

JAERI-Data/Code  
99-025



JP9950389



## ASREP：非分離共鳴パラメータ自動探索コード

1999年4月

菊池康之・中川庸雄・中島 豊\*

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1999

編集兼発行 日本原子力研究所

## ASREP: 非分離共鳴パラメータ自動探索コード

日本原子力研究所東海研究所エネルギー・システム研究部

菊池 康之<sup>\*\*</sup>・中川 康雄・中島 豊\*

(1999年4月5日受理)

JENDL 等の評価済み核データライブラリーでは、中性子エネルギーの低いところを分離共鳴領域として扱い、個々の共鳴のパラメータを与える。それよりエネルギーの高いところで、ドップラー効果が効くエネルギー領域（通常は数十 keV 以下）を非分離共鳴領域と呼び、平均断面積を再現する平均の共鳴パラメータを与える。ASREP は、平均断面積を再現するパラメータを自動探索するプログラムである。結果は、ENDF フォーマットで出力される。ASREP は日本の評価済み核データライブラリー JENDL のための核データ評価で長年にわたって使用してきた。本レポートでは、ASREP で使用する式、ASREP の使用法及び使用例を説明する。

---

東海研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

※ 故人（1996年9月死去）

\* (財) 高度情報科学技術研究機構

**ASREP: A Computer Program for Automatic Search of  
Unresolved Resonance Parameters**

Yasuyuki KIKUCHI\*, Tsuneo NAKAGAWA and Yutaka NAKAJIMA\*

Department of Nuclear Energy System  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received April 5, 1999)

In evaluated nuclear data libraries such as JENDL, individual resonance parameters are given in the low neutron energy range that is the resolved resonance region. The energy range higher than it is called the unresolved resonance region where the Doppler effects are still important (usually below tens keV) and the average resonance parameters (unresolved resonance parameters) are given. The program ASREP is a computer program to determine the unresolved resonance parameters so as to reproduce the average cross sections. Obtained unresolved resonance parameters are outputted in the ENDF format. The program ASREP has been used for many years to evaluate the nuclear data for Japanese Evaluated Nuclear Data Library (JENDL). This report describes formulas used in ASREP, usage of ASREP, and gives an example of the evaluation with ASREP.

**Keywords:** ASREP, Computer Program, Unresolved Resonance Parameters, Evaluation, ENDF Format, JENDL

---

\* Deceased September 1996.

\* Research Organization for Information Science and Technology

## 目 次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1. 序 論 .....                    | 1  |
| 2. 非分離共鳴領域の断面積と非分離共鳴パラメータ ..... | 2  |
| 2.1 共鳴断面積 .....                 | 2  |
| 2.2 平均断面積 .....                 | 4  |
| 2.3 共鳴パラメータの統計的性質 .....         | 5  |
| 2.4 共鳴レベルに関する平均値 .....          | 5  |
| 2.5 非分離共鳴パラメータ .....            | 7  |
| 3. 入力形式 .....                   | 11 |
| 4. ASREP の使用例 .....             | 21 |
| 4.1 ASREP の入力例 .....            | 21 |
| 4.2 ASREP の出力例 .....            | 25 |
| 参考文献 .....                      | 27 |

## Contents

|   |    |
|---|----|
| 1. Introduction .....   | 1  |
| 2. Cross Sections and Unresolved Resonance Parameters in the Unresolved<br>Resonance Region ..... | 2  |
| 2.1 Resonance Cross Sections .....  | 2  |
| 2.2 Average Cross Sections .....  | 4  |
| 2.3 Statistical Properties of Resonance Parameters .....  | 5  |
| 2.4 Average Values of Resonance Levels .....  | 5  |
| 2.5 Unresolved Resonance Parameters .....   | 7  |
| 3. Input Format .....   | 11 |
| 4. Example of ASREP .....   | 21 |
| 4.1 Example of Input to ASREP .....   | 21 |
| 4.2 Example of Output from ASREP .....  | 25 |
| References .....  | 27 |

This is a blank page.

## 1. 序 論

中性子と原子核の反応では、比較的低い中性子エネルギー領域において、特定のエネルギーの中性子と複合核の励起レベルとの共鳴現象が見られ、この中性子エネルギー領域を共鳴領域という。共鳴領域はさらに一本一本の共鳴構造が分離して観測される分離共鳴領域と、共鳴構造は残るもの一本一本を分離することのできない非分離共鳴領域に分類される。

共鳴領域においては、共鳴エネルギーの中性子束が低下することによる実効反応率の低下（共鳴の自己遮蔽効果）が生じるため、原子炉計算等への応用のためには、共鳴構造を正確に知る必要がある。そのため評価済核データライブラリーのフォーマットである ENDF フォーマットでは分離共鳴領域においては、個々の共鳴を再現できるパラメータ（分離共鳴パラメータ）を与え、非分離共鳴領域においては、適当なエネルギー区間での平均的な共鳴パラメータ（非分離共鳴パラメータ）を与えることが要求されている。

核データ評価の立場から見ると、両者ともに実験値に基づいて最良のパラメータセットを決めるのであるが、前者は個々の実験が導いたパラメータを出発点とする。一方非分離共鳴パラメータに関しては、まず適当なエネルギー区間で平均した断面積を評価し、その断面積を再現するパラメータを求める。

非分離共鳴領域の断面積は、一般的には Hauser-Feshbach の公式で表されるが、非分離共鳴パラメータが必要となる核分裂生成物(FP)核種より重い核では、そのエネルギーの上限は高々数百 keV であるので、上記公式の簡略化された中性子強度関数模型で表される。そして、この公式中で必要とされるパラメータが非分離共鳴パラメータとなる。具体的には、平均換算中性子幅 $\langle\Gamma_n^{(0)}\rangle$ 、平均放射幅 $\langle\Gamma_\gamma\rangle$ 、平均核分裂幅 $\langle\Gamma_p\rangle$ 、平均レベル間隔 D、実効散乱核半径 R 等である。

ある断面積を再現する非分離共鳴パラメータは解析的には求められないので、数値計算による自動探索が必要となる。この目的のために ASREP コードを開発した。当初は各エネルギー点において非分離共鳴パラメータを求める機能のみを考えて作成したが、その後ユーザーからの要望により、全エネルギーの断面積の傾向を再現するパラメータの探索も行えるように改良した。

ASREP コードは JENDL のための核データ評価に広く利用されてきた。本報告書はその使用マニュアルである。第 2 章においては、非分離領域の断面積とパラメータの関係を述べる。第 3 章において入力形式を説明する。出力形式については、第 4 章で使用例を用いて説明する。

## 2. 非分離共鳴領域の断面積と非分離共鳴パラメータ

### 2.1 共鳴断面積

共鳴領域の断面積は、衝突マトリックスから計算される。 $(n,x)$ 反応の衝突マトリックスは、複合核の  $J$  状態に対して、次式で与えられる：

$$U_{n,x}^{J,\ell} = e^{-2i\phi_\ell} \left[ \delta_{n,x} + i \sum_{\lambda(J)} \frac{\Gamma_{\lambda n}^{1/2} \Gamma_{\lambda x}^{1/2}}{E_\lambda - E - \frac{i}{2}\Gamma_\lambda} \right] \quad (2.1)$$

ここで、 $E$  は入射中性子エネルギー、 $E_\lambda$  は共鳴エネルギー、 $\Gamma_{\lambda n}$  は中性子幅、 $\Gamma_{\lambda x}$  は反応  $x$  の幅、 $\Gamma_\lambda$  は全幅、 $J$  は複合核のスピン、 $\ell$  は入射中性子の軌道角運動量、 $\phi_\ell$  は  $\ell$  中性子に対する phase shift である。 $\lambda(J)$  は複合核スピン  $J$  状態の共鳴についての和をとることを表す。以下では、混乱の恐れが無い場合は、単に  $\lambda$  と記す。

核分裂及び捕獲反応に対しては、 $\Gamma_{\lambda n}^{1/2}$ 、 $\Gamma_{\lambda x}^{1/2}$  の random phase を仮定すると、断面積は次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_{n,x} &= \frac{\pi}{k^2} \sum_{\ell,J} g_J |U_{n,x}^{J,\ell}|^2 \\ &= \frac{\pi}{k^2} \sum_{\ell,J} g_J \sum_{\lambda(J)} \frac{\Gamma_{\lambda n} \Gamma_{\lambda x}}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{\Gamma_\lambda^2}{4}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

但し、 $k$  は中性子の波数で、 $A_T$  と  $A_N$  を標的核と中性子の質量とすると、

$k = 2.196771 \times 10^{-3} \frac{A_T}{A_T + A_N} \sqrt{E(\text{eV})} (10^{12} \text{cm}^{-1})$  で計算される。 $g_J$  は  $\frac{2J+1}{(2s+1)(2I+1)}$  で表される統計因子、 $s$ 、 $I$  は、中性子及び標的核のスピンである。

一方、弾性散乱断面積は、

$$\begin{aligned} \sigma_{n,n}(E) &= \frac{\pi}{k^2} \sum_{\ell} g_J |1 - U_{nn}^J|^2 \\ &= \frac{\pi}{k^2} \sum_{\ell} \left\{ 4(2\ell+1) \sin^2 \phi_\ell \right. \\ &\quad \left. + \sum_J g_J \left[ (F_1^J)^2 + \frac{1}{4} (F_2^J)^2 + 2F_2^J \sin^2 \phi_\ell - (1 - \cos 2\phi_\ell) F_2^J \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.3)$$

と表される。ここで、

$$\begin{aligned}
 F_1^J &= \sum_{\lambda(J)} \frac{\Gamma_{\lambda n}(E - E_\lambda)}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} \\
 F_2^J &= \sum_{\lambda(J)} \frac{\Gamma_{\lambda n} \Gamma_\lambda}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2}
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

低エネルギー領域においては、

$$\begin{aligned}
 \phi_0 &= kR \ll 1, \\
 \phi_\ell &\equiv 0, \quad \ell = 1, 2, \dots
 \end{aligned}$$

が成立するので、(2.3)式は以下の式で近似できる。ここで、 $R$  は散乱核半径である。

$$\begin{aligned}
 \sigma_{n,n}(E) &= 4\pi R^2 + \frac{4\pi R}{k} \sum_J g_J \left[ \sum_\lambda \frac{(E - E_\lambda)\Gamma_{\lambda n}}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\pi}{k^2} \sum_\ell \sum_J g_J \left[ \sum_\lambda \frac{\Gamma_{\lambda n}^2}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \sum_\lambda \sum_{\mu \neq \lambda} \frac{\Gamma_{\lambda n} \Gamma_{\mu n} \left\{ (E - E_\lambda)(E - E_\mu) + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda \Gamma_\mu \right\}}{\left\{ (E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2 \right\} \left\{ (E - E_\mu)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\mu^2 \right\}} \right] \right]
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

ここで、第 1 項はポテンシャル散乱、第 2 項は共鳴散乱とポテンシャル散乱の干渉、括弧内第 1 項は共鳴散乱、第 2 項は共鳴レベル間の干渉を表す。括弧内第 2 項のレベル間の干渉を無視するなら、通常用いられている “Breit-Wigner の一準位公式の和” の形となる。

非分離共鳴領域においては、多数のレベルの寄与が打ち消し合うので、レベル間の干渉は無視できるが、エネルギーが高いので、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  を無視できなくなる。従って以下の式を用いるのが妥当である。

$$\begin{aligned}
 \sigma_{n,n}(E) &= \frac{4\pi}{k^2} \sum_\ell \left\{ (2\ell+1)\sin^2 \phi_\ell + \sum_J g_J \sum_\lambda \left[ \frac{\Gamma_{\lambda n}^2}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + 2\sin^2 \phi_\ell \frac{\Gamma_{\lambda n}(E - E_\lambda)}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} - 2\sin^2 \phi_\ell \frac{\Gamma_{\lambda n} \Gamma_\lambda}{(E - E_\lambda)^2 + \frac{1}{4}\Gamma_\lambda^2} \right] \right\}
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

## 2.2 平均断面積

エネルギー平均断面積は、(2.2)式及び(2.6)式で表される断面積を、着目するエネルギー領域で平均したものである。

$$\bar{\sigma}_{n,x} = \frac{1}{E_H - E_L} \int_{E_L}^{E_H} \sum_{\lambda} \sigma_{n,x}^{(\lambda)}(E) dE \quad (2.7)$$

ここで、 $\sigma_{n,x}^{(\lambda)}(E)$  は(2.2)式や(2.6)式の  $\lambda$  レベルからの寄与であり、 $\lambda$  の和は全レベルに対して行う。

しかし共鳴レベルの寄与は大部分がそのピーク付近のみであるので、 $\sigma_{n,x}(E)$  の共鳴レベルの和を、着目エネルギー内のレベルのみに限定し、かつ積分を  $-\infty$  から  $\infty$  まで行う近似が使われる。

$$\bar{\sigma}_{n,x} = \frac{1}{E_H - E_L} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{\lambda'} \sigma_{n,x}^{(\lambda')}(E) dE \quad (2.8)$$

ここに  $\lambda'$  の和は  $E_L$  と  $E_H$  内の共鳴について行う。

非分離共鳴領域においては、個々の共鳴レベルのパラメータは分からないので、(2.8)式の和を平均値と期待されるレベル数で表す。

$$\bar{\sigma}_{n,x} = \frac{1}{D} \int_{-\infty}^{\infty} \left\langle \sigma_{n,x}^{(\lambda)}(E) \right\rangle_{\lambda} dE \quad (2.9)$$

ここで  $D$  は平均レベル間隔、 $\langle \rangle$  は共鳴レベルでの平均値を表す。

(2.9)式に(2.2)と(2.6)式を適用すると、積分は解析的に実行できて、以下の式で表される。

$$\bar{\sigma}_{n,x} = \frac{2\pi^2}{k^2} \sum_{i,j} \frac{g_j}{D_j} \left\langle \frac{\Gamma_n \Gamma_x}{\Gamma} \right\rangle_{j,i} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{n,n} = & \sum_{\ell} \left\{ \frac{4\pi}{k^2} (2\ell + 1) \sin^2 \phi_{\ell} \right. \\ & \left. + \frac{2\pi^2}{k^2} \sum_j \frac{g_j}{D_j} \left[ \left\langle \frac{\Gamma_n \Gamma_n}{\Gamma} \right\rangle_j - 2 \left\langle \Gamma_n \right\rangle_j \sin^2 \phi_{\ell} \right] \right\} \end{aligned} \quad (2.11)$$

ここで

$$\begin{aligned} \phi_0 &= kR \\ \phi_1 &= kR - \tan^{-1}(kR) \\ \phi_2 &= kR - \tan^{-1} \left( \frac{3kR}{3 - (kR)^2} \right) \end{aligned}$$

### 2.3 共鳴パラメータの統計的性質

(2.10)と(2.11)式に現れる、共鳴レベルでの平均値を求めるには、各共鳴パラメータの統計的性質を知る必要がある。

同一のスピンを持つ共鳴レベルの間隔の統計的性質は、

$$P_w(D)dD = \frac{\pi D}{2\bar{D}^2} \exp\left(-\frac{\pi}{4} \frac{D^2}{\bar{D}^2}\right) dD \quad (2.12)$$

の分布則に従うことが知られている。これは Wigner<sup>1)</sup>により核のハミルトニアンの統計的性質より導かれたもので、実験との一致も良好である。

一方、換算中性子幅( $\Gamma_n^{(\ell)}$ )は Porter-Thomas<sup>2)</sup>の研究により、その出口チャンネルの数を自由度とする  $\chi^2$  分布をすることが知られている。すなわち、 $v$ を出口チャンネル数として

$$P_v(\Gamma_n^{(\ell)}) d\Gamma_n^{(\ell)} = \frac{v}{\Gamma(v/2)} \left[ \frac{v\Gamma_n^{(\ell)}}{2\bar{\Gamma}_n^{(\ell)}} \right]^{\frac{v}{2}-1} \exp\left(-\frac{v\Gamma_n^{(\ell)}}{2\bar{\Gamma}_n^{(\ell)}}\right) \frac{d\Gamma_n^{(\ell)}}{\bar{\Gamma}_n^{(\ell)}} \quad (2.13)$$

に従う。

核分裂幅( $\Gamma_f$ )も、核分裂の出口チャンネル数（通常 1~3）を自由度とする  $\chi^2$  分布に従う。核分裂の出口チャンネル数は、チャンネル理論により計算<sup>3,4)</sup>されている。

放射幅( $\Gamma_\gamma$ )は、出口チャンネルが多数あるため、変動は小さい。実験値の詳細な解析によると、自由度 30~50 程度の  $\chi^2$  分布をしていると言われているが、実際的には、自由度無限大の  $\chi^2$  分布、すなわち変動なしとして差し支えない。

### 2.4 共鳴レベルに関する平均値

2.3 節で仮定した共鳴パラメータの統計的性質により、(2.10)式と(2.11)式中の、共鳴レベルに関する平均値は、共鳴パラメータの平均値を用いて以下のように表される。

$$\left\langle \frac{\Gamma_n \Gamma_x}{\Gamma} \right\rangle = \frac{\langle \Gamma_n \rangle \langle \Gamma_x \rangle}{\langle \Gamma_n \rangle + \sum_j \langle \Gamma_{in}^j \rangle + \langle \Gamma_\gamma \rangle + \langle \Gamma_f \rangle} S_x \quad (2.14)$$

ここで  $S_x$  は、積の平均値を平均値の積へ置換する際の補正係数であり、fluctuation factor と呼ばれる。 $\Gamma_{in}^j$  は  $j$  番目の非弾性散乱の幅である。

$S_x$  を求めるには、 $\Gamma_n$ 、 $\Gamma_{in}$ 、 $\Gamma_f$  の分布関数を乗じた多重積分を行うが、Dresner<sup>5)</sup>は、

$\frac{1}{Z} = \int_0^\infty \exp(-tZ) dt$  の関係を利用し分母を定積分で置換して、一重積分で計算できることを示した。

今入射中性子チャンネル、核分裂チャンネル、 $i$  番目の非弾性散乱の自由度を  $v_n$ 、 $v_f$ 、 $v_{in}^i$ 、その幅の平均値と放射幅（一定値と仮定）との比を  $u$ 、 $V$ 、 $W_i$  とする。

$$u = \langle \Gamma_n \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle,$$

$$V = \langle \Gamma_f \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle,$$

$$W_i = \langle \Gamma_{in}^i \rangle / \langle \Gamma_\gamma \rangle.$$

Fluctuation factor は各々以下のように表される。

### 1) 核分裂反応

$$S_f = \left( 1 + u + V + \sum_i W_i \right) \times \int_0^\infty \frac{e^{-t} dt}{\left( 1 + \frac{2}{v_n} ut \right)^{\frac{v_n}{2}+1} \left( 1 + \frac{2}{v_f} Vt \right)^{\frac{v_f}{2}+1} \prod_j \left( 1 + \frac{2}{v_{in}^j} W_j t \right)^{\frac{v_{in}^j}{2}}} \quad (2.15)$$

### 2) 捕獲反応

$$S_\gamma = \left( 1 + u + V + \sum_j W_j \right) \times \int_0^\infty \frac{e^{-t} dt}{\left( 1 + \frac{2}{v_n} ut \right)^{\frac{v_n}{2}+1} \left( 1 + \frac{2}{v_f} Vt \right)^{\frac{v_f}{2}} \prod_j \left( 1 + \frac{2}{v_{in}^j} W_j t \right)^{\frac{v_{in}^j}{2}}} \quad (2.16)$$

### 3) 弹性散乱

$$S_n = \left( 1 + u + V + \sum_j W_j \right) \left( 1 + \frac{2}{v_n} \right) \\ \times \int_0^\infty \frac{e^{-t} dt}{\left( 1 + \frac{2}{v_n} ut \right)^{\frac{v_n}{2} + 2} \left( 1 + \frac{2}{v_f} Vt \right)^{\frac{v_f}{2}} \prod_j \left( 1 + \frac{2}{v_{in}^j} W_j t \right)^{\frac{v_{in}^j}{2}}} \quad (2.17)$$

4)  $i$  番目のレベルへの非弾性散乱

$$S_{in}^i = \left( 1 + u + V + \sum_j W_j \right) \\ \times \int_0^\infty \frac{e^{-t} dt}{\left( 1 + \frac{2}{v_n} ut \right)^{\frac{v_n}{2} + 1} \left( 1 + \frac{2}{v_f} Vt \right)^{\frac{v_f}{2}} \left( 1 + \frac{2}{v_{in}^i} W_i t \right)^{\frac{v_{in}^i}{2} + 1} \prod_{j \neq i} \left( 1 + \frac{2}{v_{in}^j} W_j t \right)^{\frac{v_{in}^j}{2}}} \quad (2.18)$$

## 2.5 非分離共鳴パラメータ

(2.10)式と(2.11)式で表される断面積を計算するのには以下のパラメータが必要となる。

### 1) 実効散乱核半径 $R$

phase shift  $\phi_\ell$  を決めるのに必要で、グローバルな  $r_0 A^{1/3}$  では不十分で、全断面積を合わせるように決める必要がある。また本質的にエネルギーに依存する量であるが、ENDF フォーマット (ENDF-5 まで) の制限上、エネルギーに依存する形では与えられない。このため高エネルギー領域では、全断面積と弾性散乱断面積を過大評価する傾向が生じるが、これはバックグラウンド断面積で補正する必要がある。

### 2) 平均レベル間隔 $D_J$

複合核のスピン  $J$  每に与える必要があり、分離共鳴領域の s 波のレベルの観測値  $D_{obs}$  を入力して、

$$D_J = \frac{(2s+1)(2J+1)}{(2J+1)} D_{obs} \quad (2.19)$$

で求める。ここで s, I, J は各々中性子、標的核、複合核のスピンである。 $D_J$  のエネルギー依存性は、Gilbert-Cameron のレベル密度公式<sup>6)</sup>のパラメータを与えて求める。

3) 平均中性子幅 $\langle\Gamma_n\rangle$ と自由度 $v_n$ 

中性子幅は入射中性子の軌道角運動量 $\ell$ と複合核のスピン $J$ 毎に与える必要がある。

$\langle\Gamma_n\rangle$ はエネルギーに依存する因子と依存しない因子に分離できる。

$$\langle\Gamma_n\rangle_{J\ell} = \left\langle\Gamma_n^{(\ell)}\right\rangle_J \sqrt{E} V_\ell(E) \quad (2.20)$$

$\left\langle\Gamma_n^{(\ell)}\right\rangle$ を換算中性子幅(reduced neutron width)と呼び、核の内部状態に依存する。 $V_\ell(E)$ は遠心力による効果で透過率(penetration factor)と呼ぶ。

$$\begin{aligned} V_0(E) &= 1 \\ V_1(E) &= \frac{(kR)^2}{1 + (kR)^2} \\ V_2(E) &= \frac{(kR)^4}{9 + 3(kR)^2 + (kR)^4} \end{aligned}$$

$\ell$ が大きくなるにつれ、 $V_\ell(E)$ は小さくなり、 $E$ に関しては単調増加である。

$\chi^2$ 分布の自由度 $v_n$ は、着目している $J$ が、いくつの外部状態（この場合は中性子の全角運動量 $\bar{j} = \bar{\ell} + \bar{s}$ ）から作られるかで決められる。第1表にその関係を示す。

4) 平均非弾性散乱中性子幅 $\langle\Gamma_{in}\rangle$ 

励起エネルギー $E_x$ のレベルへの非弾性散乱中性子幅 $\langle\Gamma_{in}^{(x)}\rangle$ は、 $J^\pi$ と励起レベルのスピン・パリティ $I_x^{\pi'}$ の関係から、放出中性子の $\ell$ ,  $j$ を決め、 $\langle\Gamma_n^{(\ell)}\rangle$ より求める。その際のエネルギー依存性は

$$\langle\Gamma_{in}^{(x)}\rangle_{J\ell} = \left\langle\Gamma_n^{(\ell)}\right\rangle_J \sqrt{E - E_x} V_\ell(E - E_x) \quad (2.21)$$

で与えられる。

自由度 $v_{in}^x$ も中性子幅と同じ考え方で一意的に決定できる。

5) 平均放射幅 $\langle\Gamma_\gamma\rangle$ 

平均放射幅は、 $\ell$ 毎に与える。通常は、エネルギー毎に変化しない一定値と仮定する。ただし、巨大共鳴によるエネルギー依存性は、Brink-Axel の巨大共鳴パラメータ<sup>7)</sup>を与えて計算することができる。

6) 平均核分裂幅  $\langle \Gamma_f \rangle$  と自由度  $v_f$ 

平均核分裂幅  $\langle \Gamma_f \rangle$  と自由度  $v_f$  は、J 每に与えられる。J 每の値は、核分裂のチャネル理論により推定できる。

## 7) 中性子強度関数

換算中性子幅をレベル間隔で除した量を中性子強度関数という。

$$S^\ell = \frac{\langle \Gamma_n^{(\ell)} \rangle_J}{D_J} \quad (2.22)$$

中性子強度関数は  $\ell$  にのみ依存し J に依存しない。

s 波中性子強度関数は個々の分離共鳴の  $\Gamma_n^{(0)}$  ( $= \Gamma_n / \sqrt{E}$ ) をステアー・ケース・プロットをしてその勾配から求められる。また(2.10)式と(2.14)式から分かるように断面積の平均値からも求められる。

表 1 J 状態を作りうる j の値と  $v_n$ 

| $\ell$ | J                 | j                          | $v_n$ |
|--------|-------------------|----------------------------|-------|
| 0      | $I + \frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$              | 1     |
|        | $I - \frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$              | 1     |
| 1      | $I + \frac{3}{2}$ | $\frac{3}{2}$              | 1     |
|        | $I + \frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}, \frac{1}{2}$ | 2     |
|        | $I - \frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}, \frac{1}{2}$ | 2     |
|        | $I - \frac{3}{2}$ | $\frac{3}{2}$              | 1     |
| 2      | $I + \frac{5}{2}$ | $\frac{5}{2}$              | 1     |
|        | $I + \frac{3}{2}$ | $\frac{5}{2}, \frac{3}{2}$ | 2     |
|        | $I + \frac{1}{2}$ | $\frac{5}{2}, \frac{3}{2}$ | 2     |
|        | $I - \frac{1}{2}$ | $\frac{5}{2}, \frac{3}{2}$ | 2     |
|        | $I - \frac{3}{2}$ | $\frac{5}{2}, \frac{3}{2}$ | 2     |
|        | $I - \frac{5}{2}$ | $\frac{5}{2}$              | 1     |

$I$  が 0 または小さいときには、可能な  $J$  の状態が少なくなるが同じ考え方ができる ( $J$  が負の状態は存在しない)。

### 3. 入力形式

入力全般についての注意は以下の通りである。

1. 入力は HEAD カード、データカード、END カードからなる。
2. HEAD と END カードは必ず入力しなければならないが、データカードは前ケースから変更されるもののみ入力する。
3. データカードの識別はカード番号(NCD)で行う。
4. 同一カード上のデータで前ケースから変更しないものは、ブランクで良い。

但し  $NCD = 41 \sim 42$   $\Gamma_f, v_f$

$51 \sim 52$   $Ex_i, l_i, \pi_i$  ( i 番目の excited level)

$81 \sim 82$  NPMT、VARMIN、VARMAX

90 NPIT、WT

については、ひとまとめのデータとして取り扱っており、変更チェックは  $\Gamma_f, Ex_i, NPMT, NPIT$  で実施しているので、変更する場合には全てを入力する必要がある。

5. HEAD カードの Z、A、I、 $\pi$  もブランクチェックされているが、I と  $\pi$  はひとまとめとして取り扱われる。
6. 最初のケースは当然全部のデータを入力する必要がある。出来るだけ多くのデータに default value が設定されているが、入力なしではすまされないものも多い。

以下では入力カード毎の入力データとフォーマットを説明する。

#### #A HEAD カード (I1, I3, F8.1, F3.1, A1, 14A4)

| 記号    | カラム     | 説明   |
|-------|---------|--|
| NCONT | 1       | = 0 : 最初のケース。全部のデータを入力する。<br>= 1 : 先行ケースのデータを利用する。 |
| IZ    | 2 ~ 4   | 標的核の原子番号   |
| A     | 5 ~ 12  | 標的核の質量(amu)  |
| FI    | 13 ~ 15 | 標的核のスピン  |
| PAI   | 16      | 標的核のパリティ (+または-)                                   |
| TITL  | 17 ~ 72 | タイトル   |

## #10 Job Control Integer (最初のケースの default は全て 0) (18I4)

| 記号    | カラム   | 説明  |
|-------|-------|---|
| NCD   | 1~ 4  | = 10  |
| MAT   | 5~ 8  | = 0 : disk 上へ出力しない。<br>≠ 0 : disk 上へ、この MAT 番号を付けて ENDF フォーマットで出力する。  |
| NSRCH | 9~12  | = 0 : 自動サーチなし。<br>< 0 : 各エネルギー点毎に自動サーチする。<br>> 0 : 全エネルギー点の傾向を与えるように自動サーチする。  |
| NL    | 13~16 | 考慮する $\ell$ の数 ( $\leq 3$ )。0 ならば 1 にセットされる。  |
| NE    | 17~20 | 計算するエネルギー点数 ( $\leq 50$ )。  |
| NEX   | 21~24 | 考慮する非弾性散乱のレベル数 ( $\leq 6$ )。  |
| NF    | 25~28 | ≠ 0 : 核分裂を考慮する。<br>= 0 : 核分裂を考慮しない。   |
| NDE   | 29~32 | ≠ 0 : $D_{\text{obs}}$ のエネルギー依存性をレベル密度パラメータより計算する。<br>= 0 : $D_{\text{obs}}$ のエネルギー依存性を考慮しない。   |
| NGE   | 33~36 | = 0 : $\Gamma_{\gamma}$ のエネルギー依存性を考慮しない。<br>< 0 : $\Gamma_{\gamma}$ のエネルギー依存性を、レベル密度と巨大共鳴を基に考慮する。巨大共鳴のパラメータは組み込み値 ( $\Gamma_{\text{GR}}=5 \text{ MeV}$ , $E_{\text{GR}}=77A^{-1/3} \text{ MeV}$ ) を用いる。<br>> 0 : $\Gamma_{\gamma}$ のエネルギー依存性を、レベル密度と巨大共鳴を基に考慮する。巨大共鳴のパラメータはデータカード#70 で入力する。 |
| NGL   | 37~40 | = 0 : $\Gamma_{\gamma}$ のパリティ依存性を考慮しない。<br>≠ 0 : $\Gamma_{\gamma}$ のパリティ依存性を考慮する。   |
| NBG   | 41~44 | = 0 : バックグラウンド断面積を考慮しない。<br>< 0 : 計算値とフィットすべき断面積の差をバックグラウンド断面積とし disk 1 に出力する。<br>> 0 : バックグラウンド断面積を考慮する。バックグラウンド断面積はデータカード#300 で入力する。  |

|             |   |
|-------------|---|
| NPE 45~48   | = 0 : サーチするパラメータのエネルギー依存性は考慮しない。<br>> 0 : サーチするパラメータのエネルギー依存性をデータカード #200 で入力する。<br>< 0 : 前ケースの結果をパラメータの初期値として用いる。他の制御データに優先し、このケースがパラメータをサーチする場合には前ケースの結果が初期値として用いられる。 |
| NEMIN 49~52 | 自動サーチする下限エネルギー点番号 (0 なら 1 とみなす)。  |
| NEMAX 53~56 | 自動サーチする上限エネルギー点番号 (0 なら NE とみなす)。   |
| NWRT 57~60  | 非分離共鳴パラメータの出力オプション<br>= 1 : 非分離パラメータの詳細出力をする。<br>= 0 : ENDF フォーマットでのみ出力。<br>= -1 : 出力なし。  |
| NOUT1 61~64 | = 0 : 自動サーチ中の情報ダンプはしない。<br>≠ 0 : 自動サーチ中の情報を出力する。  |
| NOUT2 65~68 | = 0 : 断面積計算中の情報ダンプはしない。<br>≠ 0 : 断面積計算中の情報を出力する。  |

#10 の制御は他に優先する。たとえば  $\Gamma_f$  が与えられていても  $NF=0$  ならば  $\Gamma_f=0$  と見なして計算する。但し入力された  $\Gamma_f$  は次のケースまで保持されるので、次のケースで  $NF \neq 0$  なら入力した値が有効となる。また  $NPE < 0$  とすると、全てのパラメータの初期値は前回のサーチ結果となる。しかし、本ケースの制御は#10 で与えられる通り働くので、前ケースと矛盾しないように注意を要する。とくに NL を変更しないことが重要である。

#20 NCD, D<sub>obs</sub>, R, S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> (I4, 5E12.5)

| 記号    | カラム   | 説明   |
|-------|-------|--|
| NCD   | 1~4   | = 20   |
| DOB   | 5~16  | 平均レベル間隔 D <sub>obs</sub> (eV)                      |
| R     | 17~28 | 実効散乱核半径 R (default=1.16A <sup>1/3</sup> +0.6) (fm) |
| SF(1) | 29~40 | s 波中性子強度関数 S <sub>0</sub> (default=0.0)            |
| SF(2) | 41~52 | p 波中性子強度関数 S <sub>1</sub> (default=0.0)            |
| SF(3) | 53~64 | d 波中性子強度関数 S <sub>2</sub> (default=0.0)            |

#30 NCD,  $\Gamma_n$ ,  $\Gamma_p$  (I4, 2E12.4)

| 記号    | カラム     | 説明                                 |
|-------|---------|------------------------------------|
| NCD   | 1 ~ 4   | =30                                |
| GG(1) | 5 ~ 16  | s 波共鳴と d 波共鳴の $\Gamma_\gamma$ (eV) |
| GG(2) | 17 ~ 28 | p 波共鳴の $\Gamma_\gamma$ (eV)        |

#41~42 NCD,  $\Gamma_f$  (I4, 6 (E8.1, I2))

#10 の NL と HEAD カードの FI により可能な J が決まる。これを  $J_{\min}, \dots, J_{\max}$  として、J の小さい方から  $\Gamma_f$  と  $v_f$  を与える。#41 は+パリティのデータであり、#42 は-パリティ状態のものである。与えられた NL から作り得ない J (パリティ保存を破るもの) についてはブランクで良い。初回の default は 0 がセットされる。

| 記号    | カラム     | 説明                                     |
|-------|---------|--|
| NCD   | 1 ~ 4   | =41 or 42                              |
| GF(1) | 5 ~ 12  | $\Gamma_f$ for $J_{\min}$ (eV)         |
| MF(1) | 13 ~ 14 | $v_f$ for $J_{\min}$                   |
| GF(2) | 15 ~ 22 | $\Gamma_f$ for $J_{\min} + 1$ (eV)     |
| MF(2) | 23 ~ 24 | $v_f$ for $J_{\min} + 1$               |
|       |         | $J_{\max}$ まで $\Gamma_f$ と $v_f$ を与える。 |

例 1  $^{235}\text{U}(7/2^-)$  NL=2 ( $\ell=0, 1$ )

#41 2<sup>+</sup>から 5<sup>+</sup>まで 4 組のデータを入力する。

$\Gamma_f(2^+), v_f(2^+), \Gamma_f(3^+), v_f(3^+), \Gamma_f(4^+), v_f(4^+), \Gamma_f(5^+), v_f(5^+)$

#42 2<sup>-</sup>から 5<sup>-</sup>まで 4 組のデータを入力する。

$\Gamma_f(2^-), v_f(2^-), \Gamma_f(3^-), v_f(3^-), \Gamma_f(4^-), v_f(4^-), \Gamma_f(5^-), v_f(5^-)$

このうち、 $\Gamma_f(2^-)$  と  $\Gamma_f(5^-)$  はブランクで良い。

例 2  $^{235}\text{U}(7/2^-)$  NL=3 ( $\ell=0, 1, 2$ )

#41 1<sup>+</sup>から 6<sup>+</sup>まで 6 組のデータを入力する。

$\Gamma_f(1^+), v_f(1^+), \Gamma_f(2^+), v_f(2^+), \dots, \Gamma_f(5^+), v_f(5^+), \Gamma_f(6^+), v_f(6^+)$

$\Gamma_f(1^+)$  と  $\Gamma_f(6^+)$  はブランクで良い。

#42 1<sup>-</sup>から 6<sup>-</sup>まで 6 組のデータを入力する。

$\Gamma_f(1^-), v_f(1^-), \Gamma_f(2^-), v_f(2^-), \dots, \Gamma_f(5^-), v_f(5^-), \Gamma_f(6^-), v_f(6^-)$ 
例 3  $^{235}\text{U}(7/2^-)$  NL=1 ( $\ell=0$ )

#41 不要。

#42  $2^-$ と $3^-$ のデータを入力する。 $\Gamma_f(2^-), v_f(2^-), \Gamma_f(3^-), v_f(3^-)$ 例 4  $^{239}\text{Pu}(1/2^+)$  NL=3 ( $\ell=0, 1, 2$ )#41  $0^+$ から $3^+$ まで4組のデータを入力する。#42  $0^-$ から $3^-$ まで4組のデータを入力する。この時 $3^-$ のデータはブランクで良い。

## #51 ~ 52 Excited level data (E, I, π) (I4, 3 (E12.5, F5.1, A1, 2X))

#51 は 1st から 3rd、#52 は 4th から 6th までの励起レベルのデータを入力する。全部で NEX レベルまで入力する。初回ケースでの default は未定義となる。

| 記号     | カラム   | 説明                                   |
|--------|-------|--------------------------------------|
| NCD    | 1~4   | =51                                  |
| EX(1)  | 5~16  | 1 <sup>st</sup> level energy (eV)    |
| FI(1)  | 17~21 | 1 <sup>st</sup> level spin           |
| PAI(1) | 22    | 1 <sup>st</sup> level parity (+または-) |
| EX(2)  | 25~36 | 2 <sup>nd</sup> level energy (eV)    |
| FI(2)  | 37~41 | 2 <sup>nd</sup> level spin           |
| PAI(2) | 42    | 2 <sup>nd</sup> level parity (+または-) |
| EX(3)  | 45~56 | 3 <sup>rd</sup> level energy (eV)    |
| FI(3)  | 57~61 | 3 <sup>rd</sup> level spin           |
| PAI(3) | 62    | 3 <sup>rd</sup> level parity (+または-) |

4 本以上励起レベルを考慮する場合は、データカード#52 に同じフォーマットでレベルデータを入力する。

## #60 Level density parameters (I4, 5E12.5)

#10 で NDE ≠ 0 または NGE ≠ 0 のときに与える必要がある。初回の default に対して

AP、PAIRE、ESEP は未定義になるが、TN と EJOIN は次の計算値が入る。

$$U = E - \Delta \text{ (MeV)}$$

$$TN = U / ((\alpha U)^{1/2} - 2) \text{ (MeV)}$$

$$EJOIN = (2.5 + 150/A) + \Delta \text{ (MeV)}$$

| 記号    | カラム   | 説明                                       |
|-------|-------|--|
| NCD   | 1~4   | =60                                      |
| AP    | 5~16  | 複合核の $\alpha$ パラメータ (eV <sup>-1</sup> )  |
| PAIRE | 17~28 | 複合核の pairing energy $\Delta$ (eV)        |
| ESEP  | 29~40 | 複合核の neutron separation energy (eV)      |
| TN    | 41~52 | 複合核の核温度 (eV)                             |
| EJOIN | 53~64 | 複合核のフェルミガスモデルと定温度モデルとのつなぎエネルギー<br>— (eV) |

#### #70 Giant resonance parameters (I4, 2E12.5)

#10 で NGE>0 の時必要。NGE<0 ならば組み込み値が用いられる。

| 記号  | カラム   | 説明                 |
|-----|-------|--------------------|
| NCD | 1~4   | =70                |
| EGR | 5~16  | $E_{GR}$ (eV)      |
| GGR | 17~28 | $\Gamma_{GR}$ (eV) |

#### #81~82 Search condition (I4, 4(I4, 2F6.1))

7 組のパラメータサーチ条件(NPMT(I), VRMIN(I), VRMAX(I), I=1,7)を入力する。#81 には I=1~4、#82 には 5~7 までの条件を入力する。初回の default は全て 0 にセットされる。

| 記号        | カラム  | 説明                       |
|-----------|------|--------------------------|
| NCD       | 1~4  | =81                      |
| NPMT(1)   | 5~8  | パラメータ 1 の search control |
| VARMIN(1) | 9~14 | パラメータ 1 の下限 (初期値との比)     |

|           |       |                          |
|-----------|-------|--------------------------|
| VARMAX(1) | 15~20 | パラメータ 1 の上限 (初期値との比)     |
| NPMT(2)   | 21~24 | パラメータ 2 の search control |
| VARMIN(2) | 25~30 | パラメータ 2 の下限 (初期値との比)     |
| VARMAX(2) | 31~36 | パラメータ 2 の上限 (初期値との比)     |
| NPMT(3)   | 37~40 | パラメータ 3 の search control |
| VARMIN(3) | 41~46 | パラメータ 3 の下限 (初期値との比)     |
| VARMAX(3) | 47~52 | パラメータ 3 の上限 (初期値との比)     |
| NPMT(4)   | 53~56 | パラメータ 4 の search control |
| VARMIN(4) | 57~62 | パラメータ 4 の下限 (初期値との比)     |
| VARMAX(4) | 63~68 | パラメータ 4 の上限 (初期値との比)     |

#82 には、パラメータ 5 から 7 の条件を、同じフォーマットで入れる。

ここで、NPMT の意味は次の通りである。

|                  |   |
|------------------|---|
| NPMT(1)          | s 波中性子強度関数( $S_0$ )の search control<br>= 0 : サーチをしない。<br>= 1 : サーチをする。<br>= -1 : エネルギー依存の係数をデータカード#200 で入力する。   |
| NPMT(2), NPMT(3) | p 波中性子強度関数( $S_1$ )と d 波中性子強度関数( $S_2$ ) の search control<br>= 0 : サーチをしない。<br>= 1 : $S_0$ とは独立にサーチをする。<br>= 2 : $S_0$ との比を初期値と同じにし、 $S_0$ のサーチに連動される。<br>= -1 : エネルギー依存の係数をデータカード#200 で入力する。<br>= -2 : $S_0$ に入力された係数を用いる。 |
| NPMT(4), NPMT(7) | 実効散乱核半径( $R$ )と平均レベル間隔( $D_{obs}$ ) の search control<br>= 0 : サーチをしない。<br>= 1 : 独立にサーチ。<br>= -1 : エネルギー依存の係数をデータカード#200 で入力する。 $D_{obs}$ の場合、#10 で $NDE \neq 0$ なら、level density から来るエネルギー依存性にさらに#200 の入力値が乗せられる。           |
| NPMT(5)          | +パリティの平均核分裂幅( $\Gamma_f$ ) の search control<br>= 0 : サーチをしない。<br>> 0 : 1~6 の場合、NPMT(5)番目の状態 ( $\Gamma_f$ 入力時の順序) の $\Gamma_f$ のみサ   |

ーチ。7の場合、全部の比を一定にしてサーチ。

< 0 : -1～-6 の場合、NPMT(5)番目の状態 ( $\Gamma_f$  入力時の順序) の  $\Gamma_f$  に対するエネルギー依存の係数をデータカード#200で入力。-7の場合、#200で入力されたエネルギー依存の係数を全部の J の  $\Gamma_f$  に乘ずる。

NPMT(6)  
-パリティの平均核分裂幅( $\Gamma_f$ ) の search control  
= 0 : サーチしない。

> 0 : 1～6 の場合、NPMT(6)番目の状態 ( $\Gamma_f$  入力時の順序) の  $\Gamma_f$  のみサーチ、7の場合、全部の比を一定にしてサーチ。8の場合、+パリティの  $\Gamma_f$  に連動させてサーチする。

< 0 : -1～-6 の場合、NPMT(6)番目の状態 ( $\Gamma_f$  入力時の順序) の  $\Gamma_f$  に対するエネルギー依存の係数を#200で入力。-7の場合の J の  $\Gamma_f$  に乘ずる。-8の場合、+パリティ状態に入力されたエネルギー依存の係数を用いる。

VARMIN と VARMAX には、パラメータの変動許容範囲を与える。各パラメータとも VARMIN=0.5 VARMAX=2.0 とするとパラメータは初期値×0.5 から初期値×2.0 のあいだで変化し、許容範囲を越えるとその限界値に固定され、サーチの対象から外される。しかし他のパラメータのサーチは続いて実行される。

## #90 Fitting control (I4, 3(I4, E12.5))

| 記号      | カラム   | 説明                                       |
|---------|-------|--|
| NCD     | 1～4   | =90                                      |
| NFIT(1) | 5～8   | 全断面積 ( $\sigma_t$ ) への fitting control   |
| WT(1)   | 9～20  | 全断面積の weight                             |
| NFIT(2) | 21～24 | 捕獲断面積 ( $\sigma_c$ ) への fitting control  |
| WT(2)   | 25～36 | 捕獲断面積の weight                            |
| NFIT(3) | 37～40 | 核分裂断面積 ( $\sigma_f$ ) への fitting control |
| WT(3)   | 41～52 | 核分裂断面積の weight                           |

ここで、NFIT には 0 または 0 以外の整数を入れ、その意味は以下の通りである。

NFIT ≠ 0 fitting の対象とする。

NFIT = 0 fitting の対象としない。

Fitting の際の  $\chi^2$  計算は、次の式で行う。

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j WT(i) \frac{c}{(\Delta\sigma_i^j)^2} \left( \frac{\sigma_{i,cal}^j - \sigma_{i,exp}^j}{\sigma_{i,exp}^j} \right)^2$$

$i$  : 断面積の種類。

$j$  : エネルギー点。NSRCH=-1 ならば、各エネルギー点毎に  $\chi^2$  を求めるので、

$j=1$  となる。

$c$  : 100 ( $\Delta\sigma=10\%$ を基準とする)。 $\Delta\sigma$ には#100で入力する断面積の誤差 (%) が使われる。

## #100 Energy and experimental cross section data (I4, E8.1, 3 (E12.5, E8.1))

NCD=101～100+NE となる。NCD-100 がエネルギー番号(IE)である。断面積はブランクでも良いが、エネルギーのカラムは、ブランク（未定義）は許されない。また NCD は、101 から 100+NE まで、連続した値をとらねばならない。

| 記号          | カラム   | 説明                              |
|-------------|-------|---------------------------------|
| NCD         | 1～4   | =100+エネルギー番号 (IE)               |
| EN(IE)      | 5～12  | energy (eV)                     |
| SIGIN(IE,1) | 13～24 | 全断面積 $\sigma_t$ (barn) の実験データ   |
| ERR(IE,1)   | 25～32 | $\Delta\sigma_t$ (%)            |
| SIGIN(IE,2) | 33～44 | 捕獲断面積 $\sigma_c$ (barn) の実験データ  |
| ERR(IE,2)   | 45～52 | $\Delta\sigma_c$ (%)            |
| SIG(IE,3)   | 53～64 | 核分裂断面積 $\sigma_f$ (barn) の実験データ |
| ERR(IE,3)   | 65～72 | $\Delta\sigma_f$ (%)            |

## #200 Energy dependence of parameters (I4, 7E8.1)

NCD=201～200+NE で定義され、NCD-200 がエネルギーの番号(IE)に対応する。このデータカードは、#10 で NPE>0 かつ#81～82 で NPMT<0 の時に必要となる。エネルギーの値は、#100 で与えられる。Energy dependence は任意の基準エネルギーでの値を 1.0 とし、その値との比として与える。default は全て 1.0 にセットされる。

| 記号          | カラム   | 説明                                   |
|-------------|-------|--------------------------------------|
| NCD         | 1~4   | =200+IE                              |
| PINPT(IE,1) | 5~12  | $S_0$ の energy dependence            |
| PINPT(IE,2) | 13~20 | $S_1$ の energy dependence            |
| PINPT(IE,3) | 21~28 | $S_2$ の energy dependence            |
| PINPT(IE,4) | 29~36 | R の energy dependence                |
| PINPT(IE,5) | 37~44 | $\Gamma_f^{(+)}$ の energy dependence |
| PINPT(IE,6) | 45~52 | $\Gamma_f^{(-)}$ の energy dependence |
| PINPT(IE,7) | 53~60 | $D_{obs}$ の energy dependence        |

## #300 Background cross section data (I4, 3E12.5)

NCD=301~300+NE である。NCD-300 がエネルギーの番号(IE)に対応する。このカードは、#10 で NBG ≠ 0 の時に必要となる。エネルギーの値は、#100 で与えられる。default は全て 0.0 にセットされる。

| 記号          | カラム   | 説明  |
|-------------|-------|---|
| NCD         | 1~4   | =300+IE                                       |
| SIGBG(IE,1) | 5~16  | $\sigma_t$ の background cross section (barns) |
| SIGBG(IE,2) | 17~28 | $\sigma_c$ の background cross section (barns) |
| SIGBG(IE,3) | 29~40 | $\sigma_f$ の background cross section (barns) |

## #B END of input card (I4)

このカードで一つのケースの入力が終了する。

| 記号  | カラム | 説明   |
|-----|-----|------|
| NCD | 1~4 | = -1 |

## 4. ASREP の使用例

ここでは、日本原子力研究所の大型計算機による ASREP の使用例を示す。このシステムの OS は、MSP と言い、以下のような JCL (Job Control Language) でバッチジョブを準備する。

```
T(03) C(03) W(03) I(03)
//JOBPROC DD DSN=J2608.PROCLIB.CNTL,DISP=SHR
// EXEC ASREP
// EXPAND DFDISK,DDN=FT01F001,UNIT=TSSWK,DSN=' J2608.U235URP'
// EXPAND TPDISK,DDN=FT02F001,DSN=CAL,DISP=NEW
// EXPAND TPDISK,DDN=FT03F001,DSN=FIRST,DISP=NEW
// EXPAND TPDISK,DDN=FT04F001,DSN=EXP,DISP=NEW,RSIZE=132,BSIZE=11352
//SYSIN DD *
```

JOBPROC で指定しているファイル J2608.PROCLIB.CNTL に ASREP というメンバーがあり、バッチジョブを実行するためのプロジェクトが入っているので、それを実行する。EXPAND 文は入出力ファイルを定義するもので、DD 文で書いても良い。入出力機番は以下のようにある。

- |          |   |
|----------|---|
| FT01F001 | ASREP で求めた非分離共鳴パラメータを ENDF フォーマットで出力する機番。   |
| FT02F001 | 求めた非分離共鳴パラメータで計算した断面積データの出力機番 (ENDF フォーマット)。  |
| FT03F001 | 初期パラメータで計算した断面積データの出力機番 (ENDF フォーマット)。  |
| FT04F001 | ASREP で再現しようとした実験データ。データカード #100 で入力する断面積データが、Transmission フォーマットと呼ぶ実験データのためのフォーマットで、出力される。 |

上記の例では、FT02F001 と FT04F001 は、ASREP の次のステップとして同時に投入するグラフ作成プログラム SPLINT にデータを渡し、ジョブ終了後には自動的にファイルが消去されるようにしている。

### 4.1 ASREP の入力例

以下では、JENDL-3.2 のために実行した  $^{235}\text{U}$  の非分離共鳴パラメータ決定のための、入力データを示す。説明のために左端に通し番号 (行番号) を付けた。

## 行番号

```

53   -1
54   1
55   10  0  -1  2  42  1  1  0  0  0  0  -1  1  42  -1  0  0
56   81  1  0.500 1.500  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000
57   82  7  0.500 1.500  8 0.500 1.500  0 0.500 2.000  0 1.000 1.000
58   90  1  0.50000E+00  1 1.00000E+00  1 1.00000E+00
59   -1
60   1
61 109235  1  2  42  1  1  0  0  0  0  -1  16  42  -1  0  0
62   81  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000  1 0.800 1.200
63   82  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000  0 1.000 1.000
64   90  1 1.00000E+00  0 1.00000E+00  0 1.00000E+00
65   -1

```

1行目で、 $^{235}\text{U}$  の原子番号 235、質量 235.0439 とスピン・バリティ 3.5-を入力している(HEAD カード)。

2行目はデータカード#10 である (Job Control Integers)。先ず、全断面積を再現する散乱核半径を決める。エネルギー点毎に変化する値にならないように、NSRCH=1 とし、全エネルギー点の傾向を与えるように自動サーチする option を選択する。L は 2 まで、エネルギー点数は 42 点、非弾性散乱レベルを 1 本考慮する。当然核分裂断面積を計算する。パラメータサーチを行う範囲は、入力する実験データの 16 点目から 42 点目までである。この例では、散乱核半径は、keV 領域の全断面積の再現に重点を置き、あまり低いエネルギーまで考慮することでパラメータサーチの結果、30 keV での断面積の再現性が悪くなるのを避けている。出力 option は、全て出力無としている。

3 から 6 行目でパラメータの初期値を与える。 $D_{\text{obs}}=0.55 \text{ eV}$ 、 $S_0=10^{-4}$ 、 $S_1=1.8\times10^{-4}$  である。散乱核半径は、内蔵値を使用する。放射幅は、s 波、p 波とも 38 meV とした。核分裂幅は次のようにスピンに依存して与えている。

$$\begin{aligned} \Gamma_f(2+)=0.410 \text{ eV}, v=2, \quad & \Gamma_f(3+)=0.165 \text{ eV}, v=1, \quad \Gamma_f(4+)=0.377 \text{ eV}, v=3 \\ \Gamma_f(5+)=0.210 \text{ eV}, v=1, \quad & \Gamma_f(3-)=0.256 \text{ eV}, v=3, \quad \Gamma_f(4-)=0.226 \text{ eV}, v=2 \end{aligned}$$

7 行目は、励起レベルのデータである。非分離共鳴パラメータを決めたい 30 keV 以下では、2 本のレベルがあるが、ここでは 76.8 eV のレベルは無視し、13.038 keV のレベルの情報を入力している。

8 から 9 行目は、サーチするパラメータを指定する。NPMT(4)=1 としているので、散乱核半径をサーチする。パラメータの変化する範囲は、初期値の 0.5 から 1.5 倍である。

10 行目で、合わせる断面積と重みを指定する。例では、全断面積を再現するようにパラメータを動かすよう指定した。

11 から 52 行目に断面積の値を入力している。全断面積、捕獲断面積、核分裂断面積とも

全て 10%の誤差を仮定している。

53 行目で、1 から 4 カラムに -1 を入れ (End of input card) 、1 回のパラメータサーチに関する入力データを終了した。引き続き、パラメータサーチ結果を基に、次のパラメータサーチに入る。

54 行目で、HEAD card の NCONT=1 とし、55 行以降の入力で、値を入力しない場合は先行ケースで入力した値を使用することを宣言している。

55 行目で NSRCH=-1 としたので、11 から 52 行目で入力した断面積データのエネルギー点毎にパラメータを求める。また、NPE= -1 なので、先行ケースで求めたパラメータを初期値とする。パラメータサーチは 1 点目から 42 点目で行う。

NPMT(1)=-1 なので、s 波中性子強度関数のサーチを行う。また、NPMT(5)=7、NPMT(6)=8 なので、+パリティ状態と-パリティ状態の核分裂幅のサーチを行う。その時、+パリティと-パリティの核分裂幅の比を初期値と同じに保つようとする。変動する範囲は、いずれも初期値の 0.5 から 1.5 倍の範囲である。

対象とする断面積は、全断面積、捕獲断面積、核分裂断面積であるが、全断面積の重みを他の断面積の半分としている。

60 行目から始まる最後のステップでは、前のケースで捕獲断面積と核分裂断面積に合わせたので、全断面積の再現性が若干悪くなった可能性がある。それを改良するため、散乱核半径を再度微調整し、その結果を ENDF フォーマットで出力する。61 行目では、結果を ENDF フォーマットで出力するために、MAT 番号 9235 を指定している。

通常、FT02F001 と FT04F001 に出力される断面積データを図で表示し、ASREP の結果を検討する。そのために、作図用プログラム SPLINT<sup>8,9)</sup>を用いる。以下は、SPLINT を用いて図を作成する場合の JCL と入力データの例である。

```
T(03) C(03) W(03) I(03)
//JOBPROC DD DSN=J2608.PROCLIB.CNTL,DISP=SHR
// EXEC ASREP
// EXPAND DFDISK,DDN=FT01F001,UNIT=TSSWK,DSN='J2608.U235URP'
// EXPAND TPDISK,DDN=FT02F001,DSN=CAL,DISP=NEW
// EXPAND DISK,DDN=FT03F001
// EXPAND TPDISK,DDN=FT04F001,DSN=EXP,DISP=NEW,RSIZE=132,BSIZE=11352
//SYSIN DD *
```

(上記の入力データ)

```
// EXEC SPLINT97,PNM=PIF,FNAME='J2608.ASREFIG'
// EXPAND TPDISK,DDN=FT01F001,DSN=CAL,DISP=OLD
// EXPAND TPDISK,DDN=FT02F001,DSN=EXP,DISP=OLD
//SYSIN DD *
```

```

title=U-235 Total cross section
xmin=100,xmax=100.0+3,xgrid=all,ygrid=all
data1,endf(9235,3,1),inp=1,line=1,col=2,name=calculated
data2,onest(92233,tot),inp=2,sym=1,err=1,name=experimental data
plot
title=u-235 fission cross section
data1,endf(9235,3,18)
data2,onest(92235,nf)
plot
title=u-235 capture
data1,endf(92235,3,102)
data2,onest(92235,ng)
plot
stop
// EXEC TSSCMD
rsh hotei -l nakagawa pifgo asrepfig ./fig/temp

```

この様な入力で、全断面積、核分裂断面積及び捕獲断面積の計算結果と合わせようとした断面積データの比較図を作成することができる。図は、EWS (hotei) を経由して、コマンド pifgo で指定している手順に従い、プリンターに出力される。

#### 4.2 ASREP の出力例

上で示した  $^{235}\text{U}$  の非分離共鳴パラメータ決定の際の出力例を図 4.1 に示す。ASREP の出力データは量が多いので、改ページ等は省略し、説明に必要な部分だけを示す。

図 4.1(1)から(3)は、出力の先頭部分で、入力データの復唱である。散乱核半径  $R$  の初期値は入力していないので、 $R=1.16A^{1/3}+0.6$  で求めた値 7.759 fm が入っている。

図 4.1(4)からは、ASREP の計算結果である。(4)の最初で散乱核半径をサーチしている。はじめに  $\chi^2$  は 1.5 であったが、最終的には 0.0109 となった。核半径は、初期値の 1.24 倍となった。すぐ下に主な非分離共鳴パラメータが出力されているが、サーチの結果核半径は 9.6545 fm となっている。

続いて、出力されているのはサーチ前のパラメータで計算した各エネルギー点での断面積値である。ALPHA は捕獲断面積と核分裂断面積の比、EL.SCT.-P はポテンシャル散乱断面積、EL.SCT.-I はポテンシャル散乱と複合核散乱との干渉項、EL.SCT.-C は複合核散乱からの寄与分である。s 波、p 波、d 波毎の寄与や、再現しようとしている断面積データと計算値の違いを表す REL-ERROR ([計算値 - 断面積データ] / 断面積データ) も出力されている。次に、図 4.1(6)に示すようにサーチ結果による計算値が出力される。この例では、散乱核半径のみを変化させたので、サーチ前のパラメータとサーチ後のパラメータによる違いは全断面積と弾性散乱断面積に見られる。

図 4.1(7)は初めのケースの最後と、次のケースの先頭部分である。全体を通しての  $\chi^2$  が 2.5

となった。引き続き、2 ケース目の入力データが復唱され、次のケースに入る。

図 4.1(9)では断面積データを与えた各点で、パラメータのサーチをしている。先ず、1 行目の SIG-T、SIG-G、SIG-F は入力した断面積データの値、ALPH は(SIG-G)/(SIG-F)の値である。この例では、s 波中性子強度関数  $S_0$  と核分裂幅をサーチし、500 eV では、 $S_0$  は初期値の 1.1962 倍、核分裂幅は 1.1955 倍となった。新たなパラメータによる断面積の計算値が出力されている。

図 4.1(10)の 950 eV での計算は、パラメータが制限を越えて変化しようとした場合の例である。この例では、核分裂幅が制限の 0.5 倍より小さくなろうとしたので、メッセージを出し、その後は 0.5 倍に固定して  $S_0$  のみをサーチしている。

この後、3 ケース目のパラメータサーチが行われたが、その出力例は割愛する。FT06F001 には、最後に ENDF フォーマットの非分離共鳴パラメータと計算された断面積がリストされる。

図 4.2 は ENDF フォーマットにした非分離共鳴パラメータの例である。データは、MF=2、MT=151 の先頭から始まり、background 断面積を表す MF=3 の最後で終わる。この例では、background 断面積は与えていないので、MF=3 のデータは全てのエネルギー点で 0.0 となっている。

図 4.3 は FT02F001 に出力される、断面積の計算値の例である。出力される MT 番号は、

- 1 全断面積
- 2 弹性散乱断面積
- 4 非弹性散乱断面積
- 18 核分裂断面積
- 102 捕獲断面積

である。更に、それぞれの MT 番号に 200 を加えた MT 番号で s 波中性子による断面積、400 を加えた MT 番号で p 波中性子による断面積、600 を加えた MT 番号で d 波中性子による断面積が出力される。図 4.3(2)に示した MT 番号が 200 以上のデータは s 波中性子による断面積である。

入力した断面積データは、FT04F001 に図 4.4 の様なフォーマットで出力される。1 行に floating の数が 3 つあるが、左から中性子エネルギー、断面積、断面積の誤差となっている。単位は、MeV、バーン、そして%である。

前節の最後に示した方法で、SPLINT を用いて作図をした例を図 4.5 に示す。図 4.5(1)は全断面積、(2)は核分裂断面積、(3)は捕獲断面積である。

## 参考文献

- 1) Wigner E.P.: Proc. Conf. on Neutron Physics by Time of Flight, Gatlinburg, 1956, ORNL-2309, p.59 (1957).
- 2) Porter C.E. and Thomas R.G.: *Phys. Rev.*, **104**, 483 (1956).
- 3) Bohr A.: Proc. Geneva Conf., 1955, Vol. 2, p.220 (1956).
- 4) Kikuchi Y. and An S.: *J. Nucl. Sci. Technol.*, **7**, 157 (1970).
- 5) Dresner L.: Proc. Int. Conf. on Neutron Interactions with Neutrons, New York, USAEC Report No. TID-7547, p.71 (1957).
- 6) Gilbert A. and Cameron A.G.W.: *Can. J. Phys.*, **43**, 1446 (1965).
- 7) Axel P.: *Phys. Rev.*, **126**, 671 (1962).
- 8) 成田 孟、中川庸雄、金森義彦、山越寿夫: 「SPLINT: 実験データと評価済みデータを同軸座標上に同一スケールで作図するコード」、JAERI-M 5769 (1974).
- 9) 中川庸雄: 「SPINPUT: SPLINT の入力データ作成用プログラム」、JAERI-M 9499 (1981).

## INPUT DATA

|       |                |             |            |          |             |          |           |             |          |          |             |          |          |             |           |          |            |          |            |
|-------|----------------|-------------|------------|----------|-------------|----------|-----------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|----------|------------|
| 0     | 92235.04393.5- | 0           | 0          | 1        | 2           | 42       | 1         | 1           | 0        | 0        | 0           | 0        | 16       | 42          | -1        | 0        | 0          |          |            |
| 10    | 0              | 1           | 2          | 42       | 1           | 1        | 0         | 0           | 0        | 0        | 0           | 0        | 16       | 42          | -1        | 0        | 0          |          |            |
| 20    | 0.             | 5500E+00    | 0          | 0000E+00 | 1.          | 0000E-04 | 1.        | 8000E-04    | 0.       | 0000E+00 | 0.          | 0000E+00 | 0        | 00001000    | 0         | 00001100 | 0          |          |            |
| 30    | 3.             | 8000E-02    | 3.         | 8000E-02 | 0.          | 0000E+00 | 1.        | 0000E-04    | 1.       | 8000E-04 | 0.          | 0000E+00 | 0        | 00001200    | 0         | 00001300 | 0          |          |            |
| 40    | 0.             | 410         | 2          | 0.165    | 1           | 0.377    | 3         | 0.210       | 1        | 0.       | 0000E+00    | 0.       | 0000E+00 | 0           | 00001400  | 0        | 00001500   | 0        |            |
| 42    | 0.             | 256         | 3          | 0.226    | 2           | 0.       | 0000E+00  | 0.          | 0000E+00 | 0.       | 0000E+00    | 0.       | 0000E+00 | 0           | 00001700  | 0        | 00001800   | 0        |            |
| 51    | 1.             | 3038E+04    | 1.5+       | 0.       | 0           | 1.000    | 1.000     | 0.          | 1.000    | 1.000    | 0.          | 1.000    | 1.000    | 1           | 0.500     | 1.500    | 0          | 00001600 |            |
| 81    | 0              | 1.000       | 1.000      | 0.       | 0           | 1.000    | 1.000     | 0.          | 1.000    | 1.000    | 0.          | 1.000    | 1.000    | 0           | 1.000     | 1.000    | 0          | 00001700 |            |
| 82    | 0              | 1.000       | 1.000      | 0.       | 0           | 1.000    | 1.000     | 0.          | 1.000    | 1.000    | 0.          | 1.000    | 1.000    | 0           | 1.000     | 1.000    | 0          | 00001800 |            |
| 90    | 1              | 1.00000E+00 | 0.         | 0        | 1.00000E+00 | 0.       | 0         | 1.00000E+00 | 0.       | 0        | 1.00000E+00 | 0.       | 0        | 1.00000E+00 | 0.        | 00001900 | 0          | 00002000 |            |
| 1015. | 00E+02         | 3.          | 34478E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 55035E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 67585E+01   | 10.      | 00       | 1.          | 29800E+01 | 10.      | 0000002100 | 0        | 0000002200 |
| 1025. | 50E+02         | 2.          | 87929E+01  | 10.      | 00          | 3.       | 35956E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 36750E+01   | 10.      | 00       | 1.          | 61720E+00 | 10.      | 0000002300 | 0        | 0000002400 |
| 1036. | 00E+02         | 3.          | 15976E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 08640E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 28047E+01   | 10.      | 00       | 1.          | 05298E+01 | 10.      | 0000002500 | 0        | 0000002600 |
| 1046. | 50E+02         | 2.          | 62256E+01  | 10.      | 00          | 2.       | 91967E+00 | 10.         | 00       | 8.       | 61720E+00   | 10.      | 00       | 8.          | 24289E+00 | 10.      | 0000002700 | 0        | 0000002800 |
| 1057. | 00E+02         | 2.          | 82439E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 45015E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 63412E+00   | 10.      | 00       | 1.          | 59265E+00 | 10.      | 0000002900 | 0        | 0000003000 |
| 1067. | 50E+02         | 2.          | 86219E+01  | 10.      | 00          | 3.       | 75136E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 0.          | 10.      | 00       | 1.          | 83840E+00 | 10.      | 0000003100 | 0        | 0000003200 |
| 1078. | 00E+02         | 2.          | 79805E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 20586E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 0.          | 10.      | 00       | 1.          | 0.        | 10.      | 0000003300 | 0        | 0000003400 |
| 1088. | 63E+02         | 2.          | 16534E+01  | 10.      | 00          | 3.       | 27883E+00 | 10.         | 00       | 7.       | 35297E+00   | 10.      | 00       | 7.          | 24289E+00 | 10.      | 0000003500 | 0        | 0000003600 |
| 1099. | 50E+02         | 2.          | 68131E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 15768E+00 | 10.         | 00       | 1.       | 926669E+00  | 10.      | 00       | 1.          | 48075E+00 | 10.      | 0000003700 | 0        | 0000003800 |
| 1101. | 05E+03         | 2.          | 43107E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 14120E+00 | 10.         | 00       | 7.       | 96125E+00   | 10.      | 00       | 7.          | 0.        | 10.      | 0000003900 | 0        | 0000004000 |
| 1111. | 15E+03         | 2.          | 59408E+01  | 10.      | 00          | 4.       | 58768E+00 | 10.         | 00       | 9.       | 83840E+00   | 10.      | 00       | 9.          | 0.        | 10.      | 0000004100 | 0        | 0000004200 |
| 1121. | 30E+03         | 2.          | 27383E+01  | 10.      | 00          | 2.       | 84864E+00 | 10.         | 00       | 7.       | 38940E+00   | 10.      | 00       | 7.          | 0.        | 10.      | 0000004300 | 0        | 0000004400 |
| 1131. | 50E+03         | 2.          | 20082E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 73275E+00 | 10.         | 00       | 6.       | 23805E+00   | 10.      | 00       | 6.          | 0.        | 10.      | 0000004500 | 0        | 0000004600 |
| 1141. | 70E+03         | 2.          | 222203E+01 | 10.      | 00          | 1.       | 94781E+00 | 10.         | 00       | 6.       | 63412E+00   | 10.      | 00       | 6.          | 56852E+00 | 10.      | 0000004700 | 0        | 0000004800 |
| 1151. | 90E+03         | 2.          | 18244E+01  | 10.      | 00          | 2.       | 03256E+00 | 10.         | 00       | 10.      | 0.          | 10.      | 00       | 10.         | 0.        | 10.      | 0000004900 | 0        | 0000005000 |
| 1162. | 10E+03         | 2.          | 06054E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 51774E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 66605E+00   | 10.      | 00       | 4.          | 0.        | 10.      | 0000005100 | 0        | 0000005200 |
| 1172. | 35E+03         | 1.          | 98427E+01  | 10.      | 00          | 2.       | 04177E+00 | 10.         | 00       | 5.       | 91104E+00   | 10.      | 00       | 5.          | 27318E+00 | 10.      | 0000005300 | 0        | 0000005400 |
| 1182. | 65E+03         | 2.          | 02681E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 85029E+00 | 10.         | 00       | 10.      | 0.          | 10.      | 00       | 10.         | 0.        | 10.      | 0000005500 | 0        | 0000005600 |
| 1192. | 95E+03         | 1.          | 88201E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 66907E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 926669E+00  | 10.      | 00       | 4.          | 48075E+00 | 10.      | 0000005700 | 0        | 0000005800 |
| 1203. | 25E+03         | 1.          | 88930E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 53228E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 69053E+00   | 10.      | 00       | 4.          | 0.        | 10.      | 0000005900 | 0        | 0000006000 |
| 1213. | 60E+03         | 1.          | 85008E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 45175E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 56982E+00   | 10.      | 00       | 4.          | 0.        | 10.      | 0000006100 | 0        | 0000006200 |
| 1224. | 03E+03         | 1.          | 81977E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 41271E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 38268E+00   | 10.      | 00       | 4.          | 0.        | 10.      | 0000006300 | 0        | 0000006400 |
| 1234. | 50E+03         | 1.          | 86220E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 46764E+00 | 10.         | 00       | 4.       | 48075E+00   | 10.      | 00       | 4.          | 0.        | 10.      | 0000006500 | 0        | 0000006600 |
| 1245. | 00E+03         | 1.          | 68331E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 0.        | 10.         | 00       | 3.       | 52599E+00   | 10.      | 00       | 3.          | 0.        | 10.      | 0000006700 | 0        | 0000006800 |
| 1255. | 50E+03         | 1.          | 71200E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 15111E+00 | 10.         | 00       | 3.       | 91332E+00   | 10.      | 00       | 3.          | 0.        | 10.      | 0000006900 | 0        | 0000007000 |
| 1266. | 00E+03         | 1.          | 70419E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 22663E+00 | 10.         | 00       | 3.       | 47639E+00   | 10.      | 00       | 3.          | 0.        | 10.      | 0000007100 | 0        | 0000007200 |
| 1276. | 50E+03         | 1.          | 70779E+01  | 10.      | 00          | 1.       | 26307E+00 | 10.         | 00       | 3.       | 06915E+00   | 10.      | 00       | 3.          | 0.        | 10.      | 0000007300 | 0        | 0000007400 |

#### 図 4.1(1) ASREP の出力例

| MAT                                 | NSRCH      | NL               | NE           | NF               | NDE  | NGE               | NGL    | NBG               | NPE    | NEMIN | NEMAX | NWRT | NOUT1 | NOUT2 |
|-------------------------------------|------------|------------------|--------------|------------------|------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------|-------|------|-------|-------|
| 0                                   | 1          | 2                | 42           | 1                | 1    | 0                 | 0      | 0                 | 0      | 16    | 42    | -1   | 0     | 0     |
| Z= 92.                              | A= 235.044 |                  | ANR= 233.025 | I=               | 3.5- | R=                | 7.7587 | SIGP=             | 7.5646 |       |       |      |       |       |
| D0B= 5.50000E-01                    |            | G61= 3.80000E-02 |              | GG2= 3.80000E-02 |      | SF-S= 1.00000E-04 |        | SF-P= 1.80000E-04 |        | SF-D= |       |      |       |       |
| NEUTRON CHANNEL<br>GROUND 1.304E+04 |            |                  |              |                  |      |                   |        |                   |        |       |       |      |       |       |
| J                                   | P          | GJ               | GAM-F        | MF               | SP   | PD                | SP     | PD                | SP     | PD    | SP    | PD   | SP    | PD    |
| 2.0                                 | +          | 0.313            | 4.1000E-01   | 2                | 0    | 1                 | 0      | 1                 | 0      | 1     | 0     | 1    | 0     | 1     |
| 2.0                                 | -          | 0.313            | 0.0000E+00   | 0                | 0    | 0                 | 0      | 0                 | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |
| 3.0                                 | +          | 0.438            | 1.6500E-01   | 1                | 0    | 2                 | 0      | 0                 | 2      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |
| 3.0                                 | -          | 0.438            | 2.5600E-01   | 3                | 1    | 0                 | 0      | 1                 | 0      | 0     | 1     | 0    | 0     | 0     |
| 4.0                                 | +          | 0.563            | 3.7700E-01   | 3                | 0    | 2                 | 0      | 0                 | 2      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |
| 4.0                                 | -          | 0.563            | 2.2600E-01   | 2                | 1    | 0                 | 0      | 1                 | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |
| 5.0                                 | +          | 0.688            | 2.1000E-01   | 1                | 0    | 1                 | 0      | 0                 | 1      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |
| 5.0                                 | -          | 0.688            | 0.0000E+00   | 0                | 0    | 0                 | 0      | 0                 | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     |

## AUTOMATIC SEARCH CONDITION

CROSS SECTIONS TO BE FITTED (1=YES , 0=NO)

|         |   |                      |
|---------|---|----------------------|
| TOTAL   | 1 | WEIGHT = 1.00000E+00 |
| CAPTURE | 0 | WEIGHT = 1.00000E+00 |
| FISSION | 0 | WEIGHT = 1.00000E+00 |

## PARAMETERS TO BE SEARCHED FOR

|          |   |                                     |             |
|----------|---|-------------------------------------|-------------|
| S-0      | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| S-1      | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| S-2      | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| R        | 1 | MAXIMUM VARIATION RANGE 5.00000E-01 | 1.50000E+00 |
| GAM-FIS1 | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| GAM-FIS2 | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| D-OBSRVD | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |

図 4.1(2) ASREP の出力例

| EXPERIMENTAL ENERGY | CROSS SECTIONS SIG-T | ERR  | WEIGHT      | SIG-G       | ERR  | WEIGHT      | SIG-F       | ERR  | WEIGHT      |
|---------------------|----------------------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|------|-------------|
| 5.00000E+02         | 3.34478E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.55035E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.67535E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 5.50000E+02         | 2.87929E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 3.35956E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.29800E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 6.00000E+02         | 3.15967E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.08640E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.36750E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 6.50000E+02         | 2.62256E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 2.91967E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 8.61720E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 7.00000E+02         | 2.82439E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.45015E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.28047E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 7.50000E+02         | 2.86219E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 3.75136E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.05298E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 7.50000E+02         | 2.86219E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 3.75136E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.05298E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 8.00000E+02         | 2.79805E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.20586E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 1.07309E+01 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 8.63000E+02         | 2.16534E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 3.27883E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 7.35297E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 9.50000E+02         | 2.68131E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.15768E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 7.24289E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 1.05000E+03         | 2.43107E+01          | 10.0 | 1.00000E+00 | 4.14120E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 | 7.96125E+00 | 10.0 | 1.00000E+00 |

[途中省略]

| ENERGY      | S0 ( )      | S1 ( ) | S2 ( )      | INPUT DATA R ( 1 ) | GF1 ( 0 ) | D0B ( 0 )   | CALCULATED GG | DOB  | FINAL FOR D |
|-------------|-------------|--------|-------------|--------------------|-----------|-------------|---------------|------|-------------|
| 2.10000E+04 | 1.46035E+01 | 10.0   | 1.00000E+00 | 6.72168E-01        | 10.0      | 1.00000E+00 | 2.02645E+00   | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 2.25000E+04 | 1.48961E+01 | 10.0   | 1.00000E+00 | 8.08330E-01        | 10.0      | 1.00000E+00 | 2.46374E+00   | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 2.55000E+04 | 1.42426E+01 | 10.0   | 1.00000E+00 | 6.33260E-01        | 10.0      | 1.00000E+00 | 1.94942E+00   | 10.0 | 1.00000E+00 |
| 3.00000E+04 | 1.41676E+01 | 10.0   | 1.00000E+00 | 7.41347E-01        | 10.0      | 1.00000E+00 | 2.11971E+00   | 10.0 | 1.00000E+00 |

## ENERGY DEPENDENCE OF PARAMETERS

| ENERGY      | S0 ( )      | S1 ( )      | S2 ( )      | INPUT DATA R ( 1 ) | GF1 ( 0 )   | D0B ( 0 )   | CALCULATED GG | DOB         | FINAL FOR D |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 5.00000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 5.50000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 6.00000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 6.50000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 7.00000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 7.50000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 7.00000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 7.50000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 8.00000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| 8.63000E+02 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00        | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 | 1.00000E+00   | 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |

[途中省略]

図 4.1(3) ASREP の出力例

| NO | K1**2       | S0     | S1     | S2     | R      | GF1    | GF2    | DOB    |
|----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 1.50424E+00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2  | 1.34925E-02 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2535 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3  | 1.09483E-02 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2443 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4  | 1.09482E-02 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2444 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

NEUTRON STR-FUNC S 1.00000E-04 P 1.80000E-04 D 0.00000E+00  
 GAMMA STR-FUNC S 6.90909E-02 P 6.90909E-02 D 0.00000E+00  
 D-OBSERVED 5.50000E-01  
 EFFECTIVE R 9.65454E+00

## RESULTS WITH INITIAL PARAMETERS

E= 5.00000E+02 X1\*\*2= 8.79218E-02 ALPHA= 3.14868E-01

| REACTION   | FINAL        | REL-ERROR   | BACK-GRND   | ALL-L        | CALCULATED   | S-WAVE       | P-WAVE | D-WAVE |
|--|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| TOTAL  | 2.61227E+01  | -2.1900E-01 | 0.00000E+00 | 2.61227E+01  | 2.59561E+01  | 1.66650E-01  |        |        |
| CAPTURE  | 4.27236E+00  | -6.1092E-02 | 0.00000E+00 | 4.27236E+00  | 4.22331E+00  | 4.90499E-02  |        |        |
| FISSION  | 1.356687E+01 | -1.9034E-01 | 0.00000E+00 | 1.356687E+01 | 1.34512E+01  | 1.17560E-01  |        |        |
| EL. SCT-P  | 7.56041E+00  |             | 0.00000E+00 | 7.56041E+00  | 7.56041E+00  | 5.22005E-06  |        |        |
| EL. SCT-I  | -5.31105E-02 |             |             | -5.31105E-02 | -5.31105E-02 | -1.10410E-10 |        |        |
| EL. SCT-C  | 7.74365E-01  |             |             | 7.74365E-01  | 7.74330E-01  | 3.48874E-05  |        |        |
| E= 5.50000E+02 X1**2= 5.92286E-02 ALPHA= 3.14522E-01 |              |             |             |              |              |              |        |        |
| REACTION   | FINAL        | REL-ERROR   | BACK-GRND   | ALL-L        | CALCULATED   | S-WAVE       | P-WAVE | D-WAVE |
| TOTAL  | 2.52693E+01  | -1.2238E-01 | 0.00000E+00 | 2.52693E+01  | 2.50946E+01  | 1.74756E-01  |        |        |
| CAPTURE  | 4.06616E+00  | 2.1033E-01  | 0.00000E+00 | 4.06616E+00  | 4.01473E+00  | 5.14322E-02  |        |        |
| FISSION  | 1.29281E+01  | -4.0008E-03 | 0.00000E+00 | 1.29281E+01  | 1.28048E+01  | 1.23275E-01  |        |        |
| EL. SCT-P  | 7.56005E+00  |             | 0.00000E+00 | 7.56005E+00  | 7.56004E+00  | 6.31517E-06  |        |        |
| EL. SCT-I  | -5.57000E-02 |             |             | -5.57000E-02 | -5.57000E-02 | -1.54076E-10 |        |        |
| EL. SCT-C  | 7.70750E-01  |             |             | 7.70750E-01  | 7.70707E-01  | 4.21953E-05  |        |        |

図 4.1(4) ASREP の出力例

| E= 6. 00000E+02 |              | X1**2= 6. 15849E-02 |                     | ALPHA= 3. 14201E-01 |  |              |              |        |        |
|-----------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|--------------|--------------|--------|--------|
| REACTION        | FINAL        | REL-ERROR           | BACK-GRND           | ALL-L               |  | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
| TOTAL           | 2.45254E+01  | -2.2380E-01         | 0.00000E+00         | 2.45254E+01         |  | 2.43429E+01  | 1.82497E-01  |        |        |
| CAPTURE         | 3.88663E+00  | -4.8887E-02         | 0.00000E+00         | 3.88663E+00         |  | 3.83292E+00  | 5.37068E-02  |        |        |
| FISSION         | 1.23699E+01  | -9.5439E-02         | 0.00000E+00         | 1.23699E+01         |  | 1.22411E+01  | 1.28733E-01  |        |        |
| EL. SCT-P       | 7.55969E+00  |                     | 0.00000E+00         | 7.55969E+00         |  | 7.55968E+00  | 7.51427E-06  |        |        |
| EL. SCT-I       | -5.81740E-02 |                     | 0.00000E+00         | -5.81740E-02        |  | -5.81740E-02 | -2.09856E-10 |        |        |
| EL. SCT-C       | 7.67347E-01  |                     | 0.00000E+00         | 7.67347E-01         |  | 7.67297E-01  | 5.01938E-05  |        |        |
| E= 6. 50000E+02 |              | X1**2= 2.28002E-01  | ALPHA= 3. 13902E-01 |                     |  |              |              |        |        |
| REACTION        | FINAL        | REL-ERROR           | BACK-GRND           | ALL-L               |  | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
| TOTAL           | 2.38693E+01  | -8.9846E-02         | 0.00000E+00         | 2.38693E+01         |  | 2.36794E+01  | 1.89918E-01  |        |        |
| CAPTURE         | 3.72851E+00  | 2.7703E-01          | 0.00000E+00         | 3.72851E+00         |  | 3.67262E+00  | 5.58888E-02  |        |        |
| FISSION         | 1.18779E+01  | 3.7840E-01          | 0.00000E+00         | 1.18779E+01         |  | 1.17440E+01  | 1.33964E-01  |        |        |
| EL. SCT-P       | 7.59333E+00  |                     | 0.00000E+00         | 7.59333E+00         |  | 7.55932E+00  | 8.81731E-06  |        |        |
| EL. SCT-I       | -6.05465E-02 |                     | 0.00000E+00         | -6.05465E-02        |  | -6.05465E-02 | -2.76292E-10 |        |        |
| EL. SCT-C       | 7.64130E-01  |                     | 0.00000E+00         | 7.64130E-01         |  | 7.64071E-01  | 5.88819E-05  |        |        |
| E= 7. 00000E+02 |              | X1**2= 7.97223E-02  | ALPHA= 3. 13624E-01 |                     |  |              |              |        |        |
| REACTION        | FINAL        | REL-ERROR           | BACK-GRND           | ALL-L               |  | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
| TOTAL           | 2.32852E+01  | -1.7557E-01         | 0.00000E+00         | 2.32852E+01         |  | 2.30882E+01  | 1.97056E-01  |        |        |
| CAPTURE         | 3.58750E+00  | -1.9376E-01         | 0.00000E+00         | 3.58750E+00         |  | 3.52991E+00  | 5.79828E-02  |        |        |
| FISSION         | 1.14401E+01  | -1.0657E-01         | 0.00000E+00         | 1.14401E+01         |  | 1.13011E+01  | 1.38994E-01  |        |        |
| EL. SCT-P       | 7.55897E+00  |                     | 0.00000E+00         | 7.55897E+00         |  | 7.55896E+00  | 1.02242E-05  |        |        |
| EL. SCT-I       | -6.28291E-02 |                     | 0.00000E+00         | -6.28291E-02        |  | -6.28291E-02 | -3.57986E-10 |        |        |
| EL. SCT-C       | 7.61076E-01  |                     | 0.00000E+00         | 7.61076E-01         |  | 7.61076E-01  | 6.82584E-05  |        |        |

[途中省略]

図 4.1(5) ASREP の出力例

## RESULTS WITH FINAL PARAMETERS

E= 5.00000E+02 X1\*\*2= 4. 91769E-02

ALPHA= 3.14868E-01

| REACTION  | FINAL        | REL-ERROR     | BACK-GRND   | ALL-L        | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
|-----------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| TOTAL     | 3.02368E+01  | -9. 60000E-02 | 0.00000E+00 | 3.02368E+01  | 3.00701E+01  | 1.66665E-01  |        |        |
| CAPTURE   | 4.27236E+00  | -6. 1092E-02  | 0.00000E+00 | 4.27236E+00  | 4.22331E+00  | 4.90499E-02  |        |        |
| FISSION   | 1.35687E+01  | -1. 9034E-01  | 0.00000E+00 | 1.35687E+01  | 1.34512E+01  | 1.17560E-01  |        |        |
| EL. SCT-P | 1.17036E+01  |               | 0.00000E+00 | 1.17036E+01  | 1.17036E+01  | 1.93609E-05  |        |        |
| EL. SCT-I | -8.22154E-02 |               |             | -8.22154E-02 | -8.22154E-02 | -4.09505E-10 |        |        |
| EL. SCT-C | 7.74355E-01  |               |             | 7.74355E-01  | 7.74330E-01  | 3.48874E-05  |        |        |

E= 5.00000E+02 X1\*\*2= 4. 46705E-02

ALPHA= 3.14522E-01

| REACTION  | FINAL        | REL-ERROR    | BACK-GRND   | ALL-L        | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| TOTAL     | 2.93815E+01  | 2. 0442E-02  | 0.00000E+00 | 2.93815E+01  | 2.92067E+01  | 1.74773E-01  |        |        |
| CAPTURE   | 4.06616E+00  | 2.1033E-01   | 0.00000E+00 | 4.06616E+00  | 4.01473E+00  | 5.14322E-02  |        |        |
| FISSION   | 1.29231E+01  | -4. 0008E-03 | 0.00000E+00 | 1.29231E+01  | 1.28048E+01  | 1.23275E-01  |        |        |
| EL. SCT-P | 1.17027E+01  |              | 0.00000E+00 | 1.17027E+01  | 1.17027E+01  | 2.34204E-05  |        |        |
| EL. SCT-I | -8.62218E-02 |              |             | -8.62218E-02 | -8.62218E-02 | -5.71407E-10 |        |        |
| EL. SCT-C | 7.70750E-01  |              |             | 7.70750E-01  | 7.70707E-01  | 4.21953E-05  |        |        |

E= 6.00000E+02 X1\*\*2= 2. 02808E-02

ALPHA= 3.14201E-01

| REACTION  | FINAL        | REL-ERROR    | BACK-GRND   | ALL-L        | S-WAVE       | CALCULATED   | P-WAVE | D-WAVE |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| TOTAL     | 2.86357E+01  | -9. 3714E-02 | 0.00000E+00 | 2.86357E+01  | 2.84531E+01  | 1.82517E-01  |        |        |
| CAPTURE   | 3.88663E+00  | -4. 8887E-02 | 0.00000E+00 | 3.88663E+00  | 3.83292E+00  | 5.37068E-02  |        |        |
| FISSION   | 1.23699E+01  | -9. 5439E-02 | 0.00000E+00 | 1.23699E+01  | 1.22411E+01  | 1.28733E-01  |        |        |
| EL. SCT-P | 1.17019E+01  |              | 0.00000E+00 | 1.17019E+01  | 1.17019E+01  | 2.78648E-05  |        |        |
| EL. SCT-I | -9.00490E-02 |              |             | -9.00490E-02 | -9.00490E-02 | -7.74492E-10 |        |        |
| EL. SCT-C | 7.67347E-01  |              |             | 7.67347E-01  | 7.67297E-01  | 5.01938E-05  |        |        |

[途中省略]

図 4.1(6) ASREP の出力例

| E= 3.00000E+04   |                  | X1 **2= 5.52113E-03 | ALPHA= 3.15335E-01 | CALCULATED        |               |               |               |               |               |
|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| REACTION         | FINAL            | REL-ERROR           | BACK-GRND          | ALL-L             | S-WAVE        | P-WAVE        | D-WAVE        |               |               |
| TOTAL            | 1.42058E+01      | 2.6969E-03          | 0.00000E+00        | 1.42058E+01       | 1.29715E+01   | 1.23434E+00   |               |               |               |
| CAPTURE          | 7.07706E-01      | -4.5379E-02         | 0.00000E+00        | 7.07706E-01       | 4.08023E-01   | 2.99682E-01   |               |               |               |
| FISSION          | 2.24430E-00      | 5.8776E-02          | 0.00000E+00        | 2.24430E+00       | 1.46132E+00   | 7.82980E-01   |               |               |               |
| EL. SCT-P        | 1.12592E-01      |                     | 0.00000E+00        | 1.12592E-01       | 1.11992E+01   | 6.00083E-02   |               |               |               |
| EL. SCT-I        | -6.09927E-01     |                     |                    | -6.09927E-01      | -6.09391E-01  | -5.36904E-04  |               |               |               |
| EL. SCT-C        | 5.89357E-01      |                     |                    | 5.89357E-01       | 5.06080E-01   | 8.32774E-02   |               |               |               |
| INEL. SCT        | 1.52110E-02      |                     |                    | 1.52110E-02       | 6.28086E-03   | 8.93012E-03   |               |               |               |
| FINAL X1**2      |                  | 2.50596E+00         |                    |                   |               |               |               |               |               |
| INPUT DATA       |                  |                     |                    |                   |               |               |               |               |               |
| 1                | 10               | 0 -1 2 42           | 1 1 0 0            | 0 0 -1 1          | 42 -1 0 0     | 0 0 0 0       | 0 0 0 0       | 0 0 0 0       | 0 0 0 0       |
| 81               | 1 0.500 1.500    | 0 1.000 1.000       | 0 1.000 1.000      | 0 1.000 1.000     | 0 1.000 1.000 | 0 1.000 1.000 | 0 1.000 1.000 | 0 1.000 1.000 | 0 1.000 1.000 |
| 82               | 7 0.500 1.500    | 8 0.500 1.500       | 8 0.500 1.500      | 0 0.500 2.000     | 0 0.500 2.000 | 0 0.500 2.000 | 0 0.500 2.000 | 0 0.500 2.000 | 0 0.500 2.000 |
| 90               | 1 0.50000E+00    | 1 1.00000E+00       | 1 1.00000E+00      | 1 1.00000E+00     | 1 1.00000E+00 | 1 1.00000E+00 | 1 1.00000E+00 | 1 1.00000E+00 | 1 1.00000E+00 |
| -1               |                  |                     |                    |                   |               |               |               |               |               |
| Z= 92.           | A= 235.044       | AWR= 233.025        | I= 3.5-            | R= 9.6545         | SIGP= 11.7132 |               |               |               |               |
| D0B= 5.50000E-01 | GG1= 3.80000E-02 | GG2= 3.80000E-02    | SG-S= 1.00000E-04  | SF-P= 1.80000E-04 | SF-D=         |               |               |               |               |

図 4.1(7) ASREP の出力例

NEUTRON CHANNEL  
GROUND 1.304E+04  
3.5 - 1.5

| J   | P | GJ    | GAM-F      | MF | S P D | S P D |
|-----|---|-------|------------|----|-------|-------|
| 2.0 | + | 0.313 | 4.1000E-01 | 2  | 0 1 0 | 1 0 0 |
| 2.0 | - | 0.313 | 0.0000E+00 | 0  | 0 0 0 | 0 2 0 |
| 3.0 | + | 0.438 | 1.6500E-01 | 1  | 0 2 0 | 0 0 0 |
| 3.0 | - | 0.438 | 2.5600E-01 | 3  | 1 0 0 | 0 1 0 |
| 4.0 | + | 0.563 | 3.7700E-01 | 3  | 0 2 0 | 0 0 0 |
| 4.0 | - | 0.563 | 2.2600E-01 | 2  | 1 0 0 | 0 0 0 |
| 5.0 | + | 0.688 | 2.1000E-01 | 1  | 0 1 0 | 0 0 0 |
| 5.0 | - | 0.688 | 0.0000E+00 | 0  | 0 0 0 | 0 0 0 |

## AUTOMATIC SEARCH CONDITION

CROSS SECTIONS TO BE FITTED (1=YES , 0=NO)

|         |   |                      |
|---------|---|----------------------|
| TOTAL   | 1 | WEIGHT = 5.00000E-01 |
| CAPTURE | 1 | WEIGHT = 1.00000E+00 |
| FISSION | 1 | WEIGHT = 1.00000E+00 |

PARAMETERS TO BE SEARCHED FOR

|          |   |                                     |             |
|----------|---|-------------------------------------|-------------|
| S-0      | 1 | MAXIMUM VARIATION RANGE 5.00000E-01 | 1.50000E+00 |
| S-1      | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| S-2      | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| R        | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 1.00000E+00 | 1.00000E+00 |
| GAM-FIS1 | 7 | MAXIMUM VARIATION RANGE 5.00000E-01 | 1.50000E+00 |
| GAM-FIS2 | 8 | MAXIMUM VARIATION RANGE 5.00000E-01 | 1.50000E+00 |
| D-OBSRVD | 0 | MAXIMUM VARIATION RANGE 5.00000E-01 | 2.00000E+00 |

[途中省略]

図 4.1(8) ASREP の出力例

| E= 5.00000E+02            |                    | SIG-T= 3.34478E+01 |                    | SIG-G= 4.55035E+00  |              | SIG-F= 1.675585E+01 |         | ALPH= 2.71525E-01 |        |        |        |        |        |     |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------|---------------------|---------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| NO                        | K1**2              | SIG-T              | REL-ERR            | SIG-G               | REL-ERR      | SIG-F               | REL-ERR | S0                | S1     | S2     | R      | GF1    | GF2    | DOB |
| 1                         | 4.4569E-02         | 3.024E+01-9.60E-02 | 4.272E+00-6.11E-02 | 1.357E+01-1.90E-01  | 1.0000       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| 2                         | 3.6005E-03         | 3.282E+01-1.86E-02 | 4.463E+00-1.92E-02 | 1.583E+01-5.53E-02  | 1.1409       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| 3                         | 7.9140E-05         | 3.384E+01 1.17E-02 | 4.546E+00-9.93E-04 | 1.671E+01-3.02E-03  | 1.1962       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 1.1955 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| NEUTRON STR-FUNC          |                    | S 1.19622E-04      | P 1.80000E-04      | D 0.00000E+00       |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| GAMMA STR-FUNC            |                    | S 6.90909E-02      | P 6.90909E-02      | D 6.90909E-02       |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| D-OBSERVED                |                    | 5.50000E-01        |                    |                     |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| EFFECTIVE R               |                    | 9.65454E+00        |                    |                     |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| CALCULATED CROSS SECTIONS |                    |                    |                    |                     |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| E= 5.00000E+02            | X1**2= 7.91395E-05 |                    |                    |                     |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| REACTION                  | FINAL              | REL-ERR0R          | BACK-GRND          | ALL-L               | S-WAVE       | S-CALCULATED        | P-WAVE  | D-WAVE            |        |        |        |        |        |     |
| TOTAL                     | 3.38408E+01        | 1.1749E-02         | 0.00000E+00        | 3.38408E+01         | 3.36741E+01  | 1.66662E-01         |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| CAPTURE                   | 4.55583E+00        | -9.9269E-04        | 0.00000E+00        | 4.55583E+00         | 4.50055E+00  | 4.52815E-02         |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| FISSION                   | 1.67078E+01        | -3.0225E-03        | 0.00000E+00        | 1.67078E+01         | 1.65865E+01  | 1.21329E-01         |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| EL. SCT-P                 | 1.17036E+01        |                    | 0.00000E+00        | 1.17036E+01         | 1.17036E+01  | 1.93609E-05         |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| EL. SCT-I                 | -9.83479E-02       |                    |                    | -9.83479E-02        | -9.83479E-02 | -4.09505E-10        |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| EL. SCT-C                 | 9.81859E-01        |                    |                    | 9.81859E-01         | 9.81859E-01  | 3.21966E-05         |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| E= 5.50000E+02            | SIG-T= 2.87929E+01 |                    |                    |                     |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| NO                        | K1**2              | SIG-T              | REL-ERR            | SIG-G               | REL-ERR      | SIG-F               | REL-ERR | S0                | S1     | S2     | R      | GF1    | GF2    | DOB |
| 1                         | 4.4462E-02         | 2.938E+01 2.04E-02 | 4.066E+00 2.10E-01 | 1.2935E+01-4.00E-03 | 1.0000       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| 2                         | 4.6843E-03         | 2.867E+01-4.11E-03 | 3.585E+00 6.72E-02 | 1.282E+01-1.26E-02  | 0.9596       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 1.1631 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| 3                         | 3.9912E-05         | 2.858E+01-7.35E-03 | 3.349E+00-3.06E-03 | 1.300E+01 1.88E-03  | 0.9543       | 0.0000              | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000 | 0.0000 | 1.2928 | 0.0000 | 0.0000 |     |
| NEUTRON STR-FUNC          |                    | S 9.54279E-05      | P 1.80000E-04      | D 0.00000E+00       |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |
| GAMMA STR-FUNC            |                    | S 6.90909E-02      | P 6.90909E-02      | D 6.90909E-02       |              |                     |         |                   |        |        |        |        |        |     |

図 4.1(9) ASREP の出力例

D-OBSERVED  
EFFECTIVE R  
5.50000E-01  
9.65454E+00

CALCULATED CROSS SECTIONS

E= 5.50000E+02 X1\*\*2= 3.99119E-05 ALPHA= 2.57551E-01

| REACTION  | FINAL        | REL-ERROR   | BACK-GRND   | ALL-L        | CALCULATED S-WAVE | P-WAVE       | D-WAVE |
|-----------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|--------|
| TOTAL     | 2.85811E+01  | -7.3546E-03 | 0.00000E+00 | 2.85811E+01  | 2.84064E+01       | 1.74768E-01  |        |
| CAPTURE   | 3.34929E+00  | -3.0575E-03 | 0.00000E+00 | 3.34929E+00  | 3.30346E+00       | 4.58240E-02  |        |
| FISSION   | 1.30043E+01  | 1.8757E-03  | 0.00000E+00 | 1.30043E+01  | 1.28755E+01       | 1.28883E-01  |        |
| EL. SCT-P | 1.17027E+01  |             | 0.00000E+00 | 1.17027E+01  | 1.17027E+01       | 2.34204E-05  |        |
| EL. SCT-I | -8.22796E-02 |             |             | -8.22796E-02 | -8.22796E-02      | -5.71407E-10 |        |
| EL. SCT-C | 6.07067E-01  |             |             | 6.07067E-01  | 6.07029E-01       | 3.75768E-05  |        |

[途中省略]

| NO  | K1**2      | SIG-T     | SIG-T     | REL-ERR   | SIG-G     | REL-ERR   | SIG-F    | REL-ERR | SIG-F= 4.15768E+00 | SIG-F= 7.24289E+00 | ALPH= 5.74036E-01 |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1   | 1.9606E-01 | 2.520E+01 | -6.03E-02 | 3.063E+00 | -2.63E-01 | 9.803E+00 | 3.53E-01 | 1.0000  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| 2   | 1.3914E-01 | 2.502E+01 | -6.68E-02 | 3.249E+00 | -2.18E-01 | 9.406E+00 | 2.99E-01 | 0.9869  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| 3   | 1.0032E-01 | 2.488E+01 | -7.20E-02 | 3.402E+00 | -1.82E-01 | 9.085E+00 | 2.54E-01 | 0.9764  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| 4   | 7.3027E-02 | 2.476E+01 | -7.64E-02 | 3.529E+00 | -1.51E-01 | 8.817E+00 | 2.17E-01 | 0.9674  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| 5   | 3.6608E-02 | 2.456E+01 | -8.40E-02 | 3.750E+00 | -9.80E-02 | 8.353E+00 | 1.53E-01 | 0.9521  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| 6   | 2.0208E-02 | 2.442E+01 | -8.94E-02 | 3.893E+00 | -6.35E-02 | 8.042E+00 | 1.10E-01 | 0.9413  | 0.0000             | 0.0000             | 0.0000            |
| ***** VARIATION OF P(5) EXCEEDS THE LIMIT ***** |            |           |           |           |           |           |          |         |                    |                    |                   |
| 7   | 7.1184E-03 | 2.410E+01 | -1.01E-01 | 4.071E+00 | -2.09E-02 | 7.529E+00 | 3.95E-02 | 0.9174  | 0.0000             | 0.0000             | 0.5000            |
| 8   | 7.1126E-03 | 2.412E+01 | -1.00E-01 | 4.077E+00 | -1.94E-02 | 7.542E+00 | 4.12E-02 | 0.9191  | 0.0000             | 0.0000             | 0.5000            |
| 9   | 7.1126E-03 | 2.412E+01 | -1.00E-01 | 4.077E+00 | -1.94E-02 | 7.542E+00 | 4.12E-02 | 0.9191  | 0.0000             | 0.0000             | 0.5000            |

EFFECTIVE R 9.65454E+00

図 4.1(10) ASREP の出力例

|            |            |            |            |                |                |      |
|------------|------------|------------|------------|----------------|----------------|------|
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02 |            | 1          | 9235           | 2151           |      |
| 9.2235E+04 | 1.0000E+00 |            | 1          | 9235           | 2151           |      |
| 5.0000E+02 | 3.0000E+04 | 2          | 2          | 9235           | 2151           |      |
| 3.5000E+00 | 9.8757E-01 |            | 2          | 9235           | 2151           |      |
| 2.3302E+02 |            | 0          | 2          | 9235           | 2151           |      |
| 3.0000E+00 |            | 2          | 258        | 429235         | 2151           |      |
|            | 1.0000E+00 | 1.0000E+00 | 0.0000E+00 | 3.0000E+009235 | 2151           |      |
| 5.0000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.5038E-04 | 3.8000E-02     | 3.0605E-019235 | 2151 |
| 5.5000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1997E-04 | 3.8000E-02     | 3.3095E-019235 | 2151 |
| 6.0000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.3886E-04 | 3.8000E-02     | 2.7361E-019235 | 2151 |
| 6.5000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 9.2837E-05 | 3.8000E-02     | 2.3801E-019235 | 2151 |
| 7.0000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.4471E-04 | 3.8000E-02     | 2.2104E-019235 | 2151 |
| 7.5000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2557E-04 | 3.8000E-02     | 2.1923E-019235 | 2151 |
| 8.0000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.3542E-04 | 3.8000E-02     | 1.8852E-019235 | 2151 |
| 8.6300E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 9.7811E-05 | 3.8000E-02     | 1.6389E-019235 | 2151 |
| 9.5000E+02 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1554E-04 | 3.8000E-02     | 1.2800E-019235 | 2151 |
| 1.0500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2727E-04 | 3.8000E-02     | 1.3237E-019235 | 2151 |
| 1.1500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.6081E-04 | 3.8000E-02     | 1.5037E-019235 | 2151 |
| 1.3000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1826E-04 | 3.8000E-02     | 1.9406E-019235 | 2151 |
| 1.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 9.6482E-05 | 3.8000E-02     | 3.0370E-019235 | 2151 |
| 1.7000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1187E-04 | 3.8000E-02     | 2.7920E-019235 | 2151 |
| 1.9000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1920E-04 | 3.8000E-02     | 2.5891E-019235 | 2151 |
| 2.1000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 8.7793E-05 | 3.8000E-02     | 2.4887E-019235 | 2151 |
| 2.3500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2238E-04 | 3.8000E-02     | 2.2211E-019235 | 2151 |
| 2.6500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1671E-04 | 3.8000E-02     | 2.1968E-019235 | 2151 |
| 2.9500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1247E-04 | 3.8000E-02     | 2.2948E-019235 | 2151 |
| 3.2500E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1094E-04 | 3.8000E-02     | 2.4115E-019235 | 2151 |
| 3.6000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1257E-04 | 3.8000E-02     | 2.4942E-019235 | 2151 |
| 4.0300E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1460E-04 | 3.8000E-02     | 2.4365E-019235 | 2151 |
| 4.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2607E-04 | 3.8000E-02     | 2.3727E-019235 | 2151 |
| 5.0000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 9.7063E-05 | 3.8000E-02     | 2.5795E-019235 | 2151 |
| 5.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1358E-04 | 3.8000E-02     | 2.7036E-019235 | 2151 |
| 6.0000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1115E-04 | 3.8000E-02     | 2.1803E-019235 | 2151 |
| 6.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.0631E-04 | 3.8000E-02     | 1.7981E-019235 | 2151 |
| 7.0000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2235E-04 | 3.8000E-02     | 2.0324E-019235 | 2151 |
| 7.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.0505E-04 | 3.8000E-02     | 2.4596E-019235 | 2151 |
| 8.0000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.0372E-04 | 3.8000E-02     | 1.9856E-019235 | 2151 |
| 8.6300E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2366E-04 | 3.8000E-02     | 1.6978E-019235 | 2151 |
| 9.5000E+03 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.2102E-04 | 3.8000E-02     | 2.4789E-019235 | 2151 |
| 1.0500E+04 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 9.9558E-05 | 3.8000E-02     | 2.4994E-019235 | 2151 |
| 1.1500E+04 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.1366E-04 | 3.8000E-02     | 2.4123E-019235 | 2151 |
| 1.3000E+04 | 1.2571E+00 | 0.0000E+00 | 1.0829E-04 | 3.8000E-02     | 2.3669E-019235 | 2151 |
| 1.5000E+04 | 1.2571E+00 | 6.2701E-05 | 1.1227E-04 | 3.8000E-02     | 2.2735E-019235 | 2151 |
| 1.7000E+04 | 1.2571E+00 | 1.8273E-04 | 1.0200E-04 | 3.8000E-02     | 2.3556E-019235 | 2151 |
| 1.9000E+04 | 1.2571E+00 | 3.3750E-04 | 1.2068E-04 | 3.8000E-02     | 2.3527E-019235 | 2151 |
| 2.1000E+04 | 1.2571E+00 | 5.1931E-04 | 9.1022E-05 | 3.8000E-02     | 2.4999E-019235 | 2151 |
| 2.2500E+04 | 1.2571E+00 | 6.7062E-04 | 1.3112E-04 | 3.8000E-02     | 2.3862E-019235 | 2151 |
| 2.5500E+04 | 1.2571E+00 | 1.0060E-03 | 9.0442E-05 | 3.8000E-02     | 2.5818E-019235 | 2151 |
| 3.0000E+04 | 1.2571E+00 | 1.5775E-03 | 1.2109E-04 | 3.8000E-02     | 2.2324E-019235 | 2151 |
| 4.0000E+00 |            | 2          | 258        | 429235         | 2151           |      |
|            | 0.0000E+00 | 1.0000E+00 | 0.0000E+00 | 2.0000E+009235 | 2151           |      |
| 5.0000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 1.1696E-04 | 3.8000E-02     | 2.7019E-019235 | 2151 |
| 5.5000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.3307E-05 | 3.8000E-02     | 2.9217E-019235 | 2151 |
| 6.0000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 1.0800E-04 | 3.8000E-02     | 2.4155E-019235 | 2151 |
| 6.5000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 7.2206E-05 | 3.8000E-02     | 2.1012E-019235 | 2151 |
| 7.0000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 1.1255E-04 | 3.8000E-02     | 1.9514E-019235 | 2151 |
| 7.5000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.7667E-05 | 3.8000E-02     | 1.9354E-019235 | 2151 |
| 8.0000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 1.0533E-04 | 3.8000E-02     | 1.6642E-019235 | 2151 |
| 8.6300E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 7.6075E-05 | 3.8000E-02     | 1.4468E-019235 | 2151 |
| 9.5000E+02 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.9866E-05 | 3.8000E-02     | 1.1300E-019235 | 2151 |
| 1.0500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.8989E-05 | 3.8000E-02     | 1.1686E-019235 | 2151 |
| 1.1500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 1.2507E-04 | 3.8000E-02     | 1.3275E-019235 | 2151 |
| 1.3000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.1981E-05 | 3.8000E-02     | 1.7132E-019235 | 2151 |
| 1.5000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 7.5042E-05 | 3.8000E-02     | 2.6811E-019235 | 2151 |

図 4.2(1) 非分離共鳴パラメータの出力例

|            |            |            |            |            |                |      |
|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------|
| 1.7000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.7012E-05 | 3.8000E-02 | 2.4648E-019235 | 2151 |
| 1.9000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.2714E-05 | 3.8000E-02 | 2.2857E-019235 | 2151 |
| 2.1000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 6.8283E-05 | 3.8000E-02 | 2.1970E-019235 | 2151 |
| 2.3500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.5182E-05 | 3.8000E-02 | 1.9608E-019235 | 2151 |
| 2.6500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.0778E-05 | 3.8000E-02 | 1.9394E-019235 | 2151 |
| 2.9500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.7475E-05 | 3.8000E-02 | 2.0259E-019235 | 2151 |
| 3.2500E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.6284E-05 | 3.8000E-02 | 2.1289E-019235 | 2151 |
| 3.6000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.7551E-05 | 3.8000E-02 | 2.2019E-019235 | 2151 |
| 4.0300E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.9136E-05 | 3.8000E-02 | 2.1510E-019235 | 2151 |
| 4.5000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 9.8052E-05 | 3.8000E-02 | 2.0946E-019235 | 2151 |
| 5.0000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 7.5494E-05 | 3.8000E-02 | 2.2772E-019235 | 2151 |
| 5.5000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.8336E-05 | 3.8000E-02 | 2.3868E-019235 | 2151 |
| 6.0000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.6446E-05 | 3.8000E-02 | 1.9248E-019235 | 2151 |
| 6.5000E+03 | 9.7778E-01 | 0.0000E+00 | 8.2684E-05 | 3.8000E-02 | 1.5874E-019235 | 2151 |

## [途中省略]

|            |            |            |            |            |                |      |
|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------|
| 1.1500E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.9788E-019235 | 2151 |
| 1.3000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.9416E-019235 | 2151 |
| 1.5000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.8650E-019235 | 2151 |
| 1.7000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.9323E-019235 | 2151 |
| 1.9000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.9299E-019235 | 2151 |
| 2.1000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 2.0507E-019235 | 2151 |
| 2.2500E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.9575E-019235 | 2151 |
| 2.5500E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 2.1179E-019235 | 2151 |
| 3.0000E+04 | 8.0000E-01 | 0.0000E+00 | 1.4400E-04 | 3.8000E-02 | 1.8313E-019235 | 2151 |
|            |            |            |            |            | 9235           | 2 0  |
|            |            |            |            |            | 9235           | 0 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02 | 0          | 99         |            | 9235           | 3 1  |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00 | 0          |            | 1          | 429235         | 3 1  |
|            | 42         | 2          |            |            | 9235           | 3 1  |
| 5.0000E+02 | 0.0000E+00 | 5.5000E+02 | 0.0000E+00 | 6.0000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 6.5000E+02 | 0.0000E+00 | 7.0000E+02 | 0.0000E+00 | 7.5000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 8.0000E+02 | 0.0000E+00 | 8.6300E+02 | 0.0000E+00 | 9.5000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 1.0500E+03 | 0.0000E+00 | 1.1500E+03 | 0.0000E+00 | 1.3000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 1.5000E+03 | 0.0000E+00 | 1.7000E+03 | 0.0000E+00 | 1.9000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 2.1000E+03 | 0.0000E+00 | 2.3500E+03 | 0.0000E+00 | 2.6500E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 2.9500E+03 | 0.0000E+00 | 3.2500E+03 | 0.0000E+00 | 3.6000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 4.0300E+03 | 0.0000E+00 | 4.5000E+03 | 0.0000E+00 | 5.0000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 5.5000E+03 | 0.0000E+00 | 6.0000E+03 | 0.0000E+00 | 6.5000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 7.0000E+03 | 0.0000E+00 | 7.5000E+03 | 0.0000E+00 | 8.0000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 8.6300E+03 | 0.0000E+00 | 9.5000E+03 | 0.0000E+00 | 1.0500E+04 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 1.1500E+04 | 0.0000E+00 | 1.3000E+04 | 0.0000E+00 | 1.5000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 1.7000E+04 | 0.0000E+00 | 1.9000E+04 | 0.0000E+00 | 2.1000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
| 2.2500E+04 | 0.0000E+00 | 2.5500E+04 | 0.0000E+00 | 3.0000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 1  |
|            |            |            |            |            | 9235           | 3 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02 | 0          | 0          |            | 9235           | 3 2  |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00 | 0          |            | 1          | 429235         | 3 2  |
|            | 42         | 2          |            |            | 9235           | 3 2  |
| 5.0000E+02 | 0.0000E+00 | 5.5000E+02 | 0.0000E+00 | 6.0000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 6.5000E+02 | 0.0000E+00 | 7.0000E+02 | 0.0000E+00 | 7.5000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 8.0000E+02 | 0.0000E+00 | 8.6300E+02 | 0.0000E+00 | 9.5000E+02 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 1.0500E+03 | 0.0000E+00 | 1.1500E+03 | 0.0000E+00 | 1.3000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 1.5000E+03 | 0.0000E+00 | 1.7000E+03 | 0.0000E+00 | 1.9000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 2.1000E+03 | 0.0000E+00 | 2.3500E+03 | 0.0000E+00 | 2.6500E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 2.9500E+03 | 0.0000E+00 | 3.2500E+03 | 0.0000E+00 | 3.6000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 4.0300E+03 | 0.0000E+00 | 4.5000E+03 | 0.0000E+00 | 5.0000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 5.5000E+03 | 0.0000E+00 | 6.0000E+03 | 0.0000E+00 | 6.5000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 7.0000E+03 | 0.0000E+00 | 7.5000E+03 | 0.0000E+00 | 8.0000E+03 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 8.6300E+03 | 0.0000E+00 | 9.5000E+03 | 0.0000E+00 | 1.0500E+04 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 1.1500E+04 | 0.0000E+00 | 1.3000E+04 | 0.0000E+00 | 1.5000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 1.7000E+04 | 0.0000E+00 | 1.9000E+04 | 0.0000E+00 | 2.1000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
| 2.2500E+04 | 0.0000E+00 | 2.5500E+04 | 0.0000E+00 | 3.0000E+04 | 0.0000E+009235 | 3 2  |
|            |            |            |            |            | 9235           | 3 0  |

図 4.2(2) 非分離共鳴パラメータの出力例

|            |             |            |            |            |                |    |    |
|------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|----|----|
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         | 9235       | 3              | 1  |    |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          | 1          | 429235     | 3              | 1  |    |
| 42         | 5           |            |            | 9235       | 3              | 1  |    |
| 5.0000E+02 | 3.4378E+01  | 5.5000E+02 | 2.9119E+01 | 6.0000E+02 | 3.0924E+019235 | 3  | 1  |
| 6.5000E+02 | 2.4309E+01  | 7.0000E+02 | 3.0269E+01 | 7.5000E+02 | 2.7386E+019235 | 3  | 1  |
| 8.0000E+02 | 2.8044E+01  | 8.6300E+02 | 2.3295E+01 | 9.5000E+02 | 2.4658E+019235 | 3  | 1  |
| 1.0500E+03 | 2.5238E+01  | 1.1500E+03 | 2.7879E+01 | 1.3000E+03 | 2.3131E+019235 | 3  | 1  |
| 1.5000E+03 | 2.0575E+01  | 1.7000E+03 | 2.1292E+01 | 1.9000E+03 | 2.1358E+019235 | 3  | 1  |
| 2.1000E+03 | 1.8719E+01  | 2.3500E+03 | 2.0673E+01 | 2.6500E+03 | 1.9843E+019235 | 3  | 1  |
| 2.9500E+03 | 1.9210E+01  | 3.2500E+03 | 1.8808E+01 | 3.6000E+03 | 1.8581E+019235 | 3  | 1  |
| 4.0300E+03 | 1.8350E+01  | 4.5000E+03 | 1.8574E+01 | 5.0000E+03 | 1.6977E+019235 | 3  | 1  |
| 5.5000E+03 | 1.7466E+01  | 6.0000E+03 | 1.7158E+01 | 6.5000E+03 | 1.6791E+019235 | 3  | 1  |
| 7.0000E+03 | 1.7225E+01  | 7.5000E+03 | 1.6453E+01 | 8.0000E+03 | 1.6284E+019235 | 3  | 1  |
| 8.6300E+03 | 1.6792E+01  | 9.5000E+03 | 1.6506E+01 | 1.0500E+04 | 1.5685E+019235 | 3  | 1  |
| 1.1500E+04 | 1.5930E+01  | 1.3000E+04 | 1.5585E+01 | 1.5000E+04 | 1.5457E+019235 | 3  | 1  |
| 1.7000E+04 | 1.5049E+01  | 1.9000E+04 | 1.5272E+01 | 2.1000E+04 | 1.4576E+019235 | 3  | 1  |
| 2.2500E+04 | 1.5200E+01  | 2.5500E+04 | 1.4358E+01 | 3.0000E+04 | 1.4617E+019235 | 3  | 1  |
|            |             |            |            | 9235       | 3              | 0  |    |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 0          | 9235       | 3              | 2  |    |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          | 1          | 429235     | 3              | 2  |    |
| 42         | 5           |            |            | 9235       | 3              | 2  |    |
| 5.0000E+02 | 1.3124E+01  | 5.5000E+02 | 1.2766E+01 | 6.0000E+02 | 1.3032E+019235 | 3  | 2  |
| 6.5000E+02 | 1.2617E+01  | 7.0000E+02 | 1.3200E+01 | 7.5000E+02 | 1.2960E+019235 | 3  | 2  |
| 8.0000E+02 | 1.3147E+01  | 8.6300E+02 | 1.2746E+01 | 9.5000E+02 | 1.3040E+019235 | 3  | 2  |
| 1.0500E+03 | 1.3175E+01  | 1.1500E+03 | 1.3596E+01 | 1.3000E+03 | 1.2859E+019235 | 3  | 2  |
| 1.5000E+03 | 1.2514E+01  | 1.7000E+03 | 1.2634E+01 | 1.9000E+03 | 1.2703E+019235 | 3  | 2  |
| 2.1000E+03 | 1.2462E+01  | 2.3500E+03 | 1.2749E+01 | 2.6500E+03 | 1.2679E+019235 | 3  | 2  |
| 2.9500E+03 | 1.2608E+01  | 3.2500E+03 | 1.2562E+01 | 3.6000E+03 | 1.2543E+019235 | 3  | 2  |
| 4.0300E+03 | 1.2539E+01  | 4.5000E+03 | 1.2605E+01 | 5.0000E+03 | 1.2364E+019235 | 3  | 2  |
| 5.5000E+03 | 1.2424E+01  | 6.0000E+03 | 1.2444E+01 | 6.5000E+03 | 1.2441E+019235 | 3  | 2  |
| 7.0000E+03 | 1.2493E+01  | 7.5000E+03 | 1.2311E+01 | 8.0000E+03 | 1.2336E+019235 | 3  | 2  |
| 8.6300E+03 | 1.2484E+01  | 9.5000E+03 | 1.2312E+01 | 1.0500E+04 | 1.2173E+019235 | 3  | 2  |
| 1.1500E+04 | 1.2207E+01  | 1.3000E+04 | 1.2138E+01 | 1.5000E+04 | 1.2100E+019235 | 3  | 2  |
| 1.7000E+04 | 1.1999E+01  | 1.9000E+04 | 1.2003E+01 | 2.1000E+04 | 1.1864E+019235 | 3  | 2  |
| 2.2500E+04 | 1.1933E+01  | 2.5500E+04 | 1.1763E+01 | 3.0000E+04 | 1.1742E+019235 | 3  | 2  |
|            |             |            |            | 9235       | 3              | 0  |    |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         | 9235       | 3              | 4  |    |
| 0.0000E+00 | -1.3094E+04 | 0          | 1          | 89235      | 3              | 4  |    |
| 8          | 3           |            |            | 9235       | 3              | 4  |    |
| 1.3150E+04 | 0.0000E+00  | 1.5000E+04 | 3.1347E-03 | 1.7000E+04 | 4.4920E-039235 | 3  | 4  |
| 1.9000E+04 | 6.9246E-03  | 2.1000E+04 | 6.6092E-03 | 2.2500E+04 | 1.0387E-029235 | 3  | 4  |
| 2.5500E+04 | 9.1700E-03  | 3.0000E+04 | 1.5852E-02 | 0.0000E+00 | 0.0000E+009235 | 3  | 4  |
|            |             |            |            | 9235       | 3              | 0  |    |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         | 9235       | 3              | 18 |    |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          | 1          | 429235     | 3              | 18 |    |
| 42         | 5           |            |            | 9235       | 3              | 18 |    |
| 5.0000E+02 | 1.6708E+01  | 5.5000E+02 | 1.3004E+01 | 6.0000E+02 | 1.3793E+019235 | 3  | 18 |
| 6.5000E+02 | 8.7541E+00  | 7.0000E+02 | 1.2643E+01 | 7.5000E+02 | 1.0655E+019235 | 3  | 18 |
| 8.0000E+02 | 1.0664E+01  | 8.6300E+02 | 7.2862E+00 | 9.5000E+02 | 7.5416E+009235 | 3  | 18 |
| 1.0500E+03 | 7.9164E+00  | 1.1500E+03 | 9.7277E+00 | 1.3000E+03 | 7.4023E+009235 | 3  | 18 |
| 1.5000E+03 | 6.3202E+00  | 1.7000E+03 | 6.7026E+00 | 1.9000E+03 | 6.6165E+009235 | 3  | 18 |
| 2.1000E+03 | 4.7308E+00  | 2.3500E+03 | 5.8864E+00 | 2.6500E+03 | 5.3079E+009235 | 3  | 18 |
| 2.9500E+03 | 4.9320E+00  | 3.2500E+03 | 4.7107E+00 | 3.6000E+03 | 4.5844E+009235 | 3  | 18 |
| 4.0300E+03 | 4.3940E+00  | 4.5000E+03 | 4.4987E+00 | 5.0000E+03 | 3.5144E+009235 | 3  | 18 |
| 5.5000E+03 | 3.8847E+00  | 6.0000E+03 | 3.4852E+00 | 6.5000E+03 | 3.0834E+009235 | 3  | 18 |
| 7.0000E+03 | 3.4548E+00  | 7.5000E+03 | 3.1290E+00 | 8.0000E+03 | 2.8564E+009235 | 3  | 18 |
| 8.6300E+03 | 3.0239E+00  | 9.5000E+03 | 3.1805E+00 | 1.0500E+04 | 2.6542E+009235 | 3  | 18 |
| 1.1500E+04 | 2.8027E+00  | 1.3000E+04 | 2.5805E+00 | 1.5000E+04 | 2.4925E+009235 | 3  | 18 |
| 1.7000E+04 | 2.2712E+00  | 1.9000E+04 | 2.4423E+00 | 2.1000E+04 | 2.0315E+009235 | 3  | 18 |
| 2.2500E+04 | 2.4484E+00  | 2.5500E+04 | 1.9527E+00 | 3.0000E+04 | 2.1174E+009235 | 3  | 18 |
|            |             |            |            | 9235       | 3              | 0  |    |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         | 9235       | 3102           |    |    |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          | 1          | 429235     | 3102           |    |    |

図 4.3(1) 断面積値（計算値）の出力例

|            |             |            |            |            |                |      |        |      |
|------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|------|--------|------|
| 42         | 5           |            |            |            |                |      | 9235   | 3102 |
| 5.0000E+02 | 4.5458E+00  | 5.5000E+02 | 3.3493E+00 | 6.0000E+02 | 4.0993E+009235 | 3102 |        |      |
| 6.5000E+02 | 2.9377E+00  | 7.0000E+02 | 4.4260E+00 | 7.5000E+02 | 3.7708E+009235 | 3102 |        |      |
| 8.0000E+02 | 4.2332E+00  | 8.6300E+02 | 3.2632E+00 | 9.5000E+02 | 4.0772E+009235 | 3102 |        |      |
| 1.0500E+03 | 4.1475E+00  | 1.1500E+03 | 4.5558E+00 | 1.3000E+03 | 2.8702E+009235 | 3102 |        |      |
| 1.5000E+03 | 1.7405E+00  | 1.7000E+03 | 1.9554E+00 | 1.9000E+03 | 2.0386E+009235 | 3102 |        |      |
| 2.1000E+03 | 1.5262E+00  | 2.3500E+03 | 2.0372E+00 | 2.6500E+03 | 1.8560E+009235 | 3102 |        |      |
| 2.9500E+03 | 1.6696E+00  | 3.2500E+03 | 1.5352E+00 | 3.6000E+03 | 1.4538E+009235 | 3102 |        |      |
| 4.0300E+03 | 1.4169E+00  | 4.5000E+03 | 1.4704E+00 | 5.0000E+03 | 1.0989E+009235 | 3102 |        |      |
| 5.5000E+03 | 1.1580E+00  | 6.0000E+03 | 1.2288E+00 | 6.5000E+03 | 1.2665E+009235 | 3102 |        |      |
| 7.0000E+03 | 1.2770E+00  | 7.5000E+03 | 1.0129E+00 | 8.0000E+03 | 1.0913E+009235 | 3102 |        |      |
| 8.6300E+03 | 1.2849E+00  | 9.5000E+03 | 1.0136E+00 | 1.0500E+04 | 8.5839E-019235 | 3102 |        |      |
| 1.1500E+04 | 9.2066E-01  | 1.3000E+04 | 8.6628E-01 | 1.5000E+04 | 8.6140E-019235 | 3102 |        |      |
| 1.7000E+04 | 7.7387E-01  | 1.9000E+04 | 8.1967E-01 | 2.1000E+04 | 6.7302E-019235 | 3102 |        |      |
| 2.2500E+04 | 8.0761E-01  | 2.5500E+04 | 6.3382E-01 | 3.0000E+04 | 7.4179E-019235 | 3102 |        |      |
|            |             |            |            |            |                |      | 9235   | 3 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         |            |                |      | 9235   | 3201 |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          |            | 1          |                |      | 429235 | 3201 |
| 42         | 5           |            |            |            |                |      | 9235   | 3201 |
| 5.0000E+02 | 3.4212E+01  | 5.5000E+02 | 2.8944E+01 | 6.0000E+02 | 3.0742E+019235 | 3201 |        |      |
| 6.5000E+02 | 2.4119E+01  | 7.0000E+02 | 3.0072E+01 | 7.5000E+02 | 2.7182E+019235 | 3201 |        |      |
| 8.0000E+02 | 2.7833E+01  | 8.6300E+02 | 2.3076E+01 | 9.5000E+02 | 2.4429E+019235 | 3201 |        |      |
| 1.0500E+03 | 2.4997E+01  | 1.1500E+03 | 2.7627E+01 | 1.3000E+03 | 2.2863E+019235 | 3201 |        |      |
| 1.5000E+03 | 2.0287E+01  | 1.7000E+03 | 2.0985E+01 | 1.9000E+03 | 2.1034E+019235 | 3201 |        |      |
| 2.1000E+03 | 1.8379E+01  | 2.3500E+03 | 2.0313E+01 | 2.6500E+03 | 1.9461E+019235 | 3201 |        |      |
| 2.9500E+03 | 1.8808E+01  | 3.2500E+03 | 1.8386E+01 | 3.6000E+03 | 1.8137E+019235 | 3201 |        |      |
| 4.0300E+03 | 1.7881E+01  | 4.5000E+03 | 1.8079E+01 | 5.0000E+03 | 1.6456E+019235 | 3201 |        |      |
| 5.5000E+03 | 1.6920E+01  | 6.0000E+03 | 1.6588E+01 | 6.5000E+03 | 1.6199E+019235 | 3201 |        |      |
| 7.0000E+03 | 1.6611E+01  | 7.5000E+03 | 1.5818E+01 | 8.0000E+03 | 1.5628E+019235 | 3201 |        |      |
| 8.6300E+03 | 1.6112E+01  | 9.5000E+03 | 1.5793E+01 | 1.0500E+04 | 1.4937E+019235 | 3201 |        |      |
| 1.1500E+04 | 1.5149E+01  | 1.3000E+04 | 1.4755E+01 | 1.5000E+04 | 1.4569E+019235 | 3201 |        |      |
| 1.7000E+04 | 1.4105E+01  | 1.9000E+04 | 1.4275E+01 | 2.1000E+04 | 1.3530E+019235 | 3201 |        |      |
| 2.2500E+04 | 1.4119E+01  | 2.5500E+04 | 1.3210E+01 | 3.0000E+04 | 1.3375E+019235 | 3201 |        |      |
|            |             |            |            |            |                |      | 9235   | 3 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 0          |            |                |      | 9235   | 3202 |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          |            | 1          |                |      | 429235 | 3202 |
| 42         | 5           |            |            |            |                |      | 9235   | 3202 |
| 5.0000E+02 | 1.3124E+01  | 5.5000E+02 | 1.2765E+01 | 6.0000E+02 | 1.3031E+019235 | 3202 |        |      |
| 6.5000E+02 | 1.2617E+01  | 7.0000E+02 | 1.3200E+01 | 7.5000E+02 | 1.2960E+019235 | 3202 |        |      |
| 8.0000E+02 | 1.3147E+01  | 8.6300E+02 | 1.2745E+01 | 9.5000E+02 | 1.3039E+019235 | 3202 |        |      |
| 1.0500E+03 | 1.3174E+01  | 1.1500E+03 | 1.3595E+01 | 1.3000E+03 | 1.2858E+019235 | 3202 |        |      |
| 1.5000E+03 | 1.2514E+01  | 1.7000E+03 | 1.2633E+01 | 1.9000E+03 | 1.2702E+019235 | 3202 |        |      |
| 2.1000E+03 | 1.2461E+01  | 2.3500E+03 | 1.2748E+01 | 2.6500E+03 | 1.2677E+019235 | 3202 |        |      |
| 2.9500E+03 | 1.2606E+01  | 3.2500E+03 | 1.2560E+01 | 3.6000E+03 | 1.2540E+019235 | 3202 |        |      |
| 4.0300E+03 | 1.2535E+01  | 4.5000E+03 | 1.2601E+01 | 5.0000E+03 | 1.2358E+019235 | 3202 |        |      |
| 5.5000E+03 | 1.2417E+01  | 6.0000E+03 | 1.2436E+01 | 6.5000E+03 | 1.2431E+019235 | 3202 |        |      |
| 7.0000E+03 | 1.2482E+01  | 7.5000E+03 | 1.2299E+01 | 8.0000E+03 | 1.2321E+019235 | 3202 |        |      |
| 8.6300E+03 | 1.2466E+01  | 9.5000E+03 | 1.2293E+01 | 1.0500E+04 | 1.2150E+019235 | 3202 |        |      |
| 1.1500E+04 | 1.2180E+01  | 1.3000E+04 | 1.2103E+01 | 1.5000E+04 | 1.2055E+019235 | 3202 |        |      |
| 1.7000E+04 | 1.1943E+01  | 1.9000E+04 | 1.1933E+01 | 2.1000E+04 | 1.1783E+019235 | 3202 |        |      |
| 2.2500E+04 | 1.1840E+01  | 2.5500E+04 | 1.1648E+01 | 3.0000E+04 | 1.1587E+019235 | 3202 |        |      |
|            |             |            |            |            |                |      | 9235   | 3 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         |            |                |      | 9235   | 3204 |
| 0.0000E+00 | -1.3094E+04 | 0          |            | 1          |                |      | 89235  | 3204 |
| 8          | 3           |            |            |            |                |      | 9235   | 3204 |
| 1.3150E+04 | 0.0000E+00  | 1.5000E+04 | 3.8104E-04 | 1.7000E+04 | 9.3258E-049235 | 3204 |        |      |
| 1.9000E+04 | 1.8398E-03  | 2.1000E+04 | 2.0474E-03 | 2.2500E+04 | 3.4701E-039235 | 3204 |        |      |
| 2.5500E+04 | 3.4231E-03  | 3.0000E+04 | 6.5634E-03 | 0.0000E+00 | 0.0000E+009235 | 3204 |        |      |
|            |             |            |            |            |                |      | 9235   | 3 0  |
| 9.2235E+04 | 2.3302E+02  | 0          | 99         |            |                |      | 9235   | 3218 |
| 0.0000E+00 | 0.0000E+00  | 0          |            | 1          |                |      | 429235 | 3218 |
| 42         | 5           |            |            |            |                |      | 9235   | 3218 |
| 5.0000E+02 | 1.6587E+01  | 5.5000E+02 | 1.2875E+01 | 6.0000E+02 | 1.3663E+019235 | 3218 |        |      |
| 6.5000E+02 | 8.6220E+00  | 7.0000E+02 | 1.2508E+01 | 7.5000E+02 | 1.0516E+019235 | 3218 |        |      |

図 4.3(2) 断面積値（計算値）の出力例

|         |               |             |             |
|---------|---------------|-------------|-------------|
| 92235NF | 3 0.5000E-03  | 0.16759E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.5500E-03  | 0.12980E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.6000E-03  | 0.13675E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.6500E-03  | 0.86172E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.7000E-03  | 0.12805E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.7500E-03  | 0.10530E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.8000E-03  | 0.10731E+02 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.8630E-03  | 0.73330E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.9500E-03  | 0.72429E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1050E-02  | 0.79613E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1150E-02  | 0.98384E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1300E-02  | 0.73894E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1500E-02  | 0.62381E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1700E-02  | 0.66341E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.1900E-02  | 0.65695E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.2100E-02  | 0.46661E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.2350E-02  | 0.59170E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.2650E-02  | 0.52732E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.2950E-02  | 0.49267E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.3250E-02  | 0.46905E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.3600E-02  | 0.45698E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.4030E-02  | 0.43827E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.4500E-02  | 0.44808E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.5000E-02  | 0.35260E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.5500E-02  | 0.39133E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.6000E-02  | 0.34764E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.6500E-02  | 0.30692E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.7000E-02  | 0.34614E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.7500E-02  | 0.31124E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.8000E-02  | 0.28463E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.8630E-02  | 0.25704E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.9500E-02  | 0.30116E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.10500E-01 | 0.24831E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.11500E-01 | 0.22629E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.13000E-01 | 0.24367E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.15000E-01 | 0.20265E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.17000E-01 | 0.24637E+01 | 0.10000E+02 |
| 92235NF | 3 0.21000E-01 |             |             |
| 92235NF | 3 0.22500E-01 |             |             |

図 4.4(1) 入力した断面積データの出力例

|          |    |               |                        |
|----------|----|---------------|------------------------|
| 92235NF  | PP | 3 0.25500E-01 | 0.1949E+01 0.10000E+02 |
| 92235NF  | PP | 3 0.30000E-01 | 0.2119E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.50000E-03 | 0.4550E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.55000E-03 | 0.3359E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.60000E-03 | 0.4086E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.65000E-03 | 0.2919E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.70000E-03 | 0.4450E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.75000E-03 | 0.3751E+01 0.10000E+02 |
| 92235NG  | PP | 2 0.80000E-03 | 0.4205E+01 0.10000E+02 |
| [途中省略]   |    |               |                        |
| 92235TOT | PP | 1 0.19000E-02 | 0.2182E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.21000E-02 | 0.2060E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.23500E-02 | 0.1984E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.26500E-02 | 0.2026E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.29500E-02 | 0.1882E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.32500E-02 | 0.1889E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.36000E-02 | 0.1850E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.40300E-02 | 0.1819E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.45000E-02 | 0.1862E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.50000E-02 | 0.1683E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.55000E-02 | 0.1712E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.60000E-02 | 0.1704E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.65000E-02 | 0.1707E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.70000E-02 | 0.1679E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.75000E-02 | 0.1684E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.80000E-02 | 0.1638E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.86300E-02 | 0.1697E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.95000E-02 | 0.1648E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.10500E-01 | 0.1591E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.11500E-01 | 0.1596E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.13000E-01 | 0.1579E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.15000E-01 | 0.1563E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.17000E-01 | 0.1527E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.19000E-01 | 0.1500E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.21000E-01 | 0.1460E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.22500E-01 | 0.1489E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.25500E-01 | 0.1424E+02 0.10000E+02 |
| 92235TOT | PP | 1 0.30000E-01 | 0.1416E+02 0.10000E+02 |

図 4.4(2) 入力した断面積データの出力例

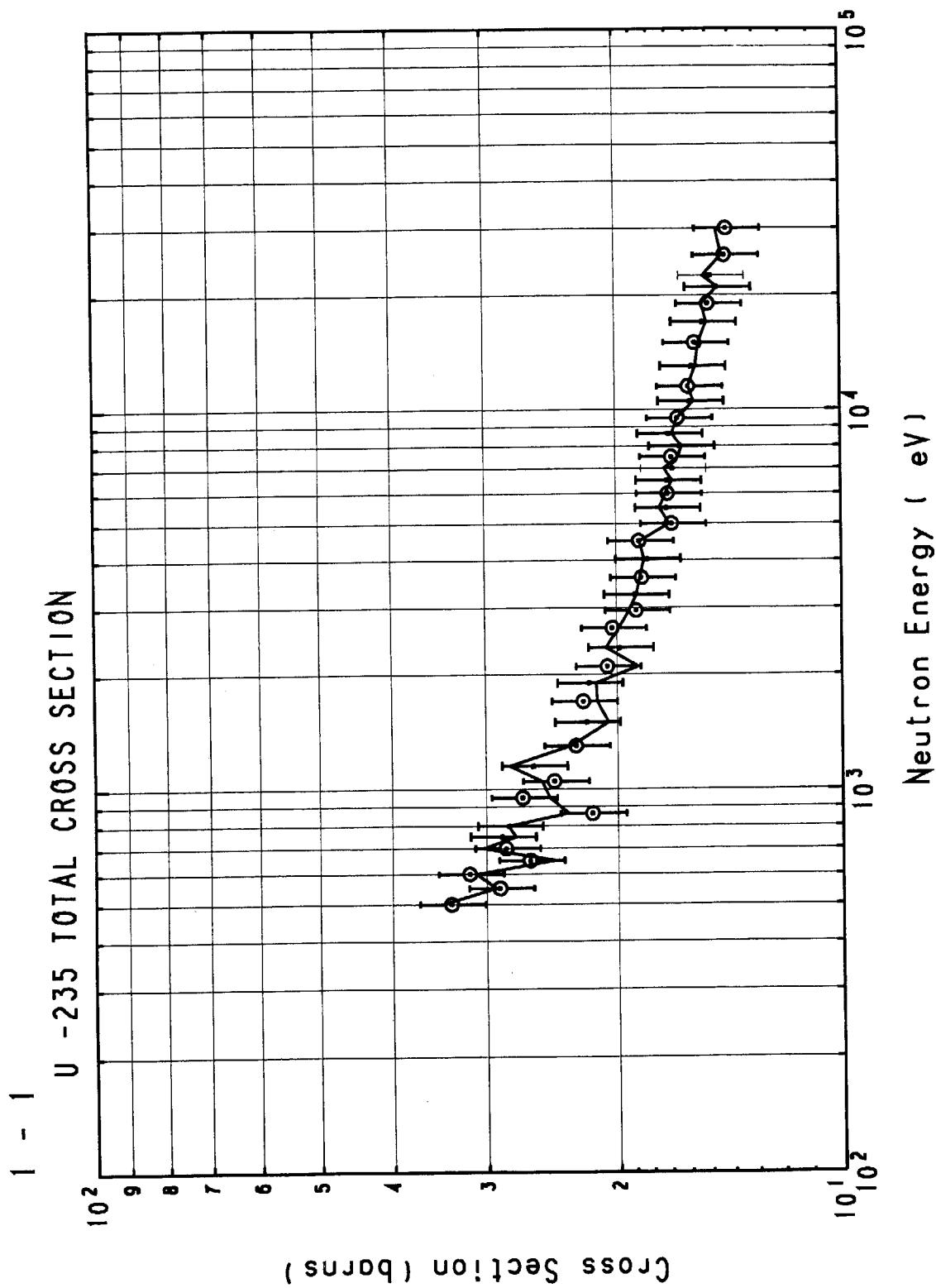
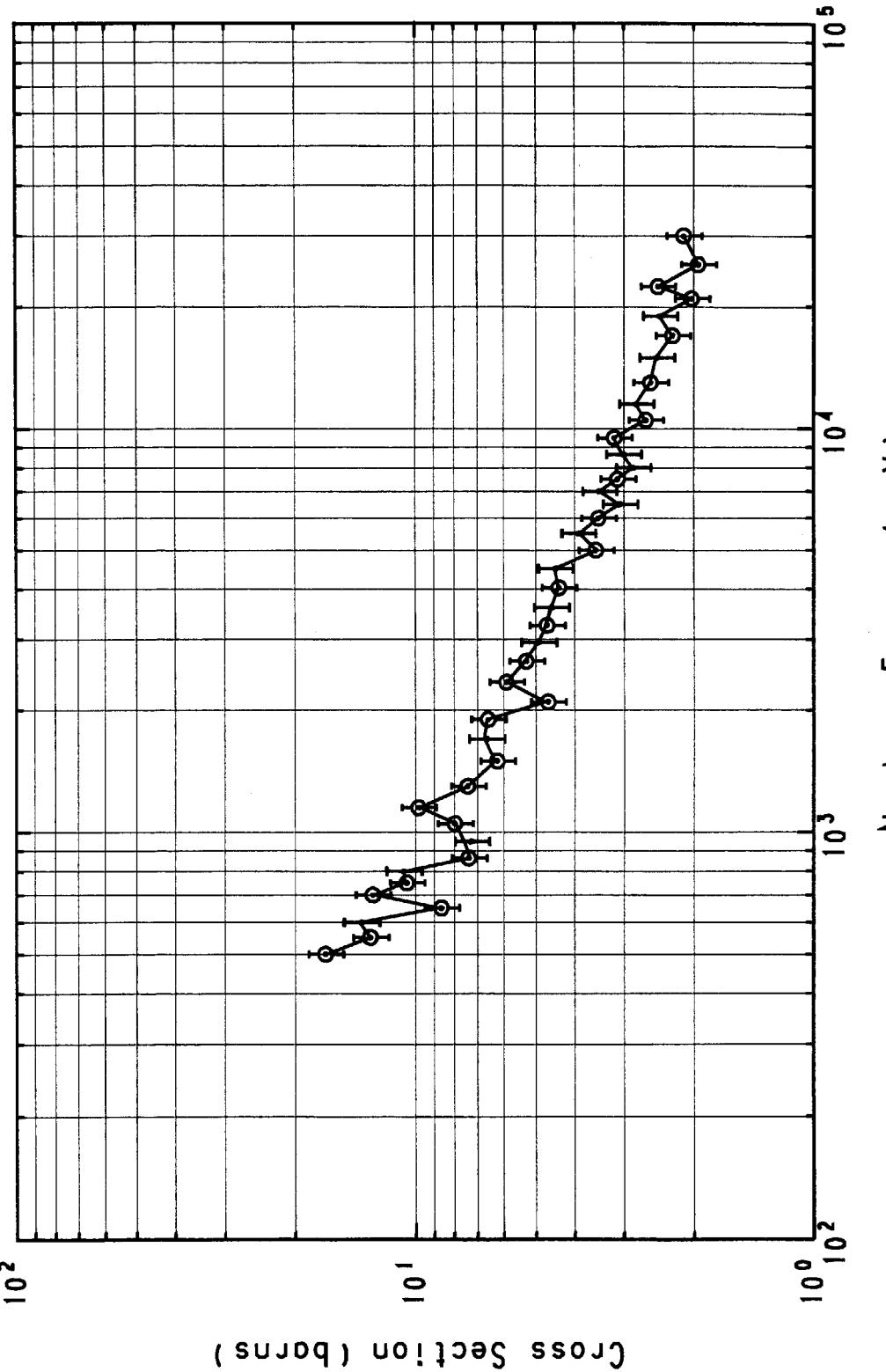


図 4.5(1) SPLINT で作成した ASREP の結果 ( $^{235}\text{U}$  全断面積)  
○は#100 で入力した断面積、実線は ASREP による計算結果。

## U - 235 FISSION CROSS SECTION

図 4.5(2) SPLINT で作成した ASREP の結果 ( $^{235}\text{U}$  核分裂断面積)

○は#100 で入力した断面積、実線は ASREP による計算結果。

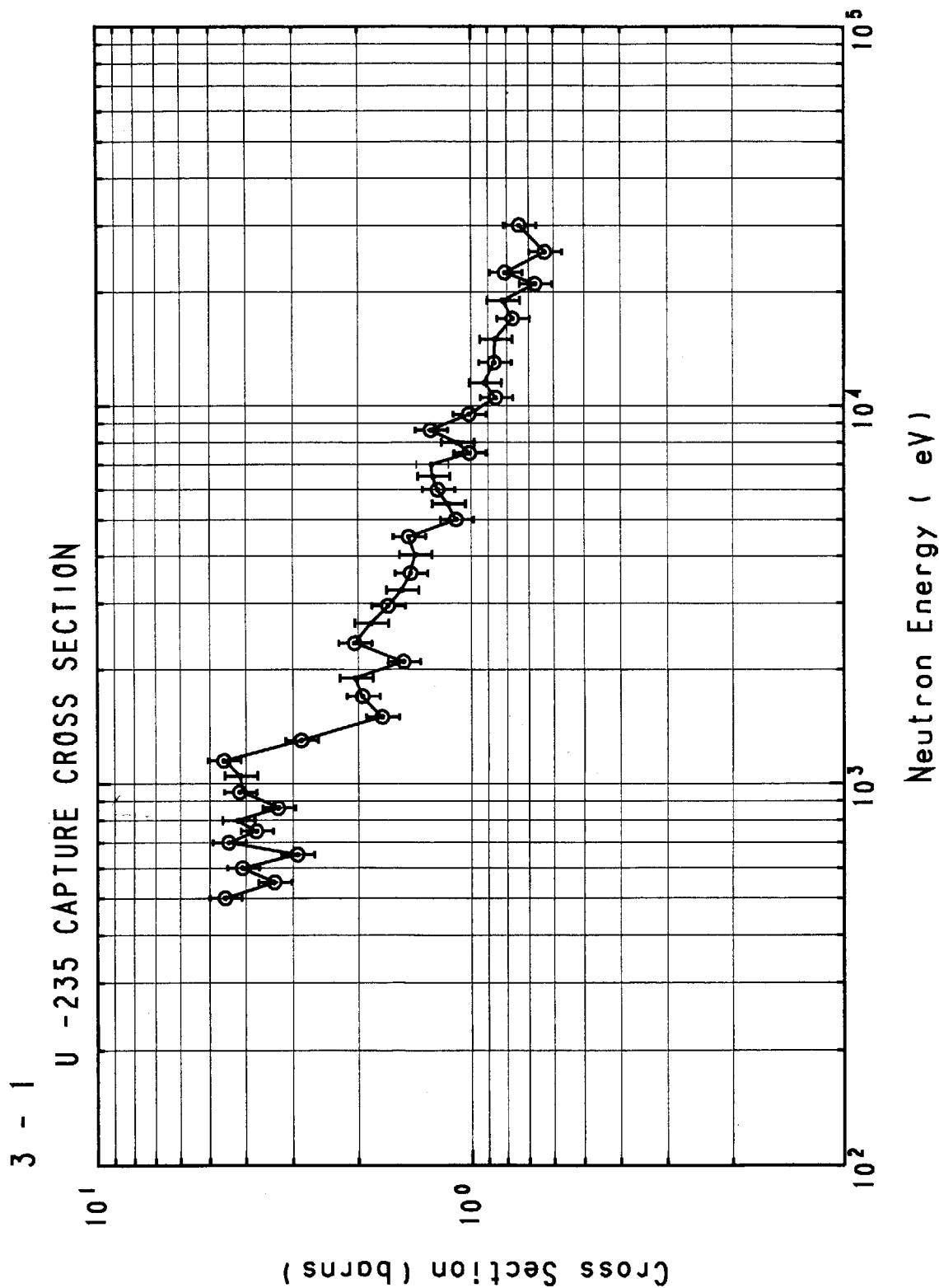


図 4.5(3) SPLINT で作成した ASREP の結果 ( $^{235}\text{U}$  捕獲断面積)  
 ○は#100 で入力した断面積、実線は ASREP による計算結果。

## 国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

| 量     | 名称     | 記号  |
|-------|--------|-----|
| 長さ    | メートル   | m   |
| 質量    | キログラム  | kg  |
| 時間    | 秒      | s   |
| 電流    | アンペア   | A   |
| 熱力学温度 | ケルビン   | K   |
| 物質量   | モル     | mol |
| 光度    | カンデラ   | cd  |
| 平面角   | ラジアン   | rad |
| 立体角   | ステラジアン | sr  |

表3 固有の名称をもつSI組立単位

| 量           | 名称     | 記号 | 他のSI単位による表現         |
|-------------|--------|----|---------------------|
| 周波数         | ヘルツ    | Hz | s <sup>-1</sup>     |
| 力           | ニュートン  | N  | m·kg/s <sup>2</sup> |
| 圧力、応力       | パスカル   | Pa | N/m <sup>2</sup>    |
| エネルギー、仕事、熱量 | ジュール   | J  | N·m                 |
| 功率、放射束      | ワット    | W  | J/s                 |
| 電気量、電荷      | クーロン   | C  | A·s                 |
| 電位、電圧、起電力   | ボルト    | V  | W/A                 |
| 静電容量        | ファラード  | F  | C/V                 |
| 電気抵抗        | オーム    | Ω  | V/A                 |
| コンダクタンス     | ジーメンス  | S  | A/V                 |
| 磁束          | ウェーバ   | Wb | V·s                 |
| 磁束密度        | テスラ    | T  | Wb/m <sup>2</sup>   |
| インダクタンス     | ヘンリー   | H  | Wb/A                |
| セルシウス温度     | セルシウス度 | °C |                     |
| 光束          | ルーメン   | lm | cd·sr               |
| 照度          | ルクス    | lx | lm/m <sup>2</sup>   |
| 放射能         | ベクレル   | Bq | s <sup>-1</sup>     |
| 吸収線量        | グレイ    | Gy | J/kg                |
| 線量等量        | シーベルト  | Sv | J/kg                |

表2 SIと併用される単位

| 名称     | 記号        |
|--------|-----------|
| 分、時、日  | min, h, d |
| 度、分、秒  | °, ', "   |
| リットル   | l, L      |
| トントン   | t         |
| 電子ボルト  | eV        |
| 原子質量単位 | u         |

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

| 倍数                | 接頭語  | 記号 |
|-------------------|------|----|
| 10 <sup>18</sup>  | エクサ  | E  |
| 10 <sup>15</sup>  | ペタ   | P  |
| 10 <sup>12</sup>  | テラ   | T  |
| 10 <sup>9</sup>   | ギガ   | G  |
| 10 <sup>6</sup>   | メガ   | M  |
| 10 <sup>3</sup>   | キロ   | k  |
| 10 <sup>2</sup>   | ヘクト  | h  |
| 10 <sup>1</sup>   | デカ   | da |
| 10 <sup>-1</sup>  | デシ   | d  |
| 10 <sup>-2</sup>  | センチ  | c  |
| 10 <sup>-3</sup>  | ミリ   | m  |
| 10 <sup>-6</sup>  | マイクロ | μ  |
| 10 <sup>-9</sup>  | ナノ   | n  |
| 10 <sup>-12</sup> | ピコ   | p  |
| 10 <sup>-15</sup> | フェムト | f  |
| 10 <sup>-18</sup> | アト   | a  |

(注)

1. 表1~5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。

2. 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。

3. barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。

4. EC閣僚理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

### 換 算 表

| 力       | N(-10 <sup>5</sup> dyn) | kgf      | lbf |
|---------|-------------------------|----------|-----|
| 1       | 0.101972                | 0.224809 |     |
| 9.80665 | 1                       | 2.20462  |     |
| 4.44822 | 0.453592                | 1        |     |

粘度 1 Pa·s(N·s/m<sup>2</sup>)=10 P(ボアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1m<sup>2</sup>/s=10<sup>4</sup>St(ストークス)(cm<sup>2</sup>/s)

| 圧力                       | MPa(=10bar)              | kgf/cm <sup>2</sup>      | atm                     | mmHg(Torr)               | lbf/in <sup>2</sup> (psi) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1                        | 10.1972                  | 9.86923                  | 7.50062×10 <sup>3</sup> | 145.038                  |                           |
| 力                        | 0.0980665                | 1                        | 0.967841                | 735.559                  | 14.2233                   |
| 0.101325                 | 1.03323                  | 1                        | 760                     | 14.6959                  |                           |
| 1.33322×10 <sup>-4</sup> | 1.35951×10 <sup>-3</sup> | 1.31579×10 <sup>-3</sup> | 1                       | 1.93368×10 <sup>-2</sup> |                           |
| 6.89476×10 <sup>-3</sup> | 7.03070×10 <sup>-2</sup> | 6.80460×10 <sup>-2</sup> | 51.7149                 | 1                        |                           |

| エネルギー・仕事・熱量              | J(=10 <sup>7</sup> erg)  | kgf·m                     | kW·h                      | cal(計量法)                  | Btu                       | ft·lbf                   | eV            | 1 cal= 4.18605J (計量法)<br>= 4.184J (熱化学)<br>= 4.1855J (15°C)<br>= 4.1868J (国際蒸気表) |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|--|
| 1                        | 0.101972                 | 2.77778×10 <sup>-7</sup>  | 0.238889                  | 9.47813×10 <sup>-4</sup>  | 0.737562                  | 6.24150×10 <sup>18</sup> |               |  |
| 9.80665                  | 1                        | 2.72407×10 <sup>-6</sup>  | 2.34270                   | 9.29487×10 <sup>-3</sup>  | 7.23301                   | 6.12082×10 <sup>19</sup> |               |  |
| 3.6×10 <sup>6</sup>      | 3.67098×10 <sup>5</sup>  | 1                         | 8.59999×10 <sup>5</sup>   | 3412.13                   | 2.65522×10 <sup>6</sup>   | 2.24694×10 <sup>25</sup> |               |  |
| 4.18605                  | 0.426858                 | 1.16279×10 <sup>-6</sup>  | 1                         | 3.96759×10 <sup>-3</sup>  | 3.08747                   | 2.61272×10 <sup>19</sup> | 仕事率 1 PS(仮馬力) |  |
| 1055.06                  | 107.586                  | 2.93072×10 <sup>-4</sup>  | 252.042                   | 1                         | 778.172                   | 6.58515×10 <sup>21</sup> | = 75 kgf·m/s  |  |
| 1.35582                  | 0.138255                 | 3.76616×10 <sup>-7</sup>  | 0.323890                  | 1.28506×10 <sup>-3</sup>  | 1                         | 8.46233×10 <sup>18</sup> | = 735.499W    |  |
| 1.60218×10 <sup>19</sup> | 1.63377×10 <sup>20</sup> | 4.45050×10 <sup>-26</sup> | 3.82743×10 <sup>-26</sup> | 1.51857×10 <sup>-22</sup> | 1.18171×10 <sup>-19</sup> | 1                        |               |  |

| 放射能                  | Bq                       | Ci | 吸収線量 | Gy  | rad |
|----------------------|--------------------------|----|------|-----|-----|
| 1                    | 2.70270×10 <sup>11</sup> |    | 1    | 100 |     |
| 3.7×10 <sup>10</sup> | 1                        |    | 0.01 | 1   |     |

| 照射線量 | C/kg | R |
|------|------|---|
| 1    | 3876 | 1 |

| 線量当量 | Sv  | rem |
|------|-----|-----|
| 1    | 100 | 1   |

(86年12月26日現在)

ASREP..非分離共鳴パラメータ自動探索コード