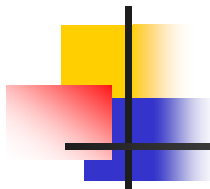




# 核燃料サイクルコストの計算方法について （詳細）

平成16年9月10日



# 作業計画

---

## 作業目的

- ・核燃料サイクルの4つの基本シナリオについてコスト計算を行う。

## 作業方針

経済性の指標は発電コストとする。各基本シナリオ間において、発電に関する運転維持費は不変とし、核燃料サイクルコストについて比較を行う。

経済性は、新計画策定会議で4つの基本シナリオについて総合評価する際の視点の1つであるから、コストの定量化は有効数字2桁を目安とする。

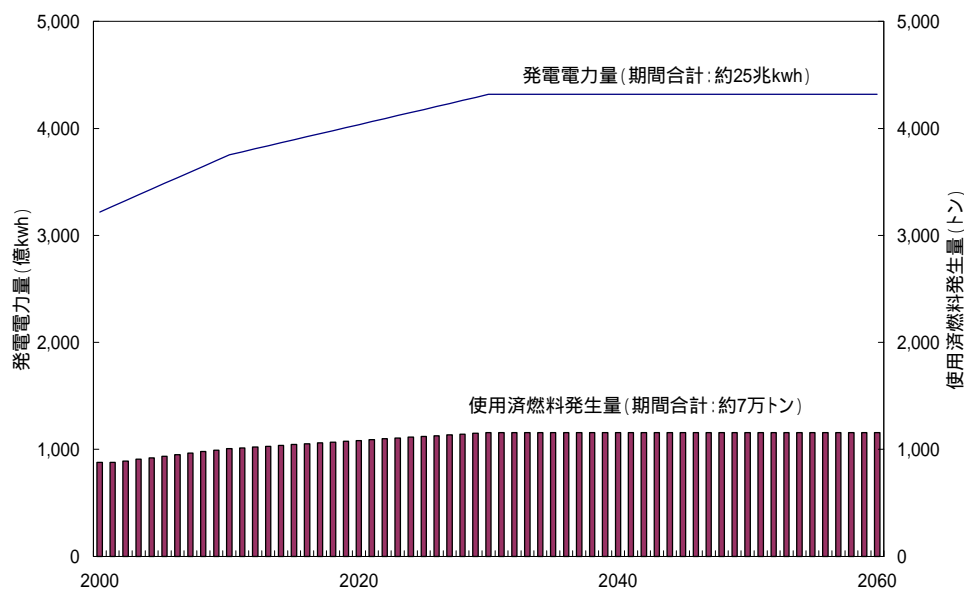
基本シナリオは将来の選択を仮想しているが、そこで採用される技術については技術革新がどこまで進むかは現時点では見通すことはできない。そこでここでは、現状水準の技術が将来も使われるという保守的な仮定の下で評価を実施する。従って、評価期間は、この仮定成立性が低い遠い将来が過半を占めることのないよう、2002年度～2060年度とする。

# 計算方法(1) コスト計算の対象

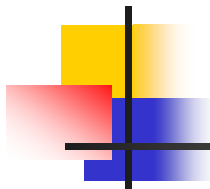
2002年度から2060年度の原子力発電に係る核燃料サイクルコスト（フロントエンド、バックエンド）を対象とする。

この内の発電電力量の推移は、第6回策定会議資料の「サイクル諸量の計算」において想定されているところに従うこととする。

使用済燃料の発生量は平均燃焼度はウラン燃料45,000MWd/トン・MOX燃料40,000MWd/t、熱効率34.5%と仮定して算定する。



この原子力発電電力量は、「2030年のエネルギー需給展望（中間とりまとめ原案）」のレファレンスケースを基に想定した。この需給展望ではレファレンスケース以外に幅を持った想定がなされているので、諸量の試算結果は幅を持っているものと見るべきである。



## 計算方法(2) コスト計算方法

kWh当たりの核燃料サイクルコストを以下のとおり計算

核燃料サイクル事業費

- ・各年度の核燃料サイクル事業費を、事業要素別に算定し、各年度の核燃料サイクル事業費を基準年（0年度）に割り引く。割引後の核燃料サイクル事業費を全て合計する。

各年度の発電電力量を基準年（0年度）に割り引く。

割引後の「核燃料サイクル総事業費」と「発電電力量」から核燃料サイクルコストを算定する。

割引率は、高レベル放射性廃棄物処分の拠出金算定において2%とされており、割引率1%～3%（拠出金算定の場合の2%に対し±1%）の範囲でコスト計算を行うこととする。

# 計算方法のイメージ

各シナリオで想定される事業ごと  
に物量と費用を求める

各年の事業費及び発電電力量を  
基準年に現在価値換算

経過時間(年)	年間原子力発電電力量(億 kWh)	発生SF (ton)	SFの振分		当該年再処理量(ton)	当該年中間貯蔵量(ton)	当該年HLW貯蔵量(ton)	...	再処理費用(億円)	中間貯蔵費用(億円)	HLW貯蔵費用(億円)	...	現在価値換算した各年度ごとの総事業費	現在価値換算した発電電力量
0年	g0	f0												g0
1年	g1	f1												$g1/(1+r)$
2年	...	...												...
3年	...	...												...
...	...	...												...
7年	...	...												...
8年	g8	f8	Rf8	Ss8	Rp8				Crp8		Chs8		$Crp8+/(1+r)^8$	$g8/(1+r)^8$
9年	g9	f9	Rf9	Ss9	Rp9		Hs9	...	Crp9		Chs9		$Crp9+/(1+r)^9$	$g8/(1+r)^9$
10年	g10	f10	Rf10	Ss10	Rp10	s10	Hs10	...	Crp10	Cis10	Chs10		$Crp10+Cis10+/(1+r)^{10}$	$g10/(1+r)^{10}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		...	
58年	g58	f58	Rf58	Ss58	Rp58	s58	Hs58	...	Crp58	Cis58	Chs58		$Crp58+Cis58+/(1+r)^{58}$	$g58/(1+r)^{58}$
59年		0	0	0	Rp59	...	...	...	...	...	...		...	
60年		0	0	0	Rp60	...	...	...	...	...	...		...	
...					...	...	...	...	...	...	...		...	
107年		0	0	0	Rp107	...	...	...	...	...	...		...	
108年		0	0	0	Rp108	...	...	...	...	...	...		$Ca108+Cis108+/(1+r)^{108}$	
合計													$C=$ (事業費) 全事業年度の総和を求める	$G=$ (電力量) サイクルコスト = C/G

ラグタイムを基に各物量を計算していく

例) その年の処理量にコスト小委の単価を乗じる。

再処理されるものと中間貯蔵されるものを振分



## 計算方法(3) コスト計算方法詳細(1)

< コスト計算に係る詳細設定 >

コスト計算する対象に関する設定(全シナリオ共通)

- ・以下の始点から終点までの発電に伴い発生する使用済燃料の核燃料サイクルコスト  
始点:2002年度  
(第一再処理工場は2005年度から再処理を開始すると仮定して、時間軸設定(21頁参照)に従い、使用済燃料は炉取出しから3年後に再処理されるため、再処理の初年度(2005年度)に再処理対象となる使用済燃料の炉取出し年度を始点として選定した。)  
終点:2060年度

各年度の発電電力量は、当該年度に発生した使用済燃料によってもたらされたものと仮定しコスト計算する。



## 計算方法(4) コスト計算方法詳細(2)

< コスト計算に係る詳細設定(続き) >

再処理に関する設定(シナリオ , , 。シナリオ は第一再処理工場まで)

・第一再処理工場は、立ち上げは六ヶ所再処理工場に模擬(2005年度に300トン再処理開始。2009年度から800トン再処理)し、操業停止は2046年度とする。

(累積再処理量約32,000トン)

・第二再処理工場は2047年度から操業を開始する。(再処理能力1200トン/年)

・時間軸設定(21頁参照)に従って、中間貯蔵期間が40年間(炉取出しから45年後)に達した使用済燃料は再処理することになる。その上で再処理容量まで、当該年度の3年前 に炉取出しされた使用済燃料を再処理し、残った使用済燃料は中間貯蔵が行われることとなる。

時間軸設定(21頁参照)に従って、使用済燃料の再処理は炉取出しの3年後に行われる。



## 計算方法(5) コスト計算方法詳細(3)

< コスト計算に係る詳細設定(続き) >

使用済MOX燃料に関する設定(シナリオ , )

- ・使用済MOX燃料は第二再処理工場で再処理することとする。使用済燃料は炉取出しから3年後に再処理されるとの時間軸設定より、2044年度以降に炉取出しされる使用済MOX燃料は第二再処理工場(2047年度操業開始)で再処理できるが、2043年度までに炉取出しされる使用済燃料は、中間貯蔵が行われることになる。

繰り返しリサイクルされる使用済燃料のコスト計算上の終端設定(シナリオ , )

- ・シナリオ , では、MOX燃料加工～発電～再処理(再処理容量を超過するものは中間貯蔵をしてから再処理)が繰り返されるが、コスト計算においては終端を設定する必要がある。
- ・終端は再処理工程とするが、2060年度までの発電に伴い発生する使用済燃料の核燃料サイクルコストを対象とするという設定に従えば、2056年度以降にMOX燃料加工して装荷されるMOX燃料(発電寄与/炉取出しは2061年度以降となる)は対象外であり、再処理コストまでは算入するが、MOX燃料加工は計算しない。



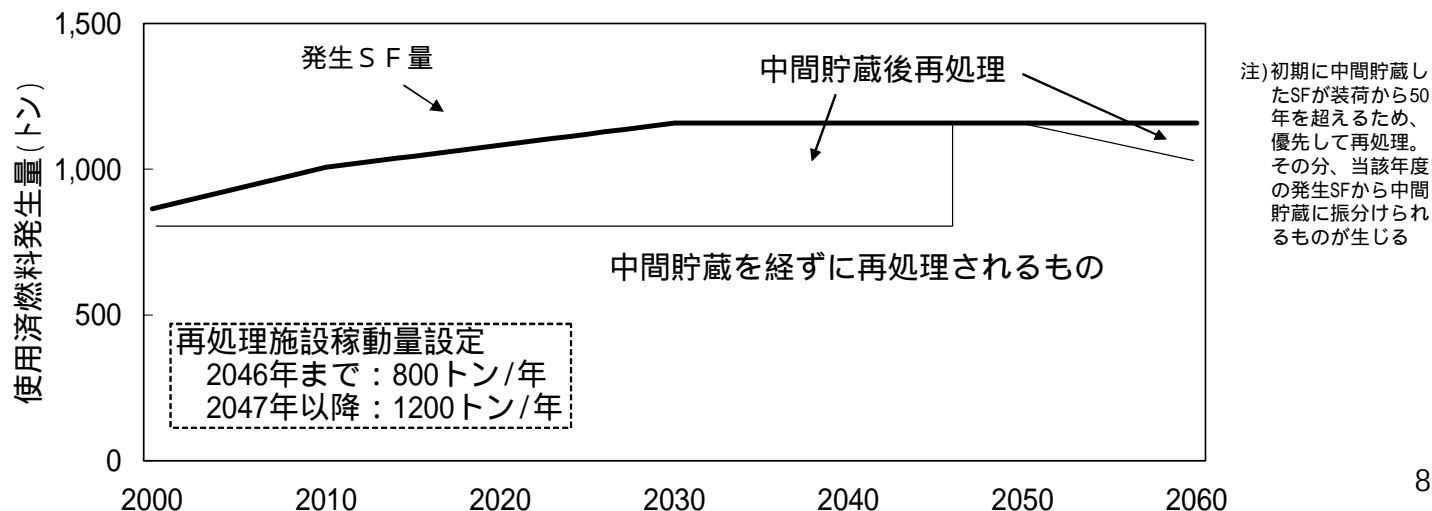
# 計算方法(6)シナリオ について

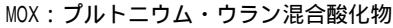
使用済燃料は全て再処理される。再処理工場の再処理能力超過分は中間貯蔵された後、再処理される。使用済燃料のフローは以下の2通り。

- ・ 中間貯蔵を経ずに再処理
- ・ 中間貯蔵後再処理

全ての事業要素は、電気事業分科会コスト等検討小委員会の「核燃料サイクルの各要素のトン当たり単価データ」を基として、本シナリオでの費用の年度展開を求め、核燃料サイクルコストを計算する。

なお、技術革新による再処理単価低減の可能性について委員より指摘されており、第二再処理単価を50%にした場合のコストへの影響度について確認する。





対象期間初期に炉取出しされた使用済燃料は複数回再処理されて終端となる一方、後期に炉取出しされた使用済燃料は1回再処理されて終端となる（そのため、上図では終端が複数存在する）

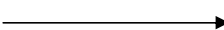
# 計算方法(8)シナリオ フロー（補足）

使用済燃料の再処理と中間貯蔵の振分けの考え方（例図）

【X+8年】（初期の頃：年間再処理量800トン）

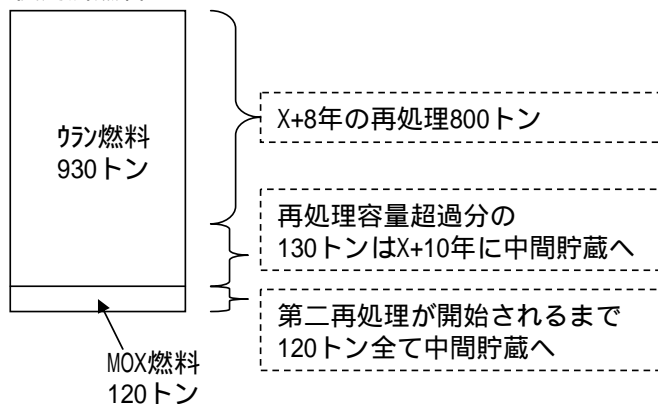


【X+50年】（年間再処理量1200トン）

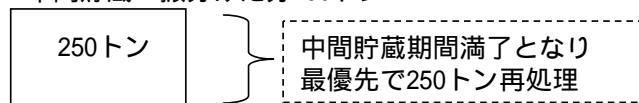


（例）

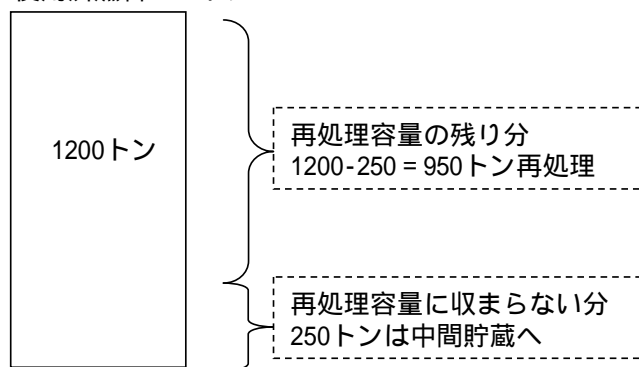
X+8-3年の取出し  
使用済燃料1050トン



X+8-3年の取出し使用済燃料で  
中間貯蔵へ振分けた分250トン



X+50-3年の取出し  
使用済燃料1200トン



第二再処理開始後はウラン燃料  
とMOX燃料の区別は不要となる

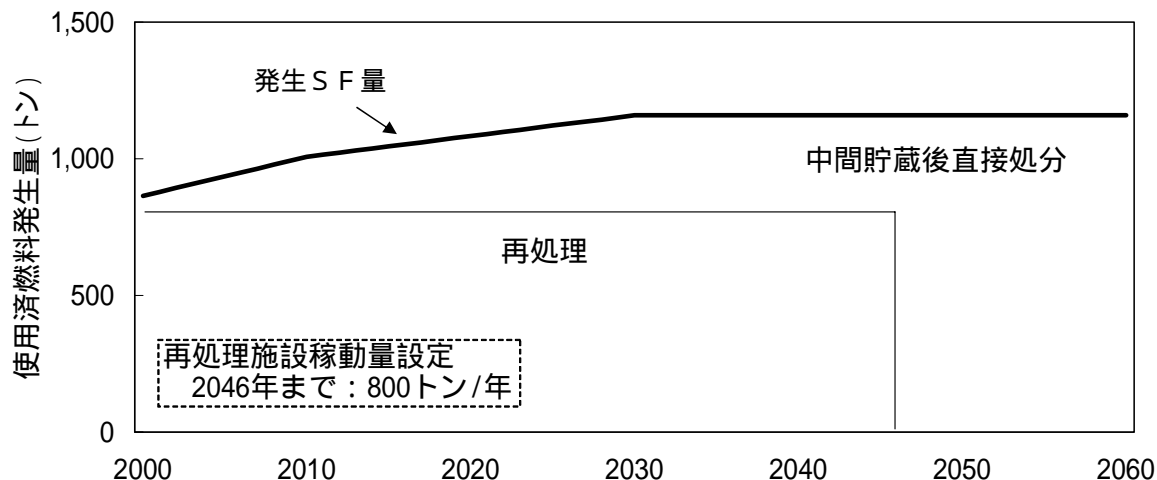
MOX：プルトニウム・ウラン混合酸化物

## 計算方法(9)シナリオ について

使用済燃料は第一再処理工場において再処理され、第一再処理工場の再処理能力超過分は中間貯蔵された後、直接処分される。使用済燃料のフローは以下の2通り。

- ・再処理
- ・直接処分

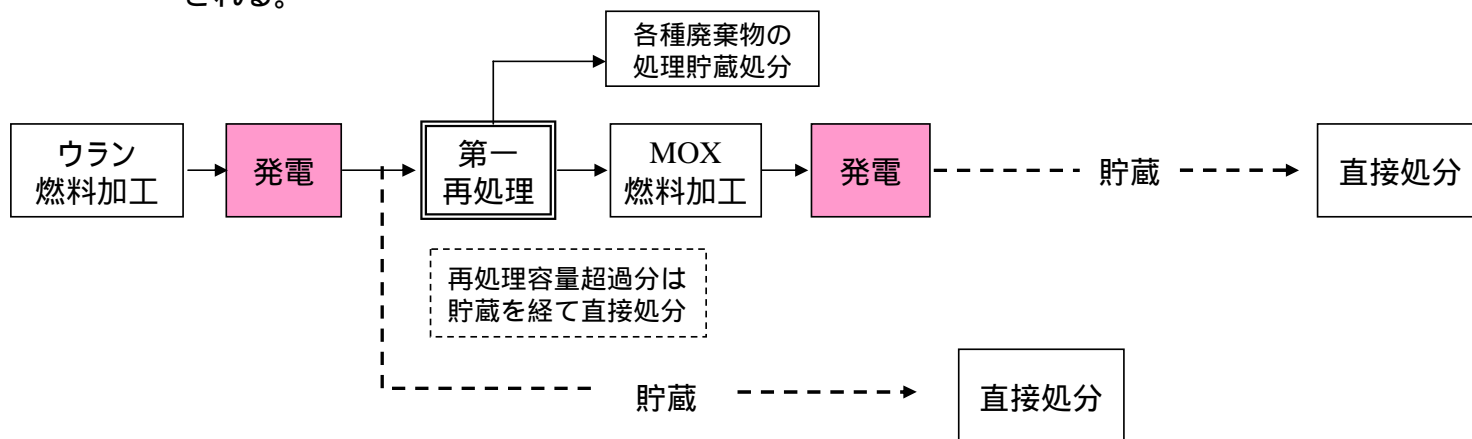
直接処分フローの事業要素のうち、直接処分事業については本小委員会での事業費試算データを基とし、その他の事業要素は、電気事業分科会コスト等検討小委員会の「核燃料サイクルの各要素のトン当たり単価データ」を基として、本シナリオでの費用の年度展開を求め、核燃料サイクルコストを計算する。



# 計算方法(10)シナリオ フロー

## 2043年度 までに炉取出しされる使用済燃料

時間軸設定（21頁参照）より、使用済み燃料は炉取出しの3年後に再処理される。第一再処理工場の操業は2046年度までであり、2043年度までに炉から取出された使用済燃料が再処理される。



## 2044年度以降に炉取出しされる使用済燃料

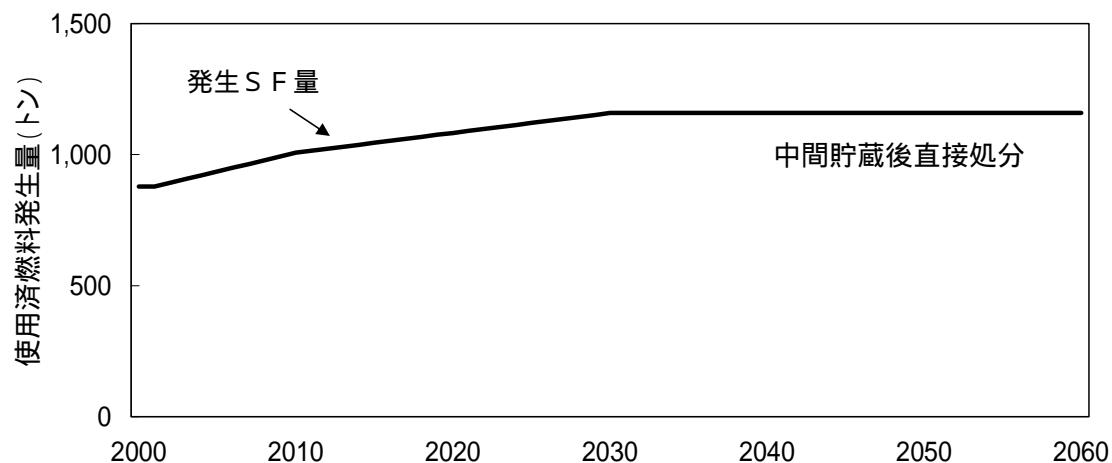


直接処分がコスト計算の終端となる。

# 計算方法(11)シナリオ について

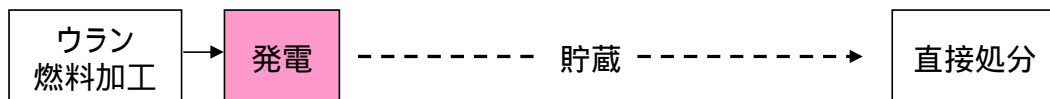
使用済燃料は中間貯蔵された後、直接処分される。使用済燃料のフローは直接処分のみ。

直接処分フローの事業要素のうち、直接処分事業については本小委員会での事業費試算データを基とし、その他の事業要素は、電気事業分科会コスト等検討小委員会の「核燃料サイクルの各要素のトン当たり単価データ」を基として、本シナリオでの費用の年度展開を求め、核燃料サイクルコストを計算する。





# 計算方法(12)シナリオ フロー



使用済燃料は貯蔵を経て直接処分される

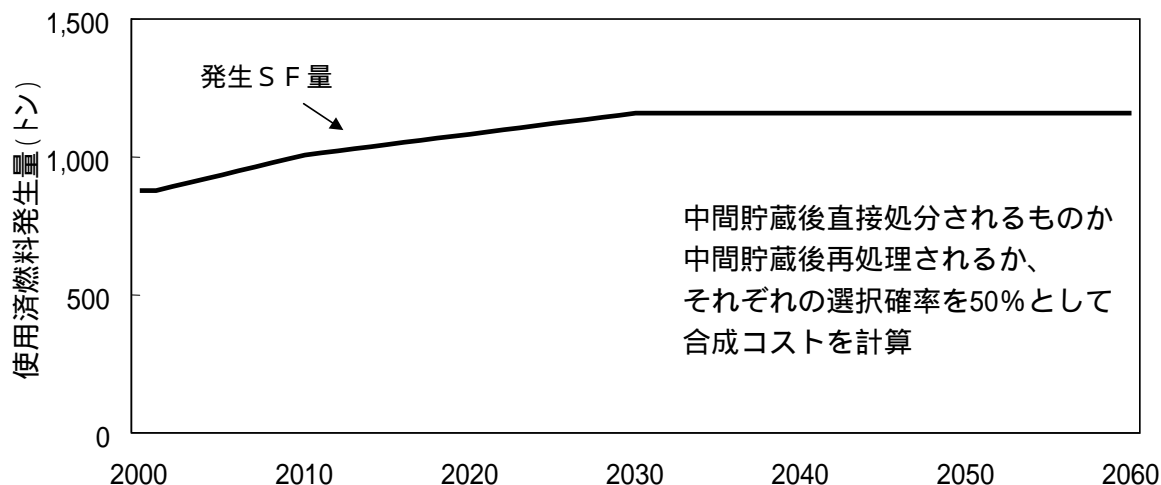
直接処分がコスト計算の終端となる。

# 計算方法(13)シナリオ について

使用済燃料は当面貯蔵後、適切な時期に取り扱いを判断する。その判断結果が再処理または直接処分のいずれとなるかは不確定のため、両ケースをコスト計算（ここでは50年後の2052年度に再処理工場又は直接処分場が操業開始すると仮定）する。その上で、選択されうる確率をそれぞれ50%と仮定し、下式により確率を考慮した合成コストを求める。

$$\text{合成コスト} = (\text{直接処分ケースコスト} \times 50\%) + (\text{再処理ケースコスト} \times 50\%)$$

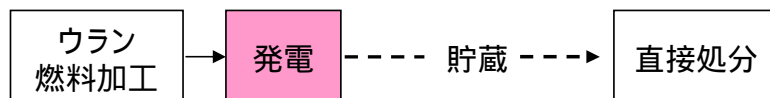
直接処分フローの事業要素のうち、直接処分事業については本小委員会での事業費試算データを基とし、その他の事業要素は、電気事業分科会コスト等検討小委員会の「核燃料サイクルの各要素のトン当たり単価データ」を基として、本シナリオでの費用の年度展開を求め、核燃料サイクルコストを計算する。





# 計算方法(14)シナリオ フロー

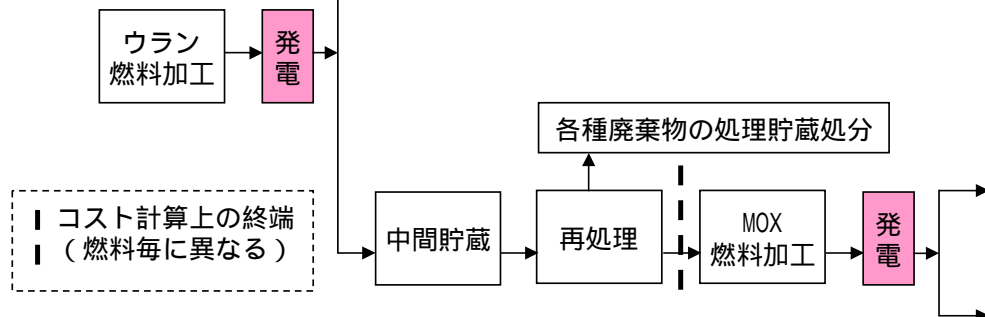
【ケース A】全ての使用済燃料は貯蔵を経た後、直接処分（シナリオ と同じ）



使用済燃料は貯蔵を経て直接処分される  
直接処分がコスト計算の終端となる。

【ケース B】2048年度 までに炉取出しされる使用済燃料は中間貯蔵へ、以降は再処理と中間貯蔵に振分け

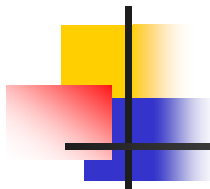
2052年に再処理開始との仮定の方、時間軸設定（21頁参照）は炉取出しから3年後に再処理となり、2048年度までの炉取出し分は3年後は、まだ再処理が行われていないため、中間貯蔵となる



繰り返しリサイクルされる使用済燃料のコスト計算上の終端設定（7頁参照）より、2056年度以降のMOX燃料加工及びそれ以降の工程はコスト計算の対象外となる。（その理由は、2056年度以降にMOX燃料加工し装荷されたMOX燃料は対象期間内の発電には寄与したと見なされないため）

終端が複数存在する理由は9頁参照

MOX：プルトニウム・ウラン混合酸化物



# 計算方法(15)まとめ

基本シナリオにおいて費用の年度展開を求める事業要素は以下のとおり

		シナリオ1		シナリオ2		シナリオ3	シナリオ4	
		再処理	中間貯蔵後 再処理	再処理	直接処分	直接処分	中間貯蔵後 再処理	直接処分
フロント	ウラン燃料							
	MOX燃料				-	-		-
バックエンド	SF輸送 (発電所 再処理工場)		-		-	-	-	-
	再処理				-	-		-
	SF輸送 (発電所 中間貯蔵)	-		-				
	中間貯蔵	-		-				
	SF輸送 (中間貯蔵 再処理)	-		-	-	-		-
	SF輸送 (中間貯蔵 SF処分場)	-	-	-			-	
	SF処分	-	-	-			-	
	HLW貯蔵		-		-	-	-	-
	HLW輸送				-	-		-
	HLW処分	注1	注1	注1	-	-	注1	-
	TRU廃棄物処理・貯蔵		注2		-	-	注2	-
	TRU廃棄物輸送・処分				-	-		-
	再処理廃止措置				-	-		-

注1 電気事業分科会コスト等検討委員会同様、現行拠出金単価を適用

注2 処理のみ

SF : 使用済燃料

TRU廃棄物 : 超ウラン元素を含む廃棄物

MOX : プルトニウム・ウラン混合酸化物

HLW : 高レベル放射性廃棄物



# 政策変更に伴う項目（１）前回の議論

前回の本小委員会で、以下の資料を基に対応を議論した結果、策定会議に本件の取り扱いについての検討を要請することになった。

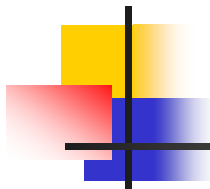
第３回資料第４号抜粋



## 政策変更に伴う項目の取り扱い

- 六ヶ所再処理工場への既投資額回収【シナリオ ， 】
  - これまでの投資額、事業費、返済期間中の支払利息
- 六ヶ所再処理工場の廃止措置【シナリオ ， 】

上記を試算に織り込もうとする場合、何年で費用負担するかの設定が必要。  
これら項目の取り扱いについては策定会議にて検討するべきではないか。



## 政策変更に伴う項目（２）今後の対応案

新計画策定会議（第７回）では、前頁の項目以外も含めた政策変更に係る項目全般を対象に議論がなされた。そのうち、本委員会の活動についてのご意見は以下のとおり。

- ・六ヶ所再処理工場を使用しないとするシナリオにおいては、既投資額の回収、廃止措置の費用を計算すべきではないか。
- ・回収不能費用は、有効利用できるものは、当然、転用ないし売却処分をするとして、無価値物は廃棄するとして、その措置にどのくらいかかるかを計算するべき。
- ・これらは一種の破綻処理で、後世代に迷惑をかけないためにも５年ぐらいが一つの目安と思う。

以上のご意見を踏まえ、本委員会においては下記の作業を行うものとする。

### 【六ヶ所再処理工場への既投資額について】

- ・既投資額は2005年度に一括して費用発生するものとみなして算出し、対象期間（2002年度～2060年度）の原子力発電電力量で除して影響の大きさを計算してはどうか。なお、既投資額は事業者の見積もりを確認し用いる。



## 政策変更に伴う項目（３）今後の対応案

### 【六ヶ所再処理工場の廃止措置について】

- ・廃止措置費は事業者の見積もりを確認し用いる。2005年度初めから廃止措置作業開始と仮定し、廃止措置時の状態としてはウラン試験開始後の状態を想定し、必要となるコストを計算。

### 【劣化ウラン処分費について】

- ・シナリオ 及びシナリオ で直接処分が選択されたケースでは、劣化ウランの使用用途がなくなるため、その処分が必要になるが、一方、シナリオ 及び における劣化ウランの使用期間は今回の対象範囲を大きく超えるものであり、相対比較の整合性という観点で、シナリオ 及びシナリオ の劣化ウラン処分費についてはコスト計算に含めない。

### 【その他】

- ・政策変更により追加コストが発生する可能性がある事項としては、上記の項目の他に、原子力研究開発面への影響、立地自治体との間の信頼関係の喪失に伴う既定事業の継続が困難になる影響等があり、定量化が困難な部分もありえる。これらについては、策定会議において、評価の視点「政策変更に伴う課題」等として検討される。

# (参考) シナリオの時間軸

単位：年

項目	シナリオ		シナリオ		シナリオ	シナリオ	
	中間貯蔵せず に再処理	中間貯蔵後 に再処理	再処理 の対象	SF直接処分 の対象	SF直接処分	当面貯蔵	
原子炉装荷	0		シナリオ の中間貯蔵 せずに再処 理と同じ	シナリオ と同じ	0	0	
原子炉取り出し	5				5	5	
再処理工場へのSF輸送	6	50			-	未定 <sup>*1</sup>	
再処理	8	50			- <sup>*1</sup>		
中間貯蔵施設へのSF輸送	-	10			10	10	
中間貯蔵	-	30 <sup>*2</sup>			30	未定 <sup>*1</sup>	
HLW貯蔵	28 <sup>*3</sup>	-			-		
HLW輸送	48	50			-		
TRU廃棄物処理	14 <sup>*4</sup>	50 <sup>*5</sup>			-		
TRU廃棄物貯蔵		-			-		
TRU廃棄物処分	地層処分	33			50		-
	地層処分以外	15			50		-
MOX燃料加工	8	50			-		
再処理廃止措置	8	50	- <sup>*1</sup>				
SF処分場へのSF輸送	-	-	50				

\*1 六ヶ所再処理施設の既投資額及び解体撤去費用を考慮することを検討

\*2 中間貯蔵期間は10年目～50年目であり30年目が中間点

\*3 HLW貯蔵期間は8年目～48年目となり28年目が中間点

\*4 処理8年目、貯蔵20年目であり14年目が中間点

\*5 費用の半分を処理と仮定

シナリオ の設定は、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と同じもの

SF：使用済燃料

TRU廃棄物：超ウラン元素を含む廃棄物

MOX：プルトニウム・ウラン混合酸化物

HLW：高レベル放射性廃棄物

# (参考) トン当たり単価データ

電気事業分科会コスト等検討小委員会のトン当たり単価データは以下のとおり。

全操業期間

項目	割引率毎の処理単価(万円/トン)				
	0%	1%	2%	3%	4%
再処理工場へのSF輸送	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
再処理	23,400	24,300	25,300	26,300	27,300
中間貯蔵施設へのSF輸送	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
中間貯蔵	4,200	4,700	5,400	6,100	7,000
HLW貯蔵	2,300	2,400	2,400	2,500	2,600
HLW輸送	300	300	300	300	300
HLW処分	抛出金単価を適用				
TRU廃棄物処理貯蔵	2,400	2,500	2,500	2,500	2,600
TRU廃棄物処分	地層処分	2,200	2,400	2,900	3,500
	地層処分以外	1,000	1,000	1,000	1,000
MOX燃料加工	25,600	25,700	25,900	26,200	26,600
再処理廃止措置	4,800	3,600	2,700	2,000	1,400

法定耐用年

項目	割引率毎の処理単価(万円/トン)				
	0%	1%	2%	3%	4%
再処理工場へのSF輸送	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
再処理	32,700	33,300	33,900	34,500	35,100
中間貯蔵施設へのSF輸送	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
中間貯蔵	4,200	4,700	5,400	6,100	7,000
HLW貯蔵	2,300	2,400	2,400	2,500	2,600
HLW輸送	300	300	300	300	300
HLW処分	抛出金単価を適用				
TRU廃棄物処理貯蔵	2,400	2,500	2,500	2,500	2,600
TRU廃棄物処分	地層処分	2,200	2,400	2,900	3,500
	地層処分以外	1,000	1,000	1,000	1,000
MOX燃料加工	32,700	31,700	31,000	30,700	30,600
再処理廃止措置	13,600	9,000	5,900	4,000	2,600

SF：使用済燃料

TRU廃棄物：超ウラン元素を含む廃棄物

MOX：プルトニウム・ウラン混合酸化物

HLW：高レベル放射性廃棄物