

Ge(Li)検出器による $\gamma$ 線スペクトルの  
解析コード BOB70

---

1971年9月

---

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所は、研究成果、調査結果などを JAERI レポートとして、つぎの 4 種に分けそれぞれの通し番号を付し、不定期に刊行しております。

- |         |                                |             |
|---------|--------------------------------|-------------|
| 1. 研究報告 | まとまった研究の成果あるいはその一部における重要な結果の報告 | JAERI 1001- |
| 2. 調査報告 | 総説・展望・調査の結果などをまとめたもの           | JAERI 4001- |
| 3. 年報   | 研究・開発その他の活動状況などの報告             | JAERI 5001- |
| 4. 資料   | 施設の概要や手引きなど                    | JAERI 6001- |

このうち既刊分については「JAERI レポート一覧」にタイトル・要旨をまとめて掲載し、また新刊レポートは「研究成果要旨集」(隔月刊)で逐次紹介しています。

これらのリスト・研究報告書の入手および複写・翻訳などのご要求は、日本原子力研究所技術情報部(茨城県那珂郡東海村)に申しこんでください。

---

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

1. JAERI 1001- Research reports
2. JAERI 4001- Survey reports and reviews
3. JAERI 5001- Annual reports
4. JAERI 6001- Manuals etc.

Requests for the above publications, and reproduction and translation should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan

JAERI-1216 正誤表

ページ	行	誤	正
7	右, 上から1	にける計数值	における計数值
7	右, 上から4	$= \frac{NAREA(J)+2 \times NBGD(J)}{NAREA(J)} \times 100$	$= \frac{\sqrt{NAREA(J)+2 \times NBGD(J)}}{NAREA(J)} \times 100$

## Ge(Li) 検出器による $\gamma$ 線スペクトルの解析コード BOB 70

日本原子力研究所 東海研究所

馬場 澄子・馬場 宏・岡下 宏

1971 年 4 月 1 日 受理

### 要 旨

Ge(Li) 検出器から得られる  $\gamma$  線スペクトルのような高分解能スペクトルを自動的に処理するためのコード, BOB 70 を開発した. このコードは中型電算機, とくに FACOM 230-60 を対象として開発されたものであり, 機能として, データ平滑化, 1 次微係数を用いるピーク探索, クロックタイムモードからライブタイムモードへの変換, 見出だされたピークのエネルギーおよび強度の決定を具えている. 2047 チャンネルのスペクトルを解析するのに必要な記憶容量は 29 K, 所要時間は CPU 専有時間にして約 10 秒である. その他に, あまり能率的ではないが, CALCOMP 社製グラフィックプロッターによるデータプロットの副プログラムも付け加えられるようになっている. データプロットをおこなわせる場合には, 上記の所要記憶容量と時間にさらに 5 K ならびに 15 秒がそれぞれ加算される. 本報告は, このコードを使用するためのマニュアルである.

### BOB 70: The Programme Code for Analysis of the Gamma-ray Spectrum from the Ge(Li) Detector

Sumiko BABA, Hiroshi BABA and Hiroshi OKASHITA

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

Received April 1, 1971

### Summary

A data-analyzing code was developed for the spectrum with high resolution, such as spectra from the Ge(Li) detector. This code is built for FACOM 230-60 and is adjustable to medium-sized electronic computers. It covers the following functions; i) data smoothing, ii) peak searching by means of the first derivative method, iii) conversion from the clock-time mode to the live-time mode, and iv) determination of the photopeak energy and intensity. For the analysis of a 2047-channel spectrum, the required memory size is 29 K and the required time is at most 10 seconds as the CPU occupying time.

Furthermore, a data-plotting subroutine is available, though fairly inefficient, which is built for the CALCOMP graphic plotter. In the case where data plotting with this subroutine is added, the code requires the additional 5 K memory core and the additional 15-second CPU time.

This report is the manual of the code.

## 目 次

1. まえがき .....	1
2. 構成および機能 .....	1
2.1 プログラムの全容 .....	1
2.2 主プログラム (MAIN) .....	1
2.3 SUBROUTINE SMART .....	3
2.4 SUBROUTINE PKREC .....	3
2.5 SUBROUTINE LIVET .....	4
2.6 SUBROUTINE ENGEF .....	4
2.7 SUBROUTINE POLIN .....	6
2.8 SUBROUTINE LINEQ .....	6
2.9 SUBROUTINE POLIX .....	6
2.10 SUBROUTINE SPECTR .....	6
2.11 SUBROUTINE OUTPUT .....	6
3. 使用法 .....	7
3.1 インプット .....	7
3.2 アウトプット .....	7
4. 結 語 .....	12
文 献 .....	12

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Description of the code .....	1
2.1 The whole structure .....	1
2.2 MAIN programme .....	1
2.3 SUBROUTINE SMART .....	3
2.4 SUBROUTINE PKREC .....	3
2.5 SUBROUTINE LIVET .....	4
2.6 SUBROUTINE ENGEF .....	4
2.7 SUBROUTINE POLIN .....	6
2.8 SUBROUTINE LINEQ .....	6
2.9 SUBROUTINE POLIX .....	6
2.10 SUBROUTINE SPECTR .....	6
2.11 SUBROUTINE OUTPUT .....	6
3. Instruction .....	7
3.1 Input .....	7
3.2 Output .....	7
4. Conclusion .....	12
References .....	12

## 1. ま え が き

近年, Ge(Li) 検出器の発展にともない,  $\gamma$  線測定のエネギー分解能が向上し, 要求される波高分析器のチャンネル数が非常に増大してきた. その結果, 測定されたスペクトルを人力で解析することが実際上不可能に近くなり, 電子計算機の導入が必須となった. 電算機を用いてスペクトル解析をおこなう試みは種々なされており, すでに完成したプログラムもいくつか報告されている<sup>1-6)</sup>. しかし, それらのうち精度よく解析することが可能なものは<sup>7)</sup>, CDC-6600 のような大型計算機を必要とし, 中型計算機を用いることが可能なプログラムは<sup>8)</sup> 果し得る機能が充分とはいえず, また, その解析結果の信頼度も問

題があるようである.

われわれは, 現在原研に設置されている FACOM 230-60 を使用するスペクトル解析用のプログラム BOB 70 を独自に開発した. 人力によるスペクトル解析を機械に代行させることにより, 省力化と恣意的な誤差の除去を目的としてプログラミングをおこなったものが, BOB 70 である<sup>9)</sup>. BOB 70 はデータ処理の速度に関しては完全に初期の目標に達しており, またその解析結果の信頼度は,  $\gamma$  線強度決定に関してはマニュアルにおこなう解析をいくぶん凌駕し, エネギー決定に関してははるかに優れている.

## 2. 構成および機能

### 2.1 プログラムの全容

BOB 70 は, 以下に述べるような役割を持った, 主および副プログラムから構成されている.

- MAIN …コントロールカードおよびスペクトルデータを読み込み, 各副プログラムへの割付けをおこなう. あわせて, “PKREC” の結果をもとに,  $\gamma$  線ピーク面積を算出する.
- SMART …スペクトル曲線の平滑化および 1 次微係数の計算をおこなう.
- PKREC …光電ピークを見出し, 単ピークか複合ピークかを区別する.
- LIVET …測定時間のうちの不感時間を計算する.
- ENGEF …光電ピークのエネギーと強度を決定する.
- POLIN …多項式の最小自乗フィットをおこなう. “ENGEF” の副プログラムとして働く.
- LINEQ …多元 1 次連立方程式を解くための逆行列をつくる.
- POLIX …“POLIN” で得られたエネギーおよび計数効率の校正曲線を用いて, ピークのエネギーと強度の計算をおこなう. “ENGEF” の副プログラムとして働く.
- SPECTR … $\gamma$  線スペクトルを描く.
- OUTPUT …解析結果をまとめて印刷する.

これらが Fig. 1 のように組合わされて,  $\gamma$  線スペクトルの解析をおこなう.

“LIVET”, “ENGEF” または “SPECTR” は飛越しが可能である. したがって, 測定方法とその目的に応じて種々の解析方法を採用することができる.

### 2.2 主プログラム (MAIN)

“MAIN” では, まず解析の仕方を指示する種々のインデックス, スペクトルの各チャンネルの計数値が読み込まれる. それらを順々に副プログラムに渡して, 各副プログラムにおける計算結果を呼び戻す.

ピーク面積の計算は “PKREC” からの情報に基づいてここでおこなわれる. ピーク両端のチャンネル番号を  $i$  および  $f$  とし, その範囲の各チャンネルの計数値を  $N_i, N_{i+1}, \dots, N_m, \dots, N_f$  とするとき, 第  $m$  チャンネルのバックグラウンド計数値  $B_m$  は

$$\ln B_m = \ln N_i + \frac{\ln N_f - \ln N_i}{f - i} \times (m - i) \quad (1)$$

によって算出され, ピーク面積  $A$  は

$$A = \sum_{m=i}^f (N_m - B_m) \quad (2)$$

となる.

読み込まれるインデックスの名称と役割をつぎに記す.

IPLT …“SPECTR”によりスペクトルをプロットするか否か, する場合は横軸のスケールを如何にとるかを決定する.

- IPLT = 0 プロットしない.  
 = 1 2.5 チャンネル/1 mm でプロットする.  
 = 2 5 チャンネル/1 mm でプロットする.  
 = 3 1 チャンネル/1 mm でプロットする.

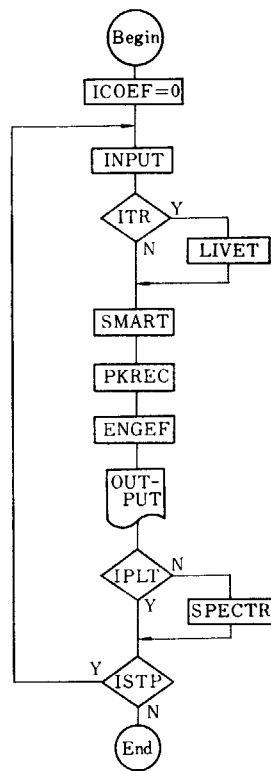


Fig. 1 General flow-chart

ISM ...“SMART”により平滑化および1次微係数の計算をおこなう際に用いる点の数を決定する(“SMART”に関しては2.3参照).

ISM  $\leq 10$  点数は  $(2 \times \text{ISM} + 5)$  点となる.  
 = 11 3点  
 = 12 平滑化はおこなわず, 1次微係数には5点を用いる.

IE ...“ENGEF”の働かせ方を決定する.

IE = 0 未知試料の測定データ中の光電ピークのエネルギーと強度を決定する. その際標準線源のスペクトルから求められた校正曲線を用いる. したがって, 必ず標準線源のスペクトルデータ (IE=1を伴うデータ) またはすでに求めてある校正曲線の定数を用いるデータ (IE=2を伴う) が, 先行しなければならない.

= 1 標準線源のスペクトルデータから, エネルギーおよび計数効率の校正曲線を作成する. 標準線源の $\gamma$ 線に対応するエネルギー値および強度を与える必要がある.

= 2 校正曲線の定数値を外から与えてのち, その値を用いてエネルギーおよびスペクトル強度を計算する.

= 9 エネルギーおよび強度決定をおこなわない.

IENG ...“ENGEF”でエネルギーとスペクトル強度の両方に関して計算をおこなうか, あるいはエネルギーに関してのみおこなうかを決定す

る.

IENG = 0 エネルギーおよび強度.

= 1 エネルギーのみ.

ISTP ...一組のスペクトルデータについて解析が終了したのち, 引き続き別のデータを読み込んで解析するか否かを決定する.

ISTP = 0 続行する.

= 1 終了とする.

IW(1) ...“OUTPUT”において, 測定および解析の条件の一覧表 (TABLE 4) を書き出すか否かを決定する.

IW(1)  $\neq 1$  書き出す.

= 1 書き出さない.

IW(2) ...“OUTPUT”において, “PKREC”の結果の表 (TABLE 5) を書き出すか否かを決定する.

IW(1)  $\neq 1$  書き出す.

= 1 書き出さない.

IW(3) ...“OUTPUT”において, “ENGEF”の結果の表 (TABLE 6) を書き出すか否かを決定する.

IW(3)  $\neq 1$  書き出す.

= 1 書き出さない.

IW(4) ...“OUTPUT”において, “SMART”の結果の表 (TABLE 7) を書き出すか, 各チャンネルの計数値の表 (TABLE 8) を書き出すか, あるいは何も書き出さないかを決定する.

IW(4)  $< 1$  計数値の表を書き出す.

= 1 何も書き出さない.

$> 1$  “SMART”の結果の表を書き出す.

IW(5) ...“OUTPUT”において, 各チャンネルの平滑化された計数値の表 (TABLE 9) を書き出すか否かを決定する.

IW(5)  $\neq 1$  書き出す.

= 1 書き出さない.

測定データと測定条件に関して読込まれる値の名称と内容をつぎに述べる.

IDATE ...測定をおこなった年月日.

ITIME ...測定開始時間.

ITR ...測定時間 (リブタイム).

IUNT ...測定時間の単位.

IUNT = 0 秒

= 1 分

ITC ...測定時間 (クロックタイム).

PDT ...パーセントで表わした不感時間の割合.

TO, TS ...不感時間を算出する際の定数. マイクロ秒単位 (式(3)参照).

INIT ...スペクトルのうち, 解析がおこなわれる範囲での最初のチャンネル番号. これを適当に定めることによって, 低エネルギー側の不要な部分の解析を省くことができる.

- IFIN …読込まれるスペクトルデータの最終チャンネル番号. 解析もこのチャンネルまでおこなわれる.
- INPT …読込まれるデータの最初のチャンネル番号. INIT ≥ INPT である.
- DATA(I) …チャンネル I における, 整数で表わされた計数值.

### 2.3 SUBROUTINE SMART

この副プログラムは, 測定されたスペクトル曲線の平滑化と, その各チャンネルにおける 1 次微係数を計算する. 測定データが含む統計的なばらつきを, 曲線の持つ性質を失わないように除く方法として, われわれは最小自乗法によるたたみ込み法(Convolution of data points)<sup>10)</sup>を用いた平滑化の方法を選んだ. これは, 適当な数の測定点を結んだ曲線を最小自乗法によって多項式にフィットさせ, その多項式によって計算される中心点の値を平滑化された値とする方法である. この操作をチャンネルを 1 つずつずらしておこない, 必要とする全チャンネルにわたって計算する. 同様にある数の測定点を 2 次曲線にフィットさせてその中心点の 1 次微係数を計算する操作をチャンネルをずらしてくり返し, チャンネル毎の 1 次微係数を求める. “SMART” においては, 平滑化に用いられる点数は 5 から 25 までの範囲 (奇数のみ) で選ぶことができる. 種々検討した結果, Ge(Li) 検出器によって得られるスペクトル曲線の場合, 平滑化に用いられる点数が 5 および 7 では上述の多項式として, 2 次または 3 次式, それ以上では 4 次または 5 次式を用いるのが最適であることが判明したので, 計算はそのようにおこなわれる. 1 次微係数に用いられる点数は, 平滑化のそれと同じである. 横軸が等間隔にとられている測定データについて, 平滑化と 1 次微係数の計算をおこなう場合の係数が文献 10) に記載されているので, その値を用いた.

“MAIN” から INIT, IFIN, ISM および DATA(I) を呼び込み, ISM が指定する点数で上記の平滑化と 1 次微係数の計算をおこない, 標準偏差 (計数值の平方根) を求め, 計算結果を “MAIN” へ渡す. それらの計算量について以下に説明する.

- INIT …N 点平滑化と 1 次微係数の計算をおこなった場合, “MAIN” から来た INIT は (N-1) だけ増加して “MAIN” へ帰る.
- IFIN …同様に (N-1) だけ減少する.
- SDATA(I) …I 番目チャンネルの平滑化されたデータ.
- DDATA(I) …I 番目チャンネルの 1 次微係数.
- SM(I) …I 番目チャンネルの標準偏差:  

$$\sqrt{\text{SDATA}(I)}$$

平滑化に用いる点数は, 光電ピークの半値幅 (FWHM)

のチャンネル数より大きくて最も近い数が適当である. なお, 半値幅の極端に小さい測定の場合は, 上記の方法とは異った方法をとることもできる. これは ISM が 11 と 12 の場合で, それぞれの計算内容はつぎのようである.

ISM=11 の場合:

$$\begin{aligned} \text{SDATA}(I) \\ = \frac{\text{DATA}(I-1) + 2 \times \text{DATA}(I) + \text{DATA}(I+1)}{4} \end{aligned}$$

$$\text{DDATA}(I) = \frac{\text{SDATA}(I+1) - \text{SDATA}(I-1)}{2}$$

ISM=12 の場合:

$$\text{SDATA}(I) = \text{DATA}(I)$$

$$\text{DDATA}(I)$$

$$\begin{aligned} = \frac{2 \times (\text{DATA}(I+2) - \text{DATA}(I-2))}{10} \\ + \frac{\text{DATA}(I+1) - \text{DATA}(I-1)}{10} \end{aligned}$$

### 2.4 SUBROUTINE PKREC

ここではスペクトル中のピークの探索と, その多重度の判定がおこなれる. γ 線スペクトルを電算機によって図形的に解析する際の, 最も重要かつ解決困難な問題点は, 1) 如何にしてすべての真の光電ピークを正しく認識し, 同時に偽りのピークを拾わないようにするか, 2) 如何にして単ピークか複合ピークかを区別し, 複合ピークならばその多重度を判定するか, 3) 如何にして異った測定条件のデータについて定量的にピーク面積を算出するようにピークの両端を定めるか, の 3 点と考えられる. “PKREC” を組立てるにあたって, われわれはこれらの問題解決のために最大の努力をし, ほぼ満足すべき性能を持つものに仕上げた.

“PKREC” の具体的な内容はつぎの如きものである. “MAIN” から INIT, IFIN, ISM, SDATA(I), DDATA(I) および SM(I) (“PKREC” 中ではそれぞれ II, IFF, ISM, DATA(I), DDATA(I), SM(I) と名付けられている.) を呼び込み, チャンネル毎に, DDATA と SM に適当な係数 (ATEN<sup>註</sup>) を掛け合わせて作った閾値とを比較することによって, ピークの開始点を探し出す. ピークを見つけたら, さらに細かく DDATA を閾値と比較しつつその増減を追って, 頂上にあたるチャンネルを定め, このピークが単ピークか多重ピークかを判定し, 後者の場合その多重度も決定する. ISM は半値幅に対応した値であるから, これを用いてゲインの異なる測定に対処するようになっている.

“PKREC” の結果はつぎのような名称で “MAIN” へ渡される.

- K …見出だされたピークおよびピーク群の数.



- MIN(J) ...J 番目ピークの低エネルギー端のチャンネル.
- MAX(J) ...J 番目ピークの高エネルギー端のチャンネル.
- PEAK(J, 1) ...単ピークの場合はそのピーク頂上位置. ピークの頂上がいくつかある多重ピークの場合は, それらのうち最もエネルギーの低い頂上のチャンネル. (PEAK は将来ピークを関数形にフィットさせて多重ピークの分割が可能になった場合, それぞれのピーク位置を示すことができるように, 2次元のマトリックスになっている.)
- H 1(J) ...MIN(J) における計数值.
- H 2(J) ...MAX(J) における計数值.
- JFIT(J) ...J 番目ピークまたはピーク群の多重度を示す. (JFIT+1) が多重度.

“MAIN” ではこれらの情報に基づき, 式(1)および(2)にしたがって各ピーク面積を算出し, NAREA (J) と名づける.

“PKREC” の流れ図を Fig.2 に示す. 実際に <sup>152</sup>Eu のγ線スペクトルからピークを探索した例が Fig.4 に示されている. なお, 前記 3) のピーク面積の定量性については, 種々テストをおこなった結果が文献 9) に詳述されている.

### 2.5 SUBROUTINE LIVET

測定がリブタイムモードでおこなわれていない場合に, 測定時間中の不感時間を計算する. “MAIN” から INPT, IFIN, TC, T0, TS, DATA(I) を呼び込む. 波高分析器の i 番目のチャンネルにおける計数毎の不感時間  $\tau_i$  は,

$$\tau_i = T0 + i \times TS \quad (3)$$

(単位はマイクロ秒)

で計算される. 計数值を  $N_i$  とすると, 全不感時間 T, リブタイム TR (秒単位) はそれぞれ

$$T = \sum_{i=INPT}^{IFIN} (N_i \times \tau_i) \quad (4)$$

$$TR = TC - T \times 10^{-6} \quad (5)$$

となる. 不感時間 T の TC に対する百分率 PDT を計算し, TR と共に “MAIN” へ渡す.

### 2.6 SUBROUTINE ENGEF

ここで “MAIN” から呼び込んで用いられるインデックスと数値は, IE, IENG, K, ISTART, ILAST, H1(J), PEAK(J, 1), NAREA(J), SDATA(I), JFIT(J), TR および IUNT である (“ENGEF” 中での名称はそれぞれ, IE, ILOC, K, INIT, IFIN, H 1, PK, NAREA, SDATA, JF, TR, IUNT). ISTART および ILAST とは, “MAIN” において “SMART” を通過する前の, すなわち読込まれたままの INIT と IFIN の値である.

“ENGEF” には IE と IENG によって指定される 6 通りの計算過程が含まれているが, そのうちの IENG=0, IE=1 の場合から計算内容を記していく. これは標準線源のスペクトルデータを用いて, エネルギーおよび計数

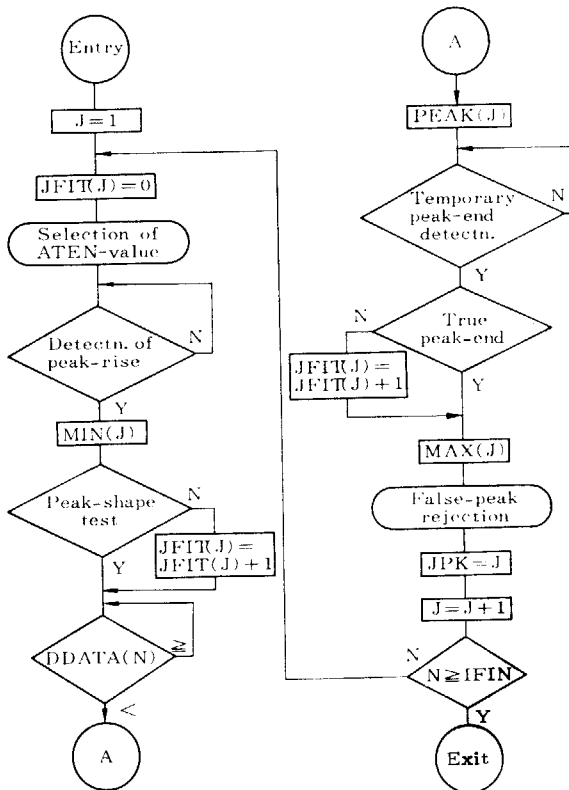


Fig. 2 Flow-chart of PKREC

註) ATEN は, ひとつのピークを探しはじめるチャンネルでの計数值 N と ISM により, つぎのように定められる.

$$ATEN = A \times F$$

ただし

$$A = \begin{cases} 0.7 & N < 1000 \\ 0.8 & 1000 \leq N < 3200 \\ \sqrt{\frac{N}{5000}} & N \geq 3200 \end{cases}$$

F は ISM と TABLE 1 のような関係にある.

TABLE 1 Relation between ISM and F-value

ISM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F	1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.25	0.2	0.15	0.125	0.1	0.075	1	1

効率の校正曲線をつくる過程である。そのために、つぎに述べるようないくつかの数値を読み込む必要がある。

- NP ...標準線源のスペクトルで、エネルギーと強度が既知の光電ピークの数。
- M ...フィットさせるべき校正曲線の次数。
- EINT ...チャンネル ISTART に対応するエネルギー (keV)。
- EFIN ...チャンネル ILAST に対応するエネルギー (keV)。
- EST(J) ...NP 個の光電ピークエネルギー (keV)。
- SACTY(J) ...標準線源の単位時間あたりの崩壊数。
- GRATIO(J) ...NP 個のγ線の分岐比。

“PKREC” によって標準線源のスペクトルデータから見出された PEAK(J, 1) と EST(J) との対応をつぎのようにしてつける。エネルギー  $E$  とチャンネル  $x$  の間に、

$$E = \frac{EFIN - EINT}{ILAST - ISTART} \times x + EINT \quad (6)$$

なる近似的な校正曲線をつくる。(6)を用いて、EST(J) に対するチャンネル  $x_j$  を計算する。 $x_j$  から 10 keV 幅に相当するチャンネルの範囲内にあるピークを探し、そのピークが単ピーク (すなわち JFIT=0 を伴うピーク) であって、かつ S/N 比が 1.3 以上であれば、これを EST(J) なるエネルギーを持つ光電ピーク、PEAK(J, 1) と判定する。PEAK(J, 1) に伴う NAREA(J) が、続く計数効率校正曲線の作成に用いられる。

エネルギー  $E$  とそれに対応するチャンネル  $x$  は、最小自乗法によって、

$$E = C_1 + C_2x + C_3x^2 + \dots + C_{M+1}x^M \quad (7)$$

なる関係式にフィットされる。 $C_1 \dots C_{M+1}$  を求めるのに  $(M+1)$  元 1 次連立方程式を解く必要がある。SUBROUTINE POLIN ではそのための行列の各要素が作られ、SUBROUTINE LINEQ によって求められるその逆行列を用いて方程式を解く。引き続き、ピーク面積 NAREA を崩壊数 SACTY で割り、分岐比 GRATIO と測定時間 TR で基準化して求められる計数効率  $\epsilon$  は、エネルギー  $E$  と、

$$\ln \epsilon = f_1 + f_2 \ln E + f_3 (\ln E)^2 + \dots + f_{M'+1} (\ln E)^{M'} \quad (8)$$

ただし  $M' = M - 2$

なる関係式にフィットされる。この場合は最小自乗法の原理に基づき<sup>11)</sup>、フィットされる各点に  $\epsilon$  に比例する重みをつけた上で、 $\ln \epsilon$  を  $\ln E$  の多項式として、(7)の場合と同様にして  $f_1$  等を求める。

IENG=0, IE=0 なるインデックスを伴うデータは、“PKREC” によって見出されたピークすべてについて、そのチャンネルに対応するエネルギーと面積に対する強度およびそれらの標準偏差が、 $C_1 \dots$  と  $f_1 \dots$  を用いて算出される。これらの計算は、SUBROUTINE POLIX においてなされる。したがって、このデータは必ず同じ測定条件による標準線源のスペクトルデータか、あるいは

はそれから求められた  $C_1 \dots$  と  $f_1 \dots$  を伴うデータと組合わせて解析されねばならない。

IENG=0, IE=2 の場合は、校正曲線の各係数等が外から与えられ、それを用いてスペクトルデータのピークについてエネルギーと強度および標準偏差を計算する。読み込まれる数値は、

- ICEE ...エネルギー校正曲線の次数+1。
- ICEF ...計数効率校正曲線の次数+1。
- C(M) ...エネルギー校正曲線の係数。
- CF(M) ...計数効率校正曲線の係数。
- XI(I, J) ...エネルギー校正曲線のフィッティングの際作られた逆行列の各要素。
- XFI(I, J) ...計数効率校正曲線のフィッティングの際作られた逆行列の各要素。

最後に、IENG=1 ならば、IE=0, 1, 2 のどの場合でも、エネルギーに関する計算だけをおこない、計数効率に関する部分は飛越される。

計算結果はつぎのような名称および内容を伴って

“MAIN” へ渡される。

- C(M) ...エネルギー校正曲線の多項式の係数。式 (7) の  $C_1$  等。
- CE(M) ...C(M) の誤差

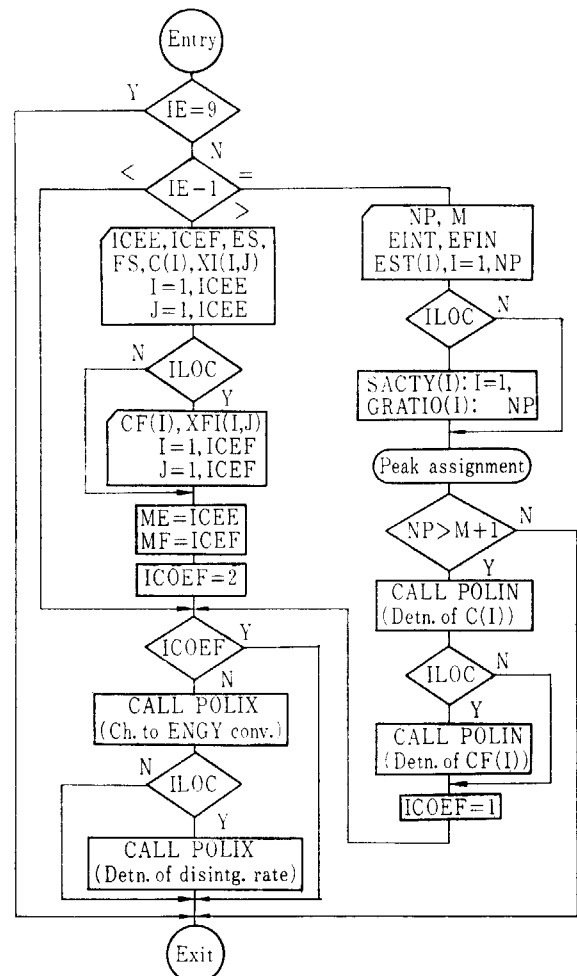


Fig. 3 Flow-chart of ENGEF

- CF(M) ... 計数効率校正曲線の多項式の係数. 式 (8) の  $f_1$  等.  
 FE(M) ... CF(M) の誤差.  
 ENGY(J) ... J 番目ピークのエネルギー.  
 EENGYQ(J) ... ENGY(J) の誤差 (%).  
 ACTY(J) ... J 番目ピークの強度. すなわち単位時間あたりの  $\gamma$  線放出数.  
 SIGAC(J) ... ACTY(J) の誤差 (%). これはピーク面積の統計誤差と校正の際の誤差とを含む.

“ENGEF” の流れ図を Fig. 3 に示し, IAEA 標準線源で校正された  $^{152}\text{Eu}$  のスペクトルの解析例を TABLE 6 に示す.

## 2.7 SUBROUTINE POLIN

“POLIN” は 10 元連立方程式まで解けるように作られているので, 9 次までの多項式の最小自乗フィットに用いることが可能である. “ENGEF” から多項式の次数  $M$ , フィットングに用いられる点の数  $NP$ , それらの横軸の値  $CH1(J)$  または  $\ln(\text{ENGY}(J))$ , たて軸の値  $EST(J)$  または  $\ln(\text{AREA}(J))$ , 重み  $WW(J)$  または  $W(J)$  が呼び込まれる. それらをそれぞれ  $M, N, x, y, w$  とすると, 最小自乗フィットがおこなわれるべき式は,

$$y_n = C_1 + C_2 x_n + C_3 x_n^2 + \dots + C_{M+1} x_n^M \quad (9)$$

$$n = 1, \dots, N$$

となる. そのために,

$$\begin{pmatrix} \sum_n w_n & \sum_n (w_n x_n) & \dots & \sum_n (w_n x_n^M) \\ \sum_n (w_n x_n) & \dots & \dots & \dots \\ \sum_n (w_n x_n^2) & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_n (w_n x_n^M) & \dots & \dots & \sum_n (w_n x_n^{2M}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_{M+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \vdots \\ Z_{M+1} \end{pmatrix} \quad (10)$$

ただし

$$Z_i = \sum_n (w_n y_n x_n^{i-1}) \quad (11)$$

なる連立方程式を作り,  $C_1, C_2, \dots, C_{M+1}$  を求める. 方程式 (10) を解くための逆行列  $XI(i, j)$  は SUBROUTINE LINEQ で作られる. それを用いて次式によって  $C_1$  等が計算される.

$$C_j = \sum_i (XI(i, j) \times Z_i) \quad (12)$$

$C$  の標準偏差  $CE$  は次式によって計算される.

$$CE_i = (\sum_j (XI(i, j) \times S)^{1/2}) \quad (13)$$

ただし

$$S = \frac{\sum (Y_n - y_n)^2}{N - M - 1} \quad (14)$$

であって,  $Y_n$  は  $x_n$  と求められた  $C_i$  を (9) 式に代入した場合の左辺の値である.

## 2.8 SUBROUTINE LINEQ

これは前述のように 10 次までの行列の, 逆行列を求めることが可能な副プログラムである. 3 角行列法によって行っている<sup>12)</sup>.

## 2.9 SUBROUTINE POLIX

“POLIN” で計算された, (7) および (8) 式の定数  $C$  および  $f$  を用いて, スペクトル中のすべてのピークについて, PEAK(J, 1) に対応するエネルギー ENGY(J) と, ENGY(J) に対応する計数効率 AREA(J) を計算する. それらの標準偏差 EENGYQ(J) または EEFCYQ(J) の計算をもおこなう. 標準偏差を  $\sigma$  とおき, PEAK(J, 1) 等を  $x$ , その他の数値を (9)~(14) 式に準じて表わすと,

$$\sigma_n = \left[ \sum_{i=1}^{M+1} \left\{ G(n, i) \times \sum_{j=1}^{M+1} XI(i, j) \times G(n, j) \right\} \times S \right]^{1/2} \quad (15)$$

ただし

$$G(n, i) = x_n^{i-1} \quad (16)$$

となる. EEFCYQ(J) は  $\exp(\sigma)$  である.

## 2.10 SUBROUTINE SPECTR

$\gamma$  線スペクトルを, CALCOMP 社製のグラフィックプロッターによって描かせるための副プログラムである. “MAIN” より, INIT, IFIN, K, IPLT, SDATA(J), H1(J), H2(J), PEAK(J, 1), MAX(J), MIN(J) および ENGY(J) を呼び込む. INIT, IFIN および IPLT により横軸の幅とスケールが決まる. たて軸は最大値  $10^6$  カウントの対数目盛に固定されている.  $\gamma$  線スペクトルを描き, ピーク部分とエネルギー値が描き込まれる. 実例として  $^{152}\text{Eu}$  のスペクトルを Fig. 4 に示す.

## 2.11 SUBROUTINE OUTPUT

$\gamma$  線スペクトルの測定条件と測定結果, 解析に用いられた種々の数値と解析結果等の, すべての情報がここに集められ, 要領よく表にまとめられる. 詳しい内容と実例は 3.2 において述べられる.

### 3. 使 用 法

#### 3.1 インプット

インプットはすべてパンチカードによってなされる。インプットすべき各種の値のフォーマットとカード上の位置をカードの順を追って TABLE 2 に示す。

M-1, M-2 および M-3 のカードはつねに必要な。E-1~E-9 のカードは IE と IENG の値の組合せによってその要不要が決まる (TABLE 3)。インプットの実例を Fig. 5 に示す。

#### 3.2 アウトプット

計算結果は作表して印刷される。一例として <sup>152</sup>Eu の  $\gamma$  スペクトルの解析結果を TABLE 4~9 に示す。

TABLE 4 は解析条件の一覧表であり、“ENGEF” を働らかせた場合には、チャンネル-エネルギーおよびエネルギー-係数効率曲線の係数も印刷される。

“PKREC” の結果は TABLE 5 のように印刷される。すなわち、左列より、ピーク番号 (J)、ピークの始まるチャンネル (MIN(J))、ピークチャンネル (PEAK(J, 1))、ピークの終るチャンネル (MAX(J))、ピーク面積 (NAREA(J))、ピーク下のバックグラウンド (NBGD(J))、NAREA (J) の統計誤差 (SIGAR(J))、MIN(J) にくおる計数值

(H1(J)), MAX(J) にくおる計数值 (H2(J)), およびピークの多重度 (JFIT(J)) である。SIGAR(J) は % 誤差で表わされており、次式から計算されたものである。

$$SIGAR(J) = \frac{NAREA(J) + 2 \times NBGD(J)}{NAREA(J)} \times 100$$

TABLE 6 は “ENGEF” の結果を含む全解析結果である。左列より、ピーク番号 (J)、ピークチャンネル (PK(J, 1))、ピークエネルギー (ENGY(J))、ENGY(J) の % 誤差 (EENGYQ(J))、ピーク面積 (NAREA(J))、NAREA(J) の % 誤差 (SIGAR(J))、ピーク放射能 (ACTY(J))、ACTY(J) の % 誤差 (SIGAC(J)) が印刷される。

最初にインプットしたスペクトルの計数值および実際の解析に用いられた平滑値は必要ならばそれぞれ TABLE 8 および 9 のように印刷される。また、“SMART” の計算結果をとくに知りたいときは TABLE 7 のように印刷される。すなわち、左列より、チャンネル番号 (I)、計数值 (DATA(I))、その統計誤差 (SM(I))、平滑値 (SDATA (I))、1 次微係数 (DDATA(I)) である。

なお印刷の各ページ左上部には計算した年月日、右上部には測定データ番号および各データごとの通しページが記録される。

プロッターによって描かれるスペクトルは Fig. 4 の如きものである。

	10	20	30	40	50	60	70	80
IAEASTD	70	10121932	1	0.34RUN	N-001	23.5CM		
	11024	1 0 111 1	0 0 0 0 0	0 0 0 2 0	1			
	206	254 389	480	578 708	925	1097 1204	1411	
	1595	1817 2110	2284	2491 2580	2781	2962 3146	3367	
...								
	10	4 161.16	1347.84					
	279.191	391.710	511.006	661.63	834.81	898.04	1173.24	1274.53
	1332.52	1836.13						
	0.989	6.128	13.108	3.459	3.365	6.210	9.489	7.322
	9.505	6.632						
	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
	1.	1.						
EU-152	70	10130409	8000	0.99RUN	N-002	23.5CM	EU-NO.14	
	11024	1 0 111 0	0 0 0 0 1	0 0 0 2 0	0			
	352	439 728	940	1039 1275	1688	1913 2265	2717	
	2880	3363 3782	4121	4544 4783	5150	5592 5852	6237	
...								
...								

Fig. 5 Example of a set of input cards. The cards of the first group represent the data of the standard sources and the other cards carry the data of <sup>152</sup>Eu-spectrum to be calibrated.

TABLE 2 Input formats and descriptions on the quantities used

Card No.	Symbol	Columns	Format	Description
M-1	IDN	1-8	2A4	Title of data
	IDATE	9-14	I6	Data of measurement
	ITIME	15-18	I4	Initial time of the measurement
	ITR	19-24	I6	Counting duration in the live-time mode
	IUNT	25	I1	Unit of ITR or ITC
	ITC	26-31	I6	Counting duration in the clock-time mode
	PDT	32-36	F5.2	Dead time ratio in %
	COM	37-64	7A4	Comments on data
	T0	65-70	F6.2	Constant term in Eq. 3, ( $\mu$ sec)
	TS	71-76	F6.3	Channel-proportional term in Eq. 3, ( $\mu$ sec)
M-2	INIT	1-4	I4	Initial channel for the analysis
	IFIN	5-8	I4	Final channel of data to be read in
	INPT	9-12	I4	Initial channel of data to be read in
	IPLT	15-16	I2	Plotting-controlling parameter
	ISM	17-18	I2	"SMART"-controlling parameter
	IE	19-20	I2	"ENGEF"-controlling parameter
	IENG	21-22	I2	"ENGEF"-controlling parameter
	ISTP	29-30	I2	Recycle-controlling parameter
	IW(1)	31-32	I2	"OUTPUT"-controlling parameter
	IW(2)	33-34	I2	"OUTPUT"-controlling parameter
	IW(3)	35-36	I2	"OUTPUT"-controlling parameter
IW(4)	37-38	I2	"OUTPUT"-controlling parameter	
IW(5)	39-40	I2	"OUTPUT"-controlling parameter	
M-3	DATA(I)	1-69	I6, 9I7	Counting rate, I=INPT, IFIN
E-1	NP	1-5	I5	Number of the standard peaks
	M	6-10	I5	Order of the energy-calibration polynomial
	EINT	11-20	F10.3	Energy corresponding to ISTART (in keV)
	EFIN	21-30	F10.3	Energy corresponding to ILAST (in keV)
E-2	EST(J)	1-80	8F10.4	Energy of the standard peak, J=1, NP
E-3	SACTY(J)	1-80	8F10.4	Disintegration rate of the standard source emitting J-th peak, J=1, NP
E-4	GRATIO(J)	1-80	8F10.4	Branching ratio of the standard peak, J=1, NP
E-5	ICEE	1-5	I5	Number of coefficients of the energy-calibration polynomial
	ICEF	6-10	I5	Number of coefficients of the efficiency-calibration polynomial
	ES	11-20	E10.5	Variance of the fit in the energy calibration, S in Eq. (3)
	FS	21-30	E10.5	Variance of the fit in the efficiency calibration, S in Eq. (3)
E-6	C(K)	1-80	8E10.5	Coefficient of the energy-calibration polynomial, K=1, ICEE
E-7	XI(K, L)	1-60	4D15.8	Element of the inverse matrix in the energy calibration, K=1, ICEE, L=1, ICEE
E-8	CF(K)	1-80	8E10.5	Coefficient of the efficiency-calibration polynomial, K=1, ICEF
E-9	XFI(K, L)	1-60	4D15.8	Element of the inverse matrix in the efficiency calibration, K=1, ICEF, L=1, ICEF

TABLE 3 Arrangement of E-No. cards

IE	IENG	Arrangement
0	0	
0	1	
9	0	unnecessary
9	1	
1	0	E-1, E-2, E-3, E-4
1	1	E-1, E-2
2	0	E-5, E-6, E-7, E-8, E-9
2	1	E-5, E-6, E-7

TABLE 4 List of specification of the counting condition and the analysis

71-01-07 \*\*\*\*\* GAMMA SPECTRUM ANALYSIS BY ~~BOB 70~~ \*\*\*\*\* EU-152 - 1

---

RUN-002 23.5 CM EU-NO.14

---

EU*152 = <del>BOB 70</del> IDENTIFICATION	NO = LIVE TIME CORRECTION
1 = INITIAL CHANNEL OF DATA	8000 = COUNTING DURATION (LIVE TIME) ( SEC )
1024 = FINAL CHANNEL OF DATA	0.99 = PERCENT DEAD TIME
1024 = NUMBER OF DATA POINTS	YES = PLOTTING
3 = INITIAL CHANNEL OF ANALYSIS	YES = ENERGY ASSIGNMENT
1022 = FINAL CHANNEL OF ANALYSIS	YES = EFFICIENCY CORRECTION
1020 = NUMBER OF ANALYZING POINTS	4 = ORDER OF ENERGY ASSIGNMENT POLYNOMIAL
3 = POINTS USED IN SMOOTHING	2 = ORDER OF EFFICIENCY CORRECTION POLYNOMIAL
3 = POINTS USED IN DERIVATIVE	YES = COEFFICIENTS EVALUATED INTERNALLY
NO = DECAY CORRECTION	NO = COEFFICIENTS GIVEN EXTERNALLY

---

COEFFICIENTS OF ENERGY ASSIGNMENT POLYNOMIAL (ENERGY VS CHANNEL)

---

C( 1 ) = 1.536E 02+- 3.263E 00 C( 2 ) = 1.213E 00+- 3.823E-02 C( 3 ) = -1.150E-04+- 1.393E-04 C( 4 ) = 1.116E-07+- 1.975E-07  
 C( 5 ) = -3.837E-11+- 9.502E-11

---

COEFFICIENTS OF EFFICIENCY CORRECTION (LOG(EFCY) VS LOG(ENERGY))

---

C( 1 ) = 1.420E 01+- 1.940E-02 C( 2 ) = -7.326E-01+- 6.173E-03 C( 3 ) = -2.616E-02+- 4.884E-04

TABLE 5 List of the results from PKREC

71-01-07 \*\*\*\*\* GAMMA SPECTRUM ANALYSIS BY ~~BOB 70~~ \*\*\*\*\* EU-152 - 2

---

\*\*\* RESULTS OF PEAK RECOGNITION \*\*\*

---

PEAK NO.	MIN. CH.	PEAK CH.	MAX. CH.	PEAK AREA	BK. GD.	STD. DEV.	HMIN.	HMAX.	MULTIPLE
1	31	70.93	90	361719	43332	0.2	1.000E 00	8.156E 03	2
2	114	118.37	123	5119	55078	4.8	7.089E 03	4.710E 03	0
3	145	147.34	150	624	26422	26.3	6.644E 03	6.559E 03	0
4	152	160.35	166	275548	75711	0.2	6.583E 03	1.039E 03	0
5	175	180.08	185	7816	43056	2.9	4.889E 03	4.660E 03	0
6	209	215.74	221	18016	47447	1.4	4.369E 03	4.298E 03	0
7	237	243.43	249	23671	42693	1.1	3.981E 03	3.768E 03	0
8	277	281.49	285	2276	25742	7.4	3.672E 03	3.688E 03	0
9	291	294.00	298	1058	20968	14.0	3.461E 03	3.588E 03	0
10	307	309.03	312	250	14027	47.8	3.529E 03	3.477E 03	0
11	342	346.52	353	3249	35036	6.0	3.584E 03	3.410E 03	0
12	361	365.14	369	1987	23485	8.0	3.520E 03	3.157E 03	0
13	423	426.22	429	440	14057	27.3	2.819E 03	2.801E 03	0
14	438	444.58	447	2775	27282	6.2	2.760E 03	2.691E 03	0
15	449	453.58	458	3891	21441	4.1	2.691E 03	2.668E 03	0
16	476	479.79	486	1452	24936	10.9	2.780E 03	2.735E 03	1
17	516	519.11	522	416	12809	27.6	2.550E 03	2.578E 03	0
18	524	531.09	537	51909	28858	0.5	2.555E 03	2.240E 03	0
19	555	558.20	561	885	10791	12.2	2.134E 03	2.191E 03	0
20	582	585.06	588	459	10729	23.0	2.197E 03	2.147E 03	0
21	600	607.04	612	14898	24010	1.3	2.145E 03	2.166E 03	0
22	647	651.66	664	2605	23174	6.2	1.522E 03	1.369E 03	2
23	681	690.06	699	48600	20692	0.5	1.362E 03	1.069E 03	0
24	720	725.26	730	2129	9072	5.0	1.041E 03	9.495E 02	0
25	784	794.66	803	35180	17201	0.7	9.838E 02	9.253E 02	0
26	805	817.10	823	40014	12368	0.6	9.237E 02	8.825E 02	0
27	897	903.58	909	3567	6069	2.8	5.740E 02	5.268E 02	0
28	932	935.15	939	345	2522	15.5	4.440E 02	3.917E 02	0
29	953	956.35	964	531	3076	11.3	3.467E 02	2.660E 02	1
30	969	977.46	987	4201	2712	2.1	2.622E 02	1.762E 02	1

TABLE 6 List of the results from ENGEF

71-01-07 \*\*\*\*\* GAMMA SPECTRUM ANALYSIS BY BOB70 \*\*\*\*\* EU-152 - 3

\*\*\*\*\*  
\* FINAL RESULTS \*  
\*\*\*\*\*

PEAK NO.	PEAK CH.	ENERGY(KEV)	PT. ERROR	PEAK AREA	PT. ERROR	ACTIVITY	PT. ERROR
1	70.93	239.080	0.548	361719	0.18	3.7484E-03	0.18
2	118.37	295.729	0.236	5119	4.79	6.5962E-05	4.79
3	147.34	330.143	0.177	624	26.32	9.0093E-06	26.32
4	160.35	345.552	0.167	272548	0.22	4.1711E-03	0.22
5	180.08	368.881	0.160	7816	2.89	1.2663E-04	2.89
6	215.74	410.940	0.151	18016	1.42	3.2675E-04	1.42
7	243.42	442.492	0.141	23671	1.09	4.6301E-04	1.09
8	281.49	488.129	0.124	2276	7.35	4.9474E-05	7.35
9	298.00	502.785	0.118	1058	14.02	2.1372E-05	14.02
10	309.03	520.356	0.112	250	47.78	5.8147E-06	47.78
11	346.52	568.158	0.098	3249	6.302	8.2340E-05	6.02
12	365.14	585.870	0.094	1987	8.03	5.2424E-05	8.03
13	426.22	657.016	0.087	440	27.35	1.3122E-05	27.35
14	444.58	678.380	0.087	2775	6.25	8.5648E-05	6.25
15	453.58	688.649	0.086	3891	4.09	1.2208E-04	4.09
16	479.79	719.329	0.086	1492	10.87	4.9045E-05	10.87
17	519.11	765.034	0.085	416	27.59	1.4614E-05	27.59
18	531.09	778.956	0.085	51909	0.55	1.8594E-03	0.55
19	558.20	810.464	0.084	885	12.21	3.3092E-05	12.21
20	585.06	841.674	0.084	459	23.05	1.7880E-05	23.05
21	607.04	867.225	0.083	14898	1.32	5.9951E-04	1.32
22	651.66	919.097	0.084	2605	6.16	1.1167E-04	6.16
23	690.06	963.745	0.087	48600	0.54	2.1940E-03	0.54
24	725.26	1004.698	0.089	2129	4.97	1.0058E-04	4.97
25	794.66	1085.490	0.089	35180	0.65	1.8091E-03	0.65
26	817.10	1111.623	0.085	40014	0.59	2.1122E-03	0.59
27	903.58	1212.382	0.054	3567	2.75	2.0718E-04	2.75
28	955.15	1249.165	0.052	345	15.51	2.0712E-05	15.51
29	956.35	1273.862	0.065	551	11.30	3.2576E-05	11.30
30	977.46	1298.455	0.092	4201	2.12	2.6324E-04	2.12

TABLE 7 List of the results from SMART

71-01-07 \*\*\*\*\* GAMMA SPECTRUM ANALYSIS BY BOB70 \*\*\*\*\* EU-152 - 6

( 3 POINTS SMOOTHING )

CH. NO*	DATA	SIGMA	SMD. DT.	DERIVATIVE	CH. NO.	DATA	SIGMA	SMD. DT.	DERIVATIVE
203	4335	66.2	4379	-11.5	253	3833	61.7	3803	23.9
204	4393	66.3	4377	29.2	254	3821	61.8	3822	-4.2
205	4468	66.6	4437	4.9	255	3814	61.6	3794	-27.5
206	4419	66.4	4407	-39.9	256	3728	61.4	3767	-9.0
207	4322	66.0	4357	-35.4	257	3799	61.5	3776	19.2
208	4366	65.9	4326	5.9	258	3779	61.7	3806	-22.6
209	4291	66.1	4369	58.7	259	3866	61.8	3822	-6.6
210	4228	66.7	4424	66.1	260	3775	61.6	3793	-33.2
211	4468	67.1	4501	93.4	261	3754	61.3	3755	-37.7
212	4541	68.1	4641	383.6	262	3737	61.0	3717	-38.6
213	5012	72.6	5269	1037.0	263	3640	60.6	3678	-17.5
214	6509	81.9	6715	1675.9	264	3694	60.7	3682	1.7
215	8828	92.8	8620	1295.9	265	3700	60.7	3681	-10.2
216	10316	96.5	9306	-458.4	266	3631	60.5	3662	-5.6
217	7765	87.8	7712	-1879.1	267	3684	60.6	3670	7.9
218	5000	74.5	5548	-1281.6	268	3681	60.6	3677	12.6
219	4427	67.4	4548	-598.5	269	3663	60.8	3695	17.8
220	4339	66.0	4321	-130.0	270	3774	60.9	3713	-21.5
221	4299	65.5	4288	-59.6	271	3641	60.7	3690	-22.7
222	4236	65.1	4232	-58.6	272	3705	60.6	3668	-22.9
223	4196	64.6	4169	-80.2	273	3619	60.4	3645	-12.2
224	4088	63.8	4071	-93.1	274	3635	60.4	3643	9.9
225	3953	63.1	3943	-56.2	275	3683	60.5	3664	14.6
226	3957	62.9	3959	-8.7	276	3656	60.6	3672	4.1
227	3968	63.0	3969	1.5	277	3694	60.6	3673	4.9
228	3984	62.9	3962	-3.6	278	3646	60.7	3682	61.4
229	3911	62.9	3962	14.2	279	3742	61.6	3795	191.0
230	4042	63.2	3990	-17.4	280	4051	63.7	4064	267.5
231	3966	63.2	3997	2.6	281	4412	65.8	4330	133.1
232	4013	63.2	3996	-3.4	282	4446	65.8	4330	-141.2
233	3990	63.3	4004	-4.6	283	4017	63.6	4048	-280.4
234	4021	63.1	3986	-26.5	284	3711	61.4	3770	-182.0
235	3913	62.9	3951	-16.2	285	3639	60.7	3684	-35.6
236	3925	62.9	3954	15.1	286	3746	60.8	3698	-9.2
237	3992	63.1	3981	27.7	287	3662	60.5	3665	-44.0
238	3984	63.3	4009	79.0	288	3591	60.1	3610	-81.7
239	4077	64.3	4139	285.0	289	3597	59.8	3582	-45.4
240	4417	67.7	4579	796.4	290	3542	59.3	3520	-60.2
241	5406	75.7	5732	1668.2	291	3597	58.8	3461	18.1
242	7697	89.0	7916	2171.9	292	3509	59.6	3526	137.6
243	10863	100.4	10075	1008.1	293	3808	61.1	3737	115.9
244	10878	92.7	9922	-1361.1	294	3821	61.5	3788	0.3
245	7109	85.7	7353	-2512.9	295	3700	61.1	3737	-66.4
246	4346	70.0	4906	-1702.9	296	3727	60.5	3655	-80.7
247	3884	62.8	3947	-563.6	297	3465	59.6	3556	-58.2
248	3705	61.5	3779	-89.6	298	3565	59.5	3538	13.5
249	3822	61.4	3768	-3.9	299	3558	59.9	3483	50.5
250	3723	61.4	3771	1.1	300	3649	60.3	3639	51.0
251	3817	61.4	3770	1.6	301	3701	60.7	3643	13.5
252	3724	61.4	3775	16.2	302	3687	60.5	3666	-80.2

TABLE 8 List of the raw counting rate

\*\*\*\*\* GAMMA SPECTRUM ANALYSIS BY DOP74 \*\*\*\*\*

EU-152 - 4

INPUT DATA (FROM 1 CH. TO 1024 CH.)

CH. NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

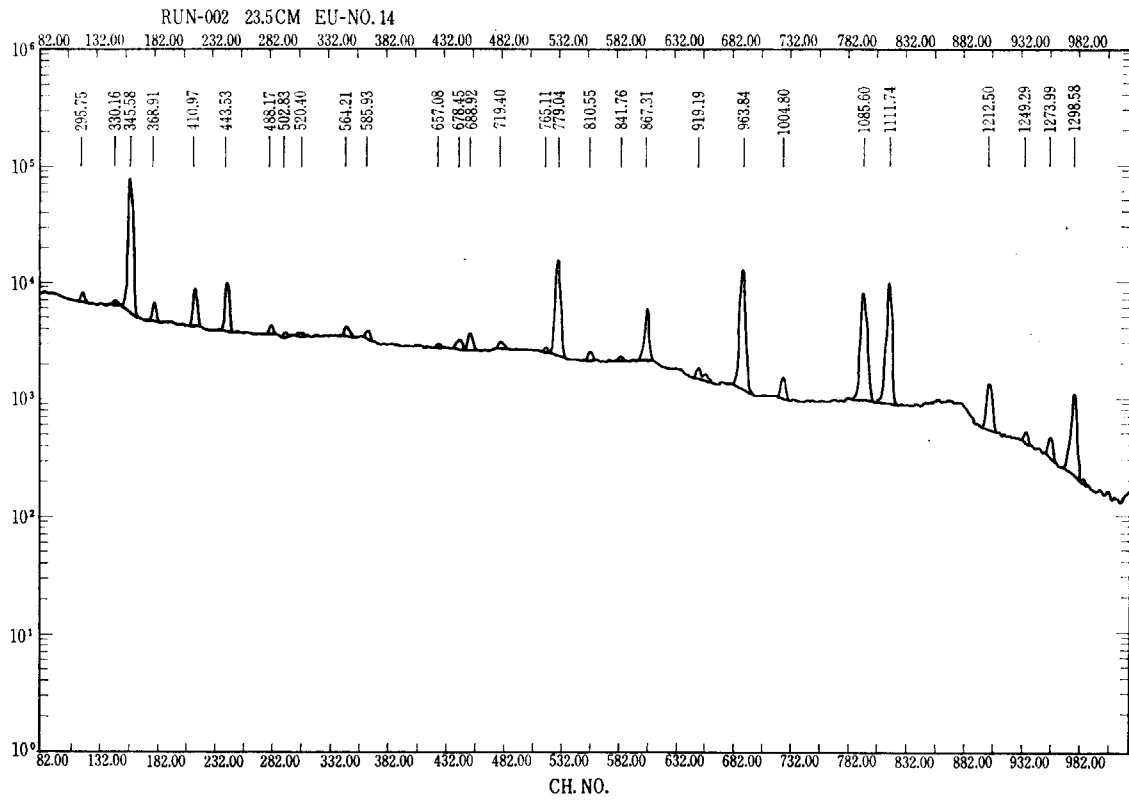


Fig. 4 The spectrum of <sup>152</sup>Eu plotted with the subprogramme SPECTR.





- 7) ROUTTI J.T. and PRUSSIN S.G.: *Nuclear Instr. and Methods*, **50**, 309 (1967)
- 8) BOWMAN W.W.: private communication
- 9) BABA H., OKASHITA H., BABA S., SUZUKI, T., UMEZAWA H. and NATSUME H.: to be published
- 10) SAVITZKY A. and GOLAY M.J.E.: *Anal. Chem.*, **36**, 1627 (1964)
- 11) 本間仁, 春日屋伸昌: “次元解析・最小2乗法と実験式” コロナ社, 249 (1956)
- 12) 中山隆, 大久保収二: private communication