

プルトニウムの分離を終わらせる
日本の使用済み燃料管理のもう一つのアプローチ
(2013 年 8 月)

田窪雅文 フランク・フォンヒッペル
核分裂性物質に関する国際パネル (IPFM)
米国プリンストン大学科学と国際安全保障に関するプログラム

目次

要約.....	i
初めに	1
プルトニウム増殖炉の夢.....	4
増え続ける日本の分離済みプルトニウム.....	5
原子炉級プルトニウムは核兵器に利用可能.....	7
再処理継続の正当化理由としての日本の使用済み燃料問題.....	8
再処理は放射性廃棄物の量と毒性の低減を可能にするか？	10
再処理に代わる道としての乾式キャスク貯蔵	11
再処理積立金による六ヶ所再処理工場の借入金の支払い.....	14
国による使用済み燃料管理責任の引き受け.....	15
プルトニウム処分のための MOX 利用に代わる道	16
参考文献及び注.....	19

要約

日本の使用済み燃料再処理政策は、資源の節約や放射性廃棄物管理面で得られる利点がわずかである一方、実現可能性、危険性及びコストの面で悪化一途を辿っているが、日本は、その軛から抜け出せないでいる。

- 日本の現在の政策は、すでに蓄積してきた 44 トンの分離済みプルトニウム——長崎型原爆 5000 発分以上に相当——の処分の明確な道もないにも拘わらず、年間約 8 トンのプルトニウムを分離する設計の六ヶ所再処理工場の商業運転を始めようというものである。
- 日本が保有する核兵器利用可能な分離済みプルトニウムは、核テロを起こそうとするものにとって格好の標的となる上、日本は、再処理をする唯一の非核兵器国として核不拡散体制を脅かしている。核兵器オプションを——あるいは、核兵器さえをも——望む非核兵器国が模倣できる前例を作ることによってである。
- 六ヶ所再処理工場の運転は、これを運転せずに使用済み燃料を保管しておく場合に比べ、工場の運転期間全体を通して見ると、日本国民にとって 8 兆円のコスト高となる。

他の先進国と同様、日本がプルトニウムを回収するために軽水炉の使用済み燃料の再処理を始めたのは、軽水炉よりもウランをずっと有効に利用できる液体ナトリウム冷却プルトニウム増殖炉の運転を開始するためだった。増殖炉は、1980 年代から、何千基も運転されるようになるはずだった。しかし、日本がその高速増殖原型炉もんじゅでの経験で学んだ通り、液体ナトリウム冷却炉は、水冷却の軽水炉よりずっとコスト高で信頼性が低く、その商業化に成功した国はない。

増殖炉の商用化計画が失敗したため、日本は、増大を続ける分離済みプルトニウムを軽水炉用の「ウラン・プルトニウム混合酸化物 (MOX)」燃料に入れてリサイクルすることに決めた。しかし、この計画も、これまでのところ、失敗している。

今日、六ヶ所再処理工場の運転を正当化する主要な議論は、日本の原子力発電所の使用済み燃料の敷地外搬出先確保の必要性である。米国など、原子力発電所を持つ他のほとんどの国々は、使用済み燃料用プールが満杯になると、単に、古い燃料から順に空冷式の乾式貯蔵キャスクに移すことによって再処理のコストとリスクを回避している。しかし、日本は、再処理政策を変えるためには、国と原発所有の電力会社がさまざまな困難な問題に同時に取り組まなければならないという状態にある。例えば次のようなことをする必要がある。

1. 原子力発電所立地県・市町村を説得して、敷地内乾式貯蔵を受け入れてもらうこと。国と電力会社は、使用済み燃料は輸送するのに十分なレベルに冷却

され次第、発電所から六ヶ所再処理工場に送りされると何十年も前から約束し続けてきた。しかし、六ヶ所再処理工場の運転は、15 年以上遅れたため搬出が遅れている。このため、電力会社は、原子力発電所のプールの使用済み燃料貯蔵密度を上げてきた。

2. 日本全国の使用済み燃料を受け入れている青森県及び六ヶ所村と再交渉すること。県と村には、使用済み燃料の受け入れと引き替えに、雇用（六ヶ所再処理工場、工場に隣接して建設中のウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）燃料工場の建設及び運転、その他の事業から来るもの）や、「核燃料」税や交付金（六ヶ所村の総収入の半分及び青森県の税収入の 7 分の 1 を提供）などが提供されてきている。

全国の原子力発電所立地県が、再処理に代わる道として敷地内貯蔵を受け入れる用意があるとなると、青森県は、現在、使用済み燃料の集中中間貯蔵と交換に得ている利益を、再処理なしで維持するための交渉をしなければならなくなるだろう。

3. 「再処理積立金」に関する法律を変え、六ヶ所再処理工場の商業運転を開始しないと決定がなされても工場のためのローンの返済が続けられるようにすること。現在は、日本原燃が銀行及び電力会社から借り入れた資金の返済を「積立金」からするには、再処理工場運転計画の続行が必要とされている。野田政権時代、日本の再処理政策変更の可能性について本気の真剣な議論が公の形で行われなかったのは、銀行がそのローンの返済を要求すれば、日本原燃のローンの債務保証を提供した電力会社の一部が倒産するとの懸念が囁かれていたためである。
4. 経済産業省のたびたびの主張とは異なり、使用済み燃料を再処理して、分離済みプルトニウムを MOX 燃料としてリサイクルするのは、あまり、放射性廃棄物の危険性を下げることにも、処分を簡単にすることにもそれほど貢献しないと認めること
5. 使用済み燃料の処分の責任が国にあることを受け入れること。英米両国では、この責任を政府が負うとの決定が、再処理放棄を可能にする上で鍵となった。日本の再処理政策は非常に複雑で、継ぎ接ぎ的な手法では変えることができないものとなっている。
6. 日本が保有する 44 トンの日本の分離済みプルトニウムについては、日本の原子力発電所での MOX 燃料使用の受け入れを国民に押しつけようとするのではなく、直接処分すること。

初めに

野田政権による 2011 年 3 月の福島原子力発電所の事故後の日本の原子力政策の見直しは、二つの決定をもたらした。

- 1) 日本の原子力発電所を 2030 年代末までに停止すること。
- 2) 六ヶ所再処理工場の 2013 年運転開始という計画を続行すること。

安倍新政権は、脱原発の決定を覆したが、再処理続行の政策は維持した。

二つの政権が原子力の将来についての見解を完全に異にしながら、再処理の継続の必要性については同じ考えを持ったというのは驚くべきことである。再処理は、日本の政策が原子力発電所を持つ他のほとんどの国と異なる分野である。日本は、再処理をしている唯一の非核兵器国である。米国が、40 年近くに亘って、核不拡散の観点から再処理を放棄した米国の仲間入りをするよう説得を試みて来たにも拘わらずである。日本は、すでに 44 トンの分離済みプルトニウムを蓄積している。そして、現在、さらに年間 8 トン分離することを計画している。

プルトニウムは、核兵器物質であり、その分離は経済的に意味をなさない。使用済み燃料の中にある限り、プルトニウムは、実質的にアクセス不能だが、分離済みプルトニウムは、核テロリストとなろうとするものにとって魅力的なターゲットである。日本が毎年分離することを計画している 8 トンのプルトニウムは、長崎型原爆 1000 発を作るのに十分な量である。

各国は、核兵器オプションを手に入れるための活動の隠れ蓑として「民生用」再処理を利用することもできる。インドが 1960 年代末から 1970 年代始めにかけてやったのはまさにこれである。韓国を始めとする数カ国がこの道を進み始めたが、米国からの政治的圧力や国内の政治的变化によって、これらのプログラムは、実現する前にキャンセルされた。しかし、日本は、再処理に固執することによって、韓国が再処理の権利を再度主張することについて正当性を与えている。折しも、北朝鮮の核の脅威のために、韓国では独自の核抑止力を持つべきだとの要求が高まっている。

再処理は経済的に全く意味をなさない。プルトニウムの分離にかかる膨大なコストにも拘わらず、プルトニウムは、燃料として、マイナスの価値しか持たない。

日本の原子力委員会が 2011 年に行った計算によると、再処理をすると、日本の使用済み燃料管理（バックエンド）のコスト（再処理によって生じる高レベル廃棄物の処分コストも含む）は、使用済み低濃縮ウラン燃料を単に貯蔵してそれを直接処分した場合に比べ、倍になってしまう¹。まさにこのために、エネルギー・ミックスの一環として原子力を利用している 31 ヶ国の内、再処理を大規模な形で行い、プルトニウムを軽水炉で再利用するとの政策を維持し続けているのがフランスと日本だけになっているのである²。

フランスでは、電力会社（EDF）がアレバ社にその使用済み燃料の再処理を委託しているのは、単に政府がそうするよう主張するからである。しかし、EDF は、最近、新しい契約を結ぶのではなく、2009～2012 年の再処理契約を 2013 年までだけ延長するとの選択をしている。

日本では、著者の一人（FvH）が 1993 年に東京電力及び関西電力の燃料管理部門の責任者等と会った際に、次のように聞かされた。再処理の道に「嵌ってしまっていて」抜けだせないと感じているというのである。使用済み燃料の貯蔵ではなく再処理という選択をまたすることがあるかと問われた彼らの答えは、「とんでもない」というものだった。

日本の再処理の軀は、発電用原子炉の建設許可の申請において、「使用済み燃料の処分の方法」について明示するよう定めた原子炉等規制法を使って 1960 年代から形成された。同法は「原子力の開発、利用の計画的な遂行に支障を及ぼすおそれがないこと」を許可の条件としている。政府の原子力利用長期計画は、日本における「原子力の開発、利用」は再処理を必要とすると明記している³。こうして、再処理は、電力会社にとって義務となったのである。

2012 年 6 月、同法に原子力規制委員会設立の文言が加えられた際の改定で、この再処理を要求する文言は消えた⁴。しかし、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」は、地層処分場に入れられる廃棄物のリストに、使用済み燃料を入れていない。リストに載っているのは、再処理で生じる高レベル廃棄物ガラス固化体と再処理及び MOX 燃料加工で生じる超ウラン廃棄物だけである。

たとえ、この問題が解決できたとしても、電力会社は、他の制約によって再処理から抜け出せない状態にある。

- ほとんどの場合、使用済み燃料を原子力発電所敷地内で乾式貯蔵することについて立地自治体の同意が得られていない。数年の冷却期間の後には、使用済み燃料を再処理工場に送る計画だったからである。
- 六ヶ所再処理工場を建設するために債務保証あるいは直接提供したローンは、工場の運転計画が維持されないと返済できない。

経済産業省は、再処理には環境面で利点があると主張する。一つは、再処理をしてプルトニウムとウランをリサイクルすれば、ウランの節約になるというものである。軽水炉でのプルトニウムとウランの再利用から生じるウランのネットの節約効果は——いまだ何処でも実現されていない最善のシナリオの場合に——25%である。しかし、同程度の節約は、ウラン濃縮の際に天然ウランから抽出するウラン 235 の率を上げることによって、再処理の場合の約 10 分の 1 のコストで達成できる⁵。

いずれにしても、ほとんどのプルトニウム利用計画は失敗している。MOX 使用の圧倒的リーダーであるフランスにおいてでさえ、フランス所有の分離済みプル

トリウムの量は、1988 年に 1 トンほどだったのが、2011 年末には 57.5 トンとなっている⁶

主として 1990 年代にヨーロッパで再処理された日本の何千トンもの使用済み燃料から分離された 41 トンのプルトニウムのうち、34 トンが未使用のままヨーロッパに残っている。MOX 燃料として日本の原子炉に装荷されたのは、2.5 トンだけである。六ヶ所では、六ヶ所再処理工場の試運転で分離された 3.6 トンのプルトニウムが保管されている。一方、MOX 燃料工場の建設は始まったばかりである。では、なぜ、日本原燃は、六ヶ所での稼働を急いで始めようとしているのだろうか。

独立アナリスト等が 20 年前に同じ質問を英国政府にしていた。このとき、政府は、「英国核燃料公社 (BNFL)」にその「熱中性子炉酸化燃料再処理工場 (Thermal Oxide Reprocessing Plant = THORP) の再処理開始許可を与えたのである。ウィリアム・ウォーカーはその著『核の軌』において英国政府を許可の方向に向かわせた国内外の官僚的力学を論じている。彼の言葉は、ほぼそのまま、2013 年度中に六ヶ所再処理工場の運転を開始するとの日本の計画について当てはめることができる⁷。

英国最大の工業施設の一つが運転開始となろうとしていた。施設が提供することになるプルトニウムは、もはや、必要でなく、求められてもいなかった。また、その蓄積は国際的セキュリティを危険にさらすものと見るものが少なくなかった。この施設は、相当のリスクと負担をもたらすこととなるものだった。施設が「サービス」を提供しようとしていた顧客の幾つかは、そのコミットメントから抜け出したいと望んでいた。その建設資金は……電力消費者・国民の割り増し料金・税金によって賄われたもので、運転資金もそうなることになっていた。そして、事業の成功は、各国政府やその他のアクターによる様々な問題の解決に掛かっていたが、これらに関する保証された解決策はなかった。

英国は、今日の日本と同じく、約 50 トンの民生用プルトニウムをすでに分離していた。2011 年末現在、英国が保管する分離済みプルトニウムの量は、118 トンに達している。そのうち 90 トンは英国自身の保有分で、17 トンが日本のもの、残りは、ヨーロッパの様々な電力会社のものだった

2011 年、英国はついにその再処理計画を終わらせる決定をした。現在、大変なコストをかけて分離したそのプルトニウムをどうするかという問題に直面している。

MOX 利用によるプルトニウム処分計画が機能していない現在——運転中止となっている原子炉の再稼働について明確な計画さえないなかで——六ヶ所再処理工場の運転を始めれば、日本は英国と同じ道にやみくもに突入することになる。

以下、次のような点について検討する。

1. 日本の核兵器利用可能プルトニウムの蓄積とそれを MOX 燃料として処分する計画の失敗

2. 日本の再処理政策の原動力となっている使用済み燃料貯蔵問題
3. 再処理で得られると主張されている放射性廃棄物管理面での利点
4. 原子力発電所を持つ他のほとんどの国で採用されている再処理に代わる道——敷地内乾式貯蔵
5. 「再処理積立金」を使って日本原燃の借入金の返済をする必要があること
6. 再処理からの政策変更を達成するために必要と見られる使用済み燃料管理責任の集中化
7. 日本の分離済みプルトニウムの処分方法のオプション

プルトニウム増殖炉の夢

日本の再処理計画は、1960 年代から 1970 年代にかけてウランの利用効率の高いプルトニウム増殖炉を商業化しようという先進工業国の努力の一環として始まった。増殖炉の初期装荷燃料を提供するために軽水炉の使用済み燃料の中にあるプルトニウムを抽出するという計画だった。

その後、1980 年代から 1990 年代にかけて、低コストのウランは当初予測されたよりも豊富にあること、また、液体ナトリウム冷却増殖炉が、コストや信頼性の面で既存の水冷却の軽水炉と競争できないことが理解されるようになると、米国やヨーロッパのほとんどの国々は再処理を放棄することを決めた。しかし、三つの国が、ほとんど全ての使用済み燃料を再処理するという計画を継続した。フランス、日本、英国である。また、インドとロシアが増殖炉の研究開発計画のために小規模の再処理を継続した。そして、2011 年、中国がその増殖炉研究開発計画のためにパイロット規模の民生用再処理を始めた。

英仏両国は、それぞれ、第二再処理工場を 1980 年代に建設した。主として、日本とドイツの使用済み燃料を再処理するためである。しかし、英国の THORP 再処理工場の顧客は、国内外を問わず、その再処理契約の更新をしていない。国内のマグノックス炉の使用済み燃料が英国の古い方の再処理工場 B205 で再処理されているが、最後のマグノックス炉は、今年閉鎖となる。従って、英国の再処理工場は、両方とも、現在の契約が終わり次第、数年内に閉鎖となる。

フランスの再処理の外国の顧客の中では、オランダが再処理契約を更新しただけである（一基の小型の古い原子炉用のものである）。従って、フランスの再処理の将来は、二つの国有企業間の闘いの対象となっている。片や運転コストを下げる電力公社 EDF、片や国有原子力サービス会社のアレバ社である。フランスの再処理を生きながらえさせている一つの要因は、アレバ社が代々のフランス大統領の支援を得て、中国に 200 億ユーロの再処理工場を売り込んでいることである。アレバ社設計の六ヶ所再処理工場に似た工場である。アレバ社はまた、同様の再処理工場を米国に売ることがあきらかでない。

増え続ける日本の分離済みプルトニウム

英仏両国で分離された日本のプルトニウムの量は約 41 トンである。主として、1990 年代のことである。元々の計画では、プルトニウムは日本の高速増殖炉（FBR）計画で使うために日本に送り返すことになっていた。しかし、FBR 計画が頓挫した後、プルトニウムをヨーロッパで MOX 燃料にして日本に送ることになった。日本の発電用原子炉 16～18 基で使うという計画である。

ヨーロッパからの最初の MOX 燃料輸送は、英仏両国からの積み荷を合わせたもので、1999 年に日本に到着した。しかし、この燃料が装荷される前に、英国のパイロット MOX 工場の労働者等が同工場で製造された MOX 燃料ペレットの一部の品質管理用直径測定値をねつ造していたことが明らかとなり、英国の MOX 燃料は送り返された。

英国の商業用「セラフィールド MOX 工場（SMP）」が 2001 年に運転を開始したが、同工場は、平均して設計容量の 1 %ほどでしか運転できず、製造された少量の MOX 燃料はヨーロッパの顧客に送られた。2010 年 4 月、日本の電力会社 10 社——SMP の唯一の顧客となっていた——は、SMP の処理量を増やすための改修工事に資金を提供することに同意した。だが、福島事故の後、「英国原子力廃止措置機関（NDA）」は、施設の放棄を決めた。理由は、「日本における地震とそれに続いた事象の結果生じうる遅延による SMP の商業的リスク・プロファイルが変化したことに鑑み」というものだった⁸。

2010 年、東京電力は、1999 年の MOX 燃料輸送の同社分を福島第一原子力発電所 3 号機に装荷する同意を福島県から得た。2001 年にフランスが柏崎刈羽原子力発電所 3 号機用の MOX 燃料を搬出したが、この燃料は装荷されていない。2009 年と 2010 年に日本に到着した第 3 回及び第 4 回の輸送分の MOX 燃料の方は、前の 2 回のものよりは上手く行っている。燃料の一部は、予定の 5 基のうち、3 基（玄海 3 号機、伊方 3 号機、高浜 3 号機）に装荷されているが、残りの 2 基（浜岡 4 号機及び高浜 4 号機）用の MOX 燃料が未装荷である。

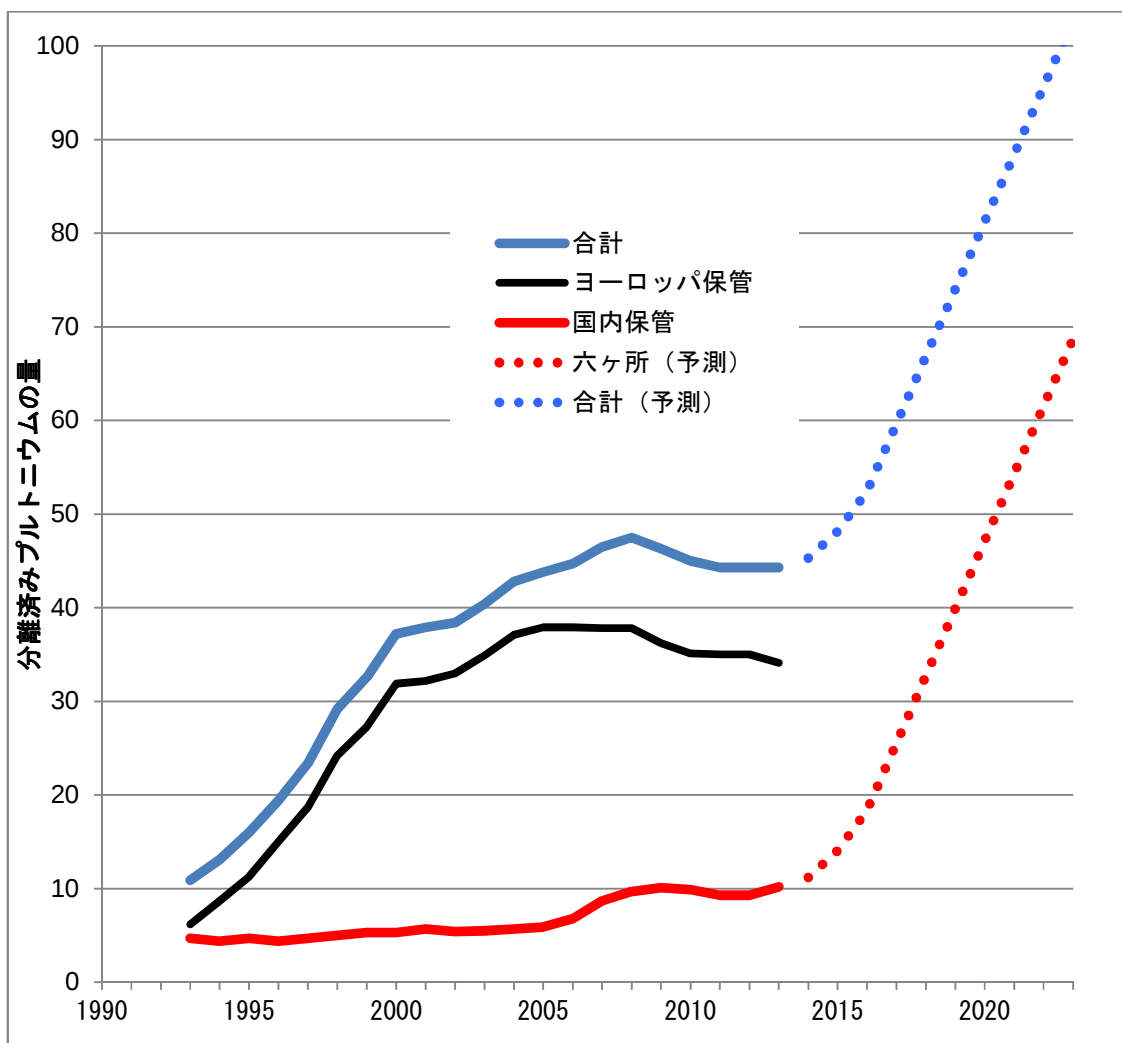


図1 日本の分離済みプルトニウムの量は1990年代から2000年代始めにかけて、主としてヨーロッパにおける日本の使用済み燃料の再処理の結果増えた。2006～2008年には、六ヶ所再処理工場の試運転で3.6トンのプルトニウムが分離されたが、高レベル廃液の固化の失敗のため中断した。2013年にフランスは、0.9トンのプルトニウムをMOX燃料として日本に送った。日本原燃の最新（2013年1月31日）の計画は、2013年度後半に六ヶ所再処理工場の運転を開始するというものである⁹。ここでの想定は、この計画は9ヶ月遅れるが、その他の点においては、日本原燃の計画に従い、2014年に1トンのプルトニウムが分離され、2015年に2.9トン、そして、2016年に4.4トンが分離されるというものである¹⁰。その後は、設計通り年間800トンの使用済み燃料が処理されて、7.2トンのプルトニウムが分離されるものとする¹¹。この計画が実施され、MOX計画が遅れ続ければ、日本の分離済みプルトニウムの量は、10年で約100トンに達することになる。

合計すると、福島第一原子力発電所の事故の時点で、フランスから3.5トンのプルトニウムがMOX燃料として日本に到着しており、そのうち、2.5トンが4基

の原子炉に装荷されていた。そして、その 4 基のうちの 1 基が（偶然）炉心溶融を起こした。

事故の後、2013 年 6 月 27 日、0.9 トンのプルトニウムを含むと見られる MOX 燃料がフランスから 2 ヶ月の航海を経て高浜原子力発電所に到着した。しかし、同発電所を所有する関西電力は、原子炉の再稼働の同意を自治体から得るのに集中している日本の他の原発所有電力会社と同様、直ちに MOX 燃料を使用する計画は持っていない。

2006 年から 2008 年の期間、日本国内保管の分離済みプルトニウムの量は、3.6 トン増えた。六ヶ所再処理工場の試運転のためである。この試運転は、再処理で発生する高レベル放射性廃棄物のガラス固化が技術的問題を持つことを明らかにした。だが、日本原燃は、この問題は解決されたと考え、2013 年 10 月に工場の竣工を宣言し、2013 年度下半期（2013 年 10 月～2014 年 3 月）に運転を開始したい考えである。しかし、この計画はまず間違いなく延期されるだろう。新設の原子力規制委員会が、核燃料サイクル施設についての新しい安全規制基準が 2013 年 12 月に確定されるまで六ヶ所再処理工場の安全性について検討できないと発表しているからである。

六ヶ所再処理工場で分離したプルトニウムを MOX 燃料にする MOX 工場は、今も 2016 年 3 月に運転開始予定とされているが、建設作業は福島事故のため 1 年ほど遅れており、建物の建設は 2012 年 10 月に始まったばかりである。この種のプロジェクトに典型的な何年もの遅延を想定すると、今後数年間に分離される追加分のプルトニウムは貯蔵される他はない。

原子炉級プルトニウムは核兵器に利用可能

再処理推進派の一部は、未だに否定し続けているが、発電用原子炉でできたプルトニウムは、核兵器製造に使うことができる。8kg で長崎型核爆発装置 1 発という IAEA の計算に従うと、日本の現在の保有量 44 トンは、5000 発分以上である。これは、日本の近隣諸国にとっても、また、米国にとっても懸念事項である。2012 年 3 月、ソウル核セキュリティ・サミットのために韓国を訪れた際、オバマ大統領は次のように呼びかけている¹²。

分離済みプルトニウムのような我々がテロリストの手に渡らぬようにしようと試みているまさにその物質を大量に増やし続けることは、絶対にしてはならない

もっと最近では、2013 年 4 月、原子力委員会の鈴木達治朗委員長代理が、同月初旬のワシントン訪問の際にオバマ政権の二人の高官から日本の再処理計画について聞かされた厳しいコメントを報告している¹³。

- トーマス・カントリーマン国務省次官補（核不拡散担当）は、六ヶ所再処理施設を稼働することは、イランに関連した米国の核不拡散努力や、再処理のしないように韓国を説得しようとする米国の努力に悪影響をもたらし得ると述べている。

- エネルギー省のダニエル・ポネマン副長官は、信憑性のある消費計画のないまま再処理することは日本のプルトニウムの保有量をさらに増やすことにならないか大いに懸念を有していると述べている。

ポネマン副長官は、2012 年 9 月、野田政権の使者に対して、野田政権の原子力政策の一貫性のなさを指摘している¹⁴。原子力を拒否しながら再処理を受け入れるということはできない。

1. 原子力を放棄するなら、再処理も放棄しなければならない。なぜなら、原子炉の燃料として分離済みプルトニウムを使用することが不可能になるからである。
2. 逆に、プルトニウム分離政策を採用するなら、プルトニウムの使用の道を確保するために原子力を続けなければならない。

しかし、このメッセージは日本に明確に伝えられていない。原子力と高速炉の研究開発に対するポネマン副長官の支持を、「米国は日本が再処理することを望んでいる」とのメッセージに変えてしまっているものさえいる。

再処理継続の正当化理由としての日本の使用済み燃料問題

日本で再処理を生きながらえさせている主たる要因の一つは、原子力発電所での使用済み燃料の貯蔵容量制約問題である。しかし、これは、「自己永続的状态」にある。日本の電力会社は、使用済み燃料は再処理工場に送り出すという計画を持っているために、敷地内貯蔵に向けて動いていないのである。表 1 は、日本の各原子力発電所の現在の状況を示している。経済産業省の予測によると、日本の原子力発電所のうち、3 つは、その稼働が許可された場合、3 年間の運転でプールの貯蔵容量がなくなる可能性がある。2 つは、約 15 年間分の貯蔵容量を持っている。しかし、いずれ全ての運転中の原子力発電所のプールが満杯になる。

電力会社	発電所名	ネット 発電 容量 (Gwe)	16 ヶ月 毎の取 替分 (トン U)	使用済み燃料 貯蔵量 (2013 年 3 月末) (トン U)	管理 容量 (トン U)	管理容量 満杯まで の期間 (年)
北海道電力	泊 1-3	1.97	50	400	1020	16.5
東北電力	女川 1-3	2.09	60	420	790	8.2
	東通 1	1.07	30	100	440	15.1
東京電力	柏崎刈羽 1-7	7.97	230	2,370	2,910	3.1
中部電力	浜岡 3-5	3.47	100	1,140	1,740	8.0
北陸電力	志賀 1-2	1.61	50	160	690	14.1

関西電力	美浜 1-3	1.57	50	390	680	7.7
	高浜 1-4	3.22	100	1,150	1,730	7.7
	大飯 1-4	4.49	110	1,420	2,020	7.3
中国電力	島根 1-2	1.22	40	390	600	7.0
四国電力	伊方 1-3	1.92	50	610	940	8.8
九州電力	玄海 1-4	3.31	90	870	1,070	3.0
	川内 1-2	1.69	50	890	1,290	10.7
日本原子力発電	敦賀 1-2	1.45	40	580	860	9.3
	東海第二	1.06	30	370	440	3.1
合計		38.11	1,080	11,260	17,220	7.4

表1 2013年3月末現在の日本の各原子力発電所における使用済み燃料貯蔵量及び使用済み燃料管理容量 福島第一・第二原子力発電所は示されていない。経済産業省が再稼働を考えていないからだろう。経済産業省の推定に示されている16ヶ月毎の取替分の量は、平均燃焼度 36.5GWd/t を想定したもののようなものである。現在の典型的な燃焼度は、45-50GWd/t である¹⁵。従って、経済産業省の想定している使用済み燃料取り出し率は、1.3 倍高い値となっており、現在の燃焼度で行けば、貯蔵容量の残された年数は、その分、長くなる。

日本の原子力委員会は、日本の使用済み燃料の貯蔵状態について対策を講じることをせず、原子力発電所における敷地内貯蔵容量の拡大を許可するよう県や市町村を説得するのは時間が掛かりすぎると8年以上、主張し続けている。2005年、原子力委員会は、その原子力長期計画（原子力政策大綱）において次のように論じている¹⁶。

核燃料サイクル政策を直接処分を行う政策に変更する場合には、これまで再処理政策を前提に築いてきた原子力施設立地地域との信頼関係を、直接処分に向けて必要な措置を受け入れてもらうことを含めて、改めて構築することが必要となるが、これには時間を要するから、この間に使用済み燃料の搬出が滞って原子力発電所が順次停止する可能性が高い。

この議論は、六ヶ所再処理工場が運転されなければ、同工場の受け入れプールにある約3000トンの使用済み燃料を元の原子力発電所に送り返すことを要求するとの青森県及び六ヶ所村の「脅し」によって強化されている。

青森県は、さらに、六ヶ所再処理工場が運転されなければ、東京電力と日本原子力発電が同工場にほど近い場所で建設中の中間貯蔵施設の使用を阻止するとの脅しも行っている。完成間近となっているこの貯蔵施設は、第一段階でこれら2社の使用済み燃料3000トンを貯蔵することになっていて、その後、貯蔵容量を5000トンに拡大する予定である。ただし、貯蔵された使用済み燃料は、いずれ再処理されるとの条件においてである¹⁷。

これらの「脅し」のどちらにしても、日本が再処理を無期限に延期あるいは放棄し、原子炉敷地内での使用済み燃料の貯蔵容量を増大し始めた場合に実際に実行に移されるというのは疑わしい。なぜなら、六ヶ所再処理工場の運転がされない中、青森県は、すでに、その核燃料税を使用済み燃料の貯蔵を対象にする方向に動いているからである。

いずれにせよ、再処理は、途方もなく高価な使用済み貯蔵政策代替策となっている。日本では、他の国々のように古くなった使用済み燃料から順次乾式貯蔵に移す代わりに、使用済み燃料をウラン、プルトニウム、放射性廃棄物に分離して、日本原燃の六ヶ所施設の別々場所で貯蔵することになっている。もちろん、青森県民や日本全体の国民には、このような形では説明されていない。人々は、再処理は準国産エネルギー資源を生みだし、ウランの輸入を最大 25%減らすことによって自給度を高めるし¹⁸、また、MOX 利用は使用済み燃料のもたらす長期的な放射能の危険を減らすとの説明を受けている。

再処理は放射性廃棄物の量と毒性の低減を可能にするか？

日本の経済産業省は、再処理と軽水炉での MOX 燃料の使用、そして、将来のナトリウム冷却高速中性子炉での使用は、廃棄物管理の面で重要な利点を持つと主張している¹⁹。

1. 高レベル廃棄物の量は、軽水炉及び高速中性子炉でのプルトニウム・リサイクルにより、それぞれ、4 分の 1、7 分の 1 に減容できる。
2. 高レベル廃棄物の毒性が元の天然ウランと同じレベルにまで減衰するのにかかる期間が、約 10 万年から、それぞれ 8000 年、300 年に低減できる。

しかし、フランスのケースに関する計算では、再処理及び MOX 燃料で生じる深地層処分の必要な全ての放射性廃棄物を考慮した場合、廃棄物の量は元の使用済み燃料の量と同程度であることが明らかになっている²⁰。さらに、深地層処分場の面積は、廃棄物の量ではなく、発熱量によって規定される。この点でも、再処理と軽水炉での MOX 燃料の使用の利点は取るに足らないものとなる。なぜなら、使用済み MOX 燃料は、処分場に入れられることになる可能性が高いが、この使用済み MOX 燃料は、製造に使われたプルトニウムが入っていた元の使用済み低濃縮ウラン燃料とほぼ同程度の長期的熱出力を有するからである²¹。

軽水炉でのプルトニウムの再利用は、使用済み燃料の長期的危険性を大きく減らすことはない。MOX 燃料を炉内で照射することによって、MOX 燃料の中のプルトニウムの量は 40%ほどしか減らない。これは、MOX 燃料が使われなかった場合に、代わりに使われる低濃縮ウラン燃料の中で生み出されるプルトニウムも計算に入れたものである²²。軽水炉で再利用を繰り返すことによってプルトニウムをさらに減らそうとすると、軽水炉で連鎖反応を推進する遅い中性子では分裂しない同位体の割合が増えてきて、だんだん難しくなる。

プルトニウムその他の超ウラン元素を分離して、これらをナトリウム冷却高速炉で照射するというのを何百年もかけて繰り返せば、廃棄物内のプルトニウム及び超ウラン元素の総量は、軽水炉の使用済み燃料内の量の数パーセントまで減らすことができるだろう。しかし、このコストは膨大なものになる。「全米科学アカデミー（NAS）」による大がかりな研究の結論は、「被曝量の如何なる低減も、核変換（トランスミューテーション）の費用と運転のリスク追加を正当化するようなものではないと見られる」というものだった²³。

もちろん、操業リスクに加え、それよりずっと重大な核拡散及び核テロのリスクがある。

いずれにせよ、フランスにおいてでさえ、使用済み MOX 燃料のプルトニウムを分離して高速炉でリサイクルするという確定した計画はない。商業化の推進のために約 1000 億ドルがこれまで費やされて来たにも拘わらず、今日実在している高速炉は、数基のパイロット炉及び原型炉だけである²⁴。従って、将来いつか高速中性子炉が意味のある数で建設されるとの想定の下に、いま、さらにプルトニウムを分離するというのはばかげている。

再処理に代わる道としての乾式キャスク貯蔵

米国のような再処理を放棄した国々では、使用済み燃料プールが満杯になると、使用済み燃料は、プールで最も長く冷却されているものから順次巨大な空冷式キャスクに移されていて、通常は、原子力発電所の敷地内に置かれている。

世界中の原子力産業が、乾式貯蔵を低コストの成熟したテクノロジーと見なしている。ドイツでは、2000 年にドイツ政府と電力会社が英仏の再処理工場への使用済み燃料の輸送を 2005 年半ばに中止することで合意した後、運転中の原子力発電所の全てで、敷地内空冷乾式貯蔵施設が迅速に建設された。使用済み燃料の取り出しが続けられるようにプールに空きを作るためである。図 2 は、二つの例を示している。

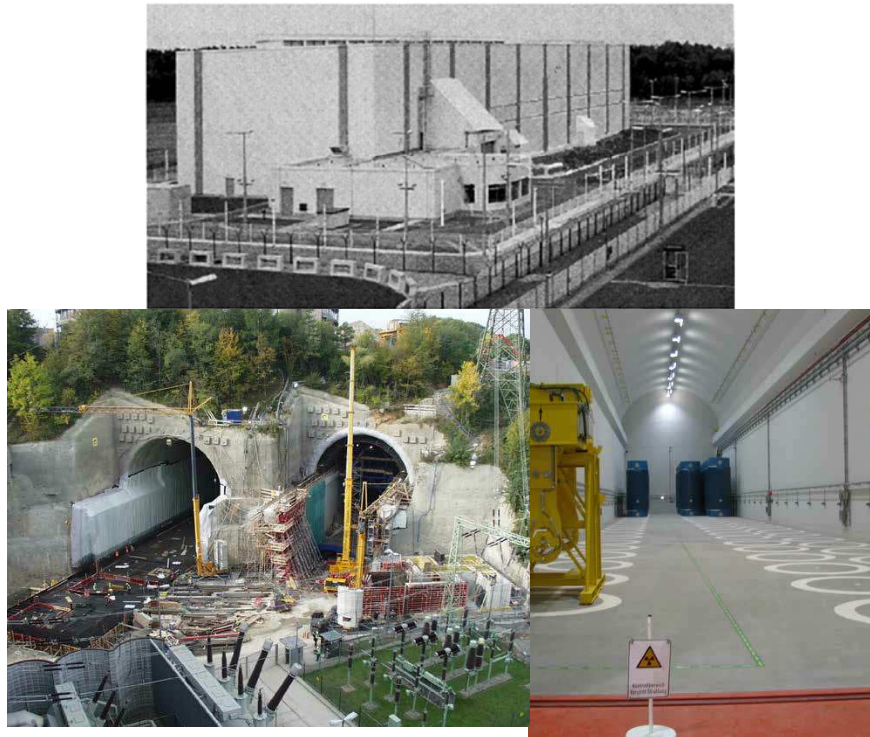


図2 上：ドイツのエムスランド原子力発電所の乾式貯蔵建屋。下：新しい建屋を建設するスペースがなかったドイツのネッカー・ベストハイム原子力発電所で建設中の貯蔵用トンネル（左）と、そこに定置された最初の乾式貯蔵キャスク（右）。

日本は、県及び市町村との間で特殊な「紳士協定」を結んでいる点で、米国と、そして、恐らくは他の国々とも異なっている。この「紳士協定」により、県及び市町村は、標準的な 16 ヶ月の運転サイクル（13 ヶ月の運転と 3 ヶ月の検査）の後の運転再開に関して同意が必要となっている。2011 年 3 月の福島第一原子力発電所の事故の結果、2013 年半ば現在、日本の発電用原子炉のうち 2 基を除いて全てが運転を停止している。再稼働のためには、2013 年 7 月に施行となった原子力規制委員会の新基準の下で同委員会の許可を得なければならない。しかし、再稼働の申請を委員会が許可したとしても、再稼働には県及び市町村の同意が必要となる。

日本における現在の発電用原子炉運転モラトリアムは、福島第一の事故後の安全性に関する懸念から来たものである。古い使用済み燃料をプールから乾式貯蔵に移すことは、原子炉サイトの安全面でのリスクを増やしはしない。実際、原子力規制委員会の田中俊一委員長は、委員長就任後最初の記者会見で、取り出し後 5 年以上たった使用済み燃料を乾式貯蔵に移すよう促している²⁵。

「強制冷却が必要でないような燃料については乾式容器に入れて保管する…多分、5 年くらいは水冷却をする必要があります…ほかのサイトについて、そういうことをするように求めていきたいと思います。」

国が再処理中止の断固とした決定を行い、そして、各県が、県内の原発は運転しても安全と確信している場合、乾式貯蔵問題との関連で原子力発電所が閉鎖に迫いやられるというのにはありそうにない。

県が敷地内貯蔵容量の拡大について持つ实际的懸念は、地層処分場あるいは使用済み燃料の敷地外中間貯蔵を引き受ける県がない状態では、敷地内貯蔵が永久的なものになってしまわないかというものだろう。

日本は、他の国々と同様、使用済み燃料及び高レベル廃棄物の処分計画の進展に向けた信憑性のある戦略を必要としている。地層処分場のサイト探しは、2000年の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（最終処分法）制定によって始まった。同法によって、「原子力発電環境整備機構（NUMO）」（原環機構）が設立された。2002年、NUMOは、地下300メートル以上の深さの高レベルガラス固化体地層処分場の受け入れについて、地方自治体の公募を始めた。だが、一つの町が応募しただけで、この応募も、地方の政治的反対により撤回となった。

しかし、地層処分場選定の進展がないからといって、技術的にも、政治的にも、再処理が必要となるわけではない。ドイツや米国その他の多くの国々で、地層処分場あるいは集中貯蔵施設サイトの選定に向けた短期的進展がないにも拘わらず、再処理ではなく原子力発電所敷地内乾式貯蔵が選択されている²⁶。

今日、六ヶ所施設は、日本の中間貯蔵施設となっている。現時点で、約3000トンの使用済み燃料を貯蔵している。また、ヨーロッパでの再処理で生じた日本の高レベル廃棄物を保管している。そして、2006年－2008年の六ヶ所再処理工場試運転の際に425トンの使用済み燃料を再処理した結果生じたプルトニウム、ウラン、放射性廃棄物を貯蔵している。六ヶ所再処理工場が運転されれば、これらの分離済み物質の量は急速に増大するだろう。青森県は、恐らく、放射性廃棄物は青森県に50年以上置かないとする約束を国は守れないかもしれないことを今日理解しているだろう。しかし、次のような過去のコミットメントと経済的利益のために状況を受け入れている。

- 日本原燃が県民に直接提供している1400人分の雇用や、MOX燃料工場の建設、後の運転時の雇用²⁷
- 日本原燃が、使用済み燃料の持ち込み・貯蔵に関して県に支払う税金。これらの活動は、県に納められる「核燃料税」のほとんどを占める。同税は、2012年度、160億円に達した。県税の14%に上る²⁸
- 六ヶ所村が国から得る多額の交付金（2011年度は26億円）、日本原燃の固定資産税及び寄付金。これらを合わせると、六ヶ所村の収入の半分以上を占める

²⁹

青森県は、六ヶ所再処理工場の運転が無期限延期となるか、閉鎖が決まった場合、経済的利益が継続されるとの条件で、日本の中間貯蔵施設を受け入れ続ける用意があるだろうか。青森県が中間貯蔵所だという現実是不変である。実際、六ヶ所再処理工場の運転が余りにも長期に亘って延期され続けているため、青森県は、

すでに、核燃料税の対象を、再処理のために毎年運び込まれる使用済み燃料の量から、貯蔵されている使用済み燃料の量に移してきている。しかし、遅くとも分離済みプルトニウムを軽水炉に戻してリサイクルすることに力点が移された1997年以来、再処理は意味のある事業ではなかったという事実に向き合わなければならなくなる。

国は、日本の高レベル廃棄物及び乾式キャスクに入れた使用済み燃料の中間貯蔵サイトを提供し続けることからくる経済的利益と、それらの利益の喪失との間の選択について、青森県及び六ヶ所村と公正に交渉すべきである。代替経済開発の援助など追加的利益も提供することができるだろう。

六ヶ所再処理工場を運転しないとの決定がなされた場合、原子力発電所立地自治体も、同様の選択に直面することになるだろう。プール貯蔵よりも安全な敷地内乾式貯蔵を受け入れるか、使用済みプールが満杯になった場合に税金や運転中の原子力発電所を受け入れることから来る他の経済的利益を失うか、という選択である。原子力発電所立地県が、六ヶ所再処理工場にある使用済み燃料が県内の原子力発電所に送り返されてくるのを受け入れるかどうかは、また別の問題である。

再処理積立金による六ヶ所再処理工場の借入金の支払い

日本の再処理政策の変更についての真剣な検討を妨げるのに一役買った問題の一つは、国の設立した「再処理積立金」にある資金が、法的に再処理関連目的にしか使えないことになっている点である。日本の再処理方針が放棄されれば、「再処理積立金」の資金は凍結され、日本原燃は、六ヶ所再処理工場の建設に使った借入金を返済することができなくなる。長期借入金は、現在、約 8000 億円である（2005 年には 1 兆 1000 億円だった）。原子力発電を所有する電力会社は、この借入金の債務保証をしている。これらの電力会社は、また、「再処理積立金」設立前に提供した再処理サービス前受金（つまりは、直接ローン）も「再処理積立金」から回収できなくなる。このローンの残額は現在 6540 億円である（2005 年には 1 兆 1000 億円だった）。原子力産業の中には、一部の電力会社の現在の脆弱な財政状態からすると、「再処理積立金」からの支払いが中止となると、電力会社の中には倒産するところがでて、日本の金融市場が混乱に陥ると警告するものがいた。

この問題は、誇張されていたかもしれない。なぜなら、日本原燃の長期借入金のほとんど（2006 年 3 月で 84%）は、政府所有の日本政策投資銀行からのものだからである。政府の意図に反して同行が日本原燃を倒産に追いやることは考えにくい³⁰。

いずれにしても、政府は、「再処理積立金」からの支払いを規制している法律を変え、六ヶ所再処理工場が閉鎖されても借入金や前受金の返済ができるにすることによって、この問題を解決できる。長期的には、その方が電力消費者の料金節

約にもなる。従って、これは、日本における再処理の停止を可能とする政策変更の総合的パッケージの一部とすることができる。

国による使用済み燃料管理責任の引き受け

現在、日本の使用済み燃料の責任は、政府（国会及び経産省）と 9 つの半独占的地域電力会社及びこれらによる共同所有の日本原子力発電とによって分かち合われている。

- 国が全般的政策枠組みを提供する。
- 日本原燃が使用済み燃料の再処理に責任を負う。同社は、主として原子力発電所を有する電力会社 10 社の共同所有下にあり、その社長は、東京電力の元取締役理事広報部担任、会長は、関西電力社長が務める。
- 「原子力発電環境整備機構（NUMO）」（法律によって設立された認可法人）が放射性廃棄物の地層処分場の立地・建設に責任を負う。代表は、元東京電力原子力・立地本部副本部長が務める³¹。
- 「原子力環境整備・資金管理センター」（公益財団法人）が「再処理積立金」と高レベル廃棄物用の「最終処分積立金」の管理と地層処分場の研究に責任を負う。元東京電力原子力・立地本部副本部長が代表を務める³²。

破綻した日本の再処理政策の変更を可能にするには、国がもっと直接的に管理するようにしなければならないかもしれない。英米両国では、再処理を放棄の過程の一環として、政府が使用済み燃料の管理に関するその責任を増大させた。

英国 英国では、1971 年から 2005 年まで再処理を実施したのは政府所有の「英国核燃料サービス社（BNFL）」だった。2005 年、外国顧客の再処理契約の更新がないなか、運転コストの上昇に直面した英国政府は、「英国原子力廃止措置機関（NDA）」を設立することを決めた。BNFL の各サイトを引き取り、これらの除染、英国の第 1 及び第 2 世代のガス冷却炉の使用済み燃料の処分、そして、地層処分場の設置の責任を引き受けるためである³³。

米国 米国では、1977 年以前は、民生用再処理は、私企業にとって利益の得られる事業と期待されていた。1966 年から 72 年までニュークリア・フューエル・サービス社が、ニューヨーク州で小規模の再処理工場を運営していた。1967 年、ジェネラル・エレクトリック社が 2 番目の工場の建設に着手したが、1972 年、設計に根本的欠陥があることに気づき、工場を使用済み燃料貯蔵施設に転換した。1970 年にアライド・ジェネラル・フューエル・サービス社がサウス・カロライナ州で 3 番目の再処理工場の建設を始めたが、1974 年のインドの「平和利用核爆発」を受けて、カーター政権は 1977 年に許可関連作業を中断した。米国による先例が、他の国々による再処理工場の建設に正当性を与えることになるのを恐れてのことである。

1981 年、レーガン大統領が、米国における私企業の再処理工場の許可過程を再開すると発表した。この頃には、米国の原発所有電力会社は、プルトニウムとウランのリサイクルは経済的でないとの認識しており、自分のところの使用済み燃料の責任を連邦政府に持ってもらった方がいいとの考えを固めていた³⁴。翌年、議会は、「核廃棄物政策法（NWPA）」を採択した。同法の下で、エネルギー省は、原子力発電による電力の 1kW 時当たり 0.001 ドル（約 0.1 円）の料金と引き替えに、使用済み燃料の処分の責任を引き受けた。日本の原子力委員会が推定した再処理コストの約 10 分の 1 である。ネバダ州ヤッカ・マウンテンの地下の地層処分場計画の政治的挫折を受けて、議会は、使用済み燃料集中貯蔵施設及び地層処分場の選定・建設の責任をエネルギー省から新しい専門の政府機関に移す法案を検討している。

日本の電力会社が再処理の軛から抜け出すためには、恐らく、日本政府が同じように使用済み燃料処分の全面的責任を引き受けなければならないだろう。

プルトニウム処分のための MOX 利用に代わる道

年末の時点で、日本は、約 44 トンの分離済みプルトニウムを保有していた。このプルトニウムは、英国、フランス、そして日本国内に保管されている（表 2）

日本の未照射プルトニウム（2011 年末）	単位：トン
英国保管	17.0
フランス保管	18.0
ヨーロッパ保管小計	35.0
日本国内	
-六ヶ所 硝酸プルトニウム等または酸化プルトニウム	3.6
-東海再処理施設 硝酸プルトニウム等または酸化プルトニウム	0.8
-東海燃料加工施設の酸化プルトニウム、加工中、または製品のプルトニウム、または、常陽、もんじゅ、高速臨界実験施設等に貯蔵中の未照射燃料	4.0
-フランスからの未照射 MOX 燃料内	1.0
国内保管小計	9.3
合計	44.3

表 2 日本の未照射のプルトニウム（2011 年末現在）³⁵

英国 2011 年末現在、日本の分離済みプルトニウムのうち、17 トンが英国のセラフィールド再処理サイトにあった。英国は、このプルトニウムを MOX 燃料にする契約を結んでいた。日本の原子力発電所で使用するためである。しかし、

「セラフィールド MOX 工場 (SMP)」の運転に失敗しこれを放棄した後、英国は、日本のプルトニウムの所有を英国に移して処分することを申し出ている。「ただし、商業的条件が英国政府にとって受け入れられるものであれば」という条件がついている³⁶。英国は、現在、自国の分離済みプルトニウム約 100 トンを軽水炉用 MOX 燃料にして処分しようと考えている。しかし、それには、MOX 燃料製造工場と、MOX 燃料を使う軽水炉の両方を建設しなければならない。



図 3 英国で不純物の入ったプルトニウムの固定化用に計画されている技術 左側の容器には、粉末状の物質が入っている。プルトニウム処分用の場合には、プルトニウム、カルシウム、ジルコニウム、チタンの酸化物の混合物が入る。右側は、8～9 時間、「熱間等方圧加圧法(HIP)」処理を施した結果、粉末が 5 リットルの固体セラミックになったもの。提供：英国国立原子力研究所 (NNL) ³⁷

これとは別に、英国は、すでに、不純物の混じった分離済みプルトニウム残留物 50～250kg を直接処分するために固定化する方向で動いている。不純物の混じった酸化プルトニウム粉末を、カルシウム、ジルコニウム、チタンの酸化物の粉末と混ぜる。これに 8～9 時間、「熱間等方圧加圧法(HIP)」処理を施すことによって、混合物を、非常に耐久性のあるセラミック形態に変える(図 3)。

日本は、費用を支払って、英国にある日本のプルトニウムをこの形態に固定化してもらうこともできるだろう。固定化されたプルトニウムは、英国の固定化されたプルトニウムとともに処分されるまで英国で、あるいは日本で、厳重に保管しなければならない。英国での処分方法のオプションの一つは、英国の使用済み燃料とともに、将来地層処分場に直接処分するというものである。もう一つのオプションは、深さ 3～5km のディープ・ボアホール（深部ボーリング孔）を使つての処分である。このオプションは、現在、米国で使用済み燃料のオプションとして検討されている³⁸。

フランス フランスにある日本のプルトニウムに関するアレバ社との合意は、MOX 燃料にして、日本での使用に合わせてできるだけ早く日本に送るというものである。日本が MOX 燃料を原子炉で使うことができなければ、一つのオプションは、これを処分体として扱い、使用済み燃料とともにキャスクに入れて処分することである³⁹。MOX 燃料製造の前にこのような決定ができれば、MOX 燃料

の場合に必要なペレットの正確な寸法の研削の仕様を緩めることができる。そうすれば、フランスの製造コストを下げるとともに、仕様を満たしていないからとして跳ねられる MOX ペレットの割合も下げることができる⁴⁰。

日本国内 最後に、日本国内のプルトニウムに関しては、すでに MOX 燃料の形になっているものは、直接処分体として扱うことができる。液状及び粉末状のプルトニウムは、英国の HIP 方式を使って直接処分用に固定化するというのが一つのオプションとなるだろう。

日本と英国だけが、プルトニウムの処分の問題に直面しているというわけではない。2013 年 4 月、オバマ政権は、ロシアと歩調を合わせて米国の 34 トンの軍事用余剰プルトニウムを処分するために開始していた MOX 計画は、「コスト増大と財政難のために実施不可能となる可能性があり」「別のプルトニウム処分戦略のフェージビリティを検討する」と発表した⁴¹。従って、日本は、プルトニウム処分の別の方法について研究開発を協同で行う用意のあるパートナーを米国に見いだすことができるかもしれない。

参考文献及び注

- ¹ 原子力委員会、核燃料サイクルコスト、事故リスクコストの試算について（見解）2011 年 11 月 10 日 <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/seimei/111110.pdf>
- ² 英国は、2011 年、既存の契約を履行し終えた段階で（2018 年頃）再処理を放棄することを決めた。他の 3 ヶ国がプルトニウム増殖炉の研究開発を続行していて、その関連で再処理をしている。中国、インド、ロシアである。また、オランダがその唯一の原子炉からの使用済み燃料を再処理のためにフランスに送り続けている。そして、ウクライナがその二つの最古で最小の原子炉の使用済み燃料を再処理のためにロシアに送り続けている。
- ³ Masafumi Takubo, "Wake Up, Stop Dreaming: Reassessing Japan's Reprocessing Program," *Nonproliferation Review*, Vol. 15, No. 1, March 2008.
- ⁴ <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32H0166.html>
- ⁵ 2012 年、米国の原子力発電所所有電力会社が購入した天然ウランの平均価格は 145 ドル/kg で、濃縮の「分離作業単位（SWU）」の平均コストは、約 141 ドルだった。US Energy Information Administration, *2012 Uranium Marketing Annual Report*. これらの価格では、低濃縮ウランの生産が一番安くなるのは、製造する劣化ウラン内のウラン 235 を 0.227 パーセント（天然ウランのウラン 235 の含有率は 0.72 パーセント）にした場合である。劣化ウラン中のウラン 235 の量を 0.07 パーセントまで減らすと、必要な天然ウランの量は 21 パーセント減り、核燃料の価格は、0.1 円/kWh 上がる。これは、再処理によって上がるとされている日本の原子力発電の電力料金額の約 10 分の 1 である。原子力委員会、『核燃料サイクルコスト、事故リスクコストの試算について（見解）』, 2011 年 11 月 10 日。
- ⁶ Mycle Schneider and Yves Marignac, *Spent Fuel Reprocessing in France* (IPFM, 2008) Figure 9; and IAEA, "Communication Received from France Concerning its Policies regarding the Management of Plutonium", INFCIRC/549/Add.5/16, 2012
- ⁷ William Walker, *Nuclear Entrapment: THORP and the politics of commitment* (Institute for Public Policy Research, 1999), pp. 113-114.
- ⁸ <http://www.nda.gov.uk/news/smp-future.cfm>
- ⁹ 日本原燃、再処理施設の使用計画, 2013 年 1 月 31 日
<http://www.jnfl.co.jp/press/pressj2012/20130131tenpu.pdf>
- ¹⁰ 日本原燃の計画にあるこれらの数字は、それぞれの時期に製造される MOX 製品（50%が酸化プルトニウム、残りの 50%が酸化ウラン）に含まれるプルトニウムの量であって、同時期に分離されるプルトニウムの量ではないが、この計算においては、十分に近いものと見なして良いだろう。
- ¹¹ 2006－2008 年の六ヶ所再処理工場試運転の際に 425 トンの使用済み燃料から 3.612 トンのプルトニウムが分離されたことに基づく。
- ¹² オバマ大統領 韓国外国語大学校での演説、2012 年 3 月 26 日。
- ¹³ 原子力委員会、鈴木原子力委員会委員長代理の海外出張報告, 2013 年 4 月 22 日
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2013/siryo14/siryo2.pdf>
- ¹⁴ 太田昌克、「余剰プルトニウム問題は最優先課題」, 『外交』, 2013 年 3 月号
- ¹⁵ 「管理容量」は、「貯蔵容量－（1 炉心＋1 取替分）」（2013 年 3 月末現在）。データは、経済産業省の資源エネルギー庁。東海第二原子力発電所の数字は、同発電所の乾式貯蔵を含む。平

均燃焼度は、IAEA のデータベース。

<http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/ThreeYrsEnergyAvailabilityFactor.aspx> の 2010 年の設備利用率 (0.669) と、同じく IAEA のデータベース。

<http://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP> に基づく表 1 の原子炉の熱・ネット電力量平均転換率 3.1 を使って計算。これらにより、 $(38.11 \text{ GWe}) \times (3.1 \text{ Gwt/GWe}) \times 0.669 \times (365 \text{ days}) / (0.75 \times 1080 \text{ tons/yr}) = 35.6 \text{ GWt-days/ton}$ となる。

¹⁶ 原子力委員会, 原子力政策大綱, 2005 年 10 月 11 日

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/taikou/kettei/siryo1.pdf>

¹⁷ むつ市の市長は、近隣市町村との連帯の意味で、公式には、青森県知事と同じ立場を表明しているが、著者の一人（田窪）と勝田忠広とのインタビュー（2011 年 12 月 23 日）において、むつ貯蔵施設に貯蔵される使用済み燃料を最終的にどうするかは将来の世代が決めるべきことだと語っている。

¹⁸ <http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/koho/symposium/files/shimane/program01.pdf>. 島根県松江市からの質問に対応する形で提供された経済産業省資源エネルギー庁のこの文書は、1000kg の使用済み燃料を再処理すると、約 10kg のプルトニウムを含有する 130kg の MOX 燃料と回収ウランから作られた 130kg ができるから、10～20%のウラン資源節約になると述べている。

¹⁹ <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/33th/33-4.pdf>

²⁰ Mycle Schneider and Yves Marignac, *Spent fuel reprocessing in France* (International Panel on Fissile Materials, 2008).

²¹ Roald A. Wigeland *et al*, Argonne National Laboratory, “Repository Impact of Limited Actinide Recycle,” *Proceedings of Global 2005, Tsukuba, Japan, Oct 9-13, 2005*, Paper No. 496.

²² *Plutonium Fuel* (OECD Nuclear Energy Agency, 1989).

²³ プルトニウムその他の超ウラン元素の場合には、核変換は核分裂を意味する。長寿命の核分裂生成物の場合には、短寿命あるいは安定した核種への変換を意味する。Nuclear Wastes: Technologies for Separations and Transmutation (National Academy Press, 1996), p. 3.

²⁴ *Fast breeder reactor programs: History and Status* (International Panel on Fissile Materials, 2010).

²⁵ <http://www.nsr.go.jp/kaiken/data/20120919sokkiroku.pdf>

²⁶ 米国では、全 50 州の 170 以上の団体が、低密度でオープンな枠組みの使用済み燃料プール、強化された敷地内乾式貯蔵、そして、再処理の禁止を含む一連の原則に対する支持を表明している。 <http://www.psr.org/nuclear-bailout/resources/principles-for-safeguarding.html>

²⁷ 2011 年度に六ヶ所施設で投入された 60 万 8000 人・日（年間 250 日の労働として、2400 人・年）のうち、85%が地元就労者だった。1985 年度から 2011 年度までの 6 万 6000 人・年（平均、年間 2500 人）のうち、62%は、地元就労者だった。同じ時期の建設工事等に係る発注額約 3 兆 5500 億円のうち、約 18%が地元受注だった。

http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/energy/g-richi/files/2013_yutaka.pdf

²⁸ http://cgi.daily-tohoku.co.jp/cgi-bin/tiiki_tokuho/kakunen/kikaku/tenki/money_02.htm .青森県は、福井県の例に倣った。福井県は、1976 年、全国に先駆けて核燃料税を導入した。13 県の核燃料税については、以下を参照。 <http://www.zengenkyo.org/katudou/kaku.pdf>

²⁹ 六ヶ所村が国から得る多額の交付金（2011 年度は 26 億円）、日本原燃の固定資産税及び原子力産業からの寄付金。これらを合わせると、六ヶ所村の収入の半分以上を占める

全国市民オンブズマン連絡会議 <http://www.ombudsman.jp/nuclear/yugami.pdf>

³⁰ 日本原燃の第 27 回定時株主総会招集通知（2006 年 6 月 14 日付）の添付書類は、2006 年末現在、9240 億円、すなわち、長期借入金の 84%が、政府所有の日本政策投資銀行のものであることを示している。借入金に関するこのような詳細な情報は、最近は公開されていない。

³¹ http://www.numo.or.jp/en/jigyoku/new_eng_tab02.html,
http://www.numo.or.jp/en/jigyoku/new_eng_tab01.html, <http://icgr2012.org/bio-toru-yamaji.php>

³² http://www.rwmc.or.jp/english/councilors_and_officials/

³³ UK Nuclear Decommissioning Authority, *Oxide Fuels: Preferred Option* (2012).

³⁴ Anthony Andrews, *Nuclear Fuel Reprocessing: U.S. Policy Development* (U.S. Congressional Research Service, 2008), <http://www.fas.org/sgp/crs/nuke/RS22542.pdf>

³⁵ 原子力委員会, 我が国のプルトニウム管理状況, 2012 年 9 月 11 日

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2012/siryo39/siryo2.pdf>

³⁶ UK Department of Energy and Climate Change, Management of the UK's Plutonium Stocks: A consultation response on the long-term management of UK-owned separated civil plutonium, 2011, <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/Consultations/plutonium-stocks/3694-govt-resp-mgmt-of-uk-plutonium-stocks.pdf>, para. 1.8

³⁷ J.W. Hobbs et al, "A Programme to Immobilise Plutonium Residues at Sellafield," *Annual Meeting of the Institute for Nuclear Materials Management*, Orlando, FL, 15-19 July 2013.

³⁸ UK Nuclear Decommissioning Authority, Conditioning of Plutonium Residues by Hot Isostatic Pressing and Options for Packaging and Disposal (Pre-Conceptual stage) Summary of Assessment Report, 2009, www.nda.gov.uk/documents/upload/Executive-Summary-Letter-of-Compliance-Assessment-Report-Conditioning-of-Plutonium-Residues-July-2009.pdf

³⁹ J. Kang, F. N. von Hippel, A. MacFarlane, R. Nelson, "Storage MOX: A Third Way for Plutonium Disposal?" *Science and Global Security*, Vol. 10 (2002) p. 85.

⁴⁰ 民生用プルトニウム保有量に関する IAEA への年次報告において、「原子炉サイトまたはその他の場所における未照射 MOX 燃料あるいは他の加工製品」に関するフランスの報告量は、1995 年末の 3.6 トンから 2011 年の 29.1 トンに増えている。IAEA, "Communication(s) Received from France Concerning its Policies regarding the Management of Plutonium," INFCIRC/549/Add.5

⁴¹ U.S. Department of Energy, fact sheet on fiscal year 2014 budget, <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/budget/fy2014/assets/energy.pdf>. See also Tom Clements, Edwin Lyman and Frank von Hippel, "The Future of Plutonium Disposition," *Arms Control Today*, July 2013