

高速炉用一次元拡散コードEXPANDAの改良  
(EXPANDA-2コード)

---

1966 年 11 月

---

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所は、研究成果、調査結果の報告のため、つぎの3種の研究報告書を、それぞれの通しナンバーを付して、不定期に公刊しております。

- |         |                                  |                 |
|---------|----------------------------------|-----------------|
| 1. 研究報告 | まとまった研究の成果あるいはその一部における重要な結果の報告   | JAERI 1001-3999 |
| 2. 調査報告 | 総説、展望、紹介などを含め、研究の成果、調査の結果をまとめたもの | JAERI 4001-5999 |
| 3. 資料   | 研究成果の普及、開発状況の紹介、施設共同利用の手引など      | JAERI 6001-6999 |

このうち既刊分については「JAERI レポード一覧」にタイトル・要旨をまとめて掲載し、また新刊レポートは「原研びふりお」でその都度紹介しています。これらの研究報告書に関する頒布、版權、複写のお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あてお申し越しください。

---

Japan Atomic Energy Research Institute publishes the nonperiodical reports with the following classification numbers:

1. **JAERI 1001-3999** Research reports,
2. **JAERI 4001-5999** Survey reports and reviews,
3. **JAERI 6001-6999** Information and Guiding Booklets.

Any inquiries concerning distribution copyright and reprint of the above reports should be directed to the Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

## 高速炉用一次元拡散コード EXPANDA の改良 (EXPANDA-2コード)

## 要 旨

JAERI-1091 で報告された EXPANDA が改良され、ソ連で作成されたアバギアン群定数系 (共鳴自己遮蔽因子の表を含む) の取扱が可能になった。そのため、群の数は 25 まで、減速散乱の群は 9 まで拡張された。また増殖比、随伴中性子束、Na-ボイド係数、ドップラー係数、群数を縮約した場合の少数群巨視断面積、その他の計算がつけ加えられ、入力形式も便利な形になった。

微視断面積、遮蔽因子のライブラリー・テープ作成用コード LTKFK が用意されている。

1966 年 5 月

日本原子力研究所東海研究所

動力炉開発部核設計研究室

鈴木友雄, 桂木学

## ‘EXPANDA-2’

Improvement of the EXPANDA, the One-Dimensional  
Diffusion Equation Code for Fast Reactors

## Summary

The code EXPANDA (reported previously in JAERI-1091) has been improved, so that it could also treat the ABAGJAN group constants system including tables of resonance self-shielding factors, assembled in the U. S. S. R. For this purpose, the maximum number of energy groups and of groups for down-scattering were increased to 25 and 9 respectively and various options of calculation were added. The calculation of the breeding ratio, adjoint neutron fluxes, sodium-void coefficient, Doppler coefficient, a-few-group macroscopic cross-sections averaged regionwise, and options for saving the man power in making the input data are included in the code.

The code LTKFK has also been prepared to make library tape used with EXPANDA-2.

May, 1966

TOMOO SUZUKI, SATORU KATSURAGI

Reactor Physics Analytical Laboratory

Division of Power Reactor Development

Tokai Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute

## 目 次

1. コードの制限	1
2. 実効断面積の計算	1
3. 中性子束の計算と臨界調整	4
4. 群定数の縮約	5
5. 出力定数	6
6. 入力定数と形式	8
7. LTKFK の入力定数	11
参 考 文 献	13

## Contents

1. Restrictions of the Code	1
2. Calculation of Effective Cross Sections	1
3. Flux Calculation and Criticality Search	4
4. Collapsed Group Constants	5
5. Output Data	6
6. Input Data and Format	8
7. Input Data of LTKFK	11
References	13

## 1. コードの制限

- (1) エネルギー群の数  $\leq 25$
- (2) 減速散乱の群の数  $\leq 9$
- (3) 領域の数  $\leq 10$
- (4) 格子点の数  $\leq 101$
- (5) 核種の数  $\leq 13$  (領域ごとに独立に13まで)
- (6) 体系 : 平板, 円筒, 球
- (7) 境界条件 :  $\phi'(0)=0$  or  $\phi(0)=0$ ;  $\phi(R)=0$  (外挿境界)
- (8) 臨界調整 : ある一つの領域の厚さ
- (9) 群定数ライブラリー: ABN (Abagjan) のごとく共鳴自己遮蔽因子を含むもの  
YOM, HR のごとく含まないもの (この場合ドップラー係数は計算できない)
- (10) 巨視断面積縮約の場合の群の数  $\leq 10$

所要時間は点の数や収束判定条件によるが, IBM 7044 で平均5分間位とみてよい.

## 2. 実効断面積の計算

ソ連で作成された Abagjan 群定数系<sup>2)~4)</sup> は共鳴自己遮蔽効果の取扱いができるようになっており, 本コードではこの定数系の扱いと, 在来の YOM, HR 等の定数系の扱い<sup>1)</sup>とを任意に選べるようにした. Abagjan 定数系では水素, 重水素の扱いは省いた.

Abagjan 群定数系と在来の系との, 扱い上の主なる相違は,

1.  $\sigma_0^m$  (他の核種の total 巨視断面積の和を核種  $m$  の実効密度で除したもの (barn)) および絶対温度  $T$  との関係としての共鳴自己遮蔽因子 ( $f_i, f_e, f_i, f_e$ ) の表が与えられていること.
2. 非弾性散乱断面積のマトリックスに ( $n, 2n$ ) 反応の効果が含まれていること.

の二点により, 拡散方程式の係数としての巨視断面積の計算に際して, より複雑な手順を踏む必要があることである<sup>5)</sup>.

実効原子数密度  $N^m$  (1 cc 中の原子の個数  $\times 10^{-24}$ ) が所要の核種  $m$  のすべてについて与えられると, 各  $m$  について

$$\sigma_0^m = \frac{1}{N^m} \sum_{n \neq m} N^n \sigma_t^n \dots\dots\dots (1)$$

を求め,

$$f_c^m(\sigma_0, T), f_i^m(\sigma_0, T), f_e^m(\sigma_0, T)$$

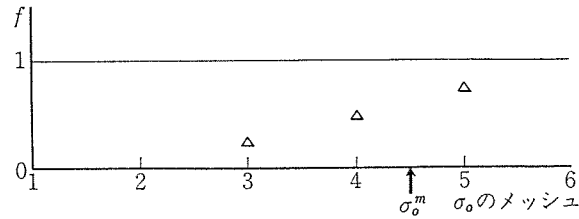
の表から, (1) の  $\sigma_0$  と入力を与えてある  $T$  の点へ内(外)挿をおこない,

$$\bar{f}_c^m(\sigma_0, T), \bar{f}_i^m(\sigma_0, T), \bar{f}_e^m(\sigma_0, T)$$

を求める.  $\sigma_0$  の軸に関しては  $X = \log_{10}(\sigma_0 + 1)$  と変換してから内(外)挿し, 温度の軸に関しては,  $X$  で各温度について求めたものを, 再び内(外)挿する. 表は  $\sigma_0$  の6点と温度の3点 (300, 900, 2100°K) について与えられてお

り、温度変化のない核種や、 $\sigma_0$ が6点ないもの、点の座標が異なるもの、 $f$ がほとんど1に等しいので表が存在しない核種等様々である。 $\sigma_0$ の6点は一般に0, 10,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ について与えてあるが、O, Fe, Ni等は0, 1, 10,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ であり、 $^{240}\text{Pu}$ の $f_c$ では10,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$ である。内(外)挿は直角双曲線でおこなうが、表の6点の $\sigma_0$ と(1)の $\sigma_0^m$ の大きさによって多くの場合に分けて考えなければならないが、大別して次の6種の場合になる。 $\Delta$ は表の与えてある点、 $\times$ は表が欠けている点とする(6点のうちいくつかの点の欠けた表ではその場所に0を入れて識別するようにコードが組まれている。0. を値として用いるわけではない)。

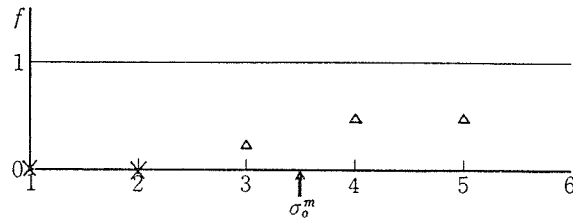
(i)  $\sigma_0^m$ の付近の3点が異なる値をもつ。



$$\bar{f}-b = \frac{c}{\sigma_0^m - a}$$

$a, b, c$ は $\sigma_0^m$ の左の2点と右の1点とから決る。 $\sigma_0^m$ が一番左のインタバルにあるとき、または左に1点しかないときは、左の1点と右の2点を用いる。

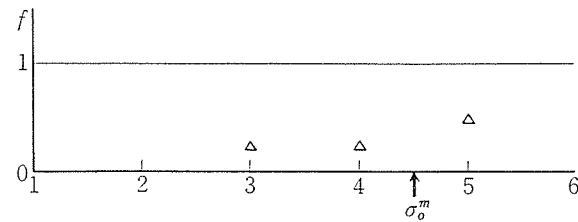
(ii)  $\sigma_0$ の左に1点しかなく、右の2点は相等しい。



$$\bar{f}-b = -\frac{1}{\sigma_0^m - a} \quad (a < \sigma_0^m)$$

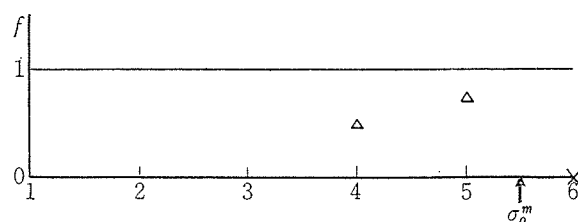
$a, b$ は $\sigma_0^m$ をはさむ2点によって決る。次も同じ。

(iii)  $\sigma_0$ の左の2点は相等しい。



$$\bar{f}-b = -\frac{1}{\sigma_0^m - a} \quad (a > \sigma_0^m)$$

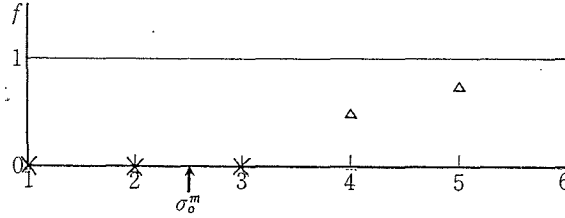
(iv)  $\sigma_0$ の右に点がない。



$$\bar{f}-1 = -\frac{c}{\sigma_0^m - a} \quad (a < \sigma_0^m, c > 0)$$

$a, c$  は最も近い 2 点から決る. 次も同じ.

(v)  $\sigma_0$  の左に点がない.



$$\bar{f} = -\frac{c}{\sigma_0^m - a} \quad (a > \sigma_0^m, c > 0)$$

(vi) 双曲線が作れない, または作る必要のない場合.

- (a)  $\sigma_0^m$  をはさむ 2 点が等しい.
- (b) (iv), (v) で用いる 2 点が等しい.
- (c)  $\sigma_0^m$  より左で表が 1 になり, 右にはない. また, その逆.

このときの  $\bar{f}$  は直ちに求まる.

温度に関してもほぼ同様の与え方で内(外)挿している. このようにして,  $\bar{f}_c^m, \bar{f}_i^m, \bar{f}_e^m$  が求まると,

$$\bar{\sigma}_i^m = \bar{f}_c^m \sigma_c^m + \bar{f}_i^m \sigma_i^m + \bar{f}_e^m \sigma_e^m + \sigma_{in}^m \dots\dots\dots(2)$$

を求める.

((2)で bar のついていない  $\sigma$  は表中の値である. また,  $(n, 2n)$  反応があれば

$$\sigma_{in}^{mi} < \sum_{j=i}^{i+9} \sigma_{in}^{m,i \rightarrow j}$$

になるから, (2) の  $\sigma_{in}^m$  に, この不等式の右辺のような和の値を用いることはせず, 必ず  $\sigma_{in}^m$  の表の値を用いなければならない. ただし, (1) の  $\sigma_i^n$  は  $\sigma_i^n$  の表の値の代りに,

$$\sigma_i^n = \sigma_c^n + \sigma_i^n + \sigma_e^n + \sigma_{in}^n$$

を用いても差支えない.)

(2) の  $\bar{\sigma}_i^m$  が各  $m$  について求まると, (1) の  $\sigma_i^n$  に代入して, 再び内(外)挿を繰り返して,  $\bar{\sigma}_i^m$  の値が, 繰り返しの直前のものと同く比べて, 相対誤差 1% 未満になるまで反復をおこない,  $\bar{f}_c^m, \bar{f}_i^m, \bar{f}_e^m, \bar{\sigma}_i^m$  が決定される. しかる後にこの  $\bar{\sigma}_i^m$  を用いて  $\bar{f}_i^m$  も求まる.

実効微視断面積は次のように求められる.

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{tr}^m &= \{\bar{f}_i^m \sigma_i^m - (\bar{\sigma}_i^m - \bar{f}_e^m \sigma_e^m)\}(1 - \mu_c^m) + (\bar{\sigma}_i^m - \bar{f}_c^m \sigma_c^m) \\ \bar{\sigma}_c^m &= \bar{f}_c^m \sigma_c^m \\ \bar{\sigma}_a^m &= \bar{\sigma}_c^m + \bar{f}_i^m \sigma_i^m \\ (\nu \bar{\sigma}_f)^m &= \nu^m \bar{f}_i^m \sigma_i^m \\ \bar{\sigma}_r^m &= \bar{f}_e^m \sigma_e^m \\ \bar{\sigma}_T^m &= \bar{\sigma}_a^m + \bar{\sigma}_r^m + \sigma_{in}^m - \sigma_{in}^{m,i \rightarrow i} \\ \bar{\sigma}_s^{m,i \rightarrow i} &= \sigma_{in}^{m,i \rightarrow i} + \bar{f}_e^m \sigma_e^m - \sigma_i^m \end{aligned}$$

( $\bar{\sigma}_s^{m,i \rightarrow i}$  は拡散方程式を解くには関係ないが,  $S_N$  コードの入力として利用する場合があるので, ABN の場合だけ計算できるようにしておいた. 縮約データを求める場合も, ABN だけは自らの群への散乱断面積が求まるようになっている.)

巨視断面積は次のように計算される.

$$\begin{aligned}
 D &= [3 \sum_m N^m \bar{\sigma}_{tr}^m]^{-1} \\
 \Sigma_c^m &= N^m \bar{\sigma}_c^m \\
 \Sigma_a^m &= N^m \bar{\sigma}_a^m \\
 \Sigma_a &= \sum_m \Sigma_a^m \\
 \nu \Sigma_f &= \sum_m N^m (\nu \bar{\sigma}_f)^m \\
 \Sigma_r &= \sum_m N^m \bar{\sigma}_r^m \\
 \Sigma_t &= B_{\perp}^2 D + \sum_m N^m \bar{\sigma}_T^m \\
 \Sigma_{in}^{i \rightarrow j} &= \sum_m N^m \sigma_{in}^{m,i \rightarrow j} \quad (j=i+1, i+2, \dots, i+9) \\
 \Sigma_s^{i \rightarrow i} &= \sum_m N^m \bar{\sigma}_s^{m,i \rightarrow i}
 \end{aligned}$$

以上の操作が各群, 各領域についておこなわれる. YOM, HR 等の断面積を用いる場合は参考文献<sup>1)</sup>と同様である. この場合は  $\Sigma_s^{i \rightarrow i}$  は計算しない.

### 3. 中性子束の計算と臨界調整

#### 3.1 一次元多群拡散方程式

$$\left[ -D^i(r) \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{P}{r} \frac{d}{dr} \right) + \Sigma_t^i(r) \right] \phi^i(r) = \chi^i S(r) + \Sigma_{i-1}^i(r) \phi^{i-1}(r) + \sum_{j=1}^{i-1} \Sigma_{in}^{j \rightarrow i}(r) \phi^j(r)$$

ここで  $r$ : 原点からの距離 (cm)

$$P: \begin{cases} 0 & \text{— 平板} \\ 1 & \text{— 円筒} \\ 2 & \text{— 球} \end{cases}$$

$\chi$ : 分裂スペクトルの割合 ( $\sum_i \chi^i \equiv 1$ )

$$S(r) = \begin{cases} \sum_i (\nu \Sigma_f)^i(r) & \text{(最初の推定値)} \\ \frac{1}{\lambda} G(r) & \text{(以後の反復での推定値)} \end{cases}$$

ただし,

$$G(r) = \sum_i (\nu \Sigma_f)^i(r) \phi^i(r)$$

$$\lambda = \int_V G(r) dV$$

上記方程式は  $\lambda$  および格子点毎の  $S(r)$  が反復の前後で十分等しくなるまで反復することによって解かれる. 数値計算法, 収束の判定は参考文献<sup>1)</sup>と同様である. ただし, 反復の限界は 200 とし, 対称な平板の場合の積分値は鏡像の部分も含めた値を出すようになっている.



### 3.2 臨 界 調 整

臨界調整はある一つの領域の厚さを増減することによりおこなわれる（原子数密度によっておこなうコードは EXPANDA-3 として作成されている）。

臨界の判定は

$$|1-\lambda_l| < \epsilon_1$$

によっておこなう（ $l$  は調整試行の回数,  $l=0, 1, \dots$ ）。

これが満たされないときは  $\Delta r$  の調整は次のようにする。

$$l=0 \quad [\Delta r]_1 = (3-2\lambda_0)[\Delta r]_0$$

$$l=1 \quad [\Delta r]_2 = [\Delta r]_1 + (1-\lambda_1) \frac{[\Delta r]_1 - [\Delta r]_0}{\lambda_1 - \lambda_0}$$

$$l \geq 2 \quad [\Delta r]_{l+1} = a + \frac{c}{1-b}$$

$a, b, c$  は次の 3 式から決める。

$$([\Delta r]_{l-2} - a)(\lambda_{l-2} - b) = c$$

$$([\Delta r]_{l-1} - a)(\lambda_{l-1} - b) = c$$

$$([\Delta r]_l - a)(\lambda_l - b) = c$$

ここで計算時間の節約のため次のような改良をおこなった。まず、初めは 3.1 でおこなう収束判定は固有値のみでおこない、

$$|1-\lambda_l| < 10\epsilon_1$$

になると、固有値と各点毎の  $S(r_n)$  についておこなう。しかる後に臨界条件を満たしたときに、その厚さを解とする（調整をしない問題では初めから各点毎の判定もおこなう）。

### 3.3 随 伴 方 程 式

このコードは随伴中性子束の計算もできるようになっている。解かれる式は

$$\left[ -D^i(r) \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{P}{r} \frac{d}{dr} \right) + \Sigma_i^i(r) \right] \phi^{*i}(r) = (\nu \Sigma_i^i(r) S^*(r) + \Sigma_i^i(r) \phi^{*i+1}(r) + \sum_{j=i+1}^I \Sigma_{in}^{i \rightarrow j}(r) \phi^{*j}(r))$$

ここで、 $I$  は群の総数

$$S^*(r) = \begin{cases} 1 & \text{(最初の推定値)} \\ \frac{1}{\lambda^*} G^*(r) & \text{(以後の反復での推定値)} \end{cases}$$

ただし、

$$G^*(r) = \sum_i \chi^i \phi^{*i}(r)$$

$$\lambda^* = \int_V G^*(r) dV$$

## 4. 群 定 数 の 縮 約

Output Edit の一つとして群数が縮約された場合の断面積が出力される。それは前節で求められた中性子束から次のようにして計算される。 $i=1, 2, \dots, I$  ( $I \leq 25$ ) の多数群を  $n=1, 2, \dots, N$  ( $N \leq 10$ ) の少数群に縮約する

ものとし、領域を  $k$ , 核種を  $m$  で表わす.

$$\begin{aligned} \Phi_k^n &= \sum_{i \in n} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \\ \Sigma_{tr,k}^n &= \sum_{i \in n} \left\{ \frac{1}{3D_k^i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n \\ D_k^n &= \sum_{i \in n} \left\{ D_k^i \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n \\ \Sigma_{c,k}^{m,n} &= \sum_{i \in n} \left\{ \Sigma_{c,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n \\ \Sigma_{a,k}^{m,n} &= \sum_{i \in n} \left\{ \Sigma_{a,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n \\ \Sigma_{a,k}^n &= \sum_{i \in n} \left\{ \Sigma_{a,k}^i \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n = \sum_m \Sigma_{a,k}^{m,n} \\ (\nu \Sigma_f)_k^n &= \sum_{i \in n} \left\{ (\nu \Sigma_f)_k^i \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right\} / \Phi_k^n \\ \Sigma_{s,k}^{n \rightarrow l} &= \begin{cases} 0, & (l < n \leq N \text{ 又は } n \leq N < l) \\ \sum_{i \in n} \left[ \left\{ \sum_{j \in l} \left( \Sigma_{in,k}^{i \rightarrow j} + \Sigma_{tr}^i \delta_{i+1,j} \right) \right\} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right] / \Phi_k^n & (n < l \leq N) \end{cases} \\ \Sigma_{s,k}^{n \rightarrow n} &= \sum_{i \in n} \left[ \left\{ \Sigma_{s,k}^{i \rightarrow i} + \sum_{j \in n, j > i} \left( \Sigma_{in,k}^{i \rightarrow j} + \Sigma_{tr,k}^i \delta_{i+1,j} \right) \right\} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \right] / \Phi_k^n \end{aligned}$$

$\Sigma_{tr,k}^n$ ,  $\Sigma_{s,k}^{n \rightarrow n}$  は少数群 2 次元拡散方程式等には不要であるが,  $S_N$  法等に利用するためのものである.  $\Sigma_{c,k}^{m,n}$ ,  $\Sigma_{a,k}^{m,n}$  は少数群で増殖比を求める場合のために出しておいた ( $\Sigma_{s,k}^{n \rightarrow n}$  は YOM, HR 等の断面積を求める場合は 0. としてある).

## 5. 出力定数

(a) 入力定数のリスト

(b) 巨視断面積  $D$ ,  $\Sigma_{tr}$ ,  $\Sigma_a$ ,  $\Sigma_f$ ,  $\nu \Sigma_f$

$$\Sigma_{s,k}^{i \rightarrow i}, \Sigma_{in,k}^{i \rightarrow j} \quad (j = i+1, \dots, i+9)$$

(c) Material Buckling  $B_m^2$

第 1 領域の係数を用いて

$$(D^i B_m^2 + \Sigma_{tr}^i) \phi^i = \chi^i + \Sigma_{tr}^{i-1} \phi^{i-1} + \sum_{j=1}^{i-1} \Sigma_{in}^{j \rightarrow i} \phi^j$$

の解  $\phi^i$  が,

$$|1 - k| < \varepsilon_i$$

ただし,

$$k = \sum_i (\nu \Sigma_f)_k^i \phi^i$$

を満たすような  $B_m^2$  を求める. 初め  $B_m^2 = B_{\perp}^2 + 10^{-4}$  として試算し, 以後判定条件を満たさなければ,

$$B_m^2 \cdot k \rightarrow B_m^2$$

としてくり返してゆく。収束せずに  $B_m^2 \leq 10^{-6}$  になれば  $B_m^2$  の計算は中止する。収束すると、

$$B_m^2, k, \phi^i$$

をリストし、この  $B_m^2$  を用いて、随伴方程式

$$(D^i B_m^2 + \Sigma_i^i) \phi^{*i} = (\nu \Sigma_i^i)^i + \Sigma_i^i \phi^{*i+1} + \sum_{j=i+1}^I \Sigma_{in}^{i \rightarrow j} \phi^{*j}$$

を解き

$$k^*, \phi^{*i}, \phi^i \phi^{*j}$$

をリストする。ただし、

$$k^* = \sum_i \chi^i \phi^{*i}$$

である。

- (d) 調整する  $[Ar]_l$  と  $\lambda_j$
- (e)  $S(r_n)$  および各領域毎の積分
- (f) 領域毎の体積
- (g) (i)  $\phi^i(r_n)$   
 (ii)  $\phi^i(r_n)$  の炉全体での積分と各領域での積分  
 (iii) 捕獲と吸収の reaction rate

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{c,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \\ \sum_{a,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \end{array} \right\} \text{for each } k, m$$

(i), (ii), (iii)が各群でプリントされる。(iii)は群についての総和

$$\left. \begin{array}{l} \sum_i \sum_{c,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \\ \sum_i \sum_{a,k}^{m,i} \int_{V_k} \phi^i(r) dV \end{array} \right\} \text{for each } k, m \text{ もリストされる.}$$

(h) 縮約された定数

$$\sum_{c,k}^{m,n}, \sum_{a,k}^{m,n} \quad \text{for each } m, n, k$$

$$\sum_{tr,k}^n, D_k^n, \sum_{a,k}^n, (\nu \Sigma_i^i)_k^n, \sum_{s,k}^{n \rightarrow l} \quad (l = n, n+1, \dots, N) \quad \text{for each } n, k$$

(i) 随伴中性子束

- (i)  $\lambda^*$
- (ii)  $S^*(r_n)$  および各領域毎の積分
- (iii)  $\phi^{*i}(r_n)$
- (iv)  $\phi^{*i}(r_n)$  の炉全体での積分と各領域での積分

(iii), (iv) が各群でプリントされる。

註) 対称な平板の片側で計算した場合、積分値は鏡像の部分も含まれる。

## 6. 入力定数と形式

# 101 コントロール・カード

⑧		⑩		
\$ EXECUTE		EXPR2.		1枚

コントロールカードは余白に何も打たない。

# 102 (16A 5) 1枚

この Job. のタイトル (ブランクでもよい)

.....

1 Job で 2 Case 以上をおこなうときは、#0～#9のカードを繰返して入れる。#101, #102 は最初に1度だけあればよい。

# 0 (I 1, I 5, 9 I 1, I 3, 11 A 5) 1枚

◦Col. 1—0

◦Prob. No.

NPROB	{	$\geq 0 \dots \dots \Delta r$ は	{	Input する.
		前の Prob. へ Input した値を用いる.		
		$< 0 \dots \dots \Delta r$ は	{	前の Prob. で Input として用いた値を用いる.
			{	前の Prob. で Search した結果の値を用いる.
			}	前の Prob. が No Search だった場合、臨界計算に用いた値を用いる.

- {次の 9 Columns} \*1 #1～#9のカードで、この Prob. で Input するものみの番号を左へつめて書く。
- #8のカード枚数 (Col. 16～18の右へつめて書く) ICARD。
- Col. 19～73 此の Prob. のタイトル

\*1 #1～#9は必ずしも全部必要ではないが、その指定は#0の9 Columnsでおこなう。最初の Prob. では#5,6,7,9以外は必ず要る。以後の Prob. では直前の Prob. と相違するデータのみを与えればよい (ただし、 $\Delta r$ については#0での説明に注意)。すなわち、相違するデータの載っているカードのみを与え、しかも、そのカード上のデータのうち、前の Prob. と相違するもののみをそのフィールドにパンチすればよい。ただし、Col. 3と#8のCol. 79, 80はブランクではいけない。NPROB<0でも#1のICRITが自動的に0になるわけではない。

#0のカードは各 Prob. で必ず入れる。#0では前の Prob. での値と同じ数でも必要なものは全部パンチする。

# 1 (12 I 3, 5 E 6.0, 2 I 3) {1枚}\*1

◦Col. 3—1

◦領域の数  $KMAX \leq 10$

◦対称の条件  $ISYM \begin{cases} +1 \dots \dots \phi'(0) = 0 \\ -1 \dots \dots \phi(0) = 0 \text{ (slab のみ)} \end{cases}$

註) slab で  $\phi'(0) = 0$  としたときは数値積分は常に2倍される。(§5の註)を参照)

◦群の数  $IMAX \leq 25$

◦臨界調整  $ICRIT \begin{cases} +1 \dots \dots \Delta r\text{-search} \\ 0 \dots \dots \text{search}_{\frac{r}{2}}\text{せず} \end{cases}$

- 出力の選択 ISW  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \dots \dots \dots \sum_k^i, \phi(B_m^2, BR, \text{縮約データ}, \phi^*) \\ 0 \dots \dots \dots \phi(B_m^2, BR, \text{縮約データ}, \phi^*) \\ -1 \dots \dots \dots (B_m^2, \text{縮約データ}) \end{array} \right.$

註) 括弧したものは以下に選択のワードがある.

- 減速散乱の群の数 IDS  $\leq 9$
- 臨界調整をする領域の番号 KREG (一つだけ)  
(ICRIT=0 のときは最初の Prob. では 0 を入れる.)

- 体系 IP  $\left\{ \begin{array}{l} 0 \dots \dots \dots \text{slab} \\ 1 \dots \dots \dots \text{cylinder} \\ 2 \dots \dots \dots \text{sphere} \end{array} \right.$

- 群定数系 KFK  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \dots \dots \dots \text{ABN} \\ -1 \dots \dots \dots \text{YOM, HR} \end{array} \right.$

- 随伴中性子束  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \dots \dots \dots \text{計算する (所要時間は約 5 割増す)} \\ -1 \dots \dots \dots \text{しない} \end{array} \right.$

- 増殖比 IBR  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \dots \dots \dots \text{計算する} \\ -1 \dots \dots \dots \text{しない} \end{array} \right.$

- 加速因子  $\theta \quad 0 \leq \theta < 1$
- 固有値の収束判定条件  $\epsilon_1$  (臨界調整の判定もこれで行う.)
- 各点の  $S(r)$  に関する判定条件  $\epsilon_2$
- $\Delta r_{\min}$  } Search する  $\Delta r$  の限界 (最初の Prob. で ICRIT=0 のときは 0.)
- $\Delta r_{\max}$  }

- Material Buckling  $\left\{ \begin{array}{l} +1 \dots \dots \dots \text{計算する} \\ 0 \dots \dots \dots \text{しない} \\ -1 \dots \dots \dots \text{計算する (他のものは一切計算しない)} \end{array} \right.$
- 縮約データ LAPSE  $\left\{ \begin{array}{l} N \dots \dots \dots 1 \leq N \leq \min\{10, \text{IMAX}-1\} \\ 0 \dots \dots \dots \text{縮約しない} \end{array} \right.$

(LAPSE > 0 で IBR = +1 とすれば、核種毎の  $\sum_{e,k}^m, \sum_{a,k}^m$  も出る. (ISW = -1 でも出る.))

# 2 (I 3, 10 I 6) {1枚}\*<sup>9</sup>

- Col. 3—2
- 各領域の核種の数 (MM(K), K=1, KMAX); MM(K)  $\leq 13$

# 3 (I 3, 10 I 6) {1枚}\*<sup>9</sup>

- Col. 3—3
- 各領域外端の格子番号 (偶数) (INTER(K), K=1, KMAX); INTER(KMAX)  $\leq 100$

(格子番号は原点から 0, 1, 2, …… と目盛る. INTER の Input では、領域間境界で番号を重複させない.)

# 4 (I 3, 10 E 6.0) {1枚}\*<sup>9</sup>

- Col. 3—4
- 各領域の格子巾  $\Delta r$  (cm) (DR(K), K=1, KMAX)

# 5 (I 3, 10 E 6.0) {1枚}\*<sup>9</sup>

- Col. 3—5

◦各領域の温度(°K) ( $T(K)$ ,  $K=1, KMAX$ ) ( $KFK=-1$  のときは不要)

# 6, # 7 は 最初の Prob. が  $IP=2$  のときは入れる必要はない.)

# 6 (I 3, 5 E 12.5) {1枚}<sup>\*1</sup>

◦Col. 3—6

◦各領域の  $B_{\perp}^2$  ( $BSQ(K)$ ,  $K=1, \min\{5, KMAX\}$ )

# 7 (I 3, 5 E 12.5) {1枚}<sup>\*1</sup>

◦Col. 3—7

◦各領域の  $B_{\perp}^2$  ( $BSQ(K)$ ,  $K=6, KMAX$ ) ( $KMAX \leq 5$  なら不要)

# 8 (I 3, 5(I 3, E 12.5), 2 I 1) {ICARD<sub>s</sub> 枚}<sup>\*1</sup>

(各領域で最大3枚)

◦Col. 3—8

◦MCODE( $L+1, K$ ) 第  $K$  領域,  $L+1$  番目の核種のコード・ナンバー

◦AN( $L+1, K$ ) " 実効密度( $10^{24}\text{cm}^{-3}$ )

◦MCODE( $L+2, K$ )

◦AN( $L+2, K$ )

⋮

◦MCODE( $\min(MM(K), L+5), K$ )

◦AN( $\min(MM(K), L+5), K$ )

◦Col. 79— $K$  ( $K=10$  のときは 0 を入れる)

◦Col. 80— $NC$   $\begin{cases} 1 \dots\dots L=0 \\ 2 \dots\dots L=5 \\ 3 \dots\dots L=10 \end{cases}$

註)  $M = L+i \leq MM(K)$

$M$  の番号付けはテープに入っている順序に従う。

MCODE もテープ内で予め決めてあるものを使う。

# 9 (I 3, 10 I 6) {1枚}<sup>\*1</sup>

◦Col. 3—9

◦IMAX 群を  $N$  群に縮約した群定数を作るとき, 少数群の各群に対応する多数群の最後の群の番号。

( $IX(n)$ ,  $n=1, N$ )

(群の番号はいずれもレサジーの小さい方からつけてある。)

例) 25群を6群に縮約するときに,  $IX(n)$ として,

4, 6, 8, 11, 14, 25

と, インプットすれば,

多数群  $\rightarrow$  少数群

第1~4群—第1群

5~6 — 2

7~8 — 3

9~11 — 4

12~14 — 5

15~25 — 6

となる (LAPSE=0 なら #9は不要).

- .....
- # 103 ラスト・カード (最後の Prob. のうしろにだけ) 1枚  
 Col. 1—1 (Col. 3 ではない)  
 Col. 2~80—ブランク

### 7. LTKFK の入力定数

LTKFK はカードに穿孔された分裂スペクトル, 微視断面積 (バーン), 共鳴自己遮蔽因子を Read して, バイナリーのライブラリー・テープを作成し, 同時に内容のリストを作成するコードである. 此のライブラリー・テープは TWENTY FAST-2 コードにも用いられる. 以下に入力定数とその形式を示す. ライブラリー・テープは Unit B4 に Load する.

- # 1001 (4 I 6, 8 A 6) 1枚
- 群 の 数  $IMAX \leq 25$
  - 減速散乱の群の数  $IDS \leq 9$
  - これはライブラリー・テープに収めるすべての核種のうち一番大きな値を入れればよい.
  - 核 種 の 数 (一応制限なし. 核種の順序は頻繁に用いるもの程前へ出しておく方がよい.)
  - テープの番号 (任意)
  - タイトル (Col. 25~72)

- # 1002 (F 5.3) IMAX 枚
- 核分裂スペクトル ( $\chi^i, i=1, IMAX$ )

以下 # 1003~1008 は核種毎にこの順をくり返す.

- # 1003 (2 A 5, A 3, I 3, 11 I 2) 1枚
- 元素の名称 (Col. 1~13)
  - コード・ナンバー
- 例)  $949 \text{---} \begin{matrix} 239 \\ 94 \end{matrix} \text{Pu}$   
 $928 \text{---} \begin{matrix} 238 \\ 92 \end{matrix} \text{U}$   
 $105 \text{---} \begin{matrix} 10 \\ 5 \end{matrix} \text{B}$   
 $5 \text{---} \begin{matrix} 11 \\ 5 \end{matrix} \text{B}$   
 $26 \text{---} \begin{matrix} 26 \\ 26 \end{matrix} \text{Fe}$

- 非弾性散乱の存在する一番下の群  $INMAX$
- 此の核種の減速散乱の群の数  $MDS \leq IDS$
- 核分裂の存在  $\begin{cases} 1 \text{---} \text{有} \\ 0 \text{---} \text{無} \end{cases}$
- 共鳴自己遮蔽因子の表の存在  $MSF \begin{cases} 2 \text{---} \text{有} (\sigma_0 \text{ は } 0, 1, 10 \dots \dots 10^4) \\ 1 \text{---} \text{有} (\sigma_0 \text{ は } 0, 10, 10^2 \dots \dots 10^5) \\ 0 \text{---} \text{無} \end{cases}$

無いときは、#1003 の内の以下のデータはブランクでよい ( $^{240}\text{Pu}$  は 1).

○遮蔽因子の温度依存  $\left\{ \begin{array}{l} 1\text{---有} \\ 0\text{---無} \end{array} \right.$

○遮蔽因子の与えられている最初の群の番号 MSFMIN

○ " " 最後の " MSFMAX

MSFMAX-MSFMIN  $\leq 14$  (連続最大15群までの意)

$\left. \begin{array}{l} \circ f_i \text{ の表の存在} \\ \circ f_c \text{ " } \\ \circ f_t \text{ " } \\ \circ f_e \text{ " } \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \neq 0\text{---有} \\ = 0\text{---無} \end{array} \right.$

# 1004 (80 X) 1枚

ブランク・カード

# 1005 (8 F 8.0) IMAX 枚

$(\sigma_t^i, \sigma_r^i, \nu^i, \sigma_c^i, \sigma_{in}^i, \sigma_e^i, \mu_e^i, \sigma_b^i(e), i=1, \text{IMAX})$

核分裂の存在しない核種では (6 F 8.0) として、

$(\sigma_t^i, \sigma_c^i, \sigma_{in}^i, \sigma_e^i, \mu_e^i, \sigma_b^i(e), i=1, \text{IMAX})$

( $i > \text{INMAX}$  では  $\sigma_{in}^i = 0$ . としておけばよい.)

# 1006 (10 F 5.0) INMAX 枚

$(\sigma_{in}^i \rightarrow j, j=i, i+\text{MDS})$

これを  $i=1$  から  $i=\text{INMAX}$  までカードをあらためて入れる.

# 1007, 1008 は  $f_t, f_c, f_i, f_e$  の順に存在するもののみをこの順序で繰返す.

# 1007 (F 5.0) 1枚

$f$  の表が分えられている  $\sigma_0$  の最大のべき数 ( $\infty$  は除く. 例えば  $10^5$  なら 5.0 を入れる.)

# 1008 (6 F 5.0) (MSFMAX-MSFMIN+1)枚

$f^i$  #1007 のべきのところから、 $\sigma_0=0$  のところまで、 $\sigma_0$  のへる順序に最大6コ.  $\sigma_0=0$  まで表が満たされていないときは、そこに0.0を入れる (0.0 は表が存在しないという意味に用いられる).  $\sigma_0$  の取り方は MSF による ( $^{240}\text{Pu}$  の  $f_c$  では  $10, 10^2, \dots, 10^6$ ). これを  $i=\text{MSFMIN}$  から  $i=\text{MSFMAX}$  までカードをあらためて入れる.

温度依存があるとき (5 X, 6 F 5.0)  $3(\text{MSFMAX}-\text{MSFMIN}+1)$ 枚

上記の1枚が3枚になる. 300, 900, 2100°K の順に入れる.

最初の 5 Col's に温度をパンチしてもよい.

現在、ライブラリー・テープは3本用意されている. それらに含まれている核種とその順序等を次ページにかかげる.  $\chi^i$  はいずれも、 $\nu=2.4$  のものである.



File No. (デック名)		711	712	714
Label		LTKFK 2	LTKFK 3	LTKFK 4
申 込 者		鈴 木	中 村	鈴 木
核 種 の 数		17	14	25
Be (コード・ナンバー 4)	(順序)	9		13
<sup>10</sup> B ( 105)		10		14
<sup>11</sup> B ( 5)		11		
C ( 6)		12	12	15
O ( 8)		13	11	16
Na ( 11)		14	9	17
Al ( 13)			10	
Cr ( 24)		15	3	18
Fe ( 26)		16	4	19
Ni ( 28)		17	5	20
Cu ( 29)			14	
Zr ( 40)			13	21
Nb ( 41)				22
Mo ( 42)				23
Ta ( 73)				24
W ( 74)				25
<sup>232</sup> Th ( 902)				9
<sup>233</sup> U ( 923)				5
<sup>235</sup> U ( 925)		5	1	6
<sup>236</sup> U ( 926)				7
<sup>238</sup> U ( 928)		6	2	8
<sup>239</sup> Pu ( 949)		1	6	1
<sup>240</sup> Pu ( 940)		2	7	2
<sup>241</sup> Pu ( 941)		3	8	3
<sup>242</sup> Pu ( 942)		4		4
<sup>233</sup> U F.P. ( 993)				12
<sup>235</sup> U F.P. ( 995)		8		11
<sup>239</sup> Pu F.P. ( 999)		7		10

## 謝 辞

実効共鳴自己遮蔽因子計算の部分のフロー・チャートを作られた石黒幸雄氏, Abagjan のデータカードを下さった筒井恒夫氏, Na 冷却 1000 MWe 高速増殖炉概念設計に際し, 種々の要望を寄せられた原子炉設計室客員 岩城利夫, 五十嵐信一, 清水彰直の諸氏に感謝します。

## 参 考 文 献

- 1) 桂木学, 鈴木友雄: 高速炉用一次元拡散コード EXPANDA, JAERI-1091 (1965)

- 2) ABAGJAN, *et al.* : Group Constants for the Design of Fast Reactors, Moscow, Atomizdat (1964)
- 3) ABAGJAN, *et al.* : Gruppenkonstanten schneller und intermediärer Neutronen für die Berechnung von Kernreactoren, KFK-tr-144
- 4) 桂木学 : 同上(抄訳), JAERI-memo 1969 (1965)
- 5) 石黒幸雄, 桂木学, 筒井恒夫 : 共鳴効果を考慮した高速炉用一次元臨界計算コード (R-SET-EXPANDA), JAERI-memo 2086 (1965)