

JNC TJ1420 2004-001

プルトニウム利用に関する海外動向の調査（04）

（核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書）

2005年3月

株式会社 アイ・イー・エー・ジャパン

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:

**Technical Cooperation Section,
Technology Management Division, JNC
4-49, Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194**

©
核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2005

プルトニウム利用に関する海外動向の調査(04)*

実施担当者：

主管研究員 大田垣 隆夫 以下2名

要 旨

欧州諸国と日本においては、核物質を最大限に利用するという目的の下、使用済燃料管理戦略として再処理オプションが執られたが、高速炉開発の大幅な遅れによって、再処理で回収されたプルトニウムは軽水炉でリサイクルされることになった。欧州においては既に多くのプルトニウム・リサイクル実績があることから、本調査では以下の項目について、フランス、ドイツ、英国、ベルギー、スイス等の主要国における2004年末現在までのプルトニウム・リサイクル状況を調査した。

(1) 主要国におけるプルトニウム・リサイクルの基本政策と現状

フランス、ドイツ、英国、ベルギー、スイス、およびプルトニウムを限定的にリサイクルすることを計画しているスウェーデン、といった欧州の主要国のバックエンド政策および使用済燃料管理の状況を調査し、その中でのプルトニウム・リサイクルの位置付けと開発の現状を総合的に分析・評価する。

(2) MOX燃料加工、再処理に関する計画および実績

海外のMOX燃料加工計画、加工実績および再処理計画、再処理実績に関するデータを調査し、まとめる。

(3) プルトニウム在庫

世界各国のプルトニウム在庫に係わるデータを調査・集計する。

* 本報告書は、核燃料サイクル開発機構との契約に基づき、株式会社アイ・イー・エー・ジャパンが実施した調査研究の成果である。

委託者：国際・核物質管理部、核物質管理課

実施者：株式会社 アイ・イー・エー・ジャパン エネルギー・環境研究部

PLUTONIUM USE IN FOREIGN COUNTRIES (04)

Takao Otagaki and other staffs*

Abstract

European countries and Japan had been implementing the strategy of spent fuel reprocessing in order to use nuclear material to the maximum. Plutonium recovered from reprocessing, however, must be recycle on light water reactors (LWRs) because of considerable delay of fast reactor development. In Europe, much of experience of plutonium recycling have been accumulated until now. Thus, the status of plutonium recycling up to the end of 2004 in France, Germany, The U.K., Belgium, Switzerland and other countries were studied based on the following scope.

- (1) Basic policy and present status of plutonium recycling in primary countries of France, Germany, The U.K., Belgium, Switzerland, and Sweden which plans to recycle a limited amount of plutonium

Backend policy and the status of spent fuel management were studied, then integrated analysis and evaluation of the position of plutonium recycling in backend and the status of plutonium recycling development were performed.

- (2) Plan and experience of Mixed Oxide (MOX) fuel fabrication and reprocessing of spent fuels

The data and information on plan and experience of MOX fuel fabrication and reprocessing in foreign countries were collected.

- (3) Plutonium inventories

The data and information on plutonium inventories of foreign countries were collected.

Work performed by IEA OF JAPAN CO.,LTD under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute
JNC Liaison: Nuclear Material Management Section, International Cooperation and Nuclear Material Management Div.
* Energy & Environment Department

- 目 次 -

	ページ
1．主要国におけるプルトニウム・リサイクルの 基本政策と現状	1
1．1 フランス	1
1．1．1 バックエンド政策	1
1．1．2 MOX燃料利用の状況	38
1．1．3 MOX燃料加工の現状	48
1．2 ドイツ	57
1．2．1 バックエンド政策	57
1．2．2 MOX燃料利用の現状	78
1．2．3 MOX燃料加工の現状	86
1．3 英 国	93
1．3．1 プルトニウム利用政策	93
1．3．2 MOX燃料加工の現状	117
1．4 ベルギー	139
1．4．1 プルトニウム利用政策	139
1．4．2 プルトニウム・リサイクルの現状	149
1．4．3 MOX燃料加工の現状	152
1．5 スイス	161
1．5．1 プルトニウム利用政策	161
1．5．2 プルトニウム・リサイクルの現状	171
1．6 スウェーデン	181
1．6．1 バックエンド政策	181
1．6．2 産業界からプルトニウム・リサイクル戦略が浮上	182
2．MOX燃料加工、再処理に関する計画および実績	187
MOX燃料加工の実績および計画	188
MOX燃料利用の実績および計画	223
再処理関連情報	253
その他のプルトニウム利用関連情報	267
3．プルトニウム在庫	285

1. 主要国におけるプルトニウム・リサイクルの 基本政策と現状

1.1 フランス

1.1.1 バックエンド政策

(1) 基本政策

フランスの当初のバックエンド政策は、原子炉から排出された使用済燃料は適切な貯蔵（冷却）期間（2～3年）を経た後に再処理し、回収されたプルトニウムはFBRの燃料として利用するというもので、次のように要約できる。

使用済燃料の再処理

高レベル放射性廃棄物（HLW）のガラス固化

ガラス固化体の地上での中間貯蔵（15～30年または50～150年）

ガラス固化体の深地層処分所における最終処分

再処理による回収プルトニウムのFBRでのリサイクル

こうした政策に対して、カスタン委員会による詳細なレビューが1981年末から実施され、その検討結果は3回の報告書にまとめられた。カスタン委員会のメンバーの大部分は、基本的には再処理を中心とする既存の政策を支持し、再処理の方式としては高度再処理が核燃料サイクルのバックエンド問題に対する最も満足すべき解決策になり得ると結論している。しかし、同時に将来の開発の可能性および不確実性を見込んだ使用済燃料の長期貯蔵や直接処分を含む代替戦略検討の必要性も勧告した。

一方、FBR開発計画の遅れによる余剰プルトニウムの取扱いについては、仏電力公社（EDF）、仏核燃料公社（COGEMA）および仏原子力庁（CEA）の間で評価・検討した結果、

1985年5月にEDFは、これらのプルトニウムの一部を混合酸化物(MOX)燃料として軽水炉でリサイクルすることを勧告した。この決定により、回収プルトニウムの利用法については、フランスではFBRの他に軽水炉でのリサイクルが公式に採用されることになった。

(2) プルトニウム・リサイクルの商業化と拡張(1989～96年)

しかし、プルトニウムの余剰を警告し、使用済燃料の中間貯蔵オプションの検討を勧告するルヴィロワ・レポートを発端として、1989年から1991年まで、フランス国内では従来の再処理・プルトニウム利用政策の是非をめぐって広範に議論が繰り広げられた。EDFは、プルトニウム・リサイクルの経済性を否定し、再処理委託量を削減するという見解を示し、カスタン氏は、プルトニウムの毒性を問題視する勧告を発表した。さらに、政府諮問機関である「技術リスク防護委員会」による使用済燃料直接処分の提案等、フランスのプルトニウム・リサイクルに否定的な意見が示された。しかしこのような論議の中、建設許可発給が遅らされていたマルクール(MELOX)・MOX燃料加工プラントに1990年5月、許認可が発給された。続いて、1991年12月には、再処理およびプルトニウム利用に深く係わる高レベル廃棄物・長寿命廃棄物関連法が制定され、同廃棄物法の中に使用済燃料管理に関する政策変更が盛り込まれなかったことによって、フランスの再処理/プルサーマル政策は維持されることになった。

しかし、廃棄物法に規定されていた国家評価委員会(CNE)の報告書が1995年6月27日に政府に提出され、使用済燃料の直接処分オプションに関する方策と研究スケジュールをEDFとCOGEMAが提出するよう勧告された。CNEの提起した問題は、バタイユ議員が、使用済燃料を潜在的な廃棄物と見なす視点を導入すべきであると明言し、1996年3月の議会科学技術選択評価局(OPECST)の報告書で廃棄物法の改正あるいは新法の制定を示唆するに及んで、あらためてクローズアップされた。バタイユ議員の意図するところは、高レベル・長寿命放射性廃棄物の明確な定義であり、より具体的には使用済燃料の一部を潜在的な“廃棄物”と見なすという考え方を導入することであった。続いてCNEは、1996年6月の第2回報告書でも、「使用済燃料の直接処分に関する検討状況およびプログラムについて、速やかに情報が提供されることを期待する」と、重ねて要求した。

これに対し、EDF、COGEMAおよびCEAの三者は同年6月頃に、使用済燃料の最終的な管理政策について大筋で合意に達し、EDFとCOGEMAが新規の再処理契約を締結し、2000年以降、約1,000トン/年の使用済燃料を再処理する計画が示された。また、EDFはCNEに対しても、2000年以降も再処理路線を継続、拡張する旨の趣意書を提出した。

一方、共和国連合のジュペ首相下の政府は、産業省エネルギー・資源総局(DGEMP)のマンドイル局長と環境省電離放射線防護局(OPRI)のヴェスロン局長にフランスの長期的な(～2050年)バックエンド戦略の調査を委託し、現行の再処理-プルトニウム・リサイクル政策を再確認することを試みようとした。

(3) 左派連合政権下でのプルトニウム・リサイクル抑制策(1997～2002年)

1997年6月に行われた国民議会選挙によって、共和国連合政権が倒れ、新たに社会党を中心として、緑の党と共産党が加わった左派連合政権が発足した。社会党は選挙を勝ち抜くために緑の党との間で共同綱領を作成しており、その中には、現行のプルトニウム・リサイクル政策に影響を与える以下のような項目が含まれていた。

スーパーフェニックスの廃止

原子力発電所建設の2010年までの凍結

PWR用MOX燃料加工の2010年までの凍結

ラアグでの再処理のレビューと新規再処理契約の凍結

フランスの現行の再処理/プルトニウム・リサイクル政策上、特に重要なのは、項と項である。再処理に関しては、軍事上もまた産業上もフランスにとって大きな基盤となっているので、廃止することは非現実的であることが認識されている。従って、共同綱領においても”レビュー”を行うという表現に留められた。

社会党は元々、反原子力政党ではないが、緑の党のドミニック・ヴォワネ女史が、新政権において国土整備環境相（首相、産業省と連署で原子力許認可権限を有する）の要職に就いたので、
項に係わるMOX燃料加工プラント増設の許可やMOX燃料装荷炉の許可の発給段階で、同環境相との調整が不可避となった。なお、ヴォワネ環境相は2001年7月に退任し、後任にはやはり緑の党のイブ・コシェ氏が就任した。

このような政治情勢を背景として、1997年10月後半になって、C.ピエレ産業担当閣外大臣は、ヴォワネ環境相との合意の下にということで、議会在廃棄物管理戦略を決定する2006年までのフランスのバックエンド施策に関する以下のような方針を明らかにした。

再処理は継続される。また、COGEMAは海外顧客と新規契約を結んでもよい。しかし、EDFの使用済燃料の全てが再処理される訳ではない。使用済MOX燃料を含むいくらかの燃料は再処理されない。

EDFのプルトニウムリサイクル・プログラムは拡張しない。即ち、MOX燃料装荷許可の発給は、現行の16基に新たに4基（シノンB1～B4）のみを追加して20基に制限する。合計28基のPWRについて許可を取得するという計画は中止する。

MELOX・MOX燃料加工プラントの許可容量は現行のPWR用100トン/年（115トン（酸化物）/年）に留める。

一方、フランスの前保守政権の下で企画された2050年までのバックエンドの可能なオプションを理論的に分析・評価しようとする試みは、ピエレ産業担当閣外大臣とヴォワネ環境相に引き継がれ、調査を担当しているDGEMPのマンディル局長とOPRIのヴェスロン局長は1997年7月17日、暫定報告書を両大臣のもとへ提出した。同報告書は、議会科学技術選択評価局（OPECST）でもレビューされることになった。

マンディル、ヴェスロンの両局長が暫定報告書で提示した 10 のシナリオは、多量のプルトニウムを地層処分することが可能か？ 2050年までという枠組みの中で、高速炉の商業化が可能か？ プルトニウムはリサイクルするのか？という3つの重要問題を軸として作成されたものである。多くのシナリオにおいて高速炉が考慮されているが、使用済燃料の直接処分や長期的回収可能貯蔵も可能にしている。

全てのシナリオにおける重要な要素は、そのシナリオが後戻りできなくなるのがいつ頃かということである。報告書では、議会が高レベル廃棄物と長寿命廃棄物の管理戦略を決定する2006年以前には、シナリオ選択の柔軟性を制限するような大きな投資(100億フラン以上〔20円換算で2,000億円〕)を新たに行うべきでないとされている。また、全てのシナリオにおいて必要な条件は、深地層処分場が2050年までに運開されていることである。

(4) O P E C S T のバックエンド・レビュー報告書(1998年)

その後、議会からは O P E C S T のメンバーのバタイユ議員とガレイ議員が1998年6月に暫定報告書に対するレビュー結果の一部として「核燃料サイクルのバックエンド：包括的研究」(第1巻)を発表した。第1巻は、総合的評価をまとめたもので、再処理とプルトニウム管理、高速炉研究、スケジュール評価、といったプルトニウム・リサイクルに関するものが多く含まれていた。同レビュー報告書(第1巻)の内、特にプルトニウム・リサイクルに係わる部分は以下の通りである。

再処理とプルトニウムの管理に関する評価

フランスは再処理において世界をリードする立場にあり、ラ・アーグ再処理工場が2030年まで運転を保証されていることは事実であるが、全ての使用済燃料を再処理するというかつてのフランスの基本政策は事実上放棄されたと考えられる。実際、フランス電力公社(EDF)は現在、国内の加圧水型原子炉(PWR)で生じた使用済燃料の3分の1しか再処理を委託していない。また、プルトニウムを10億年にわたって安全に処分できるような固化媒体の研究

が進められている。しかし、O P E C S Tは、高速炉の開発が大きく先送りされた現状では、プルトニウムの最も有効な利用方法はPWRでのプルサーマルであると指摘している。

フランスにおける分離プルトニウムの総量は1996年末現在65.4トンであり、そのうち国外の機関の所有に帰すプルトニウムは30トンである。したがって、フランスが所有するプルトニウムは35.4トンであるが、E D Fが必要であると主張する緩衝在庫(非常時の供給の変動に供えての在庫)は20トンである。

O P E C S Tは、海外の使用済燃料から分離されたプルトニウムは速やかに所有者に返還すべきであり、早期の返還が不可能な場合は再処理を請け負うべきではないと主張している。また、フランスの90万kW級PWRシリーズであるC P 1とC P 2に属する28基は全て技術的に混合酸化物(MOX)燃料を装荷することが可能なので、可及的速やかに装荷許可を発給すべきであると政府に提言している。さらに、独仏が共同開発している欧州加圧水型原子炉(E P R)ではMOX燃料を最大限利用すべきであると示唆している。

O P E C S Tは、フランスにおける使用済燃料の貯蔵容量を拡張すべきであると勧告している。また、プルトニウムのリサイクルは1回で止めるべきで、MOX燃料の再処理は技術的に困難でコストが高むので、現状では不要であると主張している。

核種分離・変換に関する評価

フランスでは、マイナーアクチニドと核分裂生成物の化学的分離に関する研究が大きな進歩を遂げた。しかし、キュリウムからアメリシウムを分離することが困難であるといった、克服し難い問題もある。いずれにしても、マイナーアクチニドと核分裂生成物の放射能が高いことから非常に複雑な施設が必要となるので、コストが高むことは避けられない。

高速原型炉フェニックスの運転再開が決定されたが、同炉では“高速炉によるプルトニウム燃焼(CAPRA)”プログラムを完遂することができない。CAPRAプログラムは本来、

高速実証炉スーパーフェニックスで行われるはずであったが、同炉は早期閉鎖が確定している。したがって、フェニックスが閉鎖される2004年以降、フランスには核種分離・変換に関する研究ツールが存在しなくなる。

このため、OPECS Tは、カダラッシュに建設が予定されているジュール・ホロヴィッツ試験炉(RJH)の設計を変更することをフランス原子力庁(CEA)に提言している。また、RJHに2つの炉心を設置し、一方で熱中性子を、他方で高速中性子を生産できるような設計を提案している。この二重炉心構造の実行可能性とコストについては慎重に検討すべきである。

現在、加速器と一体化した混成炉(hybrid reactor)と臨界未満集合体が注目されている。しかし、OPECS Tは、この種の施設の技術と安全性には幾つかの難点があると考えており、国内あるいは欧州域内で開発プロジェクトを立ち上げる際には、細心の注意が必要であると勧告している。

スケジュールとコストに関する評価

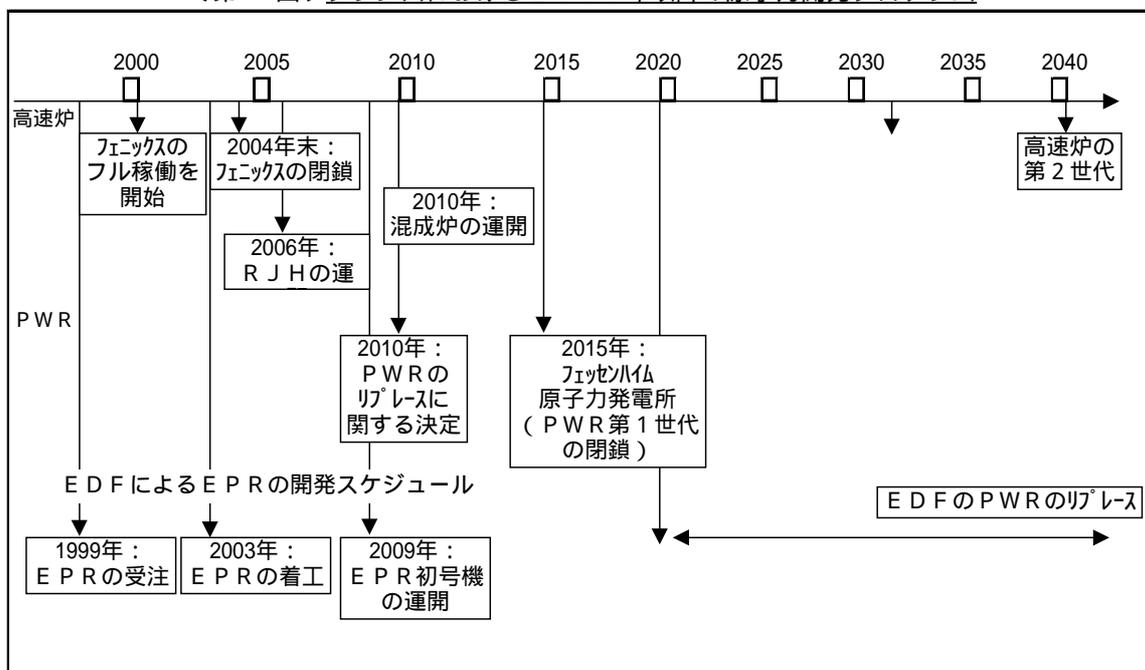
原子力開発プログラムの策定には、少なくとも30年先を見越した綿密な計画が必要である。フランスでは、〔第1.1図〕に示すように、フェニックスが2004年末に閉鎖され、RJHの運開は早ければ2006年、混成炉の実証炉の運開は早くても2010年以降である。また、21世紀の半ば以降に高速炉の第2世代の開発が本格化するので、2030年頃に設計を開始する必要がある。

ラ・アーグ再処理工場のリプレースについては、〔第1.2図〕に示すバックエンド政策プログラムの通り、2020年頃から計画の策定が開始される。また、最初の深地層処分場の運開は2025年頃と予定されている。

上記の2つのスケジュールからも明らかな通り、最終的な決定を行うまでに、まだ若干の時間的余裕がある。しかしながら、地下研究所とEPRの発注に関する決定は急を要する。

以上のように、28基の90万kW級PWR全基についてMOX燃料の装荷を許可すべきであるとの提言は、EDFの方針に合致している。しかし、「緑の党」の代表であるヴォワネ環境大臣が、OPECSTの結論の多くに批判的であることは明白である。

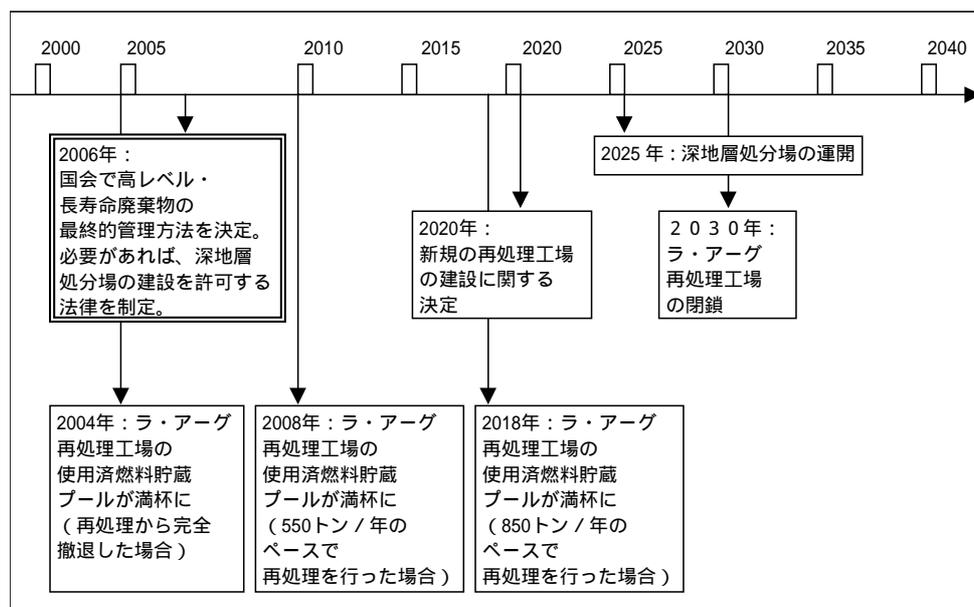
〔第1.1図〕フランスにおける2000年以降の原子力開発プログラム



RJH:ジュール・和ヴィッツ試験炉 EDF: フランス電力公社 EPR: 欧州加圧水型原子炉

〔第1.2図〕フランスにおける2000年以降の核燃料サイクル・

バックエンド政策プログラム



1999年2月には、バックエンドの経済性を評価したレビュー報告書として第2巻『核燃料サイクルのバックエンド：発電コスト』が発表されたが、実際は、電源別の発電コストの比較が主要テーマとなっていた。第2巻の意義は、国会や政府に原子力発電の利点について注意を喚起し、電力市場自由化法案や将来の電源構成を巡る議論をリードすることであると考えられる。与党のバタイユ議員と野党のガレイ議員の共同執筆であることも報告書の権威を高めている。

第2巻は、主に経済協力開発機構／原子力局（OECD／NEA）、仏産業省ガス・電気・石炭局（DIGEC）、およびラ・アーク再処理工場の減価償却期間が終了する2000年以降に関する仏核燃料公社（COGEMA）のデータに基づいている。電源別の燃料と運転・保守コストに関する1997年のデータは次の通りである。

単位：サンチーム / kWh

電源	燃料および運転・保守コスト
90万kW級PWR（燃料／運転・保守）	13.2（6.1 / 7.1）
130万kW級PWR（燃料／運転・保守）	11.2（5.6 / 5.6）
33万kW級石炭火力 - 年間運転時間：7,000 / 3,500	18.7 / 23.9
60万kW級石炭火力 - 年間運転時間：7,000 / 3,500	17.2 / 21.3
25万kW級流動床燃焼石炭火力 - 年間運転時間：7,000 / 3,500	20.4 / 26.2

第2巻では、従来の電源別発電コスト比較では除外されてきた外的要素が考慮されている。OPECS Tは、外的要素が電源の競争力に与える影響を評価するに当たって、欧州委員会の主導で行われた“ExternE”と呼ばれる研究に依拠した。フランスにおける燃料別の外部費用に関する1998年のExternEでも、次の通り、化石燃料が不利であることは明らかである。

単位：サンチーム / kWh (割引率はゼロ)

電源の燃料	外部費用 (CO ₂ を除く)	CO ₂ に関する外部費用
核燃料	0.2	0
石炭	34.4	18
複合サイクル・ガス	8.5	8.2
石油	20.6	11.9

また、プルトニウム利用に関してOPECS Tは、「30～40年後には天然ガスや石油資源が稀少になり、MOX燃料の需要が高まるので、プルトニウムはフランスの原子力発電の将来にとって不可欠である」とし、更に「プルサーマルだけでなく、長期的には高速炉の併用が不可欠である」と指摘している。

(5) 仏国家評価委員会 (CNE) によるMOX使用済燃料管理に関する勧告

---第6回報告書 (2000年)

1991年12月30日の放射性廃棄物管理研究法(以下、廃棄物法と記す)では、高レベル・長寿命放射性廃棄物の最終的な管理方法として、核種分離・変換、深地層処分および長期貯蔵の3つが挙げられており、国家評価委員会 (CNE) は、これら3つのオプションに関する研究の進捗状況を毎年評価している。高レベル・長寿命廃棄物の最終的な管理方法を国会で決定する期日は2006年と規定されており、CNEが活動を開始したのが1994年なので、2000年は3つの研究課題の進捗状況を評価する上で折り返し点となる。

2000年7月に提出された第6回報告書における見解は総じて肯定的であったが、MOX使用済燃料の管理が新たな問題を引き起こす可能性が以下のように指摘された。

「高速炉の開発計画が存在しない現状では、分離プルトニウムはMOX燃料に加工して20基の原子炉でリサイクルするしかない。そうすれば、プルトニウムの在庫を管理することが可能になり、安全性と核拡散防止の目的を達成することができる。MOX使用済燃料から生じ

た廃棄物については長期の貯蔵が必要なだけでなく、高熱を発するので処分場の設計で多くの空間を確保しておかなければならない。したがって、廃棄物管理プログラムにおけるMOX使用済燃料の管理の問題を重視し、MOX使用済燃料の組成に関するインベントリを作成しておく必要がある」

第6回報告書では、MOX使用済燃料の管理の問題が特にクローズアップされた。MOX使用済燃料の再処理が可能であることはラ・アグ再処理工場で立証されたが、EDFの現行の使用済燃料管理政策は、UO₂使用済燃料を再処理し、MOX使用済燃料を無期限に貯蔵するというものであり、MOX使用済燃料の再処理は想定されていない。

CNEは、MOX使用済燃料の再処理を商業規模で行えばマイナーアクチニドと核分裂生成物の発生量が増大することを懸念している。しかし、MOX燃料のワンスルー・オプションにも問題はある。高熱を発するMOX使用済燃料については、深地層処分に先だって地上で長期間貯蔵する必要がある。

CNEの指摘を考慮すれば、MOX使用済燃料の管理に関するEDFの政策と長期貯蔵に関する原子力庁(CEA)の研究との間に一貫性を持たせることが、今後の課題になる。

(6) 政府諮問グループ(三賢人)による原子力発電の経済性評価報告書(2000年)

フランス政府は1998年12月に高レベル・長寿命廃棄物の深地層処分の地下研究所2カ所(粘土層と花崗岩層)建設することを決定し、CEAに対しては、使用済燃料と高レベル・長寿命廃棄物の長期貯蔵に関する研究を命じた。この時政府は、再処理オプションと直接処分オプションのコストを比較・分析することも決定し、ジョスパン首相の要請の下、3名の専門家(CEAの高官であるルネ・ペラ氏、国家計画委員会のジャン・ミシェル・シャルパン委員長、および国立化学研究センター〔CNRS〕のバンジャマン・ドゥシュ研究部長)が1999年9月から調査を開始した。調査は、2050年までのフランスにおける様々な発電方式を資源と経済性の両面について、電力需要の高・低、分散電源等を考慮して比較考量された。

2000年7月28日に提出された報告書の結論は、天然ガスが将来有望な電源であることを認めつつ、原子力が現在および将来にわたってフランスの電源構成の要であることを確認するものであった。また同報告書では、使用済燃料が貴重な天然資源であることも再確認された。この報告書では提言や勧告を行うことは控えられているが、原子力発電からの早期撤退が不経済であるとの認識が客観的事実として提示されている。このため、原子力反対派の側から現状追認主義であるとの批判もなされている。しかし、三賢人の結論は客観的なデータに裏打ちされており、フランスにおける将来のエネルギー政策の重要な指標となることは明白である。

同報告書では、原子力発電におけるオプションとして次の8種類が想定されている。

再処理オプション

シナリオF 1 (標準型) : 2020年から2035年にかけて、PWRと欧州加圧水型原子炉 (EPR) が共存、2050年以降、EPRで統一される。UO₂燃料とMOX燃料が併用され、プルトニウムのリサイクルはワン・サイクルのみ。

シナリオF 2 : 2020年から2035年にかけてPWRとEPRが共存。90万kW級PWR 28基が閉鎖されるまでUO₂燃料とMOX燃料が併用され、閉鎖後、EPRでUO₂燃料と新型のAPA燃料が併用される。2018年にMOX使用済燃料の再処理が開始され、2030年にAPA使用済燃料の再処理が開始される。

シナリオF 3 : 2020年から2030年にかけてPWRとEPRが共存、2040年までUO₂燃料とMOX燃料が併用される。MOX燃料から回収したプルトニウムをトリチウム酸化物と混合し、新たなMOX Pu-Th燃料としてEPRでリサイクル。

シナリオF 4 : 2030年までPWRとEPRが共存、UO₂燃料とMOX燃料が併用される。2030年以降、新型の“高効率炉 (RHR)”の第一世代 (RHR - 1) が導入され、MOX燃料から回収されたプルトニウムが消費される。なお、RHRは、ガス・タービン - モジュール・ヘリウム型炉 (GT - MHR) と呼ばれる小型高温ガス炉に類似した概念である。

シナリオF 5 : 2040年までPWRとEPRが共存、UO₂燃料とMOX燃料が併用される。2040年以降、RHRの第二世代 (RHR - 2) が導入される。

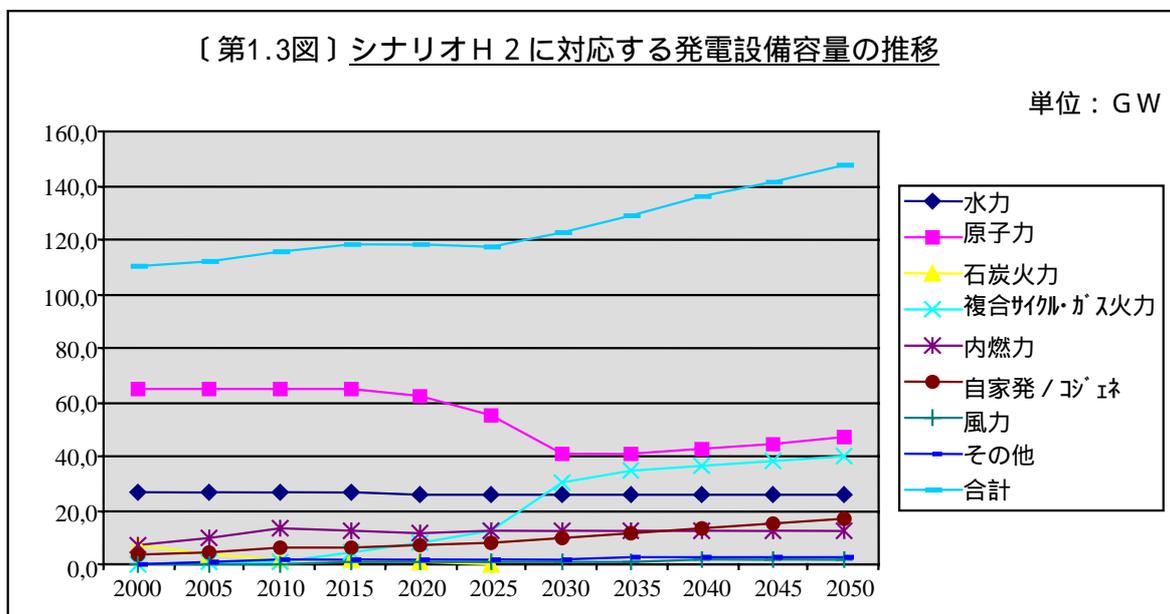
シナリオF 8：シナリオF 4のバリエーション。90万kW級PWRの運転期間終了まで、UO₂使用済燃料の再処理とMOX燃料の利用を継続。2030年以降、EPRの代わりにRHR-1を導入。MOX燃料は再処理され、回収されたプルトニウムはRHR-1で消費される。2050年頃にプルトニウムの在庫は完全に消費され、以後、濃縮度20%のUO₂燃料が利用される。

脱再処理オプション

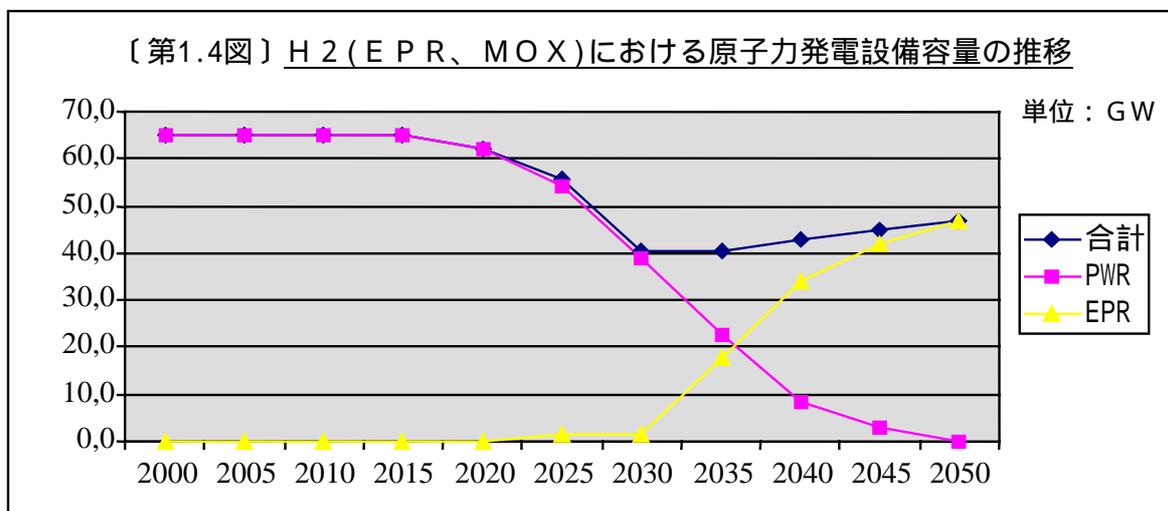
シナリオF 6：PWRとEPRが共存、UO₂燃料とMOX燃料が併用される。2010年以降、再処理から撤退し、MOX燃料の利用を放棄する。

シナリオF 7：PWRを利用し、2030年以降、RHRで段階的にリプレースする。RHRでは、濃縮度20%のウラン燃料が利用される。

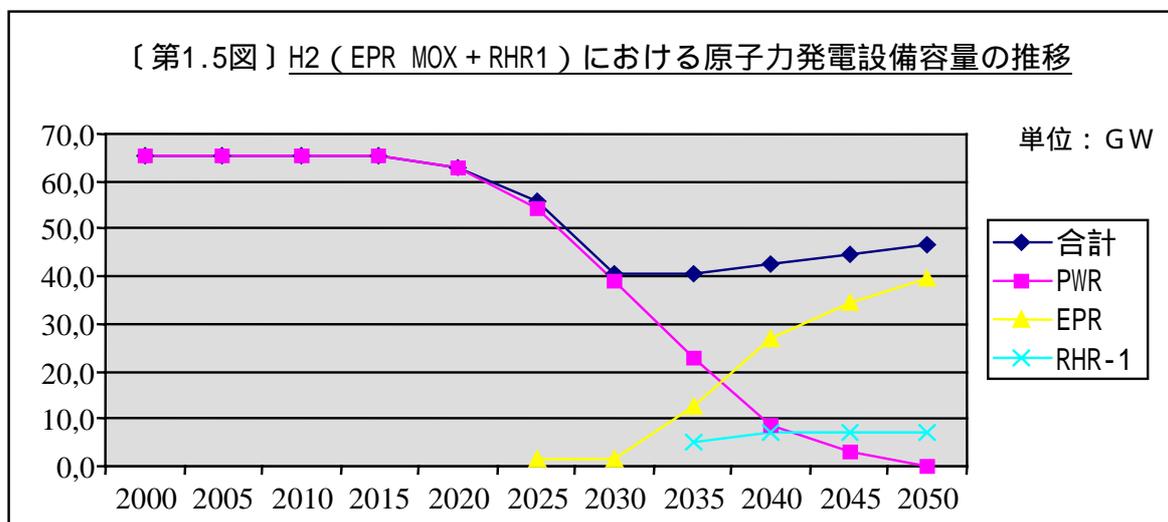
高成長のシナリオ（H2：国が原子力産業を支持したケース。電力消費の抑制には特に関心が払われない）では、原子炉のリプレースを前提とし、2050年の時点で原子力発電設備容量は4,700万kWとなる。シナリオH2に対応する発電設備容量の推移は〔第1.3図〕の通りである。



シナリオH2に原子力発電オプションのシナリオ(F1、F2、F3、F6)を掛け合わせた場合〔(H2(EPR、MOX))〕の原子力発電設備容量の推移は〔第1.4図〕の通りである。

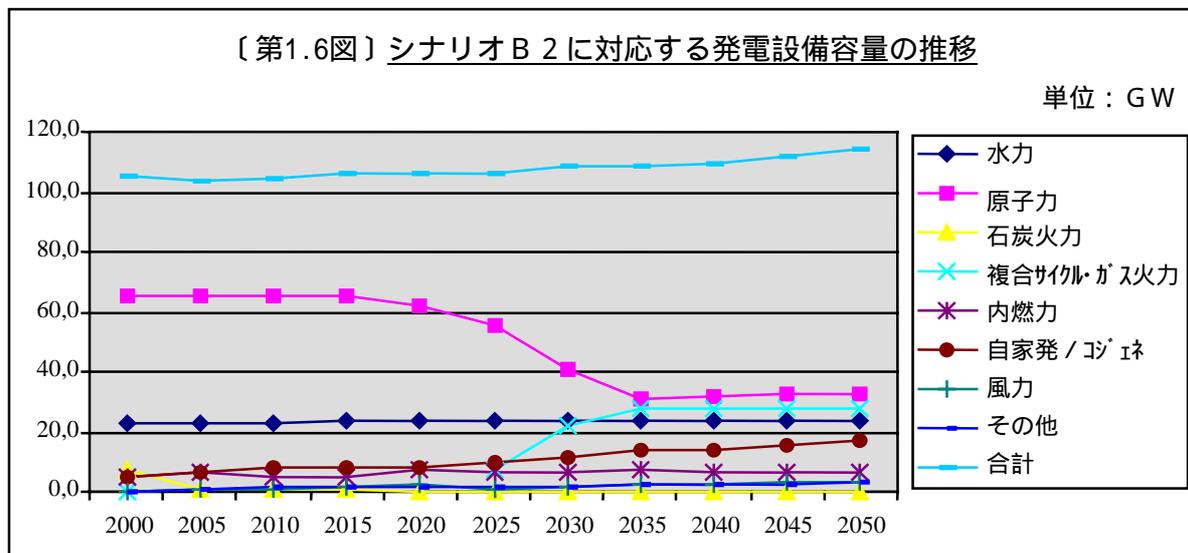


シナリオH2に原子力発電オプションのシナリオF4を掛け合わせた場合〔H2(EPR MOX + RHR1)〕の原子力発電設備容量の推移は〔第1.5図〕の通りである。

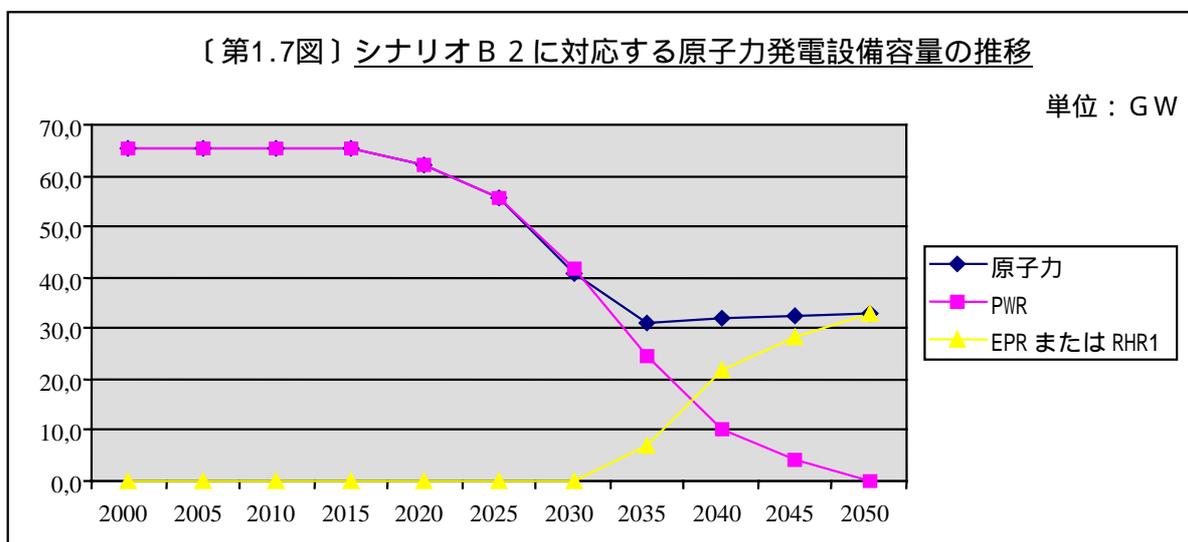


低成長シナリオ(B2：原子力リスクと環境問題が重視され、電力需要の調整機能が促進される。産業構造の抜本的再編と再生可能エネルギーの開発に適した状況が当局によって準備される)では、2030年から2030年にかけて既存の原子炉がリプレイスされる。シナリオB2

に対応する発電設備容量の推移は〔第 1.6 図〕に示す通りである。



このシナリオでは、既存の原子炉の運転期間は 45 年に設定され、2030年から2035年にかけてEPRあるいはRHR-1でリプレースされる。この場合、原子力発電設備容量の推移は〔第 1.7 図〕に示す通りである。



そして、2000年から2050年に至る初期投資、運転コスト、燃料コストおよび研究・開発(R&D)コストに関するシナリオと、天然ガスの価格変動に関するシナリオ(安定型、中間

型、緊張型)とを組み合わせ、各電力需給シナリオの経済性を〔第 1.1 表〕のように見積もっている。

〔第 1.1 表〕電力需給シナリオ別の発電コスト

単位：10 億フラン

需給シナリオ	高成長シナリオ			低成長シナリオ			
	H 1	H 2	H 3	B 2	B 3	B 4 - 45	B 4 - 30
天然ガス価格変動	安 定 型						
初期投資	1,665	1,996	2,232	1,627	1,715	1,392	1,351
運 転	1,236	1,382	1,545	1,266	1,322	1,164	884
燃 料	1,968	1,581	1,142	1,249	1,092	1,549	2,230
R & D	120	146	146	146	146	120	86
合 計	4,989	5,105	5,065	4,288	4,275	4,225	4,551
天然ガス価格変動	中 間 型						
初期投資	1,665	1,996	2,232	1,627	1,715	1,392	1,351
運 転	1,236	1,382	1,545	1,266	1,322	1,164	884
燃 料	2,449	1,892	1,296	1,483	1,266	1,905	2,739
R & D	120	146	146	146	146	120	86
合 計	5,470	5,416	5,219	4,522	4,449	4,581	5,060
天然ガス価格変動	緊 張 型						
初期投資	1,665	1,996	2,232	1,627	1,715	1,392	1,351
運 転	1,236	1,382	1,545	1,266	1,322	1,164	884
燃 料	3,121	2,357	1,545	1,840	1,543	2,415	3,537
R & D	120	146	146	146	146	120	86
合 計	6,142	5,881	5,468	4,879	4,726	5,091	5,858

この表から、次の結論が導かれた。

- ・ 天然ガス価格の変動にかかわらず、いずれのケースにおいても、B 4 - 30 (原子炉寿命 30 年の早期脱原子力) は B 4 - 45 (原子炉寿命 45 年の緩やかな脱原子力) よりもコストが高くなる (原子力発電からの早期撤退は不経済)。
- ・ 天然ガス価格が “安定型” のケースでは、原子炉のリプレースを行わないシナリオが最も安価 (高成長では H 1、低成長では B 4 - 45)。
- ・ 天然ガス価格が “緊張型” のケースでは、原子炉の大部分をリプレースするシナリオが最も安価 (高成長では H 3、低成長では B 3)。

また報告書は、再処理・リサイクルの資源的・環境的・経済的效果とデメリットについて、「全ての使用済燃料を再処理してMOX燃料としてリサイクルする場合、2010年に再処理を中止するケースと比較して、天然ウランは約5%節約され、処分されるプルトニウムとアメリシウム量は12~15%低減される。一方、このように再処理を拡張した場合、フランスの原子力発電コストは、全ての原子炉の寿命期間にわたって280億~390億フラン(5,600億~7,800億円)増加し、1~1.5%割高である」と評価している。

(7) 再処理・リサイクルに対する経済・財政・産業省(MINEFI)の見解(2001年)

経済・財政・産業省(MINEFI)は2001年7月に「フランスにおける再処理・リサイクルおよび核物質輸送」と題する報告書を発行し、この中でフランスの再処理・リサイクルをエネルギー、環境/放射線防護および経済性の観点から評価した同省の公式見解を示した。2000年7月の仏三賢人による原子力発電の経済性評価については、2000~2050年のウラン資源が安価な期間を対象とした評価なので、再処理・リサイクルが直接処分よりコスト高となっているが、より長期的視点から見れば、ウランおよび濃縮の価格が高くなると考えられるので再処理・リサイクルの方が経済的なのはと反論している。また、再処理・リサイクルは環境的観点から正当化されるもので、経済性比較はそれ自体根拠がない等、フランスの現行の再処理・リサイクル政策に対する政府の肯定的な姿勢を示す内容となっている。以下に要点を示す。

a. シャルパン、ドゥシュおよびペラの三賢人による政府諮問グループの経済性評価報告書

2000年7月に提出された原子力発電の経済性に関する同報告書は、ウラン資源が低価格である現在の状況の下では、再処理・リサイクルは直接処分より若干コストが高いと評価している。28基の原子炉で使用済燃料の再処理・リサイクルを100%行った場合と、2010年に再処理を中止する場合を比較すると、全原子力発電コストは再処理・リサイクルの方が1%割高である。

しかしながら、この若干のコスト増加は明らかに、ウランと濃縮サービスの価格が2000～2050年にわたって安価であるという仮定に依るものである。1980年代の経済状況の下で（あるいは、より将来にわたって）評価したならば、再処理・リサイクルの方が経済的であるという結論が導かれるであろう。

また、ロシアの核物質市場の危機、あるいは米国濃縮会社（USEC）の欧州濃縮会社に対するダンピング訴訟に伴う米国市場における濃縮価格の上昇、といった要因を考慮した時、同報告書の評価結果は必ずしも完全であるとは言えない。

更に、使用済燃料の中間貯蔵量の低減、不安定な廃棄物をガラス固化することによる安全な燃料管理、使用済燃料からプルトニウムを除去することによる深地層処分場の毒性緩和、といった再処理・リサイクルの環境面での経済効果を同報告書は評価に入れていない。

b. 既存のプロセス（再処理・リサイクル）と開発中のプロセス（直接処分）の比較の是非

クローズド・サイクルとオープン・サイクルの経済性比較は、基本的には理論上のものであることに留意すべきである。再処理・リサイクルには現実の産業実績があるが、直接処分はまだ実現されたものではない。更に言えば、再処理・リサイクルはエネルギー的に正当化されなくても、環境的観点から正当化されるので、経済性を比較すること自体、根拠のないものであり、コストの問題は主要な動機付けとならない。多量のプルトニウムを深地層に処分することを承認するかどうかの決定も、再処理・リサイクルのコストの問題と別個に検討されるべきである。

最後にMINEFIは、「1991年廃棄物法の規定によって、高レベル・長寿命廃棄物の最終的管理方法が2006年に決定されるまで、現在のフランスの再処理・リサイクル戦略は既存の施設の性能の範囲内で継続され、その後の戦略は同決定次第である」としている。

(8) M O X 使用済燃料貯蔵をめぐる論議 (2 0 0 1 年)

仏電力公社 (E D F) の現在の年間使用済燃料発生量は約 1,150 トンであるが、再処理されるのは 800 ~ 850 トン (U P 3 再処理プラントにおける最大 (許可) 処理量) で、残りは貯蔵されている。この内の約 100 トンが使用済 M O X 燃料である。E D F では現状、約 100 トンの M O X 燃料をリサイクルしていく計画である。現在のところ、使用済 M O X 燃料の貯蔵量は約 300 トンであるが、E D F では、2 0 2 0 年までにはその量は 3,200 トンになると見積もっている。一方、U O₂ 使用済燃料の貯蔵量は減少していく。

フランスは再処理を推進している国であるが、再処理される予定のない使用済燃料、特に M O X 使用済燃料が多量に貯蔵されるという現実を直視して、貯蔵政策を立てるべきであるという議論が 2 0 0 1 年においては高まった。

a . O P E C S T の主張

仏議会科学技術選択評価局 (O P E C S T) のバタイユ議員は 2 0 0 1 年 5 月 1 7 日に『使用済燃料の長期貯蔵の可能性』と題する報告書を発表した。同議員は「1 9 9 1 年の放射性廃棄物管理研究法は国内で発生した全ての使用済燃料が再処理されることを前提に起草されたものであるが、この前提はもはや現状に合致していない。早期に再処理されない使用済燃料を考慮して新たな法律を制定すべきである」と指摘し、「米国では電力会社が原子力発電所の貯蔵プールのリラッキングや乾式貯蔵の導入で急場をしのいでいるのが現状である。この轍を踏まないために、我が国では複数の貯蔵施設を開発する必要がある」と強調した。

バタイユ議員は、あらゆる種類の放射性廃棄物の管理責任を仏放射性廃棄物管理機関 (A N D R A) に集中すべきであり、この責任を民間に移譲してはならないと主張している。また、欧州電力市場の自由化に伴い、使用済燃料の貯蔵、廃棄物の処分および原子力施設の廃止措置に関する資金繰りが困難になる恐れがあると警告している。これらの資金は現在、E D F の“準備金”として内部留保されているが、同議員は、スウェーデンのような外部基金方式の導入を

示唆している。

バタイユ議員はさらに、フランスの使用済燃料や廃棄物の輸出を法律によって禁止するとともに、再処理を目的とした海外の使用済燃料の輸入や貯蔵についても“厳格な規定”を設定すべきであると勧告している。

バタイユ議員は「全ての使用済燃料を再処理 - リサイクルするという原則を独断で変更した」として、EDFと仏核燃料公社(COGEMA)を激しく非難した。EDFの原子力発電所では年間1,150トンの使用済燃料が発生するが、このうち再処理されるのは850トン/年だけである。特に年間100トン発生するMOX使用済燃料については、EDFはこれらを早期に再処理する意向はない。バタイユ議員は「MOX使用済燃料が今後20年、30年さらに40年にわたって再処理されないとすれば、使用済燃料の新たな貯蔵方法を検討しなければならない。私個人としては、使用済燃料の大量輸送を避けるために、国内に2～5カ所の地上乾式貯蔵施設を設置することが望ましいと考えている」と語った。

b . CNEの第7回レポート

2001年6月28日に発表された国家評価委員会(CNE)の第7回レポートにおいては、中間貯蔵に関する詳細な研究と実証が、特に長寿命廃棄物と再処理される予定のない使用済燃料において急務であると勧告された。またCNEは、フランスが廃棄物コンテナとキャスクの開発が遅れているとし、スウェーデンで行われているように、中間貯蔵施設の実証を行うことによって、長期的な廃棄物管理のパブリックアクセプタンスを大幅に向上することができることを主張した。

CNEは更に、高レベル・長寿命廃棄物の処分場の概念設計において、従来のガラス固化高レベル廃棄物(カテゴリーC廃棄物)、長寿命廃棄物(カテゴリーB廃棄物)の他に、 UO_2 使用済燃料とMOX使用済燃料を処分の対象に加えるべきであるとした。ただし、最も優先されるべきは大量に発生する長寿命廃棄物であることに留意すべきであることも示唆された。そ

して、処分場が少なくとも今後 20 年間は利用できないことを踏まえ、中間貯蔵においても長寿命廃棄物を最優先に考えるべきであるとしている。

使用済燃料の長期中間貯蔵に関して C N E は、ラ・アーグ再処理サイトで貯蔵する場合と発電所サイトで貯蔵する場合の長所と短所を比較、検討するよう勧告した。例えば、ラ・アーグで貯蔵する場合には輸送の頻度が多くなる。一方、発電所サイトの場合は、施設を 20 カ所建設することになり、これによってモニタリングの増加や各種リスクの分散と増加が生じることになる。

また、処分場と中間貯蔵施設の併設についての検討も勧告し、処分場の回収可能性を考慮すれば、回収された廃棄物の貯蔵施設の必要性が必ず問題になるはずであると指摘している。

最後に、C N E はフランスの将来の廃棄物管理スケジュールについて、以下のようなシナリオを示した。

2006年12月に国会で高レベル・長寿命廃棄物の最終的な管理方法が採択される。この中で、長寿命廃棄物の早期処分の方針が示される。高度再処理によってガラス固化高レベル廃棄物からアクチニドを分離し、核分裂生成物（FP）だけを再ガラス固化し、約100年間貯蔵して発熱量を少なくし、その後で処分する。分離されたアクチニドは、核種変換炉が利用できるようになるまで貯蔵される。再処理されない使用済燃料（即ち、MOX燃料）は約100年間貯蔵され、その後に再処理するか、再処理しないかの判断を下す。

以上のように、これまでラ・アーグ再処理サイトの多量のプール貯蔵容量（14,000トン）があるために問題視されていなかった使用済燃料貯蔵の問題が、フランスにおいても顕在化し、政治問題となってきた。バタイユ議員はこの問題の検討を、新たな法律の制定を視野に入れて提案しており、今後のフランスのバックエンド政策へ影響するものと予想される。

(9) C E A の廃棄物研究成果 (2 0 0 1 年)

フランス原子力庁 (C E A) は 2 0 0 1 年 1 0 月 2 日 に、『放射性廃棄物に関する研究 : 成果と見通し』と題する報告書を発表し、高レベル・長寿命放射性廃棄物の最終的管理方法に関する研究、特に核種分離・変換に関する研究が大きく進捗したことを明らかにした。また、同報告書では、長期貯蔵および深地層処分との連続性や相互連関が重視されている。

従来、核種分離・変換は C E A、深地層処分は放射性廃棄物管理機関 (A N D R A)、長期貯蔵は電力公社 (E D F) と核燃料公社 (C O G E M A) といった暗黙の役割区分があった。しかし、研究の進捗状況を評価する立場にある国家評価委員会 (C N E) は、このような縦割り構造の弊害を指摘してきた。C N E の批判を受けて、C E A は近年、他の関連機関との共同研究に精力的に取り組むようになり、3 つの研究課題の中間領域において大きな成果を収めた。C N E は、2 0 0 1 年 6 月の第 7 回評価報告書の中で、C E A の脱領域的な活動を高く評価している。

(10) ラファラン中道右派政権下での「エネルギーに関する公開討論」(2 0 0 2 ~ 2 0 0 3 年)

2 0 0 2 年に行われた大統領選挙と国民議会選挙の結果、シラク大統領が再選され、ラファラン氏 (自由民主党、D L) を首相とした中道右派政権が復活することになった。ラファラン政権は、前政権が為し得なかった「エネルギーに関する公開討論」を開催することを提案した。

こうして、今後 30 年間のエネルギー政策を確定するための第 1 のステップとして、ロザリーヌ・バシェロエコロジー・持続可能開発大臣とニコル・フォンテーヌ産業担当大臣 (欧州議会 (E P) の前議長) の責任の下に、2 0 0 3 年 3 ~ 5 月に 5 つの都市で「エネルギー公開討論」が開催されることになった。この公開討論の成果を踏まえて、2 0 0 4 年初めにはエネルギー政策法案が国民議会へ提出される予定である。

公開討論の基本的な問題意識は、地球温暖化防止とエネルギーの安定供給をいかに両立するかということであり、この観点から原子力発電をどのように評価するかが重要なポイントであった。

公開討論の結果は、社会哲学者のエドガー・モラン氏、技術アカデミー代表のピエール・カスティオン氏および科学ジャーナリストのマルク・レギー氏で構成される“賢人委員会”によって、9月12日に総括報告書がフォンテーヌ産業担当閣外大臣に提出された。

報告書の構成はカスティオン氏とレギー氏が共同執筆した第1パートとモラン氏が単独で執筆した第2パートに分れている。エネルギー公開討論で最も注目された議題は国内の原子力発電所のリプレースと次世代炉の問題であったが、三賢人の原子力発電に対する評価は消極的肯定というか、非常に慎重なものであった。以下では、まずカスティオン＝レギー氏の第1パートから、次にモラン氏の第2パートから、それぞれ原子力発電に係わる議論を取り出し、主な論点をまとめた。

カスティオン氏とレギー氏の総括

- ・ 原子力事故のリスクは極めて低いがゼロではなく、確かに評価がもっとも困難なリスクである。ただ、フランスでは、万一事故が発生したとしても影響は局限されるものと考えられる。核拡散のリスクが度々問題にされるが、仮に原子力の民生利用を放棄したとしても、核の軍事利用の問題は依然として残る。
- ・ 原子力発電プログラムを継続する以上、何年か後には確実に既存の原子炉を新規の原子炉でリプレースしなければならない。仮に現時点で決定を下すとすれば、唯一の候補は欧州加圧水型原子炉（EPR）である。しかし、決定を数十年先送りできるなら、選択の幅は広がる。実際、“第四世代型”と呼ばれる次世代炉が世界規模で研究されている。
- ・ アレバ社は、メーカーとしての事業戦略からEPR初号機の建設を急いでいる。EPR1基ではフランスの原子力発電電力量の3%を占めるにすぎないが、世界の原子炉メーカーがアジア市場への足掛かりをつけるべくしのぎを削っている中、初号機は商品見本として大きな価値がある。実際、世界的に認知度の高いフランスの原子力技術を失い、みすみす他国に水を開けられるようなことになれば、それは大変無念である。

- ・ フランス電力公社（EDF）もEPRに関心を示している。しかし、EDFが提示した開発スケジュールには一貫性がなく、EPRの建設を急ぐ明確な理由が見えてこない。近々、大掛かりな省エネ・プログラムが開始される。また、既存の原子炉の寿命が延長されることは、ほぼ確定である。開発時期の古い原子炉に欠陥が生じるかもしれないと指摘する声もあるが、あくまで仮定の域を出ず、予防原則を適用してリプレースの時期を早める根拠にはならない。
- ・ 原子力発電の問題は一度きりの公開討論で語り尽くせるものではなく、今後も引き続き検討を要する課題である。ただ、地球温暖化の問題は、原子力発電の継続を正当化する決定的な要素であると思われる。賢人委員会は、フランスの電源構成に占める原子力の比率を再生可能エネルギーによって漸次縮減することに賛成である。しかし、現在の科学水準では、この世界は原子力発電なしでは立ち行かないとも思われるのである。

モラン氏の総括

原子力発電の将来は、国内のエネルギー供給の自立について考慮すると共に、次のような長期的時間枠の中で考察しなければならない。

- ・ 長寿命放射性廃棄物の防護を保証できる期間は中・短期的なものでしかない。このことは、原子力政策全体の選択に影響を与えるはずである。ただ、ある種の原子炉では放射性廃棄物を燃料としつつ、その放射能毒性を低減することができる（高速炉オプション）。
- ・ 原子力発電所やラ・アーク再処理工場がテロの標的になる恐れがある。
- ・ 猛暑のために原子力発電所が機能不全に陥るケースがある。
- ・ EPRへの多額の投資（20～30億ユーロ＝140円換算で2,800億～4,200億円）が再生可能エネルギーの開発を圧迫する可能性はないか？

このように、原子力発電は固有のリスクに加えて、外的な脅威にもさらされている。既存の原子炉が閉鎖されるのは2020年以降なので、2010年までにEPRについて決定を下す

必要はない。1980年代に構想されたEPRが次世代炉として適格であるか否か判断することは難しい。個人的な見解としては、8年間の熟慮期間を設けることが妥当であると思われる。

以上の2つの総括からは、中道右派新政権が望んでいる原子力推進の道筋は示されなかった。しかし、国民議会から、“賢人委員会”が9月に発表したエネルギー公開討論の総括報告書を補完するものとして、ジャン・ベッソン議員による総括報告書が発表された。原子力発電についてベッソン議員の総括報告書は「温室効果ガスの排出量を削減する十分条件ではないが必要条件であり、断固継続すべきである。また、フランスが2020年の時点で原子炉のリプレースをスムーズに行うためには、EPRが必要である」との見解を示した。

フォンテーヌ産業担当閣外大臣はベッソン議員の報告書を受けて、「第四世代炉は安全性に優れ放射性廃棄物の発生量も少ないが、シリーズ化に漕ぎ着けるのは2040年以降である。したがって、EPRの安全性や経済性について、さらに議論を詰める必要がある」と述べた。

更に同大臣は、11月7日にエネルギー白書の概要説明を行い、「原子炉をリプレースするか否か、またリプレースするとすれば全基か一部かという問題について、2015年までに決定を下す必要がある」と指摘した。エネルギー白書には、「2015年までをカバーする多年度投資計画に原子力オプションが盛り込まれるべきであり、そのためにはEPR初号機の早期建設が望まれる」と明記されている。初号機は原型炉と商業炉の中間に位置する実証炉であり、その建設コストは30億ユーロ(4,200億円)と見積られている。フォンテーヌ大臣は「2020年には運開から40年以上を経過した原子炉が30基にもなる。したがって、2012年から2015年を目途に(EPRの)あらゆる技術に習熟しておく必要がある。実証炉を(早期に)建設することによって、仏電力公社(EDF)は高度な安全水準を保証するに足る運転経験を得ることができる」と強調した。

エネルギー白書は、今後30年間の国家エネルギー政策を規定するエネルギー政策法の素案とも言える位置付けにあり、この中には「エネルギー政策法案ドラフト」も含まれている。このドラフト法案を基に、2003年末までに政府の公式法案が策定され、2004年初めの閣議了承

を経て国会に提出される予定である。白書では、エネルギー自立と環境保護という2つの要件を満たすために、省エネの促進、再生可能エネルギーの開発および原子炉のリプレースに備えることが勧告されている。

このような状況の中で、フィンランド林業関係電力会社（TVO）は10月16日に同国5基目の原子炉として欧州加圧水型原子炉（EPR）の採用を視野に、仏AREVA社を中心とするコンソーシアムと優先的に交渉を進める意向を明らかにした。1991年以降、欧州で新規の原子炉が建設されたことはないだけに、TVOがEPRの技術水準を高く評価したことはAREVA社にとって大きな意義がある。AREVA社は「TVOがEPRを選択すれば、我々の技術がコストと安全性の両面で最も優れていることが客観的に証明される」と期待感を高めている。

フォンテーヌ仏産業担当閣外大臣も、この朗報に接して、「我が国の技術が他国の手ごわいライバルたちを凌駕している証拠である」と満足の意を表明した。フィンランドがEPRの採用に前向きな姿勢を示したことはフランスの原子力産業にとって朗報であったが、同時に、EPRを国内で早期に建設する必然性を希薄にするものでもあった。

また、TVOは「他の選択肢も排除したわけではない」とコメントし、最終決定を2003年末まで持ち越していたが、12月18日、正式にEPRのターンキー契約(約30億ユーロ=4,200億円)を結んだ。運開は2009年上半期の予定である。

(11) エネルギー政策法案の審議状況(2004年)

a. 国会審議前の討論と下院での審議

エネルギー政策法案の国会審議に先立って、2004年4月15日に下院でエネルギー政策に関する討論会が開催された。ニコラ・サルコジ経済・財政・産業大臣は討論会の席上、エネルギー政策法の政府原案の趣旨説明を行った。サルコジ大臣の原子力発電とEPRに関する発言は、要旨、以下の通りである：

「原子力は今後も主要電源であり、政府の基本方針は既存の原子炉をEPRでリプレースすることである。フランスの原子炉の寿命は当初30年と設定されていたが、2011年には大半が運転から30年を迎える。原子炉の寿命を10年延長することも理論上は可能であるが、確証があるわけではない。我々には、2015年から2020年にかけて次世代炉を導入できるように今から準備しておく責任がある。第四世代炉の導入は2045年以降と予想されているが、EPRについては2020年にも商業化が可能であると言われている」

サルコジ大臣が起草したエネルギー政策法原案は下院の経済問題委員会で修正され、5月18日に審議に移された。ニコラ・サルコジ経済・財政・産業大臣が国民議会に提出したエネルギー政策法案の構成は、次の通りである：

理由書

法案本文

第1条：補遺への言及

第 編：エネルギー消費の管理

第1章：省エネ証明書（第2～5条）

第2章：建物内における省エネ（第6条）

第3章：消費者への情報提供（第7条）

第 編：再生可能エネルギー

第1章：都市計画に係る施策（第8条）

第2章：再生可能エネルギーによる発電の保証（第9条）

第3章：水力（第10～11条）

第 編：送電系統と配電系統のバランスと質（第12～13条）

法案補遺：フランスのエネルギー政策の方向性

序文

- ・エネルギー政策の4つの主目的
- ・これらの目的を達成するための4つの基本方針
- ・関連諸機関の役割

原子力発電は法案の本文の第1条で「補遺に示されたエネルギー政策の方向性を承認する（全文）」と規定することによって、補遺の内容を本文に呼び込む形になっている。補遺の には「原子力や再生可能エネルギーのような温室効果ガスを排出しない電源によって化石燃料火力を代替することが望ましい」との言及があり、補遺の で電力政策におけるEPRの位置付けが明確に記述されている。以下に、補遺 に示された電力政策とEPRの位置付けの概要を示す：

フランスの電源構成の際立った特徴は、原子力の比重が非常に大きい（総発電電力量の78%）という点である。このことにより、電力の安定供給、競争力および地球温暖化防止の観点から、フランスは明らかに優位な位置にある。実際、水力発電と並行して原子力発電の開発を進めたことによって、フランスは欧州で最も温室効果ガス排出量が少ない国になっており（欧州諸国の温室効果ガス排出量の平均はフランスを60%上回っている）、電気料金は極めて安価で安定している。また、フランスの原子力産業が多くの雇用を創出し技術的ノウハウも豊富であることは世界的に認知されており、原子力発電が持続化することは望ましい。しかしながら、将来的には電源構成を段階的に多様化し、原子力を維持しつつ再生可能エネルギーの比率を増大し、ピーク時の需要に備えて石炭火力や複合ガス火力を配する必要がある。

再生可能エネルギーによる発電は安定性に欠けるが、地球温暖化防止に部分的に寄与するものである。2010年を目途に国内の電源構成に占める再生可能エネルギーの比率を16~21%に高めるというEUの目標を達成するために、風力やバイオマスを優先的に開発し、その他の再生可能エネルギーについても開発を継続する方針である。また、水力発電の潜在力を維持し、既設の発電設備の能力を向上し、必要に応じて増設も検討する。また、再生可能エネルギーの開発を保証できる産業構造に見通しをつけるために、2000年2月10日の『公共サービスとしての電気事業の近代化と発展に関する法律』（いわゆる電力自由化法）に規定された財政支援措置を今後3年間は変更しない。エネルギー政策法の制定から3年後に国内外の再生可能エネルギーの開発状況に関する総合評価を行い、適宜、制度の変更を検討する。

既存の原子炉の供用期間を40年と考えることは妥当であるが、寿命を全うできる確証はなく、まして供用期間をさらに10年延長できるという保証はない。したがって、既存の炉の恒久運

転停止が本格化する時期を2020年頃と想定する必要がある。特に旧世代に属するシリーズが寿命を終えるのは2015年頃と予想されるが、そのときまでに、新世代の原子炉でリプレースするか否かを国として決定しておかなければならない。したがって、2015年までを見据えた次期「多年度発電設備投資計画（PPI）」では、この“原子力オプションを維持する”という国家的要請が考慮される。このような認識から、国としては、EPRを建設するというフランス電力公社（EDF）の意向を支持するものである。実際、第四世代炉の商業化は2045年以降と予想されているが、それではリプレースに間に合わない。したがって、EPRの量産を見越して、近い将来に実証炉を1基建設する必要がある。

フランスが原子力分野における世界のリーダーであり続けるために、次世代炉の技術開発とともに放射性廃棄物の恒久的管理に関する研究を促進する必要がある。国際熱核融合実験炉（ITER）プログラムが基礎研究に留まるとしても、第四世代炉については基礎研究から応用まで歩を進めるべきであり、産業界の参加が望まれる。

とはいえ、原子力でも再生可能エネルギー（水力を除く）でもピーク時の電力需要には対応できないので、一定の時間は火力発電に頼ることになる。したがって、電力の安定供給を保証するために、フランスは石油、石炭および天然ガスによる火力発電技術の開発を継続する必要がある。天然ガス火力の規模は温室効果ガスに係わる外部費用を考慮した競争力によって決まってくるが、セミ・ベースロード電源（約5,000時間/年）として利用することは可能である。また、夏期や冬期の電力需要に対応するためにコジェネレーションを併用することは有効である。さらに、温室効果ガスの排出量を削減するために、電力消費量の増減を平準化してピーク時を短縮したり、CO₂の捕獲技術に関する研究を奨励する必要がある。

下院での法案審議において、大統領多数派連合（UMP）とフランス民主同盟（UDF）は、原子力以外の電源の開発を圧迫しないという条件でEPRの建設を容認する立場を表明し、共産党系のポケット議員は「フランス電力公社（EDF）が運転する限り、EPRの建設には賛成である」と述べた。しかし、社会党のル・デオー議員は、党全体として国内におけるEPRの建設に反対する姿勢を明確にした。その理由は、「EPRはフランスの真の需要に応えるものではな

い。予算が限られている以上、他のエネルギー部門に回した方がよい」というものであった。「緑の党」のコシエ元環境大臣は、当然のことながら、原子力発電にもEPRにも真っ向から反対した。また、社会党やUDFから、省エネの施策等について「内容が荒削り」との批判が持ち上がり、「時間をかけて肉付けしていく必要がある」との意見が提示された。これに対して、政府は次の2点を理由に可及的速やかな審理を要請した：

欧州連合（EU）域内では2004年7月1日以降、電力市場の70%が開放される。

EDFとガス公社（GDF）の法的性格の変更に関する法案が5月19日に閣議にかけられる。この法案が国会で審議される時期と重ならないことが望ましい。

下院法案の採択は6月1日に行われ、賛成358票、反対157票で可決した。このとき、UMPとUDFが賛成したのに対し、社会党と共産党は反対票を投じた。

b. エネルギー政策法案の上院審議から制定まで

上院における下院法案の審議は急ピッチで進められ、6月10日に採択された。上院修正法案の構成は、次の通りである：

法案本文

第 編A：国家エネルギー戦略（第1条）

第 編：エネルギー消費の管理

第 章：省エネ証明書（第2～5条）

第 章の2：追加条項（第5条の2～第5条の5）

第 章：建物内における省エネ（第6条～第6条3）

第 章：消費者への情報提供（第7条）

第 編：再生可能エネルギー

第 章A（第8条A）

第 章：都市計画に係る施策（第8条～第8条の3）

- 第 章：都市計画に係る施策（第 8 条～第 8 条の 3）
- 第 章：再生可能エネルギーによる発電（第 9 条）
- 第 章：追加条項（第 10～11 条の 4）
- 第 章：再生可能エネルギーによる熱供給（第 11 条の 5、6）
- 第 編：送電系統と配電系統のバランスと質（第 12～13 条）
- 第 編：その他
 - 第 章：財政支援方策（第 14 条）
 - 第 章：その他（第 15～31 条）

法案補遺：フランスのエネルギー政策の方向性

序文

- ・エネルギー政策の 4 つの主目的
- ・これらの目的を達成するための 4 つの基本方針
- ・地方自治体と欧州連合（EU）の役割

上院法案では、下院法案の構成が大枠で踏襲されたが、微細な修正が多数加えられた。特に、エネルギーの安全保障、再生可能エネルギーの開発促進および温室効果ガスの削減に関する内容がさらに具体化している。

原子力発電に関する記述は、政府原案では補遺に含まれていたが、下院修正案で第 1 条に組み込まれ、上院修正案で再び補遺に戻された。ただ、いずれにしても、原子力を 21 世紀の主要電源と位置付ける基本方針に変更はない。EPR についても「リプレースが開始される 2015 年の時点で必要な技術が確保されていなければならない。しかし、第四世代炉の商業化は 2045 年以降である。したがって、EPR を導入する必要がある」との認識は一貫している。上院修正案ではさらに、「EDF は 2004 年中にも EPR の建設に向けた公衆への意見聴取を開始する」旨が追記され、年内にも建設許可政令の発給要件である“公衆へのアンケート調査”が実施されることが示唆された。

上院修正法案は下院に差し戻され、議会での法案の最終的な可決は2005年上半期となる見通しである。法案を巡る議論はほぼ出揃っており、特に原子力発電については、21世紀の主要電源と位置付けることで大方のコンセンサスが得られたようである。最終的な可決が遅れているのは、下院の審議スケジュールが立て込んでいるためである。

(12) 国家評価委員会の第10回報告書---予備的な総括評価(2004年6月)

フランスでは、高レベル・長寿命放射性廃棄物の最終的な管理方法として核種分離・変換、深地層処分および長期貯蔵を同時並行的に研究することが1991年12月の放射性廃棄物管理研究法(以下、廃棄物法と記す)によって定められている。これら3つの課題に関する研究の進捗状況を評価するために設置された国家評価委員会(CNE)は、2004年6月に第10回評価報告書を発表した。CNEは、この第10回報告書を、2006年の最終報告書に向けた“予備的な総括評価”と位置付けている。

CNEは発足以来一貫して、深地層処分を前提に長期貯蔵や核種分離・変換を評価しており、最終評価報告書においても、CNEが深地層処分を主軸に据えた高レベル・長寿命廃棄物の管理政策を提言することはほぼ確実であると考えられる。問題は、深地層処分場の候補となるサイト周辺の住民の合意をいかに取りつけるかであり、高レベル・長寿命廃棄物の最終的な管理方法に関する議論は、結局、社会・経済的な問題、すなわち公衆受容の問題に帰着すると言えよう。

以下に、CNEの第10回評価報告書の概要を報告する：

CNEは、核種分離・変換に関する研究を担当している。現在、ラ・アーグ再処理工場の再処理プロセスを準用して、ヨウ素、テクネチウムおよびネプツニウムの分離が行われている。アメリカシウム、キュリウムおよびセシウムの分離に関する研究も推進されており、2006年には分離プロセスに関する十分な知見を提示できるものと予想される。しかし、核種変換に関する計画が明確にならなければ、核種分離の原型施設の建設にも着手できない。そこで幾つかの可能性が検討された結果、ネプツニウムとアメリカシウム(場合によってはテクネチウム)の変換のみが現

実的であることが明らかになった。ヨウ素やセシウムは、特殊なコンディショニングの対象となる。キュリウムについては、処理方法は未定である。

核種変換に関する研究は、1997年に高速実証炉スーパーフェニックスが閉鎖されたことから、高速原型炉フェニックスと海外の照射炉のみで継続されている。これらの照射試験は主にアクチニドと一部の核分裂生成物（テクネチウムやヨウ素）を対象としているが、フェニックスで実施された試験の大半については、成果が得られるのは2006年以降である。また、CEAと国立科学研究センター（CNRS）は、粒子加速器と一体化した未臨界炉（ADS）に基づくマイナーアクチニドと一部の核分裂生成物の核種変換に関する研究に従事している。EUの共同研究・開発プログラム（PCRD）の枠内でも、ADSの3つの構成要素（陽子加速器、ターゲット、未臨界炉）、核的データおよび材料に関する研究が行われている。核種変換用のターゲットと燃料およびアメリシウムの変換に特化したADSの構成要素に関する研究では、2006年までに一定の成果が得られるものと考えられる。また、CEAは第四世代炉による核種変換の研究に注力している。しかし、ADSにしても第四世代炉にしても未成熟な技術であり、2006年の時点で、これら2つのオプションのいずれかを選択することは不可能である。

深地層処分に関する研究では、政府は1998年12月にビュール郡の粘土層（いわゆる東部サイト）に地下研究所を設置することを決定した。フランス放射性廃棄物管理機関（ANDRA）は、CNRSや大学との共同研究に従事しており、スウェーデンのエスポ、スイスのモン・テリおよびベルギーのモルとの知見の交換にも積極的である。現時点では、東部サイトの粘土層は母岩に適した連続性と均質性を有していると考えられる。ANDRAは2本の試錐坑を掘削して地震波によるドッガー階の3Dモデル解析も行ったが、断層の存在を示す兆候はまったく認められなかった。一方、熱的・工学的問題については、2006年の時点で十分な成果を提示できるとは考え難い。

結論としては、東部サイトは地質学的観点から深地層処分場の開発に適しており、現時点で重大な欠陥は認められない。ANDRAの研究プログラムはタイトであり、2006年までに研究が完成するとは考えにくいだが、けっして適正を欠いたスケジュールではない。深地層処分場の開

発を前提にした研究を継続するか否かを決定するための判断材料は、2006年の時点で十分に確保できるものと予想される。国民議会が2006年に東部サイトにおける深地層処分場の開発を原則決定する上で、深刻な阻害要因は存在しないと思われる。母岩の特性評価の結果は良好であり、より広範囲の区域については2006年以降に補足研究が行われる見通しである。

廃棄物のコンディショニングと長期貯蔵に関する研究は、主に廃棄物パッケージ (colis)、廃棄物パッケージを収納するコンテナ (conteneur) およびその貯蔵施設の工学に係わるものである。再コンディショニングを避けるために、処分場に移送されるコンテナが貯蔵用のコンテナと同じものであることが望ましいという点で、ANDRAとCEAは認識を共有している。

再処理廃棄物のコンディショニング技術は、廃棄物パッケージの減容の観点から、ここ10年で著しく向上した。また、マトリックスとコンテナの健全性についても、多くの知見が得られた。長寿命放射性核種を含む中レベル廃棄物 (カテゴリー B 廃棄物) については、2006年までにコンテナの原寸大の試作品が完成する見通しである。また、使用済燃料が長期貯蔵の物理的・化学的作用にどのように反応し、深地層処分場の地下水に漏出する可能性がどの程度であるのか、かなり理解が進んだ。2006年までに使用済燃料の乾式貯蔵と深地層処分に適合したパッケージの試作品が完成する見通しである。

廃棄物パッケージの地上での貯蔵は、既に産業レベルで確立された技術であり、現時点で50年の安全貯蔵が保証されている。しかし、100年を越える貯蔵となると、工学的な構造物の健全性に関する不確実性を否定できない。また、地下での貯蔵では、航空機の墜落や人的侵入のリスクを岩層によって回避できる反面、地層構造や水文地質学的な特性がサイト選定の重要な要素となることから、特定のサイトでしか詳細な研究を行うことができない。地上にせよ地下にせよ、貯蔵施設を補修せずに100年以上維持できる可能性は保証されていない。そこで、CNEとしては、産業レベルで確証が得られた時間枠に貯蔵期間を限定し、できれば貯蔵施設の寿命延長のようなことを行わずに、速やかに深地層処分に移行することを推奨している。

(13) 議会科学技術選択評価局、2005年に放射性廃棄物管理に関する報告書を議会へ提出
(2004～2005年)

議会科学技術選択評価局(OPE CST)のジャン・イブ・ル・デオー副局長は2004年末頃に、放射性廃棄物について公開ヒアリングを2005年に実施する方針を明らかにした。OPE CSTは今後議会において、2005年1月20日に仏原子力庁(CEA)が実施する核種分離・変換研究について意見を聴取し、さらに1月27日には、仏放射性廃棄物管理機関(ANDRA)が高レベル・長寿命放射性廃棄物の深地層処分研究について報告し、2月3日にはCEAとANDRAによって長期貯蔵に関する質疑に対する答弁が行われる予定である。そして、2006年初めには、パトリック・ドゥベジャン産業担当閣外大臣が放射性廃棄物に関する法案を国会に提出する予定である。

また、OPE CSTのピロー局長とバタイユ議員は12月3日、放射性廃棄物管理研究に関する報告書を2005年3月に国会に提出する予定であることを示唆した。同報告書とムーズ県のビュール地下研究所で行われている研究の成果に基づいて、フランス議会は2006年に、深地層処分、核種分離・変換、長期貯蔵など、高レベル放射性廃棄物の管理方法を決定することになっている。

2005年1月下旬に開催された高レベル・長寿命放射性廃棄物の最終的管理方法に関する研究の進捗状況についての聴聞会においては、1月20日にCEAが核種分離・変換について陳述したが、各方面から核種分離・変換の意義と実行可能性を疑問視する声が上がった。放射線防護・原子力安全研究所(IRSN)のヴィアラ廃棄物管理担当部長は「核種変換が実現するとしても、それは遠い将来の話である。当面、核種変換に関する研究は何の役にも立たない」と指摘し、国家評価委員会(CNE)のシャピラ委員長も「核種変換はもとより核種分離もまだまだ未成熟な技術である」との認識を示した。さらに、経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)のペスカトーレ氏は「深地層処分ですら十分なのに、なぜ廃棄物の放射能毒性を敢えて低減する必要があるのか」と疑義を呈した。なお、高速炉が核種分離・変換の研究ツールとして最適であると主張するCEAに対して、ノーベル物理学賞のカルロ・ルビア氏を中心とする研究グループは、粒

子加速器（ADS）と一体化した未臨界炉の方が有効であると反論している。

これらの批判に対して、CEAのプラデル原子力局長は、放射性廃棄物管理研究法の起草者であるバタイユ議員が1991年に語った「多方面においてあらゆる研究を推進する必要がある」という言葉を援用し、「核種分離・変換に関する研究の意義は、可能性の領域を拡張することである」と抗弁した。また、フランソワ・ドペール研究担当閣外大臣も、長期貯蔵や深地層処分を補完する方策の1つとして、核種分離・変換の意義を強調した。

（14）CEAによる2003年の民生R&Dの成果（2004年）

1991年に放射性廃棄物管理研究法で規定されている高レベル・長寿命放射性廃棄物の最終的な管理方法に関する研究課題（核種分離・変換、深地層処分、長期貯蔵）の内、CEAは、核種分離・変換の研究に従事しており、廃棄物パッケージを収納するコンテナの開発も手掛けている。また、放射性廃棄物管理機関（ANDRA）と共同で、深地層処分に関する研究にも取り組んでいる。以下では、CEAの2003年報の中から、廃棄物関連のR&D活動の現状について報告する。

核種分離については、2001年に理論的実行可能性が実証され、2005年にも技術的実行可能性の実証に漕ぎ着ける見込みである。核種変換については、5つのシナリオが検討されている。そのうち3つは、在来型のPWRと高速炉を前提としており、2つは次世代炉あるいは粒子加速器と未臨界炉を一体化した混成システム（ADS）を想定している。この目的で、照射試験の研究ツールとして高速原型炉フェニックスの運転が再開された。また、アメリシウム酸化物ペレットの照射試験のために、2003年に試験用燃料棒Ecixが導入された。さらに、アメリシウム含有率の高い燃料に関する国際的な研究プログラムFuturixの一環として、アメリシウムとプルトニウムの混合酸化物ペレットが開発された。

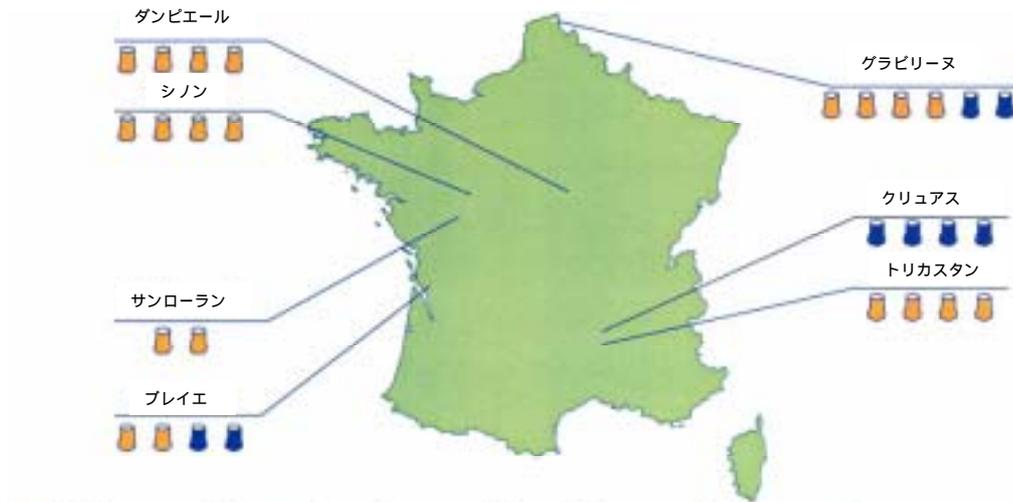
長期貯蔵と深地層処分の分野では、中レベル廃棄物と使用済燃料のコンテナの原寸大の試作品が2002年に完成し、2003年現在、マルクール複合原子力サイトの放射性物質コンディシ

ヨニング・貯蔵試験センター（Cecer）で密封性能の実証試験が行われている。また、高レベル廃棄物の貯蔵用コンテナの蓋を電子ビームで溶接する技術の改良が行われた。さらに2003年末には、使用済燃料と中レベル廃棄物の地上あるいは地下での貯蔵に関する安全評価報告書が完成した。

1.1.2 MOX燃料利用の状況

1984年に90万kW級PWRでのプルトニウム・リサイクルを決定したEDFは、技術的／行政的に障害の少ない16基の90万kW級PWRでのMOX燃料装荷許可を取得した。その後、1987年から商業的プルトニウム・リサイクルが開始され、1998年7月に、新たにMOX燃料装荷許可を取得したシノンB1～B4号機を加え、合計20基でプルトニウム・リサイクルを行う体制が築かれた。1998年10月にシノンB4号機、1999年に同B2・B3号機が装荷運転を開始し、2000年5月にはシノンB1号機が20基目のMOX装荷炉となった。フランスでは2003末現在、59基（合計6,613万kW）の原子炉（PWR58基、FBR1基）が運転中であるが、そのうちMOX装荷を実施しているのはPWR20基（合計1,890.6万kW）である。EDFがMOX装荷を計画している残り8基の90万kW級PWRのうち、グラブリーヌ5・6号機は1997年にMOX装荷の許認可申請が提出されたが、環境相は現在に至るまで許可を発給していない。〔第1.8図〕と〔第1.2表〕に、MOX装荷炉の位置図とMOX装荷状況を示す。

〔第1.8図〕 仏電力公社（EDF）のMOX装荷炉（2004年末現在、合計20基）



フランスでは58基の原子炉が運転されており、その内の90万kW級PWR20基でMOXリサイクルが実施されている。

<p> 90万kW級PWR MOX装荷炉</p> <p>サンローラン：B1(1987)、B2(1988) ダンピエール：1(1990)、2(1993)、3&4(1998) プレイエ：2(1994)、1(1997) トリカスタン：2&3(1996)、1&4(1997) グラビリーヌ：B3&B4(1989)、B1(1997)、B2(1998) シノン：B4(1998)、B3&B2(1999)、B1(2000)</p>	<p> MOX装荷が技術的に可能な90万kW級PWR</p> <p>グラビリーヌ：C5、C6 プレイエ：3、4 クリュアス：1、2、3、4</p>
--	--

出典：COGEMA

〔第1.2表〕 EDFの90万kW級PWRのP uリサイクル計画

既に装荷されている原子炉：20基	
サン・ローラン	B 1 (1987年～) B 2 (1988年～)
グラブリーヌ	B 1 (1997年～) B 2 (1998年～) B 3 (1989年～) B 4 (1989年～)
ダンピエール	1 (1990年～) 2 (1993年～) 3 (1998年～) 4 (1998年～)
ブレイエ	1 (1997年～)
ブレイエ	2 (1994年～)
トリカスタン	1 (1997年～) 2 (1996年～) 3 (1996年～) 4 (1997年～)
シノン	B 1 (2000年～) B 2 (1999年～) B 3 (1999年～) B 4 (1998年～)
許認可を申請中の原子炉：2基	
グラブリーヌ	C 5およびC 6
許認可取得が計画されている原子炉：6基	
ブレイエ	3および4
クリュアス	1～4

【出典】 M E L O X社パンフレット,1993 ; Nucleonics Week 1994.03.28;
E D F資料,1996 ; Nucleonics Week, 1998.07.30; A.Gloague (EDF) ,"EDF' s Program
for Spent Fuel Management", IAEA International Symposium on Storage of Spent Fuel
from Power Reactors", Vienna, 1998.11.9～13; Nuclear Fuel 2000.5.1.

1999年におけるEDFのMOX装荷実績についてはフランス筋から、全装荷体数が192体であったと伝えられている。また、1999年にMELOXからEDFの原子力発電所に納入されたMOX燃料集合体は216体(13.5装荷分)で、それらは以下の原子炉向けであったという。

サンローラン	B1・B2	:	24体
ブレイエ	2	:	24体
ダンピエール	1・2・4	:	48体
グラブリーヌ	4	:	16体
トリカスタン	1～4	:	64体
シノン	2～4	:	40体
合 計			216体

ただし、EDFはサイトにMOX燃料の在庫を抱えているし、1999年の第4四半期毎に納入されたMOX燃料が実際に装荷されるのは2000年初めになるであろうから、上記の納入体数が1999年の装荷実績とは言えない。

EDFは今後、COGEMAから毎年、合計約210体のMOX燃料を購入し、20基のPWRでリサイクルする計画である。2003年7月21日には、グラブリーヌ発電所へフランスとしては2,000体目の商業MOX燃料集合体が納入された。軽水炉での試験的/商業的な累積MOX装荷体数は2,030体(2003年末現在)と報告されている^(注1)。また、2003年に国際原子力機関(IAEA)が発行したMOX燃料技術に関する報告書においては、フランスが1987年から(2000年12月)現在までに1,480体のMOX燃料集合体を商業的にリサイクルし、51,000MWd/tHMの燃焼度(集合体)を達成したことが示されている。

(1) MOX運転経験

MOX運転経験をベースに規制当局はEDFの全てのMOX装荷許可炉に対して、負荷追従運転モード・周波数制御モードでの運転を許可し、ストレッチアウト運転の柔軟性も認めている。

(注1) 核燃料サイクル関連技術調査報告書、エネルギー総合工学研究所、2004.03.

プルトニウム・リサイクルの経済性については、

MOX燃料：コスト要素（燃料加工、再処理、廃棄物貯蔵）

燃焼度 = 37GWd/t

UO₂燃料：コスト要素（天然ウラン、転換、濃縮、燃料加工、再処理、廃棄物貯蔵）

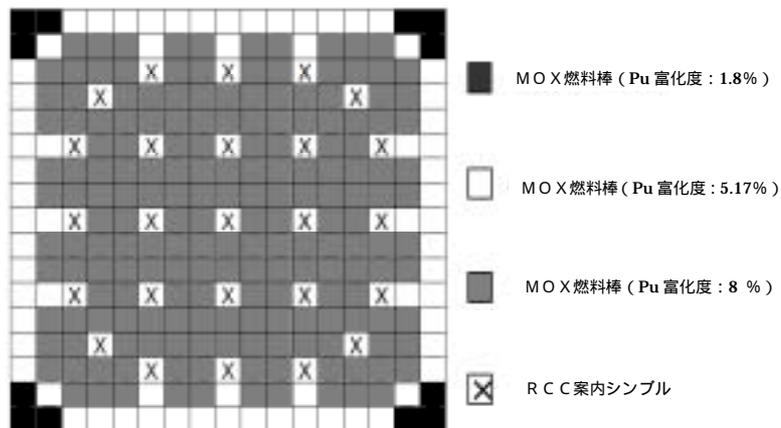
燃焼度 = 44GWd/t

上記の条件の下、MOX燃料とUO₂燃料の kWh 当たりのコストは同等であると EDF では考
えている。MOX燃料の燃焼度がUO₂燃料と同等になれば、MOX燃料利用の経済性は有利に
なる。

MOX 装荷炉はハイブリッド炉心管理で、MOX燃料は3分の1炉心管理（燃焼度
37,000MWd/t）、UO₂燃料は4分の1炉心管理（燃焼度 43,000MWd/t）で運転されており、
MOX燃料の原子炉への装荷体数は16体/年・炉が標準である。

フランスのMOX燃料集合体の設計はUO₂燃料集合体と同様、17×17型新型燃料集合体（A
FA）で、〔第1.9図〕に示すように、1集合体当たり264本の燃料棒と25本の制御棒クラ
スタ（RCC）シンプルで構成されている。

〔第 1.9 図〕 E D F のハイブリッド炉心管理で使用される代表的な M O X 集合体 (17 × 17 AFA-2G 型)

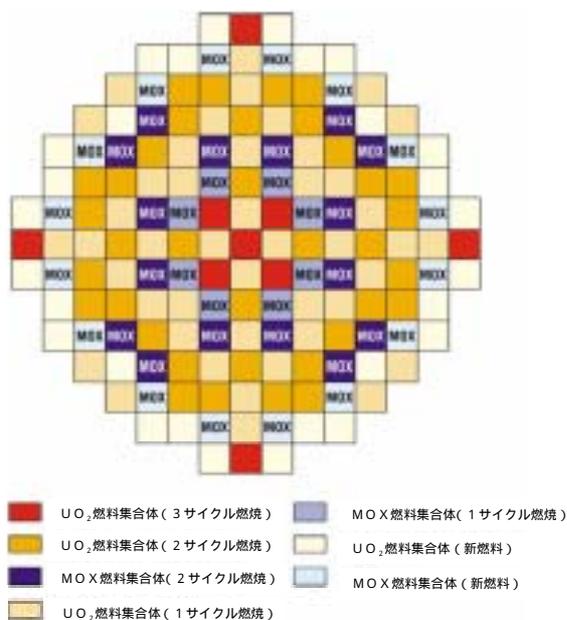


集合体中の M O X 燃料棒の Pu 富化度の分布は以下の通りである。

- ・ M O X 燃料棒 12 本 : 1.8 % Pu total
- ・ M O X 燃料棒 68 本 : 5.17% Pu total
- ・ M O X 燃料棒 184 本 : 8.0 % Pu total

ハイブリッド炉心燃料管理での代表的な集合体装荷配置は〔第 1.10 図〕に示す通りである。

〔第 1.10 図〕 E D F のハイブリッド炉心管理の代表的な炉心配置



EDFはUO₂燃料の高燃焼度化にともない、再処理で回収されるプルトニウム中の核分裂性プルトニウムの比率が少なくなることから、MOX燃料のプルトニウム富化度を7.08%に上げるための申請を1996年に規制当局の仏原子力施設安全局へ提出し、同許可を取得している。その後、EDFは2001年7月頃に規制当局にMOX燃料の最高燃焼度を52,000MWd/tに増加し、UO₂燃料と同等の燃焼度で1/4炉心燃料管理で運転するための申請を行った。UO₂燃料が現在と同様の燃焼度(平均45,000~48,000MWd/t、最高52,000MWd/t)で運転されるならば、MOXリサイクル炉は現行のハイブリッド炉心管理ではなく、単純な“4分の1炉心管理”で運転されることになる。

ハイブリッド炉心燃料管理で用いられたMOX燃料集合体の型式はAFA-2G型であったが、UO₂燃料/MOX燃料共通の1/4炉心燃料管理(Parity燃料管理)で用いられるMOX集合体の型式はAFA-3G型である。AFA-2G型は43,000~45,000MWd/tの燃焼度で設計されているが、AFA-3G型は50,000MWd/t以上の高燃焼度に耐えられるよう設計されている。このAFA-3G型集合体を用い、安全基準を満足するために原子力蒸気供給システム(NSSS)の順応を図ることによって、高燃焼度のParity燃料集合体の実現可能性が実証されている。

Parity燃料管理への移行は、規制当局の承認を得た後に、2004年に1基の90万kW級PWRで実施され、2005年に9基が追加され、2006年には更に10基を加えて、MOX装荷許可を取得している20基全てで1/4炉心燃料管理を行う計画である。しかし、2004年現在、規制当局からは高燃焼度MOX燃料の許可は発給されていない。

〔第1.3表〕にEDFのMOX炉心管理計画をまとめ、〔第1.11図〕に、2000年現在までのEDFのUO₂燃料とMOX燃料の燃焼度実績を示した。

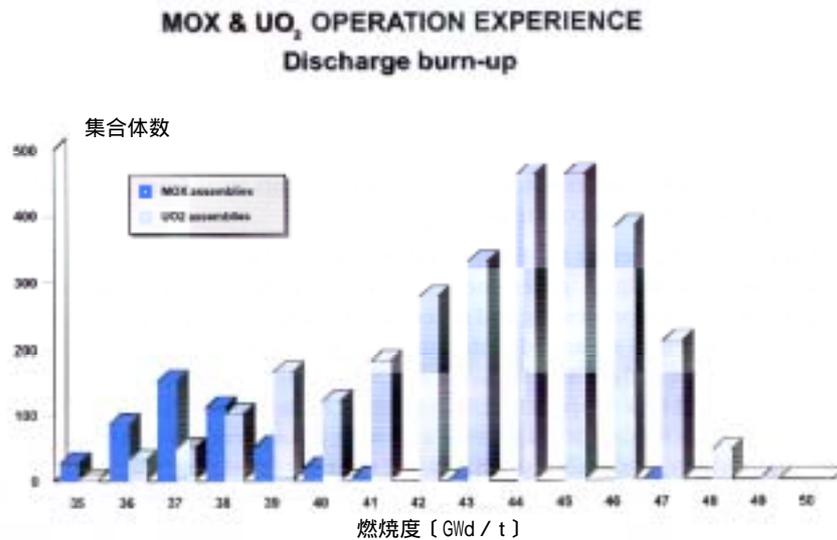
〔第1.3表〕EDFのMOX炉心管理計画

炉心管理方法	年	UO ₂ 燃料	MOX燃料
3サイクル	1995	36体(3.25%) 35,400MWd/t	16体 37,500 MWd/t
ハイブリッド管理 UO ₂ : 4サイクル MOX: 3サイクル		28体(3.7%) 43,000MWd/t	16体 37,000 MWd/t
4サイクル	2005~06	28体(3.7%) 45,000~48,000MWd/t (最高52,000MWd/t)	12体 45,000~48,000MWd/t (最高52,000MWd/t)

・燃焼度は平均。

【出典】J. L. Nigon, W. Fournier (COGEMA), "MOX Fabrication and MOX Irradiation Experience Feedback from the French Programme", International Seminar on MOX FUEL: Electricity Generation from Pu Recycling, 1996.06.04.; P. Desmoulin (EDF), JP. Marcon (FRAMATOM), JL. Nigon (COGEMA), "French MOX Fuel Irradiation Experience and Development", Global '97, Yokohama, 1997.10.05~10; Nuclear Fuel 2000.05.01; inside NRC 2001.07.30.; Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS415, IAEA, 2003.05.

〔第1.11図〕EDFのMOX燃料/UO₂燃料の燃焼度実績



【出典】Plutonium 2000 Conference, 2000.10.9-11.

MOX燃料の高燃焼度化が規制当局に認められるためには、十分な実験成果を示す必要がある。このためEDFでは、1997年からMOX燃料性能向上プロジェクト(MOX Parity Project)を立ち上げ、MOX燃料とUO₂燃料を共に4分の1炉心管理とすることを目的に研究が続けられている。現在、同プロジェクトは詳細設計フェーズを実施中であり、70,000MWd/tの燃焼度が目標とされている。このために、核分裂ガス放出量の減少を目的としたミクロ構造の改善が1999~2004年に行われ、2005~2010年に商業炉においてMOX燃料の照射実証

と分析プログラムが予定されている。

(2) EDFのプルトニウム・リサイクルに関する長期的シナリオ(1998年3月発表)

フランスにおいては、社会党と緑の党が連合した現政権によるプルトニウム・リサイクル抑制策によって、原子力産業のプルトニウム・リサイクル計画は変更を余儀なくされている。左派連合政権となって新たに示されたプルトニウム・リサイクル抑制策、即ち

プルトニウム装荷炉を20基に制限する。

MELOXプラントの設備容量の拡張は、認めるとしても海外向けBWR用の拡張(40トン/年)だけで、PWR用については現行の100トン/年(115トン(酸化物)/年)に留める。

に対して、EDFは1998年3月、2050年以降に及ぶ長期的な燃料サイクル・シナリオを発表し、プルトニウム・リサイクル実施者としての将来の構想を明らかにした。シナリオはEDFの基本設計部(SEPTEN)が作成したもので、2020年まで、2020~2035年、2035~2040年、におけるプルトニウム・リサイクルの実施計画と再処理の見通しが述べられている。

シナリオの前提条件として、近い将来において再処理設備容量とMOX燃料加工設備容量の増加はないものとしている。年間再処理量は800トンレベルを維持し、原子力発電電力量は現在(3,700億kWh)より若干多めの4,000億kWh、原子炉寿命は40~50年間と仮定されている。なお、現在のフランスの発電設備量は500万~700万kW余剰であり、2020年まではその余剰は解消されないと見通されている。

このような条件の下、2020年までのEDFのプルトニウム・リサイクル構想は、CP1シリーズとCP2シリーズの90万kW級PWR(合計28基)で30%のMOX装荷率でプルトニウムをリサイクルするというもので、従来と変わっていない。次世代炉として現在設計中の欧州

加圧水炉（EPR；145万～175万kW）は、UO₂燃料と同一の条件でMOX燃料を燃焼することを主眼に置き、MOX装荷率は15%に留めるとしている。また、現在運転中のPWRの内、最新鋭の130万kW級PWRではリサイクルは行われない。

2020年頃は、原子炉寿命を40年とした場合、MOX装荷運転が行われる90万kW級PWRのリタイアが開始される時期であり、リサイクル炉はEPRへ徐々に移行される。2025年頃には、130万kW級PWRの寿命が50年間になるとして、1～2基のEPRがMOX装荷率50%で運転されるとしている。もし、130万kW級PWRの寿命が40年間に留まるならば、発生するプルトニウムも少なくなるので、装荷率を50%にまで上げる必要もない。

2035～2040年になると、130万kW級PWRがEPRでリプレースされるようになり、35基のEPRの内、19基でMOX燃料がリサイクルされる。年間9トンのプルトニウムを消費するためには、MOX装荷率は15%で十分である。この時期には、17基のEPRはUO₂燃料のみを燃焼し、19基がMOX装荷炉となる。この頃、再処理量を増加することによってUO₂使用済燃料の蓄積量を徐々に減少することができる。

EDFの戦略の目的は、UO₂使用済燃料を全て再処理してMOX燃料としてリサイクルすることにあり、MOX使用済燃料は長期的に中間貯蔵される。

以上のようなEDFの長期プルトニウム・リサイクル戦略では、高速炉はあてにされていない。軽水炉でのリサイクルだけで、まずプルトニウム在庫の安定化をはかり、その後、UO₂使用済燃料の貯蔵量を減少させ、最後にはMOX使用済燃料の再処理も視野に入れている。

1.1.3 MOX燃料加工の現状

2000年末にフランス政府が承認した原子力業界の再編案の骨子であった主要原子力産業を統括する持株会社（当時、TOPCOと称された）は、2001年9月3日に開催された株主総会において、アレバ社（AREVA）として正式に事業を開始することが承認された。AREVA社の傘下には、フランス核燃料公社（COGEMA）、フラマトムANP社、フラマトム・コネクターズ・インターナショナル（FCI）社およびSTマイクロエレクトロニクス社が入り、原子力部門とハイテク（コネクター・電子機器）部門が並立する二極体制が敷かれる。原子力事業は全体の4分の3を占め、原子力発電所の建設から廃炉まで原子力分野の全てがカバーされる。

同社の資本構成は、フランス原子力庁・産業部門（CEAインダストリー）78.96%、フランス政府5.19%、承認された投資家4.03%、ERAP社3.21%、フランス電力公社（EDF）2.42%、アルカテル社2.23%、従業員株主1.58%、預託供託金庫1.36%そしてTotalFinalElf社1.02%である。同社の総従業員数は約4万5千人、年間売上高は100億ユーロ（1兆4,000億円）規模になる。同社の取締役会長にはCOGEMAのアンヌ・ローベルジョン会長が就任した。

COGEMAは2001年8月に今後7年間のバックエンド関連契約の条件に合意した。2001年10月1日から2007年12月31日までのMOX燃料加工および再処理の契約額は約40億ユーロ（5,600億円）に上るといふ。

（1）カダラッシュプラント（CFCA）

1961年に仏原子力庁（CEA）がカダラッシュ・プラントを設置したときから、高速炉用のMOX燃料が加工された。1987年まで、ラプソディー炉、フェニックス炉、スーパーフェニックス、さらに英国のドーンレイの高速炉に同MOX燃料が供給された。1987年から、EDF向けの軽水炉用MOX燃料の加工が開始された。1991年にプラントはCOGEMAに移管され、それ以来、EDFとドイツの電力会社向けの軽水炉用燃料、高速炉用燃料、高プルトニウム富化度の実験用燃料の3種類のMOX燃料が加工された。

カダラッシュ・プラントでは、ベルゴニュークリア社の開発したM I M A S (Micronized Master Blend) プロセスが適用されている。カダラッシュで製造されたM O X燃料棒はM E L O Xプラント、あるいはベルギーのデッセルプラントに送られて集合体 (90 万 kW 級 / 130 万 kW 級 P W R の 18×18、17×17、16×16、14×14 集合体) に組み立てられる。

品質管理の向上のために多大な投資が行われた。この結果、1996年5月7日にI S O 9002 認定、1996年11月6日にはドイツのK T A 1401 認定を取得し、1997年からは統合品質管理が開始されている。1999年にはフランス品質保証賞が授与された。

M O X燃料生産能力は、1992～1994年に8トン/年から20トン/年に増加され、さらに1995年には32トン/年と拡張され、現在のカダラッシュの公称能力は40トン/年となっている。1996年から設備はドイツの電力会社向けのM O X燃料加工に充てられ、1997年はドイツの電力会社向けの32トンのM O X燃料が加工された。1998年には約35トン/年の生産を上げ、1999～2000年まで約40トン/年レベルの生産が行われている。2002年のM O X生産量は39トン (燃料棒 18,523 本相当) が見込まれており、2002年11月24日時点で36.6トンのM O X燃料が加工されたという。

英国原子力燃料公社 (B N F L) の起こしたM O X燃料加工トラブルを受け、カダラッシュ・プラントにドイツの電力会社向けのM O X燃料加工を委託しているシーメンス社は、C O G E M A に対して1999年秋からQ C 監査を実施し、過去のM O X燃料加工記録をレビューするように要請した。更に、C O G E M A は2000年になって、フランスのブリュー・ベリタス社に対し、カダラッシュ・プラントの品質保証 (Q A) システムの監査を行い、シーメンス社との契約の下に製造されたM O X燃料の品質書類をレビューすることを委託した。

a . カダラッシュ・プラントの閉鎖と米余剰兵器プルトニウムの先行試験集合体（L T A）加工の受託（2002～2003年）

耐震問題のために、COGEMAは規制当局からカダラッシュ・プラントの閉鎖を要請されていたが、「商業的見地から、MELOXプラントの生産能力が現行の100トン/年から250トン/年に増加された場合にのみ、カダラッシュ・プラントの閉鎖を検討することが可能になる」と当初は回答していた。しかし、MELOXプラントの拡張容量の許認可手続きと並行して、カダラッシュプラントの運転停止計画も進められた。

COGEMA筋が2002年11月に述べたところによると、カダラッシュ・プラントは2003年中頃に商業生産を中止するというスケジュールの下に、ドイツからの最後の数トンのプルトニウムが2003年初めにプロセスに供給される予定であるという。カダラッシュ・プラントが閉鎖される前にMELOXプラントでは、1996年以来、カダラッシュ・プラントで加工されていたドイツ向けのMOX燃料を加工できることを証明する検定を受けなければならない。なお、ドイツとのMOX加工契約は2006年まで継続される予定である。

2003年1月にAREVA社は、カダラッシュ・プラントの運転を7月31日に停止することを正式に発表した。同プラントは7月16日にドイツ向けの最後のMOX燃料棒を製造して、予定通り商業運転を停止した。40年間に及ぶ運転において同プラントでは188,000本のMOX燃料棒（合計390トン重金属）が生産された。今後カダラッシュでは、2006年まで廃棄物処理と研究・開発の施設として利用される計画である。その活動の一環として、米国の余剰兵器プルトニウムをMOX燃料に加工する計画が浮上し、COGEMAは8月中旬に、米国デューク・パワー社の原子炉で燃焼される先行試験集合体（L T A）の製造に関する競争入札に参加したことを明かにした。競合相手はベルギーのベルゴニュークリア社である。カダラッシュでL T Aを製造することについてCOGEMAは、「商業運転時の10分の1以下という少量のプルトニウムしか扱わないので安全上の問題はない」とコメントしており、原子力安全・放射線防護総局（DGSNR）もCOGEMAの主張を認めている。また、必要なL T Aはわずか4体なので、作業は3カ月以内に完了することができる。

米エネルギー省（DOE）は8月、COGEMAとLTA製造に関する契約を締結したことを明らかにした。一方、AREVA社は9月5日付けのプレスリリースで初めて、LTA製造についてDOEと契約したことを公表した。AREVA社の広報担当者は9月10日、公表を遅らせた理由を、米・仏両政府から公式に承認を得るまで公表するのは避けていたこと、またLTA製造に伴ってどのような影響があるのか詳しいデータを得ていなかったため、9月に入るまで安全性に関する資料を仏規制当局に提出できなかったと説明した。仏産業省職員は9月12日、COGEMAがその株主である政府からLTA製造に関してゴーサインを取得したことを認めた。

当初、COGEMAの唯一のライバルであったベルゴニュークリア社の方が有利と見られていたが、ベルギー政府の複雑で優柔不断な政策が原因となり、ベルギーに委託する可能性はなくなった。米政府によると、既存の欧州の施設でLTAを製造する方が計画を2、3年早められるという。また、AREVA社によると、4体のLTA製造で扱われるプルトニウムは、カダラッシュプラントが商業運転中に扱っていた量の20分の1という極少量に過ぎないという。カダラッシュ・プラントは7月31日に商業運転を停止したが、この契約によって停止の決定が覆されることはない。

b. 米国の余剰兵器プルトニウムの輸送（2004年）

米国の余剰兵器プルトニウム 140kg を積載した輸送船は2004年9月20日に米国のチャールストンを出港し、10月6日にフランス・ノルマンディー地方のシェルブル港に入港した。ラ・アーク再処理工場に必要な処置を受けた後、7日深夜、1,200km離れたカダラッシュ・プラントに到着した。COGEMAはこの輸送について最大限の安全性が確保されていたと発表した。搬入されたプルトニウムはカダラッシュMOXプラントでMOX燃料棒に加工され、マルクールにあるMELOX・MOX加工プラントで先行試験集合体（LTA）4体が製造される計画である。全行程は4カ月で終了する予定である。

LTAは2005年に、米国デューク・パワー社のカトーバ原子力発電所に装荷される予定であり、余剰兵器プルトニウムから製造したMOX燃料について、米国で初めての燃焼試験と

なる。この試験が成功すれば、米DOEのサバンナリバー・サイトで2009年までに建設される予定のMOX加工プラントにおいて、本格的にMOX燃料が製造される計画である。

(2) MELOXプラント

1985年のEDF、COGEMAおよびフラマトム社によるMOXリサイクル決定と共に、大規模なMOX燃料加工プラントを設計/建設することが決定された。MOXプラントの設計研究が開始され、1988年には予備的な安全報告書が発行された。1990年に最大100トン/年の生産量のMOXプラントの建設を許可するデクレが発行された。

MELOXプラントの建設は1991年から開始された。1993年に機器のコールド試験が行われ、続いてUO₂パウダーを用いた機器の運転試験が行われた。1995年2月にプルトリウム試験の許可が発給され、生産ラインへPuO₂が導入され、1995年以降、EDF向けの19×19PWR集合体の製造が成功裏に行われ、1996年中頃にEDFへの最初のMOX集合体納入が行われた。100トン/年の生産量に達したのは1997年であった。1998年3月に1カ月間の連続実証運転が行われ、19トン/月(年間200トン以上)の性能が確認された。

海外顧客(特にドイツと日本)の要求に応え、COGEMAは、MELOXプラントの設備増設を計画した。しかし、前左派連立政権のMELOXプラントの容量に関する方針は、PWR用を現行認可のままの100トン/年(115トン(酸化物)/年)とし、BWR用だけを40トン/年に拡張することを容認するというものであった。しかしCOGEMAは、容量拡張の許認可は得ていないが、いつでも拡張が可能ないように設備投資を行い、MELOX西側増設建屋(MWFB; MELOX West Fitting Building)は全能力で運転すれば、250トン/年(最大80トン/年のBWR用MOX燃料生産を含む)の生産をあげることも可能である。また、品質保証管理の面では、ISO9002認定を取得した。

1999年7月30日、MELOX・MOX燃料加工プラントの増設(約30トン/年)を許可する政令(デクレ)が官報に発表された。しかし、MELOXプラント全体の生産量は今後も100トン/年に留められる。というのも、この政令はMELOXプラントの生産量の増大を許可

するものではなく、BWR用MOX燃料を加工するためのプロセスの導入を許可するものだからである。MELOXプラントのルイ・フルニエ所長は8月2日に「まず、日本市場にMOX燃料を供給することが先決である」と強調した。

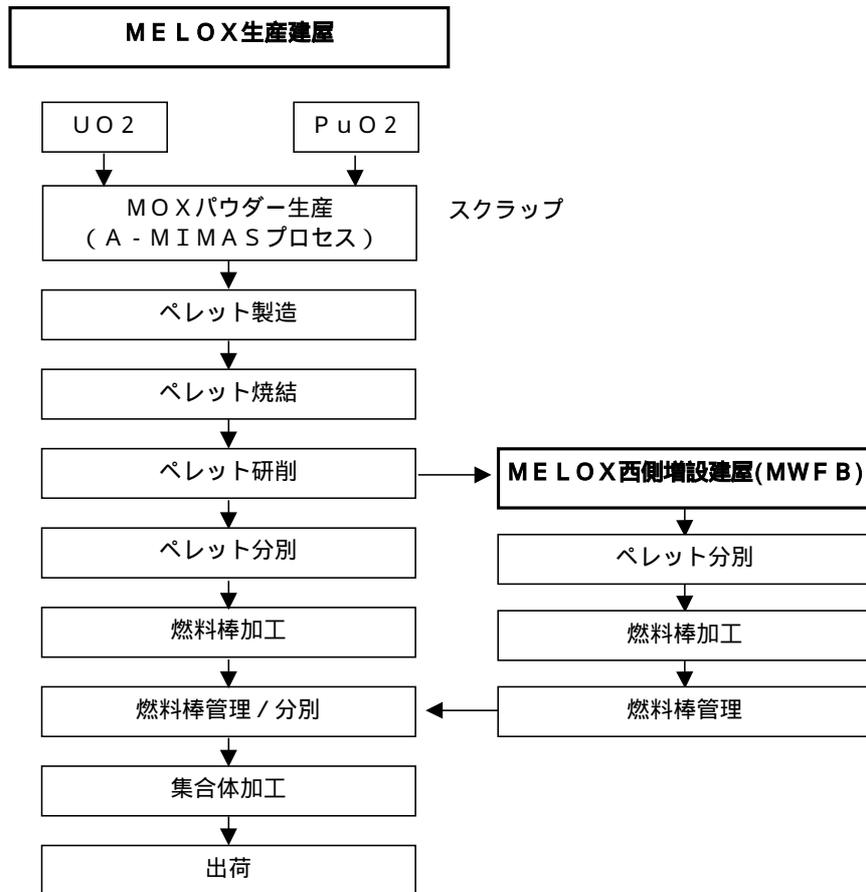
MELOXプラントは1995年運開の翌年の1996年には50トン/年の生産しか上げられなかったが、1997年～2000年は約100トン/年レベルの生産を行っている。2000年はEDFに対して80～85トン、関電向けに15～20トンのMOX燃料が加工される予定であったが、関電はMOX装荷見通しが立たないため、2000年8月に製造延期を申し出た。

MELOXの西側増設建屋(MWFB)では、PWR用(14×14～18×18型式)とBWR用(8×8～11×11型式)の両方の燃料集合体が生産可能である。〔第1.12図〕に、MWFBを加えたMELOXプラントのMOX燃料加工フローを示す。MELOXプラントでは、最大55,000MWd/tの燃焼度のMOX燃料を生産することが可能であるという。

海外顧客のために、MOX燃料製造の品質検定が1998年から開始され、フィージビリティスタディ、顧客仕様の詳細なレビュー、コールド試験、ホット試験、顧客による工場・品質管理システムの監査を経て、以下の型式のMOX燃料の品質検定が行われた。

- ・ NFI 17×17 PWR 集合体の品質検定（オフライン/オンライン）を1999年に完了。
- ・ MHI 17×17 PWR 集合体の品質検定（オフライン）を1999年に取得。
- ・ GNF-J 8×8 BWR 集合体の品質検定（オンライン）を2001年に取得。
- ・ KTA 14001 認証を2002年7月に取得。
- ・ FANP/FG 16×16 / 18×18 PWR 集合体の品質検定を2003年に取得。

〔第 1.12 図〕 M E L O X プラントの M O X 燃料加工フロー



1999年に多種燃料設計のMOX燃料生産ラインを運転することが許可され、許可生産量（100トン/年）の範囲で、同ラインの生産が1999年から開始された。2001年には日本の電力会社向けの初のBWR用MOX燃料が生産された。

A-MIMASプロセスを用いたMELOXプラントの2003年末現在の累積MOX燃料生産量は750トン/年（集合体：1,700体）に達した。A-MIMASはキャンペーンを通じて均質な同位体組成を実現できるという特徴を有するほか、スクラップ燃料（パウダー状、焼結前のペレット、焼結後のペレット）を全てリサイクルすることを可能にした。また、生産管理コンピュータ・システム（PCCS）がMELOXプラントに導入され、各工程や工程間における核物質の位置と量、生産状況をリアルタイムに管理し、保障措置計画を実施する上で有効なものとなっている。

多種燃料設計ラインにおける日本とドイツの顧客向けの生産実績

ドイツの顧客：16×16 型集合体、24 体が多種燃料設計ラインで初めて生産される。2003 年下期には 18×18 集合体の生産が開始された。

日本の顧客：日本の顧客向けの初の PWR 集合体の生産は 1999 / 2000 年に行なわれた。全てのペレット / 燃料棒製造はオリジナルラインで行なわれ、多種燃料設計組立ラインで少数の集合体が組立てられたが、海外燃料輸入に関する日本の規制が変更されたために、集合体製造は中止された。初の BWR 集合体、32 体の生産は 2001 年に行なわれた。2002 年には BWR 集合体、60 体が開始された。これらの燃料は 2004 年 4 月現在、燃料棒または集合体の形態で MELOX プラントに保管されている。

a . MELOX プラントの生産許可容量の増加 (2002 ~ 2004 年)

フランスの政権が原子力推進の中道右派政権となり、新政府は 2002 年中頃、前政権が抑えてた MELOX プラントの生産許可容量の拡張に関して、前向きな姿勢を示し始めた。しかし、その決定は遅れた。COGEMA は当初、簿価容量の 195 トン / 年を主張していたが、バシェロ・エコロジー持続可能相とフォンテーヌ産業担当相は MELOX プラントの少量の容量増加 (145 トン / 年) には反対ではなかったものの、全面的な増加 (195 トン / 年) はエネルギー公開討論の前には行うべきでないと考えた。結局、増加分はカダラッシュ・プラントの代替量相当の 45 トンとなった。2002 年 9 月、バシェロ・エコロジー持続可能相とフォンテーヌ産業担当相は公聴会開催を決定し、ガーヌ県知事に “ 公衆へのアンケート ” 実施するよう要請した。サイト近隣の 11 の市町村 (コミューン) を対象に 2003 年 1 月 8 日から 3 月 8 日にかけて公衆へのアンケート調査が行われた。

政府は 2003 年 9 月 3 日付けのデクレで、MELOX・プラントの MOX 生産許可容量を 101 トン / 年から 145 トン / 年に増加することを正式に許可した。COGEMA は、短期的に MOX 燃料需要は飽和状態になるという見通しに基づき、2 ~ 3 年間ベルゴニュークレア社のデッセ

ル・プラントから補助を受ければ、145トン/年で充分であると見ている。

一方、2004年夏になってCOGEMAは、2004年秋にもMELOXプラントの許可容量の更なる増大を申請する意向であることを明らかにした。COGEMAのリサイクリング・ビジネスユニット(BU)のジュエルゲン・クレルマン部長は、「MELOXプラントの容量を195トン/年に引き上げる許可を申請する予定である」と語った。MOX市場が縮小しているために、ベルギー・ベルゴニュークリア(BN)社のデッセル・プラント(40トン/年)が2006年以降に閉鎖される見通しであることから、COGEMAでは、MELOXプラントの容量拡大を求める戦略である。COGEMAは現在、ベルゴニュークリア社とのベンチャー企業であるCOMMOX社を通じて、2005年あるいは2006年までの予定で海外顧客向けのMOX燃料加工をBN社に委託しているが、COGEMAにとっては、単一のプラントでMOX燃料加工を行う方が経済的である。しかしながら、2004年12月現在、MELOXプラント拡張の申請は提出されていない。

1.2 ドイツ

1.2.1 バックエンド政策

(1) 基本政策

ドイツにおいては、1974年のバックエンドセンター（Entsorgungszentrum）構想および1976年改正原子力法を経て、1979年の連邦、州政府間の合意により、バックエンド政策が確立された。さらに、1985年1月の連邦政府による閣議で再処理を中心とするバックエンド政策の推進が確認された。

a. 連邦政府州政府間の基本的合意

1979年9月28日にバックエンドに関し、連邦と州との間で基本的合意が成立し、これが当初のドイツのバックエンド政策の基本となっている。

カールスルーエの再処理施設はドイツ核燃料施設運転会社（DWK社）によって原型プラントとして運転を継続する。

使用済燃料の原子炉サイト内中間貯蔵の実施。

ユナイテッド・リプロセッサーズ・グループとの国外委託再処理契約を結ぶ。

使用済燃料の原子炉サイト外中間貯蔵（AFR）施設を早期に建設する。

大型の再処理施設を1基建設する代わりに2基以上の350トン/年規模程度の再処理施設の建設について調査する。このためのサイトのうち1つは1985年までに選定し、2000年までに再処理施設を運開させる。

使用済燃料の再処理に対する代替案（例えば“直接処分”）を検討する。

ゴルレーベン岩塩層に廃棄物最終処分所を建設するための調査を続ける。フィージビリティ評価は1990年代初めまでに実施し、運転は今世紀末までに開始する。

b . 連邦政府の閣議決定

連邦政府は、再処理政策の代替案としての使用済燃料の直接処分に関するフィージビリティ調査をカールスルーエ原子力研究センター（K f K）に委託していたが、この結果が1984年末に報告された。連邦政府はこの結果に基づき、1985年1月23日に次の事項を閣議決定した。

連邦政府は、国内での1カ所の商用再処理施設の建設を必要と考える。連邦政府は、原子力法の中で規定されているバックエンド構想を変える考えを持ち合わせていない。なお、この原子力法ではプルトニウム等の放射性残存物質の利用を命令し、そのために使用済燃料再処理の原則を謳っている。

連邦政府は、再処理の代替策ではなく補完策として使用済燃料の直接処分を今後検討することは有意義であると考え。連邦政府は、この問題について、国際間での開発協力の下で貢献したいと考える。

現時点では、直接処分は、独自の再処理技術の開発が経済的に行い得ないような燃料についてのみ考えられる。連邦政府は研究・開発により、これらの燃料の直接処分の実用化を進める考えである。

以上の閣議決定を受けて、電力会社出資のドイツ核燃料再処理会社（DWK）は1985年2月4日に重役会を開き、商用再処理工場のサイトをバイエルン州のバッカースドルフに決定した。

しかしながら、バッカースドルフ再処理工場（WAW）は1989年6月6日に、建設が中止されることが正式に決定された。これによって、ドイツは国内再処理を放棄し、今後はフランスおよび英国に再処理を委託することになった。さらに、使用済燃料の直接処分が1994年の原子力法改正で公式にバックエンドの代替策として認められた。

c . 1994年原子力法改正

1994年4月29日、原子力を推進するキリスト教民主・社会同盟（CDU/CSU）と自由民主党（FDP）の連立与党の単純多数により、・発電のための石炭の継続利用の確保、・原子力法の改正、・再生可能エネルギー源による発電電力を供給用電力に用いる際の補償、の3点を一括して規定したエネルギー一括法案が、連邦議会（日本の衆議院に相当）を通過し、5月20日には連邦参議院を通過、成立することになった。

原子力法の改正により、既存の原子力発電所とその運転について現在の状態が維持され、将来の改良型原子力発電所の基礎が準備されるとともに、使用済燃料の直接処分が再処理と等価のオプションとして認められることになった。以下に一括法第4款第1号、第2号の全文を示す。

第4款 原子力法改正のための第7次法

1 . 第7条第2項の次に、以下の第2a項が追加される。

【第2a項】

発電に使用される核燃料物質の分裂のための施設においては、公衆に対する危険をさらに防止するため、施設の品質および運転状況、ならびに講じるべき損害予防措置により事象発生の可能性が実際的にないことに基づき、電離放射線の有害作用に対する厳しい防護措置が施設の敷地外では必要とならない場合に限り許可が与えられるという条件において第2項第3号が適用されるが、施設の設計を帰すべき事象は、原子力施設の安全と放射線防護を管轄する連邦省が管轄の州上級当局の聴聞の後に連邦官報に公示するガイドラインによって、詳細に規定される。前段は、1993年12月31日までに許可もしくは部分許可を与えられている施設の設置および運転、並びにこれら施設もしくは運転の著しい変更には適用されない。

2 . 第9a条第1項は以下のように変更される。

核燃料物質を取り扱う施設を設置、運転、その他所持、著しく変更、停止、もしくは除去するか、これらの施設の外部で放射性物質を取り扱い、または、電離放射線を

生ずる施設を運転する者は、発生した放射性残留物並びに拡張もしくは解体される放射能を帯びた施設部分が、第1条第2号から第4号までに掲げられた目的に対応し、災害を生ずることなく再利用されるか、または、放射性廃棄物として秩序正しく除去されるように配慮しなければならない。

(2) エネルギー・コンセンサスからバックエンド・コンセンサスの模索へ

1993年と1995年の2回にわたって行われた将来の広範なエネルギー政策に関する交渉、いわゆるエネルギー・コンセンサス会議の失敗は、将来の原子力発電利用に関する与野党の対立に原因があった。これを教訓として、原子力政策全般について合意を得ることが困難なのであれば、合意が可能な問題とそうでない問題とを切り離して扱ったらどうかという考え方が浮上してきた。一方、1995年4月そして1996年5月と、ゴルレーベン中間貯蔵施設に使用済燃料および再処理返還高レベル廃棄物が搬入されたときの大混乱は、特に高レベル廃棄物の処分という重要かつ困難な問題をいかに解決すべきかという議論に火をつけるとともに、問題解決のための努力を急ぐ必要性を政界、業界の関係者らに広く認識させることになった。

そして、1997年2月になって、水面下で行われていた連邦政府と野党の社会民主党(SPD)の共同作業グループの協議が実を結び、放射性廃棄物政策の主要点で以下の事項が合意されたことが発表された。

コンラートおよびゴルレーベンの最終処分場プロジェクト継続の必要性を確認する。

コンラート中・低レベル廃棄物処分場については、許認可手続きを遅滞なく(1997年中に)終了させる。その後、投資が保証され、かつ、判明したゴルレーベンの適性によって処分コンセプトを変更する必要がある限りにおいて、遅くとも2005年から建設を開始する。

高レベル廃棄物の処分場は2035年までは必要でないが、ゴルレーベンの探査は遅滞なく継続し、2005年にはその適性を確認できるようにする。その後、ゴルレーベンでの作業は、処分場の必要性が存在するかどうか明らかとなるまで、少なくとも

2030年まで凍結する。岩塩鉱の収用は2025年まで行わない。

ゴルレーベン中間貯蔵施設はある時点以降（連邦環境省は2000年、ニーダーザクセン州は即時を主張）、北部ドイツの原子力発電所で発生した使用済燃料と返還される再処理高レベル・ガラス固化廃棄物の貯蔵に限定して使用する。アハウス中間貯蔵施設を拡張する他、（必要あれば、）追加的にまたは新たに（南部ドイツに）中間貯蔵容量を確保し、輸送の最適化および負担の地域均等の原則を実現する。

ゴルレーベン前処理パイロットプラントのプロジェクトはこれ以上進めない。

また、原子力発電については、既存の原子力発電所の運転継続を保証すること、それらのリブレースに関する決定は2005年まで行わないこと、次世代炉の開発は産業界の問題であることが政策合意文書の草案に盛り込まれた。

しかし、政治レベルでの議論に入ると、税制改革に関する協議が失敗したこともあって、バックエンド政策の合意は立ち消えとなってしまった。そこで連邦政府は、SPDの合意抜きで独自に法改正でバックエンドの諸問題を解決することを決定した。

（3）1998年原子力法改正

a. 改正の重要ポイントと連邦政府の狙い

ドイツ連邦政府は、原子力法を改正するための政府法案を1997年7月16日の閣議において決定し、11月13日には連邦議会でその承認を得た。今回の法案は、現在稼働している原子力発電所の運転継続や放射性廃棄物の財政的管理に関する信頼性を高めるものとなる他、今後の原子力開発プロジェクトを法的に保証する枠組みとなる。

同改正法案に含まれる重要項目として以下のものが挙げられ、中でも の審査手続きの導入が最も重要である。

既存原子炉に対するバックフィットの軽減

新規原子炉に対する審査手続きの導入

放射性廃棄物処分事業の民営化

処分場用地の収用

統一条約による移行期間の延長

の手続きは、米国式の“サイトに依存しない原子炉の形式認証手続き”と捉えられるもので、サイトが特定されたプロジェクトの許認可手続きには影響を与えることなく、原子炉概念の安全性は連邦当局（連邦放射線防護庁）が審査を行うというものである。これは独仏が共同で開発中の欧州加圧水型原子炉（EPR）に照準を合わせたものである。連邦政府、特にドイツ連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）はEPRの開発を推進する立場にあるが、需給面、経済面、そして国内の政治状況から電力会社は近い将来の発注に悲観的である。この審査手続きの導入には、EPRの開発を手続き面から支援し、近い将来には国内で建設することができなくてもその輸出の可能性を切り開き、原子力オプションの長期的な維持を可能にするという狙いがある。

一方、および はバックエンド問題の一部解決を狙ったものと言えよう。 は明らかにゴルレーベン処分場プロジェクトの探査作業を進展させるための規定であり、 は実質的にはモルスレーベン処分場の運転期間延長を意図している。

同法案は連邦議会の承認に続き、社会民主党（SPD）が多数を占める連邦参議院に回されたが、1998年2月、連邦参議院は原子力法改正に対する拒否権を放棄し、この結果、同改正案は法律として発効することになった。

（４）SPD / 緑の党連立政権発足---新たな原子力政策へ（1998年10月）

1998年9月27日の連邦議会選挙で勝利を収めた社会民主党（SPD）と同盟90・緑の党は10月15日、連立協議の中でドイツの原子力発電所を廃止すること、および再処理を禁止することで基本的に合意し、10月20日には連立協定に正式に調印した。この結果、反原子力を

掲げる赤緑連立政権が誕生し、注目される連邦環境相には強硬な反原子力政策を主張する緑の党のトリッティン氏が選任されることが確定した。また議会では、反原子力勢力であるSPD、同盟90・緑の党、民主社会党(PDS)が、原子力推進派である前与党のキリスト教民主・社会同盟(CDU/CSU)、自由民主党(FDP)の289議席を大幅に上回る380議席を獲得し、反原子力勢力が多数を占めることになった。

連立協定には原子力発電から撤退するための具体的なスケジュールや詳細については明記されていなかったが、新政権は、今後1年間かけて原子炉の運転期間をめぐって電力会社と交渉する意向を示した。但し、SPDと緑の党は原子力政策の詳細部分については、大きな意見の相違があり、原子力発電所の廃止時期をめぐっては、SPDが古い原子炉から順に段階的に廃止することを主張しているのに対し、緑の党はドイツ国内の全ての発電所を即時廃止することを主張している。

一方、電力業界は、新政権が原子力の廃止政策を打ち出そうとしていることに対して反発し、RWE社のファルヌング会長は1998年10月15日、SPDと緑の党の連立政権が主張するようにドイツの19の原子力発電所を閉鎖すれば、その損害額は280億マルク(70円換算で約1兆9,600億円)に上り、ドイツの電力会社は損害賠償請求を行うことになると述べた。さらに、ドイツ最大の電力会社であるRWE社と他の電力会社は、原子力発電所の帳簿価額に基づく損失額だけでなく、原子力以外の発電に切り替えることで負担することになる燃料コストも請求することになるという。この他、フィアク社は10月14日、運開から20年を経た原子力発電所を閉鎖するという緑の党の提案を拒否する姿勢を示した。またシーメンス社は10月15日、同社のエネルギー生産事業部(KWU)の原子力のハイテク技術の将来に対する懸念を表明した。

連邦環境相には緑の党のトリッティン氏が選任され、一方、連邦経済相には長く電力業界に従事してきたW・ミュラー氏が登用されることとなった。

こうして、新政権は新たな原子力政策に向けて始動することになったが、緑の党が主張するように原子力発電所を即時廃止するという事態になれば、ドイツの電力の約1/3を供給する原子

力が廃止されれば電力不足に陥る可能性が高い、 税収不足が生じ前政権が立てた予算が確保できなくなり財政への影響が必至となる、 原子力産業関係者が失業し失業率がさらに増大する、 産業界が猛反発する、といったことが予想される。また、新政権が取り組むべき最大の課題は、13%にも達した失業率の改善であり、原子力発電所の運転によって約4万人の雇用が確保されているという現実を考えると、雇用に悪影響を及ぼすような政策をとることは世論の同意も得られず難しいと予想される。

新政権は、電力業界との交渉で原子力発電所の廃止時期で合意が得られなければ原子力法を改正するとしているが、仮に交渉がまとまったとしても現在の法律では原子力発電所の廃止を強制できないし、また寿命も規定されていない。従って、いずれにせよ原子力発電所の段階的廃止が政策として固まれば、新政権は、それを可能とするような原子力法の改正を行わなければならない。

(5) SPD / 緑の党連立政権下の1年間(1998～1999年)

---内部対立で足踏みを続けるドイツの脱原子力政策

シュレーダー首相率いる社会民主党(SPD)と緑の党の連立政権が、脱原子力を掲げて1998年10月に発足したが、その後表面化した政権内部の対立など様々な問題を克服できず、約1年を経ても、具体的な原子力政策を打ち出せなかった。1999年7月にはミュラー経済相と電力業界が原子力発電からの撤退について合意したとの報道が流れ、これに緑の党が猛反発、連立政権は連立解消の危機に直面した。この危機は、原子力発電から段階的に撤退するための政府決定を1999年9月まで先送りすることで一旦は回避されたが、9月末に提出される予定だった政府内の作業グループによる脱原子力政策に関する法的な問題の調査結果は結局出されず、連邦政府と電力業界の脱原子力政策に関するコンセンサス協議は延期された。

ドイツ連邦政府と産業界の間で争点となっている主な原子力政策は、1) 原子炉の総運転期間の制限問題、2) 使用済燃料の再処理禁止と輸送・貯蔵問題、3) バックエンド引当金への課税問題、4) 放射性廃棄物処分場問題の4つであるが、進展はみられなかった。その最大の原因は、脱原子

力政策をめぐる政府内部のコンセンサスが得られていないことであつた。こうした状況に加え、産業界の抵抗、地方政府の反発など障害も多く、また世論調査では、国民の大多数がシュレーダー政権の脱原子力政策に否定的であるとの結果が示されるなど、脱原子力政策を進めようとするシュレーダー政権を取り巻く政治環境は厳しいものであつた。

争点となつた原子力政策の一年間の進捗は以下の通りであつた。

a . 原子炉の総運転期間の制限問題

最大の争点であり、最も議論の多い原子炉の総運転期間については、その制限に反発してきた電力業界と原子炉の早期廃止に固執していた緑の党が態度を軟化させ、ミュラー経済相が提示する 35 年という総運転期間について議論するところまできた。しかし、社会民主党 (SPD) と緑の党の連立政権の任期期間中に 2 基の原子炉を閉鎖するのか、それとも次回の選挙後に原子炉を廃止するかで、電力会社と緑の党の主張に隔たりがあり合意は得られなかつた。

原子炉の総運転期間については、シュレーダー首相とミュラー経済相が暦上の 35 年を提案したが、緑の党は 35 年は長すぎるとして 30 年以下を要求した。一方、電力会社、特に RWE 社やハンブルク電力会社 (HEW) など数年間のバックフィットや運転の中断を経験した電力会社は、原子炉の総運転期間は暦上の 35 年ではなく、実運転期間に基づいた 35 年間とするよう要求した。

わずか 5 年程度の差であるが、各陣営がこの期間に固執したことには大きな理由がある。仮に電力会社が総運転期間を 30 年以下に制限することに同意すれば、オブリッヒハイム発電所とシュターデ発電所は 2002 年後半に予定される次回の連邦議会選挙前に閉鎖されることになる。逆に緑の党が 35 年の総運転期間を受け入れるならば、最初に閉鎖されるオブリッヒハイム発電所は現政権が退陣している可能性のある 2003 年まで廃止されることはない。

緑の党は、少なくとも1基あるいは2基の原子炉を現政権の在任期間中に廃止すると公約していたので、現連立政権の再選に向けて2002年の連邦議会選挙に出馬する際、原子炉の段階的廃止の実績を有権者に証明しなければならず、30年を超える総運転期間を受け入れられない状況にあった。

b. 使用済燃料の再処理禁止と輸送・貯蔵問題

連邦政府は1999年1月中旬、使用済燃料の国外での再処理を2001年1月から禁止すると発表したが、その後、英仏などの再処理委託国や産業界の反発に合って先送された。その後、シュレーダー首相は5月30日に実施された独仏首脳会談で、1999年末から2000年初めの使用済燃料の輸送再開に向け最善を尽くす意向をジョスパン仏首相に表明した。また、政府は英国原子燃料公社（BNFL）と仏核燃料公社（COGEMA）と既存の再処理契約を電力会社が履行できるようにするため、使用済燃料の輸送を2004年まで継続させることを示唆した。

一方、ドイツの一部の原子力発電所ではサイト内の使用済燃料貯蔵プールの容量が満杯になりつつあり、使用済燃料を早期に搬出しなければ閉鎖に追い込まれる可能性が浮上、電力会社は輸送の早期再開を求めた。しかし、具体的な輸送再開の計画は立てられていないので、ブロックドルフ、ウンターヴェーザー、シュターデ、グローンデ、クリュンメル、ブルンスビュッテル、ネッカル、フィリップスブルク、ビプリスの各発電所は1999年12月に相次いで、サイトに隣接する使用済燃料中間貯蔵施設の建設を連邦放射線防護庁（BfS）に申請した。

クリュンメル原子力発電所とブルンスビュッテル原子力発電所のサイト内使用済燃料中間貯蔵施設の許認可をBfSに申請したハンブルク電力会社（HEW）は1999年12月1日、これらの申請は原子炉建屋から独立した中間貯蔵施設に関するもので、建設の目的は、使用済燃料輸送の回数をできるだけ少なくするためであると発表した。HEWはさらに、これらの中間貯蔵施設は両発電所の使用済燃料専用として予定されており、連邦政府が連邦の最終処分場を利用できるようにしたら、直ちに使用済燃料をそこに移す意向であることを強調した。

オブリッヒハイム原子力発電所のサイト（バーデン・ヴュルテンベルク州）にあるドイツで最初の建屋外の湿式中間貯蔵施設は1999年9月19日に運転を開始した。原子炉のすぐ近くにある貯蔵施設（3,000万マルク：70円換算で21億円）は、オブリッヒハイム発電所から出される使用済燃料を貯蔵することだけに認められている。同貯蔵施設のプールには、燃料集合体を980体まで収容することができ、使用済燃料集合体を年間約30体、排出するオブリッヒハイム発電所が全出力で30年以上運転するのに十分である。長さ11m、幅5m、深さ12mのプールの水面下に2層になって使用済燃料集合体が貯蔵されている。その中間貯蔵施設は、1.5mの厚いコンクリート・鋼壁に囲まれ、航空機墜落から防護されている。

エムスラント発電所でも、原子炉サイトにおいて2番目の中間貯蔵施設を建設する許可手続きが進められ、ネッカル共同原子力発電会社（GKN）を使用済燃料を貯蔵するためにカストールキャスク160基の中間貯蔵施設の建設を申請した。

c . バックエンド引当金への課税問題

バックエンド引当金への課税問題は、連立政権が1999年3月に、電力会社がこれまで原子力発電所の廃止措置費用および廃棄物処分費用として積み立ててきた非課税のバックエンド引当金に課税する法案を可決したことに端を発している。この計画は電力業界が積み立てた引当金のうちの約500億マルク（3.5兆円）に課税するというもので、電力業界はその課税額を最大で約250億マルク（1.75兆円）にもなると見積もり、訴訟も辞さないと抵抗、この問題が解決しなければ原子炉の総運転期間をめぐる協議にも応じられないと反発する姿勢を強めた。これに対し、連邦側は課税額を130億～160億マルク（9,100億～1兆1,200億円）との見積額を提示した。一方、徴税を実施する州の財務当局は最大で250億マルクの課税額を示し、両者は合意に達しなかった。

d . 放射性廃棄物処分場問題

放射性廃棄物処分場については、トリッティン環境相がゴルレーベン岩塩ドームでの高レベ

ル廃棄物処分場探査の中止を予告、連邦政府はドイツの放射性廃棄物処分政策を大幅に見直すことを示唆した。これに対し、ドイツの原子力サービス社（GNS）の幹部は1999年2月下旬、トリッティン環境相に宛てた書簡の中で、連邦政府がゴルレーベンでの高レベル廃棄物処分場の探査作業を中止し、コンラート中・低レベル廃棄物処分場の許可をニーダーザクセン州に発給させないならば、GNSは処分場利用者に、連邦政府の決定に反対するだけでなく同プロジェクトへの投資と新たに発生する廃棄物管理費用の補償を求めて訴訟を起こすよう呼びかけると警告した。

その後、トリッティン環境相は7月に実施されたZDFテレビのインタビューで、最新の処分コンセプトを分析した後にゴルレーベン高レベル廃棄物処分場に替わる最終処分場サイト選定のための手続きと基準の作成を開始したことを明らかにするとともに、その結果が2000年に出されるとの見通しを示した。また同環境相は、コンラート中・低レベル廃棄物処分場については、放射線学的観点と安全性の観点からみて好ましい特性を有していることが明らかにされたと述べた。

（6）独連邦政府と電力会社が脱原子力協定に頭文字署名（2000年6月）

ドイツのシュレーダー連邦首相とRWE社、フェバ社、フィアク社（フェバ社とフィアク社は合併してE.ON社となる）、バーデン・ヴュルテンベルク・エネルギー社（EnBW）の幹部は2000年6月15日未明、連邦政府と電力4社が脱原子力政策で合意したことを明らかにした。

連邦政府と大手電力4社が頭文字署名した今回の“脱原子力協定”には、各原子炉で2000年1月1日から廃止までに発電可能な最大電力量（残存発電電力量）が定められている。このため電力会社は、所有する原子炉を残存発電電力量を発電した後に閉鎖しなければならない。この残存発電電力量は、商業運転の開始から暦上の32年をベースに算出され、全原子炉の合計で2兆6,233億kWhである。

この他、これまで連邦政府と電力業界の間でしばしば議論となっていた再処理を含む使用済燃料の管理問題、ゴルレーベンおよびコンラート放射性廃棄物処分場問題など広範な原子力政策について明記されている。また、エネルギー産業における雇用確保の問題を重視し、エネルギーの拠点としてのドイツの地位を強化するため、環境に優しく競争力のあるエネルギー供給を可能にする方策を連邦政府と電力業界が協議することを謳っている。

電力会社が脱原子力協定を受け入れた背景には、脱原子力協定を受け入れることで、使用済燃料の輸送問題などの喫緊の問題が解決できるなど、連邦政府から原子炉の運転を妨害される懸念が払拭できることがあると考えられる。また、将来、政権が交代すれば今回の協定を白紙撤回できる可能性があることも大きい。

今回の脱原子力協定署名について野党および産業界は、将来撤回することが可能であるとするなど激しく反発したが、ドイツ国民は今回の脱原子力協定に好意的であった。ニュース放送 n-tv の委託によって行われた世論調査機関 Emnid の調査（6月18日の週に国民約1,000人を対象に実施）では全回答者の60%、また緑の党の支持者の83%が脱原子力協定の内容に同意すると答えた。運開から32年後に各原子炉を廃止することに反対しているのは、全体で35%、緑の党の支持者で15%であった。

一方、電力会社側は2000年10月に、2つの電力会社が相次いで原子炉閉鎖の計画を表明した。E.ONエネルギー社は10月9日、シュターデ原子力発電所（67.2万kW、PWR）を2003年末までに閉鎖すると発表した。シュターデはオブリッヒハイム発電所に次いで国内で2番目に古い原子炉（1972年運開）であり、運転中の原子炉19基の中で脱原子力協定締結以降に閉鎖期日が確定した最初の原子炉になる。E.ONエネルギー社は今回の発表により、脱原子力協定の付属文書3で2000年12月31日までに実施することを義務付けられた同発電所の定期安全審査（PSE）を回避することができる。なお、シュターデ発電所は、E.ONエネルギー社が閉鎖する発電所（計480万kW）の一部であり、閉鎖される発電所の大部分は化石燃料火力発電所である（その殆どは2001年に閉鎖予定）。また、RWE社も10月10日、脱原子力協定で廃止することに合意していたミュールハイム・ケールリッヒ原子力発電所を含む発電所（合計約380万kW）を閉鎖すると発表した。しかし、どの発電所を閉鎖するかについては

明らかにしなかった。

(7) 使用済燃料中間貯蔵の容量不足の問題が顕在化 (2 0 0 0 年)

ドイツでは現在、19基の原子炉が運転中で、このうち13基が加圧水型炉 (P W R)、残りの6基が沸騰水型炉 (B W R) である。これら19基の原子炉から発生する使用済燃料は年間約400~500トンで、これまでに発生した使用済燃料は1999年2月現在、合計34,890体、8,891トンである。これらの使用済燃料は、発電所サイト内 (A R) 貯蔵施設で貯蔵された後、英仏の再処理工場に輸送されて再処理されるか、あるいはアハウスやゴルレーベンにある集中中間貯蔵施設で長期間貯蔵された後にそのまま処分される。

しかし、ドイツでは1998年4月に発覚した使用済燃料輸送時の汚染スキャンダルで同年5月には使用済燃料の輸送が禁止された。これ以降、ドイツでは使用済燃料の輸送が中断しており、この間に発生した使用済燃料はサイト内に貯蔵されてきた。A R 貯蔵容量不足問題を解決するには、新たなA R 貯蔵施設を建設して容量を増やす方法とサイト外に使用済燃料を搬出して空き容量を増やす方法がある。A R 貯蔵施設の建設については、連邦政府と大手電力4社が2000年6月に締結した脱原子力協定で、ドイツの全ての原子力発電所に義務付けられたが、多くの原子力発電所はこれよりも前に、新たなA R 貯蔵の許可を申請している。エムスラント発電所は1998年に、ブロックドルフ、ウンターヴェーザー、シュターデ、グローンデ、クリュンメル、ブルンスビュッテル、ネッカー、フィリップスブルクそしてビブリスの各発電所は1999年12月に、グラーフラインフェルト、イーザル、グンドレミンゲンの各発電所は2000年2月にそれぞれ使用済燃料のA R 貯蔵許可をB f S に申請した。各発電所が申請したA R 貯蔵施設の貯蔵容量は300~2,500トンである。

このようにドイツでは近年、A R 貯蔵施設の建設計画が目白押しである。しかし、「キリスト教民主同盟 (C D U) やキリスト教社会同盟 (C S U) が政権を握る州では、州政府がA R 貯蔵施設の建設に反対しており、A R 貯蔵施設の建設許可発給の目処が立っていない」「一部の原子炉ではA R 貯蔵容量不足問題を2001年早々までに解決する必要がある。しかし、数年の時間

を必要とする A R 貯蔵施設の建設は、短期的な貯蔵容量不足問題を解決できない」といったことが課題となっている。前者については、A R 貯蔵施設が事実上、最終処分場になりうるというのが反対者の主張であるが、実際には脱原子力政策を妨害しようとする C D U / C S U の政治的な意図もあるので問題解決は容易でない。また、後者の課題を解決するには使用済燃料をサイト外に搬出する必要がある。

ドイツの電力会社は使用済燃料の A R 貯蔵容量不足問題を解決するため、再三にわたって、使用済燃料輸送の早期再開を連邦政府に求めていた。B f S は 2 0 0 0 年 1 月に国内における使用済燃料輸送を許可すると発表、更に 2 0 0 0 年 9 月には使用済燃料の国外への輸送を許可する予定であると発表した。しかし、フランスは、ラ・アーグ再処理工場に貯蔵されているドイツの H L W の返還期日が明示されていないとの理由で、ドイツの使用済燃料の受け取りを拒んだ。この問題を巡る独仏首脳協議は難航したが、B f S が 1 1 月 1 3 日にラ・アーグに貯蔵されている H L W のゴルレーベンの輸送を許可したと発表したことで解決の道筋が付けられた。

(8) 再処理のための使用済燃料輸送に M O X リサイクル義務が課せられる (2 0 0 0 年)

B M U が使用済燃料の再処理で発生する全てのプルトニウムのリサイクルを義務付け、これを改正原子力法に盛り込む計画であることを明らかにしたことで、M O X 燃料の装荷許可を取得していない原子炉は厳しい状況に追い込まれた。B M U の関係者と産業界消息筋によれば、B M U は、電力会社が英仏への輸送を望んでいる使用済燃料から取り出される分離プルトニウムの M O X 燃料加工契約を電力会社に提示させ、再処理のために使用済燃料を国外へ輸送する前に、原子炉への M O X 燃料の装荷許可を取得させることを計画しているという。しかし、ドイツの電力会社が国外に貯蔵している 20 トン以上の分離プルトニウムの殆どは M O X 燃料の加工契約の対象になっていない。従って、この新しい要件の追加で、多くの使用済燃料をラ・アーグへ間もなく輸送しようとしている電力会社は苦境に立たされる。例えば、ビブリス、ネッカル、フィリップスブルク、シュターデの使用済燃料の大部分はベルギー、英国あるいはフランスのいずれの国とも M O X 燃料の加工契約を結んでいないので、改正原子力法に盛り込まれる追加の要件は使用済燃料のドイツ国外への輸送を不可能にする。

(9) 脱原子力協定への正式署名 (2 0 0 1 年 6 月)

ドイツ連邦政府と大手電力4社は2001年6月11日に脱原子力協定に正式署名した。脱原子力協定が頭文字署名されてから正式署名されるまでほぼ1年を要した。こうした背景には、連邦各省のレビュー結果の提出が遅れていた事や、再処理で発生したプルトニウムのリサイクルの義務付けや改正原子力法の序文の記述など脱原子力協定をベースに起草される改正原子力法の細かな点で連邦政府と電力会社が調整を続けていたことなどがある。特に争点となっていた改正原子力法の序文の記述については「ドイツの原子力発電プログラムが人類の健康を脅かしているので脱原子力法が正当化される」という表現から「想定される原子力の危険によって原子力の利用を制限することが正当化される」という表現に和らげる方向で落ち着き、連邦政府と大手電力会社が正式署名するに至った。

シュレーダー首相は脱原子力協定への署名に際し、「我々は1年前に脱原子力に向けた突破口を見出すことができた。そして本日、その結論を出した。我々が脱原子力という目標を達成できたのは、全ての当事者の協力と理解があったからである」と述べた。また、同首相は協定に署名した後、「国のエネルギー政策は、各国が独自に作成するものだが、我々は多くの国々が我々の例に従うことを期待する」と述べ、他国がドイツに続いて脱原子力政策をとることを望んでいることを明らかにした。

電力業界は、これまでの電力会社関係者の発言からも明白のようにシュレーダー政権の脱原子力政策に対して基本的に反対の立場であるが、脱原子力協定への正式署名を公然と批判することは差し控えている。その理由としては、電力会社が同協定を公然と批判すれば株主が訴訟を起こす可能性があったことが指摘されている。脱原子力政策に関する電力会社のプレスリリースや関係者の発言などを踏まえると、大手電力会社が脱原子力協定に正式署名した主な理由は以下のようによまとめられる。

連邦政府と対立を続けて原子炉の運転や使用済燃料輸送などを妨害されるよりも、連邦政府に歩み寄って原子炉を安定的に運転し、使用済燃料輸送等を円滑に進めたほうが得策である。

社会民主党（SPD）と緑の党の連立政権が次の選挙で勝利して脱原子力政策を維持したとしても、当面廃止の対象となる原子炉は老朽化した小型炉で、電力会社の経営に与える影響は最小限に抑えられる。

原子力推進政権（CDU/CSU）が発足すれば脱原子力政策は撤回される可能性が高い。

（10）改正原子力法「商業発電のための原子力利用の秩序正しい終結に関する法律（AtG-E）」

脱原子力協定が正式に署名されたことによって、ドイツの脱原子力政策の焦点は原子力法の改正へと移り、連邦政府は改正原子力法案を9月に閣議決定した。同法案は2001年12月14日に連邦議会を通過し、連邦参議院でも2002年2月1日に承認された。改正原子力法の主な規定は、原子力利用の秩序正しい終結、新規原子力発電所の建設および運転の許認可の禁止、発電電力量の制限による標準運転期間32年の設定、残存運転期間における安全性の向上、再処理の終了、原子力発電所サイト内の中間貯蔵、原子力発電所の損害填補準備金の引き上げであり、その概要を〔第2.1表〕に示す。

〔第2.1表〕改正原子力法の主な規定とその概要

項目	概要
原子力利用の秩序正しい終結	原子力法の新たな目的は、商業発電のための原子力利用を秩序正しく終結させ、また終結の時点まで原子力発電所の秩序正しい運転を保証することである。（AtG-E ^(注) 第1条1号）
新規原子力発電所の建設および運転の許認可の禁止	原子力発電所および再処理施設の建設・運転許認可の発給を禁止する。（AtG-E第7条1項第2文）
発電電力量の制限による標準運転期間32年の設定	原子力発電所の運転に関する権利は、原子力法で当該発電所について定められないし割り当てによって変更された発電電力量に達したときに終了する。（AtG-E第7条1a～1d項）
残存運転期間における安全性の向上	新原子力法案は初めて原子力発電所の定期安全審査に関する法的義務を定める。（AtG-E第19a条）
再処理の終了	新原子力法は2005年7月1日をもって、ドイツの原子力発電所で発生した使用済燃料を再処理のために引き渡すことを禁止する。（AtG-E第9a条1項2節） バックエンド準備証明に関する新规定（AtG-E第9a条1a～1e項）は、再処理工場から引き取るべき放射性廃棄物の秩序正しい除去についての証明、ならびに使用済燃料の無害な利用についての証明を要求するものである。この利用証明の枠組みでは、特に再処理によって発生したプルトニウムの原子力発電所への再装荷が保証されていることを証明しなければならない（AtG-E第9a条1c項1節）
原子力発電所サイト内の中間貯蔵施設	原子力発電所の運転者は、原子力発電所のサイトあるいは近隣に中間貯蔵施設を建設し、発生する使用済燃料を最終処分場への搬入までそこで保管する義務を負う。
原子力発電所の損害填補準備金の25億ユーロへの増額	原子力法上の許認可取得者が調達すべき原子力発電所の運転に係る損害填補準備金の上限額を従来の5億マルクから25億ユーロに増額する。（AtG-E第13条3項2節）

（注）AtG-E：改正原子力法の草案

【出典】ドイツ連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）「原子力利用の促進から終結へ - 商業発電のための原子力利用の秩序正しい終結に関する法律」2001.06.10

「再処理の終了」では、再処理を目的とした輸送期限が設定される他、使用済燃料の再処理で発生するプルトニウムをMOX燃料として再利用することの証明が義務付けられている（AtG-E第9a条1c項1節）。また、再処理によって回収されたウランの安全な管理の証明についても規定している。

（11）使用済燃料中間貯蔵施設の許認可手続き（2002年後半～2004年）

1998年の使用済燃料カスクの汚染スキャンダル、そして脱原子力政策の一環として定められた2005年7月以降の再処理禁止によって、発電所では中間貯蔵容量の拡張が図られた。また、2002年4月に発効した改正原子力法（脱原子力法）において、ドイツの原子力発電事業者は、最終処分場が完成するまで使用済燃料をサイト内に貯蔵するためのサイト内中間貯蔵施設を建設することが明示された。

ドイツには、2004年4月現在、13カ所の原子力発電所サイトに計18基の原子炉がある（運転中の原子炉のみ）が、これらのうち12カ所のサイトでサイト内中間貯蔵施設の貯蔵許可が申請された。12カ所のサイト内中間貯蔵施設で貯蔵可能なカスクの数は合計1,435基になる。残りの1カ所、すなわちオブリッヒハイムについては、廃止が確定しているので貯蔵施設の許可申請は行われていない。

12カ所の原子力発電所のうち5カ所は、貯蔵容量の問題により、サイト内中間貯蔵施設の建設が完了するまでの間、暫定的な使用済燃料貯蔵区域を利用する許可（利用期間は最大6年）を追加申請した。暫定貯蔵区域のカスクはサイト内中間貯蔵施設の完成後、直ちに暫定貯蔵区域からサイト内中間貯蔵施設へ移される予定である。

BfSは2003年12月19日、グントレミンゲン、フィリップスブルク、クリュンメル の3カ所の原子力発電所サイトにおけるサイト内中間貯蔵施設の貯蔵許可を発給した。これにより、サイト内中間貯蔵施設が計画されている全12カ所について貯蔵許可が発給されたことになる。各施設の操業期間は40年になる予定である。一方、操業期間が5～8年に制限されているサイ

ト内暫定貯蔵施設については、2004年4月時点でブルンスビュッテルを除く4カ所のサイトに対して貯蔵許可が発給された。2004年12月現在、ブルンスビュッテルを含む全5カ所のサイトで許認可が発給されている。サイト内中間貯蔵施設および暫定貯蔵施設の貯蔵許可の発給状況を各々〔第2.2～2.3表〕に示す。

〔第2.2表〕サイト内中間貯蔵施設の貯蔵許可発給状況

(2004年4月現在)

原子力発電所(州)	貯蔵許可申請者	貯蔵許可発給日	最大キャスク基数
ビブリス (ヘッセン)	RWEパワー社	2003年09月22日	135
ブロックドルフ (シュルガ・化・林シュタイ)	E.ON原子力社	2003年11月28日	100
ブルンスビュッテル (シュルガ・化・林シュタイ)	ブルンスビュッテル 原子力発電会社	2003年11月28日	80
グラーフェンラインフェルト (バイエルン)	E.ON原子力社	2003年02月12日	88
グローンデ (ニーダーザクセン)	E.ON原子力社	2002年12月20日	100
グントレミンゲン (バイエルン)	RWEパワー社	2003年12月19日	192
イーザル (バイエルン)	E.ON原子力社	2003年09月22日	152
クリュンメル (シュルガ・化・林シュタイ)	クリュンメル 原子力発電会社	2003年12月19日	80
エムスラント (ニーダーザクセン)	リップ・エムス 原子力発電会社	2002年11月06日	130*
ネッカー (バーデン・ヴュルテンベルク)	ネッカー 共同原子力発電会社	2003年09月22日	151
フィリップスブルク (バーデン・ヴュルテンベルク)	EnBW発電会社	2003年12月19日	152
ウンターヴェーザー (ニーダーザクセン)	E.ON原子力社	2003年09月22日	80

*使用済燃料キャスク125基、非発熱性廃棄物キャスク5基

【出典】BfSホームページ

〔第2.3表〕サイト内暫定貯蔵施設の貯蔵許可発給状況

(2004年4月現在)

原子力発電所(州)	貯蔵許可申請者	貯蔵許可発給日	最大キャスク基数
ビブリス (ヘッセン)	RWEパワー社	2001年12月20日 追加：2003年04月16日	28
ブルンスビュッテル (シュルガ・化・林シュタイ)	ブルンスビュッテル 原子力発電会社	未発給(*)	18
クリュンメル (シュルガ・化・林シュタイ)	クリュンメル 原子力発電会社	2003年06月20日	12
ネッカー (バーデン・ヴュルテンベルク)	ネッカー 共同原子力発電会社	2001年04月10日 追加：2002年12月20日	24
フィリップスブルク (バーデン・ヴュルテンベルク)	EnBW発電会社	2001年07月31日 追加：2003年02月17日	24

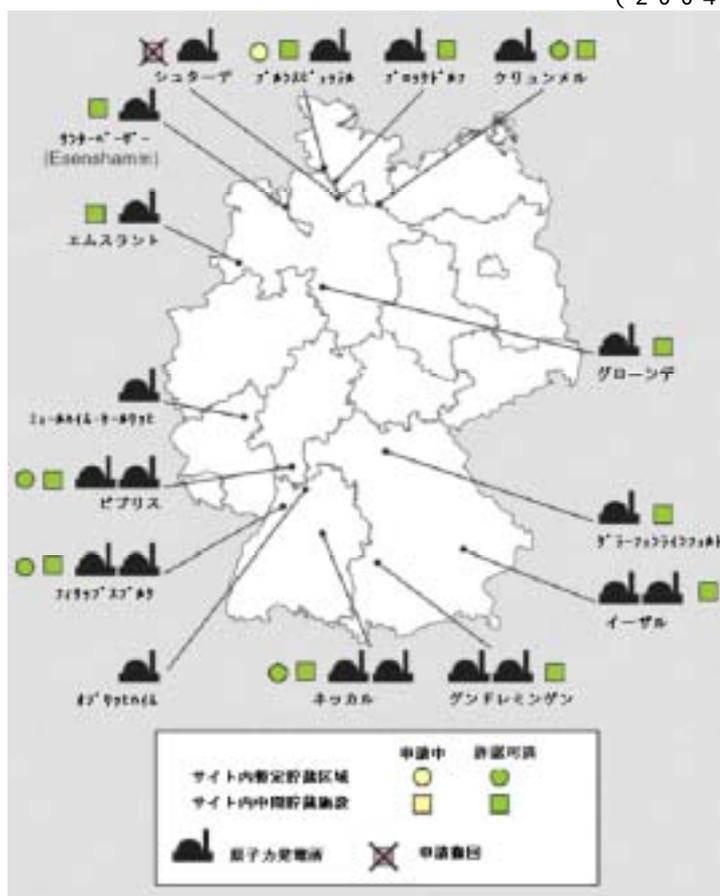
(*)：2004年12月現在、許可発給済み。

【出典】BfSホームページ

また、申請された各原子力発電所のサイト内中間貯蔵施設の分布と許可発給状況は〔第 2.1 図〕に示す通りである。これらの中間貯蔵施設は、ゴルレーベンやアハウスにある既存の集中乾式貯蔵施設の代替施設となる。

〔第 2.1 図〕 ドイツにおける原子力発電所サイト内貯蔵施設と暫定貯蔵区域

(2 0 0 4 年 4 月 現 在)



原子炉建屋内の貯蔵プールが原子力発電所の機能の一部を担う設備として原子力法第 7 条に基づいて許可されるのに対して、サイト内中間貯蔵施設とサイト内暫定貯蔵施設は、サイト外の中間貯蔵施設と同様に同第 6 条に基づく独立した許認可手続きが実施される。第 7 条に定義された原子力施設の許認可は連邦委託行政の下で州の所管官庁が実施し、第 6 条に定められた貯蔵許認可は連邦放射線防護庁 (B f S) によって許認可が発給されるという許認可手続き上の違いがある。B f S が原子力法第 6 条に基づいて発給する許認可は純粹に使用済燃料の貯蔵に関するものであり、原子力発電所サイト内外の中間貯蔵施設の建設には、個々の立地州の建築法に基づく建設

許可を郡または市の建設当局から別途取得する必要がある。また、第6条に基づく貯蔵許可手続きでは、1999年以降に申請されたものについて、欧州連合（EU）の指令に基づき環境影響評価の実施が義務付けられている。

サイト内中間貯蔵施設に関する州の建設許可は2004年4月9日時点で、グントレミンゲンとフィリップスブルクを除く10カ所に対して発給された。グントレミンゲンとフィリップスブルクについても、2004年12月現在、建設許可が発給され、複数のサイトで建設作業が開始されている。例えば、ピブリス原子力発電所のサイト内中間貯蔵施設の建設は、2005年末の完成に向けて2004年3月1日に開始された。ヴァッテンファル・ヨーロッパ社は、2004年3月29日に建設許可を取得したクリュンメル原子力発電所のサイト内中間貯蔵施設について、建設に22カ月かかり、投資額が合計約2,500万ユーロ（140円換算で35億円）に上ると発表した。エムスラント原子力発電所のサイト内中間貯蔵施設については、BfSによる貯蔵許可の発給前に建設許可が発給されたため、BfSが2002年11月に貯蔵許可を発給した時には施設が完成しており、同年12月に使用済燃料の貯蔵を開始した。

脱原子力協定は、再処理を目的としたドイツの使用済燃料輸送を2005年7月1日付けで禁止すると規定しており、電力会社は英仏の再処理事業者との契約に基づき全ての使用済燃料をこの期限までに輸送する予定である。

一方、サイト内中間貯蔵施設に対する公衆の懸念は主に、“航空機テロ”と“中間貯蔵施設の最終処分場化”に向けられている。使用済燃料を含む放射性廃棄物の処分政策を巡っては、州と電力会社が連邦政府の新サイト選定計画に強く反発しており、合意形成が難航している。このような状況において、サイト内中間貯蔵施設の確保は処分場計画のさらなる先延ばしを可能にする手段になるとの見方がある。

BfSとBMUは、エムスラントおよびグローンデのサイト内貯蔵施設の操業許可発給を発表した際、BfSと原子炉安全委員会（RSK）が2001年7月に“ジャンボジェット機が突入したとしても放射性物質が漏れ出す確率は殆どゼロである”と結論付けたことを強調した。

1.2.2 MOX燃料利用の現状

ドイツにおいては、1960年代から軽水炉でのプルトニウム・リサイクルが試みられ、フランスと並んで多くのMOX燃料を装荷した実績を持つ。しかし、1994年に原子力法が改正されて使用済燃料の直接処分がバックエンドのオプションの1つとして認められ、経済性の観点からMOX燃料リサイクルに対して必ずしも積極的でなかったドイツの電力会社は、使用済燃料の中間貯蔵の路線を強めることになった。しかし、英国とフランスとの再処理ベースロード契約およびベースロード期間(10年間)以降のキャンセルされなかった再処理契約によって、プルトニウムが分離・回収されることは確かであり、[経済協力開発機構/原子力機関\(OECD/NEA\)](#)の2003年の原子力データでは、2015年まで年間2.5~5.0トンPu totalのプルトニウム需要があると見積もられている。

ドイツでは、2003年末現在、PWR12基、BWR6基の合計18基(2,169万kW)の原子炉が運転中であるが、そのうちMOX装荷を実施しているのはPWR8基、BWR2基の合計10基(1,890.6万kW)で、累積装荷体数は1,644体^(注1)である。なお、2003年に国際原子力機関(IAEA)が発行したMOX燃料技術に関する報告書では、ドイツにおける商業的なMOXリサイクルは、BWRが1966年、PWRが1972年に開始され、(2000年12月)現在までに各々385体と646体、合計1,031体のMOX燃料集合体が装荷されたことが示されている。BWRにおける最高燃焼度は51,000MWd/tHM(集合体)、BWRにおける最高燃焼度は49,000MWd/tHM(集合体)であるという。

(1) MOX燃料リサイクルと装荷許可の取得状況

ドイツにおいては2003年末現在、18基の軽水炉の内、10基がMOX装荷許可を取得しており、8基のPWRと2基のBWRでプルトニウム・リサイクルが行われている。ネッカル1号機は1982年にMOX燃料が装荷されたが、現在では装荷は行われていない。2004年にエムスラントで初のMOX燃料装荷が行われたので、ドイツのMOX燃料装荷許可炉は、PWRが

(注1) 核燃料サイクル関連技術調査報告書、エネルギー総合工学研究所、2004.03.

10基（実際にMOX装荷が行われているのは9基）とBWRが2基で、BWR1基（クリュンメル）がなお許認可申請中である。〔第2.4表〕に2004年現在のドイツにおけるMOX装荷許可の取得状況と実際のMOX装荷状況を一覧した。

〔第2.4表〕 ドイツの原子炉のMOX燃料装荷許可取得と実際の装荷状況（2004年現在）

原子炉	運開年	設備容量 [ゲイワ kW]	MOX装荷 許可	MOX装荷 実施中
<u>PWR</u>				
オブリッヒム (KWO)	1968	35.7		(注1)
ネッカル 1 (GKN 1)	1976	84.0		
ウンターペーザ (KKU)	1979	141.0		
グラーフェンライフェルト (KKG)	1982	134.5		
フィリップスブルク 2 (KKP 2)	1985	145.8		
グロント (KWG)	1985	143.0		
ブロクトルフ (KBR)	1986	144.0		
エムスラント (KKE)	1988	140.0		
イーザル 2 (KKI 2)	1988	147.5		
ネッカル 2 (GKN 2)	1989	136.5		
<u>BWR</u>				
クリュンメル (KKK)	1984	131.6	申請中	(注2)
グントレミンゲン B (KRB B)	1984	134.4		
グントレミンゲン C (KRB C)	1985	134.4		

(注1) 1982年にMOX装荷されたが、現在では装荷は行われていない。

(注2) 2004年にMOX集合体(16体)を初装荷。

MOX燃料の炉内装荷率はフランスのように一律に30%に制限するのではなく、炉毎に異なっており、30%を超える装荷率で許可されているものの方が多い。また、プルトニウム富化度は、混合ウランとして天然ウランを用いることを前提として規定されているが、混合ウランとして劣化ウランを用いた場合には富化度を高めることが認められている。放射線防護庁(BfS)の資料では、(注2)ドイツの原子炉におけるMOX装荷許可要件と2000年12月31日時点の炉内のMOX装荷状況が〔第2.5表〕のように示されている。

(注2) BfS, Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2000.

〔第2.5表〕ドイツの原子炉のMOX燃料装荷状況

2000年12月31日現在

発電所名	略称	MOX 利用 開始年	2000年12月31日時点の 燃料装荷体数			MOX燃料の最大装荷体数			
			合計	うちMOX燃料 装荷体数		実績		許可	
			体数	体数	%	体数	%	体数	%
ブロックドルフ	KBR	1989	193	64	33.2	64	33.2	64	33.2
フィリップスブルク	KKP-2	1988	193	30	15.5	51	20.7	96	49.7
ウンターヴェーザー	KKU	1984	193	60	31.1	48	16.6	96	33.2
グンドレミンゲンB	KRB-B	1995	784	192	24.5	124	12.2	300	38.3
グンドレミンゲンC	KRB-C	1995	784	8	1.0	16	2.0	300	38.3
グラフェンラインフェルト	KKG	1985	193	0	0.0	32	16.6	64	33.2
オブリッヒハイム	KWO	1972	97	14	14.4	24	24.7	28	28.9
ネッカル1	GKN-1	1982	177	0	0.0	16	9.0	16	9.0
グローンデ	KWG	1988	193	28	14.5	28	10.4	64	33.2
イーザル	KKI-2	1998	193	32	16.6	16	8.2	96	49.7
ネッカル2	GKN-2	1998	193	32	16.6	16	4.1	72	37.3
エムスラント	KKE	-	193	0	0.0	0	0.0	48	24.9

〔出典〕BfS, Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2000.

(2) MOX燃料加工の現状

a. MOX燃料加工業者との契約状況

シーメンス社のハナウMOX燃料加工プラントが1994年に廃止されたことに伴い、ドイツの電力会社とシーメンス社は、法律で義務付けられたプルトニウム・リサイクル実施するために、欧州におけるMOX燃料の加工容量確保に動いた。電力会社は1995年初めに、フランスのCOGEMAとはカダラッシュ・プラントでのMOX燃料加工契約を、ベルギーのベルゴニュークリア社とはデッセル・プラントでのMOX燃料加工契約をそれぞれ締結して、MOX燃料の加工容量を確保した。COGEMAと結んだカダラッシュ・プラントでのMOX燃料加工契約は、10年間に約320トン重金属(tHM)のMOX燃料を加工するというもので、16億マルク(1マルク70円換算で1,120億円)の契約額に匹敵する。1997年には最初のMOX燃料がカダラッシュからウンターヴェーザー原子力発電所へ輸送された。なお、ドイツの電力会社と国外のMOX燃料加工業者との2001年1月時点での契約状況は〔第2.6表〕のようにまとめられる。

〔第2.6表〕MOX燃料加工業者との契約状況（2000年1月現在）

国	加工業者	プラント	燃料加工 開始年	加工容量 (tHTM/年)	ドイツの電力会 社へ輸送される 予定の燃料 (総トン数)
英 国	BNFL	MOX実証施設(MDF) / セラフィールド	1993	8	8.5
		セラフィールドMOX プラント(SMP)	2000 (計画)	120	34
ベルギー	ベルゴニュークリア	デッセル・プラント	1986	40	147.5
フランス	COGEMA	MELOX / マルクール	1994	100 (250)*	---
		カダラッシュ	1989	35	262.6

(*)許認可取得および拡張後

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

2001年5月になって、E.ON社がBNFLとの間で大口(SMPのリファレンス容量の14%)のMOX燃料加工仮契約を結んだことが報道された。BNFLは2002年5月24日、同契約の手続きが完了したことを発表した。

b. MOX燃料納入実績

1998年12月末時点で、ドイツの発電所に納入されたMOX燃料集合体は880体で、これらに含まれるPu-fissの量は合計9,522.3kgであった。1999年には更に148体のMOX燃料集合体(Pu-fiss 1,964kgを含む)が送られた。従って、発電所に納入されたMOX燃料集合体の合計は1999年12月末時点で、1,028体(11,486.2kg Pu-fiss)である。なお、原子炉別にみたドイツ向けMOX燃料の納入実績は〔第2.7表〕の通りである。

〔第2.7表〕ドイツ向けMOX燃料納入実績

原子炉（略称）	型式	1998年12月31日現在		1999年12月31日現在	
		納入されたMOX燃料集合体の合計	Pu-fiss合計（kg）	納入されたMOX燃料集合体の合計	Pu-fiss合計（kg）
カール（VAK）	BWR	113	32.0	113	32.0
リンゲン（KWL）	BWR	1	1.0	1	1.0
カールスルーエ（MZFR）	PHWR	8	2.0	8	2.0
オブリヒハイム（KWO）	PWR	78	694.0	78	694.0
グンドレミンゲンA（KRB-A）	BWR	80	188.0	80	188.0
グンドレミンゲンB/C（KRB-B/C）	BWR	140	707.1	212	1,163.1
ネッカル1（GKN-1）	PWR	32	337.4	32	337.4
ネッカル2（GKN-2）	PWR	16	390.6	16	390.6
ウンターヴェーザー（KKU）	PWR	92	1,390.7	108	1,653.2
グラフェンラインフェルト（KKG）	PWR	60	980.2	60	980.2
フィリップスブルク（KKP-2）	PWR	108	1,886.1	108	1,886.1
グロウンデ（KWG）	PWR	32	491.3	60	952.4
ブロックドルフ（KBR）	PWR	104	2,032.0	104	2,032.0
イーザル2（KKI-2）	PWR	16	389.9	48	1,174.2
合計		880	9,522.3	1,028	11,486.2

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

（3）グンドレミンゲン発電所におけるMOX燃料装荷

ドイツのグンドレミンゲン発電所B・C号機（各134.4万kWe）は、MOX燃料装荷運転を行っている唯一の商業BWRである。1995年にグンドレミンゲンC号機に16体の9×9型MOX燃料集合体が装荷され、1年後にはグンドレミンゲンB号機にも32体のシーメンス社設計による9×9型MOX燃料集合体が装荷された。32体の内、16体はシーメンス社のハナウ・プラントで製造されたものであるが、残りの16体はベルゴニュークリア社のデッセル・プラントで製造された。グンドレミンゲンB号機でのMOX燃料装荷はその後も継続して行われ、1997年に32体、1998年に36体、1998年に28体（この内、4体は再装荷）、2000年に68体、2001年に36体、2002年には48体が装荷された。2002年現在の炉内のMOX燃料集合体数は244体となっている。なお、炉内における許認可上のMOX燃料集合体数は300体（装荷率38%）に制限され、各集合体型式毎に最高燃焼度も制限されている（〔第2.5表〕参照）。

一方、グンドレミンゲンC号機では、2001年にMOX装荷（B号機と同様、10×10型新集合体）が6年ぶりに行われた。2002年にも56体が装荷され、2002年現在の炉内のMOX燃料集合体数は104体となっている。

すべてのMOX燃料集合体は、ウォーターロッド1本、ウラン/ガドリニウム燃料棒12本、MOX燃料棒68本で構成され、MOX燃料棒は6つの異なるプルトニウム富化度が用いられている。最初に製造された16体のMOX燃料集合体の平均プルトニウム富化度は2.2%Pu fiss.で、集合体の核分裂性プルトニウムの量は約4kg Pu fiss./集合体である。その後製造されたMOX燃料集合体の平均プルトニウム富化度は全て、3.0%Pu fiss.（約5kg Pu fiss./集合体）となっている。また、混合ウランは劣化ウランに変えられた。集合体中のMOX燃料棒のプルトニウム富化度は1～6%の幅にあり、使用されたプルトニウムは軽水炉使用済燃料（燃焼度：35,000MWd/t）から回収されたものである。【第2.8表】にグンドレミンゲンB・C号機におけるMOX装荷の推移を示す。

【第2.8表】グンドレミンゲン発電所B・C号機のMOX燃料装荷（2003年末現在）

BWR	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
グンドレミンゲンB： ・炉内MOX集合体数	0	32	64	96	124	192	208	244	不明
・装荷体数/取出体数		32/0	32/0	36/4	28 ^(*) /0	68/0	36/20	48/12	64/不明
グンドレミンゲンC： ・炉内MOX集合体数	16	16	16	16	12	8	52	104	不明
・装荷体数/取出体数	16/0	0/0	0/0	0/0	0/4	0/4	48/4	56/4	48/不明

(*)この内、4体は再装荷。

(4) MOX燃料装荷とPu-fissのリサイクル状況

炉心に装荷することが可能な各燃料集合体中のプルトニウム量は、MOX燃料装荷許可条件、例えば、“最大Pu-fiss富化度”や“炉心に装荷可能な最大MOX燃料体数”に制限される。各原子炉の平均Pu-fiss富化度は3.1～4.6%、MOX燃料集合体1体に含まれるPu-fissは6.3～24.5kg、1回のMOX燃料交換体数は8～48体、交換されたMOX燃料中に含まれるPu-fissは

85～450kg となっている。なお、ドイツの各原子炉におけるMOX燃料装荷とPu-fiss含有量の概要をまとめると〔第2.9表〕のようになる。

〔第2.9表〕ドイツ国内の各原子炉におけるMOX燃料装荷許可の条件

1999年12月31日時点

原子炉	平均 Pu-fiss 富化度 (%)	MOX 燃料集合体 1 体に含まれる平均 Pu-fiss (kg)	MOX 燃料交換体数 (平均)	1 回の燃料交換に含まれる平均 Pu-fiss (kg)	許可条件の拡張申請
イーザル 2 (KKI-2)	4.6	24.5	16	392	無
グラフェンライフェルト (KKG)	3.48 ^{*)}	18.6	16	298	無 ⁾
フリップスル (KKP-2)	4.2	22.5	20	450	無
ネッカル 2 (GKN-2)	4.6	24.4	16	390	無
オブリッヒハイム (KWO)	3.8	10.6	8	85	無
ブロクトル (KBR)	3.9	20.8	16	333	無
クンターグエーザ (KKU)	3.1	16.5	16	264	有
グロント (KWG)	3.1	16.5	16	264	有
グントレミンゲン (KRB)	3.7	6.3	48	302	無

^{*)} 4.6% Pu-fiss 富化度が許可されたが、係争中

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

1998年12月31日時点で、電力各社のプルトニウム・インベントリの合計は旧契約分11,851kg Pu-fiss で、今後発生する Pu-fiss は、旧契約分が計 8,730kg、新契約分が計 7,548kg である。その内訳は〔第2.10表〕に示す通りである。

〔第2.10表〕電力各社のプルトニウム・インベントリ

1998年12月31日現在

電力会社名	イベントリ ⁾ kg Pu-fiss		今後の発生量 ^{**)} kg Pu-fiss	
	旧契約	新契約	旧契約	新契約
BAG/IAW/SWM ^{***)}	1,652	0	448	2,462
バーデン・ヴュルテンベルク・エネルギー社 (EnBW)	116	0	684	1,260
ネッカル共同原子力発電会社 (GKN)	830	0	834	705
ハンブルク電力会社 (HEW)	1,860	0	1,650	0
オブリッヒハイム原子力発電会社 (KWO)	303	0	163	0
プロイセン電力原子力発電会社 (PEKK)	2,050	0	2,761	2,341
RWE エネルギー社 (RWEE)	5,040	0	2,190	0
リッペ - エムス原子力発電会社 (KLE)	0	0	0	780
合計	11,851	0	8,730	7,548

⁾ 未再処理

^{**)} Pu-fiss-Factor: 0.6%

^{***)} BAG : パイエルンヴェルク社、IAW : イーザル電灯会社、SWM : ミュンヘン市営会社

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

各原子炉では、既存の運転許可（MOX燃料装荷許可）に基づいて、今後もMOX燃料が装荷されていく予定である。こうしたMOX燃料の装荷により、MOX許可炉においては、1998年12月31日時点のインベントリと今後の再処理で発生する分離プルトニウムが2011年までに〔第2.11表〕のように削減される予定である。

〔第2.11表〕既存の運転許可に基づくプルトニウム削減スケジュール

単位：kg Pu-fiss

西 暦	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 ^{*)}
イザル2(KKI-2)/ グラフェンインフェルト (KKG)		392	690	298	392	784	784	784	294	196			
フリッパースブル (KKP-2)					450	450	450	450	360				
ネッカル2 (GKN-2)		390		390	96		390		390		390		293
ブルンスビュッテル(KKB)	MOX燃料装荷申請停止												
クリュンメル(KKK)	1990年に申請；許認可取得から11年以内に約3.5tのPu-fissを削減。 KBR、KKU、KWGの空き容量を並行して利用。												
オトリッピハム (KWO)	GKN-2、KKP-2の約0.5tのPu-fissを削減。												
ブロクトルフ(KBR)/ ウンターヴェーザー(KKU)/ グローンデ(KWG)	861	399	861	663	597	597	597	861	861	861			
グントレミンゲン (KRB)		630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	290
エルムスタット(KLE)													

*) 最後のMOX燃料装荷は2017年頃

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

なお、ブルンスビュッテル、クリュンメル、ビブリスなど一部の原子力発電所が申請しているMOX装荷許可とウンターヴェーザーおよびグローンデ原子力発電所が申請したMOX燃料利用の拡張許可が、それぞれ近い将来承認されれば、〔第2.11表〕のプルトニウムの削減スケジュールは大幅に短縮される可能性がある。〔第2.12表〕に示すように、ウンターヴェーザーおよびグローンデ原子力発電所のMOX燃料利用を拡張して、平均Pu-fiss富化度を現在の3.1%から約4.5%に引き上げると、MOX燃料集合体に含まれるPu-fissが119kg増え、従来よりも45%多いPu-fissを1度にリサイクルすることが可能になる。

〔第2.12表〕MOX利用拡張許可によるプルトニウムの早期削減

原子力発電所	申請中の平均 Pu-fiss 富化度	MOX燃料集合体16体 中のPu-fiss (kg)		MOX燃料集合体16体に含 まれるPu-fissの増加分	
		申請	現行 許可	kg	%
ウンターヴェーザー グローンデ	約4.5%	383	264	119	45

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZK, 2000.1.13.

1.2.3 MOX燃料加工の現状

ドイツのシーメンス社はハナウMOX燃料プラントを停止した後、実際のMOX燃料加工はベルギー、フランスおよび英国で行っている。〔第2.2図〕は1998年末現在のシーメンス社のMOX燃料供給実績を示したものである。1992年以降、ベルゴニュークリア社のデッセル・プラントと仏核燃料公社(COGEMA)のカダラッシュ・プラントに加工が委託され、1997年からは英国原子燃料公社(BNFL)のセラフィールドにあるMOX実証施設(MDF)でも加工が行われるようになった。こうして現在、シーメンス社は、電力会社と結んだMOX燃料供給契約の範囲の内、設計のみを社内で行い、加工は外注している。

(1) シーメンス社のMOX燃料集合体設計

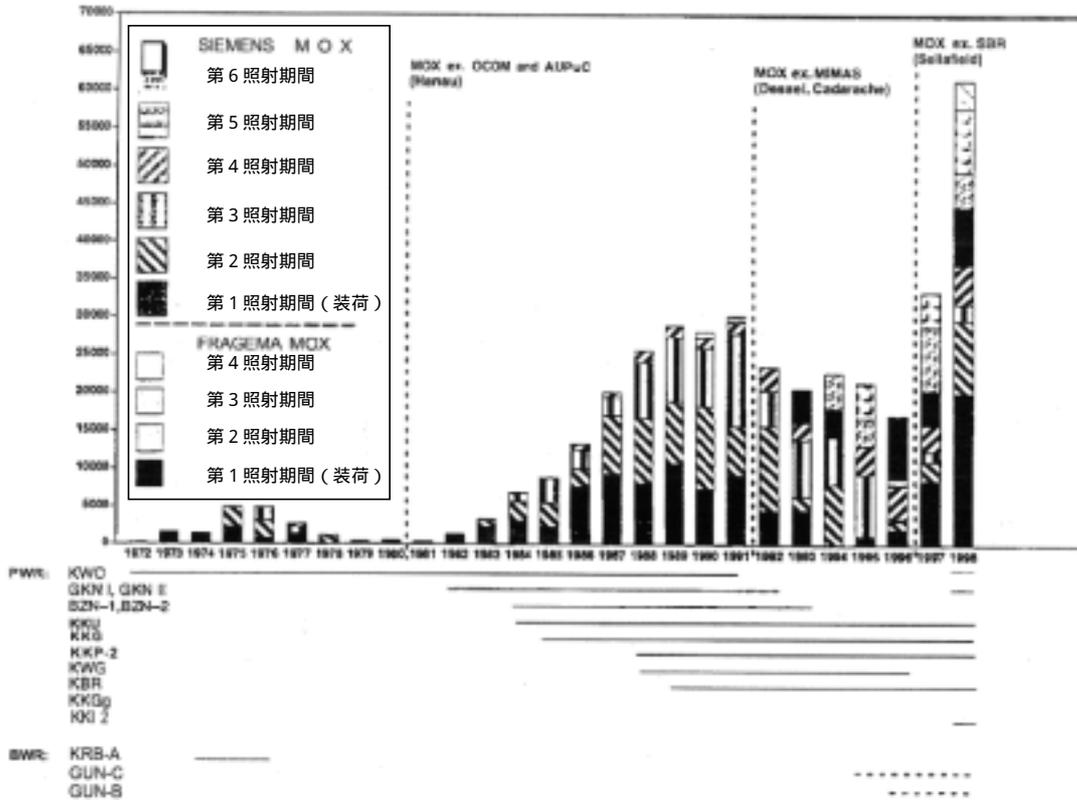
a. 標準MOX燃料集合体設計

シーメンス社は、過去におけるMOX集合体(14×14、15×15、16×16)設計で得られた知識を集結して、標準MOX集合体(FA)を設計し、1980年代中頃から市場(130万kW級PWR)へ供給している。

ウンターベーザー、グラーフエンラインフェルト、グローンデ、フィリップスブルク2号機、およびブロックドルフの5基の130万kW級PWRに装荷された標準MOX・FAは良好な運転性能を示している。平均プルトニウム富化度は2.91%Pu_{fiss}で、集合体は3種類のプルトニウム富化度のMOX燃料棒で構成されている。4本のウォーター・ロッドが中央に配され、減速効果を上げて出力分布の均一化が図られている。

〔第2.2図〕 シーメンス社供給のMOX燃料装荷実績（1998年現在）

MOX燃料棒の本数



PWR : KWO	オブリッヒハイム
GKN - 1 , GKN - 2	ネッカー 1号機 , 2号機
BZN - 1 , BZN - 2	ベツナウ 1 , 2号機
KKU	ウンターペーザー
KKG	グラーフラインフェルト
KKP - 2	フィリプスブルク 2号機
KWG	グローンデ
KBR	ブロックドルフ
KKG g	ゲスゲン
KKI 2	イーザル 2号機
BWR : KRB - A	グンドレミンゲン A号機
GUN - C	グンドレミンゲン C号機
GUN - B	グンドレミンゲン B号機

【出典】 W. Stach (Siemens KWU), "Advanced Mixed Oxide Fuel Assemblies with Higher Plutonium Content for Light Water Reactors", IAEA Symposium, 1999.5.17-21.

b . 濃縮度 4.0%までのU O₂燃料に相当するMOX・FA

濃縮度 4.0%のU O₂燃料に相当する高プルトニウム富化度のMOX燃料集合体(14×14型)が1987年に設計され、1988年に同設計のMOX・FA8体が装荷された。この14×14型MOX・FAの設計は、混合ウランが天然ウラン、平均プルトニウム富化度が3.85% Pu fissで、ウォーターロッドは用いられていない。その後、劣化ウラン(0.25%)を混合ウランとすることが引き金となって、新型の16×16型MOX・FAが設計された。平均プルトニウム富化度は3.84%、混合ウランのウラン濃縮度は0.25%であった。

更に、130万kW級PWR用の16×16型MOX・FA(濃縮度4.0%相当)が設計され、劣化ウランを用い平均プルトニウム富化度4.2%とされた。18×18型の130万kW PWR用のMOX・FA(濃縮度4.0%相当)も設計され、劣化ウランを混合ウランとし、プルトニウム富化度は4.6% Pu Fiss. とされた。

c . 濃縮度 4.0%以上のU O₂燃料に相当するMOX・FA

ウエスチングハウス(WH)社製PWRの14×14型集合体のために、濃縮度4.25%のU O₂燃料に相当する、劣化ウラン(0.25~0.30%)を用い、平均プルトニウム富化度を4.75%としたMOX・FAが新たに設計された。集合体中央に配された計装管のために、ウォーターロッドを追加して減速する必要はない。

そして、現在までで最もプルトニウム富化度の高い15×15型集合体用のMOX・FAが設計された。濃縮度4.3%のU O₂燃料に相当するために、プルトニウム富化度は4.8% Pu fiss、混合ウランとして劣化ウラン(0.25%)が配された。15×15型集合体の中央には1本のウォーター・ロッドが配された。

d . BWR用MOX・FA設計

BWR用に9×9型と10×10型のMOX・FAが設計された。一般的に、BWR用MOX・FAはPWR用に比べて複雑である。9×9-1型BWRには、6種類のMOX燃料棒の他、ウォーター・ロッドの周囲における出力ピークを防ぐために、ガドリニウム(Gd)ウラン燃料棒が配されている。平均プルトニウム富化度は約3%で、混合ウランに劣化ウラン(0.25%)が用いられている。BWR用MOX・FAの設計活動において、10×10型(ATRIUM 10™)MOX・FAが設計された。

UO₂燃料の高燃焼度化に伴い、同じ炉心に装荷されるMOX燃料についても高プルトニウム富化度のものが要求されている。濃縮度4.3%以上のUO₂燃料に相当する14×14型MOX・FA設計として、平均プルトニウム富化度5.84% Pu fiss.で、劣化ウランを用いた集合体の設計も行われている。また、欧州加圧水炉(EPR)の当初の設計ドラフトでは、約6.5% Pu fiss.の17×17型MOX・FAも検討された。

(2) 閉鎖されたハナウのMOX燃料加工プラント

a . 旧プラントのデコミッシング状況

ハナウのプルトニウムのMOX集合体化活動は1997年から開始されており、約700kgのプルトニウムがMOXに転換された。また、ハナウに保管されていた未照射のFBR燃料(SNR-300とカールスルーエ研究センター(FZK)のKNK-2用)205体は、仏核燃料公社(COGE MA)のラアーグ再処理プラントで再処理してプルトニウムを回収することで、AREVA社と独RWE社との間で契約を締結したことが2004年8月2日に発表された。

MOX集合体化活動に続いて、機器の洗浄作業が2001年9月にスケジュール通り終了した。MOX燃料加工プラントのデコミッシングに関する第1次部分許可が2001年5月28日に発給された。同許可には、グローブボックスとその内部機器の解体、等が含まれている。

シーメンス社によると、UO₂燃料加工プラント（旧RBU社のプラント）は2003年までに、MOX燃料加工プラント（旧アルケム社のプラント）は2005年までにデコミッショニングを完了する予定であるという。シーメンス社によれば、ハナウ複合施設の廃止措置と解体にかかるコストは総額で約7億ユーロ（140円換算で980億円）になるという。

MOX燃料加工プラントの生産区域内のデコミッショニングが実際に本格的に開始されたのは、2001年9月からであった。MOX施設の生産ライン（2系列）には合計235基のグローブボックスが配置されており、この内の180基はスタンダードサイズと呼ばれるもので、自立式の鋼板製構造となっている。残りの55基は鋼製フレーム構造の大型グローブボックスである。2003年3月までに、100基のスタンダードサイズ・グローブボックスと25基の大型グローブボックスが解体された。2003年9月現在の計画では、全てのグローブボックスは2004年までに解体される見込みである。

b. 新プラントのMOX加工設備の輸出問題

ハナウの廃止と共に浮上した新プラントのMOX加工関連機器のロシアへの輸出については、2001年のジェノア・サミットでは先進主要8カ国（G8）首脳は、ロシアのMOXプロジェクトに対する財政面あるいは組織面での支援を進展させることができなかった。同プロジェクトへの最大の支援国である米国がクリントン前政権時代に始まったこの支援を見直している最中であることも、その理由の1つになっている。

シーメンス社のハナウMOX燃料加工プラント廃止措置部長のルーパー氏は、ジェノア・サミットでハナウMOXプラントの輸出プロジェクト問題に関して何の進展も見られなかったことから、シーメンス社経営陣が同プロジェクトを断念したことを明らかにした。ドイツ連邦政府が同プロジェクトの資金調達問題で政治的支援を行わず、G8によるプルトニウム処分論議を率先して進めなかったことが、同プロジェクトを断念させた最大の要因であるという。

建設費約7億2,000万ユーロ（約1兆円）のハナウMOXプラントは2002年末に解体され、その設備は梱包されサイト内に貯蔵されている。ドイツ連邦政府は以前にシーメンス社に対して、ロシアの兵器級プルトニウムを発電炉の燃料に加工するためのMOXプラント輸出に財政支援を提供しない方針を表明していた。その後、ハナウMOXプラントの設備の一部は日本でのMOX燃料加工向けに輸出された。ただし、日本に輸出された設備は極く僅かであり、ハナウのプロセス機器はほぼ完全な状態で残っているという。

2003年初めに中国の原子力関連機関とシーメンス社の間で、ハナウMOXプラントの残りの設備を中国に輸出する可能性について協議が行われた。中国の関係者は話し合いの中で、中止されたカルカール高速増殖炉（SNR-300）プロジェクトの新燃料を引き取ることに興味を示した。SNR-300に装荷される予定であったプルトニウムは現在、ハナウの貯蔵施設に保管されているが、連邦政府と産業界の間の貯蔵契約に基づき2004年末までに他の解決方法を見つけることが求められていた。

ハナウMOXプラントの設備を中国に売却する可能性について、シーメンス社幹部と中国政府代表の協議は2003年を通して継続された。またシーメンス社は、プラントの中国輸出がドイツの輸出規制要件を満たすとする“原則的な決定”を下すよう政府に要請した。この決定は、J・フィッシャー外相の承認を受けて、2003年10月に外務省のJ・クローボク事務次官によって発給された。G・シュレーダー連邦首相は11月30日の週に、シーメンス社の最高経営責任者（CEO）を含む産業界幹部とともに中国を訪問し、中国がハナウMOXプラントを5,000万ユーロ（70億円）で購入することに関心があることを確認した。

ドイツで最も有名な緑の党の政治家であるフィッシャー外相は、1990年代にヘッセン州の原子力規制当局のトップとして、安全問題を理由にハナウMOXプラントの運転認可発給を阻止したという経歴を持つ。したがって、フィッシャー外相がプラントの輸出を原則的に承認したことは、社会民主党（SPD）・緑の党連邦連立政権に大きな論争をもたらした。

MOXプラントの輸出問題が浮上した2週間後に、シーメンス社（タービン部門）が独仏共同の（EPR）プロジェクトとして、ドイツ政府の輸出信用保証を得ずに、フィンランドのオルキオ3号機のタービン発電機供給契約を締結した。シーメンス社は輸出信用保証による資金調達コストの低減を図ろうとしていたが、緑の党の反対に遭い政府からの保証取得を断念した。

これらの動きを受けて、連邦政権内の緑の党は突如守勢に立たされることになった。議会野党は、1998年の緑の党の政権入り以来、圧倒的な人気を集めてきたフィッシャー外相が原子力問題に関して二重の基準を持っており、緑の党の脱原子力政策が2006年の連邦議会選挙を勝ち抜くことはない指摘するなど積極的な攻めに出た。

こうして、緑の党は事態の収束に向けた政治勢力の再編成を開始し、シーメンス社の原子力関連ビジネスに対する対抗措置を欧州連合（EU）レベルで扱う方針を明らかにした。欧州議会の緑の党議員は2003年12月中旬に、欧州委員会（EC）のパッテン委員（対外関係担当）に対し、原子力関連品目や兵器の対中輸出を規制するEU指令に基づいてMOXプラントの中国輸出を阻止するよう要請した。ドイツの緑の党議員はさらに、シーメンス社を含め、EU域内の企業に対する各国政府の輸出信用保証の付与を制限するようECに訴えた。ドイツのJ・トリッティン環境相は、シーメンス社がMOXプラントの中国輸出を断行すれば、緑の党として同社の非原子力分野のグローバル事業に対して制裁を加えることも辞しないと警告した。

2004年になって緑の党は、一部の緑の党議員が連邦連立政権からの離脱を警告したことを受けて、MOXプラント設備の中国輸出に関する政府承認を断固として阻止する構えを一層強めた。政府は公式な発表を避けており、現在のところ、本件は検討中ということになっている。2007年以前にこの問題が解決される見通しはない。

1.3 英国

1.3.1 プルトニウム利用政策

(1) 基本政策

マグノックス炉使用済燃料の再処理の結果、英国には多量のプルトニウムがセラフィールドに貯蔵されている。こうしたプルトニウムの大部分は当初、商業用高速増殖炉（FBR）で使用される計画であったが、政府は1982年に高速炉プログラムを拡張しないことを決定し、1988年7月には、1994年3月からFBR原型炉（PER）の予算を打ち切ることが決定した。そして、政府は1992年8月に、PFRを1994年3月に閉鎖することを明らかにし、続いて同年11月、欧州高速炉（EFR）への資金提供も1993年3月31日をもって打ち切ることが決定した。

一方、プルサーマルに関しても、過去にプルトニウムを含む燃料試験体が蒸気発生重水炉（SGHWR）とウィンズケールの改良型ガス冷却炉（AGR）の原型炉（WAGR）で試験的に使用されただけで、商業用AGRで使用されたことはない。英国で唯一の軽水炉であるサイズウェルB発電所でのMOX燃料利用は技術的には可能であるが、具体的計画はなく、英国所有のプルトニウムの利用方法は未決定のままである。

2期目のブレア政権は放射性廃棄物レビューにおいて、英国の分離プルトニウムを廃棄物と見なすかどうかも含めて、プルトニウムの長期的な管理政策を検討している。以下では、英国のプルトニウム在庫の問題に焦点を当てて、政策動向を追ってみる。

(2) 民生プルトニウム在庫管理問題の浮上(1998年)

a. 英国王立協会の報告書

英国随一の科学協会である王立協会が1998年2月、「分離プルトニウムの管理」と題する報告書を発表した。この中で王立協会は、英国のプルトニウム管理の現状を分析し、今後取り得る様々なオプションを提示して科学的な見地からこれらのオプションを評価している。プルサーマルを進める日本にとって、英国の権威有る学術機関がプルトニウム管理についてどのような見解を示しているかを知ることは重要であり、今後の英国政府のプルトニウム管理政策を予測し、理解していく上で有効であると考えられる。したがって、以下に本報告書の要点を紹介し、分析する。

まず英国のプルトニウム管理の現状であるが、同協会は「英国の現在の民生プルトニウム在庫量は約54トンである。英国政府は元々、これを高速炉の燃料に用いる予定であったが、1994年に高速炉開発計画を中止し、代替策を示していないため、在庫量は今後、増加の一途をたどり、2010年には100トンを超えるであろう」との見解を示している。

次に、プルトニウム在庫が増加することに関して2つの懸念を示している。1つは、プルトニウム自体が強い化学的毒性を有するので万一、漏出したら大事に至るということ、もう1つは、適切な保障措置を講じないと核兵器製造に転用されるリスクがあることである。同協会は、原子炉級プルトニウムで核兵器を製造できる可能性が有る限り、これが核兵器製造を目論むテロリストなどに狙われるリスクはどうしても残ると指摘している。

そして、プルトニウム在庫の管理オプションについては、現行の「貯蔵」という管理方法は「技術的改善を加える余地はないが、蓄積量を際限なく増やすのは将来の世代に遺物を押しつけることになる」としている。「混合酸化物(MOX)燃料に加工して既存の原子炉で使う」という管理手法については、「既に生じたプルトニウムを活用する分には正当化され得るかもしれない。ただし、英国にPWRは1基のみしかなく、マグノックス炉やAGRをMOX燃料用に改造するの

は技術的に不可能ではないが、費用など実際的な問題が残る」と指摘している。高レベル放射性廃棄物（HLW）と混ぜて「処分」という手法は「技術的に可能であるが、プルトニウムが破壊されないという欠点があり、また潜在的な燃料源を無駄にするという見方がある」としている。

この他、再処理を止めてプルトニウムの発生量を抑制するというオプションも検討しているが、使用済燃料を再処理せずに貯蔵する施設が不足しており、HLWや使用済燃料を処分できる施設も未運開であるという現状に照らすと、再処理は今後も続けなければならないであろうとの結論に至っている。

最後に、本報告書は3つの勧告を行っている。1つ目は「政府はプルトニウム在庫の量を一定に抑えるための戦略とオプションを検討すべきである」というものである。2つ目は、蓄積量を減らすような分離民生プルトニウム管理の代替オプションについて「包括的で独立したレビューを実施すべきである」というものである。3つ目は、「競合するシステムを評価し、英国の利益となりそうな国際協力を支援することができるようなR&D能力を維持すべきである」というものである。

王立協会が本報告書に関するニュースリリースを発表した翌日、マスコミはこの報告書を大々的に取り上げ、その後、報道は急速に減少した。本報告書の前書きで、同協会は「過去または将来の政策的決定についてコメントするのは専門外」とし、本研究が政策的なものではなく、あくまでも科学的な見地からプルトニウム管理の現状と今後の管理オプションについて分析・勧告するものである点を明確にしている。

b . オックスフォード・リサーチ・グループ（ORG）の報告書

原子力産業の政策と活動を研究するオックスフォード・リサーチ・グループ（ORG）は1998年10月6日、このままでは英国が世界最大級のプルトニウム保有国になるとする報告書を発表した。英国の民生用プルトニウムの備蓄量は2010年までに今の2倍に達し、再処理で取

り出された世界中のプルトニウムの約半分が英国に集中することになるという。ORGは、こうした大量のプルトニウムの保管には様々なリスクが伴うと指摘している。原始的な核爆弾ならば比較的簡単に製造できるし、万一、保管中に事故が起これば生態系への影響は計り知れない。ORGは、プルトニウム管理の問題は環境問題であると同時に世界的な安全保障問題であるとし、政府に対して、もっと責任をもって積極的にこの問題に取り組むよう求めている。同報告書は、前述の王立協会の報告書に共鳴するものである。

(3) 放射性廃棄物管理政策の策定下におけるプルトニウムの取扱いに関する問題(1999年)

英国では1999年に入り、新たな放射性廃棄物管理政策の策定に向けた動きが活発になっている。3月に議会上院の科学技術特別委員会によって廃棄物管理政策に関する報告書が発表された。6月には市民パネルによるコンセンサス会議が開催され、廃棄物管理の新政策に関する一般市民からの提案がまとめられた。一方、政府の諮問機関である放射性廃棄物管理諮問委員会(RWMAC)は密かに特別委員会の報告書への対案を作成し、5月に政府へ提出していたようである。RWMACの報告書^(注1)は8月に入り初めて公表された。

a. 上院科学技術特別委員会の報告書

特別委員会が3月に発表した報告書の主要な結論は以下のようにまとめられる。

- ・ 廃棄物の処分方法として、回収可能な状態にあることを前提に“段階的な深地層処分”が可能であり望ましい
- ・ 深地層処分の対象となる廃棄物の種類に関して、廃棄物区分の再検討が必要である
- ・ 廃棄物管理政策の策定にあたっては、国民的な理解が必要不可欠である
- ・ 予見可能な将来の必要量を超えるプルトニウムを廃棄物と見なすべきである
- ・ 現行の廃棄物管理機構の改編が必要である。具体的には、包括的な処分戦略を策定する機

(注1) The Radioactive Waste Management Advisory Committee's Response to The House of Lords Select Committee on Science and Technology Report on the Management of Nuclear Waste, RWMAC, May 1999.

関として「核廃棄物管理委員会（NWMC：Nuclear Waste Management Commission）」を設立する

- ・廃棄物の地層処分が採用された場合、処分場（もしくは貯蔵施設）の設計、建設、運転および最終的な閉鎖を担当する「放射性廃棄物処分会社（RWDC：Radioactive Waste Disposal Company）」を設立する
- ・使用済マグノックス燃料の再処理は継続すべきである
- ・改良型ガス炉と加圧水炉からの使用済燃料の再処理は回収プルトニウムの再利用が進まなければ、廃棄物管理の観点からは無意味である

報告書は“廃棄物管理に関するその他の事項”の章で、使用済燃料の再処理、余剰プルトニウム、MOX燃料について言及している。当初、これらの問題は報告書の対象ではなかったが、環境保護団体が特別委員会への意見書において取り上げ、また特別委員会のメンバーにも強く関心を持つ者がいたことが明らかになっている。委員会の関係者によると、再処理の中止を報告書に盛り込もうとしていたメンバーは、委員長の指示により委員会から外されたという。

報告書は使用済燃料の再処理に関しては、以下の通りの見解を示している。

「我々は、使用済マグノックス燃料の長期貯蔵や直接処分に伴う問題を考慮し、使用済燃料の再処理は継続すべきと考える。改良型ガス炉と加圧水炉の使用済燃料の再処理は直接処分に比較すれば環境的に中立であるが、回収されたプルトニウムの再利用が進まなければ、廃棄物管理の観点からは無意味である」

余剰プルトニウムに関しては、報告書は、政府が回収プルトニウムの管理に関する明確な方針を示すことを要請するとともに、余剰プルトニウムを廃棄物と見なすことを提案している。MOX燃料については、将来的に英国内で使用する可能性があるかもしれないと述べるに留めている。

その他、報告書は外国からの使用済燃料の再処理から生じる廃棄物の等価交換についても言及している。特別委員会の見解は、英国で I L W の処分施設が 25 年以内に運開する見込みがない以上、海外の使用済燃料の再処理から発生した I L W は、H L W に等価交換するのではなく、そのまま返却することになるというものである。

b . 市民パネルの勧告

科学技術特別委員会の報告書は廃棄物管理政策を進める上でのパブリック・アクセプタンスの重要性を指摘し、そのために政策の策定過程における開放性と透明性を向上させること、特に、公衆の参加の必要性を説いている。そして、パブリック・アクセプタンスを得る方法の 1 つとして、“市民パネル”なるものを例示した。

市民パネルによる放射性廃棄物の管理に関するコンセンサス会議が、主に英国の民間団体が主催して、1999年5月21日から4日間ロンドンで開催された。会議の3日目にパネルは質疑応答やその後の討議内容をもとに、独自の結論を盛り込んだ声明文を発表した。この中で再処理に関し、同パネルは、海外との既存の再処理契約は尊重されるべきだが、新たな再処理契約を結ぶべきではないと結論している。

原子力産業はパネルの報告がほぼ産業界の意向に沿ったものであり好意的に受け止めている。“地球の友”は、報告書が再処理の禁止や廃棄物処分政策を否定していると理解し、報告書を歓迎している。しかし、その他の環境保護団体は報告書の結論に納得せず、特に原子力産業のカルチャーの変化については懐疑的である。彼らはパネルの報告書の内容に関わらず、原子力産業（時に政府を）を非難し続けるつもりである。原子力産業界の変化を受け入れようとしないこれらの団体はパネルのメンバーやマスコミの信頼を失っているという。

c . R W M A C の対案

政府の諮問機関である放射性廃棄物管理諮問委員会（R W M A C）は、特別委員会の報告書

が英国の全ての放射性廃棄物を管理するために、総合的であつ、明確な長期的政策を策定すべきとしている点に同意している。しかし、そのプロセスにおいて、過去に行われた以上にオープンな形で国民の理解を得る必要があることを強調している。そして、新政策の策定において幅広い国民の理解を得るために、コンサルテーションの積極的な導入が必要で、具体的な政策の策定プロセスとして、“コンサルテーション - 提案 - コンサルテーション - 修正 - 決定”という手順を採ることを勧告している。これまでの“決定 - 発表 - 擁護”という手順からの決別である。

H L W / I L Wの処分については、特別委員会が勧告した通り深地層処分が好ましいとしたものの、U K Nirex 社のセラフィールドへの深地層処分場建設計画の頓挫で明らかになったように、深地層処分への国民の拒否反応が強いことを指摘した。そして、H L W / I L W処分を公衆の議論の対象とすべきであると勧告している。さらに、結果として深地層処分への国民の合意が得られない場合には、持続可能な開発という概念と矛盾しない何らかの代替策に同意せざるを得ないとした。

さらに、R W M A Cは1999年8月に発行した第19回年次報告書^(注2)において、環境相がR W M A Cに対して使用済燃料の再処理による廃棄物の問題について調査するよう依頼したと記述している。情報によると、R W M A Cは余剰のプルトニウムとウランを廃棄物と見なすかどうかという点に個別の章を割くことが予測されており、2000年春までに調査を完了させる目標であるという。

因みに、R W M A Cは回収プルトニウムに関しては特別委員会と同意見である。つまり、政府は明確な余剰プルトニウム管理政策を策定すべきであり、予測可能な将来におけるプルトニウム利用量は限度があるのだから、それ以上の余剰プルトニウムは、確固とした理由がない限り廃棄物と見なすべきという立場である。そして、R W M A Cが余剰プルトニウムを廃棄物と見なす立場を取っているということは、再処理の廃棄物問題を検討する際に大きな影響を与えらる。

(注2) Nineteenth Annual Report of: The Radioactive Waste Management Advisory Committee, RWMAC, August 1999.

一方、政府関係者のプルトニウムへの見解として、ウィッティ卿のコメントを取り上げなければならない。同氏は、特別委員会の報告書への政府の対応時期についての答弁の中で、地球温暖化防止という観点におけるプルトニウム利用の意義について聞かれた。その回答で、プルトニウムにエネルギー源として一定の価値のあることを認めたが、将来の原子力政策に関わらず、ある量のプルトニウムは廃棄物として処分すべきであることを明言した。

1999年10月25日の議会答弁においてM・ミーチャー環境相は、放射性廃棄物管理の新政策の策定に関する協議用文書を2000年初めに発表するとしていたが、同文書はその後、1年以上を経ても発行されず、この問題を先送りしたまま2001年6月7日の総選挙となった。予想通り労働党が処理し、ブレア政権の続投となった。

(4) 新生ブレア政権がエネルギーと放射性廃棄物管理政策のレビューを開始(2001年)

新生ブレア政権がまず着手したのはエネルギーレビューであった。英国の政策の目的を設定し、現状の政策が長期的目標と矛盾していないか確認する戦略を開発することを主眼として、行政実行革新局(PIU)の主導の下に7月20日にワークショップが開催され、個人および組織からの意見が求められ、10月11日現在で179件の意見書が、ブリティッシュエナジー(BE)社、BNFL等から寄せられた。

続いて9月12日にミーチャー環境担当閣外大臣が、長い間待たれていた放射性廃棄物管理の協議用文書(コンサルテーション・ペーパー)を発行した。英国における放射性物質の長期的管理に関する政策は、1997年3月にNIREX社のセラフィールドにおけるRCFの建設申請が却下されて以降、本質的には存在していないと言える。それ以降、政府は、「近い将来にコンサルテーション・ペーパーを公表する」と何度も公言してきた。政府筋によれば、2001年6月の総選挙も遅れの原因であるが、プルトニウムを廃棄物と見なすか、エネルギー源と見なすかについて政府内に見解の相違があることが主な要因であったという。

コンサルテーション・ペーパーに対する意見書の提出は2002年3月12日まで受け付けられ、提出された全ての意見は、プロセスの次の段階が決定される時に考慮に入れられることになっている。また、政策決定プロセスとして5つの段階が提案されており、そのタイムスケールは以下のようにになっている。

ステージ	実施事項	期間
1	提案したプログラムについて6ヶ月のコンサルテーションを実施。意見書の検討、次のステージの計画を実施。	2001 - 02年
2	リサーチ、公開討論の実施。様々な放射性廃棄物管理オプションを検証し、最善のオプションを推奨する。	2002 - 04年
3	更なるコンサルテーションの実施。提案されたオプションについて公衆の見識を得る。	2005年
4	選択されたオプションを公表。このオプションの導入方法について公衆の見識を求める。	2006年
5	法律制定	2007年

以下では、現在廃棄物とは見なされていないプルトニウム、回収ウランと劣化ウランおよび使用済燃料についてまとめる。コンサルテーション・ペーパーは、これらの物質の利用は現状においては不透明で、今後廃棄物と見なされる可能性もあり、そうなれば廃棄物管理戦略に影響を与えることになると指摘している。

a. プルトニウムの取扱い

2000年末において、民生プログラムより発生した英国の分離プルトニウムは61.5トンに上り、そのほとんどはセラフィールドサイトに貯蔵されている。これらのプルトニウムの90%以上は国家プログラムの一環として建設されたマグノックス炉から発生したものである。これらの原子炉とそこから発生したプルトニウムは政府の原子力債務であり、そのコストは最終的には納税者に降りかかることになるであろう。

コンサルテーション・ペーパーは、プルトニウムは混合酸化物（MOX）燃料としてサイズウェルB号機やその他の改良型原子炉で使用することが可能であると指摘し、1トンのプルトニウムは200万トンの石炭に匹敵するエネルギーを発生することができるという。しかし、現在のところ、英国にはMOX燃料の利用を認可された原子炉はない上に、BE社はウラン燃料に比べてMOX燃料は経済的ではないことを理由に、サイズウェルBにおいてMOX燃料を装荷する計画も有していない。

更にコンサルテーション・ペーパーは、長期間貯蔵されたプルトニウムにおいて、アメリカシウム241がどのように生成され、プルトニウムの純度が悪化するのかを説明している。長期間貯蔵されたプルトニウムからアメリカシウム241を除去することは可能であるが、燃料加工のコストを増加させることになるという。

また、議会上院科学技術特別委員会、英国王立協会、貿易産業省の特別委員会3つの重要な委員会全てが、予見可能な将来のプルトニウムの必要量は保持されるべきであるが、それ以外の余剰プルトニウムは廃棄物と見なすべきであると勧告しているという。

コンサルテーション・ペーパーは、英国に貯蔵されているプルトニウムが膨大であること、たとえMOX燃料の装荷が英国の原子炉で認可されたとしても、その全てがMOX燃料として利用できるわけではないこと、MOX燃料を装荷できる原子炉が英国には十分にはないことなどの観点から、一部のプルトニウムを廃棄物と見なすべきかどうかを考慮することが重要であると述べると共に、その全ての評価において、経済の変化や気候変動の考慮などにより原子力が魅力的なものとなる可能性があり、プルトニウムのエネルギーとしての価値を検討する必要があるとしている。

いずれにしても、プルトニウム在庫の一部を廃棄物と見なすかどうかも含めて、英国の分離プルトニウムの長期的な管理政策に関する様々な意見を募集するとコンサルテーション・ペーパーは結んでいる。

b . 回収ウランおよび劣化ウランの取扱い

コンサルテーション・ペーパーによれば、再処理によって回収された回収ウランと濃縮で発生した劣化ウランは5万～6万トンあり、最終的には10万トンを超える可能性があるという。回収ウランはA G R 燃料加工に利用されてきたが、天然ウランの方が低コストなので、この目的で利用することは非経済的であり、結果的に回収ウランは貯蔵されている。

コンサルテーション・ペーパーは、劣化ウランの濃縮が経済性に見合った時にどのように行われ、M O X 燃料加工する際にどのように劣化ウランが混合されるかを説明している。更に、劣化ウランが軍事プログラムからの高濃縮ウランとどのように混合することができるかについても述べ、英国に存在する回収ウランおよび劣化ウランは将来利用するために保持すべきか、または廃棄物と見なすべきかについて様々な意見を求めるとしている。

c . 使用済燃料の取扱い

現在、使用済燃料は廃棄物として分類されてはいない。現状の政策下では、使用済燃料を再処理するかどうかについての決定は、その所有者の商業的判断に委ねられている。

A G R および P W R からの使用済燃料は適切な冷却期間の後に、再処理するか、直接処分するか、長期貯蔵するか、という3つのオプションを有している。しかし、マグノックス使用済燃料は、湿式貯蔵により冷却する必要があるが、一定期間後に腐食するため、直接処分は適切なオプションではない。それゆえ、たとえマグノックス発電所が閉鎖されても、マグノックス使用済燃料の再処理はしばらく継続されることになる。

コンサルテーション・ペーパーが指摘しているように、もし再処理により分離されたウランとプルトニウムが廃棄物と見なされれば、A G R と P W R の使用済燃料からウランとプルトニウムを分離する理論的根拠がなくなってしまう。この議論は、必然的に B N F L が英国の使用済燃料の再処理を継続すべきかどうかという疑問を投げかけることになる。

コンサルテーション・ペーパーは、BNFLは海外の顧客に対して商業的に再処理を実施しており、この業務により生じたプルトニウムやウランなどの回収物と廃棄物を顧客に返すことが政府によって要求されていることを明確にしている。従って、海外委託の再処理事業によって、英国の放射性廃棄物管理には直接的影響が与えられることはない。

(5) 廃棄物管理政策レビューコンサルテーションの結果とレビュー第2段階に向けての声明

(2002年)

2001年9月から開始されたパブリック・コンサルテーションは2002年3月に終了した。環境・食料・農村地域省(DEFRA)はコンサルテーションに寄せられた意見を分析した結果を報告書「放射性廃棄物の安全な管理：コンサルテーションに対する意見の要約」にまとめて7月29日に発表した。同時にDEFRAのM・ベケット大臣は、第2段階からレビューを監督する独立機関を設置する計画であることを声明した。同機関のメンバーには技術的専門家の他に、環境・保健・倫理問題において広範な見識を持った人物も加わる予定であるという。同機関はまず、公開討論の枠組み(検討の対象となる廃棄物、各廃棄物の管理オプション、オプションを評価する基準)を設定し、次に各オプションの評価とそのために必要な新たな調査を実施し、最終的に政府に勧告書を提出する。そして、政府がオプションの決定を公表し説明することで、レビューの第2段階が終了する。第3段階(2006年頃)ではオプションの実施方法に関して公開討論が行われ、第4段階(2007年頃)で実施に移される。

DEFRAの報告書によると、大部分の意見書において、最良の長期的解決策を決定するために政府が様々な放射性廃棄物管理オプションをレビューすることは同意されたが、一方で、「政府はコンサルテーション・ペーパーで示されたスケジュールよりも速くレビューを進めるべきである」と思っているという。また、公衆が決定にどのように関与していくべきかという質問に対して最も多かったのは、「公衆の信頼を広範に得るために、利害関係者をできるだけ広く、かつ多角的にそのプロセスに参加させる」という意見であった。

以下では、プルトニウム、回収ウランおよび使用済燃料に関する意見をまとめた。

a . プルトニウム

330 件の意見の内、約 150 件がプルトニウムについて言及し、その約 60%が分離プルトニウムの全てあるいは一部を廃棄物とすべきであると主張している。いくつかの意見書は、プルトニウムは有益なエネルギー源であるという立場を明確にしていたが、一部のプルトニウムは汚染されており、再利用するには高価な処理が必要であることもよく認識されていた。また、固化して廃棄物とすべきであるという意見もあった。

プルトニウムを廃棄物とする必要はないという回答が 20%あったが、これは「英国の現在の分離プルトニウム / 回収ウラン在庫の一部はいつか廃棄物と見なさざるを得ないので、レビューにはこのことを反映すべきである」とする議会上院科学技術特別委員会の第三次報告書や放射性廃棄物管理諮問委員会 (R W M A C) の見解に反するものである。

b . 回収ウランおよび使用済燃料

約 80 の意見書が回収ウランと使用済燃料について言及していたが、回収ウランと使用済燃料の一部または全てを廃棄物とすべきであるとしたものはわずか 3 分の 1 であった。しかし 10%以上が、これらの物質がある段階で廃棄物とされることをレビューでは想定すべきであると指摘している。また約半数が、レビューにおいてこれらの物質の一部あるいは全てを廃棄物とすべきかどうか協議すべきであるとしている。

これに対して、これらの物質が潜在的なエネルギー源であり、リスクは比較的低いことから、廃棄物とする必要はないという回答が約 5 分の 1 あった。また、天然ウランを輸入するよりは使用済燃料を再処理した方が良いとする意見や、これらの物質の潜在的利用として高速炉プログラムを主張する者もいた。なお、使用済燃料よりは回収ウランについて言及する人の方が多かった。

(6) 原子力債務管理機関 (L M A) 設立を明示した白書の発行 (2 0 0 2 年)

P・ヒューイト貿易産業相は下院における2001年11月の発言において、英国原子力公社 (U K A E A) と英国原子燃料公社 (B N F L) の原子力債務を管理するために、原子力債務管理機関 (L M A) を新たに設立する意向であることを示唆していたが、2002年7月4日、L M A 設立を明示した「核の遺産の管理：行動戦略」と題する白書が貿易産業省 (D T I) から発行された。1940～60年代に政府の原子力研究プログラムを支援するために開発されたU K A E A と B N F L のサイトと、1960～70年代に建設されたマグノックス発電所が今後は、L M A の管理下に置かれることになる。

L M A は、英国内の B N F L と U K A E A のサイトのクリーンアップを戦略的に管理し、安全性、核物質防護および環境保護に照らして十分なレベルでクリーンアップを達成する責任がある。クリーンアップ・コストは主に政府が負担し、L M A は政府に代わって資金を最大限に集める責任がある。また、L M A による管理の方法は公開された透明性の高いもので、クリーンアップ活動は公衆の全面的信頼の下に実施されなければならない。クリーンアップの資金調達方法については、分離基金と (政府の) 分離会計の2つの実施可能な方法について意見が求められた。

政府は管理の自由と柔軟性を L M A に与えるため、L M A を非政府 (省) の公共機関 (N D P B) として設立する計画である。L M A は全く新しい N D P B なので、その機能と義務を定める法案を提出する必要がある。また、L M A の活動や政府との関係は管理声明と財務覚書で詳細に規定され、政府の年次会計や会計処理に関する要件も定められ、国立監査局による詳細な調査と監査を受けることになる。

L M A への資産と債務の移転は B N F L と U K A E A の活動に影響を及ぼすが、その影響は、商業施設を持つ B N F L の方が大きい。B N F L は、D T I 所有の「ニュー B N F L 」を創設する。既存の B N F L とその子会社のマグノックス・エレクトリック (M E) 社は、サイト許可取得者としてサイトの運転を続ける。ニュー B N F L の創設は、政府の事業への関与が管理に及ぶという事実を反映している。B N F L はニュー B N F L によって所有され、セラフィールド等の

将来の管理方法に関する決定が下されるまでは、LMAとの契約の下に運転される。同様にLMAは、マグノックス発電所の管理と運転の契約をME社あるいは第三者機関と結ぶことになる。

(7) 原子力債務管理のための法制化の動き (2003年6月～2004年)

a. 「原子力サイト・放射性物質法案」ドラフトの公表 (2003年6月)

政府はLMAを設立するための法案を策定し、最終的には議会で同法案の承認を得なければならないので、白書に対する公衆のコメントを求めた。寄せられたコメントについて貿易産業省(DTI)は、政府の原子力債務に対する手法、特に「原子力債務を安全に、経済的に、かつ環境保護を重視したやり方でクリーンアップするための使命を託された公共機関(この時点では、原子力デコミッシング機関[NDA]と改称)を設立することは、英国国民から幅広い支持が得られたと報告している。

そして2003年6月24日、ステファン・ティムズ・エネルギー大臣はNDA設立に必要な法律起案として、「原子力サイト・放射性物質法案」のドラフトを議会に提出した。法案ドラフトを提出するに当たってティムズ・エネルギー大臣は、公共機関の原子力債務のデコミッシング/クリーンアップを管理するという政府の提案を履行するに当たって、公開性と透明性、そして関係者の積極的関与を促すという政府の公約に沿って、あえてドラフトの形で公表したことを強調した。同法案ドラフトのコメント締め切りは9月16日とされた。

ドラフト法案は、政府から独立した公共機関としてNDAを設立することを規定している。NDAの理事会は7～13名で構成される。理事長と最大8名の理事がノン・エグゼクティブ・メンバーで、専務理事(チーフ・エグゼクティブ)と最大3名の他の理事が、経営に携わるエグゼクティブ・メンバーである。

NDAの機能は、指定された原子力施設の運転遂行とデコミッシングの開始の検討に責任を持つこと、同原子力施設およびその他の指定された原子力施設のデコミッシング、

指定された原子力サイトのクリーンアップ、核物質、放射性廃棄物、汚染物質の処理・貯蔵・輸送・処分のための指定された施設の運営、指定された条件の下で核物質、放射性廃棄物、汚染物質を処理・貯蔵・輸送・処分、NDA所轄の貯蔵施設・処分施設に含まれる指定された施設のデコミッションングと規定されている。

NDAは、指定された原子力サイトと施設のデコミッションングとクリーンアップを実施するために、BNFLとUKAEAが現在所有している原子力債務を、運転中のプラントも含めて、それらの法的／財政的責任を引き継ぐ。NDAに移管されるのは、BNFLの持株、公共の原子力関連会社の持株、BNFL/UKAEAの資産・権利・債務、公共の原子力関連会社の資産・権利・債務、BNFL/UKAEA/公共の原子力関連会社の子会社の資産・権利・債務である。

これらの原子力債務は、当初はNDAに代わって、サイト許可取得者であるBNFL/UKAEAが業績契約に基づいて管理する予定である。しかし、政府の意向は、これらの業務委託を競合させることであり、NDAは競争方式を構築しなければならない。BNFLとUKAEAは、NDAの選定に応えられる業務供給者であるということを実証する機会は与えられるが、NDAが適切な契約方式の下にサイト管理を実施するようになれば、サイトの運転契約は競争入札後に第三者が受注するようになる。

クリーンアップ・プログラムを成功させるために、NDAは広範な調達体系(サプライ・チェーン)を構築しなければならない。調達体系には、広大なサイト管理することが可能な管理・運転契約者の他に、主要なプロジェクト契約者を通じて特殊なサービス/機器を調達するルートが含まれる。ドラフト法案と同時に発表された「調達体系」と題する文献においてDTIは、原子力産業界に属しているとか、英国を拠点としているといったことは一切関係なく、健全な競争を導入することによって国費を最も有効に使うことができると強調している。

ドラフト法案は、NDAが担当大臣に代わって、既に決定された原子力施設以外のデコミッションングの支出に関して契約を結ぶことを容認している。この機能は、BE社の再建計画に

において政府が同社のサイトのデコミッションング/クリーンアップ・コストを保証することを引き受けた結果、要求されたものである。この条項の意図するものは、NDAが担当大臣に代わってBE社のデコミッションング計画を保証することによって、公的資金の投入を最小化することである。

ドラフト法案はNDAに対して、王立機関、UKAEA、公的な原子力関連会社、これらの会社やNDA自体の子会社によって管理されている施設についても責任を持たせることができることを規定している。この条項の目的は、将来においてはBNFLとUKAEAのサイトの他に、MoDのサイトのデコミッションング/クリーンアップについてもNDAに責任を持たせるためである。

ドラフト法案を見る限り、いくつかの本質的な問題が未解決のままである。最も重要なのは、BNFLからNDAに原子力債務と資産が移管された後に、新たに創設されるNew BNFLの役割と体制である。サイトがNDAに移管されたならば、NDAは直ちに、サイトの運転契約をBNFLと締結するであろう。しかし、その後どう展開していくかは全く分からない。政府はNDAとの運転契約に競争原理を働かすことを切望しているが、例えば、海外の企業がBNFLの代わりにサイト運転契約を受注した場合に、どのような関係が生じ、BNFLの将来がどうなるかについては全く分かっていない。

[b . NDA設立を組み込んだエネルギー法案の議会審議 \(2003年11月~2004年\)](#)

いくつかの問題を内在しつつ、ドラフト法案に対するコメントを反映した正式な法案(エネルギー法案)が11月27日に上院に提出された。同法案は元々、エネルギー白書を反映したものであるが、NDA設立に関する条項も同法案の中に組み込まれた。同法案では、NDAの活動資金は「原子力デコミッションング勘定」を創設してこの中から賄われることになっている。法案は大きな修正を加えられることなく上院から下院へと審議は移され、2004年7月22日にエリザベス女王の承認を得て、「2004年エネルギー法」として公布された。貿易産業省(DTI)はエネルギー法の公布に先立ち6月18日に、NDAの設立準備と英国の新

たなクリーンアップ体制構築に携わる政策顧問にアンソニー・クリーバー卿を任命した。クリーバー卿はNDAの設立準備にあたって 役員 / 委員の任命、 統治枠組みの構築、 クリーンアップが予定されるサイトの移管と新たな契約形態への移行、 職員や外部コンサルタントの採用の4点について政策提言を行う。これに続いてDTIは9月1日、NDAの最高責任者にイアン・ロクスバーグ博士を任命している。ロクスバーグ博士は石炭管理局の最高責任者を務めた経験から、産業遺産の管理に豊富な知見を有している。

NDAは10月13日、2005/06年度(2005年4月~2006年3月)の事業計画書ドラフトを発表した。同ドラフトはDTIの債務管理室(LMU)が起草したもので、NDAの事業の概要、他の原子力産業との関連、サイトごとの事業計画などが盛り込まれている。

ドラフトによれば、NDAの2005/06年度の予算は約22億ポンド(200円換算で4,400億円)であり、これは政府支出による補助金と、NDAの商業活動(マグノックス炉による発電事業、スプリングフィールドでのAGR燃料製造、セラフィールドでのMOX燃料製造、THORPやウィンズケールでの使用済燃料の再処理など)から賄われるという。この他、NDAはデコミッションングに関連する研究開発を行なうと共に、関連する研究開発プロジェクトのスポンサーとしての活動も行ない、NIREX社の予算の一部も拠出する。また、同ドラフトにはNDAが行なうBE社の経営再建の監督に関する計画などが盛り込まれている。

NDAがデコミッションング、クリーンアップ、等の責任を持つサイトは最終的に以下の通りとなった。

a . 英国原子燃料公社(BNFL)が所有するマグノックス炉

バークレー、ブラッドウェル、コールダーホール、チャペルクロス、ダンジネスA、
ヒンクリーポイントA、ハンターストンA、オールドベリー、サイズウェルA、
トローズフィニッド、ウィルファ

b . BNFLが所有する燃料サイクル施設

スプリングフィールド燃料加工工場、カペンハースト濃縮工場、
セラフィールドサイト（MOX燃料加工、使用済燃料の再処理など）、
ドリッグ低レベル放射性廃棄物（LLW）処分場

c . 英国原子力公社（UKAEA）が所有する施設

ドーンレイサイト、ウィンズケールサイト、ハーウェル原子力研究所、
ウィンフリス原子力研究所

事業計画書ドラフトの「完成版」ができたならば、それに基づいて利害関係者とのコンサルテーションが行なわれ、そこで集められた意見を踏まえた「最終版」が国務大臣に承認された後、正式な事業計画書が発表される予定である。

NDAは2005年4月1日に本格的に活動を開始する計画であり、NDAの本部は、ウェストカンブリアのセラフィールドからそれ程遠くない場所に選ばれ、約50～100名の職員が従事する予定である。DTIは、英国内の8カ所の候補地を評価して本部の立地場所を決定した。

(8) NDA設立によって揺れるBNFLの将来（2003～2004年）

NDAが設立されることによってBNFLの資産と債務はNDAの管理下に置かれ、これまで英国の原子力産業を代表する立場であったBNFLは変化を迫られることになる。ドラフト法案には新しい会社（New BNFL）の創設が規定されていた。New BNFLはDTIが所有することになり、NDAに移管されない部分（スプリングフィールドズ、等）は同社が所有する。New BNFLには、電力会社向けの製品・サービス事業と政府契約事業が含まれ、研究・開発組織によって支援される。New BNFLは、BNFLと子会社のマグノックス・エレクトリック（ME）社を所有する。これらの会社は引き続いて、サイトの許認可取得者であり続け、サイトの運営と従業員の雇用に責任を持つ。

しかしながら、もしNDAに移管されたサイトの運転管理を他の組織に委託させるような契約が結ばれるならば、新たに運転許可取得会社が設置され、BNFLの従業員は新しい運転会社に移管されることになる。従って、ドラフト法案ではこういった事態を想定して、BNFL従業員の年金、その他の権利についても規定されている。しかしながら、New BNFLの将来には不確定要因が多く、これらを明確にするための議論が今後、行われることになるであろう。

一方、NDAに移管される資産・権利・債務は、現在のBNFLが公的機関である場合にのみ適用され、もしBNFLが公的機関でなくなれば、NDAへ移管されないことをドラフト法案は明示している。しかしながら、P・ヒューイト貿易産業大臣は7月3日の議会での答弁で、BNFLの民営化計画を取り下げを明らかにしているため、後者のケースは現時点では非現実的と言えよう。BNFL民営化の取り下げは、BNFLを真の民間会社にすることを切望していた取締役会にとって痛手であるが、ヒューイト大臣は、NDAとの関係においてBNFLの将来が複雑になることを考慮し、BNFLの民営化を断念する決定を下したものと考えられる。

7月3日の議会答弁でヒューイト大臣は、政府とBNFLの取締役会がBNFLの将来について共同でレビューすることに合意したことも明らかにした。同レビューの結果は、12月11日に以下のように発表されたが、NDA設立によって、政府が期待するBNFLの役割は益々、クリーンアップとデコミショニングに重点を置いたものとなりそうである。

- ・2005年4月にNew BNFLが設立され、NDAに移管されないBNFLの資産を所有する。
- ・NDA設立後のNew BNFLの主要事業は、英国内の原子力サイトのクリーンアップとなる。
- ・ウェスティングハウス(WH)社の事業は今後、財政的に切り離していき、株式売却を視野に置く。

a . BNFLの再編(2004年)

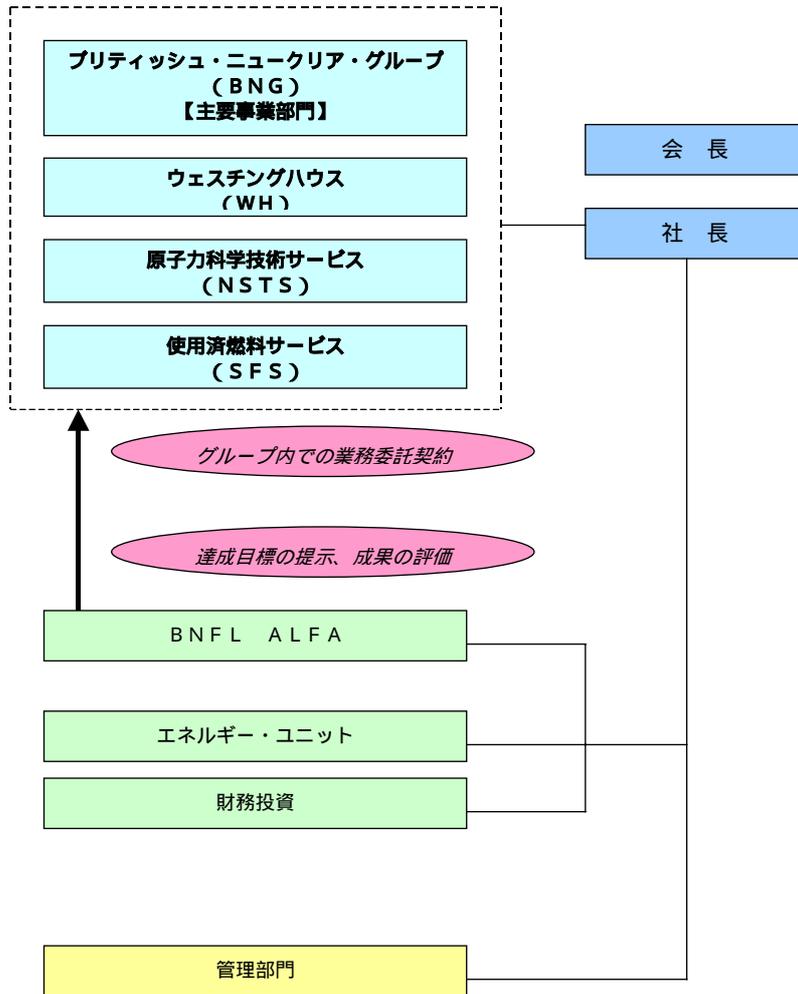
エネルギー法の制定により、410億ポンド(8兆2,000億円)に及ぶBNFLの原子力債務は、

2005年4月1日をもってNDAに移管されることが正式に決定した。BNFLは当面、NDAからの受託業務として引き続きサイトの運営を行なうが、将来的にはサイトの運営契約に競争入札が導入される予定である。これを受けて、BNFLは2004年5月にブリティッシュ・ニュークリア・グループ(BNG)を設立した。BNGはクリーンアップ事業の請負業者として将来のクリーンアップ市場に参入する予定である。

また、BNFLは2005年4月以降に実施されるNDAからの受託契約という事業形態にスムーズに移行するため、グループ内にBNFL・ALFAと呼ばれる組織を設置した。BNFL・ALFAは、2005年4月にNDAに移管されるBNFLの資産・債務を全て管理し、NDAからの委託契約事業を行なうBNG、使用済燃料サービス(SFS)、原子力科学技術サービス(NSTS)、およびウェスチングハウス(WH)社のスプリングフィールド工場部門とグループ内契約を結んでいる。これらの事業グループは、BNFL・ALFAとの契約を通じて契約者としての達成目標(安全性、環境影響、経済性など)を与えられており、BNFL・ALFAは、NDA設立の準備を担っているDTIの原子力債務管理室(LMU)と協力して、これらの事業グループの成果を定期的にレビューする。

BNFLはこれらの取り組みを通じて、将来の競争に備えた事業能力の向上に努めている。一方、BNFLの傘下にあるWH社の原子力部門は売却され、米国資本となる可能性が強いとみられている。〔第3.1図〕に2004年7月現在のBNFLグループの組織体制を示す。

〔第3.1図〕BNFLのグループ体制図（2004年7月現在）



出典：”The New Chapter”, Annual Report & Accounts, BNFL, 2004 より作成

（9）放射性廃棄物管理政策レビューの進捗（2003～2004年）

2002年7月にパブリックコンサルテーションの結果が発表された時に、環境省（DEFRA）は、廃棄物レビューの第2段階以降の監督を行う独立した機関を設立することを示唆したが、2003年3月26日、DEFRAは同機関、即ち「放射性廃棄物管理委員会（CoRWM：Committee on Radioactive Waste Management）」の委員長と委員を指名することを公示した。この公示において、CoRWMの主要な責務は放射性固体廃棄物管理のオプションを評価し、公衆と環境を長期的に保護する上で最良の解決策を政府に勧告することであると明示された。更に、

C o R W Mの活動は2～3年間を要すると見込まれるが、政府は更なる助言をC o R W Mに求める可能性があると考えられた。

C o R W Mは2003年11月に設立され、ゴードン・マックケロン委員長、ジェニー・ワトソン副委員長の他、11名の委員が指名された。委員の資質としては、関連する科学・技術の知識があり、環境や倫理といった問題について広範な物の見方ができ、委員会活動に協力的であることが求められた。

2004年9月までの準備期間（フェーズ1）において、C o R W Mの意思決定プロセス決定、放射性廃棄物管理オプション評価手法、廃棄物インベントリ、廃棄物管理オプションの定義、管理オプションの選別・評価基準が行われ、フェーズ1の成果報告書とフェーズ2～4の改訂された活動プログラムが提示された。同活動プログラムでは、環境大臣への最終報告書の提出は2006年7月までとされている。

しかし、議会上院の科学技術委員会は2004年12月10日、英国政府による放射性廃棄物管理政策レビューと原子力政策のあり方を批判する報告書を発表し、以下のように指摘している。

- (1) 政府がC o R W Mに対して、全くの白紙の状態から議論をスタートさせたため、宇宙処分や海洋処分の可能性など、既に国際的・科学的な共通認識が醸成されている問題について、時間の無駄ともいえる議論が続いている。
- (2) C o R W Mに科学技術分野の専門性を有するメンバーがいない。
- (3) 政府がC o R W Mに、環境・食糧・農村地域省（D E F R A）の科学アドバイザー長による諮問の機会を与えてこなかった。
- (4) 現行の貯蔵施設へのテロ攻撃に対する脆弱性が懸念されているにも関わらず、政府は放射性廃棄物管理政策策定を緊急の課題としていない。

以上の問題意識から上院科学技術委員会は、C o R W Mの組織構成は将来の放射性廃棄物管理政策を検討する諮問委員会として適切でないと結論付けており、地球科学や材料工学、土木工学

の専門家をC o RWMの委員に追加するか、C o RWMの下に専門家による技術諮問委員会を設けるべきであるとしている。

また、政府は放射性廃棄物管理政策策定の遅れを、英国の原子力発電の将来に関する決定を先送りする口実にすべきでないとの報告書は述べている。報告書は、そのような見方はエネルギー・セキュリティの向上や温室効果ガス排出量の削減のために採りうる手段を極端に狭めるとしている。英国ではE・モーリー環境相が2004年10月に、放射性廃棄物の長期管理方法が決定することが原子炉新設の前提条件になると述べたことが話題を呼んでいた。ブレア首相も2005年に予定されている総選挙が終わるまでは、公衆の反感を招きうる原子炉新設についての決定を先送りするものと見られている。

1.3.2 MOX燃料加工の現状

英国原子燃料公社（BNFL）は、試験的規模ながら1960年代からMOX燃料を製造してきた。1989年9月には、8トン/年規模のMOX実証施設（MDF；MOX Demonstration Facility）の建設を決定し、1993年10月からプルトニウムを使用してのホット運転を開始した。その後、海外からのMOX燃料の需要増を見込み、商業規模でMOX燃料を製造するため、年間生産量120トンというSMPの建設を計画した。

（1）SMPの建設から運開まで

a．SMP建設時の状況

BNFLは1994年3月に地方当局（コーブランド・ボロー評議会）からSMPの計画許可を取得して翌月より工事を開始し、1996年中に建設工事を終了させていた。1994年当時、政府内でSMP建設を承認したのは貿易産業省（DTI）と考えられる。なぜなら、BNFLは公開有限責任会社（Public Limited Company）で、その筆頭株主は政府を代表する貿易産業大臣であるからである。BNFLはSMP建設申請時にも何らかの経済性評価を行い、DTIはそれを基に建設の是非を検討したはずである。

b．運転許可申請とEAの承認（1996～1999年）

BNFLは商業運転に関する認可を得るため1996年11月、EAに申請を行った。計画ではウラン酸化物を用いたホット試験を皮切りに、プルトニウムの使用へと段階的に試運転を進め、1998年4月に本格操業を開始することが予定されていた。当時、BNFLはウラン試験が順調に行われても自動的に次の段階に進まず、別の認可を取得するものとし、仮にウラン試験を行った後でSMPの運転を認めないという決定が下された場合は、プラントを除染して試験前の状態に戻すことが可能であるとしていた。

E AはBNFLの事業内容を公開し、公衆を含む関係者から意見を募るパブリック・コンサルテーション（公開審議）を1997年2月10日から8週間にわたって開催し、さらに、PAコンサルティング（PAC）社にSMPの経済性評価を委託し、1998年1月にその結果を発表した。PAC社は、SMPの建設費用を抜きにして、その操業利益がいくつかのシナリオにおいて1～3億ポンド（200億～600億円）、平均で2億3,000万ポンド（460億円）になると計算し、SMPの操業は経済的に成り立つとした。E Aはこの評価に基づき、再度のパブリック・コンサルテーションを開催した。しかし、SMP運転の反対派は、この経済性評価にSMP建設費用の3億ポンドが考慮されなかったことを指摘し、その信憑性を疑う意見を示していた。

こういった状況下で、E Aは1998年10月23日、SMP運転による経済的利益が環境への影響を上回ると判断し、ようやく肯定的な見解を表明した。同日発表されたプレス・リリースは、「（BNFLの）THORP再処理プラントで海外の顧客から送られてきた使用済燃料から回収され、顧客の所有物であるプルトニウムからMOX燃料を製造するという目的に限り、SMPでのプルトニウムを用いた試験運転、商業規模での運転および最終的な廃止措置は正当化される。今回のE Aの決定はこの目的に限り有効であり、その他の目的による運転は別途考慮する必要がある」としていた。

さらに、E Aはこの問題が持つ政治的・経済的影響を考慮し、DETRとMAFFに、今回の決定を変更させる意志があるか、またE Aに対して行政指導をするか、意見を問うことにした。同様にウランを使用した試験運転に関してもE Aは肯定的見解を表明し、DETRとMAFFに最終的な判断を任せた。

c . SMPのウラン試験の認可

J・プレスコット副首相兼環境・運輸・地域問題大臣は1999年6月11日、BNFLに対してSMPのウラン試験を実施することを認可した。同時に副首相は、SMPの商業規模の運転に関する3度目のコンサルテーションを開催し、その結果を以て最終的な運転認可の判断を下すことを明らかにした。ウラン試験は約9か月を要すると見積もられ、2000年終了を目標とさ

れた。

政府がウラン試験認可に至った経緯は、後日発表された報告書^(注3)において明らかになっている。報告書は、ユーラトム指令 80 / 836 (改正指令 84 / 467) を引き合いに出し、SMP に関わる認可を発給するにはその正当性を証明する必要があることを強調している。

BNFL は機会ある毎に、まず SMP のウラン試験の認可を発給することを政府に要請してきた。BNFL は既に SMP に人員を配置しており、運転が遅れば遅れるほど経済的損失が大きくなるためであった。さらに、仮にウラン試験の実施後に運転の中止が決定されても、ウランの除染は比較的安いコストで済み、発生する廃棄物も少量で、かつ低レベル廃棄物 (LLW) であることも理由の 1 つである。

報告書によると、ウラン試験を認可することの主な利点は (最終的に商業運転が認可された場合) プルトニウム試験と商業運転の日程が早まることとされた。商業運転が早まれば BNFL は 1 カ月当たり約 150 万ポンド (3 億円) の経費が浮くことになる。

BNFL は当然、この決定を歓迎したが、同時に再度パブリック・コンサルテーションが開催されることによって商業運転が遅れることや、PAC 社の経済性評価と BNFL による MOX 燃料市場調査が公表されることによる営業上の損害を懸念した。それにも関わらず、BNFL は 6 月 11 日のプレス・リリースの中で、情報の公開が SMP 運転プロセスを促進することを認め、パブリック・コンサルテーションの開催に全面的に協力していく旨を明らかにした。

d . 第 3 回パブリック・コンサルテーションの開催 (1999 年 7 月 ~)

SMP の運転に関する 3 回目のパブリック・コンサルテーションの詳細は 6 月 25 日に公表され^(注4)、同時に PAC 社の SMP 経済性評価報告書^(注5)と BNFL による MOX 燃料市場調査

(注3) **Ministers' Decision On The Justification For The Uranium Commissioning Of The Mixed Oxide Plant, DETR, 1999.6.25.**

(注4) **Consultation On The Economic Case For The Sellafield MOX Plant, DETR, 1999.6.25.**

の報告書^(注6)も公表された。PAC社の経済性評価については、BNFLの事業およびSMP運転に対して重大な商業的ダメージを与えると考えられる情報は秘匿された。政府はこれら一連の報告書に対する意見を7月23日まで受け付け、公衆から寄せられた意見を検討して最終的な決断が下される。

ところで、BNFLが各国と結んでいるMOX燃料加工契約の状況は秘匿されたが、BNFLが(保守的に)見積っている予想契約量全体に対する割合で〔第3.1表〕のように公表された。

〔第3.1表〕SMPのMOX燃料加工契約状況---BNFLの発表

	契約済	契約意思 表明・予約	交渉中	予測分	合計
予想契約量全体に対する割合(%)	6.7	11.0	25.7	56.6	100

EAが1998年10月にSMP運転に肯定的な見解を示した際は、MOX燃料の製造は経済的に正当化されるとの判断であったが、政府はBNFLに対してMOX燃料市場の調査を依頼し、再度その経済的な正当性を判断しようとした。これは、1998年10月に成立したドイツの社会民主党と緑の党による連立政権が脱原子力政策の一環として、英仏と結んでいる使用済燃料の再処理契約を破棄する動きを見せていることにより、MOX燃料需要の見通しが不安定になっているためである。

BNFLの市場評価報告書は、日本、ドイツ、スイスのMOX燃料需要について言及しており、日本とスイスについては、状況の急激な変化が無い限り安定したMOX燃料需要が見込めるとしている。ドイツに関しても、ドイツ政府と電力会社からの情報から、既存の再処理契約は履行され、MOX燃料の使用は継続されると予測し、ドイツもMOX燃料の重要な市場であるとしている。そして、BNFLは最終的に、SMPの建設費を考慮しないという条件の下で、日本、ドイ

(注5) PA Consulting Group Final Report; Assessment Of BNFL's Economic Case For The Sellafield MOX Plant, 12 December 1997, Commercial In Confidence Version Released June 1999, DETR, 1999.6.25.

(注6) BNFL MOX Market Review For DETR, DETR, 1999.6.25.

ツおよびスイスとのMOX燃料取引の30～40%だけで、運転コストや廃止措置費用などの将来的コストが賄えると結論し、運転の正当性を主張した。

BNFLの実質的な所有者であるDTIもBNFLのMOX燃料市場評価を承認し、S・バイヤーズ貿易産業相はDETR関係者に宛てた書簡の中で「BNFLが実施したMOX燃料市場の調査結果はDTIの見解に合致したものであり、我々はこれを承認する」と述べた。

e. 地球の友 (FOE) によるSMPの経済性評価 (1999年7月)

第3回パブリックコンサルテーションに意見を寄せた関係者の中には、当然、周辺環境への影響からSMP運開に反対する環境保護団体も含まれていた。その1つである「英国地球の友 (FOE)」は、政府の専門委員会に委員として参加した経験を持つ原子力コンサルタント (F・ベーカー、M・サドニキ、G・マッケロン) へ委託してSMPの経済性評価報告書^(注7)を作成し、それを9月に公表した。また、これとは別に、FOEはTHORP再処理工場が締結した日本とドイツとの再処理契約に関する報告書^(注8)も同時期に発表した。

報告書は海外のMOX燃料市場を分析し、BNFLとMOX燃料加工契約を結んでいる国においてMOX燃料を使用する上での問題点を指摘している。報告書はまず、各国がMOX燃料加工を依頼する根拠として、使用済燃料の再処理を委託している電力会社はそれがプルトニウムという形で返還されるよりは、MOX燃料として返還されることを望んでいることを挙げた。このことは、使用済燃料の再処理を委託していない電力会社が商業規模でMOX燃料を購入した実績がなく、また、その様な関心を示したこともないという当然とも言える点を根拠としている。

結局、MOX燃料の使用は経済性以外の点を考慮に入れた場合に正当化されるのであり、それはエネルギー・セキュリティや核不拡散といった問題、およびMOX燃料に加工しなかった場合

(注7) ANALYSIS OF THE ECONOMIC CASE FOR THE SELLAFIELD MOX PLANT”, Fred Barker, Mike Sadnicki and Gordon MacKerron, July 1999.

(注8) “THORP: THE CASE FOR CONTRACT RENEGOTIATION”, Dr.Patrick Green, 2 June 1999.

のプルトニウム返還に伴う問題などの政治的要因であるという。

その他、報告書が指摘したMOX燃料利用への障害は、THORPにおける使用済燃料の再処理スケジュールが遅れ契約量を満足していないこと、原子炉でのMOX燃料使用認可、そしてMOX燃料の輸送などの問題であった。このうち、MOX燃料の使用認可と輸送の問題は、特に日本の顧客に当てはまるとされた。

日本、ドイツおよびスイスの使用済燃料（合計 4,458 トン）から回収されるプルトニウム 44.6 トンがSMPで加工されるとして、〔第 3.2 表〕のように推定された。また、SMPのコストは〔第 3.3 表〕のように仮定されている。

〔第 3.2 表〕PAC社のMOX燃料加工のモデルケース（FOEが絶対量を推定）

年間のMOX燃料加工量	SMP運転年数	MOX燃料加工総量
74.3トン	10年	743トン

〔第 3.3 表〕FOEによるSMPのコストの仮定（1997年価額）

項目	コスト	備考
建設費用	3億ポンド（540億円）	価格評価に含めていない
運開までのコスト	8,500万ポンド（153億円）	2000年に完了予定
年間の追加資本額	767万ポンド（13億8,060万円）	2001～2010年
年間の運転費用（固定分）	2,970万ポンド（53億4,600万円）	2001～2010年
年間の運転費用（変動分）	7万4,000ポンド（1,332万円）	2001～2010年
運転終了後の除染費	2,970万ポンド（53億4,600万円）	2011年
総廃止措置費用	5,000万ポンド（90億円）	2016～2020年

これらの前提を基にしたFOEの計算によると、BNFLが予測していると考えられる損益分岐点のMOX燃料価格は2,052ポンド/kg MOX（モデルケースの40%の契約量）～2,689ポンド/kg MOX（モデルケースの30%の契約量）（約41万円/kg MOX～約54万円/kg MOX）となっているが、これは仏核燃料公社（COGEMA）がドイツの電力会社に供給しているMOX燃料の価格が1,850ポンド/kg MOX（37万円/kg MOX）と言われているのに比べかなり割

高である。フランス電力公社(EDF)に至っては、COGEMAから750ポンド/kg MOX(15万円/kg MOX)でMOX燃料を購入しているという。

こういった状況を考慮すると、BNFLが希望通りのMOX燃料価格を維持できる可能性は低く、その結果、利益を確保するために契約量を増やす必要が出てくる。従って、報告書は以下のように結論付けている。

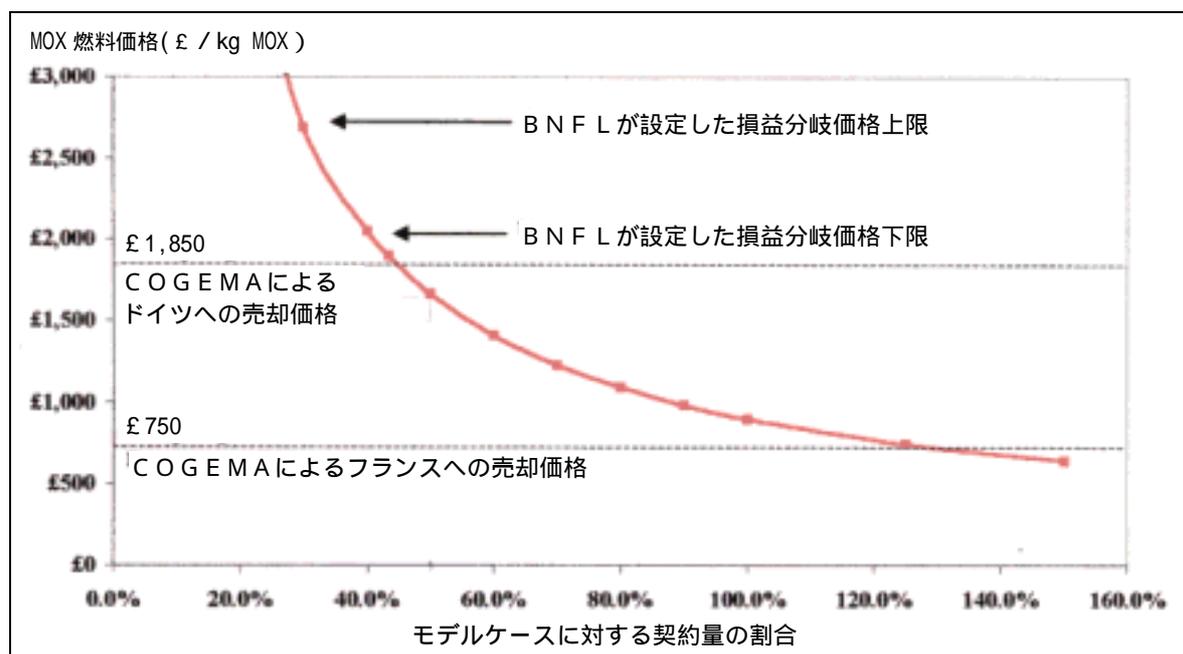
BNFLが約2,000ポンド/kg MOX(40万円/kg MOX)という比較的高い値段でMOX燃料を売却できれば、モデルケースの50%~60%の契約量で1億ポンド(200億円)以上の利益を出すことができる。しかし、MOX燃料市場の現状を考えると、この価格を維持するのは困難と予測される

BNFLが約750ポンド/kg MOX(約15万円/kg MOX)という低い値段でしかMOX燃料を売却できなければ、損益分岐点に至ることは不可能である

BNFLが約1,250ポンド/kg MOX(25万円/kg MOX)という値段でMOX燃料を売却する場合、1億ポンド(200億円)以上の利益を出すためには、モデルケースのおよそ90%の契約量を確保することが必要である

FOEの報告書が算出した損益分岐点を越えるために必要なMOX燃料価格とモデルケースに対する契約量の割合を[第3.2図]に表す。グラフの縦軸がMOX燃料価格(ポンド/kg MOX)、横軸がモデルケースに対する契約量の割合である。

〔第 3.2 図〕 損益分岐点を越えるために必要な MOX 燃料価格と契約量の割合



SMP の経済性に関して FOE の報告書が算出したものと、1998 年に PAC 社が算出したものとは結果が大きく異なる。PAC 社の評価が非常に肯定的であったのに対し、FOE の報告書は、建設費用を抜きにして考えたとしても、SMP が利益を出す可能性は低いとした。そして、両者の差異があまりに大きいため、政府はこれを見過ごすことはできず、現時点では SMP のプルトニウム試験を認めるべきではないと結論したという。

f . SMP での固化処理オプション (2001 年 4 月)

前項で FOE のために調査を行った英国の独立系コンサルタントのサドニキ氏とバーカー氏は 2001 年 4 月 20 日、プルトニウムの処理・処分オプションの経済性を比較した「英国における民生プルトニウムの処分」と題する 242 頁から成る報告書を発表した。両氏は放射性廃棄物管理委員会 (RWMA C) のメンバーであるが、米マッカーサー基金の下に、個人的見解としてこの報告書を作成したという。

同報告書によると、106 トンと予測されている将来の英国のプルトニウム在庫は、MOX 燃料と

してブリティッシュ・エナジー社のサイズウェル発電所B号機（PWR）とその他4つの原子炉で燃焼するより、セラミック固化処理した方が25%ほどコスト安であるという。固化処理のコストが15億ポンド（3,000億円）にあるのに対して、原子炉での燃焼オプションのコストは20億ポンド（4,000億円）と見積もられた。また、SMPのプルトニウム固化処理施設への改造は低コストで実施できるという。

この報告書が発表されたのは、米エネルギー省（DOE）がサウスカロライナのサバンナリバーサイトにおける固化処理施設の建設計画を予算制限のために中止すると公表した後で、両氏は、「莫大なコストがかかる処理施設（即ちSMP）を既に建設済みであるという点において、英国は米国やロシアに比べて有利である」とし、SMPをプルトニウム固化処理施設として利用することのメリットを早急に評価するよう政府に求めた。

両氏は更に、BNFLに対して、分離プルトニウムの固化処理サービスを海外顧客に提供すること、およびSMPをMOX燃料加工と固化処理の両方の施設として利用することが可能であることも併せて提案した。

g. 第4回と第5回のパブリックコンサルテーション（2001年3月～8月）

SMPの運転を許可するかどうかに関する4回目のパブリック・コンサルテーションは2001年3月28日に開始され5月23日に終了したが、そのわずか約1ヶ月後の6月21日に、第4回パブリック・コンサルテーション終了時には完成していなかったSMPの経済性評価報告書を公開し、8月24日まで公衆の意見を求めることになった。

7月27日に公表された同報告書は、アーサー・ディー・リトル（ADL）社が環境省の依頼で作成したものであるが、公表されたものは商業上の機密事項が削除されていた。

この背景には、地球の友（FOE）が5月24日にロンドン高等裁判所にSMPの経済性をレビューするよう訴えたことがある。更にFOEは、ADL社に委託されていたSMPの経済性評

価の結果を、公開審議の対象外とした関係大臣の決定の合法性についても非難し、大臣が決定を下すのに参考にするであろう重要な情報を公衆が得ることができないのは不公平であると主張した。

h . SMPの運開承認 (2 0 0 1 年 1 0 月)

政府は5回のパブリック・コンサルテーションの後、2001年10月3日にSMPの運開を承認した。ベケット環境相とミルバーン保健相は、これまでのコンサルテーションやSMPの経済性評価を委託していたADL社の報告書、その他SMPに関して提出された意見書を含む全ての関連する情報を参考に、環境、安全とセキュリティー、および経済性に関して検討した結果、放射性物質の排出を伴うSMPの全ての活動は、その活動がもたらす利益が諸処の不利益を上まわらなければならないとする欧州共同体法のユートラム指令に基づき、正当化されると結論付けた。その後、保健安全執行部(HSE)から12月19日にSMPのプルトニウム試験許可が発給され、BNFLは翌日の12月20日からプルトニウム試験を開始した。

ADL社の報告書は政府の決定に大きく影響したと思われる。政府は報告書の中で、SMPの運開により1億5,900万ポンド(318億円)の利益が得られる一方、SMPを運開しなかった場合においては5,800万ポンド(116億円)の損失を被り、控えめに評価しても、SMPを運開したならば、SMPを運開しなかった場合に比べて2億1,600万ポンド(432億円)の利益をもたらすというADL社の結論を引用している。このADL社の評価は、MOX燃料の輸送スケジュールの遅れ、契約の喪失などの諸処の悪条件を考慮したダウンスайд・シナリオを想定したものであるが、両相は、MOX燃料加工の競合会社における問題の発生などのSMPに利益をもたらすような好条件が考慮されていないことを指摘している。また、海外の顧客にインタビューした結果、MOX燃料加工を求める強い希望があるとするADL社の結論を受け入れるとしている。

その他、2001年5月のBNFLがドイツとスウェーデン向けのMOX燃料仮契約を結んで、SMPの損益分岐点を越えたことも、政府がSMPの運開を承認する上で有利に働いたと考えられる。

この政府の決定に対して、アイルランド、ノルウェー、その他環境保護団体のグリーンピースやF O Eは一斉に反発した。特にアイルランドは、セラフィールド・サイトからアイリッシュ海への放射性物質の放出に対する危険性を指摘し、その閉鎖を同サイトの運開以来要請してきた。政府の決定の後、アイルランドは国際海洋法裁判所（ハンブルグ）に対して、S M Pの運開は近隣の海洋環境に悪影響を与える可能性がある以外に、9月に米国でテロ攻撃が起きたことを挙げて、S M Pからの放射性物質の輸送は潜在的なリスクが伴うとして、S M P運開の中止命令を求めている。しかし、同裁判所は2001年12月3日、その要求を退けた。その後、アイルランド政府はオスロ・パリ条約（O S P A R）へ採決を求めた。一方、グリーンピースとF O Eは控訴院に控訴を行ったが、12月7日に却下された。

また、グリーンピースとF O Eは、政府はS M Pの経済性評価を歪めているとして、高等法院にS M P運開中止を求めているが、2001年11月15日、同院はその訴えを棄却した。

i . S M Pをめぐる係争（2003年）

アイルランド政府は2003年6月10日、S M Pはアイリッシュ海を汚染し、原子力テロリズムと深刻な事故のリスクを増大させているとして、オランダのハーグにある国際仲裁裁判所に英国を訴えた。アイルランド政府の訴えによると、英国政府はS M Pを承認した時、海洋法に関する国際連合（U N）条約の規定に違反したという。

仲裁裁判所の5名の国際裁判官は3週間にわたる聴聞会で証言を聴取する予定であったが、同訴訟の抱える問題の困難性に鑑み、本件の審理を12月1日まで延期することを6月13日に決定した。裁判所によれば、国際法に則った両国の欧州連合（E U）域内での権利をより明確に理解する必要があるという。ただし、アイルランドの要求する暫定措置に関しては聴取されることになった。アイルランドの主要な要求は以下の通りである。

- ・英国当局からのセラフィールドのテロ対策の最新情報の提示
- ・MOXプラントからアイリッシュ海への放出中止
- ・MOXプラントおよび附帯施設の事故／事象の詳細を全て提示
- ・アイリッシュ海での原子力関連輸送の事前通告

一方、アイルランドはOSPAR（オスロ - パリ）裁判所に対して、英国政府はセラフィールドMOXプラント（SMP）の運開時の経済性論議の際に、BNFLのMOX燃料供給事業の商業情報の詳細を公表すべきであったと訴えていたが、2003年7月2日、アイルランドが求める情報はOSPAR条約加盟国が要求できるものではないという判断の下、アイルランドの主張は却下された。

j . SMPのプルトニウム試運転（2001年12月～2004年）

2001年12月からプルトニウム試験に入ったSMPで、2002年5月末に初のMOXペレットが製造された。SMPでは燃料加工と並行して今後もプルトニウム試験が継続され、プラントの性能検定が続けられる。この性能検定が完了した後に商業運転が開始されるが、その際には原子力施設検査局（NII）の許可が別途必要となる。SMPでのペレット完成に前後して、BNFLは2002年5月24日、独E.ON社との間でMOX燃料供給契約に関する手続きが完了したことを発表した。同契約に基づき、E.ON社がセラフィールドに送った使用済燃料から回収されたプルトニウムの全量がSMPで加工されることになる。E.ON社との契約はこれまでに締結されたSMPでのMOX加工契約の中でも最大規模で、今後2～3年間はSMPの加工容量の多くを占めるという。

しかしながら、SMPの本格運転に向けた準備作業は予想された以上に時間を要している。BNFLによれば、SMPでのMOX集合体の生産が大幅に遅れたのは、慎重な運転拡大アプローチが執られているためであるというが、プルトニウム試験開始から2年間の間にSMPの商業運転開始に支障をきたすいくつかの問題が生じたことは確かである。それらは主にMOXペレット製造に関するもので、製造機器に起因する問題であった。従って、2004年になっても、SM

PではMOX燃料集合体がまだ1体も製造されておらず、BNFLは2003年に、海外顧客に納入すべきMOX燃料を他のMOX加工業者に下請け発注した。

最初のMOX燃料ペレットは2002年5月に製造され、2003年まで続けられたが、そのペレットは全ての要件を満足することはできなかった。また、SMPのMOX製造プロセスは自動化されているため、ペレット処理を再度行うことが困難な設計になっている。マニュアルでプロセスに介入できるのは保守作業に限定されている。従って、ペレットが品質不良の場合には、その修復は困難な作業となる。燃料棒生産が開始されたのは、燃料ペレットの広範な試験が終了した後の2002年後半であった。

また、1999年に起きたMOX実証施設(MDF)におけるデータ改ざんスキャンダルの結果、SMPでは、改造作業を行う際には管理者の承認(署名)を必要とするという、厳格な安全リスク評価システムが採用されているため、試運転中に軽微な改造を行うにも数日を要する。こうしたことがSMPの試運転プログラムを大幅に遅らせることになった。高度な自動化と、機器の改修/改良のための作業を実施するために必要な非能率的な手続は、SMPの運転の柔軟性を低下させるものとなっている。

プルトニウム試験開始から34カ月を経た2004年10月現在、MOX燃料集合体は製造されておらず、技術的問題解決のためBNFLでは、競合者である仏核燃料公社(COGEMA)からの人材を含む専門家グループの支援を受けていることが明らかにされた。SMPの建設には約5億ポンド(1,000億円)の資金が投入されたが、プルトニウム試験の開始から2004年10月までに、さらに1~2億ポンド(200億~400億円)が費やされたという。COGEMAの関係者によれば、COGEMAの関与は部分的なプロジェクトに限定されているほか、両社の間には厳格な守秘義務協定が結ばれているという。このため具体的な支援の内容については明らかにされなかったが、BNFLは数億ユーロを専門家グループに支払ったという。

こうしたSMPの商業化見通しが立たずコストだけが増大しているという状況から、政府内では“SMPを閉鎖する”ことも話し合われているとガーディアン紙は報じている。また、英国会

計監査院（NAO）のJ・ボーン卿によると、英国政府はSMPの今後のあり方について、商業運転を開始する前に閉鎖するというオプションも含めて検討する可能性があるという。ボーン卿は2004年7月、M・ミーチャー元環境相の強い要望を受けてSMPの経済性について調査を実施したが、同調査結果によれば、SMPの運開の遅れによってBNFLが追加的に被った費用は2億2,500万ポンド（450億円）にのぼるといふ。また、SMPは運開したとしても収益力に乏しいが、運開を待たずに今すぐ閉鎖することによる費用も甚大であり、海外顧客との再処理契約不履行による違約金の支払いも生じるといふ。このため、ボーン卿は「今後、政府がSMPについて何らかの決定を下す際には、SMPの継続か閉鎖かをめぐる議論は避けられないだろう」とコメントしている。また、ボーン氏は「SMPが公的機関である原子力デコミッショニング機関（NDA）に移管された後に、SMPの今後のあり方について見直しを行われそうである」と述べている。

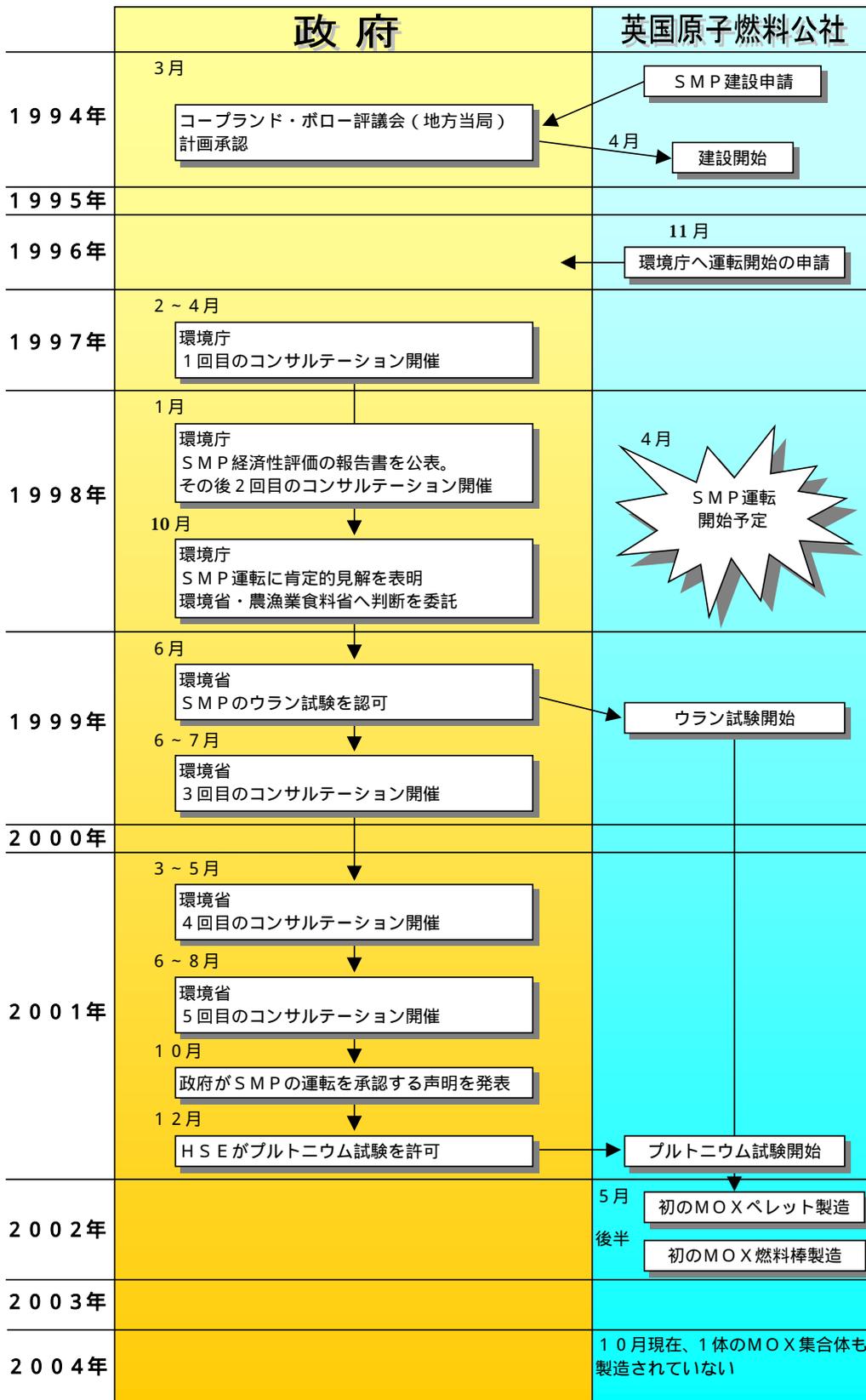
k . BNFLの短期事業計画に見るMOX製造計画（2004年6月）

BNFL傘下のプリティシュ・ニュークリア・グループ（BNG）はセラフィールド・サイトの2004/05会計年度（FY04/05）からFY05/06（2004年4月～2006年3月）までの一連の短期活動計画書（NTWP）を2004年6月30日に公表した。この内、セラフィールドの商業運転分野の計画書^{（注9）}では、MOX燃料集合体製造スケジュールが示されており、2005年の3月31日までに3体、FY05/06には13体を製造することが目標とされている。また、SMPの商業運転許可の取得は2005年12月30日とされている。

SMP運開に関するこれまでの経緯を〔第3.3図〕にまとめた。

（注9） Near Tem Work Plan FY2004/05 and FY2005/06: Sellafield - Commercial Operations Category Summary, 35.12, BNG, 2004.06.30.

〔第3.3図〕SMP運転に関するこれまでの経緯



(2) MOX実施施設(MDF)におけるデータ偽造スキャンダル(1999~2000年)

1999年9月14日付けの英インディペンデント紙はBNFLのMOX実証施設(MDF)においてMOX燃料の検査データが偽造されていたことを伝えた。BNFLは今回の事件に関わった3名の作業者を解雇したことを明らかにし、データ偽造が独自の調査で判明したことを強調した。問題となった燃料も数多くの品質検査によって規格内であることが保証されており、安全性に全く問題はないと述べた。

BNFLの発表では、既に関西電力へ輸送された高浜発電所4号機用の燃料についてはデータに問題はなく、加工中の第2弾の同発電所3号機向けMOX燃料の抜き取り検査のデータに問題があったということであったが、後日、4号機用燃料にもデータ偽造があったことが明らかになり、関西電力では2000年1月19日、BNFLとのMOX燃料加工契約、再処理契約を問題が解決されるまで「指名停止」とするという措置を採った。また、天然ウラン転換契約も4カ月間の「指名停止」となった。

関西電力は高浜発電所3,4号機でMOX燃料を使用する予定であり、両機では最初に8体のMOX燃料を使用し、実績を積み重ねて徐々に本数を増やしていく計画であったが、同計画は期日を設定せず延期されることになった。

政府の保健安全執行部(HSE)の下部組織である原子力施設検査局(NII)は1999年9月にBNFLから検査データの偽造の報告を受けて以来、同社とともに事態の発生原因の解明に取り組んできが、2000年2月、HSEはNIIの調査結果をとりまとめた報告書^(注10)を発表した。同時にセラフィールドにおけるBNFLのサイト管理状況に関する報告書^(注11)も発表された。

(注10) “ An Investigation into the Falsification of Pellet Diameter Data in the MOX Demonstration Facility at the BNFL Sellafield Site and the Effect of this on the Safety of MOX Fuel in Use ” , HSE, 2000.2.18.

(注11) “ HSE Team Inspection of the Control and Supervision of Operations at BNFL’s Sellafield Site ” , HSE, 2000.2.18.

a. 保健安全執行部（HSE）／原子力施設検査局（NII）の報告書

検査データが偽造されているのではないかとの疑惑が最初に持ち上がったのは1999年8月20日のことであったという。MDFの品質保証チームが異なるロットで検査値が酷似していることに気づき、詳細に比較したところ、過去の検査値がそのままコピーされていたのであった。9月10日に事態の報告を受けたNIIは直ちにMDFの運転中止を指示し、データが偽造された燃料の特定とその原因の調査を開始した。

NIIの調査と並行してBNFLも独自の調査を開始した。同社の調査報告書^(注12)もNIIの報告書と同時期に発表され、その中で検査作業員によってデータが偽造されていたことを認めた。また、BNFLの報告書は、1999年9月7日の検査においてMOX燃料2ロット中に小さなネジや何らかの物質片が発見されていた事実を明らかにした。しかし、それらのロットは寸法も規格外であり、直ちに不良品として除外されたという。

NIIとBNFLはともに、作業員が悪意で検査データを偽造したとは考えておらず、燃料の直径測定という極めて単純な作業が偽造を引き起こしたと結論付けている。しかし、NIIの報告書はデータ偽造が1996年から実施されていたことを明らかにしており、これまで事態が発覚しなかったことも考慮すると、BNFLの作業管理体制に重大な欠陥があったことが如実に表れている。NIIの報告書の要点は以下の通りである。

- ・BNFLには、作業員に検査データの偽造を許してしまうような組織的な欠陥が存在していた。
- ・人間工学的な配慮が欠如した施設設計、単純な作業および容易に機械的データ記録システムを変更できたこともデータ偽造の原因と考えられる。
- ・検査データが偽造された燃料の安全性に問題はない。

^(注12) “A Review of MOX Demonstration Facility Secondary Quality Control Data Falsification Issue”, BNFL, 2000.2.18.

燃料の安全性に関して、N I I は以下の3つの理由を挙げて、データが偽造された燃料を原子炉で使用することに問題はないと結論付けた。

M D F の施設および燃料製造プロセスを調査した結果、データが偽造された燃料は通常要求される品質を保持しており、原子炉での使用に耐えうる。

当該燃料はX線検査を受けており（顧客も確認している）、物理的な不具合があれば、その時点で除外されている。

当該燃料がレーザー測定器による寸法検査を受けていることは確かであり、また、これ以外にも寸法不具合の燃料が除去される仕組みがいくつか設定されていることを考慮すると、燃料の安全性に問題はないと確信する。

次に、一連のスキャンダルはセラフィールドにおけるB N F L のサイト管理に問題があると考えられ、セラフィールドのサイト管理状況に関する調査も実施された。同調査に関する報告書の要点は以下の通りである。

- ・セラフィールドには安全管理が容易でない複雑な施設が集中しているにも関わらず、サイト全体をカバーする高品位の安全管理システムに欠けている。
- ・セラフィールドは既存の安全管理システムを運用するのに十分な資源に欠けている。
- ・社内に効果的な監査システムが存在しない。

この他、報告書では28項目に及ぶ改善点が勧告された。

b . B N F L の対応

B N F L は4月18日、M O X スキャンダルによって失われた顧客の信頼を回復するために、経営幹部9名の更迭を含む抜本的な組織改革に着手することを発表した。更迭の対象になったのは、保健・安全・環境担当役員、人事担当役員、財務担当役員および6名の非常任役員全員であった。また、B N F L は同日、H S E が作成した2つの報告書への回答となる2つの対策

報告書^(注13)を発表した。

c . MOX燃料の検査データ偽造に関するBNFLの対策

データ偽造の直接的な原因となった、データの手計測と計測値の手入力という単純作業については、計測の自動化および計測値のコンピュータへの自動入力化が進められ、事態の再発が防止されることとなった。偽造に関与した作業員に対しては、既に、解雇を含めた懲戒処分が下されている。また、偽造を黙認していたと見られる数名の現場監督者はMOX燃料関連業務および安全管理業務から外され、再訓練を受けている。

組織の見直しの一環として、安全、品質、運転管理などの重要な部門の作業員の資質テストも実施され、基準を満たした者だけが継続してそれらの職場で勤務することになった。また、より独立した品質管理が実施されるよう、担当部門の組織改編も実施された。

d . セラフィールド・サイトの管理体制に関するBNFLの対策

BNFLは管理体制の強化のために抜本的な組織改革に取り組み、現行のBNFLの組織では、施設の運転管理責任が複数のライン・業務管理者間にまたがっているのを一本化し、責任の所在を明確にすることを示した。この目的の下に、燃料製造・原子炉サービス、マグノックス発電事業、使用済燃料管理事業、廃止措置事業の4つの業務グループの責任者が任命されることになった。

2000年7月になって、BNFLは関西電力へ納入したMOX燃料の引き取りと補償金の支払で関西電力と合意し、BNFLとの取引禁止が解かれた。このことは、SMP運開にとっては肯定的な要素となる。

(注13) “Rebuilding Trust, BNFL’s response to NII’s recommendations included in the report on data falsification in MDF”, BNFL, April 2000.
“Going forward safely, BNFL’s response to the HSE team inspection report on the control and supervision of operation at Sellafield”, BNFL, April 2000.

e. HSEの監査報告(中間報告)(2001年2月)

HSE/NIIの勧告を受けて以来BNFLは、業務責任者の訓練・配置転換・再教育といったHSEが求めた抜本的な組織改革を行うなど、MDFに対する全ての勧告の対応策を実施し、完了した。NIIの主席検査官によれば、すべての勧告はNII、BNFLの両方にとって非常に厳しいもので、BNFLが各々の勧告の対応策の立案・実施をし、HSEがそれを承認するという過程において、強制力があり透明性のある方法を適用した。2000年12月、HSEはこのBNFLの対応策の実施内容を承認したことをBNFLに伝えている。HSE/NII勧告とBNFLの実施した対策を〔第3.4表〕に一覧する。

〔第3.4表〕検査データ偽造に対するBNFLの対策

No.	HSEの勧告の要旨	BNFLの対策 ^(注) の要旨
1	抜き出し検査の自動化	・自動検査器の導入 ・試験運用
2	レーザー測定の簡素化	・検査ジグの改善 ・測定の監視システムの構築
3	検査データが保存されるコンピュータのセキュリティを強化する	・新しいソフトの導入 ・セキュリティ評価
4	データ偽造に関わった作業者の処分	・該当者の特定と懲戒処分 ・処分対象者の再訓練
5	データ偽造を黙認していた作業者の処分	・該当者の特定と職務の解任 ・該当者の再訓練
6	他のMDF従事者の再訓練	・再訓練計画の策定 ・MDFの運転再開に向けた訓練とその評価 ・不適格者の再々訓練
7	品質管理体制の改善	・品質管理者の再訓練 ・MOX燃料事業部の品質管理責任者の選任
8	チームリーダーの役割の見直し	・リーダーの責任の明確化とその理解
9	偽造を黙認していた監督者の処分	・該当者の特定と処分
10	他部署のチームリーダーの再訓練	・再訓練の実施
11	過去のプラント責任者の役割の確認	・過去の責任者の評価 ・改善点の摘出
12	MDFの管理体制の見直し	・現在の責任者へのインタビュー ・必要であれば責任者の交代等の処分
13	責任者育成のための教育	・現在の責任者の負荷を評価 ・全ての責任者にその責任を理解させる
14	MDFで発生したことがサイト全体に与える影響の把握	・サイト全体への影響の把握 ・HSEへの報告
15	経営幹部がMDFの事態を放置していた理由の把握と再発防止策の報告	・経営体制の改善とHSEへの報告 ・サイト全体の管理体制の再定義

【出典】“Rebuilding Trust, BNFL’s response to NII’s recommendations included in the report on data falsification in MDF”, BNFL, April 2000; “Progress on BNFL’s Response to Three Reports Issued by HSE on 18 February 2000”, HSE, February 2001.

H S E が最重要事項として据えた項目は、組織と管理に関する B N F L の対策であった。これは、勧告ナンバー15 の、なぜ B N F L の上層部の管理下でこのような事態が発生することになってしまったかということに対するもので、データ偽造の事態が発生することになった根本的な原因を特定するのに必要不可欠なものである。そこで N I I は、M D F の管理責任を負う上層部、また管理責任を負わないものの M D F の作業に関与した管理者に対して、この事件の根本的な原因は何か、それらを解決するために何をしてきたか、事態の再発を防ぐために何を提案したか、徹底的に追求した。

これに対し H S E は、B N F L が根本的な原因を特定し解決するために、かなりの努力を行ったと評価している。H S E の中間報告書によると事故の再発を防止するために B N F L が実施した対応は以下の通りである。

- ・ セラフィールド・サイトにおける組織改革
- ・ “作業の遵守と品質” に重点を置く
- ・ 燃料製造の知識のある優秀なスタッフを起用する
- ・ M D F をこれ以上 M O X 燃料の生産施設として使わない
- ・ 最高経営責任者による透明性の強化

最も注目すべきことは、B N F L が M D F を M O X 燃料の生産施設として使用せず、開発・支援目的のみに使用することを決定し、運転再開前に安全解析書を提出することが義務付けられたことである。

(3) M D F の運転再開 (2 0 0 2 年)

M O X 実証施設 (M D F) は、その用途を S M P の支援目的に限定することで運転再開が許可され、2 0 0 2 年 2 月末から運転が再開されている。B N F L の広報担当者によると、M D F で製造されたペレットは顧客向けの燃料に加工されることはなく、規格外の M O X 燃料ペレットを再利用するためのリサイクル試験の一環としてペレット製造が実施されているという。

欧州における放射性物質排出の環境影響を監視する欧州委員会（EC）も、MDFからの放射性廃棄物排出計画を承認した。ECによると、通常運転と事故時に関する同計画によって、他の欧州連合（EU）加盟国（今回のケースでは、セラフィールドから180km離れたアイルランド）の人々の健康や、水・土壌・空気といった環境が放射能で汚染される恐れはない。MDFからの放射性廃棄物排出は、セラフィールド・サイト全体の放射性廃棄物排出計画の一部であり、現在の放出レベルが大幅に変化することはないという。

MDFのプロセスは乾式プロセスなので廃液は発生しない。B33排出管からの廃液排出量は極めて少量であるので、連続的なモニタリングは行われていない。B33からの廃液放出システムには1ヵ所のサンプルポイントが設けられ、全放射能と全放射能を測定するために定期的にサンプルを採取・モニターしている。魚や貝を摂取する危険集団のメンバーの被曝量は0.2 μ Sv/年以下と評価されている。そして、MDFからの廃液放出によるアイルランドの危険集団のメンバーの被曝量は0.003 μ Sv/年以下の微々たる量と見積もられている。

1.4 ベルギー

1.4.1 プルトニウム利用政策

1970年代初めから1980年代後半にかけて、政府（キリスト教社会党政権当時）は産業界に対して、バックエンドの方策として再処理 - リサイクル・オプションを採用するよう要請し、シナトム社は、仏核燃料公社（COGEMA）といくつかの再処理契約を締結した。しかし、政府が1988年12月に、同国8番目の原子力発電所として建設を予定されていたドール5号機の開発計画を放棄して以来、新規原子力発電所の建設予定はなく、もし原子力発電が最終的に拡張されないということになれば、原子炉の供用期間の後期に排出された使用済燃料から回収されたプルトニウムはリサイクルできないことになる。原子力発電開発をめぐるこの政治的不確実性が、MOX燃料利用に関するベルギーの将来の情勢を左右する主要因となっている。

その後、1990年に政府は議会からの要請の下、使用済燃料管理政策を多角的に再検討することが開始された。1993年に政府は、現行の再処理 - リサイクル・オプションが非リサイクル・オプションよりも経済的であることを再確認し^(注1)、これを議会へ報告した。そして、議会での討議の結果、以下の事項が決定された。

- 1978年の再処理契約から生じるプルトニウムはMOX燃料としてリサイクルする
- 2000年以降の新たな再処理契約は保留する
- 1998年頃に再び議会でバックエンド政策を再検討する
- 直接処分オプションの可能性についても検討し、5年以内に再処理と同程度の知識を蓄える

以上の議会での決定を受け、シナトム社の現在のバックエンドに対する戦略は、再処理にも直接処分にも固執しない中立的なものとなっている。以下にシナトム社の戦略をまとめる。

^(注1) 非プルトニウム・リサイクルでは20億～50億ベルギー・フランの追加コストが必要になる。

発電所サイトでの使用済燃料貯蔵（乾式およびプール）容量を確保する

1978年の再処理契約を履行する

2基の原子炉でMOX燃料をリサイクルし、プルトニウムの余剰を避ける

2000年以降のオプションについてはオープンにしておく

- ・再処理業者との交渉を維持する
- ・直接処分オプションを評価

シナトム社は、議会および政府の指示に従い、2つのバックエンド・オプションの広範なレビューを行った。

シナトム社は、エンジニアリング会社のトラクトベル社とベルゴニュークリア社に対し、使用済燃料コンテナの開発、適切な封入プロセスのフェジビリティ・スタディの実施、使用済燃料処理プラントの基本設計研究を委託した。一方、直接処分という代替案が検討されることになったため、再処理が延期され、廃止となる可能性も出てきた。これによって、ドールとチアンジュの使用済燃料中間貯蔵容量が拡張されることとなった。

直接処分オプションの実現可能性と設計に関する研究は1994年半ばに開始され、予定通り1997年末までに終了した。直接処分関連の分析及び試験結果等は、数人の海外の専門家（ドイツの原子力サービス社〔GNS〕、スウェーデンの核燃料・廃棄物管理機関〔SKB〕及び英国のEWE社）に提出され、専門家からは、包括的かつ詳細な予備設計における問題の体系的かつ具体的なアプローチについて、肯定的な助言が得られた。

ベルギーにおけるMOX燃料及び回収ウラン濃縮（ERU）燃料の装荷は2002年まで継続される見込みであり、その時までには、回収可能な全ての放射性物質はリサイクルされている。その後のMOX燃料とERU燃料の装荷についてはまだ検討中であるが、その決定は、技術的な要因というよりも、規制環境、政治的なアクセプタンス、経済性、世界におけるバックエンドの方向性に依存するところが大きいと考えられる。

(1) フェルホフスタット政権の脱原子力政策 (1 9 9 9 年 ~)

原子力開発が積極的に進められてきたベルギーで 1 9 9 9 年 7 月、原子力発電からの撤退を掲げるフェルホフスタット政権 (自由主義系、社会主義系、環境保護系の 6 政党の連立) が発足した。新政府の脱原子力政策は、新規原子力発電所の建設と再処理を凍結し、さらに既存の原子力発電所を運開後 40 年で廃止するというものである。新政権は脱原子力政策の一環として再処理と MOX リサイクルの凍結を公約していることから、ベルギーにおける MOX リサイクルの先行きは不透明さを増している。

前政権が設置した “ 発電方法の分析とエネルギー再評価に関する委員会 ” (通称アンペール委員会) は 2 0 0 0 年 1 2 月に、化石燃料の価格不安定性と地球温暖化防止の観点から原子力オプションを維持し、資源節約と放射性物質の削減効果を有する再処理およびプルトニウム・リサイクルの中止決定を再検討すべきであるとの報告書を政府に提出した。アンペール委員会の報告書は政府任命の国際ピアレビュー・グループやドイツのヴッパータール気候・環境・エネルギー研究所の評価に委ねられ、これらの評価報告書は 2 0 0 1 年 4 月に発表された。ベルギー政府はアンペール委員会の報告書やその評価結果を検討したうえで、今後の原子力政策について最終的な結論を出す方針であったが、2 0 0 1 年 1 0 月 9 日、オリヴィエ・ドゥールズ・エネルギー大臣は原子力発電所からの撤退を確認する旨のプレスリリースを発表し、当初の政府内の合意通り、原子炉を運開後 40 年で閉鎖することを明示した。

ベルギーは、2 0 0 1 年以降の仏核燃料公社 (COGEMA) との再処理契約を全てキャンセルしたが、これまでの再処理で発生した高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) を引き取り、デッセルにあるベルゴプロセス社の中間貯蔵施設で約 50 年間貯蔵する予定である。原子力からの撤退を掲げるフェルホフスタット政権は、放射性廃棄物を既存の原子力施設サイトで管理する方針を確認しているだけで、具体的なバックエンド計画を打ち出していない。しかし、ベルギーが脱原子力政策を進めていくうえで、バックエンド問題の解決は不可欠である。

(2) 脱原子力法案の国会審議 (2 0 0 2 年)

当初の予定よりも遅れたが、ベルギー政府は2002年3月1日、脱原子力法案を閣議採択した。同法案の骨子は、全ての原子炉を商業運転の開始から40年を経た時点で閉鎖し、新規原子炉の建設を放棄するというものである。従って、ベルギーは2015年から2025年にかけて原子力発電から段階的に撤退することになる。

原子力発電から撤退した場合、温室効果ガスの排出量をいかに削減するかというグローバルな問題への対処が最大の焦点となる。京都議定書がベルギーに課した温室効果ガスの削減目標は、2008～2012年の5年間の平均で1990年と比較して7.5%削減するというものであるが、この目標は原子力発電を行っている国であることを考慮して設定されたものである。しかし、この第1期“誓約期間”の後、すなわち2015～2025年にかけてベルギーは原子力発電から撤退するので、第2期以降の“誓約期間”については、削減目標の緩和を交渉できるとの見解をベルギー政府は示している。

次に、電力の安定供給をいかに維持するかという問題であるが、同法案は、“不可抗力”により電力の安定供給が危機に瀕する場合には、原子力発電所の閉鎖を遅らすことができると規定している。また、ベルギー政府は、原子力発電からの撤退に伴う電力の不足分を新規電源によって補填する方針を再確認している。

最後に、原子力発電技術の継承の問題であるが、同法案では、商業用以外の原子炉の運転停止は規定されていない。つまり、原子力技術(核燃料サイクルを含む)に関する研究・開発や人材の育成は継続されることを意味する。このことは、ベルギーにおける脱原子力政策が必ずしも恒久的なものではなく、情勢の変化に応じて原子力発電が復活する可能性を残していることを示唆するものである。

同法案は閣議採択を経て、政府の法律諮問機関の役割を担うベルギー国務院(コンセーユ・デタ)へ提出された。国務院は同法案に法的な疑義はないと答申し、同法案は2002年6月28

日にいったん閣議に戻され、議会で提出された。ベルギー下院経済委員会は9月24日から専門家からの意見聴聞を開始し、2002年11月19日に同法案を採択した。ベルギー下院本会議も2002年12月5日夜、同法案を可決した。同法案はそれから上院に回され、2003年1月16日に賛成34票、反対16票、棄権2票で可決された。

(3) 環境保護政党を欠いた新連立政権が発足---2003年5月の総選挙の結果

2003年5月18日に実施されたベルギーの総選挙の結果は、環境保護政党の Ecolo と Agalev の退潮が著しく、それまでの自由主義系・社会主義系・環境保護系の6党連立が崩れた。アルベール国王は7月12日にフェルホフスタット首相(フランドル系自由民主党、VLD)を再任し、新連立内閣の閣僚を承認した。新内閣はVLDを領袖とするワロン系の5党連立となり、Ecolo と Agalev は組閣人事から洩れた。新内閣の原子力に係る主要閣僚は以下の通りである。

首相：ギー・フェルホフスタット

副首相兼内務大臣：パトリック・デヴァール(原子力許可発給権限を有する)

経済・エネルギー・貿易・科学政策大臣：フィエンティエ・モールマン

環境・消費保護・持続可能な開発大臣：フレイア・ファン・デンボッシュェ

新連立政権を構成する政党は公式には脱原子力法への支持を表明しているが、自由主義政党と社会主義政党の間には温度差がある。また、この立場表明は総選挙に先立ってなされたものであり、前政権の連立与党として同法を成立させた手前、安易に原子力推進に転じることは難しく、政治的なフェイクであるとも考えられる。従って、新内閣から環境保護政党が脱落したことによって、前政権下で強行された脱原子力政策が軌道修正される可能性があり、早くも“脱原子力法の廃棄”を期待する声が上がっている。

現時点で新政権の原子力発電へのコミットを具体的に論じることは時期尚早であるが、少なくとも、総選挙で環境保護政党が大敗したことを受けて自由主義系の議員から脱原子力法の廃止を求める動議が出されたことは事実である。ただ、これをもって「政策転換」と断じるのは、やは

り早計であろう。というのも、自由主義政党と社会主義政党の間で2003年7月中旬に取り交わされた連立趣意書には、環境問題が優先課題の筆頭に掲げられているものの、原子力発電やエネルギー問題に関する記述はないからである。この問題については双方の見解が一致しておらず、原子力政策を公然と推進することが困難になっているとも伝えられている。

しかし、新政権が脱原子力法にまったく手をつけなかったとしても、ベルギーの原子力産業は実は大して困らない。原子力発電からの撤退が開始されるのは2015年以降なので、原子力産業としては、脱原子力法の廃止よりも現行法の枠内で出力増大のような具体的な措置がスムーズに行われる方が望ましい。つまり、新政権が2007年までの任期中に敢えて脱原子力法の廃止に踏み切る必然性はなく、仮に前政権の脱原子力政策を踏襲したとしても現実の原子力産業に深刻な影響はないのである。

(4) ベルギー連邦計画局のエネルギー長期見通し(2004年4月)

ベルギー連邦計画局は2004年4月に、2030年までの『エネルギー長期見通し』を発表し、その中で「原子力発電から撤退すれば、京都議定書に規定された温室効果ガス削減目標の遵守が困難になる」との見解を示している。

ベルギーにおける現在の標準シナリオ(脱原子力シナリオ)では、2020年から2030年にかけて天然ガスの輸入量が著しく増加し、発電に伴う二酸化炭素(CO₂)排出量も少なからず増大する。将来、仮に脱原子力法の第9条を根拠に原子力発電路線への回帰が検討されるとすれば、経済性、環境保護および電力の安定供給の観点から幾つかのオプションが考えられる。まず、既存の原子炉の寿命を60年に延長するというオプションがあり、これは経済性の観点から最も優れていると考えられる。また、このオプションを採用することによってCO₂排出量を抑制することができる。第2のオプションは、寿命を延長しつつ、60年間の運転に耐えない炉については第三代炉でリプレースするという折衷型である。この方法は、電力の安定供給と京都議定書の遵守とを両立させるものである。第3のオプションは、第三代炉を経ずに第四代炉でリプレースする方法であるが、第四代炉の商業化は2025~2040年以降と予想されてい

ることから、2030年までを対象とするベルギーの長期見通しでは考慮されていない。

ベルギーが原子力路線に復帰する場合、既存の原子炉の供用期間を60年に延長し、2030年まで原子炉を増設しない「寿命延長シナリオ」と、既存の原子炉の供用期間を60年に延長するが、2020年以降に新規の原子炉の建設に投資する「寿命延長+新規投資シナリオ」が想定される。前者の場合、原子力発電設備容量は2000年の時点と変わらない。後者については、国の電力需要の60%をもって原子力によってカバーできる上限とし、それを越えない範囲で原子炉を増設する。

しかし、原子力開発を再開するとなると、欧州電力市場の自由化に伴う資金調達の問題がある。実際、原子力開発には固有の財政上のリスクが伴うことから、民間の投資家が出資を渋る可能性がある。まず、原子炉の建設に伴う長期的かつヘビーな投資が市場に適合できない可能性がある。また、原子力開発について公衆の理解が得られなければ保険金額が増加し、原子力発電の競争力を圧迫する可能性がある。さらに、主に放射性廃棄物の処分と原子炉の廃止措置の資金調達に不確実性がある。これらのリスクを回避し、原子力開発を継続するためには、国の介入が不可欠であると考えられる。

原子力路線に復帰した場合、エネルギーの海外依存度はかなり低減される。脱原子力シナリオでは2020年の時点で海外依存度は総エネルギー需要の84%に達するが、原子力路線に復帰すれば2000年から2020年にかけて80%の水準を維持できる。また、脱原子力シナリオでは2030年の時点で海外依存度は96%となるが、原子力路線に復帰すれば、「寿命延長シナリオ」のケースが81%、「寿命延長+新規投資シナリオ」のケースでは72%と、依存度を大きく緩和できる。

原子力復帰シナリオでは、2020年までは天然ガス火力による発電量が主に縮減され、その分は原子力によって補填される。その結果、天然ガス火力の発電電力量は「寿命延長シナリオ」で約104億kWh縮減され、「寿命延長+新規投資シナリオ」では約147億kWh縮減される。逆に原子力発電電力量は、「寿命延長シナリオ」で約109億kWh、「寿命延長+新規投資シナ

リオ”で 150 億 kWh 増加される。2020 年以降は石炭火力が集中的に縮減される。その結果、2020 年から 2030 年にかけて、改良型石炭火力の発電電力量は寿命延長シナリオで約 212 億 kWh 縮減され、寿命延長 + 新規投資シナリオでは約 430 億 kWh 縮減される。逆に原子力発電電力量は、寿命延長シナリオで約 463 億 kWh 増加され、寿命延長 + 新規投資シナリオでは約 751 億 kWh 増加される。

また、原子力路線に復帰すれば、CO₂の排出量を脱原子力シナリオに比べて抑制することができる。特に削減効果が期待できるのは、寿命延長 + 新規投資シナリオである。原子炉の寿命を 60 年に延長するだけのケースでは、CO₂の排出量は増大し続ける。これに対して寿命延長 + 新規投資シナリオでは、CO₂排出量は 2010 年から 2020 年にかけて増大するが、その後、2030 年にかけて下方に転じる。特に電力セクターについては、2030 年の時点で 1990 年の排出量を大きく下回っている。これは、2020 年以降、特に石炭火力が大幅に縮減され、原子力によって補填されるためである。

ベルギー連邦計画局の『エネルギー長期見通し』には、脱原子力政策を真っ向から否定するような文言はない。ただ、「原子力発電から撤退すれば京都議定書の遵守が困難になる」「ベルギーは現行法の枠内で、いつでも原子力路線に復帰できる」という事実を淡々と示しているだけである。すべては将来の情勢判断に委ねられる。そして、連邦計画局も指摘する通り、自由化された電力市場で原子力開発を継続するためには政府のサポートが重要になる。連邦計画局の原子力路線復帰シナリオは、将来の政策決定に向けた伏線である。

(5) 電気・ガス規制委員会の天然ガス需給計画 (2004 年 11 月)

ベルギーの電気・ガス規制委員会 (CREG) は 10 年間の需給計画を 3 年ごとに改訂しているが、11 月 10 日に新たな天然ガス需給計画を発表し、脱原子力政策が同国のエネルギー安全保障を危うくするとの見通しを示した。CREG のピニオン委員長は、「脱原子力法に則って原子力発電から撤退した場合、ベルギーのエネルギー需要の 50% 以上を天然ガスで賄うことになり、そのうちの 80% 以上を欧州連合 (EU) 域外の国 (特にロシア) から輸入することになる。脱原

子力政策を貫徹した場合、政情が不安定な地域への依存度が高まる」と警告した。

ピニオン委員長はまた、発電時にCO₂を排出しない原子力発電のほうが天然ガス火力発電よりも環境への負荷が少ないとし、天然ガスの消費量が増大すれば、CO₂排出量は1990年比11%増と指摘している。また、仮に他の全ての国がベルギーと同様の選択をすれば、天然ガスの価格の高騰につながる。さらに、天然ガスの確認可採埋蔵量は約60年分と予測されていることから、同委員長は、天然ガスの用途を化学産業やコージェネレーションに限定するべきであると提案している。しかし、CREGは脱原子力政策について自らの立場を表明することは避けており、委員長は「意思決定者に明確な判断材料を提供できるように、純然たる試算に徹した」と客観性を強調している。

なお、CREGは1999年4月29日の法律で設立された規制機関であり、電力・ガス市場の規制のほか、関連分野について公的機関への勧告も行っている。

(6) 与党内で脱原子力法改正の動き(2004年)

ベルギーの連邦経済・エネルギー大臣に就任したマルク・フェルヴィルゲン氏(与党・フランドル系自由民主党:VLD)は2004年8月31日のル・ソワール紙のインタビューで、前左派連立政権下で制定された脱原子力法を見直す可能性を示唆した。フェルヴィルゲン大臣の意向はまだ現政権内でコンセンサスを得てはいないが、法改正論議は確実に高まりつつある。ただ、大臣は法改正を急いでおらず、まず2015年のベルギーのエネルギー需要を予測した上で、原子力発電なしでは立ち行かないことが判明すれば法律問題に着手する方針であるという。

前政権下で連立を組んでいた環境保護政党の圧力によって2002年12月9日に可決された脱原子力法では、チアンジュ発電所とドール発電所の合計7基の原子炉を商業運転の開始から40年を経た時点で閉鎖することが規定されている。したがって、これらの原子炉は2015年から2025年にかけて順次閉鎖される。

エネルギー大臣の発言を受けて、VLDのピエール・ラノ議員は近々、脱原子力法の妥当性の再検討を提言する意向である。現行法では“不可抗力の場合には”原子炉の閉鎖を先送りできることが示唆されているが、ラノ議員はこの“不可抗力の場合”という曖昧な表現を“必要に応じて”に書き換えることを提案している。同議員は文言を修正する意図を、「“不可抗力”といった場合、それが誰にとって不可抗力であるのか不明瞭である。“必要に応じて”に変更することによって、京都議定書の遵守が困難になった場合やエネルギーの安定供給が危ぶまれる場合に例外規定を適用することが容易になる」と説明している。

VLDは国のエネルギー安全保障を危うくする脱原子力法を無力化する機会を当初から伺っていたが、環境保護政党が連立政権の一翼を担っていたことから妥協を余儀なくされてきた。その後、環境保護政党が政権から脱落したことから法改正への道は開けたものの、VLDの連立パートナーである新社会党(S.P.a)が依然として同法を支持しており、VLDとS.P.aのスタンスは一致していない。エネルギー大臣の法改正論に対して、S.P.aのブルーノ・トバック環境大臣は「脱原子力政策は政府内で合意を得ており、尊重すべきである」と反論している。ただ、仮に法改正を行わなかったとしても原子力発電からの撤退が開始されるのは2015年以降なので、当面、重大な問題は発生しない。S.P.aとしては、2007年までの任期中に敢えて法律問題に手を着けたくないとの思惑が働いているのかもしれない。

1.4.2 プルトニウム・リサイクルの現状

ベルギーのエレクトラベル社は2003年末現在、7基のPWR（約600万kW）を運転しており、国内の電力供給の約55%は原子力発電で賄われている。7基の中の3基（ドール1・2号機とチアンジュ1号機、合計205.6万kW）の運転当初から1990年までに排出された使用済燃料は再処理されており、回収されたプルトニウムの一部は高速増殖炉プログラムで利用された。

現行のシナム社とCOGEMAとの間の再処理契約の下、1990～2000年の間に約4.7トンのプルトニウムが回収される予定である。MOX燃料装荷許可を取得しているチアンジュ2号機（100万kW）とドール3号機（105.6万kW）は、1995年3月にチアンジュ2号機に8体のMOX燃料集合体が初めて装荷され、同年5月にはドール3号機へも8体のMOX燃料が初めて装荷された。2000年にチアンジュ2号機に装荷された8体のMOX集合体は、2002年11月現在、36,800 MWd/tの燃焼度に達し、そのまま次の運転サイクル（15カ月間）に入った。このサイクルが同炉での最後のMOX燃焼運転となる。ドール3号機は、2002年5月に8体のMOX新燃料を装荷して運転サイクル（12カ月間）に入った。

2003年にも3号機に8体のMOX新燃料集合体が装荷された。同炉の炉心には合計24体のMOX燃料集合体が装荷されており、それらの燃焼状態は以下の通りである。

- ・ 1サイクルを経たMOX集合体---8体（燃焼度：16,250 MWd/t）
- ・ 2サイクルを経たMOX集合体---8体（燃焼度：33,700 MWd/t）
- ・ 3サイクルを経たMOX集合体---8体（燃焼度：43,000 MWd/t）

2003年にベルゴニュークリア（BN）社はベルギーの電力会社向けの最後の24体のMOX燃料集合体を供給した。これらのMOX燃料はドール3号機に2004～2006年に各8体装荷される計画であり、これがベルギーでの最後のMOX装荷となる。

チアンジュ2号機とドール3号機における1995～2003年のMOX燃料の装荷実績を〔第4.1表〕に示す。

〔第4.1表〕チアンジュ2号機とドール3号機のMOX燃料装荷実績

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
チアンジュ2号機 運転サイクル：15カ月 炉心管理：1/3炉心交換 炉心集合体数：合計157体	8	12	12	8	0	8	0	0	0
ドール3号機 運転サイクル：12カ月 炉心管理：1/4炉心交換 炉心集合体数：合計157体	8	8	8	8	8	8	8	8	8

(注)・新燃料の装荷実績であり、再装荷された燃料は含まれていない。
 ・チアンジュ2号機へのMOX装荷は2000年で終了。ドール3号機へのMOX装荷は2004年に8体、2005年に8体、2006年に8体が計画されている。2006年でドール3号機もMOX装荷を完了し、4年後の2010年には炉内の最後のMOX燃料が取り出される予定。

MOX燃料リサイクルの具体的なプログラム方針は、回収プルトニウム在庫量と国内のMOX燃料加工設備容量に鑑みて、以下のような検討に基づいて立てられている。

チアンジュ2号機とドール3号機は共に、フラマトム社製90万kW PWRであり、現在プルトニウム・リサイクルが実施されているフランスのPWRと同じ設計である。

炉心への影響を少なくするために、MOX燃料集合体の炉心装荷率を24%と低く抑える。そのために、MOX燃料のリサイクルは2基の原子炉で行う。

2基の原子炉の運転計画(UO₂燃料の濃縮度、サイクル・レングス等)が違っていても、MOX燃料集合体の設計は一種類とし、どちらの原子炉でも受け入れ可能なものとする。

MOX燃料集合体の燃焼度は、UO₂燃料と同一の45,000MWd/tとする。この燃焼度は、フランスやドイツで現在実施されているMOX燃料燃焼度よりも高い。

被曝低減や核物質防護の観点から、搬入されたMOX燃料集合体は、(乾式の貯蔵区域ではなく)プールへ直接、貯蔵する。

高燃焼度化の方針に基づき、MOX燃料集合体のプルトニウム富化度は、濃縮度3.8%のUO₂燃料と同じサイクル・レングスと反応度の下、等価なエネルギーが得られるように設定された。その結果、全プルトニウム富化度は6.7%・Pu tot.、核分裂性プルトニウム富化度は約5%・Pu fiss.とされた。ベルギーは、MOX燃料リサイクルを商業的に行うに際し、過去のBR3で実施

された高燃焼度（65,000MWd/t）の経験をもとに、当初から高燃焼度戦略を採用した。MOX燃料棒と集合体は、フラジェマ社 / F B F C社 / ベルゴニュークリア社の連携の下に供給されている。

燃料集合体は、異なったプルトニウム富化度毎に3つの領域に分けられた。また、MOX燃料集合体とUO₂燃料集合体の境界部分における出力ピークを制御するために、MOX燃料集合体の周辺部の燃料棒のプルトニウム富化度は低く設定されている。

MOX燃料の炉心管理については、ドール3号機ではサイクル・レングスはフランスと同様、12カ月であるが、チアンジュ2号機のサイクル・レングスは約15カ月で、1サイクル当たりの燃焼度が高くなっている。

両機の炉心には、17×17型（長さ12フィート）の同一の集合体が157体装荷されるが、炉心管理方法は以下のように異なっている。

ドール3号機

- ・サイクルレングス = 12 カ月
- ・1/4 炉心燃料交換
- ・低中性子漏洩交換パターン

チアンジュ2号機

- ・サイクルレングス = 15 カ月
- ・1/3 炉心燃料交換
- ・低中性子漏洩交換パターン
- ・UO₂新燃料集合体は中性子毒（Gd₂O₃）を用いて出力分布を平均化し、負の減速材温度係数を確保するが、MOX燃料集合体については、中性子毒の必要のない炉心配置となっているので中性子毒は用いられない。

炉心におけるMOX燃料集合体の配置は、以下の原則に基づいて決められる。

停止裕度の低下を避けるために、制御棒に近いところにMOX燃料集合体は配置しない。

MOX燃料の出力を測定するために、各サイクルにおいては、少なくとも1体のMOX燃料集合体を計測可能な位置に置く。

出力分布異常を是正するための十分な裕度を保つために、第1サイクルのMOX燃料集合体は、余りホットな位置に置かない。

1.4.3 MOX燃料加工の現状

1973年からMOX燃料加工を開始したベルゴニュークリア（BN）社のデッセルプラントは1986年からMIMASプロセスを導入し、2002年12月31日現在までに528トンのMIMAS・MOX燃料（このうち、PWR集合体は958体、BWR集合体は552体）を生産した。消費されたプルトニウムは29トンに上る。2001年のMOX生産量は36.1トン、2002年の生産量は36.8トン（PWR用MOX：42体、BWR用MOX：216体）であった。2003年も同レベルの生産が見込まれている。しかし、欧州におけるMOX加工需要は急速に減少しており、ベルギーの電力会社に対するBN社のMOX加工は2002年末から2003年初めには終了するという。

デッセルプラントの現在の公称能力は35トン/年だが、許認可上は40トン/年を取得しており、許認可限度一杯までの生産が行われている。各年毎の生産量は、キャンペーン数（燃料型式と仕様によってキャンペーンを変える）、パラメータ数（例えば、プルトニウム富化度で、一般的にはPWRの場合には3種類であるが、最大6種類の場合もある）、技術的要因（顧客の特別な要件）といった要因に依存している。1986年以降、BN社は主に、フランス、スイス、ドイツ、ベルギーおよび日本に対して以下のようにサービスを提供してきた。

フランス（EDF向け17×17型PWR燃料）

ドイツ（16×16型PWR用〔ブロックドルフ、ウンターベーザー、グラーフラインフェルト、フィリップスブルク〕、9×9型BWR用〔グンドレミンゲン〕）

スイス（14×14型PWR用〔ベツナウ1〕、15×15型PWR用〔ゲスゲン〕）

ベルギー（17×17型PWR用〔ドール3、チアンジュ2〕）

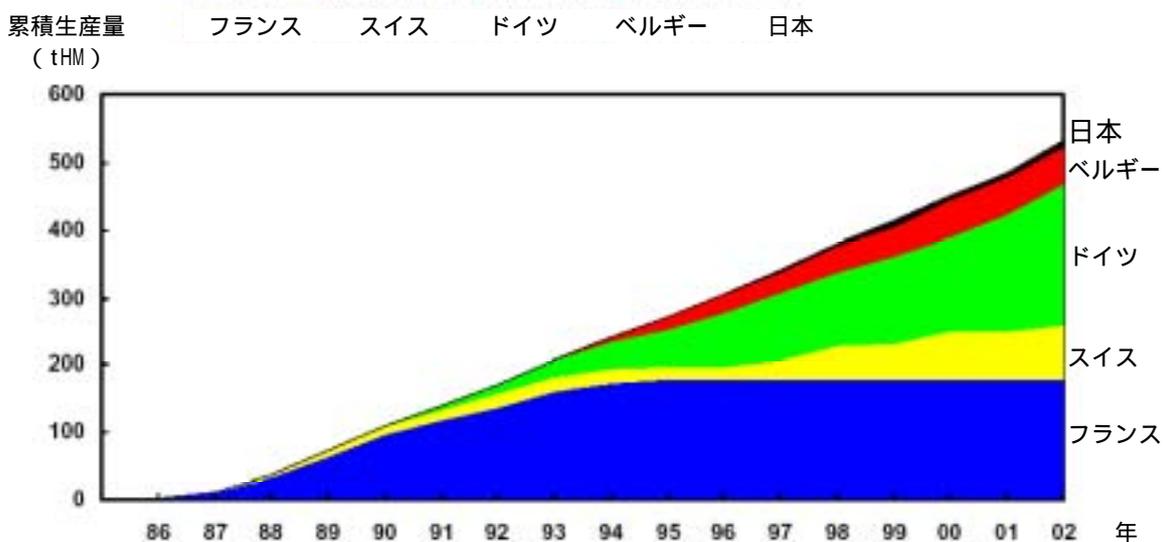
日本（東京電力向け8×8型BWR燃料〔福島第一3号機、柏崎刈羽3号機〕）

〔第4.2表〕と〔第4.1～4.3図〕にMOX加工実績、〔第4.3表〕に納入先一覧を示す。

〔第4.2表〕MIMASプロセスによる炉型毎のMOX燃料加工実績(2001年7月現在)

炉型	集合体型式	燃料棒数	集合体数	tHM
PWR	15×15/SS304 clad	3,216	16	4.7
PWR	17×17/3 cycles Zr4	100,320	380	176.0
PWR	17×17/4 cycles/Zr4	31,680	120	54.7
PWR	14×14Zr4 or Zr4 Duplex	17,184	96	31.6
PWR	15×15/Zr4 Duplex	17,952	88	37.6
PWR	16×16/Zr4 or Zr4 Duplex	42,688	184	97.8
PWR	18×18 Zr4 Duplex	9,472	32	17.0
合計		222,512	916	419.4
BWR	8×8	2,752	60	7.5
BWR	9×9	8,419	124	18.5
BWR	10×10	12,312	152	23.5
合計		23,483	336	49.5
総計		245,995	1,252	468.9

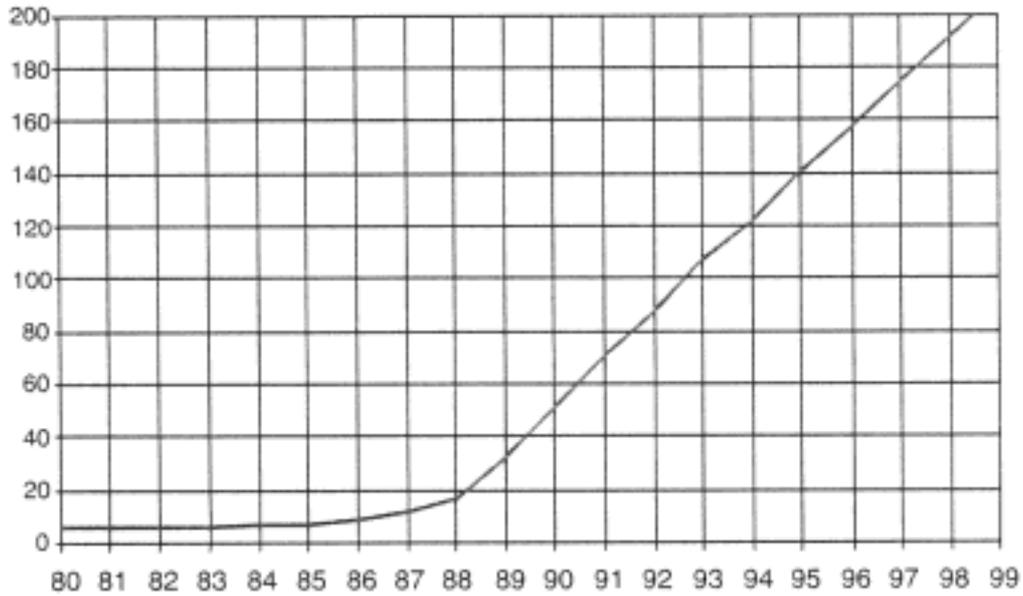
〔第4.1図〕ベルゴニュークリア社の供給国毎のMIMASプロセスによるMOX燃料の累積加工実績(1986～2002年)



【出典】ベルゴニュークリア社、2003.

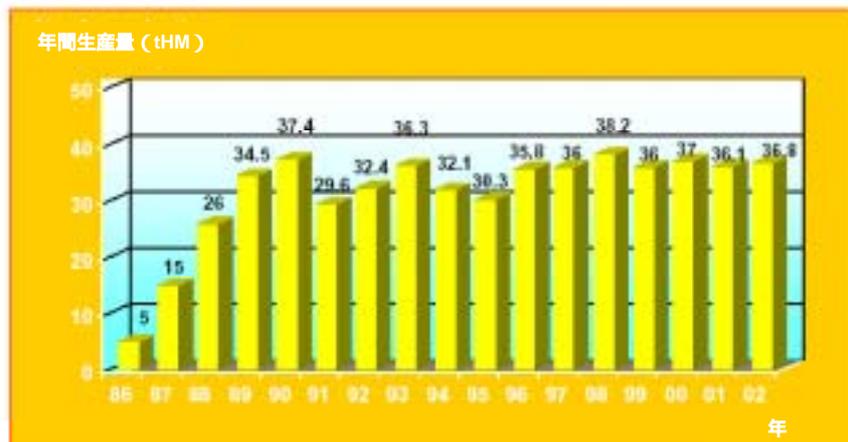
〔第4.2図〕ベルゴニュークリア社のデッセルMOX燃料加工プラントにおける加工実績
 (1998年中頃現在)

MOX燃料棒 (×1,000本)



燃料棒数 :	200,270 本	194,922 本 (MIMAS プロセス)
tHM :	375	366 (MIMAS プロセス)
集合体数 :	1,160 体	979 体 (MIMAS プロセス)

〔第4.3図〕ベルゴニュークリア社のMOX燃料の年間加工実績 (1986~2002年)



【出典】ベルゴニュークリア社、2003.

〔第4.3表〕ベルゴニュークリア社製MOX燃料の納入先一覧
(1987～2002年)

納入年	納入先	国	年間納入回数
1987	EDF	フランス	1
	CNA SENA 社	フランス	2
1988	EDF	フランス	2
	ベツナウ 1	スイス	1
1989	EDF	フランス	4
	ベツナウ 1	スイス	1
1990	EDF	フランス	4
	ベツナウ 1	スイス	1
1991	EDF	フランス	4
1992	EDF	フランス	2
	ベツナウ 1	スイス	2
	ウンターベーザー	ドイツ	1
1993	EDF	フランス	2
	グラーフラインフェルト	ドイツ	1
	フィリップスブルク	ドイツ	1
1994	EDF	フランス	5
	ブロックドルフ	ドイツ	1
	エレクトラベル社	ベルギー	2
1995	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	グンドレミンゲン C	ドイツ	1
	エレクトラベル社	ベルギー	2
1996	ブロックドルフ	ドイツ	1
	フィリップスブルク	ドイツ	1
	エレクトラベル社	ベルギー	1
1997	ゲスゲン	スイス	1
	エレクトラベル社	ベルギー	1
	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	グンドレミンゲン C	ドイツ	1
1998	東京電力	日本	1
	ブロックドルフ	ドイツ	1
	エレクトラベル社	ベルギー	2
	ゲスゲン	スイス	1
	ベツナウ 1+2	スイス	2
1999	東京電力	日本	1
	ブロックドルフ	ドイツ	1
	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	グンドレミンゲン C	ドイツ	1
	ウンターベーザー	ドイツ	1
2000	エレクトラベル社	ベルギー	1
	ゲスゲン	スイス	1
	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	ゲスゲン	スイス	1
	エレクトラベル社	ベルギー	1
2001	イーザル 2	ドイツ	2
	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	グンドレミンゲン C	ドイツ	1
2002	ウンターベーザー	ドイツ	1
	ゲスゲン	スイス	1
	グンドレミンゲン B	ドイツ	1
	グンドレミンゲン C	ドイツ	1
合計			73回

(注記) 22 基の原子炉に B N 社製 MOX 燃料が装荷された。

【出典】B N 社資料, 2003.02.

2000年末現在、BN社のデッセル・プラントで加工可能なMOX燃料の仕様は以下の通りである

〔第4.4表〕MIMASプロセスによるMOX燃料加工（試験済）の仕様

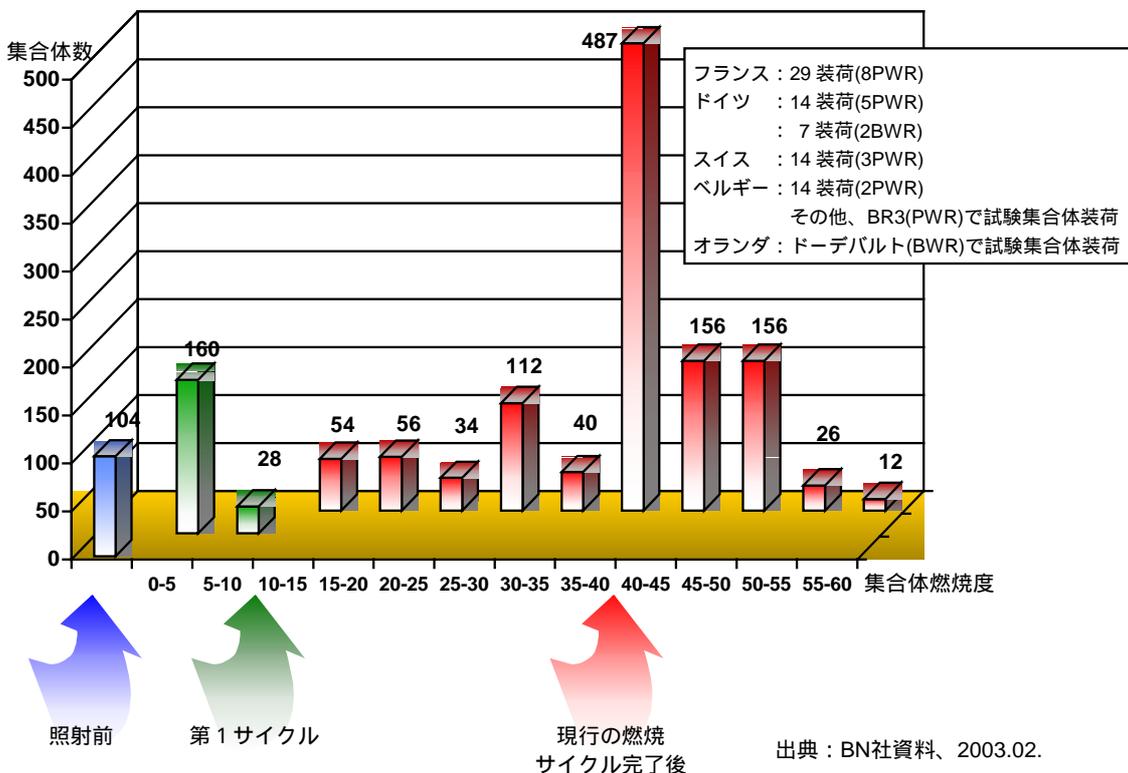
項 目	仕 様
MOX燃料設計（認定企業）	BN社、フラジェマ社、シーメンス社、東芝/日立/JNF社
MOX燃料加工キャンペーン規模	4～29tHM/キャンペーン
キャンペーン毎のPu富化度の種類	3～6種類/キャンペーン
ペレット中のPu total 富化度	最大8.8%（試験時には14.4%を実証）
スクラップのリサイクル	主混合で最大76%（プルトニウムの最大25%がスクラップとしてリサイクルされる）
Am含有量	最大20,000ppm（いくつかのロットでは最大25,000ppm）
主混合でのPu total 富化度	25～35%（45%のケースが1例有）
UO ₂ 原料	AUCまたはTU2による転換劣化ウランまたは天然ウラン
PuO ₂ 原料	COGEMA、BNFLから供給
被覆管材料	SS304、Zr4、Zr4duplex、Zr2、Zr2/Zr liner、Zr2/Fe doped liner

【出典】P. Deramaix(BN), BN Developed MIMAS Process: A Mature Process to Convert the Stockpiles of Separated Plutonium into MOX Fuel for Use in LWRs, ENS Top Fuel 2001, 2001.05.27-30.

2002年末までにBN社は、22基の原子炉へMIMAS・MOX燃料を供給した。MOX燃料の現在の燃焼度性能はUO₂燃料に匹敵し、48,000MWd/t以上の燃焼度のMOX燃料の排出が増加している。現在までに達成された最高燃焼度は、スイスのベツナウ1号機（6サイクル後）における集合体平均燃焼度：51,000MWd/t、ペレットのピーク燃焼度：60,000MWd/tであった。

〔第4.4図〕および〔第4.5表〕に、2002年12月末現在のMIMAS・MOX燃料の燃焼度実績、およびその各国毎の比較を示す。

〔第4.4図〕 MIMAS・MOX燃料の燃焼度実績（2002年12月現在）



〔第4.5表〕 MIMAS・MOX燃料集合体の各国軽水炉において商業的に達成された燃焼度実績（2002年12月現在）

サイクル数	集合体数					
6				1 (51 GWd/t)	24 (59 GWd/t)	
5		1 (53 GWd/t)		4 (49 GWd/t)	36 (50GWd/t)	
4		3 (44 GWd/t)	24 (48 GWd/t)	79 (48 GWd/t)	58 (57 GWd/t)	
3	8 (27.5 GWd/t)	376	44 (49 GWd/t)	85	16	
2	8		28	16	52	
1			8	16	28	
during 1 st cycle			8	20	140	
	フランス PWR SS clad	フランス PWR Zr4 clad	ベルギー PWR Zr4 clad	ドイツ PWR Zr4 clad	スイス PWR Zr4 clad	ドイツ BWR Zr2 clad

【出典】BN社資料、2003.02.

BN社では、2005年までに次のような条件が、MOX燃料加工に要求されるものと考えている。

BWR燃料(8×8、9×9)のシェアが増加し、生産の柔軟性が要求される。

東芝、日立等の燃料メーカーから様々な設計が要求される。

混合されるUO₂パウダーの種類が多くなる。

以下のような理由から、高プルトニウム富化度の傾向が強まる。

- 高燃焼度化(60,000MWd/tレベル)が要求される。

- 再処理で回収されるプルトニウム中の核分裂プルトニウムの割合が下がる傾向にある。

供給されるプルトニウムの放射能が高くなる傾向となる。従って、放射線とパウダーの発熱が高くなり、生産効率が下がる。

アメリカウムを最大20,000ppm含むプルトニウムを取り扱うようになる。

ICRP-60 勧告が適用される。

燃料性能向上のための研究開発が、特に核分裂ガス放出を焦点に当てて実施される。現在、MOXパウダーの結晶粒度を大きくする、燃料中のプルトニウムを均質にするという2つの方法について開発が行われている。

このような展開の中で新たに課せられる制限を満足するために、MOX燃料加工プラントを以下のように改善していかなければならないとBN社では考えている。

プルトニウム中の核分裂性プルトニウムの割合が減り、プルトニウム富化度が増し、更にパウダーの発熱量が多くなることから、パウダーの混合・移送システムの改造が必要となる。

偶数プルトニウム同位体(Pu-238、Pu-240、Pu-242)による中性子放出が大幅に増加するので、大規模な中性子しゃへい対策が必要となる。

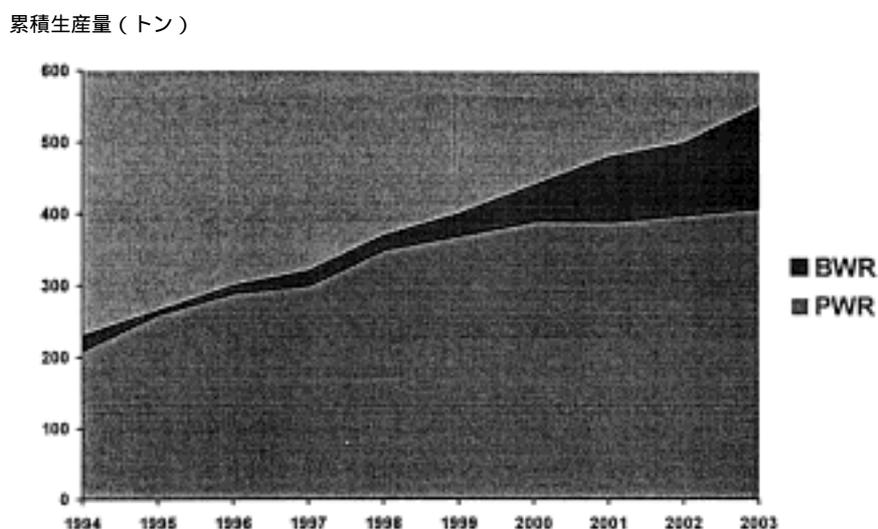
遠隔プロセス制御や各プロセス毎の機械化を行って従業員の被曝を低減する。

製品の多様化と品質向上の要求に応えるために、加工中の製品および最終製品の試験・分析(結晶粒度測定、同位体含有率の分析等)機器を継続的に開発・設置する。

2000年以前には、様々な分析において、今後、大型のMOX燃料加工プラントの運転が開始されたとしても、MOX燃料加工の需要は少なくとも今後数年間は高い状況が続くと見られ、BN社でも〔第4.5図〕に示すような堅調なMOX燃料生産の伸びを見込んでいたが、日本のMOXリサイクルの見通しが立たず、ドイツ、スイス、ベルギーと相次いで非再処理の政策を取り始めたため、需要は大きく下回っている。仏核燃料公社（COGEMA）は当初、MELOXプラントの拡張を195トン/年としようとしたが、BN社はこれに強く反発した。さらに、COGEMAは、BN社に予約していた2004～2006年のデッセル・プラント容量の予約（1995年）をキャンセルしようとしたが、需要の少ない市場からBN社が新規に顧客を求めることは困難であり、BN社は2002年6月にこの問題を国際通商裁判所に提訴した。この係争は最終的には2003年4月に、COGEMAがBN社との容量予約契約を遵守することで決着した。

BN社は4月10日に契約条件を譲歩することでCOGEMAと合意し、P0プラントの運転を継続できることになった。P0プラントで下請け加工される予定であったMOX燃料は日本の顧客向けのものであったが、日本のMOX市場は凍結されているので、COGEMAは、ドイツとスイスの顧客向けのMOX加工をBN社に委託する予定であるという。このCOGEMAとの下請け契約と少量の直接契約で、P0プラントは2005年末までは全能力（約35トン/年）で運転することができるが、2006年以降は商業的に成り立たず、閉鎖される見通しである。

〔第4.5図〕ベルゴニュークリア社の2003年までのMOX燃料生産見通し



【出典】ベルゴニュークリア社資料

1.5 スイス

1.5.1 プルトニウム利用政策

スイスにおいては、1990年9月の国民投票の結果に基づき、2000年9月まで新規原子力発電所の建設が凍結されていた。しかし、2003年6月に制定された新原子力法では、新規原子力発電所の建設を原則として可能とする一方で、再処理を10年間凍結することが定められた。プルトニウム利用に関する連邦政府の公式な政策声明は出ておらず、電力会社の戦略が同国の路線を決定している。当初から再処理路線を取ってきた国として、プルトニウム・リサイクルの経験が蓄積されているが、再処理/リサイクル路線が世界的に厳しい環境にある上、欧州連合（EU）に属さないスイスの場合には米国の事前承認という問題もある。

このような条件を背景に、スイスでは1993年後半ごろから、地層処分される高レベル廃棄物（HLW）の中に使用済燃料を含めることが処分コンセプトとしてうち立てられ、使用済燃料の貯蔵も可能な大型廃棄物貯蔵施設（ZWILAG施設）も2000年に運開された。しかし、たとえ直接処分オプションが追加されたとしても、合計5基の原子炉を運転している国内の電力会社4社はいずれも英仏との間でベースロードの再処理契約を締結しており、同契約の下に回遊されるプルトニウムはリサイクルする他ない。

しかしながら、連邦評議会（内閣）は1999年6月7日の閣議で、新原子力法の草案に使用済燃料の再処理の禁止を以下のように盛り込むことを決定した。

「使用済燃料の再処理を禁止する。ただし、原子力発電事業者は英仏の再処理事業者との既存の再処理契約を履行することが認められる」

再処理禁止を新原子力法に規定することに関する連邦評議会の決定についての電力会社の反応は以下のようにまとめられる。

- ・使用済燃料の再処理は、フランス核燃料公社（COGEMA）と英国原子燃料公社（BNFL）との既存の契約に従って実施される。契約は2003年までに終了する予定であり、この期限を越えて契約を更新する明確な意図はない。
- ・今のところウランの市場価格が非常に低いため、再処理のオプションは新しい燃料の購入よりも割高である。
- ・再処理されない使用済燃料は、建設が提案されている処分場に直接処分される。電力会社によって設立されたヴェレンリンゲン集中中間貯蔵施設（ZWILAG）は、2000年初めに運開される予定であり、スイスで発生する使用済燃料をはじめとする放射性廃棄物を40年間にわたって貯蔵する十分な容量を有する。この期間内に適切な処分コンセプトを策定し、最終処分場を建設することが望まれる。
- ・ただし、再処理のオプションは原則として維持するべきである。連邦評議会が再処理の禁止を新原子力法に規定しようとしていることは“政治的主張に基づく行為”であり、受け入れることはできない。

また、原子力の平和利用を推進し、原子力利用に関する決定の自由の保持を求めているスイス原子力産業会議（SVA）は、1999年6月7日付のプレスリリース^{（注1）}の中で、新原子力法の草案に関する連邦評議会の決定について以下のように批評した。

^{（注1）} Schweizerische Vereinigung fuer Atomenergie (SVA), “Fehlende Fuehrungsstaerke – Die SVA zu den atompolitischen Entscheiden des Bundesrates”, SVA-Communique, 1999.06.07.

使用済燃料の再処理という政治的な決定が不要な分野において、連邦評議会は再処理の禁止を提案することにより強いリーダーシップを示そうとしている。これに対して、中・低レベル放射性廃棄物の最終処分など政府の強い決断力が求められている分野では、リーダーとしての責任をほとんど果たしていない。

スイスが再処理のオプションを放棄することは、改正されたスイス連邦憲法で持続性の原則が明記されている事実からしてナンセンスである。政治的あるいは日和見主義的な決定に基づく再処理の制限（つまり、貴重なエネルギー資源であるウランとプルトニウムの回収の放棄）は使い捨て主義そのものであり、持続性の原則を無残に嘲るものである。また、再処理オプションの放棄は、スイスにおけるバックエンド技術の発達を妨げるだけで全く余計な行為であるといえる。

このように、使用済燃料の再処理禁止を新原子力法に盛り込む方針について、スイスの原子力産業界は基本的に反対の姿勢を示した。しかし、既存の再処理契約の履行が認められ、使用済燃料の貯蔵も可能なZWILAG施設が2000年に運開されたことから、新規再処理の禁止は差し迫った問題として捉えられていない。

2000年9月24日にベルン州で行われた州民投票で、同州に立地するミューレベルク原子力発電所（BWR、37.2万kW、1972年運開）の早期閉鎖のイニシアティブが圧倒的多数で否決された。同イニシアティブは、ミューレベルク発電所の2002年末までの閉鎖、さらに運転会社であるBKWエネルギー社に対して海外の原子力発電所からの電力輸入の停止を要求するもので、“原子力に依存しないベルン州協会”（BoA協会）によって1999年6月にベルン州当局に提出された。イニシアティブの提出のきっかけとなったのは、連邦評議会（内閣）が1998年10月にミューレベルク発電所の運転認可期限を2012年まで延長したことである。BKWエネルギー社は、ミューレベルク発電所の早期閉鎖が大多数の州民によって却下されたことを歓迎しており、原子力支持の意見が公衆に浸透している証拠であると強調した。

(1) 新原子力法案の起案と議会での審議 (2 0 0 0 年 1 0 月 ~ 2 0 0 3 年 3 月)

このような状況を踏まえて、連邦評議会は 2 0 0 0 年 1 0 月 2 日、現在審議中の新原子力法案において既存の原子力発電所の運転期限を設定せず、今後も原子力オプションを維持する方針を発表した。原子力反対派として知られている M・ロイエンベルガー連邦エネルギー相 (社会民主党) は、スイスにおける 5 基の原子力発電所の運転期間を 40 年に制限する規定を新原子力法案に盛り込むことを提案していたが、同法案に関する公衆からの意見聴取の結果、運転期間の法的な制限に反対する多数のコメントが寄せられた。

しかし、連邦評議会は新原子力法案にある再処理禁止の条項に関しては、既存の再処理契約の履行が可能であることや放射性廃棄物の輸送問題が解決されること、また長期的には再処理が経済的でないことを挙げ、再処理禁止の決定を撤回しなかった。

そして、2 0 0 1 年 2 月に連邦評議会は新原子力法案を連邦議会へ提出した。原子力発電事業者が 2 0 0 0 年 1 2 月 3 1 日以前に英仏の再処理事業者と締結した再処理契約の履行は認められるため、同法案に盛り込まれた再処理禁止の実際の影響はさほど大きくないとの見方もあるが、原子力産業界は連邦政府の決定に強く反対している。広域電力供給委員会の C・ムグリン委員長 (中央スイス発電会社) は、2 0 0 1 年 6 月 2 1 日に開催された “ エネルギーフォーラム・スイス ” の会議で、再処理によって回収されるウランやプルトニウムの有効利用を放棄することは連邦憲法に定められた持続性の原則に違反すると指摘し、新原子力法案における再処理禁止規定の削除をあらためて要求した。一方、新原子力法案を審議していた議会上院は 1 2 月 1 3 日、再処理の全面禁止を拒否し、禁止期間を 10 年間に限定するよう要求した。

国民議会 (下院 [200 議席]) での新原子力法案の審議は 2 0 0 2 年 6 月 2 0 日に行われ、ここでも連邦評議会の再処理全面禁止案は 76 対 63 で否決された。審議の中で、左派・環境保護政党の議員が再処理による大きな環境破壊の危険性を訴えたのに対し、保守・リベラル派議員は再処理 / リサイクルの有用性を強調するなど、再処理の是非を巡る議論は再び賛否両論に分かれた。全州議会が提案した再処理凍結案に関する審議は日を改め 2 0 0 2 年 9 月 2 3 日に行われたが、

同案も結局、77 対 76 の 1 票差で否決された。

こうして国民議会では、再処理の全面禁止と凍結の両案が否決された。これに対し、連邦環境・運輸・エネルギー・通信省（UVEK）の M・ロイエンベルガー大臣は、「再処理禁止規定を含まない新原子力法案は脱原子力イニシアティブへの対案に成り得ない」と強い懸念を示した。

2002 年 9 月 23 日の国民議会審議は、ヴェレンベルク中・低レベル放射性廃棄物処分場計画の実現に向けた探査坑の建設がニドヴァルデン州の州民投票で否決された翌日に行われたこともあり、新原子力法案に定められた処分場立地州の拒否権について集中的に議論するものとなった。連邦評議会が提案した新原子力法案には、放射性廃棄物処分場の概要承認（第 43 条）、探査坑の建設許可（第 48 条 4 項）、閉鎖（第 38 条 2b 項）の各段階について立地州の拒否権を保証する規定が盛り込まれているが、全州議会は 2001 年 12 月の審議で、すでに進行中のヴェレンベルク計画を除き、処分場開発に対する州の拒否権を認めるべきではないとの結論に達した。これに対して、9 月 23 日の国民議会審議では、「州民投票の 1 日後に中央集権的な制度に逃避することは、非民主的な印象を与える」というロイエンベルガー大臣の指摘もあり、処分場の概要承認や探査坑の建設許可に対する立地州の拒否権が僅差で可決される結果となった。

こうして、再処理の禁止や立地州の拒否権問題などを巡って連邦評議会および上下両院間の意見の相違が浮き彫りになった新原子力法案は、両院での差し戻し審議にかけられることになった。

最終的には 2003 年 3 月の再審議で、国民議会が全州議会に歩み寄る形で再処理凍結案（10 年間、また更に 10 年間の延長が可能）を可決、処分場計画に対する立地州の拒否権（連邦政府案）を否決した。国民議会は全州議会同様、処分場計画の概要承認手続きで立地州と隣接州・国の意見提出権を保証することを承認した。処分場の許認可発給にあたって、立地州の意向は“計画の実行を極度に制限する性質のものでない限り”考慮に入れられるという。また、国民議会が最後まで固執していた再生可能エネルギーの促進を目的とした原子力発電税の導入については、3 月 13 日の合意会議（上下両院のエネルギー委員会のメンバーで構成）で導入案を取り下げる方針が決まった。上下両院は 3 月 21 日に新原子力法案に関する最終採決を行い、法案をそれぞれ

れ 32 対 6 と 102 対 75 で可決した。

M・ロイエンベルガー連邦エネルギー相は新原子力法案の議会審議の結果を受けて、「法案は骨抜きにされてしまった。もはや反原子力イニシアティブへの対案と位置付けることは難しい」とコメントした。両イニシアティブが5月18日の国民投票で否決されたならば、新原子力法は官報に公布されるが、もし公布後100日以内に5万人以上の署名が集まれば、同法も国民投票にかけられる可能性がある。

(2) 2つの反原子力イニシアティブに対する国民投票の結果(2003年5月~9月)

2つの反原子力イニシアティブ(“モラトリウム・プラス”：新規原子力発電所の建設凍結を更に10年間延長、“原子力に依存しない電力”：ベツナウ1・2号機とミュールハイムの3基をイニシアティブ受入後2年以内に、ライプシュタットとゲスゲンの2基を30年間の運転後に閉鎖)の投票は2003年5月18日に行われた。2つのイニシアティブの何れか1つでも可決されたならば、新原子力法案も不要になることから投票結果を巡って様々な憶測が流れていたが、スイス国民は2つの反原子力イニシアティブを圧倒的反対多数で否決した。

今回の投票結果は、スイスの世論が予想よりも原子力に好意的であることを示し、国内にある5基の原子炉の運転継続を確実にするものとなった。一部の政治家は今回の投票結果をある種の驚きとともに受け止める一方、スイス原子力産業会議(SVA)は、有権者の“理性的な判断”を歓迎した。反原子力団体が原子力発電の制限または廃止を求める試みは1979年から今回で4回目となったが、原子炉を運開から30年後に閉鎖するイニシアティブ“原子力に依存しない電力”は66.3%の反対に阻まれ、新規原子炉の建設凍結を10年延長するイニシアティブ“モラトリウム・プラス”は58.4%の反対多数で否決された。9つにも上る大量の投票案件が有権者の投票意欲を失わせるという懸念もあったが、投票率は平均48.3%と高かった。154万人以上の国民が“原子力に依存しない電力”に反対し、“モラトリウム・プラス”に対しては134万1,000人以上の反対票が集まった。

“モラトリアム・プラス”は裏口からの脱原子力を求めるイニシアチブとして見なされていた。このイニシアチブは、2000年に期限切れとなった原子炉建設モラトリアムを延長するほか、原子炉の運転期間を原則40年に制限し、運転延長の条件として国民投票での承認を要求するものであった。スイスの原子力産業界は、国内の原子炉が50～60年間にわたって安全に運転を継続できると主張している。

アナリストは、スイスにおける原子炉の安全性の向上や国内外の経済不況を背景に、国民が以前よりも原子力に好意的になったと分析している。2つのイニシアチブのいずれかが可決された場合の脱原子力コストは270億～600億スイスフラン（90円換算で2.4兆～5.4兆円）と見積もられていた。反原子力派と知られるM・ロイエンベルガー連邦エネルギー相は、有権者が以前よりも原子力に信頼を置くようになったことに理解を示す一方で、原子炉建設モラトリアムの否決にもかかわらず、今後10年間で新規プラントが建設される可能性はないと指摘した。また、同相は再生可能エネルギーの開発を推進していく必要性を強調した。原子力推進派は国民投票に先立つキャンペーンで、原子力40%と水力60%の電源ミックスを維持することにより伸び続ける電力消費にも対応可能な供給の安全を確保できると強調していた。

両イニシアチブが否決されたことによって、スイス政府は2003年6月に新原子力法を公布し、同法を国民投票にかけるための署名収集期間が9月4日まで設けられたが、十分な署名は集められなかった。

（3）原子力法発効と再処理の終焉（2005年）

新原子力法は予定通りなら、2005年1月1日に発効するはずであったが、同法の施行規則を定める新原子力令案の修正作業が電気事業者の反対に遭って難航したため、2005年2月1日に発効は延期され、予定通り、新原子力法と新原子力令は共に同日発効した。

2つの反原子力イニシアチブが否決されたことによって、スイスの原子力の将来が最悪になることは避けられた。しかし、新原子力法によって再処理は2006年7月1日以降、10年間凍

結されることになっているので、**再処理契約の期限である2006年をもってスイスの再処理の時代は終焉を迎えることになる。**

既契約におけるプルトニウム在庫をどのように利用するかという戦略は、現在のところ明確ではないが、恐らく全てのプルトニウムはMOX燃料に加工されと思われる。従って、**少なくとも2012年まではスイスの原子力会社のためのMOX燃料加工が続けられ、現行の3基のMOXリサイクル炉でリサイクルが行われるものと考えられる。**

(4) 新原子力法で規定された再処理凍結の影響---サイト内貯蔵の強化へ

スイス連邦評議会(内閣)は2004年6月30日、ゲスゲン原子力発電所(97万kW級PWR、1979年11月運開)を運転するゲスゲン・デニケン原子力発電会社(KKG)に対し、原子炉建屋に隣接する新たな使用済燃料(SF)湿式貯蔵施設の建設・操業許認可を発給した。2007年6月の操業開始を目指し、新施設の建設は2004年9月に本格的に開始され、プロジェクト費用は合計約7,000万スイスフラン(63億円)と見積もられている。

ゲスゲン発電所の原子炉建屋内にある既存のSF貯蔵プールは、予備容量を含めてSF集合体656体を貯蔵できる容量を有する。原子炉建屋内の貯蔵プールの拡張はスペースの関係上不可能となっているため、KKGは新たな湿式貯蔵施設(SF集合体1,008体分)を原子炉建屋外に建設することを決定した。ゲスゲン発電所では現在、高燃焼度ウラン(UO₂)燃料と混合酸化物(MOX)燃料が装荷されているが、新たな貯蔵施設を建設する背景には、これらのSFが排出された後の冷却期間の長期化がある。SFの中間貯蔵に使われる輸送・貯蔵兼用カスクの容量一杯にSFを収納し、ヴェレンリンゲン集中中間貯蔵施設(ZWILAG)の貯蔵容量を効率的に利用するためには、比較的長期にわたる冷却期間を設ける必要がある。ZWILAGの効率的利用に必要な使用済高燃焼度UO₂燃料と使用済MOX燃料の冷却期間は8~16年とされている。

ゲスゲン発電所の既存の貯蔵プールはSFの5年間の冷却を想定しており、これはSFを再処理プラントに順次輸送するケースを前提とすれば十分な容量である。しかし、新原子力法により、

2006年7月1日から10年間にわたって英仏の再処理事業者へのSFの引渡しは凍結されることが確定しているため、既存の貯蔵プールだけでは今後数年間で貯蔵容量不足に陥ることが予想される。したがって、ゲスゲン発電所における原子炉建屋外湿式貯蔵施設の建設は2006年以降の再処理凍結に向けた準備措置と位置付けられている。

原子炉建屋外湿式貯蔵施設の許認可手続きは、KKGが2002年6月に安全報告書とともに建設・操業許認可の申請を連邦評議会に提出したことで開始された。連邦の原子力安全当局である原子力施設安全本部(HSK)と原子力施設安全委員会(KSA)、連邦エネルギー庁(BFE)、連邦環境・山林・景観庁(BUWAL)による審査・評価を経て、連邦評議会は2004年6月30日に建設・操業許認可を発給した。今後は、施設の建設や運開に関する細かな要件について、HSKがガイドラインに基づき各段階ごとに承認を与えることになる。

貯蔵プールと入口・キャスク取扱区域、システム区域、2つの冷却塔で構成されるサイト内湿式貯蔵施設は、原子炉建屋の北西側、既存の補助システム建屋に隣接して建設される予定である。鉄筋コンクリート製の貯蔵プール建屋は幅17m、長さ35.5m、高さ25mの直方体であり、地下約8mの深さを持つ。貯蔵プールそのものは幅8m、長さ13m、深さ13m(水深12m)の構造になる。最終的には、1台につき最大56体のSF集合体を収納可能な貯蔵ラックが計18台、プール内に設置される予定である。

KKGは、2006年7月1日から英仏再処理事業者へのSFの引渡しは凍結された場合、原子炉建屋内の既存の貯蔵プールが2006年末に満杯になると予測している。KKGの計画によると、ZWILAGの貯蔵容量を効率的に利用するため、炉心から取り出されたSFは今後、まず原子炉建屋内貯蔵プールで3～5年間、その後はサイト内湿式貯蔵施設で最長約15年間にわたって冷却される。連邦政府の諮問機関であるKSAは、ZWILAGの効率的利用に必要な冷却期間よりも長期にわたって、SFを発電所サイト内に貯蔵することは認められないとしている。

新規再処理を10年間凍結する規定が新原子力法に盛り込まれたことで、スイスの電力業界は当初、再処理オプションが制限されることに反発した。しかし当面は、経済上の理由から新規の

再処理契約を締結する必然性がないことから、再処理凍結規定の実質的な影響はそれほどないと見ている。むしろ、再処理凍結という現実を織り込んで、原子力発電所の運転継続に欠かせないスムーズなSF管理フローを確立することを重要視する傾向が強まっている。スイスがこのまま“脱再処理政策”を継続していくのか、あるいは“再処理路線に復帰しよう”という議論が浮上してくるのか、注目されるところである。

1.5.2 プルトニウム・リサイクルの現状

スイスは1978年から北東スイス発電会社（NOK）のベツナウ1号機で実験的なプルトニウム・リサイクルを開始し、実証フェーズを経て1994年から商業的リサイクルに移っている。プルトニウム・リサイクルを実施している原子炉は、ベツナウ1号機、同2号機、ゲスゲンの3基のPWRである。ゲスゲンについては、1997年に初めてMOX燃料装荷が開始された。従って、2003年末現在、スイスでは合計5基（PWR3基、BWR2基、合計337.2万kW）の内、2基（合計178万kW）でMOXリサイクルが行われていることになる。以下では各電力会社におけるMOX燃料リサイクルの状況を報告する。

（1）北東スイス発電会社（NOK）

NOKは、1978年からベツナウ1号機（38.0万kW PWR）でMOX燃料の装荷が試験的に開始し、1988年から実証プログラムに入り、1994年からはMOX燃料の商業的利用を開始した。ベツナウ2号機（38.0万kW PWR）は、1984年からMOX燃料装荷実証プログラムが開始され、1997年からはベツナウ1号機に続いて商業的利用が開始された。ベツナウ1・2号機のリサイクル計画の概要は〔第5.1表〕に示す通りである。

〔第5.1表〕ベツナウ発電所でのMOXリサイクル・プログラム

プログラム・フェーズ	試験プログラム	実証プログラム		商業的利用	
		ベツナウ1号機	ベツナウ2号機	ベツナウ1号機	ベツナウ2号機
MOX装荷期間	1978～1981	1988～1992	1984～1995	1994～1996	1997～2005
混合ウラン	天然ウラン	劣化ウラン	天然ウラン	劣化ウラン	劣化ウラン
MOX燃料集合体加工業者	WH社 (BN, FBFC)	COMMOX社 (WH, ABB, FBFC)	シーメンス社	WH社 (BNFL, MDF)	シーメンス社 (BNFL, MDF, SMP)
集合体の平均 燃焼度 (Mwd/t)	30,000	43,000	36,000	38,000	42,000
UO ₂ 燃料の濃縮度	3.30%	3.25%	3.40%	3.25%	4.00～4.25%

WH：ウェスチングハウス社、BN：ベルゴニュークリア社、FBFC：フランス・ベルギー燃料成形加工会社、ABB：アセア・ブラウン・ホベリ社、BNFL：英国原子燃料会社、MDF：BNFLのMOX実証施設、SMP：BNFLのセラフィールドMOXプラント

ベツノウ1号機の試験プログラム・フェーズの開始された1978年においては、NOK社所有のプルトニウムはまだ存在していなかったため、プルトニウムは第三者機関から調達された。MOX燃料の設計と部分的な組立はウエスチングハウス(WH)社によって行われた。試験フェーズは1981年まで(3サイクル)行われた。その後、米国では核不拡散法(NNPA)の下、政府の圧力が高まり、WH社は米国内のMOX燃料加工施設を断念した。

次の実証フェーズを開始するにあたり、NOK社は1982～83年にフランスからのプルトニウム300kg・Pu fiss.を米国の承認の下でリサイクルすることが可能になった。NOK社はベツノウ2号機用の同プルトニウムの加工をシーメンス社に委託したが、米国の承認を得ることが難しかったため、シーメンス社へ供給するプルトニウムを再び第三者機関からリースすることとした。このような状況から、実証フェーズでリサイクルされたプルトニウムの量は、当初計画されていた300kg・Pu fiss.よりも多くなった。実証プログラム自体は成功裏に終わり、装荷率20%で十分な安全性を実証することができた。

ベツノウ1号機のMOX燃料加工はCOMMOX社とWH社との契約の下、ベルゴニュークリア社のデッセルプラント(P0)で行われ、約60体のMOX燃料集合体が加工された。ベツノウ1号機の実証プログラムでは、混合ウランとして劣化ウランを用いると共に、加工量を増加して、リサイクルの経済性が高められた。プルトニウムは再び、第三者機関からのリースで調達され、1/3炉心管理で数年間運転された。

試験フェーズと実証フェーズを通じて、1995年末までにベツノウ1・2号機において1.3トンの核分裂性プルトニウムがリサイクルされた。

1994年から商業的フェーズに入ったが、商業的なMOX燃料リサイクルにおいても不足するプルトニウムはやはり第三者機関から融通された。NOK社のプルトニウム・リサイクル戦略においては、プルトニウムのリサイクルを再処理で回収するよりも先行させることによって、プルトニウム在庫が余剰になることが避けられている。

現在のベツノウ 1・2号機の運転許可においては、40%のMOX燃料装荷率（全炉心燃料 121体の内、最大 48 体のMOX燃料）が認められている。現在および将来のプルトニウム・リサイクル計画は基本的に、英国原子燃料公社（BNFL）のTHORP再処理プラントのベースロード契約によって回収されるプルトニウムの量と回収時期に基づいたものとなっている。両炉の燃料関連仕様と2003年までのMOX装荷実績を〔第5.2～5.5表〕に示す。

a. ベツノウ 1号機

ベツノウ 1号機では2000年の運転停止期間中に、BNFL製のMOX燃料集合体4体に欠陥があることが確認され、これら4体を含むMOX燃料集合体12体（BNFLが1996年に納入した燃料バッチ）を炉心から取り出す作業が行われた。欠陥が見つかった4体のうちの2体は、1997年の燃料交換時に欠陥が発見されて取り出され、修理が終了した後、1999年の運転停止期間中に再装荷されたものであった。しかし、運転再開直後に一次冷却系の放射線レベルが僅かに上昇していることが明らかになり、2000年の定期点検において、この原因がBNFL製MOX燃料の漏れによるものであることが確認された。

1999年の燃料交換後に発見されたMOX燃料の欠陥による一次冷却系の放射能レベルの上昇は、ベツノウ 1号機の安全運転に影響を及ぼすものではなく、実際の放射エネルギーも一次冷却系における許可制限値を下回っていた。このため、NOKのプルトニウム・リサイクル計画が一連の燃料欠陥問題の影響を受けて変更されることはなかった。

ベツノウ 1号機の2000年の燃料交換時には、MOX燃料が取り出されただけでなく、ベルゴニュークリア社製のMOX燃料集合体16体が新たに装荷された。これにより、ベツノウ 1号機の炉内にあるMOX燃料集合体数は計20体（装荷率16.5%）となり、このうち4体が1997年に装荷されて以来、問題なく使用が続けられているBNFL製のMOX燃料集合体である。許可装荷率の40%までまだ余裕があることから、2001年6月23日から7月4日にかけて実施された燃料交換の際には、さらに8体のMOX燃料集合体がベツノウ 1号機の炉心に装荷された。

2002年の燃料交換時には新しいMOX燃料集合体は装荷されなかったが、古いMOX燃料集合体が1体装荷された。2003年はMOX燃料集合体は装荷されなかったが、2004年にはBNFLからのMOX燃料が8体装荷され、炉内MOX燃料集合体数は32体となった。

2003年現在のベツナウ1号機でのMOX燃料集合体の燃焼度は以下の通りであるが、ペレットの最高燃焼度として60,000 MWd/tが達成されている。

- a . 集合体の平均燃焼度： 37,000 ~ 43,000 MWd/t
- b . 集合体の最高燃焼度： 51,500 MWd/t

ベツナウ1号機および2号機におけるMOX燃料の許認可上の燃焼度制限は以下のように規定されている。

- 集合体： 最高 50,000 MWd/t
- MOX燃料棒： 最高 55,000 MWd/t
- MOXペレット： 最高 59,000 MWd/t

b . ベツナウ2号機

ベツナウ2号機の2000年の燃料交換時には、ベルゴニュークリア社によって製造された新しいMOX燃料集合体4体が装荷された。2000年現在、ベツナウ2号機の炉内に装荷されているMOX燃料集合体は計16体（装荷率13.2%）あり、このうち4体が1998年に装荷されたBNFL製MOX燃料集合体である。これらのMOX燃料の性能に問題はないと報告されている。

2001年には装荷も取り出しも行われず、炉内のMOX燃料集合体数も合計16体のままであったが、2002年の燃料交換で新たに16体が炉心に追加された。2003年と2004年はMOX燃料集合体は装荷されなかったが、2004年にBNFLのMOX燃料集合体が4体を取り出された。ベツナウ2号機のMOX燃料集合体の燃焼度は以下の通りである。

a . 集合体の平均燃焼度：36,000～42,000 MWd/t

b . 集合体の最高燃焼度：48,000 MWd/t

〔第5.2表〕ベツナウ1号機のプラント概要

所有者／運転者	N O K
炉型	PWR（ウェスティングハウス社製）
運開年月	1969年7月
グロス電気出力（運開当初／現在）	36万4,000kW／38万kW
炉心燃料集合体	121体
燃料集合体内の燃料棒 燃料型式	179本 14×14
MOX初装荷年	1978年
MOX装荷終了年	継続中
燃料交換・運転計画	サイクルレングス＝18カ月 各サイクルにおける炉心燃料交換率＝30%
使用済燃料管理	約70トン重金属の使用済燃料を貯蔵プールで貯蔵 （設計容量：108トン重金属、高密度ラックを使用）

〔第5.3表〕ベツナウ1号機のMOX燃料装荷実績

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
新燃料集合体の装荷体数	12	4	8	12	4	0	0	16	8	0	0	8
累積装荷体数	64	68	76	88	92	92	92	108	116	116	116	124
取り出された燃料集合体数	13	4	11	17	28	0	4	12	0	5	0	0
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0	0
炉内の燃料集合体数	40	40	37	32	8	8	16	20	28	24	24	32
実際の装荷率（％）	33.1	33.1	30.6	26.4	6.61	6.61	13.2	16.5	23.1	19.8	19.8	26.4
許可装荷率（％）	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

（注）炉心集合体数（UO2燃料＋MOX燃料）：合計121体

〔第5.4表〕ベツノウ2号機のプラント概要

所有者 / 運転者	N O K
炉型	PWR (ウェスティングハウス社製)
運開年月	1 9 7 1 年 1 0 月
グロス電気出力 (運開当初 / 現在)	36 万 4,000kW / 38 万 kW
炉心燃料集合体	121 体
燃料集合体内の燃料棒 燃料型式	179 本 14 × 14
MOX 初装荷年	1 9 8 4 年
MOX 装荷終了年	継続中
燃料交換・運転計画	サイクルレングス = 18 カ月 各サイクルにおける炉心燃料交換率 = 30%
使用済燃料管理	約 70 トン重金属の使用済燃料を貯蔵プールで貯蔵 (設計容量 : 108 トン重金属、高密度ラックを使用)

〔第5.5表〕ベツノウ2号機のMOX燃料装荷実績

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
新燃料集合体の装荷体数	0	0	0	0	0	4	8	4	0	16	0	0
累積装荷体数	52	52	52	52	52	56	64	68	68	84	84	84
取り出された燃料集合体数	12	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	4
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内の燃料集合体数	8	8	0	0	0	4	12	16	16	32	32	28
実際の装荷率 (%)	6.6	6.6	0	0	0	3.3	9.9	13.2	13.2	26.4	26.4	23.1
許可装荷率 (%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

(注) 炉心集合体数 (UO₂ 燃料 + MOX 燃料) : 合計 121 体

(2) ゲスゲン原子力発電会社 (K K G)

ゲスゲン発電所 (102 万 kW PWR) は 1 9 9 6 年末に M O X 燃料の装荷許可を取得した。同許可においては、合計 177 体の炉内燃料集合体の内、最大 64 体 (装荷率約 36%) を M O X 燃料集合体とすることが規定されている。そして、ベルゴニュークリア社製の M O X 燃料集合体、8 体が 1 9 9 7 年に初めて同発電所に納入され、1 9 9 7 年夏の運転停止期間中に 8 体が炉心に装荷された。その後、1 9 9 8 年から 2 0 0 1 年まで毎年 20 体が装荷されたが、2 0 0 2 年には装荷されなかった。同炉の燃料関係の仕様および 2 0 0 3 年までの装荷実績を〔第 5.6 ~ 5.7 表〕に示す。

同炉の M O X 燃料集合体の設計は、ベツナウと同様、シーメンス社によるもので、その仕様は、15×15 型集合体、プルトニウム平均富化度 4.8% で、混合されるウランは劣化ウラン (濃縮度 0.25%) である。なお、炉内で共存する U O₂ 交換燃料の濃縮度は 4.3% である。

15×15 型 M O X 燃料集合体中の M O X 燃料棒のプルトニウム富化度は次の通りである。

<u>プルトニウム富化度</u>	<u>M O X 燃料棒数</u>
2.7%	20 本
3.9%	80 本
5.9%	104 本

ゲスゲン発電所では、過去 2 回の運転サイクルにおいて原子炉冷却材の放射能レベルの上昇が計測されたため、2 0 0 0 年の運転停止期間中に 4 体の M O X 燃料集合体を取り出された。これらの M O X 燃料は適当な時期に再装荷される予定である。2 0 0 0 年に新たに装荷された M O X 燃料集合体は 20 体で、これによりゲスゲン発電所における M O X 燃料の装荷率は許可された上限の 36% に達した。また、同発電所では 2 0 0 0 年に初めて、ロシアのマシノストロイテルニ・ザヴォド (M S Z) 社によって製造された回収ウラン燃料集合体 4 体が装荷された。

ガスゲン発電所は2001年7月7日から28日にかけて燃料交換と定期点検のため停止され、新しいMOX燃料集合体20体が装荷された。また、2000年の時点でMOX燃料の装荷率が上限に達していたことから、古いMOX燃料を炉心から取り出す作業も行われた。取り出されたMOX燃料集合体20体のうち8体はMOX利用開始年の1997年に装荷されたもので、57,000MWd/tという高燃焼度を達成した。2003年には、24体のMOX集合体が装荷された。同時に燃焼済の同数のMOX集合体を取り出されたので、2003年現在の炉内のMOX集合体数は56体のままであった。2004年には、24体のMOX集合体を装荷すると共に、16体を取り出されたので、炉内のMOX集合体数は64体となった。

なお、ガスゲン発電所のMOX燃料の燃焼度制限は以下の通りである。

集合体：	最高 60,000 MWd/t
MOX燃料棒：	最高 65,000 MWd/t
MOXペレット：	最高 76,000 MWd/t

ガスゲン発電所では現在、シーメンス社設計のベルゴニュークリア社製MOX燃料が使用されており、運転性能は良好であると評価されている。

(3) その他の原子炉でのリサイクル

MOX燃料装荷の実施されていないベルン発電会社のミュレベルク発電所(37.2万kW BWR)とライブシュタット原子力発電会社のライブシュタット発電所(113.5万kW BWR)の2基のBWRについては、ミュレベルク発電所の使用済燃料から回収されたプルトニウムはガスゲン発電所で使用されることになっており、ミュレベルク発電所自体にはMOXリサイクル計画はない。ライブシュタットは、以前は2001年頃にMOX装荷を行う計画であったが、現在のところ、MOX燃料と炉心の設計は行われたものの、事故解析は実施されておらず、規制当局への申請も行われていない。

スイス情報筋では、スイスのBWRではMOXリサイクルは実施されず、回収されたプルトニウムは全てPWR(ベツナウ1・2号機、ガスゲン発電所)でリサイクルされるであろうと観測

している。

〔第 5.6 表〕 ガスゲン発電所のプラント概要

所有者 / 運転者	ガスゲン・デニケン原子力発電会社 (K K G)
炉型	PWR (シーメンス社製)
運開年月	1 9 7 9 年 2 月
グロス電気出力 (運開当初 / 現在)	97 万 kW / 102 万 kW
炉心燃料集合体	177 体
燃料集合体内の燃料棒 燃料型式	205 本 15 × 15
MOX 初装荷年	1 9 9 7 年
MOX 装荷終了年	継続中
燃料交換・運転計画	サイクルレングス = 12 カ月 各サイクルにおける炉心燃料交換率 = 33%
使用済燃料管理	使用済燃料を貯蔵プールで貯蔵 (高密度ラックを使用)

〔第 5.7 表〕 ガスゲン発電所のMOX燃料装荷実績

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
新燃料集合体の装荷体数	8	20	20	20	20	0	24	24
累積装荷体数	8	28	48	68	88	88	112	136
取り出された燃料集合体数	0	0	0	4	20	8	24	16
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内の燃料集合体数	8	28	48	64	64	56	56	64
実際の装荷率 (%)	4.5	15.8	27.1	36	36	31.6	31.6	36
許可装荷率 (%)	36	36	36	36	36	36	36	36

(注) 炉心集合体数 (UO₂ 燃料 + MOX 燃料) : 合計 177 体

1.6 スウェーデン

1.6.1 バックエンド政策

スウェーデンは現在、使用済燃料の直接処分をバックエンド・オプションとしているが、1960年代から1976年頃にかけては、再処理がバックエンド政策の要とされていた。オスカーシャム原子力発電所を所有するオスカーシャム発電会社（OKG）は当時、英国原子力公社（UKAEA）に140トンの再処理契約を委託した。同契約では、再処理で発生した廃棄物はUKAEAが最終的に貯蔵し、回収されたウランとプルトニウムはOKG社に帰属するとされていた。

しかし、1976年頃から国際燃料サイクル市場では、ウランの価格が下落し、一方で再処理コストが上昇した。更に、米国のカーター大統領の提唱で開始された国際核燃料サイクル評価（INFCE）の影響により、政治的な観点からも再処理オプションへの関心は薄れていった。

こうして、スウェーデンの原子力発電事業者は再処理契約の継続に関心を失い、代わりに直接処分の道を選ぶに至ったのである。1980年には中央集中貯蔵施設（CLAB）の建設が開始され、スウェーデン国会でも1983年に、使用済燃料の再処理は行わないとする政策が決議された。1985年には、CLABへ最初の使用済燃料が搬入された。

しかし1995年になって、OKGの過去の再処理契約に基づいてセラフィールドに送られていた使用済燃料の取扱いの問題が顕在化し、OKGは最終的に同使用済燃料を再処理することを決定し、1997年に再処理が実施されプルトニウムが回収された。回収されたプルトニウムはMOX燃料に加工され、2001年頃にOKGの原子炉でリサイクルされる計画であったが、そのための政府の承認が遅れていた。しかし、2002年12月に政府の承認が得られ、いよいよスウェーデンでもMOXリサイクルに向けた具体的な活動が開始された。以下では、これまでの経緯を報告すると共に、2002年におけるOKG社の動向を追い、今後のスウェーデンにおけるMOXリサイクルの見通しについて分析する。

1.6.2 産業界からプルトニウム・リサイクル戦略が浮上

OKG社の原子力発電所で発生し、英国のセラフィールドに輸送された使用済燃料は何年もの間、UKAEAから再処理事業を引き継いだ英国原子燃料会社(BNFL)の酸化物燃料再処理プラント(THORP)のプールに貯蔵されていた。1995年にOKG社はBNFLより、再処理は1997年に予定されているとの情報を得ていた。しかしOKG社の経営陣は、再処理が政府の政策に反するものであり、プルトニウムをセラフィールドからスウェーデンあるいは他の国に輸送することは、スウェーデンにおいて政治問題化するとの認識を持つようになった。また、再処理後のプルトニウム輸送には政府の許認可が必要であることも明らかであった。

しかし、一方でOKG社は、主に環境的な理由から、使用済燃料を再処理せずに返還することにも非常に抵抗を感じており、そのオプションが実施された場合には、超過コストはOKG社ではなく国が負担すべきであると考えていた。

(1) アナバーグ調査委員会による検討と勧告

スウェーデン政府はOKG社と協議した後、使用済燃料の取扱いの代替案を公式に検討することを決定し、元環境・エネルギー省次官で現在は国家環境保護庁長官のR・アナバーグ氏を調査委員会(構成1名)の委員に任命し、代替案の検討にあたらせた。

アナバーグ委員は1996年4月30日に検討結果の大綱を発表し、再処理後に返還、再処理せずに返還、スワップの3つのオプションを技術的、法的、経済的側面から比較検討し、主に環境面を考慮し、セラフィールドへ送られた使用済燃料はそのまま再処理するよう勧告した。

勧告の中でアナバーグ委員は、再処理して返還するオプションについて、再処理、輸送、MOX燃料のスウェーデンでの使用と最終処分の各段階において、放射線防護と安全性の観点からの問題は特にないと見た。再処理せずに返還するオプションについては、OKG社とBNFLの契約変更が前提となり、安全性、放射線防護、経済性の観点から最終的な結論を評価することは、

現時点では不可能とした。更に、本オプションの実施にはTHORPとCLABの施設の拡充が必要であるとした。またスワップについては、BNFLの同意、さらに英国とスウェーデンの政府決定が必要であり、おそらく第三国の政府承認も必要となり、手続きが困難であるとされた。

(2) OKG社の決定と政府の姿勢

アナバーグ委員の勧告を根拠として、OKG社はBNFLに使用済燃料の再処理を行わせることを決定した。そして、1997年にスウェーデンの使用済燃料の再処理が実施された。また、OKG社は、約4年後に同社の原子炉でMOX燃料を使用する予定であることを発表した。

しかし、OKG社のこの決定は政治的な懸念を引き起こし、国会では環境相に対して同問題に関する質疑が行われた。環境相は質疑の中で、アナバーグ委員の勧告を主張する一方で、OKG社がプルトニウムをMOX燃料として返還することを政府が認可するかどうかに関しては、決定していないと述べた。

このようにしてOKG社は、プルトニウムを英国に長期間貯蔵し、高額のコストを負担することになるかもしれないという政治的なリスクを負うことになった。しかし、再処理を受け入れるべきであるとしたアナバーグ委員の勧告は、スウェーデンがこの種の問題に関して行った唯一の評価であるという点で重要な意味を持ち、OKG社にとって将来、有利に働くものと考えられる。

(3) MOX燃料使用許可申請

OKG社は1998年11月、140トンの使用済燃料からのプルトニウムを用いたMOX燃料の使用許可申請をスウェーデン原子力発電監督局(SKI)に提出した。

この使用済燃料は1997年8月から9月にかけて再処理され、136トンのウランとMOX燃料集合体100体分に相当する833kgのプルトニウムが回収されている。OKG社はこのプルトニウムをBNFLのセラフィールドMOXプラント(SMP)か、ベルゴニュークリア社のデッセ

ル・プラントでMOX燃料に加工し、スウェーデンの輸送船「シギン号」で同社が所有するオスカーシャム原子力発電所に海上輸送する予定である。MOX利用計画には、同発電所2、3号機のどちらかが使用される予定であり、100体のMOX燃料は50体ずつ2回の燃料交換に分けて装荷されるという。

一方、スウェーデンの原子力発電会社4社が共同出資している廃棄物管理関連会社であるSVAFOも、1998年12月、スタズヴィク研究センターに貯蔵されているR-1研究炉用使用済燃料4.8トンの再処理をBNFLに委託し、プルトニウムをMOX燃料製造用にOKG社に譲渡する計画に関して、SKIに許可を申請した。

SKIは両者の許可申請を審査し、1999年6月23日に「政府は双方の許可を発給すべきである」との見解をまとめて環境省と外務省に意見書を送付した。そしてSKIは意見書の中で、政府に対して、許可を発給する上で各社に幾つかの条件を付すよう提言した。OKG社に関しては、MOX燃料の輸入前に、燃料の取扱方法と燃料損傷時の放射線防護対策をスウェーデン放射線防護研究所(SSI)に提示するべきであると提言した。

しかしながら、1999年後半になって発覚したBNFLのMOX燃料の検査データを巡る一連の不祥事を受け、スウェーデン環境省は2000年2月29日、スタズヴィク研究センター内のR1研究炉から発生した使用済燃料4.8トンの再処理をBNFLに委託する計画を中断する意向を発表した。また、MOX加工に関しても、スウェーデン政府の許可が下りるか難しくなった。

(4) MOX燃料加工契約

2001年になってOKG社がBNFL以外のMOX燃料加工の委託先、例えばベルゴニュークリア社を検討しているという報道もあったが、2001年5月、OKG社は、フラマトムANP社との間でMOX燃料加工を含む燃料供給を締結したことを発表した。この契約はBNFLのセラフィールド再処理工場で回収され、現在保管中の同社のプルトニウムと回収ウランのリサイクルに関するもので、回収ウランについては、ロシアで高濃縮ウラン(HEU)と混合され、軽

水炉燃料集合体に加工される。プルトニウムのMOX燃料加工はフラマトムANP社からBNFLへ発注され、セラフィールドMOXプラント(SMP)で加工されて2005～2006年頃にOKGへ納入される計画である。

今回のリサイクル契約により、OKG社は再処理契約に基づく回収物の引取義務を履行することができる。ただしOKG社では、フラマトムANP社との契約が完了した後はMOX利用を行わない方針を明確にしている。

しかし、MOX加工に関するOKG社とフラマトムANP社の契約が成立するにはスウェーデン政府の承認が必要であるが、当初1999年中に下される予定であった同承認は遅れていた。消息筋は、今回の契約発表は政府に承認発給の圧力をかけることを狙ったものであるとの見方を示した。

(5) 政府のMOX装荷承認

病気のために2002年10月に環境相の職を退いたK・ラーション前環境相はMOX利用に反対であったが、MOX問題を引き継いだL・ソメスタット新環境相は2カ月後の12月20日、OKGに対して制限された量のMOXをリサイクルすることを承認した。ソメスタット環境相は、今回の承認は例外的なもので、スウェーデンの使用済燃料管理政策の変更を意味するものでないことを強調した。また、ロシアの核兵器解体プルトニウム(WPu)からのMOX燃料のスウェーデンの原子炉でのリサイクルについては、関心があることは認めたものの、OKG社に対する今回に決定とロシアのWPu MOXのリサイクルとは無関係であることを付言した。

OKG社が12月23日に述べたところによると、フラマトムANP社とのMOX契約の下、約200体のMOX燃料がBNFLのセラフィールドMOXプラントで製造され、オスカーシャム1号機(BWR、46.5万kW)または2号機(BWR、63.0万kW)、あるいは両方の原子炉でリサイクルされるという。しかし、2003年1月に、OKG社に確認したところ、OKG社はオスカーシャム2号機と3号機(BWR、120.5万kW)への装荷を申請し、両炉でのMOX装

荷の承認を得たが、現在のところ、OKG社はオスカーシャム3号機でMOXをリサイクルする計画であり、同炉へのMOX燃料の納入は2007年になる見込みであるという。なお、スウェーデンでは2003年末現在、11基（PWR3基、BWR8基、合計982.6万kW）の原子炉が運転されている。

政府の決定に対してグリーンピースは、ロシアのMOXのリサイクルの可能性をもとに、今回のOKG社のMOX承認は、スウェーデンの全ての原子炉にMOXリサイクルの門戸を開放することになると批判した。また、MOXリサイクルが原子炉の寿命を延ばす口実にされ、核不拡散という理由の下、実際は原子炉延命のために、他の電力会社もロシアのMOXのリサイクルに参加する動機付けになることを懸念した。

2 . MOX燃料加工、再処理に関する計画および実績

MOX燃料加工の実績および計画
(第7図・表シリーズ)

MOX燃料利用の実績および計画
(第8図・表シリーズ)

再処理関連情報
(第9図・表シリーズ)

その他のプルトニウム利用関連情報
(第10図・表シリーズ)

MOX燃料加工の実績および計画

- 〔第7.1表〕欧州のMOX燃料加工プラントの一覧表
- 〔第7.2表〕世界のMOX燃料加工プラントの設備容量の現状と見通し（1998年末現在）
- 〔第7.3表〕軽水炉MOX燃料加工実績（2000年12月31日現在）
- 〔第7.4表〕世界の原子炉毎のMOX燃料供給者（2000年12月31日現在）
- 〔第7.1図〕フランスとベルギーの累積MOX生産量の推移（1995～2002年末）
- 〔第7.2図〕MELOXプラント運開時のスケジュール
- 〔第7.5表〕COGEMAのMELOXプラント拡張計画
- 〔第7.6表〕仏MELOX・MOX燃料加工プラント建設プロジェクトの歴史
- 〔第7.7表〕MELOXプラントにおける事故（1999～2003年）
- 〔第7.8表〕MELOXプラントにおける作業員被曝（1999～2003年）
- 〔第7.9表〕仏カダラッシュMOX燃料加工プラントの生産実績の推移（1991～1997年）
- 〔第7.10表〕MIMASプロセスによるMOX燃料加工（試験済）の仕様
- 〔第7.11表〕MIMASプロセスによる炉型毎のMOX燃料加工実績（2001年7月現在）
- 〔第7.3図〕ベルゴニュークリア社のMOX燃料の年間加工実績（1986～2002年）
- 〔第7.4図〕ベルゴニュークリア社の供給国毎のMIMASプロセスによるMOX燃料の累積加工実績（1986～2002年）
- 〔第7.5図〕ベルゴニュークリア社の2003年までのMOX燃料生産見通し
- 〔第7.6図〕MIMAS・MOX燃料の燃焼度実績（2002年12月現在）
- 〔第7.12表〕MIMAS・MOX燃料集合体の各国軽水炉において商業的に達成された燃焼度実績（2002年12月現在）
- 〔第7.7図〕ベルゴニュークリア社製MOX燃料のプルトニウム特性の変化（1986～1998年）
- 〔第7.8図〕シーメンス社供給のMOX燃料装荷実績（1998年現在）
- 〔第7.9図〕シーメンス社によるMOX燃料累積供給量の推移（実績および見通し）
- 〔第7.13表〕シーメンス社の1998年4月までのMOX燃料加工・設計実績
- 〔第7.10図〕シーメンス社のMOX燃料集合体の燃焼度分布
- 〔第7.11図〕シーメンス社のPWR用MOX燃料設計（1/2）
- 〔第7.11図〕シーメンス社のPWR用MOX燃料設計（2/2）
- 〔第7.12図〕シーメンス社のBWR用MOX燃料設計
- 〔第7.13図〕シーメンス社のBWR用ATRIUM10MOX燃料集合体設計
- 〔第7.14図〕ロシアに建設が予定されているWPU・MOX燃料加工施設（DEMOX）のプロセス・フロー
- 〔第7.14表〕英国のMOX実証施設（MDF）の運転までの経緯（1994年現在）
- 〔第7.15図〕英国のセラフィールドMOXプラント（SMP）の建設スケジュール（1995年初め現在）
- 〔第7.16図〕MDFのレイアウト
- 〔第7.17図〕MOX燃料の製造プロセス
- 〔第7.18図〕MDFのMOX混合・造粒装置
- 〔第7.19図〕MDFでのMOX燃料加工のための準備作業と加工のスケジュール
- 〔第7.15表〕MDFにおけるMOX燃料検査と通常のウラン燃料検査との比較
- 〔第7.16表〕英国原子燃料公社（BNFL）の初期の熱中性子炉用MOX燃料加工実績
- 〔第7.17表〕米国メーカー製MOX燃料加工実績（1988年現在）
- 〔第7.18表〕ロシアのMOX燃料加工施設
- 〔第7.19表〕日本の商業MOX燃料加工プラント
- 〔第7.20表〕OECD/NEAによるOECD各国の燃料加工需給（2002年現在）

〔第7.1表〕欧州のMOX燃料加工プラントの一覧表

プラント名	カダラッシュ (商業運転停止)	MELOX	デュッセル PO	ハナウプラント (閉鎖)	ハナウ新プラント (建設中止)	MDF	SMP (プルトニウム試験中)
所有者	COGEMA	MELOX社 COGEMA : 50% フラマト社 : 50%	BN社	シーメンス社	シーメンス社	BNFL / UKAEA	BNFL
所在地	フランス カダラッシュ	フランス イゼール県 マルケル	ドイツ ヘルムデットル	ドイツ ハナウ	ドイツ ハナウ	英国 セラフィールド	英国 セラフィールド
運開年	1962年 1989年から軽水炉用が運開	1995年	1973年 1984年に溶解性を 向上するためにプロセスを改良	1972年	-	1994年	2003-04年 (予定)
設備能力 (ト・重金属/年)	40	145	40	25	120	8	120
投資額		20億フラン以上			11+2.5億マルク (7.2億ユーロ : 2003年末情報)	2,600万ポンド	3億ポンド(建設終了時) (2001年現在、4億7,300万ポンド)
プロセス	COCA MIMAS	A-MIMAS	MIMAS	AUPuC + OCOM	OCOM	SBR	
MOX燃料加工 実績および現状	<p>軽水炉用加工設備は、EDFの軽水炉用に生産が行われていたが、ドイツの電力会社のMOX燃料加工に振り向けられている。</p> <p>1996年には25ト、1997年には30ト、1998年は約35ト、1999年以降、約40ト/年レベルで生産が行われている。</p> <p>1964年から45ト以上のプルトニウムを処理し、約60万本のMOX燃料棒が製造された。2002年のMOX生産量は39トの見込みで、11月24日現在、36.6トを生産。</p> <p>建屋の耐震性の問題から、2003年7月に商業運転を停止。停止までの40年間にMOX燃料棒188,000本(390トHM)を生産。</p> <p>2004年に米国の余剰兵器プルトニウムから4体の先行試験集合体を加工する予定。</p>	<p>1995年3月に最初のMOXパウダーを生産し、1996年4月にEDFから性能認定を取得。1995年末で76体の集合体を生産。1996年は50トが生産された。1997年は以降、約100ト/年レベルの生産が行われており、2000年末までの累積は約450ト。</p> <p>MELOX西側増設建屋(MWFB : 約30ト/年)が1999年7月に許可され、BWR用燃料の加工が可能になった。</p> <p>2003年末現在、MELOXプラントでの累積MOX生産量は約750ト(約1,700体)に達した。</p>	<p>2001年7月までのMIMASプロセスによる累積生産量は469ト、そのうち、PWR用は419ト、BWR用は50ト。集合体の組立は、FBFC社が実施。2002年12月31日現在までに528トのMOX燃料を生産。2001年の生産量は36.1ト、2002年は36.8ト。2003年も同程度の見通し。</p>	<p>1993年末時点で、6,542KgのPu fiss.から174,174KgのU+Puパウダーを生産し、燃料集合体787体、燃料棒113,000本を加工した(ただしの中には、特殊な燃料も含まれている)。電力会社との合意の下、1994年4月下旬に閉鎖を決定。</p>	<p>プラントはほとんど完成の状態であったが、訴訟のために運開の見通しが立たず、電力会社は1995年6月までで財政支援を打ち切る。また、1995年になって、ロシアの兵器級Puを利用したMOX燃料加工を行うことが独政府により提案されたが、中止となった。</p>	<p>1992年1月に締結された北東スイス発電会社(NOK)との契約に基づいて、運開後数年間、ベツナウ1号機(PWR)に28体のMOX燃料集合体を供給する予定である。1994年2月に性能検定プログラムを終了し、同年7月にNOKへ第1回の輸送(航空)が行われた。1996年春現在、10ト以上のMOX燃料を生産。</p> <p>1999年9月にMOXベレット検査データ偽造が発覚した。施設の運転は停止され、規制当局からの命令に従い改善措置を行い、2000年12月末に運転再開の承認を得た。</p> <p>2002年2月から運転再開。規格外MOX燃料ベレットの再利用のためのリサイクル試験、等の支援活動に限定。</p>	<p>BNFLは1993年、プラント建設のための計画(建設)許可申請を提出した。独シーメンス社が技術協力することになっている。</p> <p>1994年初めにプロセスの主要機器の引き合いを行い、計画許可取得後、1994年4月から建設開始。1995年12月に焼結炉搬入。</p> <p>1998年11月に環境庁の運転承認は得られたが、政府は、1999年6月、ウラン試験が認可され、プルトニウム試験の許可待ちの状態であったが、5回目のパブリック・コンサルテーションの後、2001年10月に政府によって運開が承認された。12月19日にプルトニウム試験許可発給、20日からプルトニウム試験開始。2002年5月末に初のMOXベレットが製造され、2002年後半には初のMOX燃料棒製造。</p> <p>2004/05年度に3体、2005/06年度に13体のMOX燃料集合体を製造予定。</p>
拡張計画、等	<p>2003年から燃料棒加工スクラップの梱包が開始された。施設の解体後、2006年からクリーンアップが開始される予定。</p>	<p>BWR用設備の追加は許可されたが、PWR用の拡張は政府から拒否された。</p> <p>COGEMAは将来、250ト/年(BWR用80ト/年を含む)の生産が可能であるとしていたが、2002年4月に簿価容量を195トに下げ、同生産量で許認可申請。カダラッシュ閉鎖の交換条件として、MELOXの容量を143ト/年にすると規制当局と交渉し、結局、145ト/年の生産許可を2003年9月に取得した。</p> <p>2004年になって更に195ト/年に拡張する計画が浮上。</p>	<p>POの設備は2000年に40ト/年以上に増強された。P1(新プラント)の設計は完了したが、訴訟のため中断。米国およびロシアの兵器Pu加工用プラント(60ト/年)としても提案していたが建設を断念。</p> <p>MOX需要が低迷しているため、2006年以降に閉鎖される見通し。</p>	<p>2001年5月にデコミッションングに関する第1次部分許可を取得し、9月から本格的にデコミッションングが開始された。2005年までに完了の予定。</p>	<p>当初の計画では、1992年に20ト/年で運開し、段階的に能力を高め、1997年には120ト/年の公称能力に達する予定であった。</p>	<p>注記) COCA : Cobroyage Cadardache MIMAS : Micronization of a Master Blend A-MIMAS : Advanced MIMAS AUPuC : Ammonium Uranyl Plutonyl Carbonate OCOM : Optimized Co-milling SBR : Short Binderless Route</p>	

【出典】IEAJまとめ

〔第7.2表〕世界のMOX燃料加工プラントの設備容量の現状と見通し(1998年末現在)

単位：トンHM/年

国	サイト	プラント	1998	2000	2005	2010
ベルギー	デッセル	P O	35	40	40	40
フランス	カダラッシュ	C F C	35	40	40	40
	マルクール	M E L O X	120	200 ^a	200 ^a	250 ^a
インド	タラプール	A F F F	5	10	10	10
日本	東海村	P F P F	15 ^b	15 ^b	5 ^c	5 ^c
	六ヶ所村	M O X F F F			100	100
ロシア	チェリャピンスク	R T - 1 (施設内)			10	10
	チェリャピンスク	Mayak, Complex 300				40
英国	セラフィールド	M D F	8	8	8	8
	セラフィールド	S M P		120	120	120
合計			218	433	533	623

^a 期日は不確実

^b A T R と F B R 用

^c F B R 用

【出典】"MOX Fuel Use as A Back-end Option: Trends, Main Issues and Impacts on Fuel Cycle Management", IAEA/OECD-NEA, IAEA Symposium on MOX Fuel Cycle Technologies for Medium and Long Term Deployment, 1999.5.17-21.

〔第7.3表〕軽水炉MOX燃料加工実績（2000年12月31日現在）

国	施設	運転者	運転年	容量	累積生産実績				年間生産実績		
					[t HM/年]	[t HM]	[t Pu]	[燃料棒数]	[集合体数]	1999年	2000年
										[t HM/年]	[t HM/年]
ベルギー	BN/デッセル	ベルゴニュークリア社	1973	40	467	26	246,000	1,420	38	38	
ドイツ	ハナウ	シーメンス社	(1972)		158	6.4	77,000	380	-	-	
フランス	カダラッシュ(CFCa)	COGEMA	1962	10	248	16	126,000	480	40	41	
			1989	40							
	MELOX		1995	100	455	24	254,000	1,050	104	102	
英国	MDF	BNFL	1994	8	14	1	7,300	36	微量	微量	
インド	タラプール	BARC	1994	18	3	0.1	800	23	1	1	
日本	PFFF(ATR燃料)	JNC	1972	10	120	1.9	22,500	750	微量	微量	
合計					1,500	80	700,000	41,000	180	180	

(注記) 数値は概数。

【出典】 Status and Advances in MOX Fuel Technology, IAEA, 2003.

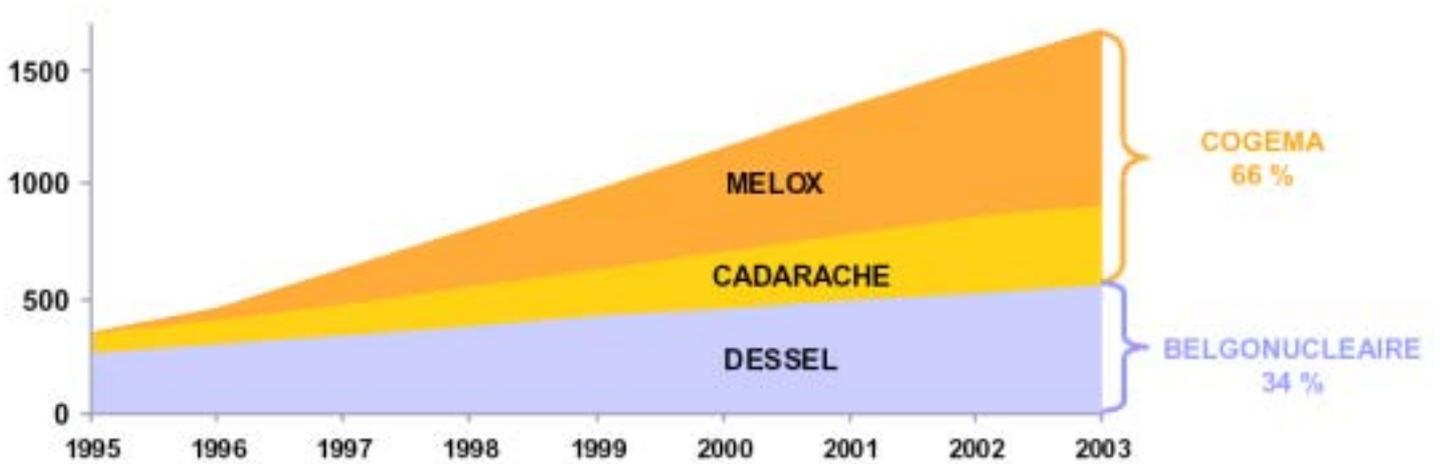
〔第7.4表〕世界の原子炉毎のMOX燃料供給者（2000年12月31日現在）

国	原子炉	炉型	ヘルゴニュークリア	シーメンス社	CFCa	MELOX	その他
ベルギー	B R - 3	PWR	×				
	ドール3	PWR	+				
	チアンジュ2	PWR	+				
カナダ	N P D	PHWR	×				
スイス	ベツナウ1	PWR	+				MDF
	ベツナウ2	PWR	+	+			MDF
	ゲスゲン	PWR	+				
フランス	ブレイエ1	PWR				+	
	ブレイエ2	PWR	+		+	+	
	シノンB1	PWR				+	
	C N A	PWR	×	×			
	シノンB2	PWR				+	
	シノンB3	PWR				+	
	シノンB4	PWR				+	
	ダンピエール1	PWR	+		+	+	
	ダンピエール2	PWR	+		+	+	
	ダンピエール3	PWR				+	
	ダンピエール4	PWR				+	
	グラブリーヌ1	PWR				+	
	グラブリーヌ2	PWR				+	
	グラブリーヌ3	PWR	+		+	+	
	グラブリーヌ4	PWR	+		+	+	
	フェニックス	FBR	+		+	+	
	サンローランB1	PWR	+		+	+	
	サンローランB2	PWR	+		+	+	
	スーパーフェニックス	FBR			×		
	トリカスタン1	PWR			+	+	
トリカスタン2	PWR			+	+		
トリカスタン3	PWR			+	+		
トリカスタン4	PWR				+		
ドイツ	グラーフラインフェルト	PWR	+	+	+		
	イーザル2	PWR			+		
	フィリップスブルク2	PWR	+	+	+		
	オブリッヒハイム	PWR		+	+		
	ネッカル1	PWR		+			
	ネッカル2	PWR			+		
	M Z F R	PHWR		×			
	K N K	FBR	×	×			
	リンゲン	BWR		×			
	ブロックドルフ	PWR	+	+			
	ウンターペーザー	PWR	+	+	+		MDF
	グローンデ	PWR		+	+		
	グンドレミンゲンA	BWR		+			
	グンドレミンゲンB	BWR	+	+			
グンドレミンゲンC	BWR	+					
S N R	FBR	×	×				
V A K	BWR		×				
インド	タラプール1	BWR					BARC
	タラプール2	BWR					BARC
イタリア	ガリリアーノ	BWR	×				
日本	ふげん	ATR					PFFF/PFPF
	常陽	FBR					PFFF/PFPF
	もんじゅ	FBR					PFFF/PFPF
	福島1-3 柏崎・刈羽3	BWR	+				MDF
カザフスタン	B N -350	FBR					PAKET+ERC/RIAR
オランダ	ドーデバルト	BWR	×				
ロシア	B O R -60	FBR					ERC/RIAR
	B N -600	FBR					Paket+ERC/RIAR
スウェーデン	オスカーシャム1	BWR	+				
英国	D F R	FBR	×				BNFL 施設(*)
	P F R	FBR	×		×		BNFL 施設(*)
合計	PWR+PHWR	38	19	9	17	20	3(MDF)
	BWR+ATR	13	7	4	-	-	2(BARC)+1(PFFF/PFPF)
	FBR	11	4	2	3	-	2(Paket)+3(ERC/RIAR) +2(PFFF/PFPF)

×：閉鎖炉 +：運転中の原子炉

(*)大部分の燃料は、既に閉鎖されたBNFLの施設で加工された。

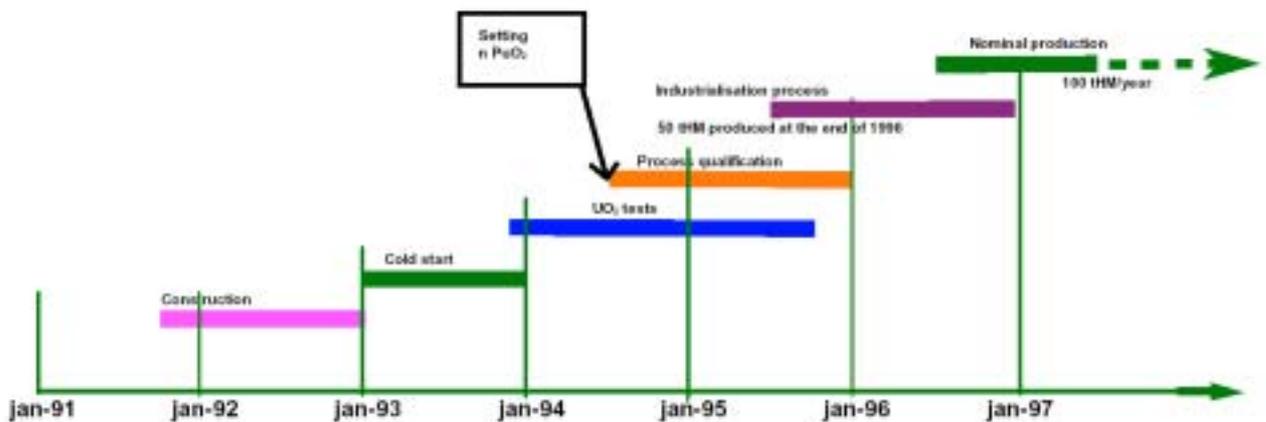
〔第7.1図〕 フランスとベルギーの累積MOX生産量の推移（1995～2002年末）



（注記）2002年末までに合計1,512トンHMのMOX燃料ペレットを生産

出典：M. Arslan, et. al(MELOX), MELOX Plant MOX Manufacturing Result and Prospects, Workshop Proceedings of The Need for Integral Critical Experiments with Low-moderated MOX Fuels, OECD/NEA, 2004.04.14-15.

〔第7.2図〕 MELOXプラント運開時のスケジュール



出典：M. Arslan, et. al(MELOX), MELOX Plant MOX Manufacturing Result and Prospects, Workshop Proceedings of The Need for Integral Critical Experiments with Low-moderated MOX Fuels, OECD/NEA, 2004.04.14-15.

〔第7.5表〕COGEMAのMELOXプラント拡張計画

単位：トン/年

年	1996	1997	1998	1999	2000	～
既存プラント (PWR用)	85	100	(120)	(140)	(160)	(170)
追加設備 (BWR用)				(20)	(40)	(80)

() : 環境相の許可署名を得るのが難しい。

(注記) : 1998年末現在の許可容量は100トンHM/年(115トン・酸化物/年)。

【出典】Nuclear Fuel 1997.11.17 ; 1998.11.16 他

〔第7.6表〕仏MELOX・MOX燃料加工プラント建設プロジェクトの歴史

年 月	事 項
1985	<ul style="list-style-type: none"> ・ E D F、90 万 kW PWR で M O X 燃料をリサイクルすることを決定 ・ E D F、フラマトムおよび C O G E M A の間で議定書に署名 ・ M E L O X プラントの設計作業開始
1988	<ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細な予備設計
1988.03	<ul style="list-style-type: none"> ・ 公聴会、予備的な安全報告書
1990.05	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本原子力施設の許可取得（許可生産量：100 トン／年）
1990～1993	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土木工事 ・ 建設（1991年開始） ・ 機器据付
1993.06～1993.07	<ul style="list-style-type: none"> ・ 暫定的な安全報告書 ・ 放出許可取得のための公聴会
1993	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器のクールド試験実施
1994.08（末）	<ul style="list-style-type: none"> ・ カダラッシュから M O X 燃料棒を搬入
1994.08～1994.10	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転許可
1994.10～	<ul style="list-style-type: none"> ・ ラ・アークから定期的に P u O 2 を搬入
1994.12.12	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最初の M O X 燃料集合体を生産
1995.02.03	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウラン試験（プロセス）許可を取得し、P u O 2 をプロセスに導入
1995.02（末）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集合体 8 体をプレイエ 2 号機へ納入
1995.03（末）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 合計 24 体の集合体を生産 ・ M O X ペレットの品質検定を実施 ・ プロセス性能検定、制御仕様（50%完了） ・ 実験設備の検定（完了）
1995（末）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 合計 76 体の集合体を生産
1996年（中頃）	<ul style="list-style-type: none"> ・ E D F 向け M O X 集合体を初めて納入
1996	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1996年の目標は 85 トンであったが、製品不良のため 50 トンに留まる。
1997	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1997年は 100 トン以上生産
1998～2002	<ul style="list-style-type: none"> ・ 約 100 トン／年レベルで生産
1998.03	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1ヶ月間の実証運転で 19 トン／月（年間 200 トン以上に相当）の性能を達成
1999	<ul style="list-style-type: none"> ・ P W R / B W R の多種型式の M O X 燃料生産を開始
2001	<ul style="list-style-type: none"> ・ 初の B W R 用 M O X 集合体を生産
2003.09.03	<ul style="list-style-type: none"> ・ M O X 生産許可容量が 145 トン／年に増加

【出典】Nuclear Fuel 1996.11.18, 1998.11.16；COGEMA資料 1995.4, 2001；COGEMAプレスリリース, 2003.09.04；M. Arslan, et. al(MELOX)MELOX Plant MOX Manufacturing Result and Prospects, Workshop Proceedings of The Need for Integral Critical Experiments with Low-moderated MOX Fuels, OECD/NEA, 2004.04.14-15.

〔第7.7表〕MELOXプラントにおける事故（1999～2003年）

国際原子力事故尺度 (INES)	1999	2000	2001	2002	2003
レベル0	5	0	3	6	2
レベル1	0	1	2	0	0
レベル> 1	0	0	0	0	0

出典：M. Arslan, et. al(MELOX)MELOX Plant MOX Manufacturing Result and Prospects,
Workshop Proceedings of The Need for Integral Critical Experiments with Low-moderated
MOX Fuels, OECD/NEA, 2004.04.14-15.

〔第7.8表〕MELOXプラントにおける作業員被曝（1999～2003年）

個人被曝線量	1999	2000	2001	2002	2003
0-10 mSv	5	0	3	6	2
10-15 mSv	0	1	2	0	0
> 15 mSv	0	0	0	0	0

出典：M. Arslan, et. al(MELOX)MELOX Plant MOX Manufacturing Result and Prospects,
Workshop Proceedings of The Need for Integral Critical Experiments with Low-moderated
MOX Fuels, OECD/NEA, 2004.04.14-15.

〔第7.9表〕仏カダラッシュMOX燃料加工プラントの生産実績の推移

(1991～1997年)

	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年
設備容量 (tM)	(生産開始)	15	15	20	30	30	35
生産量 (tM)	2.3	8.7	15.3	21.2	31.6	約25	32

【出典】Nuclear Fuel 1996.11.18; COGEMA資料 1995.4; COGEMA 1997年報;
D. Hugelmann(COGEMA), "MOX Fuel Fabrication in France: A Mature Industry", RECOD
98, Vol.1, 1998.10.25～28.

〔第7.10表〕MIMASプロセスによるMOX燃料加工(試験済)の仕様

項目	仕様
MOX燃料設計(認定企業)	BN社、フラジェマ社、シーメンス社、東芝/日立/JNF社
MOX燃料加工キャンペーン規模	4～29tHM/キャンペーン
キャンペーン毎のPu富化度の種類	3～6種類/キャンペーン
ペレット中のPu total 富化度	最大8.8%(試験時には14.4%を実証)
スクラップのリサイクル	主混合で最大76%(プルトニウムの最大25%がスクラップとしてリサイクルされる)
Am含有量	最大20,000ppm(いくつかのロットでは最大25,000ppm)
主混合でのPu total 富化度	25～35%(45%のケースが1例有)
UO ₂ 原料	AUCまたはTU2による転換 劣化ウランまたは天然ウラン
PuO ₂ 原料	COGEMA、BNFLから供給
被覆管材料	SS304、Zr4、Zr4duplex、Zr2、Zr2/Zr liner、Zr2/Fe doped liner

【出典】P. Deramaix(BN), BN Developed MIMAS Process: A Mature Process to Convert the Stockpiles of Separated Plutonium into MOX Fuel for Use in LWRs, ENS Top Fuel 2001, 2001.05.27-30.

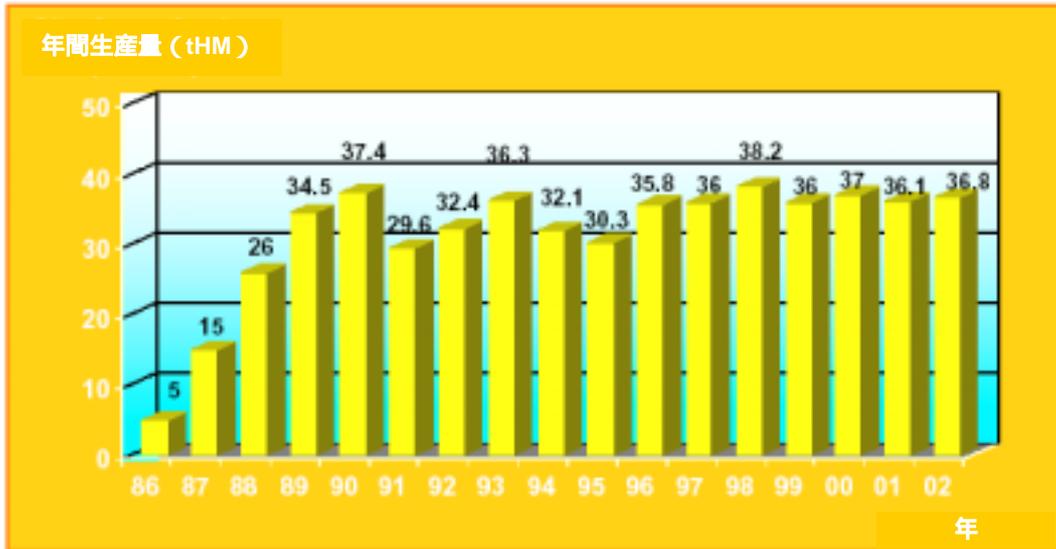
〔第7.11表〕MIIMASプロセスによる炉型毎のMOX燃料加工実績

(2001年7月現在)

炉型	集合体型式	燃料棒数	集合体数	tHM
PWR	15×15/SS304 clad	3,216	16	4.7
PWR	17×17/3 cycles Zr4	100,320	380	176.0
PWR	17×17/4 cycles/Zr4	31,680	120	54.7
PWR	14×14Zr4 or Zr4 Duplex	17,184	96	31.6
PWR	15×15/Zr4 Duplex	17,952	88	37.6
PWR	16×16/Zr4 or Zr4 Duplex	42,688	184	97.8
PWR	18×18 Zr4 Duplex	9,472	32	17.0
合計		222,512	916	419.4
BWR	8×8	2,752	60	7.5
BWR	9×9	8,419	124	18.5
BWR	10×10	12,312	152	23.5
合計		23,483	336	49.5
総計		245,995	1,252	468.9

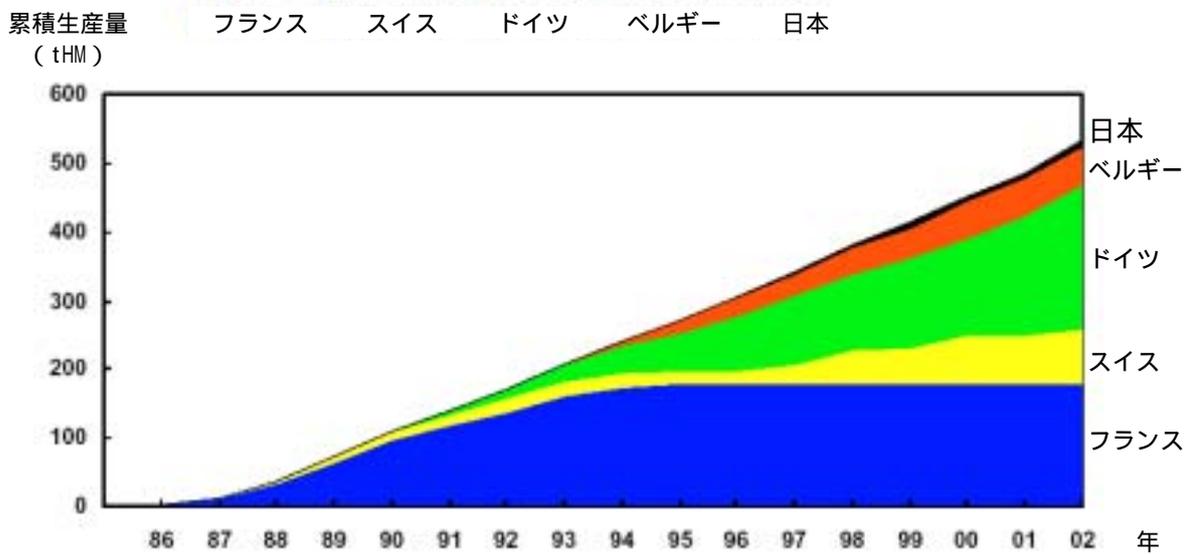
【出典】BN社資料，2001．

〔第7.3図〕ベルゴニュークリア社のMOX燃料の年間加工実績（1986～2002年）



【出典】ベルゴニュークリア社、2003.

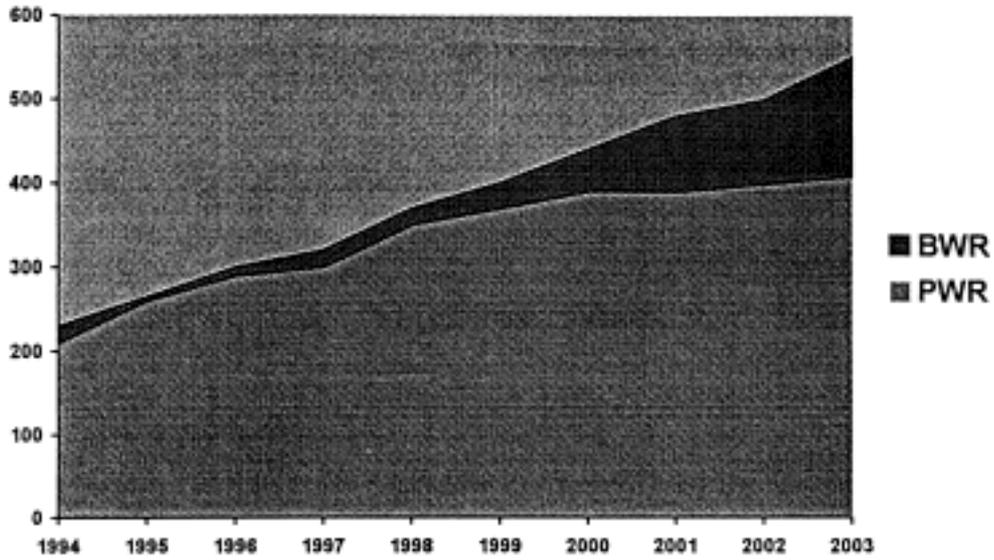
〔第7.4図〕ベルゴニュークリア社の供給国毎のMIMASプロセスによるMOX燃料の累積加工実績（1986～2002年）



【出典】ベルゴニュークリア社、2003.

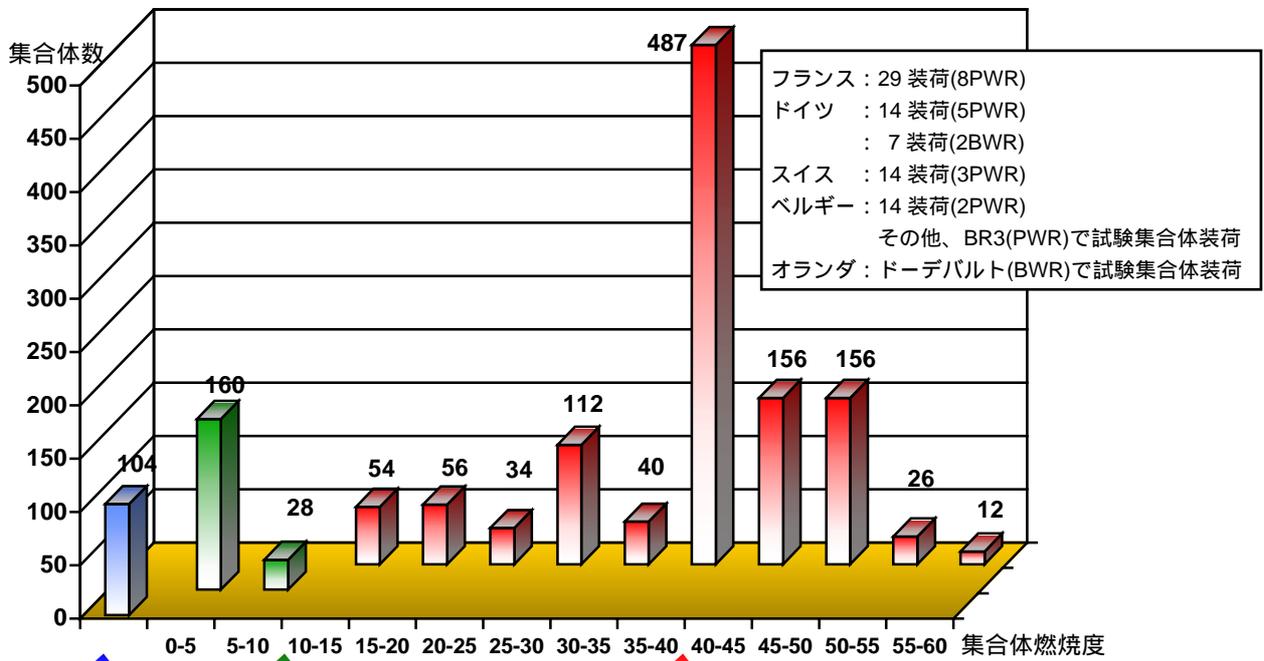
〔第7.5図〕ベルゴニュークリア社の2003年までのMOX燃料生産見通し

累積生産量(トン)



【出典】ベルゴニュークリア社資料

〔第7.6図〕MIMAS・MOX燃料の燃焼度実績(2002年12月現在)



出典：BN社資料、2003.02.

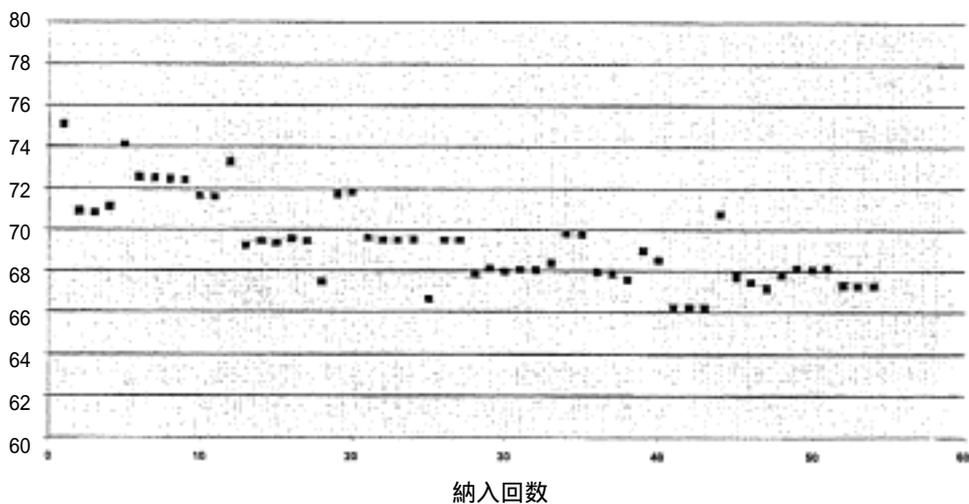
〔第7.12表〕MIMAS・MOX燃料集合体の各国軽水炉において商業的に
達成された燃焼度実績（2002年12月現在）

サイクル数						集合体数	
during 1° cycle	6				1 (51 GWd/t)	24 (59 GWd/t)	
	5	1 (53 GWd/t)		4 (49 GWd/t)	17	36 (50GWd/t)	
	4	3 (44 GWd/t)	24 (48 GWd/t)	79 (48 GWd/t)	58 (57 GWd/t)	36	
	3	8 (27.5 GWd/t)	376	44 (49 GWd/t)	85	16	28
	2	8		28	16	52	68
	1			8	16	28	48
				8	20		140
	フランス PWR SS clad	フランス PWR Zr4 clad	ベルギー PWR Zr4 clad	ドイツ PWR Zr4 clad	スイス PWR Zr4 clad	ドイツ BWR Zr2 clad	

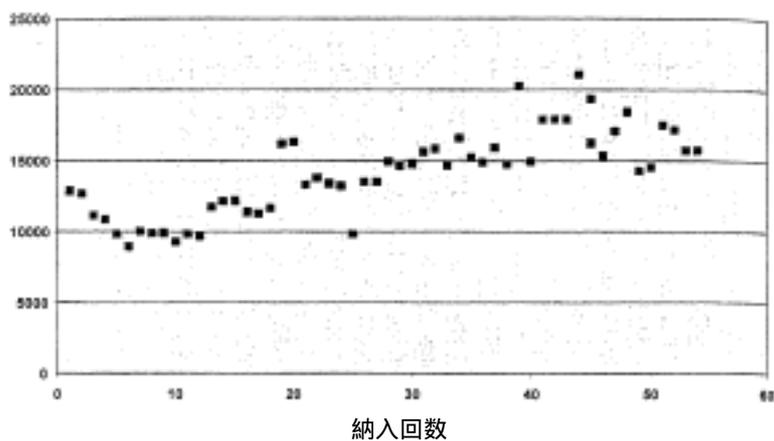
【出典】BN社資料、2003.02.

〔第7.7図〕ベルゴニュークリア社製MOX燃料のプルトニウム特性の変化
(1986~1998年)

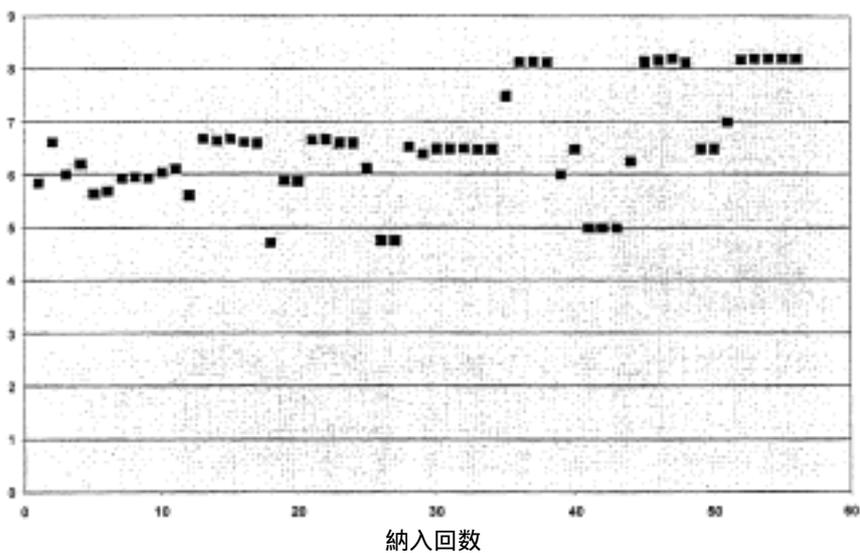
核分裂性プルトニウム (Pu fiss.) の含有率 (%)



アメリシウム (Am) の含有率 (ppm : Am / Pu)

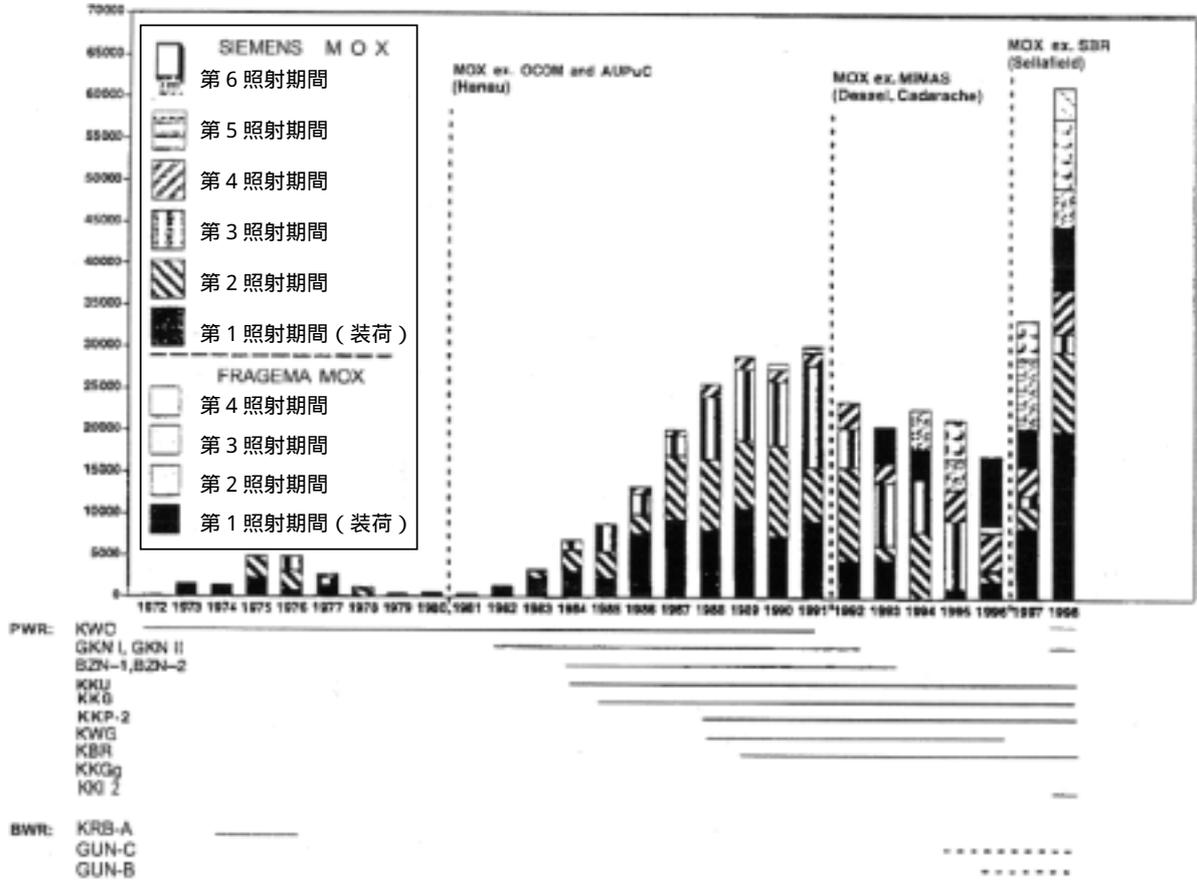


最大プルトニウム富化度 (%)



〔第7.8図〕 シーメンス社供給のMOX燃料装荷実績（1998年現在）

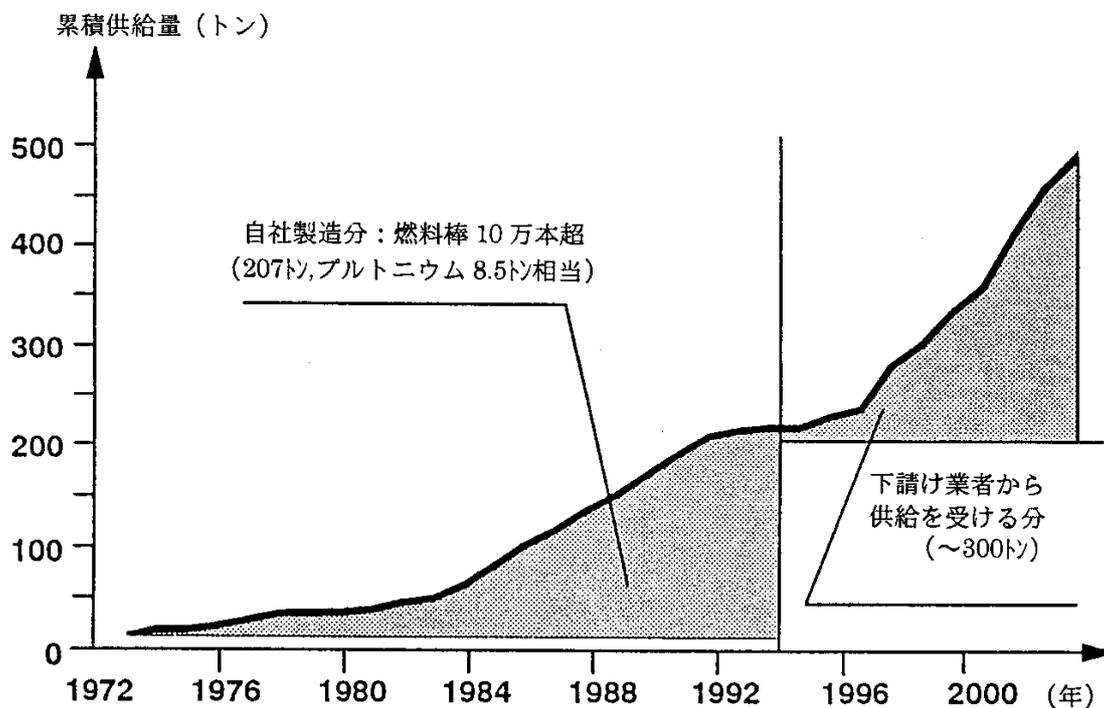
MOX燃料棒の本数



PWR : KWO	オブリヒハイム
GKN - 1 , GKN - 2	ネッカー1号機 , 2号機
BZN - 1 , BZN - 2	ベツノウ1 , 2号機
KKU	ウンターペーザー
KKG	グラーフラインフェルト
KKP - 2	フィリップスブルク2号機
KWG	グローンデ
KBR	ブロックドルフ
KKGg	ゲスゲン
KKI 2	イーザル2号機
BWR : KRB - A	グンドレミンゲンA号機
GUN - C	グンドレミンゲンC号機
GUN - B	グンドレミンゲンB号機

【出典】 W. Stach (Siemens KWU), "Advanced Mixed Oxide Fuel Assemblies with Higher Plutonium Content for Light Water Reactors", IAEA Symposium, 1999.5.17-21.

〔第7.9図〕シーメンス社によるMOX燃料累積供給量の推移（実績および見通し）



【出典】P.Urban, et al.(KWU), "Siemens - Competency in Design and Delivery of MOX Fuel Assemblies", International Seminar on MOX FUEL: Electricity Generation from Pu Recycling, Low Wood Hotel, Windermere, England, 1996.06.04.

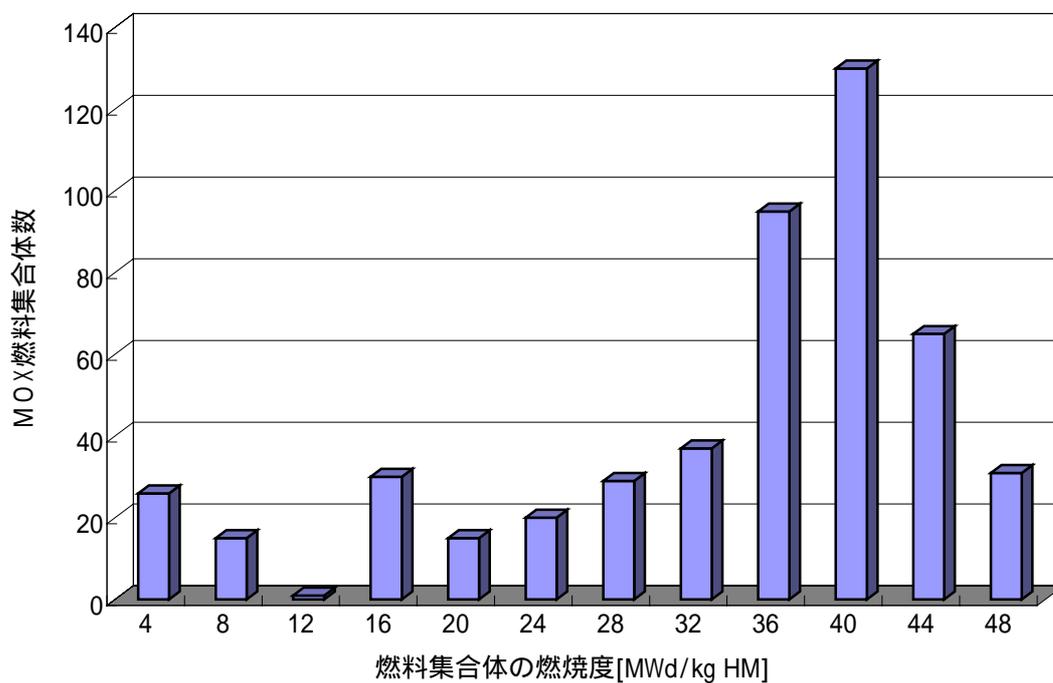
〔第7.13表〕シーメンス社の1998年4月までのMOX燃料加工・設計実績

原子炉		型式	初装荷年	累積体数 / 燃料棒数		最高燃焼度 [MWd / kgHM]
				[集合体数]	[燃料棒数]	
カール	(VAK)	6-0	1966	113*)	1,134	34**)
リンゲン	(KWL)	6-0	1970	1*)	15	26**)
グンドレミンゲン 1	(KRB-1)	6-0	1974	64	2,240	20**)
ピックロックポイント	(BRP)	9NS	1972	2*)	48	22
		11NS	1974	26*)	641	31
カールスルーエ	(MZFR)	37K-0	1972	8	296	14**)
オブリッヒハイム	(KWO)	14-16	1972	29	5,220	35
オブリッヒハイム	(KWO)	14-16	1981	33	5,940	37
ネッカー 1	(GKN-1)	15-20	1982	32	6,560	42
ゲスゲン	(KKGg)	15-20-1	1997	8	1,632	18
ウンターベーザー	(KKU)	16-20	1984	20	4,720	37
		16-20-4	1987	56	12,992	40
ゲラーフェンラインフェルト	(KKG)	16-20	1985	16	3,776	34
		16-20-4	1987	44	10,208	45
グローンデ	(KWG)	16-20-4	1988	32	7,424	43
フィリップスブルグ 2	(KKP-2)	16-20-4	1988	32	7,424	45
ブロックドルフ	(KBR)	16-20-4	1989	24	5,568	44
ネッカー 2	(GKN-2)	18-24-4	1998	8	2,368	0
ベツナウ 1	(BZN-1)	14-(16+1)	1997	4	716	10
ベツナウ 2	(BZN-2)	14-(16+1)	1984	56	10,024	40
グンドレミンゲン B	(GUN-B)	9-1	1996	100	6,800	23
グンドレミンゲン C	(GUN-C)	9-1	1995	16	1,088	28
合計				724	96,834	

*) 部分的なMOX燃料を含む **) ピーク・ペレット燃焼度  旧プロセスでの製造

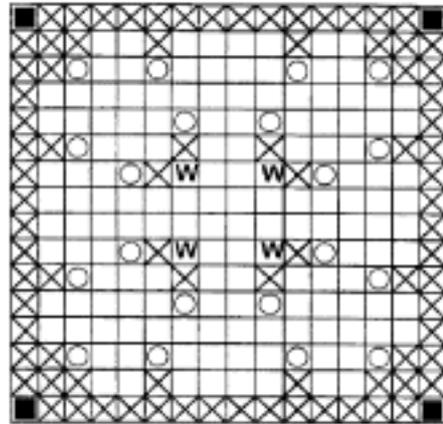
【出典】D.Bender et al. (KWU-Siemens), "Design and Manufacturing of Siemens MOX- and ERU- Fuel Assemblies", ENC'98, Nice, 1998.10.25 ~ 28.

〔第7.10図〕シーメンス社のMOX燃料集合体の燃焼度分布



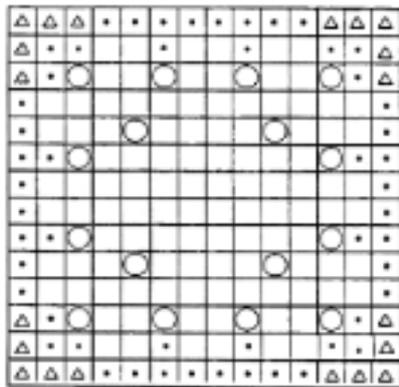
【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZJ, 2000.1.13.

〔第 7.11 図〕 シーメンス社の PWR 用 MOX 燃料設計 (1 / 2)



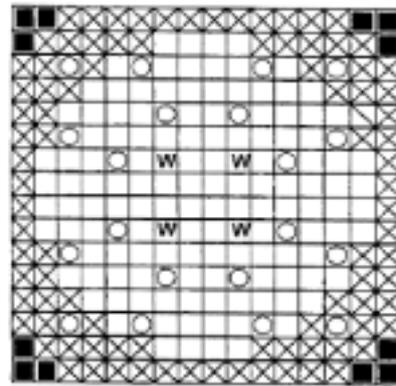
- 1.9 % Pu fiss
- ⊗ 2.3 % Pu fiss
- 3.3 % Pu fiss
- 案内管
- W ウォーター・ロッド

標準 MOX・FA 設計
(平均 2.91% Pu fiss、天然ウラン)



- △ 2.3% Pu fiss
- ⊗ 3.3% Pu fiss
- 4.3% Pu fiss
- 案内管

14×14 型 MOX・FA 設計
(平均 3.8% Pu fiss、天然ウラン)

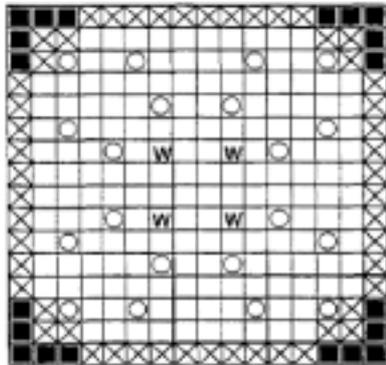


- 2.0% Pu fiss
- ⊗ 2.8% Pu fiss
- 4.1% Pu fiss
- 案内管
- W ウォーター・ロッド

16×16 型 MOX・FA 設計
(平均 3.48% Pu fiss、劣化ウラン)

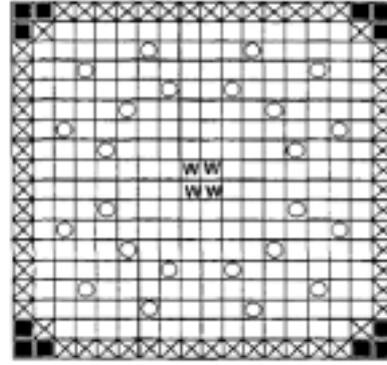
【出典】 W. Stach(Siemens KWU), "ADVANCED MIXED OXIDE FUEL ASSEMBLIES WITH HIGHER PLUTONIUM CONTENT FOR LIGHT WATER REACTORS", MOX Fuel Technologies for Medium and Long Term Deployment, IAEA-SM- 358/30, pp.389-398, Vienna, 17-21 May 1999.

〔第 7.11 図〕 シーメンス社の PWR 用 MOX 燃料設計 (2 / 2)



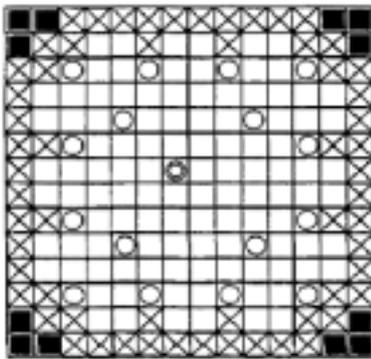
- 2.3% Pu fiss ○ 案内管
- ⊗ 3.4% Pu fiss ⊞ ウォーター・ロッド
- 4.7% Pu fiss

16×16 型 MOX・F A 設計
(平均 4.2% Pu fiss、劣化ウラン)



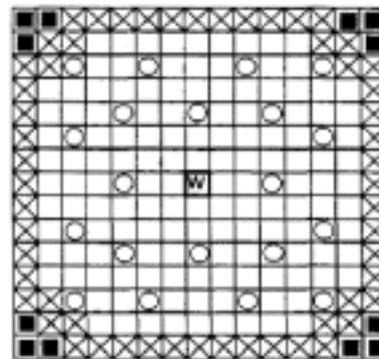
- 2.3% Pu fiss ○ 案内管
- ⊗ 3.3% Pu fiss ⊞ ウォーター・ロッド
- 5.0% Pu fiss

18×18 型 MOX・F A 設計
(平均 4.6% Pu fiss、天然ウラン)



- 2.8% Pu fiss ○ 案内管
- ⊗ 3.8% Pu fiss ⊞ 計装管
- 5.5% Pu fiss

14×14 型 MOX・F A 設計
(平均 4.75% Pu fiss、劣化ウラン)

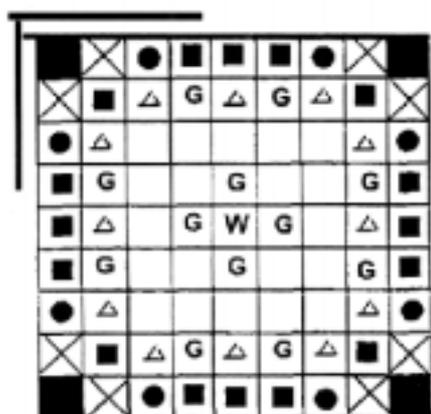


- 2.6% Pu fiss ○ 案内管
- ⊗ 3.5% Pu fiss ⊞ ウォーター・ロッド
- 5.5% Pu fiss

15×15 型 MOX・F A 設計
(平均 4.8% Pu fiss、劣化ウラン)

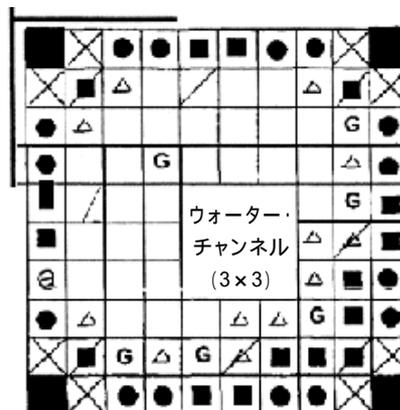
【出典】 W. Stach(Siemens KWU), "ADVANCED MIXED OXIDE FUEL ASSEMBLIES WITH HIGHER PLUTONIUM CONTENT FOR LIGHT WATER REACTORS", MOX Fuel Technologies for Medium and Long Term Deployment, IAEA-SM- 358/30, pp.389-398, Vienna, 17-21 May 1999.

〔第7.12図〕 シーメンス社のBWR用MOX燃料設計



- | | |
|-----------------|--|
| ■ 1.15% Pu fiss | △ 4.30% Pu fiss |
| ⊗ 1.70% Pu fiss | □ 5.52% Pu fiss |
| ● 2.30% Pu fiss | G 3.95% U-235
+1.25% Gd ₂ O ₃ |
| ■ 2.60% Pu fiss | W ウォーター・ロッド |

9×9-1型MOX・FA設計
(平均3.0% Pu fiss、劣化ウラン)

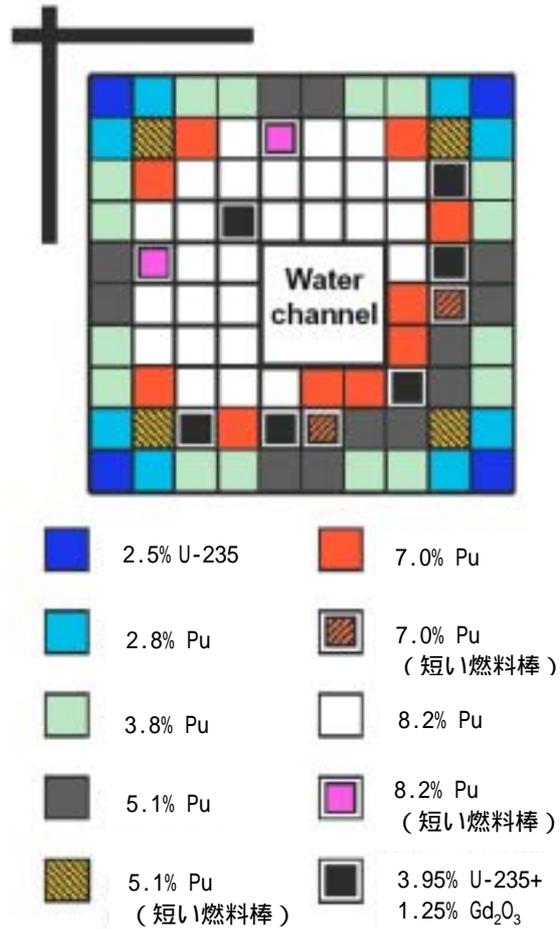


- | | |
|----------------------------|--|
| ■ 2.5% U-235 | △ 4.70% Pu fiss |
| ⊗ 1.85% Pu fiss | △ 4.70% Pu fiss
(短い燃料棒) |
| ● 2.55% Pu fiss | □ 5.52% Pu fiss |
| ■ 3.40% Pu fiss | □ 5.52% Pu fiss
(短い燃料棒) |
| ■ 3.40% Pu fiss
(短い燃料棒) | □ 5.52% Pu fiss
(短い燃料棒) |
| | G 3.95% U-235
+1.25% Gd ₂ O ₃ |

ATRIUM 10™型MOX・FA設計
(平均3.7% Pu fiss、劣化ウラン)

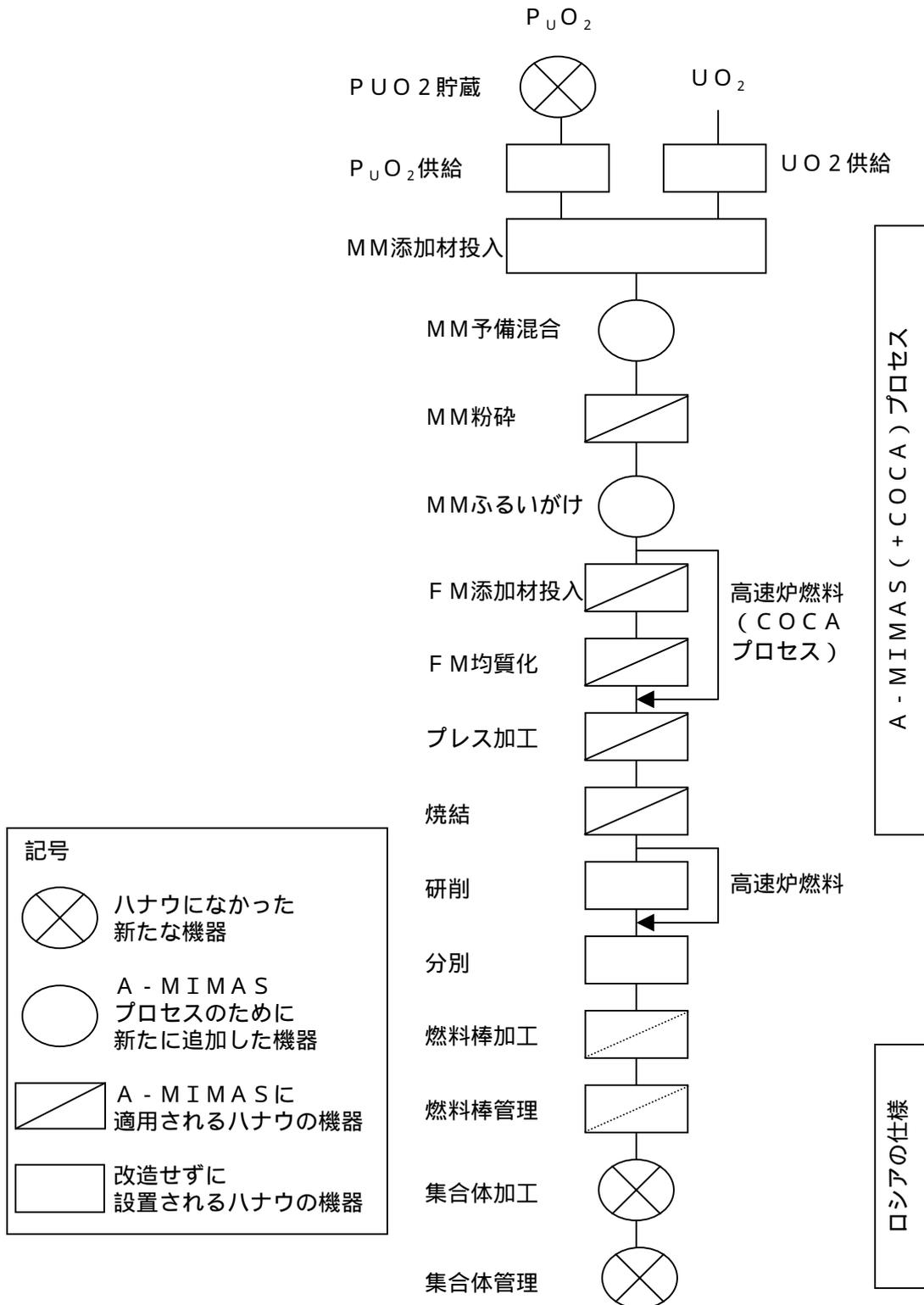
【出典】 W. Stach(Siemens KWU), "ADVANCED MIXED OXIDE FUEL ASSEMBLIES WITH HIGHER PLUTONIUM CONTENT FOR LIGHT WATER REACTORS", MOX Fuel Technologies for Medium and Long Term Deployment, IAEA-SM- 358/30, pp.389-398, Vienna, 17-21 May 1999.

〔第 7.13 図〕 シーメンス社の BWR 用 ATRIUM10MOX 燃料集合体設計



出典：Plutonium Management in the Medium Term: A Review by the OECD/NEA Working Party on the Physics of Plutonium Fuels and Innovative Fuel Cycles (WPPR), OECD/NEA,2003.

〔第7.14 図〕 ロシアに建設が予定されているW-Pu・MOX燃料加工施設 (DEMOMOX) のプロセス・フロー



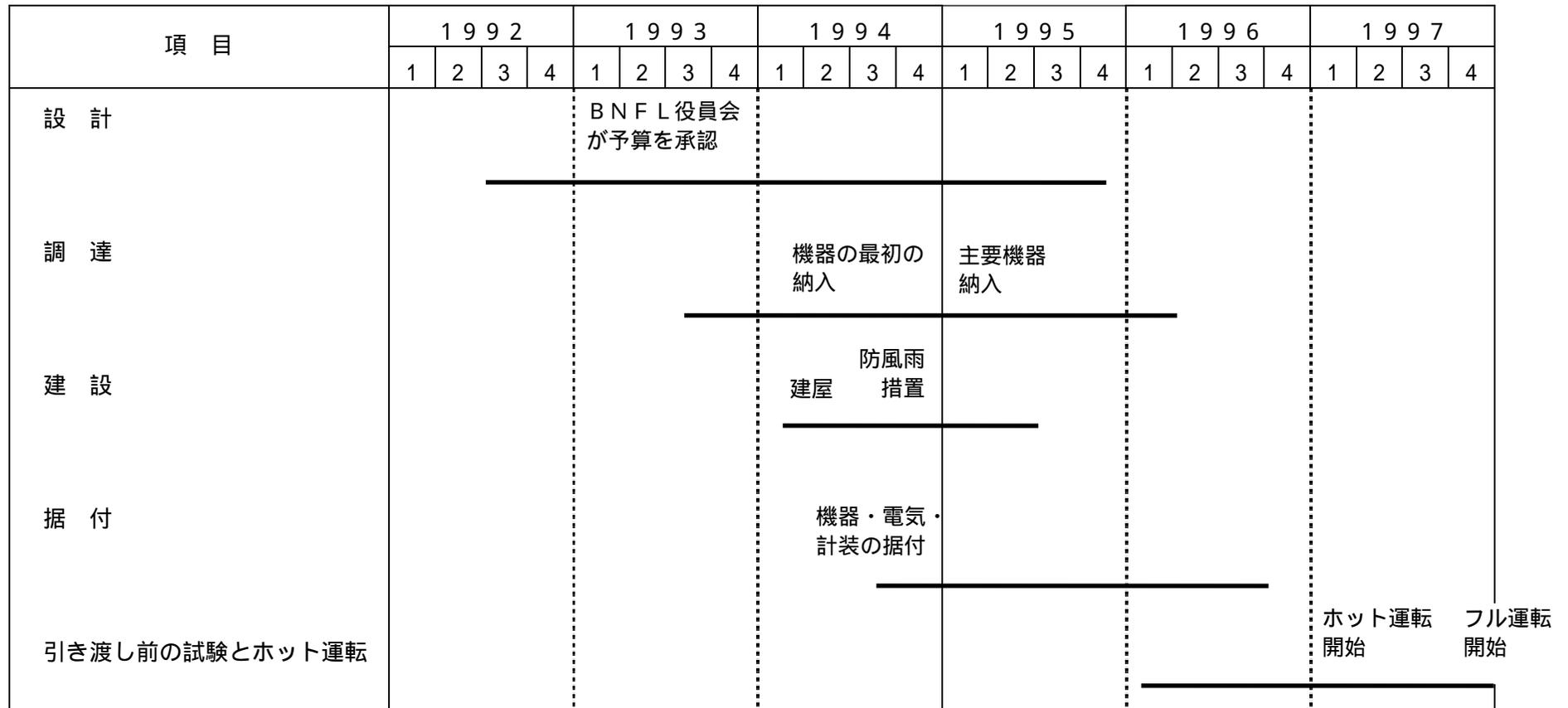
【出典】 Y.Kolotilov (Russia), H.Meffin (Siemens), L.Gaitte(COGEMA), L.Cret(SGN), "DEMOMOX - Recycling of Russian W-Pu in MOX Fuel", RECOD '98,1998.10.25~28.

〔第7.14表〕英国のMOX実証施設（MDF）の運転までの経緯（1994年現在）

年 月	事 項
1990年3月	全体プログラム計画立案
8月	最終プログラム承認
11月	計画許可取得
1991年7月	プラントおよび機器の据付許可取得
9月	建屋完成
1992年5月	建屋内部の改造完了
6月	機器調達完了
7月	運転許可取得
12月	機器据付完了
1993年1月	施設がAEAテクノロジー燃料サービス部へ移管
5月	ウラン試験開始
10月	プルトニウムをプラントへ導入 MOX燃料の試験加工を実施
1994年2月	性能検定プログラム終了
1994年中頃	スイスのベツナウ1号機にMOX燃料を装荷

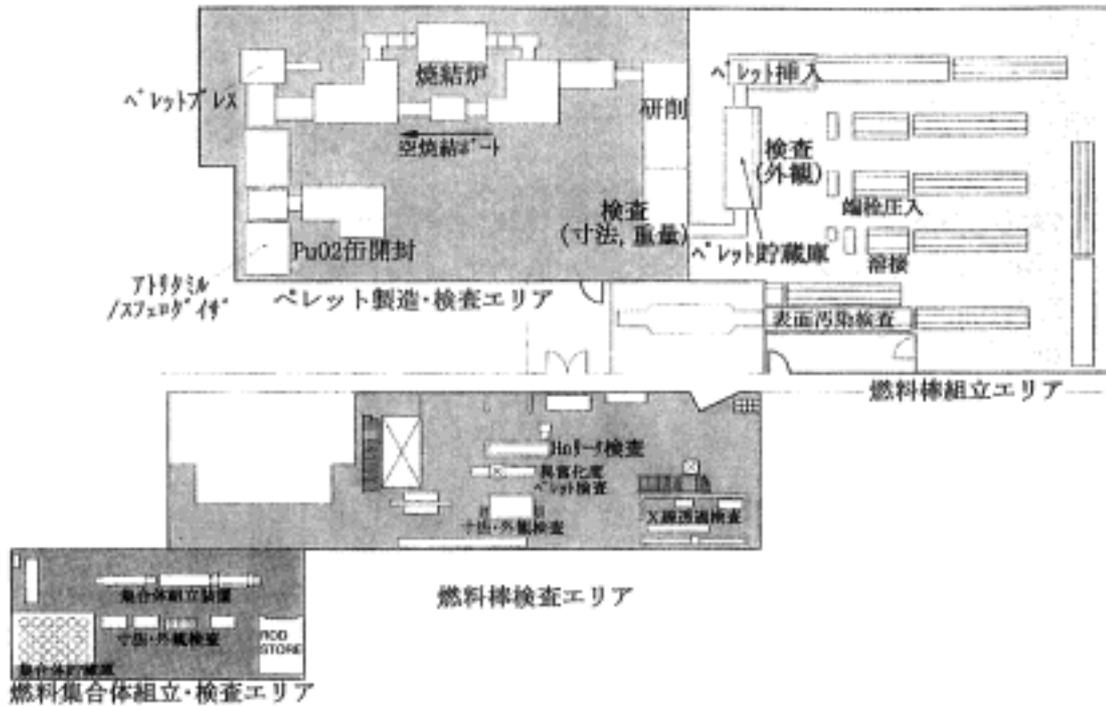
【出典】RECOD'94, 1994.4.24-28 / AEA Technology, BNFL
A. Roberts (BNFL), "Progress in MOX Fuels Fabrication",
Global '97, 1997.10.05~10.

〔第7.15図〕英国のセラフィールドMOXプラント（SMP）の建設スケジュール（1995年初め現在）



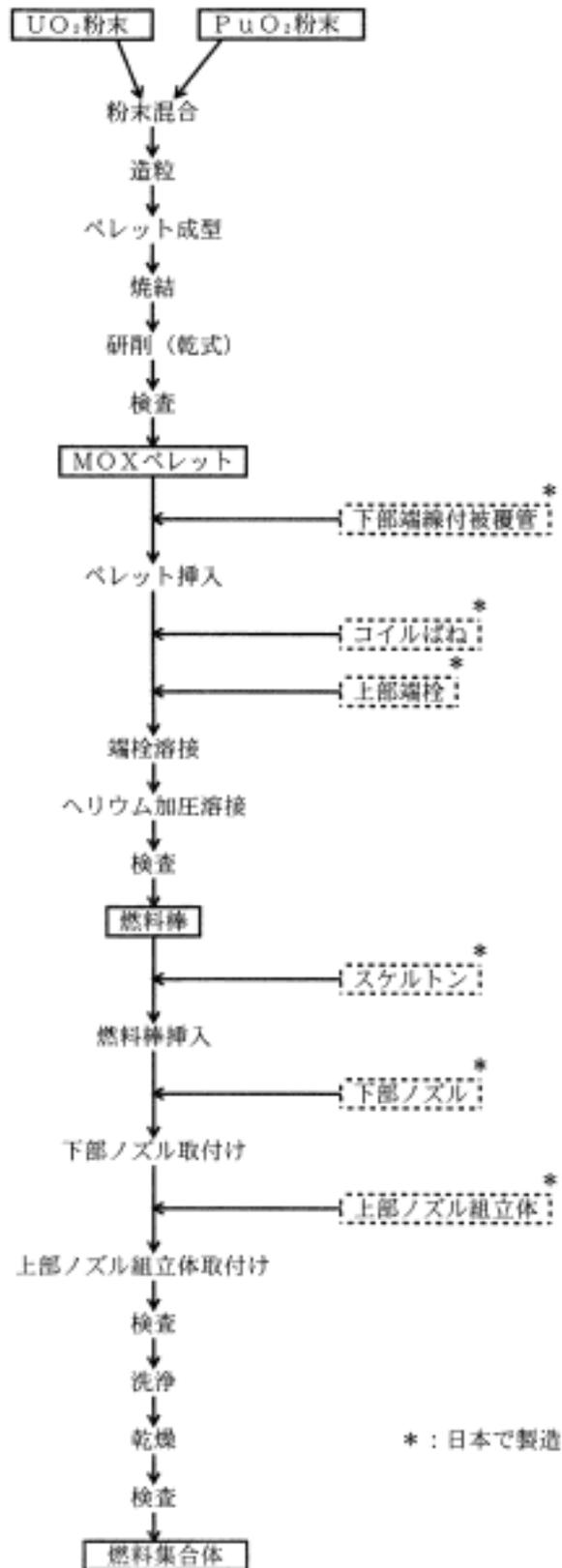
【出典】BNLF/AEA MOX Fuel Capabilities : Presentation, 1993.12

〔第 7.16 図〕 MDF のレイアウト



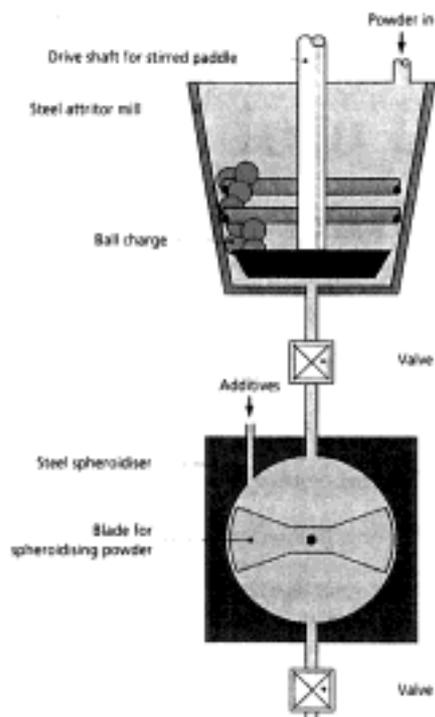
【出典】三菱重工業（株）、核燃料、日本原子力学会、1999.12.

〔第 7.17 図〕 MOX 燃料の製造プロセス



【出典】関西電力（株）、核燃料、日本原子力学会、1999.6.

〔第7.18図〕 MDFのMOX混合・造粒装置



【出典】三菱重工業（株）、核燃料、日本原子力学会、1999.12.

〔第7.19図〕 MDFでのMOX燃料加工のための準備作業と加工のスケジュール

項目	H5年	H6年	H7年	H8年	H9年	H10年	H11年
BNFL資格認定予備調査	[Bar]						
MOX燃料製造データ評価	[Bar]						
ペレットロータビリティテスト		[Bar]					
MDF書類、システム審査			[Bar]				
燃料集合体組立装置製作				[Bar]			
燃料集合体組立実証					[Bar]		
燃料部材製造、輸送				[Bar]			
燃料ホルダー製作、輸送						[Bar]	
MOX燃料加工 最初の8体						[Bar]	
2回目の8体							[Bar]

【出典】関西電力（株）、核燃料、日本原子力学会、1999.6.

〔第7.15表〕MDFにおけるMOX燃料検査と通常のウラン燃料検査との比較

項目	MOX燃料	ウラン燃料
I. ベレット		
1. 不純物	○	○
2. ウラン濃縮度	○	○
3. 寸法（外径）	○	○
4. 密度	○	○
5. 外観	○	○
6. 化学成分		
UorU+Pu+ ²⁴¹ Am	○	○
0/U比or0/M	○	○
7. Pu富化度	○	-
8. Pu均一度	○	-
II. 燃料棒		
1. 寸法		
全長	○	○
プレナム長さ	○	○
溶接部外径	○	○
2. わん曲（真直度）	○	○
3. 外観	○	○
4. 表面汚染	○	○
5. ヘリウム漏えい	○	○
6. 溶接部の健全性	○	○
III. 燃料集合体		
1. 寸法		
燃料要素間隔	○	○
全長	○*	○
エンベロープ	○	○
直角度	○	○
下部ギャップ	○	○
上部ギャップ	○	-**
2. 外観	○	○

○：検査実施 -：検査なし

*：MOX燃料の燃料集合体全長は、MOX燃料発熱による熱膨張を考慮し、組立工程での管理・実測結果等から算出する。

**：ウラン燃料では、下部ギャップについて、Go-NoGo検査を行っているが、MOX燃料は上部、下部ギャップについてGo検査を行う。

【出典】関西電力（株）、核燃料、日本原子力学会、1999.6.

〔第7.16表〕英国原子燃料公社（BNFL）の初期の熱中性子炉用MOX燃料加工実績

国/原子炉	集合体数	Pu富化度 (%)	被履管材料	MOX (kg)	燃焼度 (GWd/t) 計画 (実際)
英国					
WAGR	4	1.39	ステンズ鋼	66	12 (20)
WAGR	1	1.6	ステンズ鋼	132.5	18 (10)
SGHWR	1	1.8	ジルコイ	216	20 (12)
ベルギー					
BR3	1	6.0/7.0	ステンズ鋼	16	25 (45)
ドイツ					
カール	1	1.73	ジルコイ2	62.5	11 (16)
イタリア					
ガリアーノ	8	1.4/2.85	ジルコイ2	1800	20 (25)
スウェーデン					
アジェスタ	4	2.0	ジルコイ2	530	5.5 (12)

【出典】BNFL / AEA MOX Fuel Capabilities : Presentation, 1993.12

〔第7.17表〕米国メーカー製MOX燃料加工実績（1988年現在）

	原子炉名	炉型	MOX燃料 製造メーカー	使用期間・実績
米 国	San Onofre-1	PWR	W H	
米 国	Saxton	PWR	W H	1965～1972年
イタリア	Trino	PWR	W H	1976～1985年
スイス	Garigliano	BWR	GE - BN	1968～1979年
米 国	Beznau-1	PWR	W H	1978～1981年
米 国	Quad Cities-1	BWR	G E	燃焼度 24,000Mwd/トン (集合体)、34,000Mwd/トン (ペレット)達成
米 国	Big Rock Point	BWR	ENC - GE	燃焼度 28,000Mwd/トン (集合体)、31,000Mwd/トン (ペレット)達成 1969～1979年
米 国	Dresden-1	BWR	UNC-GUNF	1970～1977年
日 本	美浜1号	PWR	W H	1988年3月～

【出典】IEAJまとめ

〔第7.18表〕ロシアのMOX燃料加工施設

施設	加工プロセス	装荷炉	加工実績(トン)	加工能力(年産)
PAKET (チェリャビンスクの マヤク)	UO ₂ -PuO ₂ を機械的混合し、ペ レットに成形	BR5 BN-350 BN-600	3,800本：1トン 1,778本 } 1トン 1,524本 }	～1996年： 300kg/年(10～12集合体/年) 1997年以降： 1トン/年(30～40集合体/年)
RIAR (デイトロフグラード)	ビプロ・バックド燃料	BOR-60 BN-350 BN-600	12,800本 } 254本 } 1.8ト ン } 762本 }	1トン/年
Complex-300 (チェリャビンスク)	UO ₂ -PuO ₂ を30%Pu/HMに混合 (主混合)した後、二次混合、 予備圧縮、造粒、ペレット成 形を行う	BN-600 BN-800 VVER-1000 (現在評価中)	-	60トン/年 (50%建設済、現在延期中)

【出典】Management of Separated Plutonium: The Technical Options, OECD / NEA, 1997.

〔第7.19表〕日本の商業MOX燃料加工プラント

位 置	青森県上北郡六ヶ所村（再処理事業所内、再処理工場隣接地点）
最大加工能力	130 トン HM / 年
建設費	約 1,200 億円
運開（予定）	2009年4月頃 （工事開始：2004年4月頃）
主建屋	約 70m × 約 70m 延床面積 約 2 万㎡
操業人員	約 300 人
原料MOX粉末	六ヶ所再処理工場で回収されるMOX粉末 （MOX粉末は、プルトニウム：ウラン = 1：1の混合酸化物粉末）
希釈用ウラン	劣化ウラン （劣化ウランは、ウラン濃縮施設での濃縮ウラン生産に伴い発生する。 劣化ウランで原料MOX粉末を希釈し、所定の富化度とする。）
製品燃料	軽水炉用（PWR、BWR）MOX燃料

〔第7.20表〕OECD/NEAによるOECD各国の燃料加工需給（2002年現在）

1. 各国の燃料加工能力

単位：ト・重金属/年

国	燃料の種類	2002(実績)	2003	2005	2010	2015	2020
カナダ	HWR	2,750	2,750	2,950	3,450	3,450	3,450
米国	BWR	1,200	1,200	N/A	N/A	N/A	N/A
	PWR	2,250	2,250	N/A	N/A	N/A	N/A
ベルギー	PWR	400	400	400	400	N/A	N/A
	PWR MOX	35	35	35	N/A	N/A	N/A
フランス	PWR	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
	MOX	140	145	145-195	195	195	195
	FBR	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ドイツ	LWR	650	650	650	650	650	650
スペイン	BWR	100	100	150	150	150	150
	PWR	200	200	250	250	250	250
スウェーデン	LWR	600	600	600	N/A	N/A	N/A
英国	GCR	N/A	1,000	1,000	N/A	N/A	N/A
	その他	N/A	260	260	260	260	N/A
	MOX	N/A	N/A	120	120	120	120
日本	LWR	1,674	1,674	1,724	1,724	1,724	1,724
	MOX	10	10	10	140	140	140
	FBR MOX	5	5	5	5	5	5
韓国	PWR	400	400	400	550	550	550
	HWR	400	400	400	400	400	400

2. 各国の燃料加工需要

単位：ト・重金属/年

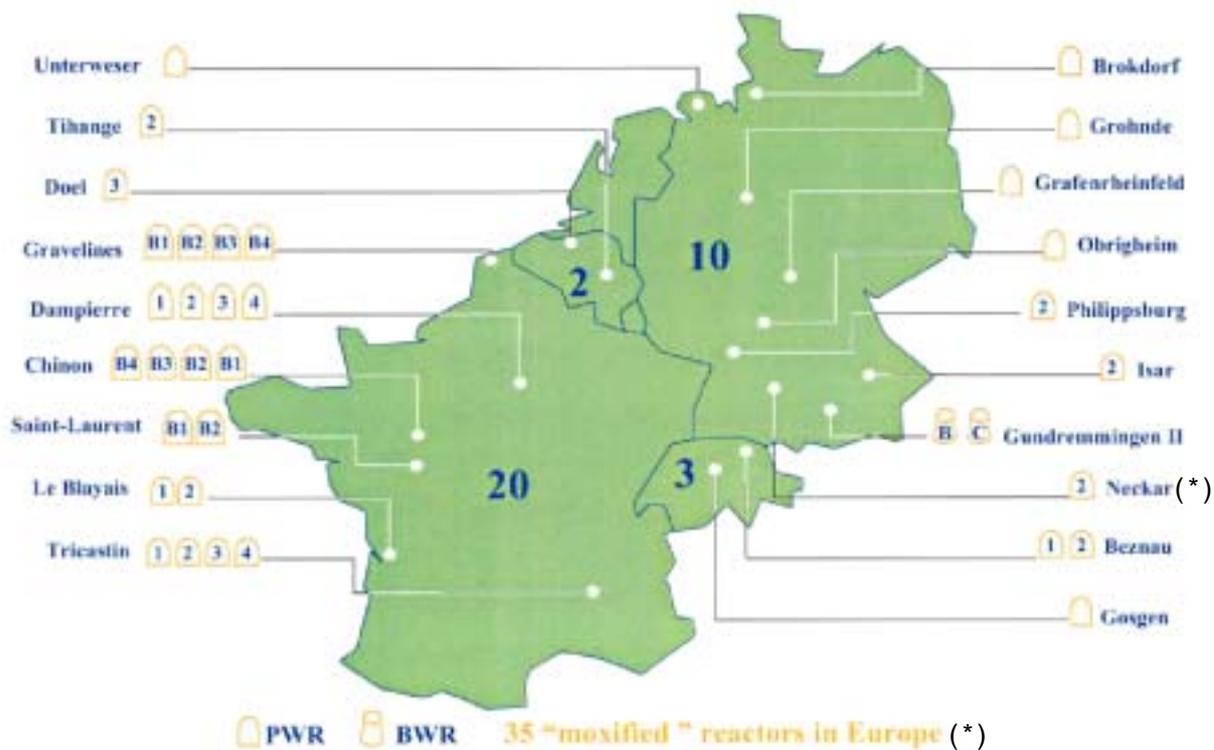
国	燃料の種類	2002(実績)	2003	2005	2010	2015	2020
カナダ	HWR	1,400	1,400	2,150	2,150	2,150	2,150
メキシコ	BWR	20	19	22	43	21	22
米国	PWR/BWR	2,156	2,243	2,129	2,166	2,179	2,179-2,314
ベルギー	PWR	105	110	122	125	85-125	85-125
	PWR MOX	4	4	3	N/A	N/A	N/A
チェコ	PWR	40	82	78	77	77	77
フィンランド	BWR	45	44	40	40	40	40
	PWR	26	26	25	50	50	50
フランス		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ドイツ	BWR	190	190	190	180	90	0
	PWR	230	220	215	180	120	50
ハンガリー	PWR	46	50	43	43	43	43
オランダ	PWR	10	10	10	10	0	0
スペイン	BWR	30	30	30	30	30	15
	PWR	105	105	100	100	100	100
スウェーデン	BWR	180	180	180	180	180	180
	PWR	60	60	60	60	60	60
スイス	LWR	31	31	30	30	30	30
	LWR MOX	16	16	18	18	18	18
英国	PWR	37	36	36	36	N/A	N/A
	GCR	223	233	240	240	70	70
日本	LWR	800	990	960	1,220	N/A	N/A
韓国	PWR	324	344	305	547	377	470
	HWR	380	400	400	400	300	300

【出典】Nuclear Energy Data, 2004,OECD/NEA

MOX燃料利用の実績および計画

- [第8.1図] 欧州におけるMOX装荷炉一覧(2002年末現在)
- [第8.1表] 各国の軽水炉におけるMOX燃料の使用実績(2003年12月末現在)
- [第8.2表] 世界のMOXリサイクル状況(1999年初め現在)
- [第8.3表] 世界のMOX装荷実績(1999年初め現在)
- [第8.4表] 各国毎のMOX装荷許可条件の比較(1999年初め現在)
- [第8.5表] 商業軽水炉におけるMOX装荷実績(1981~2000年末)
- [第8.6表] 軽水炉における商業MOX装荷許可の取得状況
- [第8.7表] 1960年代から現在までの欧州の商業軽水炉におけるMOX装荷実績
- [第8.2図] 仏電力公社(EDF)のMOX装荷炉(2004年末現在、合計20基)
- [第8.8表] 仏電力公社(EDF)の90万kW級PWRにおける プルトニウム・リサイクル計画
- [第8.9表] EDFのMOX燃料装荷状況(1987~1998年)
- [第8.10表] EDFのMOX燃料装荷状況(1987~2002年)
- [第8.11表] EDFのMOX炉心管理計画
- [第8.3図] EDFのハイブリッド炉心管理の代表的な炉心配置
- [第8.4図] EDFのハイブリッド炉心管理で使用される代表的なMOX集合体(17×17 AFA-2G型)
- [第8.12表] ドイツの原子炉のMOX燃料装荷許可取得と実際の装荷状況(2004年現在)
- [第8.13表] ドイツの原子炉におけるMOX燃料の利用状況(1999年2月現在)
- [第8.14表] ドイツの原子炉のMOX燃料装荷状況
- [第8.15表] ドイツ電力会社の プルトニウム・リサイクル計画(既存のMOX燃料装荷許可、2000年8月31日現在のPu在庫量・予測発生量に基づく)
- [第8.16表] ドイツ電力会社の既存のMOX燃料加工契約(2000年8月31日現在)
- [第8.17表] ドイツの原子炉のプルトニウム在庫量および将来の発生量(2000年8月31日現在)
- [第8.18表] ドイツの電力各社のプルトニウム・インベントリ
- [第8.19表] 既存の運転許可に基づくプルトニウム削減スケジュール
- [第8.20表] ベツナウ発電所におけるMOXリサイクル・プログラム
- [第8.21表] ベツナウ1号機のMOX燃料装荷実績
- [第8.22表] ベツナウ2号機のMOX燃料装荷実績
- [第8.23表] ゲスゲン発電所のMOX燃料装荷実績
- [第8.24表] スイスの各原子力発電所のPu予想回収量
- [第8.5図] スイスのベツナウの14×14型MOX燃料集合体
- [第8.6図] ベツナウにおけるUO₂-MOX平衡炉心の装荷パターン
- [第8.25表] チアンジュ2号機とドール3号機のMOX燃料装荷実績
- [第8.26表] チアンジュ2号機/ドール3号機の初期のMOX燃料炉心管理
- [第8.7図] チアンジュ2号機/ドール3号機用MOX燃料集合体
- [第8.8図] チアンジュ2号機/ドール3号機の炉内MOX燃料集合体装荷パターン
- [第8.27表] フランス、ベルギー、ドイツおよびスイスのMOX燃料の炉心管理/仕様の比較
- [第8.28表] 米国における過去のMOX装荷実績(1960年代~1985年)
- [第8.29表] OECD域内のプルトニウム需要(2001年現在)
- [第8.30表] 日本のプルスーマル計画と実証成果

〔第 8.1 図〕 欧州における MOX 装荷炉一覧（2002 年末現在）



【出典】COGEMA

[第 8.1 表] 各国の軽水炉における MOX 燃料の使用実績 (2 0 0 3 年 1 2 月 末 現 在)

国名	発電所名	炉型	出力 (Mwe) (Gross)	全炉心 体数	商業運転 開始	原子炉 閉鎖	MOX 装荷期		2003年 装荷体数	2003年 各国装荷体数	2003年までの 各国累積装荷体数	2003年までの 各国累計
							から	まで				
日本	Tsuruga 1	BWR	357	308	03/70	運転中	1986	1990	0		2	6
	Mihama 1	PWR	340	121	11/70	運転中	1988	1991	0	0	4	
ベルギー	BR3 Mol	PWR	12	73	10/62	06/87	1963	1987	0		177	297
	Doel 3	PWR	945/1,056	157	10/82	運転中	1995	装荷中	8		72	
	Tihange 2	PWR	955/941	157	06/83	運転中	1995	装荷中	0	8	48	
フランス	La Blayais 1	PWR	951	157	12/81	運転中	1997	装荷中	0		56	2,030
	La Blayais 2	PWR	951	157	02/83	運転中	1994	装荷中	0		96	
	Chinon B1	PWR	919	157	02/84	運転中	2000	装荷中	8		32	
	Chinon B2	PWR	919	157	08/84	運転中	1999	装荷中	8		40	
	Chinon B3	PWR	970	157	03/87	運転中	1999	装荷中	16		64	
	Chinon B4	PWR	970	157	03/88	運転中	1998	装荷中	16		72	
	Dampierre 1	PWR	937	157	09/80	運転中	1990	装荷中	8		136	
	Dampierre 2	PWR	937	157	02/81	運転中	1993	装荷中	8		96	
	Dampierre 3	PWR	937	157	05/81	運転中	1998	装荷中	8		56	
	Dampierre 4	PWR	937	157	11/81	運転中	1998	装荷中	8		56	
	Gravelines B1	PWR	951	157	12/80	運転中	1997	装荷中	16		72	
	Gravelines B2	PWR	951	157	12/80	運転中	1998	装荷中	8		56	
	Gravelines B3	PWR	957	157	06/81	運転中	1989	装荷中	16		192	
	Gravelines B4	PWR	957	157	10/81	運転中	1989	装荷中	8		144	
	St. Laurent B1	PWR	921	157	08/83	運転中	1987	装荷中	8		216	
	St. Laurent B2	PWR	921	157	08/83	運転中	1988	装荷中	8		184	
	Tricastin 1	PWR	955	157	12/80	運転中	1997	装荷中	16		96	
	Tricastin 2	PWR	955	157	12/80	運転中	1996	装荷中	16		120	
	Tricastin 3	PWR	955	157	05/81	運転中	1996	装荷中	16		128	
	Tricastin 4	PWR	955	157	11/81	運転中	1997	装荷中	16		96	
Chooz/SENA	PWR	320	112		10/91	1974	1991	0	208	22		
ドイツ	Kahl VAK	BWR	16	88	02/62	11/85	1966	1985	0		113	1,644
	Lingen	BWR	268	284	10/68	01/77	1970	1972	0		1	
	Gundremm A	BWR	250	368	04/67	01/80	1974	1980	0		64	
	Gundremm B	BWR	1344	784	07/84	運転中	1996	装荷中	64		340	
	Gundremm C	BWR	1344	784	01/85	運転中	1995	装荷中	48		168	
	GKN Neckar 1	PWR	840	177	12/76	運転中	1982	1992	0		32	
	GKN Neckar 2	PWR	1365	193	04/89	運転中	1998	装荷中	12		68	
	Grafenrheinfeld	PWR	1345	193	06/82	運転中	1985	装荷中	16		108	
	Isar 2	PWR	1,390/1,440	193	04/88	運転中	1998	装荷中	16		80	
	KK Obrigheim	PWR	357	97	03/69	運転中	1972	装荷中	0		78	
	Brokdorf	PWR	1365	193	12/86	運転中	1989	装荷中	16		168	
	Grohnde	PWR	1,366/1,430	193	02/85	運転中	1988	装荷中	16		108	
	Unterweser	PWR	1300	193	09/79	運転中	1984	装荷中	16		172	
	Philippsburg 2	PWR	1,349/1,424	193	04/85	運転中	1988	装荷中	20	224	144	
スイス	Beznau 1	PWR	364/380	121	12/69	運転中	1978	装荷中	0		108	304
	Beznau 2	PWR	364/380	121	03/72	運転中	1984	装荷中	0		84	
	Gosgen	PWR	1020	177	11/79	運転中	1997	装荷中	24	24	112	
インド	Tarapur 1	BWR	210/160	284	11/69	運転中	1994	2000	0		2	10
	Tarapur 2	BWR	210/160	284	11/69	運転中	1996	2000	0	0	8	
イタリア	Garigliano	BWR	160	208	06/64	03/82	1968	1981	0		62	70
	Trino Vercellese	PWR	270	112		07/90	1975	1978	0	0	8	
オランダ	Dodewaard	BWR	54/58	164	01/69	03/97	1971	1987	0	0	7	7
スウェーデン	Oskarshamn 1	BWR	460/465	448	02/72	運転中	1974	1979	0	0	3	3
米国	Dresden 1	BWR	210	464	07/60	10/78	1967	1976	0		15	91
	Big Rock Point	BWR	75	84	11/65	08/97	1969	1978	0		53	
	Quad Cities 1	BWR	833	724	02/73	運転中	1974	1981	0		5	
	Saxton	PWR	4	21		05/72	1965	1972	0		10	
	San Onofre 1	PWR	456	157	01/68	11/92	1970	1973	0		4	
	R E Ginna	PWR	498	121	07/70	運転中	1980	1985	0	0	4	
合計										464	4,462	

出典：平成 1 5 年度 核燃料サイクル関連技術調査報告書、IAE-C0311、エネルギー総合工学研究所、2004.03

〔第8.2表〕世界のMOXリサイクル状況（1999年初め現在）

国	運転中の原子炉		MOX装荷許可炉		MOX装荷炉		
	炉型	PWR	BWR	PWR	BWR	PWR	BWR
フランス		57	0	20	0	17	0
ドイツ		14	6	10	2	9	2
ベルギー		7	0	2	0	2	0
スイス		3	2	3	1	3	0
日本		23	28	1	1	0	0
小計		104	36	36	4	31	2
合計		140		40		33	

【出典】J. L. Provost (EDF), M. Schrader (RWE), S. Nomura(JNC) "MOX Fuel Fabrication and utilization in LWRs Worldwide", IAEA Symposium of MOX Fuel Cycle Technologies for Medium and Long Term Deployment, Vienna, 1999.5.17-21.

〔第8.3表〕世界のMOX装荷実績（1999年初め現在）

国	MOX装荷		プルトニウム 利用 tHM (推定)	MOX装荷炉数
	tHM (推定)	集合対数		
フランス	450	1000	23	17 PWR
ドイツ	210	800	12	9 PWR 2 BWR
スイス	60	160	3	3 PWR
ベルギー	30	70	2	2 PWR
合計	750	2030	40	33

【出典】J. L. Provost (EDF), M. Schrader (RWE), S. Nomura(JNC), "MOX Fuel Fabrication and utilization in LWRs Worldwide", IAEA Symposium of MOX Fuel Cycle Technologies for Medium and Long Term Deployment, Vienna, 1999.5.17-21.

〔第8.4表〕各国毎のMOX装荷許可条件の比較（1999年初め現在）

国	炉内のMOX装荷率	最大Pu fiss 富化度 (%)	最大燃焼度 (Gwd/t)
フランス	30%	5.3 (Pu total)	40
ドイツ	50%	4.65	48
ベルギー	1/5	7.7 (Pu total)	
スイス	40%	5.5	50
日本	1/3	8 (13% Pu total)	45

【出典】J. L. Provost (EDF), M. Schrader (RWE), S. Nomura(JNC), "MOX Fuel Fabrication and utilization in LWRs Worldwide", IAEA Symposium of MOX Fuel Cycle Technologies for Medium and Long Term Deployment, Vienna, 1999.5.17-21.

〔第8.5表〕商業軽水炉におけるMOX装荷実績（1981～2000年末）

国/炉型 (集合体型式)	MOX装荷 許認可取得炉数	装荷体数	最高Pu tot(Pu fiss) 富化度(集合体平均) /混合ウラン	最高燃焼度 (集合体) [Gwd/tHM](*)
ベルギー PWR(17×17-24)	2	96	7.5(4.9)/U tails	47.7
フランス PWR(17×17-24)	20	1,400	6.7(4.5)/U tails	40.0
ドイツ PWR(18×18-24)	2	72	6.9(4.6)/U tails	43.4
PWR(16×16-20)	5	504	6.3(4.2)/U tails	49.0
PWR(15×15-20)	1	32	4.3(3.0)/U tails	42.0
PWR(14×14-16)	1	45	5.6(3.8)/U tails	37.0
BWR(9×9-1,10×10-9Q)	2	212	5.4(3.6)/U tails	50.5
インド BWR(6×6-1)	2	10		16.0
スイス PWR(15×15-20)	1	68	7.3(4.8)/U tails	51.0
PWR(14×14-17)	2	152	6.2(4.1)/U tails	40.0

(*)先行試験集合体ではなく、通常装荷時のデータ。

【出典】Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS415, IAEA, 2003.05.

〔第 8.6 表〕軽水炉における商業MOX装荷許可の取得状況

国	MOX装荷 許認可 取得炉数	1装荷当りの MOX集合体数	炉心のMOX 集合体装荷率 [%]	最高 Putot/Pufiss [重量%]	最高燃焼度 (集合体平均) [Gwd/tHM]
ベルギー	2(PWR)	制限なし	24	制限なし	50
フランス	20(PWR)	16	31	濃縮度 3.25%相当	3 サイクル燃料交換での最高燃焼度
ドイツ(*)	9(PWR) 2(BWR)	24 68	50 38	制限なし / 4.65 制限なし / 4.04	一般的な制限なし 一部の炉では 55MWd/kg (燃料棒) の暫定的制限あり
日本	2(PWR) 2(BWR)	制限なし 制限なし	25 44	濃縮度 4.1%相当 濃縮度 3.0%相当	45 40
スイス(*)	3(PWR)	16	40	制限なし / 4.8	制限なし

(*) 炉毎の許可要件があり、ここでは最大値を示す。

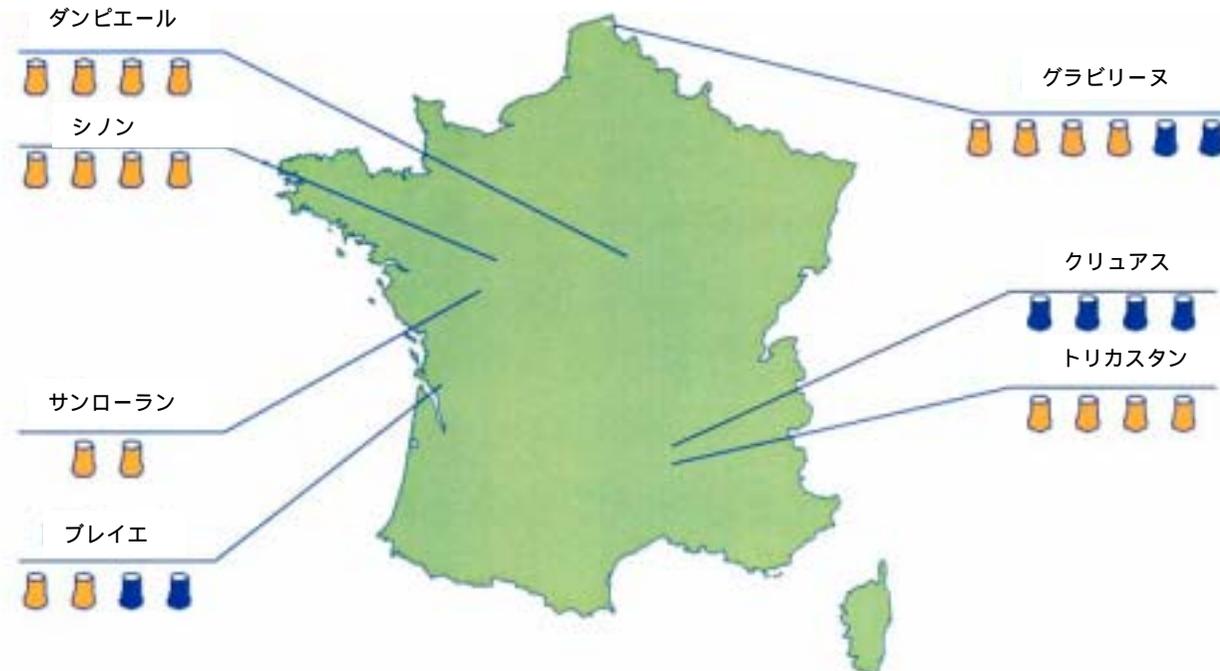
【出典】 Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS415, IAEA, 2003.05.

〔第 8.7 表〕 1960年代から現在までの欧州の商業軽水炉におけるMOX装荷実績

国 / 炉型	初装荷年	累積装荷体数	最高燃焼度実績 [MWd/kgHM]
ドイツ BWRs PWRs	1966 1972	385 646	51 49
フランス PWR(90万kW級)	1987	1,480	51
ベルギー ドール3 (PWR) チアンジュ2 (PWR)	1995	96	45
スイス ベツナウ1 & 2 (PWR) ゲスゲン (PWR)	1978	168	54

【出典】 Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS415, IAEA, 2003.05.

〔第 8.2 図〕 仏電力公社 (E D F) の M O X 装荷炉 (2 0 0 4 年 末 現 在 、 合 計 2 0 基)



フランスでは 58 基の原子炉が運転されており、その内の 90 万 kW 級 PWR 20 基で M O X リサイクルが実施されている。



90 万 kW 級 PWR M O X 装荷炉

- サンローラン : B1 (1987)、B2 (1988)
- ダンピエール : 1 (1990)、2 (1993)、3&4 (1998)
- ブレイエ : 2 (1994)、1 (1997)
- トリカスタン : 2&3 (1996)、1&4 (1997)
- グラビリーヌ : B3&B4 (1989)、B1 (1997)、B2 (1998)
- シノン : B4 (1998)、B3&B2 (1999)、B1 (2000)



M O X 装荷が技術的に可能な 90 万 kW 級 PWR

- グラビリーヌ : C5、C6
- ブレイエ : 3、4
- クリュアス : 1、2、3、4

出典 : C O G E M A

〔第8.8表〕仏電力公社（EDF）の90万kW級PWRにおける

プルトニウム・リサイクル計画

既に装荷されている原子炉：20基	
サン・ローラン	B 1（1987年～） B 2（1988年～）
グラブリーヌ	B 1（1997年～） B 2（1998年～） B 3（1989年～） B 4（1989年～）
ダンピエール	1（1990年～） 2（1993年～） 3（1998年～） 4（1998年～）
ブレイエ	1（1997年～） ブレイエ 2（1994年～）
トリカスタン	1（1997年～） 2（1996年～） 3（1996年～） 4（1997年～）
シノン	B 1（2000年～） B 2（1999年～） B 3（1999年～） B 4（1998年～）
許認可を申請中の原子炉：2基 グラブリーヌ C 5およびC 6	
許認可取得が計画されている原子炉：6基 ブレイエ 3および4 クリュアス 1～4	

【出典】M E L O X社パンフレット,1993 ; Nucleonics Week 1994.03.28;
E D F 資料,1996 ; Nucleonics Week, 1998.07.30; A.Gloague (EDF) ,"EDF'
s Program for Spent Fuel Management", IAEA International Symposium on
Storage of Spent Fuel from Power Reactors", Vienna, 1998.11.9～13;
Nuclear Fuel 2000.5.1.

〔第8.9表〕EDFのMOX燃料装荷状況（1987～1998年）

原子炉	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	サイクル合計	MOX 装荷体数合計
ブレイエ1											C15 16MOX	C16 16MOX	2	32
ブレイエ2								C12 8MOX	C13 8MOX	C14 -	C15 -	C16 16MOX	5	32
シノンB3													0	0
シノンB4												C11 16MOX	1	16
ダンピエール1				C9 16MOX	C10 -	C11 16MOX	C12 -	C13 -	C14 16MOX	C15 8MOX	C16 16MOX	C17 16MOX	9	88
ダンピエール2							C12 16MOX	C13 16MOX	SH	C14 8MOX	C15 -	C16 16MOX	5	56
ダンピエール3											C15 -	C16 16MOX	1	16
ダンピエール4											C15 -	C16 16MOX	1	16
グラブリーヌ1											C15 16MOX	C16 16MOX	2	32
グラブリーヌ2												C16 16MOX	1	16
グラブリーヌ3			C8 16MOX	C9 16MOX	C10 16MOX	C11 16MOX	C12 8MOX	C13 16MOX	C14 16MOX	C15 8MOX	C16 16MOX	C17 16MOX	10	144
グラブリーヌ4			C8 16MOX	C9 8MOX	SH	C10 16MOX	C11 16MOX	C12 16MOX	C13 -	C14 -	C15 8MOX	C16 16MOX	9	96
サンローランB1	C5 16MOX	C6 16MOX	SH	C7 16MOX	C8 16MOX	C9 16MOX	C10 16MOX	C11 16MOX	SH	C12 16MOX	C13 16MOX	C14 16MOX	10	160
サンローランB2		C6 16MOX	C7 16MOX	SH	C8 16MOX	C9 16MOX	C10 -	C11 16MOX	C12 16MOX	C13 16MOX	C14 16MOX	C15 -	10	128
トリカスタン1											C16 16MOX	C17 16MOX	2	32
トリカスタン2										C15 16MOX	C16 16MOX	C17 16MOX	3	48
トリカスタン3										C15 16MOX	C16 16MOX	C17 16MOX	3	48
トリカスタン4											C15 16MOX	C16 16MOX	2	32
MOX運転サイクル合計	1	2	3	4	4	5	6	7	5	9	13	17	76	
MOX装荷体数合計	16	32	48	56	48	80	56	88	56	88	168	256		992

【出典】A. Gloaguen (EDF), "EDF's Program for Spent Fuel Management", IAEA International Symposium on Storage of Spent Fuel from Power Reactors, Vienna, 1998.11.9～13.

【第8.10表】EDFのMOX燃料装荷状況(1987~2002年)

原子炉		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	原子炉毎 装荷体数合計
ブレイエ1	集合体数											16	16	0	8	16		56
	サイクルNo.											15	16	17	18	19		
ブレイエ2	集合体数								8	8	0	0	16	16+8	8+8	8	16	96
	サイクルNo.								12	13	14	15	16	17+18	18+19	19	20	
シノンB1	集合体数														8	8	8	24
	サイクルNo.														17	18	19	
シノンB2	集合体数													8	8	8	8	32
	サイクルNo.													15	16	17	18	
シノンB3	集合体数													16	8	8	16	48
	サイクルNo.													12	13	14	15	
シノンB4	集合体数												16	16	8	8	8	56
	サイクルNo.												11	12	13	14	14	
ダンピエール1	集合体数				16	0	16	0	0	16	8	16	16	16	16	8		128
	サイクルNo.				9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
ダンピエール2	集合体数							16	16		8	0	16	16	0	8	8	88
	サイクルNo.							12	13		14	15	16	17	18	19	20	
ダンピエール3	集合体数												16	0	16	8	8	48
	サイクルNo.												16	17	18	19	20	
ダンピエール4	集合体数												16	16	8	8		48
	サイクルNo.												16	17	18	19		
グラブリーヌ1	集合体数											16	16	0	8	8	8	56
	サイクルNo.											15	16	17	18	19	20	
グラブリーヌ2	集合体数											16	16		0	8	8	48
	サイクルNo.											16	17		18	19	20	
グラブリーヌ3	集合体数			16	16	16	16	8	16	16	8	16	16	0	0	16		160
	サイクルNo.			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
グラブリーヌ4	集合体数			16	8	16	16		16	0	0	8	16	16	8	8	8	136
	サイクルNo.			8	9	10	11		12	13	14	15	16	17	18	19	20	
サンローランB1	集合体数	16	16	16		16	16	16	16	16	16	16	8	8	8+8	8+8		208
	サイクルNo.	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	15	16+17	17+18		
サンローランB2	集合体数		16	16	16	16		0	16	16	16	16	0	16	16	8	8	176
	サイクルNo.		6	7	8	9		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
トリカスタン1	集合体数											16	16	16	16	8	8+16	112
	サイクルNo.											16	17	18	19	20	21+22	
トリカスタン2	集合体数											16	16	16	16	16	8	104
	サイクルNo.											15	16	17	18	19	20	
トリカスタン3	集合体数											16	16	16	16	16		96
	サイクルNo.											15	16	17	18	19	20	
トリカスタン4	集合体数												16	16	16		16	80
	サイクルNo.												15	16	18		19	
年間合計		16	32	64	56	64	64	40	88	72	104	184	248	216	192	208	152	1800

【出典】FRAMATOM ANP, Infocentre: MOX-Experience, 2002.

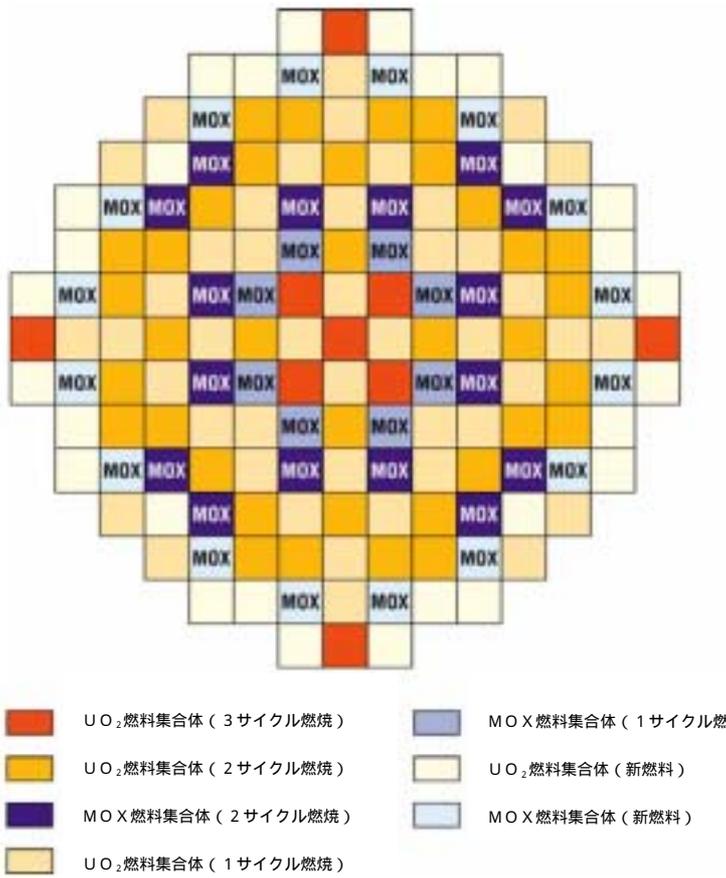
〔第 8.11 表〕 EDF の MOX 炉心管理計画

炉心管理方法	年	UO ₂ 燃料	MOX 燃料
3 サイクル	1 9 9 5	3 6 体 (3.25%) 35,400MWd/t	1 6 体 37,500 MWd/t
ハイブリッド管理 UO ₂ : 4 サイクル MOX : 3 サイクル		2 8 体 (3.7%) 43,000MWd/t	1 6 体 37,000 MWd/t
4 サイクル	2 0 0 5 ~ 0 6	2 8 体 (3.7%) 45,000 ~ 48,000MWd/t (最高 52,000MWd/t)	1 2 体 45,000 ~ 48,000MWd/t (最高 52,000MWd/t)

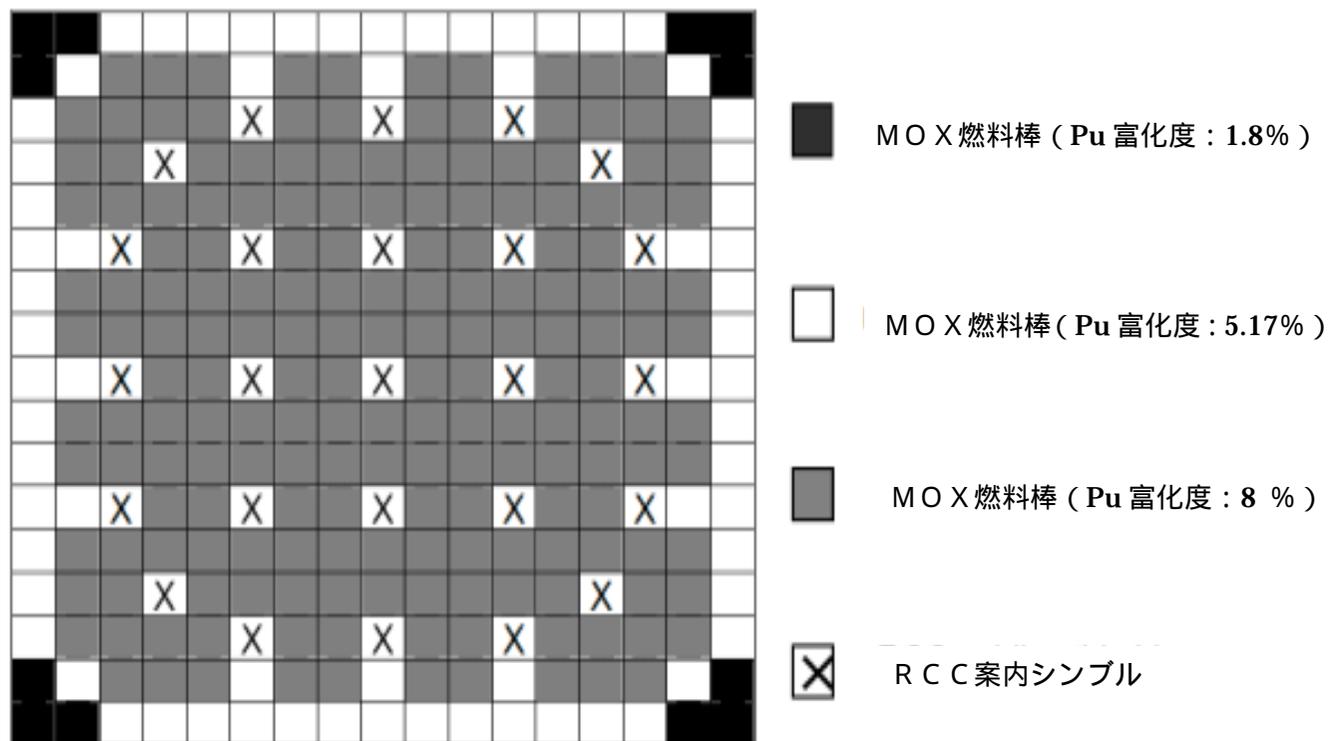
・ 燃焼度は平均。

【出典】 J. L. Nigon, W. Fournier (COGEMA), “MOX Fabrication and MOX Irradiation Experience Feedback from the French Programme”, International Seminar on MOX FUEL: Electricity Generation from Pu Recycling, 1996.06.04.; P. Desmoulin (EDF), JP. Marcon (FRAMATOM), JL. Nigon (COGEMA), “French MOX Fuel Irradiation Experience and Development”, Global '97, Yokohama, 1997.10.05 ~ 10; Nuclear Fuel 2000.05.01; inside NRC 2001.07.30.; Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS415, IAEA, 2003.05.

〔第 8.3 図〕 EDF のハイブリッド炉心管理の代表的な炉心配置



〔第 8.4 図〕 EDF のハイブリッド炉心管理で使用される代表的な MOX 集合体 (17×17 AFA-2G 型)



〔第 8.12 表〕ドイツの原子炉のMOX燃料装荷許可取得と実際の装荷状況（2004年現在）

原子炉	運開年	設備容量 [GW] 万 kW	MOX装荷 許可	MOX装荷 実施中
PWR				
オブリヒハイム (KWO)	1968	35.7		(注1)
ネッカル 1 (GKN 1)	1976	84.0		
ウンターヘーザー (KKU)	1979	141.0		
グラーフェンラインフェルト (KKG)	1982	134.5		
フリッポスブルク 2 (KKP 2)	1985	145.8		
グロントー (KWG)	1985	143.0		
ブロクトルフ (KBR)	1986	144.0		
エムスラント (KKE)	1988	140.0		
イーザル 2 (KKI 2)	1988	147.5		
ネッカル 2 (GKN 2)	1989	136.5		
BWR				
クリンメル (KKK)	1984	131.6	申請中	(注2)
グントレミンゲン B (KRB B)	1984	134.4		
グントレミンゲン C (KRB C)	1985	134.4		

(注1) 1982年にMOX装荷されたが、現在では装荷は行われていない。

(注2) 2004年にMOX集合体(16体)を初装荷。

〔第8.13表〕ドイツの原子炉におけるMOX燃料の利用状況（1999年2月現在）

原子力発電所	MOX燃料の利用状況		
	許可取得	1999年2月現在の装荷状況	
		装荷の有無	炉内装荷体数
バーデン・ヴュルテンベルク州			
オブリッヒハイム			8
フィリップスブルク 1	×	-	
フィリップスブルク 2			40
ネッカー1		×	0
ネッカー2			8
バイエルン州			
グラーフラインフェルト			16
イーザル1	×	-	
イーザル2			16
グンドレミンゲンB			96
グンドレミンゲンC			16
ヘッセン州			
ビブリスA	×	-	
ビブリスB	×	-	
ニーダーザクセン州			
シュターデ	×		
ウンターヴェーザー			32
グローンデ		×	0
エムスラント		×	0
ラインラント・プファルツ州			
ミュールハイム・ケールリッヒ	×	-	
シュレスヴィッヒ・ホルシュタイン州			
ブルンスビュッテル	×	-	
クリュンメル	×	-	
ブロックドルフ			64

【出典】Deutscher Bundestag, Drucksache 17/747, 1999.04.12

〔第 8.14 表〕ドイツの原子炉の MOX 燃料装荷状況

2000年12月31日現在

発電所名	略称	MOX 利用 開始年	12月31日時点の 燃料装荷体数			MOX 燃料の最大装荷体数			
			合計	うち MOX 燃料 装荷体数		実績		許可	
			体数	体数	%	体数	%	体数	%
ブロックドルフ	KBR	1989	193	64	33.2	64	33.2	64	33.2
フィリップスブルク	KKP-2	1988	193	30	15.5	51	20.7	96	49.7
ウンターヴェーザー	KKU	1984	193	60	31.1	48	16.6	96	33.2
グンドレミンゲン B	KRB-B	1995	784	192	24.5	124	12.2	300	38.3
グンドレミンゲン C	KRB-C	1995	784	8	1.0	16	2.0	300	38.3
グラーフラインフェルト	KKG	1985	193	0	0.0	32	16.6	64	33.2
オブリッヒハイム	KWO	1972	97	14	14.4	24	24.7	28	28.9
ネッカル 1	GKN-1	1982	177	0	0.0	16	9.0	16	9.0
グローンデ	KWG	1988	193	28	14.5	28	10.4	64	33.2
イーザル	KKI-2	1998	193	32	16.6	16	8.2	96	49.7
ネッカル 2	GKN-2	1998	193	32	16.6	16	4.1	72	37.3
エムスラント	KKE	-	193	0	0.0	0	0.0	48	24.9

【出典】BfS, Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2000.

〔第8.16表〕ドイツ電力会社の既存のMOX燃料加工契約（2000年8月31日現在）

電力会社	発電所	納入者/加工業者*)	燃料集合体数**)	装荷年
E.ON 原子力社	イーザル2	シーメンス/ベルゴニュークリア	2×16	2002&2003
		COGEMA	1×16、1×8	2005&2006
	グラーフェンライフェルト	フラジェマ	2×16	2001&2002
	ブロックドルフ	フラジェマ	3×16	2001-2003
		N.N./COMMOX	4×16	2004-2007
	ウンターベーザー	シーメンス/COMMOX	3×16	2001-2003
		N.N./COMMOX	4×16	2004-2007
HEW	グローンデ	シーメンス/COMMOX	1×16	2001
		シーメンス/COMMOX	1×4	2002
	クリュンメル	クリュンメルの分離Puを装荷(HEW参照)		2002-2003
EnBW	フィリップスブルク2	フラジェマ/COMMOX	36	2002&2003
ネッカー共同 原子力発電会社	ネッカー2	フラジェマ	1×16、1×12	2001&2002
		シーメンス/BNFL***)	2×16	2006&2007
HEW	グローンデ	シーメンス/COMMOX	1×12	2002
		シーメンス/BNFL	1×16	2003
	クリュンメル	シーメンス/BNFL	2×32、2×64	2005-2008
オブリヒハイム 原子力発電会社	X)	X)オブリヒハイムの分離Puはフィリップスブルク2とネッカー2に装荷		
RWE エネルギー社	グンドレミンゲン	シーメンス/COMMOX	84	2001
		シーメンス/ベルゴニュークリア	416	2002-2006
		シーメンス/COMMOX	320	2004-2009
	エムスラント	BNFL(製造オプション)	全プラントご量に応じた燃料製造	

*) 燃料加工工場:

ベルゴニュークリア社=デッセル

COMMOX、COGEMA、フラジェマ=カダラッシュ、メロックス、デッセル

BNFL=セラフィールド

***) 未納入または未使用

*) 交渉中

N.N.=未定

(2000年10月にE.ON原子力社が作成)

〔第 8.17 表〕ドイツの原子炉のプルトニウム在庫量および将来の発生量

(2 0 0 0 年 8 月 3 1 日現在)

発電所	在庫量 (旧契約より)			将来の発生量** (未履行契約より)	合計
	PuO ₂ *	貸付分	未使用の MOX 燃料 集合体		
	kg Pufiss			kg Pufiss (予測)	kg Pufiss (予測)
イーザル 1	444			14	458
イーザル 2	0		784	1,025	1,809
グラフェンフェルト	196	370		1,448	2,014
ブロックドルフ	413			1,361	1,774
グローンデ	245		263	858	1,366
シュターデ	307	104		559	971
ウンターベーザー	1,050	-112		1,374	2,312
ヴェルガッセン	204	-12		299	492
フィリップスブルク	972	-603		1,430	1,799
ネッカー	447	10		1,414	1,871
ブルズビュッテル	759	293		389	1,441
クリュンメル	281	488		716	1,485
オブリッヒハイム	200	114		153	466
グンドレミンゲン 2	976		230	167	1,373
ビブリス	3,903	293		2,525	6,721
エムスラント	0			1,040	1,040
合計	10,398	945	1,277	14,772	27,392

*) 未加工 (ハナウ・プラントの貯蔵用集合体内のプルトニウムを含む)

**) Pufiss 係数 : 0.6%

契約に基づき再処理事業者 / 第三者への引渡が予定されているプルトニウム 1,380kg を含まない。
このうち 391 kg Pufiss は 2 0 0 0 年 8 月 2 0 日に照射。
2 0 0 3 年閉鎖予定。全ての燃料集合体 (約 144 トン) は COGEMA に輸送され、これによりプルトニウム発生量は約 456kg 増加する見通し。
このうち E . ON 原子力社 (E K K) への割当分 128kg は E K K 所有の発電所で利用される。

(2 0 0 1 年 2 月に E . ON 原子力社が作成)

〔第 8.18 表〕ドイツの電力各社のプルトニウム・インベントリ

1998年12月31日現在

電力会社名	インベントリ ¹⁾ kg Pu-fiss		今後の発生量 ²⁾ kg Pu-fiss	
	旧契約	新契約	旧契約	新契約
BAG/IAW/SWM ³⁾	1,652	0	448	2,462
バーデン・ヴュルテンベルク・ エネルギー社 (EnBW)	116	0	684	1,260
ネッカル共同原子力発電会社 (GKN)	830	0	834	705
ハンブルク電力会社 (HEW)	1,860	0	1,650	0
オブリッヒハイム原子力発電会社 (KWO)	303	0	163	0
プロイセン電力原子力発電会社 (PEKK)	2,050	0	2,761	2,341
RWE エネルギー社 (RWE)	5,040	0	2,190	0
リップペ - エムス原子力発電会社 (KLE)	0	0	0	780
合 計	11,851	0	8,730	7,548

¹⁾ 未再処理

²⁾ Pu-fiss-Factor: 0.6%

³⁾ BAG: バイエルンヴェルク社、IAW: イーザル電灯会社、SWM: ミュンヘン市営会社

【出典】Workshop "Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium", FZK, 2000.1.13.

〔第 8.19 表〕既存の運転許可に基づくプルトニウム削減スケジュール

単位: kg Pu-fiss

西 暦	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 ¹⁾
イーザル 2 (KKI-2) / グラーフェンラインフェルト (KKG)		392	690	298	392	784	784	784	294	196			
フィリップスブルク (KKP-2)					450	450	450	450	360				
ネッカル 2 (GKN-2)		390		390	96		390		390		390		293
ブルンズビュッテル (KKB)	MOX 燃料装荷申請停止												
クリュメル (KKK)	1990 年に申請; 許認可取得から 11 年以内に約 3.5 t の Pu-fiss を削減。 KBR、KKU、KWG の空き容量を並行して利用。												
オブリッヒハイム (KWO)	GKN-2、KKP-2 の約 0.5t の Pu-fiss を削減。												
ブロックトルフ (KBR) / ウンターグーザ (KKU) / グロント (KWG)	861	399	861	663	597	597	597	861	861	861			
グントレミンゲン (KRB)		630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	290
エムスラント (KLE)													

¹⁾ 最後の MOX 燃料装荷は 2017 年頃

【出典】Workshop "Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium", FZK, 2000.1.13.

〔第 8.20 表〕ベツナウ発電所におけるMOXリサイクル・プログラム

プログラム・フェーズ	試験プログラム	実証プログラム		商業的利用	
		ヘツウ 1号機	ヘツウ 1号機	ヘツウ 2号機	ヘツウ 1号機
原子炉					
MOX装荷期間	1978～1981	1988～1992	1984～1995	1994～1996	1997～2005
混合ウラン	天然ウラン	劣化ウラン	天然ウラン	劣化ウラン	劣化ウラン
MOX燃料集合体 加工業者	WH社 (BN, FBFC)	COMMOX社 (WH, ABB, FBFC)	シーメンス社	WH社 (BNFL: MDF)	シーメンス社 (BNFL: MDF, SMP)
集合体の平均 燃焼度 (MWd/t)	30,000	43,000	36,000	38,000	42,000
UO ₂ 燃料の濃縮度	3.30%	3.25%	3.40%	3.25%	4.00～4.25%

WH：ウェスチングハウス社、BN：ベルゴニュークリア社、FBFC：フランス・ベルギー燃料成形加工会社、ABB：アセア・ブラウン・ボベリ社、BNFL：英国原子燃料会社、MDF：BNFLのMOX実証施設、
SMP：BNFLのセラフィールドMOXプラント

〔第 8.21 表〕ベツナウ1号機のMOX燃料装荷実績

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
新燃料集合体の装荷体数	12	4	8	12	4	0	0	16	8	0	0
累積装荷体数	64	68	76	88	92	92	92	108	116	116	116
取り出された燃料集合体数	13	4	11	17	28	0	4	12	0	5	0
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	0
炉内の燃料集合体数	40	40	37	32	8	8	16	20	28	24	24
実際の装荷率 (%)	33.1	33.1	30.6	26.4	6.61	6.61	13.2	16.5	23.1	19.8	19.8
許可装荷率 (%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

(注) 炉心集合体数 (UO₂燃料 + MOX燃料)：合計 121 体

〔第 8.22 表〕ベツノウ 2 号機の MOX 燃料装荷実績

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
新燃料集合体の装荷体数	0	0	0	0	0	4	8	4	0	16	0
累積装荷体数	52	52	52	52	52	56	64	68	68	84	84
取り出された燃料集合体数	12	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内の燃料集合体数	8	8	0	0	0	4	12	16	16	32	32
実際の装荷率 (%)	6.6	6.6	0	0	0	3.3	9.9	13.2	13.2	26.4	26.4
許可装荷率 (%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

(注) 炉心集合体数 (UO₂ 燃料 + MOX 燃料) : 合計 121 体

〔第 8.23 表〕ガスゲン発電所の MOX 燃料装荷実績

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
新燃料集合体の装荷体数	8	20	20	20	20	0	24
累積装荷体数	8	28	48	68	88	88	112
取り出された燃料集合体数	0	0	0	4	20	8	24
再装荷された燃料集合体数	0	0	0	0	0	0	0
炉内の燃料集合体数	8	28	48	64	64	56	56
実際の装荷率 (%)	4.5	15.8	27.1	36	36	31.6	31.6
許可装荷率 (%)	36	36	36	36	36	36	36

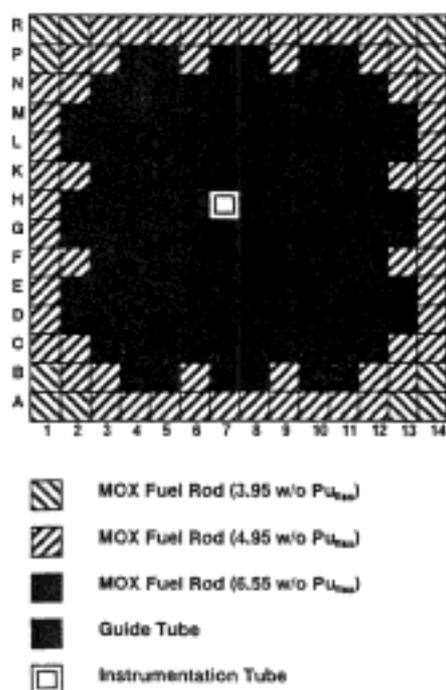
(注) 炉心集合体数 (UO₂ 燃料 + MOX 燃料) : 合計 177 体

〔第 8.24 表〕 スイスの各原子力発電所の P u 予想回収量

電力会社 ⁽¹⁾	発電所名	炉 型	運開年	出力 [万 kWe]	SF 予想 発生量 ⁽³⁾ [トン]	再処理 契約量 [トン]	Pu 予想 回収量 ⁽⁴⁾ [kg Pu-fiss]
N O K	ベツナウ 1	P W R	1 9 6 9	35	880	433	2,377
	ベツナウ 2	P W R	1 9 7 1	35			
B K W	ミューレベルク	B W R	1 9 7 2	35.5	400	228	1,170
K K G	ゲスゲン	P W R	1 9 7 9	96.5	874	288	1,656
K K L	ライブシュタット	B W R	1 9 8 4	103	960	128	734

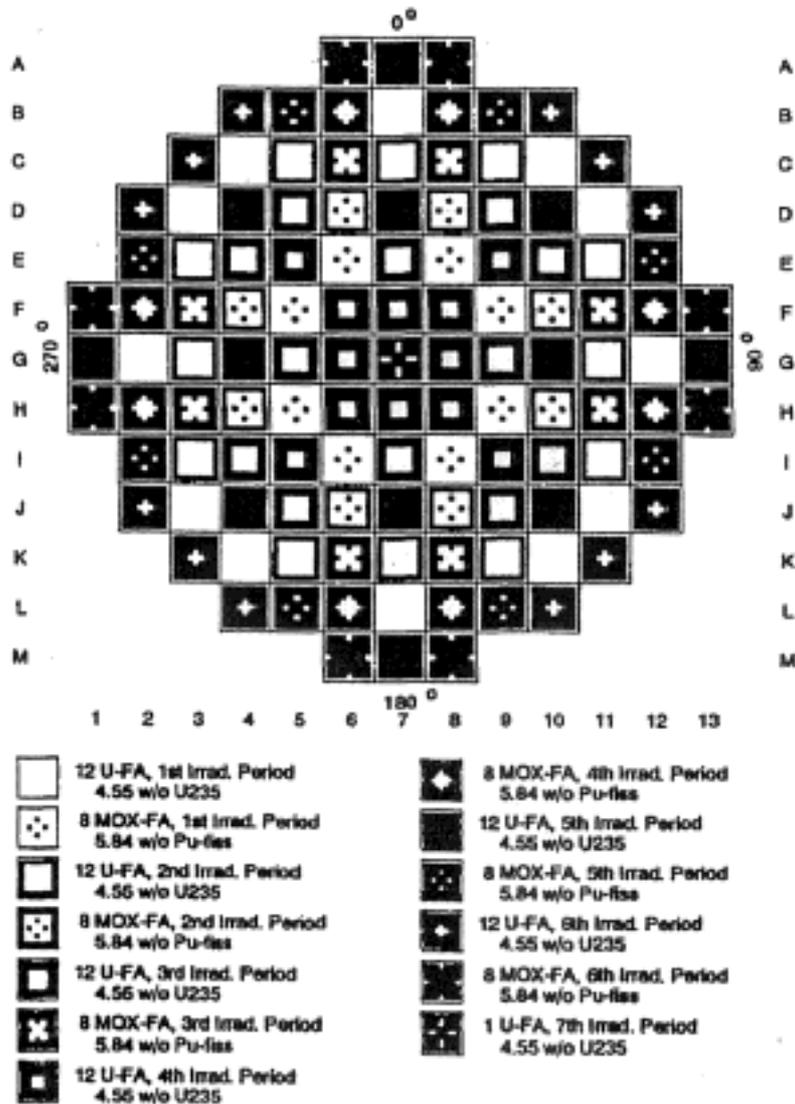
- (1) N O K : 北東スイス発電会社
 B K W : ベルン発電会社 w
 K K G : ゲスゲン原子力発電会社
 K K L : ライプシュタット原子力発電会社
 (2) 1 9 9 5 年 1 月現在のネット電気出力
 (3) 運転期間 40 年として計算
 (4) 再処理業者の見積

〔第 8.5 図〕 スイスのベツナウの 14 × 14 型 M O X 燃料集合体



【出典】 R. W. Stratton (NOK) et al., "Hybrid Cycles and Reduced Reload Batches: A Contribution to Reducing Fuel Cycle Costs," TOPFUEL '99, 1999.9.13-15.

〔第 8.6 図〕 ベツナウにおける UO_2 - MOX 平衡炉心の装荷パターン



【出典】R. W. Stratton (NOK) et al., "Hybrid Cycles and Reduced Reload Batches: A Contribution to Reducing Fuel Cycle Costs," TOPFUEL '99, 1999.9.13-15.

〔第 8.25 表〕チアンジュ 2 号機とドール 3 号機の MOX 燃料装荷実績

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
チアンジュ 2 号機 運転サイクル：15 カ月 炉心管理：1/3 炉心交換 炉心管理：1/4 炉心交換 炉心集合体数：合計 157 体	8	12	12	8	0	8	0	0	0
ドール 3 号機 運転サイクル：12 カ月 炉心管理：1/4 炉心交換 炉心集合体数：合計 157 体	8	8	8	8	8	8	8	8	8

(注) ・新燃料の装荷実績であり、再装荷された燃料は含まれていない。

- ・チアンジュ 2 号機への MOX 装荷は 2000 年で終了。ドール 3 号機への MOX 装荷は 2004 年に 8 体、2005 年に 8 体、2006 年に 8 体が計画されている。2006 年でドール 3 号機も MOX 装荷を完了し、4 年後の 2010 年には炉内の最後の MOX 燃料が取り出される予定。

〔第 8.26 表〕チアンジュ 2 号機 / ドール 3 号機の初期の MOX 燃料炉心管理

原子炉	チアンジュ 2 (*1)			ドール 3 (*1)		
	12	13	14	14	15	16
新燃料装荷：						
装荷年月	95-3	96-6	97-7	95-5	96-6	97-4
UO ₂ 燃料集合体数	44	40	40	36	36	36
濃縮度【%】	3.8	4.05	4.05	3.9	3.95	3.95
MOX 燃料集合体数	8	12	12	8	8	8
平均 Pu 富化度【%】	6.70	7.28	7.30	6.70	7.28	7.30
平均 Pu fiss. 富化度【%】	4.60	4.85	4.87	4.60	4.85	4.87
1 サイクル毎の炉心燃焼度【MWD/T】	15,270	~ 14,000	N/A	10,960	~ 12,800	N/A
MOX 燃料燃焼度(サイクル終了時)【MWD/T】						
1 サイクル後	16,700	~ 17,600	N/A	11,800	~ 15,100	N/A
2 サイクル後	-	~ 32,900	N/A	-	~ 26,600	N/A

(*1) 燃料交換サイクル期間と MOX 燃料 / UO₂ 燃料の炉心管理は以下の通り。

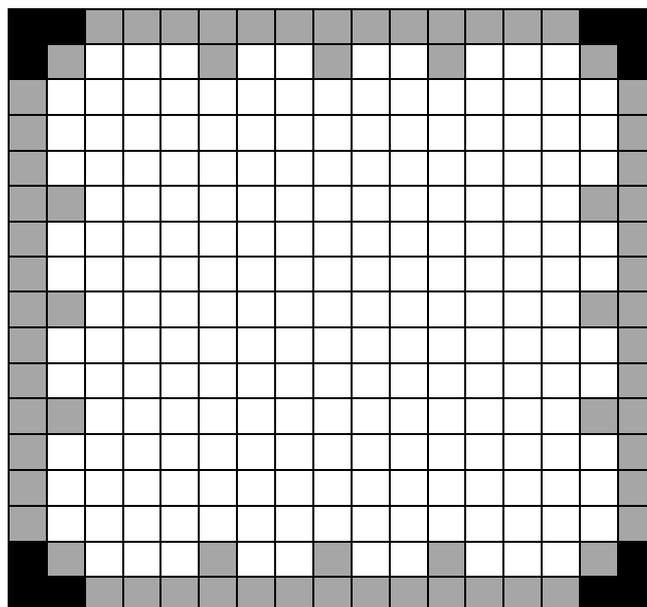
チアンジュ 2 号機：15 ヶ月、3 サイクル / 3 サイクル

ドール 3 号機：12 ヶ月、4 サイクル / 3 or 4 サイクル

(注記) N/A; not available

燃焼度は平均値。

〔第 8.7 図〕 チアンジュ 2 号機 / ドール 3 号機用 MOX 燃料集合体



- 領域 1 12 本 低 Pu 富化度
- 領域 2 68 本 中 Pu 富化度
- 領域 3 184 本 高 Pu 富化度
- 案内管
- 計装管

平均 Pu 富化度 6.7%Pu tot.

Pu 組成 : Pu-238 / Pu-239 / Pu-240 / Pu-241 / Pu-242 / Am-241
 (%) : (1.3 / 61.9 / 24.2 / 7.9 / 4.7 / 1.5)

〔第 8.27 表〕 フランス、ベルギー、ドイツおよびスイスの MOX 燃料の炉心管理 / 仕様の比較

国	フランス		ベルギー		ドイツ				スイス		
プラント	EDF90 万 kW		A	B	A	B	C	KONVOI(*)	ハッウ 1	ハッウ 2	ゲスン
集合体型式	17 × 17				16 × 16			18 × 18	14 × 14		15 × 15
サイクル・レングス	12 カ月		15 カ月	12 カ月				18 カ月	12 カ月		
等価ウラン濃縮度	3.25%	3.25%	3.8%	3.8%	3.5%	4.0%	3.5%	4.0%	3.25% / 4.0 ~ 4.25%		3.5%
平均 Pu fiss. 富化度	3.7%	3.7%	5.4%	5.4%	2.9%	4.4%	3.5%	4.6%	4.1%		4.8%
最大富化度	4.6%	4.2%	6.1%	6.1%	3.3%	5.4%	4.1%	5.1%	4.7%		5.4%
混合 UO ₂	劣化ウラン				天然ウラン	劣化ウラン					
最大出力係数(**)	1.15	1.07	1.07		1.10	1.16	1.09	1.10	1.07		1.16
MOX 集合体取替体数	16	16	12	8	16	16	16	16	12		16
MOX サイクル	3 サイクル	3 サイクル	3 サイクル	4 サイクル	4 サイクル	4 サイクル	3or4 サイクル	4 サイクル	3 サイクル		4 サイクル
UO ₂ 集合体取替体数	36	24	40	36	36	28	36	32	24		36
UO ₂ サイクル	3 サイクル	4 サイクル	3 サイクル	3or4 サイクル	4 サイクル	5 サイクル	4 サイクル	4 サイクル	3 サイクル		4 サイクル

(注記)

(*) KONVOI 炉はネッカル 2 号機とエムスラントの 2 基。

(**) MAX. power shape factor

〔第 8.28 表〕米国における過去の MOX 装荷実績（1960 年代～1985 年）

原子炉	照射期間	MOX 集合体数 (燃料棒数)	燃焼度 [Mwd/t] (ペレット・ピク燃焼度)
Ginna (PWR)	1980-1985	4 (716)	39,800 (?)
Quad Cities-1 (BWR)	1985-1980 年代	5 (48)	39,900 (57,000)
Big Rock Point (BWR)	1969-1970 年代後半	53 (1,248)	~ 20,000 (*)
San Onofre-1 (PWR)	1970-1972	4 (720)	19,000 (23,500)
Dresden-1 (BWR)	1968-1970 年代初め	15 (103)	~ 19,000 (~ 14,000)
Saxton (PWR 研究炉)	1965-1972	9 (638)	多くが再構成された (51,000)
その他の試験炉	1960 年代-1970 年代	(1,000s of rods)	

(*) 見積

【出典】 Sherrell R. Greene(ORNL), "The United States Reactor-Based Plutonium Disposition Programme", Physics and Full Performance of Reactor-Based Plutonium Disposition, OECD/NEA Workshop, Paris, 1998.9.28 ~ 30.

〔第 8.29 表〕OECD 域内のプルトニウム需要（2001 年現在）

単位：トン・total Pu/年

国	燃料の種類	2001(実績)	2002	2005	2010	2015	2020
ベルギー	LWR	0.5	0.5	N/A	N/A	N/A	N/A
フランス	LWR	8.1	8.7	9.3	10.0	10.0	10.0
ドイツ	LWR	2.7	4.2	2.5-5.0	2.5-5.0	2.5-5.0	0.5
スイス	LWR	0.6	1.0	未決定	未決定	未決定	未決定
日本(*)	FBR	0.2	0.2	N/A	N/A	N/A	N/A
	LWR	0.0	0.0	N/A	6.5-13.0	6.5-13.0	6.5-13.0
	ATR	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		12.2	14.4				

(*) 日本だけは単位がトン・核分裂性 Pu/年。

【出典】 Nuclear Energy Data, 2003, OECD/NEA

〔第 8.30 表〕日本のプルサーマル計画と実証成果

プルサーマル計画

電力会社	2000年度まで	2010年度までの早期	2010年度まで
東京電力 ^(*)	1999年 福島第一3号機 2000年 柏崎刈羽3号機 [累計2基] ^(*)	1基 ^(*) [累計3基]	0~1基 ^(*) [累計3~4基]
関西電力	1999年 高浜4号機 2000年 高浜3号機 [累計2基] ^(*)	高浜4号機 高浜3号機 [累計2基] ^(*)	1~2基(大飯発電所) [累計3~4基]
中部電力		浜岡原子力発電所1基 [累計1基]	[累計1基]
九州電力		玄海3号機 [累計1基]	[累計1基]
日本原電		敦賀発電所で1基 [累計1基] ^(*)	東海第二発電所で1基 [累計2基]
北海道電力			泊発電所で1基 [累計1基]
東北電力			女川原子力発電所で1基 [累計1基]
北陸電力			志賀原子力発電所で1基 [累計1基]
中国電力			1基 [累計1基]
四国電力			伊方3号機 [累計1基]
電源開発			大間原子力発電所で1基 [累計1基]
合計	0基	5基 [累計5基]	8~9基 [累計13~14基]

(*) プルサーマル計画凍結。(**) 2007年度までに1基、2008年度までに1基のMOX装荷を計画。

(*) 2008年度までのMOX装荷を計画。

MOX燃料装荷実証(1986~1991年)

少数体規模実証計画
[BWR]
・ 1986年7月~1990年1月(3サイクル)
・ 日本原子力発電 敦賀1号機 2体(新型8×8燃料)
[PWR]
・ 1988年3月~1991年12月(3サイクル)
・ 関西電力 美浜1号機 4体(14×14燃料)
A T Rの使用実績
新型転換炉「ふげん」では600体以上のMOX燃料を問題なく照射

【出典】原子力 eye, 1998.02、関電ホームページ、その他

再処理関連情報

- 〔第9.1表〕フランス、日本および英国の再処理設備容量の実績と予測（2002年現在）
- 〔第9.2表〕英国、フランスおよびロシアの軽水炉用商業再処理プラント
- 〔第9.3表〕ラ・アーグ再処理工場の1976～2004年における使用済燃料の再処理量
- 〔第9.4表〕仏ラ・アーグ再処理工場の各プラントの施設およびその役割
- 〔第9.1図〕フランスにおける2000年以降の核燃料サイクル・バックエンド政策プログラム
- 〔第9.5表〕フランスおよびドイツの使用済MOX燃料再処理実績（1987～1998年）
- 〔第9.6表〕COGEMAの再処理契約
- 〔第9.2図〕仏ラ・アーグにある海外の使用済燃料の再処理スケジュール（2004年6月30日現在、国別）
- 〔第9.3図〕仏ラ・アーグ再処理工場で貯蔵されている使用済燃料
（2004年6月30日現在、国・受け入れ期間別）
- 〔第9.7表〕英国のTHORP再処理プラントの契約状況（1995年現在）
- 〔第9.8表〕ドイツの電力会社と英仏の再処理事業者との再処理契約量
- 〔第9.9表〕ドイツ電力会社の仏核燃料公社（COGEMA）および英国原子燃料公社（BNFL）との再処理契約
今後再処理される予定の使用済燃料量（2000年8月31日現在）
- 〔第9.10表〕スイスの再処理契約量
- 〔第9.11表〕ベルギーのシナトム社と仏核燃料公社（COGEMA）との間の再処理契約
- 〔第9.4図〕WAK再処理パイロットプラントのデコミッショニング：マスター・スケジュール
（1999年9月現在）

〔第9.1表〕フランス、日本および英国の再処理設備容量の実績と予測（2002年現在）

単位：ト・重金属/年

国	燃料の種類	2002（実績）	2003	2005	2010	2015	2020
OECD 欧州		4,100	4,100	4,100	4,100		
フランス	LWR	1,700	1,700	1,700	1,700	1700	1,700
英国	LWR	900	900	900	900	900	900
	Magnox	1,500	1,500	1,500	1,500	N/A	N/A
OECD 太平洋		29	14	340	830		
日本	LWR+その他	29	14	340	830	N/A	N/A
合計		4,129	4,114	4,440	4,930		

【出典】 Nuclear Energy Data, 2004, OECD/NEA

〔第9.2表〕英国、フランスおよびロシアの軽水炉用商業再処理プラント

国	英 国	フ ラ ンス		ロシア
プラント	THORP	UP3	UP2-800	RT-1
立 地	セラフィールド	ラ・アーグ	ラ・アーグ	オゼルスク
所 有 者	BNFL	COGEMA	COGEMA	MINATOM
再処理能力 (トン/年)	1,200(実際は900)	850	850	400(実際は150)
運 開 年	1994	1990	1994	1976
状 況	<p>1993年12月の政府承認の下、1994年1月からホット運転が開始された。1994年3月4日、高等法院がTHORP運開承認を支持する判決を下し、3月28日からヘイシャム発電所(AGR)の使用済燃料の剪断が開始された。</p> <p>1995年1月から化学分離施設の運転が開始され、1995年の再処理実績(せん断)は約200トン。1996/97年は約400トン、1997/98年は781トン、1998/99年は461トン、1999/00年は879トン、2000/01年は348トン、2001/02年は736トン、2002/03年は502トン、2003/04年は671トン再処理した。</p> <p>1994年3月から2003/04年までの再処理量は合計約5,073トン。</p>	<p>1990年に全面的に運開され、フランス国外の再処理委託契約に基づいて使用済燃料の再処理が行われている。</p> <p>1995年に初めて全能力での運転を達成した。</p> <p>1999年は849トン、2000年は387トン、2001年は217トンを再処理し、1989~2001年の累積再処理量は約7,039トン。</p> <p>2001年においては海外の使用済燃料不足のため、EDFの燃料も再処理。</p>	<p>同プラントは、EDF専用の再処理プラントで、1994年8月に商業運転が開始された。</p> <p>1999年の実績は713トン、2000年は805トン、2001年は733トンで、1976年以降のUP2の時代を通じての再処理実績は、MOX燃料とFBR燃料を含め、約10,209トンに上る。</p> <p>2002年はUP2-800とUP3で合計1,060トンを再処理。2003年は合計1,115トンを再処理。</p> <p>2003~2010年には、MOX燃料を合計101トン(独:60トン、仏:41トン)再処理する予定。</p>	<p>VVER-440と高速増殖炉の使用済燃料を再処理。2002年現在、実際の再処理量は150トン/年。</p> <p>2003年にMINATOMは、RT-1の近代化計画を承認した。同計画ではVVER-1000の使用済燃料を再処理できるよう改造する計画も含まれている。</p> <p>VVER-1000用のRT-2(1,500トン/年)の建設は1984年から開始され、当初は2005年に運開される計画であったが、資金不足のため計画は棚上げされている。2002年5月現在、運開は2020年の見通し。</p>
拡張計画、等	2004/05年は725トン、2005/06年は790トンの再処理が計画されている。	2003年1月7日にUP3、UP2-800共に、1,000トン/年に許容量が拡張された。ただし、両プラントの合計は1,700トン/年に制限される。		

【出所】Enerpresse 2000.01.04/2001.01.03/2002.01.07; Nuclear Fuel 2000.12.25/2002.01.07/2002.01.21; BNFL Annual Report 2004; Near Term Work Plan Fy2004/05 & 2005/06, Sellafield - Commercial Operations Category Summary, 35.12; COGEMA annualReport 2003; その他

〔第9.3表〕ラ・アーク再処理工場の1976～2004年における使用済燃料の再処理量

単位：トン

年	UP2プラント の軽水炉使用済 燃料再処理量	UP3プラント の軽水炉使用済 燃料再処理量	MOX使用済 燃料の再処理量	高速炉使用済 燃料の再処理量	合 計
1976	14.6	-	-	-	14.6
1977	17.9	-	-	-	17.9
1978	38.3	-	-	-	38.3
1979	79.3	-	-	2.2	81.5
1980	104.9	-	-	1.5	106.4
1981	101.3	-	-	2.2	103.5
1982	153.5	-	-	-	153.5
1983	221.0	-	-	2.0	223.0
1984	255.1	-	-	2.1	257.2
1985	351.4	-	-	-	351.4
1986	332.6	-	-	-	332.6
1987	424.9	-	-	-	424.9
1988	345.7	-	-	-	345.7
1989	430.3	30.0	-	-	460.3
1990	331.0	195.0	-	-	526.0
1991	311.1	351.4	-	-	662.5
1992	219.9	448.0	4.5	-	672.4
1993	354.0	600.0	0.0	-	954.0
1994	575.9	700.4	0.0	-	1,276.3
1995	758.1	800.6	0.0	-	1,558.7
1996	862.0	818.9	0.0	-	1,680.9
1997	849.6	820.3	0.0	-	1,669.9
1998* ¹	806.8	821.9	4.9	-	1,633.6
1999* ²	713	849			1,562
2000* ³	805	387			1,192
2001* ⁴	733	217			950
1976～2001 小計	10,190	7,039	9.4	10.0	17,248
2002* ⁵	計 1,060				1,060
2003* ⁶	計 1,115				1,115
2004* ⁷	計 1,100.5				
合 計 (概数)	計 20,505		9.4	10.0	20,524

【今後の予定】2003～2005年に101トンのMOX燃料を再処理する予定である。その内、60トンはドイツからのMOX燃料で、残りはフランスのMOX燃料である。COGEMAは2005年7月までにドイツから合計855トンの使用済燃料を受け取る予定であるが、その内の60トンがMOX燃料である。2003年夏にはドイツの10トンのMOX燃料が再処理される予定である。また、ラアークには、ドイツからの1トンの回収ウラン燃料があり、これらは2004年に再処理される予定である。

2004年6月現在のCOGEMAの再処理スケジュールによれば、2004年、2006年、2008年にMOX燃料の再処理が予定されている。

【出典】L'aval du cycle nucléaire, Tome 1:Etude générale, OPECST, 1998.6;

(1998年実績*¹) Reprocess to Recycle, COGEMA, 1999.1; (1999年実績*²) Enerpresse 2000.1.4;

(2000年実績*³) Enerpresse 2001.1.3; (2001年実績*⁴) Enerpresse 2002.1.7; (2002年実績*⁵) Enerpresse 2003.1.7;

(2003年実績*⁶) Enerpresse 2004.1.7; (2004年実績*⁷) Enerpresse 2005.1.5.

(MOX再処理計画) Nuclear Fuel 2003.01.20; COGEMA ラアーク・ホームページ, 2004.10.12.

〔第9.4表〕 仏ラ・アーク再処理工場の各プラントの施設およびその役割

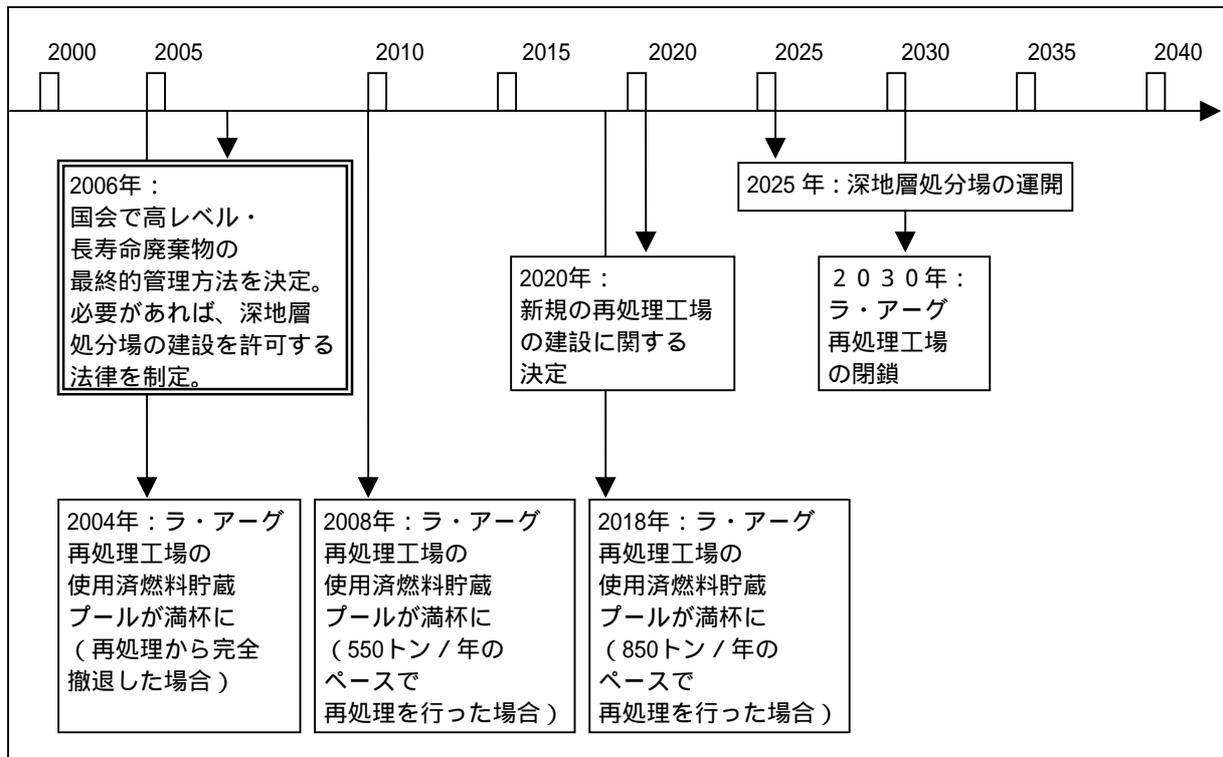
UP 2 -400 プラント	
N P HおよびH A O北側	使用済燃料の搬入・貯蔵施設
H A O南側	使用済燃料の剪断・溶解施設
H A D E	核分裂生成物の分離施設
H A P F S P F (1~6)	核分裂生成物の貯蔵施設
M A u	ウランおよびプルトニウムの抽出、並びにウランの精製および六フッ化ウランまたは硝酸ウラニルの形態での貯蔵施設
M A P u	プルトニウム酸化物の精製および第1処理施設
B S T 1	プルトニウム酸化物の第2処理および貯蔵施設
UP 2 -800 プラント	
N P HおよびC プール	使用済燃料の搬入・貯蔵施設
R 1	使用済燃料の剪断・溶解・精製施設
R 2	精製された溶液からの核分裂生成物の抽出施設
R 7	核分裂生成物のガラス固化施設
UP 3 プラント	
T 1	使用済燃料の剪断・溶解・精製施設
T 2	ウラン、プルトニウムおよび核分裂生成物の抽出施設
T 3	硝酸ウラニルの精製施設
T 4	プルトニウム酸化物の精製および処理施設
T 5	硝酸ウラニルの貯蔵施設
T 7	核分裂生成物のガラス固化施設
B S 1	プルトニウム酸化物の貯蔵施設
B C	プラントの管理および試験施設

(注) M A uおよびM A P u施設は2000年に一体化し、R 4施設となる。2000年にはM A P F S P F (5,6)施設のみが残され、通常は空であるM A P F S P F (4)施設が、両施設の補助施設として利用される。

【出典】 SURETE NUCLEAR 1992 Rapport d' Activite, 1993.6 /DSIN

〔第9.1図〕 フランスにおける2000年以降の核燃料サイクル・

バックエンド政策プログラム



【出典】「核燃料サイクルのバックエンド：包括的研究」（第1巻）、OPECST,1998.6.

〔第9.5表〕フランスおよびドイツの使用済MOX燃料再処理実績(1987～1998年)

国	フランス			ドイツ
	試験的再処理	商業的再処理	商業的再処理	試験的再処理
目的				
プラント	A P M	U P 2 -400	U P 2 -800	W A K
軽水炉	グラーフェン ラインフェルト	ウンターベーザー オブリッヒハイム ネッカー	Chooz-A	オブリッヒハイム
再処理量 (ト・U+Pu)	2.1	4.7	4.9	0.23
キャンペーン期間	1991年末～ 1992年初め	1992年11月	1998年 第1四半期	1987年 10月～11月
新燃料時のプルト ニウム富化度 (%Pu tot.)	4.1%	4.1～4.4%	5.8% (一部2.7%)	
燃焼度(MWd/t)	34,000	33,000～41,000	18,000～27,000	32,000
冷却期間(年)	3.5	5.5		
使用済燃料中のPu (total)の含有率	3%以下	3%以下		1.81%Pu fiss

【出典】 Reprocessing News, 1993.11; Nuclear Fuel 1987.12.14; L'aval du cycle nucléaire, Tome 1: Etude générale, OPECST, 1998.6; Status and Advances in MOX Fuel Technology, TRS-415, IAEA, 2003.05.

〔第9.6表〕COGEMAの再処理契約

(1) 海外顧客およびEDFとの間で締結された軽水炉使用済燃料の再処理契約

単位：トン

契約の種類	欧州の顧客との契約量	日本の顧客との契約量	全体契約量
シリーズ1 (UP2)	374	151	525
シリーズ2 (UP2)	727	0	727
追加契約 (UP2)	898	0	898
シリーズ3 (UP3)	4,226	2,774	7,000
ベルギーの追加契約分 (UP3)	66	0	66
EDFとの契約 (*) (UP2およびUP2-800)	8,156	0	8,156
合計	14,447	2,925	17,372

(*) 現行の2007年までの契約に加え、2008～2020年までの新契約について交渉中(2003年10月現在)

(2) UP3プラントのベースロード期間における海外顧客との契約量

単位：トン

顧客	契約量(全体に占める%) [1988年時点]	契約量(全体に占める%) [1993年現在]
日本(10社)	2,567(36.7)	2,774(39.3)
ドイツ(15社)	2,498(35.7)	3,112(44.0)
スイス(4社)	547(7.8)	510(7.2)
ベルギー(シナトム社)	464(6.6)	530(7.5)
オランダ(PZEM)	140(2.0)	140(2.0)
スウェーデン(SKBf/SNFS)	784(11.2)	0(0)
合計	7,000(100)	7,066(100)

(注) COGEMA : 仏核燃料公社
 EDF : 仏電力公社
 PZEM : ゼーランド州立電力会社
 SKBf/SNFS : スウェーデン核燃料供給会社

【出典】COGEMA資料、Nuclear Fuel 2003.10.13.

〔第9.2図〕仏ラ・アークにある海外の使用済燃料の再処理スケジュール
 (2004年6月30日現在、国別)

	2004	2005	2006	2007	2008
ドイツ					
天然ウラン酸化物燃料					
回収ウラン燃料					
軽水炉MOX燃料					
ベルギー					
研究炉(RTR)燃料					
スイス					
天然ウラン酸化物燃料					
オランダ					
天然ウラン酸化物燃料					
オーストラリア					
研究炉(RTR)燃料					

【出典】COGEMA ホームページ、COGEMA La Hague: Production and transport June 2004, 2004.10.12.

〔第9.3図〕仏ラ・アーク再処理工場で貯蔵されている使用済燃料
 (2004年6月30日現在、国・受け入れ期間別)

単位：tHM

	フランス	ドイツ	ベルギー	スイス	オランダ	日本	オーストラリア		
天然ウラン酸化物燃料	6,758	434		66	29				
	1985-2004	1995-2004		1998-2004	1994-2004				
回収ウラン燃料	131	1							
	1991-2004	1992							
軽水炉MOX燃料	424	54							
	1996-2004	1990-2004							
研究炉(RTR)燃料	0.6		0.4				0.2		
	1997-2004		1998-2004				2000-2003		

【出典】COGEMA ホームページ、COGEMA La Hague: Production and transport June 2004, 2004.10.12.

〔第9.7表〕英国のTHORP再処理プラントの契約状況（1995年現在）

単位：tU

国	ベースロード期間（10年間）	ベースロード後の10年間
英国	2,158（AGR）	1,520（NE）+ 880（SNL）（*1）
ドイツ	969（LWR）	1,055
日本	2,673（LWR）	
スイス	422（LWR）	
スウェーデン	140（LWR）	
スペイン	145（LWR）	
オランダ	53（LWR）	
カナダ	2（LWR）	
イタリア	143（LWR）	
（予備容量）	295	
合計	7,000（*2）	3,455

注）（*1）SNL社は再処理の他、1,044トンの貯蔵契約をBNFLと結んだ。

（*2）1995年中頃現在、海外から約3,100tU、NE社およびSNL社から約1,800tUが輸送済。

【出典】IEAJまとめ

〔第9.8表〕ドイツの電力会社と英仏の再処理事業者との再処理契約量

契約	COGEMA	BNFL
ベースロード契約（旧契約）	3,111tHM	884tHM
ポスト・ベースロード契約（新契約）	1,127tHM	302tHM

【出典】Workshop “Optionen bei der Verwertung und Entsorgung von Plutonium”, FZJ, 2000.1.13.

（注記）1994年の原子力法改正で使用済燃料の直接処分が再処理と同等の処分オプションとして認められた際に、ドイツの電力会社の殆どは、契約内容に柔軟性を持たせ、取引条件を改善するために、ポスト・ベースロード契約の内容について再び交渉した。

〔第9.9表〕ドイツ電力会社の仏核燃料公社（COGEMA）および
英国原子燃料公社（BNFL）との再処理契約
今後再処理される予定の使用済燃料量（2000年8月31日現在）

電力会社	原子力発電所	COGEMA			BNFL		
		納入予定	納入済 未処理	合計	納入予定	納入済 未処理	合計
		tU	tU	tU	tU	tU	tU
E.ON	ヴェルガッセン		37.9				
	ウンターペーザー	73.0		73.0	80.6	134.6	215.2
	グラフェンフェルト	164.6	65.4	230.0			
	グローンデ	108.0	16.0	124.0	17.9	45.1	63.0
	ブロックドルフ	159.6	21.3	180.9	20.0	54.7	74.7
	シュターデ 1)	67.8	17.2	85.0			
	イーザル 1 2)	70.1	44.9	115.0	115.0		115.0
	イーザル 2	127.0	32.0	159.0			
	E.ON 社会計	770.1	234.7	966.9	233.5	234.4	467.9
RWE	グントレミンゲン 2					84.0	84.0
	その他	249.0		249.0	138.0	21.2	159.2
	RWE 社会計	249.0		249.0	138.0	105.2	243.2
HEW	ブルズビュッテル	55.2	0.7	55.9			
	クリュンメル				75.0	28.1	103.1
	HEW 社会計	55.2	0.7	55.9	75.0	28.1	103.1
EnBW	フィリップスブルク 1	131.3	28.6	159.9			
	フィリップスブルク 2				60.0		60.0
	フィリップスブルク 社会計	131.3	28.6	159.9	60.0		60.0
ネッカー共同 原子力発電会社	ネッカー	57.7	50.7	108.4	105.8	22.5	128.3
オブリッヒハイム 原子力発電会社	オブリッヒハイム	5.2	22.2	27.4			
RWE	エムスラント				16.0	111.9	127.9

- 1) シュターデ：2003年閉鎖予定。全ての燃料集合体（約144トン）はCOGEMAに輸送される予定。
2) イーザル1：分離プルトニウムは再処理事業者/第三者に引き渡される予定。

（2000年12月にGNSが作成）

〔第 9.10 表〕 スイスの再処理契約量

電力会社	再処理契約量 (tU)				
	COGEMA			BNFL	合計
	UP2	UP3	計		
NOK	50	160	210	225	435
BKW	80	120	200	30	230
KKG	-	170	170	120	290
KKL	-	65	65	65	130
4社合計	約 130	500 以上	640 以上	約 450	約 1,100 ^(*)

(注記) 数字は概数

(*) : IAEA 廃棄物合同条約の下に作成されたスイスの National Report (2003.04) では、合計約 1,200 トンとされている

【出典】 I E A J まとめ

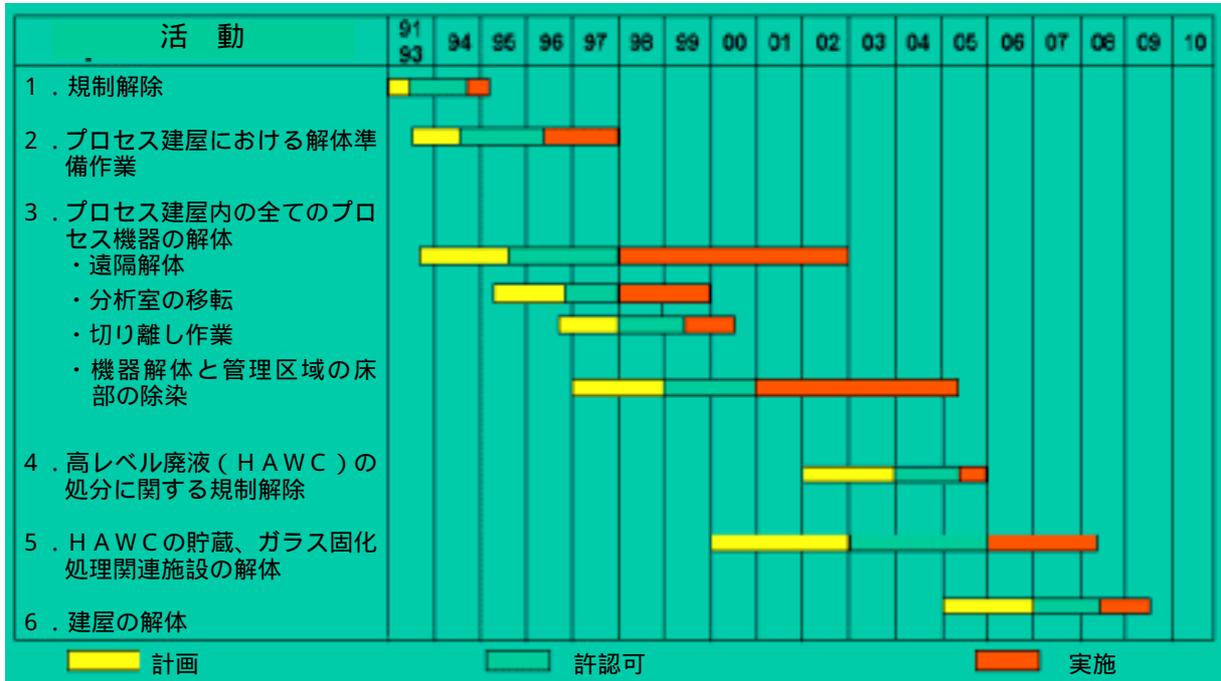
〔第 9.11 表〕 ベルギーのシナトム社と仏核燃料公社 (COGEMA) との間の再処理契約

再処理期間 (年)	契約量	既に再処理済の量 (1994年末現在)
1980 ~ 1985	140 トン	140 トン
1990 ~ 2000	530 トン	160 トン
2001 ~ 2010	225 トン ^(*)	-
2001 ~ 2015	年間 120 トンのオプション契約量 ^(*)	-

(*) : 1990年に結ばれたこの契約は凍結された。

【出典】 "Plutonium Recycling : A Question of Timing", Kyoto Roundtable, 1995.2.6-7/SYNATOM

〔第9.4図〕WAK再処理パイロットプラントのデコミッションング
 : マスター・スケジュール(1999年9月現在)



【出典】カールスルーエ研究センター(FZK)ホームページ

その他のプルトニウム利用関連情報

- 〔第 10.1 表〕 1994 年 OECD / NEA 調査における UO_2 / MOX 燃料コストとプルトニウム価値
- 〔第 10.2 表〕 PWR 使用済燃料のプルトニウム組成
- 〔第 10.3 表〕 各種熱中性子から排出される使用済燃料のプルトニウム同位体組成
- 〔第 10.4 表〕 プルトニウム同位体の特性
- 〔第 10.1 図〕 各種炉のプルトニウム・バランス
- 〔第 10.2 図〕 仏 COGEMA 組織図 (2003 年 2 月現在)
- 〔第 10.5 表〕 英国原子力公社 (UKAEA) と英国原子燃料公社 (BNFL) の
1993 / 94 年における MUF データ
- 〔第 10.6 表〕 フランスの炉型毎の使用済燃料に含まれる放射性元素あるいは放射性核種の組成
- 〔第 10.7 表〕 炉心から取り出して 3 年を経過したフランスの炉毎の使用済燃料のアクチニド含有量
- 〔第 10.8 表〕 フランスにおける炉型毎の核分裂生成物の化学組成
- 〔第 10.9 表〕 フランスにおける炉型毎の使用済燃料の残留熱の推移
- 〔第 10.10 表〕 フランス三賢人による原子力発電の経済性評価における電力需給シナリオ別の CO_2 放出量、
超ウラン元素蓄積量、燃料使用量、発電電力量 (2000 ~ 2050 年)
- 〔第 10.3 図〕 フランス三賢人の評価における超ウラン元素蓄積量と CO_2 放出量の比較
- 〔第 10.4 図〕 EDF の使用済燃料発生量と再処理量の相関関係
- 〔第 10.5 図〕 フランスの原子力発電所とラアーグの貯蔵プール内の UO_2 / MOX 使用済燃料の貯蔵量の予測
- 〔第 10.6 図〕 米国の民生使用済燃料発生量
- 〔第 10.7 図〕 米国の民生使用済燃料発生量 (先進燃料サイクル [AFCI] が商業化された場合)
- 〔第 10.11 表〕 使用済 UO_2 燃料 / MOX 燃料の残余熱 (W/kg) の比較 (燃焼度 42GWd/t で排出後 200 年間)
- 〔第 10.12 表〕 使用済 UO_2 燃料 / MOX 燃料の残余熱 (W/kg) の比較 (燃焼度 60GWd/t で排出後 200 年間)
- 〔第 10.8 図〕 使用済 MOX / UO_2 燃料集合体の全放射能と 放射能の経年変化 (燃焼度 45GWd/tHM)
- 〔第 10.9 図〕 使用済 MOX / UO_2 燃料集合体の残余熱の経年変化 (燃焼度 45GWd/tHM)
- 〔第 10.10 図〕 使用済 MOX / UO_2 燃料集合体の崩壊熱の経年変化
- 〔第 10.11 図〕 使用済 MOX / UO_2 燃料集合体の中性子線の経年変化

〔第 10.1 表〕 1994 年 OECD / NEA 調査における

UO₂ / MOX 燃料コストとプルトニウム価値

燃料の種類	UO ₂ 燃料 (1 kg)	MOX 燃料 (1 kg)
ウラン購入	\$509 (\$70.1 × 7.267kg)	\$65 (\$70.1 × 0.933kg)
転換	\$58 (\$8 × 7.267kg)	\$7 (\$8 × 0.933kg)
濃縮	\$552 (\$110 × 5.014SWU)	-
燃料加工	\$509 (\$275 × 1kg)	\$1100 (\$1100 × 1kg)
合計	\$1394	\$1172
節約額	-	\$222
プルトニウム価値	-	\$5.0/g Puf (\$222 ÷ 44g Puf)

【出典】 The Economics of the Nuclear Fuel Cycle, 1994 / OECD・NEA

〔第 10.2 表〕 PWR 使用済燃料のプルトニウム組成

(1) 排出直後

サイクル		Pu-236 〔 ppm 〕	Pu-238 〔 % 〕	Pu-239 〔 % 〕	Pu-240 〔 % 〕	Pu-241 〔 % 〕	Pu-242 〔 % 〕	Am-241 /Pu+ Am-241 〔 ppm 〕
濃縮度 U235/U	燃焼度 〔 GWd/t 〕							
3.25%	33	12	1.26	56.62	23.18	13.86	4.73	3500
3.70%	43	15	1.97	52.55	24.09	14.73	6.22	4400
4.40%	53	20	2.74	50.37	24.15	15.16	7.06	5100

(2) 排出後のプルトニウム組成の変化

排出後の経過年	Pu 組成 (%)						
	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242	Pu-tot	Am-241
0	1.26	56.62	23.18	13.86	4.73	99.65	0.35
2	1.26	56.62	23.18	12.44	4.73	98.23	1.77
5	1.26	56.62	23.18	10.52	4.73	96.31	3.69
10	1.26	56.62	23.18	8.28	4.73	94.07	5.93
15	1.26	56.62	23.18	5.69	4.73	91.48	8.52

(3) Am-241 の含有量の変化

単位 : ppm/Total Pu

初期濃縮度		3.25%	3.70%	4.40%
排出直後		3500	4400	5100
3 年間貯蔵後に再処理	再処理前	24600	26800	28000
	再処理の 2 年後	10800	11200	11600
5 年間貯蔵後に再処理	再処理前	36900	39900	41600
	再処理の 2 年後	9980	10300	10670
10 年間貯蔵後に再処理	再処理前	59300	63700	66610
	再処理の 2 年後	8100	8400	8700

【出典】 Plutonium Fuel: An Assessment, 1989, OECD/NEA

〔第 10.3 表〕各種熱中性子から排出される使用済燃料のプルトニウム同位体組成

炉型	平均燃焼度 (Mwd/t)	プルトニウム同位体組成 (%)				
		P u -238	P u -239	P u -240	P u -241	P u -242
Magnox	3000	0.1	80.0	16.9	2.7	0.3
	5000	不明	68.5	25.0	5.3	1.2
CANDU	7500	不明	66.6	26.6	5.3	1.5
AGR	18000	0.6	53.7	30.8	9.9	5.0
BWR	27500	2.6	59.8	23.7	10.6	3.3
	30400	不明	56.8	23.8	14.3	5.1
PWR	33000	1.3	56.6	23.2	13.9	4.7
	43000	2.0	52.5	24.1	14.7	6.2
	53000	2.7	50.4	24.1	15.2	7.1

【出典】Plutonium Fuel: An Assessment, 1989, OECD/NEA

〔第 10.4 表〕プルトニウム同位体の特性

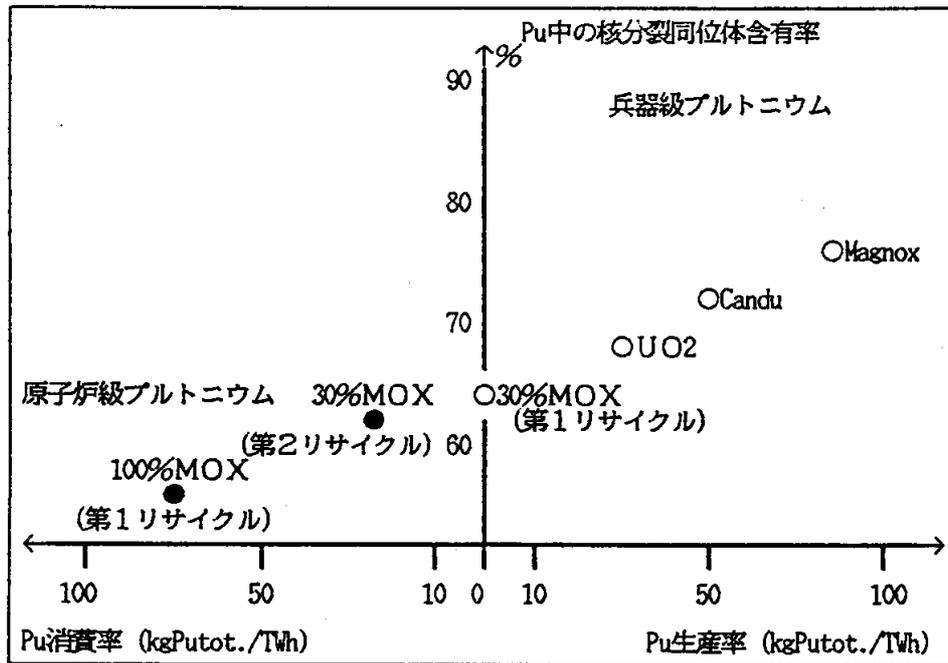
同位体	半減期	崩壊 (a)(b)	比放射能 1.0E9Bq/g	自発核分裂中性子 n/g.s.	発熱量 mW/g	生成物
P u -236	2.8 年		19,000	37,000	-	U -232
P u -237	45.3 日	+	-	-	-	N p -237
P u -238	87.7 年		600	2,600	560	U -234
P u -239	24,000 年		2	0.03	1.9	U -235
P u -240	6,500 年		8	1,000	6.8	U -236
P u -241	14.4 年		3,700	-	4.2	A m -241
P u -242	380,000 年		0.1	1,700	0.1	U -238
A m -241	430 年	,	120	1.1	114	

(a) P u -241 の崩壊 (0.002%) によって 粒子が生ずる

(b) 全ての崩壊には、X線、線の放射が伴う

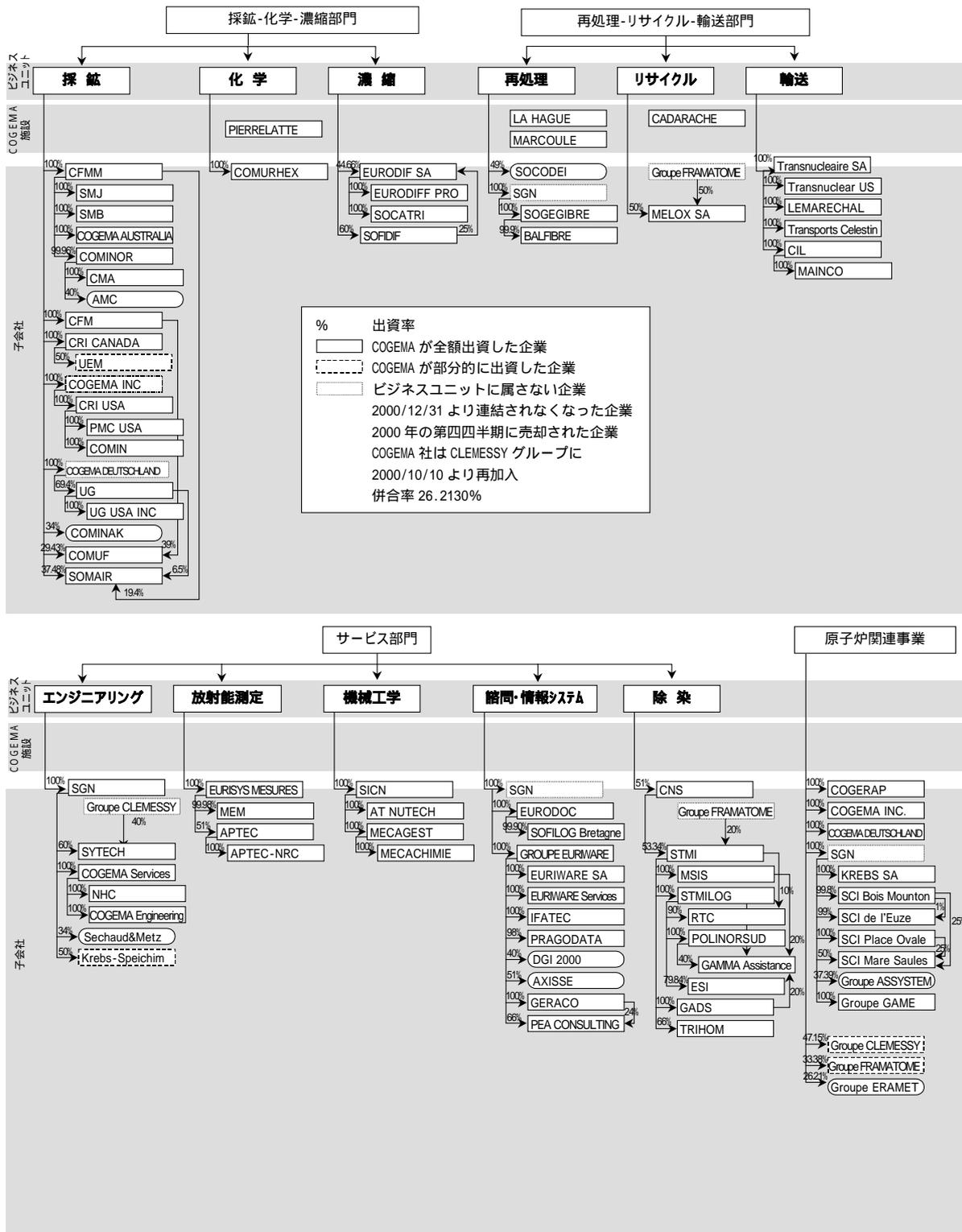
【出典】Plutonium Fuel: An Assessment, 1989, OECD/NEA

〔第10.1図〕各種炉のプルトニウム・バランス



【出典】 The 2nd Annual International Policy Forum, 1995.3.21-24 / COGEMA

〔第10.2図〕 COGEMA組織図（2003年2月現在）



【出典】 COGEMA 2000年報、2001、その他

〔第 10.5 表〕英国原子力公社 (UKAEA) と英国原子燃料公社 (BNFL) の 1993 / 94 年における MUF データ

機 関	サイト	プルトニウム	高濃縮ウラン (HEU) (kg・U-235)	低濃縮ウラン (LEU) (t)	天然ウラン (t)	回収ウラン/ 劣化ウラン (t)
UKAEA	ドーンレイ	- 1.9	- 0.7	+ 0.012	Negligible	+ 0.036
	ハーウェル	Negligible	0	0	Negligible	+ 0.074
	スプリングフィールド / リズレー	N / A	0	0	Negligible	+ 0.1
	ウィンズケール	+ 0.2	Negligible	Negligible	- 0.013	+ 0.1
	ウィンフリス	+ 0.3	Negligible	Negligible	+ 0.002	- 0.009
BNFL	カーペンハースト	N / A	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9	+ 0.9
	セラフィールド	- 16.9	Negligible	- 0.030	+ 0.1	- 14.6
	スプリングフィールドズ	N / A	N / A	- 0.683	+ 13.5	- 0.9

注) + : 増 量

- : 損 失

N / A : サイトに物質が存在しない

【出典】 Nuclear Energy, 1995.10

〔第 10.6 表〕 フランスの炉型毎の使用済燃料に含まれる放射性元素

あるいは放射性核種の組成

単位：kg / トン

	ウラン	プルトニウム	マイナーアクチニド	核分裂生成物
900 万 kW 級 PWR	955	9.96	0.595	32.9
1,300 万 kW 級 PWR	953	10.2	0.677	35.6
高燃焼度 PWR	943	11.4	0.972	44.6
混合酸化物 (MOX) 燃料を装荷した PWR (注 1)	921	38.9	2.85	36.9
スーパーフェニックス 第 1 炉心 (注 2)	722	186	7.15	84.0

(注 1) 装荷当初のプルトニウム含有率は 5.3%、すなわち 53kg

(注 2) 装荷当初のプルトニウム含有率は 20.4%、すなわち 204kg

【出典】 COMMISSION NATIONALE D'EVALUATION RELATIVE AUX RECHERCHES SUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS: RAPPORT D'EVALUATION No2, 1996.06 / CNE

〔第 10.7 表〕 炉心から取り出して 3 年を経過したフランスの炉毎の

使用済燃料のアクチニド含有量

単位：kg / トン

	900 万 kW 級 PWR	1,300 万 kW 級 PWR	高燃焼度 PWR	混合酸化物 (MOX) 燃料を装荷した PWR	スーパーフェニックス 第 1 炉心
Np	0.42	0.43	59	0.16	0.29
Pu	9.8	10	11	38	180
Am	0.32	0.38	0.50	2.8	7.8
Cm	0.027	0.042	0.081	0.64	0.30

【出典】 COMMISSION NATIONALE D'EVALUATION RELATIVE AUX RECHERCHES SUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS: RAPPORT D'EVALUATION No2, 1996.06 / CNE

〔第 10.8 表〕フランスにおける炉型毎の核分裂生成物の化学組成

単位：kg/トン

族	900 万 kW 級 PWR	1,300 万 kW 級 PWR	高燃焼度 PWR	混合酸化物 (MOX) 燃料 を装荷した PWR	スーパーフェニックス 第 1 炉心
Kr, Xe	4.7	6.0	7.5	5.9	12
Cs, Rb	3.0	3.1	3.9	3.5	9.8
Sr, Ba	2.4	2.5	3.1	2.1	4.8
Y, La	1.7	1.7	2.2	1.5	3.5
Zr	3.6	3.7	4.6	2.7	6.4
Se, Te	0.53	0.56	0.70	0.62	1.5
Mo	3.3	3.5	4.4	3.4	7.7
I	0.21	0.23	0.28	0.30	0.74
Tc	0.82	0.23	1.1	0.85	2.0
Ru, Rh, Pd	3.9	0.86	5.4	6.8	15
Ag, Cd, In, Sn, Sb	0.22	0.25	0.32	0.54	1.1
その他					
Ce	2.4	2.5	3.1	2.3	5.3
Pr	1.1	1.2	1.4	1.1	2.7
Nd	4.0	4.2	5.2	3.8	8.8
Sm	0.77	0.82	1.0	9.1	2.4
Eu	0.13	0.15	0.20	0.25	0.26
合計	32.9	35.6	44.6	36.9	84.0

【出典】COMMISSION NATIONALE D'EVALUATION RELATIVE AUX RECHERCHES SUR LA GESTION DES DECHETS
RADIOACTIFS: RAPPORT D'EVALUATION No2, 1996.06 / CNE

〔第 10.9 表〕フランスにおける炉型毎の使用済燃料の残留熱の推移

単位：kW / 燃料集合体

冷却年数	1	2	4	5	6	8	10	20	30	40	50	100
900 万 kW 級 PWR		2.4	1.0		0.69	0.57	0.52	0.40	0.34	0.29	0.25	0.14
高燃焼度 PWR		4.0	1.56		1.0	0.82	0.73	0.55	0.46	0.39	0.34	0.19
混合酸化物 (MOX) 燃料を装荷した PWR	8.7	4.2		1.6			1.1		0.83			0.48
スーパーフェニックス 第 1 炉心	3.0	1.7			0.84		0.75					

【出典】COMMISSION NATIONALE D'EVALUATION RELATIVE AUX RECHERCHES SUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS: RAPPORT D'EVALUATION No2, 1996.06 / CNE

〔第 10.10 表〕フランス三賢人による原子力発電の経済性評価における電力需給

シナリオ別のCO₂放出量、超ウラン元素蓄積量、

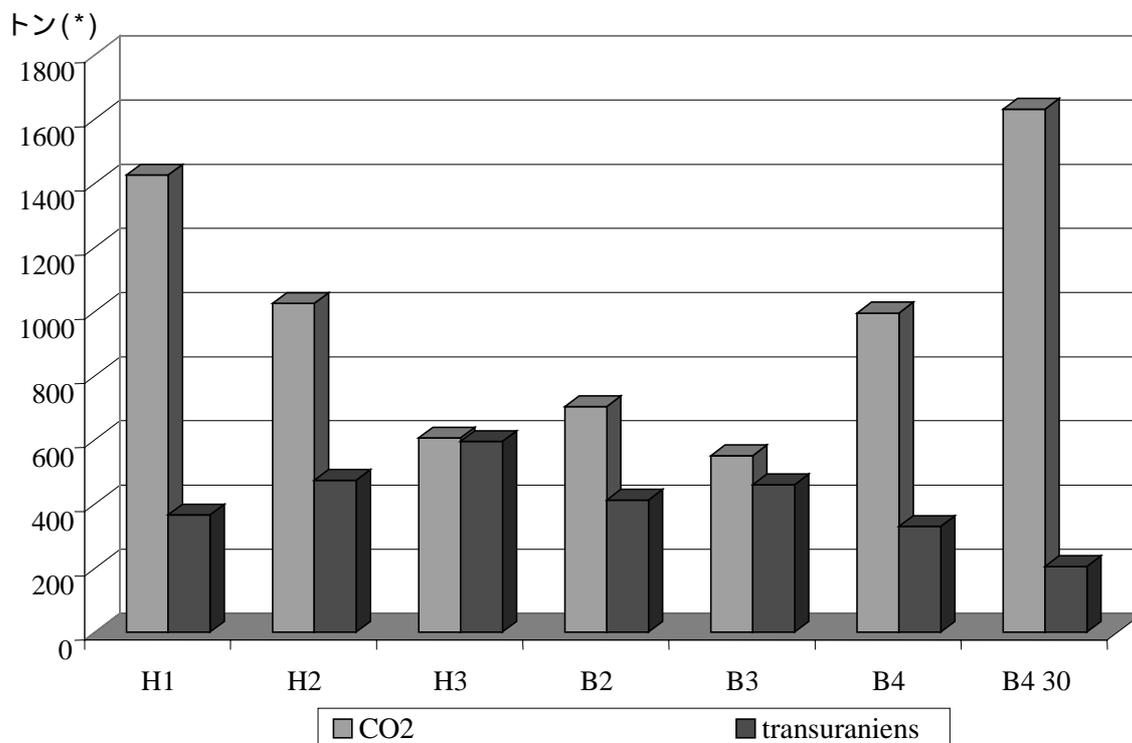
燃料使用量、発電電力量（2000～2050年）

需給シナリオ	H 1	H 2	H 3	B 2	B 3	B 4 - 45	B 4 - 30
燃 料（石油換算 100 万トン）							
天然ガス	1,784	1,233	621	748	704	1,340	2,196
石 油	95	95	95	39	44	44	44
石 炭	72	72	72	19	19	19	57
CO₂（石炭換算 100 万トン）							
放出量	1,425	1,037	607	710	556	1,006	1,646
1997～2050 年の放出量	1,935	1,547	1,117	1,220	1,066	1,516	2,156
超ウラン元素（トン）							
蓄積量	365	473	594	411	459	329	204
電 力（TWh）	30,625	30,650	30,650	26,180	26,180	26,150	26,150
1977～2050 年の超ウラン元素蓄 積量（トン）	459	603	724	541	589	459	334
2000～2050 年の発電電力量当た りの超ウラン元素発 生量（k/TWh）	12	15.4	19.4	15.7	17.5	12.6	8
2000～2050 年の発電電力量当た りのCO ₂ 放出量（石 炭換算 k/TWh）	46.5	33.8	19.8	27.1	21.2	38.5	62.9

【出典】J-M Charpin et al., Economics Forecast Study of the Nuclear Power Option, Report to Prime Ministar, 2000.7.

〔第 10.3 図〕 フランス三賢人の評価における超ウラン元素蓄積量と CO₂ 放出量の比較

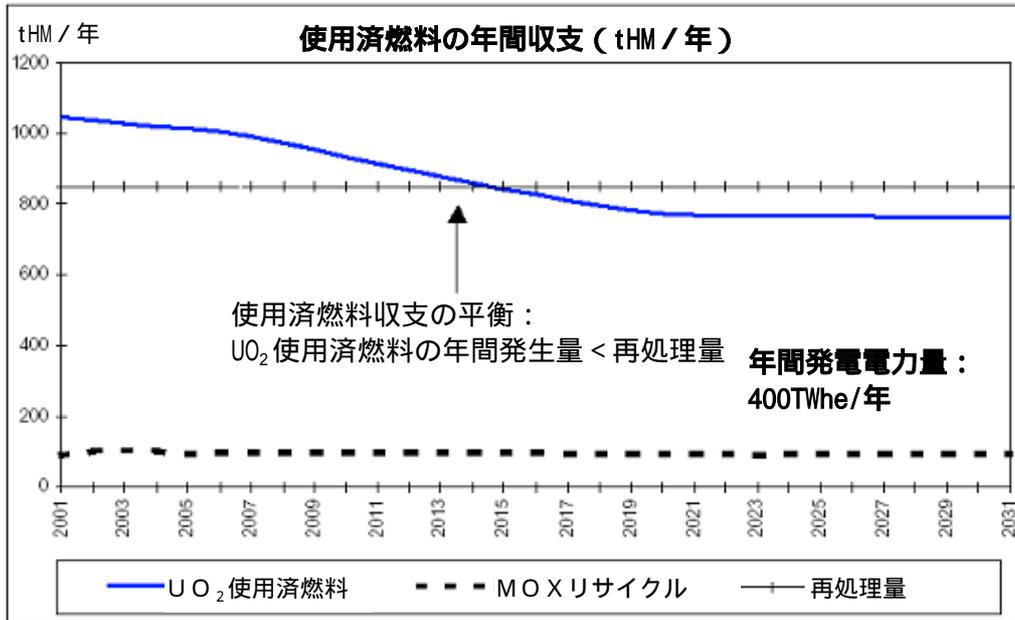
電力需給シナリオ別の CO₂ 放出量と超ウラン元素蓄積量 (2000~2050年)



(*) CO₂ : トン (C 換算)
超ウラン元素 : トン HM

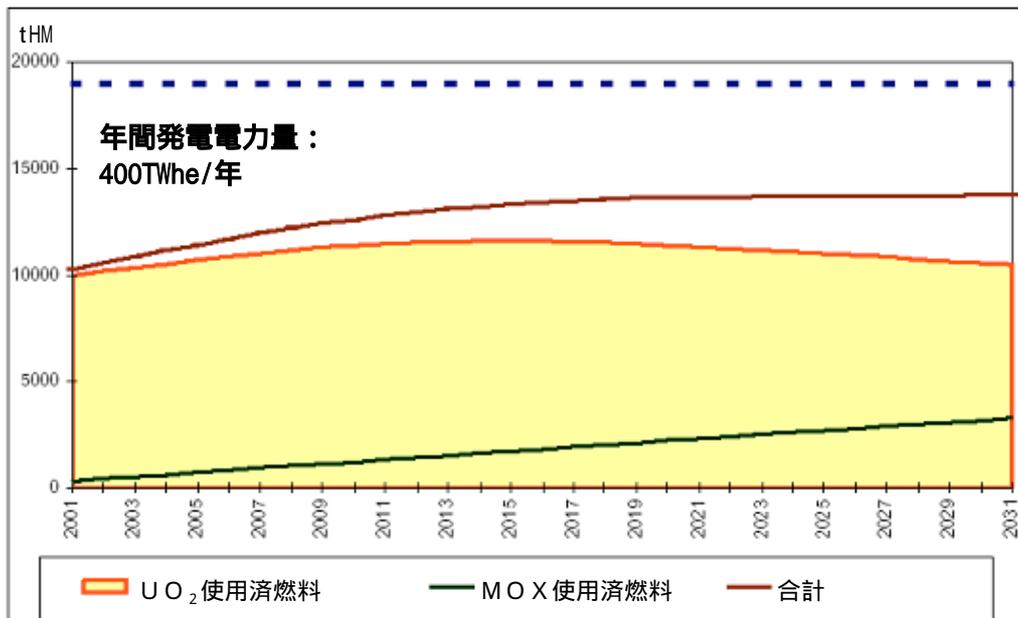
【出典】 J-M Charpin et al., Economics Forecast Study of the Nuclear Power Option, Report to Prime Minister, 2000.7.

〔第 10.4 図〕 EDF の使用済燃料発生量と再処理量の相関関係



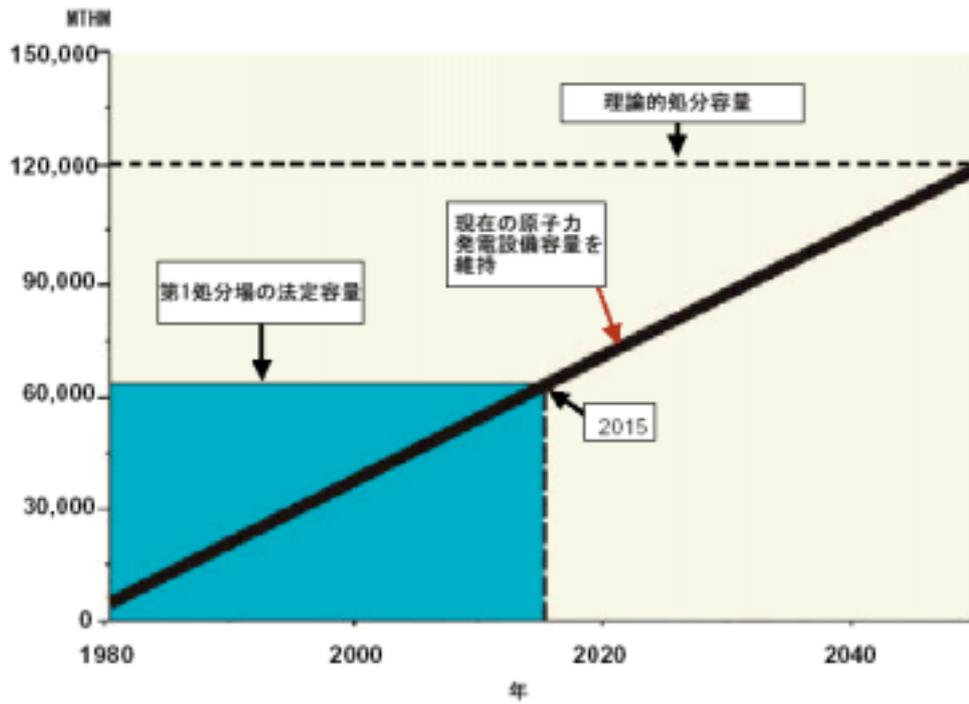
【出典】 M. Debes(EDF), "Increasing Fuel Burn Up and Reprocessing-Recycling Policy: Two Complementary Means for Competitiveness and Fuel Cycle Equilibrium", TOPFUEL 2001, 2001.05.27-30.

〔第 10.5 図〕 フランスの原子力発電所とラアークの貯蔵プール内の UO₂ / MOX 使用済燃料の貯蔵量の予測

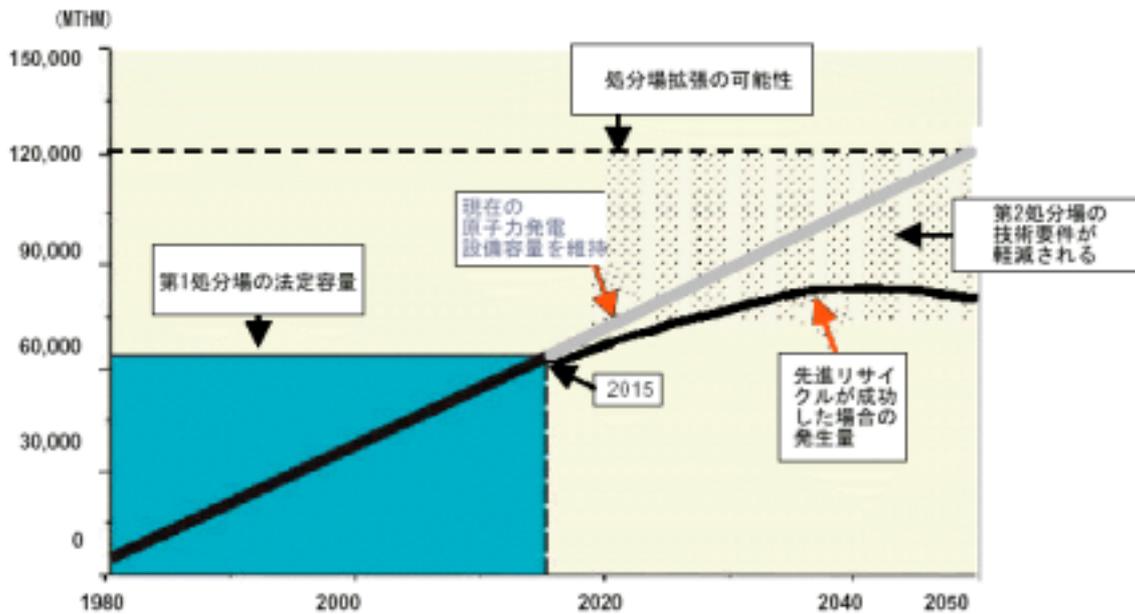


【出典】 M. Debes(EDF), "Increasing Fuel Burn Up and Reprocessing-Recycling Policy: Two Complementary Means for Competitiveness and Fuel Cycle Equilibrium", TOPFUEL 2001, 2001.05.27-30.

〔第 10.6 図〕 米国の民生使用済燃料発生量



〔第 10.7 図〕 米国の民生使用済燃料発生量
 (先進燃料サイクル[AFCI]が商業化された場合)



【出典】 Report to Congress on Advanced Fuel Cycle Initiative, NE/DOE, 2003.01.

〔第 10.11 表〕使用済 UO₂ 燃料 / MOX 燃料の残余熱 (W/kg) の比較

(燃焼度 42GWd/t で排出後 200 年間)

冷却期間 [年]	UO ₂ 燃料 ^(a)		MOX 燃料 ^(b)		MOX/U 発熱比 [%]
	全発熱量 [W/kg]	アクチニド 発熱分 [%]	全発熱量 [W/kg]	アクチニド 発熱分 [%]	
1	12.3	7	20.5	36	166
2	6.5	7	10.8	45	166
5	2.3	16	4.8	75	206
10	1.5	25	3.6	85	245
50	0.7	47	2.0	93	282
100	0.4	70	1.3	99	344
200	0.2	100	0.9	100	420

^(a) 初期濃縮度

^(b) 初期 Pu 富化度

【出典】 Status and Advances in MOX Fuel Technology, IAEA, 2003.05.

〔第 10.12 表〕使用済 UO₂ 燃料 / MOX 燃料の残余熱 (W/kg) の比較

(燃焼度 60GWd/t で排出後 200 年間)

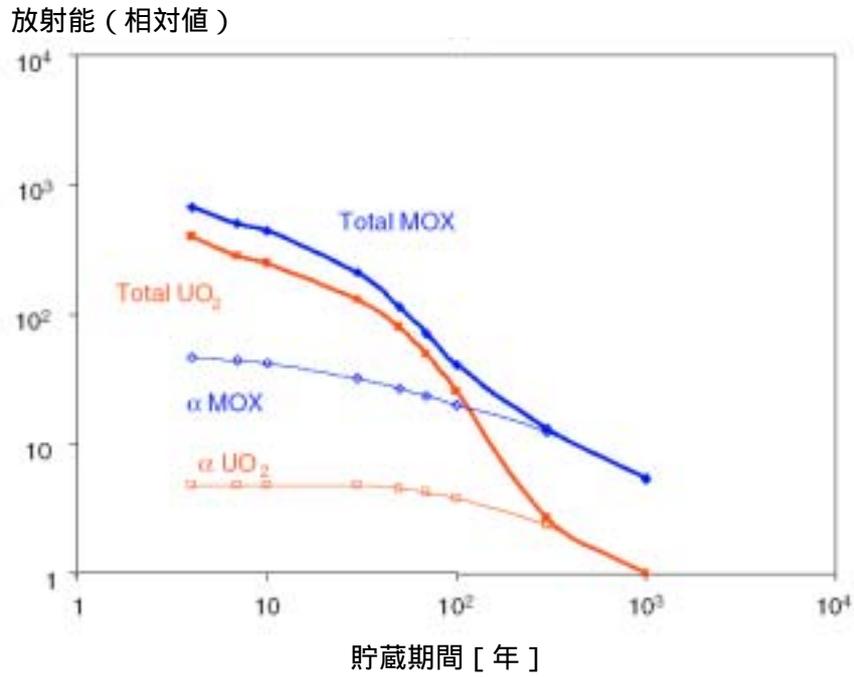
冷却期間 [年]	UO ₂ 燃料 ^(a)		MOX 燃料 ^(b)		MOX/U 発熱比 [%]
	全発熱量 [W/kg]	アクチニド 発熱分 [%]	全発熱量 [W/kg]	アクチニド 発熱分 [%]	
1	16.4	12	28.0	45	170
2	9.3	14	15.7	47	168
5	3.8	27	8.2	68	213
10	2.5	38	6.3	79	255
50	1.1	53	3.1	87	296
100	0.6	72	2.0	94	361
200	0.3	95	1.3	99	451

^(a) 初期濃縮度

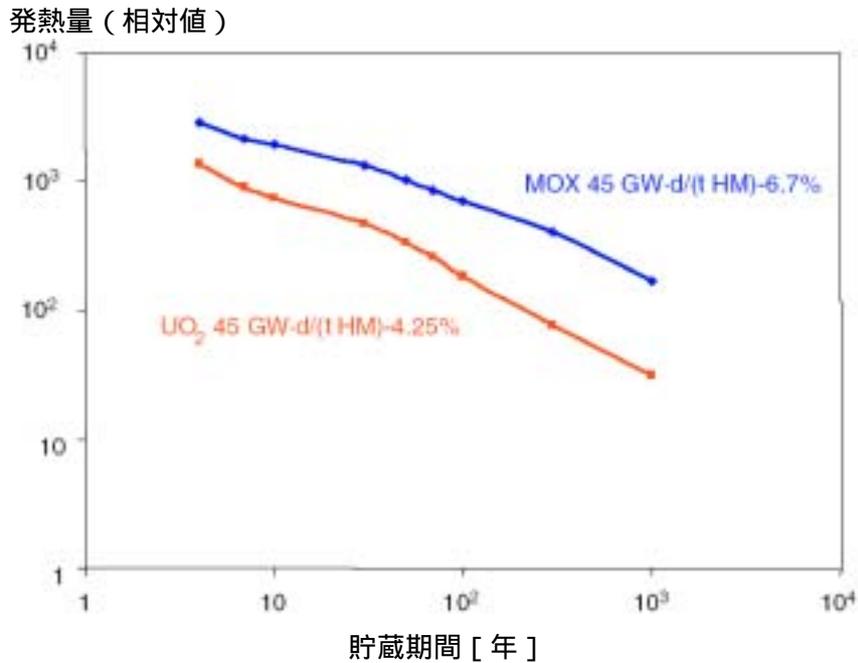
^(b) 初期 Pu 富化度

【出典】 Status and Advances in MOX Fuel Technology, IAEA, 2003.05.

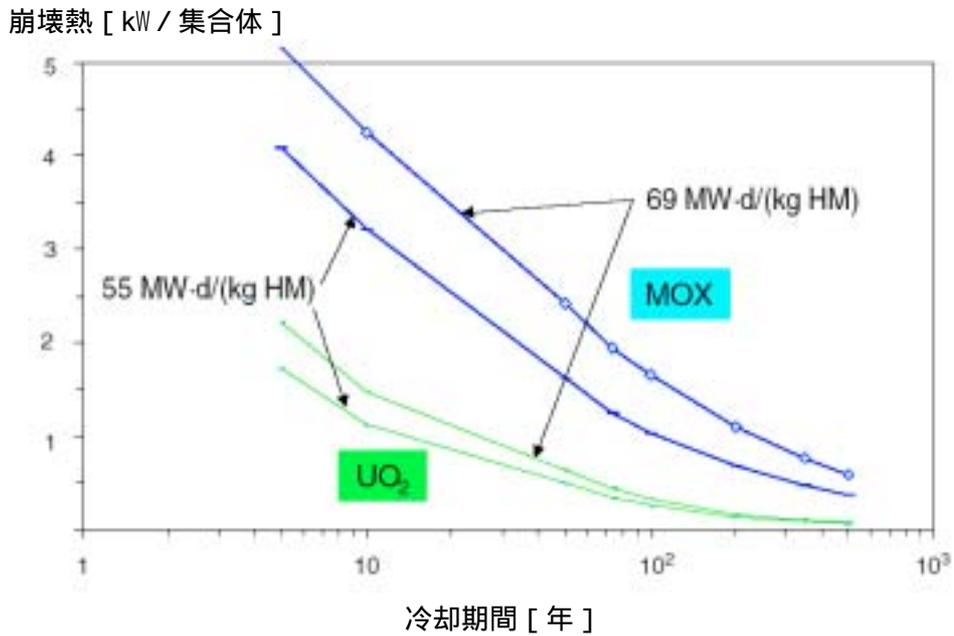
〔第 10.8 図〕 使用済MOX / UO₂ 燃料集合体の全放射能と 放射能の経年変化
 (燃焼度 45Gwd / tHM)



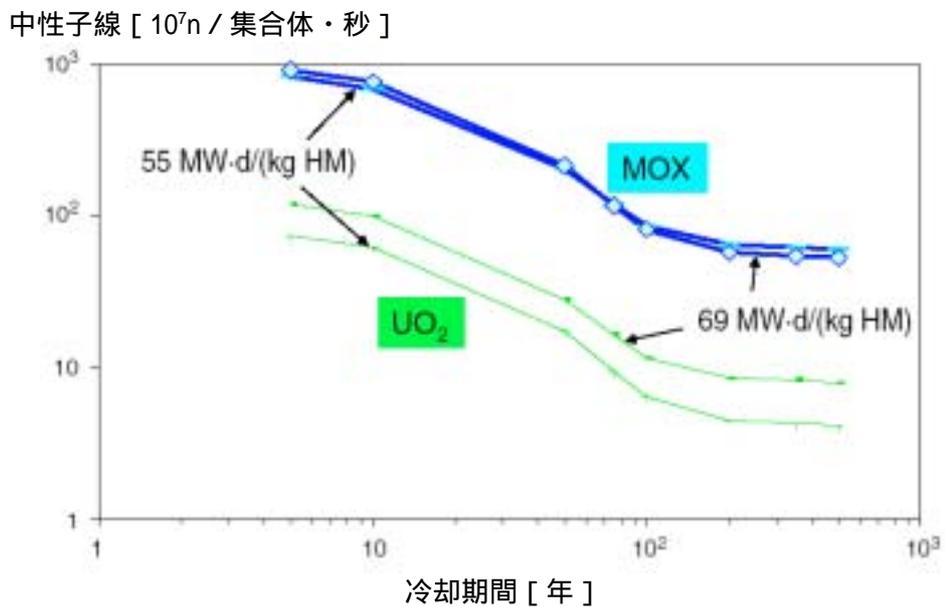
〔第 10.9 図〕 使用済MOX / UO₂ 燃料集合体の残余熱の経年変化
 (燃焼度 45Gwd / tHM)



〔第 10.10 図〕 使用済MOX / UO₂ 燃料集合体の崩壊熱の経年変化



〔第 10.11 図〕 使用済MOX / UO₂ 燃料集合体の中性子線の経年変化



3. プルトニウム在庫

国際原子力機関（IAEA）の指導の下、米国、英国、フランス、ロシア、中国の核兵器保有国、5カ国と日本、ドイツ、ベルギー、スイスの非核兵器保有国で民生プルトニウムを利用している4カ国がプルトニウム保有量を公表することになり、1998年4月にIAEAがプルトニウム管理指針（INFCIRC/549）を提出した。この時には、ロシアを除く8カ国の保有量の情報が提出されただけであったが、〔資料 11.1〕に示すように、これまでにロシアを含め、加盟する全ての国々の情報がIAEAへ提出されている。〔第 11.1～11.2 表〕は2004年12月現在までに公表されている各国の民生分離プルトニウム在庫と使用済燃料中のプルトニウム推定量をIAEA区分に沿ってまとめたものである。

核問題を中心に研究している米国の有力研究機関「科学・国際安全保障問題研究所（ISIS）」は10月4日、「世界の核物質在庫」^{〔注1〕}と題する報告書を公表した。ISISは、1997年、1999年と同種の報告書を発行しており、今回の報告書でもISISが独自に調査した世界のプルトニウム（Pu）/高濃縮ウラン（HEU）の在庫が最新化されている。

同報告書の要約版^{〔注2〕}においてISISは、60カ国以上の国々に存在するPu/HEUは2003年末現在で3,755トンと膨大な量に上り、増加の一途をたどっていると述べている。PuとHEUの在庫量は各々、1,855トンと1,900トンとほぼ同量と見積もられているが、Puの大部分が民生（1,700トン）であるのに対し、HEUはほとんどが軍事用（1,725トン）である。また、過去あるいは現在における事実上の核保有国としてイスラエル、インド、パキスタン、北朝鮮、南アフリカ共和国を挙げ、これらの国々には合計2～3トン以上の核物質（Pu：0.845～1.218トン、HEU：1.430～1.830トン以上）が保有されていると見積もっている。

ISISの最新データを含め、世界の軍事/民生の分離プルトニウム在庫見積、その他の各国毎のプルトニウム在庫情報を〔第 11.3～11.18 表〕と〔第 11.1～11.5 図〕にまとめた。

〔注1〕 Global Fissile Material Inventories, ISIS, 2004.06.

〔注2〕 David Albright, Kimberly Kramer (ISIS), "Fissile Material: Stockpiles still growing," Bulletin of the Atomic Scientists, November/December 2004.

プルトニウム在庫関連図表一覧

- [資料 11.1] IAEAの民生プルトニウム管理の INFCIRC/549 シリーズ文書
- [第 11.1 表] 2003年末現在の民生分離プルトニウム情報
- [第 11.2 表] 2003年末現在の民生の使用済燃料中のプルトニウム情報
- [第 11.1 図] 分離プルトニウムの在庫：現状と将来の傾向
- [第 11.3 表] 世界の民生／軍事のPu／HEU在庫（2003年末現在）
- [第 11.4 表] 各国毎の民生／軍事のPu在庫（2002年末現在）
- [第 11.5 表] 余剰の軍事プルトニウムとHEU
- [第 11.6 表] 過去および現在の「事実上の核保有国（de facto nuclear weapon states）」における
未照射の軍事核物質在庫（2003年末現在）
- [第 11.7 表] 米国におけるプルトニウム収支
- [第 11.8 表] 兵器Puの同位体組成
- [第 11.9 表] 兵器Puの発熱量（5～10年後）
- [第 11.10 表] 兵器Puのγ線量率（5～10年後）
- [第 11.11 表] 各種軽水炉におけるMOX燃料利用の可能性
- [第 11.12 表] 各種軽水炉における使用済MOX燃料の特性
- [第 11.2 図] サイト毎のプルトニウムの貯蔵状況（1994年9月現在）
- [第 11.3 図] DOEによる余剰兵器プルトニウム処分オプションの投資／運転コスト評価
- [第 11.4 図] 米国の余剰プルトニウム処分計画の見通し
- [第 11.13 表] 米・ロ二国間協定に基づくプルトニウム処分量・形態・処分方法
- [第 11.14 表] ブッシュ政権における2001年再評価の合理的技術オプション
- [第 11.15 表] ブッシュ政権が選定・評価した12の処分オプション（コスト・スケジュール・必要な施設など）
- [第 11.16 表] ブッシュ政権におけるプルトニウム処分オプションの比較
- [第 11.17 表] ブッシュ政権におけるプルトニウム処分計画のコスト試算（FY2002-FY2020）
- [第 11.18 表] ブッシュ政権におけるプルトニウム処分計画の主なマイルストーン
- [第 11.5 図] 米国の民生使用済燃料中のプルトニウム在庫

IAEA
INFORMATION CIRCULAR

INFCIRC/549: COMMUNICATION RECEIVED FROM CERTAIN MEMBER STATES CONCERNING THEIR POLICIES REGARDING THE MANAGEMENT OF PLUTONIUM ,
16 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.1, (Permanent Mission of Japan) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.1/1, 11 Nov. 1998

INFCIRC/549/Add.1/2, 9 Sept. 1999

INFCIRC/549/Add.1/3, 10 Oct. 2000

INFCIRC/549/Add.1/4, 10 Dec. 2001

INFCIRC/549/Add.1/5, 21 February 2003

INFCIRC/549/Add.1/6, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.1/7, 23 December 2004

INFCIRC/549/Add.2, (Permanent Mission of Germany) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.2/1, 28 May 1998

INFCIRC/549/Add.2/2, 23 Dec. 1999

INFCIRC/549/Add.2/3, 4 Dec. 2000

INFCIRC/549/Add.2/4, 11 September 2002

INFCIRC/549/Add.2/5, 27 February 2003

INFCIRC/549/Add.2/6, 29 October 2003

INFCIRC/549/Add.3, (Permanent Mission of Belgium) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.3/1, 11 Nov. 1998

INFCIRC/549/Add.3/2, 16 Sept. 1999

INFCIRC/549/Add.3/2/Corr.1, Corrigendum 8 Oct. 1999

INFCIRC/549/Add.3/3, 11 Oct. 2000

INFCIRC/549/Add.3/4, 15 November 2002

INFCIRC/549/Add.3/5, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.3/6, 13 September 2004

INFCIRC/549/Add.4, (Permanent Mission of Switzerland) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.4/1, 28 May 1998

INFCIRC/549/Add.4/2, 9 Sept. 1999

INFCIRC/549/Add.4/3, 10 Oct. 2000

INFCIRC/549/Add.4/4, 15 May. 2001

INFCIRC/549/Add.4/4 Corr.1, Corrigendum 22 August 2001

INFCIRC/549/Add.4/5, 29 July 2002

INFCIRC/549/Add.4/6, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.4/7, 13 September 2004

INFCIRC/549/Add.5, (Permanent Mission of France) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.5a, 6 Apr. 1998

INFCIRC/549/Add.5/1, 11 Nov. 1998

INFCIRC/549/Add.5/2, 3 Nov. 1999

INFCIRC/549/Add.5/3, 19 Mar. 2001

INFCIRC/549/Add 5/4, 23 Nov. 2001

INFCIRC/549/Add 5/5, 12 Feb. 2002

INFCIRC/549/Add.5/6, 23 October 2002

INFCIRC/549/Add.5/7, 24 October 2003

INFCIRC/549/Add.5/8, 23 Decemer 2004

INFCIRC/549/Add.6, (Permanent Mission of the United States of America) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.6/1, 11 Oct. 1999

INFCIRC/549/Add.6/2, 23 Dec. 1999

INFCIRC/549/Add.6/3, 22 Nov. 2001

INFCIRC/549/Add.6/4, 24 June 2002

INFCIRC/549/Add.6/5, 11 September 2002

INFCIRC/549/Add.6/6, 24 October 2003

INFCIRC/549/Add.7, (Permanent Mission of China) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.7/1, 11 Jan. 2000

INFCIRC/549/Add.7/2, 16 September 2002

INFCIRC/549/Add.7/2/Corr.1, Corrigendum 6 Deember 2002

INFCIRC/549/Add.7/3, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.7/4, 13 May 2004

INFCIRC/549/Add.8, (Permanent Mission of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) 31 Mar. 1998

INFCIRC/549/Add.8/1, 11 Nov. 1998

INFCIRC/549/Add.8/2, 9 Sept. 1999

INFCIRC/549/Add.8/3, 19 Jul. 2000

INFCIRC/549/Add.8/4, 24 Aug. 2001

INFCIRC/549/Add.8/5, 12 September 2002

INFCIRC/549/Add.8/6, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.8/7, 13 September 2004

INFCIRC/549/Add.9, (Russian Federation) 11 Nov. 1998

INFCIRC/549/Add.9/1, 31 May 1999

INFCIRC/549/Add.9/2, 27 Mar. 2000

INFCIRC/549/Add.9/3, 15 May. 2001

INFCIRC/549/Add.9/4, 11 September. 2002

INFCIRC/549/Add.9/5, 15 September 2003

INFCIRC/549/Add.9/6, 13 May 2004

〔第 11.1 表〕 2003 年末現在の民生分離プルトニウム情報

単位:トン

国	1)再処理プラントで貯蔵中の 未照射のプルトニウム										2)MOX燃料加工プロセス中の プルトニウム										3)原子炉サイト等にある未照射の MOX燃料中のプルトニウム										4)その他の場所にある未照射の プルトニウム										備 考									
	03	02	01	00	99	98	97	96	95	03	02	01	00	99	98	97	96	95	03	02	01	00	99	98	97	96	95	03	02	01	00	99	98	97	96	95														
ベルギー	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	1.9	1.9	2.1	2.5	2.8	2.8	2.6		1.4	1.0	1.0	0.6	1.4	1.0	0	0.1		微量	微量	微量	微量	微量	微量	微量	微量		他国にあるもの	1.0	1.0	1.0	0.6	0.9	1	0.8						
日 本	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6			3.2	3.0	2.9	3.1	3.1	3.2	3.3	3.1		1.1	1.1	1.5	1.2	1.2	0.8	0.8	0.9		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		他国にあるもの	35.2	33.3	32.4	32.1	27.6	24.4	19.1	15.1					
ドイツ		0	0	0	0	0	0				0.1	0.3	0.44	0.58	0.41	0.3	0.4			9.3	9.0	7.48	5.48	4.84	3.9	2.7			1.7	1.60	1.10	1.13	1.31	1.8	1.8															
スイス	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.8	0.6	0.6	0.6	0	0.6	0.1		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05		他国所有のもの	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1					
中 国	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0															
フランス	48.6	48.7	51.1	53.7	55.0	52.0	48.4	43.6	36.1	13.3	15.0	14.1	14.8	13.0	11.8	12.2	11.3	10.1	13.2	12.7	9.9	9.2	8.2	6.8	6.3	5.0	3.6	3.5	3.5	5.4	5.0	5.0	5.3	5.4	5.5	5.5	他国所有のもの	30.5	32	33.5	38.5	37.7	35.6	33.6	30	25.7				
																																					他国にあるもの	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2	0.2				
英 国	92.7	86.5	79.9	75.1	69.5	66.1	57.4	52.1		1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5		1.9	1.9	1.7	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		0.6	1.5	0	0	0	0	0	0		他国所有のもの	22.5	20.9	17.1	16.6	11.8	10.2	6.1	3.8						
																																				他国にあるもの	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9						
米 国		0	0	0	0	0	0	0			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6			40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4		3)4)は元々軍用													
ロシア	37	36	34	32.3	30.9	29.2		27.2		-	-	-	-	-	-	-		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.064		1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9		0.87		他国にあるもの	0.6	0.6	0.6	0.6										

: 1996年7月1日現在

【出典】IAEA, ICFCIR/549 シリーズ文書

Site: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Numbers/nr501-550.shtml>

〔第 11.2 表〕 2003 年末現在の民生の使用済燃料中のプルトニウム情報

単位:トン

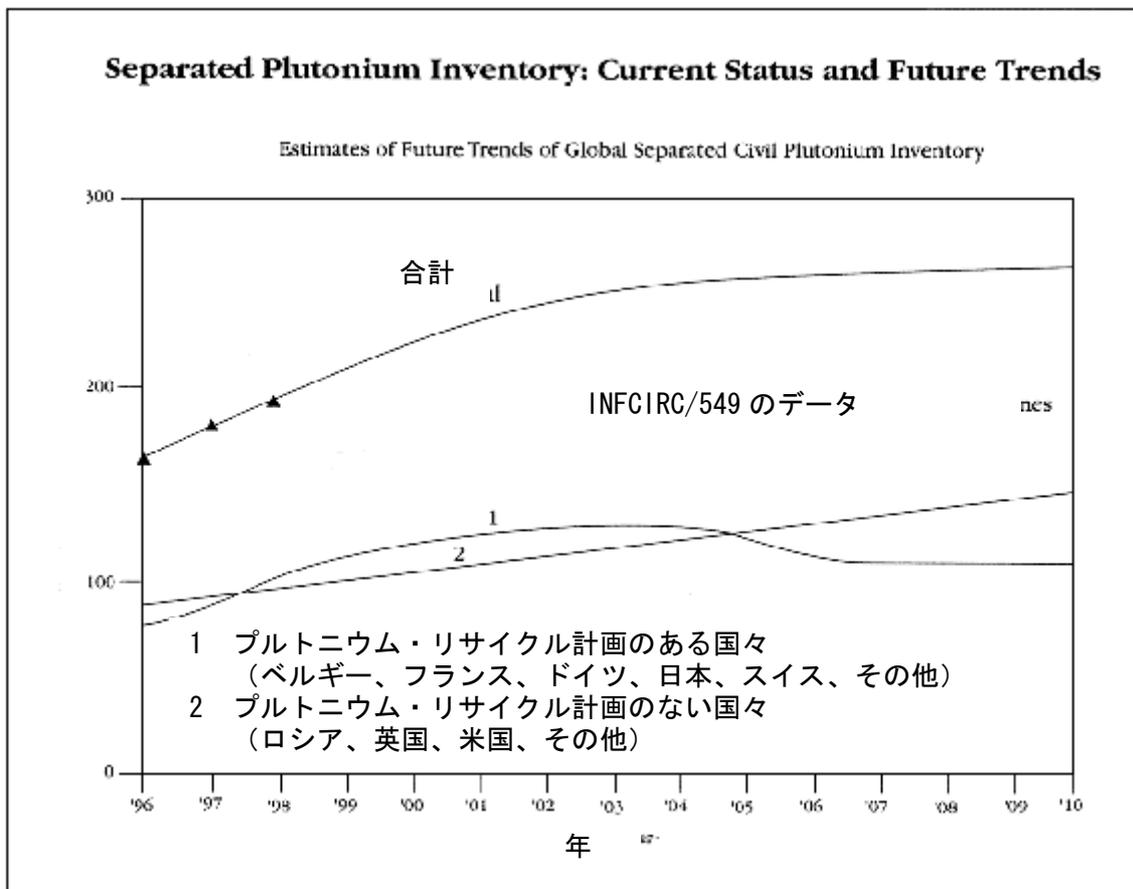
国	1)民間の原子炉サイト内のプルトニウム										2)再処理工場の使用済燃料中のプルトニウム										3)その他の場所のプルトニウム										備 考									
	03	02	01	00	99	98	97	96	95	03	02	01	00	99	98	97	96	95	03	02	01	00	99	98	97	96	95													
ベルギー	23	22	20	18	17	16	14	12		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0														
日 本	98	90	86	80.5	72	63	55	48		7	7	4	0.9	1	1	1	1		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5														
ドイツ		48.9	46.3	41.24	36.75	31.5	未提出				0	0	0	0	0	未提出				5.4	5.4	5.47	5.90	5.90	未提出															
スイス	14	11	8	8	7	6	6	7		0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	0	0	0	0	0	0		他国にあるもの	3	3	3	3	5	5	5	6				
中 国	未提出	未提出	未提出	未提出	未提出					未提出	未提出	未提出	未提出	未提出					未提出	未提出	未提出	未提出	未提出																	
フランス	94.1	91.6	89.4	82.6	80.0	74.9	66.7	65	64	96.5	89.8	83.3	81.3	79.2	83.4	88.8	88	87	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0	0													
英 国	7	7	6	7	7	5.6	5	4.3		30	31	35	36	39	40.2	42.1	43.0		0.5	0.5	0.5	0.5		0.1	0.1	0.1														
米 国		383	363	343	319	302	287	270			0	0	0	0	0	0	0			12	12	12	15	15	15	13														
ロシア	56	54	54	49	47	42		40以下		3	3	3	4	4	9		30以下		29	26	24	21	20	16												1)に含む				

: 1996年7月1日現在

【出典】IAEA, ICFCIR/549 シリーズ文書

Site: <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Numbers/nr501-550.shtml>

〔第 11.1 図〕 分離プルトニウムの在庫：現状と将来の傾向



【出典】 J- S. Choi (IAEA), Plutonium 2000: Conference Report, Belgium Nuclear Society (BNS), Brussels, 2000. 10. 9-11.

[第 11.3 表] 世界の民生／軍事のPu／HEU在庫（2003年末現在）

単位：トン

分 類	プルトニウム (Pu)	高濃縮ウラン (HEU)	合 計
○ 民生在庫	約1,700	175	1,875
商業炉／研究炉	1,595	50	
余剰声明	107	*125	
○ 軍事在庫	155	1,725	1,880
現行の核配備	155	1,250	
海軍、その他	-	175	
ロシアの余剰声明	-	300	
総 計	1,855	1,900	3,755

*：米国のみ。

出典：David Albright, Kimberly Kramer (ISIS), "Fissile Material: Stockpiles still growing," Bulletin of the Atomic Scientists, November/December 2004.

〔第 11.4 表〕 各国毎の民生／軍事のPu在庫（2002年末現在）

単位：トン

国	民 生				軍 事	合 計
	照射済	非照射	余剰	合計		
アルゼンチン	10			10		10
アルメニア	1.3			1.3		1.3
ベルギー	22	1.8		24		24
ブラジル	1.9			1.9		1.9
ブルガリア	8.8			8.8		8.8
カナダ	130			130		130
中国	4.3			4.3	4.8	9.1
チェコ共和国	5.6			5.6		5.6
フィンランド	11			11		11
フランス	182	47.9		230	5	235
ドイツ	64	25.6		90		90
ハンガリー	7.1			7.1		7.1
インド	12	1		13	0.36	13.36
イスラエル	0			0	0.56	0.56
イタリア	4.1	2.4		6.5		6.5
日本	106	38.6		145		145
カザフスタン	3			3		3
リトアニア	9.2			9.2		9.2
メキシコ	2.2			2.2		2.2
オランダ	1.2	2.1		3.3		3.3
北朝鮮	0			0	0.03-0.04	0.03-0.04
パキスタン	0.9			0.9	0.04	0.94
ルーマニア	2.2			2.2		2.2
ロシア	83	37.8	50	171	95	266
スロバキア	7.9			7.9		7.9
スロベニア	2.5			2.5		2.5
南アフリカ	5.3			5.3		5.3
韓国	41			41		41
スペイン	24.7	0.5		25		25
スウェーデン	39	0.83		40		40
スイス	13	2		15		15
台湾	21			21		21
ウクライナ	38			38		38
英国	39	70.8		110	3.2	113
米国	388		52.5	440.5	47	487.5
総 計（概数）	1,291	231	102.5	1,625	156	1,780

出典：Global Fissile Material Inventories, ISIS, 2004.06.

〔第 11.5 表〕 余剰の軍事プルトニウムと H E U
(1 9 9 7 年 末 現 在)

単位：トン

	合計在庫 (中央見積値)	余剰と声明され た量	余剰在庫見積	I A E A 保障措 置下にある量
●プルトニウム				
ロシア	131	50	95	0
米国	85	38	49	2
英国	7.6	4.4	6	4.4
中国・フランス	9	-	3	0
●H E U				
ロシア	1,050	500	890	0
米国	645	165	480	10
英国	21.9	-	5	0
中国・フランス	45	-	10	0
合 計	1,995	757	1,538	16.4

【出典】 W. Walker (University of St. Andrews), "Nuclear Power and Non-Proliferation", European Seminar on Nuclear in a Changing World, European Commission, Brussels, 1998. 10. 14~15.

〔第 11.6 表〕 過去および現在の「事実上の核保有国 (de facto nuclear weapon states)」
における未照射の軍事核物質在庫 (2003 年末現在)

国	種 別	P u [kg]	H E U [kg]	核弾頭数
イスラエル	de facto	510-650	?	110-190
インド	de facto	300-470	生産可能	55-115
パキスタン	de facto	20-60	1,000-1,250	55-90
北朝鮮	不明瞭な状態	15-38	?	2-9
南アフリカ	核兵器プログラム解体	0	430-580	0

出典 : David Albright, Kimberly Kramer (ISIS), "Fissile Material: Stockpiles still growing," Bulletin of the Atomic Scientists, November/December 2004.

〔第 11.7 表〕 米国におけるプルトニウム収支

<u>生産／獲得</u>	<u>トン Pu</u>
政府の生産炉	103.4
政府の非生産炉	0.6
米国民間産業	1.7
海外	5.7
合 計	111.4
 <u>消費／移動</u>	
戦争や実験	3.4
測定誤差	2.8
通常運転時のロス	3.4
核分裂・消滅	1.2
崩壊等	0.4
米民間産業	0.1
海外	0.7
合 計	12.0
 生産／獲得 合計	 111.4
消費／移動 合計	-12.0
機密の取引／端数調整	0.1
実際の保有量	99.5

【出典】 Storage and Disposition of Weapons-Usable Fissile Materials: Draft Programmatic Environmental Impact Statement (Summary), DOE/EIS-0229-D, 1996.2.

[第 11.8 表] 兵器 P u の同位体組成

単位：% (概数)

種類 GWd/tU	W _{Pu} -	GCR 5-6	AGR 18-24	PWR 33	PWR 50	BWR 30
Pu-238	0.0	0.3	0.6	1.6	2.6	2.8
Pu-239	94	69	54	58	50	55
Pu-240	5.5	25	31	25	28	23
Pu-241+Am	0.5	4.2	10	10	11	14
Pu-242	0.02	1.1	5	5.5	8	5

【出典】 H. Bairiot (FEX), "Use of MOX in the Disposition of Weapons-Grade Pu", International Seminar on MOX Fuel: Electricity Generation from Pu Recycling, 1996. 6. 4.

[第 11.9 表] 兵器 P u の発熱量 (5 ~ 10 年後)

種類 GWd/tU	W _{Pu} -	GCR 5-6	AGR 18-24	PWR 33	PWR 50	BWR 30
5 年	2.3	5.8	9	14	21	22
10 年	2.4	6.5	11	16	23	25

[第 11.10 表] 兵器 P u の γ 線量率 (5 ~ 10 年後)

種類	W _{pu}	GCR	AGR	PWR	BWR
5 年	1.0	4.9	9	11	12
10 年	1.3	8	13	17	20

* W_{Pu} (5 年後) を 1.0 として比較した

【出典】 H. Bairiot (FEX), "Use of MOX in the Disposition of Weapons-Grade Pu", International Seminar on MOX Fuel: Electricity Generation from Pu Recycling, 1996. 6. 4.

〔第 11.11 表〕 各種軽水炉におけるMOX燃料利用の可能性

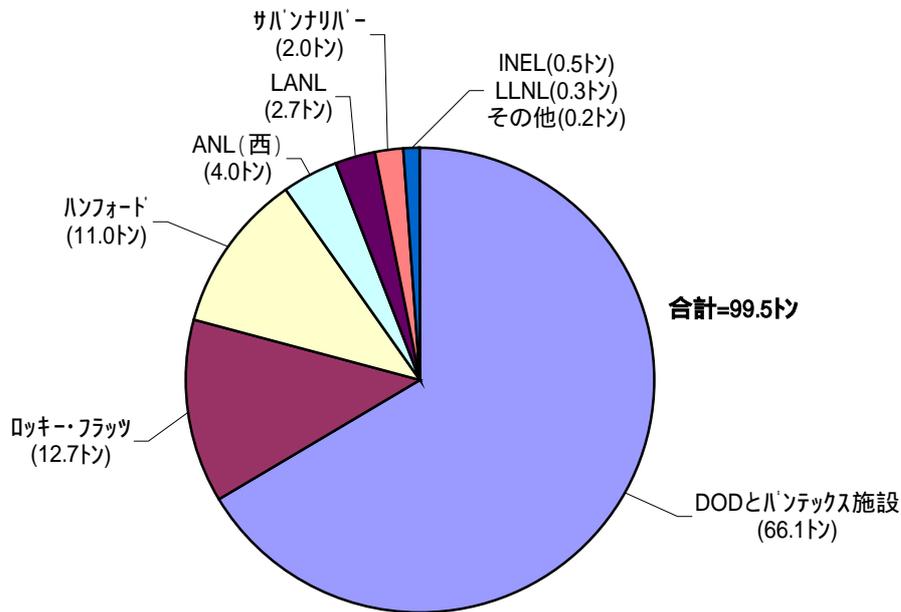
パラメータ	開発中の軽水炉			既存の軽水炉		
	ABB-CE System 80+	GE ABWR	WH PDR600	C-E	GE	WH
熱出力 (MW)	3,817	3,926	1,933	3,817	3,484	3,560
電気出力 (MW)	1,256	1,300	600	1,256	1,155	1,150
設備利用率 (%)	75	75	75	82	75	75
平衡炉心での Pu 富化度 (%)	6.8	5.8	6.6	4.6	3.0	4.5
1 基当たりの Pu 燃焼量 (Kg/年)	1,670	1,590	880	1,590	760	1,070
燃焼度 (MWd / KgHM)	42.6	39.0	40.0	32.5	37.6	44.0
利用基数	2	2	4	2	3	3
50トンの Pu を処分する 期間 (年)	15.0	15.7	14.2	15.7	21.9	15.6

〔第 11.12 表〕 各種軽水炉における使用済MOX燃料の特性

Pu 同位体	兵器級 Pu	UO ₂ 使用済燃料	開発中の軽水炉			既存の軽水炉		
			ABB-CE System 80+	GE ABWR	WH PDR600	C-E	GE	WH
Pu-238	0.000	0.02	---	0.006	0.001	---	0.010	0.002
Pu-239	0.937	0.54	0.631	0.590	0.621	0.609	0.421	0.497
Pu-240	0.059	0.21	0.227	0.270	0.242	0.234	0.353	0.295
Pu-241	0.004	0.16	0.126	0.105	0.118	0.137	0.151	0.163
Pu-242	0	0.07	0.017	0.028	0.018	0.021	0.066	0.043
Pu 含有率 (%)	100	0.9-1.1	5.1	4.1	5.1	3.7	2.0	3.2
Pu 消費率 (%)	—	生産	27	31	25	22	36	33
集合体の放射線遮蔽 (排出時) (rem/時)	---	2-8E6	7.9E6	2.0E6	2.0E6	8.4E6	2.2E6	3.0E6
集合体の放射線遮蔽 (10年後) (rem/時)	---	2-6E4	6.3E4	1.6E4	1.7E4	5.0E4	1.8E4	2.1E4
Pu 発熱量 (10年後) (W/Kg)	2.3	14.3	5.6	8.2	3.8	3.9	11.0	5.0

【出典】 R. J. Neuhold, E. A. Condon (DOE), "Capability of U. S. LWR Using Full-MOX Cores, ANS Transaction, 1995. 6. 25~29.

〔第 11.2 図〕 サイト毎のプルトニウム貯蔵状況（1994年9月現在）



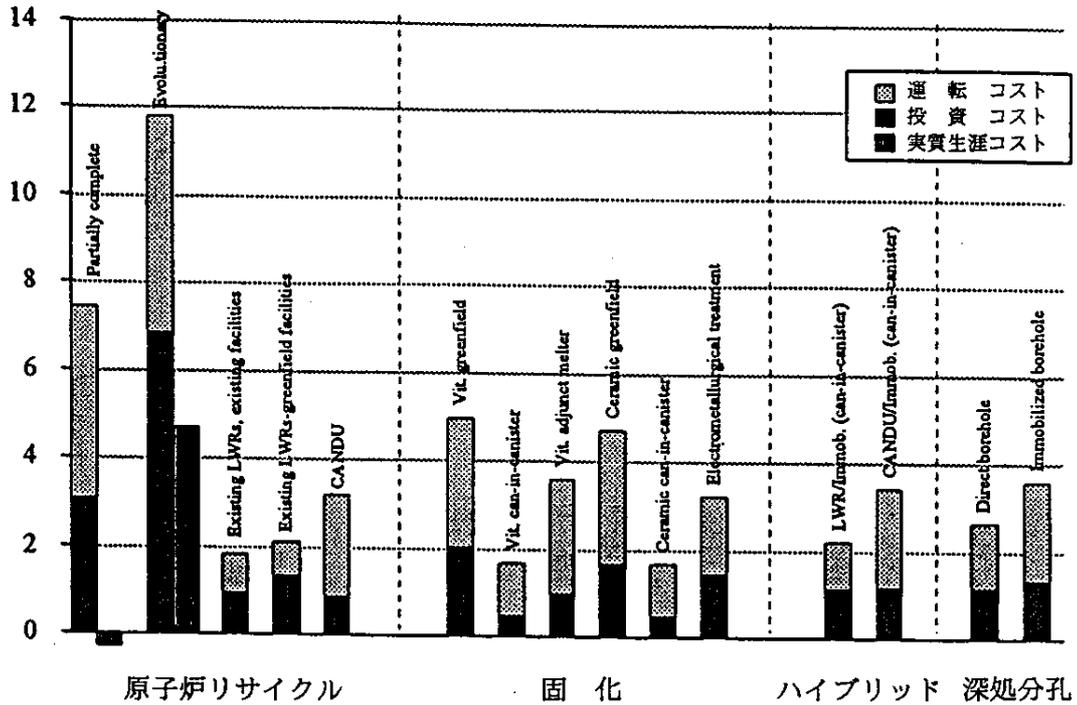
(注記) LANL: ロスアラモス国立研究所
 ANL: アルゴン国立研究所
 INEL: アイダホ国立工学研究所
 LLNL: ローレンス・バリエ国立研究所

【出典】 Storage and Disposition of Weapons-Usable Fissile Materials: Draft Programmatic Environmental Impact Statement (summary), DOE/EIS-0229-D, 1996.2.

〔第 11.3 図〕 DOE による余剰兵器プルトニウム処分オプションの投資／運転コスト評価

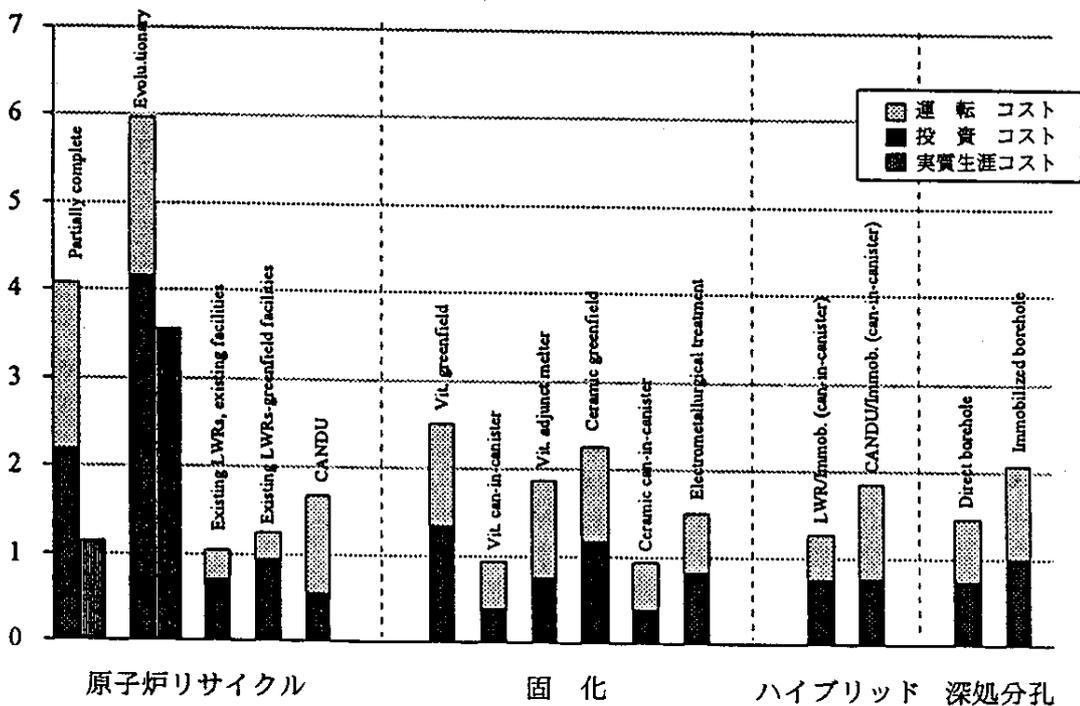
10 億ドル

(1) 固定ドルでの評価



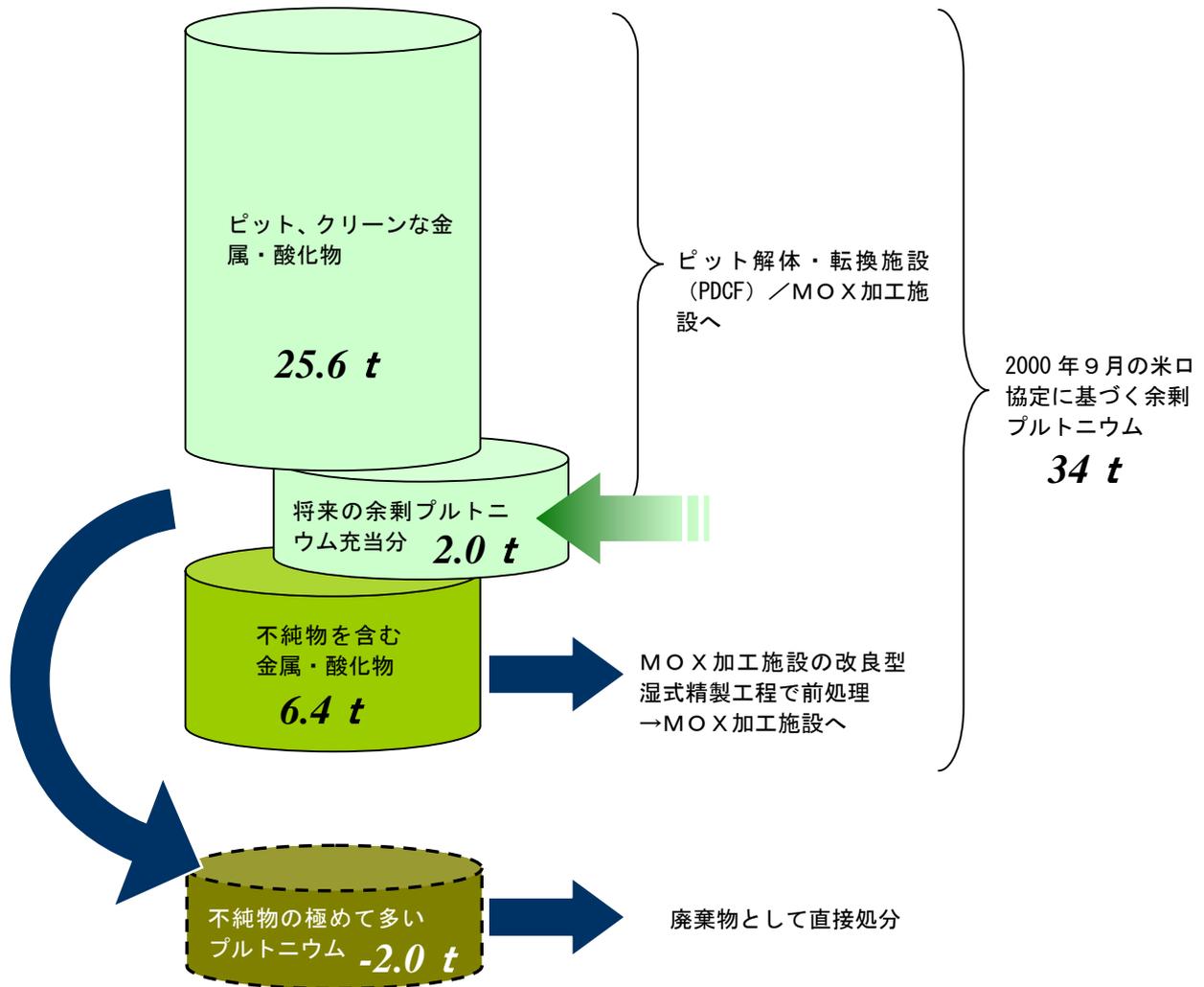
10 億ドル

(2) 割引後の評価



【出典】 “Technical Summary Report For Surplus Weapons-Usable Plutonium Disposition”, DOE, 1996. 07. 17

〔第 11.4 図〕 米国の余剰プルトニウム処分計画の見通し



【出典】 "Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site", NISA/OFMD, 2002.02.15.

〔第 11.13 表〕米・ロ二国間協定に基づくプルトニウム処分量・形態・処分方法

●米国の処分計画

量 (トン)	形態	処分方法
25.00	ピット／純粋な金属プルトニウム	照射
0.57	酸化物	照射
2.70	不純物を含む金属プルトニウム	固化
5.73	酸化物	固化

●ロシアの処分計画

量 (トン)	形態	処分方法
25.00	ピット／純粋な金属プルトニウム	照射
9.00	酸化物	照射

【出典】余剰核兵器プルトニウム処分に関する米ロ二国間協定－量・形状・所在・処分方法に関する付属書、2000年9月

〔第 11.14 表〕ブッシュ政権における2001年再評価の合理的技術オプション

① 廃棄物隔離パイロットプラント (WIPP) への処分 (少量のプルトニウム処分を想定)
② セラミック固化
③ 欧州での MOX 燃料加工／欧州の原子炉での照射
④ 既設の軽水炉での照射
⑤ カナダ型重水炉 (CANDU 炉) での照射
⑥ アクションなし (継続的に貯蔵)
⑦ 欧州での MOX 燃料加工／米国の原子炉での照射 (新しいオプション)

【出典】"Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site", NISA/OFMD, 2002. 02. 15.

[第 11.15 表] ブッシュ政権が選定・評価した 12 の処分オプション (コスト・スケジュール・必要な施設など)

オプション タイプ	No.	概要	総費用 (10 億ドル)	照射 完了	固化 完了	米口協定と の適合性	必要な施設 (◎：新規、●：既存)
MOX	1a	現行の MOX/固化の併用路線を踏襲 (MOX: 25.6t、 固化: 8.4t)。なお、MOX 加工施設の着工は FY2003 から FY2004 に延期し、続いて PDCF と PIP を建設 する。	5.4	FY2020	FY2020	○	◎PDCF、◎MOX 加工施設、 ◎●固化*、●軽水炉 (4 基)
	1b	現行の MOX/固化の併用路線を踏襲 (MOX: 25.6t、 固化: 8.4t)。MOX 燃料の製造を 2t/年から 3.5t /年に加速化。	4.6	FY2016	FY2020	○	◎PDCF、◎MOX 加工施設、 ◎●固化*、●軽水炉 (6 基)
	2	MOX のみ (34t、3.5t/年)、固化を廃止。SRS の旧式の F キヤニオン施設で前処理。	5.0	FY2019	n/a	○	◎PDCF、●F キヤニオン、 ◎MOX 加工施設、●軽水炉 (6 基)
	3a	MOX のみ (32t(+2t)、3.5t/年)、固化を廃止。 MOX 加工施設の改良型湿式精製工程で前処理。燃 料への転換が困難な 2t については廃棄物として 処分 (将来的に余剰プルトニウムを充当)。	3.8	FY2019	n/a	○	◎PDCF、◎MOX 加工施設、 ●廃棄物処分施設、●軽水炉 (6 基)
	3b	MOX のみ (32t(+2t)、3.5t/年)、固化を廃止。 SRS の旧式の F キヤニオン施設で前処理。燃料への転換 が困難な 2t については廃棄物として処分 (将来 的に余剰プルトニウムを充当)。	4.0	FY2019	n/a	○	◎PDCF、●F キヤニオン、 MOX 加工施設、●廃棄物処分施設、 ●軽水炉 (6 基)
	4	MOX のみ (34t、3.5t/年)、固化を廃止。PDCF で前処理したプルトニウムを欧州の燃料加工施設に輸 送して MOX 燃料を製造、返還された MOX 燃料を米 国の商業炉で照射。	3.3	FY2022	n/a	○	PDCF、●MOX 加工施設、●軽水炉 (6 基)
先進炉	5a	GT-MHR で照射 (34t、3.5t/年)。	6.1	FY2032	n/a	○	◎PDCF、◎燃料加工施設、 ◎GT-MHR (モジュール×12)
	5b	トリウム/プルトニウムまたはトリウム/ウラン/プ ルトニウム燃料に加工して軽水炉で照射 (34t、3.5t/年)。	5.4	FY2027	n/a	○	◎PDCF、◎燃料加工施設、 ●軽水炉 (基数は未定)
固化	1a	固化のみ (13t、1.3t/年)。残りは継続的に貯 蔵。	2.0	n/a	FY2023	×	◎PDCF、◎●固化*
	1b	固化のみ (34t、5t/年)。	3.2	n/a	FY2021	×	◎PDCF、◎●固化*
貯蔵	2	既存のサイトで継続的に貯蔵。	4.6	n/a	n/a	×	●貯蔵施設
	3	2カ所に集中して貯蔵。	3.5	n/a	n/a	×	●貯蔵施設

PDCF: プルトニウムピット解体・転換施設、PIP: プルトニウム固化施設、SRS: サバンナリバーサイト、GT-MHR: ガスタービン・モジュール型ヘリウム炉

*固化処理の第 1 段階では PIP を建設する必要があるが、第 2 段階の処理は SRS の既存の国防廃棄物処理施設 (DWPF) で行われる。

【出典】"Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site", NISA/OFMD, 2002.02.15.

〔第 11.16 表〕 ブッシュ政権におけるプルトニウム処分オプションの比較

	コストの範囲 (10 億ドル)	ロシア側の関心とコミットメントが得られるかどうか	国内での取決めとの整合性	国際・核不拡散上の目標との整合性
MOX	3.3~5.4	●	●	●
先進炉	5.4~6.1	○	○	○
固化	2.0~3.2	○	◐	○
貯蔵	3.5~4.6*	○	○	○

優れたオプションの順に ●→◐→○

*長期貯蔵コストを除く。

【出典】“Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site”, NISA/OFMD, 2002. 02. 15.

〔第 11.17 表〕 ブッシュ政権におけるプルトニウム処分計画のコスト試算 (FY2002-FY2020)

(単位：1,000 ドル)

施設	研究開発、 その他準備費	設計・建設、 設備投資費	運転*	廃止	コンテイン ジェンシー	総額
PDCF	249,300	450,900	718,200	9,100	267,700	1,695,200
MOX 加工	326,800	1,058,200	1,226,800	9,100	497,800	2,154,500**
総額	576,100	1,509,100	1,945,000	18,200	765,500	3,849,700**

*PDCF については、特別な保障措置、保安、ピット梱包に関わるコストを含む。

**実施コストの総額と MOX 加工施設の総額では、MOX および高濃縮ウラン (HEU) 燃料の価値 (それぞれ -\\$733,200、-\\$231,000) を差し引いている。

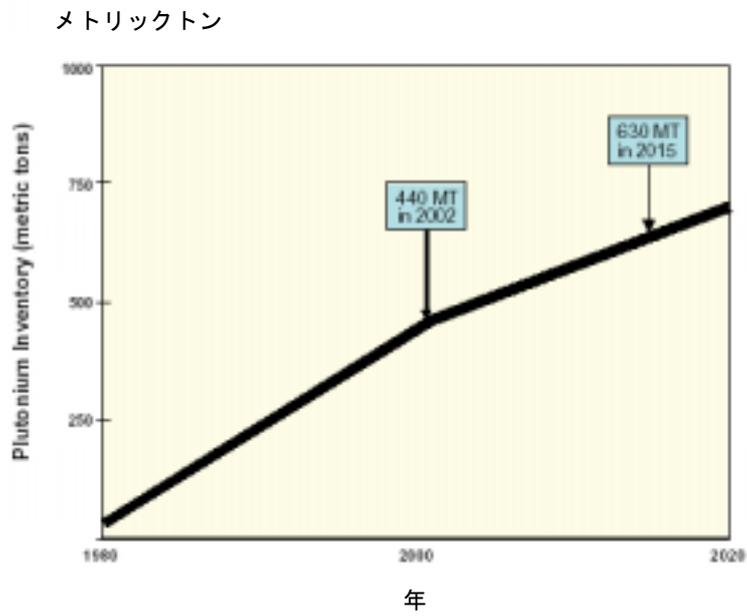
【出典】“Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site”, NISA/OFMD, 2002. 02. 15.

〔第 11.18 表〕 ブッシュ政権におけるプルトニウム処分計画の主なマイルストーン

マイルストーン	施設	
	P D C F	M O X 加工
概念設計／環境影響評価	n/a	n/a
設計	FY1999-2004	FY1999-2003
NRC の許認可取得	n/a	FY2000-2005
機材調達・準備	FY 2005 - 2006	FY 2003-2004
建設	FY 2006 - 2009	FY 2004 - 2007
運転開始	FY 2009	FY 2007
最初の M O X 燃料製造	n/a	FY 2008
フルスケール運転	FY 2010 - 2017	FY 2007 - 2019
廃止	FY 2018	FY 2020

【出典】 “Report to Congress: Disposition of Surplus Defense Plutonium at Savannah River Site”, NISA/OFMD, 2002. 02. 15.

〔第 11.5 図〕 米国の民生使用済燃料中のプルトニウム在庫



【出典】 Report to Congress on Advanced Fuel Cycle Initiative, NE/DOE, 2003.01.