

核燃料サイクルコスト計算ソフトの作成と計算結果の公開について

for 原子力委員会「新計画策定会議」
山地憲治、040824

1. 総合資源エネルギー調査会「原子力部会」および「コスト等検討小委員会」の計算方式
経済産業省の審議会におけるkWhあたり核燃料サイクルコスト計算方式について情報を入手した(衆議院議員の要請により、経済産業省が回答したもの、計算式については添付1参照)。以下、これを「平成11年モデル」と呼ぶ。

「平成11年モデル」におけるkWhあたり核燃料サイクルコスト計算の要点

- ・ 次世代燃料生成率(15%で試算しているのでプルサーマルを想定していると考えられる)を用いて、再処理・Puリサイクルを無限回行うことを想定。
- ・ 再処理を行う時点については即時再処理と中間貯蔵(40年)後再処理の2通りを想定。
- ・ 次世代燃料(MOX)の再処理等バックエンドについてはウラン燃料と同じコストを想定。
- ・ この計算方式において想定されているキャッシュフローを、添付2,3に図示する。

「平成11年モデル」の問題点

- ・ 次世代燃料生成率を一定として無限回のリサイクルを想定している点。
 - 無限の時間を対象として評価することの政策的意味が不明。
 - 未来永劫プルサーマルしか想定されていない。UリサイクルやFBRなどの技術進歩を無視。
 - プルトニウムの生成率が多数回リサイクルによって変化することの無視。・・・
- ・ 次世代燃料(MOX)のバックエンドコストをウラン燃料と同じと想定している点。
 - MOX使用済燃料について、再処理や廃棄物処理・処分のコスト情報が全く審議されていないにもかかわらず、恣意的な仮定が用いられている。
- ・ 即時再処理と中間貯蔵後再処理を一定比率(平成11年計算では2:1、コスト等小委では64:36)として、両者の平均コストだけを示している。
 - 無限回リサイクルにおいても両者の比率が変化しないという想定の不自然さ。
 - 両ケースのコスト比較が行われていない。

2. より一般的な核燃料サイクルコスト計算ソフトの開発と公開

「平成11年モデル」をエクセルファイルで再現

- ・ 添付1に基づき、コスト等検討小委での計算条件やより一般的なOECD/NEAモデルを包含できるソフトを開発した(FCOST-UTモデル)。
- ・ 添付4に「平成11年モデル」の再現結果を示す(関係者からのコメントを期待)
 - 再処理以外のバックエンド費用項目の一部に不明の点があるが、ほぼ再現できている。

Pu/Uクレジットを用いて無限回リサイクルを想定しないサイクルコスト計算の提案

- ・ 添付5にこの場合のキャッシュフローを示す。

計算ソフトと計算結果の公開

- ・ コスト等検討小委での計算の再現等を含め、8月31日の技術検討小委までに、ソフトと計算結果を山地の研究室のホームページ(<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/yamaji/>)で公開の予定。
- ・ 技術小委における検討においても、コスト計算手法と計算結果の完全な公開が必要と考える。

核燃料サイクルコスト試算方法について

○平成11年試算（核燃料サイクルコスト）は、資料5の核燃料サイクルスケジュールに従って、以下の試算式より試算した。

○試算方法

項 目		試算式
フロント	鉱石調達・精鉱	$C_A' = C_A \times (1+q)^{-y}$
	転換	$C_B' = C_B \times (1+q)^{-y}$
	濃縮	$C_C' = C_C \times (1+q)^{-y}$
	再転換・成型加工	$C_D' = C_D \times (1+q)^{-y}$
	MOX燃料加工・輸送(国内)	$C_E' = C_E \times \sum_{k=1}^m \frac{r^k}{(1+q)^{y+m(k-1)}} = \frac{C_E \times r \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
	再処理(国内)	$C_F' = C_F \times \sum_{k=1}^m \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{y+m(k-1)}} = \frac{C_F \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
バックエンド	高レベル放射性廃棄物貯蔵	$C_G' = C_G \times \sum_{k=1}^m \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{y+m(k-1)}} = \frac{C_G \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
	高レベル放射性廃棄物処分	C_H' は、平成11年3月の原子力部会報告を踏まえて同年11月の原子力部会において示されたもの。
	その他廃棄物処理	$C_I' = \frac{C_I \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
	その他廃棄物貯蔵	$C_J' = \frac{C_J \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
	その他廃棄物処分	$C_K' = \frac{C_K \times (1+q)^{m-y}}{(1+q)^m - r}$
	中間貯蔵	C_L' は、平成10年6月原子力部会報告ベース。
発電電力量		$G = 45,000 \times 24 \times 0.345 \times 1,000 \times \sum_{k=1}^5 \frac{1}{5(1+q)^{k-0.5}}$ $= 372,600,000 \times \frac{1 + (1+q) + (1+q)^2 + (1+q)^3 + (1+q)^4}{5(1+q)^{4.5}}$ $G' = G \times \sum_{k=1}^m \frac{r^{k-1}}{(1+q)^{m(k-1)}} = G \times \frac{(1+q)^m}{(1+q)^m - r}$
サイクルコスト	(国内再処理)	$\frac{C_A' + C_B' + C_C' + C_D' + C_E' + C_F' + C_G' + C_H' + C_I' + C_J' + C_K'}{L_s \times G'}$
	(中間貯蔵)	$\frac{C_A' + C_B' + C_C' + C_D' + C_E' + C_F' + C_K' + C_I' + C_K' + C_L'}{L_s \times G'}$

注1) q:割引率

注2) 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(=0.15)。

注3) m:再処理ケースは8.5、中間貯蔵ケースは50.5。

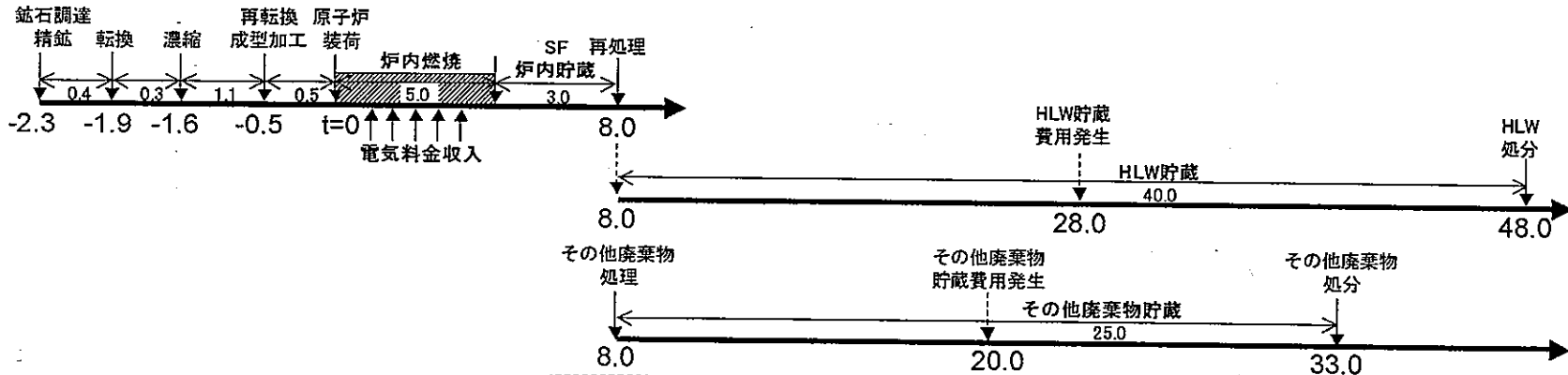
注4) y:各工程のラグタイム(+)又はリードタイム(-)(資料5)

注5) L_s :所内ロス率を勘案した係数。0.965と想定。

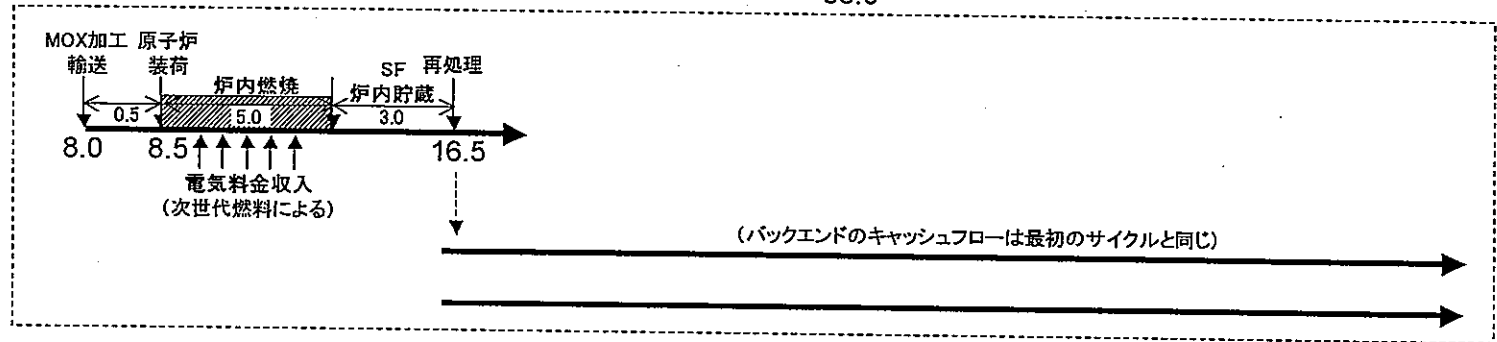
注6) 無限リサイクルを想定。

即時再処理オプションにおける Time Flow

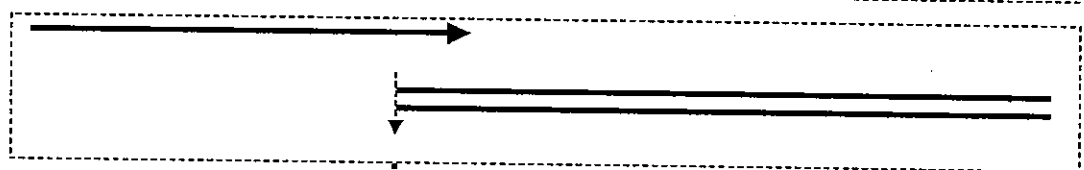
(平成 11 年試算モデル (無限リサイクルを前提))



1st recycling

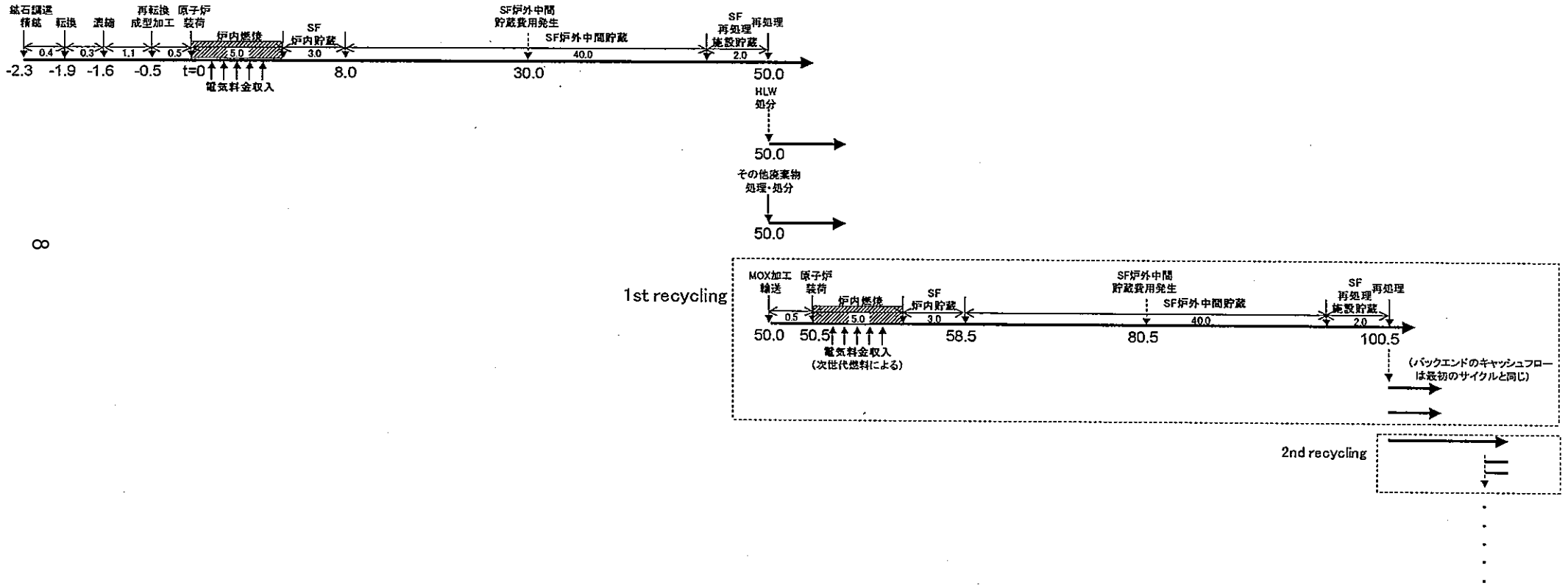


2nd recycling



中間貯蔵後再処理オプションにおける Time Flow

(平成 11 年試算モデル (無限リサイクルを前提))



FCOST-UT ver.1(平成11年試算の再現)

項目	単価	リード・ラグタイム			所要量	割引コスト			割引後発電原価 (¥/kWh)	
		即時再処理	中間貯蔵			即時再処理	中間貯蔵			
フロントエンド	鉱石調達・精鉱	550 万円/tU	-2.3	-2.3	yr	9.03	5315	5315	万円	0.14
	転換	80 万円/tU	-1.9	-1.9	yr	8.98	760	760	万円	0.02
	濃縮	1700 万円/tSWU	-1.6	-1.6	yr	5.22	9302	9302	万円	0.25
	再転換・成型加工	8000 万円/tU	-0.5	-0.5	yr	1	8119	8119	万円	0.22
	MOX燃料加工・国内輸送	26000 万円/tHM	8	50	yr		3485	921	万円	0.07
再処理	再処理工場へのSF輸送	万円/tU			yr		0	0	万円	0.00
	再処理	35100 万円/tU	8	50	yr		31368	8286	万円	0.63
	再処理廃止措置	万円/tU			yr		0	0	万円	0.00
回収Pu・U credit	Pu credit	円/gPuf			yr				万円	
	回収U credit	円/tU			yr				万円	
	MOX中Puf	円/gPuf			yr				万円	
	MOX中U	円/tU			yr				万円	
バックエンド	HLW貯蔵	5800 万円/tU	28	-	yr		2870	-	万円	0.05
	HLW輸送	万円/tU			yr		0	0	万円	0.00
	HLW処分	7400 万円/tU	48	50	yr		2027	1747	万円	0.05
	TRU廃棄物処理	2800 万円/tU	8	50	yr		2502	661	万円	0.05
	TRU廃棄物貯蔵	1400 万円/tU	20	-	yr		878	-	万円	0.02
	TRU廃棄物地層処分	3100 万円/tU	33	50	yr		1323	732	万円	0.03
	TRU廃棄物地層以外処分	万円/tU			yr		0	0	万円	0.00
	中間貯蔵施設へのSF輸送	万円/tU			yr		-	0	万円	0.00
	中間貯蔵	3100 万円/tU	0	30	yr		-	1322	万円	0.01
発電電力量										
		即時再処理	中間貯蔵							総計(¥/kWh)
		37839	34590			万kWh				1.56

その他諸元

割引率	0.03	q
次世代燃料生成率	0.15	r
再処理時点		m
(即時再処理)	8.5	
(中間貯蔵)	50.5	
所内ロス率	0.965	Ls
燃焼度(MWd/t)		
(UO2)	45000	
(MOX)	45000	
熱効率	0.345	
使用済燃料比率		
(即時再処理)	2	
(中間貯蔵)	1	
BWR・PWR比率		
(BWR)	2	
(PWR)	1	

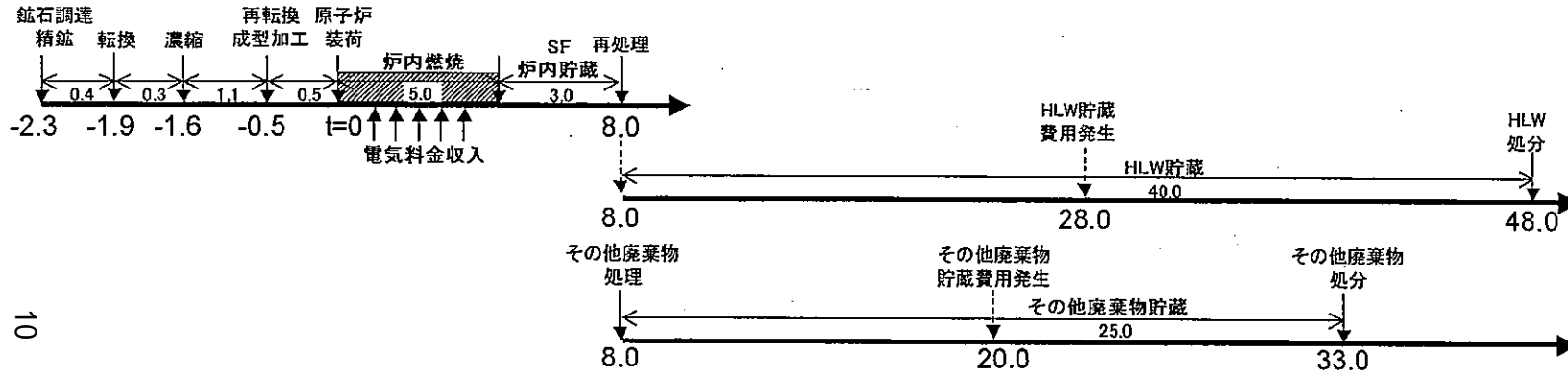
フロントエンド関係諸元

Xf	0.00711
Xp	
(BWR)	0.038
(PWR)	0.041
Xt	0.003
V(Xf)	4.869
V(Xp)	
(BWR)	2.986
(PWR)	2.894
V(Xt)	5.771
R	
(BWR)	8.516
(PWR)	9.246
(総計)	8.759
S	
(BWR)	4.899
(PWR)	5.466
(総計)	5.088
転換ロス	0.005
再転換ロス	0.025

注記1:平成11年試算(5.9円を算出した原子力部会の試算)におけるHLW処分とSF中間貯蔵のコスト算定方式は不明のため、それぞれの単価を用いて算定した。
 注記2:鉱石調達・精鉱(平成11年試算では0.15)と濃縮(平成11年試算では0.27)に若干の相違がある。

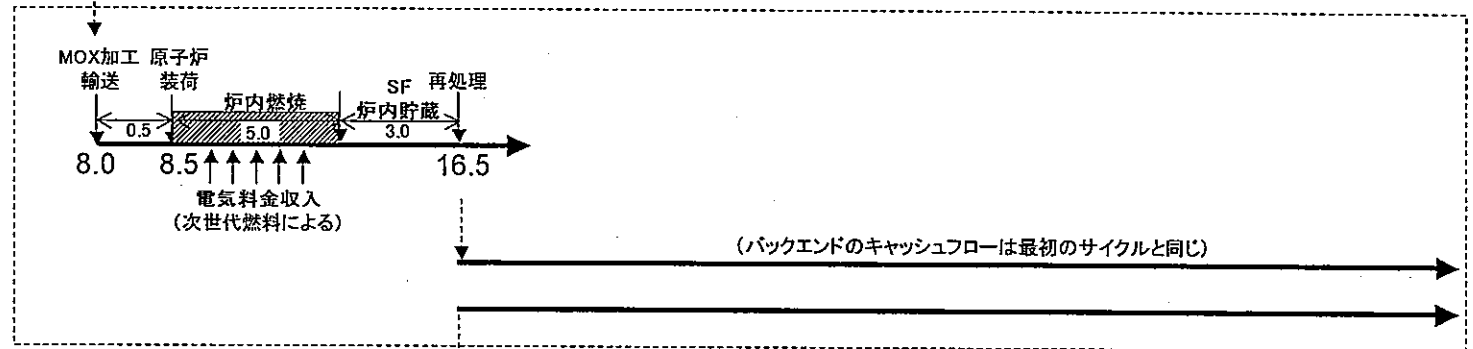
即時再処理オプションにおける Time Flow (2)

(平成 11 年試算モデル (Pu・U credit の概念使用時))



<回収Pu・U credit>

プルサーマル
サイクル



(バックエンドのキャッシュフローは最初のサイクルと同じ)

<回収Pu・U credit>