

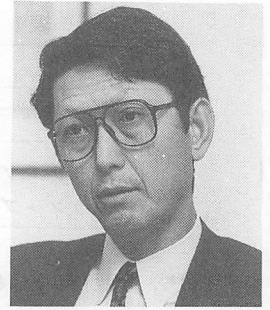
■ 論 説 ■

プルトニウム問題について

Of the Plutonium Issue

鈴木 篤 之*

Atsuyuki Suzuki



1. はじめに

わが国では、国内の再処理容量が不足しているため原子力発電の使用済燃料の再処理を英仏に委託している。英国に先んじて、フランスは、数年前から日本をはじめとする諸外国の使用済燃料の再処理を専用とする工場を新設し運転を始めている。

このフランスの工場で回収されたわが国の使用済燃料からのプルトニウムの一部を高速炉「もんじゅ」の燃料として利用するため、約1トンのプルトニウムが昨年11月初にフランスのシェルブールを出港し今年の1月初に日本の東海港に到着した。このプルトニウムの輸送を巡って国内外で大きな論議を呼んだ。

本稿では、これに関連して、プルトニウムの特徴、その利用の実績や将来の計画、国内外での論争の論点、及びそれらに関する若干の私見を述べてみたい。

なお、プルトニウムの量の表現方法には次の3通りがある。プルトニウムにはいくつかのアイソトープがあり、核分裂反応を起こし易いアイソトープの資源的価値がとくに高い。その核分裂性プルトニウムの量で表現する方法がしばしば用いられる。本稿でも原則としてその方法に従う。核分裂性ばかりでなく全てのプルトニウムの合計量として表現する方法もある。核分裂性プルトニウムの含有率は個々のプルトニウムによって異なるが、多くの場合、70%前後である。したがって、核分裂性プルトニウム量を約1.4倍すれば全プルトニウム量の概数が得られる。また、ほとんどの場合、プルトニウムは酸化物質状態になっている。酸化プルトニウム量は純プルトニウム量のさらに約1.1倍である。

2. プルトニウムの特徴

ウランにしてもプルトニウムにしても、それがすべ

て核分裂を起こしエネルギーに変わると、その発生エネルギーは同じ重さの石油から得られるエネルギーの約200万倍にも達する。ここに原子力の最大の特徴がある。このことは、廃棄物の発生量に端的に現れている。現在、わが国の火力発電（全kWhの60%強）からの炭酸ガスの全排出量は国民1人当たり年間約0.7t（炭素換算）といわれているが、これに対して、原子力発電（全kWhの25~30%）の燃料廃棄物（いわゆる高レベル廃棄物）は国民1人当たり年間わずか0.3g程度である。

ところで、ウランは核分裂の程度に限界があるのに対し、プルトニウムは半分以上が核分裂性であり、そのほとんどを実際にエネルギーに変えることができる。概数を示せば、1gのプルトニウムは約1トンの石油に相当する。一方、1gのウランはその1/100の10kg程度である。したがって、今回のフランスから輸送した1トンのプルトニウムは石油に換算すると、約100万トン、たとえば20万トンの大型タンカーにして5隻分ということになる。

資源的価値のこれ程高いプルトニウムは天然にはほとんど存在しない。原子炉内でウランから生成される。原子炉内のウラン燃料は、現在の原子力発電所の場合、大よそ表1のように変化している。ほとんどのウランは未反応のままである。エネルギーに変わっている部分はわずか3%程度であり、そのうちの1/3は、ウランから生まれたプルトニウムの核分裂によっている。そのプルトニウムと同程度の量のプルトニウムが使用済燃料の中の残存している。その残存プルトニウムと未反応の大部分のウランを回収することが再処理の目的である。

図-1にその再処理の効用を簡単に示す。現在の原子力発電所（非リサイクル型）では100の原子燃料から3のエネルギーを得ているが、その100の原子燃料をつくるのにウランを濃縮する必要があるため約600の天然ウランを消費している。600から3のエネルギー

* 東京大学工学部原子力工学科教授
〒113 東京都文京区本郷7-3-1

表1 現在の原子力発電所におけるプルトニウムの発電寄与(概数)

	使用済燃料中の構成(%)	発電寄与
(1) ウラン → ウラン	96	—
(2) ウラン → エネルギー	2	2/3
(3) ウラン → プルトニウム → エネルギー	1	1/3
(4) ウラン → プルトニウム → プルトニウム	1	—

を得ており、資源利用率はわずか0.5%にすぎない。これに対し、再処理によって回収される97のウラン・プルトニウムをリサイクルすれば、天然ウランの所要量は約400ぐらいで済む。資源利用率は0.75%、現状の約1.5倍に向上する。

しかし、ウラン濃縮による損失が依然として大きい。いわゆる高速炉にすればその損失がなくなり、しかも3のエネルギーを得るのに50ぐらいの原子燃料で済む。その結果、資源の利用率は60%程度に飛躍的に向上する。いわゆる環境問題を解決するための大原則の1つは資源の節約である。わが国の場合、必要な天然ウランをすべて外国から輸入しているため忘れられがちであるが、原子力発電においても天然ウランの採掘を通しての環境問題に思いを致す必要がある。高速炉による資源節約はこの点で潜在的に大きな意味を持っており、プルトニウム利用の窮極的意義もこの点にある。

他方、プルトニウムは発ガン性で猛毒であると思われる。概して言って、たとえばウランと比べた場合、比放射能は約5万倍である。ただし、比放射能からみれば、天然に広く存在するラジウムの方がプルトニウムよりもずっと高い。ラジウムはウランの100万倍である。ラジウムも発ガン性でありプルトニウムの20倍も強い放射能をもっているが、プルトニウムほど猛毒だとは思われていないようだ。

比放射能より重要な指標は、実際にもし体内に摂取してしまった場合の危険性である。プルトニウムについて実際に摂取してしまった事例が過去にいくつかあるが、それが明らかな重度の身体的障害をもたらしたという報告はない。したがって、プルトニウムの安全基準は動物実験の結果などをもとに十分な安全係数を見込んで決めざるをえない。そのようにして決められた安全基準をたとえばラジウムと比較してみると、吸入摂取ではラジウムよりも約2倍ぐらい厳しく、経口摂取ではラジウムの方が350倍ぐらい逆に厳しい。これは、プルトニウムの場合、経口摂取では消化管への吸収が少く摂り込まれにくいのに対し、吸入摂取では肺などへの沈着のおそれがあることをとくに考慮してあるためである。ラジウムにせよプルトニウムにせよ専門的にはその安全性に十分に留意する必要があるが、一般の人々に対しプルトニウムとは比べものにならないほど危ないという印象を与えてしまっているのは残念なことである。

3. プルトニウム利用の実績と計画

海外に再処理を委託していることもあって、わが国の再処理は未熟と思われることもあるようだ。しかし、ここ数年の東海村の工場は比較的順調な成績をおさめている。昨年6月末までの再処理量は使用済燃料にして約630トンに及んでおり、軽水炉の使用済燃

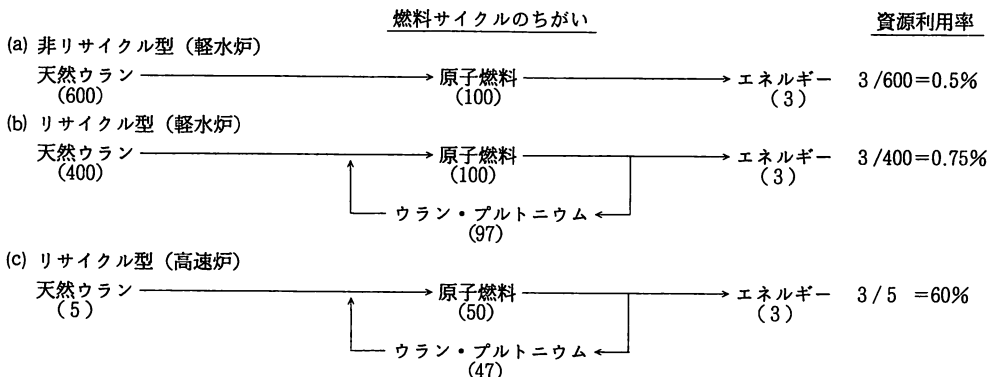


図-1 原子力発電所での燃料リサイクルによる資源節約効果—再処理の効用

料の再処理量に関する限りフランスに次いで世界2位の実績である。

ウランとプルトニウムを混合酸化物（MOXと称する）にする燃料の製造も動力炉核燃料開発事業団の東海事業所で行われており、これまでの実績は100トン以上に上っている。ただし、これらは主として実験用高速炉「常陽」や新型転換炉と呼ばれるやや特殊な原子炉用のもので軽水炉用に関するものはごく小数である。

軽水炉（BWR又はPWR）へのリサイクル利用は海外においては20年以上も前から進められている。米国では60年代の後半から一時期、総計100体以上のMOX燃料を利用したことがある。最も積極的に利用を進めてきている国はドイツで、やはり60年代後半から始め現在も続けている。これまでのMOX燃料としてリサイクル燃料体数は約400体である。フランスも80年代後半から始めており、これまで200体以上のMOX燃料リサイクルの実績がある。この他の国々のものを合わせると海外のリサイクル実績は総計1000体以上に及んでいる。

わが国でも少数の実績がある。BWRについては日本原子力発電の敦賀1号炉で86年から90年までに2体のMOX燃料を使用し、PWRについては関西電力の美浜1号炉で88年から91年までの間に4体のMOX燃料を使用した経験がある。いずれも安全性などの面で通常のウラン燃料と同等の性能が得られている。

高速炉についても、海外の経験が先行している。最も古くから運転されている高速炉は米国のEBR-IIとよばれる実験炉で30年近い実績を誇っている。英国

及びフランスでは、約20年近く前から出力25万kWeの原型炉をそれぞれ運転してきている。実用規模の高速炉の経験はロシアが長く、BN-600と呼ばれる60万kWeの高速炉を10年以上前から運転している。さらに大きな実用炉については、フランスの120万kWeスーパーフェニックスがあり数年前から運転されている。現在は技術的トラブルなどのため運転を休止しているが、再開に向けて準備中と伝えられる。

わが国では、実験炉「常陽」を15年程前から運転し、種々の経験を積むとともに、出力28万kWeの原型炉「もんじゅ」が今年中には臨界になる予定になっている。さらに、その後の実証炉の計画が具体的に検討されつつある。

プルトニウムについては、国際的に核不拡散上の配慮をとくに要することから、わが国ではその利用計画を内外にできるだけ透明にすることが肝要との観点にたち、2010年頃までを見通した需給計画を原子力委員会が91年8月に発表している。

表2がその要約であるが、2010年頃までの約20年間の積算で示した場合、プルトニウムの総需要は80～90トンと予想され、それに対する総供給は約85トンであるとの見通しが示されている。需要側については、高速炉の「もんじゅ」以降の計画に依存するところが大きく、また今後20年間は高速炉の実用化までの過渡期であることから軽水炉へのリサイクル利用が最大の需要となっている。

一方、供給側については、六ヶ所村に計画されている新しい再処理工場が最大の供給源になっている。2000年頃から運転を開始し最大で年間800トンの使用

表2 わが国のプルトニウム利用計画

1991年～20年頃までの20年間の積算 (原子力委員会 1991年8月)	(参考) ⁽¹⁾	年平均で見た場合	
		90年代	2000年以降
需要(積算)	80～90t	～2.5t/年	～5t/年
高速炉(常陽・もんじゅ)	12～13	≥0.5	≤1
(実証炉/実用炉)	10～20		～1
新型転換炉	10	～0.1	～0.5
軽水炉	～50	≤2 ⁽²⁾	～3 ⁽²⁾
供給(積算)	～85t	～2.5t/年	～5t/年
東海村	～5	～0.5	～0.1
六ヶ所村	～50		～4
海外(英仏)	～30	～2	～1

注(1)実際の利用計画では、余剰が発生しないように常にバランスがとられるので20年間の積算値よりも年平均の値の方が意味がある。年平均の値は、原子力委員会の報告書には示されていないが、大よその概数を計算値として参考までに示しておく。

注(2)日本全体の軽水炉燃料所要量に対して数%という%のオーダーである。

済燃料を処理する計画になっており、20年間で約50トンというプルトニウムの供給量予測はいわば上限値に相当する。東海村の工場は六ヶ所村工場が動きだしてからは研究開発用に利用することになっており、これまでの実績から判断して約5トン程度のプルトニウムが供給されるものと想定される。海外への委託分については、現在既に契約済みの使用済燃料量から推算して統計30トンぐらいと見込まれる。

4. プルトニウムを巡る論点

上記のようなプルトニウム利用計画や今回の輸送に対して国内外からいろいろな意見が示された。その中には傾聴に値する点も少なくないように思う。

(1) 輸送の安全性と情報の公開性

海上輸送に関する限り、放射線上的取扱いはプルトニウムよりも余程気を使う使用済燃料をわが国とヨーロッパの間でこれまでに何回も輸送しており、それらの経験に照らしてみても今回のプルトニウム輸送が安全面で特段に問題があるとは考えにくい。プルトニウム自身についても、ヨーロッパ内ではたびたび国際間輸送されている。因みにフランスの再処理工場からベルギーのMOX燃料製造工場へは92年だけで1トン以上のプルトニウムが輸送されている。

安全性そのものに対しての不安というよりも、それに関する情報の公開を求める声が大きかった。たとえば、輸送用容器の火災試験の妥当性を疑問とする意見が出されたが、それはその試験の内容が十分に周知されていなかったことに起因しているように見受けられる。安全性に関する情報は出来るだけ公開することが望ましい。

(2) 核拡散の危険性への懸念

プルトニウムの特徴の一つに、ウランに比べて比較的少量で核分裂の連鎖反応を維持し得るという点がある。このために核兵器への転用がウランよりも起き易いのではないかと懸念がある。この点については、次のような配慮がとくに重要であろう。

暴力行為による略奪の可能性に対しては、核物質防護の観点から国内的にも国際的にも十分に対応していく必要がある。このためいわゆるセキュリティー確保の立場から情報の公開性に一定の留保がつくこともやむを得ないであろう。輸送ルートについて日本政府が事前に明かにしなかったのはこのためと考えられる。しかし、却って、諸外国に不安感を与えてしまった面も否めない。この点に関しては今回の経験を参考にし

今後の輸送計画を進めていく必要がある。

今回の輸送計画というよりもわが国の利用計画に関連して、それを是認すれば他の政情が不安定な国々に対して非平和目的のプルトニウム利用を正当化する口実を与えることにならないかとの懸念が出された。依然として深刻な中東の情勢や朝鮮半島における南北情勢などから考えて、このような懸念が生じるのはある意味でやむを得ないことである。

しかし、それでは、わが国の計画を仮に中止すればそれらの国々への核拡散の危険性が減少するかといえば、そういうことにはなりそうにもない。また、わが国の計画がその危険性を実際に高めているとの説にも首肯しがたい。これまでの事例に明らかのように、そのような危険性はわが国におけるような本格的規模の原子力発電計画からの転用よりもっと小規模の研究開発施設からの転用の方がずっと大きいからである。

大切な点は、わが国としてもそのような危険性を軽減するための国際的努力に進んで貢献していくことである。それは地域的紛争そのものの解決に向けた積極的なものでなければならない。とくに東アジアにおける地域的安定化に向けた積極的姿勢が求められているように思う。

それに関連して、わが国では核は平和利用に限るとの認識が広くあるため見落としがちであるが、諸外国では核拡散への懸念が依然として根強くある点を忘れてはならないように思う。とくに米国の議会内などに強くクリントン新政権下ではこれまで以上にその懸念が表に出てくることも考えられる。この点でのわが国の国際的責任はますます大きくなってよう。

(3) 経済的合理性と需給計画の妥当性

高速炉については、それぞれ事情は異なるものの、概して財政難から米・英・独が実質的に撤退している状況にある。米国では、EBR-IIの実績をもとに金属燃料サイクルの可能性も検討されているが、実用化までには技術的な課題以上に困難とも思われるいくつかの社会的問題を解決しなければならない。英国は高速炉ばかりでなく原子力そのものの進展に停滞がみられる。ドイツでは、反原子力を綱領としているグリーンピースの影響力がとりわけ州政府で強く、新規の原子力計画を進めることは政治的にきわめて難しい状況にある。そのためのコスト負担が著大になっている。

フランスにおいても財政状態は決して楽ではないが、大型実用炉を建設したという世界 No.1 の実績をもとに技術力の継続を図りたい意向のようだ。そのため、

プルトニウムと同様に使用済燃料に残存している超ウラン元素も高速炉であれば資源として利用し易いことに着目し、資源のリサイクルをより高度化していく技術開発の方向が検討され始めている。

高速炉に関連したこれらの国際的状況に照らしてわが国のプルトニウム利用計画もこの際見直すべきではないかとの意見も出されている。高速炉ばかりでなく新しく計画されている再処理工場の建設に要するコストも勘案すると、関連する設備投資は相当な額に達するものと予想される。

短期的にみて、プルトニウム利用が現在の軽水炉(非リサイクル型)サイクルに比べて経済的に有利になる可能性は低い。しかし、長期的にみた場合、現在の軽水炉サイクルの結果貯まってくる使用済燃料をそのまま廃棄物とすることはわが国のような資源小国がとるべき選択ではなく、廃棄物管理の観点からもリサイクル計画には取り組まざるを得ないのではないであろうか。プルトニウム利用とはそれ相応の技術力と経済力があってはじめて実際に可能となる。現在のところ、その能力を最も有する国はわが国をおいてほかになさそうだ。関係者の粘り強い努力が期待される。

(4) 解体核兵器からのプルトニウム

冷戦の終結とともに核軍縮が進み、戦略核についてはその解体が検討されるまでになってきている。もし解体されるようになれば、そこから大量の核物質(高濃縮ウランと高純度プルトニウム)がでてくるので、それを考慮すると世界のプルトニウム需給は供給過多になるとの懸念も指摘されている。

推定では、たとえばロシアからの解体プルトニウム量は日本の計画の20年分位といわれている。仮に、国際協力の観点から米・ロ・仏・独・日の5ヶ国で均等に利用すると仮定すると、1ヶ国平均4～5年分であり、長期的にはわずかな量である。ロシアの意図は明かにそれによる外貨獲得にあり、また、米・ロはプ

ルトニウムの生産を停止しているだけであっていつでも再生産が可能ようになっていく点にも留意する必要がある。わが国のプルトニウム利用計画のここ10年～20年の目的は、実用化に必要な技術と人材を育成し将来の高速炉時代に備えることにあり、この目的は外国のプルトニウムを購入することによっては達成できそうにもない。

しかし、解体核兵器からの核物質については、これを安全かつ有効に活用していくことが国際的世論であり、わが国としても、国内で開発された平和利用技術を提供するなどによってその方向に向けてできるだけ積極的に貢献していくことが望ましいことは言うまでもない。

5. おわりに

プルトニウム問題は、今後ともいろいろな形で論議されるであろう。なかんずく、冷戦構造の崩壊ともななって新しい国際平和の枠組が模索される中で、プルトニウムの平和利用についても新たな枠組みを必要とするかも知れない。その一つに、プルトニウムを国際的に共同して管理しようという国際プルトニウム貯蔵ないし国際プルトニウム管理とよばれる制度が提案されている。

今日の国際社会において主流となっている資本主義や欧米の民主主義はいずれもキリスト教的考え方と密接な関係がある。プルトニウム利用に関する欧米諸国の考え方の底流にもこれらの主義主張がある。その国際社会の一員としてわが国も立派な資本主義と民主主義の国と認められているが、いわゆるキリスト教的考え方がその基盤にないという意味で欧米諸国からみればやはり異質なものに映っているようだ。

たとえば国際プルトニウム管理制度に参加するにしても、わが国はわが国なりの主義主張の下にいかん主体性を発揮していくかが問われているように思われる。