


PNC  2297 86-001(2)

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

01.11.30

[技術情報室]

配布限定

分置

FBR核燃料サイクル分析

原子力発電の炉型構成及び 核燃料サイクルに係るシステム分析(Ⅳ)

(2) FCCV コードの概要 (Fuel Cycle and Cost Ⅳ)

(受託研究)

1986年1月

株式会社 アイ・ビー・エス・データセンター

配布限定

PNC-J 2297 86-001 (2)

1986年1月31日



F B R 核燃料サイクル分析

原子力発電の炉型構成及び

核燃料サイクルに係るシステム分析 (IV)

—(2) F C C IV (Fuel Cycle and Cost IV) コード概要—

㈱アイ・ビー・エス・データセンター 稲垣光之
石川和夫
太田雅彦

要 旨

本計算コードは、原子力発電の単一炉系ならびに複合炉系における物量収支と経済計算を行い、超長期にわたって各種原子炉の導入効果を分析・評価することを目的として開発したものである。

本計算コードの特徴は、次のとおりである。

- 単一炉系、複合炉系の計算が可能である。
- 物量収支と経済計算を共に計算できる。
- 各種発電原価の計算が可能である。
- 各種計算条件の変更が可能である。

さらに、今回の F C C IV コードでは、従来の F C C コードにいくつかの改良を加え、原子力発電の分析・評価をより適切に行えるようにした。

F C C IV コードの主な改良点を次に示す。

- 計算炉型数を最大 20 炉型とし、計算対象炉型を可変とした。
- 複合炉型シミュレーション期間を最大 140 年間とした。すなわち計算開始年を 1960 年とすれば 2100 年までの計算が可能。
- 物量制約条件下で炉系構成の計算を可能にした（物量制約のみ、また制約なしの計算も可能）。
- 燃料費の計算をバッチ対応とし、炉内滞在期間の償却、炉内金利の計算に改良した。

物量制約条件下における炉系構成を計算することにより、炉系構成の最適化の観点から、将来における炉系構成のあり方を検討することが可能となる。

NOT FOR PUBLICATION

PNC 2297 86 - 001 (2)

January 31, 1986



Analysis of FBR Nuclear Cycle Cost
System Analysis of Long Term Fuel Cycle Formed
with Several Reactor Types of Fuel Cycle Cost (IV)
—— (2) Outline of FCCIV (Fuel Cycle Cost IV) Code ——

IBS Data Center, Ltd. Mitsuyuki Inagaki
Kazuo Ishikawa
Masahiko Ohta

Abstract

This FCCIV Code calculates material quantities and economical efficiency, as such the average cost per kWh and the like each reactor type. For the above, this Code analyze introductory effect of each reactor. And this Code had been developed with purpose of finding out the problem about the structure of reactor types by means of simulating the long-term balances of material quantities and economical efficiency in Japan.

This FCC Code's character as follows :

- The calculation of single-reactor system and complex-reactor system is possible.
- The calculation of material quantities and economical efficiency is possible.
- The calculation of the cost per kWh of every kind is possible.
- The set items of every kind can be changed.

And the improved FCCIV Code is actuality. This FCCIV Code is easy to analyze synthetic structure of reactor types.

This important improved points as follows :

- This FCCIV Code can be calculated to maximum reactor number 20. And the reactors of calculation can be changed.
- This calculation term of complex-reactor system is maximum 140 year. As an example, if the start of calculation is 1960, it is possible to calculate from 2100.
- This FCCIV Code can be calculated structure of reactor types with restri-

ctions of material quantities (it is possible to calculate without restrictions).

- This calculation of fuel cost correspond to fuel batch. This fuel cost repay within a trem of stay in reactor. And the interest of stay in reactor add to this Code.

It is possible to analyze the optimaization about the structure of reactor type by the third point for the above.

目 次

I	FCCIVコードの概要	3
1	FCCIVコードの特徴	3
2	炉系構成計算ロジック	3
3	物量制約条件	4
4	FCCIVコードの燃料サイクルフロー	5
II	物量収支計算（燃料収支計算）	9
1	天然ウラン量	11
1.1	天然ウラン装荷量	11
1.2	天然ウラン回収量	12
1.3	天然ウラン調達量	13
2	分離作業量	13
2.1	分離作業装荷量	14
2.2	分離作業回収量	15
2.3	分離作業必要量	15
3	テイルウラン量	15
3.1	テイルウラン生成量	15
3.2	テイルウラン節約量	16
3.3	テイルウラン実生成量	16
4	減損ウラン量	17
4.1	減損ウラン装荷量	17
4.2	減損ウラン回収量	17
4.3	減損ウラン調達量	17
5	プルトニウム量	17
5.1	プルトニウム装荷量	18
5.2	プルトニウム回収量	18
5.3	プルトニウム・バランス	18
6	その他の物量	19
6.1	成型加工量	19
6.2	使用済燃料輸送量	19
6.3	再処理量	19
6.4	未再処理HM貯蔵量	19

Ⅲ 経済計算	23
1 燃料費計算	23
1.1 炉内滞在期間償却および炉内金利の考え方	23
1.2 フロント・エンド費用	24
1.3 バック・エンド費用	25
1.4 炉心特性データのバッチ対応	26
1.5 燃料計算項目	27
2 資本費計算	32
2.1 建設費	32
2.2 減価償却費	33
2.3 建設費金利	35
2.4 固定資産税	35
2.5 廃炉費	36
3 直接費計算	37
3.1 人件費	37
3.2 修繕費	37
3.3 諸費	38
4 関連費計算	38
4.1 業務分担費	38
4.2 業務事業税	38
5 その他の費用	39
6 発電原価計算	39
6.1 現在価値換算法	40
6.2 設備利用率	40
6.3 年次発電量	41
6.4 各年発電原価	41
6.5 初年度発電原価	41
6.6 耐用年平均発電原価（法的耐用年、物理的耐用年）	41
6.7 ユニペテ方式発電原価	41
6.8 システム発電原価	42
Ⅳ FCCIVコードの構成	47
1 FCCIVコードの計算処理	47
2 FCCIVコードの構成図	49

3	サブルーチン機能	50
4	計算インプット	58
4.1	各種パラメータ	58
4.2	炉心特性データ	64
4.3	原子力設備容量および設定投入量	67
4.4	各種工場の処理容量	70
V	参考文献	75

I FCCMコードの概要

I FCCIVコードの概要

1 FCCIVコードの特徴

FCCIVコードは従来のFCCコードの計算能力を損うことなく、新たに炉系構成の計算、計算対象炉型の拡大、燃料費の炉内金利導入などの機能を加えたものである。従来のFCCコードの特徴を以下に示す。

- (a) 物量計算（燃料収支計算）と経済計算を共に算出できる。
- (b) 単一炉系（原子炉1基）および複合炉系（我国全体）のシミュレーションが可能である。
- (c) 各種設定条件の変更が可能。
- (d) 各種の発電原価の算出ができる。

(b)の複合炉系では、最大シミュレーション期間を140年間とし、計算開始年を1960年としても2100年までの計算が可能であり、超長期にわたる物量計算、経済計算を行うことができる。

今回改良したFCCIVコードでは、上記の機能に次の機能を新たに加えた。

- (a) 物量の各種制約条件を加えることを可能とした。
- (b) 物量制約下での炉系構成の算出を可能とした。
- (c) 計算対象炉系を可変とし、最大対象炉型を20炉型とした。
- (d) 燃料費計算をバッチ対応で炉内滞在期間の償却とし、炉内金利の導入を行った。

(c)については「計算インプット」の項で、(d)については「燃料費計算」の項で後述する。(a)、(b)については次節にて説明する。

2 炉系構成計算ロジック

FCCIVコードは、従来のFCCコードと異なるロジックに改良することにより、制約下での炉系構成の計算を可能にした。従来のFCCコードでは、炉系構成をマニュアルで作成し、その炉系構成の物量計算および経済計算を行っている。これに対し今回改良したFCCIVコードでは、炉心特性データ、原子力設備容量、物量制約条件、各種炉型の投入優先順位を与えることにより、制約条件下で物量計算を行いながら炉系構成を算出する。ただしFCCIVコードでも、マニュアルで作成した炉系構成の計算も行え、また現在計画中の炉型をマニュアルで投入設定し、原子力設備容量に満たない設備容量についての投入炉型の計算も物量制約下で行うことが可能である。これらにより設定された炉系構成の経済計算も行う。

FCCIVコードの詳細なフローは「FCCIVコードの構成」で示すが、FCCIVコードの主な計算手順を次に示す。

- ① 炉心特性、原子力設備容量および物量制約条件などの諸条件の入力とチェック。矛盾する条件の場合はこの時点で終了する。

- ② 計算開始年よりマニュアル設定した投入炉型について物量計算を炉寿命間計算し、物量制約条件を満たさない場合は、この時点で終了する。
- ③ 原子力設備容量が②の投入量で満たされない場合、炉型投入優先順位の1番高い炉型より1基ずつ投入し、炉寿命間の物量計算を行い、物量制約条件を満たさない場合は次に優先順位が高い炉型について同様に行う。計算年の原子力設備容量が満たされるか、計算対象炉型の全てが投入不可能な場合、次の年の計算に移り、②以降の計算を同様に行う。
- ④ ②、③の計算を計算終了年まで計算を繰り返し行う。これによって計算開始年より計算終了年までの炉系構成が設定される。この設定された炉系構成の資本費、直接費などの経済計算を行う。

3 物量制約条件

前節で物量制約条件下での炉系構成の計算ロジックについて述べたが、FCCIVコードでの物量制約条件は、次の6つの制約が可能となっている。

- 天然ウラン使用量の上限および下限
- プルトニウム・バランスの上限および下限
- 再処理量の最大処理能力
- 分離作業量の最大処理能力
- 成型加工量の最大処理能力
- 劣化ウラン量の上限および下限

これらの物量制約条件は、シミュレーションにおいて制約を付けるか、付けないかの選択が可能である。ただし上記の制約条件は、複合炉系シミュレーションで考慮されるが、単一炉系ではこれらの条件は考えない。上記の制約条件について次に述べる。

(a) 天然ウラン使用量の上限および下限

天然ウランの使用量が我国の使用可能量以下で、原子力発電が将来可能であり得るかなどの問題をチェックするためのものである。天然ウラン使用量から回収分を差し引いた累計量が上限と下限内に入っているかを各年チェックする。

(b) プルトニウム・バランスの上限および下限

プルトニウム利用炉の装荷プルトニウムを我国のみで賄うことや、我国のプルトニウム保有量に制約を受けるなどの問題をチェックするためのものである。プルトニウム・バランスの累計量が上限と下限内に入っているかを各年チェックする。

(c) 再処理量の最大処理能力

再処理工場の処理能力により、回収HMの再処理量は制約を受け、回収ウラン量および回収プルトニウム量なども制約を受ける。回収HMが再処理工場の処理能力以下であれば全て再処理さ

れるが、再処理工場の処理能力以上の回収があった場合、再処理しきれない回収HMは未再処理HMとして貯蔵されることになる。再処理工場の処理能力と回収HMを各年チェックし、再処理量を補正する。

(d) 分離作業量の最大処理能力

ウラン濃縮工場の処理能力内で、濃縮ウラン利用炉が運転可能であることをチェックするためのものである。ウラン濃縮は濃縮工場をフル稼働するものとし、使用されない濃縮ウランは貯蔵されるものと仮定する。これによりウラン濃縮工場の処理能力の累計量と投入炉型による分離作業累計量を各年チェックする。

(e) 成型加工量の最大処理能力

成型加工工場の処理能力内で各種炉型の必要とする燃料を成型加工し得るかをチェックするものである。成型加工は分離作業量と同様に、成型加工工場がフル稼働するものとし、使用されない加工燃料は貯蔵されると仮定する。これにより、成型加工工場の処理能力の累計量を各年チェックする。

(f) 劣化ウラン量の上限および下限

本報告書では、劣化ウランを「天然ウランの ^{235}U 濃度（0.711%）未満のウラン」と定義した。つまり濃縮ウラン生成時に生じるテイルウラン（一般に ^{235}U 濃度0.2～0.3%）と、 ^{235}U 濃度が0.711%未満の装荷および回収ウラン（本報告書では減損ウランと呼ぶ）を総称して「劣化ウラン」と呼ぶ。

高速増殖炉などで必要とする劣化ウランが、我国で生成される劣化ウラン量で賅えるか、また劣化ウラン貯蔵量の制約を受けるかなどの問題をチェックするものである。回収分を考慮した劣化ウラン累計量が制約条件の上限と下限に入っているかを毎年チェックする。

4 FCCIVコードの燃料サイクルフロー

FCCIVコードでは、図1-1に示す燃料サイクルフローに基づいて物量計算および経済計算を行った。FCCIVコードの燃料サイクルフローでは、従来のFCCコードの燃料サイクルフローに「転換」を細かく分けることや、「新燃料輸送」などの項目を追加し、より現実的な燃料サイクルフローにした。ただし、減損ウランとテイルウランの転換は異なるが、燃料サイクルフローの簡略化のためテイルウランの転換は異なるが、減損ウランと同様にした。

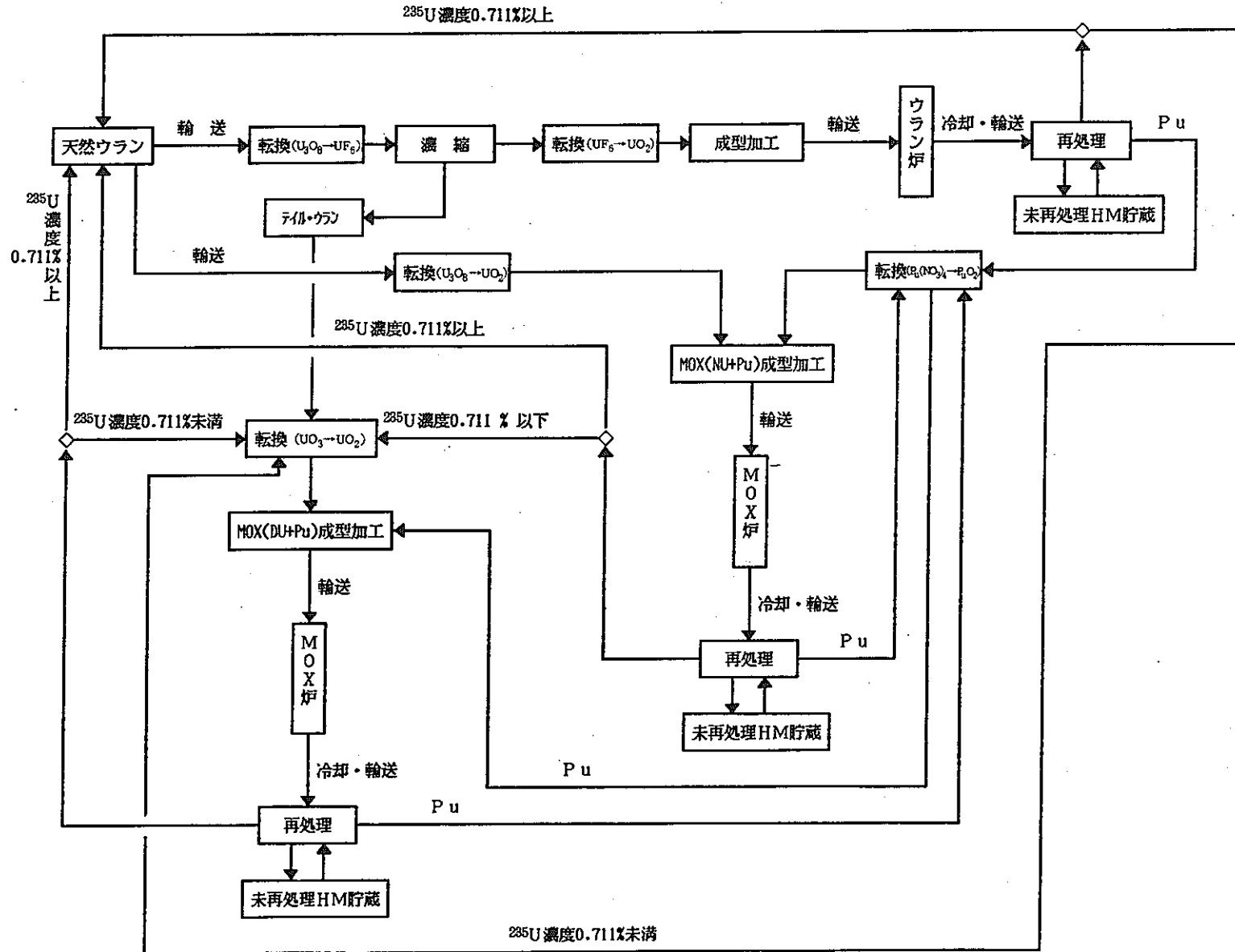


図1-1 FFCIVコードの燃料サイクルフロー

II 物 量 収 支 計 算

(燃料収支計算)

II 物量収支計算（燃料収支計算）

FCCIVコードでは従来のFCCコードの物量計算項目に「テイルウラン」、「減損ウラン」、「未再処理HM量」を追加し、表2-1に示す9項目について計算を行う。

表2-1 FCCIVコード物量計算項目

No.	項目	内容
1	天然ウラン量	^{235}U 濃度 0.711%以上のウランの収支
2	分離作業量	濃縮ウラン生成時の分離作業量
3	テイルウラン量	濃縮ウラン生成時に生じるテイルウラン量
4	減損ウラン量	^{235}U 濃度 0.711%未満のウランの収支
5	プルトニウム量	分裂性プルトニウムの収支
6	成型加工量	装荷HM量
7	使用済燃料輸送量	取出HM量
8	再処理量	取出HM量
9	未再処理HM貯蔵量	再処理工場の処理能力により再処理されなかったHM量

表2-1に示した物量は、図1-1の燃料サイクルフローに基づいて計算される。図1-1の燃料サイクルフローを炉種別に表わしたものを図2-1に示す。

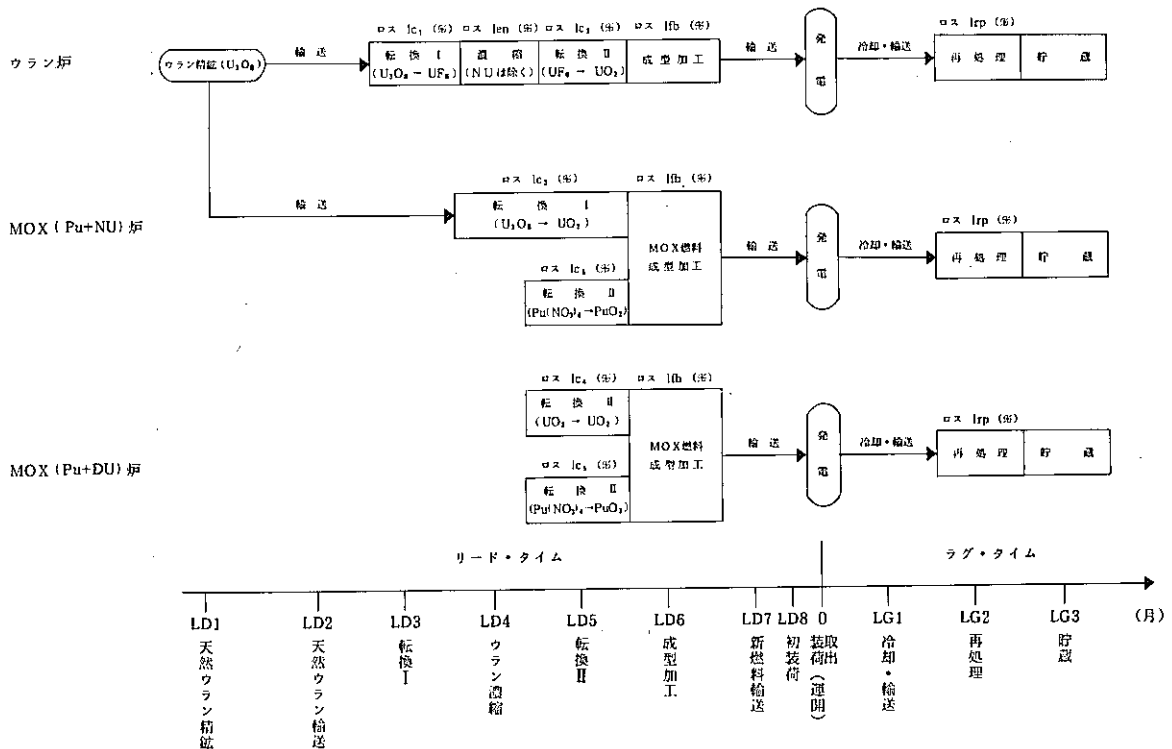


図2-1 炉種別燃料サイクルフロー

物量計算は装荷側では、リード・タイムを考慮した時点で計上し、ロス率を考慮して換算する。また取出側では、ラグ・タイムを考慮した時点で計上し、ロス率を考慮して換算を行う。

FCCIVコードでは、炉心特性データをサイクル単位（月）で与える。このため物量計算では、年単位で計上するため、サイクルを年に換算しなければならない。図2-2に運転サイクルと年の関係を示す。

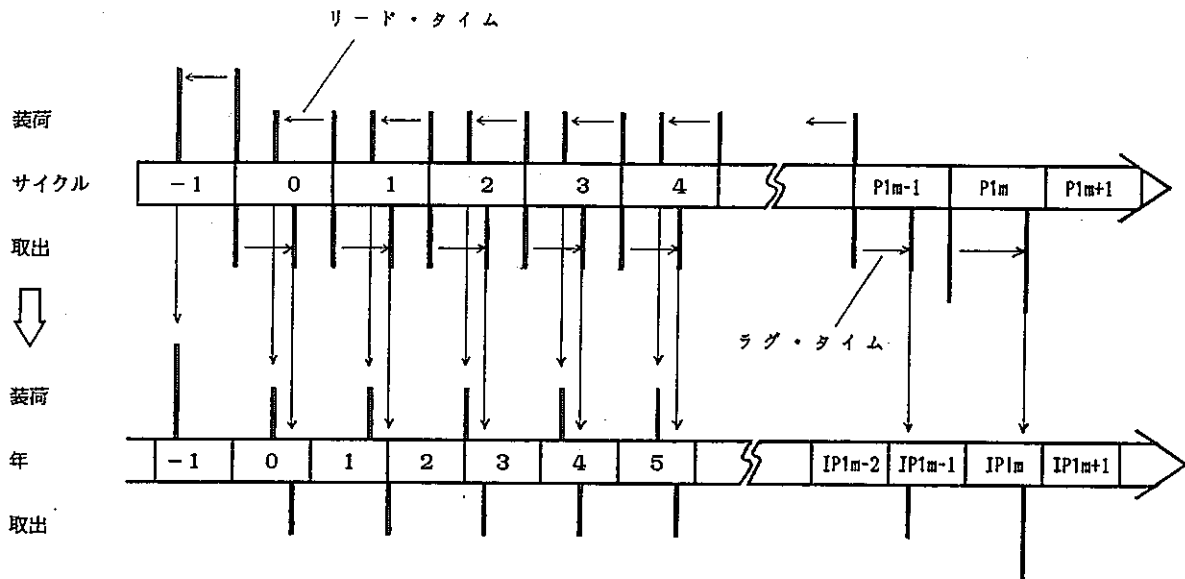


図2-2 サイクルの年換算

図2-2に $P_{\ell m}$ 、 $IP_{\ell m}$ とは炉寿命である。 $P_{\ell m}$ はサイクルであり、 $IP_{\ell m}$ は年単位に換算したものである。1サイクル当りの運転期間を T_{op} （月/サイクル）、非運転期間を T_{mt} （月/サイクル）とすると、1サイクルの月数は

$$1 \text{ サイクル} = T_{op} + T_{mt} \text{ (月)}$$

で表わされる。年単位の炉寿命 $IP_{\ell m}$ は、 $P_{\ell m}$ と1サイクル当りの月数により、

$$IP_{\ell m} = \frac{(T_{op} + T_{mt}) \times P_{\ell m}}{12 \text{ ヶ月}} \text{ (年)} \dots\dots (2-1)$$

と示すことができる。また、あるサイクルで生じる装荷および取出燃料は、リード、ラグ・タイムを考慮したのち、それに対応する年の装荷および取出燃料として計上する。

ここで、リード・タイムを ℓd （月）、ラグ・タイムを ℓg とすると Y_n 年運開の原子炉の第 S_n サイクルに対応する年は、

① 装 荷

$$\text{第 } S_n \text{ サイクルの対応年} = \frac{\{(T_{op} + T_{mt}) \times (S_n - 1) - \ell d\}}{12 \text{ ヶ月}} + Y_n \dots\dots (2-2)$$

② 取 出

$$\text{第 } S_n \text{ サイクルの対応年} = \frac{\{(T_{op} + T_{mt}) \times (S_n - 1) + \ell g\}}{12 \text{ ヶ月}} + Y_n \dots\dots (2-3)$$

となる。ただし運開時点は全て1月1日とする。

1 天然ウラン量

天然ウラン量は、装荷および取出ウランの²³⁵U濃度が0.711%^{*}以上の場合が計算対象となる。装荷ウラン濃度が0.711%以上の場合、その濃度のウランを生成するのに必要な天然ウラン量を換算する。また取出ウランの場合は、その濃度のウランを生成すると仮定し、天然ウラン量に換算したウラン量を天然ウランの回収量として計上する。

1.1 天然ウラン装荷量

天然ウラン装荷量は、装荷ウラン濃度が0.711%より高い場合、天然ウランの濃縮過程により次のように換算しなければならない。²³⁵Uウラン濃度 e (%)のウランを $EU(t)$ 精製するのに必要な天然ウラン量 $NU(t)$ を求めるには、テイルウラン量 $TU(t)$ 、テイル濃度 $e_o(t)$ とする。ウラン濃縮は、図2-3のように表わされ、ロス率を無視すると、濃縮ウランとテイルウランの合計が天然ウラン量と等しくなることから(2-4)式が得られる。

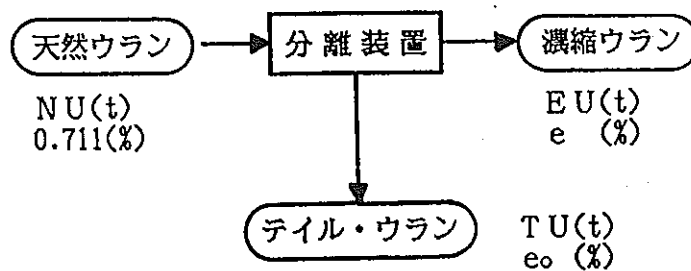


図2-3 ウラン濃縮略図

$$\begin{cases} NU = TU + EU & \text{(全ウラン量)} \\ 0.711 \cdot NU = e_o \cdot TU + e \cdot EU & \text{(^{235}U量)} \end{cases} \dots\dots (2-4)$$

(2-4)式より NU を求めると、

$$TU = NU - EU$$

$$0.711 \cdot NU = e_o \cdot (NU - EU) + e \cdot EU$$

$$NU = \frac{e - e_o}{0.711 - e_o} \cdot EU \dots\dots (2-5)$$

※ 天然ウランは主に、²³⁴U、²³⁵U、²³⁸Uが存在し、比率はそれぞれ0.0057、0.720、99.274(atom%)である。²³⁵Uの重量比は、

$$\frac{0.720 \times 235}{(0.0057 \times 234) + (0.720 \times 235) + (99.274 \times 238)} \approx 0.00711 = 0.711 (\%)$$

となる。また図2-1により転換I ($U_3O_8 \rightarrow UF_6$) ロス lc_1 、濃縮ロス len 、転換II ($UF_6 \rightarrow UO_2$) ロス lc_2 、成型加工ロス lfb を考慮すると(2-5)式は、

$$NU = \frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \cdot NU \cdot \frac{1}{(1 - lc_1/100)} \cdot \frac{1}{(1 - len/100)} \cdot \frac{1}{(1 - lc_2/100)} \cdot \frac{1}{(1 - lfb/100)} \dots\dots\dots (2-6)$$

となる。ただし装荷ウランの²³⁵U濃度が0.711%の場合は、天然ウランをそのまま使用し濃縮過程が省かれるため、転換I ($U_3O_8 \rightarrow UO_2$) ロス lc_3 と成型加工ロス lfb のみ考慮され、

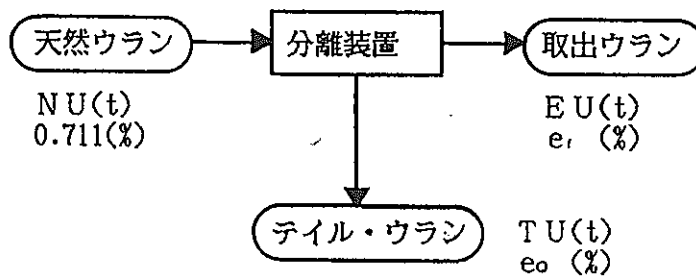
$$NU = EU \cdot \frac{1}{(1 - lc_3/100)} \cdot \frac{1}{(1 - lfb/100)} \dots\dots\dots (2-7)$$

で表わされる。

ただし天然ウラン装荷量の計上時点は、リード・タイムを考慮する。初装荷燃料の場合は、天然ウラン精鉱から装荷までのリードタイムLD1と燃料初装荷から炉運開までのリード・タイムLD8が必要であり、第2サイクル装荷燃料以降はLD1のみ必要である。

1.2 天然ウラン回収(再処理なしの場合は除く)

天然ウラン回収量は、回収ウラン濃度が0.711%より高い場合、その濃度にまで天然ウランを濃縮したと仮定した場合の天然ウラン節約量として求められる。ウラン濃縮は前節に示した図2-3と同様に示され、



となる。前提式も前節と同様に、

$$\begin{cases} NU = TU + RU \\ 0.711 \cdot NU = e_0 \cdot TU + e_1 \cdot RU \end{cases} \dots\dots\dots (2-8)$$

(2-8)式より

$$NU = \frac{e_1 - e_0}{0.711 - e_0} \cdot RU \dots\dots\dots (2-9)$$

となり、天然ウラン装荷量と同様な式が導びかれる。ただし使用済燃料からウランとして取り出すには再処理過程が必要であるため、再処理ロス lrp を考慮し(2-9)式は

$$NU = \frac{e_1 - e_0}{0.711 - e_0} \cdot RU \cdot (1 - lrp/100) \dots\dots\dots (2-10)$$

となる。また回収ウラン濃度が0.711%の場合は、天然ウランと同じであるから、

$$NU = RU \cdot (1 - \ell_{rp}/100) \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

で表わされる。天然ウランの計上時点は、燃料取出から貯蔵までのラグ・タイムLG3が必要である。

1.3 天然ウラン調達量

天然ウラン調達量とは、実際に天然ウランとして精鉱されるウラン量である。天然ウラン装荷量から天然ウラン回収量を差し引いたものが天然ウラン調達量となる。ただし装荷ウラン、回収ウランの天然ウラン量としての計上時点は、リードおよびラグ・タイムを考慮しているため、同サイクルでのウラン量を差し引くのではなく、リード、ラグ・タイムを考慮して計上時点が同じ年の天然ウラン装荷量から天然ウラン回収量を差し引く。

$$Y_n \text{ 年の天然ウラン調達量} = Y_n \text{ 年の天然ウラン装荷量} - Y_n \text{ 年の天然ウラン回収量} \quad \dots\dots\dots (2-12)$$

ただし、再処理を行わない場合は、天然ウラン回収量がないため、

$$Y_n \text{ 年の天然ウラン調達量} = Y_n \text{ 年の天然ウラン装荷量} \quad \dots\dots\dots (2-13)$$

となる。

2 分離作業量

分離作業量は、装荷および回収ウラン濃度が0.711%より高い場合に計算対象となる。分離作業とは天然ウランから濃縮ウランを精製するのに必要な作業量であり、単位はSWU (Separative Work Unit) で示される。

分離作業量は、次式にて表わされる。

$$SWU = v(x_e) \cdot EU + v(x_{e_0}) \cdot TU - v(x_{0.711}) \cdot NU \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

v : 分離ポテンシャル

x_j : 濃度 (j は e 、 e_0 、0.711 : 図2-3参照)

EU、TU、NU : ウラン量 (図2-3参照)

分離ポテンシャル v は濃度の関数で、次式で表わされる。

$$v(x_j) = (2 \cdot x_j - 1) \cdot \ln \left(\frac{x_j}{1 - x_j} \right) \quad \dots\dots\dots (2-15)$$

天然ウラン、テイルウラン、濃縮ウランのそれぞれのポテンシャルを(2-15)式より求めると、

$$\text{天然ウラン : } v(x_{0.711}) = (2 \cdot \frac{0.711}{100} - 1) \cdot \ln \left(\frac{0.711/100}{1 - 0.711/100} \right) \simeq 4.8689 \quad \dots\dots\dots (2-16)$$

$$\begin{aligned} \text{テイルウラン} : v(x_{e_0}) &= (2 \cdot \frac{e_0}{100} - 1) \cdot \ln \left(\frac{e_0/100}{1 - e_0/100} \right) \\ &= (1 - \frac{e_0}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (2-17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{濃縮ウラン} : v(x_e) &= (2 \cdot \frac{e}{100} - 1) \cdot \ln \left(\frac{e/100}{1 - e/100} \right) \\ &= (1 - \frac{e}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (2-18) \end{aligned}$$

となる。天然ウラン量NU、テイルウラン量TUを濃縮ウラン量EUで表わすと、(2-18)式より、

$$NU = \frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \cdot EU \quad \dots\dots\dots (2-19)$$

$$TU = \frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \cdot EU \quad \dots\dots\dots (2-20)$$

(テイル・ウランについては、次節の「テイル・ウラン量」で詳しく述べる。)

(2-16)式より(2-20)式までを(2-14)式に代入すると、分離作業量は、

$$\begin{aligned} SWU &= (1 - \frac{e}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) \cdot EU + (1 - \frac{e_0}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \right) \cdot EU \\ &\quad - 4.8689 \cdot \left(\frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \right) \cdot EU \\ &= \left[\left(1 - \frac{e}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) + \left(1 - \frac{e_0}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \right) \right. \\ &\quad \left. - 4.8689 \cdot \left(\frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \right) \right] \cdot EU \quad \dots\dots\dots (2-21) \end{aligned}$$

となる。ここで〔 〕を α とおき、

$$SWU = \alpha \cdot EU \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

とする ($\alpha = \left[\left(1 - \frac{e}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) + \left(1 - \frac{e_0}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \right) - 4.8689 \cdot \left(\frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \right) \right]$)。

2.1 分離作業装荷量

分離作業装荷量は、装荷ウラン濃度が0.711%より高い場合に計算対象となる。分離作業装荷量は、図2-1に示す濃縮ロス len 、転換II(UF₆→UO₂)ロス lc_2 、成型加工ロス

lfb を(2-22)式に考慮し、

$$SWU = \alpha \cdot EU \cdot \left(\frac{1}{1 - l_{en}/100} \right) \left(\frac{1}{1 - l_{c_2}/100} \right) \left(\frac{1}{1 - l_{fb}/100} \right) \dots \dots (2-23)$$

となる。ただし分離作業装荷量の計上時点は、リード・タイムを考慮する。初装荷燃料の場合、天然ウラン濃縮から装荷までのリード・タイムLD4と、燃料初装荷から炉運開までのリード・タイムLD8が必要である。第2サイクル以降の装荷燃料については、LD4のみ必要である。

2.2 分離作業回収量(再処理なしの場合は除く)

分離作業回収量は、取出ウラン濃度が0.711%より高い場合に計算対象となる。天然ウランから取出ウランの濃度までに濃縮すると仮定し、分離作業量の節約量として計上される。分離作業回収量は、(2-22)式と同様に求められ、再処理ロスを考慮しなければならない。

(2-22)式は、再処理ロス l_{rp} を考慮し

$$SWU = \alpha \cdot EU \cdot (1 - l_{rp}/100) \dots \dots (2-24)$$

と表わされる。また分離作業回収量の計上時点は、燃料取出から貯蔵までのラグ・タイムLG3が必要である。

2.3 分離作業必要量

分離作業必要量は、分離作業装荷量から分離作業回収量を差し引いた実際に必要となる分離作業量である。ただし、リード、ラグ・タイムを考慮して分離作業装荷量、分離作業回収量の計上時点としているため、サイクルごとに分離作業必要量は算出できない。このため分離作業装荷量の計上時点と分離作業回収量の計上時点が同年のものを差し引く。

$$Y_n \text{ 年の分離作業必要量} = Y_n \text{ 年の分離作業装荷量} - Y_n \text{ 年の分離作業回収量} \dots \dots (2-25)$$

ただし再処理を行わない場合は、分離作業回収量がないため、

$$Y_n \text{ 年の分離作業必要量} = Y_n \text{ 年の分離作業装荷量} \dots \dots (2-26)$$

となる。

3. テイルウラン量

テイルウラン量は、装荷および回収ウラン濃度が0.711%より高い場合に、計算対象となる。テイルウランは、図2-3に示したウラン濃縮時に、未濃縮ウランとして廃棄されるウランである。

3.1 テイルウラン生成量

テイルウラン量は、天然ウラン量の計算で示した図2-3より、

$$\begin{cases} \text{NU} = \text{TU} + \text{EU} & (\text{全ウラン量}) \\ 0.711 \cdot \text{NU} = e_0 \cdot \text{TU} + e \cdot \text{EU} & ({}^{235}\text{U量}) \end{cases}$$

の前提条件が示される。これを展開し、

$$0.711 \cdot (\text{TU} + \text{EU}) = e_0 \cdot \text{TU} + e \cdot \text{EU}$$

$$\text{TU} = \frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \cdot \text{EU} \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

とテイルウラン生成量は表わせる。ただし図2-1より、転換Ⅱ ($\text{UF}_6 \rightarrow \text{UO}_2$) ロス l_{c_2} と成型加工ロス l_{fb} があるため、(2-27)式はこれらのロスを考慮し、

$$\text{TU} = \frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \cdot \text{EU} \cdot \frac{1}{(1 - l_{c_2}/100)} \cdot \frac{1}{(1 - l_{fb}/100)} \quad \dots\dots\dots (2-28)$$

となる。またテイルウラン生成量の計上時点は、初装荷燃料の場合、ウラン濃縮から装荷までのリード・タイムLD4と初装荷から運開までのリード・タイムLD8が必要であり、第2サイクル燃料以降は、LD4のみ必要である。

3.2 テイルウラン節約量 (再処理なしの場合は除く)

テイルウラン節約量は、回収ウラン濃度が0.711%より高い場合に計算対象となる。回収ウラン濃度が0.711%より高い場合、天然ウランをその濃度までに濃縮すると仮定したときに生成される節約量として計上される。

テイルウラン節約量は(2-27)式と同様に表わすことができ、再処理ロス l_{rp} を考慮し、

$$\text{TU} = \frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \cdot \text{EU} \cdot (1 - l_{rp}/100) \quad \dots\dots\dots (2-29)$$

と示される。またテイルウラン節約量の計上時点は、燃料取出から貯蔵までのラグ・タイムLG3が必要である。

3.3 テイルウラン実生成量

テイルウラン実生成量は、テイルウラン生成量からテイルウラン節約量を差し引いた実際に生成されるテイルウラン量である。ただしテイルウラン生成量とテイルウラン節約量は、リード、ラグ・タイムを考慮した計上時点としているため、サイクル単位でのテイルウラン実生成量は、算出できない。よってテイルウラン実生成量は、同年のテイルウラン生成量からテイルウラン節約量を差し引く。

$$\text{Yn 年のテイルウラン 実生成量} = \text{Yn 年のテイルウラン 生成量} - \text{Yn 年のテイルウラン節約量} \quad \dots\dots\dots (2-30)$$

ただし再処理を行わない場合は、テイルウラン節約量がないため

$$\text{Yn 年のテイルウラン実生成量} = \text{Yn 年のテイルウラン生成量} \quad \dots\dots (2-31)$$

となる。

4 減損ウラン量

減損ウランは、装荷および回収ウラン濃度が0.711%未満の場合に計算対象となる。つまり高速増殖炉など天然ウラン濃度より低い濃度のウランを用いる炉型についての計算である。減損ウランについては、 ^{235}U 濃度を天然ウラン量などに換算した統一的なものではなく、 ^{235}U 濃度の高低に関係なく0.711%未満の濃度のウランを総合して減損ウラン量とする。

4.1 減損ウラン装荷量

減損ウラン装荷量は、装荷ウラン濃度0.711%未満のウラン量をそのまま用いる。ウラン量をRUとすると、図2-1に示す転換II ($\text{UO}_3 \rightarrow \text{UO}_2$) ロス lc_4 と成型加工ロス lfb を考慮し次式で表わせる。

$$\text{減損ウラン装荷量} = \text{RU} \cdot \frac{1}{(1-lc_4/100)} \cdot \frac{1}{(1-lfb/100)} \quad \dots\dots\dots (2-32)$$

ただし減損ウラン装荷量の計上時点は、初装荷燃料の場合、転換IIから装荷までのリード・タイムLD5と初装荷から運開までのリード・タイムLD8が必要である。第2サイクル以降の装荷燃料についてはLD5のみ必要となる。

4.2 減損ウラン回収量（再処理なしの場合は除く）

減損ウラン回収量は、取出ウラン濃度0.711%未満のウラン量をそのまま用いる。取出ウラン量をRUと、再処理ロス lrp を考慮し

$$\text{減損ウラン回収量} = \text{RU} \cdot (1-lrp/100) \quad \dots\dots\dots (2-33)$$

となる。ただし減損ウラン回収量の計上時点は、燃料取出から貯蔵までのラグ・タイムLG3が必要である。

4.3 減損ウラン調達量

減損ウラン調達量は、減損ウラン装荷量から減損ウラン回収量を差し引いた実際に必要な減損ウラン量である。ただし減損ウラン装荷量と減損ウラン回収量は、計上時点をリード、ラグ・タイムを考慮しているため、サイクル単位で減損ウラン調達量は算出できない。減損ウラン調達量は、同年の減損ウラン装荷量から減損ウラン回収量を差し引く。

$$\text{Yn年の減損ウラン調達量} = \text{Yn年の減損ウラン装荷量} - \text{Yn年の減損ウラン回収量} \quad \dots\dots\dots (2-34)$$

ただし再処理を行わない場合は、減損ウラン回収量はないため

$$\text{Yn年の減損ウラン調達量} = \text{Yn年の減損ウラン装荷量} \quad \dots\dots\dots (2-35)$$

となる。

5 プルトニウム量

プルトニウム量は、分裂性プルトニウムを対象としている。

5.1 プルトニウム装荷量

プルトニウム装荷量は、分裂性プルトニウム装荷量 Pu_f を用い、図 2-1 により、転換 II ($Pu(NO_3)_4 \rightarrow PuO_2$) ロス ℓ_{cs} と成型加工エロス ℓ_{fb} を考慮し、

$$\text{プルトニウム装荷量} = Pu_f \cdot \frac{1}{(1 - \ell_{cs}/100)} \cdot \frac{1}{(1 - \ell_{fb}/100)} \quad \dots\dots\dots (2-36)$$

となる。また、プルトニウム装荷量の計上時点は、初装荷燃料の場合、転換 II から装荷までのリード・タイム LD 5 と初装荷から運開までのリード・タイム LD 8 が必要であり、第 2 サイクル燃料以降は、LD 5 のみ必要である。

5.2 プルトニウム回収量 (再処理なしの場合は除く)

プルトニウム回収量は、分裂性プルトニウム取出量 Pu_f を用い、再処理ロス ℓ_{rp} を考慮し次式で表わせる。

$$\text{プルトニウム回収量} = Pu_f \cdot (1 - \ell_{rp}/100) \quad \dots\dots\dots (2-37)$$

ただし、プルトニウム回収量の計上時点は、燃料取出から再処理まで LG 3 が必要である。

5.3 プルトニウム・バランス

プルトニウム・バランスは、プルトニウム回収量からプルトニウム装荷量を差し引いた実際のプルトニウム生成量である。またプルトニウム・バランスは、未使用プルトニウム貯蔵とも言うことができる。プルトニウム回収量およびプルトニウム装荷量は、ラグ、リード・タイムを考慮しているため、サイクル単位で算出することはできず、同年に計上されたプルトニウム回収量からプルトニウム装荷量を差し引く、

$$Y_n \text{ 年のプルトニウム・バランス} = Y_n \text{ 年のプルトニウム回収量} - Y_n \text{ 年のプルトニウム装荷量} \quad \dots\dots\dots (2-38)$$

ただし、再処理がない場合、プルトニウム回収量はないため

$$Y_n \text{ 年のプルトニウム・バランス} = -Y_n \text{ 年のプルトニウム装荷量} \quad \dots\dots\dots (2-39)$$

となる。

6 その他の物量

その他の物量として、FCCIVコードでは「成型加工量」、「使用済燃料輸送量」、「再処理量」、「未再処理HM貯蔵量」の計算を行う。ただし「未再処理HM貯蔵量」は、複合炉系シミュレーションの再処理工場の容量制限を行った場合のみ算出される。

6.1 成型加工量

成型加工量は、装荷HMを用い、図 2-1 より成型加工ロス ℓ_{fb} を考慮し、

$$\text{成型加工量} = \text{装荷HM} \cdot \frac{1}{(1 - \ell_{fb} / 100)} \quad \dots\dots\dots (2-40)$$

で示される。ただし成型加工量の計上時点は、初装荷燃料の場合、成型加工から装荷までのリード・タイムLD6と初装荷から運開までのリード・タイムLD8が必要である。第2サイクル燃料以降はLD6のみ必要となる。

6.2 使用済燃料輸送量

使用済燃料輸送量は、取出HMであり、

$$\text{使用済燃料輸送量} = \text{取出HM量} \quad \dots\dots\dots (2-41)$$

となる。ただし使用済燃料輸送量の計上時点は、燃料取出から冷却・輸送までのラグ・タイムLG1を必要とする。

6.3 再処理量

再処理量は、取出HMであり、

$$\text{再処理量} = \text{取出HM量} \quad \dots\dots\dots (2-42)$$

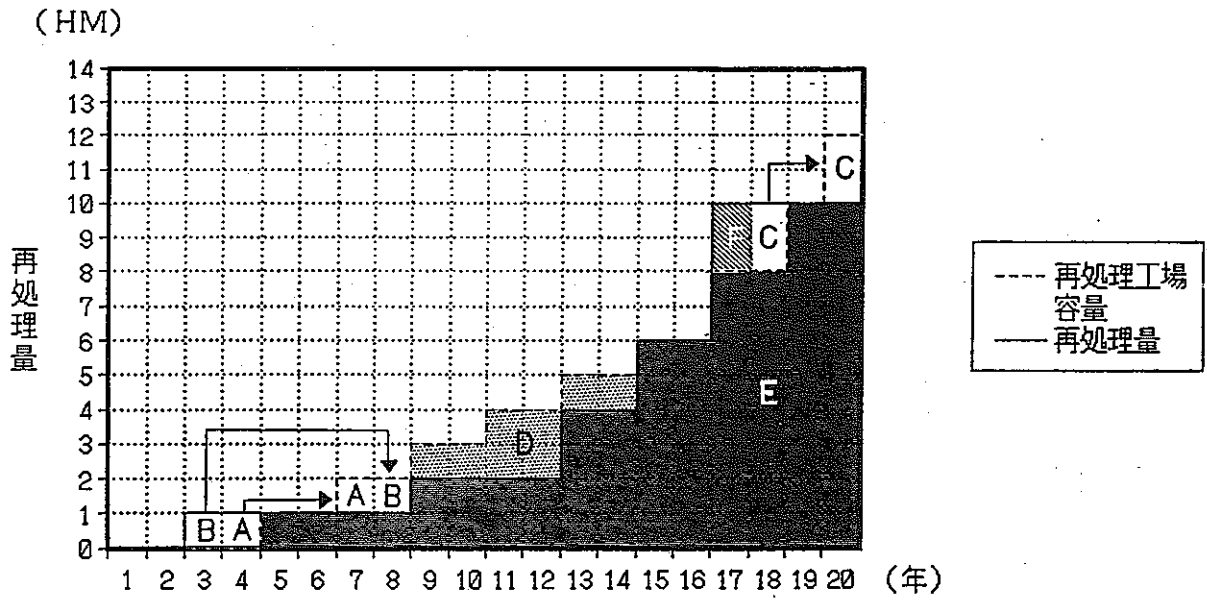
となり、使用済燃料輸送量と同量となる。ただし、使用済燃料輸送量の計上時点と異なり、燃料取出から再処理までのラグ・タイムLG2を必要とする。

6.4 未再処理HM貯蔵量

未再処理HM貯蔵量は、複合炉系シミュレーションにおいて再処理工場の処理容量の制約を付したとき、再処理工場の処理能力以上の取出HMがあった場合に再処理しきれなかった取出HM量である。再処理は、取出HMのうち取り出した時点が後年のものから、すなわち取り出してからの年数が短い取出HMから再処理を行う。ある年に取り出された取出HMは、その年の再処理工場の処理容量があれば、その年で再処理を行い、再処理しきれない取出HMは未再処理HM貯蔵量としてその年に計上する。また、その年の再処理工場の処理容量以下の取出HMは全て再処理し、かつ前年に未再処理HM貯蔵量があれば、前年の取出HMも再処理を行う。

以上の再処理方法を図2-4に示す。図2-4で斜線部Eは取出HMが発生時に再処理されるものである。D部分は、取出HM量が再処理工場の処理容量により少ないための、再処理工場の処理容量の余剰分であり、斜線部Fは、取出HM量が多いために、再処理されなかった未再処理HM量である。A、B、C部について、再処理工場の処理容量に余剰があるため、前年の未再処理HMが再処理される場合である。ただし未再処理HMであるF部は、前年の再処理工場の余剰分D部で再処理されることはない。

また、未再処理分の取出HMは、天然ウラン回収量、分離作業回収量などの回収分の燃料にも影響する。未再処理分の取出HMと再処理される取出HMの比率によって回収分の燃料の計算を行う。つまり取出HMが全て再処理される場合は、炉心特性データをそのまま用いる。ま



た全て再処理されない場合は、炉心特性データの取り出し燃料を全て未再処理分としてストックする。再処理可能量がAトンで、取出HM量Bトンであるときに、 $A < B$ の場合、取出HM量の再処理量はAトンであり、回収分の燃料は、

$$\text{回収分の燃料} = \frac{A}{B} \times \text{炉心特性データ} \times \text{ロス} \quad \dots\dots (2-43)$$

となる。

III 經 濟 計 算

Ⅲ 経済計算

1 燃料費計算

FCCIVコードの燃料費計算は、従来のFCCコードの燃料費の計算方法を変更し、燃料バッチ単位による炉内滞在期間での償却、および炉内金利を導入した。

また燃料費計算項目を図2-1に基づき詳細に分け、より現実的なものとした。

1.1 炉内滞在期間償却および炉内金利の考え方

燃料費は、燃料量と燃料単価の積

$$\text{燃料費} = \text{燃料量} \times \text{燃料単価} \dots\dots\dots (3-1)$$

で表わせる。ただし燃料単価は、燃料調達時の単価であり燃料単価の基準年 Y_0 、実質燃料価格上昇率 $f_c(\%)$ とすると Y_n 年の燃料単価は、

<複利の上昇>

$$Y_n \text{ 年の燃料単価} = Y_0 \text{ 年の燃料単価} \times (1 + f_c / 100)^{(Y_n - Y_0)} \dots\dots\dots (3-2)$$

<単利の上昇>

$$Y_n \text{ 年の燃料単価} = Y_0 \text{ 年の燃料単価} \times \left(\frac{f_c}{100} \cdot (Y_n - Y_0) + 1 \right) \dots\dots\dots (3-3)$$

となる。FCCIVコードでは、複利的価格上昇、単利的価格上昇の選択が可能である。また物量計算での計上時点は、リード、ラグ・タイムを考慮したものであったが、燃料費では、実際に装荷または取出時点で費用化する。ただしリード、ラグ・タイム間に金利がかかるものとする。

従来のFCCコードでは、上記の方法で燃料費の計算を行っている。すなわち、「物量×燃料単価×リード・ラグ・タイム間の利率」で算出した。今回改良したFCCIVコードでは、上記の算出式により計算した燃料費を、その燃料が炉内に滞在している期間で償却されると考えて、その間にかかる金利、すなわち炉内金利の計算も加えた。

FCCIVコードの燃料費の計算方法は、燃料をバッチ単位で取り扱い、期間内に装荷、取出のないバッチについて減価償却的なコスト割り付けを行うものである。ある期間中のコストは、その期間中に装荷、取り出しを受けたバッチのみが負うのではなく、その間炉内に滞在していたバッチも負担するものである。これは燃料バッチに則して見た場合、そのコストは装荷、取出時のみ集中してかかるのではなく、炉内期間を通じて徐々にかかるものとする。すなわち燃料費を、発電量に添って徐々に回収するものである。燃料費は、炉内滞在期間の運転期間で償却し、炉内金利は炉内滞在期間を通じて計上する。前記の考え方を図3-1に示す。

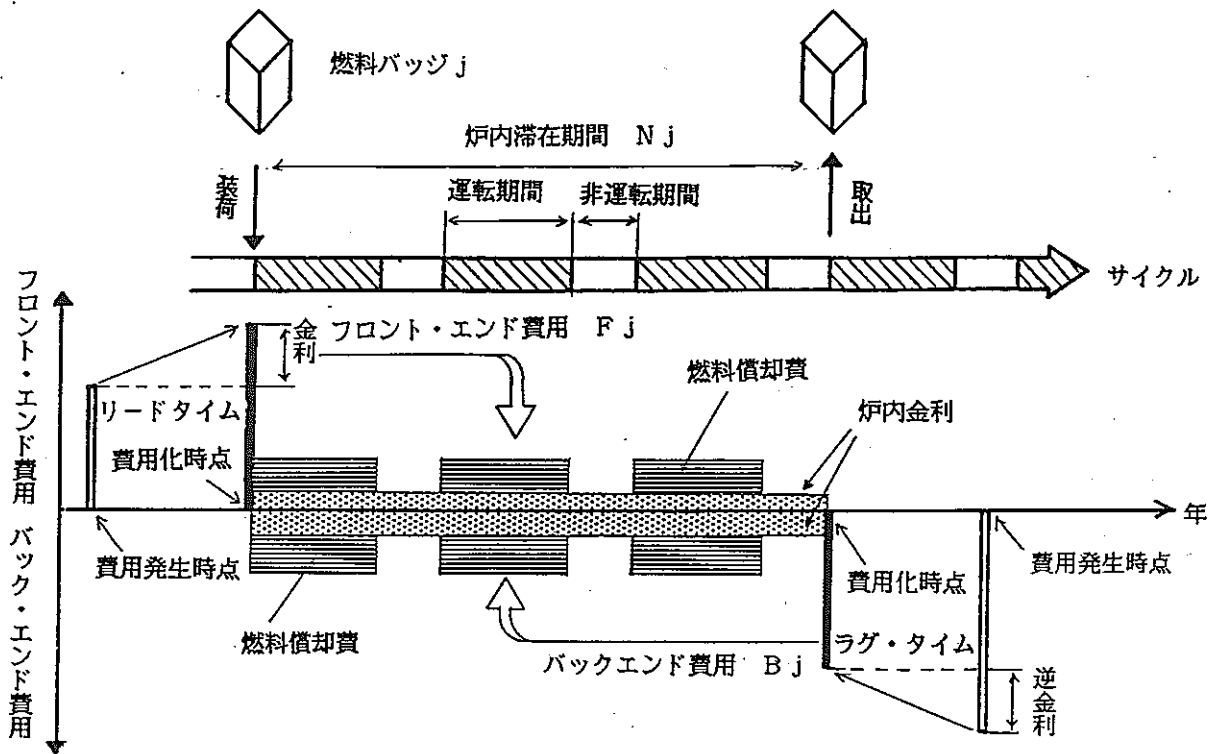


図 3-1 FCCVコードの燃料費計算方法

1.2 フロント・エンド費用

フロント・エンド費用とは、装荷側の燃料費である。フロント・エンド費用 F_j (図3-1参照) は使用燃料量 F_q 、燃料単価 F_c 、リード・タイムを ℓ_d (月) とし、年利率 i (%/年) とすと、

<複利計算>

$$F_j = F_q \cdot F_c \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{\frac{\ell_d}{12}} \dots\dots\dots (3-4)$$

<単利計算>

$$F_j = F_q \cdot F_c \cdot \left\{ \left(\frac{i}{100}\right) \cdot \left(\frac{\ell_d}{12}\right) + 1 \right\} \dots\dots\dots (3-5)$$

となる。FCCVコードでは、複利計算、単利計算の選択が可能である。

フロント・エンド費用 F_i は、炉内滞在期間 N_j 内の全運転期間 n_j とすると、

$$\text{燃料費償却} = \frac{F_j}{n_j} \dots\dots\dots (3-6)$$

となり、毎月定額償却する。炉内金利は毎月の償却残高に月利率 K (%/月) がかかるとし、運転月、非運転月共に考える。また全寿命中の全燃料バッチに対しては、運転月と非運転月とが平均的に来るものと考えて、どのバッチに対しても炉内期間中は、運転月と非運転月を問わず、

$$\text{炉内金利} = \frac{F_j}{2} \left(1 + \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \dots\dots\dots (3-7)$$

ずつ金利がかかるものと近似する。

全炉心について、ある月に装荷中の燃料バッチが m あるとすると、

<運転月>

$$\text{燃料費} = \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{F_j}{n_j} + \frac{F_j}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \right\} \dots\dots\dots (3-8)$$

<非運転月>

$$\text{燃料費} = \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{F_j}{2} \left(1 + \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \right\} \dots\dots\dots (3-9)$$

となり、毎月(3-8)式または(3-9)式のコストがかかるものとする。

1.3 バック・エンド費用

バック・エンド費用とは、取出側の燃料費である。バック・エンド費用 B_j (図3-1参照)は、取出燃料費 B_q 、燃料単価 B_c 、ラグ・タイムを l_g (月)とし、年利率 i (%/年)とすると、フロント・エンド費用と異なりラグ・タイム間に逆金利がかかり、

<複利計算>

$$B_j = B_q \cdot B_c \cdot \left(1 - \frac{i}{100}\right)^{\frac{l_g}{12}} \dots\dots\dots (3-10)$$

<単利計算>

$$B_j = B_q \cdot B_c \cdot \left\{1 - \left(\frac{i}{100}\right) \left(\frac{l_g}{12}\right)\right\} \dots\dots\dots (3-11)$$

となる。FCCIVコードでは、複利計算、単利計算の選択が可能である。

バック・エンド費用 B_j は、炉内滞在期間 N_j 内の全運転期間 n_j とすると、

$$\text{燃料費償却} = \frac{B_j}{n_j} \dots\dots\dots (3-12)$$

となり、毎月定額を積み立てる。また炉内金利は、フロント・エンド費用と同様に、積み立て額に対して運転月、非運転月を問わず月利率 K (%/月)の金利がかかる。ただしバック・エンド費用の場合、積み立てに対するものであるため逆金利となる。

$$\text{炉内金利} = -\frac{B_j}{2} \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \dots\dots\dots (3-13)$$

(3-13)式の炉内金利を毎月一律に割り付けるよう近似する。

以上のことから、全炉心についてある月に装荷中の燃料バッチが m あるとすると、

<運転月>

$$\text{燃料費} = \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{B_j}{n_j} - \frac{B_j}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \right\} \dots\dots\dots (3-14)$$

<非運転月>

$$\text{燃料費} = -\sum_{j=1}^m \left\{ \frac{B_j}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100} \right\} \dots\dots\dots (3-15)$$

となり、毎月(3-14)式または(3-15)式のコストがかかるものとする。

※ フロント・エンド費用およびバック・エンド費用の炉内金利平均額の式の導出方法を「(参考)炉内金利平均額の式」に示す。

1.4 炉心特性データのバッチ対応

一般に炉心特性データは、サイクル内の燃料収支（一般には1サイクル=1年）であり、炉心特性データにバッチと言う概念はない。ただし、その炉心のバッチ数がわかれば炉心特性データをバッチ単位に扱うことができる。炉心特性データをバッチ単位に対応づけたものを図3-2に示す。

図3-2は炉心が3バッチで、炉心寿命10サイクルの場合である。最上図は、従来の炉心特性そのままであり、数値はサイクル数を表わしている。これをバッチに対応させたものが下の2つの図であり、上図がフロント・エンド側（装荷燃料）、下図がバック・エンド側（取出燃

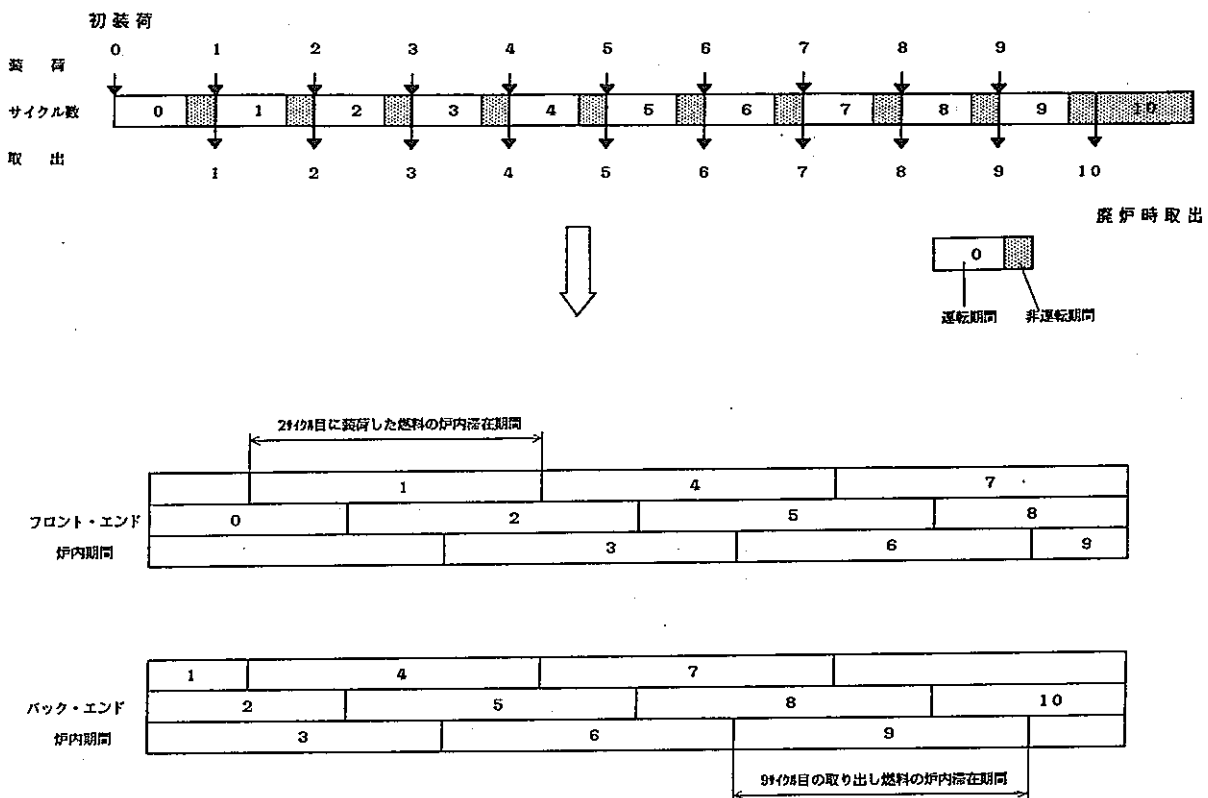


図3-2 炉心特性データのバッチ対応

料)である。図3-2を見ると初装荷燃料(図3-2ではフロント・エンド炉内期間の0サイクル)と廃炉時取出燃料(図3-2ではバック・エンド炉内期間の10サイクル)は全バッチが対応となり、初装荷燃料および廃炉時取出燃料は1/バッチ数ごとに炉内期間を変えなければならないことがわかる。また平衡炉心燃料では、1サイクル当りの運転期間Top(月)、非運転期間Tmt(月)とすると、1サイクルの月数は、

$$1 \text{ サイクルの月数} = Top + Tmt$$

であり、炉心バッチ数をBnとすると炉内滞在期間は、

$$\text{平衡炉心炉内滞在期間(月)} = (Top + Tmt) \times Bn$$

となる。初装荷から廃炉までの炉内滞在期間を表3-1に示す。ただし表内のmは炉心寿命(サイクル)である。

表3-1 炉心特性データの炉内滞在期間

フロント・エンド	炉内滞在時間 (月)	バック・エンド
0サイクル (初装荷燃料) 装荷量× $\frac{1}{B_n}$	1 2 3 ⋮ $B_n - 1$ B_n	1サイクル 2サイクル 3サイクル ⋮ ($B_n - 1$)サイクル B_n サイクル (初期取出燃料)
1サイクル～($m - B_n - 1$)サイクル (平衡炉心装荷燃料)	($Top + Tmt$) × B_n	($B_n - 1$)サイクル～($m - 1$)サイクル (平衡炉心取出燃料)
($m - B$)サイクル ($m - B + 1$)サイクル ⋮ ($m - 3$)サイクル ($m - 2$)サイクル ($m - 1$)サイクル (廃炉時前装荷燃料)	($Top + Tmt$) × ($B_n - 1$) $Top + Tmt$ × B_n ⋮ ($Top + Tmt$) × 3 ($Top + Tmt$) × 2 $Top + Tmt$	1 2 ⋮ mサイクル (廃炉時燃料) 取出量× $\frac{1}{B_n}$ $B_n - 2$ $B_n - 1$ B_n

1.5 燃料費計算項目

FCCVコードでは従来のFCCコードの燃料費計算項目を分け、詳細な燃料費計算を可能とした。燃料サイクルフローに基づいて燃料費計算項目を炉種別に示した図を図3-3から図3-5に示す。

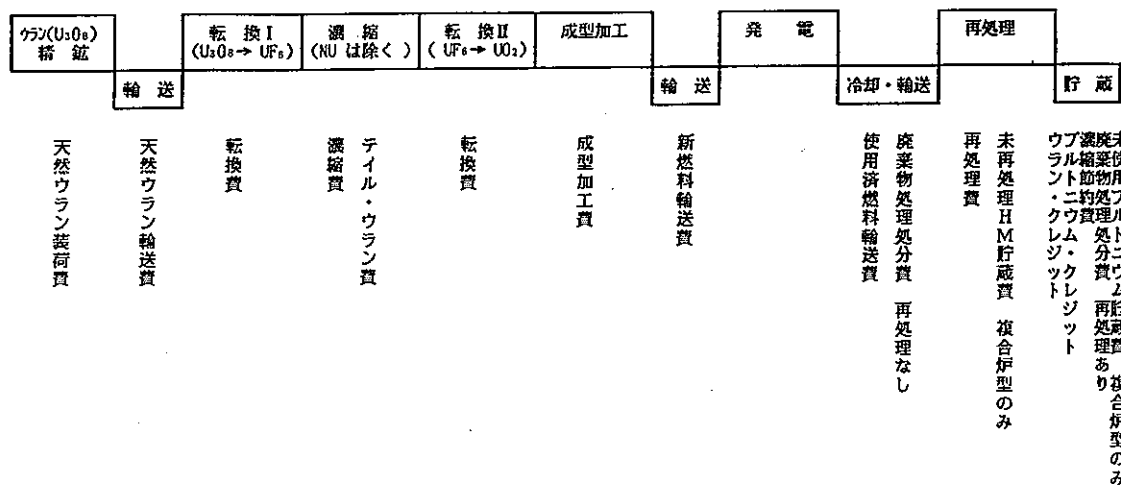


図3-3 ウラン炉の燃料費計算項目

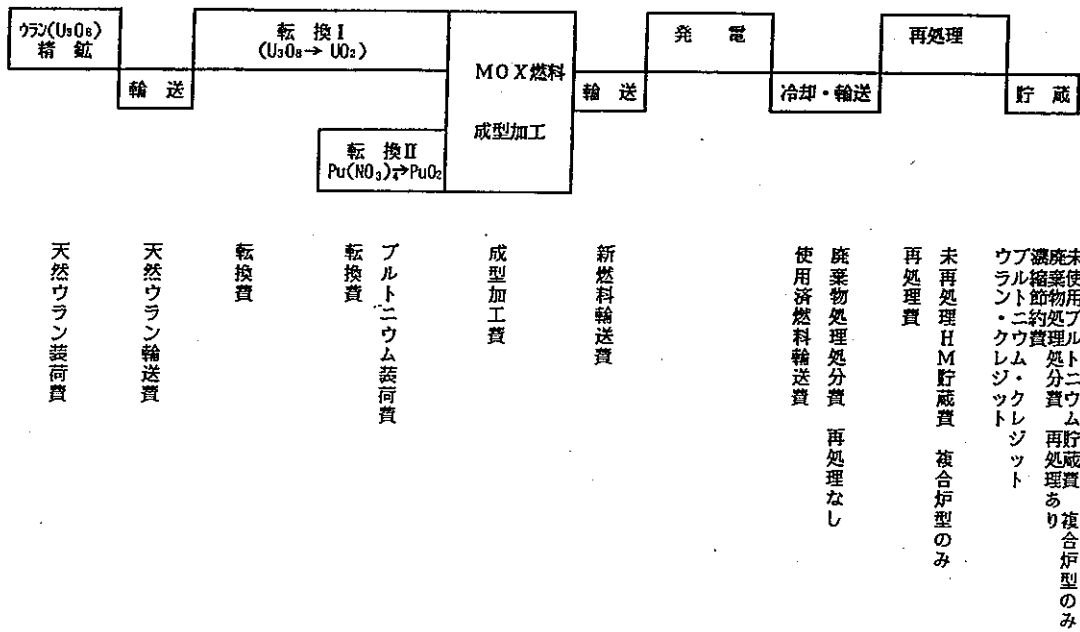


図 3-4 MOX(Pu+N) 炉の燃料費計算項目

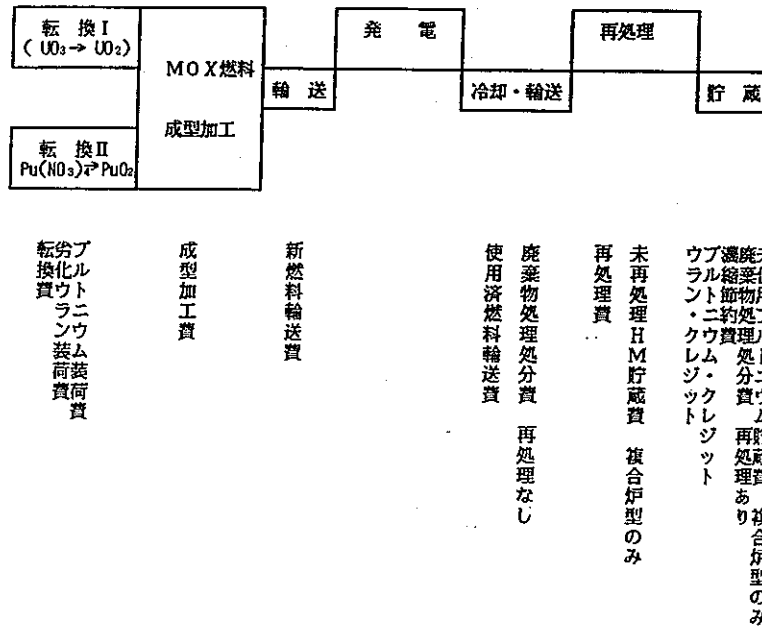


図 3-5 MOX(Pu+D) 炉の燃料費計算項目

図 3-3 から図 3-5 の燃料費計算項目をまとめたものを表 3-2 に示す。

表 3-2 FCCIVコードの燃料費計算項目一覧

項 目	物 量	対 象	ロ ス	対象リード、ラグ・タイム	
フ ロ ン ト ・ エ ン ド	天然ウラン装荷費	天然ウラン装荷量	ウラン濃度 0.711% lc_1, lfb	ウラン濃度 0.711%より高 lc_1, len, lc_2, lfb	LD 1 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	天然ウラン輸送費	天然ウラン装荷量	ウラン濃度 0.711% lc_1, lfb	ウラン濃度 0.711%より高 lc_1, len, lc_2, lfb	LD 2 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	転換費 ($U_3O_8 \rightarrow UF_6$)	天然ウラン装荷量		lc_1, len, lc_2, lfb	LD 3 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	転換費 ($UF_6 \rightarrow UO_2$)	装荷ウラン量 ^{**}		lc_2, lfb	LD 5 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	転換費 ($U_3O_8 \rightarrow UO_2$)	天然ウラン装荷量		lc_2, lfb	LD 3 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	転換費 ($Pu(NO_3)_4 \rightarrow PuO_2$)	プルトニウム装荷量		lc_2, lfb	LD 5 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	転換費 ($UO_2 \rightarrow UO_2$)	装荷ウラン量 ^{**}		lc_2, lfb	LD 5 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	濃 縮 費	分離作業装荷量		len, lc_2, lfb	LD 4 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	テイルウラン費	テイルウラン生成量		lc_2, lfb	LD 4 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	劣化ウラン装荷費	装荷ウラン量 ^{**}		lc_2, lfb	LD 5 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	プルトニウム装荷費	プルトニウム装荷量		lc_2, lfb	LD 5 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	成型加工費	装荷HM量 ^{**}		lfb	LD 6 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
	新燃料輸送費	装荷HM量 ^{**}			LD 7 (初装荷燃料の場合は +LD 8)
バ ッ ク ・ エ ン ド	使用済燃料輸送費	取出HM量 ^{**}			LG 1
	再 処 理 費	取出HM量 ^{**}			LG 2
	ウラン・クレジット	天然ウラン回収量、取出ウラン量 ^{**}		lrp	LG 3
	プルトニウム・クレジット	プルトニウム回収量		lrp	LG 3
	濃縮費節約費	分離作業回収量		lrp	LG 3
	テイルウラン節約費	テイルウラン節約量		lrp	LG 3
	廃棄物処理処分費	取出HM量 ^{**}			再処理あり: LG 3、再処理なし: LG 1
複 系 合 の 貯 み	未再使用Pu貯蔵費	プルトニウム・バランス累計量(プラス)			
	未再処理HM貯蔵費	取出HM量(未再処理分)			

対象ロスおよび対象リード、ラグ・タイムは図 2-1 に示したものである。ロス、リード、ラグ・タイムの一覧表を表 3-3 に示す。

表 3-3 ロスおよびリード、ラグ・タイム一覧

項 目	内 容
ロ ス	lc1 転換ロス ($U_3O_8 \rightarrow UF_6$)
	lc2 転換ロス ($UF_6 \rightarrow UO_2$)
	lc3 転換ロス ($U_3O_8 \rightarrow UO_2$)
	lc4 転換ロス ($UO_2 \rightarrow UO_2$)
	lc5 転換ロス ($Pu(NO_3)_4 \rightarrow PuO_2$)
	len 濃縮ロス
	lfb 成型加工ロス
	lrp 再処理ロス
リ ー ド ・ タ イ ム	LD1 天然ウラン精製 → 燃料装荷
	LD2 天然ウラン輸送 → 燃料装荷
	LD3 転換 → 燃料装荷
	LD4 ウラン濃縮 → 燃料装荷
	LD5 転換 → 燃料装荷
	LD6 成型加工 → 燃料装荷
	LD7 新燃料輸送 → 燃料装荷
	LD8 燃料初装荷 → 炉運開
ラ グ ・ タ イ ム	LG1 燃料取出 → 冷却・輸送
	LG2 燃料取出 → 再処理
	LG3 燃料取出 → 貯蔵

なおウラン・クレジットは、天然ウラン回収分と減損ウラン回収分の合計値である。天然ウラン回収分は物量計算の天然ウラン回収量を用いて、

$$\text{ウラン・クレジット} = \text{天然ウラン回収量} \times \text{天然ウラン単価} \dots \dots \dots (3-16)$$

となる。減損ウラン回収分については、減損ウランの ^{235}U 濃度を考慮して費用化し、次式で表わされる。

$$\text{ウラン・クレジット} = \text{回収ウラン量} \times \frac{e}{0.711} \times \text{減損ウラン単価} \dots \dots \dots (3-17)$$

(3-17) 式で e は、回収ウランの濃度 (%) である。(3-16) 式と (3-17) 式の合計値をウラン・クレジットとして計上する。

(参考) 炉内金利平均額の式

1 フロントエンド費用

装荷直後の月は、 $F_j \times \frac{K}{100}$ の金利が生じる。月末に取出しを行う月は、運転月であると考え、その月の初め迄に $(n_j - 1)$ ケ月の運転月による償却がなされていると考え、その月初の償却残高は、

$$F_j \left(1 - \frac{n_j - 1}{n_j}\right) = \frac{F_j}{n_j}$$

その月の担当金利は月利率を K として $\frac{F_j}{n_j} \cdot \frac{K}{100}$ である。平均的には運転月と非運転月とが、ならされて出現し、ほぼ直線的な償却を受けると考えて、上記の最も高い月と最も安い月の単純平均を以って毎月の炉内金利負担額とする。

$$\frac{1}{2} \left\{ F_j \cdot \frac{K}{100} + \frac{F_j}{n_j} \cdot \frac{K}{100} \right\} = \frac{F_j}{2} \left(1 + \frac{1}{n_j}\right) \cdot \frac{K}{100}$$

これは、 $n_j = N_j$ つまり全期間運転の場合は資本回収係数 $\frac{R}{A}$ の考え方 (の単利化) と一致するので妥当性がある。

$$\frac{A}{R} = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad (i \text{ は利率})$$

$$\simeq \frac{i}{1 + ni + \frac{n(n-1)}{2} i^2 - 1} + i$$

$$= \frac{1}{n + \frac{n(n-1)}{2} i} + i$$

$$= \frac{i}{n \left(1 + \frac{n-1}{2} i\right)} + i$$

$$\begin{aligned}
&\approx \frac{1 - \frac{n-1}{2} i + ni}{n} \\
&= \frac{1}{n} + \frac{n+1}{2n} i \\
&= \frac{1}{n} + \frac{i}{2} \left(1 + \frac{1}{n}\right) \\
&\quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\
&\quad \text{償却分} \quad \quad \text{金利分}
\end{aligned}$$

また同じく $n_j = N_j$ の場合、全期間 N_j の炉内金利支払金額は

$$N_j \times \frac{F_j - i}{2} \left(1 + \frac{1}{N_j}\right) = F_j \frac{N_j + 1}{2} i$$

となり、炉内期間の midpoint 単利金利をかけたものとはほぼ一致することからも妥当性が認められる。

2 バックエンドの場合

装荷直後の月は、積立金ゼロから開始する金利もゼロである。取出月は、運転月とし、その月初迄に $\frac{n_j-1}{n_j} B_j$ が積立てられている。単利で考えているのでこの月の金利は、 $\frac{n_j-1}{n_j} \cdot B_j \cdot \frac{K}{100}$ である。よって最初と最後の月の単純平均で近似して

$$B_j \frac{n_j-1}{2n_j} \cdot \frac{K}{100} = \frac{B_j}{2} \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) \frac{K}{100}$$

全期間運転 $n_j = N_j$ のときの炉内蓄積全金利額は

$$N_j \times \frac{B_j}{2} \cdot \frac{K}{100} \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) = B_j \frac{N_j-1}{2} \frac{K}{100}$$

で、やはり炉内期間の midpoint 単利で逆金利をかけたものにはほぼ等しい（厳密にはフロントエンド分と $\frac{1}{2}$ ヶ月ずつ計1ヶ月分ずれているが、これは $(1+n)^{\frac{K}{100}}$ と $\frac{1}{(1+n)^{\frac{K}{100}}}$ の違いから来ているものと考えられる）。

なお全期間運転 $n_j = N_j = n$ のとき減債基金法による積立の単利化は、

$$\begin{aligned}
\frac{i}{(1+i)^n - 1} &\approx \frac{i}{1 + ni + \frac{n(n-1)}{2} i^2 - 1} \quad (i \text{ は利率}) \\
&= \frac{1}{n \left(1 + \frac{n-1}{2} i\right)} \\
&\approx \frac{1}{n} \left(1 - \frac{n-1}{2} i\right) \\
&= \frac{1}{n} - \frac{i}{2} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \\
&\quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\
&\quad \quad \quad \text{積立分} \quad \quad \text{金利分}
\end{aligned}$$

となるのでバックエンドの式は妥当である。

2 資本費計算

資本費の計算は、主に建設費に関係するものであり、FCCIVコードでは次の4項目について計算を行う。

- ① 減価償却費
- ② 建設費金利
- ③ 固定資産税
- ④ 廃炉費

2.1 建設費

建設費は、大きく「土地代」、「総工事費」、「建設中利子」に別けられる。建設費の内訳を表3-4に示す。

表3-4 建設費内訳

細分類	大分類
土地	土地
建築物 原子炉及び付属設備 機械装置（原子炉及び付属設備を除く） 諸装置 備品 試験費 総経費 予備費 分担関連費	土地代を除く 総工事費
建設中利子	建設中利子

FCCIVコードでは表3-4の大分類で建設費の設定を行う。

建設中利子は、建設工期間にかかる利子である。建設中利子は建設工期の中央で一括で支払い、工期中央以降運開までの期間について利子を負担するものとし、建設中利子率は次式で表わされる。

$$\text{建設中利子率} = (1+r)^{\frac{n}{2} \times \frac{1}{12}} - 1 \quad \dots\dots (3-18)$$

ここで、nは建設工期（月）、rは自己資金を含めた平均年利率である。この建設中利子率を用い、建設中利子は、

$$\text{建設中利子} = (\text{土地代を除く総工事費} + \text{土地代}) \times \text{建設中利子} \quad \dots\dots (3-19)$$

となる。建設費は以上の総和であり、次のように示される。

$$\text{建設費} = \text{「土地代を除く総工事費」} + \text{「土地代」} + \text{「建設中利子」} \cdots \cdots (3-20)$$

また、FCCIVコードでは建設費の価格上昇を考慮することが可能となっている。建設費の設定年を Y_0 とし、実質建設費上昇率を r とすると、 Y_n 年の建設費は、

<複利の上昇>

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年の土地代を含む総工事費} &= Y_0 \text{ 年の土地代を含む総工事費} \\ &\times (1+r)^{(Y_n-Y_0)} \quad \cdots \cdots (3-21) \end{aligned}$$

<単利の上昇>

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年の土地代を含む総工事費} &= Y_0 \text{ 年の土地代を含む総工事費} \\ &\times \{ 1+r \times (Y_n-Y_0) \} \cdots \cdots (3-22) \end{aligned}$$

となり、 Y_n 年の建設費は(3-21)式または(3-22)式に(3-19)式で計算した建設中利子を加えたものになる。またFCCIVコードでは建設費の価格上昇を複利の上昇と単利の上昇の選択が可能である。

2.2 減価償却費

建設費の減価償却の主な方法として「定額法」、「定率法」、「資本回収法」があげられ、FCCIVコードでは以上の減価償却の選択が可能となっている。

(1) 定額法

定額法は、耐用年数間に一定額を毎年償却する方法であり、算定式は(3-23)式で表わされる。

$$\begin{aligned} \text{減価償却費 (耐用年数間毎年)} &= \frac{1-\text{残存価格}}{\text{耐用年数}} \times (\text{建設費}-\text{土地代}) \\ &\cdots \cdots (3-23) \end{aligned}$$

ただし、耐用年数以降はゼロとなる。

(2) 定率法

定率法は耐用年数間、一定の割合で建設費の償却を行う方法である。耐用年数を n 、残存価格を d とすると減価償却率 α は、

$$\alpha = 1 - \sqrt[n]{d} \quad \cdots \cdots (3-24)$$

となる。建設費を A とすると各年の減価償却費は、

$$\text{初年度} : (\text{建設費}-\text{土地代}) \times \alpha \quad \cdots \cdots (3-25)$$

$$t \text{ 年度} : (\text{建設費}-\text{土地代}) \times (1-\alpha)^{t-1} \times \alpha \quad \cdots \cdots (3-26)$$

である。ただし耐用年以降はゼロである。

(3) 資本費回収法

資本費回収法はある投資に関して、耐用年間に毎年同一額を計上し、耐用年間で投資額を

回収するものである。耐用年数を n 、年利率 i とすると、耐用年間の毎年の減価償却費は金利を含め、

$$\begin{aligned} \text{減価償却費} &= (\text{建設費} - \text{土地代}) \times (1 - \text{残存価格}) \times \left\{ \frac{i}{(1+i)^{n-1}} + i \right\} \\ (\text{耐用年間毎年、} & \\ \text{金利含む}) & + \{ (\text{建設費} - \text{土地代}) \times \text{残存価格} + \text{土地代} \} \times i \quad \dots\dots (3-27) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{建設費} \left\{ (1 - \text{残存価格}) \times \left(\frac{i}{(1+i)^{n-1}} + i \right) \right\} \\ & - \text{土地代} \left\{ (1 - \text{残存価格}) \times \frac{i}{(1+i)^{n-1}} \right\} \quad \dots\dots (3-28) \end{aligned}$$

である。ただし耐用年以降は減価償却費および金利はゼロとする。

<参考>資本回収法の算定式

耐用年数 n 、年利率 i 、投資額を A とすると、 A の n 年後における複利合計は、

$$A \times (1+i)^n \quad \dots\dots (3-29)$$

である。また毎年計上する償却額を R とすれば、 n 年度の複利合計は、

$$\begin{aligned} &R + R(1+i) + R(1+i)^2 + \dots\dots + R(1+i)^{n-1} \\ &= R \{ 1 + (1+i) + (1+i)^2 + \dots\dots + (1+i)^{n-1} \} \quad \dots\dots (3-30) \end{aligned}$$

となり、 $1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1} = \frac{1+a^n}{1+a}$ であるから (3-30) 式は、

$$R \cdot \frac{1 - (1+i)^n}{1 - (1+i)} = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \dots\dots (3-31)$$

となる。(3-29) 式と (3-31) 式は同額であるから

$$\begin{aligned} A(1+i)^n &= R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\ \frac{R}{A} &= \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad \dots\dots (3-32) \end{aligned}$$

(3-32) 式は資本回収係数と呼ばれる。資本回収係数により毎年の回収額は

$$\begin{aligned} \text{毎年回収額} &= (\text{建設費} - \text{土地代}) \times (1 - \text{残存価格}) \times \underbrace{\left\{ \frac{i}{(1+i)^{n-1}} + i \right\}}_{\text{資本回収係数}} \\ & + \underbrace{\{ (\text{建設費} - \text{土地代}) \times \text{残存価格} + \text{土地代} \} \times i}_{\text{金利分}} \end{aligned}$$

となり、(3-27) 式が導びかれる。

2.3 建設費金利

建設費に対する金利は、減価償却されなかった額、すなわち減価償却残高に対してかかる。建設費の金利の算定式を(3-33)式に示す。

初年度：建設費×年利率

2年目以降：減価償却残高×年利率 …………… (3-33)

ただし、建設費の金利は「定額法」または「定率法」で減価償却を行った場合に計算される。「資本回収法」で減価償却を行う場合は、金利を含んでいるため、この式による計算は行わない。

2.4 固定資産税

固定資産税は、建設費の金利と同様に建設費の減価償却残高に対する利率で算出され、

初年度：建設費×固定資産税率(年度)

2年目以降：減価償却残高×固定資産税率(年率) …………… (3-34)

と示される。ただし(3-34)式で算出は「定額法」および「定率法」で建設費の減価償却を行う場合に用いる。「資本回収法」による建設費の減価償却では耐用年間平均固定資産税を用いて算出する。耐用年間平均固定資産税は、耐用年間に毎年同額の固定資産税を支払うものであり、(3-35)式で表わされる。

耐用年間平均固定資産税 = 建設費 × 耐用年間平均固定資産税率(年率)
(耐用年間毎年) …………… (3-35)

ただし耐用年以降はゼロである。

<参考>耐用年間平均固定資産税率

耐用年間平均固定資産税において、運開後n年目に支払う額は、建設費A、減価償却率を α とすれば、

運開後n年目の固定資産税 = $A \cdot (1 - \alpha)^{n-1} \times$ 当該年度固定資産税率(年率)
…………… (3-36)

であり、年率iにおける現在価値は、

運開後n年目の固定資産税 = $\frac{A \cdot (1 - \alpha)^{n-1}}{(1 + i)^n} \times$ 当該年度固定資産税率
…………… (3-37)

となる。現行の固定資産税率の、全国平均値は次のとおりであり、初年度は0.47%を使用している。

最初の5年間： $0.014 \times \frac{1}{3} = 0.0047$

次の5年間： $0.014 \times \frac{2}{3} = 0.0039$

残りの期間： 0.014

以上のことから、最初の5年間に支払う固定資産税の現在価値 S_5 は、

$$S_5 = A \left\{ \frac{1}{1+i} + \frac{1-a}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(1-a)^4}{(1+i)^5} \right\} \times 0.0047 \quad \dots\dots (3-38)$$

$$= A \frac{1 - \left(\frac{1-a}{1+i}\right)^5}{a+i} \times 0.0047 \quad \dots\dots (3-39)$$

(3-24) 式で $d=10\%$ 、 $n=16$ 年とすると、 a は

$$a = 1 - \sqrt[16]{0.1} \simeq 0.134$$

となり、年利率 8% とする S_5 は、

$$S_5 = A \cdot \frac{1 - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^5}{0.134+0.08} \times 0.0047 \simeq A \times 0.01468 \quad \dots\dots (3-40)$$

次の5年間に支払う固定資産税の現在価値 S_{10} は、

$$S_{10} = A \frac{\left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^5 - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{10}}{0.134+0.08} = 0.0093 \simeq A \times 0.00963 \quad \dots\dots (3-41)$$

耐用年数が16年の場合、残りの期間に支払う固定資産税の現在価値 S_{16} は、

$$S_{16} = A \frac{\left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{10} - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{16}}{0.134+0.08} \times 0.014 \simeq A \times 0.00528 \quad \dots\dots (3-42)$$

耐用年数が16年の場合の耐用年間平均固定資産税率は、

$$A \times \text{耐用年間平均固定資産税率} = A \times (S_5 + S_{10} + S_{16}) \times \text{資本回収係数} \quad \dots\dots (3-43)$$

資本回収係数は、(3-32) 式より

$$\frac{0.08}{(1+0.08)^{16}-1} + 0.08 \simeq 0.11298$$

(3-43) 式は

$$A \times (0.01468 + 0.00963 + 0.00528) \times 0.11298 \simeq A \times 0.00333$$

となり、耐用年間平均固定資産税率は、 0.00333 となる。

2.5 廃 炉 費

廃炉費は、建設費に対する割合で示され、減債基金方式により耐用年間に毎年均等額ずつ廃炉費を積み立てるものとする。毎年の廃炉費は建設費 A 、年利率 i 、建設費に対する廃炉費率を f とすると、

$$\text{毎年廃炉費積み立て額} = A \times f \times (1+r)^n \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad \dots\dots (3-44)$$

(耐用年間)

となる。ここで r は実質廃炉費上昇率であり、 n は耐用年数である。

また (3-44) 式で、建設費の減価償却方法を「定額法」および「定率法」の場合、耐用年数 n は物理的耐用年数 (炉寿命) を用いる。「資本回収法」の場合、耐用年数 n は法的耐用年数を用いる。

3 直接費計算

直接費は、原子炉運転に直接的に係る費用である。FCCIVコードでは「人件費」、「修繕費」および「諸費」に分けて計算を行う。

3.1 人件費

人件費は、建設費に対する割合で求め (3-45) 式で表わされる。

$$\text{人件費} = \text{建設費} \times \text{人件費率} \times \text{実質労務上昇率} \quad \dots\dots (3-45)$$

ここで実質労務上昇率は、基準年を Y_0 とすると Y_n 年で、

<複利の上昇>

$$Y_n \text{ 年の実質労務上昇率} = (1 + \text{実質労務上昇率})^{(Y_n - Y_0)} \quad \dots\dots (3-46)$$

<単利の上昇>

$$Y_n \text{ 年の実質労務上昇率} = \text{実質労務上昇率} \times (Y_n - Y_0) + 1 \quad \dots\dots (3-47)$$

となる。FCCIVコードでは、複利の上昇と単利の上昇の選択が可能となっている。

3.2 修繕費

修繕費の経年比率は、実質価格上昇を除き、初年度を1とし耐用年月に A 倍となるように可変算定式を用い、耐用年度以降一定となるようにする。これを図3-6に示す。

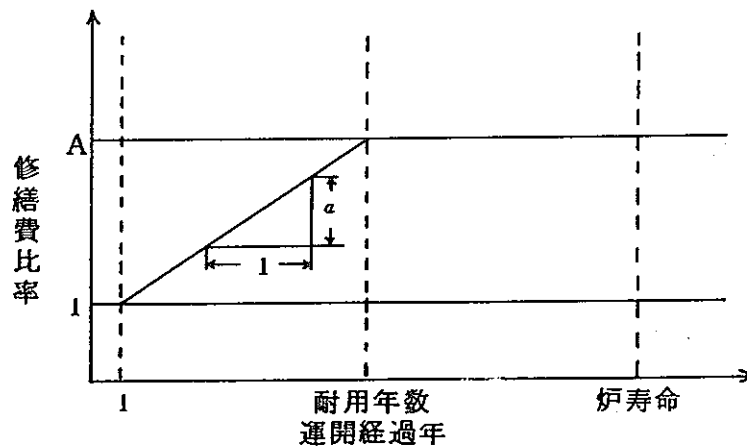


図3-6 修繕費経年比率

図3-6より傾き α は、(3-48) 式となる。

$$\text{傾き } \alpha = \frac{A - 1}{\text{耐用年数} - 1} \quad \dots\dots (3-48)$$

初年度の修繕費は建設費に対する割合で求められ、修繕費は

〈初年度から耐用年まで〉

$$\text{修繕費} = \text{建設費} \times \text{修繕費率} \times \{ 1 + \alpha \cdot (t_n - 1) \} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots (3-49)$$

〈耐用年から炉寿命〉

$$\text{修繕費} = \text{建設費} \times \text{修繕費率} \times \{ 1 + \alpha \cdot (t_x - 1) \} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots (3-50)$$

となる。ここで t_n は運開経過年、 t_x は耐用年数である。実質価格上昇率は (3-46) 式または (3-47) 式と同様である。また初年度から炉寿命までの修繕費を建設費に対する比率一定とする場合は $A = 1$ とする。

3.3 諸費

諸費は、人件費などと同様に建設費に対する割合で求める。諸費は (3-51) 式で表わされる。

$$\text{諸費} = \text{建設費} \times \text{諸費率} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots (3-51)$$

ただし実質価格上昇率は (3-46) 式または (3-47) 式と同様である。

4 関連費計算

関連費は、炉運転に関接的に係る費用であり、FCCIVコードでは「業務分担費」と「業務事業税」を計上する。

4.1 業務分担費

業務分担費は、本社関係の費用を分担するものである。本社の諸手当、旅費、福利厚生費、事務所経費等である。業務分担費は、建設費に対する割合または直接費に対する割合で求める。

〈対建設費〉

$$\text{業務分担費} = \text{建設費} \times \text{業務分担率} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots (3-52)$$

〈対直接費〉

$$\text{業務分担費} = \text{当該年度の直接費} \times \text{業務分担率} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots (3-53)$$

ここで実質価格上昇率は (3-46) 式または (3-47) 式と同様である。また FCCIV コードでは、(3-52) 式、(3-53) 式の選択が可能となっている。

4.2 業務事業税

業務事業税は、収益(売上高)の何%かを税金として計上するものである。業務事業税を除く全経費を A 、業務事業税を X とし、業務事業税率を α とすると、業務事業税 X は、

$$\begin{aligned} (A + X) \times \alpha &= X \\ X &= A \times \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \dots\dots (3-54) \end{aligned}$$

となる。したがって業務事務税を除く全経費に対する業務事業税率 β は

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \dots\dots\dots (3-55)$$

と示され、業務事業税は(3-56)式となる。

$$\text{業務事業税} = \text{当該年度の全経費} \times \beta \quad \dots\dots\dots (3-56)$$

ここで当該年度の全経費とは、

$$\text{当該年度の全経費} = \text{資本費} + \text{燃料費} + \text{直接費} + \text{業務分担費} + \text{その他の費用}$$

である。

5 その他の費用

その他の費用として、FCCIVコードでは新型転換炉の重水費の計算を行う。重水費は「重水費金利」、「重水費補給費」、「重水精製費」に分けられる。

(1) 重水費金利

初装荷での重水費に対する金利であり、建設費の土地代と同様に扱う、すなわち初装荷重水費の減価償却は行わず、金利のみ計上される。重水費の金利は、(3-57)式で示される。

$$\text{重水費金利} = \text{初装荷重水費 (入力値)} \times \text{年利率} \quad \dots\dots\dots (3-57)$$

ただし初装荷重水費の価格上昇は、実質労務上昇率と同様に(3-46)式または(3-47)式で表わされる。

(2) 重水補給費

重水補給費は、次式により求められる。

$$\text{重水補給費} = \text{重水補給費 (入力値)} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots\dots (3-58)$$

(3) 重水精製費

重水精製費は、次式により求められる。

$$\text{重水精製費} = \text{重水精製費 (入力値)} \times \text{実質価格上昇率} \quad \dots\dots\dots (3-59)$$

重水補給費および重水精製費の実質価格上昇率は、(3-46)式または(3-47)式と同様である。

6 発電原価の計算

FCCIVコードでは、現在価値換算を取り入れた種々の発電原価の計算が可能となっている。FCCIVコードの計算可能な発電原価を次に示す。

- (1) 各年発電原価
- (2) 初年度発電原価
- (3) 耐用年平均発電原価

(4) ユニペデ方式発電原価

(5) システム発電原価

6.1 現在価値換算

現在価値換算法は、将来の価値に対して、現時点ではそれより低い価値とみなす考え方である。将来または過去 t_n 年において価値 A は、現在の価値 A' に換算すると、

$$\text{現在価値 } A' = A \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{t_0 - t_n} \quad \dots\dots (3-60)$$

ただし、 r は現在価値換算率 (%)、 t_0 は現在価値基準年 (現在) である。

6.2 設備利用率

一般に設備利用率は、炉心特性の条件により設定されているが、この場合炉心特性は年単位であることが多く次の様に考えられる。

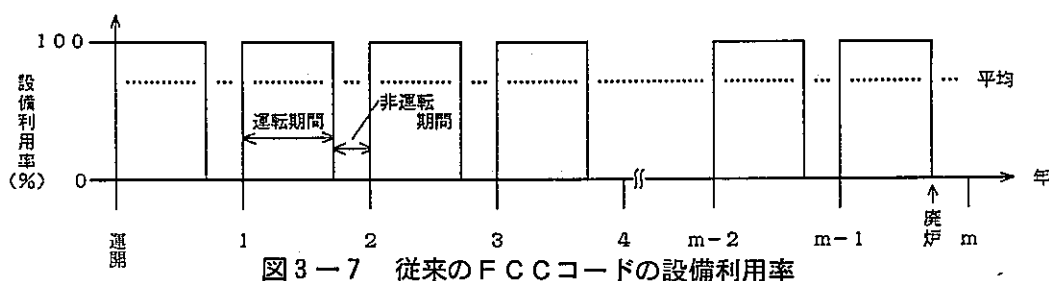


図 3-7 従来の FCC コードの設備利用率

図 3-7 で、運転期間と非運転期間の和が 1 年に相当すると考えられ、運転期間(月)を 12 ヶ月 (1 年) で除したものが全期間を通じた設備利用率であると考えられる。

これに対し、FCC IV コードではサイクル (月) 単位の炉心特性に対応できるようになっているため、図 3-7 の様に単純な対応はできない。これを図 3-8 に示す。

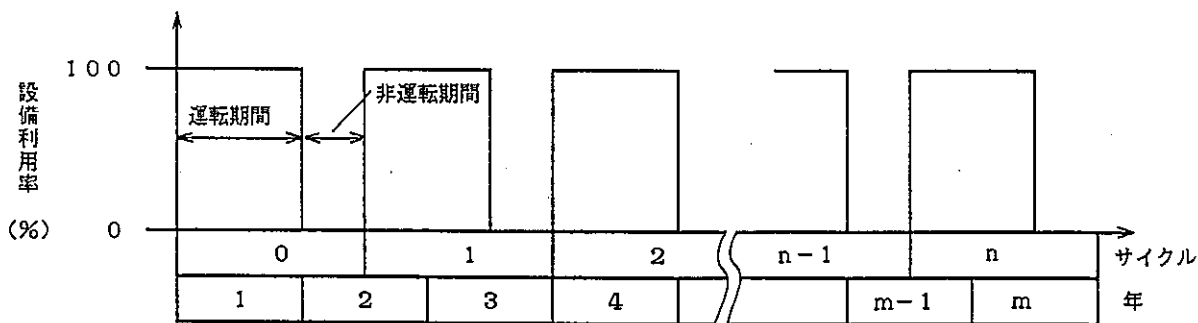


図 3-8 FCC IV コードの設備利用

図 3-8 をみると、運転期間および非運転期間の設定により、1 年間の設備利用率が異ってくる。図 3-8 では 1 年目の設備利用率は 100% であり、2 年目、3 年目では非運転期間だ

け設備利用率が下がり、また4年目は100%となる。よってFCCVコードでは、その年の全運転期間を12ヶ月(1年)で除して求められる。Yn年の設備利用率は、(3-61)式で表わされる。

$$Y_n \text{年の設備利用率 (\%)} = \frac{Y_n \text{年の全運転期間 (月)}}{12 \text{ヶ月}} \times 100 \quad \dots\dots (3-61)$$

6.3 年次発電量

年次発電量は、6.2で述べた設備利用率より稼働時間を算出し、これと設備容量との積で求められる。Yn年の発電量は、

$$Y_n \text{年の発電量 (Wh)} = Y_n \text{年の設備容量 (We)} \times (365 \text{日} \times 24 \text{時間}) \\ \times \frac{Y_n \text{年の設備利用率 (\%)}}{100} \quad \dots\dots (3-62)$$

となる。また発電量の現在価値換算も費用と同様に行うことができ、

$$\text{現在発電量} = Y_n \text{年の発電量} \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{Y_n - Y_0} \quad \dots\dots (3-63)$$

となる。ここでrは現在価値換算率(%)、Y0は現在価値基準年(現在)である。

6.4 各年発電原価

各年発電原価は、ある年の経費をその年の発電量で除して求められる。Yn年の各年発電原価は(3-64)式で示される。

$$Y_n \text{年の各年発電原価 (円/kWh)} = \frac{C_n + F_n + D_n + R_n + O_n}{P W_n} \quad \dots\dots (3-64)$$

C _n : Y _n 年の資本費	R _n : Y _n 年の関連費
F _n : Y _n 年の燃料費	O _n : Y _n 年のその他の経費
D _n : Y _n 年の直接費	P W _n : Y _n 年の発電量

6.5 初年度発電原価

初年度発電原価は運開時点(運開後1年間)の発電原価であり、次式で表わされる。

$$\text{初年度発電原価 (発電端)} = \frac{C_1 + F_1 + D_1 + R_1 + O_1}{P W_1} \quad \dots\dots (3-65)$$

(円/kWh)

$$\text{初年度発電原価 (送電端)} = \frac{C_1 + F_1 + D_1 + R_1 + O_1}{P W_1} \cdot \frac{1}{(1 - \text{所内率})} \quad \dots\dots (3-66)$$

(円/kWh)

C ₁ : 1年目の資本費	R ₁ : 1年目の関連費
F ₁ : 1年目の燃料費	O ₁ : 1年目のその他の経費
D ₁ : 1年目の直接費	P W ₁ : 1年目の発電量

6.6 耐用年平均発電原価

耐用年平均発電原価には、法的耐用年と物理的耐用年の2種類の平均発電原価がある。一般

的には、法的耐用年による平均発電原価が主流であるが、現実的な経済性を評価する場合には、物理的耐用年平均発電原価が有効だと思われる。

耐用年平均発電原価は、運開から耐用年までの累計発電経費を、運開から耐用年までの累計発電量を除して求められる。ただし、耐用年平均発電原価は、原子炉1基の経済性についての評価に用いられる。耐用年平均発電原価は、運開時点を基準として現在価値換算も行ない、次式で表わされる。

$$\text{耐用年平均発電原価 (発電端)} \quad (\text{円/kWh}) = \frac{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{C_i + F_i + D_i + R_i + O_i}{(1+r)^{i-1}} \right)}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{PW_i}{(1+r)^{i-1}} \right)} \quad \dots\dots\dots (3-67)$$

$$\text{耐用年平均発電原価 (送電端)} \quad (\text{円/kWh}) = \frac{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{C_i + F_i + D_i + R_i + O_i}{(1+r)^{i-1}} \right)}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{PW_i}{(1+r)^{i-1}} \right)} \cdot \frac{1}{(1-\text{内率})} \quad \dots\dots\dots (3-68)$$

- C_i : 運開後 i 年の資本費
- F_i : 運開後 i 年の燃料費
- D_i : 運開後 i 年の直接費
- R_i : 運開後 i 年の関連費
- O_i : 運開後 i 年のその他の経費
- PW_i : 運開後 i 年の発電量
- r : 現在価値換算率

6.7 ユニペデ方式発電原価

ユニペデ方式発電原価は、UNIPEDA（国際発送配電業者連盟）で採用されている各種発電所および国際比較を目的とした発電原価である。ユニペデ方式発電原価は、原子炉1基の経済性を評価するのに用いられ、運開時点を基準として現在価値換算を行い、次式で表わされる。

$$\text{ユニペデ方式発電原価 (発電端)} \quad (\text{円/kWh}) = \frac{B + \sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{F_i + D_i + R_i + O_i}{(1+r)^{i-1}} \right)}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{PW_i}{(1+r)^{i-1}} \right)} \quad \dots\dots\dots (3-69)$$

$$\text{ユニペデ方式発電原価 (送電端)} \quad (\text{円/kWh}) = \frac{B + \sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{F_i + D_i + R_i + O_i}{(1+r)^{i-1}} \right)}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{PW_i}{(1+r)^{i-1}} \right)} \cdot \frac{1}{(1-\text{内率})} \quad \dots\dots\dots (3-70)$$

- B : 建設費
- R_i : 運開後 i 年の関連費

- F_i : 運開後 i 年の燃料費 O_i : 運開後 i 年のその他の経費
 D_i : 運開後 i 年の直接費 PW_i : 運開後 i 年の発電量
 r : 現在価値換算率

6.8 システム発電原価

システム発電原価は、我国全体の多種複数基の炉型の発電原価であり、複合炉型シミュレーションの経済性の評価に用いられる。システム発電原価は、計算開始年 t_s から計算終了年 t_e までの全炉型累計発電経費を、 t_s 年から t_e 年までの全炉型累計発電量で除して求められる。システム発電原価は、現在価値換算を行い、次式で表わされる。

$$\begin{aligned}
 \text{te 年のシステム発電原価 (発電端)} &= \frac{\sum_{i=t_s}^{t_e} \sum_{j=1}^n \left(\frac{C_{ji} + F_{ji} + D_{ji} + R_{ji} + O_{ji}}{(1+r)^{i-t_0}} \right)}{\sum_{i=t_s}^{t_e} \sum_{j=1}^n \left(\frac{PW_{ji}}{(1+r)^{i-t_0}} \right)} \\
 \text{(円/kWh)} & \dots\dots\dots (3-71)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{te 年のシステム発電原価 (送電端)} &= \frac{\sum_{i=t_s}^{t_e} \sum_{j=1}^n \left(\frac{C_{ji} + F_{ji} + D_{ji} + R_{ji} + O_{ji}}{(1+r)^{i-t_0}} \right)}{\sum_{i=t_s}^{t_e} \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{PW_{ji}}{(1+r)^{i-t_0}} \cdot (1-S_j) \right\}} \\
 \text{(円/kWh)} & \dots\dots\dots (3-72)
 \end{aligned}$$

- C_{ji} : j 炉型の i 年の資本費 O_{ji} : j 炉型の i 年のその他の経費
 F_{ji} : j 炉型の i 年の燃料費 n : 炉型数
 D_{ji} : j 炉型の i 年の直接費 r : 現在価値換算率
 R_{ji} : j 炉型の i 年の関連費 S_j : j 炉型の所内率
 t_0 : 現在価値換算年

IV FCCVコードの構成

IV FCCIVコードの構造

1. FCCIVコードの計算処理

FCCIVコードにおける計算処理のフローを図4-1に示す。FCCIVコードでは、複合炉系シミュレーションと単一炉系シミュレーションをシミュレーション・フラグにより分けて異った処理を行う。単一炉系は単純に物量計算、経済計算を行い終了する。複合炉系シミュレーションでは、まずマニュアルで設定した投入炉型の物量および燃料計算を炉寿命間計算を行い、物量が制約条件を満たさない場合、計算した年までの経済計算を行い処理を終了する。設定投入の物量計算を行い、それが制約条件を満たす場合、処理は次の段階に進む。設定した炉型の投入量により、設定した原子力設備容量を満たさない場合、投入優先順位の高い炉型より1基を投入した場合の物量計算を行い制約条件を満たさない場合は、次に投入優先順位が高い炉型について行う。制約条件を満たす場合は、その物量をセットし、燃料費の計算を行い、原子力設備容量を満たすまで炉型の投入を行う。原子力設備容量を満たすか、投入炉型がない場合にはその年の計算は終了し、その年の再処理工場の処理容量がまだ残っている場合は、前年までの未再処理HMの再処理を行う。また未再処理HM貯蔵費と未使用プルトニウム貯蔵費の計算を行う。

以上の手順でシミュレーション計算終了年まで計算し、設定された炉系構成による経済計算を行い処理を終了する。

計算結果はリストとファイルの2つの形で出力される。ファイルは1つにインデックスをつけて出力され、計算結果のグラフ化に用いられる。

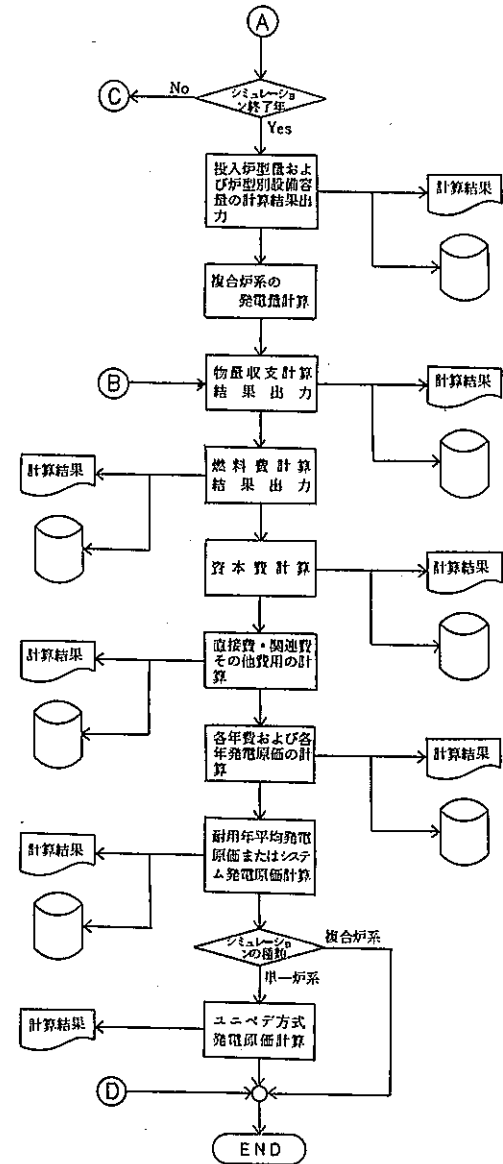
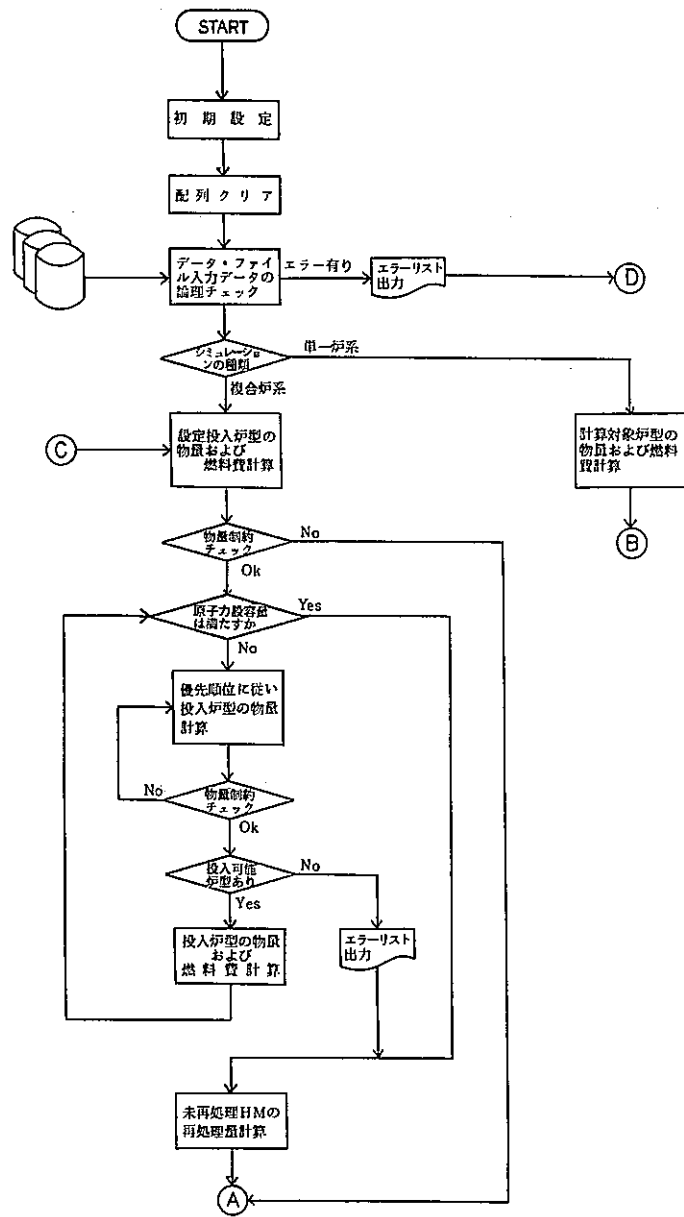


図4-1 FCCコードフロー

2 FCCIVコード構成図

FCCIVコードの構造図を図に示す。FCCIVコードはメインルーチンと主なサブルーチンとして29のモジュールを持っている。

メインルーチン名は「FCC4M」であり、主なサブルーチンは図に示すとおりである。

サブルーチンについては次節にて説明する。

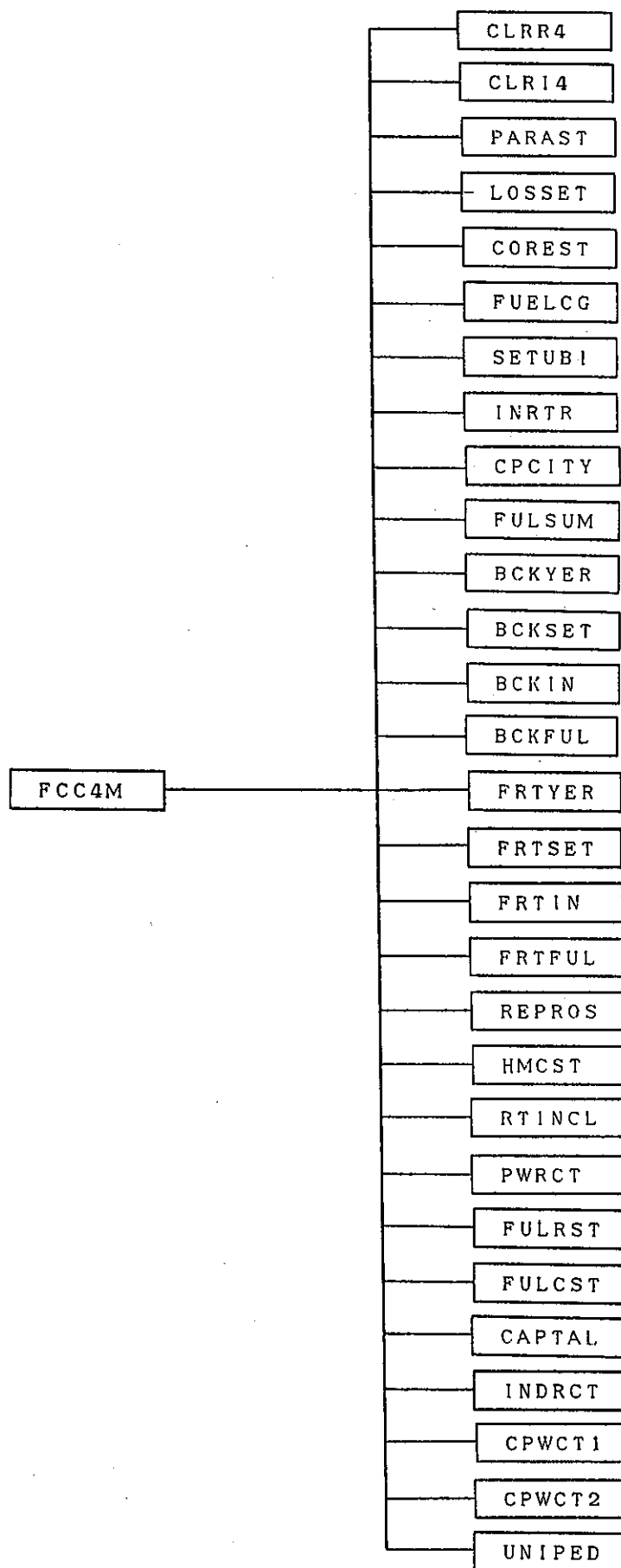


図4-2 FCCコードの構成

3. サブルーチン機能

FCCIVコードに組み込まれたモジュールの機能を以下に示す。

CLRR4

機能： 4バイト実数配列のクリア。

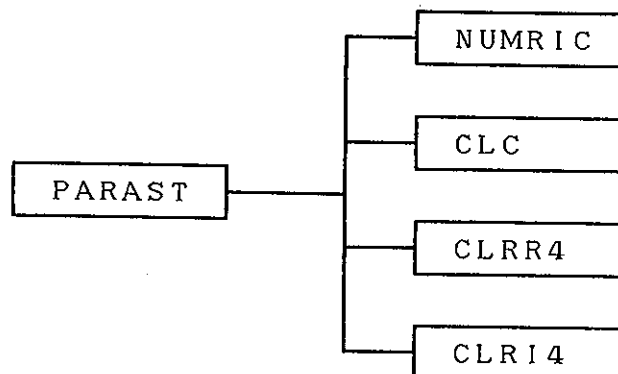
CLRI4

機能： 4バイト整数配列のクリア。

PARAST

機能： シミュレーション開始年、終了年や燃料単価、および炉型データなどの各種パラメータの入力と論理チェック。

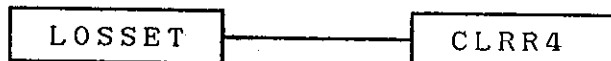
モジュール構成：



LOSSET

機能： ウラン濃縮、成型加工、再処理などのロスより、各工程にかかわるロス率を総合的に計算する。

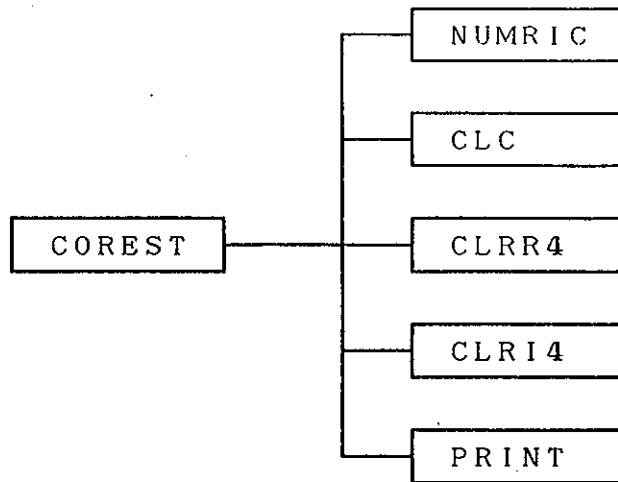
モジュール構成：



COREST

機能： 各種炉心特性データの入力と炉心特性データのニューメリック・チェック。

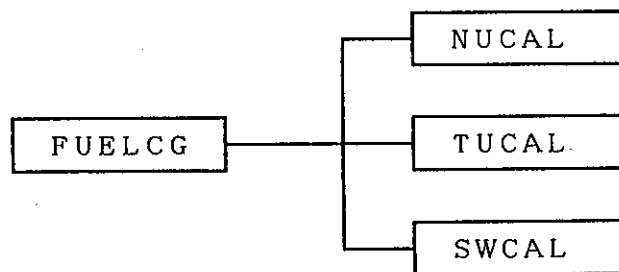
モジュール構成：



FUELCG

機能： 炉心特性データより、天然ウラン量、テイルウラン量、分離作業量の換算計算を行う。

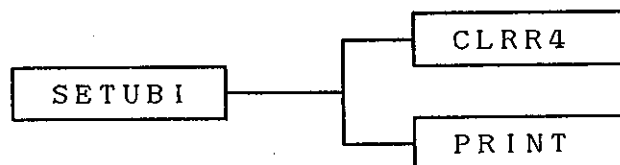
モジュール構成：



SETUBI

機能： 炉心特性データのサイクル当りの運転期間、非運転期間より年単位の設備利用率と発電量の計算を行う。

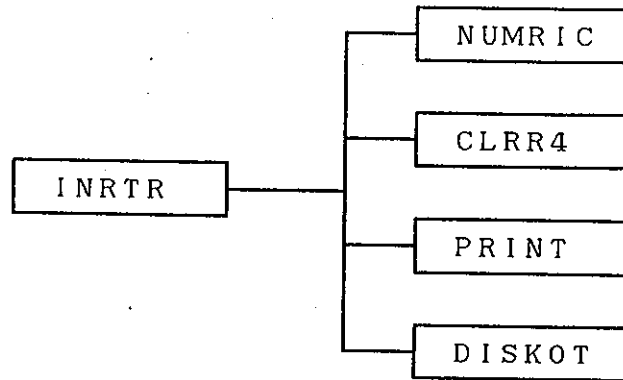
モジュール構成：



INRTR

機能： 原子力設備容量とマニュアル設定した投入炉型の投入量の入力と、ニューメリック・チェックを行う。

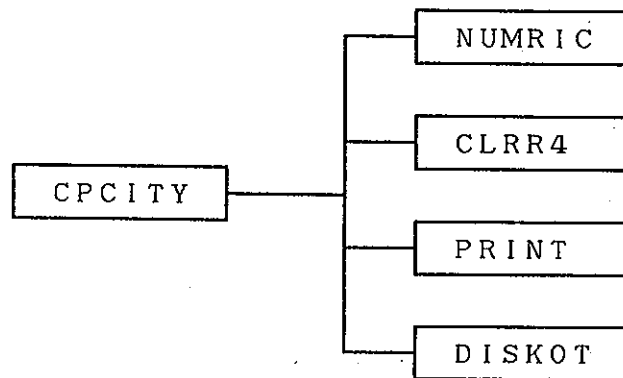
モジュール構成：



CPCITY

機能： 成型加工工場、ウラン濃縮工場、再処理工場の処理容量の入力と、ニューメリック・チェックを行う。

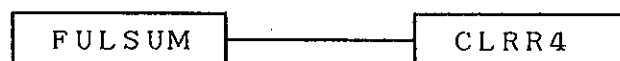
モジュール構成：



FULSUM

機能： 複合炉系シミュレーションにおける制約条件とのチェックに用いる各種炉型の物量の合計値を計算する。

モジュール構成：

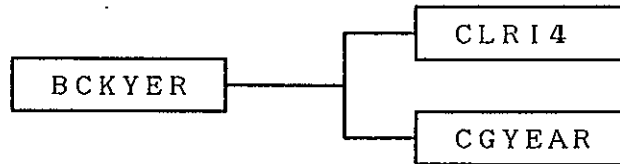


BCKYER

機能： 物量計算におけるバック・エンド側の処理終了年の計算を行う。

サイクル単位のデータをラグ・タイムを考慮して年換算する。

モジュール構成：



BCKSET

機能： 物量制約条件のチェックのための回収側の物量計算を行う。

つまり炉型合計値として天然ウラン回収量、プルトニウム回収量などの計算を行う。

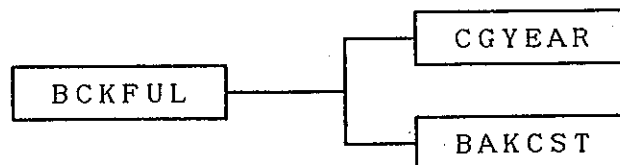
BCKIN

機能： 単一炉系シミュレーションまたは複合炉系シミュレーションの投入決定炉型の回収側の物量計算を行う。

BCKFUL

機能： 単一炉系シミュレーションおよび複合炉系シミュレーションの投入決定炉型のバック・エンド費用の計算を行う。

モジュール構成：

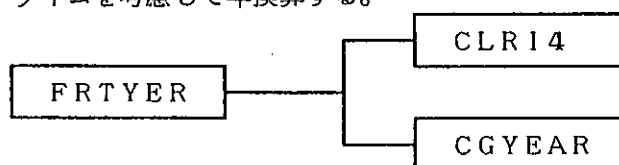


FRTYER

機能： 物量計算におけるフロント・エンド側の処理開始年の計算を行う。サイクル単位のデ

ータをリード・タイムを考慮して年換算する。

モジュール構成：



FRTSET

機能： 物量制約条件のチェックを行う。BCKSETにより回収側の物量を考慮した炉型合計置に装荷側の天然ウラン装荷量、プルトニウム装荷量の計算を加え、物量制約条件とのチェックを行う。

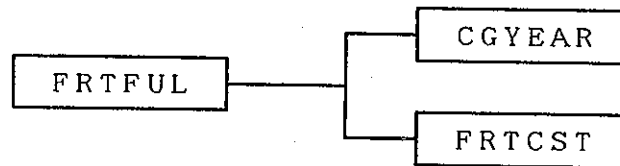
FRTIN

機能： 単一炉系シミュレーションまたは複合炉系シミュレーションの投入決定炉型の装荷側の物量計算を行う。

FRTFUL

機能： 単一炉系シミュレーションおよび複合炉系シミュレーションの投入決定炉型のフロント・エンド費用を計算する。

モジュール構成：



REPROS

機能： ある年の物量計算後、その年の再処理工場の処理容量が残っている場合に、前年までの未再処理HM量の再処理量を計算し、天然ウラン回収量、プルトニウム回収量などの補正を行う。

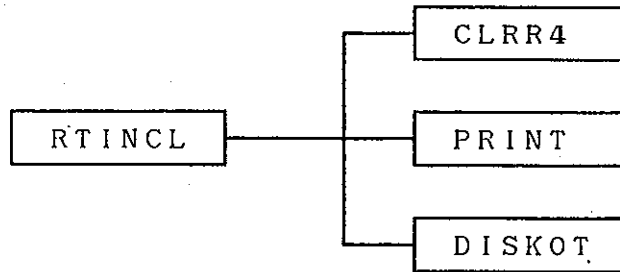
HMCST

機能： 未再処理HM貯蔵費および未使用プルトニウム貯蔵費の計算を行う。

RTINCL

機能： 複合炉系シミュレーションにおける炉系構成計算結果の出力を行う。年次別、炉型別の投入量と設備容量を出力する。

モジュール構成：



PWRCT

機能： 複合炉系シミュレーションにおける炉系構成計算結果により年次別、炉型別の発電量を計算する。

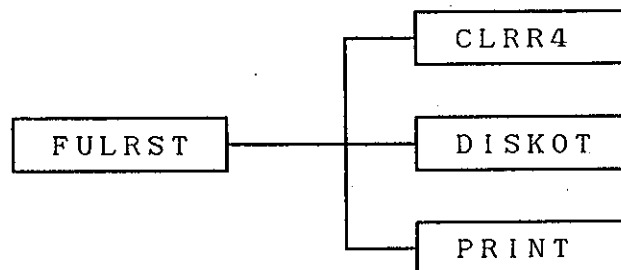
モジュール構成：



FULRST

機能： 各種物量収支の計算結果を出力する。

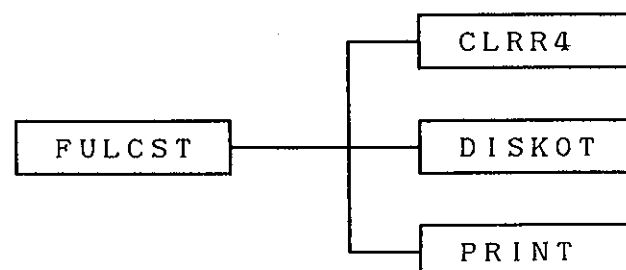
モジュール構成：



FULCST

機能： 各種燃料費の計算結果を出力する。

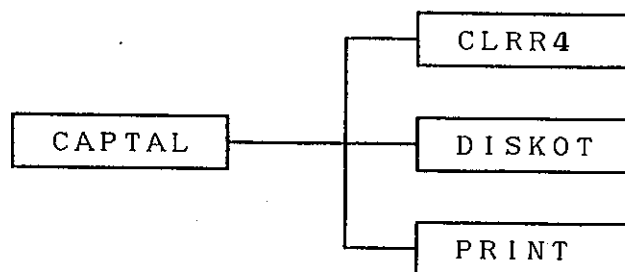
モジュール構成：



CAPTAL

機能： 資本費の計算および計算結果の出力を行う。

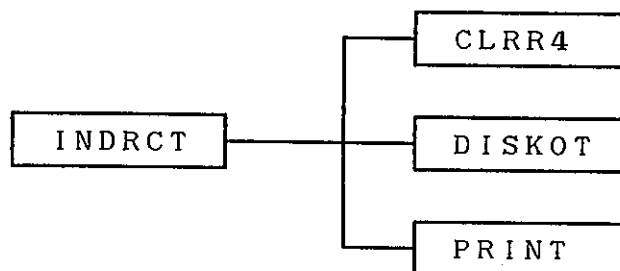
モジュール構成：



INDRCT

機能： 直接費、関連費およびその他の経費の計算を行い、計算結果の出力を行う。

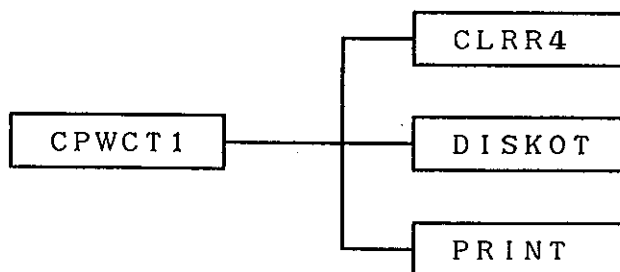
モジュール構成：



CPWCT1

機能： 各年費用および各年発電原価の計算を行い、計算結果の出力を行う。

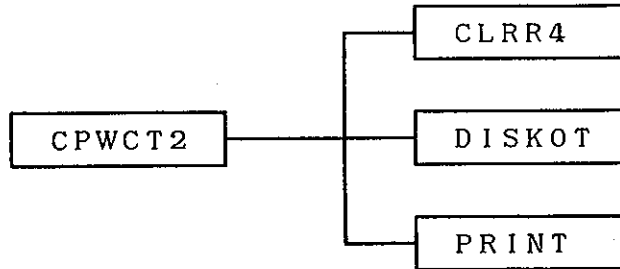
モジュール構成：



CPWCT2

機能： 単一炉系シミュレーションにおいては耐用年発電原価、複合炉系シミュレーションではシステム発電原価の計算を行い、その計算結果を出力する。

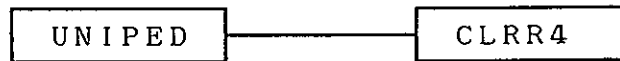
モジュール構成：



UNIPED

機能： 単一炉系シミュレーションにおいて、ユニペデ方式発電原価の計算を行い、その計算結果を出力する。

モジュール構成：



以上のサブルーチン以外のサブルーチンの機能を以下に示す。

- NUMRIC： データのニューメリック・チェックを行う。
- CLC : パラメータ・ファイルのキーのチェックを行う。
- PRINT : リスト出力の汎用プリント・ルーチン
- NUCAL : 炉心特性データより天然ウラン量の換算を行う。
- TUCAL : 炉心特性データよりテイルウラン量の換算を行う。
- SWCAL : 炉心特性データより分離作業量の換算を行う。
- DISKOT: ディスクへ結果の出力を行うファイル出力汎用ルーチン。
- CGYEAR: サイクル単位（月単位）をリード、ラグ・タイムを考慮し年に換算する。
- BAKCST: バック・エンド費用の計算を行う。
- FRTCST: フロント・エンド費用の計算を行う。

4. 計算インプット

4.1 各種パラメータ

各種パラメータファイルは、計算期間、燃料単価、炉型データなどのファイルであり、単一炉系シミュレーション、複合炉系シミュレーションにかかわらず入力を行う。各種パラメータファイルの入力は、あるキーをインデックスにして項目別に行う。各種パラメータファイルのレイアウト一覧表を表4-1に示す。キー別の入力項目を以下に述べる。

TITL. : ケース・タイトル

TIME. : 複合炉系シミュレーションにおける計算開始年と計算終了年、プログラム上の年に関連する配列の基準(1)となる計算基準年、現在価値換算基準年および現在価値換算率(％/年)、価格上昇フラグ、シミュレーション炉系フラグおよび前年との最大投入可能率(％)の設定をする。現在価値換算基準年は、後で設定する各種単価の設定年と等しい。価格上昇フラグは、価格上昇を複利的に行うか、単利的に上昇させるかのフラグであり、

0 : 複利的上昇

1 : 単利的上昇

で設定する。シミュレーション炉系フラグは、

0 : 単一炉系シミュレーション

1 : 複合炉系シミュレーション

である。前年との最大投入可能率とは、複合炉系シミュレーションにおいて炉系構成を計算する際に過度な投入がなされないように設定するものであり、例えば、最大投入可能率を250％とすると、1990年に4基投入されている場合1991年には10基より多くの投入はできず、11基目の投入を次に優先順位の高い炉型の投入を行うようにするものである。

LEAD. : リードタイムおよびラグタイムの設定をする。表4-2の内容については表3-3を参照のこと。月単位で設定する。

LOSS. : 各工程におけるロス率の設定を行う。表4-2の内容については、表3-3を参照のこと。ただし％で設定する。

COST. : 各種燃料単価と燃料価格上昇率の設定を行う。燃料価格上昇率は、7段階に分けて設定することができ、表4-2に示した上昇率は図4-3の示すように換算される。

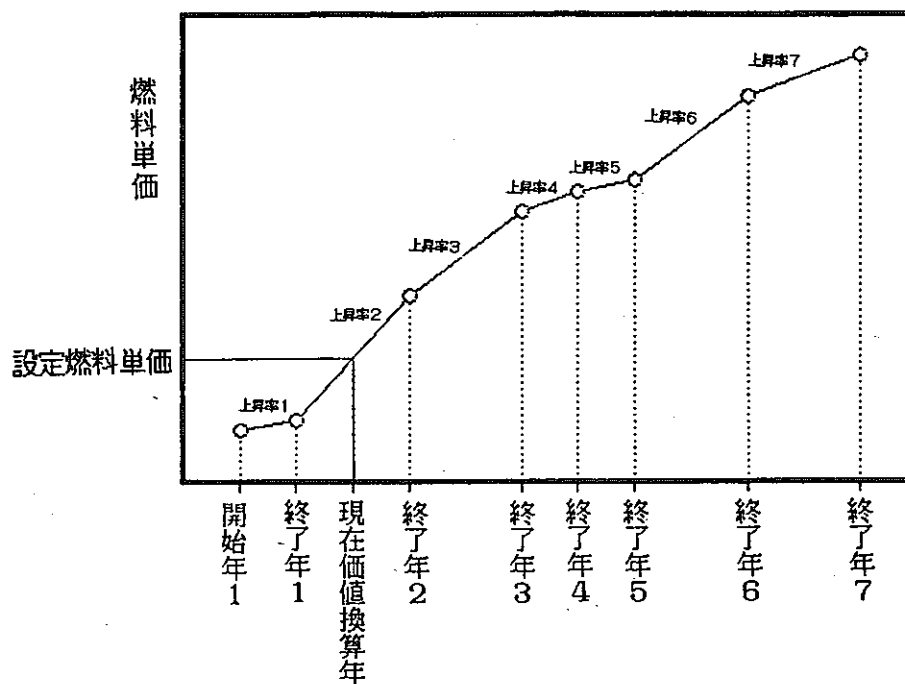


図 4 - 3 燃料単価の設定

また燃料単価は名称により分類される。名称と内容の一覧表を表 4 - 1 に示す。

表 4 - 1 燃料単価の設定項目

名 称	内 容	単 価	備 考
NUC	天然ウラン単価	万円/kgU	
NTC	天然ウラン輸送単価	万円/kgU	
RUC	減損ウラン単価	万円/kgU	²³⁵ U濃度0.711%を基準
TUC	テイルウラン単価	万円/kgU	²³⁵ U濃度0.711%を基準
PUC	プルトニウム単価	万円/kg Puf	
SWC	ウラン濃縮単価	万円/kg SwU	
C1C	転換(U ₃ O ₈ →UF ₆)単価	万円/kgU	
C2C	転換(UF ₆ →UO ₂)単価	万円/kgU	
C3C	転換(UO ₃ →UO ₂)単価	万円/kgU	
C4C	転換(Pu(NO ₃) ₄ →PuO ₂)単価	万円/kg Puf	
C5C	転換(U ₃ O ₈ →UO ₂)単価	万円/kgU	
PSC	未使用プルトニウム貯蔵単価	万円/kg Puf/年	
HSC	未再処理HM貯蔵単価	万円/kg HM/年	
FBC1~40	成型加工単価	万円/kg HM	炉心特性データの燃料単価 フラグにより、1~40(最大) の単価を設定する。ただし昇 順に上から1,2,...,40と番号 をつける。
NFC1~40	新燃料輸送単価	万円/kg HM	
RPC1~40	再処理単価	万円/kg HM	
SFC1~40	使用済燃料輸送単価	万円/kg HM	
WDC1~40	廃棄物処理処分単価	万円/kg HM	

ESCN. : 実質労務上昇率、実質価格上昇率、実質建設費上昇率の設定を行う。上記の上昇率は最大10に分けて上昇率を設定できる。例えば

ESCN.					
	1970	1980	10.0	8.0	5.0
	1981	1990	11.0	8.0	6.0
	1991	2015	11.0	9.0	7.0
	2016	2050	12.0	9.0	8.0

と設定すると4段階の上昇となり、燃料単価の上昇と同様に図4-3の様に換算させる。

CAPT. : 資本費に関連するパラメータの設定を行う。項目として残存価格(%)、固定資産税率(%)、耐用年平均固定資産税率(%)（これらは減価償却方法で、定額法、定率法の場合は前者を、資本回収法の場合は後者を設定する）、建設費に対する廃炉費率(%)、廃炉費上昇率(%/年)、減価償却方法フラグである。減価償却方法フラグは、

- 1 : 定額法
- 2 : 定率法
- 3 : 資本回収法

である。

INDI. : 直接費、関連費に関するパラメータの設定を行う。項目としては、建設費に対する人件費率(%)、修繕費率(%)、諸費率(%)および業務分担率(%)、直接費に対する業務分担率(%)、耐用年数までの修繕費の上昇倍率、業務事業税率(%)である。業務分担率は建設費に対する率と直接費に対する率があるが、どちらかをゼロとしておくと、ゼロでない方の業務分担率が自動的に選択される。

INST. : 建設中利子率(%/年)、燃料費の炉内金利率(%/年)、重水金利率(%/年)、その他一般の金利率(%/年)の設定を行う。

PTY. : 複合炉系シミュレーションにおける炉系構成計算での炉型投入優先順位の設定を行う。優先順位は番号が低い程高い、従って優先順位は1, 2, 3, …の順で低くなる。またこの優先順位は単一炉系シミュレーションにも使用される。単一炉系シミュレーションは異なる炉型を同一条件で一度に計算でき、この優先順位を「999」に設定した炉型の計算を行う。

RTIM. : 複合炉系シミュレーションにおける各種炉型の実用化時期の設定を行う。

ここで開始、終了フラグは、

1 : 実用化開始年

2 : 実用化終了年

である。例えば次のように設定すると

PTIM.	1	1971	2000	2010	0	0	0
RTIM.	2	2000	2500	2500	0	0	0

炉型 1 は 1971 年から 2000 年まで、炉型 2 は 2000 年から 2500 年まで、炉型 3 は 2010 年から 2500 年まで技術的に投入可能となる。

RESN. : 天然ウラン使用量の上限および下限値 (万トン)、プルトニウム・バランス累計量の上限および下限値 (トン)、劣化ウラン量の上限および下限値 (万トン) の物量制約条件の設定を行う。各種工場の制約は別ファイルで入力する。

RESF. : 制約条件を付すか否かを設定する。項目としては、再処理制約、プルトニウム・バランスの制約、天然ウラン量の制約、分離作業量の制約、成型加工量の制約、および劣化ウラン量の制約である。フラグは

0 : 制約なし

1 : 制約あり である。

RTOR. : 炉型データの設定を行う。項目として炉型No、炉型種類、電気出力 (G We)、所内率 (%)、炉心対応フラグ、耐用年数、総工事費 (億円)、土地代 (億円)、建設工期 (月)、初装荷重水費 (億円)、重水補給費 (億円/年)、重水精製費 (億円/年) がある。

炉型Noは最大20を超えないように付け、また同じNoがないようにする。炉型種類は、

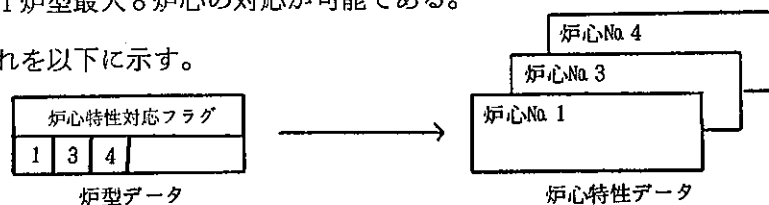
L : 軽水炉

A : 新型転換炉

F : 高速増殖炉

である。重水費関係は、新型転換炉の場合にのみ設定する。炉心対応フラグは、別ファイルとして入力する炉心特性データと対応づけを行うためのフラグであり、1炉型最大8炉心の対応が可能である。

これを以下に示す。



《入力例》

TITL.	*****	777777	0000	5555-5555	LWR(U)/ATR(PU)/FBR(1)	*****													
TIME.		1971	2060		1965	1984	5.0		0		1	999999.0							
LEAD.		21.0	21.0		19.0	19.0	16.0		3.0		2.0	12.0	12.0	24.0	36.0				
LOSS.		0.20	0.0		1.0	1.0	0.0		0.0		0.0	1.0	1.0						
COST.NUC		1.77	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.NTC		0.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RUC		1.77	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.TUC		0.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.PUC		500.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.SWC		1.80	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.C1C		0.12	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.C2C		1.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.C3C		0.90	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.C4C		80.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.C5C		0.70	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.PSC		20.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.HSC		0.00000	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC1		7.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC2		13.80	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC3		7.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC4		12.10	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC5		21.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC6		21.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.FBC7		7.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.NFC1		0.40	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC1		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC2		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC3		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC4		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC5		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC6		31.00	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.RPC7		15.50	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.SFC1		3.30	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.SFC2		3.96	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.WDC1		7.35	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.WDC2		6.70	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
COST.WDC3		11.23	1965	1990	0.0	2000	0.0	2100	0.0										
ESCN.																			
		1965	1990	0.0	0.0	0.0													
		1991	2000	0.0	0.0	0.0													
		2001	2100	0.0	0.0	0.0													
CAPT.		10.000	1.400		0.333	10.000	0.000		1										
INDI.		0.310	1.200		1.000	1.550	0.420		0.000		1.523								
INST.		4.400	8.000		8.000	8.000	8.000												
PRTY.		0	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RTIM.	1	0	1970	0	0	2000	2015	0	0	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	
RTIM.	2	0	2100	0	0	2100	2100	0	0	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	
RESN.		-99999.000	72.220		0.00	99999.00	0.000		1.000										
RESF.		0	1		1	0	0		0										
RTOR.	1L	LWR(U)-NR	1.0		4.0	1	0	0	0	0	0	0	16	2800.00	15.00	55.00			
RTOR.	2L	LWR(U)	1.0		4.0	2	0	0	0	0	0	0	16	2800.00	15.00	55.00			
RTOR.	3L	LWR(PU)	1.0		4.0	3	4	0	0	0	0	0	16	2800.00	15.00	55.00			
RTOR.	4L	A-LWR	1.0		4.0	5	0	0	0	0	0	0	16	2800.00	15.00	55.00			
RTOR.	5L	HCLWR	1.0		4.0	6	0	0	0	0	0	0	16	2800.00	15.00	55.00			
RTOR.	6A	ATR(U)	1.0		6.0	7	0	0	0	0	0	0	16	3080.00	15.00	55.00	238.665	0.1385	0.00
RTOR.	7A	ATR(PU)	1.0		6.0	8	0	0	0	0	0	0	16	3080.00	15.00	55.00	238.665	0.1385	0.00
RTOR.	8F	FBR(S)	1.0		6.0	9	10	0	0	0	0	0	16	3080.00	15.00	55.00			
RTOR.	9F	FBR(L)	1.0		6.0	11	12	0	0	0	0	0	16	3080.00	15.00	55.00			
RTOR.	10F	FBR(H)	1.0		6.0	13	14	0	0	0	0	0	16	3080.00	15.00	55.00			

4.2 炉心特性データ

炉心特性データは、炉心の装荷燃料および取出燃料の物量と、燃料単価対応フラグ、各種工場対応フラグなどである。データのレイアウトを図4-4に示す。

成型加工単価フラグ、新燃料輸送単価フラグ、再処理単価フラグ、使用済燃料輸送単価フラグ、廃棄物処理処分単価フラグは各種パラメータファイルにより設定された各燃料単価との対応づけを行うものである。再処理工場対応フラグ、濃縮工場対応フラグ、成型加工工場対応フラグは、後で説明する各種工場の処理容量と対応づけを行うものであり、各工場はそれぞれ4種の工場を設定でき、対応フラグはこの工場の1～4を示す。再処理の有無のフラグは、

0：再処理なし

1：再処理あり

である。

また、炉心特性データは、最大40の設定が可能である。

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110		
CORE. (key)	炉心番号	運転期間 (月/%)	非運転期間 (月/%)	炉心寿命 (%)	炉心名				成型加工 単価 万円	新燃料輸 送 単価 万円	再処理 単価 万円	使用済燃 料輸送 単価 万円	廃棄物処 理処分 単価 万円	バッチ数	再処理 工場 対応 万円	濃縮工場 対応 万円	成型加工 工場 対応 万円	再処理の 有無						
A5	15	F10.	F10.	15	A20				15	15	15	15	15	15	15	15	15	15						
開始 サイクル	終了 サイクル	装 荷 燃 料 量					取 出 燃 料 量																	
		重 金 属 (トン)	ウ ラ ン (トン)	プ ル ト ニ ウ ム (トン)	分 裂 性 プ ル ト ニ ウ ム (トン)	²³⁵ U 濃 度 (%)	重 金 属 (トン)	ウ ラ ン (トン)	プ ル ト ニ ウ ム (トン)	分 裂 性 プ ル ト ニ ウ ム (トン)	²³⁵ U 濃 度 (%)													
15	15	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.													
}																								
開始 サイクル	終了 サイクル	装 荷 燃 料 量					取 出 燃 料 量																	
		重 金 属 (トン)	ウ ラ ン (トン)	プ ル ト ニ ウ ム (トン)	分 裂 性 プ ル ト ニ ウ ム (トン)	²³⁵ U 濃 度 (%)	重 金 属 (トン)	ウ ラ ン (トン)	プ ル ト ニ ウ ム (トン)	分 裂 性 プ ル ト ニ ウ ム (トン)	²³⁵ U 濃 度 (%)													
15	15	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.	F10.													

図 4-4 炉心特性データファイルのレイアウト

《入力例》

CORE.	1	9.12	2.88	30	LWR(U)	7193775	CORE	1	1	1	1	1	4	1	1	1	0
0	0	98.800	98.800	0.0	0.0	2.337	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.380	26.200	0.189	0.135	0.135	0.135	0.189	0.135	0.135	0.135	0.904
2	2	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.238	26.045	0.206	0.145	0.145	0.145	0.206	0.145	0.145	0.145	0.903
3	3	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.097	25.890	0.223	0.155	0.155	0.155	0.223	0.155	0.155	0.155	0.901
4	29	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	25.955	25.735	0.240	0.165	0.165	0.165	0.240	0.165	0.165	0.165	0.900
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.050	95.650	0.593	0.451	0.451	0.451	0.593	0.451	0.451	0.451	1.404
CORE.	2	9.12	2.88	30	LWR(U):CORE	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1
0	0	98.800	98.800	0.0	0.0	2.337	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.380	26.200	0.189	0.135	0.135	0.135	0.189	0.135	0.135	0.135	0.904
2	2	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.238	26.045	0.206	0.145	0.145	0.145	0.206	0.145	0.145	0.145	0.903
3	3	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	26.097	25.890	0.223	0.155	0.155	0.155	0.223	0.155	0.155	0.155	0.901
4	29	26.885	26.885	0.0	0.0	3.094	25.955	25.735	0.240	0.165	0.165	0.165	0.240	0.165	0.165	0.165	0.900
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.050	95.650	0.593	0.451	0.451	0.451	0.593	0.451	0.451	0.451	1.404
CORE.	3	9.12	2.88	30	LWR(PU):U-FUEL	2	1	2	1	2	4	1	1	1	1	1	1
0	0	98.800	98.800	0.0	0.0	2.337	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	18.205	18.205	0.0	0.0	3.096	26.380	26.200	0.189	0.135	0.135	0.135	0.189	0.135	0.135	0.135	0.904
2	2	18.205	18.205	0.0	0.0	3.096	23.495	23.285	0.211	0.143	0.143	0.143	0.211	0.143	0.143	0.143	0.903
3	3	18.205	18.205	0.0	0.0	3.096	20.610	20.370	0.233	0.150	0.150	0.150	0.233	0.150	0.150	0.150	0.901
4	29	18.205	18.205	0.0	0.0	3.096	17.725	17.455	0.255	0.158	0.158	0.158	0.255	0.158	0.158	0.158	0.900
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.463	64.580	0.868	0.578	0.578	0.578	0.868	0.578	0.578	0.578	1.405
CORE.	4	9.12	2.88	30	LWR(PU):PU-FUEL	2	1	2	1	2	4	1	1	1	1	1	1
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	8.739	8.240	0.487	0.302	0.711	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	8.739	8.240	0.487	0.302	0.711	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3	8.739	8.240	0.487	0.302	0.711	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	29	8.739	8.240	0.487	0.302	0.711	8.340	8.059	0.279	0.156	0.156	0.156	0.279	0.156	0.156	0.156	0.396
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.877	29.945	0.952	0.563	0.563	0.563	0.952	0.563	0.563	0.563	0.479
CORE.	5	9.6	2.4	30	A-LWR:CORE	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1
0	0	103.100	103.100	0.0	0.0	2.113	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	23.500	23.500	0.0	0.0	3.155	23.700	23.550	0.170	0.120	0.120	0.120	0.170	0.120	0.120	0.120	0.613
2	2	23.500	23.500	0.0	0.0	3.155	23.333	23.167	0.178	0.125	0.125	0.125	0.178	0.125	0.125	0.125	0.647
3	3	23.500	23.500	0.0	0.0	3.155	22.967	22.783	0.187	0.130	0.130	0.130	0.187	0.130	0.130	0.130	0.680
4	29	23.500	23.500	0.0	0.0	3.155	22.600	22.400	0.195	0.135	0.135	0.135	0.195	0.135	0.135	0.135	0.714
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.450	99.800	0.645	0.455	0.455	0.455	0.645	0.455	0.455	0.455	1.427
CORE.	6	9.6	2.4	30	HCLWR:CORE	5	1	5	1	2	3	1	1	1	1	1	1
0	0	65.400	58.900	6.500	4.800	0.200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	21.300	18.700	2.600	1.800	0.200	20.000	18.000	2.000	1.400	1.400	1.400	2.000	1.400	1.400	1.400	0.100
2	2	21.300	18.700	2.600	1.800	0.200	20.100	17.900	2.200	1.550	1.550	1.550	2.200	1.550	1.550	1.550	0.085
3	29	21.300	18.700	2.600	1.800	0.200	20.200	17.800	2.400	1.700	1.700	1.700	2.400	1.700	1.700	1.700	0.070
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.700	56.000	7.700	5.400	5.400	5.400	7.700	5.400	5.400	5.400	0.110
CORE.	7	9.12	2.88	30	ATR(U):CORE	3	1	3	1	2	5	1	1	1	1	1	1
0	0	137.358	137.358	0.0	0.0	2.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	27.472	27.472	0.0	0.0	2.320	26.880	26.717	0.163	0.102	0.102	0.102	0.163	0.102	0.102	0.102	0.453
2	2	27.472	27.472	0.0	0.0	2.320	26.791	26.617	0.173	0.104	0.104	0.104	0.173	0.104	0.104	0.104	0.392
3	3	27.472	27.472	0.0	0.0	2.320	26.701	26.518	0.184	0.105	0.105	0.105	0.184	0.105	0.105	0.105	0.331
4	4	27.472	27.472	0.0	0.0	2.320	26.612	26.418	0.194	0.107	0.107	0.107	0.194	0.107	0.107	0.107	0.269
5	29	27.472	27.472	0.0	0.0	2.320	26.522	26.318	0.204	0.108	0.108	0.108	0.204	0.108	0.108	0.108	0.108
30	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.398	133.648	0.750	0.476	0.476	0.476	0.750	0.476	0.476	0.476	0.763
CORE.	8	9.12	2.88	30	ATR(PU):CORE	4	1	4	1	2	5	1	1	1	1	1	1
0	0	137.500	134.635	2.865	2.062	0.711	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1	27.506	26.795	0.711	0.512	0.711	26.912	26.484	0.428	0.197	0.197	0.197	0.428	0.197	0.197	0.197	0.257
2	2	27.506	26.795	0.711	0.512	0.711	26.824	26.387	0.436	0.192	0.192	0.192	0.436	0.192	0.192	0.192	0.223
3	3	27.506	26.795	0.711	0.512	0.711	26.735	26.291	0.445	0.187	0.187	0.187	0.445	0.187	0.187	0.187	0.199
4	4	27.506	26.795	0.711	0.512	0.711	26.647	26.194	0.453	0.181	0.181	0.181	0.453	0.181	0.181	0.181	0.169

4.3 原子力設備容量および設定投入量

原子力設備容量および設定投入量のファイルのレイアウトと入力例を以下に示す。

西暦	全原子力設備容量 (GWe)	設定投入量 (GWe)																			
		炉型 1 (GWe)	炉型 2 (GWe)	炉型 3 (GWe)	炉型 4 (GWe)	炉型 5 (GWe)	炉型 6 (GWe)	炉型 7 (GWe)	炉型 8 (GWe)	炉型 9 (GWe)	炉型 10 (GWe)	炉型 11 (GWe)	炉型 12 (GWe)	炉型 13 (GWe)	炉型 14 (GWe)	炉型 15 (GWe)	炉型 16 (GWe)	炉型 17 (GWe)	炉型 18 (GWe)	炉型 19 (GWe)	炉型 20 (GWe)
15	F10	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.	F5.

図 4—5 原子力設備容量および設定投入量ファイルのレイアウト

4.4 各種工場の処理容量

成型加工工場、ウラン濃縮工場、再処理工場は、それぞれ1ファイルであるが、ファイル・レイアウトは各種工場共通で、図4-7に示すとおりである。各種工場は、それぞれ4種の工場を設定できる。図4-7で処理能力とは、設計された1年間の処理能力(万トン/年)であり、初年度処理能力は初年の稼働率であり、設計処理能力の率(%)で設定する。また初年度の処理能力から設計処理能力まで期間(年)を与え、その間を線型補間して処理能力を換算する。これを図4-6に示す。

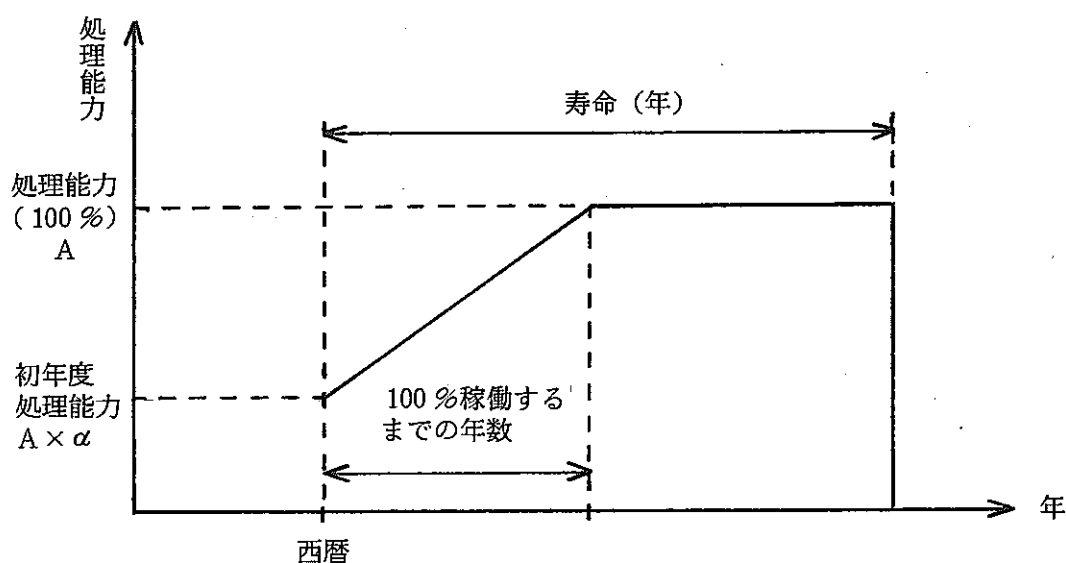


図4-6 各種工場の処理容量の換算

西暦	工場 1				工場 2				工場 3				工場 4			
	処理能力(100%)	初年度 処理能力 (X)	100%稼働 するまで の年数	寿命 (年)	処理能力(100%)	初年度 処理能力 (X)	100%稼働 するまで の年数	寿命 (年)	処理能力(100%)	初年度 処理能力 (X)	100%稼働 するまで の年数	寿命 (年)	処理能力(100%)	初年度 処理能力 (X)	100%稼働 するまで の年数	寿命 (年)
15	F10.	F10.	15	15	F10.	F10.	15	15	F10.	F10.	15	15	F10.	F10.	15	15

図 4-7 各種工場の容量ファイルのレイアウト

《入力例》

1983	0.0025	100.00	1	2	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1985	0.0165	100.00	1	4	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1989	0.0140	100.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1990	0.0367	100.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1991	0.0428	100.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1992	0.0588	100.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1993	0.0538	100.00	1	6	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1996	0.0400	100.00	1	5	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1997	0.0	0.00	1	1	0.0012	100.00	1	40	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
1999	0.0471	100.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2000	0.0221	100.00	1	2	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2001	0.0800	100.00	1	35	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2020	0.0	0.00	1	1	0.0050	100.00	1	40	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2021	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2022	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2023	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2024	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2025	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2026	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2027	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2028	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2029	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2030	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2031	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2032	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2033	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1
2034	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1	0.0	0.00	1	1

V 参 考 文 献

参 考 文 献

- 1 藤井 晴雄 ; 「原子力発電の経済分析及び核燃料産業の将来予測」
フジ・インターナショナル(株) 1974年3月
- 2 矢島 正之、牧野 文夫 ; 「電力経済研究」
原子力発電コストモデル 1983年7月
- 3 鈴木 篤之、清瀬 量平 ; 「核燃料サイクル工学」
日刊工業新聞社 1981年11月
- 4 武井 満男、鈴木 岑二 ; 「原子力工業」原子力発電コストと算定方法
日刊工業新聞社 第21巻第5号
- 5 出口 守一、菊地 三郎 ; 「原子力工業」核燃料サイクルを厳密に経済評価してみよ
う
日刊工業新聞社 第28巻第9号
- 6 動力炉・核燃料開発事業団 ; 「発電プラントの経済性評価解析コード
“ECOSTAR”の開発」 1981年11月
- 7 動力炉・核燃料開発事業団 ; 「核燃料サイクルの物質収支、経済性解析コード、
東海事業所 FAMILY」 1981年1月
- 8 原子力発電経済性研究会 ; 「原子力発電の経済性に関する評価分析のための国際比較
資料～原子力発電と在来火力発電の相対比較～」
1983年12月
- 9 科学技術庁原子力調査室 ; 「原子力開発長期戦略研究会」資料 1984年9月
- 10 Edward C. Rodgers ; FUELCOST—Ⅲ April 1970

Senior Technical Associate-NUS CORPORATION