

六ヶ所再処理工場に関する批判的研究

原子力資料情報室 ●澤井正子

1. はじめに

『六ヶ所再処理工場に関する批判的研究』は、六ヶ所再処理工場の経済性と安全性に関する研究をテーマとしている。

経済性に関する研究は、2004年2月に公表されたバックエンド総費用とそれに占める六ヶ所再処理工場の費用の検討が当初のテーマとなった。しかし、①04年6月から始まった原子力開発利用長期計画（原子力長計）の改訂作業の中で使用済み燃料の直接処分費用と再処理＝核燃料サイクルの比較検討がおこなわれ、②この策定会議に共同研究者の伴英幸が委員として参加した。そのため研究作業報告として、策定会議でのコスト比較の概要と問題点を明らかにする。

2. 六ヶ所再処理工場の経済性

原子力長計策定会議では、核燃料サイクル政策について、取り得る政策選択肢を4つ抽出して、10項目の評価視点から総合的に検討する手法がとられ、経済性評価はその一つである。選択肢は①全量再処理②部分再処理③全量直接処分④全量当面貯蔵の4つである。

シナリオ間の経済性評価の結論を中間取りまとめから引用すると、経済性評価では再処理策が一番コスト高、直接処分策が一番コスト安との結果だった。しかし①六ヶ所再処理工場を解体して更地にする費用が必要となる、②さらに、使用済み燃料の貯蔵場がなくなり原発の停止を余儀なくされることから、火力発電の炊き増しコストの算定が行なわれた。その結論として、現行の再処理路線は「ウラン価格の水準、現段階で得られる技術的知見等の範囲では“経済性”においては他のシナリオに劣るものの、… なお、政策変更に伴う費用まで勘案すると“経済性”の面では劣るとは言えなくなる可能性が少なからずある。」と結論づけられた。

- 助成事業申請テーマ（グループ研究）
六ヶ所村再処理工場に関する包括的批判的研究
- 助成金額 2003年度 100万円

（詳細は後記論文『核燃料サイクルと直接処分のコスト比較』参照）

3. 六ヶ所再処理工場の飛来物対策の安全性について

原子力長計の結論がどのようなものになっても、やはり六ヶ所計画をこのまま進めていいのかという根本的な疑問を多くの人々は抱えたままだ。しかし六ヶ所再処理の推進＝国策としての核燃料サイクルの推進、特にウラン試験開始を至上の課題とする資源エネルギー庁、原子力委員会、電力会社＝電気事業連合と、その「国策」に将来を託せざるをえない六ヶ所村と青森県の強引な手法によって、約1年遅れていたウラン試験は2004年12月21日開始された。2005年12月には、使用済み燃料を使ったアクティブ試験開始を予定している。新たに明らかになった六ヶ所再処理工場の安全上の問題を指摘する。

1) 飛来物（航空機）対策について

六ヶ所再処理工場の南方20キロにはアメリカ空軍三沢基地（三沢空港）があり、米空軍にはF16戦闘機など、航空自衛隊にはF4EJ改などの戦闘機が実戦配備され、日常訓練やタッチアンドゴーなどが実施されている。そのため工場の安全審査において、これらの戦闘機の墜落事故が立地評価の対象として取り上げられ審査された。しかし評価の前提条件は、戦闘機は爆弾などを装備せずジェット推進力を失ってグライダーのような状態で滑空して工場に墜落するといものだ。この条件自体が極東米軍の最北の基地であり常時スクランブル体制にあり、滑走路には米軍機、航空自衛隊機、そして民間航空会社の航空機が並んで出発を待ち、年間4万回以上の発着がある三沢基地の実態を全く無視しているのはいうまでもない。

さらに大きな問題が安全審査自体にあることがわかった。再処理工場の安全審査の際、航空機の墜落事故時、航空機の最大速度は215m毎秒ないし340m毎秒にも及ぶことを示す資料が存在したのである。しかし

下記に述べるような安全無視、非科学的、政治的理由から「再処理工場の衝突速度の審査も150m毎秒で評価することにした」、というのである。

施設の安全審査では、この衝突速度を採用した場合の問題点として、建屋の設計変更が必要となり2年以上の期間がかかることをあげた上で、「日本原燃産業（当時）が使用している（ウラン濃縮工場の）衝突速度条件150m毎秒と整合をとる必要がある」、「衝突速度条件を150m毎秒と説明してきた過去の経緯から、防護設計の基本的な条件である衝突速度条件を150m毎秒から他の数値に変更することは、PA（パブリック・アクセプタンス）上、大きな社会問題となり、立地点としての適合性がクローズアップしてくる」、「現状では、施設の大部分が防護対象となっており、また、これらの建物は通常の架構形式（ラーメン構造）をとっており、架構及び耐震安定性等から見て現状の条件の適用が限界となっている。したがって、衝突速度条件が変わることは、建屋構造計画の大幅な見直しあるいは特殊な架構形式の検討等が必要となり、設計及びコスト面への影響が過大となる」、「航空機に係る施設の事故の発生の可能性は、極めて小さいにもかかわらず、その対策のために最も過酷な条件を適用することは、他の原子力施設での安全評価に影響を与える恐れがある」という問題点を列挙し、「これらの設計上及び社会的な影響等に鑑み、防護設計の前提条件としては、防護対象となるすべての施設に対して衝突速度150m毎秒を採用することとしたい」と結んでいる。再処理工場の安全審査の条件が、科学的ではなくいわば政治的判断で歪められ、本来であれば安全審査を通らないはずの設計が安全審査をすり抜けた格好である。

六ヶ所再処理工場の主要建屋の壁・天井の厚さは、航空機の衝突速度150m毎秒に耐えられるようにという前提で、大部分が120cm前後とされている。しかし、この厚さでは三沢基地に配備され天ヶ森射爆場で訓練している戦闘機が215m毎秒で墜落した場合には、耐えられない。航空機の中でいちばん硬いエンジン部分が貫通するかどうか（局部破壊）の評価では、安全審査で用いられた評価式（私たちは過小評価の危険が大きいと考えているが）を使って計算しても、F4EJ改のエンジン2基分の評価では貫通厚さは約130cmに達する。航空機全体の荷重で壁・天井が崩壊するか（全体破壊）の解析は解析コードを用いるもので、私たちが直接計算するのは困難であるが、再処理工場の行政庁審査に提出された資料では、衝突速度215m毎秒の場合の防護版厚の目安は170～190cmとされている（図1参照）。従って、現在もう建設が終わっている六ヶ所再処理工場の主要建屋の壁・天井の大半は、215m

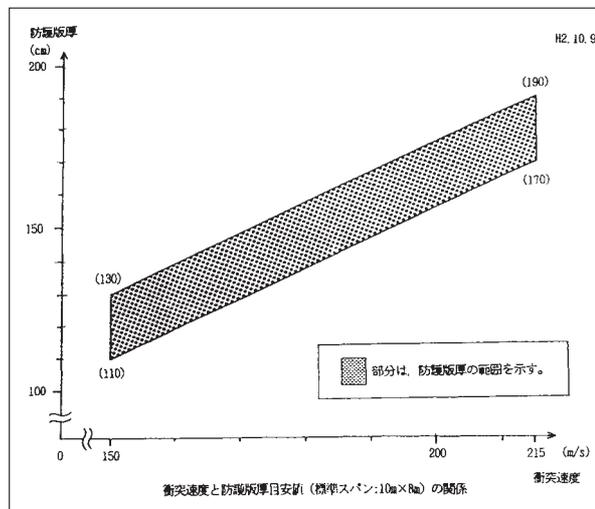


図1 防護版厚
『六ヶ所再処理工場行政庁（科学技術庁）審査時メモ：日本原燃料作成資料』より

毎秒で航空機が墜落すれば崩壊する。

この事実は、再処理工場の行政庁審査（原子力安全委員会の安全審査の前に行なう旧科学技術庁の審査）の審査資料で明らかになった。この資料は、裁判で国側が「保存されていない」として提出をかたくなに拒否してきたものだが、その一部が再処理工場と同時に安全審査をしていた高レベル廃棄物貯蔵施設の安全審査資料に紛れ込んでいたことを私たちは突き止めた。この資料について住民が証拠として裁判所に提出した後、国側は原子力安全・保安院の訟務室長が記者会見して、「日本原燃サービス（当時）が国に提出したもの」と認め、再処理工場の安全審査に用いられたかどうか確認できなかつつも「再処理工場の安全審査に用いられたと推測できる部分もある」と述べている（2月11日付東奥日報朝刊）。

今回入手できた再処理工場の行政庁審査資料で、業者と行政庁が密室で行なう安全審査の実態の一部をかいま見ることができた。しかし、私たちがまったく入手できていない再処理工場の安全審査の中心部分（火災爆発事故対策や臨界事故対策など）の実態はなお闇の中である。この部分で、今回明らかになったような安全審査の歪曲が行なわれていないという保証はまったくくない。安全審査の条件が、科学的な根拠ではなくいわば政治的判断で歪められ、本来であれば安全審査を通らない六ヶ所再処理工場の設計が、無理やり安全審査を通したものであることは明らかである。

2) 高レベルガラス固化体貯蔵建屋の崩壊熱除去解析問題

六ヶ所再処理工場の敷地には現在、高レベルガラス固化体の関連施設が5つある。海外委託再処理にとも

表1 再評価の結果（ガラス固化体を全数貯蔵した場合の崩壊熱除去分析）

		[kW]	B棟建屋		ガラス固化建屋		東棟建屋		西棟建屋	
			設工認の計算値	再評価値*1 (簡易計算)	設工認の計算値	再評価値*1 (簡易計算)	設工認の計算値	再評価値*1 (簡易計算)	設工認の計算値	再評価値*1 (簡易計算)
全数貯蔵	ガラス固化体崩壊熱(1体当たり)	[kW]	2.0		2.3		2.3		2.3	
	入口温度(外気温度)	[℃]	29	29	29	29	29	29	29	29
	上部プレナム部出口温度	[℃]	85	160	約75	116	約90	171	約90	249
	冷却空気流量	[kg/h]	97,811	39,296	58,597	30,063	100,316	41,739	165,750	47,120
	円環流路を流れる冷却空気流量 (1体当たり)	[kg/h]	1,147*4	491	1,203	668	1,166	522	1,133	337
	圧力損失合計	[Pa]	75	146	62	105	80	154	81	198
	(入口迷路板部圧力損失)	[Pa]	(11)	(65)	(7)	(42)	(17)	(70)	(10)	(81)
	(出口迷路板部圧力損失)	[Pa]	(16)	(73)	(8)	(55)	(17)	(75)	(15)	(110)
	(円環流路及び その他部位の圧力損失)	[℃]	(48)	(8)	(47)	(8)	(46)	(9)	(56)	(7)
温度	ガラス固化体中心*2	[℃]	約410	500	約420	463	約430	519	約430	624
	貯蔵区域天井部コンクリート*3	[℃]	65℃ 以下	91	60℃ 以下	77	65℃ 以下	101	65℃ 以下	136

- *1: 「Report S-SS-3-9 Heat Transfer Research Inc.1987」による圧力損失の式を正しく適用した場合の計算結果。
- *2: ガラス固化体の中心温度の設計目標値は500℃ 以下としている。
- *3: コンクリート温度の設計目標値は日本建築学会発行の「原子力用コンクリート格納容器設計指針案・同解説」の中に通常運転時(長時間)のコンクリート温度制限値65℃ 以下としている。
- *4: 設工認申請書では伝熱解析に用いる冷却空気流量として、1,140kg/hとしている。

なって返還される英仏の再処理工場で製造された高レベルガラス固化体を貯蔵する返還高レベルガラス固化体貯蔵建屋【A棟（運転中）】と【B棟（審査中）】、さらに六ヶ所再処理工場で製造されるガラス固化体のための【高レベルガラス固化建屋（建設済み）】、【第1ガラス固化体貯蔵建屋【東棟（建設済み）】、【西棟（審査中）】の五つである。

原子力安全・保安院は返還高レベルガラス固化体貯蔵建屋【B棟】の設工認*審査中の2005年1月14日、日本原燃に対して安全解析のやり直しを指示した。今回再評価の指示が出されたのは、既に892本のガラス固化体を受入れている建屋【A棟=1440本分】の設計を変更した新たな建屋【B棟（=1440本）】の崩壊熱解析（冷却能力）についてで、同建屋は2003年12月に安全審査の許可を受けている。2004年初からこの施設の設工認審査を開始した保安院は、ガラス固化体の崩壊熱解析に関して原子力安全基盤機構にクロスチェックを委託した。その結果日本原燃の申請においては、ガラス固化体の中心温度が500℃以下の設計温度になるとされているのに、解析の中で冷却空気の圧力損失の値が実際より著しく過小評価され温度が500℃を越える可能性が明らかになったためである。

A棟とB棟の基本構造はほとんど同じだが、建設コストを軽減しようとしたため部分的に鉄骨や鉄板を割愛し、そのために放射線遮へいのため迷路板の構造を変更した。解析では、この迷路板に関する解析が正確に行われていなかったことが判明した。原子力安全保安院は、【B棟】と同様の設計で作られた再処理工場の

【ガラス固化建屋】、【東棟】、【西棟】についても見直しを求めている。これらの施設は事業所としての違いはあるが、すべて再処理工場の敷地内に並んで建設されている。

ガラス固化体は、ホウケイ酸ガラスといわれる硬質ガラスと高レベル放射性廃液を混ぜ、ステンレスのキャニスター（容器）に入れて冷やし固められた物だ。高レベル廃液をガラスと混ぜるのは、液体のままでは扱いにくいので固化化する固体のマトリックス（基質体）とするためと、ガラス構造の中に放射性物質を閉じこめることを期待している。しかしもしガラスの温度が上がって、ホウケイ酸ガラスの融点（1150℃）よりは遙かに下であるが、転移温度といわれる温度領域（450-500℃）を超えると、ガラスは固体よりもむしろ液体に似てくる。610℃以上では、ホウケイ酸ガラスは結晶を生成しはじめる（ひび割れを生じる）ので、機械的強度と耐食性が減少する。同時に、閉じこめておくべき放射性同位体を含む化学物質の動きやすさ（易動度）が増し、ガラス内部から表面に移動しやすくなる。ガラスの最高温度を500℃に保つという目標値は、最低限どうしても守らなければならない値だ。ガラスが不安定化しはじめるまではわずか100℃で、余裕は少ないと考えるべきである。

指示を受けた日本原燃は、【B棟】と同様の設計で作られた再処理工場の【ガラス固化建屋】、【東棟】、【西棟】の申請書の解析を再評価した結果を1月28日に公表した（表1参照）。問題の圧力損失はほとんど倍の値に、逆に空気流量は1/2~1/3に減少している。ガラ

* 建設にかかわる施設及び工事の方法の認可申請書

ス固化体中心温度は、設工認の申請値では約410～430℃とされていたのに、再解析では430～624℃で500℃を優に越え、失透が始まる温度も越える可能性が確認された。貯蔵区域天井部コンクリートの温度も、60～65℃以下の申請値に対して、77～136℃という高温に達する。この結果について日本原燃は、「設計ミス」として、既にほぼ完成してるガラス固化建屋と東棟は設計変更を行うと公表している。

ガラス固化建屋と東棟は安全審査の許可、設工認認可、そして建設まで終了した状態だ。明らかに間違った設計でいわゆるダブルチェックを通り抜けていたのである。施設の安全性そのものだけでなく、規制当局の審査能力に大きな疑義があることは明らかだ。

3) 下北半島沖合の海底活断層が六ヶ所再処理工場の建屋に与える影響について

国の地震調査研究推進本部地震調査委員会は、三陸沖北部のプレート境界でマグニチュード8の地震が起

こった場合の各地域の地震動（揺れ）の強さの評価を、2004年5月21日に公表した。この評価で六ヶ所再処理工場の敷地一帯は岩盤上で地震動の最大速度が30カイン以上40カイン未満とされた（1カインは毎秒1センチメートルの速さ）。この数値は、六ヶ所再処理工場の安全審査が依拠した過去の地震による工場敷地の最大速度が4.58カインとの評価があきらかに過小評価であることを示している。このタイプの地震の発生確率は、地震調査委員会の評価では、2002年時点で今後50年間に10～30%とされている。現実にかかる可能性が相当程度ある地震で安全審査の最大想定を上回る地震同が発生すると国の機関に評価された以上、安全審査の正当性は失われたと考えざるをえない。

工場敷地での最大速度のあらたな知見が示されたので、これらと下北半島沖合の海底活断層との関連、さらに六ヶ所再処理工場の建屋に与える影響について検討を加える予定である。今後の重要な課題として取り組みたい。

核燃料サイクルと直接処分のコスト比較

●伴 英幸（原子力資料情報室）

I. はじめに

『六ヶ所再処理工場に関する包括的批判的研究』プログラムの一要素である六ヶ所再処理工場の経済性に関する研究について以下に報告する。この研究は2004年2月に公表されたバックエンド総費用とそれに占める六ヶ所再処理工場の費用の検討が当初の目的であったが、①04年6月から始まった原子力開発利用長期計画の見直し作業の中で直接処分費用との比較検討がおこなわれたこと、並びに②この策定会議に伴が委員として参加したことから、この作業で行なわれたコスト比較を研究報告とする。

II. 比較検討手順

策定会議では、核燃料サイクル政策について、取り得る政策選択肢を4つ抽出して、10項目の評価視点から総合的に検討する手法がとられた。経済性評価はその一つの評価項目で、策定会議の下に技術検討小委員会が設置され、ここで詰めた作業が行なわれた。

選択肢は①全量再処理②部分再処理③全量直接処分④全量当面貯蔵の4つである。技術検討小委員会では

③にかかわる全量直接処分の場合の処分費用を算出し、他の選択肢との比較を行なった。他の選択肢における費用は04年2月に総合エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討小委員会から公表された数値を使って行なわれた。この数値は電気事業連合会が同小委員会に提出したものである。

III. 総合評価の結論

シナリオ間の経済性評価の結論を中間取りまとめから引用すると、現行の再処理路線は「ウラン価格の水準、現段階で得られる技術的知見等の範囲では「経済性」においては他のシナリオに劣るものの、… なお、政策変更に伴う費用まで勘案すると「経済性」の面では劣るとは言えなくなる可能性が少なからずある。」

IV. 経済性評価の結果について

IV-1. 経済性評価では再処理策が一番コスト高、直接処分策が一番コスト安との結果だった（表1参照、ここでは結果のみを掲示し、計算の詳細はV章で述べる）。

議論の過程では、日本では直接処分の研究開発が行

表1 計算結果のサイクルコスト（円/kWh）

項 目		シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
フロントエンド	ウラン燃料	0.57	0.57	0.61	0.61
	MOX燃料	0.07	0.05	—	0.00
バックエンド	再処理	0.63	0.42	—	0.16
	HLW貯蔵輸送処分	0.16	0.10	—	0.06
	TRU廃棄物処理貯蔵処分	0.11	0.07	—	0.03
	中間貯蔵	0.04	0.06	0.14	0.13
	SF直接処分	—	0.12—0.21	0.19—0.32	0.09—0.16
合計		1.60	1.4—1.5	0.9—1.1	1.1—1.2
発電コスト		5.20	5.0—5.1	4.5—4.7	4.7—4.8

* 発電コストは各項目に原発建設費+運転維持費=3.6円を加えたもの

HLW：高レベル放射性廃棄物 TRU廃棄物：超ウラン核種を含む放射性廃棄物 SF：使用済み核燃料

表2 政策変更コスト

六ヶ所再処理工場（兆円）		代替火力関連（兆円）	
既投資額	2.44	2015年	2020年
廃止措置 （ウラン試験前）	0.45 (0.31)	代替火力発電 コスト 11	22
売却益	-0.02	CO2対策 0.7	1.4
合計	2.87 (2.73)	合計 12	23
円/kWh	0.19	円/kWh 0.7	1.3

* 単価は割引率2%、59年間の発電力量で按分

なわれてこなかったもので、算出したコストの信頼性への疑問が出された。しかし、これは増えることもあれば逆のことも考えられる。

IV-2. 六ヶ所再処理工場を閉鎖すると、地元との信頼が崩れ、使用済み燃料を各原発へ持ち帰らなければならなくなる。中間貯蔵計画も進まない。その結果、原発が止まる。原発が止まった分の電力は火力発電所を建設して補う必要がある、として政策変更コスト試算が行われた。その結果を表2に示す。経済性と政策変更コストはまったく次元の異なるものであるが、上記総合評価の結論に見られるように、経済性に混同されてしまった。

V. 直接処分費用算出の方法と結果、およびシナリオ間コスト比較

V-1. コスト算定の流れ

①直接処分費用の算出→②処分単価（円/トン）の計算→③発電量あたりの単価の計算→④シナリオ間比較

V-1-① 直接処分費用の算出の流れ

a. 諸条件を設定→b.安全解析→c.処分場の概念設計（処分孔間隔や掘削坑道距離の算定）→d.総費用の計算

ここでは、諸条件の設定が重要な作業。処分孔間隔や掘削坑道距離はそれによって決まってくる。穴を掘る距離が分かれば、現行の単価（1メートル掘る費用）を基に計算できる。そこで、定める諸条件が費用に係

表3 主な設定条件

処分総量	32,000トン (800トン/年で40年間)
使用済み燃料平均燃焼度	45,000 MWd/t
処分容器	肉厚19cm（炭素鋼）
収納する使用済み燃料数	4体あるいは2体収納 (PWR換算)
処分深度	軟岩 500m（支保あり）
	硬岩 1000m（支保なし）
ベントナイト厚	70cm
処分容器表面温度	≤90℃
地表温度	15℃
地温上昇率	+3℃/100m

る大きな要因となる。

諸条件は、コスト比較のために、ガラス固化体の処分条件とあわせた。直接処分にとってベストな条件を使ったのではない。ベストがどのような条件かの検討はないが、少なくとも超長期貯蔵（100年程度）は検討されるべきだったろう。主な設定条件を表3に示す。

①の条件を設定し、安全解析を行なって処分が環境へ与える影響が十分小さいと評価した後に、処分場の設計を行ない、直接処分の総費用を算出した。この段階で硬岩系の地層に1処分容器あたり4体の使用済み燃料を入れることが不可能となった。処分容器の表面温度が90℃を超えるという解析結果が出たからである。また、処分場面積が大きくなることから1箇所

表4 処分費用（単位：億円）

項目	軟 岩					硬 岩		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	縦2	縦4	縦2 (2sites)	横2	横4	縦2	縦2 (2sites)	横2
技術開発費	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,138	2,138	2,138
調査費および用地取得費	2,403	2,247	2,848	1,996	2,240	2,479	2,993	2,446
設計及び建設費	34,991	25,008	40,546	11,149	10,418	15,562	21,920	11,483
地上施設	1,349	1,111	1,565	749	733	998	1,189	738
地下施設	27,303	18,131	29,838	3,259	3,209	5,896	6,681	1,207
地上設備	4,533	4,177	6,232	4,358	4,071	5,043	7,281	4,863
地下設備	1,378	1,161	2,128	2,354	1,976	3,196	5,984	4,246
その他	429	429	784	429	429	429	784	429
操業費	19,667	14,862	22,472	13,858	11,505	18,037	22,579	15,559
解体および閉鎖費	2,516	2,430	3,654	2,017	2,038	2,412	3,600	2,193
モニタリング費	1,190	1,190	2,379	1,190	1,190	1,190	2,379	1,190
プロジェクト管理費	11,762	9,799	16,534	6,729	7,158	9,194	14,697	8,487
消費税	3,331	2,579	4,050	1,803	1,662	2,276	3,128	1,936
小 計	78,004	60,259	<u>94,628</u>	40,886	38,354	<u>53,287</u>	73,435	45,430
核燃料物質取扱税	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616	7,616
合 計	85,620	67,875	102,244	48,502	45,970	60,903	81,051	53,046

* 下線の数値を使って単価計算を行なった。

表5 処分場面積と処分費用

項目	軟 岩	硬 岩
	縦2*2サイト	縦2体
処分場面積(km ²)	18.8	11.5
主要坑道延長距離 (km)	88	43
処分坑道延長距離 (km)	290	216
合計 (億円)	94,628	53,287
割引率2%費用 (億円)	75,075	42,268
割引率2%単価 (万円/トン)	33,600	18,900

* 合計には核燃料取扱税7,616億円は含まれていない。
単価計算からも省かれている。

必要な面積を持つ地層が確保できない場合もあるとのことで、処分場が2サイトになるケースも設定した（この2つは「過度に」保守的な想定と思う。100年貯蔵では解決する可能性が高い）。表4は、想定されたケースと総費用。このうち、C3とC6のケースを費用の幅として採用して、第2段階の単価計算に入った。

表5は、下線部分の費用に関して、処分場面積などのデータを加えたものである。

条件の設定によって、処分場面積や主要坑道延長距離、処分坑道延長距離などが相当に異なることが分かる（割引率以下の数値は次節で説明）。

ちなみに、ガラス固化体の処分費用は軟岩が28,899億円、硬岩が27,694億円と計算されている。処分費用のみを比較すると直接処分の方が高いが、再処理費用等までを含めると直接処分が安くなる。

表6 処分スケジュール

処分開始時期	実施主体設立から 35年後
処分終了時期	処分開始から 100年間
終了後監視期間	処分場閉鎖から 300年間

V-1-② 処分単価の計算（円/トン）

①の処分費用を時系列にしたがって年度展開する。例えば、処分開始までの技術開発は基準となる年（0年）からスタートして24年にわたって毎年の支出額を算出する（ガラス固化体の場合を参考にして算出した）。処分スケジュールを表6に示す。また、処分場の設計および建設費や操業費などなど、毎年の支出額を定める。その事例を図1に示す。次に、年次支出を割引率を2%として、操業開始年を基準年として現在価値換算を行なった。これは高レベル放射性廃棄物の処分費用の積立額の算出に際して2%の割引率を使っているからだ。これをベースとして1%と3%の3つのパターンで単価を算出した。ただし、このレポートでは2%のケースのみを表示する。

割引率2%の場合の費用の算定式は

$$\text{総額 } X_t = \sum (X_y / 1.02^{y-35})$$

（基準年を35年目とした）

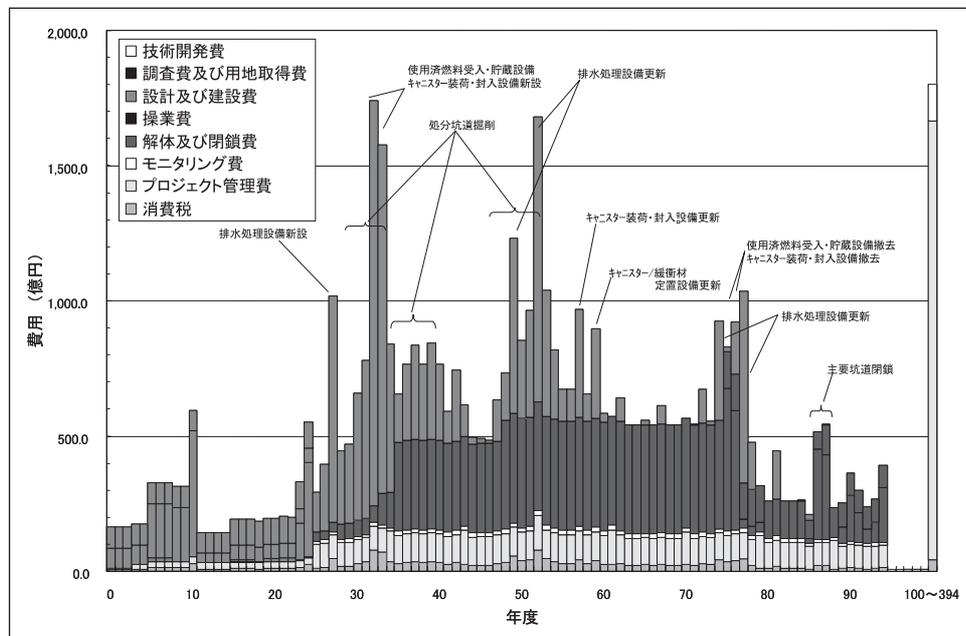


図1 硬岩・ケース1（縦置き、2体収納）

Σの期間yは0年から300年まで、Xyはある年の支出額。その結果は表5の割引率2%の費用を参照。

同様に処理量も現在価値換算して算出して、按分して、処理単価を計算した。その結果は表5の単価を参照。安いケースで処分量1トンあたり18,900万円、高いケースで1トンあたり33,600万円となった。

他のシナリオの単価については、04年1月に総合エネルギー調査会原子力部会コスト等検討小委員会が算定したバックエンドコスト費用（いわゆる19兆円と言われている費用）から同様に求めてきた単価（万円/トン）を使って、比較をすすめた。処理単価（万円/トン）は表7参照。

V-1-③ 発電量あたりの単価の計算とシナリオ間比較

②で求めた処理・処分単価（万円/トン）を使って、発電電力量あたりの単価を計算してシナリオ間の比較を行なった。このとき、処分量32,000トンでの計算（コスト等検討小委員会）とはまったく異なるシナリオを設定したので、導き出された処理・処分単価のみを使い、これをシナリオから来る総取扱量と時系列に従って、再計算した。つまり、今回は向こう60年間の事業を考え発電電力量、再処理量、地層処分量などを算出して時系列に落とした（例えば、地層処分は100年事業、その後の管理期間300年としているが、コスト計算ではそれを考慮したトン当たりの処分単価を使っているの、矛盾はない）。使用済み燃料の貯蔵期間は50年とし、54年目から処分が開始される。

先の総合エネルギー調査会原子力部会が行なった試算では、再処理工場40年間稼働、その後に閉鎖・解体、再処理能力を超える使用済み燃料は中間貯蔵のま

表7 処理・処分単価（割引率2%）

全操業期間（単位：万円/トン）

項目	再処理ケース	直接処分ケース
再処理工場へのSF輸送	1,800	—
再処理	25,300	—
中間貯蔵施設へのSF輸送	1,600	1,600
中間貯蔵	5,400	5,400
HLW貯蔵	2,400	—
HLW輸送	300	—
(HLW処分) or 直接処分	(0.12/kWh)	18,900～33,600
TRU廃棄物処理貯蔵	2,500	—
TRU廃棄物処分(地層処分)	2,900	—
同(地層処分以外)	1,000	—
MOX燃料加工	25,900	—
再処理工場廃止措置	2,700	—

まという前提だった。今回はその時の処分単価を用いて、60年の評価期間のストーリーに載せたわけだ。

このシナリオ比較では、発生する使用済み燃料は約7万トン、総発電量は約25兆キロワット時とした。その発電イメージを図2に示す。また、計算結果は表1に示す。ここで、比較したシナリオは

- ・シナリオ1は全量再処理（現行路線）、さらに、使用済みMOX燃料は第2再処理工場再処理される
- ・シナリオ2は六ヶ所再処理工場の処理能力を超える分は直接処分する、
- ・シナリオ3は全量直接処分、
- ・シナリオ4は当面貯蔵（六ヶ所再処理工場の稼働を止め、再処理が経済的に有利になるまで使用済み燃料は貯蔵する）。ただし、50年の貯蔵後は貯蔵使用済み燃料の半数を再処理し、半数を直接処分すると

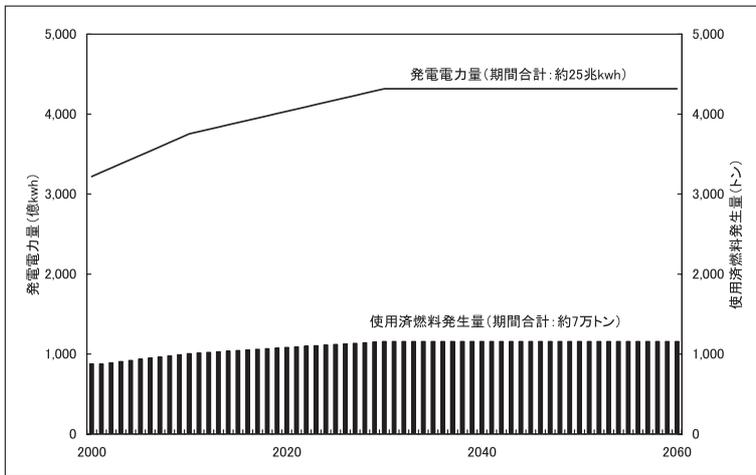


図2 発電電力量と使用済燃料発生量

いうもの。

シナリオ1とシナリオ3（再処理路線と直接処分路線）の比較をすると、1.6円/kWhに対して、直接処分は0.9～1.1円/kWhと安い結果が出た。

わずか50銭～70銭の差で、これは1世帯年間600円～840円程度とされた。

V-2. コスト比較に対する考察＝コスト差は歴然、直接処分は断然安い

◆計算上は1世帯あたり年間600～840円程度の差となるが、しかし、これはある假定上の計算であって、実際にはこの程度の支出では収まらないだろう。高レベル放射性廃棄物の地層処分費用が計算どおりで収まるかは不確定である。また、六ヶ所再処理工場が年間800トンの処理能力を40年にわたって維持できるかどうか、おそらくできないだろう。ここには事故などによる追加的な支出は含まれていない。

◆この差を埋めることは事実上、不可能であるほどの差となる。ウラン価格以外の価格は固定して、シナリオ1とシナリオ3のコストが等しくなるようなウラン価格を探ると、現行のウラン価格（550万円/トン）が23,650万円/トンまでつりあがらなないと等しくならないという計算結果となった（Steve Fetter氏の方式を使い藤村陽氏が評価）（図3参照）。原子力委員会のコスト試算計算式を使っても現行価格の10倍でやっと釣り合うとのこと。したがって、コスト差は歴然としている。

◆山地憲治委員は60年間の発電量で比較した場合、再処理路線の総事業費は約36兆円になるのに対して直接処分路線は21～24兆円と計算している。（技術検討小委員会第6回意見書）

VI. 政策変更コスト

コスト差が歴然としていることもあってか、原子力

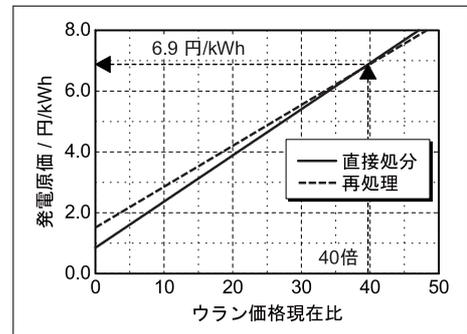


図3 ウラン価格に対する再処理サイクルと直接処分の発電価格

政策を直接処分政策へと転換するとしたら、①六ヶ所再処理工場を解体して更地にする費用が必要となる、②さらに、使用済み燃料の貯蔵場がなくなり原発の停止を余儀なくされることから、火力発電の炊き増しが必要になるとして、そのコストの算定が行なわれた。VII問題点でも述べるように、特に②の火力炊き増しコストは理屈の通らないものだった。

VI-1. 六ヶ所再処理工場の解体費用（表2）

上記コスト等検討小委員会が算定した六ヶ所再処理工場廃止措置費用をベースとして、策定会議では、ウラン試験前の解体費用とウラン試験後の解体費用が算出されたが、これは電気事業連合会が算出した数字である。解体廃棄物のうち有用なもの転売による利益は初期投資額（2.19兆円）の1%と仮定した。総費用として2.87兆円を15年間の発電電力量で按分したケースと59年間で按分したケースで単価（円/kWh）を算出したが、最終的には59年間の数字が使われている。その根拠は十分に説明されていない。

VI-2. 火力発電所炊き増しコスト（表2）

これは技術検討小委員会が算定したのではなく、策定会議で議論となり事務局が計算したものである。ストーリーは六ヶ所を廃止すると青森県の求めに応じて使用済み燃料を搬出しなければならない。また、進行中の中間貯蔵施設も再処理までの一時的な（といっても50年）貯蔵で地元理解を得ているから、再処理路線を転換すると交渉しなおしとなる。その交渉には早くて15年あるいは20年程度かかるだろう。その間に、早ければ2005年から福島第一原発、高浜原発などが施設内の使用済み燃料の貯蔵プールが満杯となり、停止する。停止は順次拡大して2015年には原発全基が停止する。この間、原発が発電するだろう電力を火力発電でまかなうとする。このとき、火力発電のコストを建設費を含めた単価で計算した。

VII. 問題点

VII-1. コスト評価上の問題点

VII-1-1. ガラス固化体の地層処分と同様の時間条件を設定したため、50年後に地層処分することを前提とした。しかし、使用済み燃料を90年程度貯蔵した後に地層処分することにすれば（ガラス固化体と同様の熱的条件になる）、直接処分コストはさらに下げることができるだろう。90年貯蔵のケースは試算されなかった。ちなみに、フランスでは再処理しない使用済み燃料は100年間貯蔵するとしている。

VII-1-2. ①直接処分の研究開発がこれまで行なわれてこなかったのは原子力長計が再処理路線を選択していたためだ。長計に文言として書かれないと国の研究開発費が付かないことから、研究の必要性にも係らず行なわれてこなかった。今後の課題である。

②技術開発では、ガラス固化体にもまだまだ技術課題が残っている。例えば、地下深部環境に関する知見は十分でなく今後の課題、また、地下深部で行なわれる遠隔操作技術も今後の課題（強い放射線を発するため人間による直接の作業は行なえない）である。

VII-2. 政策変更コスト上の問題点

①六ヶ所再処理工場を止めても、使用済み燃料が搬出されるとは限らない。国の責任で青森県と交渉することは可能（国の責任逃れ）。中間貯蔵施設の建設も可能である。

②仮に原発が止まることになったとしても、火力発電所の建設は必要ない。なぜなら、現在の火力発電所の稼働率は50～60%。稼働率を上げること、ならびに省エネおよび再生可能エネルギーを増やしていくことで、新規建設はなしにすることが可能。

③しかも火力建設コストは回収期間を59年として単価計算している。あり得ないとして電力からも批判があった。とはいえ実際には15年から20年程度で中間貯蔵が可能となり、原発は再び動き出すというシナリオ。だとすれば、建設した火力発電所の費用回収は不可能。結局、「政策変更に伴う費用まで勘案すると「経済性」の面では劣るとは言えなくなる可能性」を示すためだけの数字いじりに他ならない。

VIII. 残された課題

コスト計算とその比較の中で議論はされはしたが、なお、十分でなく残る課題がいくつかある。

VIII-1. 使用済み MOX 燃料の扱い

全量再処理路線のコスト計算では使用済み MOX 燃料は再処理されることで計算されたが、しかし、繰り返し再処理できるものではなく、全量再処理といえど

も、将来は直接処分されることになると考えられる。シナリオ②で使用済み MOX 燃料の直接処分コストを使用済みウラン燃料の4倍としたが、それで収まる見通しは少ない。議論では、高速増殖炉が実用化したら十分に活用できるとの意見が出たが、高速増殖炉は長計では選択肢の一つである。実用化の見通しはない。

VIII-2. 回収ウランの扱い

再処理から回収されたウランについて、単に貯蔵するだけの扱いでシナリオが検討されたが、実際には処分するしかないものである。これもまた、高速増殖炉が実用化されれば有効に活用できるとして先送りされた。

VIII-3. プルトニウム余剰問題

原子力委員会は03年8月15日に公表した「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方について」で、プルトニウム利用の透明性を確保するために、分離する前に利用計画を公表することとしている。今回の中間報告でも同様の記述が盛り込まれたが、現時点で事業者は六ヶ所再処理工場から抽出されるプルトニウムの利用計画を出していない。この点では、福島県では海外再処理工場から抽出されたプルトニウムの利用に対する事前了解が白紙撤回されている（東電損傷隠し事件が契機となる）。海外再処理からのプルトニウムの利用計画すら実行に移している電力会社がないのが現状。文面を読めば分離直前までに利用計画を公表することとしているので、電力各社はアクティブ試験前までに公表できるのだろうか？

IX. 終わりに

直接処分のコストを公開の場で公式に算定したのは今回が初めてである。これまでは折に触れて、たとえばOECDNEAなどでコスト試算が行なわれると日本でもチェックされてきた。しかし、それらは隠されて、公式には「日本では直接処分のコストは計算されたことがない」のだった。その意味から、技術検討小委員会の費用算出は意義のあることだった。

同小委員会の委員に立候補して選出され、コスト計算方法など詳細なチェックを行なうことができたことは、原子力資料情報室としても個人としてもよい経験になった。

ここで明らかになった核燃料サイクルがコスト高（一般には当たり前のこととして認識されているが）であることが明白になった。この事実は再処理優位論に大きな疑問を投げかけるものであり、再処理からの撤退を求める今後の議論の展開に弾みをつけるものとなるだろう。