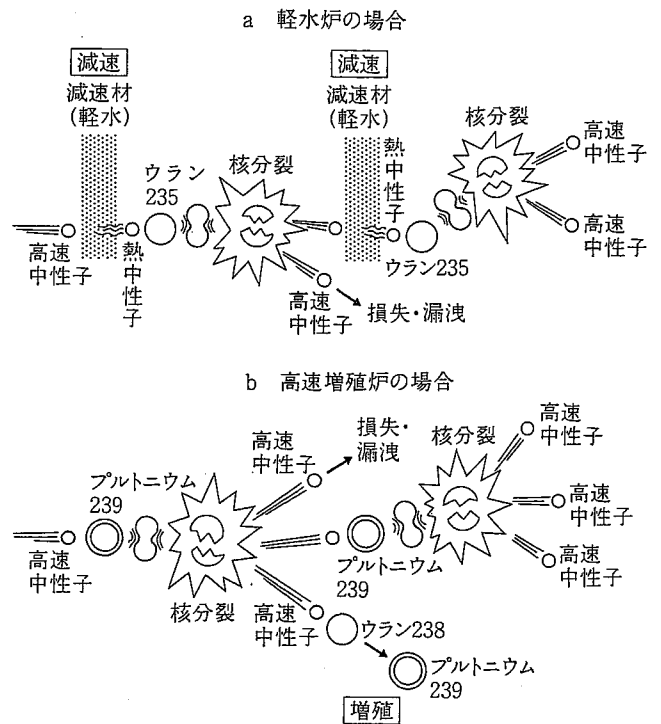


図1 軽水炉と高速増殖炉の核分裂連鎖反応

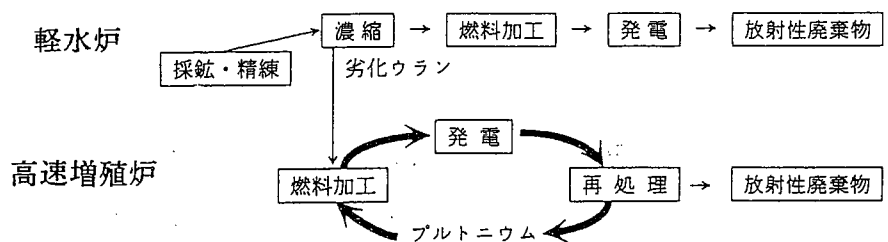


図2 軽水炉のワンスルーと高速増殖炉の核燃料サイクル

増殖炉だからこそ大金を投じてでも建設されたのです。

一方、軽水炉とは、本来ウラン燃料に適した原発です。軽水炉の仕組みは、天然資源を掘り出しては濃縮し原発に入れて燃やし、あとに残った使用済燃料は捨て、また天然資源を掘っては燃料を補給し、燃やしては捨てる、という一方通行の工程を繰り返すワンスルー方式が自然な姿です(図2)。たとえ軽水炉でプルトニウム利用(プルサーマル)が技術的に可能でも、あとで説明するように資源上の利点はなく、核燃料サイクルの中にプルサーマルの居場所はないのです。

なお、再処理した結果として核分裂生成物(死の灰)などの放射能の強い放射性物質が分離されますが、再処理の目的はプルトニウムを取り出すことであって、高レベル放射性廃棄物を分離する目的で再処理施設(工場)が建設されるのでは決してありません。したがって、高速増殖炉をやらないのであれば必要のない施設です。

Ⅲ. プルサーマルには必要性がない

1. プルサーマルの「必要理由」とは？

国や各電力会社が共通して挙げるプルサーマルの必要性は以下の3点です。

- ① ウラン資源の節約になる、
- ② 余剰の(使途不明な)プルトニウムを持たないという国際公約を履行するため、
- ③ 高レベル放射性廃棄物の体積を減らすため。

しかし、①には根拠がなく、②は矛盾しており、③はすり替えでごまかしています。

2. プルサーマルはウラン資源の節約にならない

プルサーマルがウラン資源の有効利用(あるいは節約)にならないことは、原子力界の常識です。

軽水炉でも運転中にプルトニウムができますが、その量は、消費される燃えるウランの量を常に下回っており、生産量は消費量の5~6割にとどまります。その程度では、使用済燃料から取り出すプルトニウムのリサイクルをたとえ無限回繰り返しても、ウラン資源の利用率は1%にも満たないのです(新版「原子力ハンドブック」)。現実には無限回どころか、使用済MOX燃料のリサイクルを繰り返す毎にプルトニウムの質が大きく劣化しますから、プルサーマルでは使用済MOX燃料のリサイクルはやりません。したがって、実際のウラン資源利用率はもっと下がり0.7%程度でしょう。

一方、このようにわずかな収穫を得るために、ウラン燃料だけなら不要な再処理工場やMOX燃料加工工場を建設したり操業したり、使用済ウラン燃料より格段に大変な使用済MOX燃料の処理・処分、特別な核物質防護などが新たに必要になります。そのために大量の資源投入や大変な手間を新たにかねなければなりません。こうした投入分を差し引けば、わずかな収穫分がさらに目減りしてしまいます。消えてしまうか、資源の持ち出しにさえなりかねません。

それに比べ、高速増殖炉だとウラン資源の利用率は、計算上数十%に達します。資源を語る意味があるのは高速増殖炉だけです。

3.、なぜ今、プルサーマルが登場したのか？

資源上の利点がないのに、今、プルサーマルをやろうとしている理由は、1995年に起こった高

速増殖炉「もんじゅ」の事故にあります。

日本は、軽水炉の使用済燃料内に貯まったプルトニウムをいずれ高速増殖炉の燃料にするとして、すべて再処理し取り出すことを義務付けてきました。使用済燃料は将来の高速増殖炉のための貴重な資源だと位置づけたからです。

ところが、1995年、もんじゅでナトリウム漏えい・火災事故が起こり、高速増殖炉の危険性と技術的な難しさを思い知らされました。気がつくやうに、日本より先に開発してきた米英独仏などすべての国は、高速増殖炉開発からとっくに手を引いていました。その理由は、軽水炉に比べ格段に危険であり、その危険対策など建設や運転の費用が高く経済的に成り立たず、そして、核兵器開発に直結するからです。

もんじゅ事故でにわかに持ち上がったのが原発の使用済燃料の処理・処分問題でした。原発を動かす以上、危険な使用済燃料もいずれは処分しなければなりません。しかし、日本は使用済燃料を再処理することだけは決めたものの、高速増殖炉の資源的魅力の陰でこれまで死の灰の処遇を先送りしてきました。高速増殖炉開発の頓挫は、使用済燃料が資源ではなく危険な「核のゴミ」に過ぎない姿を浮き彫りにしました。その結果、全国の原発から使用済燃料が集められる六ヶ所村では、再処理工場が核のゴミ捨て場と化す恐れから、使用済燃料の搬入を拒否する事態になったのです。それぞれの原発立地でも同様に、使用済燃料の保管量を増やすことに反対されました。これでは使用済燃料の持っていく先がなく、やがて日本の全原発を止めなくてはなりません。

プルサーマルは、この危機的事態を打開するために国と電力会社がプルトニウムの新たな使い道として持ち出したものです。プルサーマルは、原子力政策の破綻を覆い隠す隠れ蓑の役を帯びて登場したのです。しかしそれは、政策の失敗のツケを、原発立地住民へ新たな危険を押しつける形でしわ寄せするものでしかありません。

プルサーマルは、約半世紀前の1961年の原子力開発利用長期計画（通称「長計」）改訂で国策になりました。しかし、その後三十数年間も実施に向けた動きはほとんどなかったのです。それがもんじゅ事故後の1997年初頭、突如として全電力会社が一斉に、そして急ピッチで実施へ向け動き出しました。この歴史が、国や電力会社がプルサーマルに魅力を感じていなかったこと、しかしもんじゅ事故の結果やむなく実施へ踏み切ったことをよく物語っています（巻末の添付資料参照）。

4、国際公約の履行と矛盾する六ヶ所再処理工場の稼働

プルトニウムは核兵器の材料です。用途不明のプルトニウムを持つと、それだけで核兵器製造の意図を疑われ、周辺諸国の警戒をまねき国際的緊張をもたらします。また、核兵器が他国へ拡散するリスクが増えるため、世界から警戒や非難を受けます。

日本は、このような非難やリスクをかわしながらプルトニウム利用を続けるため、余剰なプルトニウムを持たないことを国際的に公約しました。しかし、2007年末現在、海外分も含め約31.2トンという大量の燃える（核分裂性の）プルトニウムを保有しています。高速増殖炉開発が進まない現在、これは用途不明な余剰プルトニウムです。この余剰プルトニウムを焼却することがプルサーマルをやる理由の一つに挙げられています。

この理由はもっとものように思われます。しかし、その一方で、毎年核分裂性プルトニウムを約5.6トンずつ分離する六ヶ所再処理工場の稼働を急いでいます。動き出せば余剰プルトニウムを毎年それだけ生んでいくこととなります。これは矛盾しています。六ヶ所再処理工場の運転を凍結しない限り何の説得力もありません。

5、高レベル放射性廃棄物の体積低減は、プルサーマルと関係ない

日本では、再処理によって使用済燃料から分離された死の灰（核分裂生成物など）は、溶けたガラスに混ぜて固化させ、高レベル放射性廃棄物として処分（300メートル以深の地層処分）する計画です。その結果、使用済燃料をそのまま処分するより高レベル廃棄物の体積を約五分の二に減少できるとしています（電気事業連合会試算）。これがプルサーマルの目的の一つになっています。

しかし、放射性廃棄物の処分はプルサーマルの必要性とは関係ありません。再処理の“効用”をプルサーマルの“効用”にすり替えています。電力会社や国によるプルサーマルの効用の説明には、故意か否かはわかりませんが再処理の効用との混同が随所に見られます。そもそも、再処理はプルサーマルのためにやるものではありません。

高レベル放射性廃棄物の処理で言えば、体積をたかだが五分の二程度に減らすためだけに再処理することなどありえません。再処理はプルトニウムを取り出すための施設で高速増殖炉のために巨費を投じて建設するわけですから、高速増殖炉開発をやらない国は、使用済燃料を再処理せずそのまま処分する方針をとっています。その方がずっと安価であるうえ、再処理等に伴い新たに発生する約7倍（電事連試算）に及ぶ中・低レベル放射性廃棄物の増大が避けられるからです。

IV. 使用済MOX燃料の行き先がない（崩壊する日本の核燃料サイクル）

地元にとって無視できない問題として、プルサーマルで燃やしたあとの使用済MOX燃料の行き先が不明な状態があります。プルサーマルの許可を得た電力会社は、設置変更許可申請書にいずれも使用済MOX燃料の処理先を明記していません。「再処理されるまでの間、適切に貯蔵・管理する」と書かれているだけです。これは過去に例のないことです。ウラン燃料用に設計されている六ヶ所再処理工場では再処理できません。

2005年、原子力委員会が発表した「原子力政策大綱」では、使用済MOX燃料の処理については「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等を踏まえ、2010年頃から検討を開始する」とあります。その検討を開始する準備として2007年度末までに中間成果報告を、2008年度末までに最終成果報告書が出る予定でしたが、2009年度半ばを迎える今も、中間報告書さえ出ていません。それは、検討の前提になる六ヶ所再処理工場も高速増殖炉ももんじゅもトラブルが続いて操業開始の延期が続き、検討できない状況だからです。

六ヶ所再処理工場では、2008年に試験段階でガラス固化体の製造に失敗しました。今後3年間に140億円かけてガラス固化装置を開発し直すことになり、操業は17回目の延期となりました。今後の見通しはまったく不透明になり、六ヶ所再処理工場に続く第二再処理工場が確実に建設される保証もなくなっています。また、建設されても、プルサーマルの使用済MOX燃料を再処理する保証はありません。高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の処分場（埋設地）も決まっておらず、決まる見通しもあります。

一方、原子力政策大綱の具体化として2006年に経産省がまとめた報告書「原子力立国計画」があります。それによると、第二再処理工場は2045年頃操業を開始し、回収されたプルトニウムは高速増殖炉の燃料にすると書かれています。しかし、高速増殖炉開発の試験炉（原型炉）であるもんじゅが14年間停まったままで、相次ぐトラブルに見舞われまともに再開できるのか危ぶまれています。しかも、もんじゅの建設費があまりに高価だったため、今描かれている高速増殖炉の実用像は、もんじゅとまったく違うものとなっています。その中には未知の技術が数多く含まれ、高速増殖炉が

はたして実用化するのか極めて疑問です。

このように、日本の核燃料サイクルは崩壊状態にあります。そのなかで、プルサーマルの使用済MOX燃料は行方もわからずさまようことになるかもしれません。中間貯蔵施設の建設（原発敷地内を含む）だけが今後“脚光”を浴びていくのではないのでしょうか。

プルサーマルは、使用済MOX燃料の行き場がないまま、見切り発車されようとしています。国と電力会社による無責任な政策の陰で、使用済MOX燃料が原発立地にいつまでも居座り続ける恐れが深まっています。

V. プルトニウム利用は国際的道義に反する

1、世界はプルトニウム利用から撤退している

「先進諸国」の多くは、かつてプルトニウムの民生利用開発に手を出していました。しかし、核兵器拡散につながる恐れが理由の一つになって、次々にプルトニウム利用から手を引いていきました。

プルサーマルでは、米国、スウェーデン、イタリアが約30年前にやめ、オランダは約20年前に撤退しました。英国は最初からプルサーマルには手を出さず、ベルギーは2001年以後の再処理を中止し、ドイツは、原子力法の改正によって2005年7月以後の再処理を禁止、スイスは10年間の再処理凍結を決めています。フランスもこれまで以上の拡大はしていません。

高速増殖炉開発では、最初に手をつけた米国が、世界に先駆け約30年前にやめました。英国とドイツは十数年前に撤退しました。世界でただ一国、実証炉段階まで開発を進めていたフランスも1991年に撤退を決め、高速増殖炉は、長寿命放射性物質や余剰プルトニウムの焼却研究のための試験用高速炉へ目的を変えました。1997年には世界唯一の実証炉スーパーフェニックスの廃炉を決め、残る原型炉フェニックスも、2009年に停止することが決まっています。

ロシアと中国（建設中）の高速炉は、燃料がいずれも濃縮ウランでプルトニウムではありません。したがって高速増殖炉ではありません。最近、ロシアの高速炉 BN-600 でプルトニウムを使い始めたと言われていますが、これは、米ソ核軍縮協定によって解体され取りはずされた核兵器用プルトニウムの焼却が目的の一時的な使用に過ぎません。インドに小型の高速増殖実験炉がありますが、2007年3月の「米印原子力協力合意」によって軍事用であることが明らかとなったものなので論外です。

2006年、米国が放射性廃棄物処分用の高速炉開発計画を打ち出しましたが、オバマ政権がこれを撤回しました。いまや世界のほとんどの国がプルトニウム商業利用の中止や縮小へと向かっています。

2、世界の流れに逆行する日本

ところが、日本だけは世界の流れに反してプルトニウムの大量利用、大量流通に踏み出そうとしています。プルサーマルが始まると、プルトニウムを積んだトラックが、一般車に混じって北海道から九州まで頻繁に行き交うこととなります。日本がそんな時代に入ることを、世界が歓迎するはずがありません。現にイランが日本を引き合いに核開発を正当化しているように、そうした日本の姿勢が、他国に核開発の口実を与えることになるからです。日本のやろうとしていることは国際道義に反することです。日本は自国の都合だけを考えるのではなく、国際的な責務を考えてプルサーマル計画、「もんじゅ」運転再開を始めとする高速増殖炉計画、再処理工場の稼働を中止するべきです。

VI. プルサーマルの危険性

1. プルトニウムの放射能の危険性

運転中、ウラン燃料内の燃えないウラン（ウラン 238）は、中性子と衝突することによって燃えるプルトニウム 239 へ徐々に変わり、燃料中に貯まっています。その一部は運転中に燃えますが、一部は燃えずにプルトニウム 240 へ、さらに 241、242 へと順次変わっていくものもあります。その結果、使用済燃料中のプルトニウムは5種類のプルトニウムの混合物となります。このうちプルトニウム 240 と 242 は核分裂しにくく、燃える（核分裂性の）プルトニウム 239 とプルトニウム 241 は約7割を占めます（表1）。

いずれのプルトニウムも放射能毒性が非常に強く、軽水炉でできた原子炉級プルトニウムでは、わずか1グラムの中に含まれている5種類の各プルトニウムの放射能毒性は、表1に示したように、それぞれ法律で定められた許容値（年摂取限度）の2.6万倍～4100万倍という強さです。

表1 軽水炉使用済燃料中プルトニウム（原子炉級）の組成と使用済燃料1グラム中の各放射能毒性

	同位対比		半減期 (年)	核分裂性	原子炉級プルトニウム1グラム中に 含まれる各核種の量は年摂取限度の
	原子炉級	核兵器級			
Pu-238	2	0.07	88	核分裂性	3700万倍
Pu-239	58	93	24,100		630万倍
Pu-240	24	7	6,570		840万倍
Pu-241	11	0.7	14		4100万倍
Pu-242	5		376,000		2.6万倍

参考：ウラン 235（半減期約7億年）の年摂取限度はPu-239の約4万倍、ウラン 238（約45億年）は約27万倍

2. 原発を変則的に使うプルサーマル

沸騰水型炉（BWR）を例に、燃料の仕組みを図3に示します。原子炉への燃料の出し入れは燃料集合体単位で行われます。今の原発は低濃縮ウランを燃料とする設計になっていますが、本来の燃料でないプルトニウムを含む燃料集合体を大量に混装荷するために、変則的な使い方とならざるをえません。それを、以下のような考え方にもとずき商業ベースでプルサーマルが実施されようとしています。

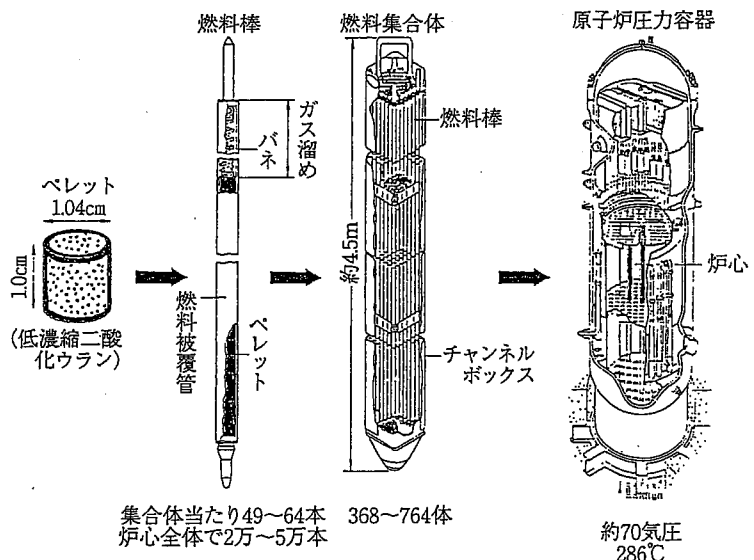


図3 沸騰水型炉（BWR）の燃料の仕組み

① 現行軽水炉の構造には手を加えない。

そのため、装荷できるプルトニウム量を、重量にして最大1/3までに制限しなければならない（図4）。

- ② MOX燃料中のプルトニウム含有率をできるだけ多くし、一度に多量のプルトニウムを焼却することによって、MOX燃料の加工、輸送、貯蔵等にかかる追加費用や手間を減らす。
- ③ ウランとプルトニウムの性質の違いから起こる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、いきなり本番で商業利用を始める。

以上のような変則的なやり方になったのは安全性より経済性に重きを置いたためです。こうした経済性優先の運用方針は、他国のプルサーマルと比較すればより際立っています（後述）。

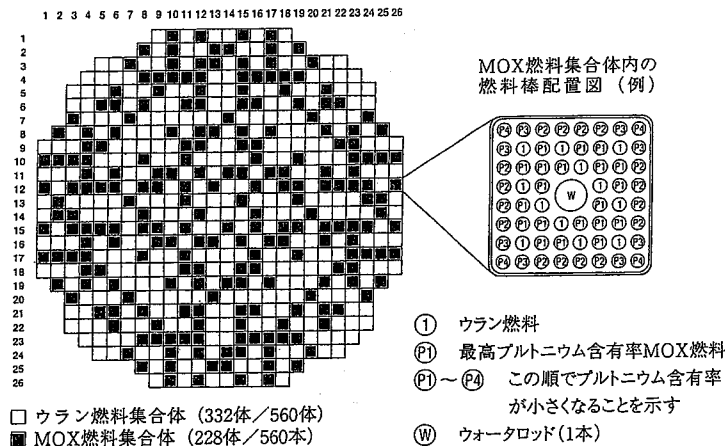


図4 プルサーマルの炉心配置図（左）とMOX燃料集合体内の燃料棒分布（右）（沸騰水型の例）

3、原子炉の特性に増加する危険性

(1) 原子炉の制御装置や停止装置（制御棒とホウ酸）の効きが低下する

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1）はウラン燃料ペレット（濃縮度3%の場合）より熱中性子を最大約20倍も多く吸収します。

制御棒やホウ酸の制御効果は、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、熱中性子がプルトニウムにより多く吸収されるため、制御棒やホウに吸収される熱中性子が減り、制御効果が低下します（図5）。

制御効果が低下しないよう、制御棒はなるべくウラン燃料集合体に隣接して入れることになっていますが、それでも限界があります。

沸騰水型炉には緊急時に冷却水中にホウ酸を投入する設備があり、その効き方も低下します。

(2) 原子炉の挙動がより危険になる

ウラン燃料の原子炉に比べ、即発中性子寿命が短く、遅発中性子成分が少ない。この違いによって反応度事故（正常のコントロールを逸脱して出力が上昇する事故、それがひどくなると暴走事故）の出力上昇がより速くかつより大きくなります。たとえば、加圧水型（PWR）では冷却水温度低下によって出力が上昇する「蒸気発生器への過剰給水事故」「主蒸気管破断事故」など、沸騰水型

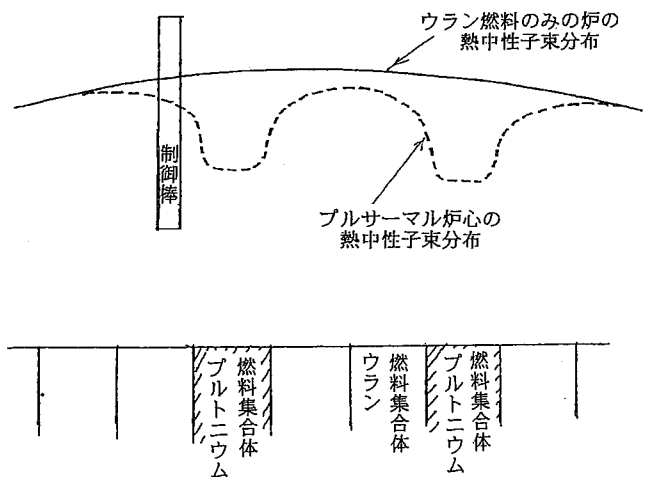


図5 プルサーマルとウラン燃料炉心との熱中性子束分布の違い（模式図）

(BWR)では圧力が上昇する「給水制御弁の故障」など。

(3) 燃料の燃え方にムラができる (燃料破損の危険性)

国や電力会社は、“今の原発にもプルトニウムが入っており一部は燃えているから、プルサーマルでも同じだ”と宣伝しています。しかし、今の原子炉内にはプルトニウム分布に大きな偏りはありません。一方、プルサーマルでは、原子炉内にMOX燃料が図4の左図のように市松模様分布しています。そのため、原子炉内の至る所に、プルトニウム含有率分布の大きな偏りが存在します。その結果燃料の燃え方にムラが生じ、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があります。

燃えムラを少なくするため、集合体内の外側ほど燃料棒のプルトニウム富化度 (燃えるプルトニウムの濃度) を小さくして燃えにくくする工夫が必要です (図4右)。

(4) 燃料組成が複雑でミスを起こしやすい

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種だけの単純な組成で構成されていますが、MOX燃料は、この2種のほかに5種類のプルトニウム (表1) が加わった合計7種で構成される複雑な組成となっています。そのため、設計や燃料管理が複雑になり、製造ミスも起こりやすくなります。複雑さが新たな事故のきっかけを増やすことにつながります。

4. MOX燃料の危険性

(1) ガス状の「死の灰」 (FPガス)

の放出率が大きくなる

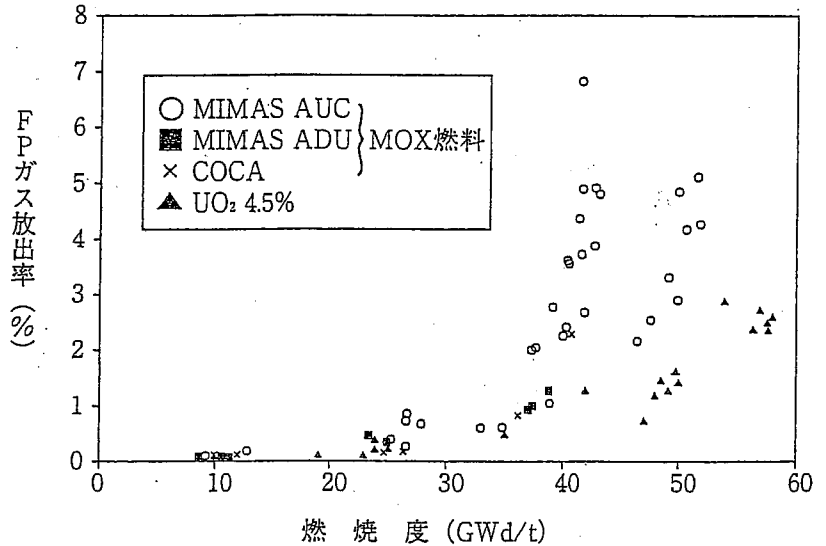
MOX燃料では、長く燃やす (燃焼度が高くなる) につれ、ペレットから漏れ出す気体状の死の灰 (FPガス) がウラン燃料より多くなります (図6)。

(2) 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の物質を混ぜて作られます。両者が完全に混ざりあうことはありませんから、至る所に塊状のプルトニウム (プルトニウムスポット) が生じます。

プルトニウムスポットは、燃料の局所的過熱を起こしたり、FPガス放出率を大きくするなど燃料棒の健全性に悪影響をもたらします。

(3) プルトニウム含有率お



出典: Y.Guerin et al., "Microstructure Evolution and In-Reactor Behaviour of Mox Fuel", Int. Topical Mtg. on LWR Fuel Performance, Park City, Utah, 2000.

図6 核分裂生成物 (FP) ガス放出率の燃焼度による変化
ウラン燃料 (UO2) とMOX燃料の比較

表2 各国のMOX燃料規制値比較

	プルトニウム含有率 or 富化度 (%)		燃焼度 (MWd/t)		炉心装荷率 (%)	
	最大		集合体最大		炉心最大	
	富化度	含有率	PWR	BWR	PWR	BWR
フランス		7.08	4万0000		30	
ドイツ	4.65		4万8000	4万8000	33	38
ベルギー		8.2	4万5000		20	
スイス	5.5		5万0000		40	
日本	8	13	4万5000	4万0000	1 / 3	

含有率: 全プルトニウムの割合。富化度: 核分裂性プルトニウムの割合。
(株) アイ・イー・イー・ジャパン、「プルトニウム利用に関する海外動向の調査 (03)」2004年3月より。フランスおよびベルギーのプルトニウム含有率は最新値に訂正。ドイツの炉心装荷率は現状に合わせた。

よびプルトニウム富化度に対する日本の規制値は、世界でも突出して大きく、MOX燃料は欧米で例のない厳しい使われ方をします（表2）。燃焼が進むとペレットからFPガスがより漏れやすくなり、また、燃料損傷をより起こしやすくなるなど、欧米のプルサーマルに比べより危険です。

(4) 燃料棒内の圧力が高くなる

- ① ウラン燃料よりFPガスの放出が多い。
- ② プルトニウムはウランよりアルファ線（ヘリウムの原子核で気体状）を多く放出する。対策として、燃料棒内に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が、それでも運転中に内圧がより急激に上昇します（図7）。

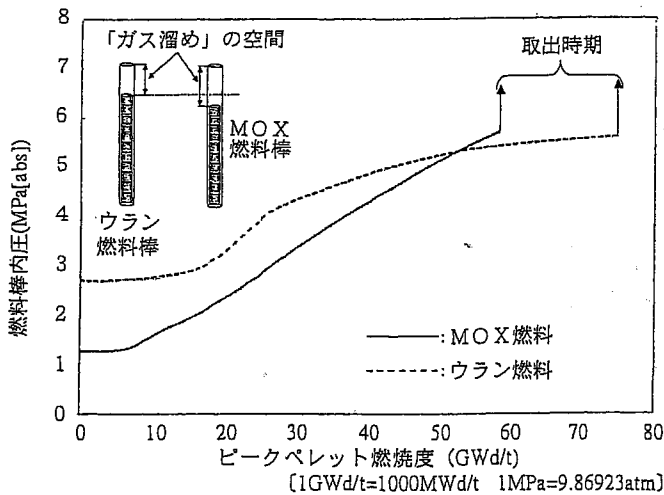


図7 燃料棒内圧力の燃焼に伴う変化
(中国電力島根3号(BWR)の例)

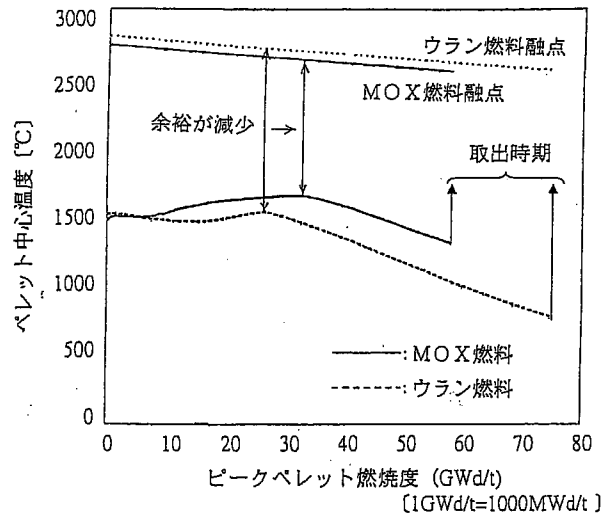


図8 ペレット中心温度と燃料融点の変化
(中国電力島根3号(BWR)の例)

(5) MOX燃料は融点はウラン燃料より低い（図8）

プルトニウム含有率の違いによって、ウラン燃料より融点が数十℃から約100℃低くなり、それだけウラン燃料より溶けやすくなります。

(6) MOX燃料はウラン燃料より熱伝導度が小さい

ウラン燃料より熱伝導度が約5%小さくなります。それだけ熱を伝えるにいくため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。

(7) MOXの新燃料の放射能はウラン燃料より強いいため、作業者の被曝量が増えます（図9）。

(8) 臨界量が小さい

再処理工場や燃料加工工場、輸送事故時の臨界事故の危険性がより大きくなります。

(9) 発熱がウラン燃料より大きい

(10) 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。

(11) 反応度急昇事故時の試験が不十分。

設置許可申請時の国の安全審査では、出力急上昇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。そのためには、十分に燃焼した燃料の出力急上昇による破壊試験が必要。その試験例が、MOX燃料棒については、フランスの3例と日本の3例（うちBWR燃料はわずか1例）だけで極めて少なく、フランスの1例ではウラン燃料には見られなかった異常な壊れ方を示しました。

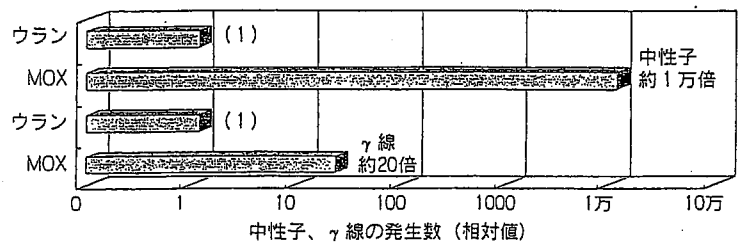


図9 MOXとウランの中性子、γ線発生数比較

5、安全余裕が削られる

プルサーマルにより危険性が増えることは推進側もよく知っていることなので、個々に対策も講じられている。しかしその対策は、現行の設計を変えずに運用のやり方で乗り切るという人の手に頼るものなので限界があります。国の定めた許容条件を満たしているので安全だとして許可されていますが、従来の安全余裕は確実に削られています。

機械は故障するもの、人間にミスはつきものです。過去の例に見るとおり、事故はいつも予期せぬ故障や人為ミスなどをきっかけで起こったり拡大しています。安全余裕は、トラブルやミスが事故につながるのを防いだり、事故時の影響拡大に対する抵抗力として働き、予期せぬ事態への備えとなります。原発のように、事故時の影響が大きい施設にとって、安全余裕を充分取ることは特に重要です。

プルサーマルは、ウラン燃料が従来もっていた安全余裕を確実に削ります。その結果、ウラン燃料なら耐えられた事故もプルサーマルになると耐えられずに被害を招く恐れがあります。

プルサーマルはまた、事故のきっかけとなる事象や要因も確実に増やします（局所的な燃料棒の過熱、燃料製造ミスなど）。その結果、事故の発生機会も確実に増えるでしょう。

6、日本のプルサーマルは他国に実績がない

プルサーマルの推進側は、「プルサーマルは海外に多くの実績がある。日本でも少数体試験やふげんの実績がある」として、過去の国内外の実績を安全の証明にしています（表3）。しかし、これは単に使用されたMOX燃料集合体や実施された炉の数だけを比較しているに過ぎません。プルトニウム含有率あるいはプルトニウム富化度や燃焼度など、プルサーマルの安全上重要な技術的条件を比較すると（表2）、日本のプルトニウム含有率あるいは富化度に対する規制値が、他国に比べ突出して高いことがわかります。日本の過去の少数体試験やふげんの条件と比べても著しく高い。日本が計画している条件と同等のプルサーマルの実績は、世界のどこにもありません。外国の実績は安全性の証にはならないのです（表3）。また、外国の例は加圧水型炉が大部分で、沸騰水型炉の実績ははるかに少ないです。

表3 プルサーマル 海外および過去の国内実績との比較

2002年末現在

	炉型	炉数	MOX燃料集合体数	プルトニウム含有率 (最大)%	燃焼度(GWd/t) 集合体最大
少数体規模実証試験 (日本)	BWR(敦賀1号) PWR(美浜1号)		2(308体中) 4(121体中)	6.2 4.2	26.4 23.2
海外	BWR PWR	12 37	545(18%) 2419(82%)	4.65(富化度) 7~8	42 40~50
日本の計画	BWR PWR			13 13	40 45
参考(日本)	ATR(ふげん)		772	2.0(富化度)	20

注1: 敦賀1号は中空ペレット、MOX燃料棒はすべて燃料集合体の内側に配置

注2: プルトニウム富化度とは、核分裂性プルトニウムの濃度

7、プルサーマルは受け入れた後で危険性がエスカレートする

(1) MOX燃料はいずれ高燃焼度化される

電力自由化の下で、発電コストの削減は電力会社にとっての課題です。燃料のコストを下げるため、ウラン燃料は、どんどん高燃焼度化が進められています。MOX燃料は、プルサーマル導入期こそ燃焼度を低く抑えますが、いつまでもMOX燃料だけ特別扱いされることはありません。いずれMOX燃料の燃焼度制限値も引き上げられ、やがてウラン燃料と肩を並べることは確実です。すでにフランス トリカスタン1号機で5.2GWd/tの高燃焼度化MOX燃料の装荷が試験的に試みられています。MOX燃料は、燃焼度が上がるほど危険性が増加します。

(2) プルトニウム含有率（または富化度）の増大

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る。

以上のように、プルサーマルはいったん受け入れると計画が次々エスカレートし、危険性が増大していく宿命にあります。

8、電力会社の経営を圧迫するプルサーマル

(1) プルサーマルで高騰する発電コスト

燃料加工費だけでも、OECD（経済協力開発機構）の試算でウラン燃料の約4倍、関西電力（加圧水型）の試算では約2倍。

これに、輸送費、貯蔵費、使用済MOX燃料処理処分費、核防護対策費まで考えると、ウラン燃料の10倍以上かかるとの推定もあります。

(2) 電力自由化でより負担になる

プルサーマルは発電コストを押し上げるため、電力自由化が進められ他の電力会社や独立発電事業者との本格的競争にさらされると、電力会社にとって大きな経済的負担になります。

9、核拡散の危険性の増加と核防護対策の強化による管理社会化の恐れ

ウラン燃料は濃縮度が低い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るため、核拡散の危険性が増加します。その防護対策はウラン燃料に比べ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るから、核物質防護措置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、管理社会化、警察国家化をまねく恐れがあります。

VII. まとめ

- ① プルサーマルは、今の原発が持っている安全余裕を削る。
- ② プルサーマルは、始まった後で危険性がどんどんエスカレートする。
- ③ プルサーマルは、使用済MOX燃料の処遇を決めないまま見切り発車される。
- ④ プルサーマルは、資源節約やエネルギー問題とは関係ない。もんじゅ事故で破綻した原子力政策の失敗を隠ぺいし、そのツケを原発立地と六ヶ所村に押し付けるもの。
- ⑤ プルサーマルは、核兵器の材料であるプルトニウムの大量使用、大量流通に踏み出すこと。それは近隣諸国を恐怖させ、世界の情勢を緊張させ、国際道義に反する。

建前だけの時代（高速増殖炉の幻想の時代）

- 1961年 原子力委員会第二回「原子力開発利用長期計画」（長計）にプルサーマル初登場

- 1986年 日本原子力発電敦賀1号（BWR） 「少数体規模実証試験」実施
 2体のMOX燃料集合体で3年6ヶ月、集合体平均燃焼度26.4GWd/t
- 1987年 第五回長計、90年代前半にPWR、BWR各1基で「実用規模実証計画」
 しかし、実施されず
- 1988年 関西電力美浜1号（PWR）、「少数体規模実証試験」実施
 4体のMOX燃料集合体で2年9ヶ月、集合体平均燃焼度23.3GWd/t

つじつま合わせの時代（余剰プルトニウムの時代）

冷戦終結

- 1991年 政府「余剰プルトニウムを出さない」と国際公約、初のプルトニウム利用計画発表
 2010年までに需要・供給それぞれ約8.5トンでバランス
- 1994年 第8回長計、90年代後半に少数基、2000年頃約10基、2010年まで十数基

実施へ動き出した時代（使用済燃料問題が表面化した時代）

- 1995年 12月、高速増殖炉「もんじゅ」、ナトリウム漏えい・火災事故
- 1997年 1月、総合エネルギー調査会原子力部会、プルサーマル推進策発表
 2000年までに3～4基、2000年代後半数十基
- 同 2月 ・通産相と科技庁、福井・福島・新潟三県知事に協力要請（福井は拒否）
 ・電気事業連合会、「プルサーマル導入計画」発表
 ・橋本首相、三県知事招き協力要請
- 同 3月、東電・関電・原電、導入炉と導入年を挙げ、各県に導入の申し入れ

挫折の時代

- 1999年 英国BNFL社によるMOX燃料製造データ捏造発覚、関電高浜の計画延期
- 2001年 刈羽村住民投票「プルサーマル反対」が過半数、東電MOX燃料装荷を断念
- 2002年 東電で原発の欠陥隠し発覚、福島・新潟両県知事、プルサーマル事前了解を白紙撤回
- 2004年 関電美浜3号で作業員11人死傷事故、プルサーマル実施の見通し立たず

再始動へ動き出した時代

- 2004年 経産省、プルサーマル同意自治体へ電源交付金大幅増の新制度
 同 4月九州電力玄海3号、5月四国電力伊方3号それぞれ自治体に申し入れ
- 2005年 5月中国電力島根2号、中国電力浜岡4号それぞれ自治体に申し入れ
 同 10月、経産省、核燃サイクル交付金新設、プルサーマル容認県へ交付金上乘せ
- 2008年 4月北海道電力泊3号、11月東北電力女川3号、それぞれ自治体へ申し入れ
- 2009年 5月、フランスよりMOX燃料を浜岡、玄海、伊方に搬入
 同 6月、電気事業連合会、プルサーマル導入計画の5年延期を発表