

JAERI-M  
7445

PALLASコード用多群中性子  
群定数ライブラリ

1977年12月

笹本 宣雄・田中 俊一・竹内 清\*

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

PALLAS コード用多群中性子  
群定数ライブラリ

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

笹本宣雄・田中俊一・竹内清\*

(1977年11月24日受理)

Discrete Ordinates 輸送コード PALLAS 用の、無限希釈断面積及び自己共鳴因子を考慮した実効断面積の2種類の中性子標準群定数ライブラリを作成した。考慮した核種は遮蔽計算上重要な22核種であり、これらの核種について、14.2 MeVを第1群とする0.1レサジ巾、0.2レサジ巾、0.4レサジ巾、0.8レサジ巾の4種類の群構造に対する群定数を作成した。ライブラリに含まれる群定数の種類は、1) 微視的断面積 ( $\sigma_t, \sigma_n, r, \sigma_{el}$ )、2) 弾性散乱断面積の角度分布を表わすルジャンドル展開係数、3) 非弾性散乱、( $n, 2n$ ) 反応による散乱マトリックスである。さらに1次元、2次元 PALLAS の入力形式も付記した。

---

\*) 船舶技研

Multi-group neutron cross section  
libraries for code PALLAS

Nobuo SASAMOTO, Shun-ichi TANAKA and Kiyoshi TAKEUCHI\*

Division of Reactor Engineering, Tokai Research  
Establishment, JAERI

(Received November 24, 1977)

Two multi-group neutron cross section library sets were generated for discrete ordinates transport code PALLAS. One is based on the infinite dilution cross sections and the other on the effective cross sections obtained by taking into account the self-shielding factors. They include 22 nuclides important in shielding calculations and are generated for the four types of energy group structures with boundary energies arranged to be equally spaced by the lethargy widths 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8. Group constants considered are : 1) microscopic cross sections ( $\sigma_t$ ,  $\sigma_{n,\gamma}$ ,  $\sigma_{el}$ ), 2) Legendre coefficients for angular distribution of the elastic scattering cross section, 3) scattering matrices from inelastic scattering and (n,2n) reaction. Input data instructions are also given of one- and two-dimensional PALLAS codes.

Keywords : Neutron Group Constants, Self-shielding Factors,  
PALLAS-2DCY, PALLAS-SP/PL, Shielding Calculation.

---

\*) Ship Research Institute

# 目 次

1. まえがき	1
2. エネルギー群構造	2
3. ライブラリで考慮した核種	3
4. ライブラリで考慮した核定数	3
4.1 微視的断面積	3
4.2 ルジャンドル展開係数	4
4.3 散乱マトリックス	5
5. ライブラリの構成	5
謝 辞	7
参考文献	8
付録A. PALLASコード入力マニュアル	15
1) PALLAS-2DCY の入力データ	15
2) PALLAS-SP/PL の入力データ	18
3) PALLAS-2DCY 入力データの説明と制限条件	20
4) PALLAS-SP/PL 入力データの説明と制限条件	23
付録B. ライブラリデータ書き込みプログラムリスト	24

## CONTENTS

1. Introduction.....	1
2. Energy Group Structure.....	2
3. Nuclides for the Library.....	3
4. Nuclear Data for the Library.....	3
4.1 Microscopic Neutron Cross Section.....	3
4.2 Legendre Coefficient.....	4
4.3 Scattering Matrix.....	5
5. Forms of the Library.....	5
Acknowledgement.....	7
References.....	8
Appendix A Input Instruction for PALLAS.....	15
1) Input Data for PALLAS-2DCY.....	15
2) Input Data for PALLAS-SP/PL.....	18
3) Instruction and Limitation for PALLAS-2DCY.....	20
4) Instruction and Limitation for PALLAS-SP/PL.....	23
Appendix B List of Program for the Library Production.....	24

## 1. ま え が き

現在我が国では遮蔽計算用の輸送コードとして一次元コードではANISN<sup>1)</sup>, PALLAS<sup>2)</sup>が、二次元コードではTWOTRAN<sup>3)</sup>, DOT<sup>4)</sup>, PALLASが主として使用されている。これらのコードはボルツマン輸送方程式の数値解法上から $S_N$ 法によるANISN, TWOTRAN, DOT(以下「ANISN系」と言う)と直接積分法によるPALLASに分類することができる。ANISN系とPALLASとはそれぞれに一長一短があってコード自体の良し悪しは一概には判断できないし、また本論でこの点について論ずるのは不適當である。我々が今着目しているのは、両タイプの計算コードを使用する上で計算に用いる群定数の作成方法およびそれらのコードへの入力方法についての明確な相異点である。すなわちANISN系の群定数は、すでにアメリカで開発整備されている群定数処理コードや、それらのコードを有機的に結合してシステム化したRADHEAT-V3<sup>5)</sup>などを用いることにより任意の群構造に対する群定数をENDF/Bライブラリを参照して作成することができ、作成されたデータは磁気テープや磁気ディスクから直接コードに入力できるとか、コード間で群定数の互換性がほぼ完全に保証されるなどそのシステムはかなり合理的である。

一方、PALLAS用群定数は数値解法上の違いによりANISN系の群定数とは全く形式が異なるため群定数の作成にはANISN用の処理コードシステムの一部分しか利用することができない。これまでPALLAS用群定数は処理コードで計算した群定数をすべてカード化し、それらをENDF/Bライブラリから直接参照したデータと結合させて作成してきた。しかしこのために費す労力はたいへんなものであり、しかも人手作業を介在させるためデータミスや精度の劣化をある程度覚悟せねばならなかった。PALLASがその解法上の優れた特長をもちながらその利用が一部の人の間だけに限定されてきた原因の大半はこの点にあったと言える。そこでPALLASを使い易くし、しかも群定数自体のエラーを極力減らすために群構造と考慮する核種を固定してPALLAS用の中性子遮蔽標準ライブラリを作成した。PALLASは基本的には領域依存断面積の使用は考えていない。したがってPALLASで用いる群定数はENDF/B-IVライブラリからのデータを $(\text{fission} + 1/E)$ 標準スペクトルで平均化した値とし、これを標準データとして固定しあらゆるタイプの遮蔽計算に適用する。こうすることにより、種々様々な問題の計算結果に関する群定数に帰因する誤差の評価が容易となり、さらに群定数における任意性が減った分だけ計算の再現性が向上することが期待できる。一方で群定数を固定することにより任意の組合わせの混合組成物質に対する実効断面積は求めることができなくなる。しかしこの点に関してはPALLASの解法の性質上それらのデータの取り扱いができない構造になっているため止むを得ず使用を断念した。

PALLAS用群定数ライブラリとして考慮したデータは、全断面積、弾性散乱断面積、 $(n, r)$ 反応断面積、非弾性散乱および $(n, 2n)$ 反応による散乱マトリックス、弾性散乱断面積の角度分布を表現するルジャンドル展開係数である。本稿ではこれらのデータの作成方法お

よびその内容について論ずることとする。本ライブラリで考慮している断面積は無限希釈断面積と共鳴遮蔽因子 (self-shielding factor) を考慮した実効断面積の2種類である。無限希釈断面積と実効断面積がそれぞれ別個のライブラリとして整備されることにより、それらのデータを用いて行なった単体組織の物質に対する遮蔽計算の結果を調べて共鳴遮蔽因子が遮蔽計算におよぼす影響を評価することが可能となる。また Appendix A には、一次元、二次元 PALLAS の入力形式を与えてコード利用者の便宜を計った。

## 2. エネルギー群構造

PALLAS コードでは1回の計算では全エネルギー群にわたって等レサジー巾の群構造しか取り扱うことができない。一方、高速中性子領域から熱中性子領域まで全領域を等レサジー巾の群構造で計算することは、計算機容量、計算時間および計算精度とのかね合いから判断して一般的に受け入れられる方法ではない。輸送計算では高速中性子領域を細かいレサジー巾の群構造で、低速中性子領域を粗いレサジー巾の群構造で計算するのが普通である。PALLAS による計算で群構造を途中から変える場合、まず全エネルギー群を等レサジー巾の群構造をもついくつかの領域に分割し、それぞれの領域内で独自に輸送計算を行ないその解をつないでいくという方法をとる。その際、より高エネルギーの群から散乱によって減速されてより低いエネルギー群へおちこむ中性子束が次の群領域における計算に対する散乱線源として用いられる。したがって PALLAS ライブラリーでは実際の計算条件に即して複数種類の等レサジー群構造を想定しなければならない。

一般に高エネルギー加速器以外の遮蔽計算で考慮する必要のある最大エネルギー中性子は、D-T 反応で発生する公称 14 MeV 中性子である。したがって PALLAS ライブラリーでは 10 MeV を基準値とした時の 0.4 レサジーと 0.3 レサジーのエネルギーの平均値である 14.2 MeV を最大中性子エネルギーとした。竹内ら<sup>6)</sup>が報告しているように、14 MeV 中性子を線源として 0.1 レサジーよりも粗い巾の群構造の定数を用いて計算した透過スペクトルはその低エネルギー側が 0.1 レサジー巾の計算値よりも過少評価になることを考えると、14 MeV のような高速中性子の輸送計算では相当細かいレサジー巾を考慮しなければならないことがわかる。一方レサジー巾を細かくすればそれだけ群数を多くとらざるを得なくなりそのことは必然的に大きな計算機容量を必要とすることにつながる。したがってライブラリーで考慮すべき最小のレサジー巾は計算機容量の大きさとかね合いで決定すべきものであり、PALLAS ライブラリーでは、標準的な中性子 100 群群定数 DLC-2<sup>7)</sup> の速中性子領域で用いている 0.1 レサジー巾を採用し、その他に 0.2, 0.4, 0.8 レサジー巾の合計 4 種類の群構造を考慮した。0.1 レサジー巾の群構造は 50 群で 14.2 MeV から 0.106 MeV までのエネルギー領域を含み、0.2 レサジー巾は 50 群で 14.2 MeV から 78.8 keV, 0.4 レサジー巾は 45 群で 14.2 MeV から 0.32 eV, 0.8 レサジー巾は 23 群で 14.2 MeV から 0.32 eV までの領域をそれぞれ含んでいる。Table 1 にこれら 4 種類の群構造を示す。なお同表には各群の代表エネルギー  $E_g$  と、群定数を計算する際に用いた積分のエネルギー範囲が群毎に  $E_{up}$  (上限値) と  $E_{lw}$  (下限値)



よびその内容について論ずることとする。本ライブラリで考慮している断面積は無限希釈断面積と共鳴遮蔽因子 (self-shielding factor) を考慮した実効断面積の2種類である。無限希釈断面積と実効断面積がそれぞれ別個のライブラリとして整備されることにより、それらのデータを用いて行なった単体組織の物質に対する遮蔽計算の結果を調べて共鳴遮蔽因子が遮蔽計算におよぼす影響を評価することが可能となる。また Appendix A には、一次元、二次元 PALLAS の入力形式を与えてコード利用者の便宜を計った。

## 2. エネルギー群構造

PALLAS コードでは1回の計算では全エネルギー群にわたって等レサジー巾の群構造しか取り扱うことができない。一方、高速中性子領域から熱中性子領域まで全領域を等レサジー巾の群構造で計算することは、計算機容量、計算時間および計算精度とのかね合いから判断して一般的に受け入れられる方法ではない。輸送計算では高速中性子領域を細かいレサジー巾の群構造で、低速中性子領域を粗いレサジー巾の群構造で計算するのが普通である。PALLAS による計算で群構造を途中から変える場合、まず全エネルギー群を等レサジー巾の群構造をもついくつかの領域に分割し、それぞれの領域内で独自に輸送計算を行ないその解をつないでいくという方法をとる。その際、より高エネルギーの群から散乱によって減速されてより低いエネルギー群へおちこむ中性子束が次の群領域における計算に対する散乱線源として用いられる。したがって PALLAS ライブラリでは実際の計算条件に即して複数種類の等レサジー群構造を想定しなければならない。

一般に高エネルギー加速器以外の遮蔽計算で考慮する必要のある最大エネルギー中性子は、D-T 反応で発生する公称 14 MeV 中性子である。したがって PALLAS ライブラリでは 10 MeV を基準値とした時の 0.4 レサジーと 0.3 レサジーのエネルギーの平均値である 14.2 MeV を最大中性子エネルギーとした。竹内ら<sup>6)</sup>が報告しているように、14 MeV 中性子を線源として 0.1 レサジーよりも粗い巾の群構造の定数を用いて計算した透過スペクトルはその低エネルギー側が 0.1 レサジー巾の計算値よりも過少評価になることを考えると、14 MeV のような高速中性子の輸送計算では相当細かいレサジー巾を考慮しなければならないことがわかる。一方レサジー巾を細かくすればそれだけ群数を多くとらざるを得なくなりそのことは必然的に大きな計算機容量を必要とすることにつながる。したがってライブラリで考慮すべき最小のレサジー巾は計算機容量の大きさとのかね合いで決定すべきものであり、PALLAS ライブラリでは、標準的な中性子 100 群群定数 DLC-2<sup>7)</sup> の速中性子領域で用いている 0.1 レサジー巾を採用し、その他に 0.2, 0.4, 0.8 レサジー巾の合計 4 種類の群構造を考慮した。0.1 レサジー巾の群構造は 50 群で 14.2 MeV から 0.106 MeV までのエネルギー領域を含み、0.2 レサジー巾は 50 群で 14.2 MeV から 78.8 keV, 0.4 レサジー巾は 45 群で 14.2 MeV から 0.32 eV, 0.8 レサジー巾は 23 群で 14.2 MeV から 0.32 eV までの領域をそれぞれ含んでいる。Table 1 にこれら 4 種類の群構造を示す。なお同表には各群の代表エネルギー  $E_g$  と、群定数を計算する際に用いた積分のエネルギー範囲が群毎に  $E_{up}$  (上限値) と  $E_{lw}$  (下限値)

の形で与えられている。これらのエネルギー範囲（境界値）は第1群のエネルギーを14.2 MeVとした時に各群のエネルギー値が等レサジー巾になりしかも各群のエネルギー領域の midpointの値をとるように次の様にしてきめた。レサジー巾を $\Delta u$ とした場合、第1群の上限値 $E_{UD}^1$ と下限値 $E_{LW}^1$ は、

$$(E_{UD}^1 + E_{LW}^1) / 2.0 = 14.2 \quad (\text{MeV}) \quad (1)$$

$$\Delta u = \ln(E_1/E_2) \quad (2)$$

(1), (2)式を使って $E_{UD}^1$ は

$$E_{UD}^1 = 28.4 \times (1 + \exp(-\Delta u))^{-1} \quad (3)$$

となる。したがって各群の $E_{UD}^i$ ,  $E_{LW}^i$ は

$$E_{UD}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u(i-1)) \quad (4)$$

$$E_{LW}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u \cdot i) \quad (5)$$

となる。

### 3. ライブラリで考慮した核種

遮蔽材、構造材は数多くの種類の物質から構成されているためライブラリで考慮すべき核種の数は多くならざるを得ない。その中で核分裂炉および核融合炉を対象とした遮蔽計算で必要性が高いと考えられる核種を22種類選び出しそれらについて群定数ライブラリを整備した。ただし遮蔽計算においては炉心内の計算を詳細に行なってもその効果はそれほど重要ではないので、核分裂性物質(fissile material)は $^{235}\text{U}$ で、燃料親物質(fertile material)は $^{238}\text{U}$ でそれぞれ代表させた。本ライブラリで考慮した核種は次の通りである。

$^1\text{H}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ,  
 $\text{Ca}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $^{55}\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$

### 4. ライブラリで考慮した核定数

本ライブラリで取り扱う核定数は、1) 各種の微視的断面積, 2) 弾性散乱断面積の角度分布を表わすルジャンドル展開係数, 3) 非弾性散乱, ( $n$ ,  $2n$ )反応による散乱マトリックスである。次に上記の各項目についてその作成方法と内容について記述する。

#### 4.1 微視的断面積

本ライブラリでは無限希釈断面積および実効断面積としての全断面積( $\sigma_t$ ), 中性子捕獲断面積( $\sigma_{n,\gamma}$ ), 全弾性散乱断面積( $\sigma_{el}$ )の3種類の断面積を考慮した。無限希釈断面積は

の形で与えられている。これらのエネルギー範囲（境界値）は第1群のエネルギーを14.2 MeVとした時に各群のエネルギー値が等レサジー巾になりしかも各群のエネルギー領域の中心の値をとるように次の様にしてきめた。レサジー巾を $\Delta u$ とした場合、第1群の上限値 $E_{UD}^1$ と下限値 $E_{LW}^1$ は、

$$(E_{UD}^1 + E_{LW}^1) / 2.0 = 14.2 \quad (\text{MeV}) \quad (1)$$

$$\Delta u = \ln(E_1/E_2) \quad (2)$$

(1), (2)式を使って $E_{UD}^1$ は

$$E_{UD}^1 = 28.4 \times (1 + \exp(-\Delta u))^{-1} \quad (3)$$

となる。したがって各群の $E_{UD}^i$ ,  $E_{LW}^i$ は

$$E_{UD}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u(i-1)) \quad (4)$$

$$E_{LW}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u \cdot i) \quad (5)$$

となる。

### 3. ライブラリで考慮した核種

遮蔽材、構造材は数多くの種類の物質から構成されているためライブラリで考慮すべき核種の数は多くならざるを得ない。その中で核分裂炉および核融合炉を対象とした遮蔽計算で必要性が高いと考えられる核種を22種類選び出しそれらについて群定数ライブラリを整備した。ただし遮蔽計算においては炉心内の計算を詳細に行なってもその効果はそれほど重要ではないので、核分裂性物質(fissile material)は $^{235}\text{U}$ で、燃料親物質(fertile material)は $^{238}\text{U}$ でそれぞれ代表させた。本ライブラリで考慮した核種は次の通りである。

$^1\text{H}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ,  
 $\text{Ca}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $^{58}\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$

### 4. ライブラリで考慮した核定数

本ライブラリで取り扱う核定数は、1) 各種の微視的断面積, 2) 弾性散乱断面積の角度分布を表わすルジャンドル展開係数, 3) 非弾性散乱, ( $n, 2n$ )反応による散乱マトリックスである。次に上記の各項目についてその作成方法と内容について記述する。

#### 4.1 微視的断面積

本ライブラリでは無限希釈断面積および実効断面積としての全断面積( $\sigma_t$ ), 中性子捕獲断面積( $\sigma_n, \tau$ ), 全弾性散乱断面積( $\sigma_{el}$ )の3種類の断面積を考慮した。無限希釈断面積は

の形で与えられている。これらのエネルギー範囲（境界値）は第1群のエネルギーを14.2 MeVとした時に各群のエネルギー値が等レサジー巾になりしかも各群のエネルギー領域の中心の値をとるように次の様にしてきめた。レサジー巾を $\Delta u$ とした場合、第1群の上限値 $E_{UD}^1$ と下限値 $E_{LW}^1$ は、

$$(E_{UD}^1 + E_{LW}^1) / 2.0 = 14.2 \quad (\text{MeV}) \quad (1)$$

$$\Delta u = \ln(E_1/E_2) \quad (2)$$

(1), (2)式を使って $E_{UD}^1$ は

$$E_{UD}^1 = 28.4 \times (1 + \exp(-\Delta u))^{-1} \quad (3)$$

となる。したがって各群の $E_{UD}^i$ ,  $E_{LW}^i$ は

$$E_{UD}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u(i-1)) \quad (4)$$

$$E_{LW}^i = E_{UD}^1 \cdot \exp(-\Delta u \cdot i) \quad (5)$$

となる。

### 3. ライブラリで考慮した核種

遮蔽材、構造材は数多くの種類の物質から構成されているためライブラリで考慮すべき核種の数は多くならざるを得ない。その中で核分裂炉および核融合炉を対象とした遮蔽計算で必要性が高いと考えられる核種を22種類選び出しそれらについて群定数ライブラリを整備した。ただし遮蔽計算においては炉心内の計算を詳細に行なってもその効果はそれほど重要ではないので、核分裂性物質（fissile material）は $^{235}\text{U}$ で、燃料親物質（fertile material）は $^{238}\text{U}$ でそれぞれ代表させた。本ライブラリで考慮した核種は次の通りである。

$^1\text{H}$ ,  $^6\text{Li}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ,  
 $\text{Ca}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $^{55}\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$

### 4. ライブラリで考慮した核定数

本ライブラリで取り扱う核定数は、1) 各種の微視的断面積、2) 弾性散乱断面積の角度分布を表わすルジャンドル展開係数、3) 非弾性散乱、(n, 2n)反応による散乱マトリックスである。次に上記の各項目についてその作成方法と内容について記述する。

#### 4.1 微視的断面積

本ライブラリでは無限希釈断面積および実効断面積としての全断面積( $\sigma_t$ )、中性子捕獲断面積( $\sigma_n, \tau$ )、全弾性散乱断面積( $\sigma_{el}$ )の3種類の断面積を考慮した。無限希釈断面積は

群定数処理コードシステム RADHEAT-V3 の中に組み込まれている SUPERTOG-JR<sup>8)</sup> (システムの step 1 の計算に相当) を用いて ENDF/B-IV ライブラリを参照して求めた。また無限希釈断面積の計算に必要な非共鳴同位元素のポテンシャル散乱断面積  $\sigma_p$  は  $10^8$  barn を採用した。群定数の計算で仮定した重み関数は、 $E > 0.4$  MeV の範囲では核分裂スペクトル、 $E \leq 0.4$  MeV の範囲では  $1/E$  スペクトルである。ただし熱群だけは重み関数を  $1/v$  スペクトルとしたためマックスウェル分布を持つ実効値とは異なる。そこで熱群の断面積が  $1/v$  吸収体の特性をもち、スペクトルがマックスウェル分布に従っていると仮定して小山ら<sup>9)</sup> が計算した断面積データを熱群データとして、SUPERTOG-JR で求めたデータとの置き換えを行なった。

実効断面積は、RADHEAT-V3 の step 2 の過程に含まれる共鳴遮蔽因子計算ルーチンにより、前もって求めた無限希釈断面積を入力データとして計算した。このルーチンには高速炉用炉定数セット JAERI-FAST-set 70 群および 25 群用の共鳴遮蔽因子テーブルが組込まれており、これらのテーブルを使って内挿計算により任意の群構造に対応する共鳴遮蔽因子が計算される。計算では、物質の温度を  $300^\circ\text{K}$  で一定と仮定し、0.1 レサジ、0.2 レサジ、0.4 レサジの群構造では 70 群のテーブルを用い、0.8 レサジの群構造では 25 群のテーブルを用いた。ただし共鳴遮蔽因子テーブルが与えられている核種は、本ライブラリで考慮した 22 核種のうちの 13 核種だけである。したがってテーブルのない核種については共鳴遮蔽因子をすべて一様に 1.0 とした。共鳴遮蔽因子を考慮した 13 核種は次の通りである。

$^{10}\text{B}$ ,  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $^{55}\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$   
 また、熱群断面積の置き換えは無限希釈断面積の場合と全く同じである。

#### 4.2 ルジャンドル展開係数

PALLAS では弾性散乱断面積の角度分布を、全弾性散乱断面積とルジャンドル多項式の展開係数とから直接計算しており、この点がルジャンドル展開項毎に独立な群定数を作成しなければならない ANISN 系の群定数との一番大きな相異点である。本ライブラリではルジャンドル多項式の最大項数を 16 (すなわち  $P_{15}$  まで考慮) として ENDF/B-IV で与えられる限りの項数のルジャンドル係数を考慮した。 $^{11}\text{B}$ ,  $\text{Mo}$  の弾性散乱断面積の角度分布は ENDF/B-IV ライブラリでは  $\mu$  ( $\equiv \cos \theta$ ;  $\theta$  は重心系での散乱角) の関数として与えられているためにルジャンドル係数の形で直接使うことができないこと、および考慮されているエネルギー点が非常に少ないことから、 $^{11}\text{B}$  は  $^{10}\text{B}$  の、 $\text{Mo}$  は  $\text{Nb}$  のデータでそれぞれ代用させた。水素は 14 MeV から熱中性子領域までの範囲にわたって弾性散乱は重心系で等方的であるとみなせるため本ライブラリでは  $P_0(\mu)$  の項の係数である 1.0 のみが与えられている。ENDF/B-IV ライブラリでルジャンドル係数が与えられているエネルギー点と本ライブラリの群構造でのエネルギー点とが一致しない場合には、着目するエネルギー点ををさむ ENDF/B-IV で与えられた二点のエネルギー点での係数を使って展開項毎に二点内挿法により計算したルジャンドル係数をライブラリに組込んだ。内挿計算で求めたルジャンドル係数が妥当な値であることは (6) 式で表わされるルジャンドル展開多項式による角度分布の積分値  $I$  が、

$$I = 1.000 \begin{matrix} + 1.0 \times 10^{-2} \\ - 1.0 \times 10^{-2} \end{matrix}$$

の精度で 1.0 に一致することにより確認した。

$$I = \int_{-1}^{+1} \left[ \sum_{\ell=0}^{\ell_{\max}} \frac{2\ell+1}{2} \cdot f_{\ell} \cdot P_{\ell}(\mu) \right] d\mu \quad (6)$$

ここで、 $f_{\ell}$ 、 $P_{\ell}(\mu)$ 、 $\ell_{\max}$  はそれぞれ第  $\ell$  次の項のルジャンドル係数、ルジャンドル多項式および最大展開項数である。Table 2 には、核種と群構造毎にルジャンドル項数、弾性散乱の非等方性を考慮する必要のある下限の群とその中性子エネルギー値が与えられている。

### 散乱マトリックス

散乱マトリックスは、非弾性散乱に対する散乱マトリックスと、 $(n, 2n)$  反応に対する散乱マトリックスの各要素を 2 倍したものとをマトリックス的に加え合わせたものであり、RADHEAT-V3 に組み込まれている SUPERTOOG-JR を用いて ENDF/B-IV ライブラリーを参照して作成したものである。非弾性散乱反応も  $(n, 2n)$  反応もともに 反応であり、ある群以下の群の入射中性子に対する断面積はゼロであり、また一回の核反応で中性子が受ける減速巾は有限であるため、ある一定の群以下へはいかなる群に属する中性子の散乱による転位確率もゼロとなる場合がある。そのために、ライブラリーの容量を節約する目的で、散乱マトリックスの行、列それぞれの全要素の値がゼロである小行列領域を除いた部分だけをライブラリーに含めることとした。またマトリックスの各要素は散乱断面積と遷移確率との積として表現されるため、散乱マトリックスも断面積自体と同様に、無限希釈断面積及び実効断面積それぞれに対する 2 種類のデータを考慮した。

## 5. ライブラリーの構成

本ライブラリー作成にあたっては前述の様に無限希釈断面積および実効断面積の 2 種類を考慮しており、それぞれは次に述べるライブラリーの構成形式に従って同一の Format で別々のファイルに登録されている。それぞれファイルに登録されたライブラリーは核種毎、群構造毎のデータブロックから構成されており、それぞれのデータブロックはさらに細分化されて、水素以外のすべての核種について微視的断面積、ルジャンドル係数、散乱マトリックスから構成されている。ただし水素に対しては微視的断面積だけが与えられている。それぞれのデータブロックには以下に定義する識別番号 (ID number) が対応しており、核種と群構造さへ決まれば PALLAS の計算に必要な群定数は識別番号の指定だけでライブラリーから容易に読み込むことができる。

識別番号は 4 桁の数字で定義されており、それぞれの数字の持つ意味は次の通りである。

$$I = 1.000 \begin{matrix} + 1.0 \times 10^{-2} \\ - 1.0 \times 10^{-3} \end{matrix}$$

の精度で 1.0 に一致することにより確認した。

$$I = \int_{-1}^{+1} \left[ \sum_{\ell=0}^{l_{\max}} \frac{2\ell+1}{2} \cdot f_{\ell} \cdot P_{\ell}(\mu) \right] d\mu \quad (6)$$

ここで、 $f_{\ell}$ 、 $P_{\ell}(\mu)$ 、 $l_{\max}$  はそれぞれ第  $\ell$  次の項のルジャンドル係数、ルジャンドル多項式および最大展開項数である。Table 2 には、核種と群構造毎にルジャンドル項数、弾性散乱の非等方性を考慮する必要のある下限の群とその中性子エネルギー値が与えられている。

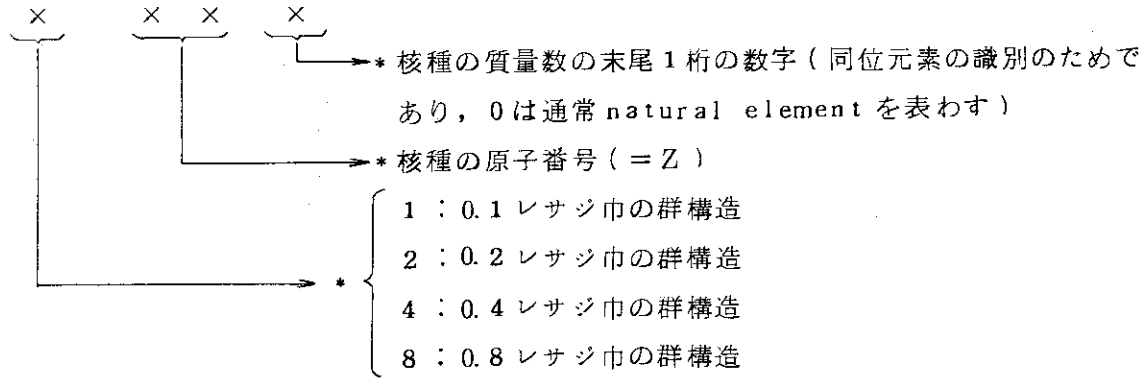
### 散乱マトリックス

散乱マトリックスは、非弾性散乱に対する散乱マトリックスと、 $(n, 2n)$  反応に対する散乱マトリックスの各要素を 2 倍したものとをマトリックス的に加え合わせたものであり、RADHEAT-V3 に組み込まれている SUPERTOOG-JR を用いて ENDF/B-IV ライブラリーを参照して作成したものである。非弾性散乱反応も  $(n, 2n)$  反応もともに 反応であり、ある群以下の群の入射中性子に対する断面積はゼロであり、また一回の核反応で中性子が受ける減速巾は有限であるため、ある一定の群以下へはいかなる群に属する中性子の散乱による転位確率もゼロとなる場合がある。そのために、ライブラリーの容量を節約する目的で、散乱マトリックスの行、列それぞれの全要素の値がゼロである小行列領域を除いた部分だけをライブラリーに含めることとした。またマトリックスの各要素は散乱断面積と遷移確率との積として表現されるため、散乱マトリックスも断面積自体と同様に、無限希釈断面積及び実効断面積それぞれに対する 2 種類のデータを考慮した。

## 5. ライブラリーの構成

本ライブラリー作成にあたっては前述の様に無限希釈断面積および実効断面積の 2 種類を考慮しており、それぞれは次に述べるライブラリーの構成形式に従って同一の Format で別々のファイルに登録されている。それぞれファイルに登録されたライブラリーは核種毎、群構造毎のデータブロックから構成されており、それぞれのデータブロックはさらに細分化されて、水素以外のすべての核種について微視的断面積、ルジャンドル係数、散乱マトリックスから構成されている。ただし水素に対しては微視的断面積だけが与えられている。それぞれのデータブロックには以下に定義する識別番号 (ID number) が対応しており、核種と群構造さへ決まれば PALLAS の計算に必要な群定数は識別番号の指定だけでライブラリーから容易に読み込むことができる。

識別番号は 4 桁の数字で定義されており、それぞれの数字の持つ意味は次の通りである。



ライブラリで使用している識別番号と核種, 群構造の対応関係を Table 3 に示す。ライブラリ内でのデータブロックの配列は, 0.1 レサジ群構造の  $^1\text{H}$  データ (1011) から始まって, 0.8 レサジ群構造の  $^{238}\text{U}$  データ (8928) まで識別番号の小さい方から大きい方への順序になっている。1つの物質について2種類以上の核種のデータをライブラリから読み込む場合, 読み込みの順序はライブラリ内の配列順でなければならない。

ライブラリデータは BCD Format で且つカードイメージで登録されており, 内容, Format, 配列順序は次に示す通りである。参考のために Appendix B にデータをライブラリに書き込むためのプログラムリストを示す。

Rec. 1 4 H \* \* \* \*

データブロックの始まりを示す記号。

Rec. 2 IDNO, TITLE

1. IDNO —データブロック識別番号
2. TITLE —タイトル (48文字以内)

Rec. 3 MAXG, JAM, JBM, JFMU, LP, AMAS (5I6, F125)

1. MAXG —全エネルギー群数
2. JAM —この群以下へ散乱により減速される確率がゼロである下限の群
3. JBM —この群以下では非弾性散乱,  $(n, 2n)$  反応ともに起らない下限の群
4. JFMU —弾性散乱の角度分布を考慮する必要がある群数
5. LP —ルジャンドル係数を与える最大項数 ( $P_0$  に対応する係数 1.0 も含めるため  $P_L$  まで考慮すると  $LP = L + 1$  となる)

Rec. 4 ((CRX(I, J), J=1, MAXG), I=1, 3) (6E125)

1. CRX(1, J) —全断面積 ( $\sigma_t$ )
2. CRX(2, J) —捕獲断面積 ( $\sigma_n, \gamma$ )
3. CRX(3, J) —弾性散乱断面積 ( $\sigma_{el}$ )

もし JBM = 0 であれば次の Rec. 5 のデータは無視される。

Rec. 5 ((TOT(I, J), I=1, JBM), J=1, JAM) (6E125)

1. TOT —散乱マトリックス  
 (マトリックスの各要素の値は, 非弾性散乱断面積,  $(n, 2n)$  反応断面積と遷移確率との積で与えられる)

以上に述べた内容を持つデータブロックが22核種と4種類の群構造の組合わせに対応して



88個のライブラリを作成し、無限希釈断面積、実効断面積それぞれについて以下に示すファイル名でライブラリとして登録されている。

J2370.PLXINF (無限希釈断面積)

J2370.PLXEFF (実効断面積)

記憶容量は共に約280トラックである。

## 謝 辞

本ライブラリの作成にあたってRADHEAT-V3コードシステムの利用に関して多大な便宜をはかっていただいた富士通(株)南多善氏に感謝いたします。

88個のライブラリを作成し、無限希釈断面積、実効断面積それぞれについて以下に示すファイル名でライブラリとして登録されている。

J2370.PLXINF (無限希釈断面積)

J2370.PLXEFF (実効断面積)

記憶容量は共に約280トラックである。

## 謝 辞

本ライブラリの作成にあたってRADHEAT-V3コードシステムの利用に関して多大な便宜をはかっていただいた富士通(株)南多善氏に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Engle W. W., Jr.: "A USERS MANUAL FOR ANISN: A One Dimensional Discrete Ordinate Code with Anisotropic Scattering," K-1963 (1963).
- 2) Takeuchi K.: "Numerical Solution to Space-Angle Energy-Dependent Neutron Integral Transport Equation," J. Nucl. Sci. Technol., 8[3], 141-152 (1971).
- 3) Lathlop K. D., Brinkleg F. W.: "Theory and Use of the General-Geometry TWOTRAN Program," LA-4432 (1970).
- 4) Mynatt F. R., et al.: "The DOT III Two-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code," ORNL-TM-4280 (1973).
- 5) Koyama K., et al.: "RADHEAT V3, A Code System for Generating Coupled Neutron and Gamma-Ray Group Constants and Analyzing Radiation Transport," JAERI-M 7155 (1977).
- 6) Takeuchi K.: "PALLAS-PL, SP A One Dimensional Transport Code," Report of Ship Reserch Institute No.42 (1973).
- 7) Wright R. Q.: "99-Group Neutron Cross-Section Data based on ENDF/B, DLC-2," ORNL-TM-3049, (1969).
- 8) Taji Y., et al.: "SUPERTOOG-JR, A Production Code of Transport Group Constants, Energy Deposition Coefficients and Atomic Displacement Constants from ENDF/B", JAERI-M 6935 (1977)
- 9) 小山謹二, 他. 「遮蔽材料の群定数 一中性子100群・ガンマ線20群・ $k_{eff}$ 近似一」  
JAERI-M 6928 (1977)

Table 1. Energy group structures applied to PALLAS library .01, 0.2, 0.4 and 0.8 lethergy width structures are included.

GROUP	0.1 LETHERGY WIDTH STRUCTURE		
	$E_g$ (eV)	$E_{up}$ (eV)	$E_{lw}$ (eV)
1	1.4208E+07	1.4918E+07	1.3499E+07
2	1.2856E+07	1.3499E+07	1.2214E+07
3	1.1633E+07	1.2214E+07	1.1052E+07
4	1.0526E+07	1.1052E+07	1.0000E+07
5	9.5242E+06	1.0000E+07	9.0484E+06
6	8.6178E+06	9.0484E+06	8.1873E+06
7	7.7977E+06	8.1873E+06	7.4082E+06
8	7.0557E+06	7.4082E+06	6.7032E+06
9	6.3842E+06	6.7032E+06	6.0653E+06
10	5.7767E+06	6.0653E+06	5.4881E+06
11	5.2270E+06	5.4881E+06	4.9658E+06
12	4.7296E+06	4.9658E+06	4.4933E+06
13	4.2795E+06	4.4933E+06	4.0657E+06
14	3.8722E+06	4.0657E+06	3.6788E+06
15	3.5037E+06	3.6788E+06	3.3287E+06
16	3.1703E+06	3.3287E+06	3.0119E+06
17	2.8686E+06	3.0119E+06	2.7253E+06
18	2.5956E+06	2.7253E+06	2.4660E+06
19	2.3486E+06	2.4660E+06	2.2313E+06
20	2.1251E+06	2.2313E+06	2.0190E+06
21	1.9229E+06	2.0190E+06	1.8268E+06
22	1.7399E+06	1.8268E+06	1.6530E+06
23	1.5743E+06	1.6530E+06	1.4957E+06
24	1.4245E+06	1.4957E+06	1.3534E+06
25	1.2890E+06	1.3534E+06	1.2246E+06
26	1.1663E+06	1.2246E+06	1.1080E+06
27	1.0553E+06	1.1080E+06	1.0026E+06
28	9.5488E+05	1.0026E+06	9.0718E+05
29	8.6401E+05	9.0718E+05	8.2085E+05
30	7.8179E+05	8.2085E+05	7.4273E+05
31	7.0739E+05	7.4273E+05	6.7205E+05
32	6.4008E+05	6.7205E+05	6.0810E+05
33	5.7917E+05	6.0810E+05	5.5023E+05
34	5.2405E+05	5.5023E+05	4.9787E+05
35	4.7418E+05	4.9787E+05	4.5049E+05
36	4.2906E+05	4.5049E+05	4.0762E+05
37	3.8823E+05	4.0762E+05	3.6883E+05
38	3.5128E+05	3.6883E+05	3.3373E+05
39	3.1785E+05	3.3373E+05	3.0197E+05
40	2.8761E+05	3.0197E+05	2.7324E+05
41	2.6024E+05	2.7324E+05	2.4723E+05
42	2.3547E+05	2.4723E+05	2.2371E+05
43	2.1306E+05	2.2371E+05	2.0242E+05
44	1.9279E+05	2.0242E+05	1.8316E+05
45	1.7444E+05	1.8316E+05	1.6573E+05
46	1.5784E+05	1.6573E+05	1.4996E+05
47	1.4282E+05	1.4996E+05	1.3569E+05
48	1.2923E+05	1.3569E+05	1.2277E+05
49	1.1693E+05	1.2277E+05	1.1109E+05
50	1.0580E+05	1.1109E+05	1.0052E+05

## 0.2 LEATHERY WIDTH STRUCTURE

GROUP	$E_g$ (eV)	$E_{up}$ (eV)	$E_{lw}$ (eV)
1	1.4208E+07	1.5625E+07	1.2792E+07
2	1.1633E+07	1.2792E+07	1.0473E+07
3	9.5242E+06	1.0473E+07	8.5749E+06
4	7.7977E+06	8.5749E+06	7.0206E+06
5	6.3842E+06	7.0206E+06	5.7479E+06
6	5.2270E+06	5.7479E+06	4.7060E+06
7	4.2795E+06	4.7060E+06	3.8530E+06
8	3.5037E+06	3.8530E+06	3.1545E+06
9	2.8686E+06	3.1545E+06	2.5827E+06
10	2.3486E+06	2.5827E+06	2.1145E+06
11	1.9229E+06	2.1145E+06	1.7312E+06
12	1.5743E+06	1.7312E+06	1.4174E+06
13	1.2890E+06	1.4174E+06	1.1605E+06
14	1.0553E+06	1.1605E+06	9.5013E+05
15	8.6401E+05	9.5013E+05	7.7790E+05
16	7.0739E+05	7.7790E+05	6.3689E+05
17	5.7917E+05	6.3689E+05	5.2144E+05
18	4.7418E+05	5.2144E+05	4.2692E+05
19	3.8823E+05	4.2692E+05	3.4953E+05
20	3.1785E+05	3.4953E+05	2.8617E+05
21	2.6024E+05	2.8617E+05	2.3430E+05
22	2.1306E+05	2.3430E+05	1.9183E+05
23	1.7444E+05	1.9183E+05	1.5706E+05
24	1.4282E+05	1.5706E+05	1.2859E+05
25	1.1693E+05	1.2859E+05	1.0528E+05
26	9.5735E+04	1.0528E+05	8.6194E+04
27	7.8382E+04	8.6194E+04	7.0569E+04
28	6.4173E+04	7.0569E+04	5.7777E+04
29	5.2541E+04	5.7777E+04	4.7304E+04
30	4.3017E+04	4.7304E+04	3.8729E+04
31	3.5219E+04	3.8729E+04	3.1709E+04
32	2.8835E+04	3.1709E+04	2.5961E+04
33	2.3608E+04	2.5961E+04	2.1255E+04
34	1.9329E+04	2.1255E+04	1.7402E+04
35	1.5825E+04	1.7402E+04	1.4248E+04
36	1.2956E+04	1.4248E+04	1.1665E+04
37	1.0608E+04	1.1665E+04	9.5505E+03
38	8.6849E+03	9.5505E+03	7.8193E+03
39	7.1106E+03	7.8193E+03	6.4019E+03
40	5.8217E+03	6.4019E+03	5.2414E+03
41	4.7664E+03	5.2414E+03	4.2913E+03
42	3.9024E+03	4.2913E+03	3.5134E+03
43	3.1950E+03	3.5134E+03	2.8766E+03
44	2.6158E+03	2.8766E+03	2.3551E+03
45	2.1417E+03	2.3551E+03	1.9282E+03
46	1.7535E+03	1.9282E+03	1.5787E+03
47	1.4356E+03	1.5787E+03	1.2925E+03
48	1.1754E+03	1.2925E+03	1.0582E+03
49	9.6232E+02	1.0582E+03	8.6640E+02
50	7.8788E+02	8.6640E+02	7.0935E+02

0,4 LETHERGY WIDTH STRUCTURE			
GROUP	$E_g$ (eV)	$E_{up}$ (eV)	$E_{lw}$ (eV)
1	1,4208E+07	1,7013E+07	1,1404E+07
2	9,5242E+06	1,1404E+07	7,6443E+06
3	6,3842E+06	7,6443E+06	5,1242E+06
4	4,2795E+06	5,1242E+06	3,4348E+06
5	2,8686E+06	3,4348E+06	2,3024E+06
6	1,9229E+06	2,3024E+06	1,5434E+06
7	1,2890E+06	1,5434E+06	1,0345E+06
8	8,6401E+05	1,0345E+06	6,9348E+05
9	5,7917E+05	6,9348E+05	4,6485E+05
10	3,8823E+05	4,6485E+05	3,1160E+05
11	2,6024E+05	3,1160E+05	2,0887E+05
12	1,7444E+05	2,0887E+05	1,4001E+05
13	1,1693E+05	1,4001E+05	9,3852E+04
14	7,8382E+04	9,3852E+04	6,2911E+04
15	5,2541E+04	6,2911E+04	4,2170E+04
16	3,5219E+04	4,2170E+04	2,8268E+04
17	2,3608E+04	2,8268E+04	1,8948E+04
18	1,5825E+04	1,8948E+04	1,2702E+04
19	1,0608E+04	1,2702E+04	8,5141E+03
20	7,1106E+03	8,5141E+03	5,7072E+03
21	4,7664E+03	5,7072E+03	3,8256E+03
22	3,1950E+03	3,8256E+03	2,5644E+03
23	2,1417E+03	2,5644E+03	1,7190E+03
24	1,4356E+03	1,7190E+03	1,1523E+03
25	9,6232E+02	1,1523E+03	7,7238E+02
26	6,4506E+02	7,7238E+02	5,1774E+02
27	4,3240E+02	5,1774E+02	3,4705E+02
28	2,8984E+02	3,4705E+02	2,3264E+02
29	1,9429E+02	2,3264E+02	1,5594E+02
30	1,3024E+02	1,5594E+02	1,0453E+02
31	8,7299E+01	1,0453E+02	7,0069E+01
32	5,8519E+01	7,0069E+01	4,6968E+01
33	3,9226E+01	4,6968E+01	3,1484E+01
34	2,6294E+01	3,1484E+01	2,1104E+01
35	1,7625E+01	2,1104E+01	1,4147E+01
36	1,1815E+01	1,4147E+01	9,4828E+00
37	7,9196E+00	9,4828E+00	6,3565E+00
38	5,3087E+00	6,3565E+00	4,2609E+00
39	3,5585E+00	4,2609E+00	2,8562E+00
40	2,3853E+00	2,8562E+00	1,9145E+00
41	1,5989E+00	1,9145E+00	1,2834E+00
42	1,0718E+00	1,2834E+00	8,6026E-01
43	7,1845E-01	8,6026E-01	5,7665E-01
44	4,8159E-01	5,7665E-01	3,8654E-01
45	3,2282E-01	3,8654E-01	2,5910E-01

0.8 LETHERGY WIDTH STRUCTURE			
GROUP	$E_g$ (eV)	$E_{up}$ (eV)	$E_{lw}$ (eV)
1	1,4208E+07	1,9607E+07	8,8099E+06
2	6,3842E+06	8,8099E+06	3,9586E+06
3	2,8686E+06	3,9586E+06	1,7787E+06
4	1,2890E+06	1,7787E+06	7,9922E+05
5	5,7917E+05	7,9922E+05	3,5911E+05
6	2,6024E+05	3,5911E+05	1,6136E+05
7	1,1693E+05	1,6136E+05	7,2504E+04
8	5,2541E+04	7,2504E+04	3,2578E+04
9	2,3608E+04	3,2578E+04	1,4638E+04
10	1,0608E+04	1,4638E+04	6,5774E+03
11	4,7664E+03	6,5774E+03	2,9554E+03
12	2,1417E+03	2,9554E+03	1,3279E+03
13	9,6232E+02	1,3279E+03	5,9669E+02
14	4,3240E+02	5,9669E+02	2,6811E+02
15	1,9429E+02	2,6811E+02	1,2047E+02
16	8,7299E+01	1,2047E+02	5,4130E+01
17	3,9226E+01	5,4130E+01	2,4322E+01
18	1,7625E+01	2,4322E+01	1,0929E+01
19	7,9196E+00	1,0929E+01	4,9106E+00
20	3,5585E+00	4,9106E+00	2,2065E+00
21	1,5989E+00	2,2065E+00	9,9143E-01
22	7,1845E-01	9,9143E-01	4,4548E-01
23	3,2282E-01	4,4548E-01	2,0017E-01

Table. 2 maximum number of terms of Legendre polynomials and the energy group number and the corresponding energy above which the anisotropy of elastic scattering is taken into account.

Nuclide	L <sub>max</sub> <sup>*)</sup>	Δu=0.1		Δu=0.2		Δu=0.4		Δu=0.8	
		Grp. <sup>**)</sup>	E <sub>n</sub> (eV) <sup>**)</sup>	Grp.	E <sub>n</sub> (eV)	Grp.	E <sub>n</sub> (eV)	Grp.	E <sub>n</sub> (eV)
H-1	1	0	1.42+7†)	0	1.42+7	0	1.42+7	0	1.42+7
Li-6	9	50	1.06+4	37	1.06+4	19	1.06+4	10	1.06+4
Li-7	10	43	2.13+5	22	2.13+5	11	2.60+5	6	2.60+5
B-10	9	46	1.58+5	23	1.74+5	12	1.74+5	6	2.60+5
B-11	9	46	1.58+5	23	1.74+5	12	1.74+5	6	2.60+5
C-12	7	50	1.06+5	37	1.06+4	19	1.06+4	10	1.06+4
N-14	11	26	1.17+6	13	1.29+6	7	1.29+6	4	1.29+6
O-16	11	50	1.06+5	25	1.17+5	13	1.17+5	7	1.17+5
Na	15	50	1.06+5	31	3.52+4	16	3.52+4	8	5.25+4
Mg	16	50	1.06+5	31	3.52+4	16	3.52+4	8	5.25+4
Al-27	11	43	2.13+5	22	2.13+5	11	2.60+5	6	2.60+5
Si	11	50	1.06+5	25	1.17+5	13	1.17+5	7	1.17+5
Ca	11	50	1.06+5	25	1.17+5	13	1.17+5	7	1.17+5
Cr	16	50	1.06+5	48	1.17+3	24	1.43+3	12	2.14+3
Mn-55	16	32	6.40+5	16	7.07+5	8	8.64+5	4	1.29+6
Fe	12	39	3.18+5	20	3.18+5	10	3.88+5	5	5.79+5
Ni	13	50	1.06+5	28	6.41+4	14	7.83+4	7	1.17+5
Zr	16	50	1.06+5	31	3.52+4	16	3.52+4	8	5.25+4
Mo	15	50	1.06+5	25	1.17+5	13	1.17+5	7	1.17+5
Pb	15	41	2.60+5	21	2.60+5	11	2.60+5	6	2.60+5
U-235	16	43	2.13+5	22	2.13+5	11	2.60+5	6	2.60+5
U-238	16	50	1.06+5	35	1.58+4	18	1.58+4	9	2.36+4

\*) maximum number of terms of Legendre polynomials

\*\*\*) the energy group and the corresponding energy above which the anisotropy of elastic scattering is taken into account.

†) 1.42+7 reads 1.42x10<sup>7</sup>



Table 3 Identification Numbers of PALLAS Library

Nuclide	group width in jethergy							
	$\Delta u = 0.1$		$\Delta u = 0.2$		$\Delta u = 0.4$		$\Delta u = 0.8$	
	No.	ID No	No.	ID No	No.	ID No	No.	ID No
H-1	1	1 0 1 1	2 3	2 0 1 1	4 5	4 0 1 1	6 7	8 0 1 1
Li-6	2	1 0 3 6	2 4	2 0 3 6	4 6	4 0 3 6	6 8	8 0 3 6
Li-7	3	1 0 3 7	2 5	2 0 3 7	4 7	4 0 3 7	6 9	8 0 3 7
B-10	4	1 0 5 0	2 6	2 0 5 0	4 8	4 0 5 0	7 0	8 0 5 0
B-11	5	1 0 5 1	2 7	2 0 5 1	4 9	4 0 5 1	7 1	8 0 5 1
C-12	6	1 0 6 2	2 8	2 0 6 2	5 0	4 0 6 2	7 2	8 0 6 2
N-14	7	1 0 7 4	2 9	2 0 7 4	5 1	4 0 7 4	7 3	8 0 7 4
O-16	8	1 0 8 6	3 0	2 0 8 6	5 2	4 0 8 6	7 4	8 0 8 6
Na	9	1 1 1 3	3 1	2 1 1 3	5 3	4 1 1 3	7 5	8 1 1 3
Mg	1 0	1 1 2 0	3 2	2 1 2 0	5 4	4 1 2 0	7 6	8 1 2 0
Al-27	1 1	1 1 3 7	3 3	2 1 3 7	5 5	4 1 3 7	7 7	8 1 3 7
Si	1 2	1 1 4 0	3 4	2 1 4 0	5 6	4 1 4 0	7 8	8 1 4 0
Ca	1 3	1 2 0 0	3 5	2 2 0 0	5 7	4 2 0 0	7 9	8 2 0 0
Cr	1 4	1 2 4 0	3 6	2 2 4 0	5 8	4 2 4 0	8 0	8 2 4 0
Mn-55	1 5	1 2 5 5	3 7	2 2 5 5	5 9	4 2 5 5	8 1	8 2 5 5
Fe	1 6	1 2 6 0	3 8	2 2 6 0	6 0	4 2 6 0	8 2	8 2 6 0
Ni	1 7	1 2 8 0	3 9	2 2 8 0	6 1	4 2 8 0	8 3	8 2 8 0
Zr	1 8	1 4 0 0	4 0	2 4 0 0	6 2	4 4 0 0	8 4	8 4 0 0
Mo	1 9	1 4 2 0	4 1	2 4 2 0	6 3	4 4 2 0	8 5	8 4 2 0
Pb	2 0	1 8 2 0	4 2	2 8 2 0	6 4	4 8 2 0	8 6	8 8 2 0
U-235	2 1	1 9 2 5	4 3	2 9 2 5	6 5	4 9 2 5	8 7	8 9 2 5
U-238	2 2	1 9 2 8	4 4	2 9 2 8	6 6	4 9 2 8	8 8	8 9 2 8

## 付録A PALLASコード入力マニュアル

## 1) PALLAS-2DCYの入力データ

( two dimensional PALLAS code )

The card number is followed by the variable names, data format in parenthesis, array dimensions in bracket and, if necessary, optional conditions in brace.

## \*\*\* PROBLEM INPUT \*\*\*

1. PROBLEM (6A4) [6]
2. KNDG, MONOE, MNODRE, NORF, KTST, IPRNT (6I3) [6]
3. JJ, IR, IZ, INPTP (4I3) [4]
4. NBND, IBN, IBR (3I3) [3]
5. EMAX, HH (2E10.3) [2]
6. MER(N) (10I3) [IR]
7. RR(N) (8E10.3) [IR]
8. MEZ(N) (10I3) [IZ]
9. ZZ(N) (8E10.3) [IZ]
10. E(J) (8E10.3) [JJ] {KNDG=4}
11. RDST (E10.3) [1] {IBR>0 or NBND=1}
12. MSR, MSZ (2I3) [2] {NBND=0}
13. RZR, ZZR1, ZZR2 (3E10.3) [3] {NBND=0}
14. SR(N) (8E10.3) [MSR] {NBND=0}
15. SZ(N) (8E10.3) [MSZ] {NBND=0}
16. SE(N) (8E10.3) [JJ] {NBND=0}
17. MZSC, NSC, LIAG, MZLR (4I3) [4] {NBND=1}
18. ZSC (E10.3) [1] {NBND=1}

19. SE(N) (8E10.3) [JJ] {NBND=1}
20. LRL, ISOC, ICONT (3I3) [3] {NBND=10}
21. RZB, ZZB1, ZZB2 (3E10.3) [3] {NBND=10}
22. SE(N) (8E10.3) [JJ] {NBND=10}
23. BN(M, 1, IP) (8E10.3) [14(M)\*LRL(IP)]<sup>\*</sup> {ISOC=0 and ICONT=0}
24. BN(M, 1, 1) (8E10.3) [LRL] {ISOC>0 and ICONT=0}
25. BN(1, 1, IP) (8E10.3) [14] {ISOC=0 and ICONT>0}
26. LZL (I3) [1] {NBND=20}
27. BOUNR(IP, M) (8E10.3) [28(IP)/LZL(M)]<sup>\*\*</sup> {NBND=20}
28. NOEL(I, J) (10I3) [IR(J)/IZ(I)]
29. NEK(I, J) (10I3) [IR(J)/IZ(I)]

\*\*\* NUCLEAR DATA \*\*\*

30. MATRAL (6A4) [6]
31. AN(NUC) (E10.3) [1] {KNDG=4}
32. CRT(N1, N2, J) (8E10.3) [JJ] {KNDG=4}
33. SIGMP(J, NUC) (8E10.3) [JJ] {KNDG=4}
34. NUCLID (6A4) [6] {KNDG=1}
35. MATNO, AMAS, AN(NUC) (I5, 2E10.3) [3] {KNDG=1 and INPTP=0}
36. AMAS, AN(NUC) (2E10.3) [2] {KNDG=1 and INPTP>0}
37. SIGT(J) (8E10.3) [JJ] {KNDG=1 and INPTP>0}
38. SIGMA(J) (8E10.3) [JJ] {KNDG=1 and INPTP>0}
39. LL, JLL (2I3) [2] {KNDG=1 and INPTP>0}
40. FMU(J, L) (8E10.3) [LL(L)/JLL(J)] {KNDG=1 and INPTP>0}
41. INEL (I3) [1] {KNDG=1 and INPTP>0}
42. JIN, J2N (2I3) [2] {KNDG=1, INPTP>0 and INEL>0}

43. CN(J, K, 1) (8E10.3) [J2N(K)/JJ(J)] {KNDG=1, INPTP>0, INEL>0  
and J2N>0}
44. CIB(K, J) (8E10.3) [JK(K)/JJ(J)] {KNDG=1, INPTP>0 and INEL>0}

## \*\*\* OUTPUT \*\*\*

45. LTHAL, LCUT, ITPEA, ITPEB, KANK (5I3) [5]
46. EPSRN (E10.3) [1] {LTHAL>0}
47. MRK, MZK, MDS, MZDS, IEF (5I3) [5]
48. KR(N) (20I3) [MRK]
49. KZ(N) (20I3) [MZK] {MZK>0}
50. DOSE (N, IN) (8E10.3) [JJ(N)/MDS(IN)] {MDS>0}

\*) read as;

READ(5,X) ((SN(M,1,IP),M=1,14),IP=1,LRL)

\*\*) read as;

DO 10 M=1,LZL

10 READ(5,X) (BOUNR(IP,M),IP=1,28)

## 2) PALLAS-SP, PLの入力データ

( one dimensional PALLAS code )

The card number is followed by the variable names, data format in parenthesis, array dimensions in bracket and, if necessary, optional conditions in brace.

## \*\*\* PROBLEM INPUT \*\*\*

1. PROBLEM (12A4) [12]
2. NGEOM, KNDG, MONOE, MNODRE, NORF, KTST, IPRNT (7I3) [7]
3. JJ, II, IQ, INPTP (4I3) [4]
4. NBND, MSR, IQIQ (3I3) [3]
5. EMAX, HH, RBND, SRCE (4E10.3) [4]
6. WP(N) (8E10.3) [IQ] {IQIQ>0}
7. WWP(N) (8E10.3) [IQ] {IQIQ>0}
8. MES(N) (20I3) [II]
9. RR(N) (8E10.3) [II]
10. E(J) (8E10.3) [JJ] {KNDG=4}
11. SR(N) (8E10.3) [MSR] {NBND=0 and MONOE=0}
12. SE(J) (8E10.3) [JJ] {NBND=0 and MONOE=0}
13. BOUND (N, J) (8E10.3) [IPQK(N)/JJ(J)]<sup>\*</sup> {NBND=10 and MONOE=0}
14. SE(J) (8E10.3) [JJ] {NBND=10 and MONOE=0}
15. BOUND(N, 1) (8E10.3) [IPQK] {NBND=10 and MONOE<0}
16. SE(1) (E10.3) [1] {NBND=10 and MONOE<0}
17. no input data {NBND=10 and MONOE>0}
18. NOEL(I) (20I3) [II]

19. NEK(I) (20I3) [II]

\*\*\* NUCLEAR DATA \*\*\*

Same as those for two dimensional PALLAS code.

\*\*\* OUTPUT \*\*\*

20. ITPEA, ITPEB, KANK (3I3) [3]

21. MRK, MRKK, IDOS, IDOSI, ICUK, IEF (6I3) [6]

22. KR(N) (20I3) [MRK] {MRK>0}

23. RDST(N) (8E10.3) [MRK] {MRKK>0}

24. RMU(N) (8E10.3) [MRK] {MRKK>0}

25. DOSE(J, N) (8E10.3) [JJ(J)/IDOS(N)] {IDOS>0}

---

\*) read as;

DO 10 J=1, JJ

10 READ(5, X) (BOUND(N, J), N=1, IPRK)

## 3) PALLAS-2DCY 入力データの説明と制限条件

- PROBLEM: タイトルガード

KNDG = 1 / 中性子輸送計算

4 / ガンマ線輸送計算

MONOE = 0 / 連続スペクトル線源

< 0 / ダミー

10 / 単色エネルギー線源

MNODER ≠ 0 / 単一方向入射問題 ( 垂直および斜入射 ) .

MNODER 番目の角度分点への入射

- NORF = 0 /  $z = 0^{\text{cm}}$  での境界条件 ( reflection )  
= 10 /  $z = 0^{\text{cm}}$  での境界条件 ( no reflection )
- KTST = -1 / 入力データのチェック  
≤ 3 / テスト計算 ( KTST 群まで計算 )  
= 0 / 通常計算
- IPRNT = 0 / 通常のプリント  
= 10 / 詳細な散乱行列データのプリント
- JJ ≤ 25 / 全群数
- IR ≤ 10 / r-方向の領域数
- IZ ≤ 10 / z-方向の領域数
- INPTP = 0 / PALLAS ライブラリーテープからの核データの読み込み  
= 10 / カードから核データの読み込み
- NBND = 0 / 体積線源問題  
= 1 / 点線源問題  
= 10 /  $z = z_0$  ( IBNメッシュ ) での r-方向への境界条件  
= 20 /  $r = r_0$  ( IBRメッシュ ) での z-方向への境界条件
- IBN = 0 / 境界条件は与えない  
≥ 1 / r-方向への境界条件を与える メッシュ
- IBR = 0 / 境界条件は与えない  
≥ 1 / z-方向への境界条件を与える rメッシュ
- EMAX / 第1群のエネルギーメッシュ ( MeV )
- HH / 中性子計算に対するレサジ巾, ガンマ線計算では不用
- MER / r-方向領域に含まれるメッシュ数. 領域の両端はメッシュ点に数える. 但し第1領域のみ原点はメッシュ点には数えない. ( ≤ 55 )
- RR / r-方向領域の厚さ ( cm )
- MEZ / z-方向領域に含まれるメッシュ数, 両端をメッシュ点として数える. ( ≤ 55 )

- ZZ/z 一方向領域の厚さ (cm)
- E /ガンマ線のエネルギー (MeV)
- RDST / 第 1 r メッシュ距離 (cm)
- MSR / 体積線源の r 一方向のメッシュ点の数
- MSZ / 体積線源の z 一方向のメッシュ点の数
- RZR / 体積線源の円柱半径 (cm)
- ZZR1, ZZR2 / 体積線源の z 一方向上端, 下端の距離 (cm)
- SR / r 一方向線源分布
- SZ / z 一方向線源分布
- SE / エネルギースペクトル ( $\text{MeV}^{-1}$ )
- MZSC / 点線源の z -メッシュ位置 (点線源は必ず Z 軸上にあるとする)
- NSC / 点線源の z 一方向領域
- LIAG / 点線源の角度分布 (等分布の場合,  $\text{LIAG} = 8$ )
- MZLR / 点線源問題 (空気中) での空気領域とそれ以外の物質の境界の z メッシュ位置
- ZSC / z 軸上の点線源位置 (cm)
- LRL /  $z = z_0$ ,  $r = 1 \sim \text{LRL}$  に境界条件を入力
- ISOC = 0 / 境界条件の角度分布を入力  
 $\geq 1$  / 境界条件の角度分布は等方的 (入力不用)
- ICONT = 0 / 境界条件の r 一方向 flux 分布を入力  
 $\geq 1$  / 境界条件の r 一方向 flux 分布は一定 (分布入力不用)
- RZB / 境界線源条件を与える r メッシュ位置 (cm)
- ZZB1, ZZB2 / 境界線源条件を与える z メッシュの上端および下端位置 (cm)
- BN / 境界条件
- LZL /  $r = r_0$ ,  $z = 1 \sim \text{LZL}$  に z 一方向へ境界条件を入力
- BOUNR (IP, M) / 境界条件, IP は角度メッシュ, M は Z 一方向メッシュ
- NOEL (I, J) / z 一領域の I, r 一領域の J での物質を構成する核種の数  
 $(I, J \leq 10)$
- NEK (I, J) / z 一領域の I, r 一領域の J での物質の指定番号  $(I, J \leq 10)$
- MATRAL / 物質名 (例えばコンクリートなど)
- AN / ガンマ線計算の場合の物質の電子密度 ( $\times 10^{24}$ )
- CRT (N1, N2, J) / z 一領域の N1, r 一領域の N2 での物質の J 群の linear absorption coefficient ( $\text{cm}^{-1}$ )
- SIGMP / 物質の pair production 断面積 ( $\text{cm}^{-1}$ )
- NUCLID / 中性子計算の場合の核種記号
- MATNO / PALLAS ライブラリでの核種指定番号
- AMAS / 核種の質量 (a.m.u.)
- AN / 核種の原子数密度 ( $\times 10^{24} / \text{cm}^3$ )



- SIGT / ミクロ全断面積 ( barn )
- SIGMA / ミクロ散乱断面積 ( barn )
- LL / ルジャンドル係数の項数
- JLL / JLL群までルジャンドル係数を入力
- FMU / ルジャンドル係数
- INEL = 0 / 非弾性散乱データ入力しない ( 水素 )  
     > 0 / 非弾性散乱データ入力する
- JIN / 非弾性散乱の起る下限のエネルギー群
- J2N / ( n, 2n ) 反応の起る下限のエネルギー群
- CN ( J, K, 1 ) /  $E_k \rightarrow E_j$  への ( n, 2n ) 散乱マトリックス
- CIB ( K, J ) /  $E_k \rightarrow E_j$  への非弾性散乱マトリックス
- LTHAL = 0 / 熱中性子群計算なし  
     > 0 / 熱中性子群計算あり
- LCUT / 熱中性子群計算の iteration 打ち回数
- ITPEA = 0 / 角度束の計算結果をテープに保存しない  
     = 1 / 角度束の計算結果をテープに保存する
- ITPEB = 0 / 前回の計算結果のテープを使用しない  
     > 0 / 前回の計算結果のテープを使用する  
     使用する群範囲は 1 ~ ITPEB 群である
- KANK = 1 / 前回の計算出力テープから 1 群毎に今回の計算ヘデータを移す  
     = N / 前回の計算出力テープから ( N-1 ) 群おきに今回の計算ヘデータを移す  
     ( 例 : KANK = 2 ならば 1, 3, 5, ... 群となる )
- EPSRN / 熱中性子群 iteration の収斂判定条件
- MRK / scalar flux を出力する r メッシュ点数  
     ( z メッシュ方向については全メッシュ点で出力する )
- MZK / 角度束を出力する z メッシュ点数, MZK = 0 ならば角度束は出力しない
- MDS / レスポンス関数の数
- MZDS = 0 ( ダミー )
- IEF = 0 / scalar flux を出力  
     ≠ 0 / energy flux を出力
- KR / scalar flux を出力する r メッシュ点, 対応する  
     z メッシュについては自動的に全点で出力する
- KZ / 角度束を出力する z メッシュ点
- DOSE / レスポンス関数

## 4) PALLAS-SP, PL 入力データの説明と制限条件

1次元PALLASのPALLAS-SP, PLは2次元のPALLAS-2D-CYと入力データがかなりの部分で共通であるため、ここでは入力データのうち2次元コードと異なる1次元用データについてのみ説明および制限条件を以下に与える。

- NGEOM = 1 / 平板形状  
2 / 球形状
- JJ  $\leq$  120 / 全群数
- II / 領域数
- IQ = 14 or 16 or 20 / コードに内蔵されている  
Gaussian quadrature set の指定
- IQIQ = 0 / no effect  
> 0 / IQ  $\leq$  20 の任意の quadrature を入力
- RBND / { NBND = 10 境界条件を設定する位置 ( r or x 距離 ) }
- SRCE / { NBND = 10 and MONOE = 10 単色エネルギー線源強度 }
- WP / angular quadrature
- WWP / weight
- MES / 領域毎のメッシュ点の数 ( 全領域で150点以下 )
- SR, SE / 線源空間分布および線源エネルギースペクトル ( MeV<sup>-1</sup> ),  $S(r_N, E_J) =$   
 $SR(N) \times SE(J)$
- BOUND /  $\equiv B(W_N, E_J)$ , 境界条件, IPQKは,  $W_N > 0$  である角度分点数
- MRK / 計算結果を出力するメッシュ点の数
- KR / 計算結果を出力するメッシュ番号
- MRKK = 0 / no effect  
> 0 / メッシュ点 KR(N) で  $e^{+\mu_{or}} I_0(r, E)$  を出力する
- RDST /  $e^{+\mu_{or}} I_0(r, E)$  を出力する空間位置 ( cm )
- RMU /  $e^{+\mu_{or}} I_0(r, E)$  を出力する点の  $\mu_{or}$
- IDOS / レスポンス関数の数
- IDOSI = 0 / dose rate を計算  
> 0 / 各群毎の dose rate を計算
- ICUR = 0 / no effect  
> 0 / current を出力
- IEF = 0 / scalar flux  $\phi_0(r, E)$  を出力  
> 0 / energy scalar flux  $E\phi_0(r, E)$  を出力

## 付録B ライブラリデータ書き込みプログラムリスト

次に示すプログラムリストは、RADHEAT-V3を用いて計算した無限希釈断面積または実効断面積をFile 1から読み込み、ルジャンドル係数および定数制御変数データをFile 2から読み込み、それらを結合してPALLASコードのFormatにしたがってFile 3で指定したライブラリに書き込むためのものである。

.....\*.....1.....\*.....2.....\*.....3.....\*.....4.....\*.....5.....\*.....6.....\*

\*HFORT

```

    DIMENSION TOT(53,50),TOS1(53,50),TOS2(53,50)
    *          ,TOT3(53,50,9),CRX(5,55),GRP(55)
    *          ,MATNO(25),ALP(12),TITLE(12),SMT(23,50)
    *          ,ELAX(20,50),TOT1(2700),TOT2(2700)
    MT=1
    ND=2
    REWIND MT
    REWIND ND
    REWIND 3
    READ(MT)MAXG,MAXG1,LORDER,NUC,(GRP(I),I=1,MAXG1)
    *          ,(ALP(I),I=1,12)
    MAXG3=MAXG+3
    READ(MT)(MATNO(I),I=1,NUC)
    DO 99 KK=1,11
    READ(ND,30)JAM,JBM,JFMU,LP,ELM1,ELM2
    IF(JFMU.EQ,0) GO TO 36
    DO 35 J=1,JFMU
35 READ(ND,31)(ELAX(I,J),I=1,LP)
36 CONTINUE
    READ(MT)IDNO,(TITLE(I),I=1,12)
    CALL READ(SMT,23*MAXG,MT,0)
    CALL READ(TOT1,MAXG3*MAXG,MT,0)
    CALL READ(TOT2,MAXG3*MAXG,MT,0)
    DO 20 L=1,LORDER+1
20 CALL READ(TOT3(1,1,L),MAXG3*MAXG,MT,0)
    DO 21 I=1,MAXG3
    DO 21 J=1,MAXG
    K=I+(J-1)*MAXG3
    TOS1(I,J)=TOT1(K)
    TOS2(I,J)=TOT2(K)
21 CONTINUE
    DO 40 J=1,MAXG
    CRX(1,J)=SMT(1,J)
    CRX(2,J)=SMT(7,J)
    CRX(3,J)=SMT(8,J)
40 CONTINUE
    WRITE(3,305)
    WRITE(3,310) IDNO,(TITLE(I),I=1,12)
    WRITE(3,320) MAXG,JAM,JBM,JFMU,LP
    WRITE(3,330) ((CRX(I,J),J=1,MAXG),I=1,3)
    IF(JFMU.GT,0)
    *WRITE(3,330) ((ELAX(I,J),I=1,LP),J=1,JFMU)
    IF(JBM.EQ,0) GO TO 45
    DO 24 I=1,JBM
    DO 24 J=1,JAM
    TOT(I,J)=0.0
24 CONTINUE
    DO 25 J=1,JAM
    DO 25 I=4,J+3
    K=J+4-I
    TOT(K,J)=TOS1(I,J)+TOS2(I,J)
25 CONTINUE
    WRITE(3,330) ((TOT(I,J),I=1,JBM),J=1,JAM)
45 CONTINUE

```

.....\*.....1.....\*.....2.....\*.....3.....\*.....4.....\*.....5.....\*.....6.....\*

```
99 CONTINUE
30 FORMAT(4I6,2A4)
31 FORMAT(8E10,4)
305 FORMAT(4H****)
310 FORMAT(I6,12A4)
320 FORMAT(5I6)
330 FORMAT(6(1PE12,5))
300 CONTINUE
STOP
END
SUBROUTINE READ(D,NREC,IUNIT,ITYPE)
DIMENSION D(1)
IF(ITYPE,NE,0)RETURN
READ(IUNIT)(D(N),N=1,NREC)
RETURN
END
```