

所外秘

(3)

原子力発電の将来展望に関する調査

(中間報告)

～軽水炉における再処理方式と直接処分方式の経済性評価～

財団法人 日本エネルギー経済研究所

目次

概要-----	1
1. 核燃料サイクルの工程-----	3
2. 経済性評価例	
2-1 OECD/NEA-----	4
2-2 英国-----	6
2-3 米国-----	10
2-4 ドイツ-----	14
2-5 日本(エネ研)-----	18
3. 総合評価-----	30

概要

軽水炉における再処理方式と直接処分方式について、経済性を主体に比較評価を行った。両者の経済性に関する試算例はあるものの、各原子力発電国を共通に満足させる結論は未だ得られていないのが現状である。世界的に認められうる共通の比較評価が現われるのか、または、各国の実情に合った形の各国独自の核燃料サイクル評価で進むのかは各機関における今後の検討を待たねばならない。

1. 経済性

核燃料サイクルコストとしては、直接処分方式の方が再処理方式よりも若干安いと見られている。核燃料サイクルコストは、発電コストの一部であり、発電コストに占める核燃料サイクルコストの割合は、10～20%程度とされている。

バックエンドについては、経済性評価を行うための技術やコストについての不確定性が大きい。

2. 安全性

両者にはそれぞれのしくみに伴う安全確保関連の長所・短所が備わっている。

長所をうまく利用し、短所を技術でカバーすることによって、いかに安全性を保持しうるかを経済性という尺度で評価していくことが求められている。

3. 社会的受容性 (PA)

両者に差があるとはいえない。ただし、「再処理工場、高レベル廃棄物、故障」などの断片的な情報による再処理施設への拒否反応が一部にある。

4. 核不拡散性

核燃料サイクルの工程の面からは、直接処分方式の方が有利であるが、管理面を含めれば、両者に差があるとはいえない。

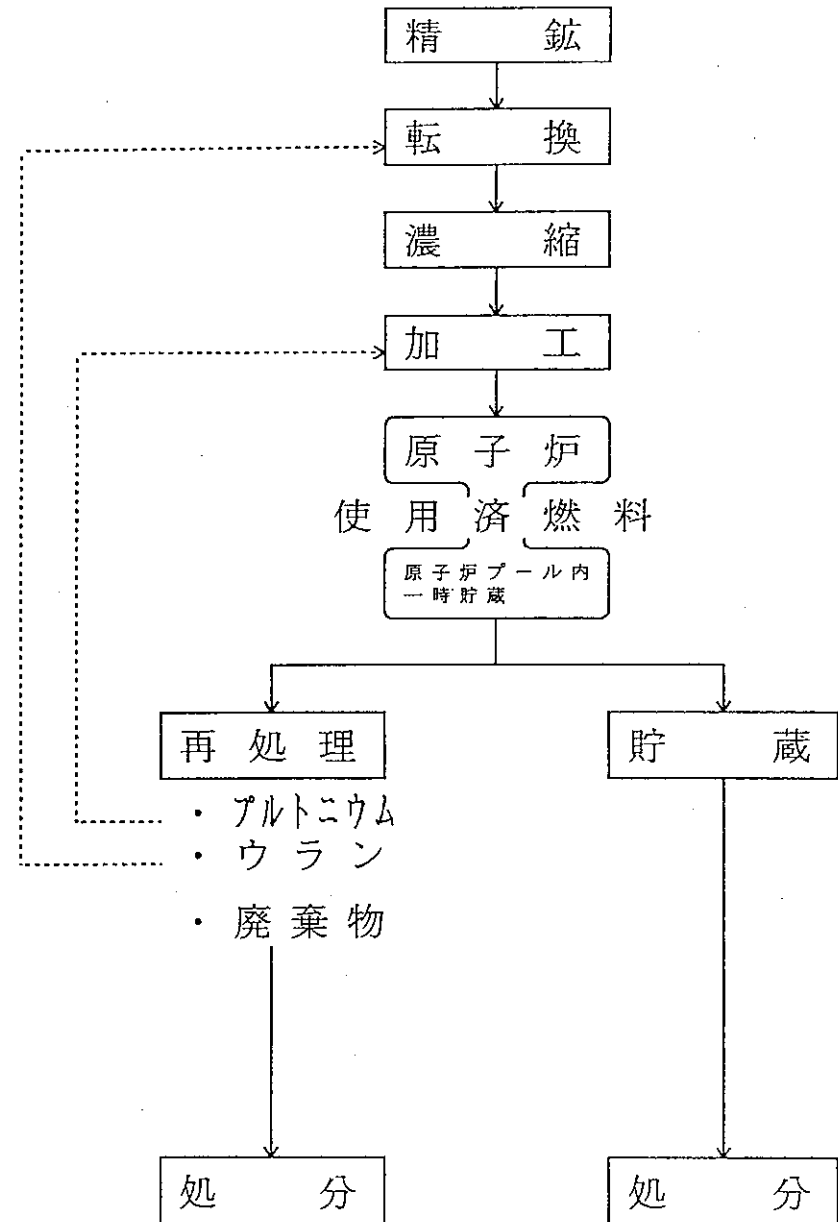
5. 対核テロ性

核燃料サイクルの工程の面からは、直接処分方式の方が有利であるが、管理面を含めれば、両者に差があるとはいえない。

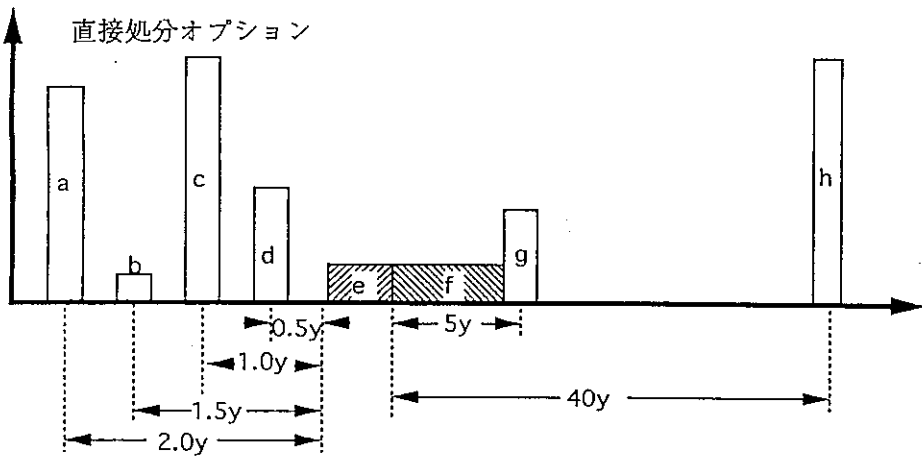
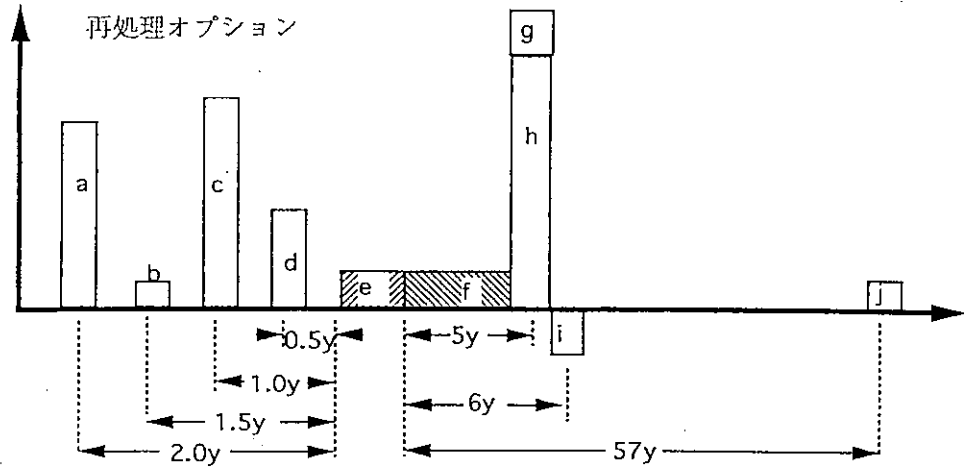
6. 放射性廃棄物発生量

発生する高レベル廃棄物容積は、直接処分方式の方が大きい。中低レベル廃棄物容積は、再処理方式の方が大きい。高・中・低レベルを合計した放射性廃棄物全体の容積としては、再処理方式の方が大きいといわれている。

1. 核燃料サイクルの工程



核燃料サイクル別のタイムフロー



- (注)
- a. ウラン精鉱
 - b. UF6転換
 - c. 濃縮
 - d. CO2転換、成型加工
 - e. 燃焼
 - f. 使用済燃料炉内プルトニウム貯蔵 (但し、e、fについては、燃料サイクルコストには含まず)
 - 再処理
 - g. 使用済燃料の輸送
 - h. 再処理 (含ガラス固化と貯蔵)
 - i. ウラン/プルトニウムクレジット
 - j. 廃棄物処分
 - 直接処分
 - g. 使用済燃料の輸送と貯蔵
 - h. 使用済燃料のコンディショニングと処分

2. 経済性評価例

2-1 OECD/NEA

1. 1993年試算 (案) リファレンスケース

(THE ECONOMICS OF THE NUCLEAR FUEL CYCLE: FINAL DRAFTより)

(単位: Mills/kWh)

	(A)再処理方式 %		(B)直接処分方式 %		(A)-(B)
①精 鉱	1.64	26.3	1.64	30.0	0.00
②転 換	0.21	3.4	0.21	3.9	0.00
③濃 縮	1.85	29.7	1.85	33.9	0.00
④成型加工	1.00	16.0	1.00	18.3	0.00
小計: ①~④	4.70	75.4	4.70	86.1	0.00
⑤輸 送	0.11	1.8	} 0.51 }	} 9.3 }	} -0.40 }
⑥貯 蔵	---	---			
⑦再 処 理	1.66	26.6	---	---	1.66
⑧廃棄物処分	0.02	0.3	0.25	4.6	-0.23
小計: ⑤~⑧	1.79	28.7	0.76	13.9	1.03
⑨クレジット	-0.18	-2.9	---	---	-0.18
⑩プルトニウムクレジット	-0.08	-1.2	---	---	-0.08
小計: ⑨~⑩	-0.26	-4.1	---	---	-0.26
小計: ⑤~⑩	1.53	24.6	0.76	13.9	0.77
合 計	6.23	100.0	5.46	100.0	0.77

*再処理サイクルの「再処理」にはガラス固化を含む
 直接処分方式の「廃棄物処分」にはコンディショニングを含む

2. 前提条件

(1)炉 型	PWR
(2)出 力	1,390 MWe
(3)稼働率	75 %
(4)運 開 年	2000年
(5)運転期間	30年
(6)燃 焼 度	42,500 MWD/t

(7)コストデータ

貨幣単位 (基準日)	1991.1.1
(単 位)	ポンド・セント・US\$
	マルカ・セント・ECU
	(1US\$=1ECU)
標準単位コスト	
精 鈳	19.2 \$/lbU ₃ O ₈
	(50 \$/kgU)
	(1990年価格:インフレーション1.2%/y)
転換	8 \$/kgU
濃縮	110 \$/kgSWU
成型加工	275 \$/kgU
(再処理方式)	
輸 送	50 ECU/kgU
再処理	720 ECU/kgU
	(含ガラス固化)
廃棄物処分	90 ECU/kgU
(直接処分方式)	
輸 送・貯蔵	230 ECU/kgU
廃棄物処分	610 ECU/kgU
	(含コンディショニング)
回収U	70%
回収Pu	5 \$/gPuf

(8)その他

濃縮廃棄濃度	0.25%
割引率	5%
リード/ラグタイム	
精鈳～装荷	24ヶ月
転換～装荷	18ヶ月
濃縮～装荷	12ヶ月
加工～装荷	6ヶ月
(再処理方式)	
取出～輸送/再処理	5年
取出～廃棄物処分	57年
(直接処分方式)	
取出～輸送・貯蔵	5年
取出～廃棄物処分	40年
損耗係数	
転 換	0.5%
加 工	1%
再処理	2%

2—2 英 国

1. 核燃料サイクルの政策

英国は、転換・濃縮・成型加工・再処理の各工場を所有・運転している。また、高速増殖炉 (FBR) 原型炉「PFR」では、PFR自身の使用済燃料の再処理により回収されたプルトニウムのリサイクルの実績もあり、原子燃料サイクルを完結している。

使用済燃料は再処理することを基本としている。再処理工場としては現在、B-205 (マグノックス燃料用) が稼働しており、THORP (AGR・軽水炉燃料用) も1993年に操業を開始する予定で、日本・ドイツ・スイス・オランダ・イタリア等海外との契約も有する。

英国では、現在、マグノックス炉とAGRが稼働しており、PWR (サイズウエルB) も1994年運開予定で建設中である。使用済燃料は発電所内の冷却池で貯蔵されるが、マグノックス燃料は長期間冷却池貯蔵すると被覆が腐食し核分裂生成物が漏洩する恐れがあるため再処理する必要がある。AGR・PWR燃料についてはTHORPで再処理する予定だが、長期貯蔵オプションも検討されており、スコティッシュ・ニュークリア社はトーンズ原子力発電所における乾式貯蔵施設建設許可申請を行った。

マグノックス燃料の再処理によって回収されたウランは、AGR燃料に再利用されている。回収プルトニウムの利用については、将来のFBRでの利用に備え貯蔵する方針であったが、1992年11月「FBRの研究開発についての資金拠出を1993年3月で中止する」というFBR開発からの撤退表明があり、今後は現在建設中のPWRでMOX燃料として利用することが考えられるが、消費を上回るプルトニウムについては従来どおり貯蔵されることになろう。

2. 「再処理」と「直接処分」

BNFL (英国核燃料会社) は、「再処理サイクル」と「直接処分方式」について、経済性、資源の有効利用、廃棄物管理等の点から2つのオプションを比較評価している。

(1)経済性

BNFLは、OECD/NEAの手法、データに基づき、ヒンクレーポイントC (PWR 118万kW) について、次のように試算している。

(単位 mills/kWh)

	再処理	直接処分
資本費	43.2	43.2
運転費	6.88	6.88
廃炉費	0.48	0.48
小計	50.56	50.56
ウラン精鉱	1.64	1.64
転換・濃縮	2.06	2.06
成型加工	1.00	1.00
フロントエンド小計	4.70	4.70
SF Management <small>(注)</small>	1.67	0.57
廃棄物処分	0.02	0.17
U/Puクレジット	▲0.33	----
バックエンド小計	1.36	0.74
燃料費計	6.06	5.44
合計	56.62	56.00

注) SF Management にはそれぞれ次の工程を含む。

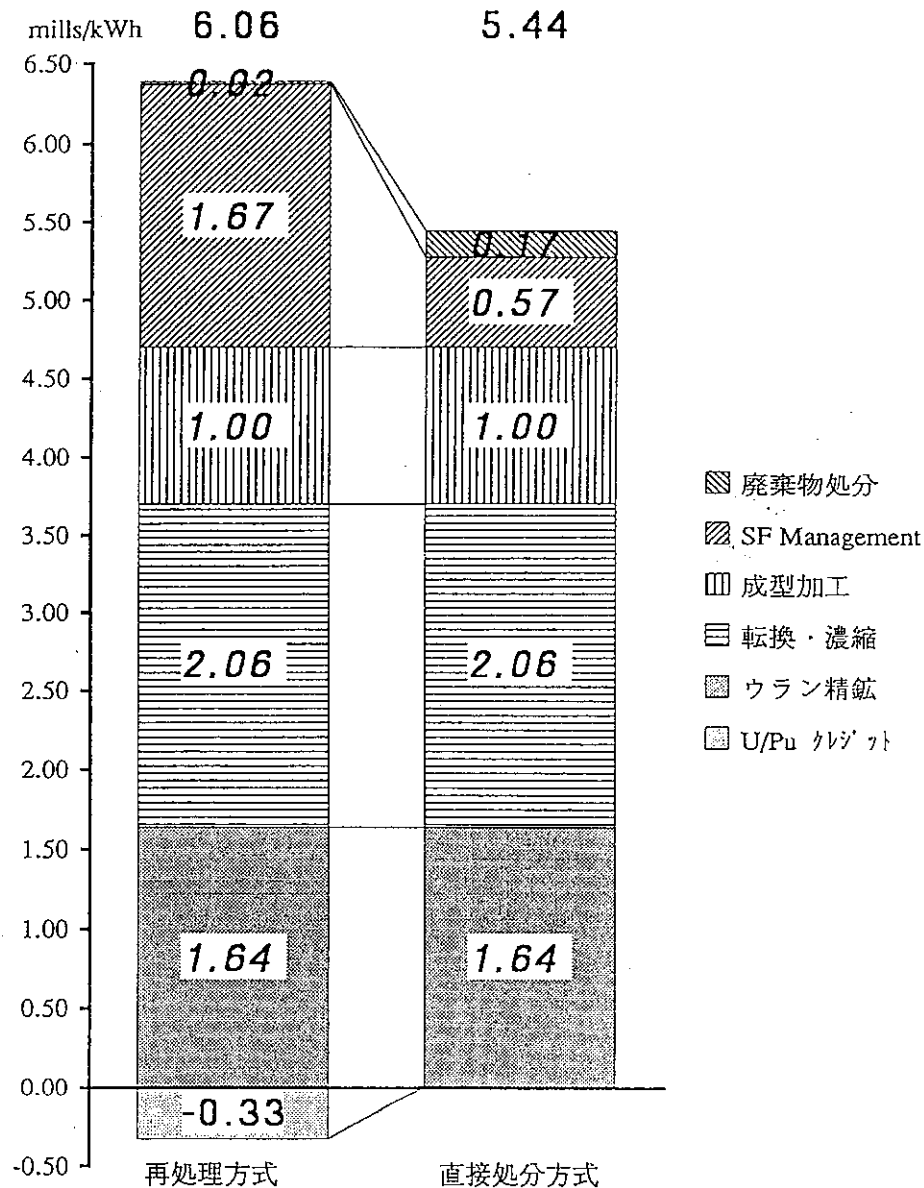
再処理サイクル

「輸送 + 再処理・ガラス固化 + 廃棄物貯蔵」

直接処分方式

「輸送 + (発電所外) 貯蔵 + コンディショニング」

燃料サイクルコスト比較



2—3 米 国

核燃料サイクル政策

直接処分を基本方針としている。

米国においては、軍事用再処理工場の経験を基に1960年代以降民間再処理工場の建設が相次いだ。しかしながら、これらの再処理工場は1977年のカーター政権の新エネルギー政策（商業用再処理及びプルトニウムリサイクルの無期延期等）の発表や資金的な問題により、運転中止や計画断念に追い込まれた。

その後、商業用再処理無期延期政策は1981年にレーガン政権によって解除されたものの、クリンチリバー高速増殖炉のキャンセルや、1982年放射性廃棄物処理法（NWPA）の施行にみられるように米国は直接処分路線を歩んでいる。

放射性廃棄物処理法（NWPA）について

放射性廃棄物処理法では、DOEは1998年以降商業用原子力発電所の使用済燃料を引取り、直接処分（地層処分）することとなっている。*

このため、DOEは原子炉を所有する電気事業者から販売電力1kWhあたり0.1セント（1ミル）を放射性廃棄物基金として徴収して、これを使用済燃料の輸送、貯蔵、処分のための研究開発及び処分場の建設・運転にあてることとしている。

「基金」の払込は、1983年度から開始されている。

*1989年DOEは、廃棄物処分プログラムの見直しを行い、1998年とされていた処分場の開設を2010年に延期するとともに、電気事業者との契約上の履行義務（1998年より使用済燃料受入）をはたすため、「監視付再回収可能貯蔵（MRS）施設：使用済燃料の貯蔵を行うとともにこれを直接処分する前にコンディショニングするための施設」の導入を計画している。

前記試算では、「直接処分方式」のほうが経済的となったが、その差は燃料費では約10%だが、発電コスト全体では僅か1%と無視できる差でしかなく、どちらのオプションを選択するか意思決定する上で重要ではない。

また、再処理は技術的に確立しており、今後コストダウンが期待できる。一方、直接処分は未だ確立した技術とは言えずコストも不明な点が多い。よって、この試算結果だけで「直接処分方式」のほうが優れているとは言えない。

(2)資源の有効活用

標準的なPWRにおける運転期間中（40年）の濃縮ウラン所要量は、約1,200tUである。平均濃縮度3.2%、廃棄濃度0.25%とすると約7,700tUの天然ウランが必要となる。

再処理によって回収されたウランを再利用することによって、天然ウラン使用量は約6,400tUに減り約17%節約となる。また、プルトニウムを利用すると約5,300tUにまで減り約30%節約できることになる。

(3)廃棄物管理

使用済燃料を直接処分する場合、使用済燃料全体を高レベル廃棄物として管理処分しなければならない。

一方、再処理すれば管理対象はウランとプルトニウムを除いた約3%の核分裂生成物にすぎず、処理工程での廃棄物の増加を考えると、高レベル廃棄物の量は直接処分の場合に比べて3分の1程度になり、減容効果が大きい。

(4)まとめ

以上のように、BNFLは「再処理サイクル」と「直接処分方式」について

- ・ 僅差である発電コスト
- ・ 貴重なエネルギー資源の節約
- ・ 高レベル廃棄物の減容効果

という点を考慮して「再処理サイクル」を積極的に推進する立場をとっている。

DOEは、毎年上記放射性廃棄物基金の料金で放射性廃棄物処分場の建設等に要するコストをカバーできるか評価し、DOEの支出が収入を上回ると見積もられる場合は、料金の見直しを行うこととしている。

現在1990年の評価が最新のものであるが、DOEは同評価に基づき現行の料金を変更しないこととしている。

地層処分場

1982年放射性廃棄物処理法は、1987年改正され、処分場立地候補地点は従来の3箇所からネバダ州ユッカ・マウンテン1箇所に絞りこまれた。しかし、地元ネバダ州政府は州政府の持つ許認可権限の行使や訴訟により抵抗している。

「再処理」と「直接処分」

DOEのDr. Lang (Program Manager-Extended Burnup) は、「再処理」と「直接処分」について以下のような比較評価を行っている。

〈コスト〉

・「再処理」と「直接処分」の比較

Dr. Langは、両者のバック・エンドコストをkgHM当りの単価で比較している。試算結果は以下のとおり。

「再処理」	1500～2000
「直接処分」	300～500
	(\$/kgHM)

*各コストには以下の工程が含まれる

「再処理」：発電施設内一時貯蔵、再処理、回収物質価値、(中間貯蔵)、廃棄物地層処分

「直接処分」：発電施設内(外)一時貯蔵、廃棄物地層処分

*核燃料サイクルコストの比較に当たっては、種々の前提条件に左右されず単一のパラメータで比較できる本方式が望ましい (Dr. Langの意見)

- ・軽水炉でのプルトニウム・リサイクルの経済性
- ・回収プルトニウムを軽水炉でMOX燃料として利用した場合の経済性
- ・プルトニウムは、再処理工程の副産物と考え、その抽出費用を"0"と仮定しても、MOX燃料の製造コストは、ウラン燃料と同等もしくは40%高となる。従ってMOX燃料利用の経済性は低い。

〈その他の比較〉

(安全性・環境) ー直接処分

- ・直接処分では放射性核種は、高品質の燃料棒に封じ込められる。
- ・一方、再処理では燃料は燃料棒から取り出され、多段階にわたる処理が行われるため、放射性核種が放出される機会がより多くなる。

(P. A.) ー長期的には直接処分

- ・基本的には同等 (公衆は現在両者の意味を理解していない。)
- ・再処理は、発電所から燃料を持ち出すため、短期的には公衆の理解が得られるが、長期的には、多数の欠点を知られるようになり、やがて理解が得られないようになるであろう。

(廃棄物処分) ーコスト的には同等

- ・再処理の廃棄物の物量は少ないが、嚴重な封じ込めが必要である。この結果、両者のコストは同等となる。

(核不拡散) ー直接処分

- ・直接処分はプルトニウム化合物単体を生成しない。

(テロ対策) ー直接処分

- ・未処理燃料はテロリストには扱いにくい。

(技術) ー直接処分

- ・再処理は高度な技術を必要とする。

(国家エネルギー政策) ー直接処分

- ・再処理戦略は本来FBRを前提としたもの (軽水炉でのリサイクルは実用化しそうにない)
- ・将来のウラン資源の枯渇を理由に現在FBR開発を推進することは困難

なお、Dr. Langは、再処理の代替案として、以下の2案を提案した。

(1)燃料燃焼度の向上

燃焼度の倍増はサイクル1回分と同程度の効果をもたらす。欧州や日本では燃焼度の向上は進んでいるから、この方が現実的である。

(2)再処理の遅延

燃焼度の向上が望める現状においては、直ちに再処理をするよりも燃料を回収（再処理）可能な状態で直接処分するほうが望ましい。ただし、将来の再処理は、コスト、技術、資源不足等再処理を行うに足る条件が整ってからにするべきである。

2-4 ドイツ

1. 核燃料サイクル政策

(1)「使用済燃料の再処理/回収物質の再利用」を基本方針としている。
(1959年成立の原子力法)

- ①この原子力法は、基本的には原子炉建設法である。他の燃料サイクルやNPTのことは考慮されていない。
- ②その他、今までの原子力法改正が小幅であったため、実情に合わない点が多く出てきた。

(2)原子力法大幅改正の動き

連邦政府は、1991年2月、以下のような原子力法全面改正の意向を公表した。

- ①原子力に対する政府支援原則の廃止
- ②原子炉運転者による定期的安全性確認の義務付け
- ③新たな規則に基づく原子炉運転者のバックフィットに対する政府補助制度の廃止
- ④廃棄物処分場の建設・運転についての民営化
- ⑤使用済燃料の再処理と直接処分についての同列化—いずれのオプションも、電力会社の自由意志で選択が可能とする
- ⑥原子力第三者損害賠償責任制度の改正（賠償責任額の引き上げ）と保険料の引き上げ

原子力法改正が成立するためには、議会において2年間程度の審議が必要で、すべてが順調に運べば、1994年秋までに成立するとの観測もある。電力会社は新原子力法の内容に反対など、各界の意見が分かれている。

最近の報道によれば、今後のエネルギー政策、原子力政策についてのコンセンサスを得ることを目的として、1993年3月から、連邦、州、電力業界などが協議を始め、年内に結論を出すことで合意したとされている。

2. RWEによる原子力発電コスト

(1) 原子力発電と石炭火力発電の比較

単位：Pf/kWh

	原子力発電	石炭火力発電
資本費	8.1	3.7
運転費他	1.8	2.2
燃料費	2.6	10.9
合計	12.5	16.8

(出所) ドイツ電事連 (VDEW) 資料

(2) 燃料サイクル費用の内訳

	単 価	コスト (Pf/kWh)
ウラン	25 (DM/lbU3O8)	0.26
濃 縮	260 (DM/kgSWU)	0.40
加 工	875 (DM/kgHM)	0.31
バックエンド	4,100 (DM/kgHM)	1.46
合計	—	2.43

(3) 再処理サイクルと直接処分の比較 (バックエンド費用)

単位：DM/kgHM

	再処理方式	直接処分方式
使用済燃料輸送	130-160	130-160
S/F貯蔵、再処理、廃棄物処理	1,600-2,750	500-700
廃棄物輸送、中間貯蔵	400	360
最終処分	820	820
合計	3,000-4,100 (1.06-1.46)	1,810-2,040 (0.64-0.73)

(出所) Kfk: Systemanalyse Mischkonzept(12/1989)

(注) 合計欄下段 () 内数値の単位は、Pf/kWh

(4) 前提条件

原子炉熱出力	3,765 MW
初期炉心ウラン量	102.737 t
平衡炉心ウラン量	102.869 t
初期炉心U235濃縮度	1.9/2.4/3.2 %
初期炉心燃焼度	24.2 MWd/kgU
平衡炉心燃焼度	39.9 MWd/kgU
原子炉稼働率	80 %
運転期間	20 年
* 上記は1987年価格	

(5) その他

ドイツでは、1959年に成立した原子力法を改正する動きが出ている。電気事業者の連合であるドイツ電事連 (VDEW) と新原子力法改正案の作成を担当する連邦環境・自然保護・原子炉安全省 (BMU) の見解を次に示す。

VDEW

1. 再処理サイクルと直接処分方式の2つのオプションが必要である。
2. しかし、直接処分技術は、未完成技術である。
3. 再処理サイクルと直接処分方式のコスト比較は、計算上のものである。
商業ベースになれば、(各単価が決まるので) また別の結果になることもありうる。
4. PA上は、両者に差がないと思う。
5. プルトニウムの価値は、現在のところ、ゼロまたはマイナスと考えている。

BMU

1. 政府は再処理サイクル、その他は直接処分方式を支持している。

- 2.安全性に関しては、両者に差がないと考えている。
- 3.再処理サイクルの場合、プルトニウムの蓄積はないが、直接処分方式では、プルトニウムが蓄積する。
- 4.発生したプルトニウムは軽水炉で消費するのが基本である。
- 5.将来には、再処理サイクルと直接処分方式の2つのオプションがありうる。
- 6.再処理サイクルのコストは既知で、直接処分方式のコストは未知である。
- 7.両者の選択は、経済性よりも政治的判断が優先される傾向が強い。
しかし、将来においては、その選択の責任は電力会社にある。
- 8.新原子力法が制定されたとしても、現状から変化が起こるはずと先の将来のことになる。

2—5 日本 (エネ研)

1. 標準ケース

	再処理方式			直接処分方式		
	円/kWh	燃料費比率	全体比率	円/kWh	燃料費比率	全体比率
資本費	4.11	---	52.9%	4.11	---	54.8%
操業費	2.01	---	25.9%	2.01	---	26.8%
燃料費	1.65	100%	21.2%	1.38	100%	18.4%
精 鈹	0.36	21.8%	4.6%	0.36	26.1%	4.8%
転 換	0.03	1.8%	0.4%	0.03	2.2%	0.4%
濃 縮	0.32	19.4%	4.1%	0.32	23.2%	4.3%
成型加工	0.42	25.5%	5.4%	0.42	30.4%	5.6%
フロントエンド計	1.13	68.5%	14.5%	1.13	81.9%	15.1%
輸 送	0.11	6.7%	1.4%	0.11	8.0%	1.5%
処理/処分	0.45	27.3%	5.8%	0.14	10.1%	1.9%
ウランレジタ	-0.03	-1.8%	-0.4%	---	---	---
Puレジタ	-0.01	-0.6%	-0.1%	---	---	---
バックエンド計	0.52	31.5%	6.7%	0.25	18.1%	3.3%
合 計	7.77	---	100%	7.50	---	100%

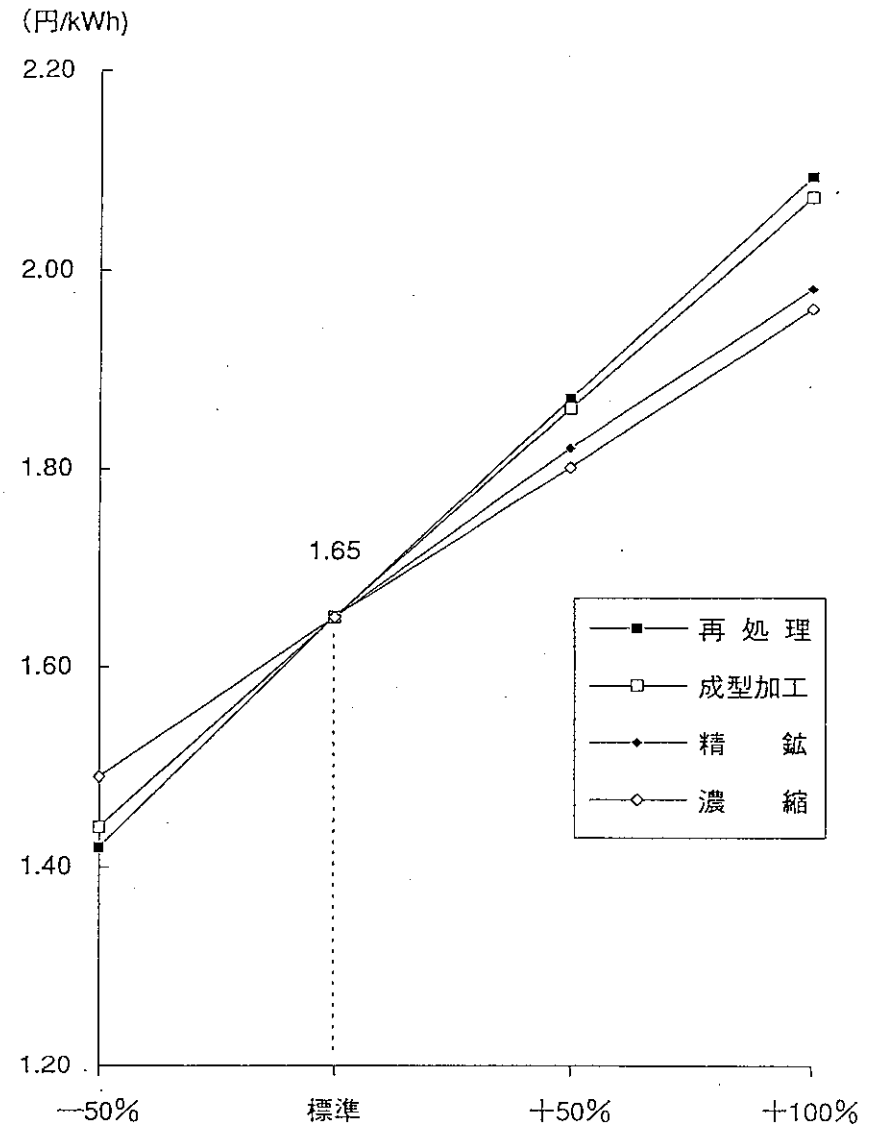
注) バックエンドについては不確定要素が多い

(参考) 再処理方式 : 直接処分方式 = 1 : 0.97(発電コスト比較)
 = 1 : 0.84(燃料費比較)

～標準ケース前提条件～

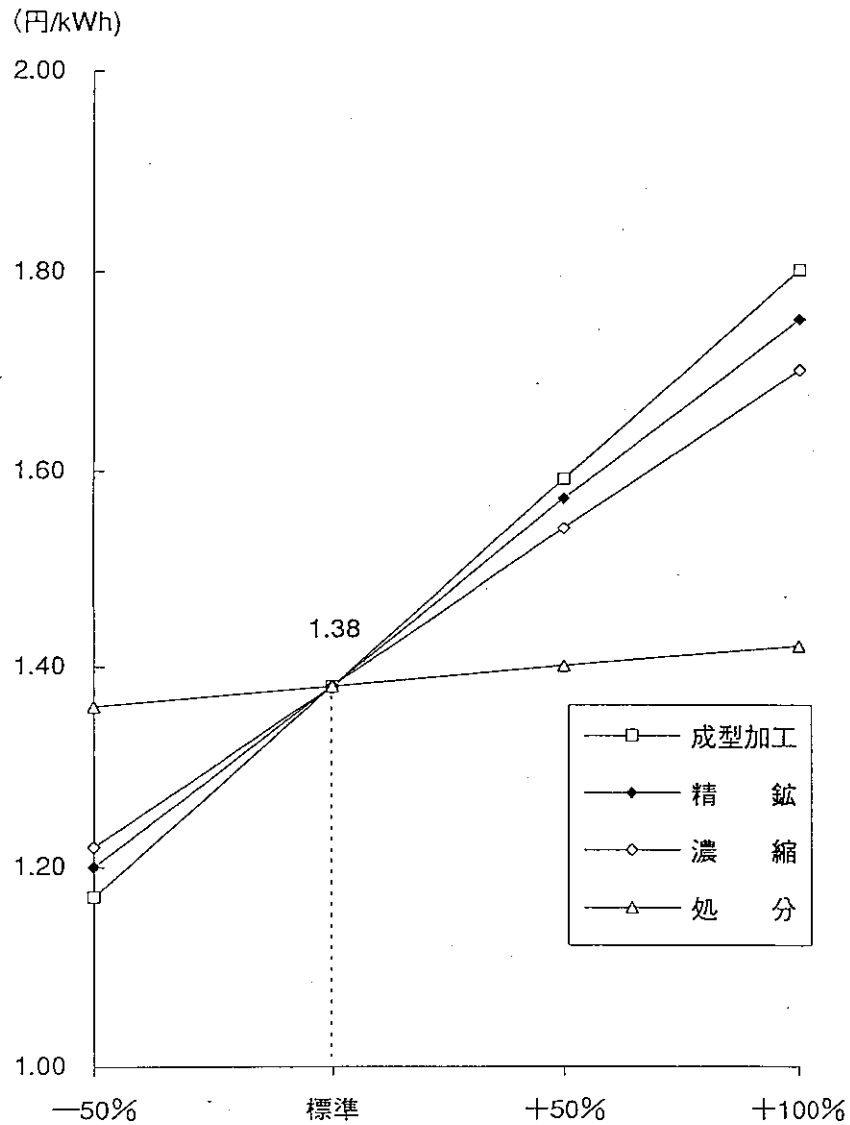
(1) 炉 型	LWR
(2) 出 力	100 万kWe
(3) 稼働率	75 %
(4) 運 開 年	2000 年
(5) 運 転 期 間	30 年
(6) 燃 烧 度	38,000 MWD/tU
(7) 為 替 レ ー ト	130 円/\$
(8) コ ス ト デ ー タ	
貨幣基準	1992.1.1
標準単位コスト	
・ 精 鈹	29.39 \$/lbU3O8 (年率1%上昇) (76\$/kgU)
・ 転 換	6.5 \$/kgU
・ 濃 縮	120 \$/kgSWU
・ 成型加工	88,000 円/kgU
・ 輸 送	33,800 円/kgU
・ 処理/処分	(再処理方式) (直接処分方式)
※貯蔵	----- 240 \$/kgU
再 処 理	180,550 円/kgU -----
※廃棄物処分	90 \$/kgU 900 \$/kgU
・ 回収ウラン	回収濃度のUF6相当コスト
・ 核分裂性プルトニウム	982 円/gPuf
※印は Nuclear Fuel (92.11.23) OECD/NEA見積コスト (暫定) を参考にした	
(9) その他	
濃縮廃棄濃度	0.25 %
割引率	6 %
リード/ラグタイム	
精鈹～装荷	2 年
転換～装荷	2 年
濃縮～装荷	2 年
加工～装荷	1 年
取出～輸送	1 年
	(再処理方式) (直接処分方式)
取出～再処理	5 年 -----
取出～廃棄物処分	56 年 40 年
ロス率	
転 換	1 %
成 型 加 工	1 %
再 処 理	4 %

単位価格変動の影響 (再処理方式)



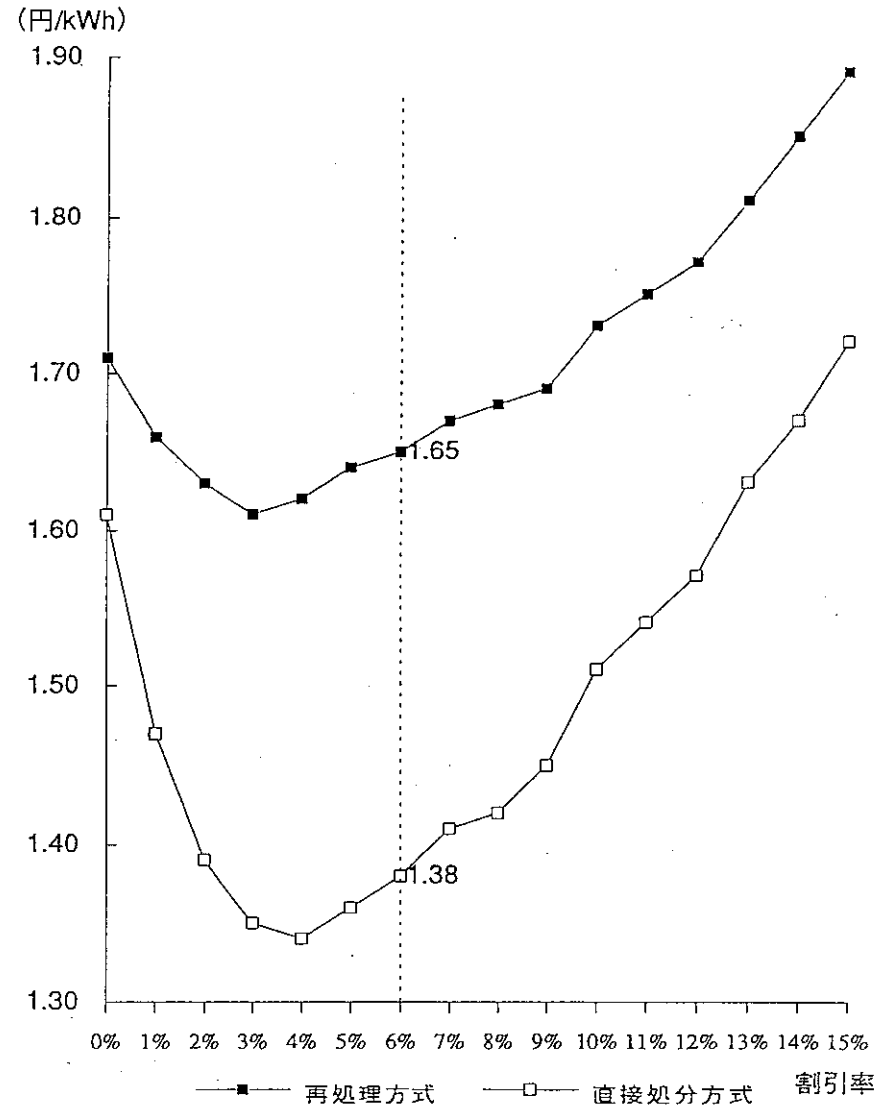
注) 1要素のみ単位価格を -50% ~ +100% の幅で変動させ燃料費全体に与える影響を分析した

単位価格変動の影響（直接処分方式）

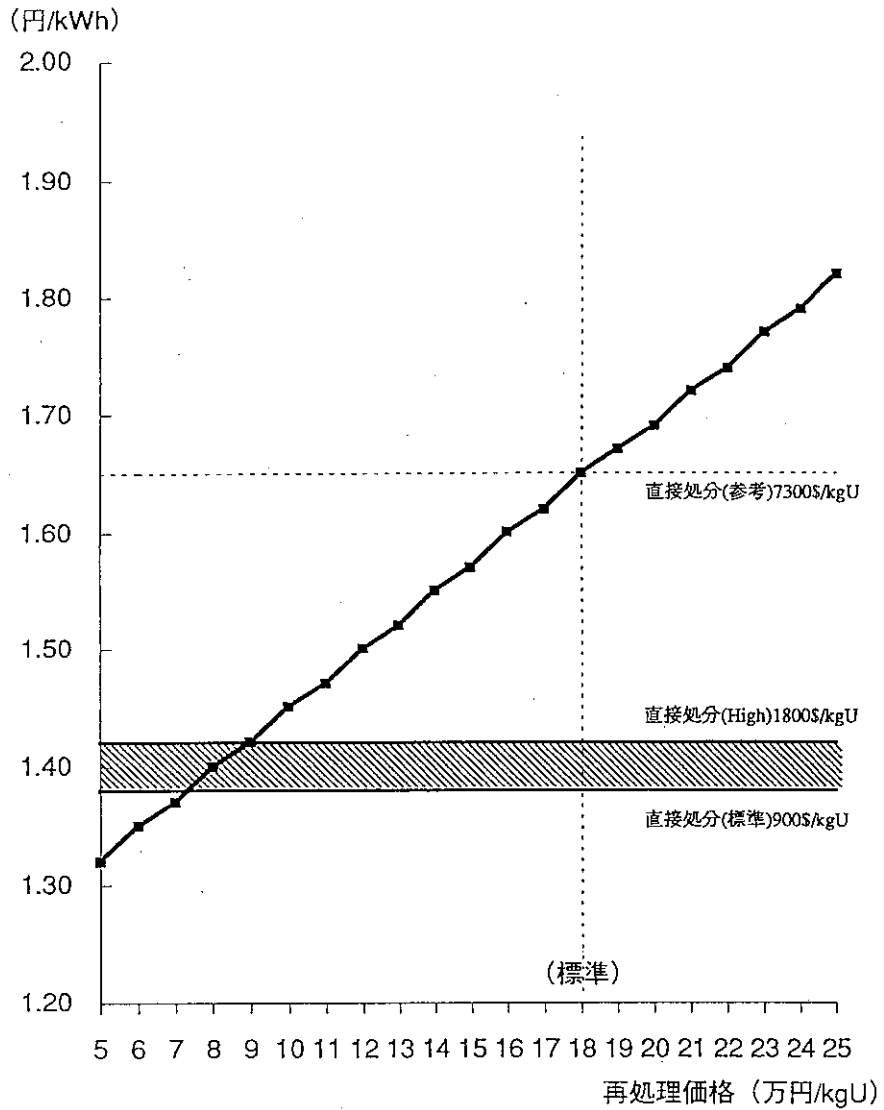


注) 1要素のみ単位価格を -50% ~ +100% の幅で変動させ燃料費全体に与える影響を分析した

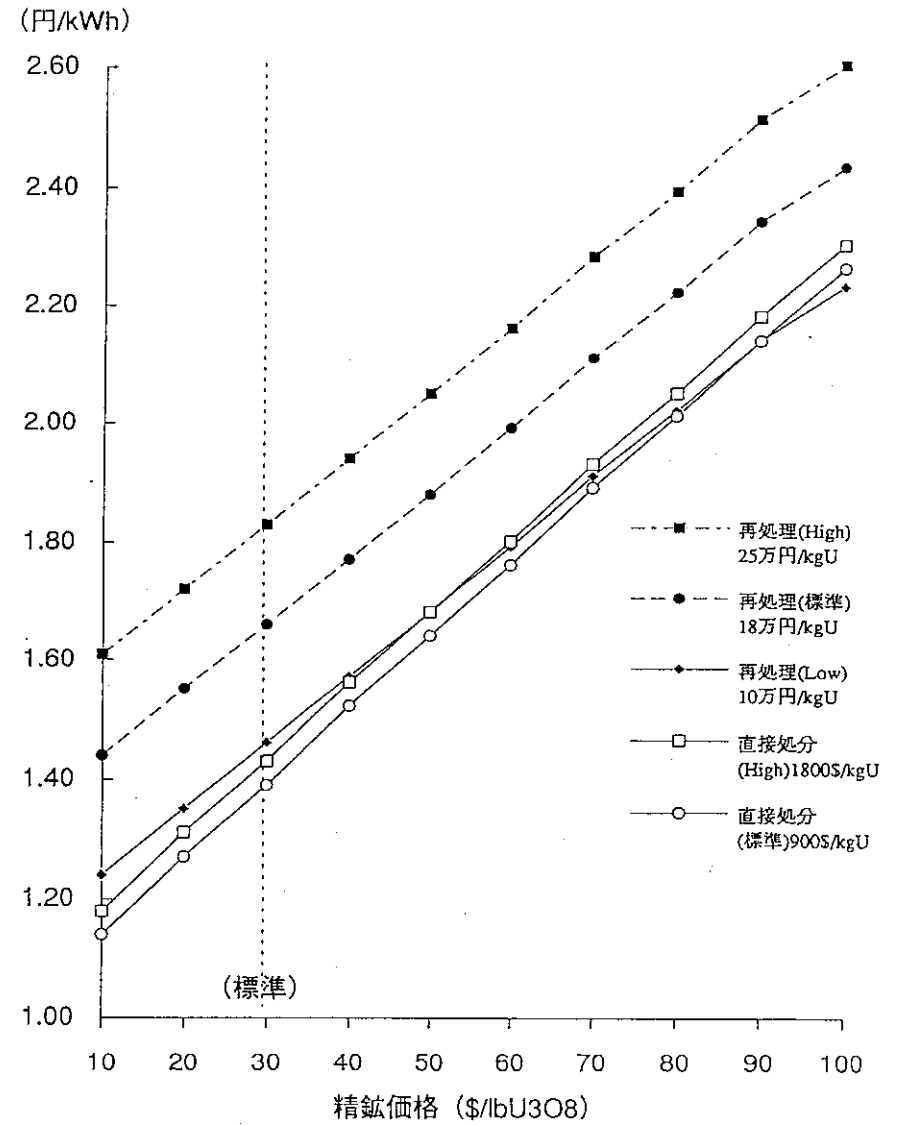
割引率の影響



再処理価格変動の影響



精鉱価格とバックエンド価格変動の影響



再処理方式におけるコストの考え方

2. プルサーマルケース

- ・ MOX燃料装荷量 1/3炉心
- ・ 燃焼度 38,000MWD/tU (標準ケース燃料相当)

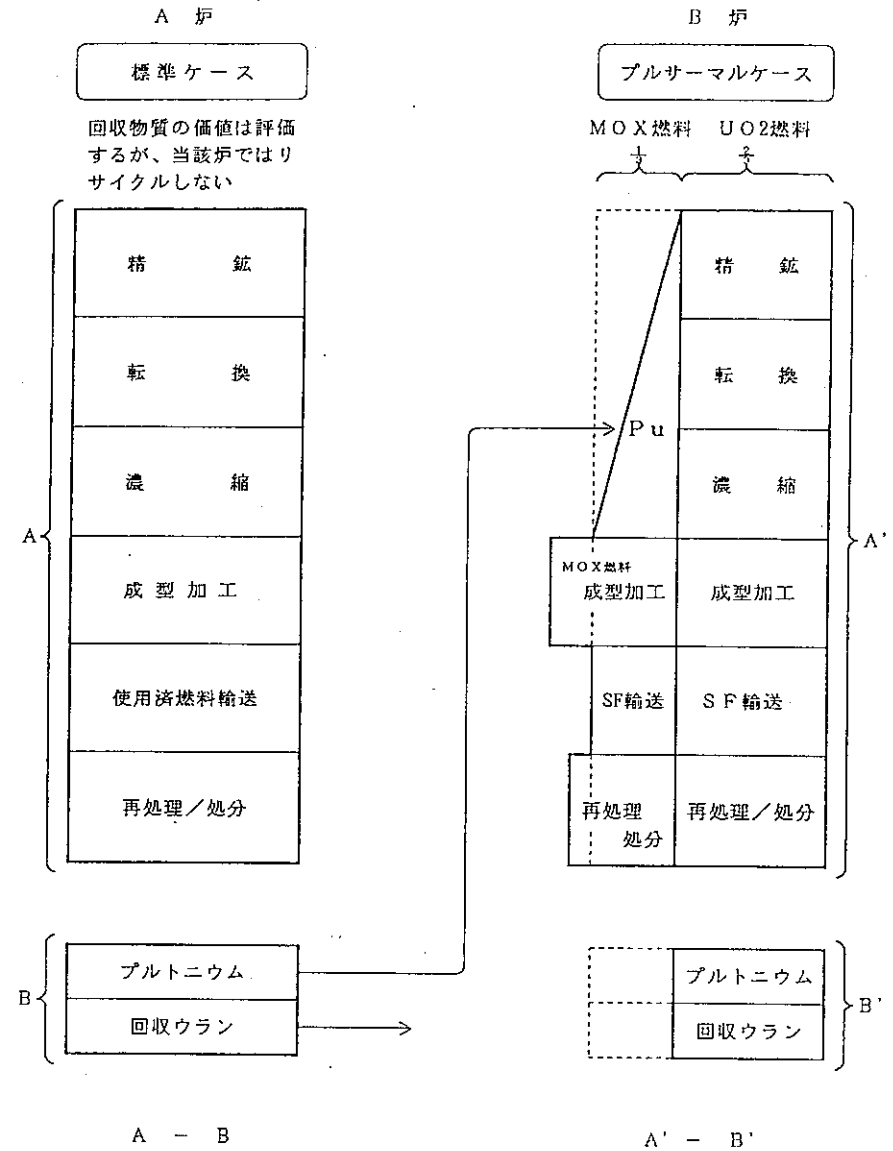
	再 処 理 方 式			
	プルサーマル (a)	(a)/(b)	標準ケース (b) (リサイクルしないケース)	
	円/kWh	燃料費比率	円/kWh	燃料費比率
精 鈳～濃 縮	0.50	0.70	0.71	43.0%
成 型 加 工	0.48 ~ 0.69	1.17 ~ 1.64	0.42	25.5%
フロンテンド計	0.98 ~ 1.19	0.88 ~ 1.05	1.13	68.5%
輸 送	0.11	1.00	0.11	6.7%
処 理 / 処 分	0.49	1.09	0.45	27.3%
ウランクレジット	-0.02	0.67	-0.03	-1.8%
Puクレジット	-0.01	1.00	-0.01	-0.6%
バックエンド計	0.57	1.10	0.52	31.5%
燃 料 費	1.55 ~ 1.76	0.94 ~ 1.07	1.65	100%

注) 装荷量の2/3は標準ケースのウラン燃料の前提に基づく

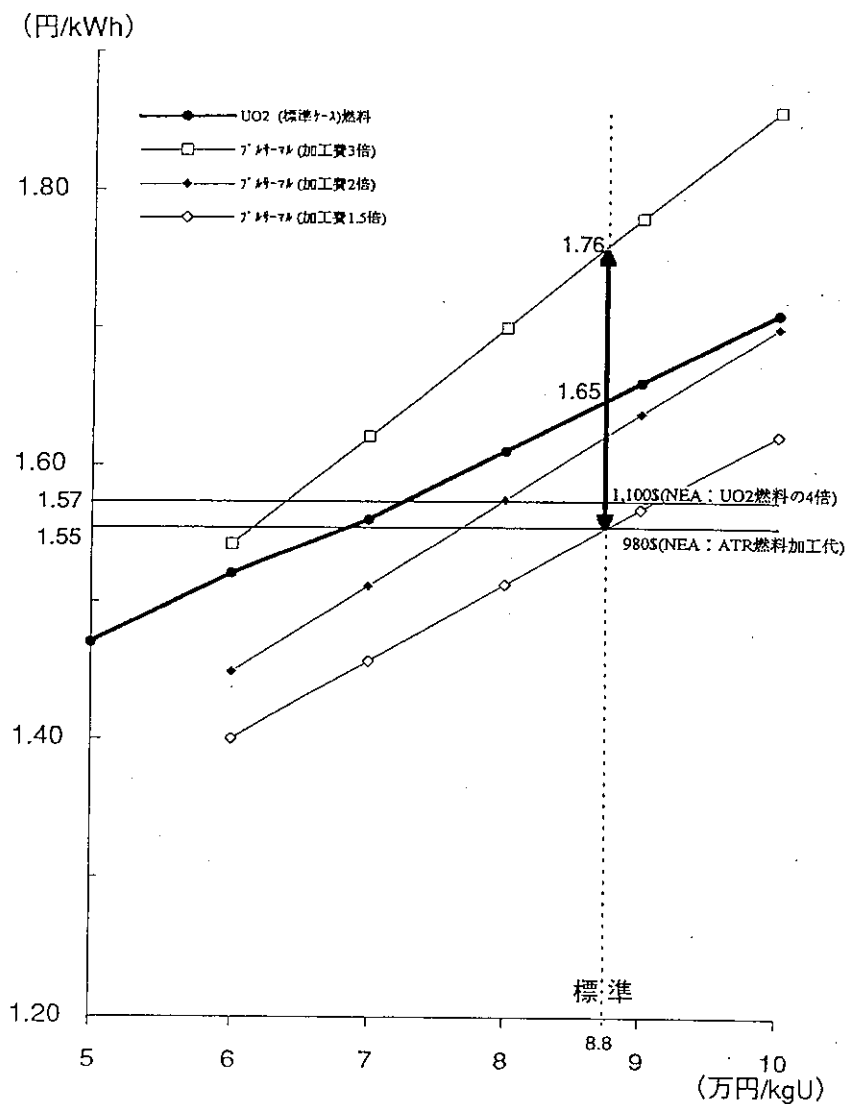
～MOX燃料の前提条件～

- ・ 標準ケースで用いたプルトニウムクレジット相当額をプルトニウムの取得費用とする。
- ・ MOX燃料を再処理し回収されたウラン及びプルトニウムのクレジットは考慮しない。
- ・ コスト関係

成型加工 ウラン燃料の1.5倍～3倍
再 処 理 〃 1.3倍

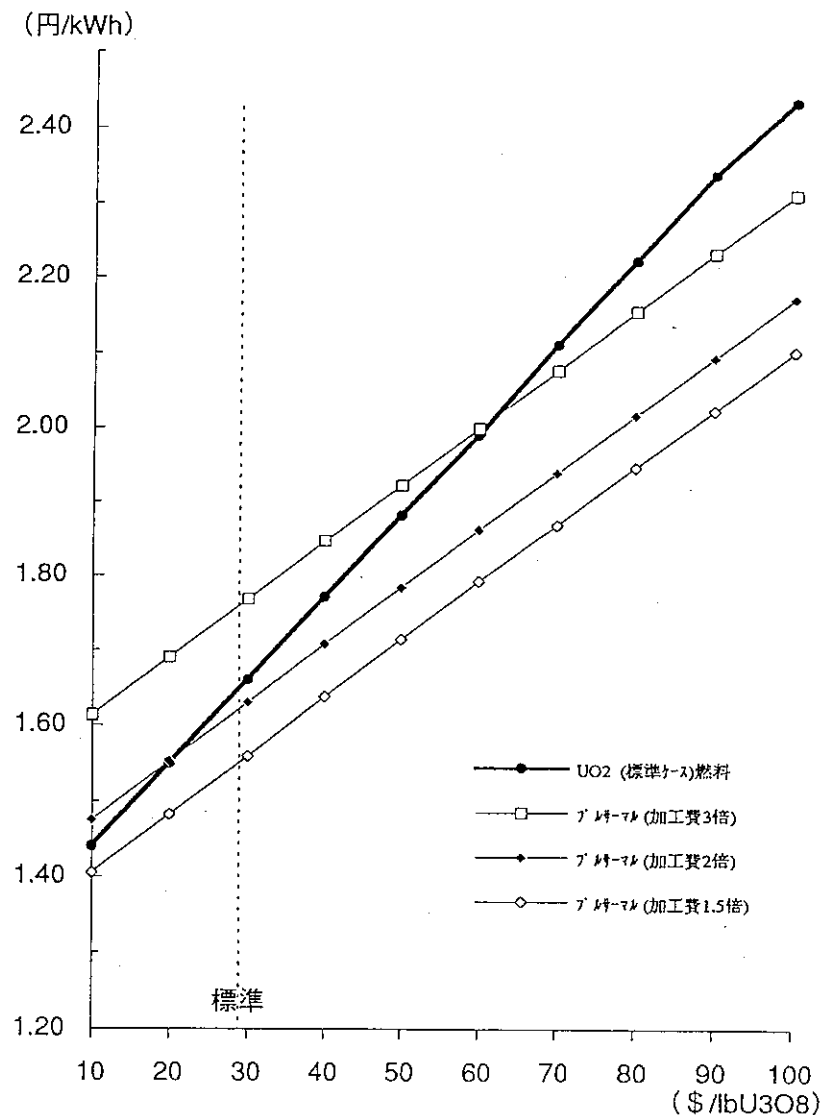


成型加工価格変動による影響



注) プルサーマルケースにおいてMOX燃料加工費をUO2燃料加工費の1.5~3倍の幅で変動させ影響を分析した

精鋳価格変動による影響



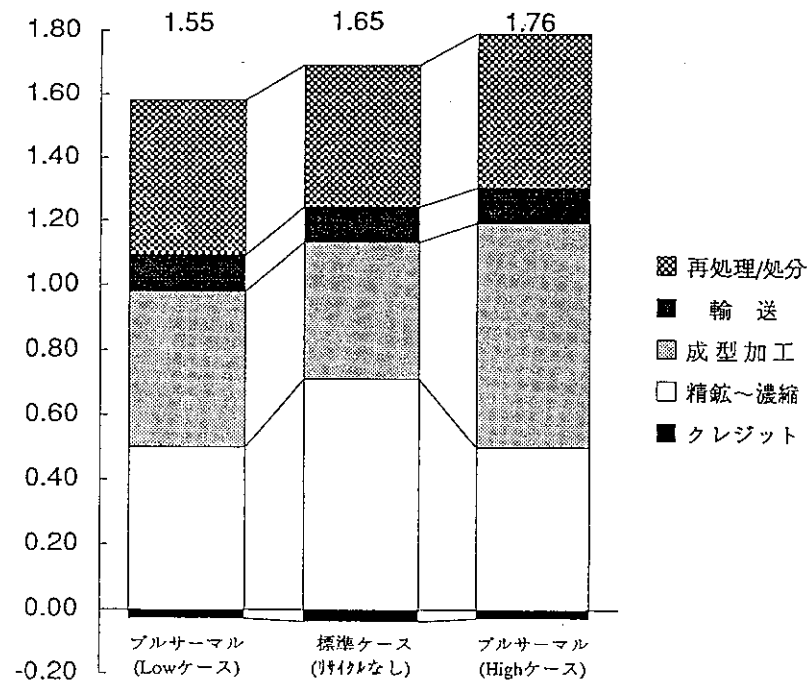
注) プルサーマルケースは、MOX燃料加工費をUO2燃料加工費の1.5~3倍の幅で変動させ影響を分析した

3. 燃料費比較

	(円/kWh)		
	プルサーマル (Lowケース)	標準ケース (リサイクルなしケース)	プルサーマル (Highケース)
再処理方式	1.55	1.65	1.76
(比率)	(0.94)	(1)	(1.07)
直接処分方式	- - - -	1.38	- - - -
(比率)	- - - -	(0.84)	- - - -

注) 比率は再処理方式(標準ケース)に対する比率

～再処理方式比較～



3. 総合評価

核燃料サイクルの実態は各国の事情によって様々であり、その戦略の選択の明解な根拠を得ることは困難と思われるが、核燃料サイクル戦略の検討の際に関係すると考えられるいくつかの視点から、再処理方式および直接処分方式について、エネルギー経済研究所としての比較を試みることにする。

1. 経済性

現状では、直接処分方式による発電コストの方が、再処理方式によるものよりも若干安い、と一般的には見られている。しかし、直接処分方式における技術的根拠が未熟、各単価の見積の変動および再処理方式における高レベル廃棄物処理・処分の単価が未知、などコストについての不確実性が高いと判断される。また、現在の再処理技術には、コストダウンの余地があるとの見方もある。

2. 安全性

再処理サイクルと直接処分方式は、それぞれ次のような特徴を有している。

- (1) 直接処分方式に較べて再処理サイクルの方が核燃料サイクルの工程が多い。したがって、各工程の故障率が同じであるとすれば、工程の長い方がその分だけ故障の機会が多いことになる。
- (2) 再処理方式の場合は、燃料集合体を切断する。すなわち燃料棒の密封性を解放する工程が入る。それに対して直接処分方式では、燃料棒は基本的に原子炉取出し時の状態が保持される。
- (3) 直接処分方式における使用済燃料全体を高レベル廃棄物とみなすのであれば、直接処分方式の場合は、容積の大きな高レベル廃棄物の取扱い・貯蔵・密封・処分を行う必要がある。

3. 社会的受容性

再処理方式または直接処分方式を、一般大衆が選択できる段階には至っていない。すなわち、一般大衆は、再処理方式や直接処分方式に関する知識をほとんど持っていないし、両者の違いを知ろうとするする関心も持っていない。

しかし、「再処理工場、高レベル廃棄物、故障」などの断片的な情報による再処理施設への拒否反応が一部にある。

4. 核不拡散性

再処理方式と直接処分方式は、それぞれ次のような特徴を有しているため、工程的には直接処分方式の方が核不拡散性に対して有利と判断される。実際には、再処理方式の場合も、核物質計量管理、第3者による監視などの管理面が加わるため、両者の核不拡散性に差があるとはいえない。

	再処理方式	直接処分方式
核兵器転用への必要技術	化学的処理	機械的処理、化学的処理
核兵器転用への工程	硝酸Pu→Pu	再処理と同様の工程→硝酸Pu→Pu
必要な材料の量	硝酸Pu中にPuが含まれている	使用済燃料中にPuが含まれている
第3者による監視	バルクで扱う工程も含め、各工程を監視。ただし、貯蔵プール中では、集合体単位で監視	燃料集合体または燃料棒単位で監視

5. 対核テロ性

再処理方式と直接処分方式は、それぞれ次のような特徴を有しているため、工程的には、直接処分方式の方が対核テロ性が有利と判断される。実際には、再処理方式の場合も、核物質計量管理、施設への出入管理などの管理面が加わるため、両者の対核テロ性に差があるとはいえない。

	再処理方式	直接処分方式
核分裂性物質への接近性	硝酸Puタンクに接近	複数の燃料集合体または燃料棒に接近
持ち出しの難易	硝酸Puタンク、酸化Pu	燃料集合体または燃料棒
核爆弾作りの難易	硝酸Pu中にPuが含まれている	使用済燃料中にPuが含まれている

6. 放射性廃棄物発生量

(1) 高レベル廃棄物

直接処分方式における使用済燃料全体を高レベル廃棄物とみなすとしたら、再処理方式における単位燃料重量当たりのガラス固化体の方が、直接処分方式における使用済燃料集合体より体積が小さい。

(2) 中低レベル廃棄物

再処理方式における再処理工程では、燃料棒のハル、エンドピース、化学工程沈澱物など中低レベル放射性廃棄物のアスファルト固化体およびセメント固化体が発生する。

(3) 放射性廃棄物全体の容積（高レベル廃棄物＋中低レベル廃棄物）

再処理方式における再処理工程での中低レベル廃棄物の容積が大きいため、放射性廃棄物全体の容積は、再処理方式の方が大きい。