

JAERI - M
86-150

GAMFIL:
ガンマ線生成核データファイル作成プログラム

1986年10月

肥田 和毅*

JAERI-M 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。
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1986

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 山田 軽 印 刷 所

GAMFIL：ガンマ線生成核データファイル作成プログラム

日本原子力研究所東海研究所物理部

肥田 和毅*

(1986年9月26日受理)

評価済みガンマ線生成核データをENDF/B形式でファイル化するプログラムGAMFILを作成した。GAMFILでは、評価は核反応理論計算コードGNASHにより行われることを想定しており、ディスク上に記録されたGNASHの計算結果を、極めて少数の入力でENDF/B形式のデータファイルに変換する。これに応じてGNASHの出カルーチンの一部を改訂した。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白根字白根 2-4

本研究は、日本原子力研究所から日本原子力事業株式会社への委託研究の成果の一部である。

*日本原子力事業株式会社総合研究所

GAMFIL:
A Computer Program
for Generating Photon Production Nuclear Data File

Kazuki HIDA*

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

(Received September 26, 1986)

A computer program GAMFIL was developed in order to generate a photon production nuclear data file with the ENDF/B format. By assuming that evaluation is performed with the nuclear reaction theory code GNASH, GAMFIL converts the GNASH output into a data file in the ENDF/B format. For this purpose, output subroutines of GNASH were partly modified.

Keywords: Computer Program, Photon Production, Evaluated Data, ENDF/B
format, GNASH, GAMFIL

* NAIG Nuclear Research Laboratory,
Nippon Atomic Industry Group Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. ENDF/B形式の概略	3
2.1 ガンマ線生成核データの表現	3
2.2 データの格納とその問題点	4
3. GAMFILの機能	6
3.1 入力の説明	6
3.2 反応の識別	7
3.3 データの内外挿	10
3.4 ジョブの実行と使用例	11
3.5 サブルーチンの概略	12
4. GNASH出力ルーチンの改訂	27
4.1 記録データ	27
4.2 ジョブの実行	28
5. おわりに	33
謝 辞	33
参考文献	34

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of ENDF/B Format	3
2.1 Representation of Photon Production Nuclear Data	3
2.2 Data Storage and Difficulties	4
3. Function of GAMFIL	6
3.1 Description of Input Data	6
3.2 Identification of Reactions	7
3.3 Interpolation and Extrapolation of Data	10
3.4 Examples	11
3.5 Outline of Subroutines	12
4. Modification of GNASH Output Subroutines	27
4.1 Written Data on Output Disk	27
4.2 Execution of Job	28
5. Conclusion	33
Acknowledgements	33
References	34

1. はじめに

ガンマ線生成核データの評価から応用計算に至るまでの流れの概略を Fig.1 に示す。評価は、実験データ、理論計算、あるいは経験式等に基づいて行われるが、熱中性子から 20MeV までの広範なエネルギーの中性子に対して精度良い実験データが揃っていることは稀であるので、現実的には理論計算による場合が多い。このようにして評価されたデータは ENDF/B 形式に従って評価済みデータファイル JENDL に格納される。ガンマ線生成データにはファイル 12～16 が割り当てられている。ガンマ線生成核データのファイル化にはガンマ線生成断面積とガンマ線多重度との2つのオプションが用意されているが、データが後者で格納されている場合には、遮蔽・発熱計算等の応用計算の際、ファイル2あるいは3に格納されている中性子断面積を参照する必要がある。

以上の流れは中性子断面積の場合もほぼ同様である。中性子断面積の場合には、評価は実験データに基づいて、あるいは統計理論計算プログラム CASTHY¹⁾により行われるが、後者の場合には計算結果を ENDF/B 形式でファイル化するプログラム CTOB²⁾が開発され省力化に多大な貢献をしている。一方、ガンマ線生成核データの場合、現在国内で使用可能な理論計算プログラムとしては、GROGI³⁾とその改訂版⁴⁾、および GNASH⁵⁾が挙げられよう。しかしながら、これらの理論計算による結果を ENDF/B 形式でファイル化することは、中性子断面積の場合と同様あるいはそれ以上に複雑な作業である。また、理論計算によるガンマ線生成核データのファイル化に特有な問題として反応の識別の問題がある。GROGI や GNASH のような多段階モデルによる理論計算で得られる断面積はある核からある粒子またはガンマ線を放出する断面積であるが、粒子放出後さらに粒子またはガンマ線を放出しうるので、放出ガンマ線を特定の中性子反応に対応づけるためには工夫が必要になる。

本報告では評価済みガンマ線生成核データを ENDF/B 形式でファイル化するプログラム GAMFIL の機能および使用例について報告する。また、計算結果を GAMFIL に直接渡せるように GNASH の一部を改訂したので、併せて報告する。

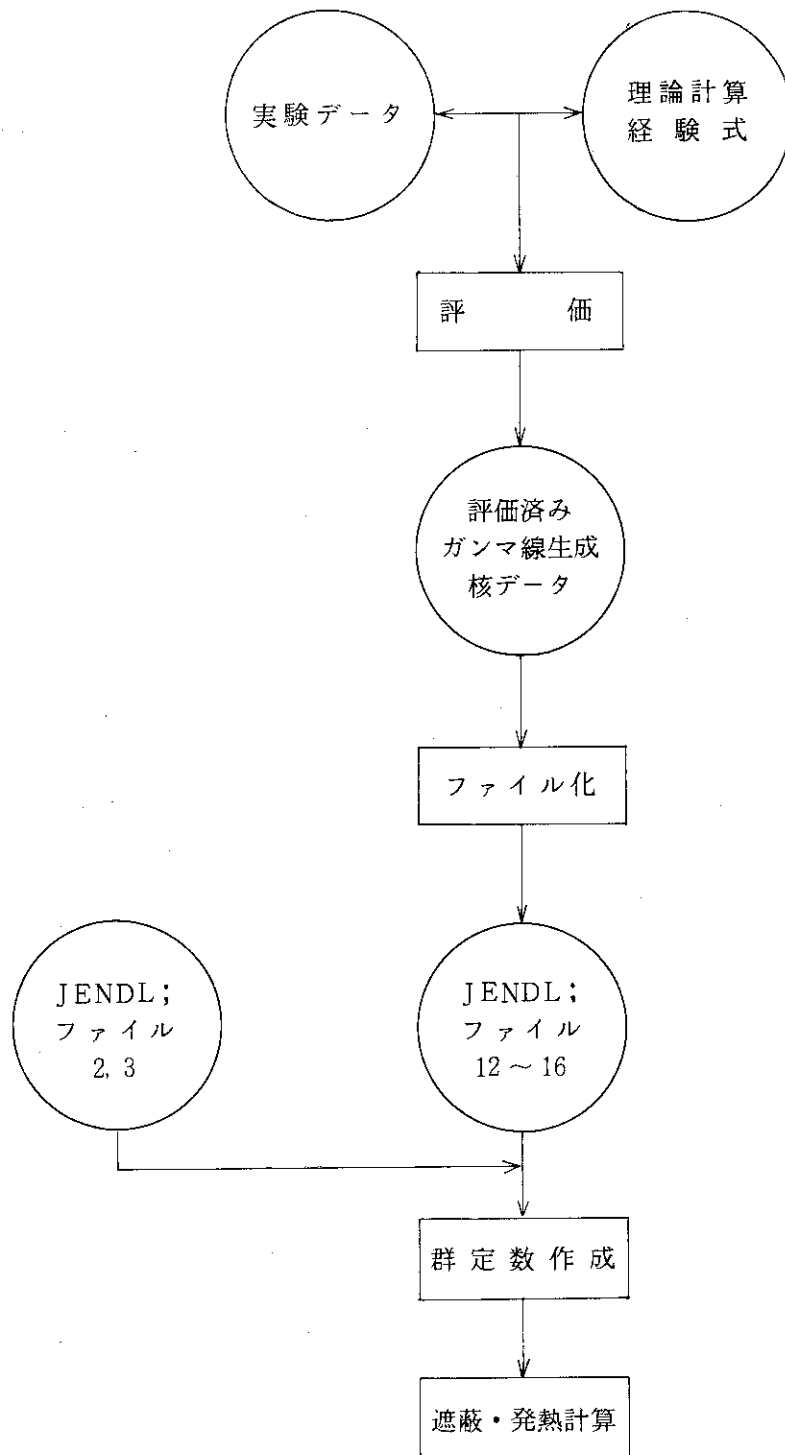


Fig. 1 Evaluation, file-making, data processing and application of photon production nuclear data

2. ENDF / B 形式の概略

ENDF / B形式の詳細な記述については別の文献^{6),7)}に譲ることにし、ここではGAMFILの機能の説明に必要な最小限の記述に留める。また、ENDF / B形式でデータファイルを作成するうえでの注意事項についても簡単に触れる。

2.1 ガンマ線生成核データの表現

エネルギー E_n の中性子によって引き起こされたある反応に伴って放出されるエネルギー E_r のガンマ線の微分生成断面積は次式によって表される。

$$\frac{d\sigma_r}{dE_r}(E_r \leftarrow E_n) = \sigma_n(E_n) \cdot y(E_n) \cdot f(E_r \leftarrow E_n) \quad (\text{barn/eV})$$

ここで、

$\sigma_n(E_n)$: 中性子断面積	(barn)
$y(E_n)$: ガンマ線多重度	(photons/reaction)
$f(E_r \leftarrow E_n)$: ガンマ線エネルギー分布	(eV ⁻¹)

である。なお、ここではガンマ線の放出角度分布については除外している。

上式では、スペクトル全体が1つの連続ガンマ線スペクトルとして表わされている。理論計算の場合には一般にヒストグラフ形式で与えられるのでこれに対応している。ただし、ENDF / B形式としては、スペクトルをいくつかの部分、例えば数本の離散ガンマ線と残りの部分からなる連続ガンマ線に分割してファイル化することが可能である。このような分割の利点は、統計理論等では再現することのできない高エネルギー離散ガンマ線として実験データを採用し、残りの連続スペクトルを理論計算で補うといった方法がとれる点にある。

ENDF / B形式ではファイル (MF) 12 ~ 16 がガンマ線生成核データの格納に割り当てられている。

MF 12	: オプション 1 …… $y(E_n)$ オプション 2 …… 遷移確率
MF 13	: $\sigma_r(E_n) = \sigma_n(E_n) \cdot y(E_n)$
MF 14	: 角度分布
MF 15	: $f(E_r \leftarrow E_n)$
MF 16	: エネルギー・角度二重微分スペクトル

以上のファイルは、反応ごとに、またスペクトルが分割されて表されている場合には分割された部分ごとに、(12 . OR . 13) . AND . ((14 . AND . 15) . OR . 16) の組み合わせが必要である。ただし、MF 15 は連続ガンマ線の場合にのみ必要であり、MF 16 は連続ガンマ線の場合にのみ使用可能である。各ファイルでは 10^{-5} eV あるいは閾値から 20 MeV まで E_n ごとにデータが与えら

られる。

現時点ではガンマ線の角度分布まで評価することは考えられていない。従って、MF 14 では等方分布が仮定され、MF 16 は使用されないと考えてよい。次節では、MF 12 あるいはMF 13 においてデータを σ_γ 、 y あるいは遷移確率のいずれで表すべきかを考える。

2.2 データの格納とその問題点

離散準位への非弾性散乱 (MT=51~90) に対しては遷移確率を格納することができる。この場合、ガンマ線生成断面積を得るには処理プログラムによってガンマ線多重度に変換したうえで中性子断面積を乗じるという手間が必要になるが、ガンマ線多重度を直接格納した場合に比べてかなり少量のデータで済む。ただし、このオプションの使用には大きな制限がある。ENDF/B形式ではこのオプションを使用した場合その遷移確率データが適用される入射エネルギー範囲を指定することができないため、閾値から 20MeV までの全中性子エネルギー領域に自動的に適用されることになる (一般的には遷移確率は入射エネルギーに依らない)。従って、反応間の重複を避けるために、全ての反応を反応別に格納する必要が生じる。例えば、ある入射エネルギー以下では反応別に格納し、多数のチャンネルが開いてくると全ての反応をひとまとめにして弾性散乱外反応として格納することがしばしば行なわれる。この場合、遷移確率データは全入射エネルギーに亘って有効であるので、高エネルギー領域においてデータファイルから機械的に全ガンマ線生成断面積を作成すると、離散準位への非弾性散乱に伴うガンマ線は二重に数えられることになる。もちろん、データファイルの内容を全て理解したうえで利用すればこのような問題は生じないが、誤解や誤処理の原因となりやすいのでこのような格納法は一般には避けるべきであろう。さらにまた、第 1 から第 N 励起状態までの遷移確率が (例えば実験データとして) わかっているとしよう。このとき第 N+1 励起状態から上の準位はまとめて連続準位 (MT=91) として扱われる。ところが中性子断面積ファイルには遷移確率が未知である第 N+1 励起状態以上の準位まで離散準位として格納されている場合が多く (例えば、CASTHY により評価されている場合)、その場合には、連続準位の定義において、中性子断面積ファイルとガンマ線生成核データファイルとの間で不整合が生じることになる。このような障害を克服する 1 つの方法は、遷移確率をガンマ線多重度に変換してオプション 1 のもとで格納することである。オプション 1 では入射エネルギー範囲を指定することができる。

一般の反応についてはデータはガンマ線多重度 y (MF 12, オプション 1) あるいはガンマ線生成断面積 σ_γ (MF 13) のいずれかで与えられる。MF 13 の利点は中性子断面積ファイルの引用を必要としない点であり、これは同時に MF 12 の欠点である。ここで入射エネルギーに従って分類してみよう。eV~数十 keV のいわゆる共鳴領域では MF 12 を使用すべきである。MF 13 を使用する場合には、中性子断面積の共鳴構造に伴うガンマ線生成断面積の入射エネルギー依存を表現するために膨大な量のデータが必要となるからである。これはガンマ線生成核データに、中性子断面積における共鳴パラメータのような量が存在しないからである。データ量を節約できるという意味ではガンマ線多重度が共鳴パラメータに代わるものと言えるが、これとて各々の共鳴準位の個性 (スピン、パリティ等) を反映するものではない。共鳴準位ごとに変化するガンマ線スペク

トル（特に高エネルギー離散ガンマ線に顕著に現れる）をどう正確に評価しファイル化するかは今後に残された重要な課題である。

入射エネルギーが数百 keV 以上になると多数のチャンネルが寄与するようになり、ガンマ線を反応別に分離するのが困難な場合がでてくる。この場合、全ての反応を弾性散乱外反応（MT=3）として一括してMF13に格納するのが合理的である。しかしながら、理論計算の場合のように反応別に分離することが可能な場合には反応別にMF12に格納する方が望ましい。中性子断面積は通常実験データに基づいて精度よく評価されファイル化されているのに対し、理論計算による中性子断面積は必ずしも十分に実験データを再現しているとは言えないからである。そこでガンマ線生成核データとしてはMF12にガンマ線多重度を格納しておき、データを利用する際に中性子断面積ファイルを併用する。ただし、この方法ではエネルギー保存が成立しなくなるような場合が生じる可能性がある。

3. GAMFIL の機能

GAMFILでは、GNASHの計算結果をファイル化することを前提としているため、ガンマ線生成核データは、

- ヒストグラム形式の連続ガンマ線スペクトル (2.1節参照)
- 離散準位間の遷移確率

のいずれかであることを想定している。

GNASHの計算結果はガンマ線生成断面積として与えられるので、MF12 (オプション1) でもMF13でもファイル化することが可能である。GAMFILでは、2.2節での議論に従って、弾性散乱外反応についてはMF13で、非弾性散乱を除くその他の反応についてはMF12 (オプション1) で格納する。離散準位への非弾性散乱ガンマ線データとしては遷移確率のデータを用いるが、GAMFILでは、これをそのままMF12 (オプション2) として格納することも、ガンマ線多重度に変換してMF12 (オプション1) として格納することも可能である。ただし前者は、中性子エネルギーに亘って反応別にデータが評価されている場合に限る。

3.1 入力の説明

GAMFILへの入力は以下のとおりである。

```
READ (5, 100) ZA, AWR, MAT, EB
100 FORMAT (2F10.0, 6X, I4, F10.0)
```

ここでZA, AWR, MATは標的核についてのデータで、

ZA : $\pm(Z \cdot 1000 + A)$ 。Z, Aは各々原子番号と質量数。負号は核分裂物質を示す*。

AWR: 質量を中性子の質量で除した値。

MAT: MAT番号 (4桁の自然数)。

である。EBは、その絶対値が標的核の連続状態が始まる励起エネルギー (MeV) を示し、その符号でファイル化のオプションを指定する。Fig.2 参照。

EB > 0 : 全ての反応を反応別にガンマ線多重度としてMF12 (オプション1) に格納する。ただし離散準位への非弾性散乱は遷移確率としてMF12 (オプション2) に格納する。EB \cdot (AWR + 1) / AWRが連続準位への非弾性散乱 (MT=91) の閾値である。

EB < 0 : $|EB| \cdot (AWR + 1) / AWR$ 以下の入射エネルギーでは反応別にガンマ線多重度をMF12 (オプション1) に格納する。ただし離散準位への非弾性散乱は遷移確率をガンマ線多重度に変換したうえでMF12 (オプション1) に格納する。 $|EB| \cdot (AWR + 1) / AWR$ 以上のエネルギーでは全ての反応を一括して弾性

* 核分裂反応が計算できるようGNASHを改訂してある⁸⁾。ただし、その精度は充分とは言えない。

散乱外反応としてガンマ線生成断面積をMF13に格納する。

2.2節で指摘したように、すでに中性子断面積ファイルが完成している場合で、ガンマ線の遷移確率が不明であるような準位まで離散準位として格納されている場合には、たとえGNASH計算の結果が反応別に処理できるにしても、後者（ $EB < 0$ ）の入力をしなければならない。どうしても全中性子エネルギーに亘って反応別に格納（すなわち $EB > 0$ の入力を）したいならば、中性子断面積ファイルに格納されている全ての離散準位について、何らかの方法で遷移確率を評価し、これを用いてGNASH計算を実行しなければならない。もちろん、ガンマ線生成核データと中性子断面積とを同時に整合的に評価する場合は問題ない。

3.2 反応の識別

GNASHの計算結果における二次粒子あるいはガンマ線スペクトルは、それがどの核から放出されたものであるかによってのみ識別されている。ここでガンマ線だけに着目すれば、ガンマ線放出に引き続いて粒子放出は起こらないというGNASHの仮定により、ガンマ線放出核と反応の種類とを一対一に対応づけることが可能である。ただし、 $(n, n'p\gamma)$ と $(n, d\gamma)$ のように区別できない場合もあるが、その処理について本節の後半で述べる。

さて、粒子放出後さらに同一あるいは別種の粒子を放出することは一般に起こり得ることであるから、GNASHの計算結果の粒子放出断面積から中性子断面積を求めるには工夫が必要になる。（中性子断面積はガンマ線生成断面積をガンマ線多重度に変換するために必要である。） そのため、GNASHの計算結果における粒子放出断面積を

$\sigma(A, a)$: 親核Aから粒子aを放出する断面積

とおこう。今注目する反応は、親核 A_0 から粒子 a_0 を放出し、残留核 $A_0 - a_0$ からガンマ線を放出する反応であるとすると、その中性子断面積は次式によって計算できる。

$$\sigma(A_0, a_0) - \sum_i \sigma(A_0 - a_0, a_i)$$

ここで i に関する和はガンマ線を除く全ての放出粒子についてとられる。

GAMFILにおいて考慮されている反応をTable1に、またGNASHにおいて対応する反応系列をFig.3に示す。以下反応別に詳しく調べていく。入射中性子を吸収した複合核をAとする。

MT=3 : 弾性散乱外反応

$\sigma_3 =$ 複合核形成断面積 σ_R - 複合弾性散乱断面積 σ_{ce}

σ_{ce} は基底状態の励起断面積として与えられている（離散準位への非弾性散乱と同じ扱い）。

MT=4 : 全非弾性散乱

$$\sigma_4 = \sigma(A, n) - \sigma_{ce} - \sum_i \sigma(A - n, a_i) - \sigma(A - n, f)$$

MT=4はファイル化には使用されず、MT=51~90および91が使用される。

MT=16, 17, 37 : $(n, 2n)$, $(n, 3n)$, $(n, 4n)$

$$\sigma_{16} = \sigma(A - n, n) - \sum_i \sigma(A - 2n, a_i) - \sigma(A - 2n, f)$$

$$\sigma_{17} = \sigma(A-2n, n) - \sum_i \sigma(A-3n, a_i) - \sigma(A-3n, f)$$

$$\sigma_{37} = \sigma(A-3n, n) - \sum_i \sigma(A-4n, a_i) - \sigma(A-4n, f)$$

$\sigma(A-jn, f)$ は $(j+1)$ th chance fission の断面積。

MT=18 : 核分裂

$$\sigma_{18} = \sum_j \sigma(A-jn, f)$$

MT=22, 32 : $(n, n'\alpha)$, $(n, n'd)$

$$\sigma_{22} = \{\sigma(A-n, \alpha) + \sigma(A-\alpha, n)\} - \sum_i \sigma(A-n-\alpha, a_i)$$

$$\sigma_{32} = \{\sigma(A-n, d) + \sigma(A-d, n)\} - \sum_i \sigma(A-n-d, a_i)$$

MT=24 : $(n, 2n\alpha)$

$$\sigma_{24} = \sigma(A-2n, \alpha) + \sigma(A-n-\alpha, n)$$

MT=28, 104 : $(n, n'p)$, (n, d)

$$\sigma_{28} = \{\sigma(A-n, p) + \sigma(A-p, n)\} - \frac{\sigma(A-n, p) + \sigma(A-p, n)}{\sigma(A-n, p) + \sigma(A-p, n) + \sigma(A, d)} \cdot \sum_i \sigma(A-n-p, a_i)$$

$$\sigma_{104} = \sigma(A, d) - \frac{\sigma(A, d)}{\sigma(A-n, p) + \sigma(A-p, n) + \sigma(A, d)} \cdot \sum_i \sigma(A-n-p, a_i)$$

残留核 $A-n-p$ と $A-d$ とは同一のものであり、それが $(n, n'p)$ と (n, d) のいずれの反応によって生成されたかの記録は GNASH にはない。GAMFIL では、残留核 $A-n-p = A-d$ からの粒子放出断面積 $\sigma(A-n-p, a_i)$ のうち、それが $(n, n'p)$ あるいは (n, d) のいずれの反応を経由したものであるかは $\sigma(A-n, p) + \sigma(A-p, n)$ と $\sigma(A, d)$ とで比例配分したものと仮定している。厳密には、残留核 $A-n-p$ と $A-d$ とでは励起された準位の分布が異なるので、単純な比例配分とはならないことを付記しておこう。

MT=51 ~ 90 : 離散準位への非弾性散乱

GNASH の計算結果として直接与えられている。

MT=91 : 連続準位への非弾性散乱

$$\sigma_{91} = \sigma_4 - \sum_{j=51}^{90} \sigma_j$$

MT=102 : (n, γ)

$$\sigma_{102} = \sigma_{n,\gamma} - \sigma_{n,\gamma n'}$$

$\sigma_{n,\gamma}$ はGNASHにおいて binary cross section (入射中性子を吸収した直後の複合核状態の崩壊断面積) として与えられている。またGNASHでは複合核においてのみガンマ線放出後に中性子を放出できるが、この $(n, \gamma n')$ 反応は非弾性散乱に含まれるとし、 $\sigma_{n,\gamma n'}$ は σ_{102} から除く。

MT= 103, 105, 106, 107 : (n, p) , (n, t) , $(n, {}^3\text{He})$, (n, α)

$$\sigma_{103} = \sigma(A, p) - \sum_i \sigma(A-p, a_i)$$

$$\sigma_{105} = \sigma(A, t) - \sum_i \sigma(A-t, a_i)$$

$$\sigma_{106} = \sigma(A, {}^3\text{He}) - \sum_i \sigma(A-{}^3\text{He}, a_i)$$

$$\sigma_{107} = \sigma(A, \alpha) - \sum_i \sigma(A-\alpha, a_i)$$

MT= 111 : $(n, 2p)$

$$\sigma_{111} = \sigma(A-p, p) - \sum_i \sigma(A-2p, a_i)$$

以上で、GNASHの計算結果から、Table1に示した全ての反応の中性子断面積を求めることができる。その際、やや複雑な処理が必要となったのは、 $(n, n'p)$ と (n, d) 反応のように、異なった反応でありながら同一の残留核に至り、かつその残留核からさらに粒子を放出する場合であった。このような場合、残留核からの粒子放出がいつれの反応を経由したものであるかの識別が不可能だからである。一方、 $(n, n'd)$ と (n, t) 反応の場合にも同一の残留核に至るが、その残留核からはもはや粒子は放出しないと仮定しているので (Fig.3) 問題は生じない。

ところが、ガンマ線生成断面積を求める際には、 $(n, n'd)$ と (n, t) 反応の場合でも面倒な処理が必要になる。すなわち、残留核 $A-n-d=A-t$ から放出されたガンマ線は、それが $(n, n'd)$ と (n, t) のいつれの反応に帰属するかは不明なのである。このような事情は $(n, n'p)$ と (n, d) 反応の場合ももちろん同じである。これらの反応に対して、GAMFILでは次のような処理を行う。 σ_{MT}^{γ} を反応MTのガンマ線生成断面積とする。

MT= 28, 104 : $(n, n'p)$, (n, d)

$$\sigma_{28}^{\gamma} = \frac{\sigma_{28}}{\sigma_{28} + \sigma_{104}} \sigma(A-n-p, \gamma)$$

$$\sigma_{104}^{\gamma} = \frac{\sigma_{104}}{\sigma_{28} + \sigma_{104}} \sigma(A-n-p, \gamma)$$

MT= 32, 105 : $(n, n'd)$, (n, t)

$$\sigma_{32}^f = \frac{\sigma_{32}}{\sigma_{32} + \sigma_{105}} \sigma(A - 2n - p, r)$$

$$\sigma_{105}^f = \frac{\sigma_{105}}{\sigma_{32} + \sigma_{105}} \sigma(A - 2n - p, r)$$

すなわち、2つ以上の異なる反応によって生成された残留核からガンマ線を放出する断面積は、その残留核の生成断面積に比例して配分する。上式では明示されていないが、ガンマ線スペクトル（規格化されたもの）も2つの反応で同一と仮定している。これらの処理が正確でないことは明らかであるが、GNASHの計算モデル上これ以上のことは不可能であろう。

3.3 データの内外挿

ENDF/B形式では、入射中性子エネルギーについて、 10^{-5} eVから20MeV（閾値反応では閾値から20MeV）に亘ってデータが必要である。しかしながら、一般的に言って、 10^{-5} eVや各々の反応の閾値に対応するエネルギーにおいてGNASH計算が実行されるとは限らないので、GAMFILでは与えられたGNASH計算の結果をもとに内外挿によって必要な入射エネルギーのデータを作成する。

10^{-5} eVあるいは閾値でのデータが欠如している場合には、GNASH計算点のうちこれらより高いエネルギー点（低エネルギーから順に E_1, E_2, \dots とする）のデータを利用する。すなわち、ガンマ線スペクトルは E_1 でのものをそのまま用い、ガンマ線多重度あるいはガンマ線生成断面積は E_1 と E_2 での値をエネルギーに関して直線外挿する。20MeVのデータが不足している場合も同様である。

GAMFILの入力において $EB < 0$ （3.1節参照）のときには、さらに、 $E_c = |EB| \cdot (AWR + 1) / AWR$ のエネルギーでのデータが必要になる。 $EB < 0$ のとき、Fig.2に示すように、 E_c 以下では反応ごとにガンマ線多重度が、 E_c 以上では弾性散乱外反応として一括してガンマ線生成断面積がファイル化されるため、全ての反応（弾性散乱外反応も含めて）において E_c でのデータが必要になる。ガンマ線スペクトルは E_c のすぐ上のエネルギー点でのものをそのまま用い、ガンマ線多重度あるいはガンマ線生成断面積は E_c を狭む2点間の直線内挿により求める。 E_c 以下にGNASHの計算点が無い場合には、 E_c のすぐ上の2点のデータを直線外挿する。なお、 $EB < 0$ を入力した場合、反応間でデータが重複しないように、Fig.2に示すように、弾性散乱外反応については 10^{-5} eVと E_c の間はガンマ線生成断面積としてゼロを、また、その他の各反応については E_c と20MeVの間はガンマ線多重度としてゼロを、各々データとして格納する。いずれの場合も E_c ではゼロ値と内外挿によって求めた値とが二重に格納される。

最後に、非弾性散乱以外の反応では中性子断面積とガンマ線生成断面積とで反応のQ値が異なることに注意しよう。中性子反応が起こるためには粒子放出後の残留核の基底状態が励起されればよいが、同じ反応でガンマ線を放出するためには同じ残留核でも第一励起状態かそれより上の準位が励起されなければならないからである。従って、残留核の第一励起状態の励起エネルギー

を E_0 とすると、中性子反応の閾値 E_{th} から $E_{th} + E_0 \cdot (AWR + 1) / AWR$ までの間はガンマ線は放出されない。そこでGAMFILではこのエネルギー範囲でのガンマ線多重度あるいはガンマ線生成断面積をゼロにセットする。 $E_{th} + E_0 \cdot (AWR + 1) / AWR$ でのガンマ線スペクトルは、この点のすぐ上のものを用いる。

なお、格納されたデータ間の入射エネルギーについての内挿方式は全て linear-linear (INT = 2) とする。

3.4 ジョブの実行と使用例

原研大型計算機でのGAMFILの実行の仕方を ^{58}Ni を例にとってFig. 4に示す。GAMFILでは以下の番号の入出力ファイルを使用している。

- 01 : ENDF/B形式に従ってE変換でデータを書き込み、巻き戻して文字Eを読み飛ばす。
- 05 : 3.1節で説明した入力データ。
- 06 : 入射エネルギーごとのガンマ線スペクトル、および作成したENDF/B形式のファイルの内容。詳細は後述する。
- 07 : 作成したENDF/B形式のファイル。パーマネントファイルあるいは磁気テープにアサインして保存する。
- 08 : GNASHの計算結果(次章参照)。
- 12 ~ 15 : MF 12 ~ 15の内容。

ここで、GNASHの計算結果は"NI58SP01"という名称で、またENDF/B形式のファイルは"GAMNI 58"という名称で各々ディスク上にとられている。

入力データは以下のとおりである。

```
ZA = 28058.0
AWR = 57.438
MAT = 2281
EB = 4.108
```

すなわち、標的核 ^{58}Ni の4.108 MeV(第15励起状態)以上の励起準位を連続状態と見なすとともに、 $EB > 0$ であるから全ての反応を反応別にガンマ線多重度としてMF12(オプション1)でファイル化する。ただし、 $MT = 51 \sim 64$ については遷移確率のままMF12(オプション2)に格納する。

GAMFILを実行したときのアウトプットをFig. 5 ~ 7に示す。Fig. 5は標的核 ^{58}Ni の離散準位の遷移確率データで、GNASHで使用されているものである。TPがNF準位への遷移確率で、GPがその遷移に占めるガンマ線遷移の割合である。Fig. 6は中性子エネルギー15 MeVでのガンマ線スペクトルデータで、MTごとに分類されている(単位はbarn/MeV)。反応は、 (n, n') 、 $(n, 2n)$ 、 $(n, n'\alpha)$ 、 $(n, n'p)$ 、 (n, γ) 、 (n, p) および (n, α) が考慮されている。E-THNおよびE-THGは各々中性子反応およびガンマ線放出反応に対する閾値である。スペクトルの下には、ガンマ線生成断面積、中性子断面積およびガンマ線多重度が示されている。2ページに亘るこれらのデータは入射エネルギーごとにプリントアウトされる。

Fig. 7がENDF/B形式のファイルの内容であり、出力ファイル07の内容と同一である。本例ではGNASH計算は入射エネルギー3, 5, 15 MeVの3点についてのみ実行されている。これらのデータをもとにGAMFILがどのようなファイルを作成するかを確認しておこう。MFとMTとで分類するとTable2のようにになっている。全て反応別にガンマ線多重度を格納するのでMF13は使用されない。MF12においてMT=51~64だけは遷移確率としてオプション2のもとに格納されている。MT=51~64以外は連続ガンマ線スペクトルなのでMF15に規格化されたスペクトルが格納されている。MF14には全ての反応の角度分布が等方分布として格納されている。以下、MF12とMF15について反応ごとにみていこう。

MT=16 : (n, 2n)

中性子反応の閾値 E_{th}^n は12.4 MeV, ガンマ線放出の閾値 E_{th}^{γ} は13.2 MeVであるから、この間ガンマ線多重度はゼロである。これ以上の入射エネルギー E_n におけるGNASH計算点は $E_n=15$ MeVの1点であり、 $E_n=20$ MeVでのガンマ線多重度は $E_n=13.2$ MeVと $E_n=15$ MeVの直線外挿により求めている。 $E_n=12.4, 13.3$ および20 MeVにおけるガンマ線スペクトルは $E_n=15$ MeVのものをそのまま用いている。

MT=22 : (n, n' α)

$E_{th}^n=6.52$ MeV, $E_{th}^{\gamma}=7.95$ MeVであるから、データの内外挿はMT=16の場合と同一である。

MT=28 : (n, n'p)

$E_{th}^n=8.32$ MeV, $E_{th}^{\gamma}=9.56$ MeVである。

MT=51~64 : 離散準位への非弾性散乱

MT=64を例にとってデータの意味を説明しておく。77行(行の末尾に示す)において第14励起状態から励起エネルギー1.454および0.0 MeVの準位への遷移確率が各々0.59および0.41であることおよびそれらが全てガンマ線遷移であることが示されている。

MT=91 : 連続準位への非弾性散乱

$E_{th}^n=E_{th}^{\gamma}=4.18$ MeVである。 $E_n=20$ MeVのガンマ線多重度は $E_n=5$ MeVと $E_n=15$ MeVとの直線外挿により求めた。 $E_n=4.18$ MeVのガンマ線スペクトルは $E_n=5$ MeVのものをそのまま用いている。

MT=102, 103, 107 : (n, γ), (n, p), (n, α)

閾値反応ではないので $E_n=10^{-5}$ eVのデータが必要になる。ガンマ線多重度は $E_n=3$ MeVと $E_n=5$ MeVとの直線外挿により求め、ガンマ線スペクトルは $E_n=3$ MeVのものをそのまま用いている。

3.5 サブルーチンの概略

GAMFILのサブルーチンの流れをFig. 8に示す。各サブルーチンの機能の概略を以下に示す。

LEVEL

遷移確率の入力データから行列Pを作成する。Pの要素 P_{ij} は第i準位から第j準位($i > j$, $j=1$ は基底状態)へのガンマ線遷移による遷移確率。

SPECTR

GNASHの計算結果を読み込み、入射エネルギーの順に反応別のガンマ線スペクトルをプリントアウトする。

MTNO

ガンマ線生成断面積を反応に対応づける。ただし、3.2節で述べたMT=28と104およびMT=32と105との振り分けはサブルーチンXSECで実施する。

GRLINE

離散準位への非弾性散乱断面積と遷移確率のデータから $\sigma_{s1}^r \sim \sigma_{s0}^r$ を求め、これらを σ_t^r から差し引いて σ_{s1}^r を求める。

XSEC

3.2節で述べた方法に従って中性子断面積を求める。

DSCRT

EB>0の入力の場合、MT=51~90について遷移確率をMF12(オプション2)で格納する。

MULT

EB<0の入力の場合、MT=51~90について遷移確率をガンマ線多重度に変換してMF12(オプション1)で格納する。

CNTNM

MT=51~90以外の全ての反応について、連続ガンマ線スペクトルデータとしてyあるいは σ_r の積分値をMF12(オプション1)あるいはMF13に、さらに、規格化された(E_r , y or σ_r)のペアをMF15に格納する。

EXTRA

3.3節で述べた方法に従ってデータの内外挿を実行する。

FILE23

MF12(オプション1)あるいはMF13を作成する。

FILE14

MF14を作成する。等方分布を仮定している。

FILE15

MF15を作成する。

CLOSE

MF12~15を一まとめにし、各データカードの末尾に通し番号を付ける。この他、頻繁にコールされる次の3つのサブルーチンがある。

HEAD

各MFにおいて新しいMTの始まりを示すHEADカードを作成する。

DWRITE

E変換で書かれたデータから文字Eを取り除き、データカード1枚ごとに、末尾にMAT, MF MTを付け加える。

SEND

MFあるいはMTの終りを示すSENDカードを作成する。

Table 1 Reactions taken into account in GAMF I L

MT	reaction
3	nonelastic scattering
4	total inelastic scattering
16	(n, 2 n)
17	(n, 3 n)
18	fission
22	(n, n' α)
24	(n, 2 n α)
28	(n, n' p)
32	(n, n' d)
37	(n, 4 n)
51 ~ 90	(n, n') to discrete levels
91	(n, n') to continuum level
102	(n, γ)
103	(n, p)
104	(n, d)
105	(n, t)
106	(n, ^3He)
107	(n, α)
111	(n, 2 p)

Table 2 Content of ENDF/B file in Fig. 7 (^{58}Ni)

MT	MF 12	MF 13	MF 14	MF 15
16	option 1	empty	isotropic	used
22	1	↓	↓	used
28	1			used
51 ~ 64	2			empty
91	1			used
102	1			used
103	1			used
107	1			used

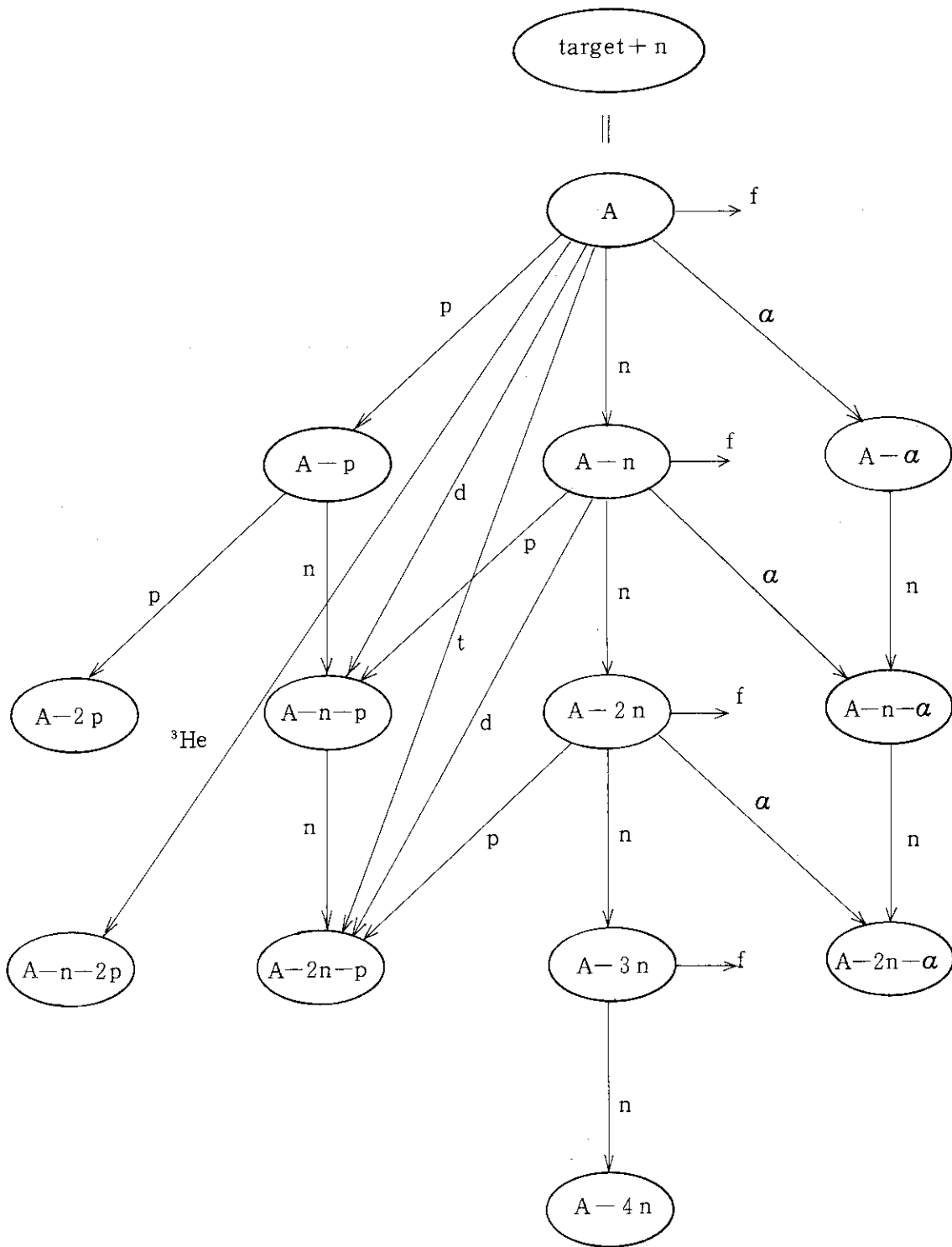


Fig. 3 Reaction chain assumed in GNASH

```

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 02229082,SH.IIJIMA,0478.01
   T.1 I.3 C.4 W.2 SRP
   OPTP PASSWORD=
//*PROC=J2608.PROCLIB.CNTL
// EXEC FORT77,SO=J2608.NAIG86,Q=.CNTL,A='ELM(GAMFIL)'
// EXEC LKED77
// EXEC GO
//FT01F001 DD DSN=&&FT01,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT12F001 DD DSN=&&FT12,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT13F001 DD DSN=&&FT13,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT14F001 DD DSN=&&FT14,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT15F001 DD DSN=&&FT15,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
// EXPAND DFDISK,DDN=FT07F001,DSN=J2608.GAMNI58,UNIT=TSSWK
// EXPAND DISKTO,DDN=FT08F001,DSN=J9082.NI58SP01
//SYSIN DD *
   28058.0      57.438      2281      4.108
++
//

```

Fig. 4 Job control cards to run GAMFIL (^{58}Ni)

LEVEL SCHEME OF TARGET NUCLEUS 28058 (TOTAL 15 LEVELS)

NO.	EX(MEV)	NT			
1	0.00000E+00	0	NF	TP	GP
2	1.45400E+00	1	NF	TP	GP
			1	1.00000E+00	1.00000E+00
3	2.45900E+00	1	NF	TP	GP
			2	1.00000E+00	1.00000E+00
4	2.77600E+00	2	NF	TP	GP
			1	4.00000E-02	1.00000E+00
			2	9.60000E-01	1.00000E+00
5	2.90200E+00	2	NF	TP	GP
			1	6.00000E-02	1.00000E+00
			2	9.40000E-01	1.00000E+00
6	2.94200E+00	3	NF	TP	GP
			2	1.20000E-01	1.00000E+00
			4	1.00000E-01	1.00000E+00
			5	7.80000E-01	1.00000E+00
7	3.03800E+00	3	NF	TP	GP
			1	4.20000E-01	1.00000E+00
			2	5.70000E-01	1.00000E+00
			4	1.00000E-02	1.00000E+00
8	3.26300E+00	2	NF	TP	GP
			1	6.30000E-01	1.00000E+00
			2	3.70000E-01	1.00000E+00
9	3.42000E+00	2	NF	TP	GP
			3	9.40000E-01	1.00000E+00
			7	6.00000E-02	1.00000E+00
10	3.52400E+00	2	NF	TP	GP
			2	2.00000E-01	1.00000E+00
			3	8.00000E-01	1.00000E+00
11	3.53100E+00	1	NF	TP	GP
			2	1.00000E+00	1.00000E+00
12	3.59300E+00	4	NF	TP	GP
			1	7.00000E-01	1.00000E+00
			2	1.20000E-01	1.00000E+00
			4	1.40000E-01	1.00000E+00
			6	4.00000E-02	1.00000E+00
13	3.62000E+00	2	NF	TP	GP
			2	1.70000E-01	1.00000E+00
			3	8.30000E-01	1.00000E+00
14	3.77400E+00	4	NF	TP	GP
			2	1.40000E-01	1.00000E+00
			3	5.80000E-01	1.00000E+00
			7	9.00000E-02	1.00000E+00
			9	1.90000E-01	1.00000E+00
15	3.89800E+00	2	NF	TP	GP
			1	4.10000E-01	1.00000E+00
			2	5.90000E-01	1.00000E+00

Fig. 5 First part of GAMFIL output (^{58}Ni)

EN = 1.500E+07 (EV) PHOTON PRODUCTION CROSS SECTIONS OF 28058. (BARN/MEV)

MT	3 (N,X)	4 (N,N')	16 (N,2N)	17 (N,3N)	18 (N,F)	22 (N,N'A)	24 (N,2NA)	28 (N,N'P)	32 (N,DN)	37 (N,4N)
E-THN(MEV)	0.000E+00	1.479E+00	1.242E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.520E+00	0.000E+00	8.320E+00	0.000E+00	0.000E+00
E-THG(MEV)	0.000E+00	1.479E+00	1.320E+01	0.000E+00	0.000E+00	7.953E+00	0.000E+00	9.565E+00	0.000E+00	0.000E+00
EMAX(MEV)	0.750	1.006E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.923E-05	0.000E+00	7.236E-02	0.000E+00	0.000E+00
1.250	8.397E-01	3.396E-01	1.867E-02	0.000E+00	0.000E+00	3.759E-04	0.000E+00	2.937E-01	0.000E+00	0.000E+00
1.750	8.627E-01	4.776E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.148E-03	0.000E+00	1.498E-01	0.000E+00	0.000E+00
2.250	3.298E-01	8.813E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.607E-06	0.000E+00	8.473E-02	0.000E+00	0.000E+00
2.750	2.770E-01	1.088E-01	8.992E-05	0.000E+00	0.000E+00	2.395E-07	0.000E+00	2.501E-02	0.000E+00	0.000E+00
3.250	2.651E-01	1.010E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.506E-05	0.000E+00	1.288E-02	0.000E+00	0.000E+00
3.750	2.036E-01	7.878E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.646E-03	0.000E+00	0.000E+00
4.250	1.604E-01	5.908E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.842E-04	0.000E+00	0.000E+00
4.750	1.241E-01	4.214E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.959E-09	0.000E+00	1.885E-04	0.000E+00	0.000E+00
5.250	9.698E-02	3.149E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.889E-05	0.000E+00	0.000E+00
5.750	7.453E-02	2.321E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.343E-06	0.000E+00	0.000E+00
6.250	5.645E-02	1.688E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
6.750	4.279E-02	1.246E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7.250	3.248E-02	9.123E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
7.750	2.350E-02	5.753E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8.250	1.723E-02	4.093E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
8.750	6.836E-03	2.144E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
9.250	2.786E-03	1.567E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
9.750	1.145E-03	8.649E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
10.250	6.906E-04	5.794E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
10.750	3.299E-04	2.668E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
11.250	1.315E-04	9.155E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
11.750	6.981E-05	4.356E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
12.250	2.847E-05	1.078E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
12.750	1.835E-05	5.347E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
13.250	1.386E-05	3.116E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
13.750	1.095E-05	1.353E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
14.250	9.239E-06	6.090E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
14.750	8.002E-06	1.599E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15.250	7.118E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15.750	6.498E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
16.250	5.968E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
16.750	5.512E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
17.250	5.108E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
17.750	4.718E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
18.250	4.319E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
18.750	3.800E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
19.250	3.240E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
19.750	2.457E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
20.250	1.813E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
20.750	1.180E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
21.250	3.161E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
21.750	1.485E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
22.250	4.128E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
22.750	1.480E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
23.250	4.390E-08	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
23.743	1.046E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CSG(BARN)	1.981E+00	7.094E-01	9.381E-03	0.000E+00	0.000E+00	2.300E-03	0.000E+00	3.397E-01	0.000E+00	0.000E+00
CSN(BARN)	1.271E+00	2.126E-01	3.064E-02	0.000E+00	0.000E+00	1.152E-02	0.000E+00	6.858E-01	0.000E+00	0.000E+00
GAM.YIELD	1.559E+00	3.336E+00	3.062E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.997E-01	0.000E+00	4.953E-01	0.000E+00	0.000E+00

Fig. 6 Second part of GAMFIL output (⁵⁸Ni, En = 15 MeV)

EN = 1.500E+07 (EV) PHOTON PRODUCTION CROSS SECTIONS OF 28058. (BARN/MEV)

MT	91 (N,N')	102 (N,G)	103 (N,P)	104 (N,D)	105 (N,T)	106 (N,HE3)	107 (N,A)	111 (N,2P)
E-THN (MEV)	4.180E+00	9.156E+00	4.015E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.940E+00	0.000E+00
E-THG (MEV)	4.180E+00	9.156E+00	3.771E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.522E+00	0.000E+00
EMAX (MEV)	0.750	8.746E-03	2.550E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.502E-02	0.000E+00
1.250	3.161E-01	1.815E-05	9.791E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.947E-02	0.000E+00
1.750	4.346E-01	3.890E-05	1.347E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.642E-02	0.000E+00
2.250	8.516E-02	1.267E-05	1.307E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.625E-02	0.000E+00
2.750	1.071E-01	1.312E-05	1.080E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.510E-02	0.000E+00
3.250	9.907E-02	1.394E-05	1.216E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.018E-02	0.000E+00
3.750	7.574E-02	1.717E-05	9.485E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.635E-02	0.000E+00
4.250	5.816E-02	1.768E-05	7.882E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.175E-02	0.000E+00
4.750	4.214E-02	1.837E-05	6.396E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.779E-02	0.000E+00
5.250	3.149E-02	1.908E-05	5.115E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.430E-02	0.000E+00
5.750	2.321E-02	1.871E-05	4.001E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.132E-02	0.000E+00
6.250	1.688E-02	2.046E-05	3.071E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.841E-03	0.000E+00
6.750	1.246E-02	2.109E-05	2.320E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.107E-03	0.000E+00
7.250	9.123E-03	2.163E-05	1.777E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.559E-03	0.000E+00
7.750	5.753E-03	2.155E-05	1.366E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.058E-03	0.000E+00
8.250	4.093E-03	2.080E-05	1.020E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.922E-03	0.000E+00
8.750	2.144E-03	1.960E-05	2.982E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.691E-03	0.000E+00
9.250	1.567E-03	1.819E-05	3.251E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.750E-04	0.000E+00
9.750	8.649E-04	1.727E-05	1.643E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.844E-05	0.000E+00
10.250	2.668E-04	1.630E-05	9.075E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.168E-06	0.000E+00
11.250	9.155E-05	1.435E-05	2.544E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.116E-07	0.000E+00
11.750	4.356E-05	1.335E-05	1.286E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.529E-08	0.000E+00
12.250	1.078E-05	1.235E-05	5.323E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.016E-08	0.000E+00
12.750	5.347E-06	1.137E-05	1.630E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.805E-09	0.000E+00
13.250	3.116E-06	1.041E-05	3.356E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.963E-10	0.000E+00
13.750	1.353E-06	9.495E-06	1.031E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.617E-11	0.000E+00
14.250	6.090E-07	8.624E-06	5.694E-09	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
14.750	1.599E-07	7.842E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15.250	0.000E+00	7.118E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15.750	0.000E+00	6.498E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
16.250	0.000E+00	5.968E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
16.750	0.000E+00	5.512E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
17.250	0.000E+00	5.108E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
17.750	0.000E+00	4.718E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
18.250	0.000E+00	4.319E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
18.750	0.000E+00	3.800E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
19.250	0.000E+00	3.240E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
19.750	0.000E+00	2.457E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
20.250	0.000E+00	1.813E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
20.750	0.000E+00	1.180E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
21.250	0.000E+00	3.161E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
21.750	0.000E+00	1.485E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
22.250	0.000E+00	4.128E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
22.750	0.000E+00	1.480E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
23.250	0.000E+00	4.390E-08	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
23.743	0.000E+00	1.046E-07	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
CSG (BARN)	6.698E-01	2.807E-04	7.017E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.188E-01	0.000E+00
CSN (BARN)	1.936E-01	6.490E-05	2.573E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.341E-02	0.000E+00
GAM. YIELD	3.461E+00	4.325E+00	2.727E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.981E+00	0.000E+00

Fig. 6 (cont'd)

2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228112	16	1
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	4228112	16	2
					228112	16	3
1.24151+07	0.00000+00	1.31975+07	0.00000+00	1.50000+07	3.06155-01	228112	4
2.00000+07	1.15543+00					228112	5
						228112	6
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228112	22	7
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	4228112	22	8
					228112	22	9
6.51981+06	0.00000+00	7.95252+06	0.00000+00	1.50000+07	1.99683-01	228112	10
2.00000+07	3.41353-01					228112	11
						228112	12
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228112	28	13
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	4228112	28	14
					228112	28	15
8.31959+06	0.00000+00	9.56490+06	0.00000+00	1.50000+07	4.95283-01	228112	16
2.00000+07	9.50916-01					228112	17
						228112	18
2.80580+04	5.74380+01	2	2	1	228112	51	19
1.45400+06		0		3	1228112	51	20
0.00000+00	1.00000+00	1.00000+00				228112	21
						228112	22
2.80580+04	5.74380+01	2	2	2	228112	52	23
2.45900+06		0		3	1228112	52	24
1.45400+06	1.00000+00	1.00000+00				228112	25
						228112	26
2.80580+04	5.74380+01	2	2	3	228112	53	27
2.77600+06		0		6	228112	53	28
1.45400+06	9.60000-01	1.00000+00	0.00000+00	4.00000-02	1.00000+00	00228112	29
						228112	30
2.80580+04	5.74380+01	2	2	4	228112	54	31
2.90200+06		0		6	228112	54	32
1.45400+06	9.40000-01	1.00000+00	0.00000+00	6.00000-02	1.00000+00	00228112	33
						228112	34
2.80580+04	5.74380+01	2	2	5	228112	55	35
2.94200+06		0		9	3228112	55	36
2.90200+06	7.80000-01	1.00000+00	2.77600+06	1.00000-01	1.00000+00	00228112	37
1.45400+06	1.20000-01	1.00000+00				228112	38
						228112	39
2.80580+04	5.74380+01	2	2	6	228112	56	40
3.03800+06		0		9	3228112	56	41
2.77600+06	1.00000-02	1.00000+00	1.45400+06	5.70000-01	1.00000+00	00228112	42
0.00000+00	4.20000-01	1.00000+00				228112	43
						228112	44
2.80580+04	5.74380+01	2	2	7	228112	57	45
3.26300+06		0		6	228112	57	46
1.45400+06	3.70000-01	1.00000+00	0.00000+00	6.30000-01	1.00000+00	00228112	47
						228112	48
2.80580+04	5.74380+01	2	2	8	228112	58	49
3.42000+06		0		6	228112	58	50
3.03800+06	6.00000-02	1.00000+00	2.45900+06	9.40000-01	1.00000+00	00228112	51
						228112	52
2.80580+04	5.74380+01	2	2	9	228112	59	53
3.52400+06		0		6	228112	59	54
2.45900+06	8.00000-01	1.00000+00	1.45400+06	2.00000-01	1.00000+00	00228112	55
						228112	56
2.80580+04	5.74380+01	2	2	10	228112	60	57
3.53100+06		0		3	1228112	60	58
1.45400+06	1.00000+00	1.00000+00				228112	59
						228112	60
2.80580+04	5.74380+01	2	2	11	228112	61	61
3.59300+06		0		12	4228112	61	62
2.94200+06	4.00000-02	1.00000+00	2.77600+06	1.40000-01	1.00000+00	00228112	63
1.45400+06	1.20000-01	1.00000+00	0.00000+00	7.00000-01	1.00000+00	00228112	64
						228112	65
2.80580+04	5.74380+01	2	2	12	228112	62	66
3.62000+06		0		6	228112	62	67
2.45900+06	8.30000-01	1.00000+00	1.45400+06	1.70000-01	1.00000+00	00228112	68
						228112	69
2.80580+04	5.74380+01	2	2	13	228112	63	70
3.77400+06		0		12	4228112	63	71
3.42000+06	1.90000-01	1.00000+00	3.03800+06	9.00000-02	1.00000+00	00228112	72
2.45900+06	5.80000-01	1.00000+00	1.45400+06	1.40000-01	1.00000+00	00228112	73
						228112	74
2.80580+04	5.74380+01	2	2	14	228112	64	75
3.89800+06		0		6	228112	64	76
1.45400+06	5.90000-01	1.00000+00	0.00000+00	4.10000-01	1.00000+00	00228112	77
						228112	78
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228112	91	79
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	4228112	91	80
					228112	91	81
4.17952+06	0.00000+00	5.00000+06	1.98804+00	1.50000+07	3.46053+00	228112	82
2.00000+07	4.19678+00					228112	83
						228112	84
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228112	102	85
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	5228112	102	86
					228112	102	87
1.00000-05	2.12377+00	3.00000+06	2.94759+00	5.00000+06	3.49681+00	228112	88
1.50000+07	4.32541+00	2.00000+07	4.73971+00			228112	89
						228112	90
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228112	103	91
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	5228112	103	92
					228112	103	93
1.00000-05	0.00000+00	3.00000+06	5.37724-01	5.00000+06	1.17106+00	228112	94
1.50000+07	2.72720+00	2.00000+07	3.50527+00			228112	95
						228112	96
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228112	107	97
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	5228112	107	98
					228112	107	99
1.00000-05	0.00000+00	3.00000+06	2.09528-01	5.00000+06	5.41349-01	228112	100
1.50000+07	2.98056+00	2.00000+07	4.20017+00			228112	101
						228112	102
						228112	103
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	16	104
					228114	0	105
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	22	106
					228114	0	107
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	28	108
					228114	0	109
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	51	110

Fig. 7 Third part of GAMFIL output (⁵⁸Ni)

2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	0	111	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	52	112	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	53	114	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	54	115	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	3	0228114	55	118	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	3	0228114	56	120	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	57	122	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	58	124	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	59	126	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	1	0228114	60	128	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	4	0228114	61	130	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	62	132	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	4	0228114	63	134	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	64	136	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	91	138	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	102	140	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	103	142	
2.80580+04	5.74380+01	1	0	2	0228114	107	144	
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	0228115	16	147	
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	2228115	16	148	
1.24151+07	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00	0	2228115	16	149	
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	4228115	16	151	
0.00000+00	1.24151+07	0	0	1	6228115	16	152	
0.00000+00	0.00000+00	7.50000+05	1.99041-06	1.25000+06	0.00000+00	2228115	16	155
1.75000+06	0.00000+00	2.25000+06	9.58582-09	2.75000+06	0.00000+00	2228115	16	156
0.00000+00	1.31975+07	0	0	1	6228115	16	157	
0.00000+00	0.00000+00	7.50000+05	1.99041-06	1.25000+06	0.00000+00	2228115	16	159
1.75000+06	0.00000+00	2.25000+06	9.58582-09	2.75000+06	0.00000+00	2228115	16	160
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	6228115	16	161	
0.00000+00	0.00000+00	7.50000+05	1.99041-06	1.25000+06	0.00000+00	2228115	16	163
1.75000+06	0.00000+00	2.25000+06	9.58582-09	2.75000+06	0.00000+00	2228115	16	164
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	6228115	16	165	
0.00000+00	0.00000+00	7.50000+05	1.99041-06	1.25000+06	0.00000+00	2228115	16	167
1.75000+06	0.00000+00	2.25000+06	9.58582-09	2.75000+06	0.00000+00	2228115	16	168
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	0228115	22	170	
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	2228115	22	171	
6.51981+06	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00	0	2228115	22	172	
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	4228115	22	174	
0.00000+00	6.51981+06	0	0	1	10228115	22	176	
0.00000+00	1.70560-08	7.50000+05	1.63414-07	1.25000+06	1.80321-06	2228115	22	178
1.75000+06	1.13335-09	2.25000+06	1.04118-10	2.75000+06	6.54879-09	2228115	22	179
3.25000+06	0.00000+00	3.75000+06	0.00000+00	4.25000+06	1.72101-12	2228115	22	180
4.75000+06	0.00000+00	0	0	1	2228115	22	181	
0.00000+00	7.95252+06	0	0	1	10228115	22	182	
0.00000+00	1.70560-08	7.50000+05	1.63414-07	1.25000+06	1.80321-06	2228115	22	184
1.75000+06	1.13335-09	2.25000+06	1.04118-10	2.75000+06	6.54879-09	2228115	22	185
3.25000+06	0.00000+00	3.75000+06	0.00000+00	4.25000+06	1.72101-12	2228115	22	186
4.75000+06	0.00000+00	0	0	1	2228115	22	187	
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	10228115	22	188	
0.00000+00	1.70560-08	7.50000+05	1.63414-07	1.25000+06	1.80321-06	2228115	22	189
1.75000+06	1.13335-09	2.25000+06	1.04118-10	2.75000+06	6.54879-09	2228115	22	191
3.25000+06	0.00000+00	3.75000+06	0.00000+00	4.25000+06	1.72101-12	2228115	22	192
4.75000+06	0.00000+00	0	0	1	2228115	22	193	
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	10228115	22	194	
0.00000+00	1.70560-08	7.50000+05	1.63414-07	1.25000+06	1.80321-06	2228115	22	196
1.75000+06	1.13335-09	2.25000+06	1.04118-10	2.75000+06	6.54879-09	2228115	22	197
3.25000+06	0.00000+00	3.75000+06	0.00000+00	4.25000+06	1.72101-12	2228115	22	198
4.75000+06	0.00000+00	0	0	1	2228115	22	199	
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	0228115	28	201	
0.00000+00	0.00000+00	0	1	1	2228115	28	202	
8.31959+06	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00	0	2228115	28	203	
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	4228115	28	205	
0.00000+00	3.31959+06	0	0	1	12228115	28	207	
0.00000+00	2.13048-07	7.50000+05	8.64612-07	1.25000+06	4.41112-07	2228115	28	209
1.75000+06	2.49461-07	2.25000+06	7.36234-08	2.75000+06	3.79324-08	2228115	28	210
3.25000+06	1.07349-08	3.75000+06	2.30873-09	4.25000+06	5.54844-10	2228115	28	211
4.75000+06	8.50490-11	5.25000+06	3.95446-12	5.75000+06	0.00000+00	2228115	28	212
0.00000+00	9.56490+06	0	0	1	12228115	28	213	
0.00000+00	2.13048-07	7.50000+05	8.64612-07	1.25000+06	4.41112-07	2228115	28	215
1.75000+06	2.49461-07	2.25000+06	7.36234-08	2.75000+06	3.79324-08	2228115	28	216
3.25000+06	1.07349-08	3.75000+06	2.30873-09	4.25000+06	5.54844-10	2228115	28	217
4.75000+06	8.50490-11	5.25000+06	3.95446-12	5.75000+06	0.00000+00	2228115	28	218
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	12228115	28	219	
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	2228115	28	220	

Fig. 7 (cont'd)

0.00000+00	2.13048-07	7.50000+05	8.64612-07	1.25000+06	4.41112-07	228115	28	221
1.75000+06	2.49461-07	2.25000+06	7.36234-08	2.75000+06	3.79324-08	228115	28	222
3.25000+06	1.07349-08	3.75000+06	2.30873-09	4.25000+06	5.54844-10	228115	28	223
4.75000+06	8.50490-11	5.25000+06	3.95446-12	5.75000+06	0.00000+00	228115	28	224
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115	28	225
12	1					228115	28	226
0.00000+00	2.13048-07	7.50000+05	8.64612-07	1.25000+06	4.41112-07	228115	28	227
1.75000+06	2.49461-07	2.25000+06	7.36234-08	2.75000+06	3.79324-08	228115	28	228
3.25000+06	1.07349-08	3.75000+06	2.30873-09	4.25000+06	5.54844-10	228115	28	229
4.75000+06	8.50490-11	5.25000+06	3.95446-12	5.75000+06	0.00000+00	228115	28	230
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	1	228115	91	231
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115	91	232
2	2					228115	91	233
4.17952+06	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00			228115	91	234
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115	91	235
4	2					228115	91	236
0.00000+00	4.17952+06	0	0	1	1	228115	91	237
11	1					228115	91	238
0.00000+00	4.34743-09	7.50000+05	2.29279-07	1.25000+06	9.19669-07	228115	91	239
1.75000+06	1.52580-07	2.25000+06	3.01540-08	2.75000+06	3.73226-07	228115	91	240
3.25000+06	9.62094-08	3.75000+06	3.45325-10	4.25000+06	1.54116-07	228115	91	241
4.75000+06	3.78995-08	5.25000+06	0.00000+00			228115	91	242
0.00000+00	5.00000+06	0	0	1	1	228115	91	243
11	1					228115	91	244
0.00000+00	4.34743-09	7.50000+05	2.29279-07	1.25000+06	9.19669-07	228115	91	245
1.75000+06	1.52580-07	2.25000+06	3.01540-08	2.75000+06	3.73226-07	228115	91	246
3.25000+06	9.62094-08	3.75000+06	3.45325-10	4.25000+06	1.54116-07	228115	91	247
4.75000+06	3.78995-08	5.25000+06	0.00000+00			228115	91	248
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	1	228115	91	249
30	1					228115	91	250
0.00000+00	1.30576-08	7.50000+05	4.71837-07	1.25000+06	6.48785-07	228115	91	251
1.75000+06	1.27136-07	2.25000+06	1.59831-07	2.75000+06	1.47904-07	228115	91	252
3.25000+06	1.13074-07	3.75000+06	8.68239-08	4.25000+06	6.29184-08	228115	91	253
4.75000+06	4.70067-08	5.25000+06	3.46540-08	5.75000+06	2.51970-08	228115	91	254
6.25000+06	1.85980-08	6.75000+06	1.36195-08	7.25000+06	8.58940-09	228115	91	255
7.75000+06	6.10987-09	8.25000+06	3.20108-09	8.75000+06	2.34012-09	228115	91	256
9.25000+06	1.29128-09	9.75000+06	8.64971-10	1.02500+07	3.98333-10	228115	91	257
1.07500+07	1.36675-10	1.12500+07	6.50323-11	1.17500+07	1.60958-11	228115	91	258
1.22500+07	7.98252-12	1.27500+07	4.65121-12	1.32500+07	2.01917-12	228115	91	259
1.37500+07	9.09251-13	1.42500+07	2.38752-13	1.47500+07	0.00000+00	228115	91	260
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115	91	261
30	1					228115	91	262
0.00000+00	1.30576-08	7.50000+05	4.71837-07	1.25000+06	6.48785-07	228115	91	263
1.75000+06	1.27136-07	2.25000+06	1.59831-07	2.75000+06	1.47904-07	228115	91	264
3.25000+06	1.13074-07	3.75000+06	8.68239-08	4.25000+06	6.29184-08	228115	91	265
4.75000+06	4.70067-08	5.25000+06	3.46540-08	5.75000+06	2.51970-08	228115	91	266
6.25000+06	1.85980-08	6.75000+06	1.36195-08	7.25000+06	8.58940-09	228115	91	267
7.75000+06	6.10987-09	8.25000+06	3.20108-09	8.75000+06	2.34012-09	228115	91	268
9.25000+06	1.29128-09	9.75000+06	8.64971-10	1.02500+07	3.98333-10	228115	91	269
1.07500+07	1.36675-10	1.12500+07	6.50323-11	1.17500+07	1.60958-11	228115	91	270
1.22500+07	7.98252-12	1.27500+07	4.65121-12	1.32500+07	2.01917-12	228115	91	271
1.37500+07	9.09251-13	1.42500+07	2.38752-13	1.47500+07	0.00000+00	228115	91	272
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	1	228115	102	273
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115	102	274
2	2					228115	102	275
1.00000-05	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00			228115	102	276
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115	102	277
5	2					228115	102	278
0.00000+00	1.00000-05	0	0	1	1	228115	102	279
25	1					228115	102	280
0.00000+00	2.12633-07	7.50000+05	1.81540-07	1.25000+06	1.91939-07	228115	102	281
1.75000+06	6.43431-08	2.25000+06	7.59615-08	2.75000+06	1.01387-07	228115	102	282
3.25000+06	1.12875-07	3.75000+06	1.06901-07	4.25000+06	1.01019-07	228115	102	283
4.75000+06	9.46884-08	5.25000+06	8.79488-08	5.75000+06	8.09446-08	228115	102	284
6.25000+06	7.43683-08	6.75000+06	6.70920-08	7.25000+06	5.97419-08	228115	102	285
7.75000+06	5.20908-08	8.25000+06	4.50116-08	8.75000+06	5.03472-08	228115	102	286
9.25000+06	2.18965-08	9.75000+06	1.69687-08	1.02500+07	2.06149-08	228115	102	287
1.07500+07	2.45517-08	1.12500+07	2.53194-08	1.17500+07	5.93474-08	228115	102	288
1.19480+07	0.00000+00					228115	102	289
0.00000+00	3.00000+06	0	0	1	1	228115	102	290
25	1					228115	102	291
0.00000+00	2.12633-07	7.50000+05	1.81540-07	1.25000+06	1.91939-07	228115	102	292
1.75000+06	6.43431-08	2.25000+06	7.59615-08	2.75000+06	1.01387-07	228115	102	293
3.25000+06	1.12875-07	3.75000+06	1.06901-07	4.25000+06	1.01019-07	228115	102	294
4.75000+06	9.46884-08	5.25000+06	8.79488-08	5.75000+06	8.09446-08	228115	102	295
6.25000+06	7.43683-08	6.75000+06	6.70920-08	7.25000+06	5.97419-08	228115	102	296
7.75000+06	5.20908-08	8.25000+06	4.50116-08	8.75000+06	5.03472-08	228115	102	297
9.25000+06	2.18965-08	9.75000+06	1.69687-08	1.02500+07	2.06149-08	228115	102	298
1.07500+07	2.45517-08	1.12500+07	2.53194-08	1.17500+07	5.93474-08	228115	102	299
1.19480+07	0.00000+00					228115	102	300
0.00000+00	5.00000+06	0	0	1	1	228115	102	301
29	1					228115	102	302
0.00000+00	2.03407-07	7.50000+05	1.56718-07	1.25000+06	2.15413-07	228115	102	303
1.75000+06	7.24665-08	2.25000+06	7.42136-08	2.75000+06	9.63055-08	228115	102	304
3.25000+06	1.05467-07	3.75000+06	1.01170-07	4.25000+06	9.69007-08	228115	102	305
4.75000+06	9.21834-08	5.25000+06	6.66075-08	5.75000+06	8.03465-08	228115	102	306
6.25000+06	7.45780-08	6.75000+06	6.82567-08	7.25000+06	6.06401-08	228115	102	307
7.75000+06	5.14767-08	8.25000+06	4.40396-08	8.75000+06	3.73006-08	228115	102	308
9.25000+06	3.14797-08	9.75000+06	2.81597-08	1.02500+07	2.48597-08	228115	102	309
1.07500+07	3.02967-08	1.12500+07	8.55377-09	1.17500+07	1.49987-08	228115	102	310
1.22500+07	1.19252-08	1.27500+07	6.99305-09	1.32500+07	1.25905-08	228115	102	311
1.37500+07	3.34418-08	1.39137+07	0.00000+00			228115	102	312
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	1	228115	102	313
48	1					228115	102	314
0.00000+00	9.44148-08	7.50000+05	6.46344-08	1.25000+06	1.38573-07	228115	102	315
1.75000+06	4.51258-08	2.25000+06	4.67365-08	2.75000+06	4.96585-08	228115	102	316
3.25000+06	6.11450-08	3.75000+06	6.29616-08	4.25000+06	6.54433-08	228115	102	317
4.75000+06	6.79652-08	5.25000+06	7.02232-08	5.75000+06	7.28762-08	228115	102	318
6.25000+06	7.51210-08	6.75000+06	7.70488-08	7.25000+06	7.67621-08	228115	102	319
7.75000+06	7.40991-08	8.25000+06	6.98260-08	8.75000+06	6.48032-08	228115	102	320
9.25000+06	6.15283-08	9.75000+06	5.80489-08	1.02500+07	5.46140-08	228115	102	321
1.07500+07	5.11143-08	1.12500+07	4.75594-08	1.17500+07	4.40034-08	228115	102	322
1.22500+07	4.04983-08	1.27500+07	3.70912-08	1.32500+07	3.38215-08	228115	102	323
1.37500+07	3.07184-08	1.42500+07	2.79349-08	1.47500+07	2.53546-08	228115	102	324
1.52500+07	2.31479-08	1.57500+07	2.12576-08	1.62500+07	1.96337-08	228115	102	325
1.67500+07	1.81936-08	1.72500+07	1.68047-08	1.77500+07	1.53833-08	228115	102	326
1.82500+07	1.35364-08	1.87500+07	1.15414-08	1.92500+07	8.75308-09	228115	102	327
1.97500+07	6.45870-09	2.02500+07	4.20343-09	2.07500+07	1.12608-09	228115	102	328

Fig. 7 (cont'd)

2.12500+07	5.29135-10	2.17500+07	1.47029-09	2.22500+07	5.27097-10	228115102	331
2.27500+07	1.56382-10	2.32500+07	3.72700-10	2.37426+07	0.00000+00	228115102	332
0.00000+00	2.00000+07	0	0	0	1	48228115102	333
0.00000+00	9.44148-08	7.50000+05	6.46344-08	1.25000+06	1.38573-07	228115102	334
1.75000+06	4.51258-08	2.25000+06	4.67365-08	2.75000+06	4.96585-08	228115102	335
3.25000+06	6.11450-08	3.75000+06	6.29616-08	4.25000+06	6.54433-08	228115102	336
4.75000+06	6.79652-08	5.25000+06	7.02232-08	5.75000+06	7.28762-08	228115102	337
6.25000+06	7.51210-08	6.75000+06	7.70488-08	7.25000+06	7.67621-08	228115102	338
7.75000+06	7.40991-08	8.25000+06	6.98260-08	8.75000+06	6.48032-08	228115102	339
9.25000+06	6.15283-08	9.75000+06	5.80489-08	1.02500+07	5.46140-08	228115102	340
1.07500+07	5.11143-08	1.12500+07	4.73594-08	1.17500+07	4.40034-08	228115102	341
1.22500+07	4.04983-08	1.27500+07	3.70912-08	1.32500+07	3.38215-08	228115102	342
1.37500+07	3.07174-08	1.42500+07	2.79349-08	1.47500+07	2.53546-08	228115102	343
1.52500+07	2.31479-08	1.57500+07	2.12576-08	1.62500+07	1.96337-08	228115102	344
1.67500+07	1.81936-08	1.72500+07	1.68047-08	1.77500+07	1.53833-08	228115102	345
1.82500+07	1.35384-08	1.87500+07	1.15414-08	1.92500+07	8.75308-09	228115102	346
1.97500+07	6.45870-09	2.02500+07	4.20343-09	2.07500+07	1.12608-09	228115102	347
2.12500+07	5.29135-10	2.17500+07	1.47029-09	2.22500+07	5.27097-10	228115102	348
2.27500+07	1.56382-10	2.32500+07	3.72700-10	2.37426+07	0.00000+00	228115102	349
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	0	228115103	350
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115103	351
0.00000+00	0.00000+00	2.00000+07	1.00000+00	0	0	228115103	352
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115103	353
0.00000+00	1.00000-05	0	0	1	1	228115103	354
0.00000+00	1.00000-05	0	0	1	1	228115103	355
0.00000+00	1.11031-06	7.50000+05	2.59764-07	1.25000+06	2.26879-08	228115103	356
1.75000+06	4.87801-08	2.25000+06	3.29816-09	2.75000+06	0.00000+00	228115103	357
0.00000+00	3.00000+06	0	0	1	1	228115103	358
0.00000+00	1.11031-06	7.50000+05	2.59764-07	1.25000+06	2.26879-08	228115103	359
1.75000+06	4.87801-08	2.25000+06	3.29816-09	2.75000+06	0.00000+00	228115103	360
0.00000+00	5.00000+06	0	0	1	1	228115103	361
0.00000+00	1.11031-06	7.50000+05	2.59764-07	1.25000+06	2.26879-08	228115103	362
1.75000+06	4.87801-08	2.25000+06	3.29816-09	2.75000+06	0.00000+00	228115103	363
0.00000+00	5.00000+06	0	0	1	1	228115103	364
0.00000+00	7.10198-07	7.50000+05	3.83620-07	1.25000+06	1.42754-07	228115103	365
1.75000+06	2.48061-07	2.25000+06	1.12422-07	2.75000+06	3.45671-08	228115103	366
3.25000+06	1.01764-08	3.75000+06	2.92374-09	4.25000+06	1.80354-10	228115103	367
4.75000+06	0.00000+00	0	0	1	1	228115103	368
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	1	228115103	369
0.00000+00	3.63368-07	7.50000+05	1.39535-07	1.25000+06	1.91960-07	228115103	370
1.75000+06	1.86245-07	2.25000+06	1.53903-07	2.75000+06	1.73353-07	228115103	371
3.25000+06	1.35173-07	3.75000+06	1.12333-07	4.25000+06	9.11550-08	228115103	372
4.75000+06	7.28935-08	5.25000+06	5.70162-08	5.75000+06	4.37692-08	228115103	373
6.25000+06	3.30637-08	6.75000+06	2.53314-08	7.25000+06	1.94733-08	228115103	374
7.75000+06	1.45343-08	8.25000+06	4.24940-09	8.75000+06	4.63256-10	228115103	375
9.25000+06	2.34126-10	9.75000+06	1.29329-10	1.02500+07	6.69390-11	228115103	376
1.07500+07	3.62584-11	1.12500+07	1.83288-11	1.17500+07	7.58632-12	228115103	377
1.22500+07	2.32281-12	1.27500+07	4.78240-13	1.32500+07	1.46997-13	228115103	378
1.37500+07	8.11434-15	1.42500+07	0.00000+00	0	0	228115103	379
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115103	380
0.00000+00	3.63368-07	7.50000+05	1.39535-07	1.25000+06	1.91960-07	228115103	381
1.75000+06	1.86245-07	2.25000+06	1.53903-07	2.75000+06	1.73353-07	228115103	382
3.25000+06	1.35173-07	3.75000+06	1.12333-07	4.25000+06	9.11550-08	228115103	383
4.75000+06	7.28935-08	5.25000+06	5.70162-08	5.75000+06	4.37692-08	228115103	384
6.25000+06	3.30637-08	6.75000+06	2.53314-08	7.25000+06	1.94733-08	228115103	385
7.75000+06	1.45343-08	8.25000+06	4.24940-09	8.75000+06	4.63256-10	228115103	386
9.25000+06	2.34126-10	9.75000+06	1.29329-10	1.02500+07	6.69390-11	228115103	387
1.07500+07	3.62584-11	1.12500+07	1.83288-11	1.17500+07	7.58632-12	228115103	388
1.22500+07	2.32281-12	1.27500+07	4.78240-13	1.32500+07	1.46997-13	228115103	389
1.37500+07	8.11434-15	1.42500+07	0.00000+00	0	0	228115103	390
2.80580+04	5.74380+01	0	0	1	1	228115107	391
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115107	392
0.00000+00	1.00000+00	2.00000+07	1.00000+00	0	0	228115107	393
0.00000+00	0.00000+00	0	0	1	1	228115107	394
0.00000+00	1.00000-05	0	0	1	1	228115107	395
0.00000+00	9.91923-07	7.50000+05	4.21764-07	1.25000+06	8.67285-08	228115107	396
1.75000+06	3.62287-09	2.25000+06	0.00000+00	0	0	228115107	397
0.00000+00	3.00000+06	0	0	1	1	228115107	398
0.00000+00	9.91923-07	7.50000+05	4.21764-07	1.25000+06	8.67285-08	228115107	399
1.75000+06	3.62287-09	2.25000+06	0.00000+00	0	0	228115107	400
0.00000+00	5.00000+06	0	0	1	1	228115107	401
0.00000+00	5.96430-07	7.50000+05	6.57008-07	1.25000+06	3.85887-07	228115107	402
1.75000+06	4.06744-08	2.25000+06	1.70964-08	2.75000+06	4.52836-09	228115107	403
3.25000+06	3.49089-11	3.75000+06	1.25090-10	4.25000+06	0.00000+00	228115107	404
0.00000+00	1.50000+07	0	0	1	1	228115107	405
0.00000+00	1.14354-07	7.50000+05	4.08909-07	1.25000+06	4.40684-07	228115107	406
1.75000+06	1.19965-07	2.25000+06	1.60406-07	2.75000+06	1.37910-07	228115107	407
3.25000+06	1.20406-07	3.75000+06	9.93825-08	4.25000+06	8.13252-08	228115107	408
4.75000+06	6.53679-08	5.25000+06	5.17177-08	5.75000+06	4.04083-08	228115107	409
6.25000+06	3.24825-08	6.75000+06	2.54084-08	7.25000+06	1.85455-08	228115107	410
7.75000+06	1.33530-08	8.25000+06	7.72782-09	8.75000+06	3.99884-09	228115107	411
9.25000+06	4.49925-10	9.75000+06	1.90494-11	1.02500+07	3.51773-12	228115107	412
1.07500+07	5.10167-13	1.12500+07	1.61296-13	1.17500+07	4.64121-14	228115107	413
1.22500+07	8.24861-15	1.27500+07	1.35425-15	1.32500+07	1.65290-16	228115107	414
1.37500+07	0.00000+00	0	0	1	1	228115107	415
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115107	416
0.00000+00	1.14354-07	7.50000+05	4.08909-07	1.25000+06	4.40684-07	228115107	417
1.75000+06	1.19965-07	2.25000+06	1.60406-07	2.75000+06	1.37910-07	228115107	418
3.25000+06	1.20406-07	3.75000+06	9.93825-08	4.25000+06	8.13252-08	228115107	419
4.75000+06	6.53679-08	5.25000+06	5.17177-08	5.75000+06	4.04083-08	228115107	420
6.25000+06	3.24825-08	6.75000+06	2.54084-08	7.25000+06	1.85455-08	228115107	421
7.75000+06	1.33530-08	8.25000+06	7.72782-09	8.75000+06	3.99884-09	228115107	422
9.25000+06	4.49925-10	9.75000+06	1.90494-11	1.02500+07	3.51773-12	228115107	423
1.07500+07	5.10167-13	1.12500+07	1.61296-13	1.17500+07	4.64121-14	228115107	424
1.22500+07	8.24861-15	1.27500+07	1.35425-15	1.32500+07	1.65290-16	228115107	425
1.37500+07	0.00000+00	0	0	1	1	228115107	426
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115107	427
0.00000+00	1.14354-07	7.50000+05	4.08909-07	1.25000+06	4.40684-07	228115107	428
1.75000+06	1.19965-07	2.25000+06	1.60406-07	2.75000+06	1.37910-07	228115107	429
3.25000+06	1.20406-07	3.75000+06	9.93825-08	4.25000+06	8.13252-08	228115107	430
4.75000+06	6.53679-08	5.25000+06	5.17177-08	5.75000+06	4.04083-08	228115107	431
6.25000+06	3.24825-08	6.75000+06	2.54084-08	7.25000+06	1.85455-08	228115107	432
7.75000+06	1.33530-08	8.25000+06	7.72782-09	8.75000+06	3.99884-09	228115107	433
9.25000+06	4.49925-10	9.75000+06	1.90494-11	1.02500+07	3.51773-12	228115107	434
1.07500+07	5.10167-13	1.12500+07	1.61296-13	1.17500+07	4.64121-14	228115107	435
1.22500+07	8.24861-15	1.27500+07	1.35425-15	1.32500+07	1.65290-16	228115107	436
1.37500+07	0.00000+00	0	0	1	1	228115107	437
0.00000+00	2.00000+07	0	0	1	1	228115107	438
0.00000+00	1.14354-07	7.50000+05	4.08909-07	1.25000+06	4.40684-07	228115107	439
1.75000+06	1.19965-07	2.25000+06	1.60406-07	2.75000+06	1.37910-07	228115107	440
3.25000+06	1.20406-07	3.75000+06	9.93825-08	4.25000+06	8.13252-08	228115107	441
4.75000+06	6.53679-08	5.25000+06	5.17177-08	5.75000+06	4.04083-08	228115107	442
6.25000+06	3.24825-08	6.75000+06	2.54084-08	7.25000+06	1.85455-08	228115107	443
7.75000+06	1.33530-08	8.25000+06	7.72782-09	8.75000+06	3.9		

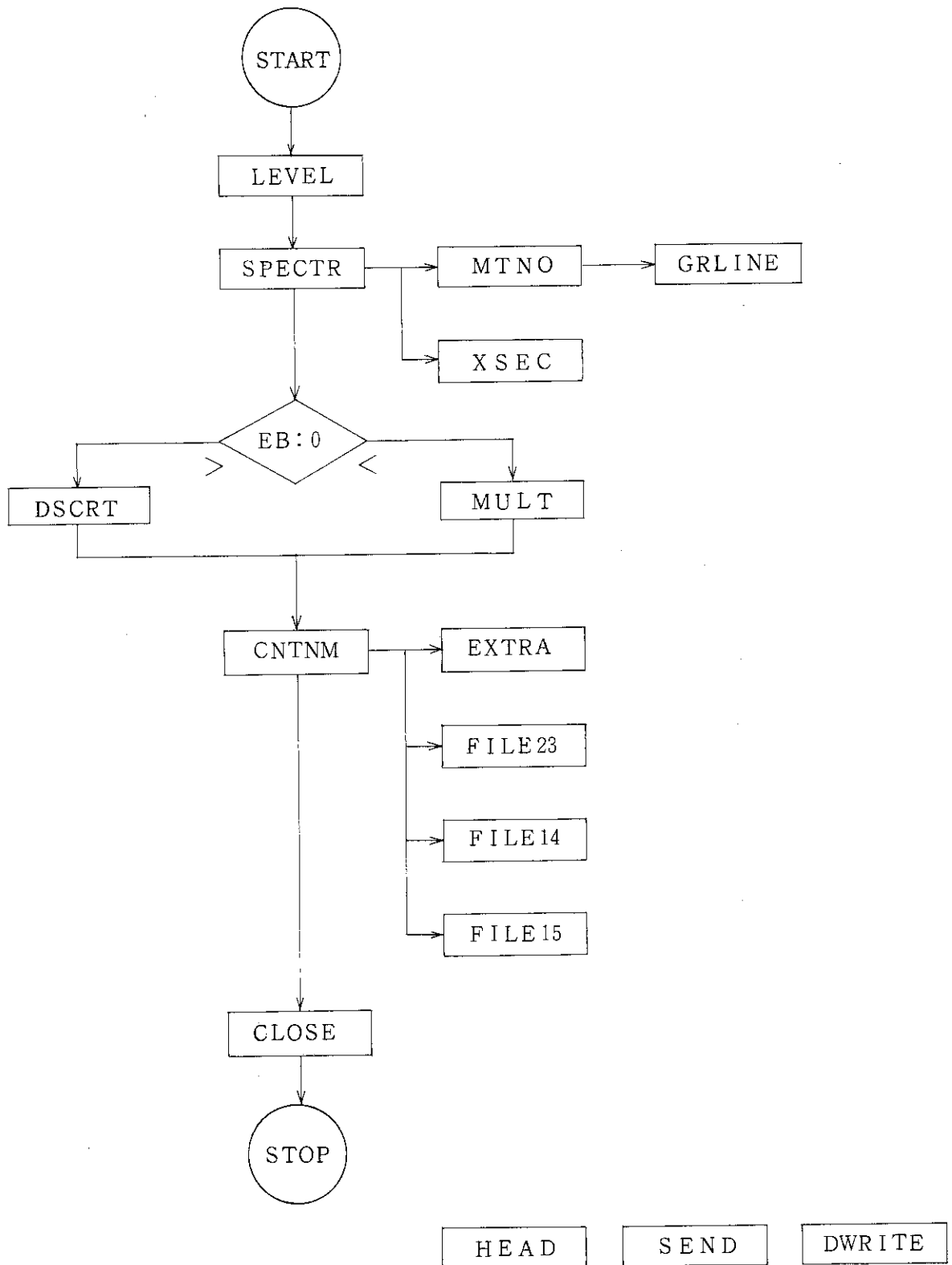


Fig. 8 Structure of GAMFIL

4. GNASH 出力ルーチンの改訂

もともと、GNASHでは、ファイル化等の後処理に必要な計算結果が出力ファイル12に書き込まれるようになっていた。しかしながら、その内容については、マニュアル⁵⁾に記載もなく、また書式なしで書かれていることもあって、完全に内容を知るにはGNASHのプログラムを全て解読する必要がある。

ここでは出力ファイル43と44を新たに設け、GAMFILでの処理に必要な結果を書式付でこれらのファイルに書き込むようにメインプログラムとサブルーチンDATAOUとを修正した。書式付とした理由は、GNASH計算とGAMFILによる処理を、異なった計算機で実行する場合を想定したからである。例えば、評価者が所属する機関の計算機によりGNASH計算を実行し、その結果を原研でファイル化することは現実でありえよう。また、GNASHの結果の一部を実験データ等の別の評価値で置き換えることも可能である。

4.1 記録データ

記録するデータは2種類に大別される。

第一のデータは、標的核の離散準位とその遷移確率でGNASHが入出力ファイル11に記録してあるものをそのまま読み出して記録する。書式はGNASHの入力と同一である。これらは非弾性散乱ガンマ線(MT=51~90)として、そのままMF12(オプション2)に、あるいはガンマ線多重度に変換して(オプション1)格納される。また、GNASHの結果として与えられる全非弾性散乱ガンマ線スペクトルからMT=51~90による離散ガンマ線を差し引いてMT=91のガンマ線スペクトルを作成するためにも使用される。

第二のデータは入射中性子エネルギーごとに与えられるスペクトルデータである。Fig.9に示す⁵⁸Niの場合($E_n = 15\text{MeV}$)を例にとって説明する。データは5つのセクションから成る。

- (1) 入射中性子エネルギー、放出粒子の種類数、反応数、スペクトルのエネルギービン幅、スペクトルの最大エネルギー、ビン数。
- (2) binary cross sections。入射中性子を捕獲した状態の崩壊分岐断面積のことで、前平衡過程を考慮した計算ではそれらの補正を施してある。核分裂物質の場合には各ステップ(first chance, second chance…)の核分裂断面積も記録する。
- (3) 反応ごとの放出粒子およびガンマ線スペクトル。各反応は、親核、放出粒子、残留核で識別されており、この他に、粒子放出あるいはガンマ線生成断面積と反応のQ値が記録される。また、ガンマ線放出のQ値を知るために、粒子放出後の残留核の第一励起状態の励起エネルギーも(基底状態に対するQ値として)記録される。
- (4) composite spectra。(3)のスペクトルを放出粒子別に合計したもので、n, p, d, t, ³He, α , γ および(n, γ)nの8種のスペクトルが記録される。核分裂核種の場合は、さらに、核分裂ガンマ線およびこれを合わせた全ガンマ線とが加わる。

- (5) 離散準位の非弾性散乱断面積。基底状態（準位番号1）への非弾性散乱断面積が複合弾性散乱断面積である。

以上の中にはガンマ線生成核データファイルを作成する上で必要の無いデータも数多く含まれている。ここでは、通常プリントアウトされる結果の保存の意味で、これらのデータも記録しておくこととした。

4.2 ジョブの実行

GNASH計算は比較的長時間を要するので、1つのジョブで10～20点の入射エネルギーについて計算することは少なく、複数のジョブに分けて実行することが多い。その場合、個々のジョブの中では入射エネルギーの低い順に計算が実行されると考えられるが、異なるジョブの間ではそうとは限らない。そこでGAMFILのための記録のとり方を2つの場合に分けた。以下、Fig. 10 および 11 に示す例に従って説明する。本例では最初のジョブで入射エネルギー3MeVと15MeVについて計算し、2回目のジョブで5MeVについて計算している。

初めてのジョブの場合（Fig. 10）は、まず遷移確率データを記録し、次いで前節で説明した入射エネルギーごとのデータを順に記録していく。これらは出力ファイル44に書き込まれるが、このファイルは最後に巻き戻され、その全内容が出力ファイル43にコピーされる。保存するのはいずれのファイルでもよい。例では出力ファイル44が“NI 58 SP 01”という名称でディスク上に保存される。

2回目以降のジョブ（Fig. 11）では、すでにある結果“NI 58 SP 01”を入力ファイル43にアサインする。まず、遷移確率のデータがファイル43から44へコピーされる。GNASH計算が開始されると、今計算しようとしている入射エネルギーとファイル43にある既存のデータの入射エネルギーを比較して、前者の方がエネルギーが高ければファイル43の既存のデータをファイル44へコピーする。そうでなければ、GNASH計算を実行し結果をファイル44に記録する。最後にファイル43および44を書き戻し、ファイル44の全内容を43にコピーする。ファイル43のみを保存すればよいが、時間切れ等の理由でジョブが異常終了するとファイル43には前回のジョブの結果しか残らないので、ファイル44も保存した方が安全である。異常終了の場合、ファイル44には終了直前までのデータが記録されている。例では“NI 58 SP 02”という名称で保存している。

GNASHの入力において上の2とおりのジョブを区別するには、後者の場合に、入射エネルギー一点数を指定する変数“NELAB”に負号をつける。

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
入射エネルギー (MeV)	放出粒子種類数	GNASHにおける反応数	スペクトル幅 (MeV)	放出粒子 / ガンマ線最大エネルギー (MeV)	ビン数	binary cross sections (barn)	親核	放出粒子	残留核	粒子放出 / ガンマ線生成断面積 (barn)	中性子反応のQ値 (MeV)	粒子放出後の残留核の第一励起状態の励起エネルギー (MeV)	粒子 / ガンマ線スペクトルの (barn/MeV)
1.50000E+01	1.27202E+00	1.07717E-04	2.22179E-01	2.37426E+01	47								
1.71657E-05	1.76757E-05	2.16305E-05	1.62965E-05	1.04129E-06	28059	2.80738E-04	8.99929E+00	0.0	0.0	1.39410E-05	2.04591E-05	1.81927E-05	1.23534E-05
1.72733E-05	1.63694E-05	1.04129E-06	5.96781E-06	3.24011E-06	28059	2.80738E-04	8.99929E+00	0.0	0.0	1.39410E-05	2.04591E-05	1.81927E-05	1.23534E-05
6.49849E-06	3.80017E-06	4.12766E-07	1.47976E-07	4.39023E-08	28058	5.22179E-01	3.57628E-07	1.45400E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.04144E-02	7.37885E-02	6.01809E-02	5.52941E-02	5.04307E-02	28059	8.24498E-02	7.79184E-02	7.14156E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.80589E-02	3.47202E-02	3.15758E-02	2.86590E-02	2.58056E-02	28059	8.24498E-02	7.79184E-02	7.14156E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.03609E-02	1.77027E-02	1.50124E-02	1.24503E-02	9.67940E-03	28059	8.24498E-02	7.79184E-02	7.14156E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.82911E-03	4.58680E-03	3.04362E-03	1.14364E-03	8.10762E-04	28059	8.24498E-02	7.79184E-02	7.14156E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.94868E-02	1.15115E-01	1.38227E-01	1.43296E-01	1.36938E-01	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.02764E-01	8.48188E-02	6.87462E-02	5.50047E-02	4.39469E-02	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.85799E-02	2.33855E-02	1.92649E-02	1.61867E-02	1.35881E-02	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.61674E-03	7.99102E-03	6.37689E-03	4.93838E-03	3.37528E-03	27058	6.67408E-01	3.94669E-01	2.40000E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.92318E-05	3.75882E-04	4.14772E-03	2.60690E-06	2.39490E-07	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26054	2.30018E-03	6.40824E+00	0.0	0.0	1.50634E-05	0.0	0.0	0.0

Fig. 9 Content of GNASH output files 43 and 44 (⁵⁸Ni, En=15MeV)

	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
NEUTRON	9.71932E-01	2.37426E+01	47	1.66147E-01	1.17549E-01	8.85502E-02	
2.69728E-01	3.17408E-01	2.45837E-01	1.66147E-01	1.17549E-01	8.85502E-02		
7.11870E-02	6.16393E-02	5.55244E-02	5.04912E-02	4.58320E-02	4.17523E-02		
3.80589E-02	3.47202E-02	3.15758E-02	2.86590E-02	2.58056E-02	2.30922E-02		
2.03609E-02	1.77027E-02	1.50124E-02	1.24503E-02	9.67940E-03	6.82573E-03		
3.82911E-03	4.58680E-03	3.04362E-03	1.14364E-03	8.10762E-04	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
PROTON	9.43081E-01	2.37426E+01	47	5.42510E-02	8.88275E-02	1.30508E-01	
0.	5.55041E-03	4.13984E-02	5.42510E-02	8.88275E-02	1.30508E-01		
1.73450E-01	1.94845E-01	1.95732E-01	1.77032E-01	1.55326E-01	1.30159E-01		
1.04341E-01	8.48188E-02	6.87462E-02	5.50047E-02	4.39469E-02	3.52572E-02		
2.85799E-02	2.33855E-02	1.92649E-02	1.61867E-02	1.35881E-02	1.15330E-02		
9.61674E-03	7.99102E-03	6.37689E-03	4.93838E-03	3.37528E-03	2.13259E-03		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
NEUTRON	4.28126E-05	2.37426E+01	47	1.09984E-05	7.99287E-06	5.49146E-06	
1.21067E-05	1.80585E-05	1.43925E-05	1.09984E-05	7.99287E-06	5.49146E-06		
3.71564E-06	2.49290E-06	1.64052E-06	1.05308E-06	6.59932E-07	4.05050E-07		
2.43526E-07	1.43096E-07	8.20102E-08	4.57244E-08	2.47376E-08	1.29441E-08		
6.52570E-09	3.15358E-09	1.45187E-09	6.30767E-10	2.52275E-10	9.05846E-11		
2.74487E-11	6.64783E-12	1.12108E-12	6.25337E-14	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
NEUTRON	4.28126E-05	2.37426E+01	47	7.20510E-04	7.99287E-06	5.49146E-06	
1.21067E-05	1.80585E-05	1.43925E-05	1.09984E-05	7.99287E-06	5.49146E-06		
3.71564E-06	2.49290E-06	1.64052E-06	1.05308E-06	6.59932E-07	4.05050E-07		
2.43526E-07	1.43096E-07	8.20102E-08	4.57244E-08	2.47376E-08	1.29441E-08		
6.52570E-09	3.15358E-09	1.45187E-09	6.30767E-10	2.52275E-10	9.05846E-11		
2.74487E-11	6.64783E-12	1.12108E-12	6.25337E-14	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		
0.	0.	0.	0.	0.	0.		

途 中 省 略

(15) 粒子放出 / ガンマ線生成断面積
(barn)

(16) 放出粒子 / ガンマ線最大エネルギー
(MeV)

(17) スペクトルビン数

(18) 粒子 / ガンマ線スペクトル
(barn/MeV)

(19) 準位番号 (1 = 基底状態)

(20) 励起エネルギー (MeV)

(21) 断面積 (barn)

Fig. 9 (cont'd)

```

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 02229082,SH.IIJIMA,0478.01
   T.6 I.3 C.4 W.3 MTU
   OPTP PASSWORD=           ,MSGCLASS=R
//*PROC=J2608.PROCLIB.CNTL
// EXEC FORT77,SO=J2608.NAIG86,Q=.CNTL,A='ELM(OBJHIDA)',
//     B='AUTODBL(DBLPAD),NUM'
// EXEC LKEDIT,LM=J2608.LOADA,CNTL=NO
   INCLUDE OLDDLM(GNASH86)
   ENTRY   MAIN
   NAME    TEMPNAME
// EXEC GO
//FT02F001 DD DSN=&&FT02,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT08F001 DD DSN=&&FT08,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT09F001 DD DSN=&&FT09,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT10F001 DD DSN=&&FT10,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT11F001 DD DSN=&&FT11,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT12F001 DD DSN=&&FT12,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT13F001 DD DSN=J0021.GNASHLIB.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT27F001 DD DSN=J2608.NAIG86.CNTL(EINCNI),DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT28F001 DD DSN=J2608.NAIG86.CNTL(TLPEREY),DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT43F001 DD DSN=&&FT43,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT44F001 DD DSN=J9082.NI58SPO1.DATA,UNIT=D0470C,
//     DISP=(NEW,CATLG,CATLG),SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),
//     DCB=(DSORG=PS,LRECL=80,BLKSIZE=3200,RECFM=FB)
//SYSIN DD *
NI-58 GNASH CALCULATION USING OMP OF YAMAMURO AND GAS WG LDP VALUES
K=130, ALPHA FORMATION BY 1/2, TGAM CORRECTED, FE-55 LDP CORRECTED.
0 0 0 3 1 1 0 1
0 5 27 8 3 0 1 1 5
7 4 2 1 40 0
1.0      28058.0  0.50      1.0      0.0      0.0      +1.0
0.146    0.5
2
3.0      15.0

途 中 省 略

20      2.41    -4.5  0.      0.      4
      1      2 0.62      1.0
      2      6 0.09      1.0
      3      8 0.12      1.0
      4     10 0.17      1.0

++
//

```

Fig. 10 Job control cards for first GNASH run

```

//JCLG JOB
// EXEC JCLG
//SYSIN DD DATA,DLM='++'
// JUSER 02229082,SH.IIJIMA,0478.01
    T.6 I.3 C.4 W.3 MTU
    OPTP PASSWORD=          ,MSGCLASS=R
//*PROC=J2608.PROCLIB.CNTL
// EXEC FORT77,SO=J2608.NAIG86,Q=.CNTL,A='ELM(OBJHIDA)',
//     B='AUTODBL(DBLPAD),NUM'
// EXEC LKEDIT,LM=J2608.LOADA,CNTL=NO
    INCLUDE OLDDLM(GNASH86)
    ENTRY    MAIN
    NAME     TEMPNAME
// EXEC GO
//FT02F001 DD DSN=&&FT02,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT08F001 DD DSN=&&FT08,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT09F001 DD DSN=&&FT09,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT10F001 DD DSN=&&FT10,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT11F001 DD DSN=&&FT11,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT12F001 DD DSN=&&FT12,UNIT=VIO,SPACE=(TRK,(60,10)),DCB=(DSORG=PS)
//FT13F001 DD DSN=J0021.GNASHLIB.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT27F001 DD DSN=J2608.NAIG86.CNTL(EINCNI),DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT28F001 DD DSN=J2608.NAIG86.CNTL(TLPEREY),DISP=SHR,LABEL=(,,,IN)
//FT43F001 DD DSN=J9082.NI58SPO1.DATA,DISP=OLD
//FT44F001 DD DSN=J9082.NI58SPO2.DATA,UNIT=D0470C,
//          DISP=(NEW,CATLG,CATLG),SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),
//          DCB=(DSORG=PS,LRECL=80,BLKSIZE=3200,RECFM=FB)
//SYSIN DD *
    NI-58 GNASH CALCULATION USING OMP OF YAMAMURO AND GAS WG LDP VALUES
    K=130, ALPHA FORMATION BY 1/2, TGAM CORRECTED, FE-55 LDP CORRECTED.
    0  0  0  3  1  1  0  1
    0  5 27  8  3  0  1  1  5
    7  4  2  1 40  0
    1.0      28058.0  0.50      1.0      0.0      0.0      +1.0
    0.146    0.5
    -1
    5.0

    途 中 省 略

    20      2.41   -4.5  0.      0.      4
           1      2 0.62      1.0
           2      6 0.09      1.0
           3      8 0.12      1.0
           4     10 0.17      1.0

++
//

```

Fig. 11 Job control cards for second GNASH run

5. お わ り に

核データの評価は、評価済みデータを指定された形式でファイル化し、利用者が自由に利用できるようになってはじめてその作業が完了したと言えよう。しかしながら、実験あるいは理論計算に全精力を費やした評価者に、さらに自分でファイル化作業を実施させるのは過酷であろうし、また、ファイル化は決して創造的な作業とは言えないのでそれを経験することが特に有意義であるとも思われぬ。本プログラムGAMFILが、ファイル化作業の省力化に役立てば幸いである。

GAMFILでは、理論計算コードによる評価を想定して連続ガンマ線スペクトルしか処理できない。Fig.1に示すようにデータを群定数化して利用する場合にはこれでよいが、場合によっては特定の離散ガンマ線のデータが必要になることもあろう。特に、軽い核では、低エネルギー中性子による反応では大部分が離散ガンマ線である。このような離散ガンマ線のデータは、評価することも難問であるが、ファイル化するうえでも特にその入射エネルギーによる変化をどう考えるかが難しい。これらのガンマ線はガンマ線放出の始状態および終状態の性質に大きく依存するからである。これは共鳴エネルギー領域で特に問題となる。

最後に、完成したENDF/B形式のデータファイルに対して、整合性やエネルギー保存等のチェックを行う必要がある⁷⁾。このチェックを経てはじめて利用者に公開されることになる。一般に、理論計算の結果はエネルギー保存を満足していると言えようが、ガンマ線多重度を格納した場合、別途評価された中性子断面積と組み合わせて使用されると、多数のチャンネルが開いている場合にはエネルギー保存が成立しなくなることは充分起こり得る。従って中性子断面積ファイルと併せてチェックする必要がある。

謝 辞

原研核データセンターの中川庸雄氏には、GAMFILを原研大型計算機に移殖するにあたって大変お世話になりました。また、シグマ委員会ガンマ線生成核データWGおよびNAIG核データセンターの方々には有益な議論をして戴きました。特に吉田正氏には本レポートをレビューして戴きました。以上の方々に心から感謝いたします。

5. お わ り に

核データの評価は、評価済みデータを指定された形式でファイル化し、利用者が自由に利用できるようになってはじめてその作業が完了したと言えよう。しかしながら、実験あるいは理論計算に全精力を費やした評価者に、さらに自分でファイル化作業を実施させるのは過酷であろうし、また、ファイル化は決して創造的な作業とは言えないのでそれを経験することが特に有意義であるとも思われぬ。本プログラムGAMFILが、ファイル化作業の省力化に役立てば幸いである。

GAMFILでは、理論計算コードによる評価を想定して連続ガンマ線スペクトルしか処理できない。Fig. 1 に示すようにデータを群定数化して利用する場合にはこれでよいが、場合によっては特定の離散ガンマ線のデータが必要になることもあろう。特に、軽い核では、低エネルギー中性子による反応では大部分が離散ガンマ線である。このような離散ガンマ線のデータは、評価することも難問であるが、ファイル化するうえでも特にその入射エネルギーによる変化をどう考えるかが難しい。これらのガンマ線はガンマ線放出の始状態および終状態の性質に大きく依存するからである。これは共鳴エネルギー領域で特に問題となる。

最後に、完成したENDF/B形式のデータファイルに対して、整合性やエネルギー保存等のチェックを行う必要がある⁷⁾。このチェックを経てはじめて利用者に公開されることになる。一般に、理論計算の結果はエネルギー保存を満足していると言えようが、ガンマ線多重度を格納した場合、別途評価された中性子断面積と組み合わせで使用されると、多数のチャンネルが開いている場合にはエネルギー保存が成立しなくなることは充分起こり得る。従って中性子断面積ファイルと併せてチェックする必要がある。

謝 辞

原研核データセンターの中川庸雄氏には、GAMFILを原研大型計算機に移殖するにあたって大変お世話になりました。また、シグマ委員会ガンマ線生成核データWGおよびNAIG核データセンターの方々には有益な議論をして戴きました。特に吉田正氏には本レポートをレビューして戴きました。以上の方々に心から感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 五十嵐信一：私信。
- 2) 中川 庸雄：私信。
- 3) J. R. Grover and J. Gilat : Phys. Rev., 157, 802 (1966).
- 4) 北沢日出男, 播磨良子, 山越寿夫, 佐野雄二, 小林嗣幸, 川合将義 : JAERI-M 8163 p. 253 (1979).
- 5) P. G. Young and E. D. Arthur : LA6947 (1977) and P. G. Young : private communication (1984).
- 6) D. Garber, C. Dunford, and S. Pearlstein : "Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File, ENDF," BNL-NCS-50496 (ENDF-102) (1975).
- 7) 川合将義 : JAERI-M 9999, p. 317 (1981)。
- 8) 飯島俊吾, 村田徹, 川合将義, 吉田正, 肥田和毅, 山室信弘 : JAERI-M レポート 投稿予定。