

PNC  299 85-08(2)

配布限定

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]

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(Ⅲ)

(2) FCCⅢコードの概要 (Fuel Cycle and Cost Ⅲ)

(受託研究)

1985年2月

株式会社 アイ・ビー・エス データセンター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

This document is not intended for publication No public reference should be made to it without prior written consent of Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

配布限定

PNC^TJ 299 85 - 08 - (2)

1985年2月27日



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(Ⅲ)

-(2) FCCⅡ (Fuel Cycle and Cost Ⅱ) コード概要-

(株)アイ・ビー・エス・データセンター 稲垣光之
石川和夫
今井哲比古
鯉江康正
太田雅彦

要 旨

本計算コードは、軽水炉、新型転換炉及び高速増殖炉の単一炉系における物量収支、また燃料費、資本費、運転維持費、関連費及び発電原価等の経済計算を行い、各種原子炉の導入効果を分析・評価する。また複合炉系における、超長期にわたる物量収支及び経済計算を行うことにより、核燃料サイクルからみた炉系構成のあり方を分析・評価する事を目的に開発されたものである。

FCCⅡコードは、昨年度のFCCⅠコードの7炉型に改良型軽水炉(A-LWR)と高転換軽水炉(HCLWR)の2炉型の計算方法を追加し、

- a) 軽水炉 …… LWR(U)、LWR(Pu)、A-LWR、HCLWR
- b) 新型転換炉 …… ATR(U)、ATR(Pu)
- c) 高速増殖炉 …… FBR(1)、FBR(2)、FBR(3)

の9炉型について、単独投入ならびに複合投入が可能である。

計算項目は、燃料物量収支、燃料費、資本費、運転維持費、関連費であり、それぞれ明細な項目に分けて計算を行っている。また、本計算コードでは、

- a) 各種燃料装荷、取出に伴うリード、ラグタイム並びロス率等が可変。
- b) 建設費、燃料単価等の設定値が可変。
- c) 金利、価格上昇、現在価値換算が可能。
- d) 算定式の選択が可能。

となっており、原子力発電の物量収支や経済性に関する各種の計算が可能である。

また発電原価については、FCCⅡコードの初年度発電原価、各年発電原価、耐用年間平均発電原価、システム発電原価に加えて、FCCⅢコードでは、新たにUNIPEDA（国際発送配電業者連盟）で採用されている国際比較及び各種発電所の比較のための発電原価（現在価値換算耐用年間平均発電原価、以降ユニペダ方式発電原価と呼ぶ。）の計算も可能とした。

さらに、原子力発電の運転サイクルを12ヶ月、15ヶ月など任意に設定可能とするようなコードの改良も行った。



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

IBS Data Center, Ltd. Mitsuyuki Inagaki
Kazuo Ishikawa
Tetsuhiko Imai
Yasumasa Koie
Masahiko Ohta

Abstract

This FCCIII Code simulates material receipts and expenditure and system fuel cycle cost, such as fuel cost, capital cost, running and maintenance cost and costs needed to nuclear power generation, etc. in each reactor types which Light Water Reactor (LWR), Advanced Thermal reactor (ATR) and Fast Breeder Reactor (FBR). For the above, this Code analyze of each reactor.

And this Code had been developed with purpose of finding out the problem and optimization about the structure of reactor types by means of simulating the long-term balances of material quantities and system fuel cost.

This Code added two reactor types of A-LWR and HCLWR to FCCIII Code. In this Code the following 9 reactor types are handled.

- a) Light Water Reactor LWR(U), LWR(Pu), A-LWR, HCLWR
- b) Advanced Thermal Reactor ... ATR(U), ATR(Pu)
- c) Fast Breeder Reactor FBR(1), FBR(2), FBR(3)

These calculation items are material quantities and fuel cost, capital cost, running and maintenance cost. This Code divided each calculation item into some heads.

Input data of calculation are as follows:

- a) The lead or-lag times concerned with fuels into from the reactors can be changed.
- b) The establishment of construction costs and the unit cost of fuel can be changed.
- c) The conversion of interest, a rise in price and discounted values by present worth method is possible.
- d) Each calculation method can be changed.

Various kinds of calculation are possible.

This Code calculation cost of nuclear power generation in first year and every year and the sum total average cost up to optional year as FCCIII Code.

Further in this FCCIII Code, it is possible to calculate another cost of nuclear power generation which is used in UNIPEDE for comparison between international relations and kind of power plants.

And, the operation cycle can be changed, for example, operation term is 15 mounths and maintenance term is 3 mounths.

“ FCCⅢコード概要 ” 目次

I	物量計算（燃料収支計算）	3
1	原子力設備容量、廃炉量	3
2	炉心特性換算	4
2.1	天然ウラン換算量計算	4
2.2	分離作業量（SWU）換算	5
3	運転サイクルの計算	7
4	天然ウラン量計算	8
4.1	天然ウランみかけ必要量	8
4.2	天然ウラン回収量	9
4.3	天然ウラン調達必要量	10
5	分離作業量計算	10
5.1	分離作業みかけ必要量	10
5.2	分離作業回収量	10
5.3	分離作業実必要量	11
6	プルトニウム・バランス計算	11
6.1	Pu装荷量	11
6.2	Pu回収量	11
6.3	Puバランス	12
7	成型加工量計算	12
8	使用済燃料輸送量計算	12
9	再処理量計算	13
II	経済計算	17
1	燃料費計算	17
1.1	天然ウラン費	18
1.2	UF ₆ 転換費	19
1.3	ウラン濃縮費	19
1.4	成型加工費	20
1.5	使用済燃料輸送費	21
1.6	再処理費	21
1.7	廃棄物処理処分費（再処理有り）	22
1.8	廃棄物処理処分費（再処理無し）	22

1.9	プルトリウム装荷費	22
1.10	プルトリウムクレジット	22
1.11	不使用Pu貯蔵費	23
2	資本費計算	23
2.1	建設費	24
2.2	建設費金利	24
2.3	建設費減価償却費	24
2.4	建設費固定資産税	26
2.5	廃炉費	27
3	運転維持費計算	28
3.1	給料手当	28
3.2	修繕費	28
3.3	諸費	29
3.4	重水費	29
4	関連費計算	31
4.1	業務分担費	31
4.2	業務事業税	31
5	発電原価計算	31
5.1	現在価値換算	31
5.2	設備利用率	31
5.3	年次発電量	32
5.4	各年発電原価	32
5.5	初年度発電原価	33
5.6	耐用年間平均発電原価	33
5.7	システム発電原価	33
5.8	現在価値換算耐用年間平均発電原価(ユニベデ方式)	34
Ⅱ	FCCⅡコード構成及び主要サブルーチン仕様	37
1	メインルーチン	37
2	主要サブルーチン機能詳細	39
Ⅳ	計算インプット	55
1	パラメータ解説	55
2	入力情報の仕様	57
3	入出力一覧表	60
V	参考文献	67

I 物 量 計 算

(燃料収支計算)

I 物量計算（燃料収支計算）

燃料収支計算及び燃料費計算の手順を図1-1に示す。

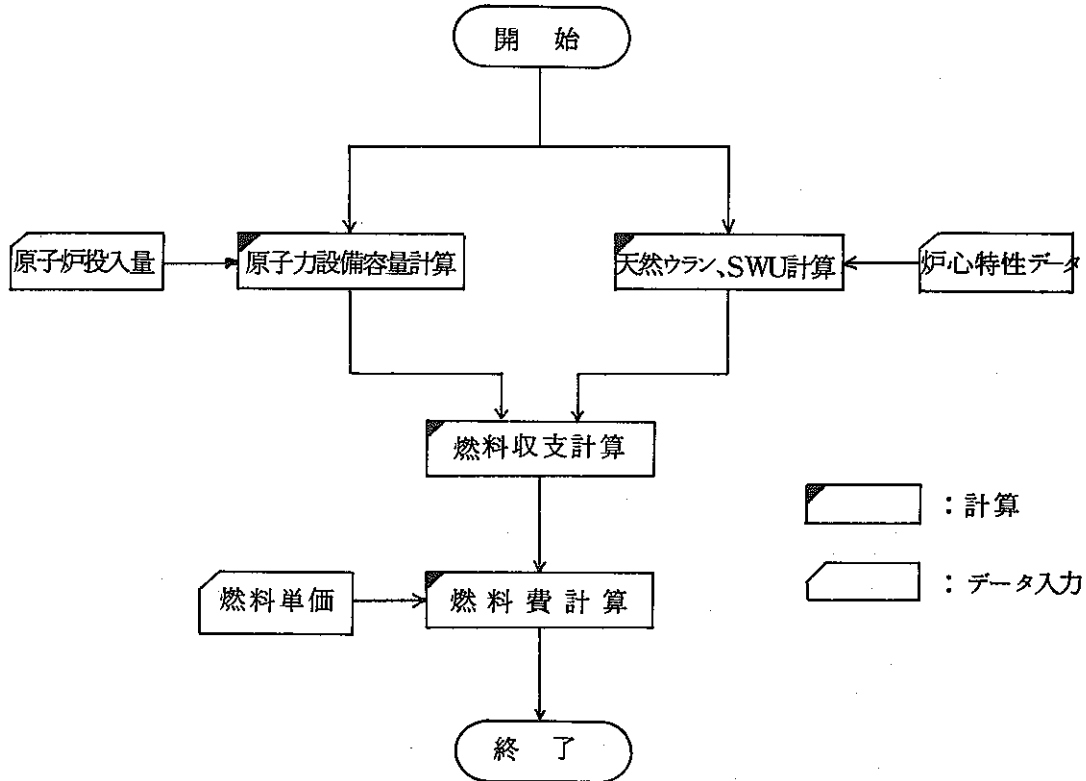


図1-1 燃料収支、燃料費計算手順

燃料収支計算では、単一領域炉心構成として計算するため、FBRの炉心、ブランケット燃料のように領域、バッチ数が異なる場合、領域、バッチごとに計算し、それぞれの出力で接合し、炉の物量需要としている。

1 原子炉設備容量、廃炉量

第m炉型（表1-1参照）の原子炉寿命 IP_{lm} (年)は、原子炉運転期間 TOP_m （月数）、点検期間 TMT_m （月数）、最終サイクルを P_{lm} とすると、

$$IP_{lm}(\text{年}) = \frac{(TOP_m + TMT_m) \times P_{lm}}{12 \text{ヶ月}} \dots\dots\dots (I-1)$$

で表わせる。ただし P_{lm} は、 TOP_m と TMT_m の和を1サイクルとして第m炉型が廃炉になるまでのサイクル数である。

第m炉型の Y_n 年における廃炉量

$$\text{廃炉量 (GWe)} = P_m(n - I P \ell_m) \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

$P_m(n)$ (GWe) : 第m炉型のn年における運開量

$I P \ell_m$ (年) : 第m炉型の炉寿命

ただし、 $n \geq I P \ell_m + 1$ の時のみ廃炉量が求められる。

第m炉型の Y_n 年における原子炉設備容量は、 Y_n 年までの運開量累計値と廃炉量累計値との差分で求められ、

$$\text{原子炉設備容量 (GWe)} = \sum_{i=1}^n P_m(i) - \sum_{i=1}^n P_m(i - I P \ell_m)$$

$\dots\dots\dots (1-3)$

となる。

表1-1 炉 型

第m炉型	炉 型	第m炉型	炉 型	第m炉型	炉 型
1	LWR(U)	4	HCLWR	7	FBR(2)
2	LWR(Pu)	5	ATR(U)	8	FBR(3)
3	A-LWR	6	ATR(Pu)	9	FBR(1)

2 炉心特性情報の換算

炉心特性情報は基本的には入力値を用いるが、天然ウラン量と分離作業量 (Separative Work Unit : SWU) については炉心特性情報で与えず、装荷及び取り出しウラン量とその濃縮度から算出する。

2.1 天然ウラン量の換算

天然ウランには、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U が存在し、比率はそれぞれ 0.0057、0.720、99.274 (atom %) である。燃料として使用される ^{235}U の重量比は、

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

$$= 0.711 (\%)$$

である。そこで天然ウラン量 NU (濃度 0.711%)、濃縮ウラン量 U (濃縮度 e %)、テイルウラン量 (濃度 e_0 %) とすると、それぞれの関係は、図1-2で示される。

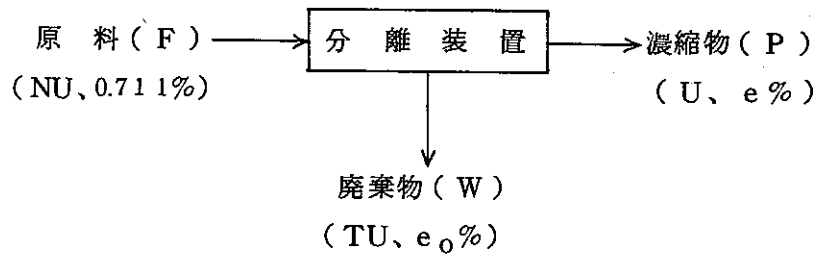


図1-2 ウラン濃縮の略図

重量の関係は、図1-2に示すように、(1-3)式で表わされる。

$$NU = U + TU \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

^{235}U 量も同様に(1-4)式で表わされる。

$$NU \times 0.711 = U \times e + TU \times e_0 \quad \dots\dots\dots (1-4)$$

(1-3)、(1-4)式により天然ウラン量NUは、

$$NU \times 0.711 = U \times e + (NU - U) \times e_0$$

$$NU = \frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \times U \quad \dots\dots\dots (1-5)$$

となる。天然ウラン量換算計算の対象となる炉型は、

- LWR (U) — 装荷、取出量
- LWR (Pu) — ウラン燃料装荷、取出量
- A-LWR — 装荷、取出量
- ATR (U) — 装荷、取出量

である。ただしATR (Pu)装荷分及びLWR (Pu)-Pu燃料については、ウラン=天然ウランとする。またFCCⅡコードでは、 e 、 e_0 は可変である。

2.2 分離作業量 (SWU) の換算

同位体分離は、図1-2と同様に表わされる。分離作業量は次式で示され、

$$\text{分離作業量} = v(x_p)P + v(x_w)W - v(x_f)F \quad \dots\dots (1-6)$$

- v : 分離ポテンシャル (濃度の関数)
- x_j : 濃度 (jは図1-2で示されるP、W、F)
- P、W、F : ウラン量 (図1-2参照)

$$v(x_j) = (2 \cdot x_j - 1) \ln \frac{x_j}{1 - x_j} \quad \dots\dots\dots (1-7)$$

天然ウラン、濃縮ウラン、テイルウランの分離ポテンシャルを図1-2に基づき(1-7)式で算出すると、

$$v(x_P) = (2 \cdot \frac{e}{100} - 1) \ln \left(\frac{e/100}{1 - e/100} \right) = (1 - \frac{e}{50}) \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) \dots (1-8)$$

$$v(x_W) = (2 \cdot \frac{e_0}{100} - 1) \ln \left(\frac{e_0/100}{1 - e_0/100} \right) = (1 - \frac{e_0}{50}) \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \dots (1-9)$$

$$v(x_F) = (2 \cdot \frac{0.711}{100} - 1) \ln \left(\frac{0.711/100}{1 - 0.711/100} \right) \simeq 4.8689 \dots (1-10)$$

となり、P、W、Fのウラン量は、(1-4)、(1-5)式より

$$P = U \dots (1-11)$$

$$F = \frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \times U \dots (1-12)$$

$$W = \frac{e - 0.711}{0.711 - e_0} \times U \dots (1-13)$$

(1-8)～(1-13)式を(1-6)式に代入すると、

$$\begin{aligned} \text{分離作業量} &= (1 - \frac{e}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) \cdot U + (1 - \frac{e_0}{50}) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \\ &\quad \cdot \left(\frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \right) \cdot U - \frac{4.8689 \cdot U \cdot (e - e_0)}{0.711 - e_0} \\ &= \left[\left(1 - \frac{e}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e} - 1 \right) + \left(1 - \frac{e_0}{50} \right) \cdot \ln \left(\frac{100}{e_0} - 1 \right) \right. \\ &\quad \left. \cdot \left(\frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \right) - \frac{e - e_0}{0.711 - e_0} \cdot 4.8689 \right] \times U \\ &\dots (1-14) \end{aligned}$$

となる。算出対象炉型は、天然ウラン量の換算と同様である。

燃料収支は、各炉型別の各年原子炉設備容量と炉心特性データで与えられる炉寿命間の各年諸燃料量の積で求められる。

燃料収支の計算項目を表1-2に示す。

表1-2 燃料収支の計算項目

項 目	内 訳 け
天然ウラン量	みかけ必要量 (t)
	回 収 量 (t)
	調達必要量 (SWU t)
分離作業量	みかけ必要量 (SWU t)
	回 収 量 (SWU t)
	実必要量 (t)
分裂性プルトニウム量	装 荷 量 (t)
	回 収 量 (t)
	バランス量 (t)
成型加工量	(t)
使用済燃料輸送量	(t)
再処理量	(t)

3 運転サイクルの計算

FCC IIでは、炉心特性を年単位で与えていたが、原子炉運転期間12ヶ月、点検期間3ヶ月のような場合に対処するためには、運転サイクルを可変とする必要がある。またFCC IIIコードでは、リード、ラグタイムを月単位で与える。これらの事から月単位の炉心特性、リード、ラグタイムを年に換算する必要がある。図1-4に運転サイクル(月)と年の関係を示す。

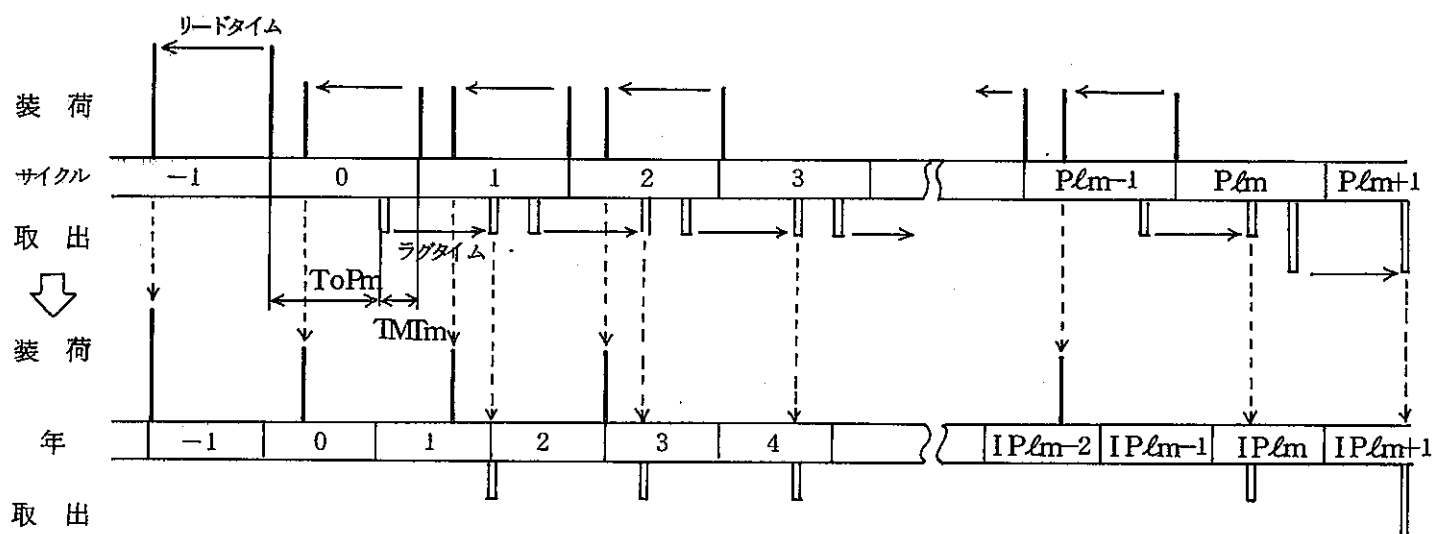


図1-4 サイクル(月単位)と年との対応

図1-4は、サイクル単位の燃料収支を年単位に対応づけたものである。あるサイクルで生じた装荷または取出燃料は、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または取出燃料とするものである。

Y_n 年運開の原子炉の第 S_n サイクルに対応する年は、

第 S_n サイクルに対応する装荷年

$$= \frac{(TOP_m + TMT_m) \times (n-1) - \ell_d}{12 \text{ ヶ月}} + Y_n \quad \dots\dots (1-15)$$

ただし ℓ_d はリードタイム。また ℓ_g をラグタイムとすると、第 S_n サイクルの燃料取出に対応する年は、

第 S_n サイクルに対応する取出年

$$\begin{aligned} &= \frac{(TOP_m + TMT_m) \times (n-1)}{12 \text{ ヶ月}} + \frac{TMT_m}{12 \text{ ヶ月}} + \frac{\ell_g}{12 \text{ ヶ月}} + Y_n \\ &= \frac{(TOP_m + TMT_m) \times n - TMT_m + \ell_g}{12 \text{ ヶ月}} + Y_n \quad \dots\dots (1-16) \end{aligned}$$

となる。

4 天然ウラン量計算

4.1 天然ウランみかけ必要量

天然ウランみかけ必要量 NU_i は

ℓ_i (月)：燃料初装荷から炉運開までのリードタイム

ℓ_p (月)：天然ウラン調達から燃料装荷までのリードタイム

とすると、 Y_n 年に運開した炉は、

初サイクル： $NU_i(CGY(\ell_i, \ell_p))$

$$= P_m(Y_n) \times \text{第}m\text{炉型初サイクル装荷天然ウラン量}$$

第 S_n サイクル： $NU_i(CGY(\ell_p))$

$$= P_m(Y_n) \times \text{第}m\text{炉型第}S_n\text{サイクル装荷天然ウラン量}$$

$$\dots\dots (1-17)$$

ただし $CGY(\ell)$ とは、(1-15)式(取出の場合(1-16)式)でリードタイム ℓ (またはラグタイム)を考慮して年換算することを表わすものとする。(1-17)式で $P_{\ell m+1}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、……について同様に計算し、同年の天然ウラン量を合計する(図1-3参照)。また算出対象となる炉型は、LWR(U)、LWR(Pu)、A-LWR、ATR(U)、ATR(Pu)である。

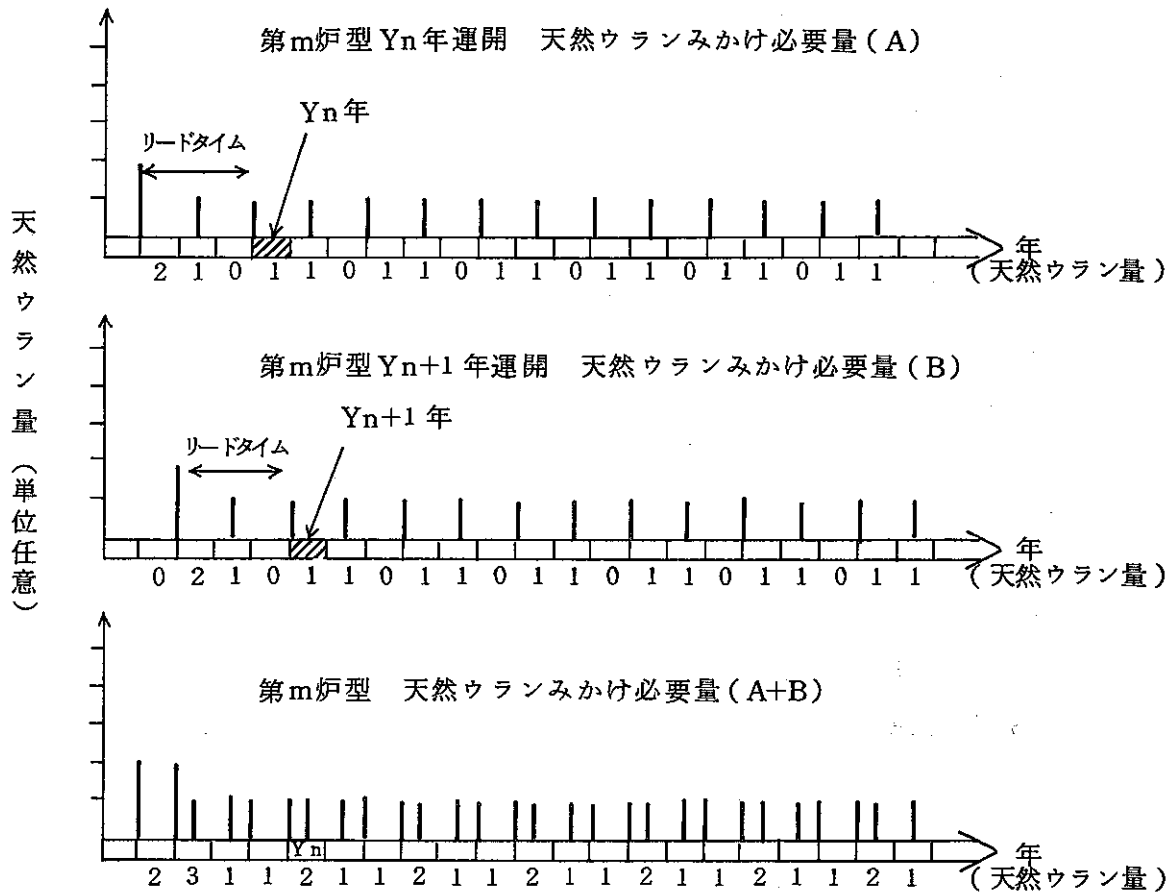


図1-3 天然ウランみかけ必要量の計算方法

4.2 天然ウラン回収量 (再処理有りの場合のみ)

天然ウラン回収量 NU₀は、

l_{Sr} (%) : 再処理ロス率

l_{rp} (月) : 燃料取出から再処理までのラグタイム

とすると、Y_n年に運開した炉は、

第1サイクル : $NU_0(CGY(l_{rp})) = P_m(Y_n)$

× 第m炉型第1サイクル取出天然ウラン量 $\times (1 - \frac{l_{Sr}}{100})$

第S_nサイクル : $NU_0(CGY(l_{rp})) = P_m(Y_n)$

× 第m炉型第S_nサイクル取出天然ウラン量 $\times (1 - \frac{l_{Sr}}{100})$

..... (1-18)

となり、P_lm+1サイクルまで計算を行い、Y_{n+1}年運開炉、Y_{n+2}年運開炉、
についても同様に計算を行い、同年の天然ウラン回収量を合計する。また算
 出対象となる炉は、LWR(U)、LWR(P_u)、A-LWR、ATR(U)である。

4.3 天然ウラン調達必要量

天然ウラン調達必要量は、

lSe (%) : ウラン濃縮ロス率

lSf (%) : 燃料加工ロス率

とすると、 Y_n 年における調達必要量 NU は、(1-17)式、(1-18)式で算出した天然ウランみかけ必要量、天然ウラン回収量より

$$NU(Y_n) = \{NU_i(Y_n) - NU_o(Y_n)\} \times \left(1 - \frac{lSe + lSf}{100}\right) \quad \dots\dots\dots (1-19)$$

にて求められる。ただし $ATR(Pu)$ のみ $\left(1 - \frac{lSe + lSf}{100}\right)$ は $\left(1 - \frac{lSf}{100}\right)$ とする。

5 分離作業量計算

5.1 分離作業みかけ必要量

分離作業みかけ必要量 SWU_i は、

le (月) : ウラン濃縮から燃料装荷までのリードタイム

とすると、 Y_n 年に運開した炉は、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第1サイクル} : SWU_i(CGY(l_i, le)) = P_m(Y_n) \\ \quad \times \text{第}m\text{炉型第1サイクル装荷燃料} SWU \text{量} \\ \text{第}S_n\text{サイクル} : SWU_i(CGY(le)) = P_m(Y_n) \\ \quad \times \text{第}m\text{炉型第}S_n\text{サイクル装荷燃料} SWU \text{量} \\ \dots\dots\dots (1-20) \end{array} \right.$$

となり、 $P_{l_{m+1}}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、
……について同様に計算し、同年の分離作業みかけ必要量を合計する。算出対象となる炉は、 $LWR(U)$ 、 $LWR(Pu)$ 、 $A-LWR$ 、 $ATR(U)$ である。

5.2 分離作業回収量(再処理有りの場合のみ)

分離作業回収量 SWU_o は、

lre (月) : 燃料取出から再濃縮までのラグタイム

とすると、 Y_n 年に運開した炉は、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第1サイクル} : SWU_o(CGY(lre)) = P_m(Y_n) \\ \quad \times \text{第}m\text{炉型第1サイクル取出燃料} SWU \text{量} \times \left(1 - \frac{lSr}{100}\right) \\ \text{第}S_n\text{サイクル} : SWU_o(CGY(lre)) = P_m(Y_n) \\ \quad \times \text{第}m\text{炉型第}S_n\text{サイクル取出燃料} SWU \text{量} \times \left(1 - \frac{lSr}{100}\right) \\ \dots\dots\dots (1-21) \end{array} \right.$$

となり、 $P_{l_{m+1}}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉…
…についても同様に計算し、同年の分離作業回収量を合計する。また算出対象と
なる炉は、 $LWR(U)$ 、 $LWR(P_u)$ 、 $A-LWR$ 、 $ATR(U)$ である。

5.3 分離作業実必要量

分離作業実必要量は、(1-20)式、(1-21)式で求めた分離作業みかけ必
要量、分離作業実必要量の差分にロス率を乗じて求められ、 Y_n 年の分離作業実
必要量 SWU は、

$$SWU(Y_n) = \{ SWU_i(Y_n) - SWU_o(Y_n) \} \times \left(1 - \frac{\ell S_e + \ell S_f}{100} \right) \dots\dots\dots (1-22)$$

で表わされる。

6 プルトニウム・バランス計算(分裂プルトニウム対象)

6.1 プルトニウム装荷量

Y_n 年に運開した炉のプルトニウム装荷量 PU_i は、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第1サイクル: } PU_i(CGY(\ell_i)) = P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第}m\text{炉型第1サイクル装荷分裂} P_u \text{量} \\ \text{第}S_n\text{サイクル: } PU_i(CGY) = P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第}m\text{炉型第}S_n\text{サイクル装荷分裂} P_u \text{量} \end{array} \right. \dots\dots\dots (1-23)$$

となり、 $P_{l_{m+1}}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、
…についても同様に計算し、同年のプルトニウム装荷量を合計する。また算出
対象となる炉は、分裂性プルトニウムを燃料とする $LWR(P_u)$ 、 $HCLWR$ 、
 $ATR(U)$ 、 $ATR(P_u)$ 、 $FBR(1)$ 、 $FBR(2)$ 、 $FBR(3)$ である。

6.2 プルトニウム回収量(再処理有りの場合のみ)

プルトニウム回収量 PU_o は、

$\ell f a$: 燃料加工から燃料装荷までのリードタイム

$\ell r f$: 燃料取出から P_u 再加工までのラグタイム

とすると、 Y_n 年に運開した炉は、

$$\begin{aligned} \text{第1サイクル: } & PU_o(CGY(\ell r f, \ell f a)) = P_m(Y_n) \\ & \times \text{第}m\text{炉型第1サイクル取出分裂性} P_u \text{量} \\ & \times \left(1 - \frac{\ell S_r + \ell S_f}{100} \right) \end{aligned}$$

第 S_n サイクル : $PU_o(CGY(\ell r f, \ell f a)) = P_m(Y_n)$

× 第 m 炉型第 S_n サイクル取出分裂性 P_u 量

$$\times \left(1 - \frac{\ell S_r + \ell S_f}{100}\right)$$

…………… (1-24)

となり、 $P_{\ell m+1}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、……についても同様に計算し、同年の取出分裂プルトニウム量を合計する。ただし $LWR(P_u)$ については、 U 燃料、 P_u 燃料それぞれについて算出し、合計したものを $LWR(P_u)$ の分裂性プルトニウム回収量とし、 FBR は炉心燃料とブランケット燃料に分けて計算し、合計したものを FBR の分裂性プルトニウム回収量とする。また算出対象となる炉は、 $LWR(U)$ 、 $LWR(P_u)$ 、 $A-LWR$ 、 $HCLWR$ 、 $ATR(U)$ 、 $ATR(P_u)$ 、 $FBR(1)$ 、 $FBR(2)$ 、 $FBR(3)$ の全炉型である。

6.3 プルトニウム・バランス

Y_n 年運開炉のプルトニウム・バランス PU は、(1-24)式、(1-23)式で求めた。プルトニウム回収量、プルトニウム装荷量の差分で求められ、

$$PU(Y_n) = PU_o(Y_n) - PU_i(Y_n) \quad \dots\dots\dots (1-25)$$

で示される。またプルトニウム・バランスは、炉型別、炉種別及び炉型合計について、それぞれ算出する。

7 成型加工量計算

Y_n 年に運開した炉の成型加工量 FF は、

$\ell f a$ (月) : 燃料加工から燃料装荷までのリードタイム

とすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第 1 サイクル : } FF(CGY(\ell i, \ell f a)) = P_m(Y_n) \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル : } FF(CGY(\ell f a)) = P_m(Y_n) \end{array} \right.$$

× 第 m 炉型第 1 サイクル装荷燃料 HM 量

$$\left. \begin{array}{l} \text{第 } S_n \text{ サイクル : } FF(CGY(\ell f a)) = P_m(Y_n) \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル : } FF(CGY(\ell f a)) = P_m(Y_n) \end{array} \right\}$$

× 第 m 炉型第 S_n サイクル装荷燃料 HM 量 …… (1-26)

となり、 $P_{\ell m+1}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、……についても同様に計算し、同年の成型加工量を合計する。また算出対象となる炉は、全炉型である。

8 使用済燃料輸送量

Y_n 年に運開した炉の使用済燃料輸送量 DF は、

l_{tr} (月) : 燃料取出から輸送までのラグタイム
 とすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第 1 サイクル : } DE(CGY(l_{tr}))=P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 1 サイクル取出燃料 HM 量} \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル : } DE(CGY(l_{tr}))=P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \dots\dots (1-27) \end{array} \right.$$

となり、 $P_{l_{m+1}}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年運開炉、 Y_{n+2} 年運開炉、……
 について同様に計算し、同年の使用済燃料輸送量を合計する。また算出対象となる炉
 は全炉型である。

⑨ 再処理量計算(再処理有りの場合のみ)

Y_n 年に運開した炉の再処理量 RF は、
 l_{rp} (月) : 燃料取出から再処理までのラグタイム
 とすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{第 1 サイクル : } RF(CGY(l_{rp}))=P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 1 サイクル取出燃料 HM 量} \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル : } RF(CGY(l_{rp}))=P_m(Y_n) \\ \qquad \qquad \qquad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \dots\dots (1-28) \end{array} \right.$$

となり、 $P_{l_{m+1}}$ サイクルまで計算を行い、 Y_{n+1} 年、 Y_{n+2} 年、……について同様
 に計算し、同年の再処理量を合計する。また算出対象となる炉は全炉型である。

II 經 濟 計 算

II 経済計算

経済計算は、主に次の4項目に分けられる。

- ① 燃料費の計算
- ② 資本費の計算
- ③ 運転維持費の計算
- ④ 関連費の計算

以上の4項目の合計と、発電量により各種の発電原価が求められ、炉型及びシステム全体の総合的な経済評価が可能となる。以下、各項目の算出方法について述べる。

1 燃料費計算

燃料費の計算は、図1-1に示すように第1章で求めた各種の燃料量に、各種の燃料単価を乗じて求められる。各種の燃料費とそれに用いる燃料量を表2-1に示す。

表2-1 各種燃料費の算出項目

項 目	算出に使用する物量
天然ウラン費	天然ウラン調達必要量
UF ₆ への転換費	天然ウラン調達必要量
ウラン濃縮費	分離作業実必要量
成型加工費	燃料成型加工量
使用済燃料輸送費	使用済燃料輸送量
再処理費	再 処 理 量
廃棄物処理処分費(再処理有)	再 処 理 量
廃棄物処理処分費(再処理無)	使用済燃料輸送量
プルトニウム装荷費	Pu 装 荷 量
プルトニウムクレジット	Pu 回 収 量
不使用Pu貯蔵費	全炉型累計Puバランス量

物量計算において、装荷燃料はリードタイムを考慮するため実際の装荷時点より早い時点で用意することになるが、燃料費の計算では、実際の装荷時点に費用化するものとし、リードタイム間に金利が加算されることとする。また取出燃料は、ラグタイムを考慮し再処理等の作業終了時に費用化するものとする。この場合、ラグタイム間に金利が加算される。これを図2-1に示す。

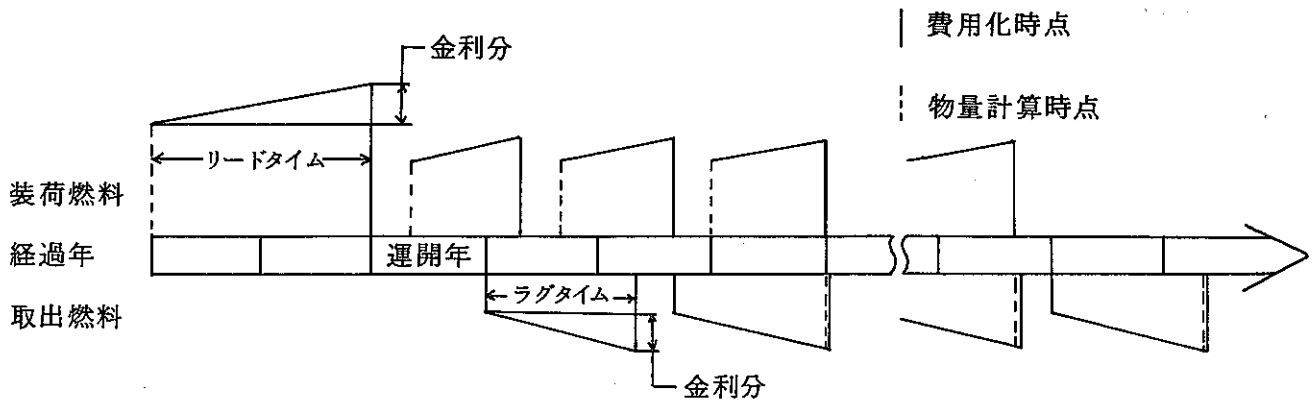


図2-1 燃料の物量計算と費用化時点の相違

金利計算では、第1サイクルの装荷燃料は、燃料初装荷から運開までのリードタイムが関係するが、第1サイクル以降は無視される。従って、炉型2基以上の複合炉系では、物量計算結果に金利分を単純に加算することができない。これらの理由により、物量計算時に、金利分を燃料量に換算する。

以上のことから燃料費の計算で使用する燃料量は、物量計算で算出したものでなく、リードタイムを含まない時点で、リードタイム間の金利分を物量に換算したものを使用する。

1.1 天然ウラン費

天然ウラン費に用いる天然ウラン量を以下に述べる。

Y_n 年に運開した炉の天然ウランみかけ必要量 NU_i は、

$$\text{第1サイクル： } NU_i(\text{CGY}) = P_m(Y_n)$$

×第m炉型第1サイクル装荷天然ウラン量

$$\times (1 + \text{年利率})^{\frac{(l_i + l_p)}{12}}$$

$$\text{第 } S_n \text{ サイクル： } NU_i(\text{CGY}) = P_m(Y_n)$$

×第m炉型第 S_n サイクル装荷天然ウラン量

$$\times (1 + \text{年利率})^{\frac{(l_p)}{12}} \dots\dots\dots (2-1)$$

となり、以下物量計算と同様に計算を行う。また天然ウラン回収量 NU_o は、

$$\text{第1サイクル： } NU_o(\text{CGY}(l_{rp})) = P_m(Y_n)$$

×第m炉型第1サイクル取出天然ウラン量

$$\times (1 - \frac{l_{Sr}}{100}) \times (1 + \text{年利率})^{\frac{l_{rp}}{12}}$$

第 S_n サイクル： $NU_o(CGY(\ell_{rp})) = P_m(Y_n)$

× 第 m 炉型第 S_n サイクル取出天然ウラン量

$$\times \left(1 - \frac{\ell_{Sr}}{100}\right) \times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_{rp}}{12}} \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

となり、以下物量計算と同様に計算を行う。以上の(2-1)、(2-2)式より求めた天然ウランみかけ必要量と天然ウラン回収量で(1-19)式より天然ウラン調達必要量を算出する。これで求めた天然ウラン調達必要量を用い、 Y_n 年における第 m 炉型の天然ウラン費を(2-3)式で算出する。

$$Y_n \text{ 年の天然ウラン費} = (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型天然ウラン調達必要量}) \\ \times (Y_n \text{ 年の天然ウラン単価}) \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

ただし天然ウラン単価は、基準 Y_o 、実質燃料価格上昇率を f_c とすると、

$$Y_n \text{ 年の天然ウラン単価} = Y_o \text{ 年の天然ウラン単価} \\ \times (1 + f_c)^{(Y_n - Y_o)} \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

となる。ここで天然ウラン調達必要量は、みかけ必要量と回収量との差分であるから、回収によるマイナス費用の効果はあらかじめ含まれている。また再処理無しの場合は、回収量の項が無いので、みかけ必要量が用いられる。

1.2 UF₆転換費

UF₆転換費は、天然ウラン費の計算で用いた天然ウラン調達必要量で計算を行う。 Y_n 年の第 m 炉型のUF₆転換費は、

$$Y_n \text{ 年のUF}_6 \text{ 転換費} = (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型天然ウラン調達必要量}) \\ \times (Y_n \text{ 年のUF}_6 \text{ 転換単価}) \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

となる。ただし Y_n 年におけるUF₆転換単価は、(2-4)式と同様に算出される。

ここで回収ウランは、自動的に再転換後、再濃縮するものとしている。このときの転換量の節約量は、厳密には天然ウランの節約量と異なるが、天然ウランのまま用いる部分が少ないので、調達量が全て転換されると近似した。

1.3 ウラン濃縮費

ウラン濃縮費は、分離作業実必要量より算出する。ウラン濃縮費に用いる分離作業実必要量を以下に述べる。

Y_n 年に運開した炉の分離作業みかけ必要量SWU_iは、

第 1 サイクル： $SWU_i(CGY) = P_m(Y_n)$

× 第 m 炉型第 1 サイクル装荷燃料 SWU 量

$$\times (1 + \text{年利率})^{\frac{(\ell_i + \ell_e)}{12}}$$

第 S_n サイクル： $SWU_i(CGY) = P_m(Y_n)$

$$\begin{aligned} & \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル装荷燃料 SWU 量} \\ & \times (1 + \text{年利率})^{\frac{le}{12}} \quad \dots\dots\dots (2-6) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に計算を行う。また分離作業回収量 SWU_o は、

第 1 サイクル： $SWU_o(CGY(lre)) = P_m(Y_n)$

$$\begin{aligned} & \times \text{第 } m \text{ 炉型第 1 サイクル取出燃料 SWU 量} \\ & \times (1 - \frac{lSr}{100}) \times (1 + \text{年利率})^{\frac{lre}{12}} \end{aligned}$$

第 S_n サイクル： $SWU_o(CGY(lre)) = P_m(Y_n)$

$$\begin{aligned} & \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル取出燃料 SWU 量} \\ & \times (1 - \frac{lSr}{100}) \times (1 + \text{年利率})^{\frac{lre}{12}} \quad \dots\dots\dots (2-7) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に計算する。以上の(2-6)、(2-7)式より求めた分離作業みかけ必要量と分離作業回収量を用い、(1-22)式より分離作業実必要量を算出する。これで求めた分離作業実必要量を用い、 Y_n 年における第 m 炉型のウラン濃縮費を算出する。

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年のウラン濃縮費} &= (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型分離作業実必要量}) \\ & \times (Y_n \text{ 年のウラン濃縮単価}) \quad \dots\dots\dots (2-8) \end{aligned}$$

ただし Y_n 年におけるウラン濃縮単価は、(2-4)式と同様に算出される。

1.4 成型加工費

成型加工費の算出に用いる成型加工量 FF は、(2-9)式により求められる。

Y_n 年に運開した炉は、

第 1 サイクル： $FF(CGY) = P_m(Y_n)$

$$\begin{aligned} & \times \text{第 } m \text{ 炉型第 1 サイクル装荷燃料 HM 量} \\ & \times (1 + \text{年利率})^{\frac{li+lfa}{12}} \end{aligned}$$

第 S_n サイクル： $FF(CGY) = P_m(Y_n)$

$$\begin{aligned} & \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル装荷燃料 HM 量} \\ & \times (1 + \text{年利率})^{\frac{lfa}{12}} \quad \dots\dots\dots (2-9) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に計算を行う。これを用いて、 Y_n 年における第 m 炉型の成型加工費を算出する。

$$Y_n \text{ 年の成型加工費} = (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型燃料成型加工量}) \\ \times (Y_n \text{ 年の成型加工単価}) \quad \dots\dots (2-10)$$

ただし、 Y_n 年における成型加工単価は、(2-4)式と同様に計算する。

1.5 使用済燃料輸送費

使用済燃料輸送費の算出に用いる使用済燃料輸送量 DE は、(2-11)式で求められる。 Y_n 年に運開した炉の使用済燃料輸送量は、

$$\begin{aligned} \text{第 } 1 \text{ サイクル} : DE(CGY(\ell_{tr})) &= P_m(Y_n) \\ &\times \text{第 } m \text{ 炉型第 } 1 \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \\ &\times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_{tr}}{12}} \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル} : DE(CGY(\ell_{tr})) &= P_m(Y_n) \\ &\times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \\ &\times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_{tr}}{12}} \quad \dots\dots (2-11) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に行う。これを用いて、 Y_n 年における第 m 炉型の使用済燃料輸送費を算出する。

$$Y_n \text{ 年の使用済燃料輸送費} = (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型使用済燃料輸送量}) \\ \times (Y_n \text{ 年の使用済燃料輸送単価}) \quad \dots\dots (2-12)$$

ただし、 Y_n 年の使用済燃料輸送単価は、(2-4)式と同様に計算する。

1.6 再処理費（再処理有りの場合のみ）

再処理費の算出に用いる再処理量 RF は、(2-13)式で求められる。 Y_n 年に運開した炉は、

$$\begin{aligned} \text{第 } 1 \text{ サイクル} : RF(CGY(\ell_{rp})) &= P_m(Y_n) \\ &\times \text{第 } m \text{ 炉型第 } 1 \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \\ &\times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_{rp}}{12}} \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル} : RF(CGY(\ell_{rp})) &= P_m(Y_n) \\ &\times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル取出燃料 HM 量} \\ &\times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_{rp}}{12}} \quad \dots\dots (2-13) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に行う。これを用いて、 Y_n 年における第 m 炉型の再処理費を算出する。

$$Y_n \text{ 年の再処理費} = (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉再処理量}) \\ \times (Y_n \text{ 年の再処理単価}) \quad \dots\dots (2-14)$$

ただし、 Y_n 年における再処理単価は、(2-4)式と同様に計算する。

1.7 廃棄物処理処分費（再処理有りの場合）

再処理を行う場合の廃棄物処理処分費は、(2-13)式で求めた再処理量を用い算出する。

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年の廃棄物処理処分費} &= (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型再処理費}) \\ &\quad \times (Y_n \text{ 年の廃棄物処理処分単価}) \cdots \cdots (2-15) \end{aligned}$$

ただし、 Y_n 年における廃棄物処理処分単価は、(2-4)式と同様に算出する。

1.8 廃棄物処理処分費（再処理無しの場合）

再処理を行わない場合の廃棄物処理処分費は、(2-11)式で求めた使用済燃料輸送量を用い算出する。

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年の廃棄物処理処分費} &= (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型使用済燃料輸送量}) \\ &\quad \times (Y_n \text{ 年の廃棄物処理処分単価}) \cdots \cdots (2-16) \end{aligned}$$

ただし、 Y_n 年における廃棄物処理処分単価は、(2-4)式と同様に算出する。

尚、再処理無しと再処理有りの場合の廃棄物処理処分単価は、価格が異なる。

1.9 プルトニウム装荷費

プルトニウム装荷費に用いるプルトニウム装荷量 PU_i は、金利分を加算し(2-17)式で求められる。 Y_n 年に運開した炉のプルトニウム装荷量は、

$$\begin{aligned} \text{第 } 1 \text{ サイクル} : PU_i(CGY) &= P_m(Y_n) \\ &\quad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } 1 \text{ サイクル装荷分裂 } Pu \text{ 量} \\ &\quad \times (1 + \text{年利率})^{\frac{\ell_i}{12}} \\ \text{第 } S_n \text{ サイクル} : PU_i(CGY) &= P_m(Y_n) \\ &\quad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } S_n \text{ サイクル装荷分裂 } Pu \text{ 量} \\ &\quad \cdots \cdots (2-17) \end{aligned}$$

となり、以下物量計算と同様に行う。これを用い、 Y_n 年における第 m 炉型のプルトニウム装荷費を(2-18)式で求める。

$$\begin{aligned} Y_n \text{ 年のプルトニウム装荷費} &= (Y_n \text{ 年における第 } m \text{ 炉型装荷分裂 } Pu \text{ 量}) \\ &\quad \times (Y_n \text{ 年のプルトニウム単価}) \cdots \cdots (2-18) \end{aligned}$$

ただし、 Y_n 年におけるプルトニウム単価は、(2-4)式と同様に算出する。

1.10 プルトニウム・クレジット（再処理有りの場合のみ）

プルトニウム・クレジットは、プルトニウム回収量より算出する。 Y_n 年に運開した炉のプルトニウム回収量 PU_o は、金利を加算し

$$\begin{aligned} \text{第 } 1 \text{ サイクル} : PU_o(CGY)(\ell_{rf}, \ell_{fa}) &= P_m(Y_n) \\ &\quad \times \text{第 } m \text{ 炉型第 } 1 \text{ サイクル取出分裂 } Pu \text{ 量} \\ &\quad \times (1 + \text{年利率})^{\frac{(\ell_{rf} + \ell_{fa})}{12}} \end{aligned}$$

第 S_n サイクル : $PU_0(CGY(lrf, lfa)) = P_m(Y_n)$

× 第 m 炉型第 S_n サイクル取出分裂 Pu 量

$$\times (1 + \text{年利率})^{\frac{(lrf+lfa)}{12}} \dots\dots\dots (2-19)$$

となり、以上物量計算と同様に計算する。これを用いて、 Y_n 年における第 m 炉型のプルトニウム・クレジットは (2-20) 式で求められる。

Y_n 年のプルトニウム・クレジット = (- 1)

× (Y_n 年におけるプルトニウム回収量)

× (Y_n 年のプルトニウム単価) …… (2-20)

ただし、 Y_n 年におけるプルトニウム単価は、(2-4) 式と同様に計算される。

また、プルトニウム・クレジットの回収は、炉から取出後 $(lrf+lfa)$ ヶ月後 (次の炉への装荷が可能になった時点) になされるものと近似している。プルトニウムが再利用可能な状態になるまでの作業コストは、再処理費に含まれるものとする。

1.1.1 不使用 Pu 貯蔵費

(2-17)、(2-19) 式で求めたプルトニウム装荷量、プルトニウム回収量を (1-25) 式で算出した全炉型合計の累計プルトニウム・バランス量を用いて、不使用 Pu 貯蔵費を算出する。 Y_n 年における不使用 Pu 貯蔵費は、(2-21) 式で求められる。

Y_n 年の不使用 Pu 貯蔵費 = (Y_n 年における全炉型合計の累計 Pu バランス)

× (Y_n 年の不使用 Pu 貯蔵単価) …… (1-21)

ただし、 Y_n 年における不使用 Pu 貯蔵単価は、(2-4) 式と同様に算出する。

また不使用 Pu 貯蔵費は、炉型別に求めるものではなく、システム全体の費用として算出を行うものである。その為、炉型別の計算では、不使用 Pu 貯蔵費の項目は無いものとする。

2 資本費計算

資本費の項目としては次の4つがある。

- 建設費金利
- 建設費減価償却費
- 建設費固定資産税
- 廃炉費

2.1 建設費

建設費の主な内訳は表2-2に示すとおりである。

表2-2 建設費内訳

細分類	大分類
土地	土地
建物 構築物 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

FCCⅢコードでは表2-2に示す建設費の内訳を大分類で入力する。

建設中利子率は

$$\text{建設中利子率} = (\text{平均年利率} + 1) \frac{\text{建設期間(ヶ月)}}{12} \dots\dots (2-22)$$

となり、建設中利子は

$$\text{建設中利子} = (\text{土地代} + \text{土地代を除く総工事費}) \times \text{建設中利子率} \dots\dots (2-23)$$

となる。よって建設費は

$$\text{建設費} = \text{建設中利子を除く総工事費} + \text{建設中利子} - \text{残存価格} \dots (2-24)$$

となる。

2.2 建設費金利

初年度 : 建設費 × 年利率

次年度より炉寿命まで : 減価償却残高 × 年利率

2.3 建設備減価償却費

減価償却の方法は、主なものとして「定額法」、「定率法」、「資本回収法」の三つがあげられる。次にこれらについて述べる。

(1) 定額法 耐用年数間一定額を償却していく方法で次式で表わされる。

$$\text{耐用年間各年減価償却} = \frac{1 - \text{残存価格}}{\text{耐用年数}} \times (\text{建設費} - \text{土地代}) \cdots \cdots (2-25)$$

ただし耐用年数以降はゼロ。

- (2) 定率法 耐用年数間、一定の割合で償却する方法で、いま耐用年数を n 、残存価格 d とすると減価償却 a は、

$$a = 1 - \sqrt[n]{d} \cdots \cdots (2-26)$$

となり、建設費を A とすると減価償却額は次のようになる。

$$\text{初年度} : A \times a \cdots \cdots (2-27)$$

$$t \text{ 年度} : A \times (1 - a)^{t-1} \cdot a \cdots \cdots (2-28)$$

ただし耐用年数以降はゼロ。

- (3) 資本回収法 資本回収法は、ある投資に関して、耐用年間に毎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、いま耐用年数を n 、利子 i 、投資額を A とすると、 A の n 年後における複利合計は、

$$A(1+i)^n \cdots \cdots (2-29)$$

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

$$\begin{aligned} & R + R(1+i) + R(1+i)^2 + \cdots + R(1+i)^{n-1} \\ &= R \{ 1 + (1+i) + (1+i)^2 + \cdots + (1+i)^{n-1} \} \\ & \quad \left(1 + a + a^2 + \cdots + a^{n-1} = \frac{1+a^n}{1+a} \right) \\ &= R \cdot \frac{1 - (1+i)^n}{1 - (1+i)} = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \cdots \cdots (2-30) \end{aligned}$$

となる。(2-29)、(2-30) 式の値は同じなので

$$\begin{aligned} A(1+i)^n &= R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\ \frac{R}{A} &= \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \cdots \cdots (2-31) \end{aligned}$$

(2-31) 式の値を資本回収係数と云う。金利及び減価償却費は、次式で示される。

$$\begin{aligned} & (\text{建設費} - \text{土地代}) \times (1 - \text{残存価格}) \times \text{資本回収係数} \\ & + \{ (\text{建設費} - \text{土地代}) \times \text{残存価格} + \text{土地代} \} \times \text{利率} \\ &= \text{建設費} \left\{ (1 - \text{残存価格}) \times \left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \right) \right\} \\ & - \text{土地代} \left\{ (1 - \text{残存価格}) \times \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right\} \cdots \cdots (2-32) \end{aligned}$$

となる。ただし、耐用年数後は減価償却費はゼロ、金利は残存価格と土地代に金利がかかる。

FCCⅢコードでは「定額法」、「定率法」、「資本回収法」の選択が可能となっている。

2.4 建設費固定資産税

資本回収法で、減価償却費を計算する場合、耐用年間平均固定資産税率により固定資産税を算出する。

耐用年間平均固定資産税：運開後 n 年目に支払う固定資産税額は建設費 A 、減価償却費率を a とすれば、

$$A(1-a)^{n-1} \times \text{当該年度固定資産税率} \quad \dots\dots (2-33)$$

であり、金利 i における現在価値は、

$$\frac{A(1-a)^{n-1}}{(1+i)^n} \times \text{当該年度固定資産税率} \quad \dots\dots (2-34)$$

となる。また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。

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

$$\text{次の5年間} : 0.014 \times \frac{2}{3} = 0.0093$$

$$\text{残りの期間} : 0.014$$

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、

$$\begin{aligned} S_5 &= A \left\{ \frac{1}{1+i} + \frac{1-a}{(1+i)^2} + \dots\dots + \frac{(1-a)^4}{(1+i)^5} \right\} \times 0.0047 \\ &= A \frac{1 - \left(\frac{1-a}{1+i}\right)^5}{a+i} \times 0.0047 \end{aligned}$$

(2-26)式で $d=10\%$ 、 $n=16$ 年とすると $a=0.134$

$$= A \frac{1 - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^5}{0.134+0.08} \times 0.0047 = A \times 0.01468 \quad \dots\dots (2-35)$$

次の5年間に支払う固定資産税の現在価値 S_{10} は、

$$\begin{aligned} S_{10} &= A \frac{\left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^5 - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{10}}{0.134+0.08} \times 0.0093 \\ &= A \times 0.00963 \quad \dots\dots (2-36) \end{aligned}$$

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、

$$S_{16} = A \frac{\left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{10} - \left(\frac{1-0.134}{1+0.08}\right)^{16}}{0.134+0.08} \times 0.014$$

$$= A \times 0.00528 \quad \dots\dots (2-37)$$

耐用年数が16年の場合の耐用年間平均固定資産税は、

$$A \times \text{耐用年間平均固定資産税率}$$

$$= (S_5 + S_{10} + S_{16}) \times \text{資本回収係数}$$

資本回収係数は(2-31)式で金利：8%、n：16年とすると

$$0.11298$$

$$= A \times 0.02959 \times 0.11298$$

$$= A \times 0.00333 \quad \dots\dots (2-38)$$

となる。

「定額法」、「定率法」で減価償却計算を行う場合の固定資産税は次のとおりである。

初年度 : 建設費 × 固定資産税率

次年より炉寿命まで : 減価償却残高 × 固定資産税率

2.5 廃炉費

廃炉総額は建設費(耐用年間の実質価格上昇率を考慮)の*f*%とすると、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立てるものとする、年間積立額の算式は次のとおりになる。

$$\text{年間積立額} = \frac{f/100 \times A \times i \times (1+r)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \dots\dots (2-39)$$

A : 建設費
i : 金利
r : 実質価格上昇率
n : 耐用年数

ただし、(2-39)式で実質価格上昇率を考慮しない場合、

$$\text{年間積立額} = \frac{f/100 \times A \times 1}{(1+i)^n - 1}$$

となる。

3 運転維持費計算

運転維持費の項目は次の3つである。

- 給料手当
- 修繕費
- 諸費

各項目は次に示すような算定式で計算を行なう。

3.1 給料手当

算定式1

建設費×給料手当率×実質労務上昇率

算定式2

給料手当(入力値)×実質労務上昇率

3.2 修繕費

算定式1

修繕費の経年比率は実質価格上昇率を除き、初年度1とし、耐用年目にAとなるように可変算定式を用い、耐用年数後一定となるようにする。これを図2-2に示す。

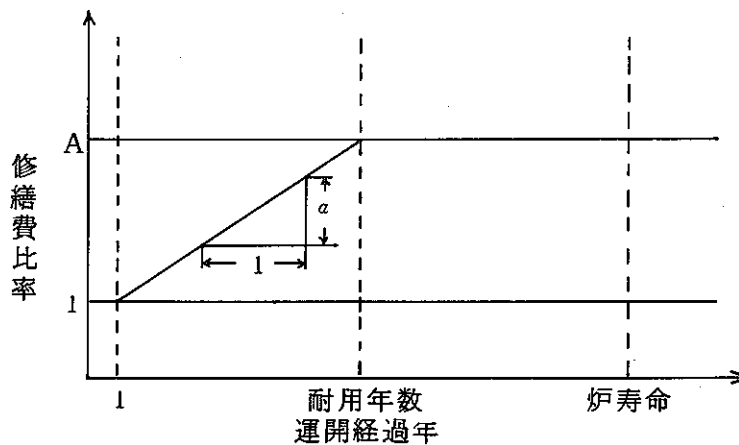


図2-2 修繕費経年比率

傾きaは

$$a = \frac{A - 1}{\text{耐用年数} - 1}$$

となる。

よって修繕費は、

初年度から耐用年数まで

$$\text{建設費} \times \text{修繕費率} \times \{ 1 + a \cdot (t_n - 1) \} \times \text{実質価格上昇率}$$

t_n : 運開後経過年

耐用年数後から炉寿命まで

$$\text{建設費} \times \text{修繕費率} \times \{ 1 + a \cdot (\text{耐用年数} - 1) \} \times \text{実質価格上昇率}$$

となる。

算定式 2

修繕費比率は、算定式 1 と同様で

初年度から耐用年数まで

$$\text{修繕費(入力値)} \times \{ (1 + a \cdot (t_n - 1)) \} \times \text{実質価格上昇率}$$

耐用年数後から炉寿命まで

$$\text{修繕費(入力値)} \times \{ 1 + a \cdot (\text{耐用年数} - 1) \} \times \text{実質価格上昇率}$$

3.3 諸 費

算定式 1

$$\text{建設費} \times \text{諸費率} \times \text{実質価格上昇率}$$

算定式 2

$$\text{諸費(入力値)} \times \text{実質価格上昇率}$$

3.4 重 水 費

重水費はATRの場合についてのみ計算を行なう。

重水費の項目は次の4つである。

- 重水金利
- 重水減価償却
- 重水費補給費
- 重水精製費

重水金利

重水金利は次の算定式により計算を行なう。

$$\text{初年度} \quad : \text{初装荷重水費(入力値)} \times \text{年利率}$$

$$\text{次年度より炉寿命まで} : \text{重水費償却残高} \times \text{年利率}$$

重水減価償却

重水費減価償却は定率法にて算定する。減価償却年数 n 、残存価格 d とし、残存 50% になるまで償却する。これを図 2-3 に示す。定額法の残存割合は、

$$Y_1 = (1 - X)^t \quad \dots\dots\dots (2-40)$$

で示される。ただし t は運開経過年、 X は減価償却率。

残存割合は n 年目に残存価格 d であるから、減価償却率は、

$$Y_n = (1 - X)^n = d$$

$$X = 1 - \sqrt[n]{d} \quad \dots\dots\dots (2-41)$$

で求められる。(2-41)式で求めた数値を(2-40)式に代入し、これを用いて重水減価償却は次式で求められる。

初年度 : 初装荷重水費 $\times (Y_0 - Y_1)$

運開後満 t 年目 : 初装荷重水費 $\times (Y_{t-1} - Y_t)$

ただし残存割合が 50% になったら償却をやめる。

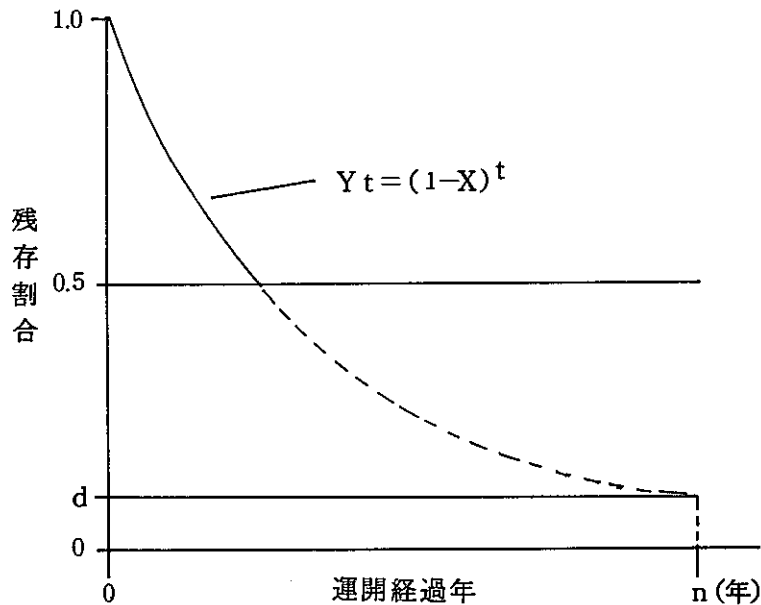


図2-3 重水費減価償却

重水補給費

重水補給費は次式により求める。

重水補給費(入力値) \times 実質価格上昇率

重水精製費

重水精製費は次式により求める。

重水精製費(入力値) \times 実質価格上昇率

FCCⅡコードでは重水費の内訳は出力していない。リストの「ジュウスイヒ」とは重水金利 + 重水減価償却費 + 重水補給費 + 重水精製費の値である。

4 関連費計算

関連費の項目は次の2つである。

- 業務分担費
- 業務事業税

業務分担費は、次の算定式が選択可能である。

4.1 業務分担費

算定式1

$$\text{業務分担費} = \text{建設費} \times \text{業務分担率} \times \text{実質価格上昇率}$$

算定式2

$$\text{業務分担費} = \text{運転維持費} \times \text{業務分担率} \times \text{実質価格上昇率}$$

4.2 業務事業税

$$\text{業務事業税} = \text{年経費合計} \times \text{事業税率}$$

ただし年経費合計とは、

$$\text{年経費合計} = \text{資本費} + \text{燃料費} + \text{運転維持費} + \text{業務分担費}$$

である。

5 発電原価計算

5.1 現在価値換算

現在価値換算法とは、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。将来又は過去 t_n 年において価値 A は、現在の価値 A' に換算すると、

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

r : 現在価値換算率 (%)

t_0 : 基準年 (現在)

で表わされる。

5.2 設備利用率

FCCⅡコードでは、設備利用率は運転から廃炉まで一定として考えた。FCCⅢコードでは、運転期間(月数)と点検期間(月数)をセットとし、これらから毎年の設備利用率を計算する。FCCⅡコードとFCCⅢコードの設備利用率の相違を図2-4に示す。

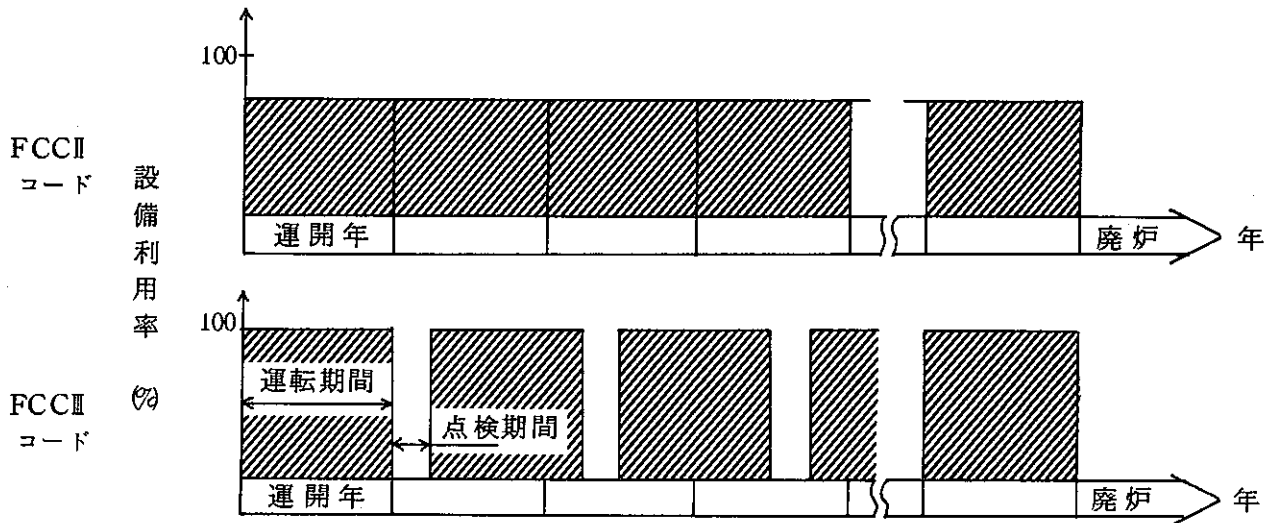


図2-4 FCC IIとFCC IIIの設備利用率の相違

図2-4を見るとFCC IIコードでは、設備利用率は全期間を通じて一定であるが、FCC IIIコードでは、運転期間と点検期間の設定により毎年設備利用率が変化する場合があることがわかる。

設備利用率は、その年の全運転期間を12ヶ月で除して求められる。Yn年の設備利用率は、

$$Y_n \text{ 年の設備利用率} = \frac{Y_n \text{ 年の全運転期間(ヶ月)}}{12 \text{ ヶ月}}$$

となる。

5.3 年次発電量

年次発電量は、5.2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、

$$Y_n \text{ 年の発電量(Wh)} = Y_n \text{ 年の設備容量(We)} \\ \times (365 \text{ 日} \times 24 \text{ 時間}) \times Y_n \text{ 年の設備利用率}$$

となり、また発電量の現在価値換算も費用と同様に、

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

Y₀ : 基準年(現在)

r : 現在価値換算率(%)

で求められる。

5.4 各年発電原価

各年発電原価は、年経費と年次発電量により次式で求められる。

発電年経費 = 資本費 + 燃料費 + 運転維持費 + 関連費

$$\text{各年発電原価 (円/kWh)} = \frac{\text{発電年経費}}{\text{年次発電量}}$$

5.5 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。

$$\text{初年度発電原価 (発電端)} = \frac{\text{運開時点の発電年経費 (円)}}{\text{運開時点の年次発電量}} \quad (\text{円/kWh})$$

$$\text{初年度発電原価 (送電端)} = \frac{\text{初年度発電原価 (発電端)}}{(1 - \text{所内率})} \quad (\text{円/kWh})$$

5.6 耐用年間平均発電原価

耐用年間平均発電原価は、運開から耐用年数までの累計発電経費を運開から耐用年数までの累計発電量で除して求められる。ただし耐用年間平均発電原価は原子炉一基の場合のみ有効である。

$$\text{耐用年間平均発電原価 (発電端)} = \frac{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} C_i}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} E_i} \quad (\text{円/kWh})$$

$$\text{耐用年間平均発電原価 (送電端)} = \frac{\text{耐用年間平均発電原価 (発電端)}}{(1 - \text{所内率})} \quad (\text{円/kWh})$$

C_i : i 年の年次発電経費

E_i : i 年の年次発電量

5.7 システム発電原価

システム発電原価は、 t_n 年までの全炉型累計発電経費を t_n 年までの全炉型累計発電量で除して求められる。よって各年のシステム発電原価も算出でき、多種複数炉系の場合にも有効である。

$$t_n \text{ 年のシステム発電原価 (発電端)} = \frac{\sum_{i=1}^{t_n} C S_i}{\sum_{i=1}^{t_n} E S_i} \quad (\text{円/kWh})$$

$$t_n \text{ 年のシステム発電原価 (送電端)} = \frac{t_n \text{ 年のシステム発電原価 (発電端)}}{(1 - \text{所内率})} \quad (\text{円/kWh})$$

CS_i : i年の全炉型年次発電経費

ES_i : i年の全炉型年次発電量

5.8 現在価値換算耐用年間平均発電原価(ユニベデ方式)

ユニベデ方式発電原価は、現在価値換算を行うのが特徴であり、原子炉一基のみの場合に有効である。現在価値換算の基準年は運開時点であり、次式にて求められる。

$$\text{ユニベデ方式発電原価(発電端)} = \frac{I + \sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \left(\frac{O_i + F_i}{(1+r)^i} \right)}{\sum_{i=1}^{\text{耐用年数}} \frac{E_i}{(1+r)^i}}$$

(円/kWh)

$$\text{ユニベデ方式発電原価(送電端)} = \frac{\text{ユニベデ方式発電原価(発電端)}}{(1 - \text{所内率})}$$

(円/kWh)

I : 建設費

F_i : i年目の燃料費

O_i : i年の運転維持費

r : 現在価値換算率

E_i : 年次発電量

III FCCⅢコード構成及び主要サブルーチン仕様

Ⅲ FCCⅢコード構成及び主要サブルーチン仕様

FCCⅢ計算コードは、原子力設備容量、各種燃料物量需要、各種燃料費、資本費、運転維持費、関連費、発電原価等の計算処理が行なわれる。

1 メインルーチン

プログラム名 : FCC3

機能 : 入力設定、各種計算ルーチンの起動を行なう。

フローチャート : 図3-1に示す。

使用サブルーチン

名称	機能
DATSTX	基礎データ、半固定データの入力及び論理チェックを行ない、入力情報を判定する。
SETUBI	設備利用率の計算を行なう。
RDCALX	半固定データにおける天然ウラン量及びSWU量換算計算を行なう。
RPCALX	原子力設備容量及び廃炉量の計算を行なう。
NUCALX	天然ウランみかけ必要量、回収量、調達必要量及び費用化時点調達量(金利、価格上昇考慮)の計算を行なう。
SWCALX	分離作業みかけ必要量、回収量、実必要量及び費用化時点実必要量(金利、価格上昇考慮)の計算を行なう。
PUCALX	分裂性Pu装荷量、回収量、バランス量及び費用化時点Pu装荷量、バランス量(金利、価格上昇考慮)の計算を行なう。
EXCALX	費用化時点で金利、価格上昇を考慮した成型加工量、使用済燃料輸送量、再処理量、LWR(Pu)炉の天然ウラン調達必要量の計算を行なう。
ENCALX	各種燃料費10項目の燃料費計算を行なう。
POWERX	炉型別年次発電量の計算を行なう。
SHCALX	建設費減価償却、建設費金利、廃炉費の資本費計算を行なう。
DECALX	給料手当、修繕費、諸費、重水費(ATRのみ)の運転維持費と業務分担費、業務事業税の関連費の計算を行なう。
TSCAL1	各年発電原価の計算を行なう。
TSCAL2	システム平均発電原価の計算を行なう。
UNIPED	ユニペデ方式発電原価の計算を行なう。

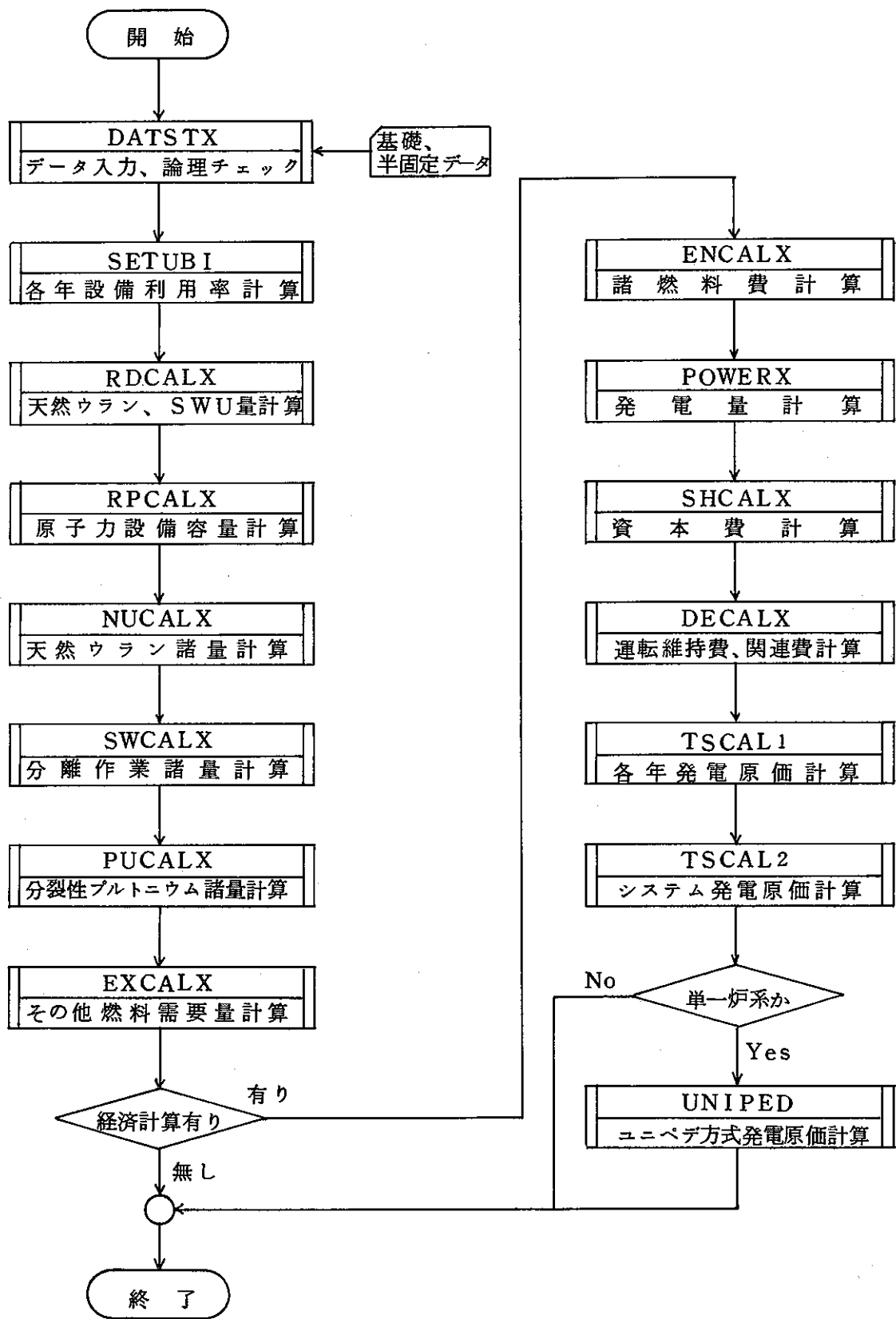


図3-1 FCC3コード・フロー

2 主要サブルーチン機能詳細

DATSTX
基礎、半固定データ入力

機 能

- a) 指定されたパラメータ情報が設定した書式に対応するか否かを判定する。
- b) パラメータ間での論理判定を行なう。
- c) 指定パラメータに対応する項目に、入力情報を設定する。

入力項目

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1 ケース番号 | 12 ウラン濃縮テイル濃縮度 |
| 2 計算期間 | 13 ロス率 |
| 3 所内率 | 14 各種燃料コスト |
| 4 炉型別毎年投入量 | 15 炉型別特性情報 |
| 5 再処理指示 | 16 価格上昇率 |
| 6 経済計算指示 | 17 資本費計算諸係数 |
| 7 現在価値計算率及び換算年 | 18 直接費諸係数または直接費 |
| 8 リードタイム | 19 関連費諸係数または関連費 |
| 9 ラグタイム | 20 耐用年数 |
| 10 最終サイクル | 21 炉型別建設費及び土地代 |
| 11 運転期間、点検期間 | |

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLC	入力判定：入力データが所定のパラメータカードか否かを判定し、コンディションコードを設定する。
INTALP	入力判定：入力データが数値情報であるか否かを判定し、コンディションコードを設定する。
CLEAR2	2バイト整数配列をゼロクリア
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア
PRINT	炉別毎年運開量のリスト出力を行なう。

SETUBI

設備利用率の計算

機 能

- a) 炉型別の運転期間、点検期間より毎年の設備利用率を計算する。

入力項目

- 1 最終サイクル
- 2 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	8バイトの実数配列をゼロクリア
PRINT	炉型別の毎年設備利用率のリスト出力を行なう。

RDCALX
天然ウラン、SWU量計算

機 能

- a) 半固定データより、天然ウラン量及びSWU量の内部計算を行なう。

入力項目

- 1 炉型別特性情報

使用サブルーチン

名 称	機 能
PRINT	基礎データ及び半固定炉型別データのリスト出力を行なう。

RPCALX
設備容量、廃炉量計算

機 能

- a) 原子力設備容量の計算を行なう。
b) 廃炉量の計算を行なう。

入力項目

- 1 炉型別特性情報
2 炉型別毎年投入量

使用サブルーチン

名 称	機 能
TOTAL	2次元配列における行方向の指定項目のみ合計値を算出する。
RUIKEI	1次元配列の指定区間の累計計算を行なう。
PRINT	炉型別設備容量、廃炉量、運開量のリスト出力を行なう。

NUCALX

天然ウラン諸量計算

機能

- a) 天然ウランみかけ必要量の計算
- b) 天然ウラン回収量の計算
- c) 天然ウラン調達必要量の計算
- d) 費用化時点天然ウラン調達必要量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算

入力項目

- 1 炉型別毎年投入量
- 2 炉型別特性情報(装荷天然ウラン量、取出天然ウラン量)
- 3 ロス率
- 4 リードタイム
- 5 ラグタイム
- 6 直接費諸係数(年利率)
- 7 価格上昇率(燃料価格)
- 8 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名 称	
TOTAL	2次元配列における行方向の指定項目のみの合計値を算出する。
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア
PRINT	天然ウランみかけ必要量、回収量、調達必要量のリスト出力を行なう。
CGYEAR	月単位のサイクル、リード・ラグタイムを年換算する。

SWCALX
分離作業量計算

機能

- a) 分離作業みかけ必要量の計算
- b) 分離作業回収量の計算
- c) 分離作業実必要量の計算
- d) 費用化時点分離作業実必要量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）の計算

入力項目

- 1 炉型別毎年運開量
- 2 炉型別特性情報（装荷SWU量、取出SWU量）
- 3 ロス率
- 4 リードタイム
- 5 ラグタイム
- 6 直接費諸係数（年利率）
- 7 価格上昇率（燃料価格）
- 8 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名 称	機 能
TOTAL	2次元配列における行方向の指定項目のみの合計額を算出する。
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア
PRINT	分離作業みかけ必要量、回収量、実必要量のリスト出力を行なう。
CGYEAR	月単位のサイクル、リード・ラグタイムを年単位の換算する。

PUCALX

分裂性Pu諸量計算

機能

- a) 分裂性Pu装荷量の計算
- b) 分裂性Pu回収量の計算
- c) 分裂性Puバランス量の計算
- d) 費用化時点分裂性Pu装荷量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算
- e) 費用化時点分裂性Puバランス量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算

入力項目

- 1 炉型別毎年運開量
- 2 炉型別特性情報(装荷分裂性Pu量、取出分裂性Pu量)
- 3 ロス率
- 4 リードタイム
- 5 ラグタイム
- 6 直接費諸係数(年利率)
- 7 価格上昇率(燃料価格)
- 8 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名 称	機 能
TOTAL	2次元配列における行方向の指定項目のみの合計値を算出する。
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア
PRINT	分裂性Pu装荷量、回収量、バランス量のリストを行なう。
CGYEAR	月単位のサイクル、リード・ラグタイムを年単位の換算する。

EXCALX

その他燃料需要計算

機 能

- a) 費用化時点成型加工量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算
- b) 費用化時点使用済燃料輸送量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算
- c) 費用化時点再処理量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算
- d) LWR(Pu)の費用化時点天然ウラン調達量(金利、実質燃料価格上昇率考慮)の計算

入力項目

- 1 炉型別毎年投入量
- 2 炉型別特性情報
- 3 ロス率
- 4 リードタイム
- 5 ラグタイム
- 6 直接費諸係数(年利率)
- 7 価格上昇率(燃料価格)
- 8 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	2次元配列における行方向の指定項目のみの合計値を算出する。
CGYEAR	月単位のサイクル、リード・ラグタイムを年単位の換算する。

ENCALX
各種燃料費計算

機能

- a) 年次発電量の計算
- b) 炉型別+項目燃料費の計算
- c) 現在価値換算を考慮した上記の計算

入力項目

- 1 費用化時点、天然ウラン調達必要量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）
- 2 費用化時点、分離作業実必要量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）
- 3 費用化時点、装荷 Pu 量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）
- 4 費用化時点、Pu バランス量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）
- 5 費用化時点、その他燃料需要量（金利、実質燃料価格上昇率考慮）
- 6 各種燃料コスト
- 7 現在価値換算率及び換算率

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア。
RUIKEI	1次元配列の指定区間の累計計算を行なう。
PRINT	核燃料サイクルコストのリスト出力を行なう。

POWERX
年次発電量計算

機能

- a) 炉型別、炉型合計の年次発電量を計算。

入力項目

- 1 炉型別毎年運開量
- 2 最終サイクル
- 3 運転期間および点検期間

使用サブルーチン

名称	機能
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア。

SHCALX
資 本 費 計 算

機 能

- a) 建設費減価償却の計算（定額法、定率法、資本回収法の選択可能）
- b) 建設費減価償却残高の計算
- c) 建設費、土地代金利の計算
- d) 建設費、土地代固定資産税の計算（減価償却を資本回収法で計算する場合
耐用年間平均固定資産税で計算）
- e) 廃炉費計算
- f) 以上の項目の累計平均コスト
- g) 現在価値換算を考慮した上記の計算

入力項目

- 1 建設費（土地代を除く）
- 2 土地代
- 3 資本費諸係数
- 4 現在価値換算年及び換算率
- 5 減価償却法のフラグ（1：定額法、2：定率法、3：資本回収法）

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア。
PRINT	資本費のリスト出力を行なう。

DECALX
運転維持費、関連費計算

機 能

- a) 給料手当、修繕費、諸費及びATR炉の重水金利、重水減価償却、重水補給費、重水精製費についての運転維持費を計算する。
- b) 業務分担費、業務事業税の関連費を計算する。
- c) 現在価値換算を考慮した上記の計算。

入力項目

- 1 建設費（土地代を除く）
- 2 年次各種燃料費項目計
- 3 年次資本費項目計
- 4 各年各種直接費
- 5 各年各種関連費
- 6 各年重水費、重水補給費、重水精製費（ATR炉のみ）
- 7 価格上昇率
- 8 現在価値換算率及び換算年

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	8バイトの実数配列をゼロクリア。
PRINT	運転維持費、関連費のリスト出力を行なう。

TSCAL1
各年発電原価計算

機能

- a) 発電量、資本費、燃料費、運転維持費、関連費の各年次合計のリスト出力を行なう。
- b) 上記の項目の各年発電原価を計算。

入力項目

- 1 年次発電量
- 2 年次各種燃料費項目計
- 3 年次運転維持費項目計
- 4 年次関連費項目計
- 5 年次資本費項目計

使用サブルーチン

名称	機能
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア。
PRINT	年次発電費用と各年発電原価のリスト出力を行なう。

T S C A L 2
システム発電原価計算

機 能

- a) 初年度発電原価（発電端、送電端）を資本費、燃料費、運転維持費、関連費に分けて計算。
- b) 耐用年間平均発電原価（発電端、送電端）を資本費、燃料費、運転維持費、関連費に分けて計算。
- c) 各年次のシステム発電原価（発電端、送電端）を資本費、燃料費、運転維持費、関連費に分けて計算。
- d) 現在価値換算を行った上記の計算。

入力項目

- 1 年次発電量
- 2 年次各種燃料費項目計
- 3 年次運転維持費項目計
- 4 年次関連費項目計
- 5 年次資本費項目計
- 6 所内率
- 7 現在価値換算年及び換算率

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR 8	8バイト実数配列をゼロクリア。
PRINT	各年次のシステム発電原価のリスト出力を行なう。

UNIPED
ユニペデ方式発電原価計算

機 能

- a) 資本費、燃料費、運転維持費、関連費に分けて、ユニペデ方式発電原価（発電端、送電端）を現在価値換算率0%、5%、10%の年率で計算。

入力項目

- 1 建設費（土地代除く）
- 2 土地代
- 3 年次発電量
- 4 年次各種燃料費項目計
- 5 年次運転維持費項目計
- 6 年次関連費項目計
- 7 所内率

使用サブルーチン

名 称	機 能
CLEAR8	8バイト実数配列をゼロクリア。

IV 計算インプット

VI 計算インプット

1 パラメータ解説

① TITLEカード

ケース番号及びタイトル指定を行い、任意の文字、数値の入力が可能となっている。

② TIMEカード

計算開始年、終了年並びに入力開始年と経済計算の有無を指定。また単一炉系、複合炉系シミュレーション・フラグの指定。

③ R・Pカード

炉型別の毎年運開量並びに再処理の有無と所内率の指定。

④ SYS・COSTカード

経済計算が有る場合のみ入力し、現在価値換算基準年、現在価値換算率の設定を行なう。

⑤ LEAD・LAGカード

物量需要及び経済計算に伴う、リードタイム、ラグタイムの設定を行なう。

⑥ %カード

テイルウラン濃縮度並びに各種ロス率の設定を行なう。

⑦ COSTカード

燃料単価の基準値と計算期間の燃料価格上昇率を設定する。

⑧ R・Uカード

サイクル期間と運転期間及び点検期間の設定を行なう。また炉型別の炉心特性データの入力を行なう。入力項目については表4-1を参照。

⑨ ESFカード

価格上昇率（労務、価格、建設費）の入力を行なう。

⑩ PCFカード

資本費計算に関する諸係数の設定を行なう。

⑪ DEFカード

運転維持費、関連費計算に関する諸係数の設定を行なう。ただし給料手当、修繕費、諸費を建設費の割合で設定せず入力値で行う場合、給料手当率、修繕費率、諸費率はゼロを入力。また業務分担費を建設費の割合で設定する場合、運転維持費に対する業務分担費率はゼロとし、運転維持費の割合の場合は、建設費に対する業務分担費率はゼロを入力する。

⑫ P S Cカード

炉型別、総工事費と土地代及び建設期間の設定と炉型別耐用年数の設定を行なう。
またA T Rの場合は重水費、重水補給費、重水精製費の設定も行なう。

⑬ D E Cカード

炉型別、給料手当、修繕費、諸費の設定を行なう。ただし建設費の割合で入力する
場合、D E Cカードのみ入れておけばよい。

次頁より入力型式を示す。

※燃料単価と建設費は入力後、価格上昇を考慮する。

2 入力情報の仕様

入力情報コーディング仕様 (1)

10		20		30		40		50		60		70		80	
TITLEパラメータ															
A80															

TIMEパラメータ															
TIME	I5	I5	I5	I5	I5										
	入力初年	計算終年	経路計算の有無	計算初年	炉系フラグ										

R.Pパラメータ															
R.P	炉型	再処理有無	所内率 F10.5												
	毎年運開量		F10.2												

SYS. COSTパラメータ															
SYS. COST	I5	I5													
	換算基準年	換算率													

LEAD. LAGパラメータ															
LEAD. LAG	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5							
	Lp	Le	Lfa	Li	Ltr	Lrp	Lrf	Lre							

φ パラメータ															
φ	F5.	F5.	F5.	F5.											
	Le	LSe	LSf	LSr											

COSTパラメータ															
COST.	名称(A5)	燃料単価	開始年(1)	終了年(1)	価格上昇率(1)	開始年(2)	終了年(2)	価格上昇率(2)	開始年(3)	終了年(3)	価格上昇率(3)				
		F10.	I5	I5	F10.	I5	I5	F10.	I5	I5	F10.				

R.Uパラメータ															
R.U	炉型	pLm	TOP	TMT											
	開始サイクル	終了サイクル	炉特性情報												
	I5	I5	F10.												

入力情報コーディング仕様 (2)

	10	20	30	40	50	60	70	80
ESFパラメータ								
ESF								
	I 5	I 5	F 10.	F 10.	F 10.			
	開始年(1)	終了年(1)	実質労務上昇率	実質価格上昇率	実質建設費上昇率			

PCFパラメータ								
PCF								
	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.		
	残存価格	年 利 率	固定資産税率	耐用年間平均 固定資産税率	廃 炉 費 率	廃炉費実質上昇率		

DEFパラメータ								
DEF								
	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	
	給料手当率	修 繕 費 率	修繕費係数	諸 費 率	業務分担率	業務事業税率	業務分担率 (運転維持費)	

PSCパラメータ								
PSC								
	炉 型	耐用年数						
	建設期間	建設終了年	土地代を除く建設費	土 地 代	重水費(ATRのみ)	重水補給費(ATRのみ)	重水精製費(ATRのみ)	
	I 5	I 5	I 5	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.	F 10.

DECパラメータ								
DEC								
	炉 型							
	年 (1)	給料手当(1)	修 繕 費 (1)	諸 費 (1)				
	I 5	F 10.	F 10.	F 10.				

入力データの例

<INPUT DATA LIST>

```

.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+
***** FCC3-CODE TEST LWR(U) OPERATION-SPAN:12 MAINTENANCE-SPAN:3*****
TIME      1984 2016      1 1984      1
R.P       1      1      0.04000
          1.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
          0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
          0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
          0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
SYS.COST  1984      5
LEAD.LAG  24      24      12      12      12      12      12      12
%         0.25      1      1      1      1
COST.NUC      2.29 1984 2016      0.000
COST.UCVC      0.16 1984 2016      0.000
COST.UCDC      3.08 1984 2016      0.000
COST.PPC1      8.72 1984 2016      0.000
COST.PPC2     13.00 1984 2016      0.000
COST.PPC3      7.85 1984 2016      0.000
COST.PPC4     13.00 1984,2016      0.000
COST.PPC5     39.00 1984 2016      0.000
COST.PPC6      8.72 1984 2016      0.000
COST.RTC1     13.50 1984 2016      0.000
COST.RTC2     16.20 1984 2016      0.000
COST.RTC3     13.50 1984 2016      0.000
COST.RTC4     16.20 1984 2016      0.000
COST.RTC5     27.00 1984 2016      0.000
COST.RTC6     13.50 1984 2016      0.000
COST.FTC1      6.51 1984 2016      0.000
COST.FTC2      7.81 1984 2016      0.000
COST.STRC     22.00 1984 2016      0.000
COST.WDC1      6.70 1984 2016      0.000
COST.WDC2     11.23 1984 2016      0.000
COST.WDC3      7.35 1984 2016      0.000
COST.PUC     660.00 1984 2016      0.000
R.U       11      24      12.0      3.0
          0      0      98.8      2.34      0.0      0.0      0.0      0.0
          1      1      26.9      3.09      32.2      0.90      0.158      32.4
          2      2      26.9      3.09      32.0      0.90      0.164      32.2
          3      3      26.9      3.09      31.9      0.90      0.170      32.1
          4      23      26.9      3.09      25.7      0.90      0.165      26.0
          24      24      0.0      0.0      95.7      1.40      0.451      97.1
ESF
          1984 2016
PCF      0.10000      0.08000      0.01400      0.00333      0.12000      0.00000
DEF      0.00310      0.01200      0.13333      0.01550      0.00420      0.01523
PSC      1      16
          72.0 1984      3500.00      60.00
DEC

```

3 入出力一覧表

表4-1に入力一覧表、表4-2に経済計算出力一覧表を示す。

表4-1 DATSTX入力一覧表

項 目	変 数 名	項 目	変 数 名
タイトル	TITLE	炉特性(表4-3参照)	RU
入力開始年	TIME(1)	実質労務上昇率	ESF(1、年)
計算終了年	TIME(2)	実質価格上昇率	ESF(2、年)
経済計算の有無 *1	TIME(3)	実質建設費上昇率	ESF(3、年)
計算開始年	TIME(4)	残存価格	PCF(1)
単一炉系、複合炉系フラグ *3	KFLG	年 利 率	PCF(2)
再処理の有無 *2	RPF(炉型)	固定資産税率	PCF(3)
所内率	SIF(炉型)	耐用年間固定資産税率	PCF(4)
原子炉毎年投入量	RP(年、炉型、1)	廃炉費率	PCF(5)
換算基準年	SC(1)	廃炉実質上昇率	PCF(6)
換 算 率	SQ(2)	給料手当率	DEF(1)
リードタイム l_p	LEAD(1)	修繕費率	DEF(2)
リードタイム l_e	LEAD(2)	修繕費上昇係数	DEF(3)
リードタイム l_{fa}	LEAD(3)	運転維持諸費率	DEF(4)
リードタイム l_i	LEAD(4)	業務分担率	DEF(5)
ラグタイム l_{tr}	LAG(1)	業務事業税率(建設費)	DEF(6)
ラグタイム l_{rp}	LAG(2)	業務分担率(運転維持費)	DEF(7)
ラグタイム l_{rf}	LAG(3)	原子炉耐用年数	ITY(炉型)
ラグタイム l_{re}	LAG(4)	建設費(土地代除く)	PS(年、炉型、1)
ウランテイル濃縮度 e_0	PAR(1)	土 地 代	PS(年、炉型、2)
ウラン濃縮ロス率 l_{Se}	PAR(2)	重水費(ATRのみ)	DHC(年、炉型、1)
燃料加工ロス率 l_{Sf}	PAR(3)	重水補給費(ATRのみ)	DHC(年、炉型、2)
再処理ロス率 l_{Sr}	PAR(4)	重水精製費(ATRのみ)	DHC(年、炉型、3)
燃料単価(表4-4参照)	RC(年、項目)	給料手当	WD(年、炉型、1)
最終サイクル	PLM(炉型)	修 繕 費	WD(年、炉型、2)
運転期間 TOP	TOP(炉型)	運転維持諸費	WD(年、炉型、3)
点検期間 TMT	TMT(炉型)		

*1 TIME(3) = 0 : 経済計算無し、 TIME(3) = 1 : 経済計算有り

*2 RPF = 0 : 再処理無し、 RPF = 1 : 再処理有り

*3 KFLG = 0 : 複合炉系シミュレーション、 KFLG = 1 : 単一炉系シミュレーション

表4-2 経済計算出力一覧表

計算ルーチン	変数名	内 容	変 数 名	内 容
ENCALX (燃料費計算)	FLC(年、炉型、1)	天然ウラン費	FLC(年、炉型、7)	処理処分費
	FLC(年、炉型、2)	転換費	FLC(年、炉型、8)	Pu装荷費
	FLC(年、炉型、3)	濃縮費	FLC(年、炉型、9)	Puクレジット
	FLC(年、炉型、4)	成型加工費	FLC(年、炉型、10)	不用Pu貯蔵費
	FLC(年、炉型、5)	使用済燃料輸送費	FLC(年、炉型、11)	燃料費計
	FLC(年、炉型、6)	再処理費		
	PSC(年、炉型、1)	減価償却残高	PSC(年、炉型、5)	土地代金利
SHCALX (資本費計算)	PSC(年、炉型、2)	減価償却費	PSC(年、炉型、6)	土地代固定資産税
	PSC(年、炉型、3)	建設費金利	PSC(年、炉型、7)	廃炉費
	PSC(年、炉型、4)	建設費固定資産税	PSC(年、炉型、8)	資本費計
DECALX (運転維持費、 関連費計算)	DEC(年、炉型、1)	給料手当	DEC(年、炉型、5)	業務事業税
	DEC(年、炉型、2)	修繕費	DEC(年、炉型、6)	重水費計(ATRのみ)
	DEC(年、炉型、3)	運転維持諸費	DEC(年、炉型、7)	運転維持、関連費計
	DEC(年、炉型、4)	業務分担費		

※ SHCALX(資本費計算)の建設費とは土地代を除いたものである。また資本回収法で減価償却を計算する場合、減価償却残高は、建設費(土地代を除く)を示し、減価償却費と金利を合計したものを減価償却費の項目に表示してある。このため金利の項目はゼロである。

(1) 炉型別炉心特性情報入力

炉型別炉心特性情報についての項目は表4-3に示された情報が必要となる。

ここで炉型によって入力形態が異なるため、炉型の識別は、同表に示されている11～92で表現するものとする。

炉型によって物量収支計算の条件が多少異なるものがある。以下の規定に従って計算を行なうものとする。

- a) LWR(Pu)のPu燃料分、及びATR(Pu)の装荷ウランは天然ウランとする。
- b) 上記の取出しウラン濃縮度は、天然ウラン以下となるため、取出量のうち天然ウラン量と分離作業量の計算対象からはずす。
- c) HCLWR及びFBRに用いるウランは、全て劣化ウランとし、物量及び経済計算の対象からはずす(HM量には陰に算入されている。)。

表4-3 炉型別特性情報一覧表

(単位:トン)

名称	炉型	1	2	3	4	5	6
LWR-U	11	装) ^{*5} ウラン量	装)濃縮度	取)ウラン量	取) ^{*5} 濃縮度	取) ^{*6} Pu量	取)HM量
LWR-Pu *1	21	装)ウラン量	装)濃縮度	取)ウラン量	取)濃縮度	取)Pu量	取)HM量
	22	装) ^{*7} ウラン量	装) ^{*6} Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量	
A-LWR	31	装) ^{*5} ウラン量	装)濃縮度	取)ウラン量	取)濃縮度	取)Pu量	取)HM量
HCLWR	41	装)ウラン量	装)Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量	
ATR-U	51	装)ウラン量	装)濃縮度	取)ウラン量	取)濃縮度	取)Pu量	取)HM量
ATR-Pu	61		装) ^{*7} ウラン量	装)Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量
FBR-2 *2	71	装)ウラン量	装)Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量	
	72	装)ウラン量	取)Pu量	取)HM量			
FBR-3 *3	81	装)ウラン量	装)Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量	
	82	装)ウラン量	取)Pu量	取)HM量			
FBR-1 *4	91	装)ウラン量	装)Pu量	装)HM量	取)Pu量	取)HM量	
	92	装)ウラン量	取)Pu量	取)HM量			

*1: 炉型21=U燃料分、炉型22=Pu燃料分

*2: 炉型71=炉心燃料、炉型72=ブランケット燃料分
尚、出力リスト上では、FBR(L)と記されている。

*3: 炉型81=炉心燃料、炉型82=ブランケット燃料分
尚、出力リスト上では、FBR(H)と記されている。

*4: 炉型91=炉心燃料、炉型92=ブランケット燃料分
尚、出力リスト上では、FBR(S)と記されている。

*5: 装) 装荷燃料
取出燃料

*6: Pu量=fisPu量

*7: ウラン=天然ウラン

(2) 燃料単価データ仕様

表 4-4 項目別燃料単価データ

No	項 目 名	変 数 名	単 位
1	天然ウラン単価	NUC	万円/kg U
2	ウラン転換単価	UCVC	万円/kg U
3	ウラン濃縮単価	UCDC	万円/kg SWU
4	LWR(U)、A-LWR燃料成型加工単価	PPC1	万円/kg U
5	LWR(Pu) 〃	PPC2	万円/kg HM
6	ATR(U) 〃	PPC3	万円/kg U
7	ATR(Pu) 〃	PPC4	万円/kg HM
8	FBR炉心燃料、HCLWR 〃	PPC5	万円/kg HM
9	FBRブランケット燃料 〃	PPC6	万円/kg U
10	LWR(U)、A-LWR燃料再処理単価	RTC1	万円/kg HM
11	LWR(Pu) 〃	RTC2	万円/kg HM
12	ATR(U) 〃	RTC3	万円/kg HM
13	ATR(Pu) 〃	RTC4	万円/kg HM
14	FBR炉心燃料、HCLWR 〃	RTC5	万円/kg HM
15	FBRブランケット燃料 〃	RTC6	万円/kg HM
16	使用済燃料輸送単価(FBR炉心、HCLWR以外)	FTC1	万円/kg HM
17	〃 (FBR炉心、HCLWR)	FTC2	万円/kg HM
18	不使用Pu貯蔵単価	STRC	万円/kg Pu f /年
19	廃棄物処理処分単価(再処理有り)	WDC1	万円/kg HM
20	〃 (FBR炉心、HCLWR)	WDC2	万円/kg HM
21	〃 (再処理無し)	WDC3	万円/kg HM
22	プルトニウム単価)	PUC	万円/kg HM

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、FAMILY」
東海事業所 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