

JAERI-M
8724

実効中性子捕獲断面積計算プログラム

1980年3月

杉本 昌義*・水本 元治

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

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

実効中性子捕獲断面積計算プログラム

日本原子力研究所東海研究所物理部

杉本 昌義*・水本 元治

(1980年1月30日受理)

フォートランプログラムCPCS(Computer Program to analyze Capture TOF Spectra)は、原研リニアックで行われている中性子飛行時間法(TOF)により得られる測定データから実効捕獲断面積を計算する目的で作成された。中性子捕獲反応実験のデータ処理解析は、次の3段階から構成されるシステムとなっている。すなわち、データの取得、データの準備(スペクトルの足合せ、リスト、プロット等)、およびデータの解析(バック・グラウンド決定、中性子束決定、データの規格化等)がそれぞれに対応する。各段階の処理は、それぞれ別個のコンピュータ(USC-3, FACOM U-200, FACOM230/75)により実行される。CPCSプログラムはデータの解析の段階に含まれるものである。このプログラムの特徴の1つとしては、磁気ディスク・ファイルを活用して他の(中性子束決定や平均断面積とそれを用いた強度関数の決定のための)プログラムとの入出力データのやり取りが行われる点があげられる。プログラムは、チャンネル・ブロック機能を含んだ最大8192チャンネルのTOFスペクトル8個のセットを一度に処理しており、特に、実効捕獲断面積を求めるべき入射中性子エネルギーが広い範囲にわたる場合も、バック・グラウンドが精度よく決定されるように注意を払っている。

* 特別研究生(東北大学)

A Computer Program for Calculating Effective
Capture Cross Section

Masayoshi SUGIMOTO* and Motoharu MIZUMOTO
Division of Physics, Tokai Research Establishment, JAERI

(Received January 30, 1980)

FORTTRAN program CPCS (Computer Program to analyze Capture TOF Spectra) was developed to deduce effective neutron capture cross sections from raw data obtained by a time-of-flight facility at the JAERI Electron Linear Accelerator. The data processing system for capture experiments consists of three stages, i.e. data acquisition, data handling (summing, listing, plotting, etc.), and data analysis (background determination, flux determination, normalization, etc.). In the three stages of processing, three respective computers are used; USC-3, FACOM U-200, and FACOM 230/75. CPCS is included in the stage of data analysis. A feature of this program is that the magnetic disk file is effectively used as INPUT/OUTPUT data storage interconnecting with other programs to determine neutron flux, to average calculated cross sections and to fit data with strength functions. This program is able to handle eight sets of TOF spectra with 8192 channels including channel block option simultaneously. Particular attention is paid to determine a precise background in the wide neutron energy range.

Keywords; JAERI Linac, Time-of-Flight Method, Neutron Capture, Effective Cross Section, Data Processing System, Channel Block, Spectrum Data, Computer Program

* Department of Nuclear Engineering, Tohoku University

目 次

1. はじめに	1
2. リニアックにおけるTOF測定・データ処理系	2
2.1 TOF実験測定系の概説	2
2.2 データ処理解析ソフトウェア・システム	6
2.3 ディスク・ファイル形式	8
3. CPCSプログラムの説明	11
3.1 処理手順及び計算式	11
3.2 各サブルーチンの説明	23
4. タンタル測定データについての実行例	28
4.1 入力パラメータ	28
4.2 解析結果の出力リスト	30
5. まとめ	35
付録 A 入力データ・出力リストの構成	36
B FPDFプログラムの使用法	42
参考文献	44

CONTENTS

1.	Introduction	1
2.	TOF spectrometer and data processing system at the LINAC	2
2.1	Outline of the TOF facility.....	2
2.2	Software system of the data process and analysis ...	6
2.3	Types of the disk files	8
3.	Description of the CPCS program	1 1
3.1	Computational procedures and formulations	1 1
3.2	Description of the subroutines	2 3
4.	An example run of the measured data for Tantalum.....	2 8
4.1	Input parameters	2 8
4.2	Output list of the results	3 0
5.	Conclusion	3 5
	Appendix A. Input/Output schemes.....	3 6
	B. Manual of the FMDF program	4 2
	References	4 4

1. はじめに

原子炉の核設計、遮蔽や発熱の計算等の実行に際しては必要な核データが十分な精度で測定、評価されていなければならない。その内容としては中性子全断面積や弾性散乱、非弾性散乱の断面積、それらの角分布等々多岐にわたっているが、中でも、中性子捕獲反応断面積(neutron capture cross section)に関するデータは現在、要求度の高いものの一つに数えられる。

原研の120 MeVリニアック⁽¹⁾においてもパルス中性子源による飛行時間法(Time of Flight method)を用いてこの断面積の測定を行っており、捕獲γ線検出器としての大容量(3500ℓ)液体シンチレータ・タンクを中心とする中性子捕獲断面積測定系の整備⁽²⁾がなされてきた。現時点で、既に、幾つかの核種(^{151,153}Eu⁽³⁾, ^{143,145,146,148}Nd⁽⁴⁾, ^{147,149}Sm……)に関する測定は終了しており、これから更に多くの核種について実験が継続される予定である。

実験測定系の整備と併行して、データ処理及び解析用のソフトウェアシステムの開発も進み、ほぼ完成の域に達しつつある。データ処理は大きく見て、3段階を経て行われ、それぞれが、別個のコンピュータによって処理されるようになってきている、第1段階は測定データの収集及び一次編集の部分であり、USC-3コンピュータが担当している。第2段階では次段階での複雑な計算処理に供する多量の入力データを準備する仕事を受け持ち、大型計算機、FACOM 230/75のリモートバッチ・ステーションの役割も担っているFACOM U-200コンピュータにより遂行される。最終段階ではデータ処理解析用のコードを駆動して、それぞれの目的に沿った物理量(核データ)を求めるのであるが、これには専ら計算センターの大型機230/75が前述のリモートバッチの形で使用される。

フォートラン・プログラム CPCS (Computer Program to analyze Capture TOF Spectra)は上述した第3段階で使用されるデータ処理解析用プログラムの一つであり、測定の結果得られる生データ・スペクトルから、各チャンネル毎の実効捕獲断面積を求めることを目的としている。計算結果は、後に別のプログラムで多重散乱、自己遮蔽等の補正を行う際の入力データとなり、これらの補正が終了後、中性子捕獲反応断面積が得られる。データ処理解析システムにおいては一般的に多量のデータを処理するため固有のファイル形式を定めており、その中にヘッディング情報として主要な定数、パラメータがセットされている。CPCSプログラムも入出力ファイルはそのファイル形式に従っている。

リニアックに付置されているコンピュータUSC-3によるデータ収集で特徴的な点はチャンネル・ブロックを使用できることにあり、この機能を用いるとコア・エリアは一定のチャンネル幅(例えば2048チャンネル毎)で分割され個々のブロック内でのチャンネル当たりの時間幅($\mu\text{sec}/\text{channel}$)がそれぞれ前のブロックの倍に増えていく(0-2047チャンネルで $0.1\ \mu\text{sec}/\text{ch}$ なら次の2048-4095チャンネルでは $0.2\ \mu\text{sec}/\text{ch}$, 4096-6143チャンネルで $0.4\ \mu\text{sec}/\text{ch}$ ……というふうに変わる)。したがってチャンネル・ブロックは飛行時間分析を行うに際して限定されたコア・エリアの中で、広い時間範囲にわたって分析すること

を可能とするものである。

CPCSプログラムはチャンネル・ブロックを用いて測定したデータの一括処理が可能であり、より広い入射中性子エネルギー領域を同時に扱えるようになっている。入力データとして、生スペクトルは最大8K(8192)チャンネルまでのものを処理できるが、プログラムのコンパクト化のため、ワーク・ファイルが1つ設けられ、スペクトル・データや、計算の途中結果等はその中に保存しながら計算を進めている。

以下に各章の概略を述べておこす。

第2章では原研リニアックにおいて行なわれているパルス中性子源を用いたTOF測定に関して説明する。実験測定系については2.1で、データ処理解析システムについては、2.2で述べる。なお、2.3ではCPCSプログラムを使用する際に知っておくと便利と思われるディスク・ファイルの形式について述べた。第3章ではCPCSプログラムに関する説明を行う。計算の考え方や数式、全体の流れが3.1で述べられ、3.2で各サブルーチンの説明及び簡単なフローチャートを示す。プログラムの使用方法は、第4章にタンタルの測定データを例にとり説明した。

実際に使用する場合には、付録Aの入出力構成の説明を読んで頂きたい。また、データ処理・解析システムにおいて使用しているディスクファイルの部分的修正に便利なプログラムFMDF(a program for Fractional Modification of Disk Files)の説明を付録Bで行った。

2. リニアックにおけるTOF測定・データ処理系

2.1 TOF実験測定系の概説

Fig. 1にはリニアックで行われているTOF実験の1つである中性子捕獲断面積測定用の実験配置図と回路系が示されている。また、代表的な実験条件をTable 1に示しておく。

リニアック(Fig. 1のLINAC)により120MeV程度に加速された電子ビームはパルス幅30-80nsecのパルスとして加速管から取り出される。ビームダクト途中に取り付けてあるフェライト・リング電流モニタ(FERRITE RING)をビームが通過する際に誘起するパルス信号を飛行時間の測定基準信号(TOF UNITのSTART信号)として用いている。電子ビームは中性子ターゲット(TARGET)に入射すると制動輻射により高エネルギーのX線を発生し、さらに光中性子放出反応により入射電子エネルギーを最大とする連続エネルギー分布をもった中性子が発生する。中性子ターゲットを取り巻く減速材(MODERATOR)は中低速の中性子収量を増大させる目的で使用される。飛行管の直前の鉛(Pb)は中性子ターゲットで中性子と同時に発生する大量の γ 線(γ -flash)から検出器の機能低下を防ぐ為に用いている。測定サンプルは中性子ターゲットから52mの位置に置かれ、コリメータ(COLLIMATOR)を通して直径4cm程度に絞られた中性子ビームが入射するようになっている。捕獲 γ 線の検出器である大容量の液体シンチレータ・タンク(CAPTURE TANK)はサンプル位置を

を可能とするものである。

CPCSプログラムはチャンネル・ブロックを用いて測定したデータの一括処理が可能であり、より広い入射中性子エネルギー領域を同時に扱えるようになっている。入力データとして、生スペクトルは最大8K(8192)チャンネルまでのものを処理できるが、プログラムのコンパクト化のため、ワーク・ファイルが1つ設けられ、スペクトル・データや、計算の途中結果等はその中に保存しながら計算を進めている。

以下に各章の概略を述べておこす。

第2章では原研リニアックにおいて行なわれているパルス中性子源を用いたTOF測定に関して説明する。実験測定系については2.1で、データ処理解析システムについては、2.2で述べる。なお、2.3ではCPCSプログラムを使用する際に知っておくと便利と思われるディスク・ファイルの形式について述べた。第3章ではCPCSプログラムに関する説明を行う。計算の考え方や数式、全体の流れが3.1で述べられ、3.2で各サブルーチンの説明及び簡単なフローチャートを示す。プログラムの使用方法は、第4章にタンタルの測定データを例にとって説明した。

実際に使用する場合には、付録Aの入出力構成の説明を読んで頂きたい。また、データ処理・解析システムにおいて使用しているディスクファイルの部分的修正に便利なプログラムFMDF(a program for Fractional Modification of Disk Files)の説明を付録Bで行った。

2. リニアックにおけるTOF測定・データ処理系

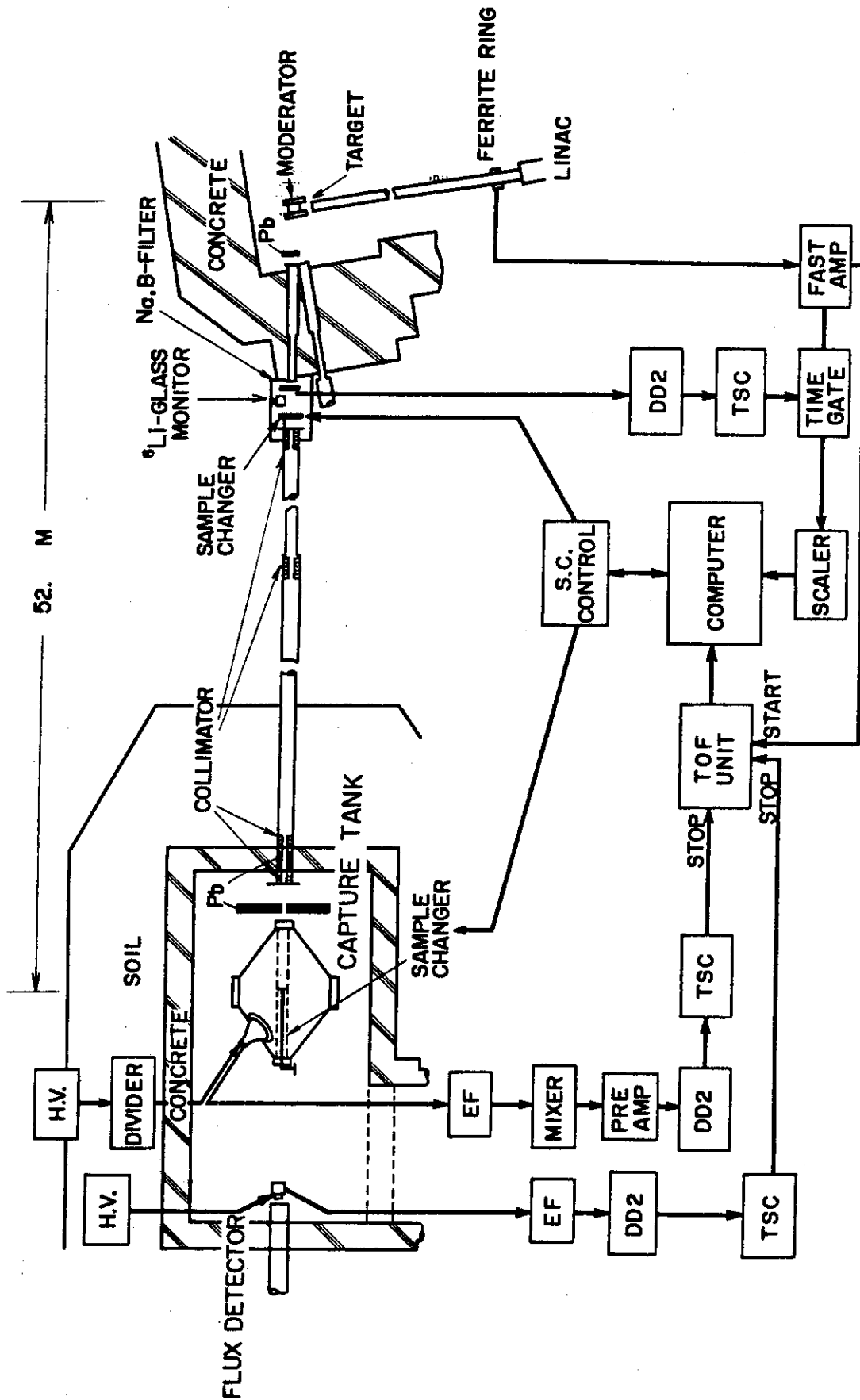
2.1 TOF実験測定系の概説

Fig. 1にはリニアックで行われているTOF実験の1つである中性子捕獲断面積測定用の実験配置図と回路系が示されている。また、代表的な実験条件をTable 1に示しておく。

リニアック(Fig. 1のLINAC)により120MeV程度に加速された電子ビームはパルス幅30-80nsecのパルスとして加速管から取り出される。ビームダクト途中に取り付けてあるフェライト・リング電流モニタ(FERRITE RING)をビームが通過する際に誘起するパルス信号を飛行時間の測定基準信号(TOF UNITのSTART信号)として用いている。電子ビームは中性子ターゲット(TARGET)に入射すると制動輻射により高エネルギーのX線を発生し、さらに光中性子放出反応により入射電子エネルギーを最大とする連続エネルギー分布をもった中性子が発生する。中性子ターゲットを取り巻く減速材(MODERATOR)は中低速の中性子収量を増大させる目的で使用される。飛行管の直前の鉛(Pb)は中性子ターゲットで中性子と同時に発生する大量の γ 線(γ -flash)から検出器の機能低下を防ぐ為に用いている。測定サンプルは中性子ターゲットから52mの位置に置かれ、コリメータ(COLLIMATOR)を通して直径4cm程度に絞られた中性子ビームが入射するようになっている。捕獲 γ 線の検出器である大容量の液体シンチレータ・タンク(CAPTURE TANK)はサンプル位置を

中心に設置され、中央を中性子ビームの通るダクトが貫いている。外側には4本の光電子増倍管(EMI 9545B)が石英ガラスを通して取り付けられている。サンプル後方には入射中性子束のエネルギースペクトルを求めるために中性子束検出器(FLUX DETECTOR)が置かれ、実験の目的に応じて ^6Li -ガラス・シンチレータや ^{10}B -NaI検出器等が用いられる。これらはまた、中性子透過率を同時に測定する目的にも用いている。シンチレータ・タンクと中性子束検出器はコンクリートと土塁で囲まれた同一のステーション内にあるが、飛行管の途中にはもう1つステーションが設けられており、ここでは、バック・グラウンドの決定に必要な種々のフィルタが置かれる。フィルタには固定のもの(Na, B Filter)とサンプル・チェンジャーによって可動なものがある。それらのIN/OUTは、サンプルのIN/OUT, 検出器の選択(CAPTURE TANKまたはFLUX DETECTOR)と共に、データ収集用コンピュータ(COMPUTER)によって自動的に設定される。⁽²⁾ 実験は長期間にわたるので中性子束や検出器特性の時間変動による影響を最小限にするためTable 2のような組み合わせで得られるスペクトルをセットにして交代に繰り返し測定を行っている。更に1つ1つのランの規格化のためにもう1台 ^6Li -ガラス・シンチレータ(MONITOR)が設置され、常時、中性子ターゲットより発生する中性子束をモニタしている。それぞれの検出器からの信号は波形整形後、タイミング・シングル・チャンネル・ディスクリミネータ(TSC)を通り、時間分析器のストップ信号(TOF UNITのSTOP)として送られる。中性子束モニタについては、時間分析の代わりゲート信号(TIME GATE)をかけ、スクーラーで一定カウント、計数する度にコンピュータへ割込み信号を出している。

Table 2には全部で8種類の組合せが示されているが、中性子捕獲断面積を求めるためのプログラムCPCSで直接使用するのは、RB, SOL, SBLを除いた5種類である。



DD2 : DOUBLE DELAY LINE AMP.
 TSC : TIMING SINGLE CHANNEL DISCRI.
 EF : EMITTER FOLLOWER

Fig. 1 Experimental arrangement

Table 1 Experimental condition of the JAERI linac
TOF spectrometer

Linac condition

Nominal beam energy	120 MeV
Peak current at 120 MeV with 30 nsec pulse width	3.1 A
Beam pulse width	30 - 80 nsec
Beam pulse repetition rate	300 pps

Time analyzer condition

Channel width	25 - 6400 nsec
Maximum channel number	65535
Variable width of channel block size	128 - 32768

Flight path length from the neutron target

Large liquid scintillator (CAPTURE TANK)	51.95 m
^{10}B - NaI detector (FLUX DETECTOR)	55.98 m
^6Li - glass scintillator (FLUX DETECTOR)	56.32 m

Table 2 Set of TOF spectra in the neutron capture
measurement

spectrum symbol	sample position	filter position	detector type
SOC	IN	OUT	CAPTURE TANK
SBC	IN	IN	"
RO	IN(Lead)	OUT	"
RB	IN(Lead)	IN	"
OO	OUT	OUT	FLUX DETECTOR
OB	OUT	IN	"
SOL	IN	OUT	"
SBL	IN	IN	"

2.2 データ処理解析ソフトウェア・システム

TOF実験による測定の際のデータ収集、処理及びその解析はFig. 2で示すように3台のコンピュータによって各段階毎に役割を分担する形になっており、それぞれ特徴を有している。

図中、左上部のUSC-3コンピュータではオン・ラインによるデータ収集が行われ、次の段階へ生データを受け渡すために簡単なデータ編集が行われる。オン・ラインによるデータ収集は測定の最小単位である1つ1つのラン(RUN)毎にコアメモリに蓄積したスペクトル・データをラン・テープ(Original Running Tape)へ書込んでいくようになっている。実験終了後、このテープの中のスペクトルを各種類別に足し合わせ、1つのデータ・セットとして生データ・テープ(Raw Data Tape)へ書込むと第一段階の処理は終了する。一方、U-200コンピュータは生データ・テープを再編集して、大型機FACOM-230/75で使用可能なフォーマットに変換する(Summed Data Tapeをつくる)働きをする。またもう1つの重要な役割として、リモート・バッチ・ステーション機能があり、データ処理や解析の際のターン・アラウンド・タイムの短縮化や会話型処理機能を利用した手続きの簡略化に役立っている。最終段階はFACOM-230/75用に作成された幾つかの処理プログラムから構成され、図にはその一部が示されている。この部分は必要に応じて、以後も拡張されていく予定である。

「CPCS」プログラムは最終段階で使用される処理プログラムの1つであり、生データ・スペクトル(Raw Data Disk File)及び入射中性子スペクトル(Neutron Flux File)を入力して、実効捕獲断面積の計算を行い、その結果をディスク・ファイル(Effective Capture File)へ出力している。その他の図中の処理プログラムを簡単に説明すると、「MT to DISK」は、U-200で作成したSummed Data Tapeに実験条件、サンプルに関する情報を盛り込んだData ID Cards(Fig. 3)をヘッディングとして付け加えRaw Data Disk Fileへ保存する。「PROCES」はそのファイルを用いて入射中性子束の計算を行いNeutron Flux Fileを作成する。一方SOL, SBL両スペクトルから中性子透過率のデータ処理も行われ、Neutron Transmission Fileに保存される。「STRNG」はEffective Capture Fileから多重散乱、自己遮蔽の補正を行った平均捕獲断面積、及び中性子や γ 線の強度関数を求める。作図用のプログラム「LIN/LOG PLOT」はディスク・ファイルに収納されている多量のデータをプロットするためのもので作図はリモート・バッチ・プログラミング・システム⁽⁶⁾によってリエアック側で速いターン・アラウンドで遂行される。

Schematic Flow Diagram of Data Processing

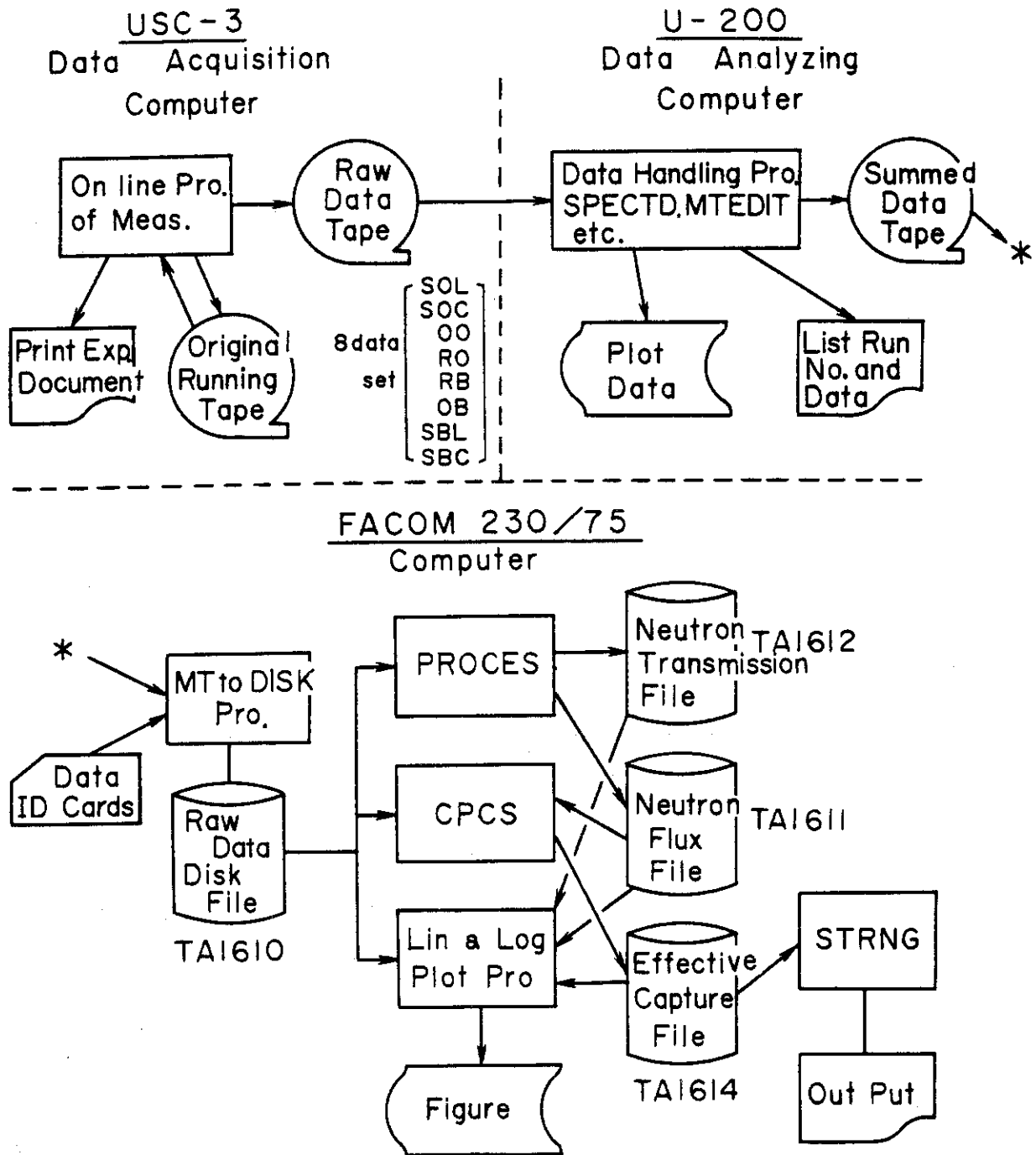


Fig. 2 Schematic flow diagram of data processing

2.3 ディスク・ファイル形式

CPCSプログラムをはじめ、データ処理解析ソフトウェアを利用する際には使用しているディスク・ファイルの書き込み形式を知っておくことが望ましいので以下に説明する。特徴的な点はファイルの中にデータ部と別にヘッディングとしてFig. 3に示すようなデータ識別情報(Data identification cards)を付加えて以後の参照や処理に役立たせていることである。その内容はCARD 1にはファイルの内容を表わすタイトルを、CARD 2には使用したサンプル核種に関する情報、CARD 3には個々のスペクトル毎のラン番号や実験条件を記したものとなっている。ディスク・ファイルへは、このようなヘッディングとデータが組合わされて書込まれている。次にCPCSで用いる2種類の書き込み形式についてまとめておく。

形式 A (Fig. 4a)

Raw Data Disk File

最初にCARD 1の内容がヘッディング(HEAD-0)として書込まれる(フォーマット無し, 1レコードがカード1枚分の内容を表わす。以後ヘッディングは全てこの形で書込まれる)。続いてCARD 2(HEAD-1), CARD 3(HEAD-2)がはいる。HEAD-2の内容は直後のデータ部分に置かれるスペクトルに関する情報になっている。8個のスペクトル・データがある場合には各データ部の先頭にそれぞれHEAD-2, 3……9が付いて、後のスペクトルが何であるかが識別できるようにしている。データ部は最大8192チャンネルの内容がフォーマット無しで書込まれている。

形式 B (Fig. 4b)

Neutron Flux File, Effective Capture File

同じく, CARD 1, 2, 3の内容がHEAD-0, 1, 2として書込まれる。但しCARD 3の内容はNeutron Flux FileではSOLスペクトルに関する情報を, Effective Capture FileではSOCスペクトルのものを与えている。ヘッディングは以上の3枚のみで後にはチャンネルの順番にデータが並んでいる(1レコード=4語, フォーマット無し)。各データ点は入射中性子エネルギー, データ値, その統計誤差及び系統誤差の4つが一組となっている。

CPCSプログラムで使用する入出力ファイルはFig. 2に示したように

入力ファイル	形式	ファイル定義名
Raw Data Disk File	A	F01
Neutron Flux File	B	F04
出力ファイル	形式	ファイル定義名
Effective Capture File	B	F02

である。

FIGURE DATA IDENTIFICATION CARDS.

CARD 1 (20A4)
TANTALUM 181 CAPTURE CROSS SECTION METAL (2 MM) 1610TA181

CARD 2 (2A4, I2, A2, I3, F7.3, 3F6.3, F7.3, F6.3, F8.2, 8X, I2, I4, A2, I3)
TARGET ISOTOPE TWWT RADIS HGT TK WT COEF BE NTO
TA-181 73TA181 180.948 4.000 0.0 0.200 173.640 0.0 6063.00 8
NRUN
1610TA181

CARD 3 (I4, I2, A3, 4I1, 2X, I4, 2I3, F7.3, I6, 2I4, 2F8.1, 3X, 3I2, I4, A2, I3)
IRUN ITO DET FILT IW IPPS KW PATH IDELAY ICW IBLK FMONT1 FMONT2 DATE
1486 1 SOC 1100 30 300 2 51.946 2918 100 2048 64000.0 7.9 79 6 15 1610TA181

IRUN : run no. of different sets
ITO : no. of summed separate runs
DET : identification of different sets
FILT : filter in-out indication
IW : beam width in nsec
IPPS : repetition rate
KW : beam power in KW
PATH : flight path length in meter
IDELAY : initial delay in nsec
ICW : analyzer channel width in nsec
IBLK : channel block size
FMONT1 : monitor counts
FMONT2 : measuring time
DATE : date

TWWT : atomic weight
RADIS : radius of sample in cm
HGT : height of " "
TK : thickness of " "
WT : weight " "
COEF : binding energy
BE : total no. of different sets
NTO : run no.
NRUN : run no.

Fig. 3 Data identification cards

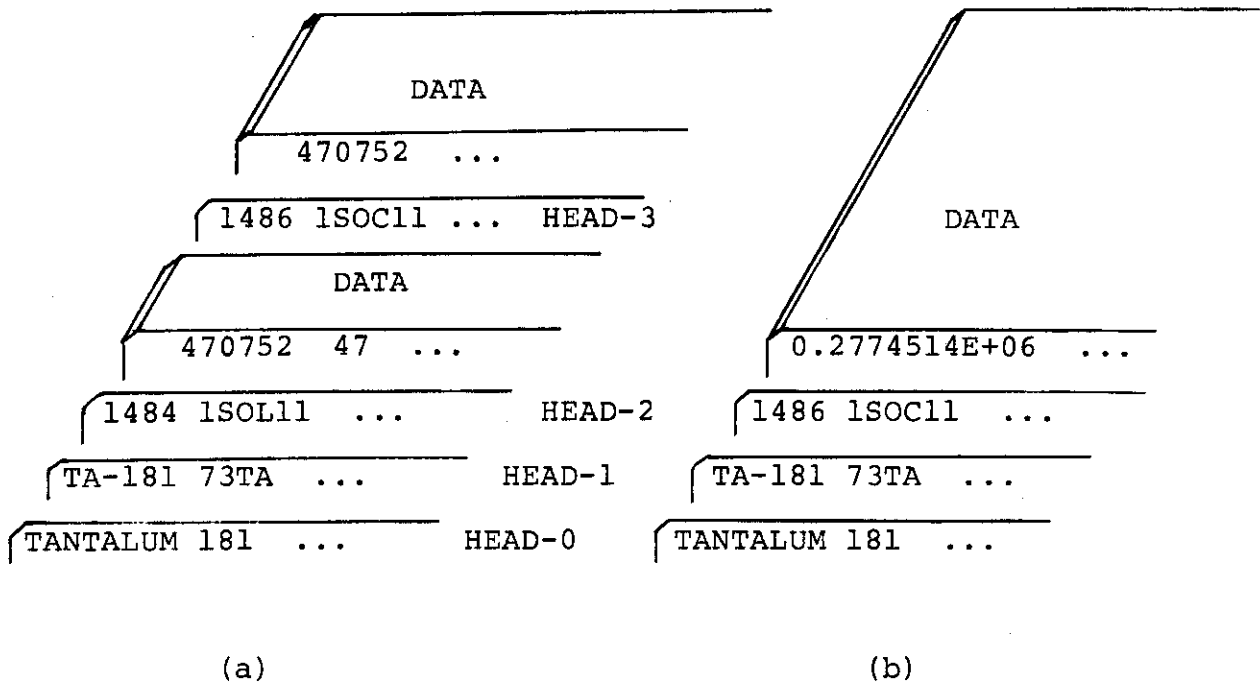


Fig. 4 Two kinds of disk file type used in the CPCS code

3. CPC Sプログラムの説明

3.1 処理手順及び計算式

a) 捕獲反応断面積とTOFスペクトル

リアックにおける中性子捕獲反応のTOF測定で得られたスペクトル(SOCスペクトル)のカウント数 C_γ は不感時間補正を行ってあるものとする、捕獲反応断面積と次の関係式で結び付けられる。

$$C_\gamma = \eta \cdot n \cdot \phi \cdot \sigma_\gamma + B_\gamma \quad (1)$$

ここで、 η はCapture Tankの γ 線検出効率、 n はサンプル核種の厚さ(atoms/barn)、 ϕ は、サンプルへの入射中性子数、 σ_γ は実効捕獲断面積(barn)そして、 B_γ はSOCスペクトルに対するバックグラウンド・カウントを表わしている。 B_γ はさらに2つの成分に分けて考えることが可能である($B_{\gamma_1} + B_{\gamma_2}$)。一つは入射中性子のエネルギーによらず、チャンネル当りではほぼ一定値をとる成分(Const. BGと略す。) B_{γ_1} であり、もう一つは散乱中性子などによって生ずる時間依存性のあるバックグラウンド B_{γ_2} である。

生データ・スペクトルから σ_γ を求めるためにCPCSではFig. 5に示すブロック図に沿って計算が進められている。(1)式の中で、 η 、 n は共に入力パラメータとして入力され、 ϕ は前章で説明したNeutron Flux Fileを入力して求めることができる。このファイルを除く入力は全てFig. 5の「INPUT」で行われる。「INLIST」部ではこれら入力パラメータをリストしており、どの様な計算処理を行ったかを一目で知ることができる。(1)式の B_γ を決定するには、 B_{γ_1} に関しては「PREPR」で、 B_{γ_2} については、「BGFIT」、「BGDET」によるやや複雑な過程を経る必要がある。「PREPR」ではまた、次項目で説明する不感時間補正も考慮される。「OPENS」では B_{γ_2} の決定に必要なオープン・ビーム・スペクトル(すなわち、サンプル・アウトの状態に測定したOO、OB両スペクトル)について検出器位置までの飛行距離(Table. 1)の差による補正を行っている。これらを用いて「CSCALC」では(1)式に従って σ_γ を算出している。計算結果は出力ファイルに出力され、「AVRCS」部で平均断面積に変換される。この値はサンプルでの多重散乱、自己遮蔽の効果は含まれていないが、測定データの規格化のチェック等に利用される。各サブルーチン毎の説明は3.2を参照されたい。

b) 不感時間補正

時間分析器の不感時間によるカウントの損失を補正するために次式を用いて各チャンネル、 i 毎に計算が行われる(サブルーチン DEAD)

$$C_i^0 = C_i / \left\{ 1 - \frac{1}{P} \sum_{j=i_0+1}^{i-1} C_j + \frac{C_{j_0} + C_i}{2} \right\} \quad (2)$$

ここで、 C_i は補正前のカウント数で、 P は測定期間中のリアックのパルス総数。 j_0 は Δ を不感時間、 t_w をチャンネル当たりの時間幅とした時、

$j_0 = i - d$, d は Δ/t_w を四捨五入した整数値

から求められるが, i と j_0 が異なるチャンネルブロックにまたがっている場合には d が丁度 Δ だけの時間幅を与えるように調整している。

c) Const. BG

TOF実験において各チャンネルに対し一定のバックグラウンドを生じさせる原因としては、外部からの自然放射線や検出器近辺の誘導放射能が考えられ、TOF測定ではスタート信号から十分に時間が経過後のカウント値がこれに相当しているとみされる。実際の測定では、次のスタート・パルスがはいる直前のカウント値を使用しており、Fig. 6に示したTOFスペクトルの10~20チャンネルの平均カウントをとっている(図は見易くするために低チャンネル部を省略してあるのでこの部分は見えていない)。

しかし、以上のようにして求めた値が正確にconst. BG成分のみである保証はなく、時間依存のバックグラウンドの寄与も考えられる。すなわち、あくまでも、バックグラウンドは、両成分の和が正しい値を再現出来るよう決定されるべきであって各成分を厳密に定めることを一義にする必要はない。このような見地からバックグラウンド決定の準備を行うサブルーチン「BGFIT」ではSBC, RO両スペクトルのconst. BGをiterativeに調整出来る処理も可能であり、入力パラメータで指定できる。なお、チャンネル・ブロックを使用したスペクトルではチャンネル・ブロックが切り換わる毎にレベルは倍々になっていく。const. BGは単位時間幅内に寄与するバックグラウンド値が一定ということであるからチャンネル・ブロックを境にしてチャンネル当たり時間幅が変わるので、当然、そのようになるべきである。

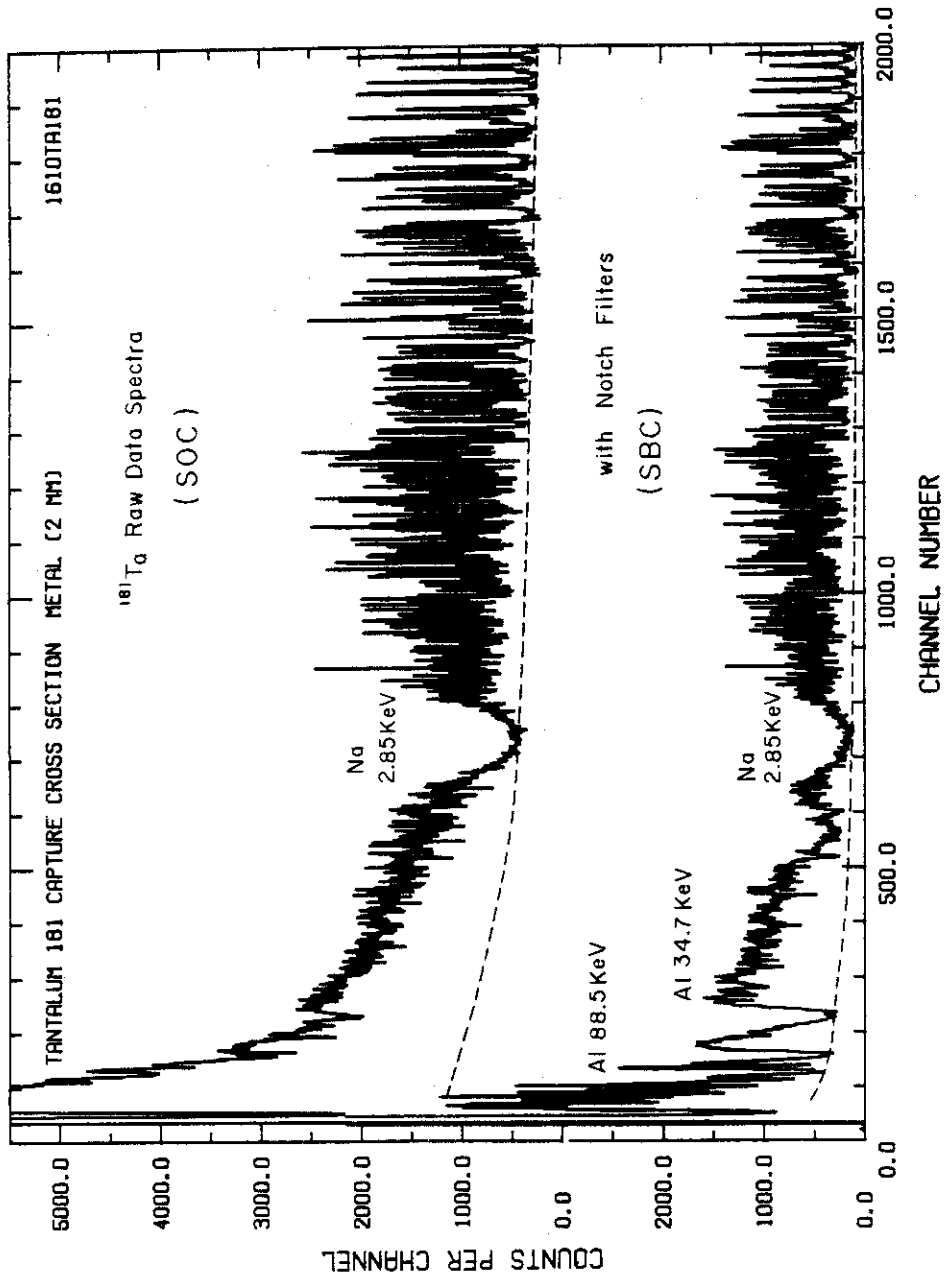


Fig. 6 Raw data spectra, SOC and SBC of Tantalum measurement

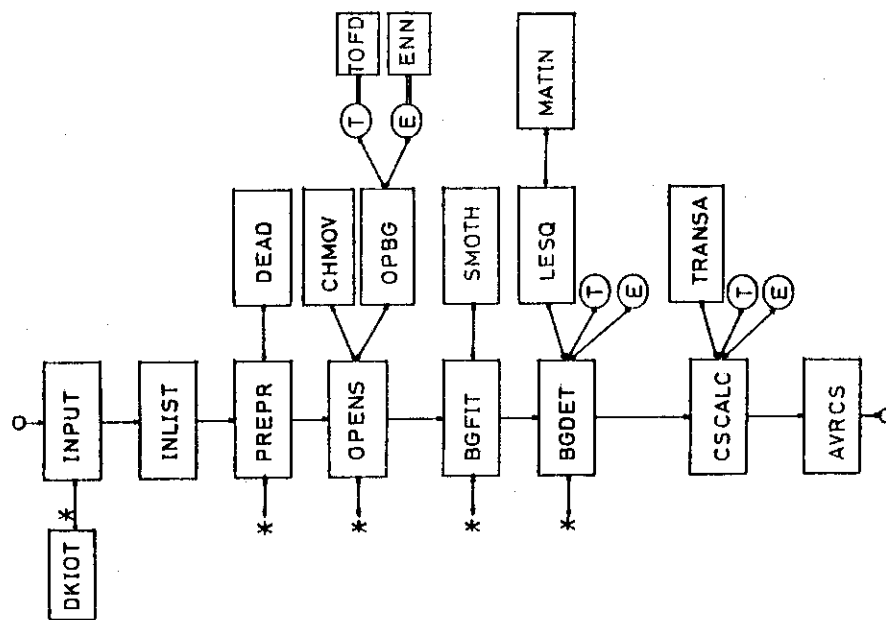


Fig. 5 Block diagram of the CPC code

d) 時間依存性をもつバック・グラウンド

バック・グラウンドの中で時間依存部分の占める大きさを評価するために本プログラムではいくつかのステップを踏んでいる。第1に、TOFスペクトルの各時間チャンネルに対応するバック・グラウンドの相対的な形を求める。これには、サンプルを入れた状態でさらにブラック・レゾナンスを与えるような核種をフィルターとして置く (Table 2のSBCスペクトル)。Fig. 6は生データスペクトルの一部分をプロットしたものであり、上のSOCスペクトルに対し、Al, Naの大きなレゾナンスのところでSBCスペクトルのカウント数が大きく落ちこんでいる事がわかる。底のレベルがSBCスペクトルを測定した条件下でのバックグラウンドとみなされる (もちろんこの中には const. BG の寄与も含まれている)。しかし、フィルタを用いて全エネルギー領域にわたるバックグラウンドの測定を行う事は不可能なので、図のように、飛び飛びに与えられたバックグラウンドの値を何らかの方法でつなく必要がある。このために、実験ではPbをリファレンス・サンプルとして用い、これによって得られるスペクトルを一旦、平滑化して統計的なふらつきを少なくした後、ブラック・レゾナンスの底の部分をつなく関数として採用している。

$$B'_Y(i) = \overline{(RO)}(i) \left\{ \left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)_{j-1} \cdot \left(\frac{i - I_{j-1}}{I_j - I_{j-1}} \right) + \left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)_j \cdot \left(\frac{I_j - i}{I_j - I_{j-1}} \right) \right\} \quad (3)$$

ここで、 $B'_Y(i)$ は i チャンネルにおける時間依存部分のバックグラウンド・カウントであり、 $\overline{(RO)}(i)$ は RO スペクトルの一旦平滑化したものの i チャンネルにおけるカウントである。{ } 内は SBC スペクトルのバックグラウンド値へ規格化するための因子を与えており、それぞれのブラック・レゾナンス位置を I_j ($i=1, 2, \dots$) チャンネルとし、その底部における SBC スペクトルの平均カウントに対する $\overline{(RO)}$ のカウント比 $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)_j$ とからチャンネルに関する線形内挿によって計算される。{ } 内はカウント比を求めているだけなのでチャンネル・ブロックの考慮の必要はない。また $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)_j$ は j が異なっても大きく変化する量ではないので、最初と最後のブラック・レゾナンスの外にあるチャンネルにおける値はそれぞれ最初と最後のブラック・レゾナンスに対する $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)$ をそのまま使用している。実際の使用に当たっては出力リストにある $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)_j$ 値を必ず確認して、異常に大きな値や小さな値がある場合には入力パラメータ等のチェックその他の対処を必要とする。この段階ではさらに const. BG レベルの調整も同時に行われる。const. BG は入力値として与えられるが、時間依存部分のバックグラウンドとの合計で SBC スペクトルの全バックグラウンドを表わそうとする場合、特に数 eV 程度のところでの再現が一般に良くない。そのような位置での $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)$ 値は他の値とかけ離れることになる。この点を改善するためプログラムでは const. BG を修正しながら $\left(\frac{\overline{SBC}}{RO} \right)$ 値が他の値と滑らかにつながるようにしている。通常、修正された const. BG 値は入力値と比べその統計誤差限界程度にはいっている。この操作は広いエネルギー範囲にわたり一度に一貫した解析を行う際に重要であり、限られた部分のみを解析しようとするのであれば特に行う必要はない。

以上まではサブルーチン「BGFIT」による計算によって行われる。次のステップは SOC スペクトルにおける時間依存部分のバックグラウンドの推定である。最初に次式を用いて、何点かのチャンネル領域におけるバックグラウンド値 (BGSOC) を求めておく。

$$\frac{C_{\gamma} - B_{\gamma}}{\phi_n} = \frac{C'_{\gamma} - B'_{\gamma}}{\phi'_n} \quad (4)$$

ここで C_{γ} , C'_{γ} はそれぞれ const. BG を差引いた SOC, SBC スペクトルの平均カウント値であり, B_{γ} が BGSOC を示している。 B'_{γ} は (3) 式によって求まる。 ϕ_n, ϕ'_n はそれぞれ, C_{γ}, C'_{γ} を得るのに必要な入射中性子数であり, OO, OB スペクトルから決定される。詳しくは次項 e) オープン・ビーム・スペクトルの補正を参照の事。(4) 式の両辺は (1) 式と比較すると ($\eta n \sigma_{\gamma}$) に比例していることがわかる。但し, ϕ_n, ϕ'_n は (1) 式の ϕ と異なり, FLUX-DETECTOR の検出効率やサンプル位置から検出器までの空気による減衰が考慮されていないが, それらは, 入射中性子エネルギーが等しければ ϕ_n, ϕ'_n に共通の値なので (4) 式には影響ない。以上を模式的に図示したものが Fig. 7 である。図中の 4 つの区画がそれぞれ, (4) 式の両辺の分母・分子に対応しており, 入力データによって指定された (I_1, I_2) チャンネル間の面積 (斜線部) から (4) 式の各項を求め, 左上図の B_{γ} を求めている。最終ステップでは (4) 式で計算した何点かの B_{γ} から, SOC スペクトルの各チャンネル毎のバック・グラウンドの決定をする。(4) 式で得られた値を $B_{\gamma k}$ ($k=1, 2, \dots$) とし, これを求めたチャンネル領域での SBC のバックグラウンド値を $B'_{\gamma k}$ とすると,

$$\frac{B_{\gamma k}}{B'_{\gamma k}} = r_k \cdot \left(\frac{\text{SOC}}{\text{BGSBC}} \right)^* \quad (5)$$

と表わすことができる。ここで, $\left(\frac{\text{SOC}}{\text{BGSBC}} \right)^*$ は SBC のバックグラウンドを SOC のバックグラウンドのレベルへ規格化するための定数であり, サブルーチン「BGFIT」において既に計算されている値を使用する。この値を求めるには 1 つには SOC スペクトル中にブラック・レゾナンスを設け, その値に規格化する場合と, もう 1 つは中性子束モニタのカウント数のみで規格化する場合とが考えられ入力パラメータにより指定することができる。(5) 式右辺の r_k は規格化定数 $\left(\frac{\text{SOC}}{\text{BGSBC}} \right)^*$ に対する補正因子であり, 本来, 1 から大きく離れることはない。 r_k に付随する誤差を少なくするため, 次式に最小自乗フィットするよう係数を定め, 実際にバックグラウンドを求める時には各チャンネル毎に r を計算する。

$$r(E_n) = P_0 E_n^{P_1} \quad (6)$$

各チャンネルに対応した入射中性子エネルギー E_n から r が求まると SOC スペクトルのバック・グラウンドは

$$B_{\gamma} = B'_{\gamma} \cdot r \cdot \left(\frac{\text{SOC}}{\text{BGSBC}} \right)^* \quad (7)$$

から計算される。

e) オープン・ビーム・スペクトルの補正

Fig. 1 からわかるようにサンプルの位置と FLUX-DETECTOR 間には 4 m の距離 (Table 1 参照) があり CAPTURE TANK での測定スペクトルと FLUX-DETECTOR によるオープン・ビーム・スペクトル (サンプルの無い場合のスペクトル, OO, OB) とでは各

チャンネルに対応する入射中性子エネルギーが異なっている。このエネルギーのずれを補正した上で(4)式の ϕ_n, ϕ'_n を求めなければならない。SOCスペクトルのあるチャンネルに対応したエネルギーをもった入射中性子の飛行時間を t とし、サンプルまでの飛行距離を l 、FLUX-DETECTORまでを l' とすると、同じエネルギーの中性子はオープン・ビーム・スペクトルでは飛行時間 t' を要する。

$$t' = t \cdot l' / l \quad (8)$$

一般にチャンネル番号 $i-1$ と i との境界位置に対応する飛行時間 t と、チャンネル当り時間幅 t_w との間には

$$t = (i - N_B) \cdot t_w + T_B - t_0 \quad (9)$$

という関係が成り立つ。 t_0 は時間分析器の初期ディレーでありSOCスペクトルとオープン・ビーム・スペクトルとは異なる。 N_B は i の最寄りのチャンネル・ブロック境界のチャンネル位置、 T_B は0チャンネルから N_B までの全時間幅を表わす。 t_w は i の属するチャンネル・ブロック内でのチャンネル当り時間幅である。(8)、(9)からSOCとオープン・ビーム・スペクトルのチャンネル間の対応づけが出来、(4)式の ϕ_n, ϕ'_n を計算すべき範囲が決まる。オープン・ビーム・スペクトルのバック・グラウンドは const. BG と $a \cdot E_n^b$ の形で表わされる時間依存部分との和であるとして、入力データ(const. BG , 係数 a, b)から求められる。 E_n は入射中性子エネルギーである。 a, b はFig. 8に示すように、フィルタが入ったオープン・ビーム・スペクトル、SBL中のブラック・レゾナンスでのカウントから最初に b を求め、次にOO, OBスペクトルのバック・グラウンドの絶対値を再現するよう各について a を決めている。

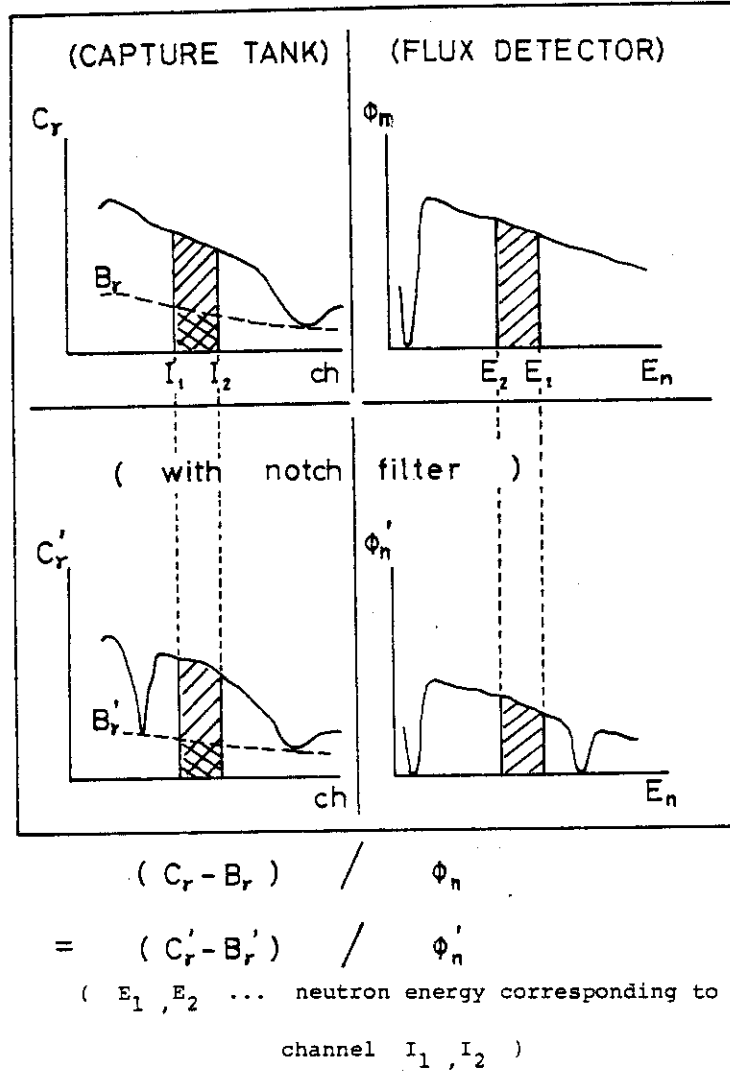


Fig. 7 Schematic explanation of background determination

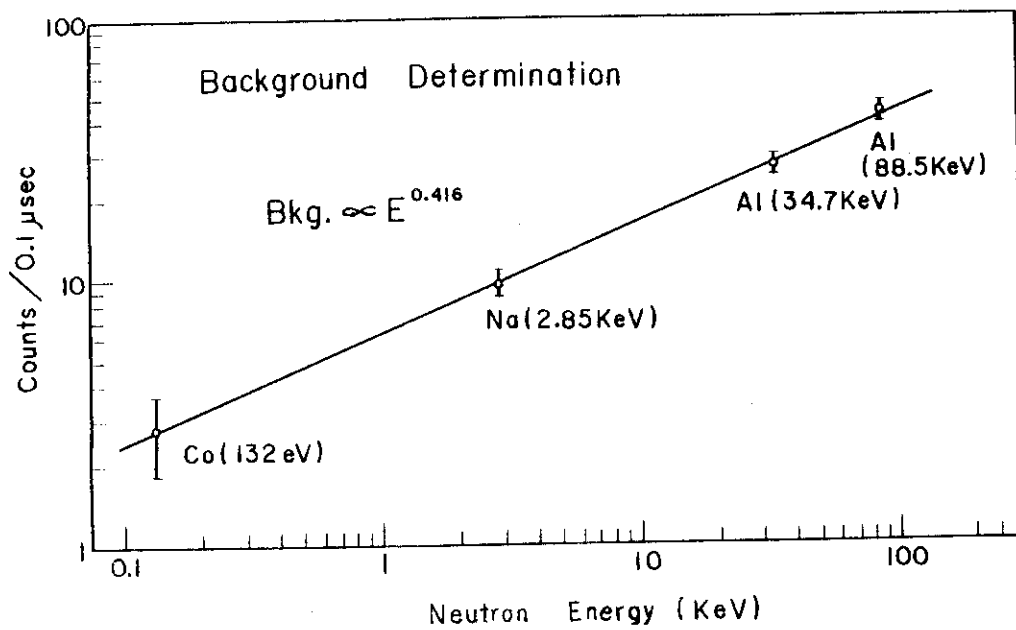


Fig. 8 Background determination for open beam spectrum

f) 中性子エネルギーの計算式

時間スペクトルの任意のチャンネルに対応する入射中性子エネルギーは(9)式の t (μsec)を用いて、

$$E_n(\text{eV}) = E_n^0 (1 + 1.597 \times 10^{-9} E_n^0) \quad (10)$$

$$\text{ここで } E_n^0 = (72.2977 \times \ell / t)^2$$

ℓ ; 飛行距離 (m)

と表わすことが出来る。この式は相対論効果の一次項までを考慮したものである。

g) 入射中性子束

サンプルへの入射中性数, (1)式の ϕ は本プログラムだけから求めてはならず, 別のプログラム (Fig. 2 PROCES) での計算結果をファイルを通して入力したものを利用している。このファイルは Neutron Flux File であり, データとして入射中性子エネルギー, そのエネルギーでの eV 当りの入射カウント数, その統計誤差, 系統的誤差が書込まれている。計算に必要なエネルギーにおける値はラグランジュの4点補間法で内挿して求めている。dY/dE はオープン・ビーム・スペクトル OO からバック・グラウンドを差引いた後相対検出器効率で割った値なので(1)式の ϕ とは

$$\frac{dY}{dE} \cdot \Delta E = \eta_0 \cdot \phi(E) \cdot T_{\text{air}} \times (\text{モニタ・カウント比}) \quad (11)$$

という関係にある。ここで ΔE は SOC スペクトルの各チャンネルにおけるチャンネル当りのエネルギー幅であり, $\frac{dY}{dE}$ にかけることによってそのチャンネルでのカウント数が得られる。 η_0 は絶対検出器効率への規格化因子であり, T_{air} はサンプル-中性子束検出器間の空気層による減衰を表わす。Fig. 9に示したのはリニアックからの中性子束の一例であり, 中性子束ファイルの内容を各中性子エネルギー点毎にプロットしたものである。Fig. 10は空気中の中性子透過率を全断面積データ⁽⁷⁾より計算した値を示している。400KeV付近では¹⁶O, ¹⁴Nのレゾナンスによる減少が顕著である。

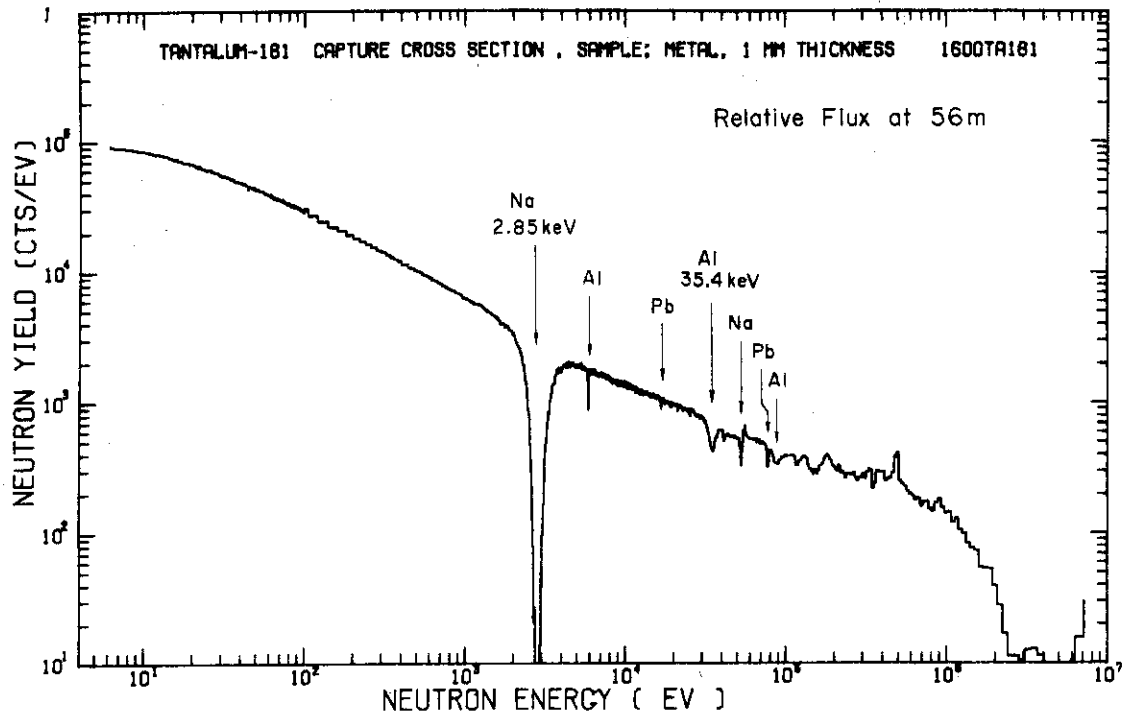


Fig. 9 An example of neutron flux from JAERI linac

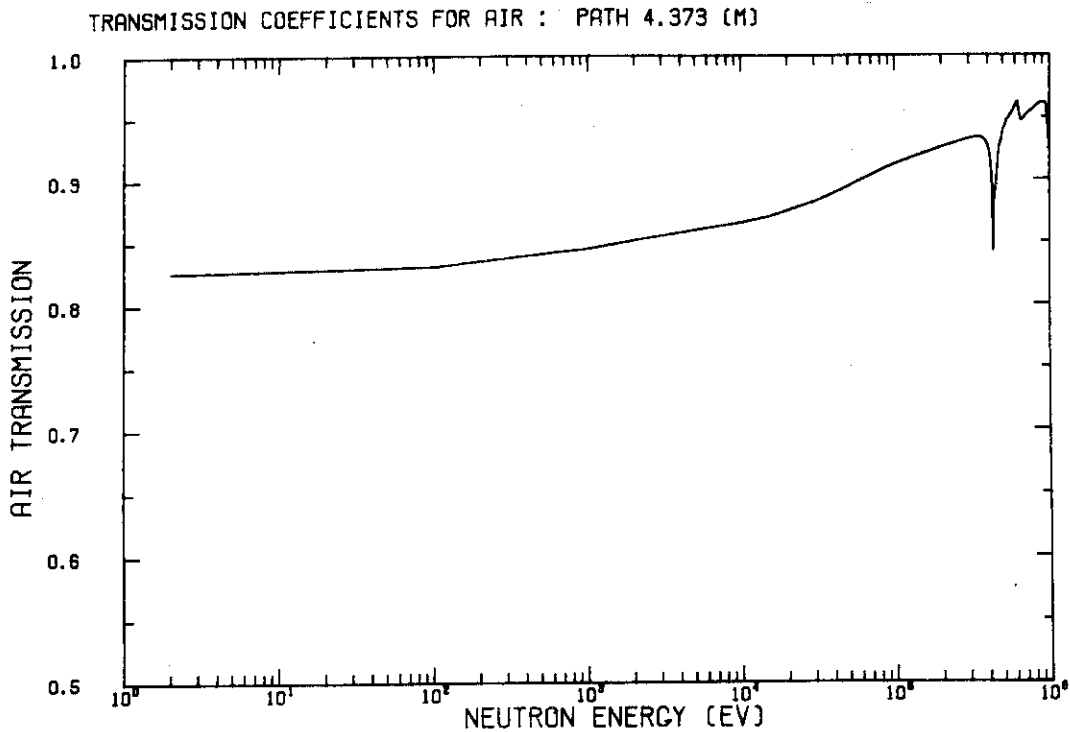


Fig.10 Neutron transmission for 4.4 m air

h) 実効捕獲断面積の計算とその誤差

(1), (11) 式から実効捕獲断面積 σ_Y は

$$\sigma_Y = (C_Y - B_Y) \cdot \left(\frac{dY}{dE} \cdot \Delta E / T_{air} \right)^{-1} \cdot (n \cdot \eta / \eta_0)^{-1} \cdot (\text{モニタ・カウン
ト比}) \quad (12)$$

から求まる。サンプル厚さ n と検出器効率比 (η / η_0) は入力パラメータである。但し、これらの値を与える代わりに、ある中性子エネルギーでの規準での断面積を入力して全体をそれに規格化する方法をとることも可能である。(12) 式の誤差は統計的なものと系統的なものに分けて計算され(13), (14) 式から求められる。結果は入射中性子エネルギー、実効捕獲断面積と共に、Fig. 2 中の EFFECTIVE CAPTURE FILE へ書き込まれる。

○ 統計誤差

$$\epsilon_1 = \sigma_Y \cdot \left[\left\{ \frac{\epsilon_1 (C_Y - B_Y)}{C_Y - B_Y} \right\}^2 + \left\{ \frac{\epsilon_1 (dY/dE)}{dY/dE} \right\}^2 \right]^{1/2} \quad (13)$$

ここで $\epsilon_1 (C_Y - B_Y) = C_Y^{1/2} + \epsilon_1 (B_Y)$

$\epsilon_1 (B_Y)$ は(7)式で求めた B_Y の統計誤差

$$\begin{aligned} &\approx \epsilon_1 (B'_Y) \cdot r \cdot \left(\frac{SOC}{BGSBC} \right)^* \\ &= \epsilon_1 (\overline{RO}) \cdot [(3)式\{\}] \cdot r \cdot \left(\frac{SOC}{BGSBC} \right)^* \end{aligned}$$

$\epsilon_1 (\overline{RO})$ は平滑化 RO スペクトルの統計誤差

$\epsilon_1 (dY/dE)$ は中性子束ファイルから入力した dY/dE の統計誤差

○ 系統的誤差

$$\epsilon_2 = \sigma_Y \cdot \left[\left\{ \frac{\epsilon_2 (B_Y)}{C_Y - B_Y} \right\}^2 + \left\{ \frac{\epsilon_2 (n \cdot \eta / \eta_0)}{n \cdot \eta / \eta_0} \right\}^2 + \left\{ \frac{\epsilon_2 (dY/dE)}{dY/dE} \right\}^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

ここで $\epsilon_2 (B_Y) = B_Y \cdot \left[\left\{ \frac{\epsilon_2 (B'_Y)}{B'_Y} \right\}^2 + \epsilon_2 \left(\left(\frac{SOC}{BGSBC} \right)^* \right)^2 \right]^{1/2}$

$\epsilon_2 (B'_Y) = \overline{RO} \cdot [(3)式\{\}] の誤差$

$$\epsilon_2 (n \cdot \eta / \eta_0) = \left[\left\{ \frac{\epsilon_2 (n)}{n} \right\}^2 + \left\{ \frac{\epsilon_2 (\eta / \eta_0)}{\eta / \eta_0} \right\}^2 \right]^{1/2}$$

$\epsilon_2 (n)$, $\epsilon_2 (\eta / \eta_0)$ は入力データで与えた n , η / η_0 の誤差

$\epsilon_2 (dY/dE)$ は dY/dE の系統的誤差 (中性子束ファイルより入力)

Fig. 11 にタンタルについて測定を行った結果得られた実効中性子捕獲断面積を各チャンネル毎にプロットしている。規格化が完全ではないので値そのものは予備的なものと見て欲しい。これは Fig. 6 の生データ・スペクトル及び Fig. 8 の中性子束ファイルを用いて、4章に

述べる入力データの下で計算されたものである。図では共鳴領域とオーバーラップ部分とを見易いようにそれぞれ片対数，両対数で表示してある。2.5 - 3 KeVは Na の 2.85 KeV レゾナンスがあって値が急激に変動するため省略している。

i) 平均断面積

(12) 式で求めたチャンネル毎の実効中性子捕獲断面積から任意のエネルギー範囲での平均値を得るためにサブルーチン AVROCS では次式に従って計算を行っている。

$$\bar{\sigma}_\gamma(E_1, E_2) = \left[\sum_{i=i_2+1}^{i_1-1} \sigma_\gamma(i) \cdot \Delta E_i + \Delta\sigma_\gamma(i_1) \cdot \Delta E_{i_1} + \Delta\sigma_\gamma(i_2) \cdot \Delta E_{i_2} \right] / (E_2 - E_1) \quad (15)$$

ここで E_1, E_2 ; 平均をとるエネルギー範囲の下限, 上限。

i_1, i_2 ; それぞれ E_1, E_2 に対応するチャンネル位置。

$\sigma_\gamma(i)$; i チャンネルにおける実効捕獲断面積。

$\Delta\sigma_\gamma$; エネルギー両端での打切りに伴う補正をした実効捕獲断面積。

ΔE_i ; i チャンネルでのチャンネル当りエネルギー幅

$\bar{\sigma}_\gamma$ の誤差は

$$\begin{aligned} \epsilon(\sigma_\gamma) &= \{ \epsilon_1(\sigma_\gamma)^2 + \epsilon_2(\sigma_\gamma)^2 \}^{1/2} \\ \epsilon_1(\sigma_\gamma) &= \left[\sum_{i=i_2+1}^{i_1-1} \{ \epsilon_1(i) \cdot \Delta E_i \}^2 + \{ \Delta\epsilon_1(i_1) \cdot \Delta E_{i_1} \}^2 + \{ \Delta\epsilon_1(i_2) \cdot \Delta E_{i_2} \}^2 \right]^{1/2} / (E_2 - E_1) \\ \epsilon_2(\sigma_\gamma) &= \left[\left\{ \sum_{i=i_2+1}^{i_1-1} \epsilon_2(i)^2 \cdot \Delta E_i + \Delta\epsilon_2(i_1)^2 \cdot \Delta E_{i_1} + \Delta\epsilon_2(i_2)^2 \cdot \Delta E_{i_2} \right\} / (E_2 - E_1) \right]^{1/2} \end{aligned}$$

ここで $\epsilon_1(i), \epsilon_2(i)$ はそれぞれ $\sigma_\gamma(i)$ の統計誤差及び系統的誤差を表わす。

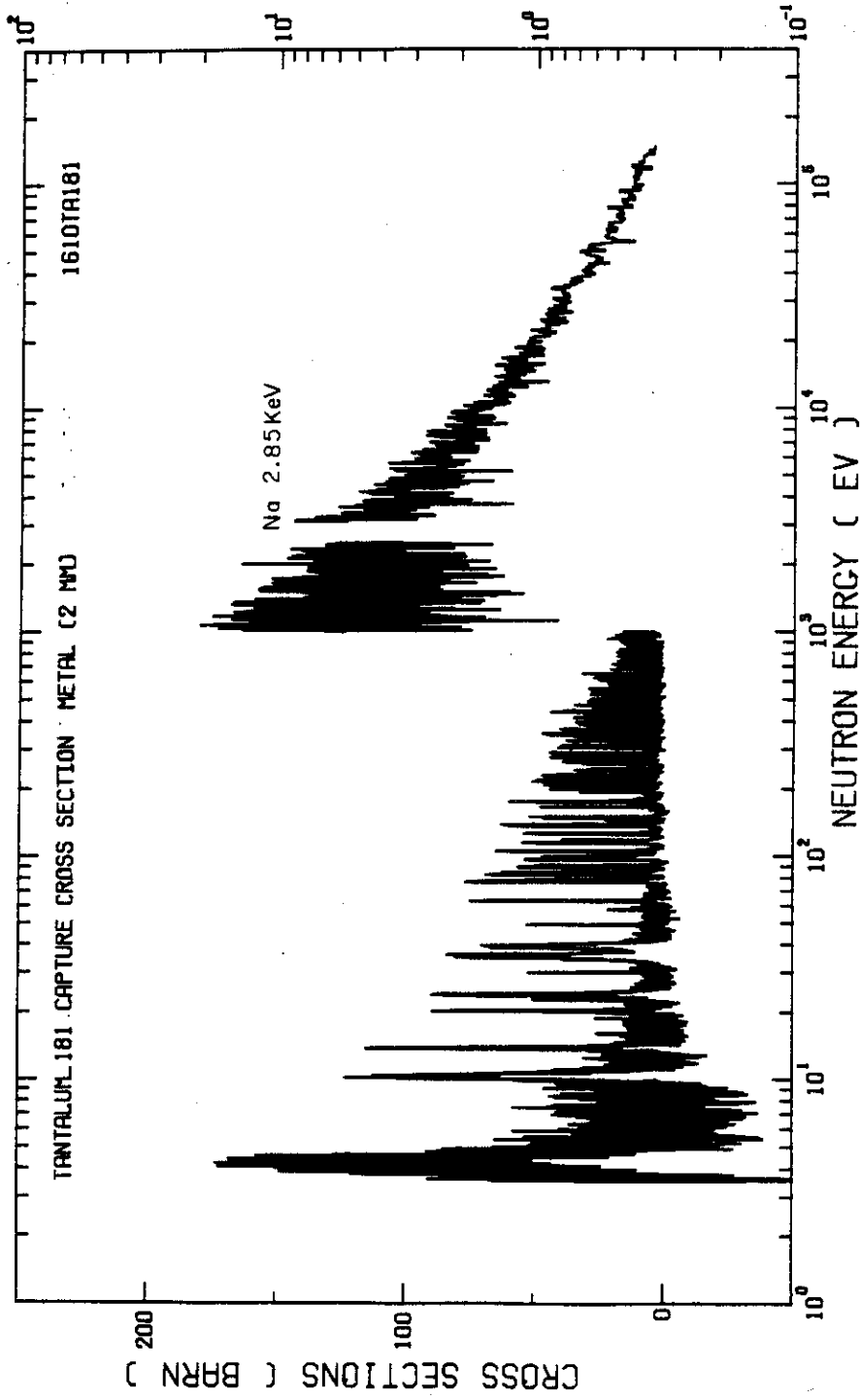


Fig.11 An example of effective capture cross section calculated by the CPCS code

3.2 各サブルーチンの説明

Fig. 5のブロック図に示したサブルーチンの内部で行っている処理内容を以下に説明する。

Fig. 12はブロック図の中味をやや詳しく流れ図にしたものである。本プログラムの特徴の1つであるワーク・ファイルを利用した計算処理の理解のためにはFig. 13のワークファイル利用図が役に立つと思われる。ファイル処理の部分を中心に説明すると、先ずワーク・ファイルとして8×8KWの領域が確保され(Initialization)サブルーチンINPUTで入力ファイルF01から読んだ生データ・スペクトルをワーク・ファイルへFig. 13の最上段の如く転送する。以後各サブルーチンの実行段階でワーク・ファイルはFig. 13のように変更されていく。ワーク・ファイルへの入出力は全てフォーマット無しで行われ、通常はサブルーチンDKIOTを用いて8KW単位で転送するが図中〔 〕で囲んだ部分のみは1レコード=3語で入出力している。中性子束ファイル(F04)はサブルーチンCSCALCで入力する。出力ファイル(F02)へはサブルーチンINPUTでヘッディング、CSCALCで計算した断面積値を出力している。

サブルーチン名…………… 処理内容

- INPUT …………… 計算に必要な入力パラメータをカード及びディスク・ファイルより入力。生データ・スペクトルをワーク・ファイルへ保存する。
- INLIST …………… INPUTで入力した内容をまとめてラインプリンタに1頁程度のリスト出力する。
- PREPR …………… SOC, SBC, RO, OO, OBの各生データ・スペクトルに対し不感時間補正を行う(サブルーチンDEADを呼ぶ)。前の3つについてはconst. BGを差引いてから、元のワーク・ファイルの場所に戻す。
- DEAD …………… 前節の(2)式に従い不感時間を補正する。
- OPENS …………… OO, OBスペクトルに対し、飛行距離の差の補正(8), (9)式)を行い、バック・グラウンドをサブルーチンOPBGで評価し差引く。
- CHMOV …………… SOCの任意のチャンネルがオープン・ビーム・スペクトルの何チャンネルの相当するかを計算する。
- OPBG …………… OO, OBスペクトルのバック・グラウンド(Const. BG + 時間依存部分)を任意のチャンネル領域にわたり評価する。
- BGFIT …………… SBC, ROスペクトルを用い(3)式からSBCスペクトルのバック・グラウンドの時間依存部分の評価をする。
- SMOTH …………… スペクトルの平滑化を行う。
- BGDET …………… SOCスペクトルのバック・グラウンドを(4)~(7)を使って求める。
- LESQ …………… (6)式で与えられる各チャンネル毎のバック・グラウンド補正係数 r を表わすパラメータ P_0, P_1 を(5)式から得られる r_k に対する最小自乗フィッティングにより求める。
- MATIN …………… LESQで得られる正規方程式を解くために係数行列の逆行列を求める。

- CSCALC (12)式に従い各チャンネル毎の実効中性子捕獲断面積を計算する。
- TRANSA 空気に対する中性子の透過率((11)式中の T_{air}) を酸素・窒素の微視全断面積の表から計算する。
- AVRCS (15)式により、任意の中性子エネルギー範囲にわたる平均実効捕獲断面積を求める。
- TOFD 生データ・スペクトルの任意のチャンネル間の時間差を求める。
- ENN (10)式を用い、生データ・スペクトルの任意チャンネルに相当する中性子エネルギーを計算する。
- DKIOT ワーク・ファイルへ8 KW単位でデータの転送を行う。

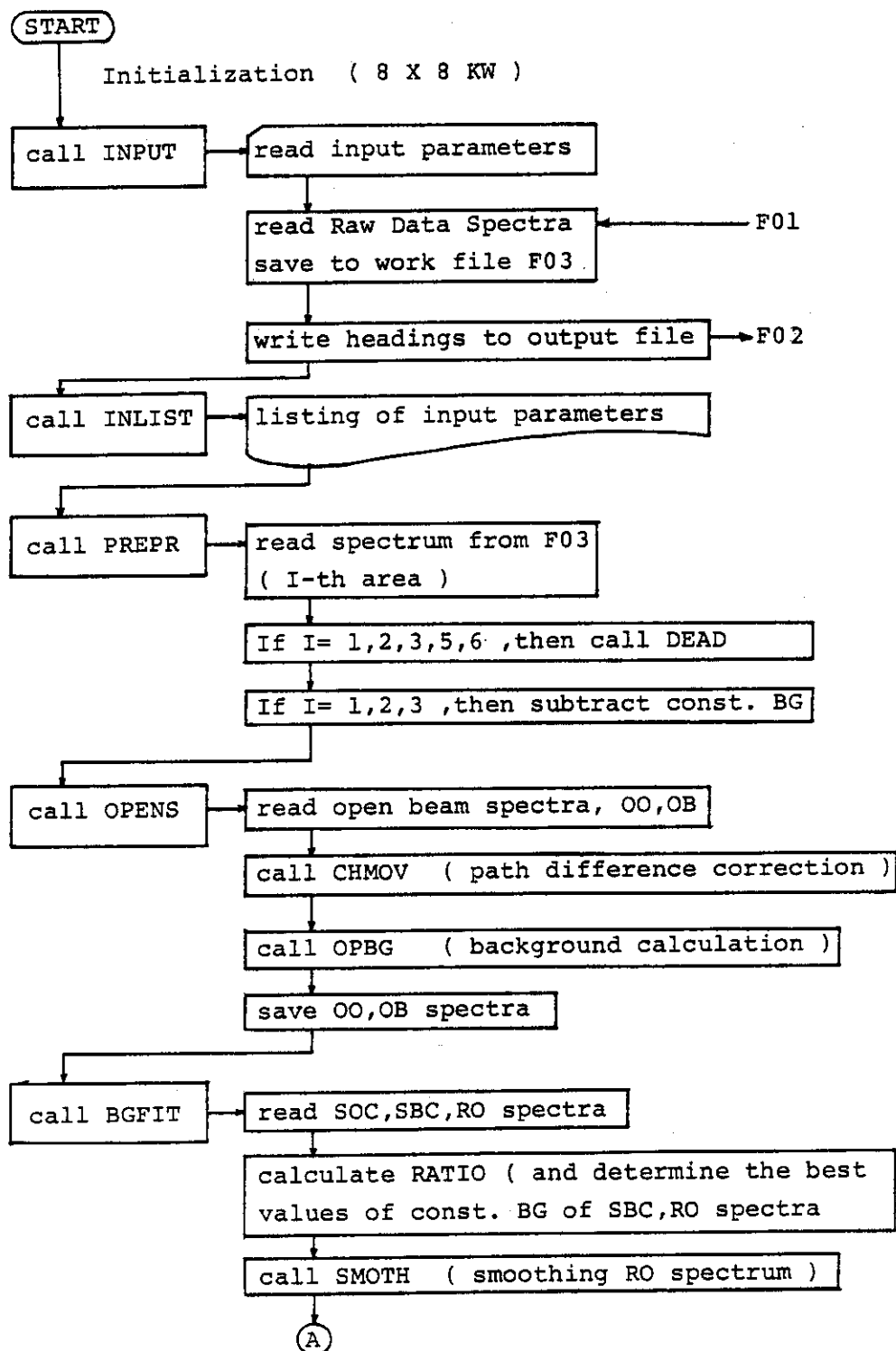


Fig.12 Flow chart of the CPCS code

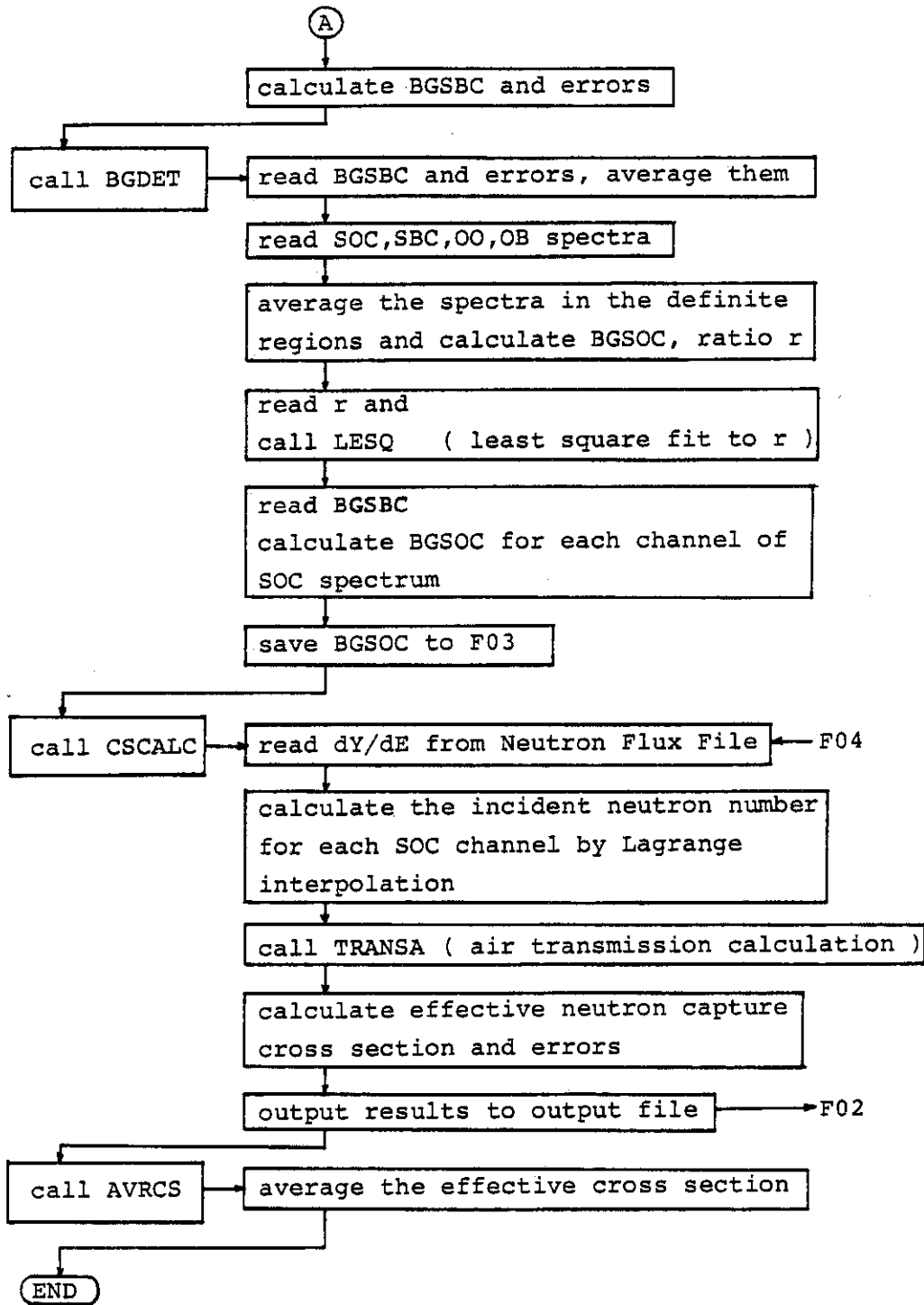


Fig. 12 (Continued)

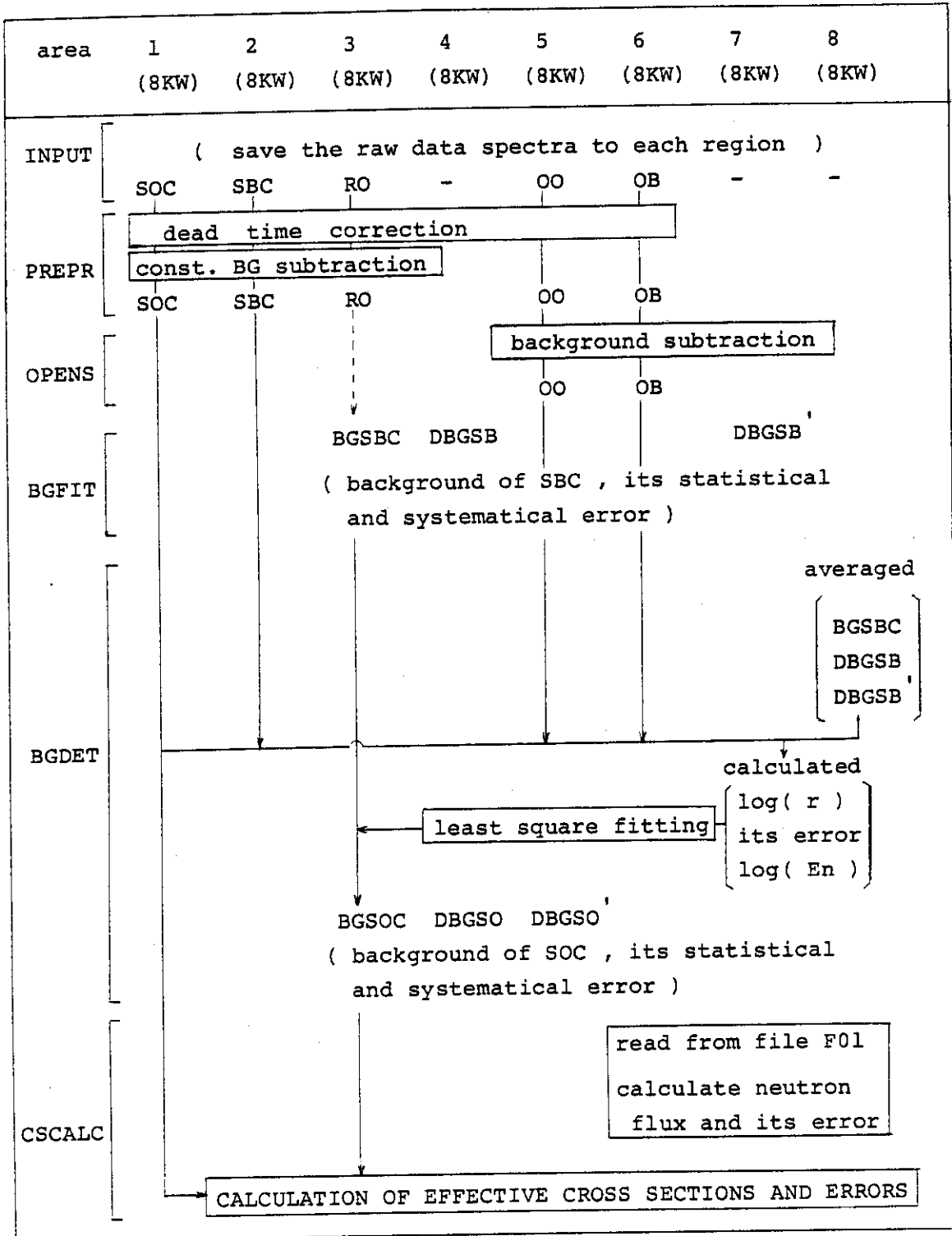


Fig.13 Utilization map of work file, F03

4. タンタル測定データについての実行例

4.1 入力パラメータ

2mm 厚さのタンタル板を用いて捕獲断面積測定のための実験を行い、2章で述べた処理解析システムによってCPCSへの入力ファイルを作成した。Fig. 6は生データ・スペクトルのうちSOCとSBCをプロットしたものであり、両者にNaフィルタにより生じた285 keVのブラック・レゾナンスが見られSBCには更にAlの34.7 keV, 88.5 keVレゾナンスも見られる。測定はチャンネル・ブロックの大きさを2048チャンネルにとって行っているため図の範囲内にはその影響は現われていない。また、フィルタの一つであるCoによる130 eVのブラック・レゾナンスも図の範囲外である。一方、入射中性子束ファイルにはFig. 9に示すデータがはいっており、やはりNaによる285 keVのブラック・レゾナンスが現われている。他にAlやPbのレゾナンスも随所に見られ、その中の何本かはエネルギー較正に使用されている。Fig. 14はタンタル測定データを解析する際のカード・デッキ構成例である。生データ・スペクトル・ファイル(ファイル定義名F01)、出力ファイル(F02)、入射中性子束ファイル(F04)はそれぞれTA1610, TA1641, TA1611というファイル名にて登録済み、或いは新規作成されている。No.7からNo.27のデータ・カードは付録Aで述べる入力データの構成法に従っている。処理内容をかいつまんで説明すると、タイトルを表わすNo.7に続き、No.8で生データ・スペクトルをディスク・ファイルから入力する旨を指定し、No.9でチャンネル・ブロック領域数が全て4であることを示している。すなわち、チャンネル・ブロックの大きさが2048であるからスペクトルのサイズは $2048 \times 4 = 8192$ チャンネルである。No.10はSOCスペクトルの100から7999チャンネルまでを解析し、4本のブラック・レゾナンスと7個のチャンネル領域とからバック・グラウンドの決定を行うことを指定している。ブラック・レゾナンスのSBCスペクトルにおけるチャンネル位置は次の4枚(No.11-14)で与え、No.15でconst. BGの調整(2-1d参照)を行う様に指示している。No.16, 17には(4)式を適用しSOCスペクトルのバック・グラウンドを求める際のチャンネル範囲が与えられている。例えば、120チャンネルから139チャンネルまでを10チャンネル毎に分割し、それぞれの範囲で(4)式の計算を行っている。No.18にはSOC, SBC, RO, OO, OB各スペクトルのconst. BGを μsec 当りのカウント数で示し、不感時間を $0.6\mu\text{sec}$ としている。No.19-22では実効捕獲断面積の平均を求める際のエネルギー範囲(例えば3 keVから10 keVまでを1 keVのエネルギー幅でという具合)の指定をしている。No.23はOO, OBスペクトルのバック・グラウンドの時間依存部分を表わす式がそれぞれ $8.09E^{0.416}$, $3.62E^{0.416}$ であることを意味している。No.24にはスペクトルの平滑化を行う時、前後20チャンネルを使用すること、SOCのバック・グラウンドへの規格化はブラック・レゾナンスを用いること、そして断面積は次のカードで与えるパラメータより絶対値として求めることが指定されている。No.25には(12)式のn及び η/η_0 値と各の誤差を与えている。No.26, 27はバック・グラウ

ンド値の確認用と断面積の計算結果のリストをそれぞれ100-139, 100-499(10チャンネルおき)に行うことを指定している。

```

NO .....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7...
1 *HLIEDRIN  RENAME=J9094.CPCS
2 *DISKTO    F01,J2606.TA1610
3 *DFDISK    F02,J9094.TA1614,RSIZE=27,BSIZE=540
4 *DISK      F03
5 *DISKTO    F04,J2606.TA1611
6 *DATA
7 TA 181 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL
8 DIS
9           4           4           4           4           4           4           4           4
10          100        7999           4           7
11 AL        90.0           0.0           0.0           155           159
12 AL        35.0           0.0           0.0           225           234
13 *NA        2.8           0.0           0.0           740           749
14 CO57       0.130         0.0           0.0           2640          2720
15 OFFP        0.           0.0           0.0           6800          8000
16          120         139           10          173          182          10          290          379          20          400          439          20
17          460         499           20          920          1919         200          3600         4599          1000
18          11009.3       10646.0         2712.7          95.3           84.7           0.6
19           3.0           10.0           1.0
20           10.0          20.0           2.0
21           20.0          50.0           5.0
22           50.0          100.0          10.0           1.0
23           0.00         0.416           3.62           0.416           0.0           0.0
24           20           1           1
25          1.1500E-2       0.5750E-3         0.50           0.05
26           1           100          139
27           1           100          499          10
    
```

Fig.14 An example of card deck for Tantalum measurement

4.2 解析結果の出力リスト

タンタルに関する測定データの解析を例にとってラインプリンタへの出力リストについて概説する。Fig. 15 の各頁を順を追って見ていく。1頁には計算に使用した入力パラメータのリストが示される。2頁にはサブルーチンBGFITの結果が出る。Fig. 14の№15でconst. BGの調整を6800-800チャンネルの部分で行うようにしているので他のブラック・レゾナンスでの計算値と同様の出力がなされる。図では2度目の繰返しまでで後は省略しているが最終的にはSBC, ROのconst. BGは10755.6(入力の97.9%), 2684.9(99.0%)に収束した。RATIOの項には(3)式の $\left(\frac{SOC}{RO}\right)$ 値が各ブラック・レゾナンス位置について求められている。繰返し計算によりこれらの値の間のふらつきが改善される様子がうかがえる。Na 285keVの欄の右端には(5)式で用いる規格化定数 $\left(\frac{SOC}{BGSBC}\right)^*$ が示されている。3頁もBGFITの結果であり、Fig. 14 №26で示した範囲のバック・グラウンド値をSBCとOB両スペクトルについて出力する。これによってバック・グラウンドの評価が適当であるか否か判断できる。4頁にはサブルーチンBGDETにおいて(4)式に従って計算される B_{γ} (図中CBKG)及び(5)式の $r_k(R(BG, SOC))$ がFig. 14 №16, №17で指定したチャンネル領域について出力される。図中DBKGはCBKGの誤差、 $FC \cdot BGSBC$ は(5)式の $\left(\frac{SOC}{BGSBC}\right)^* \cdot B_{\gamma}$ に相当している。またR(YIELD)は捕獲収率カウンターの比 $\left(\frac{SOC-CBKG}{SOC-FC \cdot BGSBC}\right)$ を表わしている。4頁の結果を用いて(6)式の p_0, p_1 を最小自乗により求めた結果が5頁に示される。 $A(I, J) \cdot P(J) = B(I)$ の下段が正規方程式の各要素であり、その下にAの逆行列と解P(J) ($p_0 = P(1), p_1 = P(2)$)が出力される。以下には、フィッティングの具合を確認するため、エネルギーE, R(BG, SOC), フィットの結果R(E)及びその比が自然対数値のままリストしてある。6頁は(12)式から求まる各チャンネル毎の実効中性子捕獲断面積をFig. 14 №27のチャンネル範囲にわたり出力したものである。同時に(13), (14)式による誤差計算値の結果も出力する。7頁から(8頁以降は省略)はFig. 14の№19-22で示すエネルギー領域にわたる平均断面積の値を出力する。EZ1, EZ2は平均の始めと終りのエネルギーN1, N2はそのエネルギーに対応するチャンネル位置を表わす。平均断面積はAV, C, S. の欄に誤差と一緒に出力される。

CALCULATION OF CAPTURE CROSS SECTIONS -INLIST

***** TA 1A1 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL

DEAD TIME=		0.6000 (MUSEC)		PULSE REPETITION=		300.000 (/SEC)		
FILE#	N	BLK SIZE	BLCKS	CH. SIZE (MUSEC/CH)	PATH (M)	DELAY(MUS)	MONITOR(CTS)	TIME(H)
SOC	1	2048	4	R191	0.100	51.946	2.918	64000.0
SBC	2	2048	4	R191	0.100	51.946	2.918	64000.0
RO	3	2048	4	R191	0.100	51.946	2.918	16000.0
RR	4			NOT USED AS INPUT SPECTRUM AREA				
OO	5	2048	4	R191	0.100	56.319	2.765	32000.0
OR	6	2048	4	R191	0.100	56.319	2.765	32000.0
SOL	7			NOT USED AS INPUT SPECTRUM AREA				
SBL	8			NOT USED AS INPUT SPECTRUM AREA				
CONSTANT BACK GROUND LEVELS				FOR SOC SPECTRUM ...				11009.3000 (/MUSEC)
CONSTANT BACK GROUND LEVELS				FOR SBC SPECTRUM ...				10645.9999 (/MUSEC)
CONSTANT BACK GROUND LEVELS				FOR RO SPECTRUM ...				2712.7000 (/MUSEC)
CONSTANT BACK GROUND LEVELS				FOR OO SPECTRUM ...				95.3000 (/MUSEC)
CONSTANT BACK GROUND LEVELS				FOR OR SPECTRUM ...				84.7000 (/MUSEC)
FILTER ENERGY(KEV)	SATURATION	ERROR	CHANNEL REGION	NORMALIZ.FACTOR	ERROR			
AL	90.0000	0.0	FROM 155 TO 159					
AL	35.0000	0.0	FROM 225 TO 234					
*NA	2.0000	0.0	FROM 740 TO 749	0.0	0.0			
Co57	0.1300	0.0	FROM 2640 TO 2720					
OFF-CAPTURE RESONANCE REGION FROM 6800 TO 8000								
OPEN BEAM BACK GROUND COEFFICIENTS								
CO ...	0.8000E+01	0.4160E+00						
OR ...	0.3620E+01	0.4160E+00						
CHANNEL REGIONS OF SOC FOR BG DETERMINATION								
NO.	INITIAL	FINAL	STEP					
1	120	139	10					
2	173	182	10					
3	290	379	20					
4	400	439	20					
5	460	499	20					
6	920	1919	200					
7	3600	4599	1000					
SAMPLE THICKNESS + ERROR								
0.1150E-01		0.5750E-03		CAPTURE COEFF. + ERROR		0.5000E+00		0.2000E-01
SMOOTHING JSM= 20 RC NORM. IBDM= 1 ABS. NORM. IADR= 1								
LIST OUTPUT FOR B.G.CHECK: INITIAL 100 FINAL 139								
LIST OUTPUT FOR CROSS SECTION 5: INITIAL 100 FINAL 499 STEP 10								
CROSS SECTIONS CALCULATION REGION INITIAL 100 FINAL 7999								
AVERAGING REGIONS								
FROM 0.3000E+04 TO 0.1000E+05 STEP 0.1000E+04 (EV)								
FROM 0.1000E+05 TO 0.2000E+05 STEP 0.2000E+04 (EV)								
FROM 0.2000E+05 TO 0.5000E+05 STEP 0.5000E+04 (EV)								
FROM 0.5000E+05 TO 0.1000E+06 STEP 0.1000E+05 (EV)								
FROM								

Fig. 15 Output list

CALCULATION OF CAPTURE CROSS SECTIONS -BGFIT
***** TA 181 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL *****

FILTER	RFSON.	(EV)	CH.	RG	RO	ERROR	SBC	ERROR	RATIO	ERROR	SOC	ERROR	(SOC/RGSBC)*,ERROR
AL	86.3407	157.0	0.2581E+03	0.9748E+01	0.3873E+03	0.1574E+02	0.1501E+01	0.8328E-01					
AL	34.9755	229.5	0.2299E+03	0.6885E+01	0.3528E+03	0.1145E+02	0.1535E+01	0.6776E-01					
NA	2.7524	744.5	0.1174E+03	0.6013E+01	0.1589E+03	0.1057E+02	0.1353E+01	0.1136E+00			0.4690E+03	0.1208E+02	0.2952E+01 0.2108E+00
CO57	0.1309	2680.0	0.8346E+02	0.2765E+01	0.1464E+03	0.5270E+01	0.1754E+01	0.8581E-01					
OFFR	0.0024	7400.0	0.5123E+02	0.1359E+01	0.1833E+03	0.2690E+01	0.3576E+01	0.1085E+00					

FITTING ITERATION : NORMAL EQUATION

0.32514E+03 0.34623E+02
 0.34623E+02 0.40000E+01
 FITTED FORMULAE: -0.30957E-01 *ALOG(ERES) + 0.18037E+01 = 0.17769E+01 AT
 *MODIFIED CONST. RG FOR SBC ADD 79.39 NEW VALUE = 10725.39 EV
 RC -20.23 2692.47

AL	AL	NA	CO57	OFFR
86.3407	34.9755	2.7524	0.1309	0.0024
157.0	229.5	744.5	2680.0	7400.0
0.2501E+03	0.2319E+03	0.1194E+03	0.8751E+02	0.5741E+02
0.9752E+01	0.6887E+01	0.6015E+01	0.2765E+01	0.1359E+01
0.3794E+03	0.3449E+03	0.1509E+03	0.1305E+03	0.1198E+03
0.1573E+02	0.1145E+02	0.1057E+02	0.5269E+01	0.2690E+01
0.1459E+01	0.1487E+01	0.1264E+01	0.1492E+01	0.1777E+01
0.8155E-01	0.6622E-01	0.1090E+00	0.7647E-01	0.5363E-01
0.4690E+03	0.1208E+02	0.2952E+01	0.2318E+00	

！省略

ARG CHECK ***** TA 181 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL *****

CH.	SBC	RGSBC	OR	RGOR	CH.	SBC	RGSBC	OB	RGOB
100	0.1064E+04	0.4009E+03	0.7737E+04	0.7503E+02	120	0.9517E+03	0.3990E+03	0.1950E+04	0.6263E+02
101	0.2578E+04	0.4020E+03	0.2107E+05	0.7424E+02	121	0.9255E+03	0.4004E+03	0.1349E+04	0.6215E+02
102	0.3477E+04	0.4026E+03	0.2846E+05	0.7349E+02	122	0.6710E+03	0.3995E+03	0.8485E+03	0.6167E+02
103	0.2565E+04	0.4031E+03	0.2195E+05	0.7276E+02	123	0.5876E+03	0.3983E+03	0.3193E+03	0.6120E+02
104	0.2547E+04	0.4017E+03	0.2212E+05	0.7205E+02	124	0.4263E+03	0.3962E+03	0.1915E+03	0.6074E+02
105	0.2304E+04	0.4024E+03	0.1944E+05	0.7134E+02	125	0.5173E+03	0.3945E+03	0.2983E+03	0.6028E+02
106	0.1864E+04	0.4050E+03	0.1468E+05	0.7068E+02	126	0.4881E+03	0.3918E+03	0.2599E+03	0.5984E+02
107	0.1690E+04	0.4057E+03	0.1250E+05	0.7002E+02	127	0.5561E+03	0.3934E+03	0.1811E+03	0.5940E+02
108	0.1534E+04	0.4042E+03	0.9594E+04	0.6937E+02	128	0.5070E+03	0.3933E+03	0.1806E+03	0.5898E+02
109	0.1145E+04	0.4040E+03	0.6519E+04	0.6874E+02	129	0.5100E+03	0.3934E+03	0.2581E+03	0.5856E+02
110	0.1102E+04	0.4023E+03	0.5342E+04	0.6812E+02	130	0.6762E+03	0.3936E+03	0.6514E+03	0.5815E+02
111	0.8176E+03	0.4025E+03	0.2895E+04	0.6752E+02	131	0.1145E+04	0.3942E+03	0.1660E+04	0.5774E+02
112	0.7022E+03	0.4025E+03	0.1966E+04	0.6693E+02	132	0.1888E+04	0.3948E+03	0.2817E+04	0.5735E+02
113	0.8802E+03	0.4014E+03	0.3177E+04	0.6635E+02	133	0.2214E+04	0.3943E+03	0.3604E+04	0.5695E+02
114	0.1367E+04	0.4026E+03	0.5540E+04	0.6579E+02	134	0.2452E+04	0.3944E+03	0.3727E+04	0.5657E+02
115	0.1570E+04	0.4024E+03	0.6166E+04	0.6523E+02	135	0.2394E+04	0.3945E+03	0.3284E+04	0.5619E+02
116	0.1505E+04	0.4013E+03	0.5548E+04	0.6460E+02	136	0.1812E+04	0.3931E+03	0.2298E+04	0.5582E+02
117	0.1514E+04	0.4000E+03	0.4829E+04	0.6414E+02	137	0.3363E+03	0.3931E+03	0.8792E+03	0.5546E+02
118	0.1242E+04	0.4008E+03	0.3725E+04	0.6364E+02	138	0.4435E+03	0.3907E+03	0.3745E+03	0.5510E+02
119	0.1166E+04	0.4009E+03	0.2764E+04	0.6313E+02	139	0.1065E+04	0.3912E+03	0.1146E+04	0.5475E+02

LIST OF CALCULATED CROSS SECTIONS -CSCALC
 ***** TA 1P1 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL ***** PAGE 6

FF(EV)	CROSS SECTION	STAT.ERROR	SYST.ERROR	TOTAL ERROR	ENERGY (KEV)	CROSS SECTION	STAT.ERROR	SYST.ERROR	TOTAL ERROR
277.45140	2.3338E-01	4.9959E-03	3.2317E-02	3.2701E-02	213.38096	2.9135E-01	5.6713E-03	3.3444E-02	3.3921E-02
169.19120	3.4370E-01	7.3368E-03	3.9511E-02	4.0187E-02	137.43263	3.9482E-01	9.4441E-03	4.6088E-02	4.7046E-02
113.84450	4.6835E-01	1.1757E-02	5.4913E-02	5.6162E-02	95.88666	4.7742E-01	1.3378E-02	5.6702E-02	5.8259E-02
81.80259	4.9646E-01	1.5454E-02	5.9834E-02	6.1797E-02	70.63358	5.2486E-01	1.6540E-02	6.2155E-02	6.5053E-02
61.60522	5.5020E-01	1.7607E-02	6.5741E-02	6.8058E-02	54.20344	6.2622E-01	2.2439E-02	7.6095E-02	7.9334E-02
48.05475	6.9683E-01	2.3581E-02	8.3529E-02	8.6794E-02	42.90436	6.5982E-01	2.6461E-02	8.1111E-02	8.5889E-02
38.53613	7.5851E-01	2.8536E-02	9.2562E-02	9.6861E-02	34.80259	8.1169E-01	4.2805E-02	1.0957E-01	1.1764E-01
31.58646	8.4442E-01	3.3067E-02	1.0348E-01	1.0863E-01	28.79642	8.4431E-01	3.3632E-02	1.0371E-01	1.0903E-01
26.36035	1.0131E+00	3.7392E-02	1.2224E-01	1.2783E-01	24.22083	8.3230E-01	3.6368E-02	1.0421E-01	1.1037E-01
22.33160	1.1585E+00	4.3480E-02	1.3965E-01	1.4626E-01	20.65509	1.1269E+00	4.7048E-02	1.3815E-01	1.4594E-01
19.16052	1.1972E+00	5.0529E-02	1.4644E-01	1.5491E-01	17.82249	1.0353E+00	4.9112E-02	1.2940E-01	1.3841E-01
16.61988	1.2631E+00	6.1100E-02	1.5767E-01	1.6909E-01	15.55501	1.5860E+00	6.4772E-02	1.9085E-01	2.0154E-01
14.55300	1.3890E+00	6.1802E-02	1.6992E-01	1.8081E-01	13.66125	1.4380E+00	6.4276E-02	1.7616E-01	1.8752E-01
12.84901	1.3785E+00	6.7745E-02	1.7296E-01	1.8576E-01	12.10712	1.6176E+00	7.2025E-02	1.9760E-01	2.1032E-01
11.42768	1.7543E+00	7.8801E-02	2.1430E-01	2.2833E-01	10.80387	1.5968E+00	7.7929E-02	1.9767E-01	2.1248E-01
10.22977	1.6123E+00	8.1242E-02	1.9978E-01	2.1568E-01	9.70025	2.2924E+00	9.5259E-02	2.7470E-01	2.8866E-01
9.21081	1.4251E+00	9.0642E-02	2.0513E-01	2.2426E-01	8.75749	1.9332E+00	9.5403E-02	2.3721E-01	2.5686E-01
8.33684	1.4250E+00	1.1390E-01	2.9598E-01	3.1714E-01	7.94578	2.1393E+00	1.0710E-01	2.6167E-01	2.8274E-01
7.54160	2.2815E+00	1.1023E-01	2.7693E-01	2.9807E-01	7.24190	2.0943E+00	1.1504E-01	2.6085E-01	2.8509E-01
6.92453	2.4304E+00	1.2248E-01	2.9636E-01	3.2074E-01	6.62758	2.4598E+00	1.2407E-01	2.9900E-01	3.2372E-01

LIST OF AVERAGED CROSS SECTIONS -AVRCS ***** TA 1B1 CAPTURE CROSS SECTION 2MM THICKNESS METAL ***** PAGE 7

NO	FZ1	EZ2	N1	N2	EN1	EN2	AV.C.S.	STAT.ERROR	SYST.ERROR	TOTAL ERROR
1	3000.0	4000.0	714	622	3003.1	4006.6	0.57982E+01	0.23699E+00	0.28411E+01	0.28509E+01
2	4000.0	5000.0	622	560	4006.6	4996.3	0.33143E+01	0.24013E-01	0.41648E+00	0.41717E+00
3	5000.0	6000.0	560	514	4996.3	5988.3	0.28683E+01	0.23139E-01	0.35699E+00	0.35774E+00
4	6000.0	7000.0	514	478	5988.3	6986.3	0.24840E+01	0.21177E-01	0.30513E+00	0.30587E+00
5	7000.0	8000.0	478	449	6986.3	7983.6	0.22326E+01	0.20880E-01	0.27574E+00	0.27653E+00
6	8000.0	9000.0	449	425	7983.6	8979.9	0.20293E+01	0.20580E-01	0.25039E+00	0.25124E+00
7	9000.0	10000.	425	404	8979.9	10013.	0.19882E+01	0.20658E-01	0.24257E+00	0.24345E+00

(PAGE 8 以降省略)

5. ま と め

プログラムの作成にあたっては8Kチャンネルのデータ処理に際し、ワーク・ファイル等の利用により不要なコア容量を増やさないようにした。その結果、実行時のサイズで66kWとなっている。実行時間は一般的なデータの解析で30秒程度(FACOM 230/75 使用時)である。今後の処理解析システムの充実に伴い若干の変更が予想されるものの、本報告書に述べた処理方式が基本形となるであろう。本来このプログラムは実効中性子捕獲断面積を求めるためのものであるが、システム内の役割としては、平均捕獲断面積や強度関数の決定、また共鳴領域でのレゾナンス解析用の入力データを供している。各処理プログラムの結果は現在、リモート・バッチ・プロットング・システムを用いて内容を確認し、場合によって一つ手前の処理へフィード・バックして全体の精度を高めることをねらっている。将来、グラフィック・ディスプレイの利用が可能になった時点ではこれらの更に円滑な処理が期待される。

プログラムの作成にあたり、多くの有益な助言を頂いた中島豊氏、古田悠氏、浅見明室長に感謝いたします。また、データ処理システム全般にわたり御世話になった河原崎雄紀氏及び実験に際し多大な御尽力をいただいたリニアックの運転グループの皆様に重ねて感謝いたします。

付録 A 入力データ・出力リストの構成

入力データは次の13種のカードで構成され、その内5, 6, 8番のカードは複数枚からなっている。Table 3に入力フォーマットを示した。順に説明していくと、

1. タイトル・カード。72文字内で計算内容のメモをとっておく。
2. 生データ・スペクトルの入力がディスク・ファイルからの時はDIS, カードの時から
の時はCARを指定。
3. チャンネル・ブロック数をTable 2の各スペクトルに対しそれぞれ指定する。
4. 実効捕獲断面積を求めるチャンネル領域の始めをMOUT1, 終わりをMOUT2で与える。
チャンネル数は最初が0チャンネルであるとして数える。IMFには(3)式によるバック・
グラウンドの規格化に用いるブラック・レゾナンスの個数, IBKには(5)式を適用するチ
ャンネル領域の個数を与える。
5. (3)式の $(SBC/RO)_j$ を求めるためのパラメータ用のカードで(IMF+1)枚からなる。
各カードのMLCHとMUCHでブラック・レゾナンスによりカウント数が飽和しているチ
ャンネル範囲を示す。もしも完全に飽和していない場合にはSATFでその補正カウン
トを与えている。AFILとERESには用いたブラック・レゾナンスの種類(核種名等)とエ
ネルギーをメモしておく。1カラム目に*を指定すると、そのレゾナンスを用いて(5)式
の $(SOC/BGSBC)^*$ が計算される。カードはERESの大きい順に並ぶようにし、最後
のカードでconst. BGの調整を行う際使用するeV領域のオフ・レゾナンスのチャンネル
領域をMLCH, MUCHで指定する。ここで、1カラム目にXを指定すると、const. BG
は入力した値をそのまま用いる。
6. カード4で指定したチャンネル領域数IBKの個々について始めのチャンネルICH,
終わりのチャンネルLCH, チャンネル幅MAVを与える。MAVは1つの領域を細分化
するためのステップ幅でLCH-ICH+1以下の任意の自然数を与えられる。
7. SOC, SBC, RO, OO, OB各スペクトルのconst. BGの値, 及びアナライザのdead
timeを与える。
8. チャンネル毎の実効捕獲断面積の平均を行うエネルギー範囲の指定をEW1(開始値),
EW2(終了値), DEW(エネルギー幅)の組合せで行う。最後のカードのみXXに正
の値を与えておく。
9. オープン・ビーム・スペクトルOO, OBのバック・グラウンドの式 $a E_n^b$ の係数a,
bを与える。FCFには(5)式の $(SOC/BGSBC)^*$ を求める際, SOCスペクトルの対
応するブラック・レゾナンスが飽和していない時の補正カウントを与える。
10. JSMは, ROスペクトルの平滑化(移動平均)を行う時の片側チャンネル幅である。
IBOMは(5)式の $(SOC/BGSBC)^*$ を1本のブラック・レゾナンスを用いて求めるな
らば = 1, を, モニタ・カウントの比から求める時は = 0を指定する。IAORには飽
和共鳴等を用いる絶対測定の際は = 1, 相対測定の際は = を指定。
- 11A, 11Bカード10のIAORが=1の時11Aを, =0の時は11Bを入力する。11A
にはサンプル厚さと検出器効率の比及びそれらの誤差を, 11Bには基準となる断面積値

を誤差、エネルギーと共に与える。

12. ILPBG=1を指定するとSBCとOBスペクトルに対するバック・グラウンドの計算値が、ILPIからILPFまで1チャンネル毎に出力される。
13. ILPCS=1を指定すると、ICSIチャンネルからICSFチャンネルまで、ICSD間隔で実効捕獲断面積の値を出力する。

もしもカード2でCARを指定したならば、この後にディスク・ファイル形式A(2-3, Fig. 4(a))の形をそっくりカードに直したものが続く必要がある。この時、ヘッディングのフォーマットはFig. 3に従いデータ部はカード1枚に(1018)のフォーマットであること。

出力リストは5つのサブーチンからの出力から構成されており、一部は入力カードにより制御することができる。

- (I) サブーチンINLISTは入力パラメータ及び入力ファイルのヘッディングからの情報を整理したリストを出す。(Fig. 15 PAGE1)
- (II) サブーチンBGFITからはブラック・レゾナンスを用いたSBCスペクトルのバック・グラウンド評価の結果をリストしてくる。内容は2つに分けられ、1つは(SBC/RO)を求めている部分(Fig. 15 PAGE2)ともう1つは計算されたバック・グラウンドの値のリスト(Fig. 15 PAGE3)である。後者は入力データのカード12をブランク・カードにしておくことと出力されない。
- (III) サブーチンBGDETからは、(4)式による計算結果の出力と(Fig. 15 PAGE4)(6)式のフィッティングの結果(Fig. 15 PAGE5)がリストされる。
- (IV) サブーチンCSCALCは、入力カード13で指定した範囲のチャンネルについて実効捕獲断面積をリストする。(Fig. 15 PAGE6)
- (V) サブーチンAVRCSは、入力カード8で与えられるエネルギー範囲にわたって断面積を平均した値をリストする。(Fig. 15 PAGE7)

Table 3 Input scheme

CARD	Column	Format	Variable name	Explanation
1	1 - 72	24A3	COM(I), I=1,24	title of the calculation
2	1 - 3	A3	INP	= DIS , input the raw data spectra from disk file = CAR , input from cards
3	1 - 6	I6	NBCH(1)	number of channel blocks for SOC spectrum
	7 - 12	"	NBCH(2)	" SBC spectrum
	⋮			⋮
	43 - 48	"	NBCH(8)	" SBL spectrum
4	1 - 6	I6	MOUT1	initial channel of calcu- lation of the effective capture cross section
	7 - 12	"	MOUT2	final channel "
	13 - 18	"	IMF	number of the black resonances
	19 - 24	"	IBK	number of the channel region for the background determination
5	1	A1	Inorm	= * , normalize the background of SOC to this black resonance (in the last card of this group, = X , not adjust the const. BG of SBC and RO spectra)
	2 - 5	A4	AFIL	identification of the black resonance
	6 - 17	E12.5	ERES	energy of the resonance

Table 3 (continued)

	18 - 29	E12.5	SATF		correction count for the unsaturated data
	30 - 41	"	DSATF		uncertainty of SATF
	42 - 47	I6	MLCH		initial channel of the saturated region
	48 - 53	"	MUCH		final channel "
6	1 - 6	I6	ICH(1)		initial channel of the region for the background determination
	7 - 12	"	LCH(1)		final channel "
	13 - 18	"	MAV(1)		channel width "
	19 - 24	"	ICH(2)	.	
	⋮		⋮	⋮	
			MAV(IBK)		
7	1 - 12	E12.5	BGCON(1)	(cts/μsec)	const. BG of SOC spectrum
	13 - 24	"	BGCON(2)		" SBC "
	25 - 36	"	BGCON(3)		" RO "
	37 - 48	"	BGCON(4)		" OO "
	49 - 60	"	BGCON(5)		" OB "
	61 - 72	"	DEAT	(μsec)	dead time of the analyzer
8	1 - 12	E12.5	EW1(I)	(eV)	initial energy to average the effective cross section
	13 - 24	"	EW2(I)		final energy "
	25 - 36	"	DEW(I)		energy step "
	37 - 48	"	XX		If >0 , this card is the last one of the card group

(I = 1 , KNO)

Table 3 (continued)

9	1 - 12	E12.5	OSF0(1)	(cts/eV)	coefficient a of the time dependent background of OO
	13 - 24	"	OSF1(1)	"	coefficient b of OO
	25 - 36	"	OSF0(2)	"	coefficient a of OB
	37 - 48	"	OSF1(2)	"	coefficient b of OB
	49 - 60	"	FCF		correction count in the calculation of (SOC/BGSBC)*
	61 - 72	"	DFCF		uncertainty of FCF
10	1 - 6	I6	JSM		channel (half) width for smoothing
	7 - 12	"	IBOM	= 1	, (SOC/BGSBC)* is determined by the counts at one black resonance
				= 0	, determined by the monitor counts
	13 - 18	"	IAOR	= 1	, absolute cross section measurement
				= 0	, relative measurement
11A	(in the case of IAOR = 1)				
	1 - 12	E12.5	STHIK	(atom/barn)	sample thickness
	13 - 24	"	DTHIK	"	uncertainty of STHIK
	25 - 36	"	CEFCY		(n/n_0) in the formulae (12)
	37 - 48	"	DEFCY		uncertainty of CEFCY

Table 3 (continued)

11B	(in the case of IAOR = 0)				
	1 - 12	E12.5	CSN	(barn)	cross section at energy ESN
	13 - 24	"	DCSN	"	uncertainty of CSN
	25 - 36	"	ESN	(eV)	neutron energy at the normalization point
12	1 - 6	I6	ILPBG		If = 1 , print out the lists of the calculated back- ground of SBC and OB
	7 - 12	"	ILPI		initial channel of the list
	13 - 18	"	ILPF		final "
13	1 - 6	I6	ILPCS		If = 1 , print out the lists of the effective capture cross section
	7 - 12	"	ICSI		initial channel of the list
	13 - 18	"	ICSF		final "
	19 - 24	"	ICSD		step width "

付録 B FMDFプログラムの使用法

CPCSをはじめ、データ処理解析システムで扱うディスク・ファイルは2.3で説明した形式でフォーマットなしで書込まれているので、その内容を修正するには専用のプログラムを必要とする。ここでは会話形処理を用いたファイルの修正を目的に作成されたプログラム、FMDF (program for Fractional Modification of Disk Files) の使用法について述べる。

プログラムの呼出しはCPCSシステムのコマンドを使用する。修正の対象とするファイルのファイル定義番号はF01である。FMDFがソース形式でファイルされているならば、

```
#. HFORT FMDF
#. HLIED
#. DISKTO F01, 修正ファイル名
#. HRUW
```

によって実行可能となる。プログラムがスタートすると次のメッセージが出力される。

```
INPUT L(LIST) OR H(HADER), D(DATA), E(END) AND NO OF
HEADER.....(A1, I1)
```

CPCSシステムからの入力促進記号>が出たら、対象とするファイル形式A, B (Fig. 4a, b) に応じて、コマンドを入力する。フォーマットは(A1, I1)。

コマンド		処	理
形式A	形式B		
L1	L	ファイルのヘッディング内容を出力する。	
Hn	Hn	ヘッディングの内容を修正する。	
(n=0~9)	(n=0~2)		
Dn	D	データ部の修正。	
(n=2~9)			
E	E	プログラムの終了。	
o L		ヘッディング HEAD-0~2 がリストされ、	
		INPUT NO OF DATA(I4)	
		とメッセージが出てくる。任意の整数を入力するとデータ部の内容が先頭からその個数だけ出力される。	
o Hn			

n = 0 の時 80文字以内でタイトルを入力。

n = 1 の時 Fig. 3 のCARD 2 のフォーマットに従ってネームリスト形式(ネームリスト名=TARGET)で変更すべき値を入力。変数名は下表を参照。
Fig. 3 のCARD 3 のフォーマットでネームリスト形式(ネームリスト名=RUNNO)で入力。

n=2~9の時 Fig. 3 のCARD 3 のフォーマットでネームリスト形式(ネームリスト名

= RUNNO) で入力。

ネームリスト入力

> \$ネームリスト名 変数名₁=更新値₁(, 変数名₂=更新値₂.....S)\$END

ネームリスト名	変 数 名
TARGET	TAR, GET, IZ, ISTOP, IA, TMWT, RADIS, HGT, TK, WT, COEF, BE, NRUN, EL, MENT
RUNNO	IRUN, ITO, DET, IFIL1, IFIL2, IFIL3, IFIL4, IW, IPPS, KW, PATH, IDELAY, ICW, IBLK, FMONT1, FMONT2, IY, IM, ID, NRUN, EL, MENT

- D_n HEAD-n に続いてファイルに書込まれているデータ部の修正ができる。

INPUT NO OF DATA.....(I4)

とメッセージがあったなら、修正すべきデータの番号(チャンネル数+1)を入力する。修正前のデータが(I6)で打出されてくるのでその真下に修正値を入力する。このような操作を何度か繰り返した後、コマンドを終える時は

INPUT NO OF DATA.....(IA)

の次に復改キーを打鍵すればよい。

- D 上と全く同様のメッセージが出されるので修正すべきデータの番号を入力する。修正前のデータは(4E15.7)でリストされるので修正値を同じフォーマットで入力する。コマンドの終了方法は上と同じ。

注意 修正データの入力の時、復改キーのみを入力すると、ブランク・カードとみなされ、値はゼロとなる。

参 考 文 献

- (1) 竹腰秀邦他 JAERI-1238
- (2) 荏司時雄・水本元治・河原崎雄紀 JAERI-M 6010
- (3) M. Mizumoto, A. Asami, Y. Nakajima, Y. Kawarasaki, T. Fuketa and H. Takekoshi: J. Nucl. Sci. Technol. 16 (1979) 711
- (4) Y. Nakajima, A. Asami, Y. Kawarasaki, Y. Furuta, T. Yamamoto and Y. Kanda: Int. Conf. on Neutron Physics and Nuclear Data, Harwell 1978
- (5) M. Mizumoto, M. Sugimoto, Y. Nakajima, Y. Kawarasaki, Y. Furuta and A. Asami: Int. Conf. on Nuclear Cross Sections and Technology, Knoxville 1979
- (6) 河原崎雄紀, 荏司時雄 JAERI-M 6584
- (7) ENDF/B data file for ^{14}N (MAT1275, MOD4) and ^{16}O (MAT1276, MOD2) evaluation by P. Young, D. Foster Jr. and G. Hale (LASL), BNL 17541 (ENDF-201) 2nd edition (ENDF/B-IV), edited by D. Garber (1975)