

核燃料サイクルコストの試算 解説資料

平成23年11月24日

内閣府 原子力政策担当室

目次

- コスト算定条件・試算モデル
- 前回（平成16年）以降の環境変化
 - フロントエンド・バックエンド・直接処分
- 工程別の事業要素の単価について
 - 計算法、再処理等・高レベル廃棄物処分・直接処分他
- 核燃料サイクルコスト
 - 計算法、感度解析、プルトニウム・回収ウランクレジット

コスト等検証委員会の依頼事項




■ 原子力発電の核燃料サイクル費用

- 原子力発電から生じる使用済核燃料の処理方法については、様々な方策が考えられるが、それらについて、最新動向などを踏まえ、その費用を算出する必要があります。

■ 2010年モデルプラントの主な諸元や試算の条件

プラント規模	120万kW
諸元ベース	最近7年間に稼働した発電所のデータ
設備利用率	80%, 70%, 60%
稼働年数	40年, 30年, 16年(法定耐用年数)
為替レート	85.74 円/\$
割引率	0%, 1%, 3%, 5%

試算モデルの考え方①

- 本試算では、今後、各電源別の発電コスト比較の際に活用されることから、「**モデルプラント方式**」を前提に、原子力発電の燃料費部分に相当するコスト(核燃料サイクルコスト)を求める
- 試算対象は以下の2モデル
 - 核燃料リサイクルを行う  **再処理モデル**
 - 核燃料リサイクルを行わない  **直接処分モデル**
- このほか、参考として日本の現状を考慮し、コストを算出  **現状モデル**

試算モデルの考え方②

- 燃料の取得、原子炉への装荷から派生する将来コストと発生エネルギーを現在価値換算し、均等化発電単価(円/kWh)を算出



コスト小委^[1]の試算と同手法を採用

- 平成16年から現在までの情勢変化を反映した現時点での核燃料サイクルコストを評価
 - ウラン資源価格の高騰
 - 為替レートの円高基調
 - 再処理等積立金法の施行 など

[1] 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 コスト等検討小委員会(平成16年)

http://www.meti.go.jp/policy/electricpower_partialliberalization/contentscost.html

試算モデルの考え方③

■ コスト小委の方法論

- 核燃料サイクル部分については、六ヶ所再処理工場の運転開始前だったため、「六ヶ所再処理＋それに続く再処理」サイクルを想定
- 発電規模などを想定の上、再処理工場の処理能力からみて使用済燃料の再処理量は発生量の64%と想定し、残り36%は中間貯蔵を行うと想定

■ 今回は、再処理モデルと直接処分モデルのコストを試算

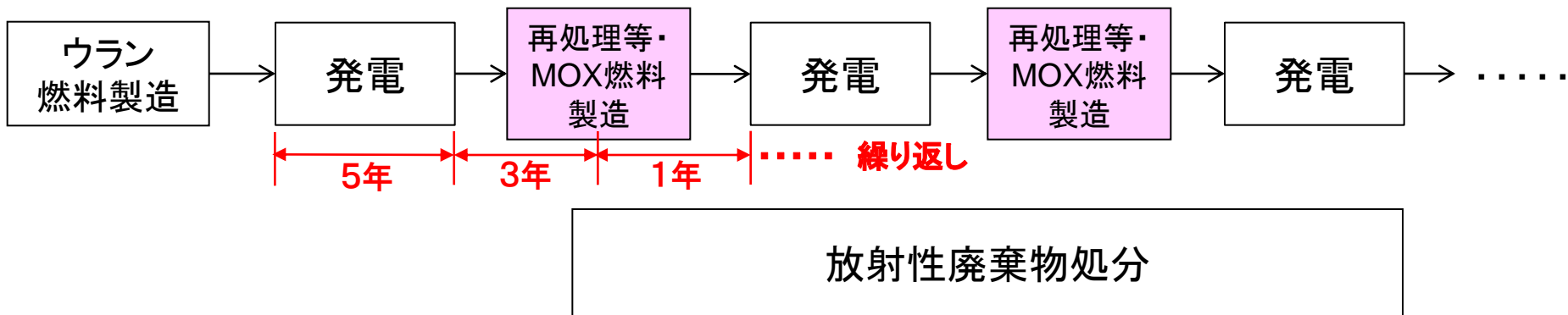
■ 同時に、現状モデルに基づく試算を参考値として提示

サイクルコスト試算条件（共通事項）

項目		コスト小委（平成16年）	今回	
ウラン燃料濃縮度		BWR 3.8% PWR 4.1%	再処理モデル 現状モデル	BWR 3.7% PWR 4.6%
			直接処分モデル	PWR 4.5%
平均取出燃焼度		UO ₂ 燃料：45,000 MWd/t MOX燃料：40,000 MWd/t	←	
炉内滞在時間		5年	←	
熱効率		34.5%	←	
為替レート		121.98 円/\$	85.74 円/\$	
割引率		0, 1, 2, 3, 4 %	0, 1, 3, 5 %	
再処理モデル	現状モデル	再処理:中間貯蔵比率	64:36	50:50
		次世代生成率	15%	←

「再処理モデル」

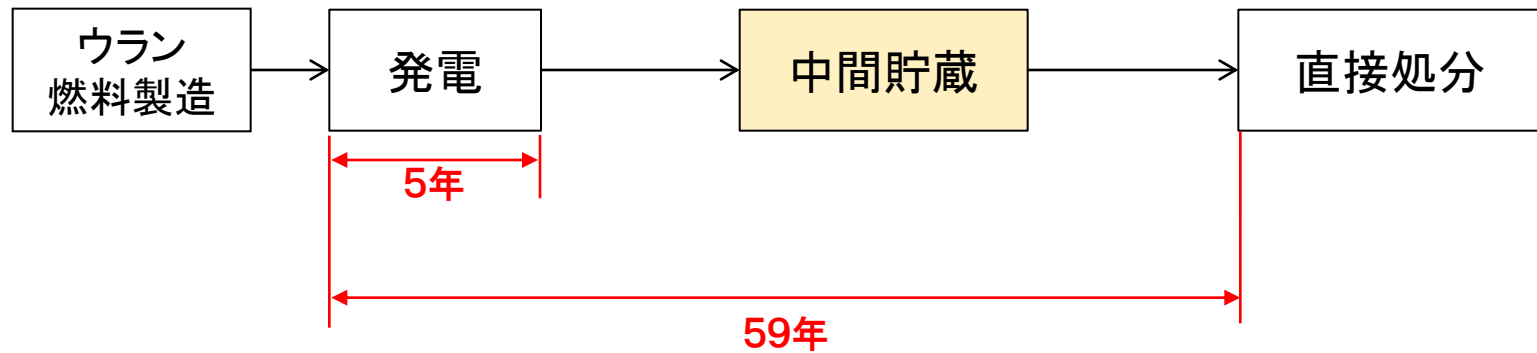
■ 使用済燃料を再処理してリサイクル



- 使用済燃料は全て再処理
- 再処理して取り出されたプルトニウムはMOX燃料としてリサイクル

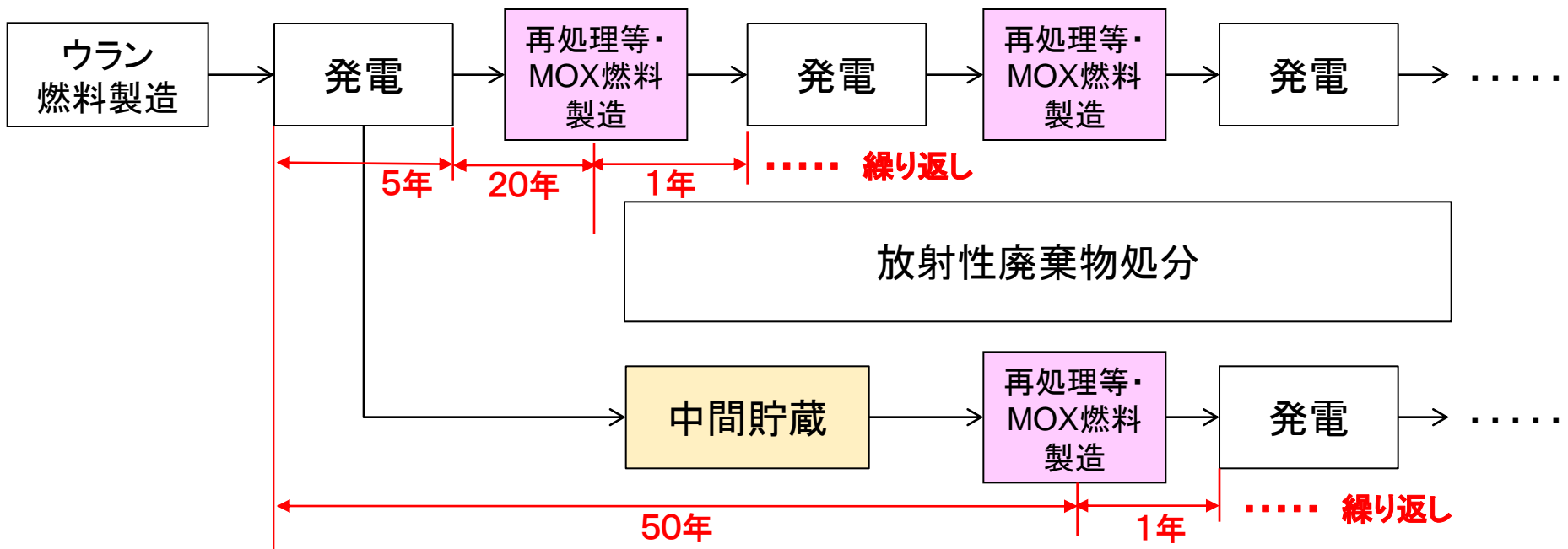
「直接処分モデル」

- 使用済燃料全量を中間貯蔵後に直接処分



「現状モデル」

- 使用済燃料の一部を再処理してリサイクルし、残りは中間貯蔵の後に再処理
- 使用済燃料の貯蔵期間(20年)は、最新の日本原燃の事業計画をもとに設定



フロントエンド

- ウラン精鉱（イエローケーキ； U_3O_8 ）のスポット価格は、近年著しく変動し、かつて1ポンド当たり10 \$ 程度であったものが、一時期130ドル以上となり、平成20年～平成22年の市場価格はの推移は、40～60 \$ /lb U_3O_8 で推移
- 為替レートは円高基調であり、平成16年8月頃には、約110円/\$ であったが平成22年度平均では約86円/\$

バックエンド

- 再処理等積立金制度が整備(P.12参照)
 - 平成17年より再処理に係わる費用(廃止費用、TRU廃棄物処分費用を含む)の積立てを開始。積立額は電気料金として回収。
- 六ヶ所再処理工場で平成18年3月から使用済燃料を用いた試験(アクティブ試験)を開始
 - ガラス固化体製造工程で難航し、平成24年10月にしゅん工を延期
- プルサーマルが4つの発電所で開始
- 平成22年10月に六ヶ所MOX燃料加工工場が着工
 - 平成28年3月のしゅん工予定
- 青森県むつ市に国内初の使用済燃料中間貯蔵施設が平成22年8月着工
 - 平成24年7月の事業開始を予定

再処理等積立金に係る制度措置等の整備

- 再処理等積立金法が平成17年に施行(六ヶ所再処理工場分)
 - 核燃料の燃焼に応じて発生する使用済燃料について、六ヶ所再処理工場で再処理される分の再処理等費を積立て、費用化していく
 - 再処理等費の年度展開と対象使用済燃料発生の年度展開を割引率を用いて使用済燃料発生時点で同時点換算し、単位重量当たりの均等化単価を算出
- 電気事業分科会平成19年投資環境整備小委員会報告において、六ヶ所再処理工場で再処理される以外の使用済燃料(通称「白地」)の再処理等費についても、会計的に引当計上を行うこととなった

前回以降の環境変化

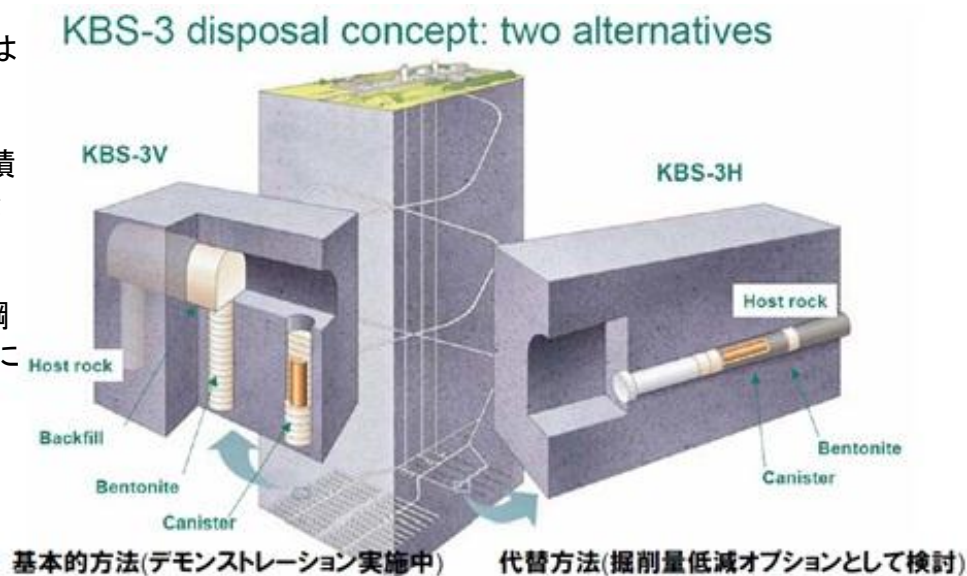
直接処分

【基本的な考え方】

- 基本的な技術はガラス固化体の地層処分の技術を流用できる。
- 先行している海外事例(スウェーデン、フィンランド等)における既存情報や技術開発動向について調査等を実施する。

【成立性やコストへの影響の観点から不確定要因があるとされた項目】

1. 放射線分解や酸化還元フロント進展の挙動と影響
⇒ 処分環境やキャニスター(鉄)の存在を考慮すると影響は顕著でない。
2. 廃棄体発熱量などの処分施設設計への影響評価
⇒ 前回大綱策定時の技術小委における処分施設専有面積(m^2/tU)については、スウェーデン、フィンランドのそれと比較しても大きな差はない。
3. 廃棄体定置方法および地下施設設計手法
⇒ **処分坑道断面積大幅減少の可能性**があるが、前回大綱策定時の技術小委における横置き方式の参考幅の中にほぼ入る。
4. 臨界回避・評価
⇒ 燃焼度クレジットとFPの考慮が重要である。
5. 燃料集合体の発熱量、核種量の評価・設定
⇒ LWRやLWR-MOXの解析例を調査した。



第4回新大綱策定会議資料

工程別の事業要素の単価について

- ウラン燃料の原子炉への装荷から派生する将来コストを算出するに当たっては、各事業要素の単価（ウラン燃料1トン当たりでの費用）を算定しておくことが必要

フロント エンド	ウラン燃料	電力各社の至近の調達実績
	MOX燃料	平成16年コスト小委で用いた算定に対し、最新の建設費の動向を考慮
バック エンド	再処理	直近の電気事業者及び日本原燃からの届け出を基礎として、法に基づき、国（経済産業省）において算定している再処理費を基に算定
	高レベル放射性 廃棄物処分	直近において、法に基づき、国（経済産業省）において算定している処分費を基に算定
	中間貯蔵	平成16年コスト小委で用いた算定のうち、最新の建設費の動向を考慮
	直接処分	前回の技術小委での試算をもとに、最新の技術的知見を考慮

工程別事業要素の単価

- 再処理事業については、平成16年1月のコスト小委において、六ヶ所再処理工場の操業体制や運転保守の合理的な見積もりを基に、その総事業費を約12.6兆円と試算した
- その後、再処理等積立金制度(P.17参照)が始まり、電気事業者及び日本原燃(株)からの届け出を基礎として、毎年度、法に基づき、国(経済産業省)において総事業費を算定している。ここでは、六ヶ所再処理工場の竣工延期による影響等も反映
- そこで、今回の試算に用いる再処理事業の単価は、直近の事業者からの届け出を基礎に算定した総事業費(P.18参照)を基に算出する
 - 合理的な見積もりが困難なリスクを想定し、必要に応じて感度分析を行う

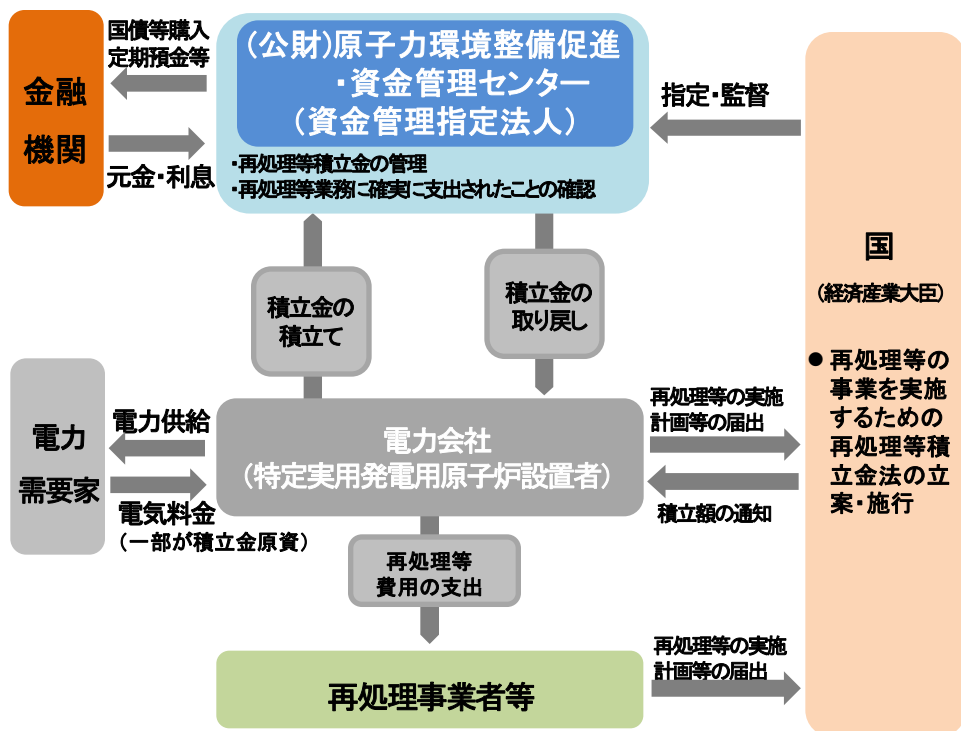
工程別事業要素の単価(再処理)

再処理等積立金のスキーム

- 核燃料サイクルの根幹をなす再処理等の事業は、極めて長い期間を要するとともに、その費用が極めて巨額であることから、必要な資金を、安全性・透明性が担保された形で確保することが必要。そのため、電力会社が法※に基づき、再処理等に必要な費用を積立てる。

- 再処理等積立金の額は、事業者から届け出られた再処理等の費用を基礎として、国において算定する。

※法：原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律(平成17年法律第48号)



再処理等積立金の積立て状況

(単位: 億円)

	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度
総見積額	126,850	126,873	127,038	118,958	121,308	122,516
積立金残高	10,384	12,479	15,682	18,389	21,443	24,416

※平成23年度総見積額: 122,237億円(平成23年3月に事業者から届け出のあった基礎資料より算定)

※総見積額は法に基づき算定

- 総見積額は六ヶ所再処理工場で再処理される使用済燃料(32,000 t U)に係る再処理等の金額。

再処理等積立金の基本的スキーム

出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

工程別事業要素の単価(再処理)

再処理等総事業費の状況(1)

		最新 届出額	コスト等 検討小委
前提とした 再処理計画	再処理期間	2005～ 2052年度	2005～ 2046年度
	再処理総量	約3.2万吨	約3.2万吨

- 再処理単価については、本表より
該当部分を抽出した上で算出

単位: 百億円

		最新 届出額	コスト等 検討小委	差	届出額算定の基本的考え方	コスト等検討小委からの主な状況変化
六ヶ所 再処理	操業	927	905	22	日本原燃の最新事業計画に基づく建設等投資額、運転保守費、その他諸経費	・ 再処理期間6年延長に伴う操業費用増 ・ 増資に伴う支払利息減 ・ 税制改正(償却前倒し)による支払利息減
	廃止措置	154	155	▲1	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	・ 資材関係指標下落
返還高レベル放射性廃棄物管理	廃棄物貯蔵	29	27	2	日本原燃の最新事業計画に基づく建設等投資額、運転保守費、その他諸経費	・ 貯蔵期間2年延長に伴う費用増
	廃止措置	1	1	▲0	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	・ 資材関係指標下落
返還低レベル放射性廃棄物管理	廃棄物貯蔵	18	35	▲16	コスト等検討小委時の建設等投資額、運転保守費、その他諸経費を踏襲	・ 代替取得反映に伴う低レベル廃棄物量減
	廃止措置	1	4	▲3	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	・ 資材関係指標下落 ・ 代替取得反映に伴う貯蔵本数減
処分場への 廃棄物輸送	高レベル	10	9	1	〃	・ 代替取得反映に伴う高レベル廃棄物量増 ・ 輸送関係指標上昇
	低レベル	21	22	▲1	〃	・ 代替取得反映に伴う低レベル廃棄物量減 ・ 輸送関係指標上昇
廃棄物処分	高レベル	0.3	—	0.3	最終処分法に基づく拠出単価×代替取得高レベル放射性廃棄物量	・ 代替取得反映に伴う項目追加
	低レベル [地層処分]	37	78	▲41	最終処分法に基づく拠出単価×最終処分法に基づく地層処分廃棄物量	・ 最終処分法改正に伴う物量減及び同法に基づく拠出単価の適用
	低レベル [その他]	23	23	0	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	・ 最終処分法改正に伴う物量増 ・ 代替取得反映に伴う低レベル廃棄物量減
合計		1,222	1,259	▲37		

出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

工程別事業要素の単価(再処理)

再処理等総事業費の状況(2)

最新届出額1,222百億円のうち、国内での再処理に伴い生じる費用は1,168百億円

第1回原子力発電・核燃料サイクル技術等 検討小委員会資料抜粋						
単位: 百億円		最新 届出額		国内再処理に 伴い生じる費用	左記以外 (返還廃棄物関係費用)	備考
六ヶ所 再処理	操業	927	日本原燃の最新事業計画に基づく建設等投資額、運転保守費、その他諸経費	927	—	六ヶ所再処理工場の費用 ⇒ <u>全て国内再処理関係費用</u>
	廃止措置	154	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	154	—	
返還高レベル 放射性廃棄物管理	廃棄物貯蔵	29	日本原燃の最新事業計画に基づく建設等投資額、運転保守費、その他諸経費	—	29	海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の国内での管理費用 ⇒ <u>全て返還廃棄物関係費用</u>
	廃止措置	1	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	—	1	
返還低レベル 放射性廃棄物管理	廃棄物貯蔵	18	コスト等検討小委時の建設等投資額、運転保守費、その他諸経費を踏襲	—	18	
	廃止措置	1	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	—	1	
処分場への 廃棄物輸送	高レベル	10	—	9.7	0.6	六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の輸送費用と、海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の輸送費用の合算値 ⇒「 <u>単価×国内再処理分廃棄物量</u> 」が <u>国内再処理関係費用</u>
	低レベル	21	—	20.0	0.5	
廃棄物処分	高レベル	0.3	最終処分法に基づく拠出単価×代替取得分高レベル放射性廃棄物量	—	0.3	海外への再処理委託に伴い返還される代替取得分廃棄物の国内での処分費用 ⇒ <u>全て返還廃棄物関係費用</u>
	低レベル [地層処分]	37	最終処分法に基づく拠出単価×最終処分法に基づく地層処分廃棄物量	34	2	六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の処分費用と、海外への再処理委託に伴い返還される廃棄物の処分費用の合算値 ⇒「 <u>単価×国内再処理分廃棄物量</u> 」が <u>国内再処理関係費用</u>
	低レベル [その他]	23	コスト等検討小委時の単価・物量を基礎に、物価変動等の状況変化を反映	23	—	全て六ヶ所での再処理で生じる廃棄物の処分費用 ⇒「 <u>単価×国内再処理分廃棄物量</u> 」が <u>国内再処理関係費用</u>
合計		1,222		1,168	54	

出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

工程別事業要素の単価

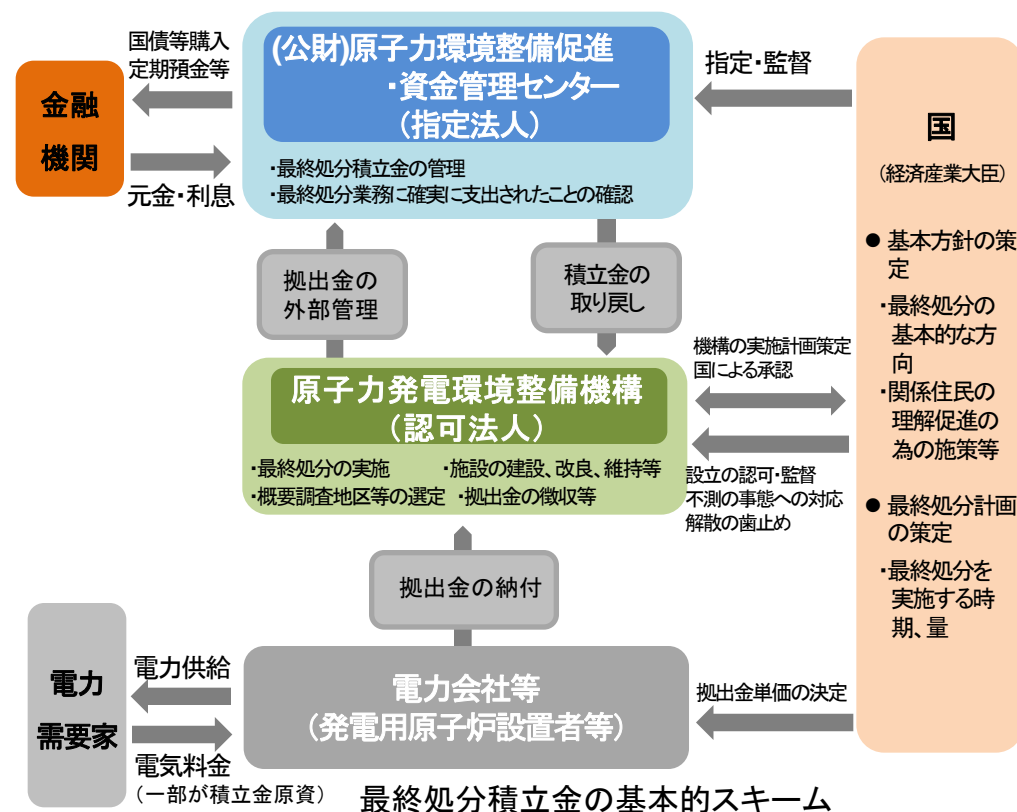
- 廃棄物処分事業(ガラス固化体処理)については、平成12年9月の総合資源エネルギー調査会原子力部会において、日本原子力研究開発機構(旧核燃料サイクル開発機構)の研究開発結果や原子力委員会における処分概念の検討結果等から明らかにされた標準的な工程や技術的条件を基に、高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)4万本を地層処分する費用が約2.9兆円となることが確認された
- その後、最終処分拠出金制度(P.20参照)が始まり、毎年度、法に基づき、国(経済産業省)において人件費単価等の最新価格を踏まえながら総事業費を算定している
- そこで、今回の試算に用いる廃棄物処分事業の単価は、直近に算定した総事業費(P.21参照)を基に算出することとしてはどうか
 - 合理的な見積もりが困難なリスクを想定し、必要に応じて感度分析を行う

工程別事業要素の単価(高レベル放射性廃棄物処分)

最終処分拠出金のスキーム

- ガラス固化体の最終処分については実施に必要な処分費用を計画的に確保することが極めて重要であることから、法※に基づき(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターが平成12年に資金管理業務を行う指定法人として指定され、原子力発電環境整備機構(NUMO)からの拠出金を管理している。
- 積立に必要な拠出金の単価は毎年、国が見直しを行い積み立てが行われている。

※法: 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(平成12年法律第117号)



最終処分積立金の積立状況

(単位: 億円)

	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
総見積額	29,305	28,911	28,819	28,297	27,843	27,652
積立残高	0	1,020	1,705	2,372	2,940	3,566

(単位: 億円)

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度
総見積額	27,728	27,879	27,582	27,922	27,769
積立残高	4,241	4,999	5,763	6,498	7,394

※平成23年度総見積り額: 27,183億円

※総見積額は総合エネルギー調査会原子力部会で確認された積算方法に基づき算定

- 総見積額は、NUMOで地層処分されるガラス固化体4万本を処分するために必要な金額

出典: 資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

工程別事業要素の単価(高レベル放射性廃棄物処分)

廃棄物処分費(ガラス固化体処理)の状況

単位:億円

	平成23年度			平成12年度			平均差	平成12年度からの 主な状況変化	算定における考え方
	軟岩系	硬岩系	平 均	軟岩系	硬岩系	平 均			
技術開発費	1,031	1,031	1,031	1,118	1,118	1,118	▲ 87	人件費単価の減	<p><積算の方法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・人件費、材料費、機械経費等の直接費及び現場管理費、一般管理費等間接費を積算。 ・積算方法及び人件費単価、材料費単価については、一般的な土木工事や地質調査、一般公共工事等に用いられている価額・手法を採用。 <p><算定のケースの設定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・岩種、深度の設定によって最終処分費用が変化するため、軟岩系(堆積岩)500m、硬岩系(結晶質岩)1000mのそれぞれのケースで算定し、それらの平均値を採用。 <p><施設の規模></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガラス固化体4万本を処分する施設と設定 <p><費用算定上の各段階におけるサイト数></p> <ul style="list-style-type: none"> ・TRU廃棄物と合わせて、文献調査10地区、概要調査5地区、精密調査2地区、最終処分施設建設地2地区と仮定して費用を算定。 <p><処分スケジュール></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2000年に実施主体を設立 ・2036年から操業を開始 ・2086年に処分施設の解体・閉鎖開始 ・2096年に坑道を閉鎖 ・その後300年間モニタリング等の措置を実施
調査費及び用地取得費	1,591	1,782	1,687	2,252	2,501	2,376	▲ 689	人件費単価の減 TRU導入に伴う按分による減 土地単価の減	
設計及び建設費	9,750	8,110	8,930	10,476	8,725	9,600	▲ 670	人件費単価の減 設備関係指標の下落	
操業費	7,041	7,674	7,358	6,805	7,736	7,271	87	資材関係指標の上昇	
解体及び閉鎖費	861	909	885	801	884	842	43	資材関係指標の上昇	
モニタリング費	1,187	1,187	1,187	1,236	1,236	1,236	▲ 49	設備関係指標の下落	
プロジェクト管理費	5,407	4,722	5,065	6,132	5,396	5,764	▲ 699	人件費単価の減 TRU導入に伴う按分による減 固定資産税の減	
消費税	1,055	1,020	1,037	1,107	1,087	1,097	▲ 60		
合 計	27,927	26,438	27,183	29,927	28,683	29,305	▲ 2,122		

出典:資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

コスト試算ケース

- 今回はモデルプラントとして、国外で主流の縦置き定置で1サイト建設するケースを採用

岩種	平成16年 ^[1] 試算ケース	定置方法	収納本数	サイト数	前回の総費用 (兆円)	今回試算 対象ケース
軟岩	1	縦	2体	1	7.80	○
	2		4体	1	6.03	○
	3		2体	2	9.46	
	補足検討1	横	2体	1	4.09	
	補足検討2		4体	1	3.84	
硬岩	1	縦	2体	1	5.33	○
	2		2体	2	7.34	
	補足検討2	横	2体	1	4.54	

※ 硬岩縦置き定置での集合体4体収納ケースは、熱的制限値を満たさないため、検討除外している

[1] 原子力委員会 新計画策定会議技術検討小委員会(平成16年)
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki_gijyutu.htm

コスト見直しのポイント

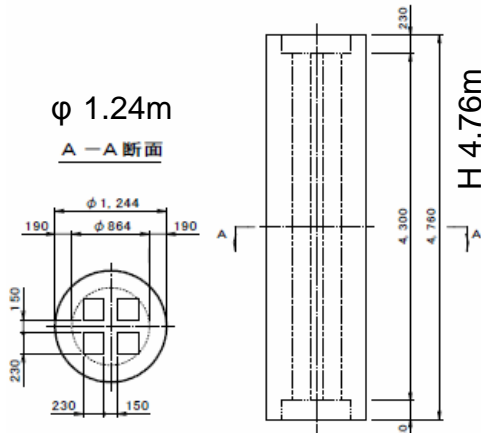
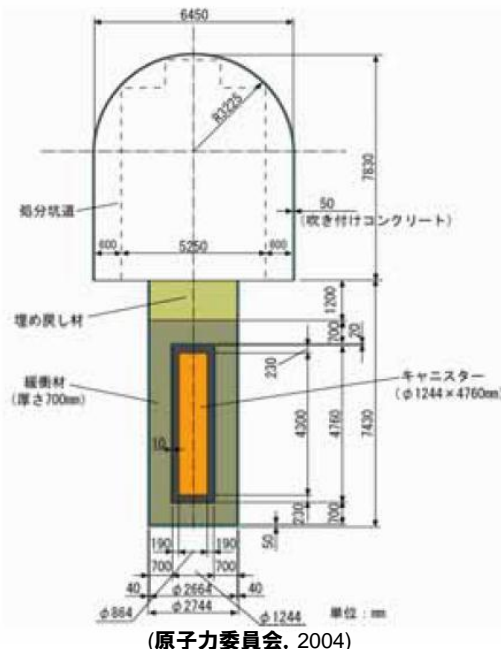
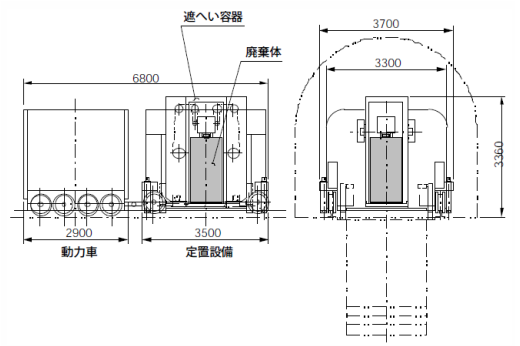
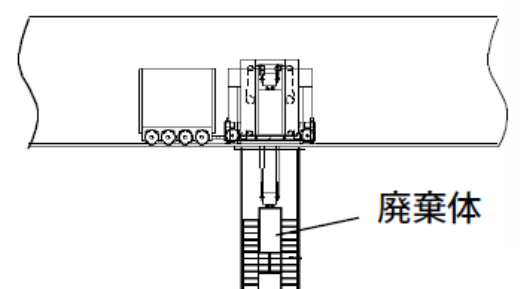
- 平成16年の技術検討小委員会^[1]での内容から、以下の点について最新の知見を反映し、直接処分コストの見直しを行う。

1. 処分坑道仕様の設定見直し
直接処分で行っているフィンランド・スウェーデンにおける使用済燃料の定置方法(使用済燃料を横置きで搬送)の最新の検討例に基づき、**処分坑道等の仕様の見直し**を実施[縦置きのみ、横置きは変更なし]
(処分坑道径等の減少による坑道断面積の低減)
2. コスト試算の設定方法等は、上記平成16年報告と同様とするが、試算に使用する単価に建設に係わる**最新の公開単価**を使用。
3. その他前提条件については平成16年報告の内容から変更なし

[1] 原子力委員会 新計画策定会議技術検討小委員会(平成16年)
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki_gijyutu.htm

処分坑道の設定見直しについて(1)

■ わが国の直接処分検討例(硬岩の場合)

キャニスター(4体収納)	処分坑道・処分孔の仕様	定置方法
<p>厚さ:190mm (蓋:230mm) 材質:炭素鋼</p>  <p>(原子力委員会, 2004)</p>	<p>処分坑道:H7.8m, W6.5m 処分孔:φ 2.70m, H7.40m</p>  <p>(原子力委員会, 2004)</p>	<p>縦置き運搬・定置(ガラス固化体と同様)</p>  <p>単位: mm (核燃料サイクル開発機構, 1999)</p>  <p>廃棄体 (核燃料サイクル開発機構, 1999)</p>

処分坑道の設定見直しについて(2)海外の事例


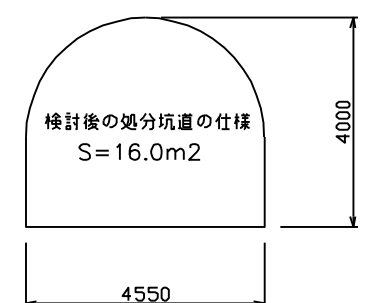
【平成20年11月 原子力委員会 政策評価部会】

種別	キャニスター	処分坑道・処分孔の仕様	運搬・定置方法
フィンランド(硬岩)	<p>厚さ:50mm(側部48mm) 外側:銅, 内側:鑄鉄 φ 1.05m</p> <p>(Raiko, 2005に加筆)</p>	<p>処分坑道:H4.4m, W3.5m 処分孔:φ 1.75m, H8.25m スロープ:X1.0m, Y1.0m</p>	<p>横置き運搬・縦置き定置</p> <p>(Saanio et. al., 2007)</p>
スウェーデン(硬岩)	<p>厚さ:50mm 外側:銅 内側:鑄鉄</p> <p>50 mm copper Estimated weight (kg): Copper canister 7400 Insert 13,600 Fuel assemblies (BWR) 3,600 Total 24,600</p> <p>(Andersson, 2002)</p>	<p>処分坑道:H4.0m, W3.6m 処分孔:φ 1.75m, H7.83m スロープ:X1.6m, Y1.2m</p>	<p>横置き運搬・縦置き定置</p> <p>(SKB, 2007)</p>

処分坑道の設定見直しについて(3)

【平成20年11月 原子力委員会 政策評価部会】

- フィンランド(POSIVA)やスウェーデン(SKB)の定置方法(使用済燃料を横置きにて搬送)を参考に検討し、硬岩系における処分坑道断面積は前回の検討に比べて約65%減少する仕様を採用。

原子力委員会(2004)の仕様	今回検討の仕様
<p>$H=7.8\text{m}$, $W=6.5\text{m}$, $S=46.2\text{m}^2$</p>  <p>当初の処分坑道仕様 $S=46.2\text{m}^2$</p>	<p>$H=4.0\text{m}$, $W=4.6\text{m}$, $S=16.0\text{m}^2$ ⇒ 断面積の約65%減少</p>  <p>検討後の処分坑道の仕様 $S=16.0\text{m}^2$</p> <p>(幅については、作業性を考慮してスウェーデンの仕様を参考に低減)</p>

想定した事業スケジュール

■ 前回技術小委と同じとする

期間	内容
0年	実施主体設立
0～9年(10年間)	処分予定地の選定段階
10～24年(15年間)	サイト特性調査及び処分技術の実証段階
25～84年(60年間)	建設及び操業段階 ・建設開始:25年 ・操業開始:35年(使用済燃料受入期間40年) ・操業終了:84年
85～94年(10年間)	解体・閉鎖段階
95～394年(300年間)	閉鎖後管理段階

各事業要素の単価

割引率		0%	1%	3%	5%
ウラン燃料	(万円/tU)	25,900	26,200	27,100	28,200
MOX燃料	(万円/tHM)	40,600	40,700	41,500	42,700
再処理等	(万円/tU)	37,200	37,800	41,100	46,400
SF輸送 (発電所→再処理)	(万円/tU)	1,700	1,700	1,700	1,700
SF輸送 (発電所→中間貯蔵)	(万円/tU)	1,600	1,600	1,600	1,600
中間貯蔵	(万円/tU)	3,600	4,000	5,200	6,900
高レベル放射性 廃棄物処分	(万円/tU)	8,500	8,700	11,000	15,700
SF輸送 (中間貯蔵→直接処分場)	(万円/tU)	1,600	1,600	1,600	1,600
直接処分(最小値)	(万円/tU)	13,200	13,700	17,400	24,900
直接処分(最大値)	(万円/tU)	15,700	16,300	20,100	27,600

出典：電気事業者、日本原子力研究開発機構及び資源エネルギー庁提示資料より内閣府作成

前回検討における単価内訳と今回提示の内訳との関係

今回の単価項目	前回の単価項目	今回用いた諸元
ウラン燃料	-	電力各社の2008年度～2010年度における調達実績及びリードタイムを基に燃料初装荷時点に換算した単価を電気事業連合会から入手
MOX燃料	MOX燃料加工	最新の建設費の動向(1,200→1,900億円に増)を踏まえ、平成16年コスト小委時単価×1,900/1,200とした
再処理等	再処理 HLW貯蔵 HLW輸送 TRU廃棄物処理貯蔵 TRU廃棄物処分 再処理工場廃止措置	直近の電気事業者及び日本原燃からの届け出を基礎とし、国(経済産業省)において算定している再処理等費に、日本原燃より聴取した東日本大震災を踏まえた対策費を織り込んだ再処理等費用に基づき、「再処理等単価計算シート」により算定。また、コスト小委時との想定と比べ、実際の施設の区分が異なることや、日本原燃が株式会社として効率化を進めながら、累積損失の解消・利益の創出を目指していくために、操業費総額での管理を主眼としていることから、電気事業者及び日本原燃における区分管理は前回とは異なっている。
使用済燃料(SF)輸送 (発電所→再処理又は中間貯蔵)	目的地へのSF輸送	平成16年コスト小委時の算定手法は変えず、原子力発電所から六ヶ所再処理施設への輸送契約の至近の実績を用いて最新化。
中間貯蔵	中間貯蔵	最新の建設費(むつ)の動向(1,300→1,000億円:300億円減)を踏まえ、平成16年コスト小委時単価×(2,091-300)/2,091とした。(表3・表4) (2,091億円:平成16年コスト小委時の1サイト当たりの事業費総額)
高レベル放射性廃棄物処分	HLW処分	直近において、法に基づき、国(経済産業省)において算定している処分費を基に、「HLW処分単価計算シート」にて算定
SF輸送(中間貯蔵→直接処分場)	-	中間貯蔵への輸送単価を流用
直接処分	-	平成16年技術小委 ^[1] で前回の技術小委での試算をもとに、最新の技術的知見を考慮し、「直接処分単価計算シート」にて算定。

[1] 原子力委員会 新計画策定会議技術検討小委員会(平成16年) http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki_gijyutu.htm

ウラン燃料・MOX燃料

ウラン燃料単価と内訳

割引率	0%	1%	3%	5%
ウラン精鉱要素(万円/tU)	10,900	11,100	11,600	12,200
それ以外の要素(万円/tU)	15,000	15,100	15,500	16,000
合計(万円/tU)	25,900	26,200	27,100	28,200

MOX燃料単価

割引率	0%	1%	3%	5%
H16コスト小委(万円/tU)	25,600	25,700	26,200	27,000
今回(万円/tU)	40,600	40,700	41,500	42,700

中間貯蔵

割引率	0%	1%	3%	5%
H16コスト小委(万円/tU)	4,200	4,700	6,100	8,100
今回(万円/tU)	3,600	4,000	5,200	6,900

平成16年コスト小委時の1サイトあたりの中間貯蔵事業費の内訳(5,000tU貯蔵施設)

資本費	建設費	105億円	コスト小委資料 ^[1] 表-6より
	キャスク費	1,195億円	コスト小委資料 ^[1] 表-6より
	解体・処分費	10.5億円	コスト小委資料 ^[1] 表-6より 即ち、建設費(105億円)×10%=10.5億円
運転費		238億円	コスト小委資料 ^[1] 表-7より
敷地造成費用		4.3億円	コスト小委資料 ^[1] 表-7より 即ち、43億円/1,188,000m ² ×119,000m ² =4.3億円
港湾施設費用		188億円	コスト小委資料 ^[1] 表-7より
貯蔵用キャスク解体処分費		350億円	コスト小委資料 ^[1] 表-7より 即ち、0.7億円/基×500基=350億円
合計		2,091億円	

[1]: 平成16年コスト小委資料1-7:電気事業連合会「使用済燃料輸送費用・中間貯蔵費用について」(H15.12.25)

核燃料サイクルコストの計算手法(1)

【工程別単価】

下記の計算式で役務開始時点に価値換算

$$F_{a0} = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} \frac{F_{ai}}{(1+q)^{i-i0}}}{\sum_{i=1}^m \frac{W_{ai}}{(1+q)^{i-i0}}}$$

F_{a0} : 工程 a の実施時点単価

F_{ai} : 工程 a の i 年度の費用支出

W_{ai} : 工程 a の i 年度の役務量(再処理量, 処分量等)

q : 割引率

$i0$: 基準年度(各工程の役務開始年度)

ℓ : 費用支出終了年度

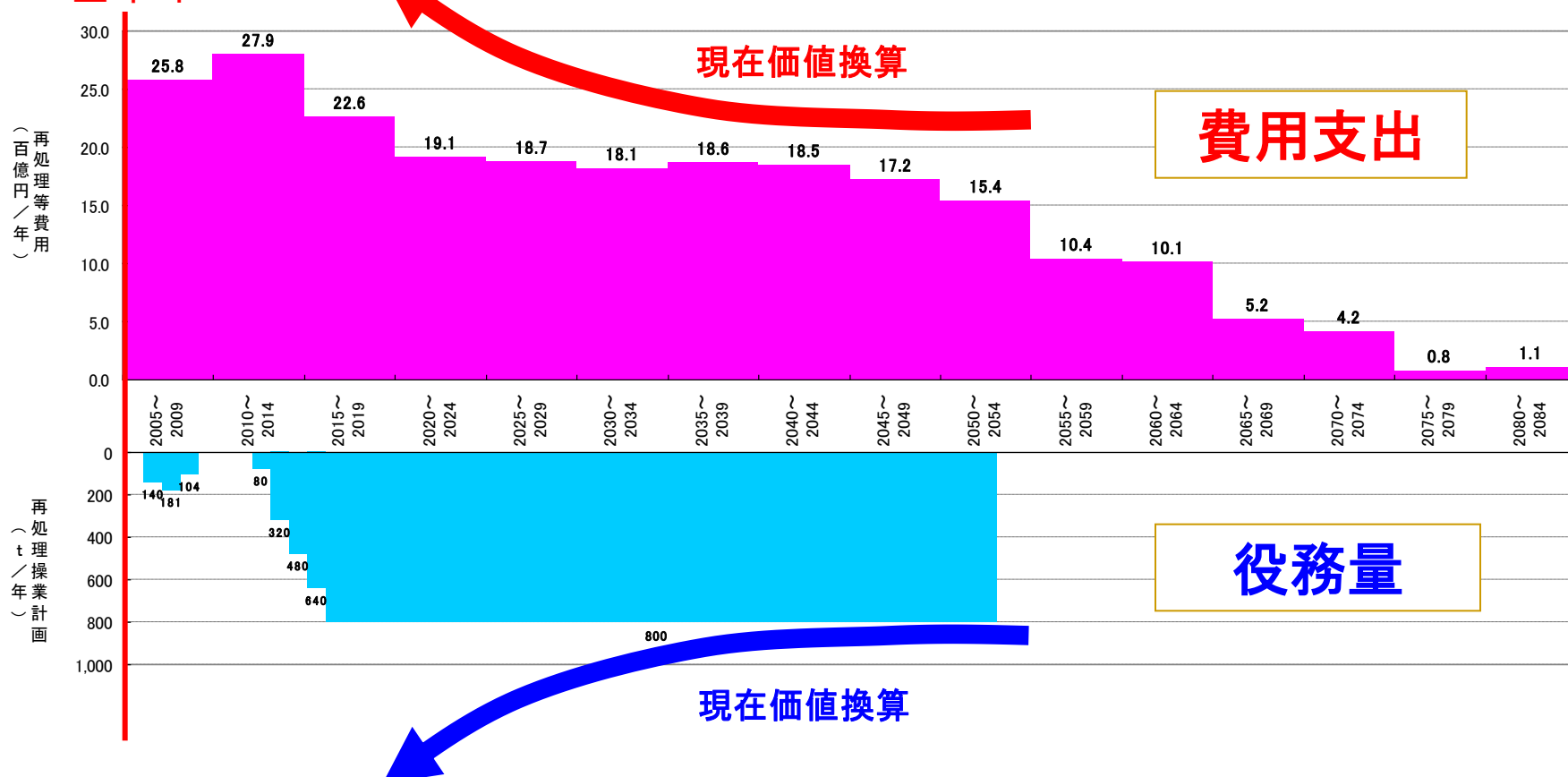
m : 役務終了年度

各工程の単価計算

- ・再処理等, 高レベル放射性廃棄物処分, 直接処分は今回上記計算式で算出
- ・MOX燃料加工に関しては平成16年コスト小委で用いた算定に対し、1,900億円/1,200億円を乗じて算出
- ・中間貯蔵に関しては平成16年コスト小委で用いた算定に対し、むつりサイクル燃料備蓄センターの建設費1,000億円を勘案して算出

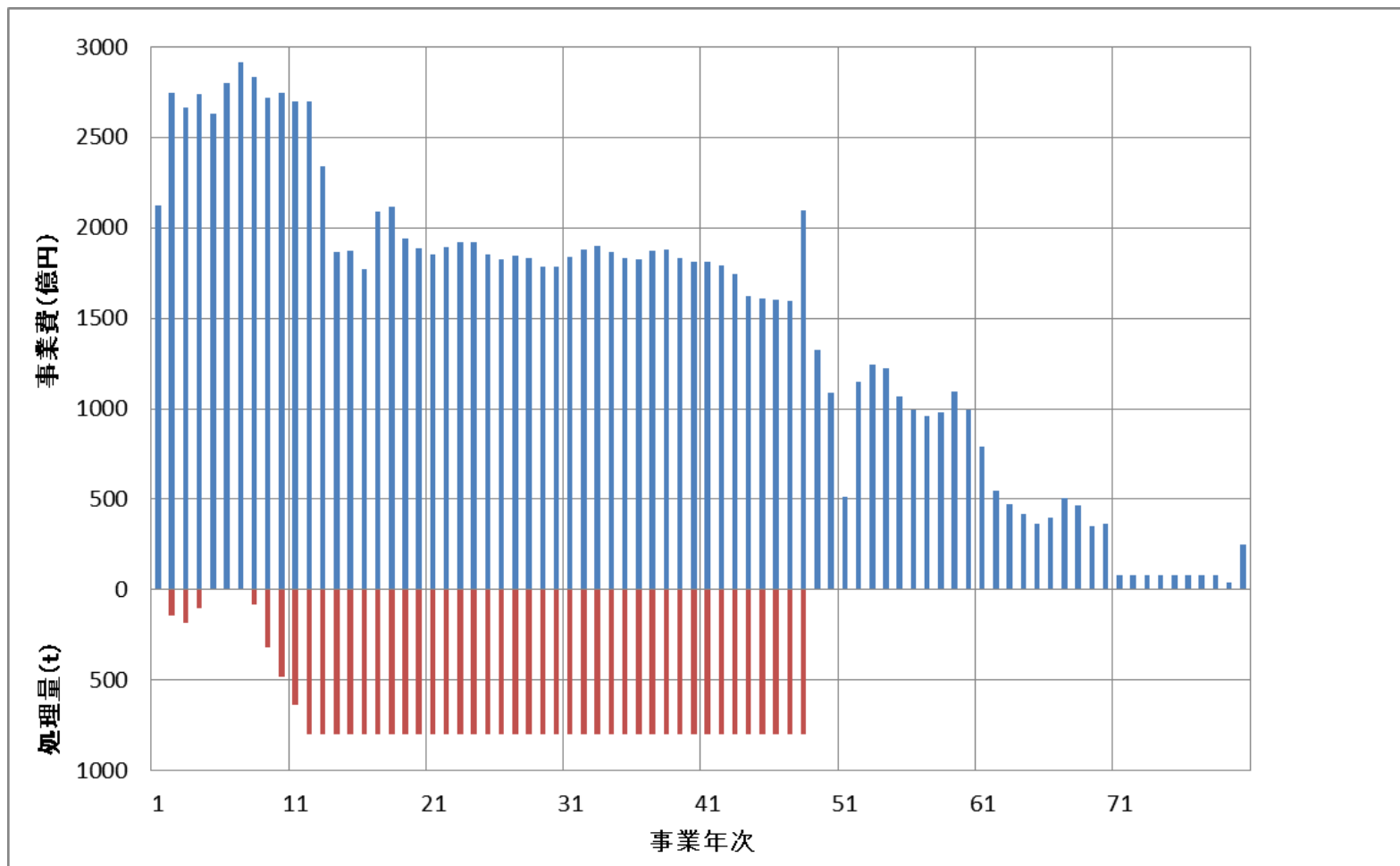
単価算定の考え方(再処理等費用単価)

基準年



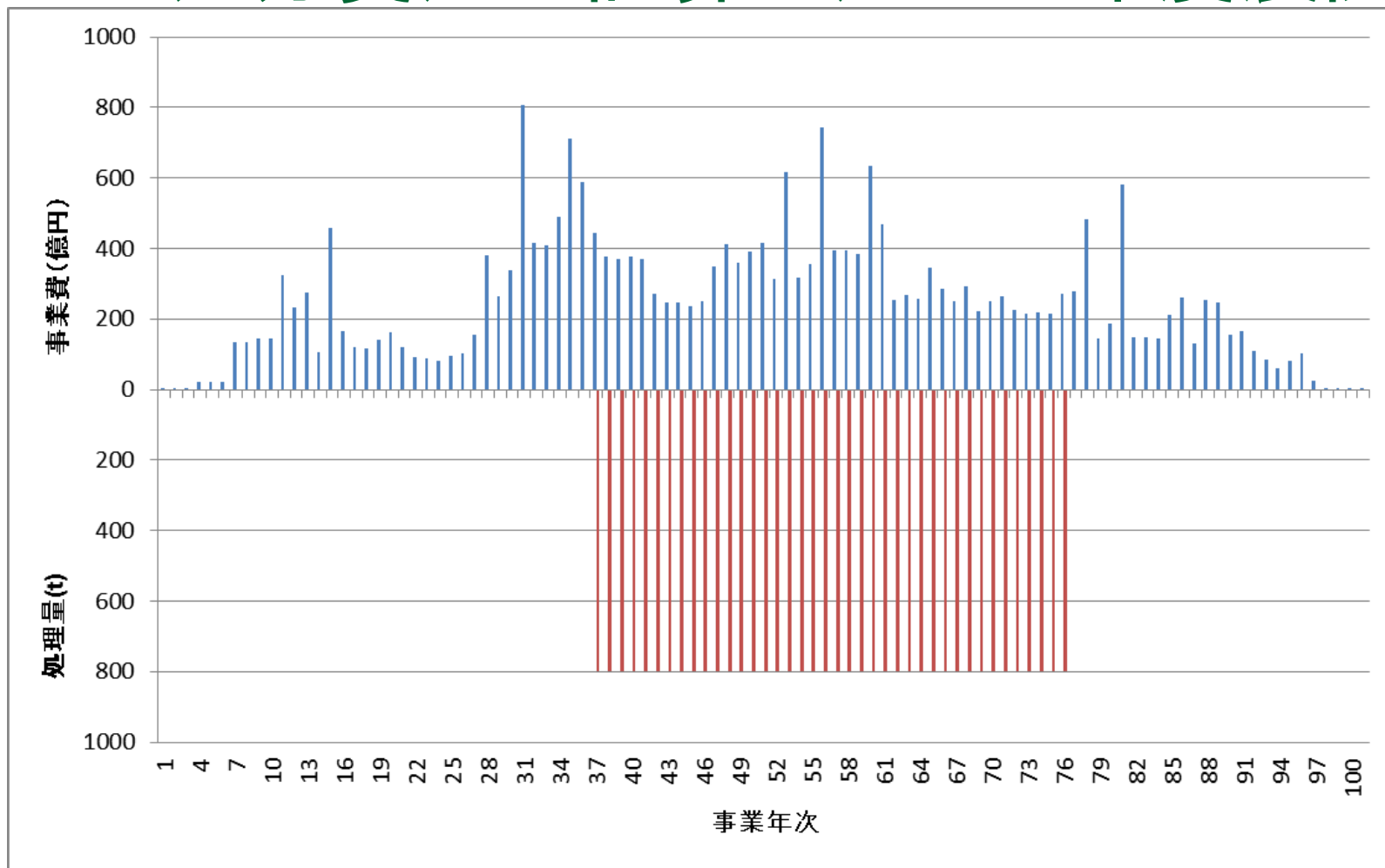
$$\text{トン当たり単価} = \text{再処理等費用[基準年価値への換算値]} \div \text{再処理量[基準年価値への換算値]}$$

再処理等費用の試算に用いた年度展開



注:事業基準年を1年目として単価を算出

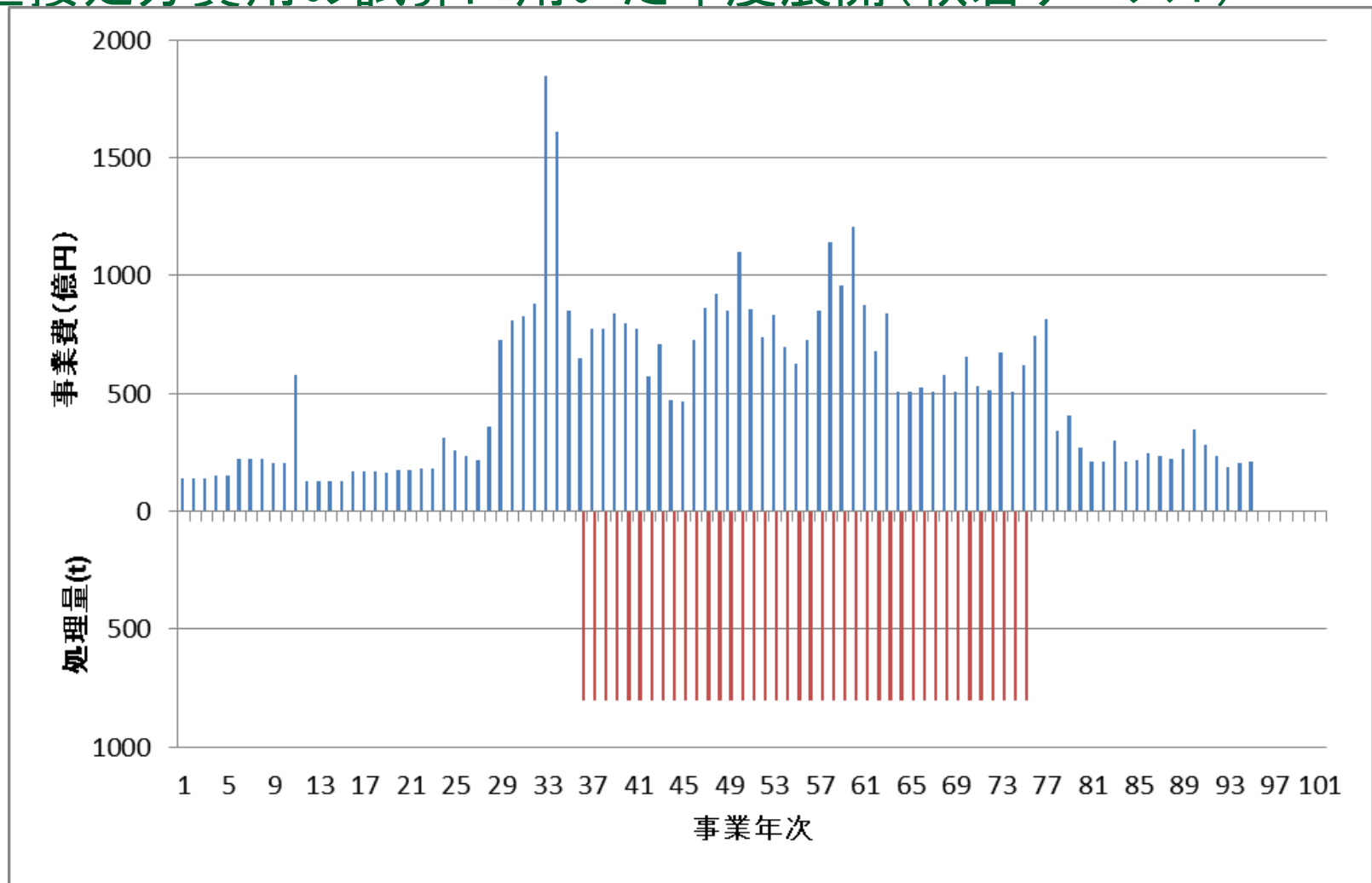
HLW処分費用の試算に用いた年度展開



注：事業基準年を36年目として単価を算出。100年目～395年目までのモニタリング費用は省略した。

工程別の事業要素の単価

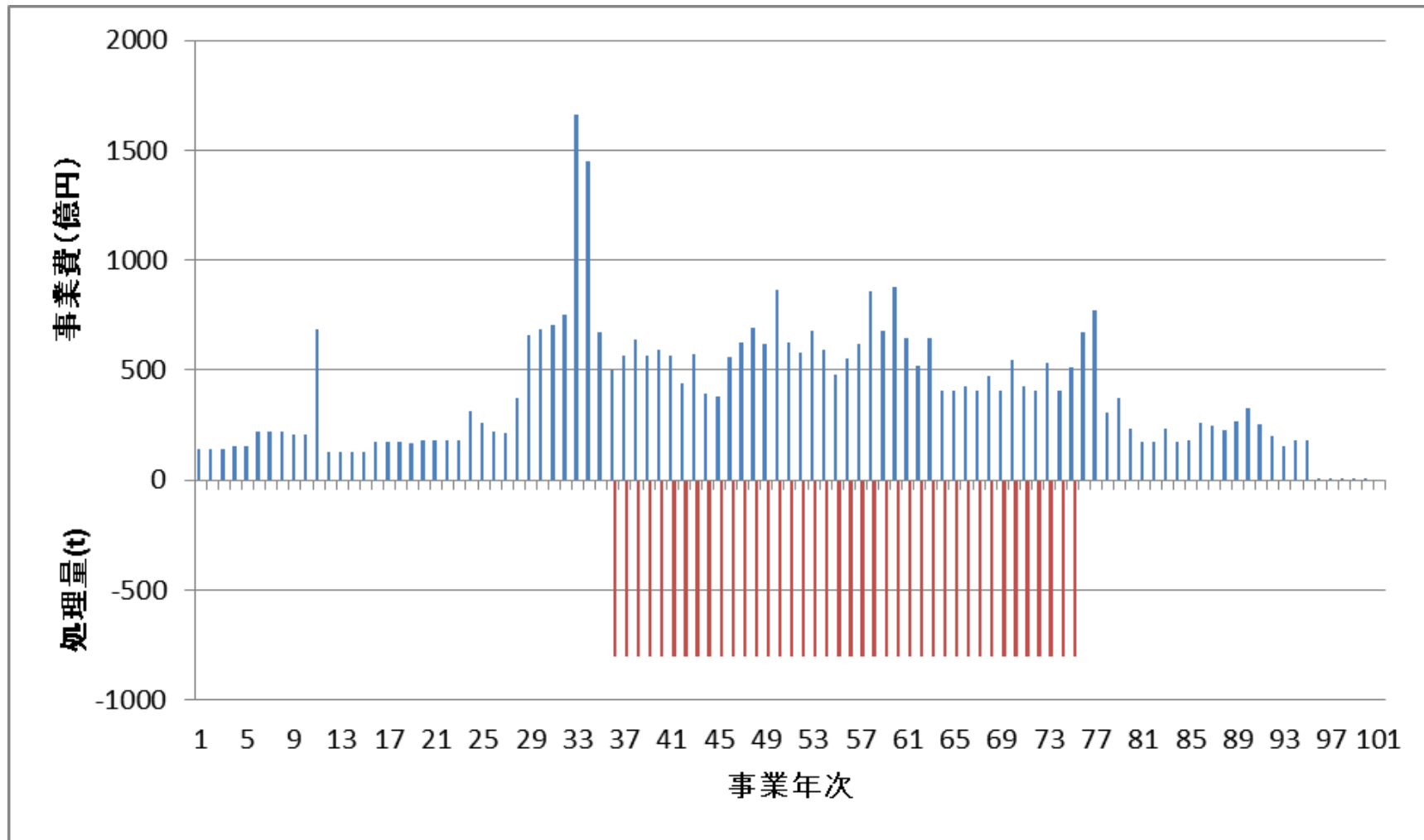
直接処分費用の試算に用いた年度展開(軟岩ケース1)



注:事業基準年を35年目として単価を算出。100年目～395年目までのモニタリング費用は省略した。

工程別の事業要素の単価

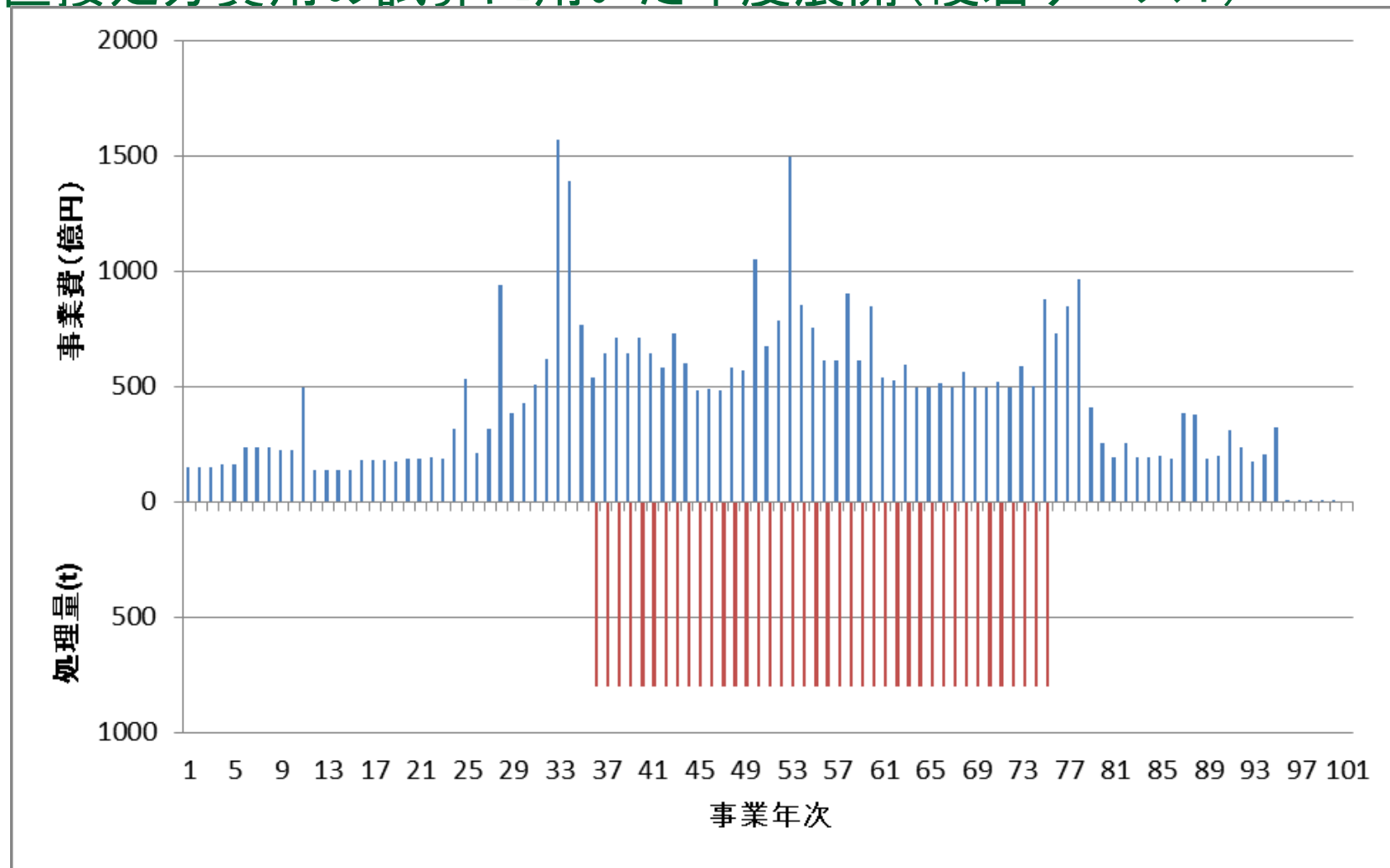
直接処分費用の試算に用いた年度展開(軟岩ケース2)



注:事業基準年を35年目として単価を算出。100年目～395年目までのモニタリング費用は省略した。

工程別の事業要素の単価

直接処分費用の試算に用いた年度展開(硬岩ケース1)



注:事業基準年を35年目として単価を算出。100年目～395年目までのモニタリング費用は省略した。

核燃料サイクルコストの計算手法(2)

【ウラン燃料】

初装荷時点単価に換算して使用

【その他工程別単価】

$$F_a = F_{a0} \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{y+m(k-1)}}$$

【発電電力量】

$$P = H \times 24 \times \eta \times (1-L) \times 1000 \times \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{1+q} \right)^x dx \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{m(k-1)}}$$

【核燃料サイクルコスト】

$$C = \frac{F_a + F_b + \dots}{P}$$

F_a : 工程aの初装荷時点単価

F_{a0} : 工程aの実施時点単価

q : 割引率

r : 使用済燃料の再処理によって新たに得られる次世代の燃料の生成率

m : 再処理ケースは9、中間貯蔵ケースは51

η : 熱効率(0.345)

y : 各工程のラグタイム

P : 発電電力量(初装荷時点換算:kWh)

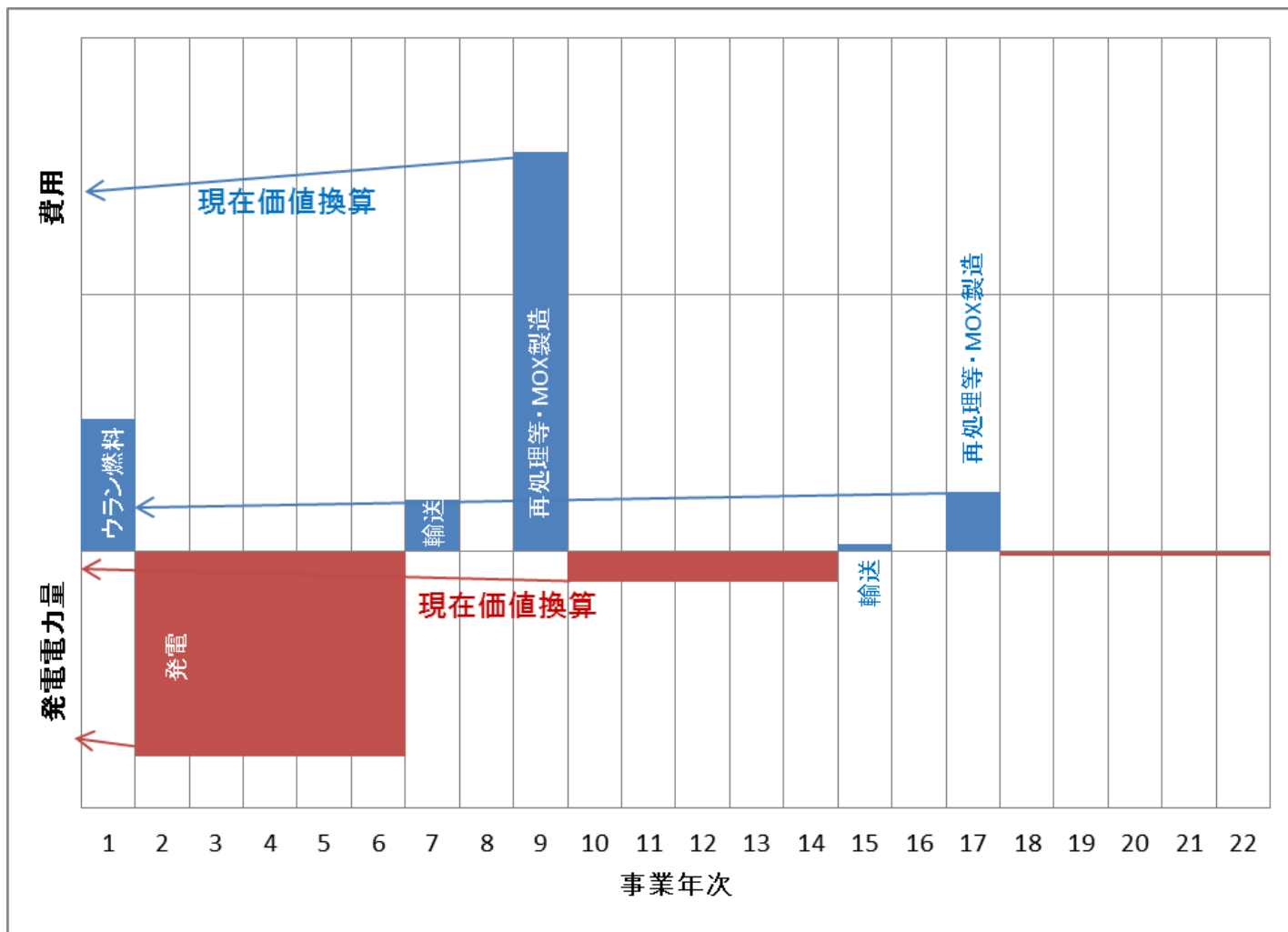
H : 平均取出燃焼度(MWd/t)

L : 所内率(0.035)

T : 炉内滞在期間(5年)

C : 核燃料サイクルコスト

核燃料サイクルコストの試算イメージ(再処理モデル)



各モデルのコスト(1) —割引率0%, 1%—

(円/kWh)

項目	割引率0%			割引率1%		
	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル
ウラン燃料	0.62	0.72	0.62	0.65	0.75	0.68
MOX燃料	0.17	-	0.17	0.16	-	0.12
(フロントエンド計)	0.79	0.72	0.79	0.82	0.75	0.80
再処理等	1.10	-	1.10	1.06	-	0.79
中間貯蔵	-	0.14	0.07	-	0.12	0.06
高レベル廃棄物処分	0.24	-	0.24	0.16	-	0.12
直接処分	-	0.41～0.48	-	-	0.24～0.28	-
(バックエンド計)	1.34	0.56～0.63	1.41	1.21	0.37～0.41	0.98
計	2.14	1.28～1.35	2.21	2.03	1.11～1.15	1.78

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

各モデルのコスト(2) —割引率3%, 5%—

(円/kWh)

項目	割引率3%			割引率5%		
	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル	再処理 モデル	直接処分 モデル	現状 モデル
ウラン燃料	0.73	0.81	0.77	0.81	0.88	0.86
MOX燃料	0.15	-	0.07	0.14	-	0.04
(フロントエンド計)	0.88	0.81	0.84	0.94	0.88	0.90
再処理等	1.03	-	0.46	1.04	-	0.30
中間貯蔵	-	0.09	0.05	-	0.07	0.04
高レベル廃棄物処分	0.08	-	0.04	0.05	-	0.01
直接処分	-	0.10～0.11	-	-	0.05～0.05	-
(バックエンド計)	1.11	0.19～0.21	0.55	1.08	0.12～0.12	0.36
計	1.98	1.00～1.02	1.39	2.03	1.00～1.01	1.26

註)各項目ごとの四捨五入の関係で合計があわない場合がある。

(送電端)

過去の試算との比較(1)－割引率3%－

割引率3%

(円/kWh)

項目	再処理 モデル	現状モデル		直接処分モデル	
		今回	平成16年 コスト小委	今回	平成16年 技術小委
ウラン燃料	0.73	0.77	0.59	0.81	0.64
MOX燃料	0.15	0.07	0.07	-	-
(フロントエンド計)	0.88	0.84	0.66	0.81	0.64
再処理等	1.03	0.46	0.65	-	-
中間貯蔵	-	0.05	0.04	0.09	0.12
HLW処分	0.08	0.04	0.12	-	-
直接処分	-	-	-	0.10～0.11	0.12～0.21
(バックエンド計)	1.11	0.55	0.81	0.19～0.21	0.24～0.33
計	1.98	1.39	1.47	1.00～1.02	0.9～1.0

注1) 各項目ごとの四捨五入の関係で合計が合わない場合がある

注2) 平成16年の検討では、HLW処分は拠出金単価(割引率2%)を一律に適用していたが、今回は割引率ごとに試算

過去の試算との比較(2)－割引率0%－

割引率0%

(円/kWh)

項目	再処理 モデル	現状モデル		直接処分モデル	
		今回	平成16年 コスト小委	今回	平成16年 技術小委
ウラン燃料	0.62	0.62	0.49	0.72	0.57
MOX燃料	0.17	0.17	0.11	-	-
(フロントエンド計)	0.79	0.79	0.60	0.72	0.57
再処理等	1.10	1.10	1.05	-	-
中間貯蔵	-	0.07	0.06	0.14	0.18
HLW処分	0.24	0.24	0.12	-	-
直接処分	-	-	-	0.41～0.48	0.51～0.87
(バックエンド計)	1.34	1.41	1.23	0.56～0.63	0.69～1.05
計	2.14	2.21	1.83	1.28～1.35	1.26～1.62

注1) 各項目ごとの四捨五入の関係で合計が合わない場合がある

注2) 平成16年の検討では、HLW処分は抛出金単価(割引率2%)を一律に適用していたが、今回は割引率ごとに試算

注3) 平成16年の検討では、割引率0%での直接処分モデルは試算しておらず、比較の観点から当時の計算方法により改めて算出

算定結果について

■ フロントエンド

- 為替レートは円高となっているものの、特にウランの精鉱の取得価格が大幅に上昇しており、直接処分モデルのコストにも影響
- MOX燃料費については、原子炉への装荷割合が小さく、フロントエンドコストへの影響は小さい

■ 再処理等

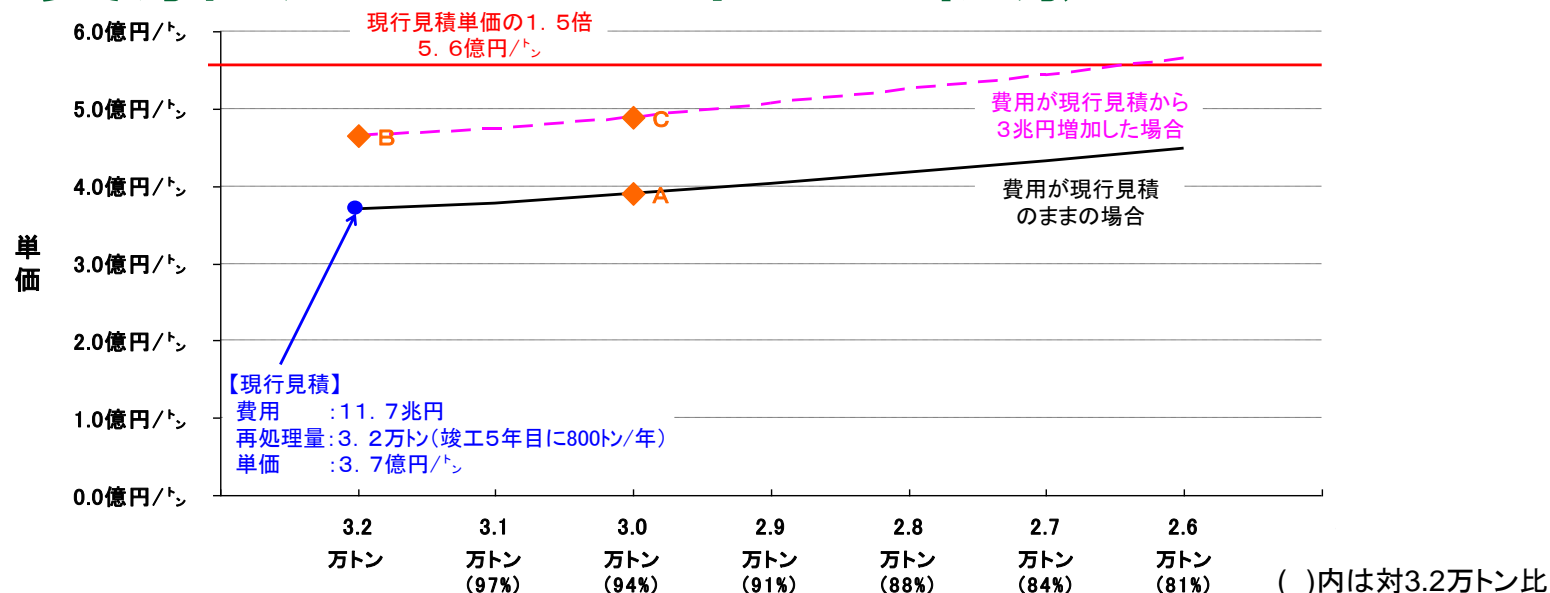
- 再処理モデルと直接処分モデルとの差は約1円/kWh(割引率3%)であり、再処理等の工程の有無に起因
- 核燃料リサイクルを行う場合について、再処理モデルと現状モデルとの差は約0.6円/kWh(割引率3%)であり、貯蔵期間の設定に起因

今後、さまざまな核燃料サイクルオプションについて、引き続き、経済性以外の評価軸も含め、総合的に評価を実施

感度解析(1)再処理・MOX単価

- 現状モデル(基本ケース)に対し、再処理等及びMOX燃料単価の1.5倍の感度解析(感度解析ケース)を実施する
- 【再処理等】
 - 定格再処理量(800tU／年)到達時期の遅延等による再処理数量減(稼働率低下)、あるいは、今後計画されている増設施設の建設費上昇、及び稼働率維持のための追加投資の可能性を完全に否定することは困難
- 【MOX燃料】
 - 建設費は、建設用資材等の価格上昇、耐震対応等により1,200億円から1,900億円に上昇。今後2016年3月の竣工までに、同様の理由による、さらなる建設費上昇の可能性を完全に否定することは困難

感度解析での1.5倍の根拠について



		現行	A	B	C
費用		11.7兆円	現行見積のまま	現行見積 +3兆円	現行見積 +3兆円
再処理計画	800トン/年到達	竣工後5年目	竣工後10年目 (現行から5年遅れ)	竣工後5年目 (現行と同じ)	竣工後10年目 (現行から5年遅れ)
	再処理量	3.2万トン	3.0万トン	3.2万トン	3.0万トン
単価		3.7億円/トン	3.9億円/トン (現行比約5%増)	4.6億円/トン (現行比約25%増)	4.9億円/トン (現行比約30%増)

3兆円の費用増: 今後の投資額を含む建設費3.3兆円と同規模の費用増に相当。

- 感度1.5倍の範囲で、上記ケースCを超える場合まで包含

感度解析結果(1)再処理・MOX単価

(割引率3%)

(円/kWh)

項目	現状モデル		
	基本ケース	感度解析ケース	コスト比
ウラン燃料	0.77	←	—
MOX燃料	0.07	0.10	1.5
再処理等	0.46	0.68	1.5
中間貯蔵	0.05	←	—
HLW処分	0.04	←	—
計	1.39	1.64	1.2

感度解析(2)フロントエンド単価

- 再処理、直接処分、現状の各モデル(基本ケース)に対し、ウラン燃料単価におけるウラン精鉱要素について2.0倍の感度解析(感度解析ケース)を実施する
 - ウランスポット価格は、現在約140\$/kgUであり、過去3年間ではおよそ100～180 \$/kgU
 - 将来の価格見通しについて公的機関が公表しているものは無いが、参考にOECD/NEAとIAEAの報告を参照した
 - OECD/NEAとIAEAが発表したUranium2009(2010年7月) では、ウラン生産コストの上昇とウラン市場の基調を反映し、新たに260\$/kgUまでの生産コストによる資源量を分析(以前は130\$/kgU以下)
 - 過去、ウランスポット価格が、一時260\$/kgUを超えて急騰したこともあり、将来的にウラン価格が2倍程度に上昇する可能性を考慮

ウラン需要の将来予測について(1)

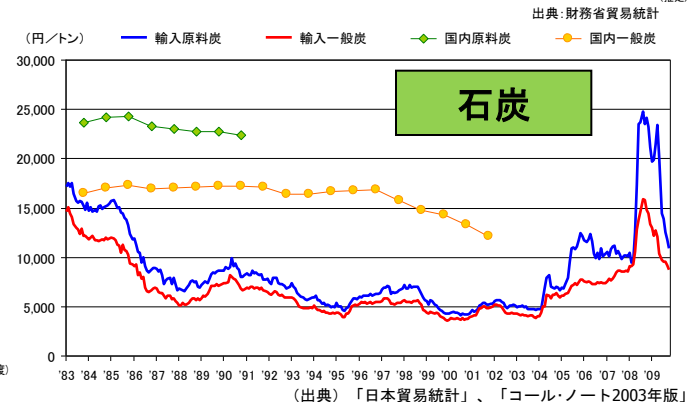
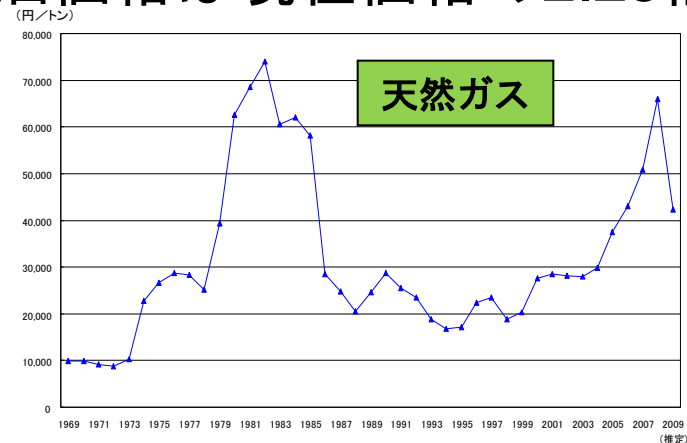
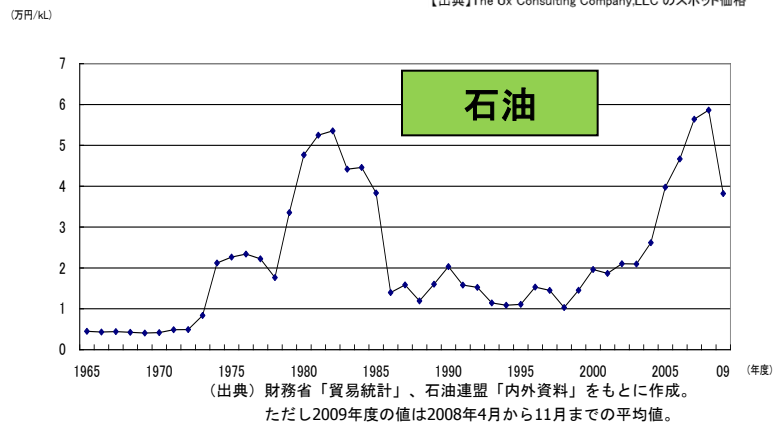
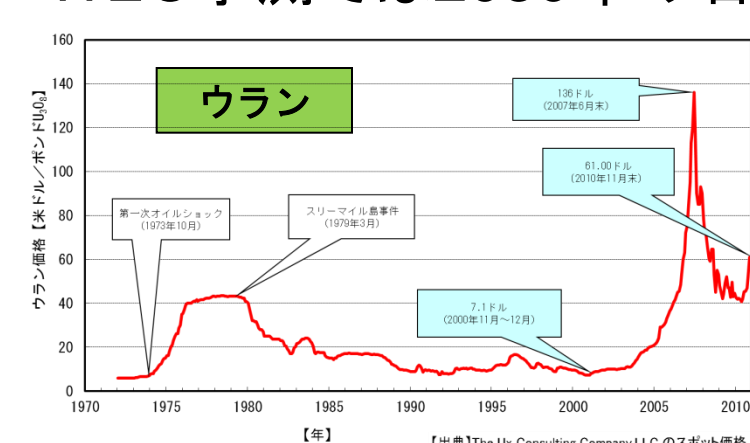
- 2030年のウラン需要は現在の需要の約2倍

評価機関	評価ケース	2008年 需要量 (tU)	2015年 需要量 (tU)	2020年 需要量 (tU)	2025年 需要量 (tU)	2030年 需要量 (tU)	2035年 需要量 (tU)
Uranium 2009	低ケース	59,065	71,965	76,920	86,325	87,790	87,370
	高ケース		79,650	91,445	107,480	126,665	138,165
WNA	低ケース	64,464	64,739	64,735	54,642	41,708	—
	参照ケース		76,937	91,637	101,993	106,128	—
	高ケース		84,841	106,591	127,152	140,052	—

JAEA 須藤収, “ウラン資源に関する最近の動向”(2010.11)

ウラン需要の将来予測について(2)

- ウラン価格は他の化石資源価格と連動
- WEO予測では2030年の石油価格は現在価格の2.25倍



出典：新大綱策定会議資料(第4回)

感度解析結果(2)フロントエンド単価

(円/kWh)

項目	再処理モデル			直接処分モデル			現行モデル		
	基本 ケース	感度解析 ケース	価格比	基本 ケース	感度解析 ケース	価格比	基本 ケース	感度解析 ケース	価格比
ウラン燃料	0.73	1.04	1.4	0.81	1.16	1.4	0.77	1.10	1.4
MOX燃料	0.15	←	—	—	—	—	0.07	←	—
再処理等	1.03	←	—	—	—	—	0.46	←	—
中間貯蔵	—	—	—	0.09	←	—	0.05	←	—
HLW処分	0.08	←	—	—	—	—	0.04	←	—
直接処分	—	—	—	0.10～ 0.11	←	—	—	—	—
計	1.98	2.29	1.2	1.00～ 1.02	1.35～ 1.36	1.3～1.4	1.39	1.72	1.2

感度解析結果(3)埋設処分単価

- HLW処分、直接処分について、単価を1.5倍とする感度解析を実施

割引率3%の場合 (円/kWh)

項目	直接処分モデル			現状モデル		
	基本ケース	感度解析ケース	価格比	基本ケース	感度解析ケース	価格比
U燃料	0.81	←	-	0.77	←	-
MOX燃料	-	-	-	0.07	←	-
再処理等	-	-	-	0.46	←	-
中間貯蔵	0.09	←	-	0.05	←	-
HLW処分	-	-	-	0.04	0.05	-
直接処分	0.10~0.11	0.15~0.17	-	-	-	-
計	1.00~1.02	1.05~1.07	1.05~1.05	1.39	1.41	1.01

- サイクル全体への影響は、HLW処分を行う現状モデルでは1%程度、直接処分では処分法により5%程度

Puクレジットの取り扱い

- Puクレジットが確定していれば、ウラン燃料として初装荷され炉外へ取出されるまでの1ライフについて、フロントエンド費用（U精鉱、転換、濃縮、加工）とバックエンド費用（再処理、廃棄物処分）の合計からPuクレジットを引き去り、発電量で除すことにより、ウラン燃料サイクルコストを計算
- また、MOX燃料加工費に、Pu購入費用としてPuクレジットを加えて、MOX燃料単独のサイクルコストを計算
- しかし、実際にはPuを取引する市場は存在せず、我が国では、電力会社は自社で保有する原子炉の使用済燃料の再処理から回収したPuは、自社の原子炉で平和利用することが基本原則（Pu利用計画を公表）
- また、ウラン資源価格の変動が激しく、MOX燃料加工コストの不確実性も否定できない中では、Puクレジットを確定することが難しく、**仮定の置き方によって、Puクレジットは正にも負にもなり得る**
- そこで、従来から燃料サイクルコスト計算では、PuクレジットをExplicitに扱う必要が無いよう、発生したPuを自ら使うサイクルを無限に繰り返す手法を採用
- リサイクルを無限に繰り返しても、費用と発生エネルギーの積算は、いずれも時間遅れに伴う割引と、軽水炉の使用済燃料再処理からMOX燃料を再生できる比率が1より小さいことの2点から、無限級数は必ず収束

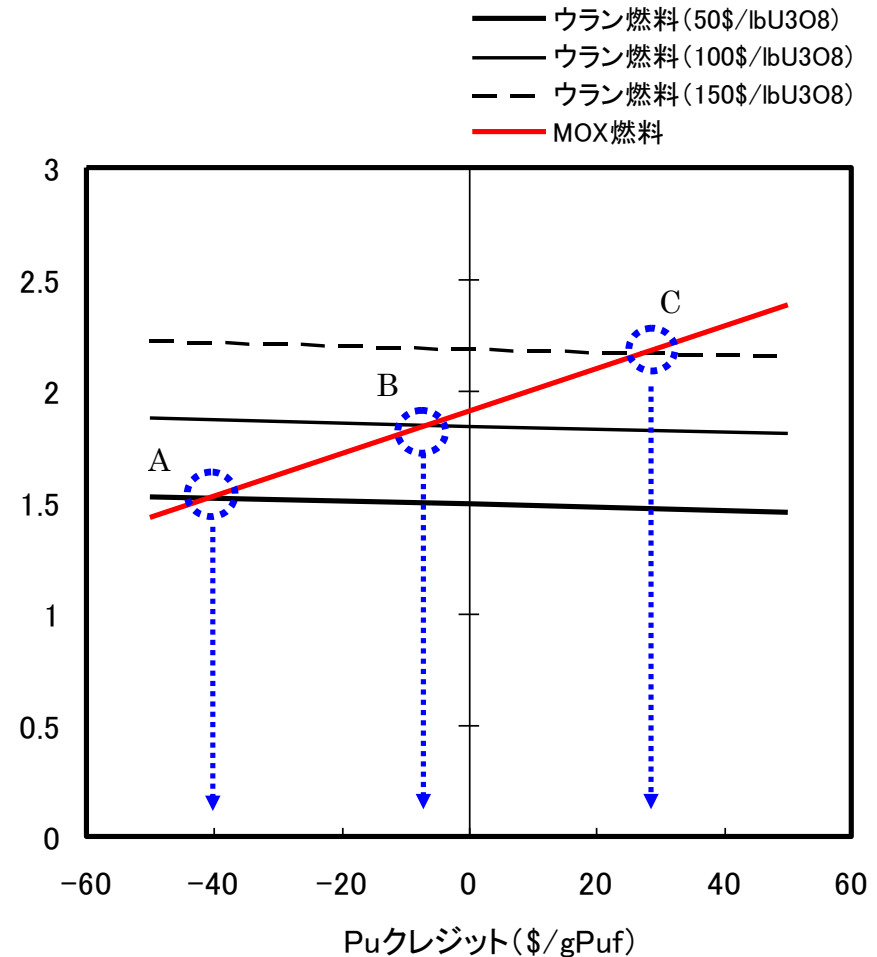
出典：日本原燃（第4回資料第2号）

Puクレジットの計算例

- 図は、ウラン燃料サイクルコストとMOX燃料サイクルコストを等しくするPuクレジット (Indifference value) を計算した例

- ウラン価格 50 \$/lbU₃O₈と、現在のMOX燃料加工単価では、Puクレジットは負だが、過去に実績のあるウラン価格の高騰時には、Puクレジットは正
- ウラン燃料再処理単価の増加、MOX燃料加工単価の増加などの条件の変化でも、Puクレジットは正にも負にもなり得る
- ボストン・コンサルティング・グループ(BCG)報告に載る160 \$/kgU (24 \$/gPuf に相当)、マサチューセッツ工科大学(MIT)報告の - 15,743\$/kgPu (-24 \$/gPuf に相当) は、本計算結果の範囲にある

単一サイクル燃料費 (円 / kWh)



出典: 日本原燃(第4回資料第2号)

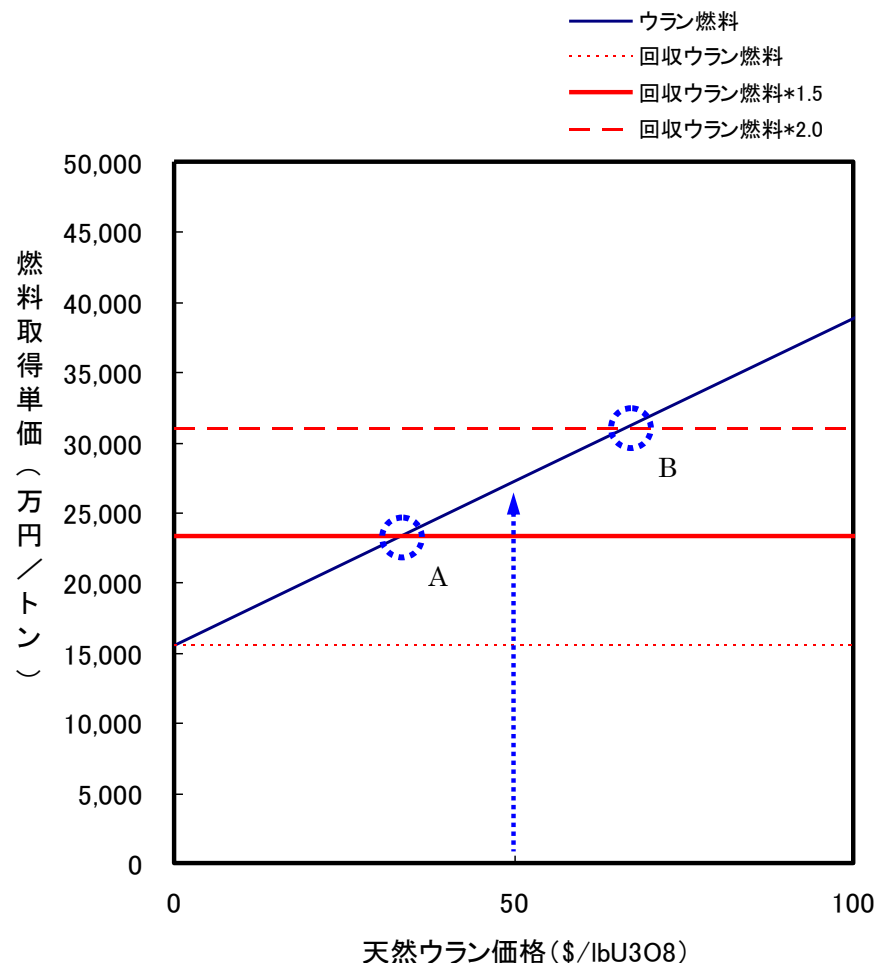
回収ウランクレジットの取り扱い

- 回収ウランを転換、再濃縮、加工すれば、ウラン精鉱の購入費用を節約してメリットの出る可能性あり(回収ウラン価値)
- 近年の高燃焼度化で回収ウランの残留濃縮度は下がり、天然ウランと比べ有意に高いとは言えなくなりつつある
- 燃焼中に生成する ^{236}U は中性子吸収して反応度損失を発生するため、分離作業量(SWU所要量)を増やす方向
- やはり使用済燃料に含まれる ^{232}U 、 ^{234}U の娘核種はガンマ線が強く、転換、濃縮、燃料加工などの工程で遮蔽が必要となり、これらの工程費用を増加
- しかし、六ヶ所再処理工場の後工程となる回収ウラン利用プロセスは、未だ設計が無く、費用を算定できる段階には無い
- **ウラン精鉱の価格が上昇して回収ウラン利用にメリット**が現れ、再処理工場の運転実績も出て回収ウランが有意に蓄積すれば、再濃縮・利用を行うので、必ず燃料サイクルコストは下がることになる
- 現在の燃料サイクルコスト計算では、回収ウラン貯蔵による費用増加のみを算入し、回収ウランクレジットの減算は考慮していない

出典: 日本原燃(第4回資料第2号)

回収ウラン再濃縮の燃料取得費

- 図は、天然ウラン濃縮による燃料取得原価と、回収ウランを再濃縮する場合の燃料取得原価とを比較（それぞれ炉心装荷時点換算）
- 回収ウランの転換、濃縮、加工単価が、天然ウランの場合の1.5倍としても、現在のウラン価格 50 $\$/\text{lbU}_3\text{O}_8$ で既にメリットが出ている
- 回収ウランのフロント処理単価を天然ウランの場合の2倍としても、精鉱代が 70 $\$/\text{lbU}_3\text{O}_8$ で等価
- 即ち、回収ウランの再濃縮利用はメリットの出る可能性が高い

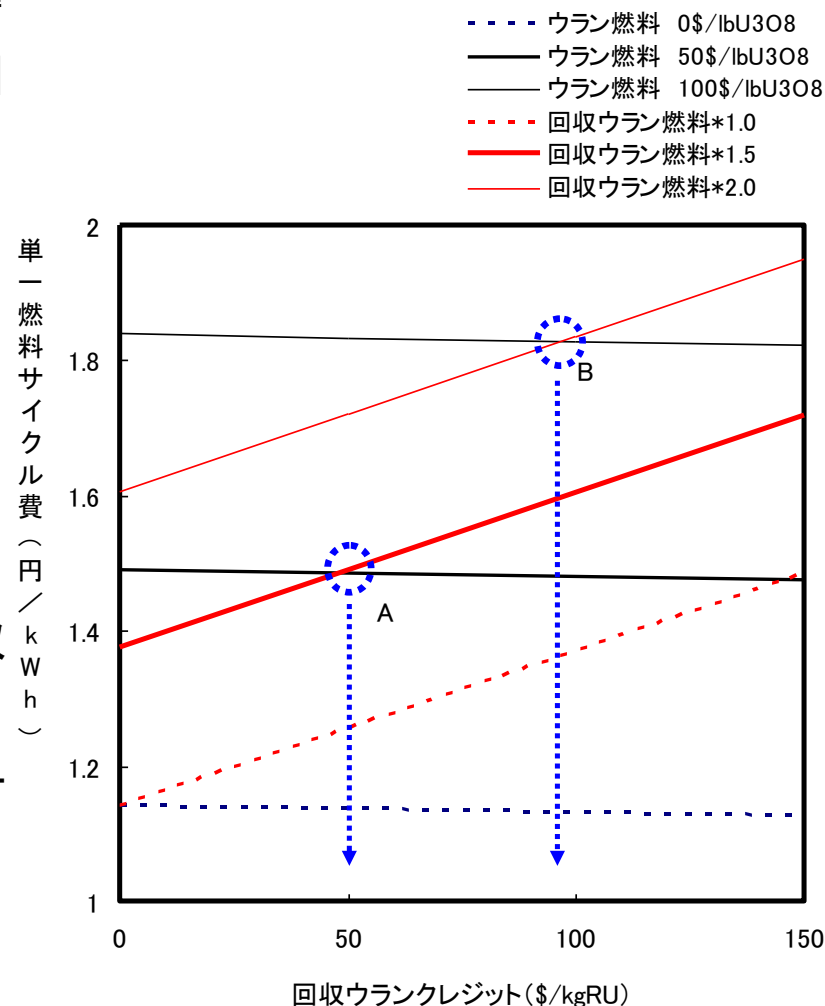


出典：日本原燃（第4回資料第2号）

回収ウランクレジットの計算例

- 図は、天然ウラン濃縮燃料と回収ウラン再濃縮燃料との間で燃料サイクルコストを等しくする回収ウランクレジット (Indifference value) を計算した例
- 回収ウラン燃料の転換、濃縮、加工単価を1.5倍と仮定した場合、天然ウラン価格 50 $\$/\text{lbU}_3\text{O}_8$ と等価になる回収ウランクレジットは 50 $\$/\text{kgRU}$
- 天然ウラン価格が 100 $\$/\text{lbU}_3\text{O}_8$ の場合、回収ウラン燃料のフロント処理単価が2倍でも、回収ウランクレジット100 $\$/\text{kgRU}$ 弱を得られる
- BCG報告の30 $\$/\text{kgSF}$ (32 $\$/\text{kgRU}$ に相当)、MIT報告の108.3 $\$/\text{kgRU}$ は、この計算の範囲内にある

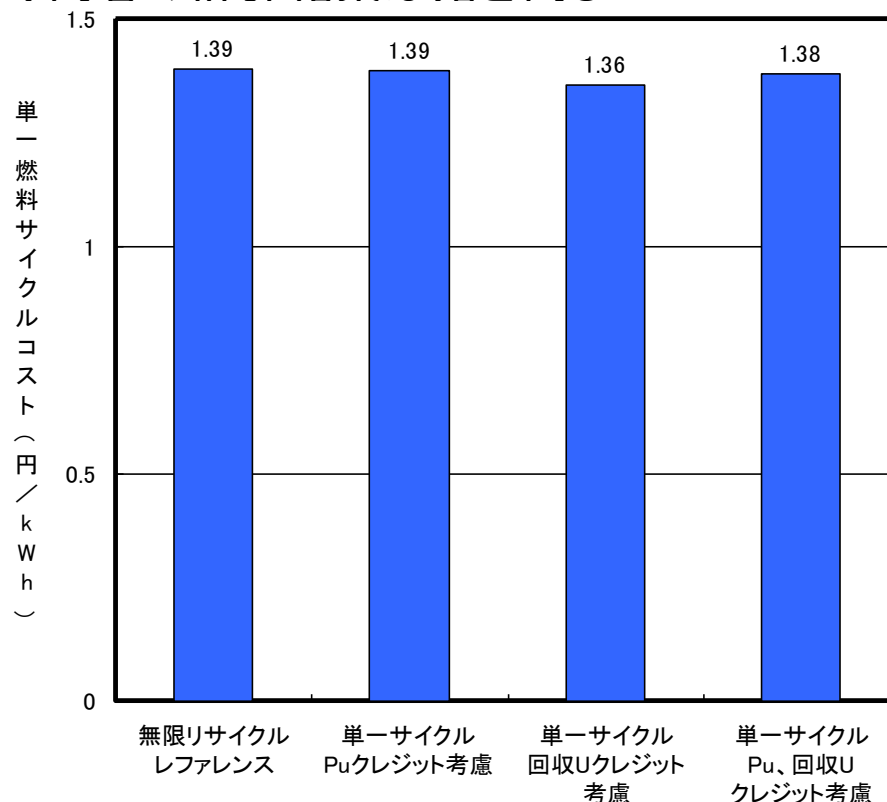
出典: 日本原燃(第4回資料第2号)



Pu、回収Uクレジットの算入

■ Puクレジット(-40 \$/gPuf)、および回収Uクレジット(50 \$/kgRU)を考慮して単一サイクルの燃料サイクルコストを試算し、その影響を評価

- 無限リサイクル計算の場合、Puクレジットが相殺されるが、一方、MOX燃料に係わる処理単価がExplicitに考慮されるため、両者の計算結果は殆ど同じ
- 従って、軽水炉の燃料費評価では、MOXの計算を省いてPuクレジット = 0)で扱うことも簡便で、結果は大差無し
- 回収Uの利用は、現在の燃料サイクルコスト計算(無限リサイクル)で考慮されていないため、回収Uクレジット有無による差は明確に出現
- なお、本計算では、使用済燃料の半分は中間貯蔵に行くことを考慮



出典: 日本原燃(第4回資料第2号)

参考資料

核燃料サイクルコスト計算シートの例（再処理モデル）

単価		0%	1%	3%	5%
U燃料	万円/tU	25,900	26,200	27,100	28,200
MOX燃料	(万円/tHM)	40,600	40,700	41,500	42,700
再処理等	(万円/tU)	37,000	37,600	40,800	46,200
再処理への輸送	(万円/tU)	1,700	1,700	1,700	1,700
高レベル廃棄物処分	(万円/tU)	8,500	8,700	11,000	15,700

割引率	3%
発電電力量(kWh/t)	3.9E+08

	ラグタイム	コスト(円/kWh)
U燃料		7.3E-01
MOX燃料	8	1.5E-01
再処理等	8	9.8E-01
再処理への輸送	6	4.3E-02
高レベル廃棄物処分	48	8.1E-02
	計	1.98

シナリオの時間軸設定

工程	再処理モデル	直接処分モデル	現状モデル	
			再処理	中間貯蔵
MOX燃料	8 ^{*1}	—	25 ^{*2}	50 ^{*1}
再処理等	8 ^{*1}	—	25 ^{*2}	50 ^{*1}
SF輸送(発電所→再処理)	6 ^{*1}	—	6 ^{*1}	50 ^{*1}
SF輸送(発電所→中間貯蔵)	—	10 ^{*1}	—	10 ^{*1}
SF輸送(中間貯蔵→直接処分場)	—	58 ^{*1}	—	—
中間貯蔵	—	34 ^{*1,3}	—	30 ^{*1}
HLW処分	48 ^{*1}	—	65 ^{*1,4}	90 ^{*1,4}
直接処分	—	59 ^{*1}	—	—

*1 前回技術小委を参考に設定

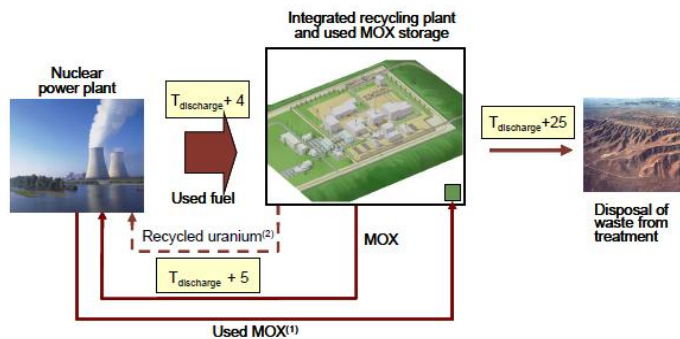
*2 現在の国内サイクルの実態を反映

*3 施設へ輸送されてくる10年目から処分場へ輸送される58年目の中間点

*4 再処理後40年目

海外でのサイクルコスト試算例(1)

BCG報告書(2006年)

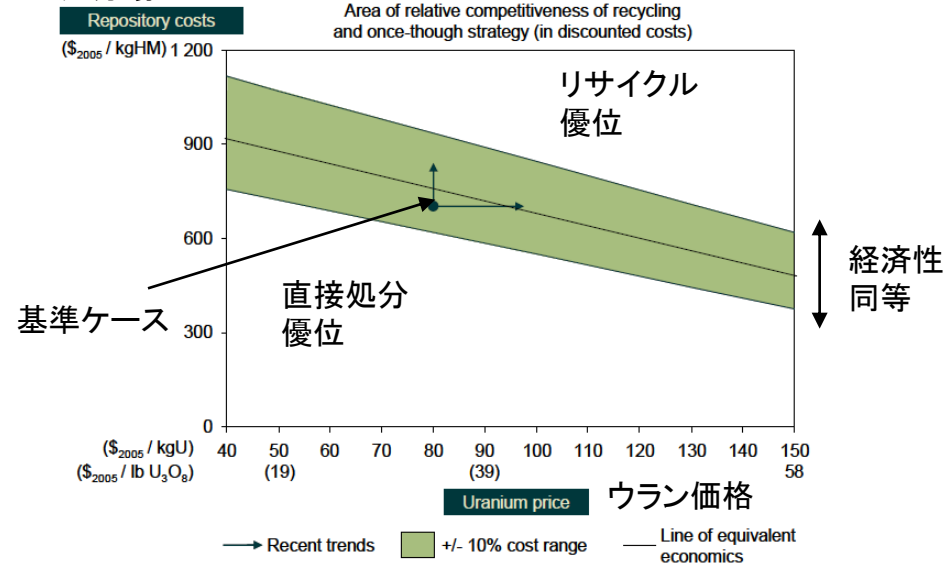


統合リサイクル施設(再処理+MOX加工施設)による再処理路線

直接処分路線			再処理路線		
項目	割引前	割引後	項目	割引前	割引後
中間貯蔵	150	125	統合リサイクル施設	630	525
最終処分	700	320	最終処分	175	80
輸送(SF)	70	55	輸送(SF, HLW)	95	75
			Pu, Uクレジット	-190	-160
合計	920	500		710	520

(\$/kg, 割引率3%)

処分場コスト



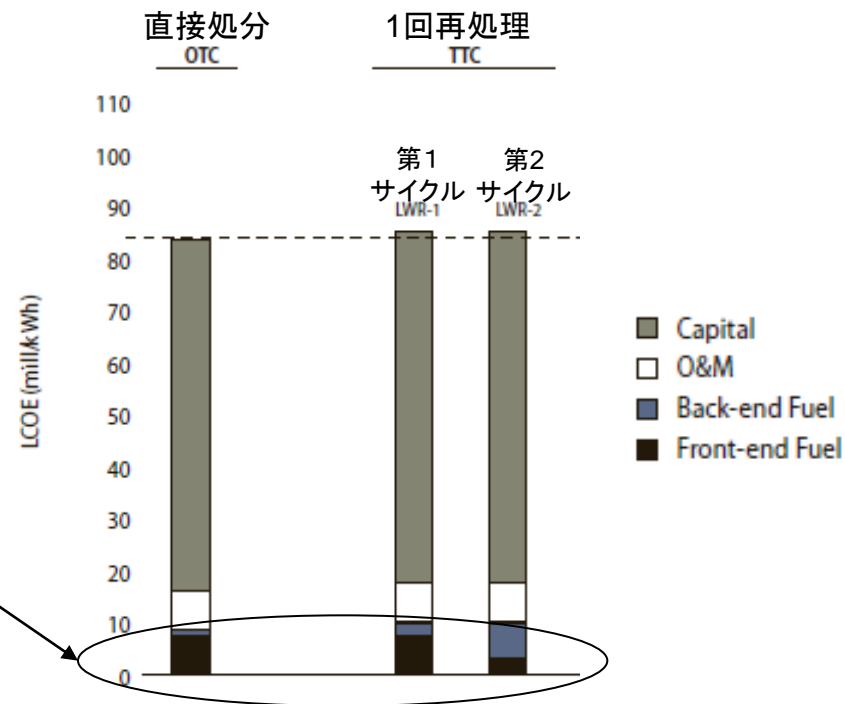
出典: Boston Consulting Group (BCG) "Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States", 2006

MIT報告書(2011年)

直接処分		再処理 第1サイクル:U燃料		再処理 第2サイクル:MOX燃料	
ウラン	2.76	ウラン	2.76	劣化ウラン	0.03
				Pu	-4.39
燃料製造	4.35	燃料製造	4.35	燃料製造	7.38
バックエンド	1.30	再処理	2.36	バックエンド	6.96
		高レベル処分	0.4		
		回収U価値	-0.14		
		回収Pu価値	0.25		
燃料費合計	8.41	燃料費合計	9.98	燃料費合計	9.98

(ミル/kWh)

※ 再処理シナリオでは、第1サイクルはウラン燃料を装荷し再処理、
第2サイクルはMOX燃料を装荷し直接処分



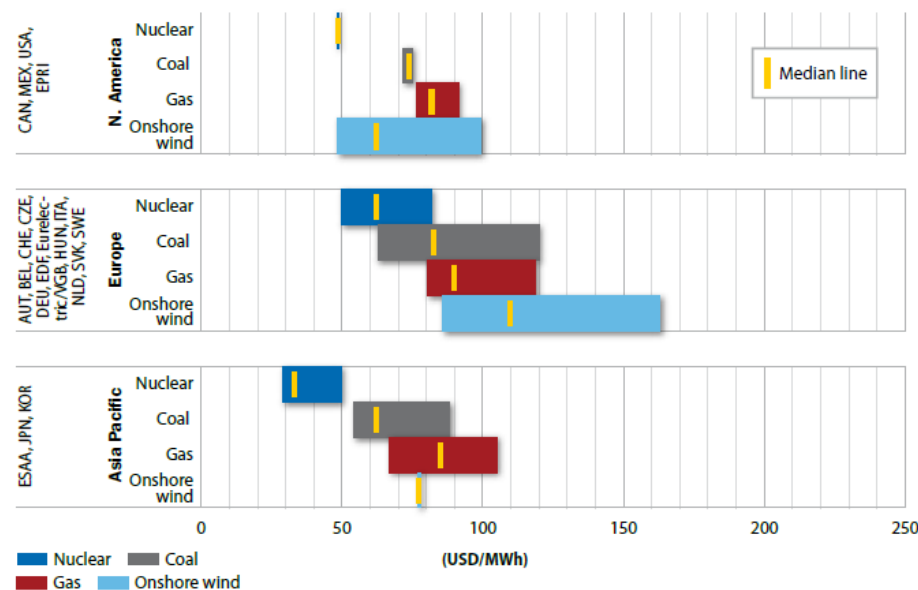
出典: Massachusetts Institute of Technology (MIT), "The Future of Nuclear Fuel Cycle", 2010

OECD/NEA報告書(2010)

核燃料サイクルに関する詳細な分析はなく、
全ての評価に下記の前提を使用している

フロントエンド : \$7 /MWh

バックエンド : \$2.33 /MWh



原子力、石炭、ガス、風力の発電単価比較
(割引率5%)

出典: OECD/NEA, "Projected Costs of Generating Electricity", 2010 edition