

JAERI-M

6972

ENDF/B-IVに基く多群定数ファイル
JIMCOF

1977年3月

倉重 哲雄*・平野 光将・新藤 隆一

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

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.

ENDF/B-IVに基く多群定数ファイル：JIMCOF

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

倉重哲雄*・平野光将・新藤隆一

(1977年1月31日受理)

ENDF/B-IVに基く多群定数ファイル「JIMCOF」を作成した。

JIMCOFは、速中性子エネルギー領域用ファイル(JIMCOF/F)、熱中性子エネルギー領域用ファイル(JIMCOF/T)および処理プログラム(PROC)から成っている。

JIMCOFファイルには、約100核種分の多群定数(速中性子エネルギー領域68群、熱中性子エネルギー領域50群)が含まれている。

PROCコードを用いることにより、個々のデータを取出したり、DELIGHTコード・シリーズのライブラリー・データを作成する事が可能である。

* 協力研究員：石川島播磨重工業株式会社

JIMCOF : A Multigroup Constants
File from ENDF/B-IV

Tetsuo KURASHIGE*, Mitsumasa HIRANO,
Ryuiti SHINDO

VHTR Designing Laboratory, Division of
Power Reactor Projects

Japan Atomic Energy Research Institute

(Received January 31, 1977)

Multigroup constants file "JIMCOF" has been prepared from the ENDF/
B-IV.

JIMCOF consists of JIMCOF/F (library file for the fast-neutron energy
region), JIMCOF/T (library file for the thermal-neutron energy region) and
PROC (program code processing JIMCOF library file).

JIMCOF library files contain multigroup constants (68 groups in the
fastenergy region and 50 groups in the thermal-energy region) for about
100 nuclides.

With the PROC code, you can print out freely individual data in
JIMCOF or compile data library for DELIGHT code from JIMCOF.

* Visiting scientist : Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 作成の考え方と手順	2
2.1 ENDF/B-IVライブラリー	2
2.2 作成の考え方	2
2.3 作成の手順	3
3. データ・ファイル JIMCOF	11
4. 処理プログラム・コード PROC	17
5. おわりに	20
6. 参考文献	21
Appendix A JIMCOFに含まれる主要核種のデータ	22
Appendix B JIMCOFを用いた比較計算	55

1. はじめに

1), 2)
 高温ガス冷却炉の格子燃焼特性を解析する目的で作成されたDELIGHT シリーズの計算コードは、現在日本原子力研究所で研究・開発が進められている、多目的高温ガス実験炉の炉心設計を始めとし、多くの高温ガス冷却炉の核特性解析に用いられてきている。

ところで、従来のDELIGHT コード・シリーズのライブラリー・データは、速中性子エネルギー領域³⁾に対してはGAM-Iデータ・ライブラリーから、また、熱中性子エネルギー領域に対しては散乱遷移断面積を別途詳細計算により算出している以外はCLALA-II データ・ライブラリー⁴⁾(上としてENDF/B-IIから作成したもの)から、それぞれ必要な核種のデータを抜き出し、さらに不足する核種についてはBNL-325から作成しており、データ・ソースという意味では必ずしも統一がとれているとはいえなかった。またGAM-I, ENDF/B-IIデータ・ライブラリーなどは、既に新しい改訂版が発表されており、現在ではやや古いデータ・ライブラリーとなっている。

そこで、今回、DELIGHT コード・シリーズのライブラリー・データとして使用することを主たる目的として、最新の核データ・ライブラリーであるENDF/B-IV から、速中性子エネルギー領域68群、熱中性子エネルギー領域50群の多群定数ファイル「JIMCOF」を作成した。

JIMCOFは、速中性子エネルギー領域用と熱中性子エネルギー領域用との2本のテープファイルに分かれており、それぞれ約100核種のデータを含んでいる。

速中性子エネルギー領域用ファイル(JIMCOF/F)には、反応断面積(吸収断面積および核分裂断面積)の他に、核分裂当りの中性子発生数、 Th^{232} および U^{238} の共鳴パラメータ、および散乱マトリクスが含まれているが、熱中性子エネルギー領域用ファイル(JIMCOF/T)には、反応断面積(全断面積、弾性散乱断面積、核分裂断面積、捕獲断面積、吸収断面積および中性子生成断面積)のみが含まれている。

JIMCOFには、処理プログラム(PROC)が付属しており、PROCを用いることにより、個々のデータを引出したり、DELIGHT コード・シリーズのライブラリー・ファイルを作成することができる。

2. 作成の考え方と手順

2.1 ENDF / B - IVライブラリー

ENDF / B ライブラリーは、米国のBNL (Brookhaven National Laboratory) にあるNNCSC (National Neutron Cross Section Center) のCSEWG (Cross Section Evaluation Working Group) によって評価・編集された評価済核データ・ライブラリーであり、世界で最も充実したライブラリーの1つである。

ENDF / B ライブラリー・テープの構造をFig. 2.1 に示す。ENDF / B ライブラリー・テープに含まれるすべてのデータは、核種 (あるいは物質) 単位に大きく分割されて編集されており、また、各々の核種に関するデータはさらに、データの種類の従っていくつかのファイルに分類されている。中性子データに関するファイルの分類をTable 2.1 に示す。各々のファイルはさらに反応の種類に従っていくつかのセクションに分かれている。⁷⁾

ENDF / B ライブラリーは現在第4版 (ENDF / B - IV) まで発表されている。ENDF / B - IVは1974年に発表され、第3版 (ENDF / B - III) からの変更点の1つは、特に熱中性子体系における実験結果と良い一致が得られるように、熱中性子断面積が再評価されたことである。

ENDF / B - IVを用いた解析例は、国内においては高速中性子体系に対する数例があるにすぎないが、米国においては高速中性子体系および熱中性子体系の両方に対する解析例が発表されており、実験と解析との良い一致が得られている。⁸⁾

2.2 作成の考え方

従来のDELIGHT コード・シリーズのライブラリーにはXe¹³⁵およびSm¹⁴⁹以外の核分裂生成核種のすべてを4種類のpseudo核種としていることもあって、40数核種のデータしか含まれていないが、将来、核分裂生成核種をチェーンとして扱うことも考えられており、また、現在扱っていない核種が必要となる可能性もあるので、JIMCOFには可能なかぎり多くの核種のデータを含ませておき、DELIGHT コード・シリーズのライブラリー・データは、JIMCOFより必要な核種のみを取出して作成するものとした。

したがって、JIMCOFには、ENDF / B - IVに含まれている90核種のすべてと、さらにENDF / B - IVには含まれていないpseudo F.P. 核種をENDF / B - IIIから取入れることにした。

さらに、よく用いられる物質については、その物質のデータも同位体の存在比で加重平均して作成するものとした。

速中性子エネルギー領域のデータ処理には、SUPERTOG-3を用い、散乱減速モデルとしてはGAM タイプの非連続減速モデルを用いた。

速中性子エネルギー領域に対して用いた68群のエネルギー群構造をTable 2.2 に示す。

速中性子エネルギー領域の断面積平均には、以下の核分裂スペクトル、

$$f(E) = \sqrt{\frac{4E}{\pi\theta^3}} \exp(-E/\theta), \quad \theta = 1.273 \text{ MeV}$$

と $1/E$ スペクトルとを 6.74 KeV で結合した重み関数を用いた。

各平均断面積に含まれる反応の種類を Table 2.4 に示す。

共鳴データの処理には、以下に示す考え方を用いた。

- (1) Th^{232} および U^{238} の 2 核種については共鳴パラメータを残すが、これ以外のすべての核種については、無限希釈およびゼロ温度（ドップラー広がり無視）を仮定し、共鳴からの寄与は平均断面積に含ませる。
- (2) Th^{232} および U^{238} の分離共鳴については、 $\ell = 0$ 共鳴のすべてのレベルのパラメータをそのままパラメータとして残すが、 $\ell = 1$ 共鳴からの寄与は平均断面積に含ませる。
- (3) Th^{232} および U^{238} の非分離共鳴については、 $\ell = 0$ 共鳴のパラメータはエネルギー群依存として残すが、 $\ell = 1$ 共鳴からの寄与は平均断面積に含ませる。 6)

熱中性子エネルギー領域のデータ処理には、THERMO シリーズを用いた。

熱中性子エネルギー領域に対して用いた 5 0 群のエネルギー群構造を Table 2.3 に示す。

熱中性子エネルギー領域の断面積平均には中性子温度 296°K に対応するマックスウェル分布を重み関数として用いた。

各平均断面積に含まれる反応の種類を Table 2.5 に示す。

2.3 作成の手順

速中性子エネルギー領域のデータ処理に使用したプログラム・コードと核データの流れを Fig. 2.2 に示す。

ENDF/B ファイルに含まれる核データは、SUPER TOG - 3 コードによって、数核種分が一度に処理され、作成された多群定数は、GAM-I フォーマットで、一担出力テープ上に蓄えられる。このテープに蓄えられた多群定数は、さらに、PROC コードによって処理され、速中性子エネルギー領域用の多群定数ファイル (JIMCOF/F) として整理される。PROC コードは、また、JIMCOF/F から DELIGHT コード・シリーズの速中性子エネルギー領域用ライブラリーを編集したり、JIMCOF/F に含まれる個々の核種データ・リストをプリントするのにも用いられる。

熱中性子エネルギー領域のデータ処理に使用したプログラム・コードと核データの流れを Fig. 2.3 に示す。

ENDF/B ファイルは、THERMOFILE コードによって処理され、熱中性子エネルギー領域に関係するデータのみを集めたファイル (THERMAL FILE) が作られる。BCD モードで書かれた THERMAL FILE は、さらに、THERMOLIB コードによって処理され、バイナリー・モードで書かれた THERMAL LIBRARY が作られる。THERMAL LIBRARY に含まれる断面積データは、THERMOSEC コードによって平均され、作成された多群定数はパンチカードとして出力される。さらに、PROC コードによって処理され、熱中性子エネルギー領域用の多群定数ファイル (JIMCOF/T) として整理される。PROC コードは、また、JIMCOF/T から DELIGHT コード・シリーズの熱中性子エネルギー領域用ライブラリーを編集してパンチカードとして出力したり、JIMCOF/T に含まれる個々の核種のデータ・リストをプリントするのにも用いられる。

Table 2.1 CLASS OF DATA IN ENDF/B LIBRARY TAPE

<u>File Number</u> (MF)	<u>Class of Data</u>
1	General Information
2	Resonance Parameter Data
3	Neutron Cross Sections
4	Angular Distributions of Secondary Neutrons
5	Energy Distributions of Secondary Neutrons
6	Energy Angular Distributions of Secondary Neutrons
7	Thermal Neutron Scattering Law Data

Table 2.2 ENERGY STRUCTURE IN FAST NEUTRON ENERGY REGION

GROUP	LEATHERGY (LOWER)	ENERGY (LOWER, eV)	GROUP	LEATHERGY (LOWER)	ENERGY (LOWER, eV)
1	0.25	7.79×10^6	35	8.75	1.59×10^3
2	0.50	6.07×10^6	36	9.00	1.23×10^3
3	0.75	4.72×10^6	37	9.25	961
4	1.00	3.68×10^6	38	9.50	748
5	1.25	2.87×10^6	39	9.75	583
6	1.50	2.23×10^6	40	10.00	454
7	1.75	1.74×10^6	41	10.25	354
8	2.00	1.35×10^6	42	10.50	275
9	2.25	1.05×10^6	43	10.75	215
10	2.50	8.21×10^5	44	11.00	167
11	2.75	6.39×10^5	45	11.25	130
12	3.00	4.98×10^5	46	11.50	101
13	3.25	3.88×10^5	47	11.75	78.9
14	3.50	3.02×10^5	48	12.00	61.4
15	3.75	2.35×10^5	49	12.25	47.9
16	4.00	1.33×10^5	50	12.50	37.3
17	4.25	1.43×10^5	51	12.75	29.0
18	4.50	1.11×10^5	52	13.00	22.6
19	4.75	8.65×10^4	53	13.25	17.6
20	5.00	6.74×10^4	54	13.50	13.7
21	5.25	5.25×10^4	55	13.75	10.68
22	5.50	4.09×10^4	56	14.00	8.32
23	5.75	3.18×10^4	57	14.25	6.48
24	6.00	2.48×10^4	58	14.50	5.04
25	6.25	1.93×10^4	59	14.75	3.93
26	6.50	1.50×10^4	60	15.00	3.06
27	6.75	1.17×10^4	61	15.25	2.38
28	7.00	9.12×10^3	62	15.50	1.86
29	7.25	7.10×10^3	63	15.75	1.44
30	7.50	5.53×10^3	64	16.00	1.125
31	7.75	4.31×10^3	65	16.25	0.876
32	8.00	3.36×10^3	66	16.50	0.683
33	8.25	2.61×10^3	67	16.75	0.532
34	8.50	2.04×10^3	68	17.00	0.414

* The upper energy of first group is 10^7 eV.

Table 2.3 ENERGY STRUCTURE IN THERMAL NEUTRON ENERGY REGION

GROUP	ENERGY (UPPER, eV)	WIDTH (eV)	GROUP	ENERGY (UPPER, eV)	WIDTH (eV)
1	0.002	0.002	26	0.55	0.1
2	0.004	0.002	27	0.65	0.1
3	0.006	0.002	28	0.75	0.1
4	0.008	0.002	29	0.85	0.1
5	0.015	0.007	30	0.95	0.1
6	0.025	0.01	31	0.99	0.04
7	0.035	0.01	32	1.01	0.02
8	0.045	0.01	33	1.03	0.02
9	0.055	0.01	34	1.045	0.015
10	0.065	0.01	35	1.055	0.01
11	0.075	0.01	36	1.065	0.01
12	0.085	0.01	37	1.08	0.015
13	0.105	0.02	38	1.10	0.02
14	0.135	0.03	39	1.16	0.06
15	0.165	0.03	40	1.24	0.08
16	0.195	0.03	41	1.35	0.11
17	0.225	0.03	42	1.45	0.1
18	0.255	0.03	43	1.55	0.1
19	0.285	0.03	44	1.65	0.1
20	0.285	0.01	45	1.75	0.1
21	0.305	0.01	46	1.85	0.1
22	0.335	0.03	47	1.95	0.1
23	0.35	0.015	48	2.05	0.1
24	0.39	0.04	49	2.15	0.1
25	0.45	0.06	50	2.38	0.23

Table 2.4 REACTION TYPES INCLUDED IN EACH CROSS SECTION
IN FAST NEUTRON ENERGY REGION

Reaction Type	ENDF/B MT NO.	Cross Section
(n, γ)	102	} Capture Cross Section
(n, p)	103	
(n, d)	104	
(n, t)	105	
(n, ^3He)	106	
(n, α)	107	
(n, 2α)	108	
(n, f)	18	Fission Cross Section
(n, n)	2	Elastic Scattering Cross Section
(n, n')	4	} Inelastic Cross Section
(n, n') α	22	
(n, n') 3α	23	
(n, n')p	28	
(n, 2n)	16	} (n, 2n) Reaction Cross Section
(n, 2n) α	24	

Table 2.5 REACTION TYPES INCLUDED IN EACH CROSS SECTION
IN THERMAL NEUTRON ENERGY REGION

Reaction Type	ENDF/B MT NO.	Cross Section	
-	1	Total Cross Section	
(n, n)	2	Elastic Scattering Cross Section	
(n, f)	18	Fission Cross Section	
(n, γ)	102	} Capture Cross Section	
(n, p)	103		
(n, d)	104		
(n, t)	105		
(n, ^3He)	106		
(n, α)	107		
(n, 2α)	108		
-	18 102 108	} Absorption Cross Section	
-	18 452		Neutron Production Cross Section

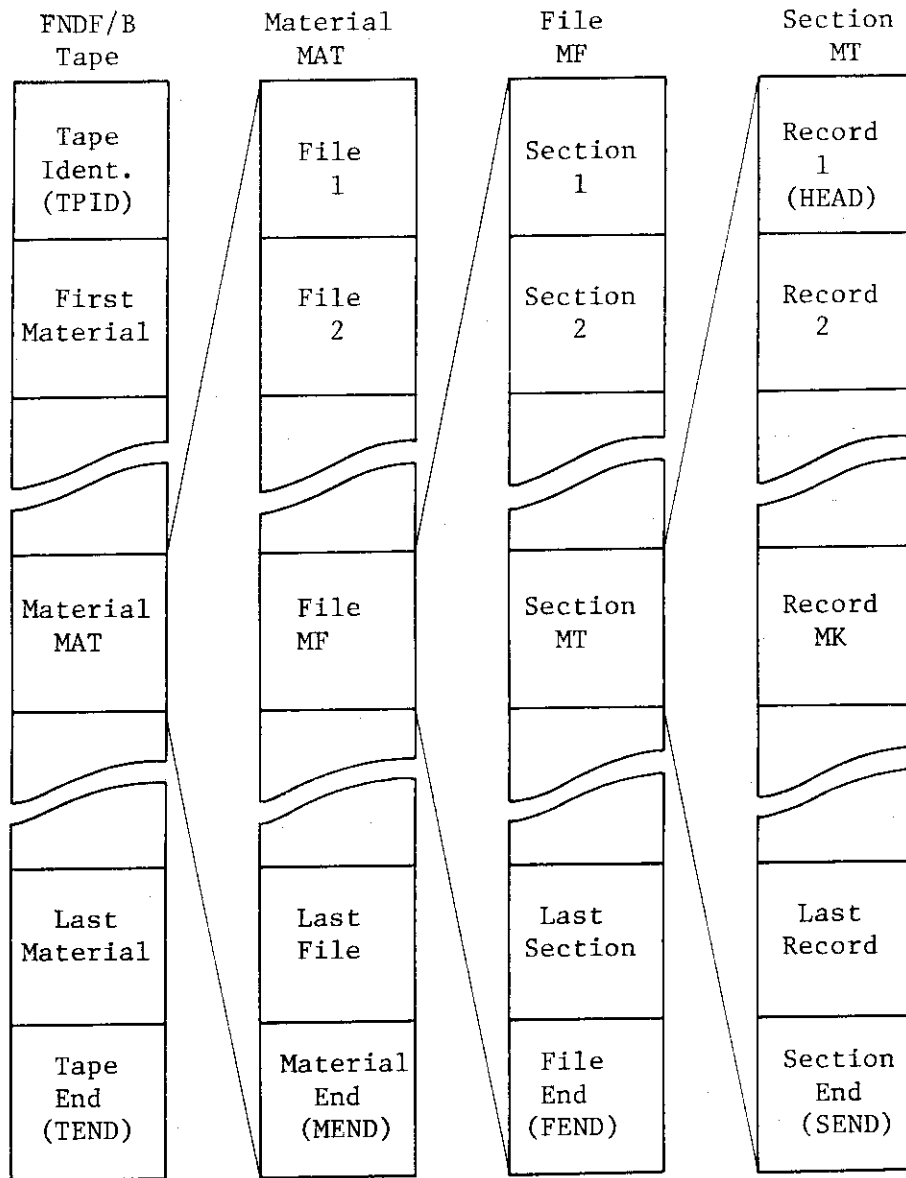


Fig. 2.1 STRUCTURE OF ENDF/B LIBRARY TAPE

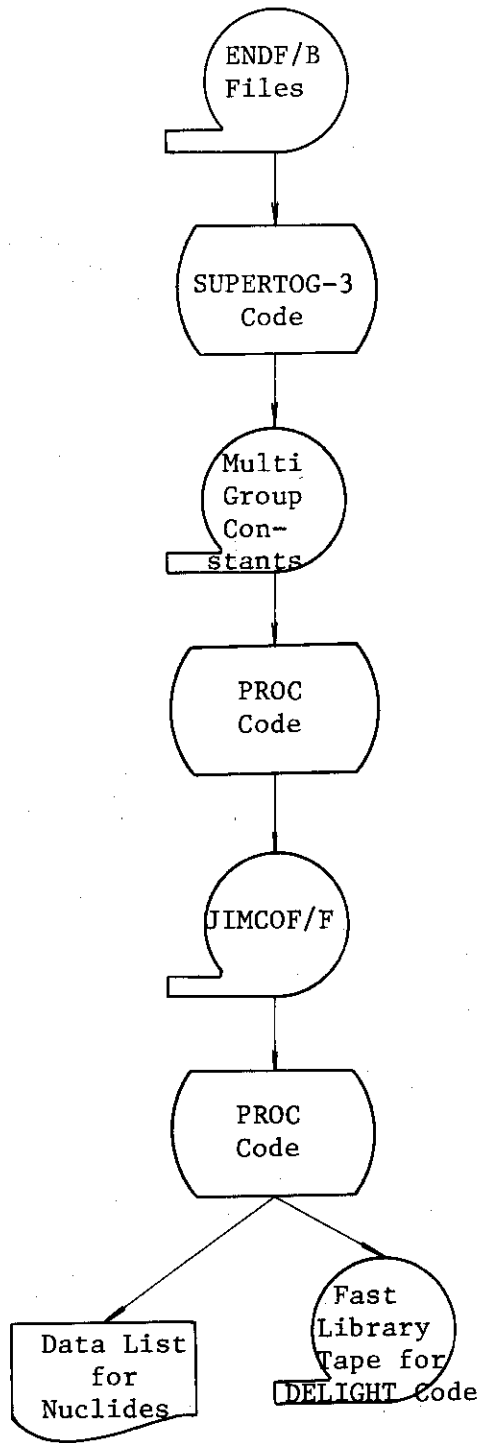


Fig. 2.2 FLOW OF NUCLEAR DATA IN FAST NEUTRON ENERGY REGION

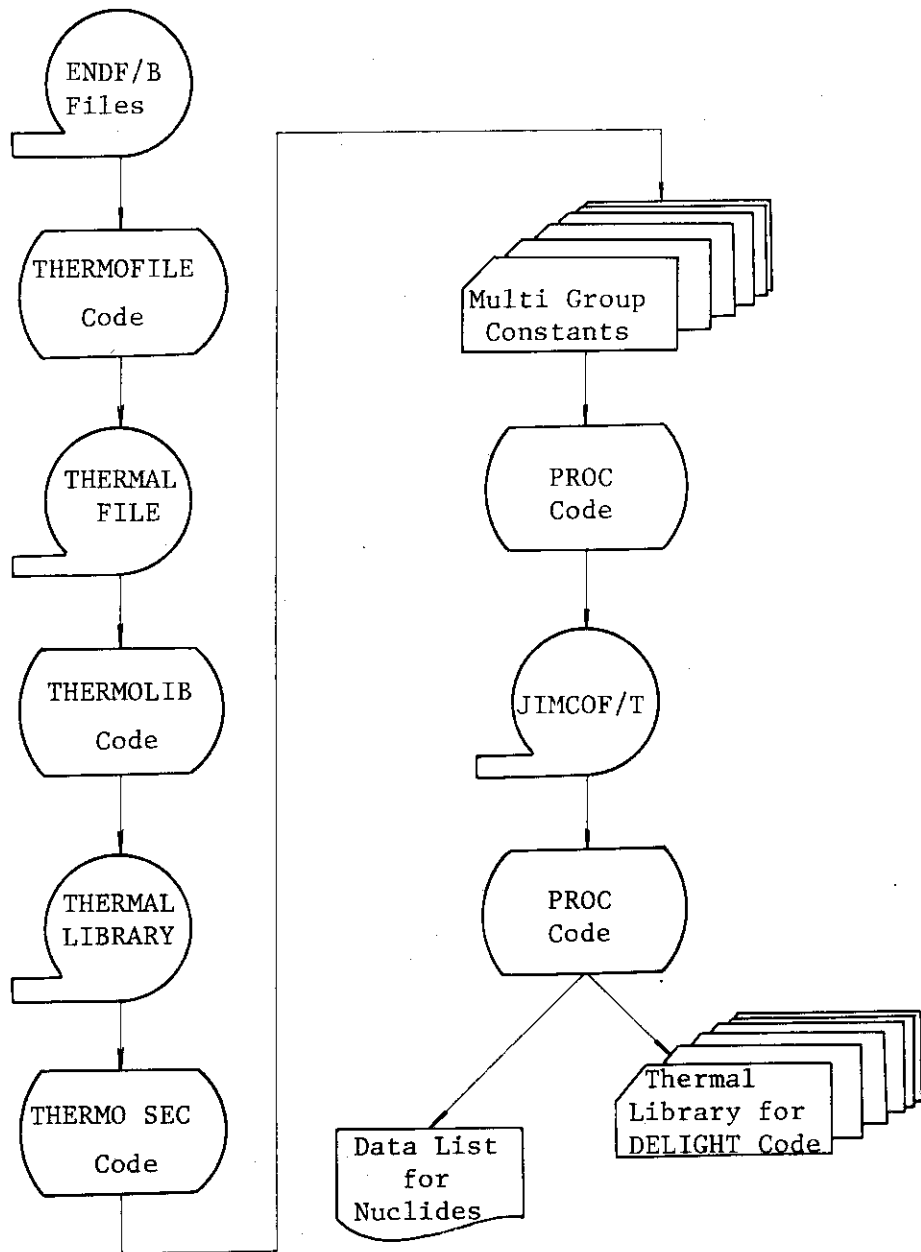


Fig. 2.3 FLOW OF NUCLEAR DATA IN THERMAL NEUTRON ENERGY REGION

3. データ・ファイル JIMCOF

多群定数ファイルJIMCOFは、速中性子エネルギー領域用ファイルJIMCOF/Fと熱中性子エネルギー領域用ファイルJIMCOF/Tとの2本のテープ・ファイルに分れている。

JIMCOF/F テープの構造をFig. 3.1に示す。JIMCOF/F テープの最初のデータ・ブロックは、目次のブロックであり、その後、核種（あるいは物質）単位のデータ・ブロックが続く。個々の核種のデータ・ブロックの最初には、タイトル・レコードがあり、その後、コントロール・データ、吸収断面積、核分裂断面積、核分裂あたりの中性子発生数、非弾性散乱マトリクス、 $(n, 2n)$ 散乱マトリクス、 P_0 散乱マトリクスおよび P_1 散乱マトリクスのデータ・レコードが続く。共鳴パラメータを含む核種の場合は、さらにその後、共鳴パラメータのコントロール・データ、非分離共鳴パラメータおよび分離共鳴パラメータの各レコードが続く。

JIMCOF/T テープの構造をFig. 3.2に示す。JIMCOF/T テープは核種（あるいは物質）単位のデータ・ブロックに分れており、個々の核種に対するデータ・ブロックの最初にはコントロール・データおよびタイトルを含むレコードがあり、その後、全断面積、弾性散乱断面積、核分裂断面積、捕獲断面積、吸収断面積および中性子生成断面積のデータ・レコードが続く。

JIMCOF/F に含まれている核種をTable 3.1に、また、JIMCOF/T に含まれている核種をTable 3.2に、それぞれ示す。

Table 3.1および3.2において、*印を付けた核種は、現時点ではENDF/B-IVデータ・ライブラリーに含まれていないため、ENDF/B-IIIデータ・ライブラリーに基いて作成されており、また、**印を付けた物質のデータは、同位体の存在比で加重平均して作成されたことを示している。

JIMCOF/F には、 Th^{232} と U^{238} の2核種に対して2種類のパラメータが含まれている。すなわち、すべての共鳴からの寄与が平均断面積に含まれるデータと、 $l=0$ 共鳴はパラメータとして残し、これ以外の共鳴からの寄与のみが平均断面積に含まれるデータとである。

また、JIMCOF/Tにも、 Pu^{240} については2種類のデータが含まれている。すなわち、1つは1.06eVにある共鳴の寄与は除いて作成した平均断面積であり、他の1つはその共鳴からの寄与も含んだ平均断面積である。

JIMCOFに含まれるデータのうち、主要な核種の核分裂断面積と吸収断面積とをAppendix Aに示す。

Table 3.1 SEQUENCE NOS. AND IDENTIFICATION NOS.
OF THE NUCLIDES IN JIMCOF/F

Seq.No.	I.D.No	Nuclide		IWA	IWF	IWR					
1	1128	74-W -182		1122	1	0	0	741	41	136	136
2	1129	74-W -183		1322	1	0	0	902	80	136	136
3	1130	74-W -184		1202	1	0	0	774	88	136	136
4	1131	74-W -186		1108	1	0	0	684	84	136	136
5	1169	1-H - 3		1055	1	0	0	0	35	476	476
6	1195	20-CA		924	1	0	0	584	0	136	136
7	1270	2-HE- 4		884	1	0	0	0	0	408	408
8	1271	3-LI- 6		1004	1	0	0	312	80	272	272
9	1272	3-LI- 7		1047	1	0	0	396	39	272	272
10	1273	5-B - 10		696	1	0	0	220	0	204	204
11	1289	4-BE- 9		476	1	0	0	0	0	204	204
12	1190	28-NI		729	1	0	0	351	38	136	136
13	1191	24-CR		862	1	0	0	484	38	136	136
14	1192	26-FE		860	1	0	0	520	0	136	136
15	1274	6-C - 12		569	1	0	0	93	0	204	204
16	1275	7-N - 14		614	1	0	0	138	0	204	204
17	1276	8-O - 16		524	1	0	0	48	0	204	204
18	1288	82-PB		1092	1	0	0	624	128	136	136
19	1193	13-AL- 27		620	1	0	0	280	0	136	136
20	1194	14-SI		777	1	0	0	405	32	136	136
21	1280	12-MG		920	1	0	0	456	124	136	136
22	1043	92-U -234		1362	1	1	0	792	94	136	136
23	1050	94-PU-238		1464	1	1	0	902	86	136	136
24	1056	95-AM-241		1290	1	1	0	814	0	136	136
25	1057	95-AM-243		1336	1	1	0	860	0	136	136
26	1294	54-XE-135		808	1	0	0	468	0	136	136
27	11296	90-TH-232 (INFIN. DIL.)		1528	1	1	0	968	84	136	136
28	1261	92-U -235		1757	1	1	0	1134	147	136	136
29	1264	94-PU-239		1759	1	1	0	1160	123	136	136
30	1265	94-PU-240		1546	1	1	0	990	80	136	136
31	1266	94-PU-241		1462	1	1	0	851	135	136	136
32	1297	91-PA-233		1680	1	1	0	1118	86	136	136
33	1161	94-PU-242		1460	1	1	0	902	82	136	136
34	1162	96-CM-244		1464	1	1	0	902	86	136	136
35	1163	92-U -236		1362	1	1	0	814	72	136	136
36	1269	1-H - 1		4896	1	0	0	0	0	2414	2414
37	1031	66-DY-164		1274	1	0	0	840	94	136	136
38	1032	71-LU-175		1115	1	0	0	738	37	136	136
39	1033	71-LU-176		1172	1	0	0	756	76	136	136
40	1120	1-H - 2		1623	1	0	0	0	195	680	680
41	1146	2-HE- 3		1020	1	0	0	0	0	476	476
42	1170	54-XE-124		886	1	0	0	546	0	136	136
43	1171	54-XE-126		860	1	0	0	520	0	136	136
44	1172	54-XE-128		903	1	0	0	520	43	136	136
45	1173	54-XE-129		1315	1	0	0	897	78	136	136
46	1174	54-XE-130		861	1	0	0	480	41	136	136
47	1175	54-XE-131		1162	1	0	0	740	82	136	136
48	1197	25-MN- 55		1042	1	0	0	702	0	136	136
49	1260	92-U -233		1451	1	1	0	828	147	136	136
50	11262	92-U -238 (INFIN. DIL.)		1546	1	1	0	990	80	136	136
51	21296	90-TH-232 (RESON. PAR.)		1528	1	1	1	968	84	136	136

Table 3.1 (Continued)

Seq.No.	I.D.No.	Nuclide		IWA	IWF	IWR				
52	1027	62-SM-149	1445	1	0	0	1000	105	136	136
53	1030	64-GD	1218	1	0	0	798	80	136	136
54	1083	75-RE-185	1116	1	0	0	738	38	136	136
55	1084	75-RE-187	1088	1	0	0	666	82	136	136
56	1125	45-RH-103	1255	1	0	0	874	41	136	136
57	1127	73-TA-182	1239	1	0	0	817	82	136	136
58	1176	54-XE-132	819	1	0	0	440	39	136	136
59	1177	54-XE-134	782	1	0	0	400	42	136	136
60	1178	54-XE-136	684	1	0	0	306	38	136	136
61	1181	36-KR- 78	795	1	0	0	455	0	136	136
62	1182	36-KR- 80	772	1	0	0	432	0	136	136
63	1183	36-KR- 82	725	1	0	0	385	0	136	136
64	1263	93-NP-237	1601	1	1	0	1035	90	136	136
65	1286	22-TI	760	1	0	0	420	0	136	136
66	1287	42-MO	788	1	0	0	420	28	136	136
67	1184	36-KR- 83	1434	1	0	0	1008	86	136	136
68	1185	36-KR- 84	700	1	0	0	360	0	136	136
69	1186	36-KR- 86	753	1	0	0	360	53	136	136
70	1196	23-V	858	1	0	0	518	0	136	136
71	1199	27-CO- 59	646	1	0	0	306	0	136	136
72	1290	63-EU-151	1402	1	0	0	1025	37	136	136
73	1291	63-EU-153	2471	1	0	0	2089	42	136	136
74	1292	63-EU-152	1318	1	0	0	902	76	136	136
75	1293	63-EU-154	1258	1	0	0	840	78	136	136
76	1295	29-CU	813	1	0	0	473	0	136	136
77	1137	43-TC- 99	1045	1	0	0	666	39	136	136
78	1138	47-AG-107	1105	1	0	0	722	43	136	136
79	1139	47-AG-109	1121	1	0	0	741	40	136	136
80	1141	55-CS-133	1159	1	0	0	780	39	136	136
81	1149	17-CL	700	1	0	0	360	0	136	136
82	1150	19-K	780	1	0	0	440	0	136	136
83	1156	11-NA-23	691	1	0	0	351	0	136	136
84	1160	5-B - 11	680	1	0	0	204	0	204	204
85	1189	41-NB- 93	1256	1	0	0	888	26	136	136
86	1277	9-F	1419	1	0	0	1079	0	136	136
87	1281	48-CD	428	1	0	0	0	88	136	136
88	1282	48-CD-113	428	1	0	0	0	88	136	136
89	1283	79-AU-197	1237	1	0	0	860	37	136	136
90	1284	40-ZIRC-2	794	1	0	0	370	84	136	136
91	1285	73-TA-181	1600	1	0	0	1170	90	136	136
92	1042	U-233 (RSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
93	1045	U-235 (RSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
94	1052	PU-239 (RSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
95	1066	U-233 (SSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
96	1067	U-233 (NSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
97	1068	U-235 (SSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
98	1069	U-235 (NSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
99	1070	PU-239 (SSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
100	1071	PU-239 (NSFP)*	68	1	0	0	0	0	0	0
101	21262	92-U -238 (RESON. PAR.)	1546	1	1	1	990	80	136	136
102	1130	74-W (ABSORPTION)*	68	1	0	0	0	0	0	0
103	11290	63-EU (ABSORPTION)*	68	1	0	0	0	0	0	0

Table 3.2 SEQUENCE NOS. AND IDENTIFICATION NOS. OF THE NUCLIDES IN JIMCOF/F

Seq.No.	IFF	I.D.No.	Nuclide	Seq.No.	IFF	I.D.No.	Nuclide
1	1	1128	74-X-182	52	1	1274	6-C-12
2	1	1129	74-X-183	53	1	1275	7-N-14
3	1	1130	74-X-184	54	1	1276	8-C-16
4	1	1131	74-X-186	55	1	1288	82-Pb
5	1	1169	1-H-3	56	1	1042	U-233 (RSFP)*
6	1	1195	20-CA	57	1	1045	U-235 (RSFP)*
7	1	1270	2-HE-4	58	1	1052	PU-239 (RSFP)*
8	1	1031	66-DY-164	59	1	1066	U-233 (SSFP)*
9	1	1032	71-LU-175	60	1	1067	U-235 (NSFP)*
10	1	1033	71-LU-176	61	1	1068	U-235 (SSFP)*
11	1	1120	1-H-2	62	1	1069	U-235 (NSFP)*
12	1	1146	2-HE-3	63	1	1070	PU-239 (NSFP)*
13	1	1170	54-XE-124	64	1	1071	PU-239 (NSFP)*
14	1	1171	54-XE-126	65	1	1190	28-NI
15	1	1172	54-XE-128	66	1	1191	24-CR
16	1	1173	54-XE-129	67	1	1192	26-FE
17	1	1174	54-XE-130	68	1	1197	25-MN-55
18	1	1175	54-XE-131	69	1	1286	22-TI
19	1	1176	54-XE-132	70	1	1287	42-MO
20	1	1177	54-XE-134	71	1	1199	27-CO-59
21	1	1178	54-XE-136	72	1	1290	63-EU-151
22	1	1181	36-KR-78	73	1	1291	63-EU-153
23	1	1182	36-KR-80	74	1	1292	63-EU-152
24	1	1183	36-KR-82	75	1	1293	63-EU-154
25	1	1184	36-KR-83	76	1	1295	29-CU
26	1	1185	36-KR-84	77	1	1189	41-NB-93
27	1	1186	36-KR-86	78	1	1277	9-F
28	1	1196	23-V	79	1	1281	48-CD
29	1	1027	62-SM-149	80	1	1282	48-CD-113
30	1	1030	64-GD	81	1	1283	79-AU-197
31	1	1083	75-RE-185	82	1	1284	40-ZIRC-2
32	1	1084	75-RE-187	83	1	1285	73-TA-181
33	1	1125	45-RH-103	84	2	1043	92-U-234
34	1	1127	73-TA-182	85	2	1050	94-PU-238
35	1	1137	43-TC-99	86	2	1056	95-AM-241
36	1	1138	47-AG-107	87	2	1057	95-AM-243
37	1	1139	47-AG-109	88	2	1161	94-PU-242
38	1	1141	55-CS-133	89	2	1162	96-CM-244
39	1	1149	17-CL	90	2	1163	92-U-236
40	1	1150	19-K	91	2	1261	92-U-235
41	1	1156	11-TA-23	92	2	1264	94-PU-239
42	1	1160	5-E-11	93	2	1266	94-PU-241
43	1	1269	1-H-1	94	2	1296	90-TH-232
44	1	1271	3-LI-6	95	2	1262	92-L-238
45	1	1272	3-LI-7	96	2	1260	92-U-233
46	1	1273	5-E-10	97	2	1263	93-TP-237
47	1	1289	4-BE-9	98	2	1297	91-PA-233
48	1	1294	54-XE-135	99	2	1265	94-PU-240
49	1	1193	13-AL-27	100	2	11265	94-PU-240 (NOT RESON.)
50	1	1194	14-SI	101	1	11130	74-V **
51	1	1280	12-MG	102	1	11290	63-EU **

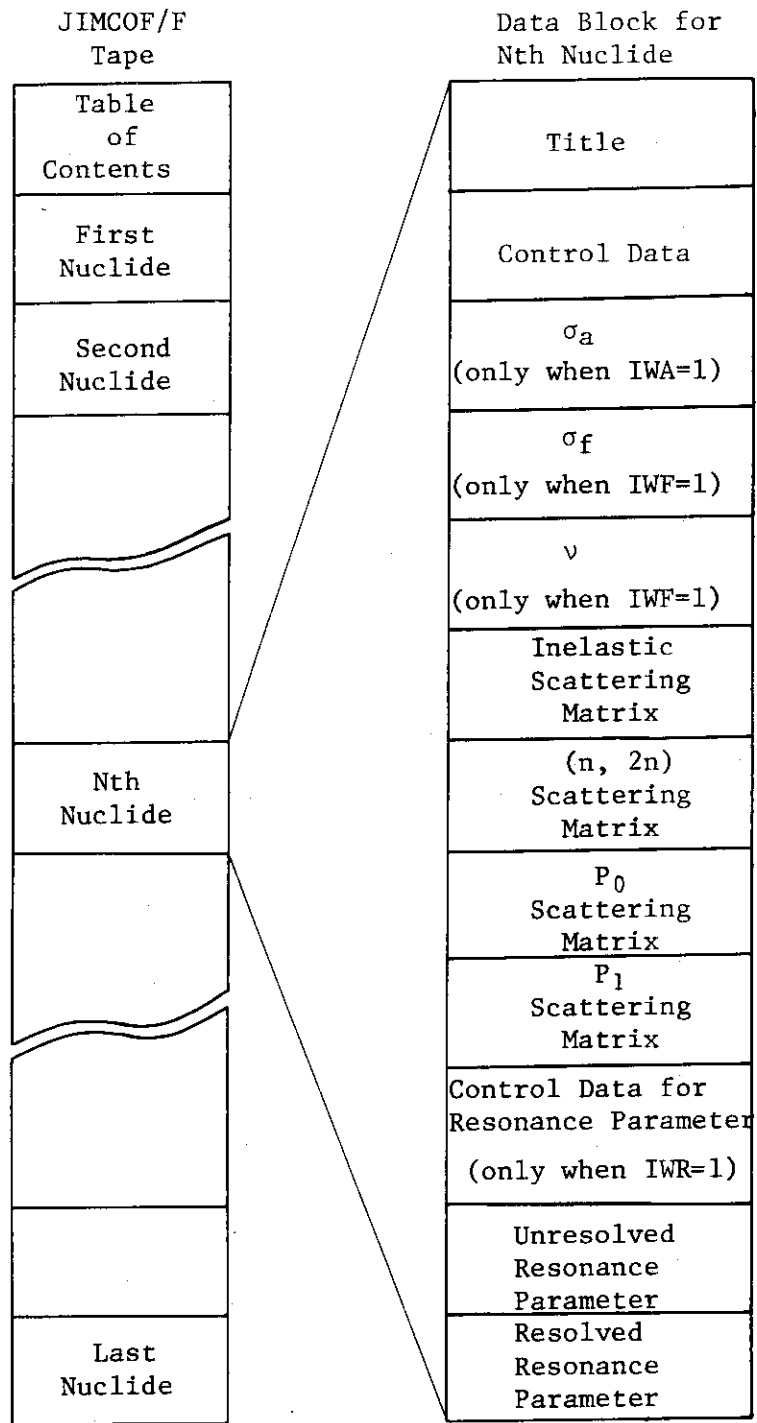


Fig. 3.1 STRUCTURE OF JIMCOF/F

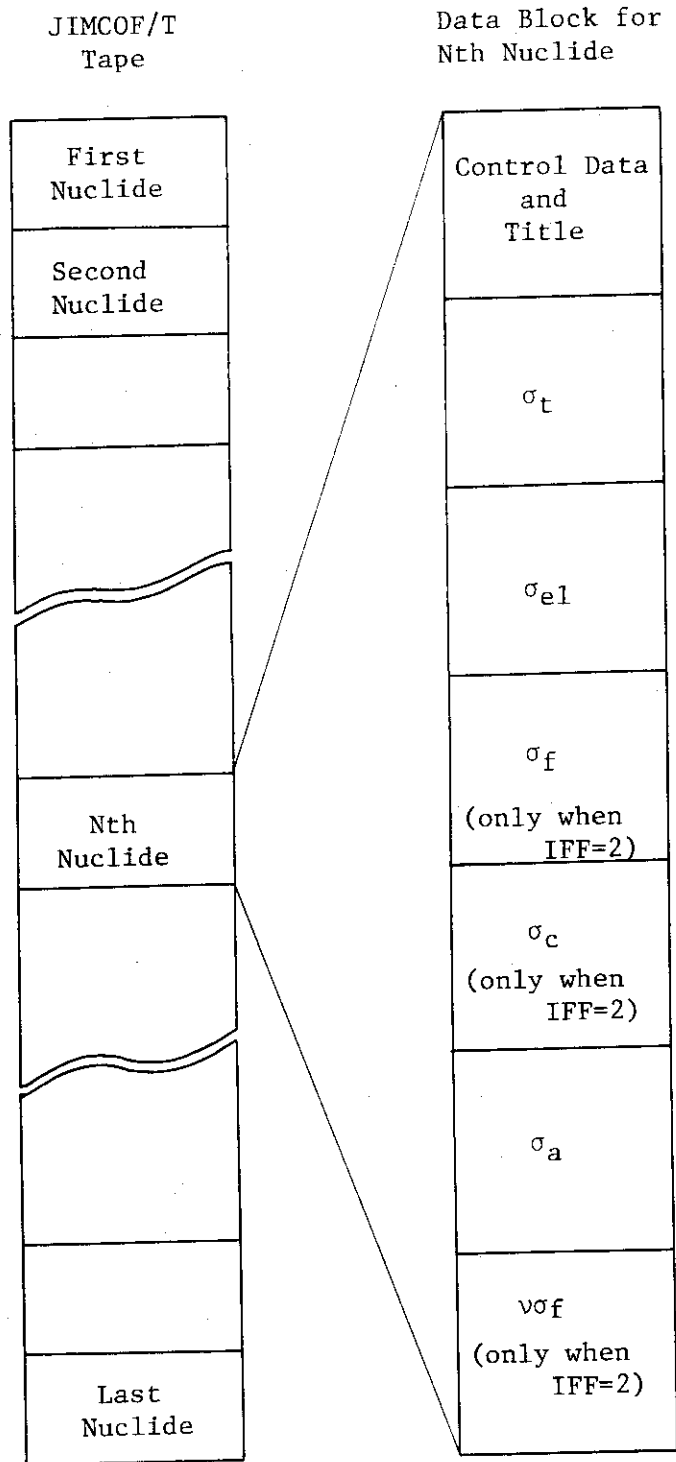


Fig. 3.2 STRUCTURE OF JIMCOF/T

4. 処理プログラム・コード PROC

JIMCOFには、処理プログラム・コードPROCが付いており、ファイルに含まれるデータの処理はすべてこのPROCコードによって行なわれる。

PROCコードは、以下に示す3つの機能を持っている。

- (1) ファイル・テープのコピー。
- (2) 特定核種についてのデータのリスト・アップ。
- (3) DELIGHTコード・シリーズ用のライブラリー・ファイルの作成。なお、速中性子エネルギー領域用ライブラリー・ファイルは、直接テープ上に作成されるが、熱中性子領域用ライブラリー・ファイルは、DELIGHTが要求するフォーマットでカードにパンチ・アウトするようになっている。

PROCコードを使用する際には、まず最初のインプット・データ・カードでJIMCOF/FあるいはJIMCOF/Tのどちらのファイル・テープを処理するのか、および、上に示した3つの処理機能のうちどの処理を行うのかを指定する。次いで、各々の処理に必要なデータを順次入力する。

以下に必要な入力データと使用するテープ・ファイルのI/O機番を示す。

4.1 入力データ

Card 1では、以下に示すオプションのうちどれかを指定する。

• Card 1 [I A 1, I A 2] (2 A 4)

I A 1 = 'FAST' ; JIMCOF / F の処理を行う。

= 'TRML' ; JIMCOF / T の処理を行う。

I A 2 = 'COPY' ; ファイル・テープのコピーを行う。

= 'LIST' ; 特定核種についてのデータ・リストをプリントする。

= 'DLIB' ; DELIGHTコード・シリーズ用のライブラリー・ファイルを作成する。

Card 2以降の入力データは、上のオプションによって異なるので、以下に各オプション毎に説明する。

- (1) JIMCOF / F ファイル・テープのコピー (Card 1 = 'FASTCOPY' の時)

• Card 2 [IPR] (I 10)

IPR = 1 ; すべての核種についてのデータ・リストをプリントする。

= 2 ; 核種のタイトルおよびコントロール・データのみをプリントする。

- (2) JIMCOF / F に含まれる特定核種についてのデータのリスト・アップ (Card = 'FASTLIST' の時)

• Card 2 [NUCL] (I 10)

NUCL ; データをリスト・アップしたい核種の数。

• Card 3 [ISEQ(I), IDOLD(I)] (2 I 10)

ISEQ(I) ; 核種のシーケンス番号。

IDOLD(I) ; 核種の識別番号。

注) i. Card 3はNUCL枚必要。

ii. シーケンス番号および識別番号はTable 3.1を参照。

iii. 核種はシーケンス番号の順に並べる必要はないが、シーケンス番号の順に並んでいると、核種を捜しあてる時間が節約できる。

(3) DELIGHT の速中性子エネルギー領域用ライブラリー・ファイルの作成 (Card 1 = 'FAST DLIB' の時)

• Card 2 [NTID, NUCL, NFS, IPR] (4I 10)

NTID ; 作成されるライブラリー・テープに付けるべき識別番号。

NUCL ; 作成されるライブラリー・ファイルに含まれるべき核種数。

NFS = N ; N種類の核分裂スペクトルをCard 4, 5で入力する。

= -N ; 核分裂スペクトルは、旧DELIGHTライブラリー・テープからコピーする。

IPR = 1 ; 作成されるライブラリー・ファイルに含まれるすべての核種についてのデータ・リストをプリントする。

= 0 ; 核種のタイトルとコントロール・データのみをプリントする。

• Card 3 [ISEQ(I), IDOLD(I), IDNEW(I), (BCD(I, J), J=1, 6)]
(3I 10, 6A 4)

ISEQ (I) ; 核種のシーケンス番号。

IDOLD (I) ; 核種の識別番号。

IDNEW(I) ; DELIGHTライブラリーにおける核種の識別番号。

BCD(I, J) ; DELIGHTライブラリーにおける核種のタイトル。

注) Card 3はNUCL枚必要。

• Card 4 [FSN(J), J=1, 18] (18A 4)

FSN(J) ; 核分裂スペクトルのタイトル。

• Card 5 [AFSS(J), J=1, 68] (5E 16. 8)

AFSS(J) ; 核分裂スペクトル

注) Card 4, 5はNFS > 0の時のみNFS組必要。

(4) JIMCOF / T ファイル・テープのコピー (Card 1 = 'TRMLCOPY' の時)

◦ Card 2 [IPR] (I 5)

IPR=1 ; すべての核種についてのデータ・リストをプリントする。

= 2 ; 核種のタイトルおよびコントロールデータのみをプリントする。

(5) JIMCOF / T に含まれる特定核種についてのデータのリスト・アップ (Card 1 = 'TRMLLIST' の時)

• Card 2 [KT] (I 5)

KT ; データをリスト・アップしたい核種の数。

• Card 3 [NS(I), NID(I)] (2I 5)

NS(I) ; 核種のシーケンス番号。

NID(I) ; 核種の識別番号。

注) Card 3はKT枚必要。

(6) DELIGHTの熱中性子エネルギー領域用ライブラリー・ファイルの作成 (Card 1 = 'TRMLDLIB'の時)

• Card 2 [NTMAX, KTMAX] (2I5)

NTMAX ; エネルギー群数。

KTMAX ; 核種数。

• Card 3 [EGT(I), I=1, NTMAX] (7E10.0)

EGT(I) ; 第I群の上限エネルギー値。(eV)

• Card 4 [NS(I), NID(I), NC(I), IS(I), AM(I), SS(I), SE(I), ANU(I)]
(4I5, 4E10.0)

NS(I) ; 核種のシーケンス番号。

NID(I) ; 核種の識別番号。

NC(I) ; 散乱断面積オプション

= -1 ; エネルギー群依存の弾性散乱断面積をJIMCOF/Tから取出す。

= 0 ; 一定の散乱断面積を次のSS(I)で与える。

= 1 ; 自由ガス・モデルを用いてDELIGHTコード内で計算する。(C¹²の場合、別個の散乱核ライブラリーを用いることもこのオプションに含まれる。)

AM(I) ; 核種の質量。

SS(I) ; 熱中性子エネルギー領域の散乱断面積。

SE(I) ; 熱外中性子エネルギー領域の散乱断面積。

ANU(I) ; 熱中性子エネルギー領域における核分裂あたりの中性子発生数。

注) Card 4はKTMAX枚必要。

4.2 テープ・ファイルのI/O機番

PROCコードで用いられるI/O機番を以下に示す。

(1) F09 ; DELIGHTの速中性子エネルギー領域用の旧ライブラリー・テープ。

注) Card 1 = 'FASTDLIB'かつCard 2でNFS < 0の時のみ必要。

(2) F10 ; JIMCOFファイル・テープ。

(3) F11 ; 出力テープ。

注) ファイル・テープのコピーあるいはDELIGHTの速中性子エネルギー領域用ライブラリーの作成の時のみ必要。

5. おわりに

今回作成した多群定数ファイルJIMCOFを今後、設計計算の為のデータとして使用していくにあたり、以下の様な検討をさらに行うべきであろう。

まず、最初にJIMCOFの妥当性に関して十分な検証を行うことが必要であろう。この点に関しては、簡単な比較計算を行った（結果をAppendix Bに示す）のみで、実験データ等との照合による評価はまだ行なわれていない。今後、JIMCOFを実験解析に使用したり、あるいはベンチ・マーク問題によるテストを行ったりして、JIMCOFのデータ自身に含まれる誤差を評価、把握して行きたいと思う。

さらに、設計計算に使用する場合の計算機使用時間の短縮という点から、共鳴の扱いについて検討を加える事も必要であろう。JIMCOFは主としてDELIGHTコード・シリーズ等のスペクトル計算コードのライブラリー・データとして用いられるが、スペクトル計算に必要な計算時間のうちで共鳴計算の部分が占める割合は比較的大きい。現在のJIMCOFでは、 Th^{232} および U^{238} の2核種に関して、ENDF/B-IVに含まれる $\ell=0$ 分離共鳴のすべてのレベルのパラメータが含まれているが、今後、寄与の小さいレベルからの寄与は最初から平均断面積に加えておき、パラメータとして扱うレベル数を減少させて、計算時間の短縮を図ることも検討したいと思う。

本群定数ファイルJIMCOFの作成に際しては多くの方々の協力をいただいた。ここにこれらの方々に感謝の意を表します。

特に、ENDF/Bファイルの構成・内容に関して原子核データ室の中川庸雄、成田孟の両氏に、また、SUPERTOGコードおよびTHERMOコード・シリーズの使用に関してそれぞれ、核設計研究室の長谷川明氏、炉物理実験研究室の後藤頼男室長に有益な助言と多大の協力をいただきましたことを記して、深く感謝の意を表わします。

また、本作業の実施に際して、種々の便宜を計っていただいた武谷清昭部長、青地哲男次長（多目的炉設計研究室長）を初めとする動力炉開発・安全性研究管理部の方々および石川島播磨重工株式会社の関係者の方々に感謝致します。

参考文献

- 1) 新藤隆一, 平野光将, 有賀武夫; 「高温ガス冷却炉・格子燃焼計算コード; DELIGHT」, JAERI - M4449 (1971)
- 2) 新藤隆一, 平野光将; 「高温ガス冷却炉・格子燃焼計算コード - DELIGHT - 2 -」, JAERI-M5661 (1974)
- 3) G.J. Joanou, J.S. Dudek, A.J. Good-john "Nuclear Data for GAM-I Data Tape", GA-2451 (1961)
- 4) 平野光将; 「クラスター型格子の熱中性子反応率計算コード CLALA-II」,
- 5) R.Q. Wright et.al, "SUPERTOG: A Program to Generate Fine Group Constants and Pn Scattering Matrices from ENDF/B", ORNL-TM-2679 (1969)
- 6) 土橋啓一郎, 藤田 久; 「ENDF/B から熱中性子多群定数を作成するコード・シリーズ」
- 7) M.K. Drake, "Data Formats and Procedures for the ENDF Neutron Cross Section Library" BNL-50274 (1970)
- 8) 例えば Trans. Am. Nucl. Soci. vol 18 (1974), vol 22 (1975) など

Appendix A. JIMCOFに含まれる主要核種のデータ

JIMCOFに含まれる核種のうち、特に重要と思われる核種に関して、核分裂断面積と吸収断面積のデータを示す。

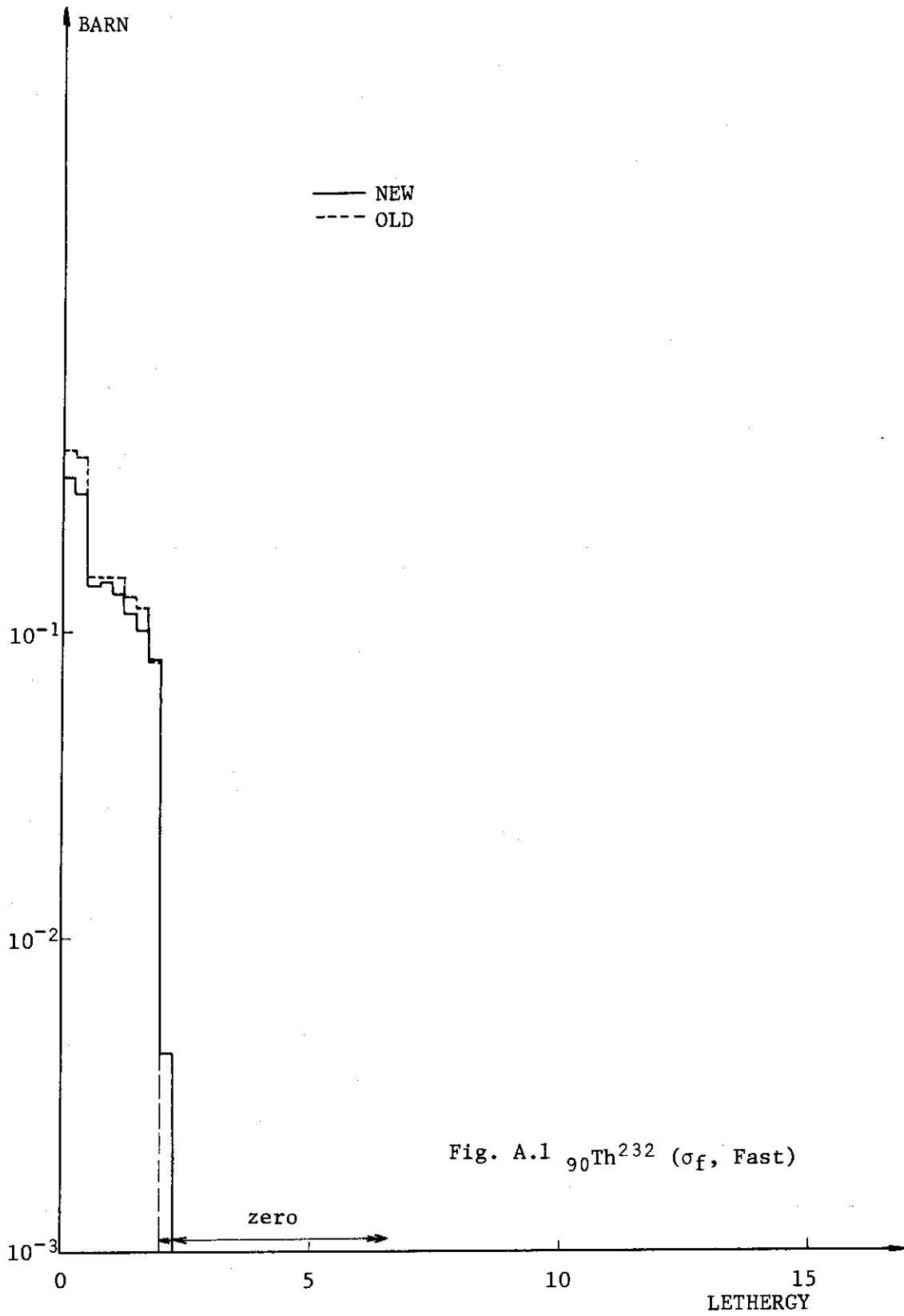
グラフには、以下に示すデータが含まれている。

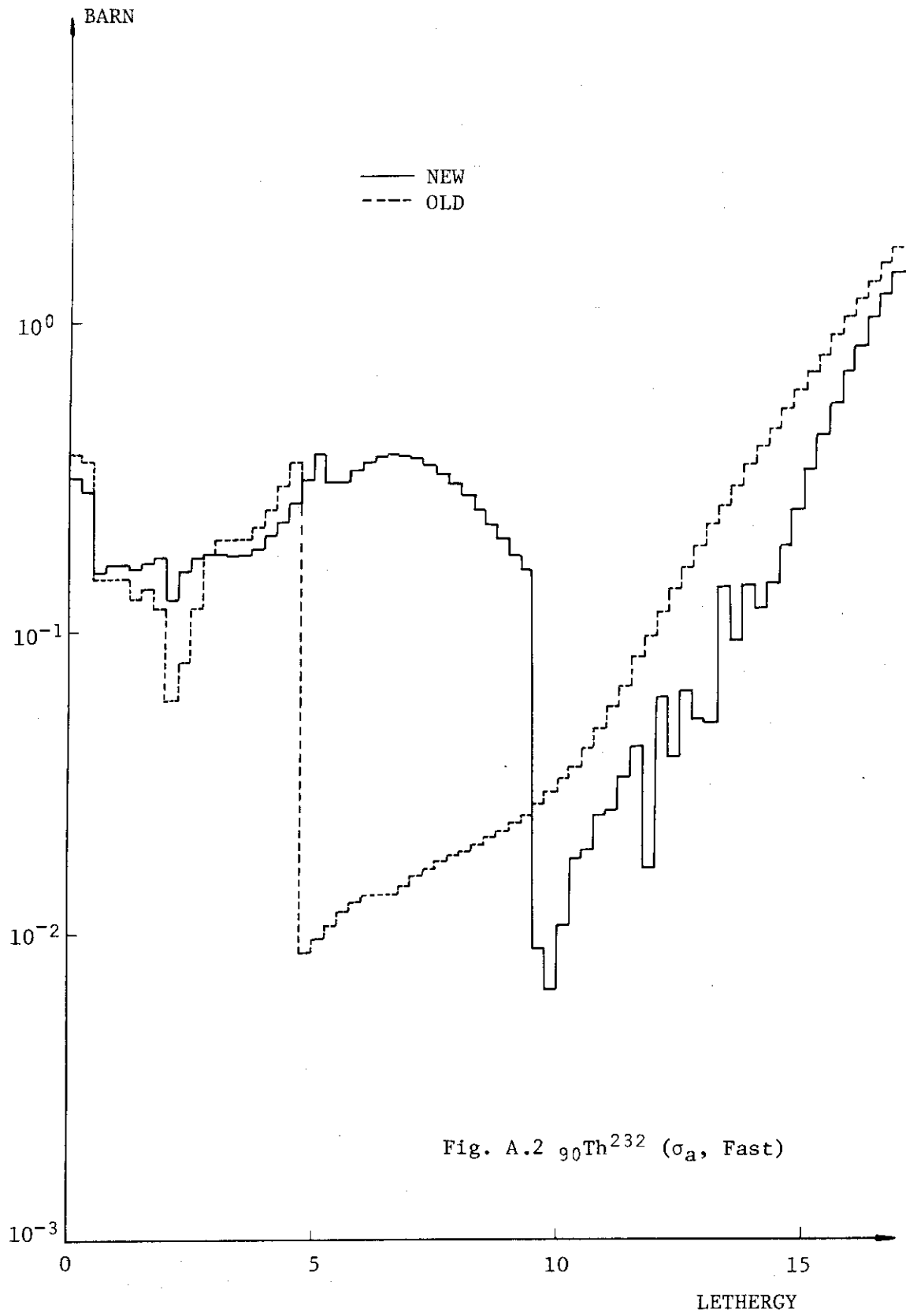
Fast Neutron Energy Region			Thermal Neutron Energy Region		
Fig. No.	Nuclide	Cross Section	Fig. No.	Nuclide	Cross Section
A. 1	${}_{90}\text{Th}^{232}$	σ_f	A.18	${}_{90}\text{Th}^{232}$	σ_a
A. 2	${}_{90}\text{Th}^{232}$	σ_a	A.19	${}_{92}\text{U}^{233}$	σ_f
A. 3	${}_{92}\text{U}^{233}$	σ_f	A.20	${}_{92}\text{U}^{233}$	σ_a
A. 4	${}_{92}\text{U}^{233}$	σ_a	A.21	${}_{92}\text{U}^{235}$	σ_f
A. 5	${}_{92}\text{U}^{235}$	σ_f	A.22	${}_{92}\text{U}^{235}$	σ_a
A. 6	${}_{92}\text{U}^{235}$	σ_a	A.23	${}_{92}\text{U}^{238}$	σ_a
A. 7	${}_{92}\text{U}^{238}$	σ_f	A.24	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	σ_f
A. 8	${}_{92}\text{U}^{238}$	σ_a	A.25	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	σ_a
A. 9	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	σ_f	A.26	${}_{94}\text{Pu}^{240}$	σ_f
A.10	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	σ_a	A.27	${}_{94}\text{Pu}^{240}$	σ_a
A.11	${}_{94}\text{Pu}^{240}$	σ_f	A.28	${}_{94}\text{Pu}^{241}$	σ_f
A.12	${}_{94}\text{Pu}^{240}$	σ_a	A.29	${}_{94}\text{Pu}^{241}$	σ_a
A.13	${}_{94}\text{Pu}^{241}$	σ_f	A.30	${}_{54}\text{Xe}^{135}$	σ_a
A.14	${}_{94}\text{Pu}^{241}$	σ_a	A.31	${}_{62}\text{Sm}^{149}$	σ_a
A.15	${}_{54}\text{Xe}^{135}$	σ_a	A.32	${}_{5}\text{B}^{10}$	σ_a
A.16	${}_{62}\text{Sm}^{149}$	σ_a			
A.17	${}_{5}\text{B}^{10}$	σ_a			

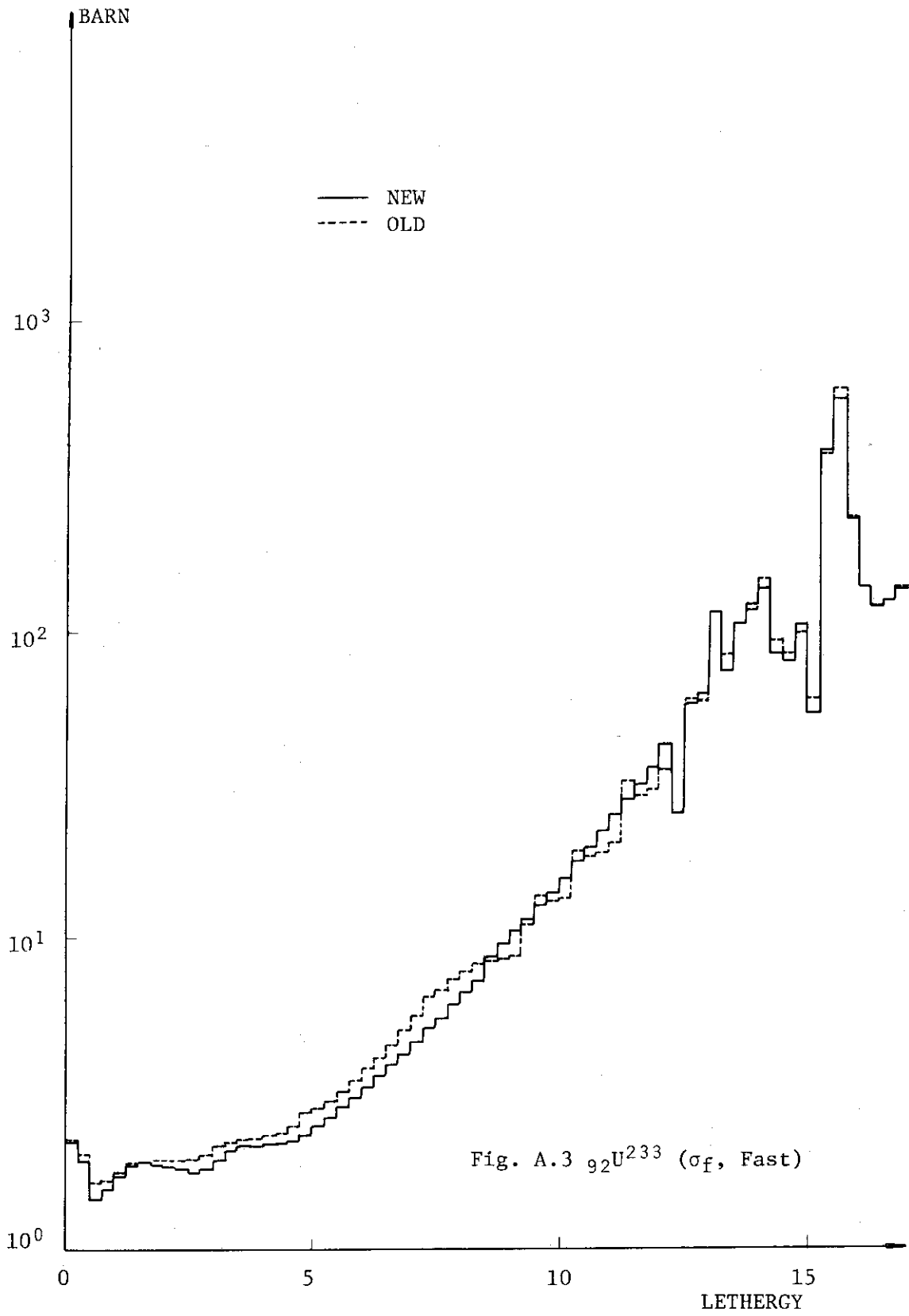
Notes) Symbols in the Figures

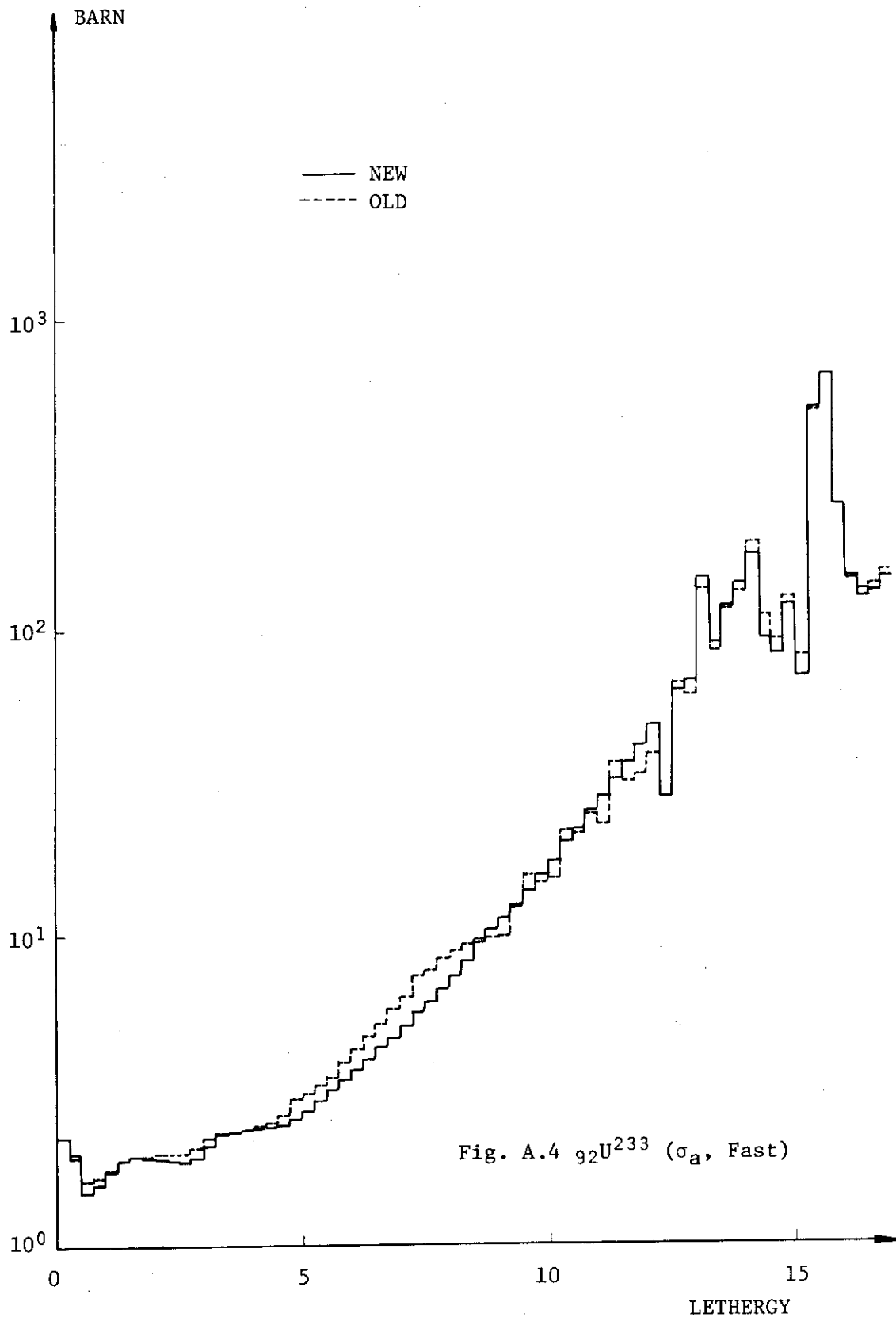
Fast; Fast Neutron Energy Region, Thermal; Thermal Neutron Energy Region

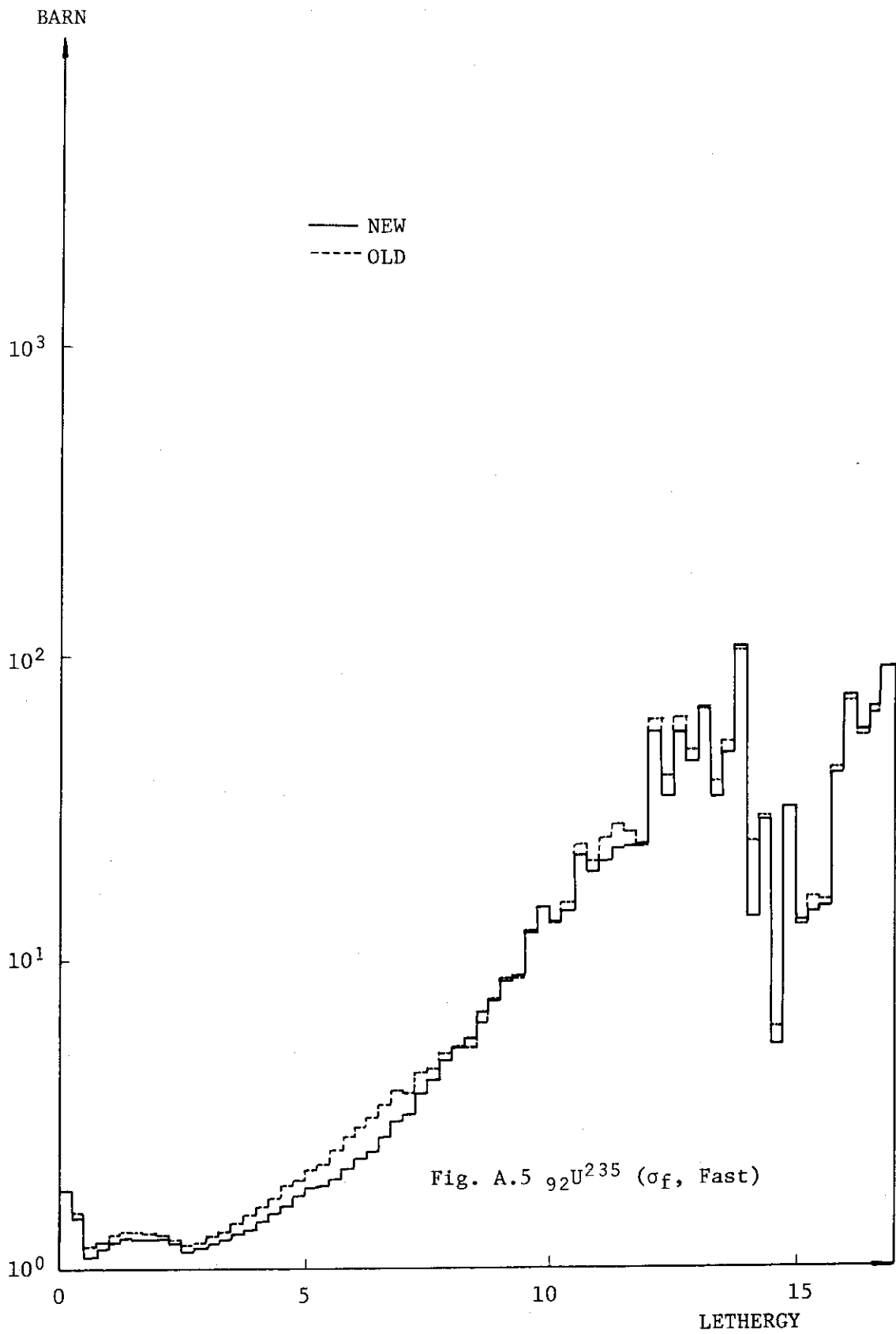
New ; JIMCOF , OLD ; Old DELIGHT Library.

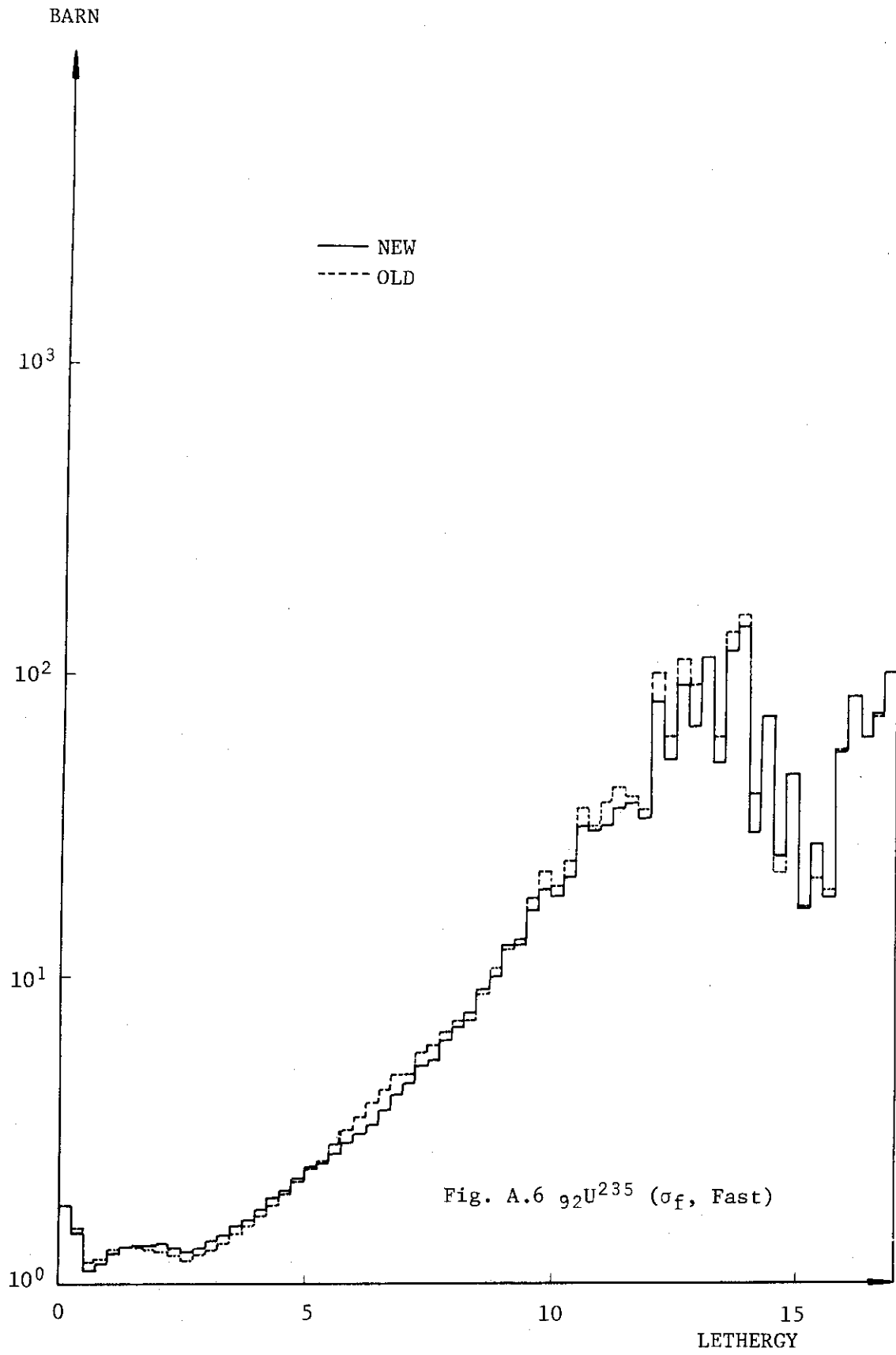


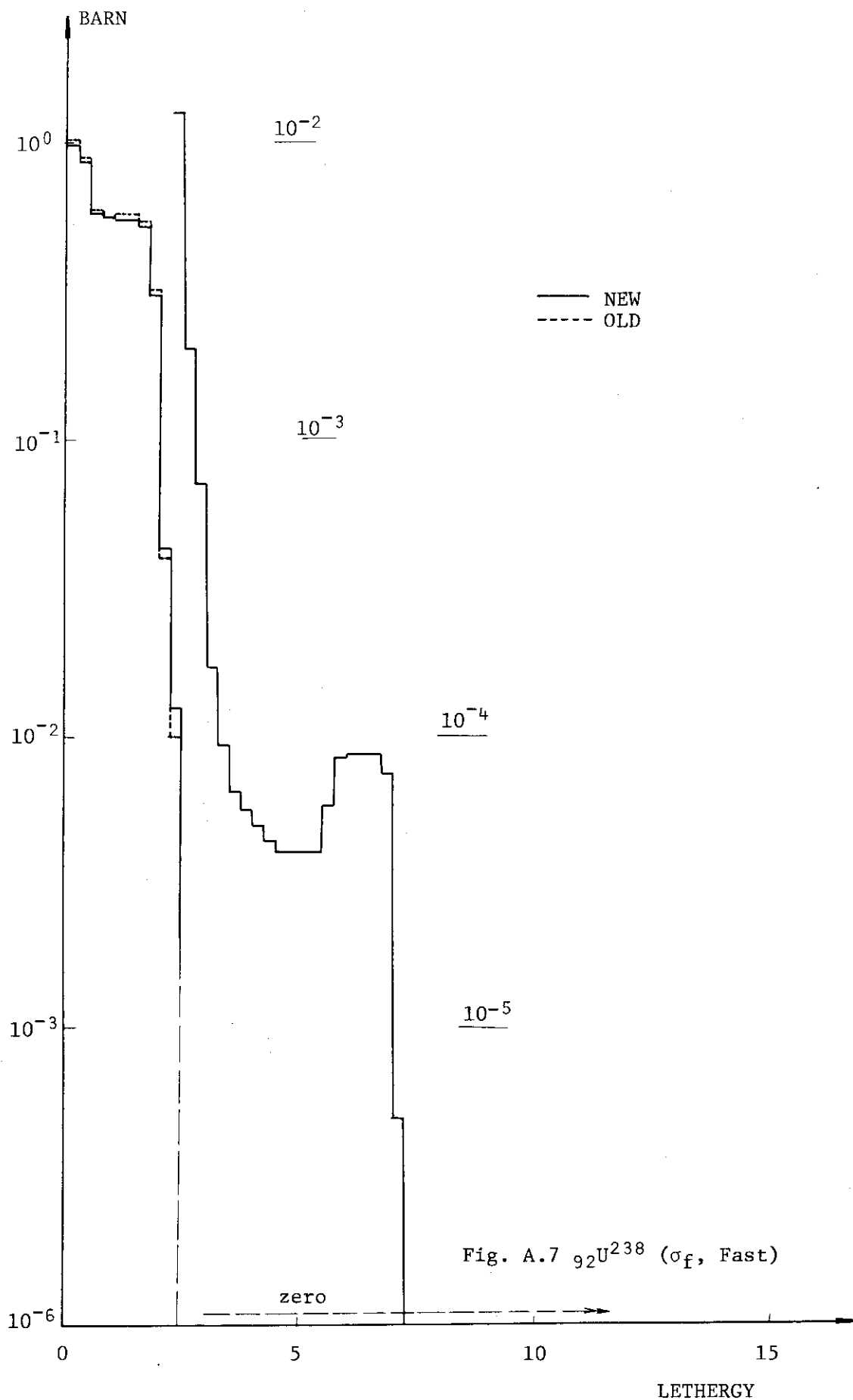


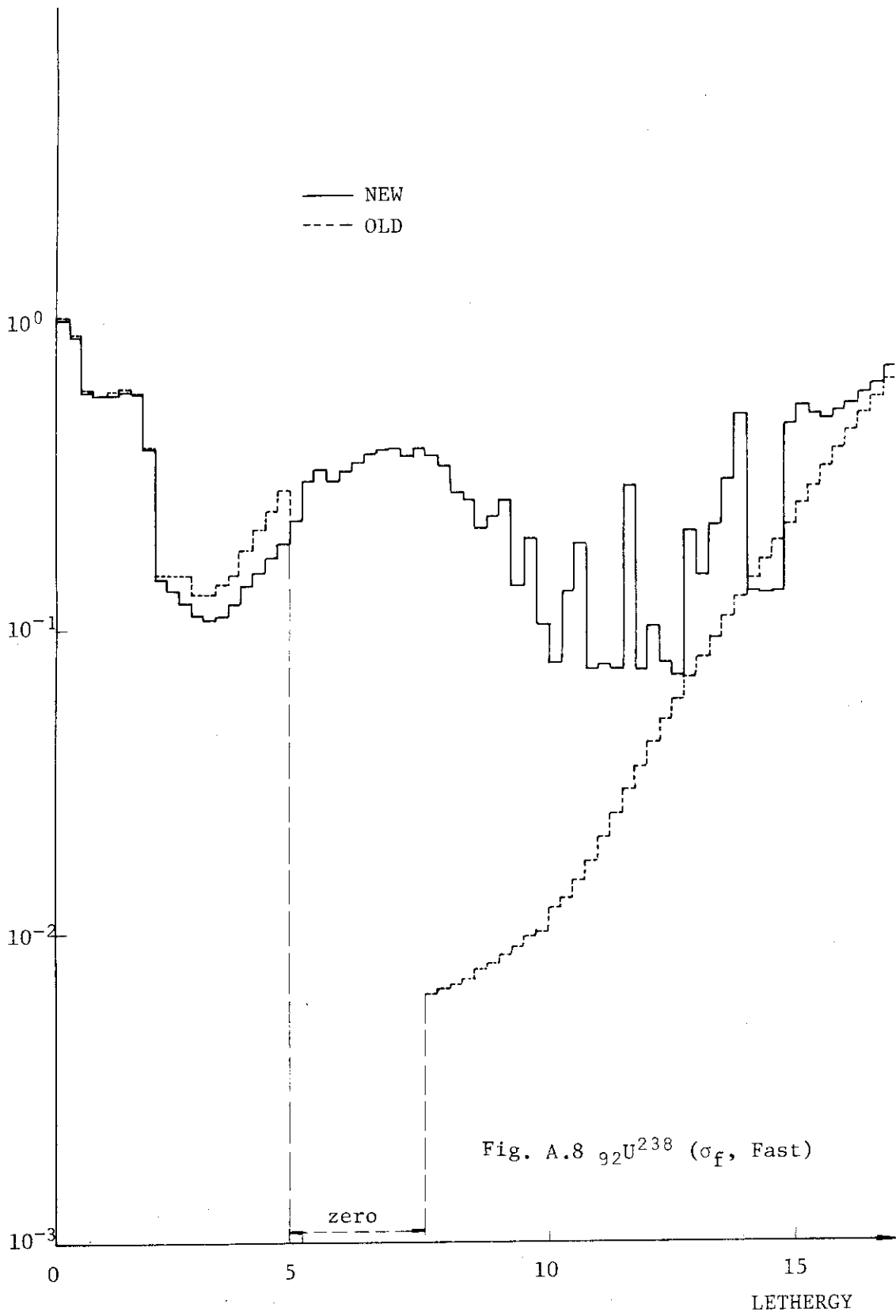


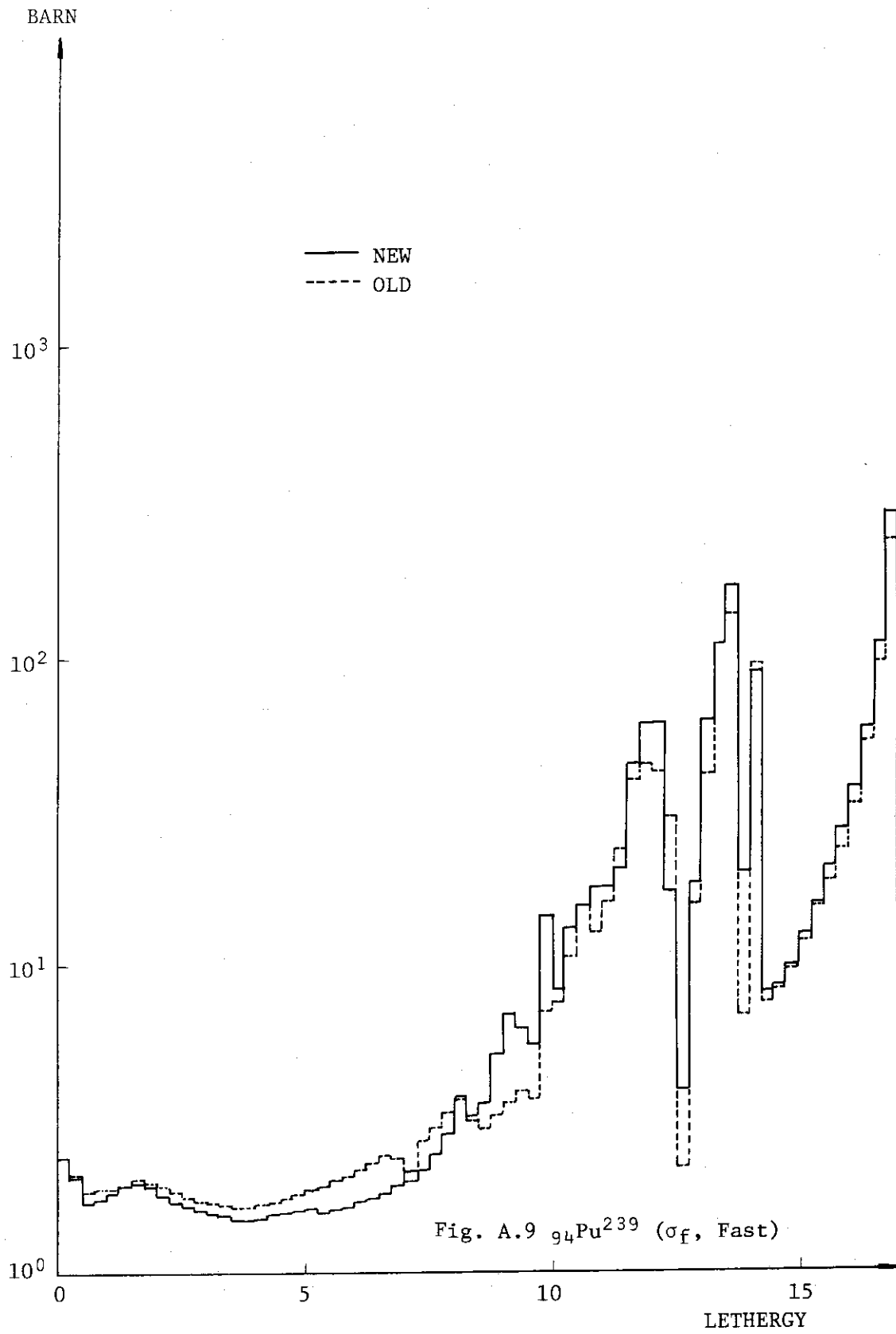


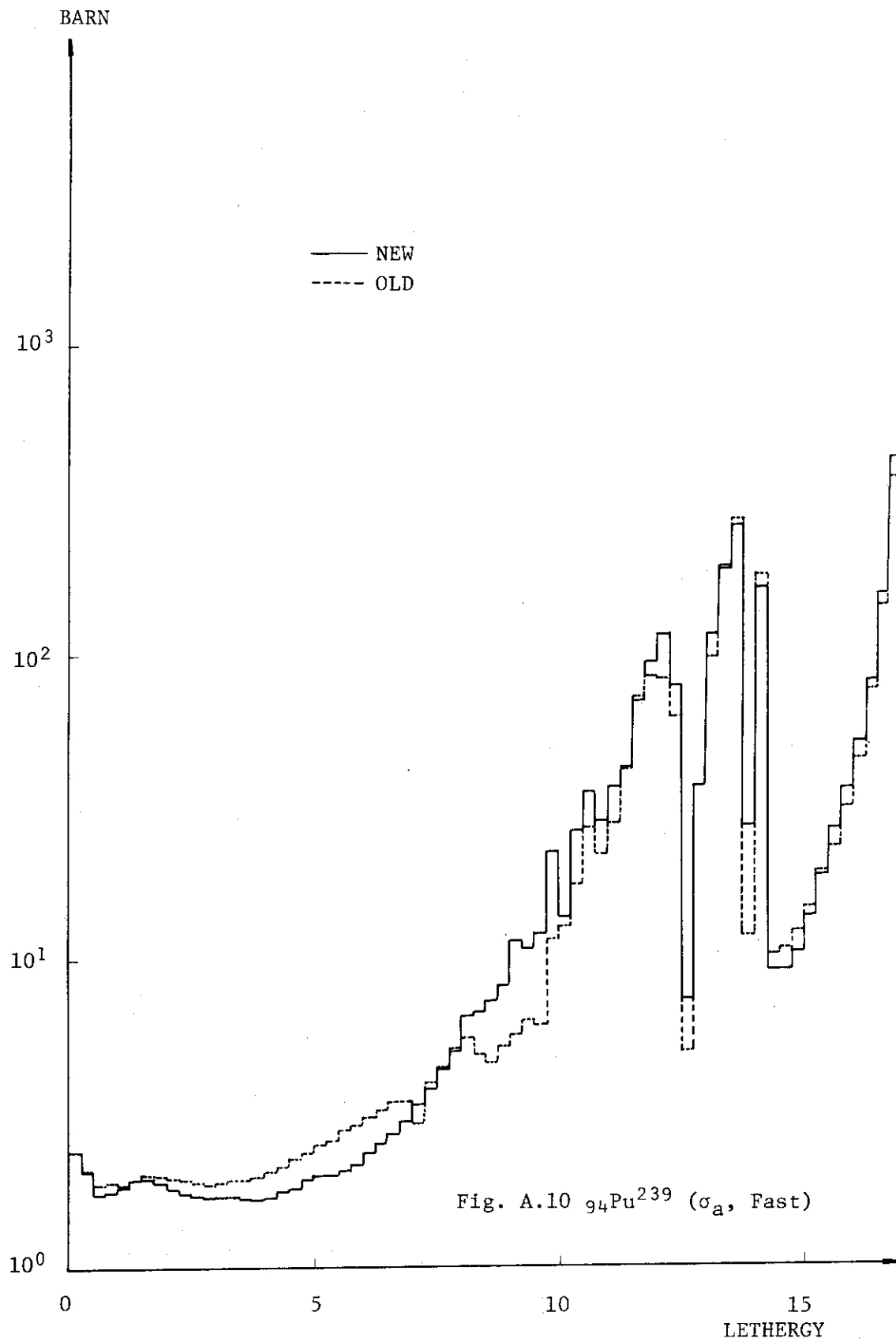


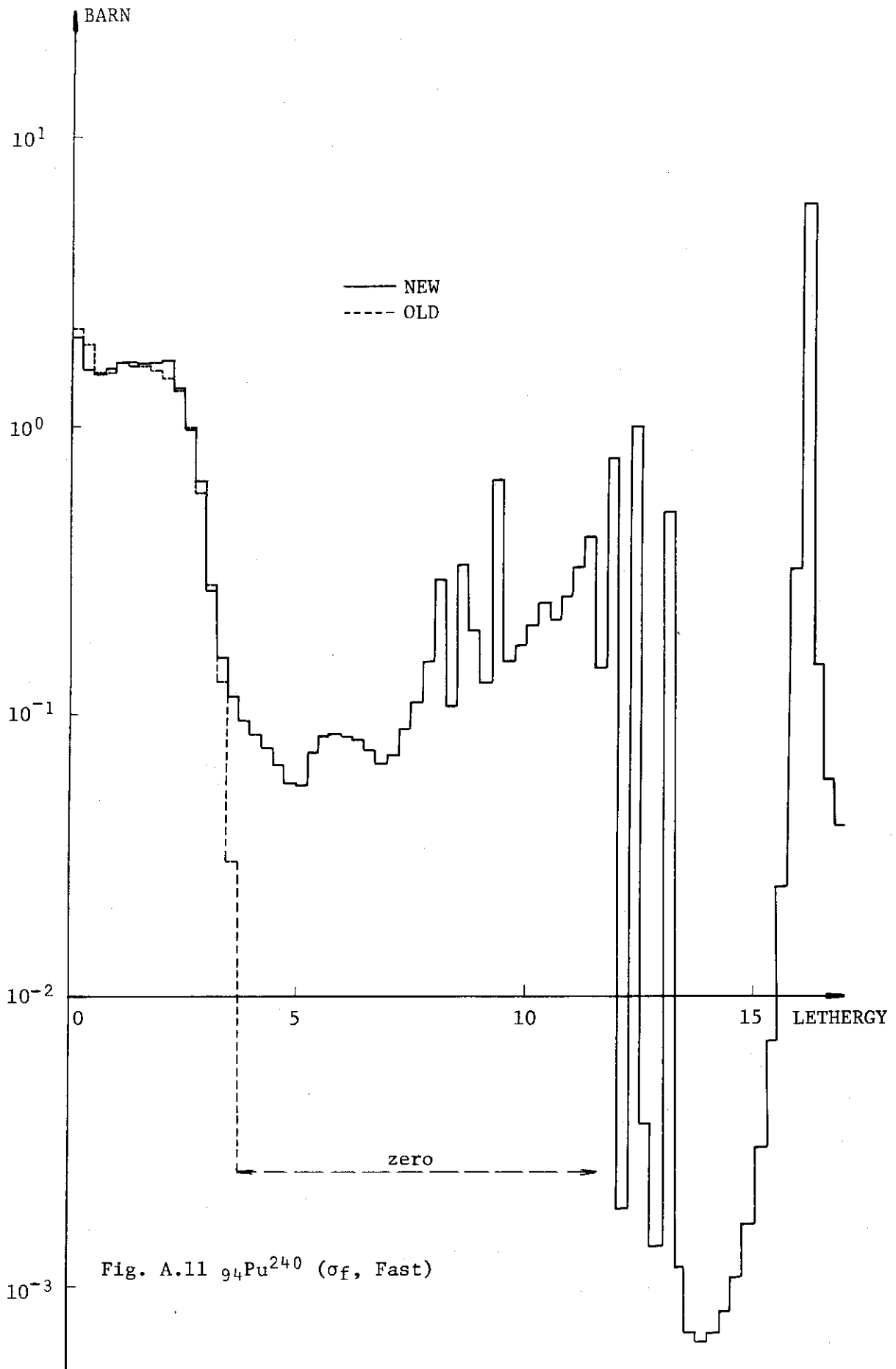


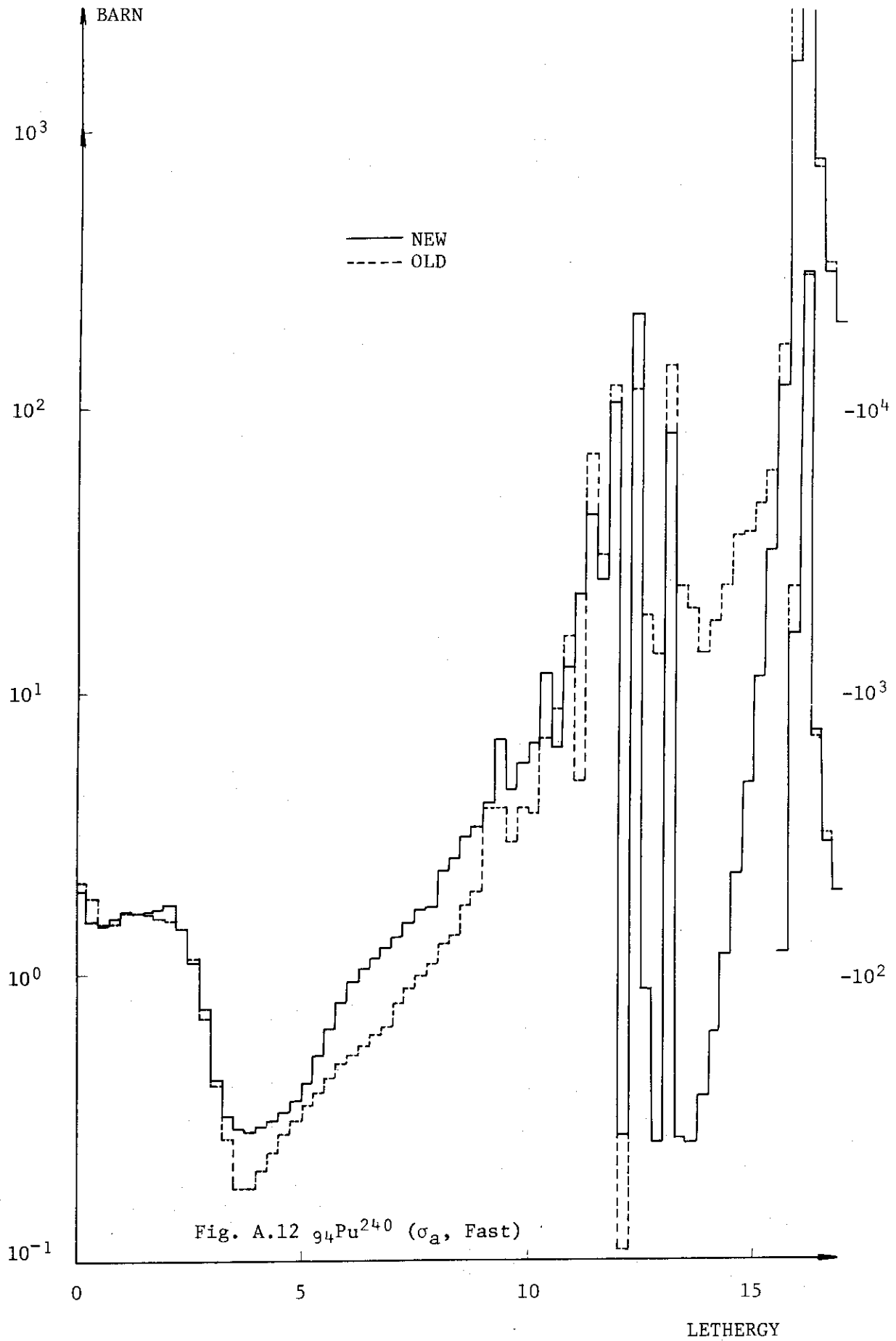


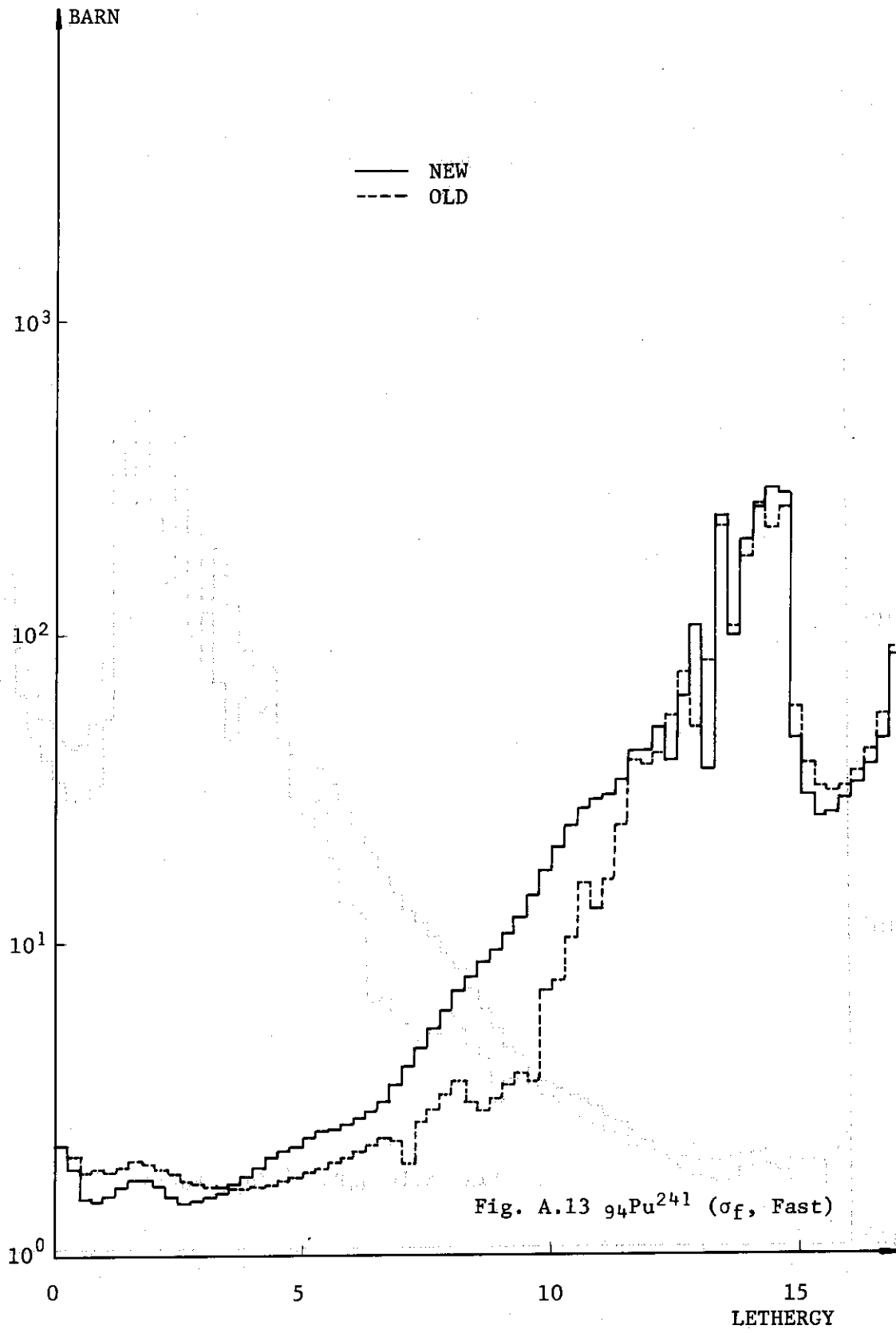


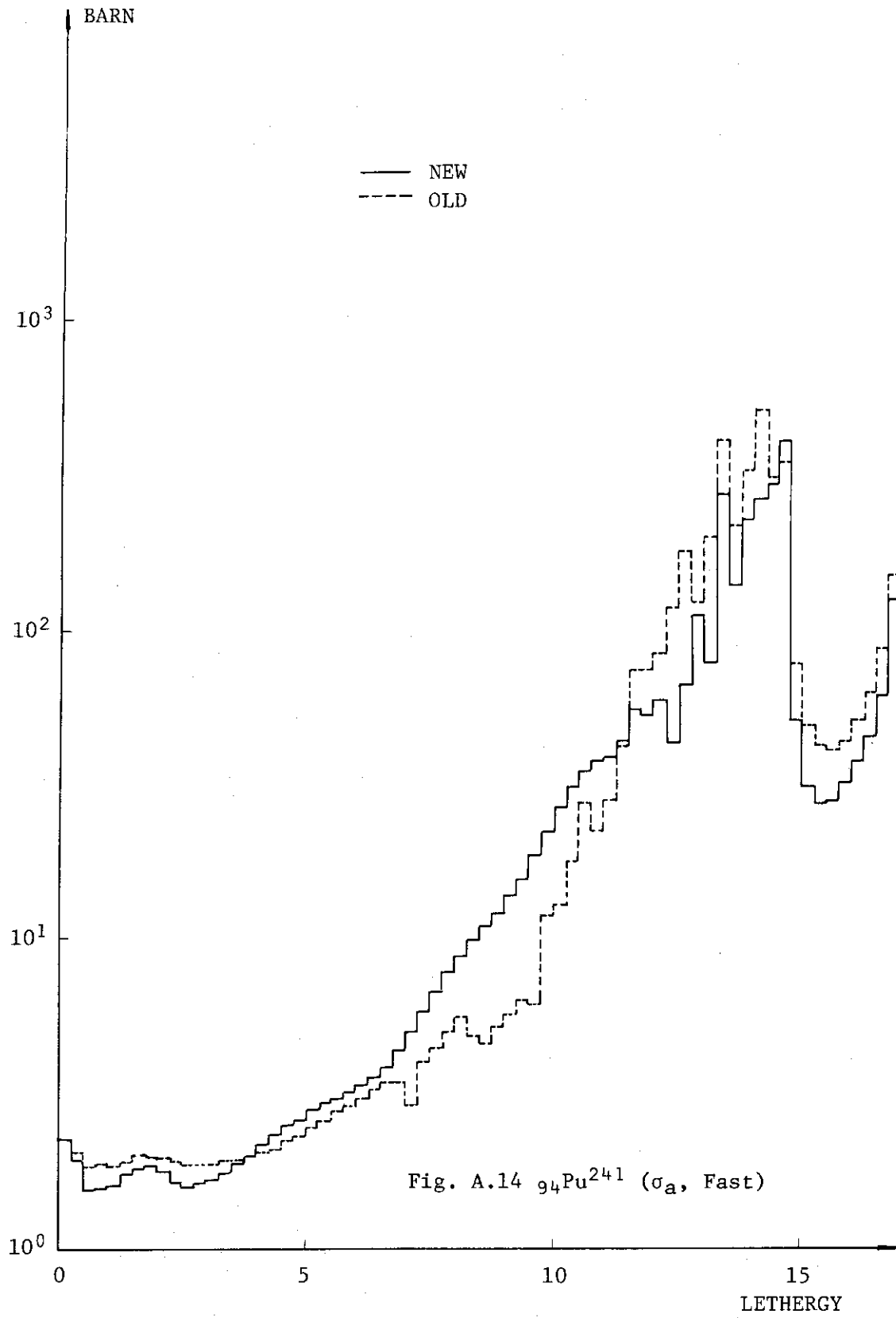












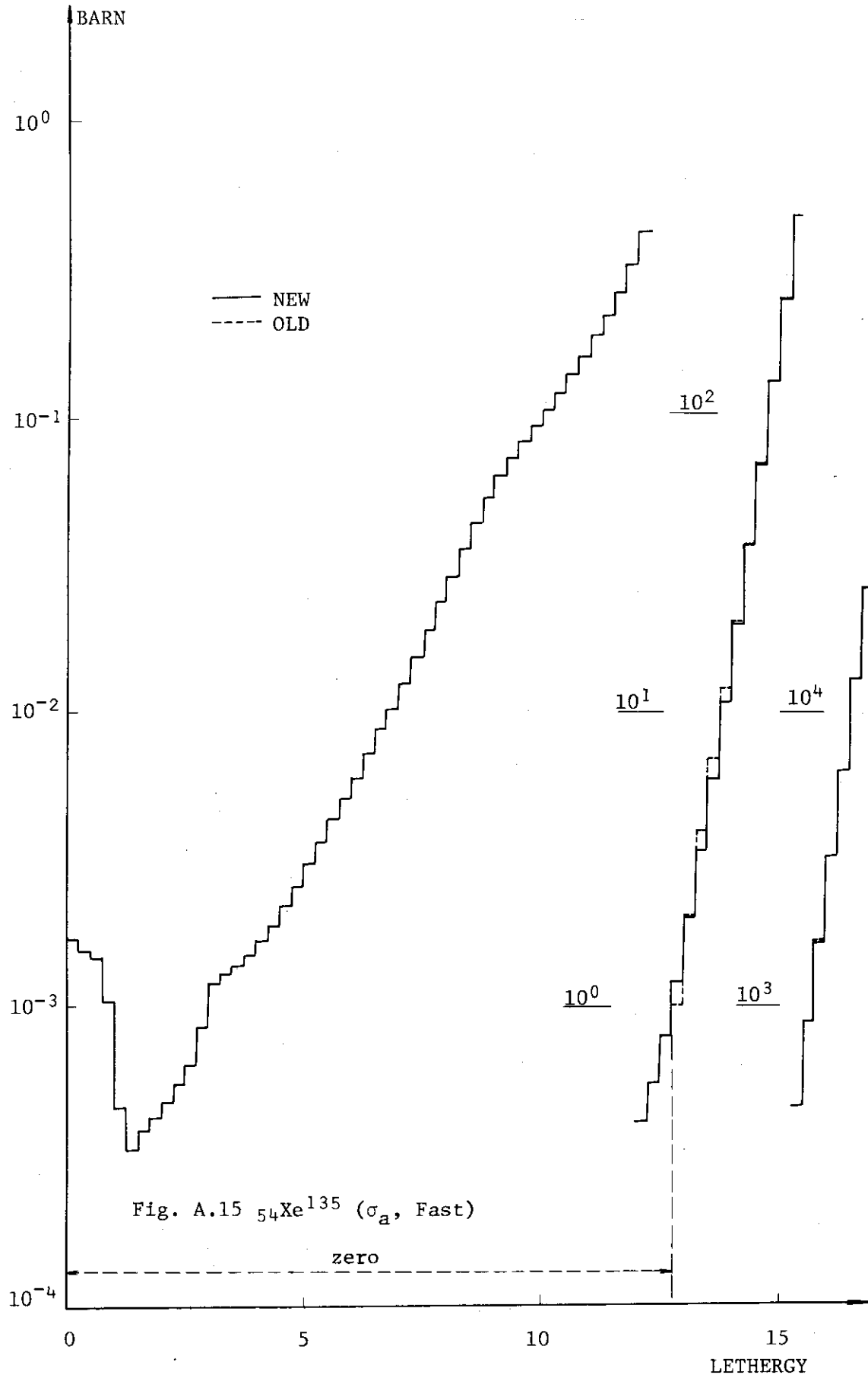
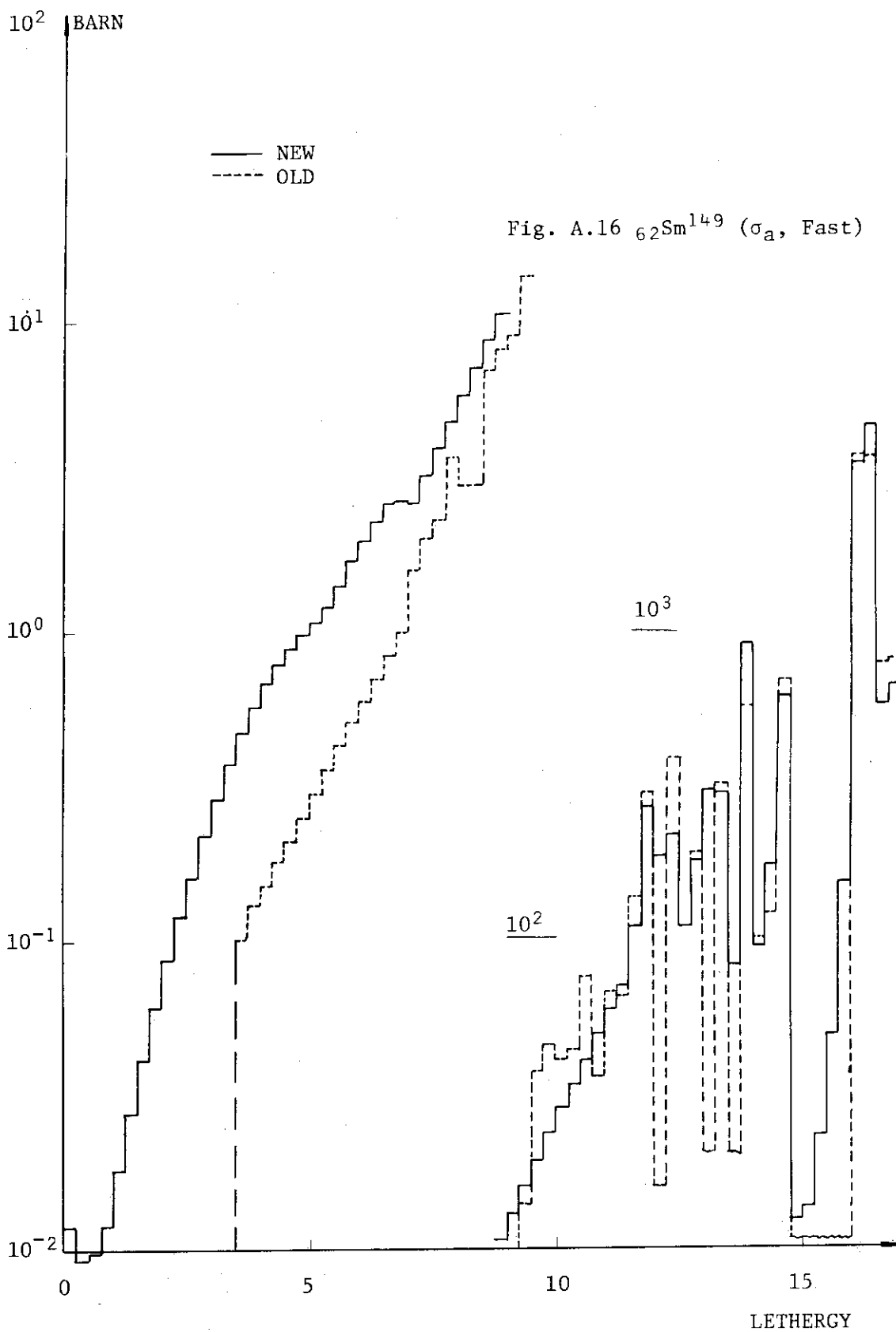
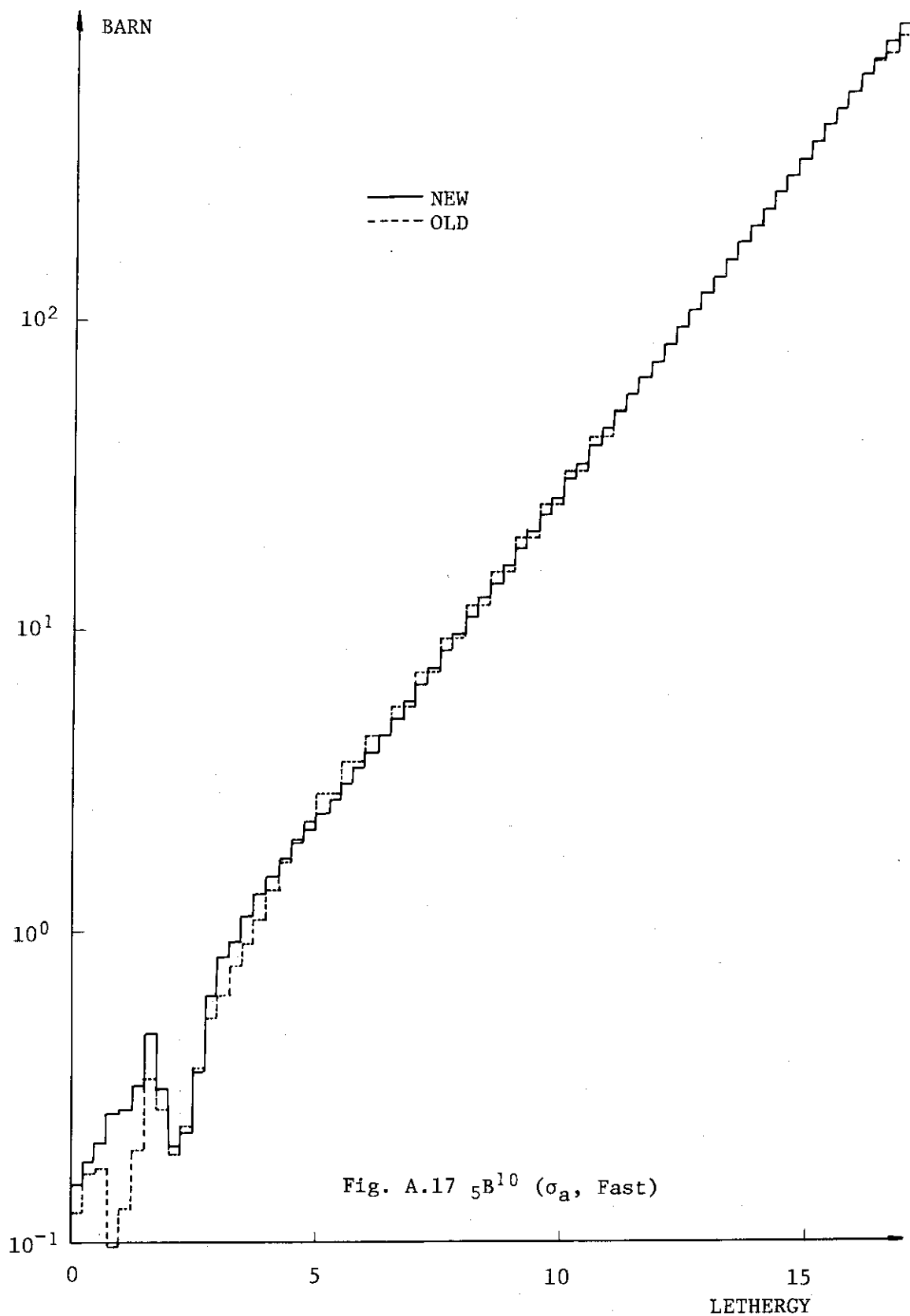
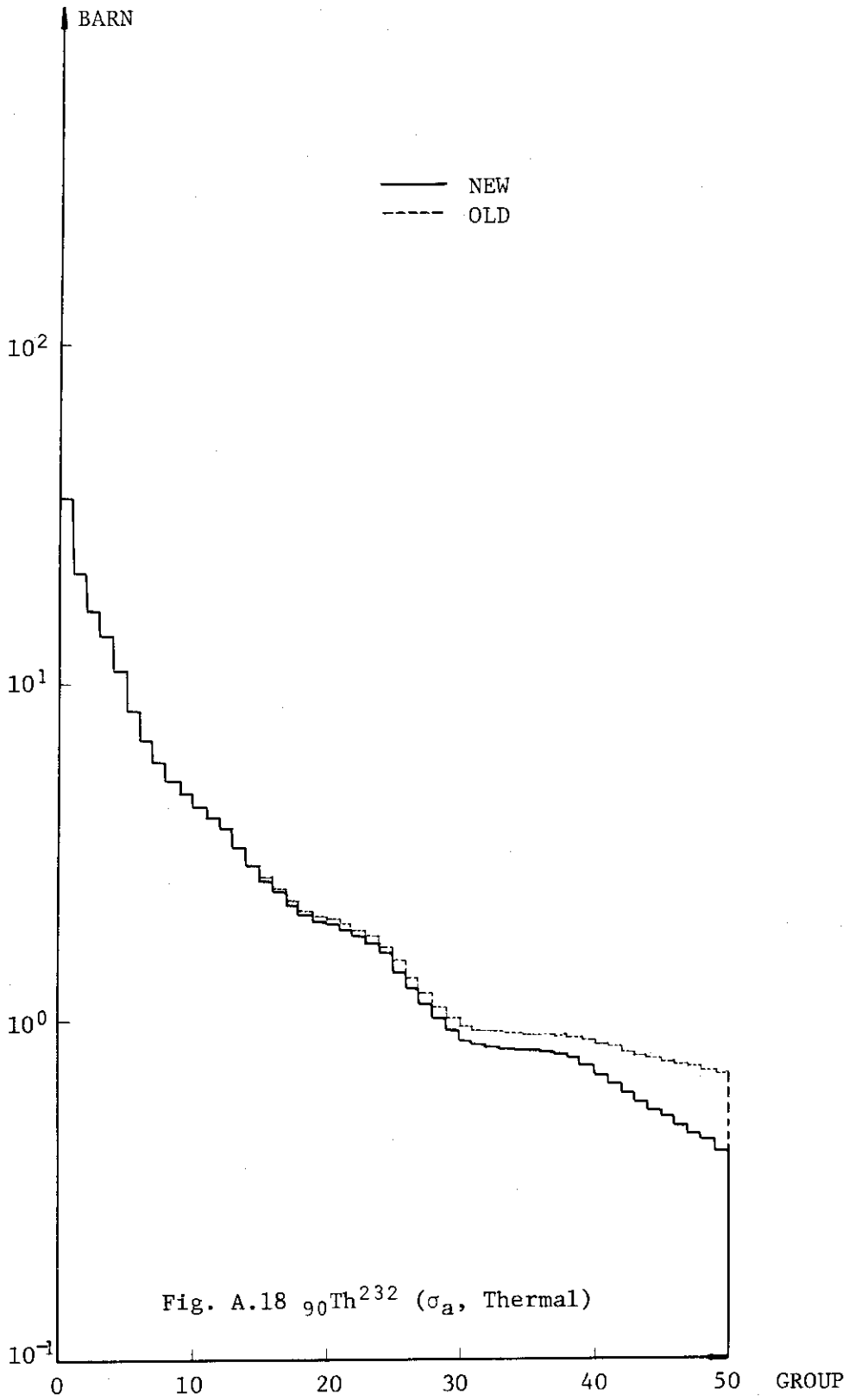


Fig. A.15 $^{54}\text{Xe}^{135}$ (σ_a , Fast)







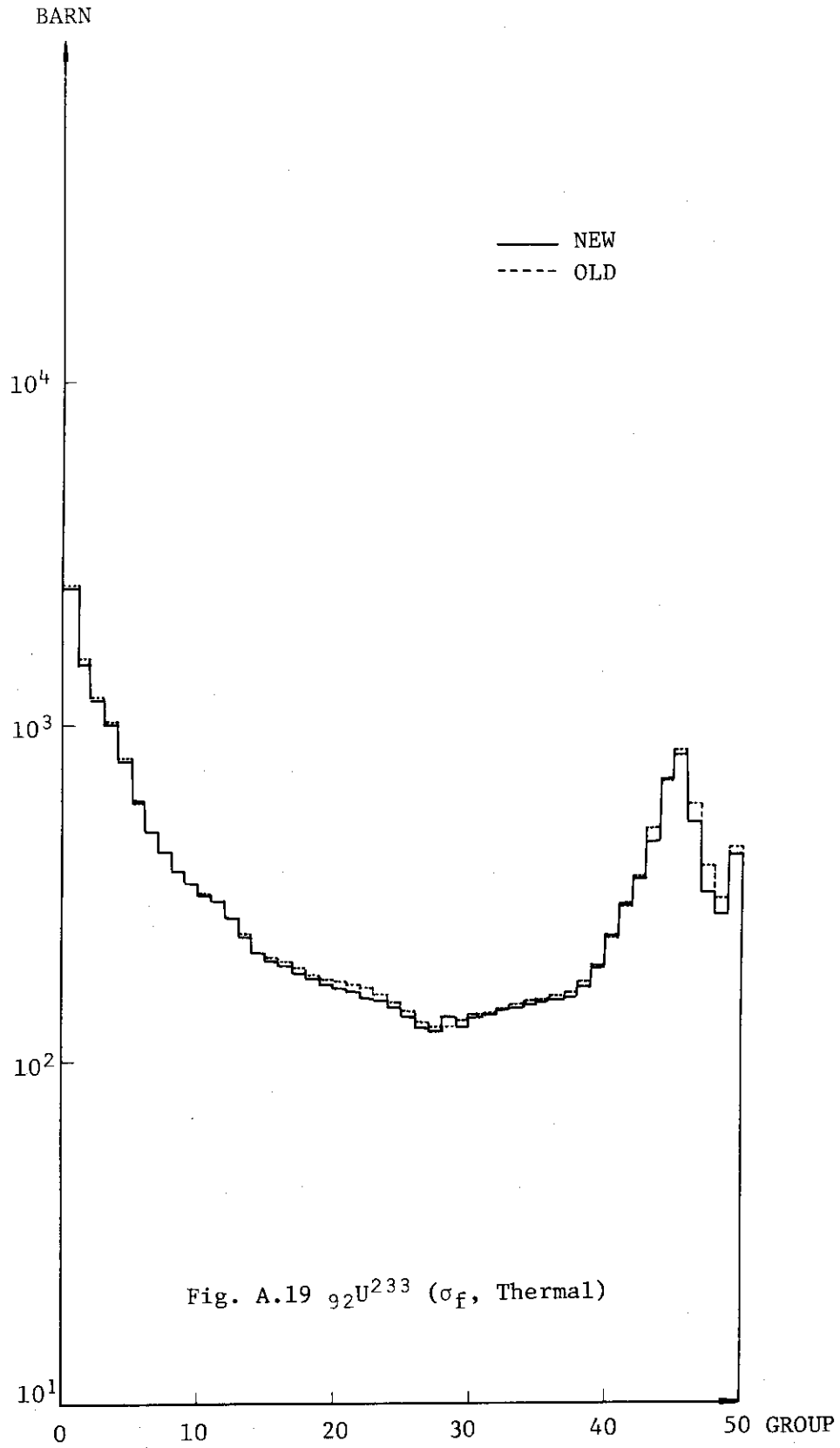
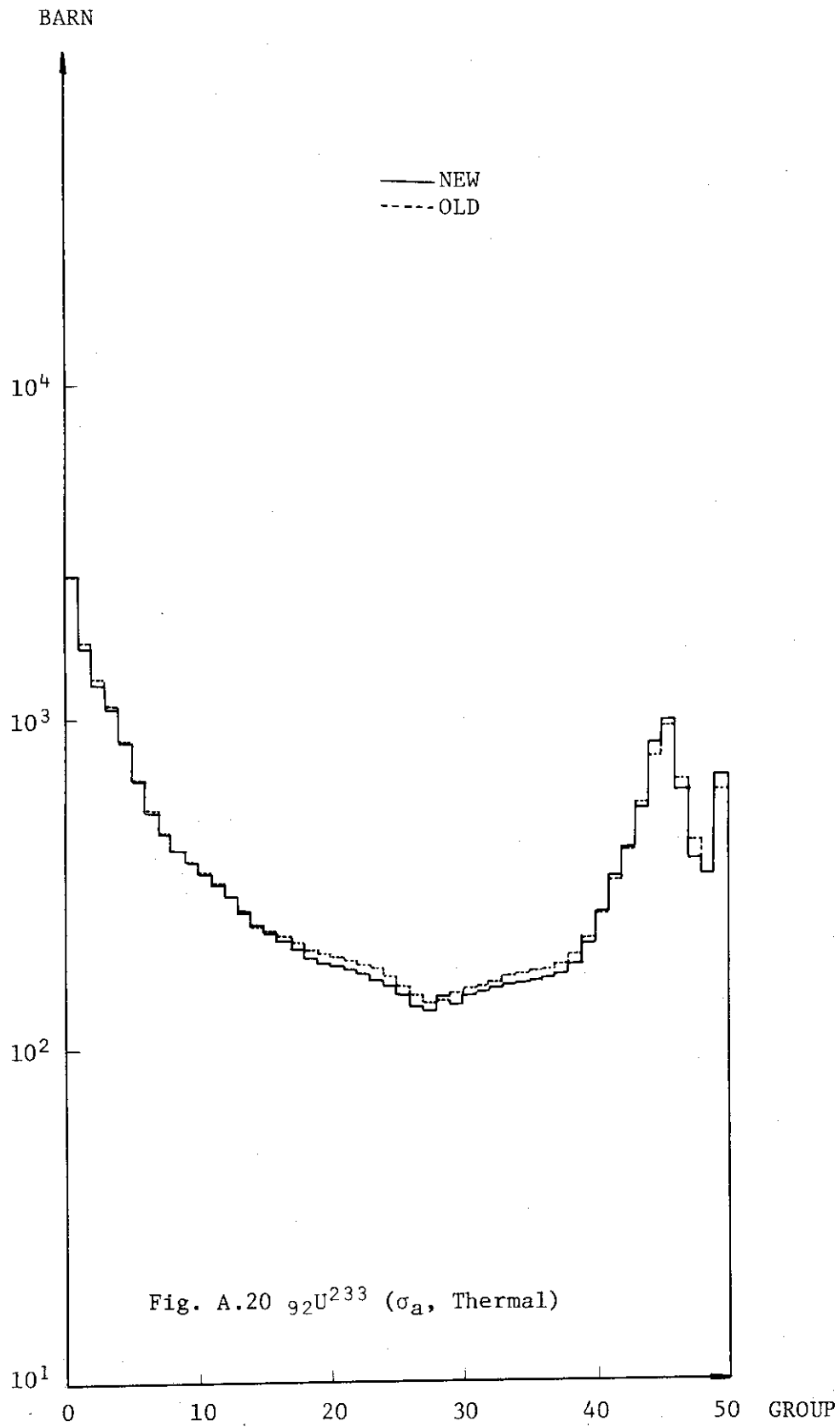
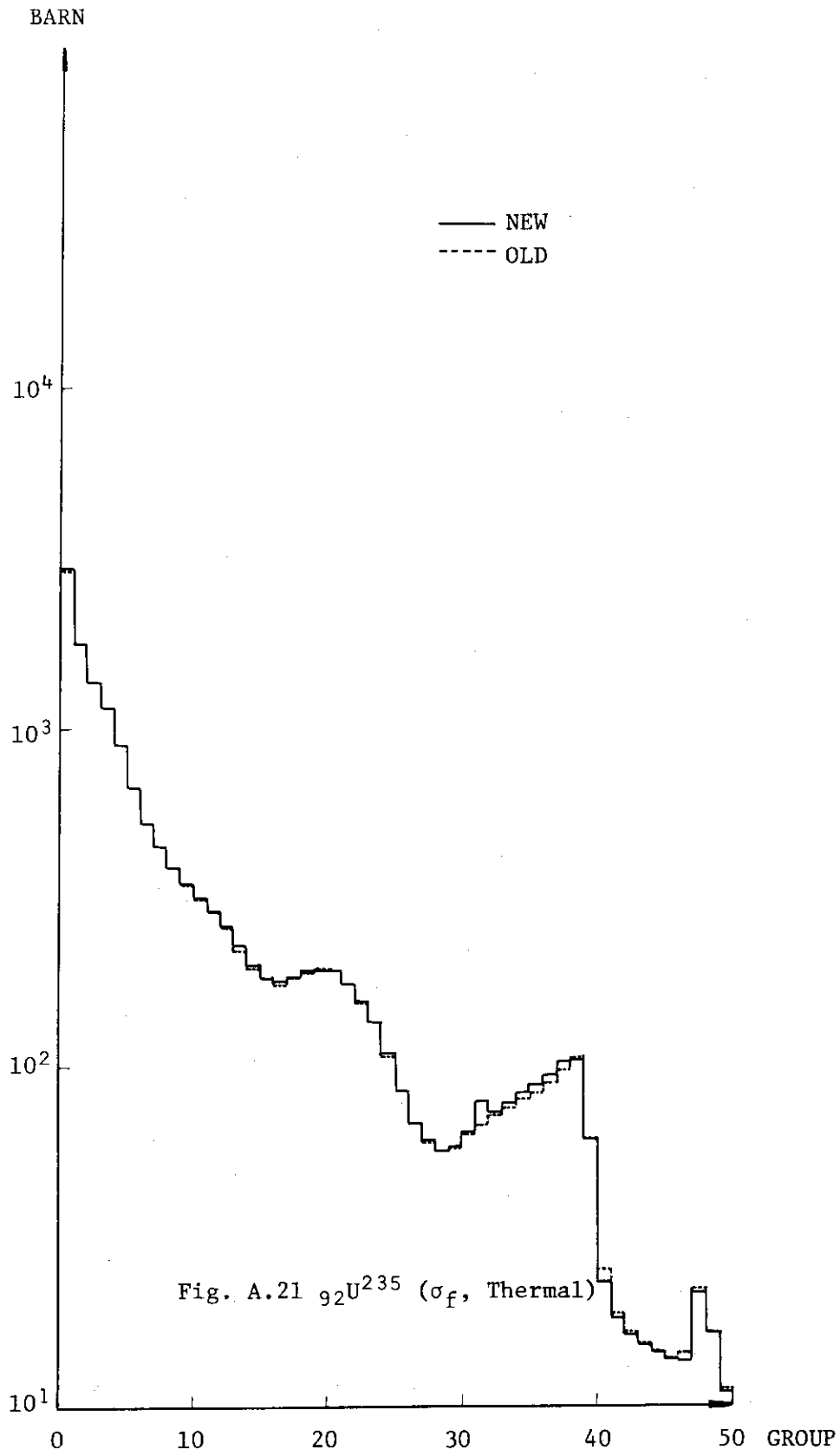
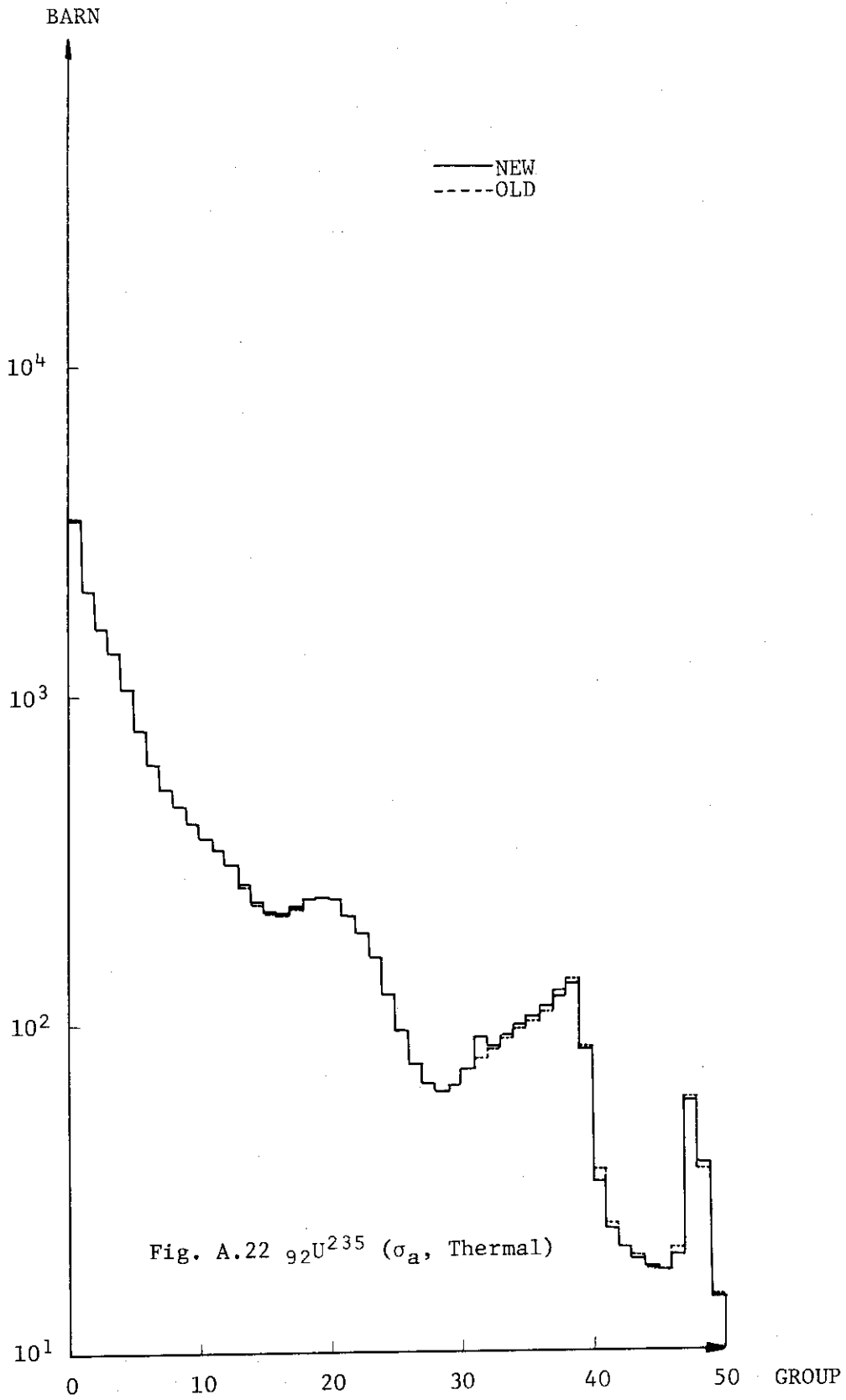
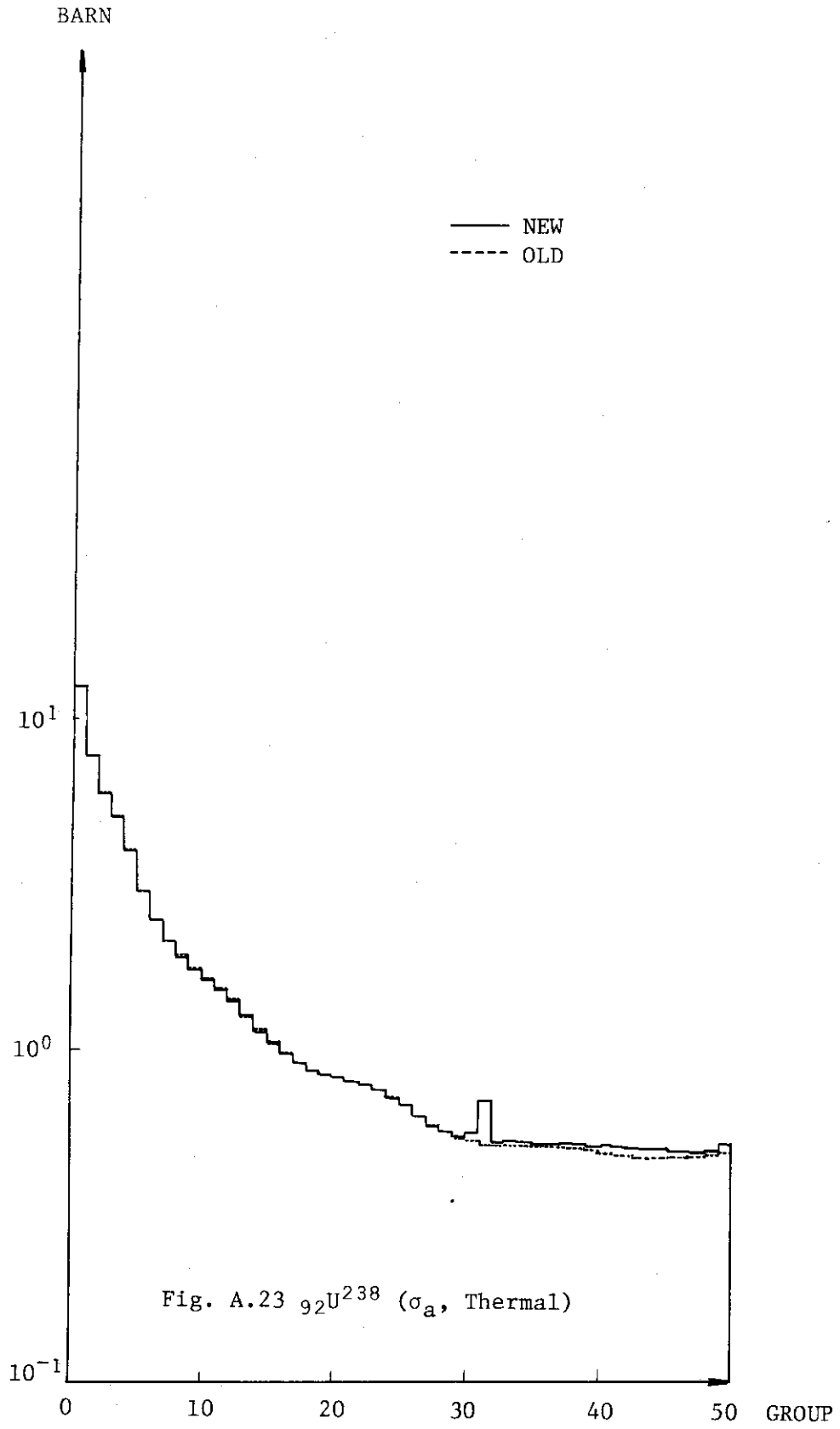


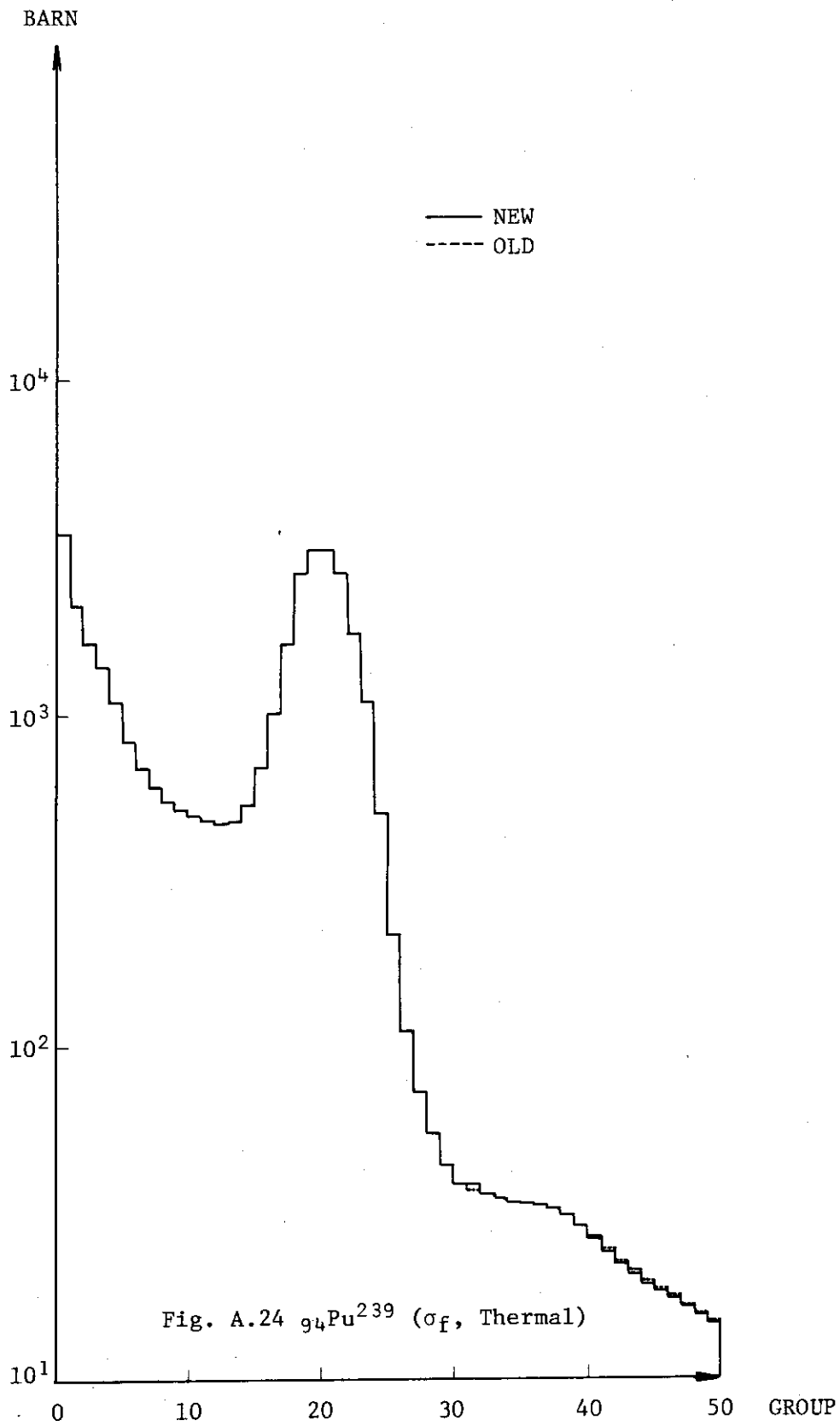
Fig. A.19 $^{92}\text{U}^{233}$ (σ_f , Thermal)

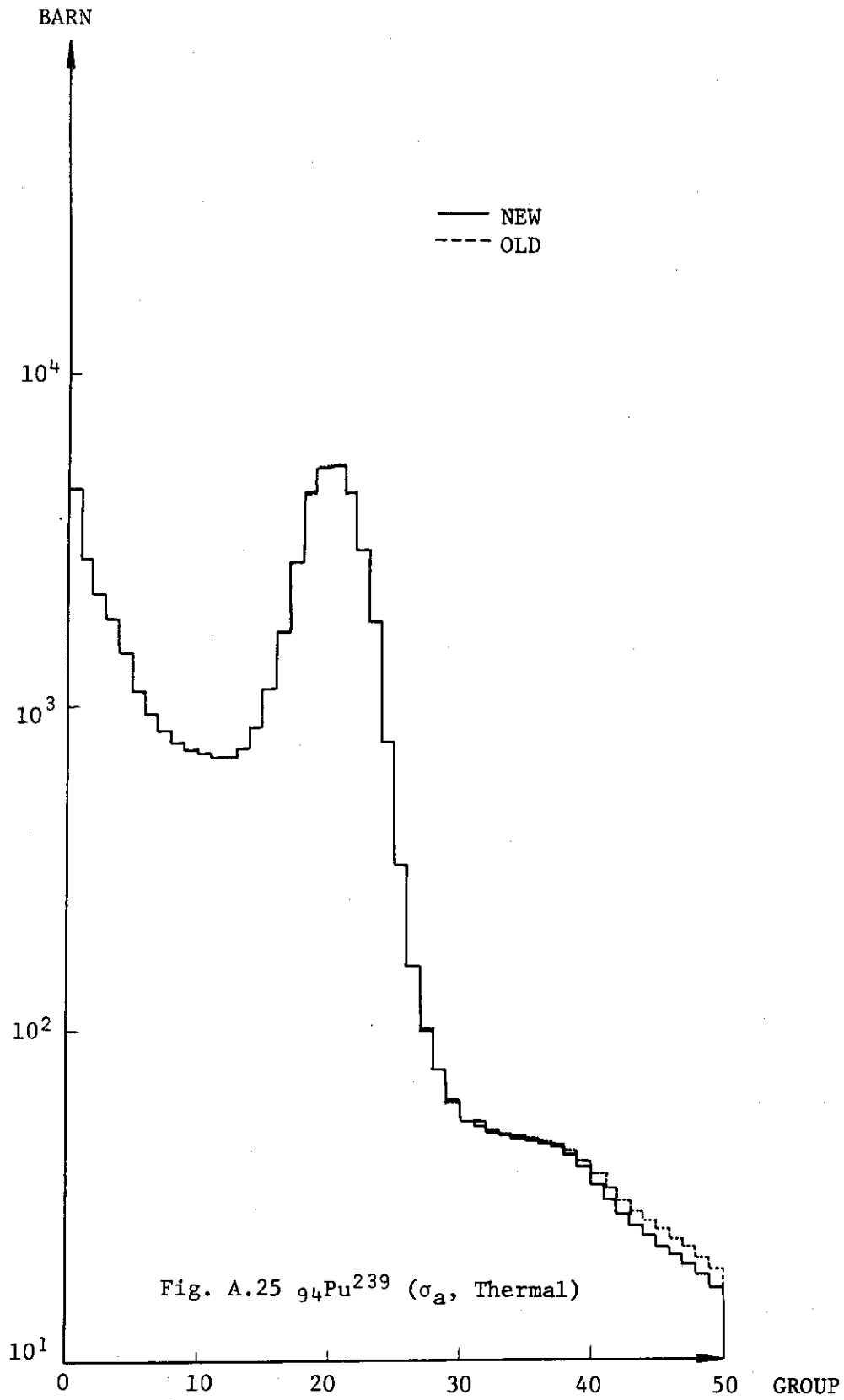


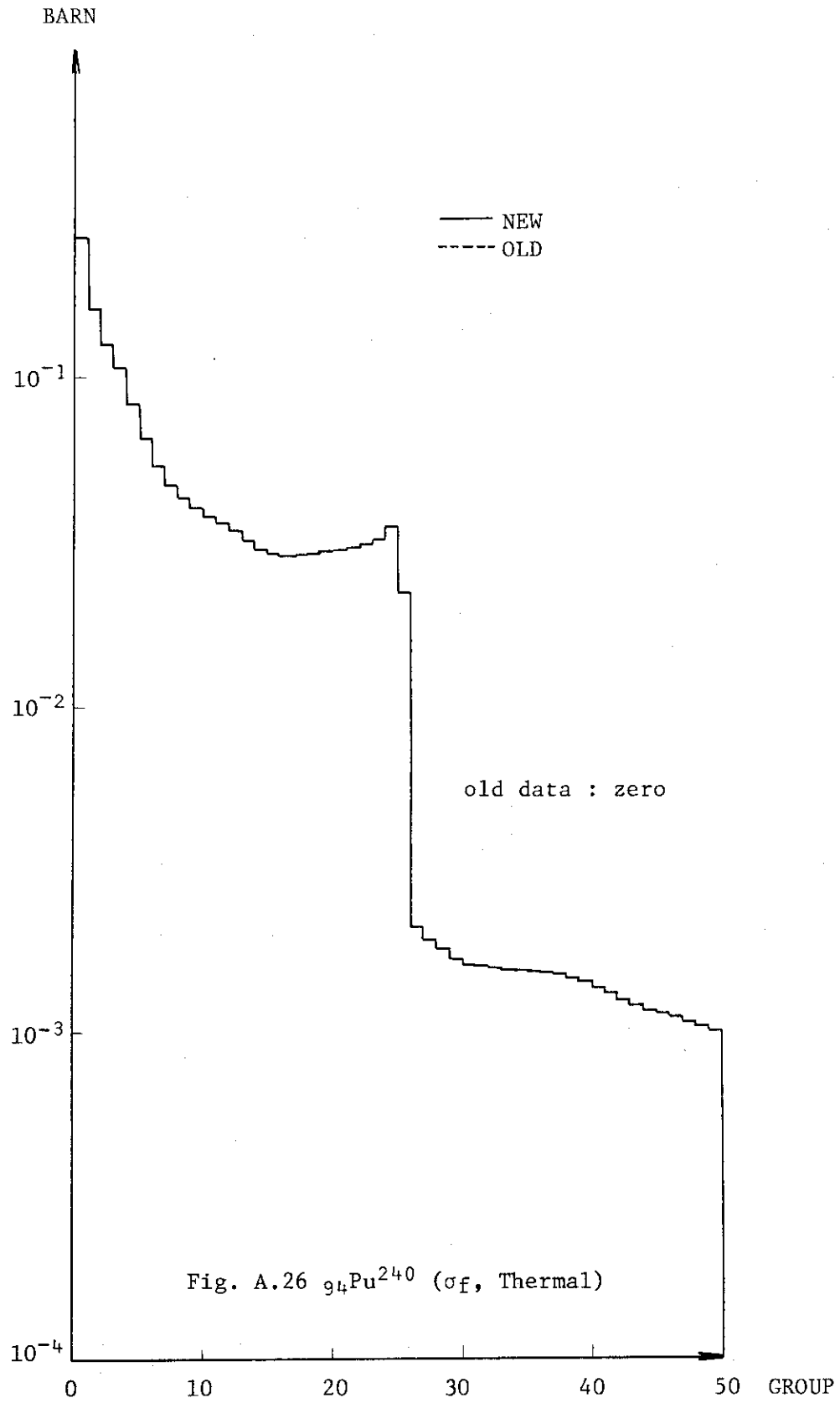


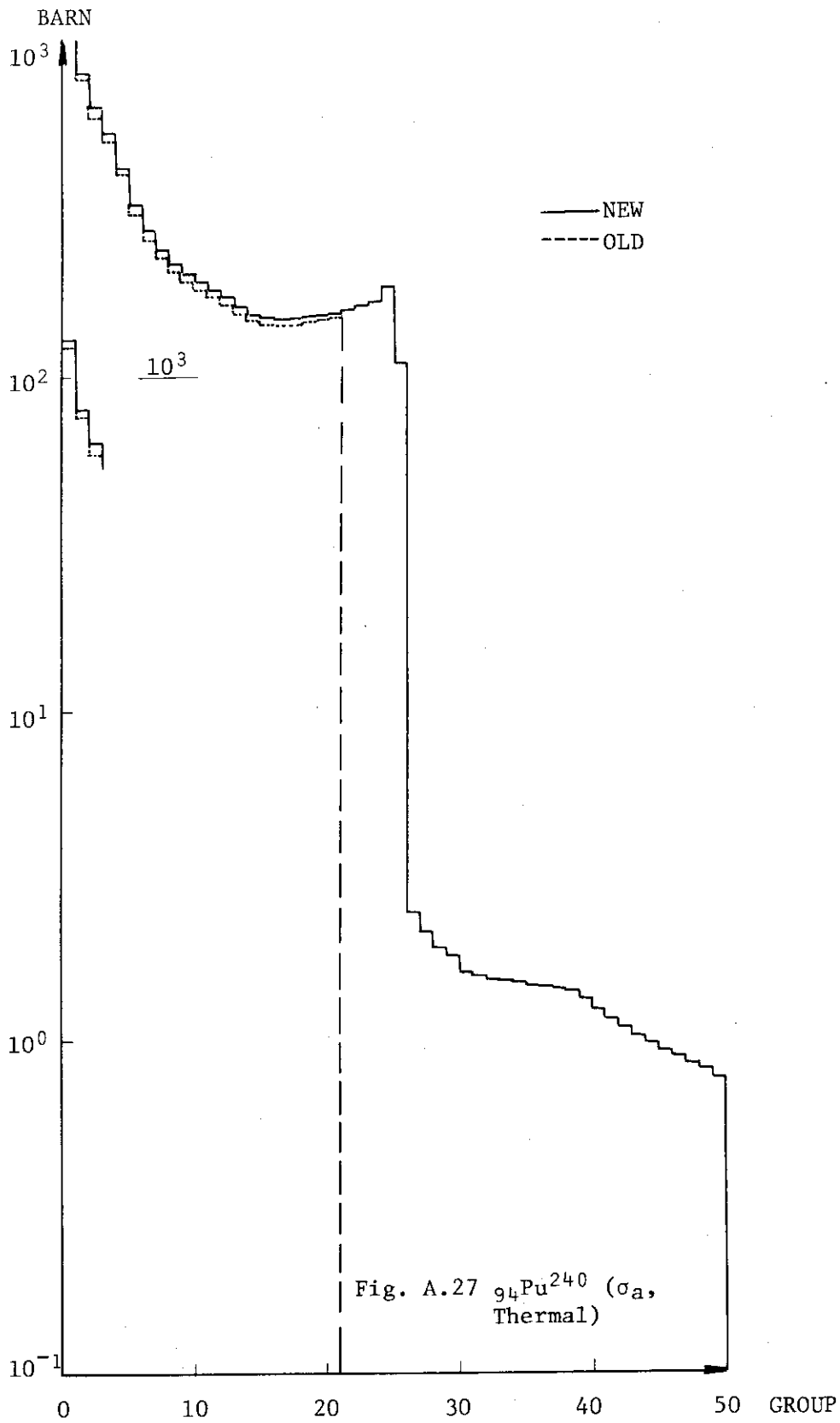


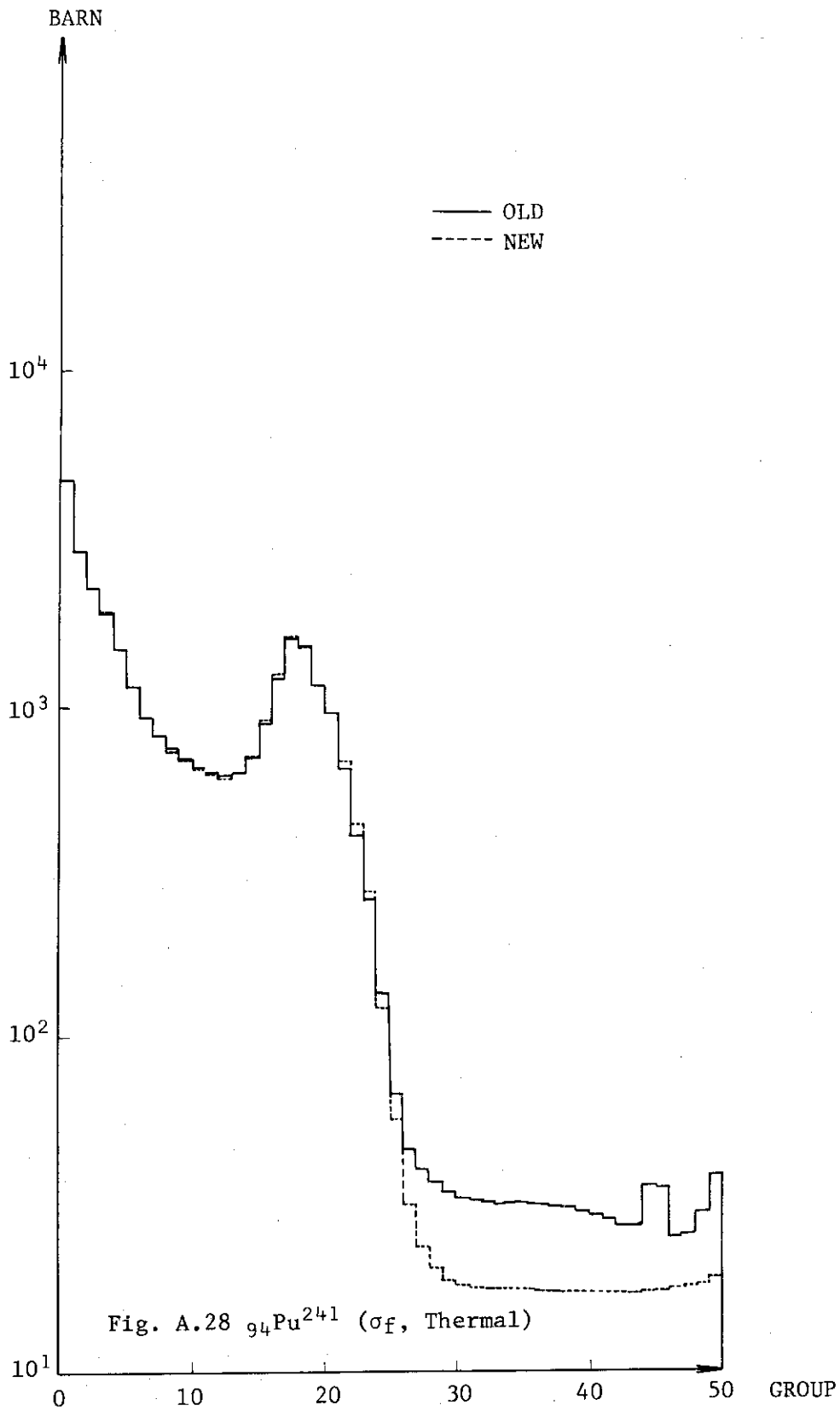


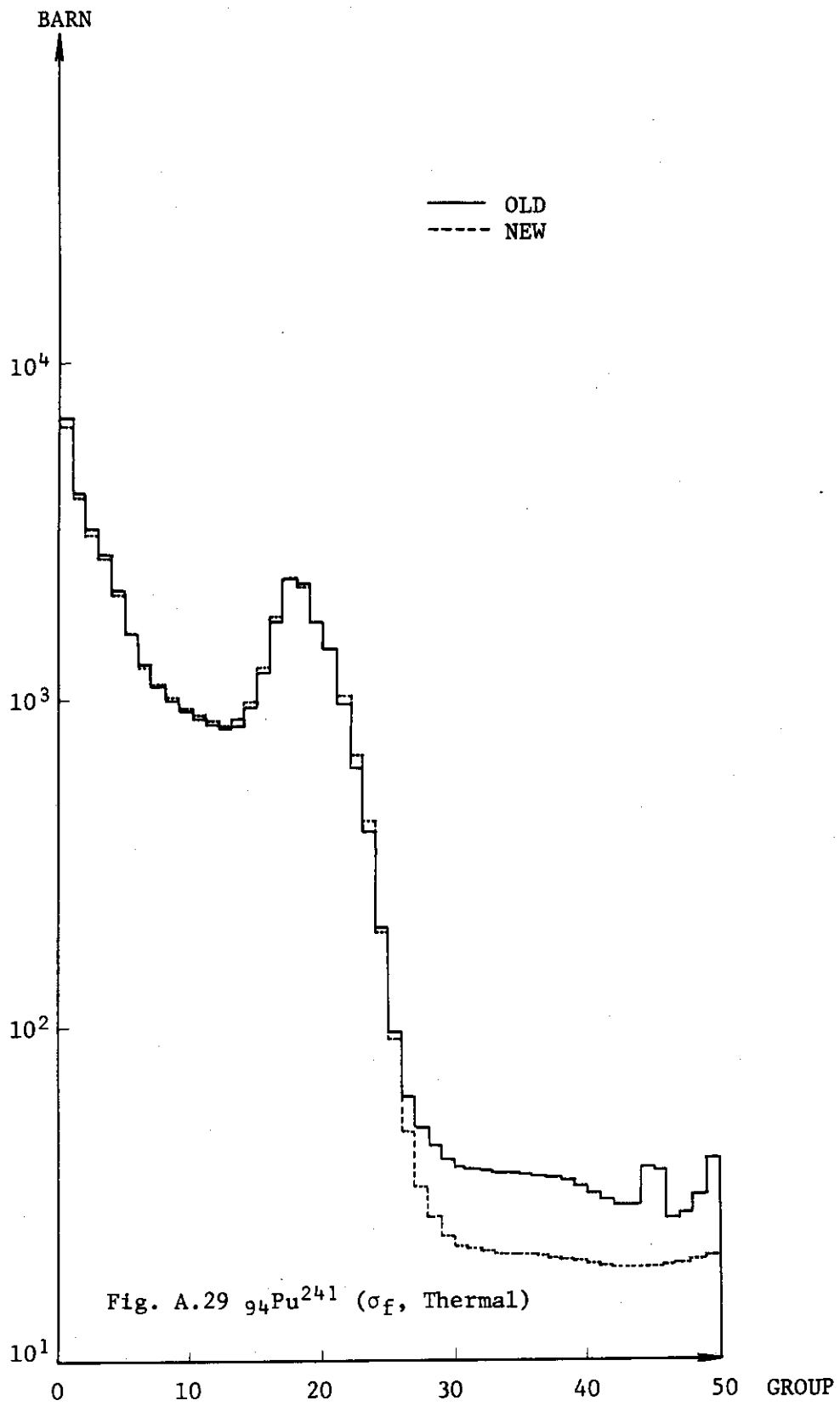


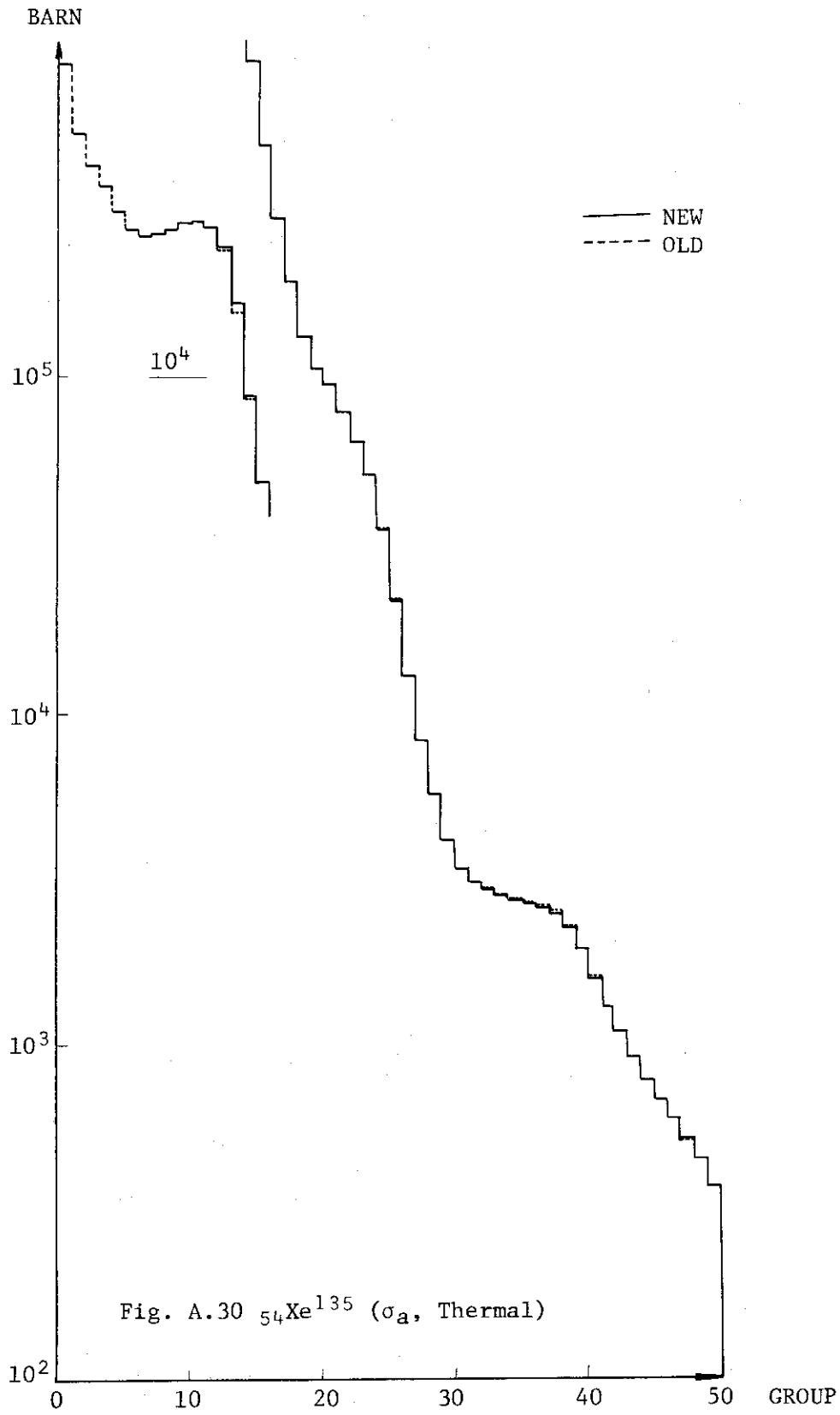


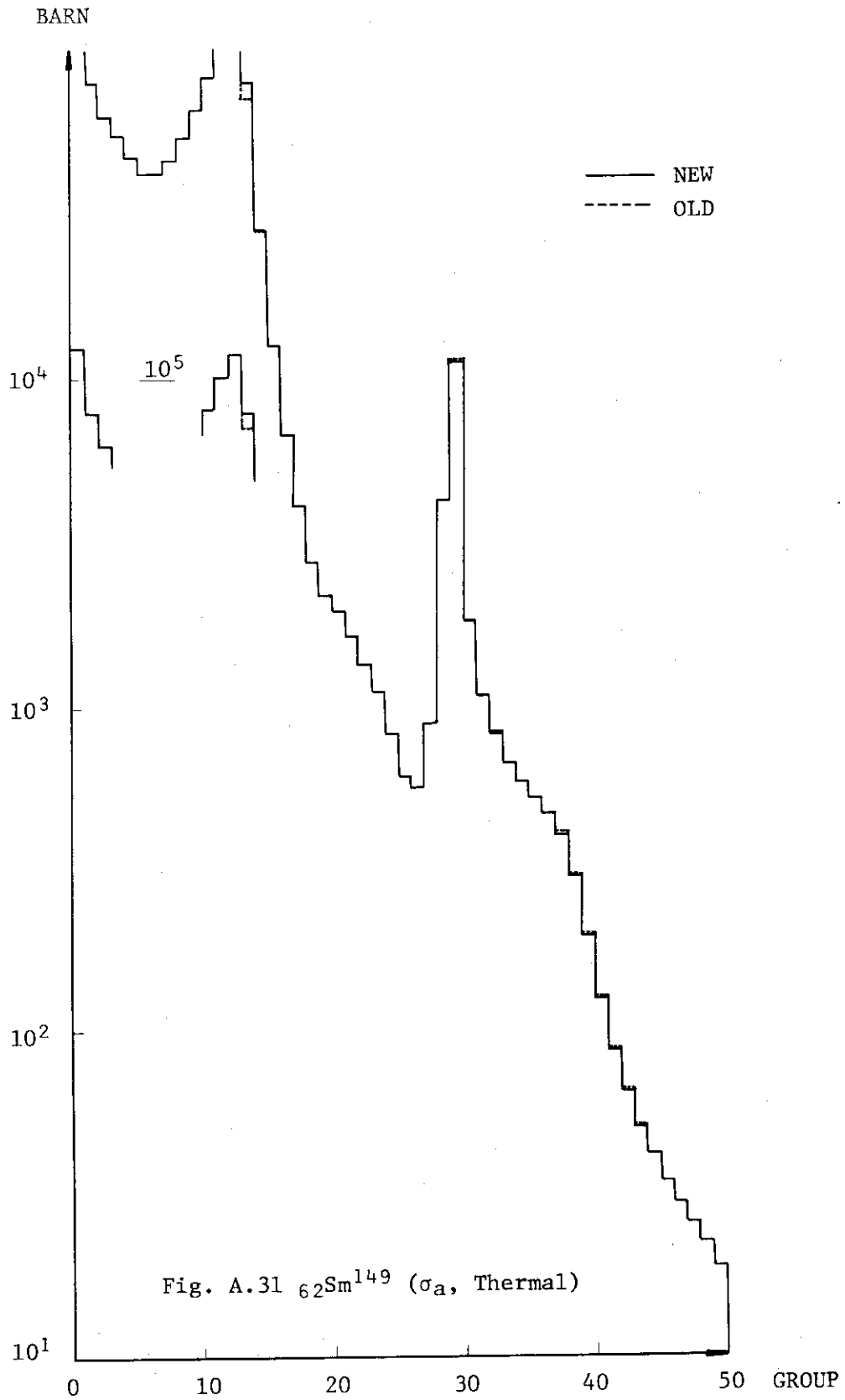


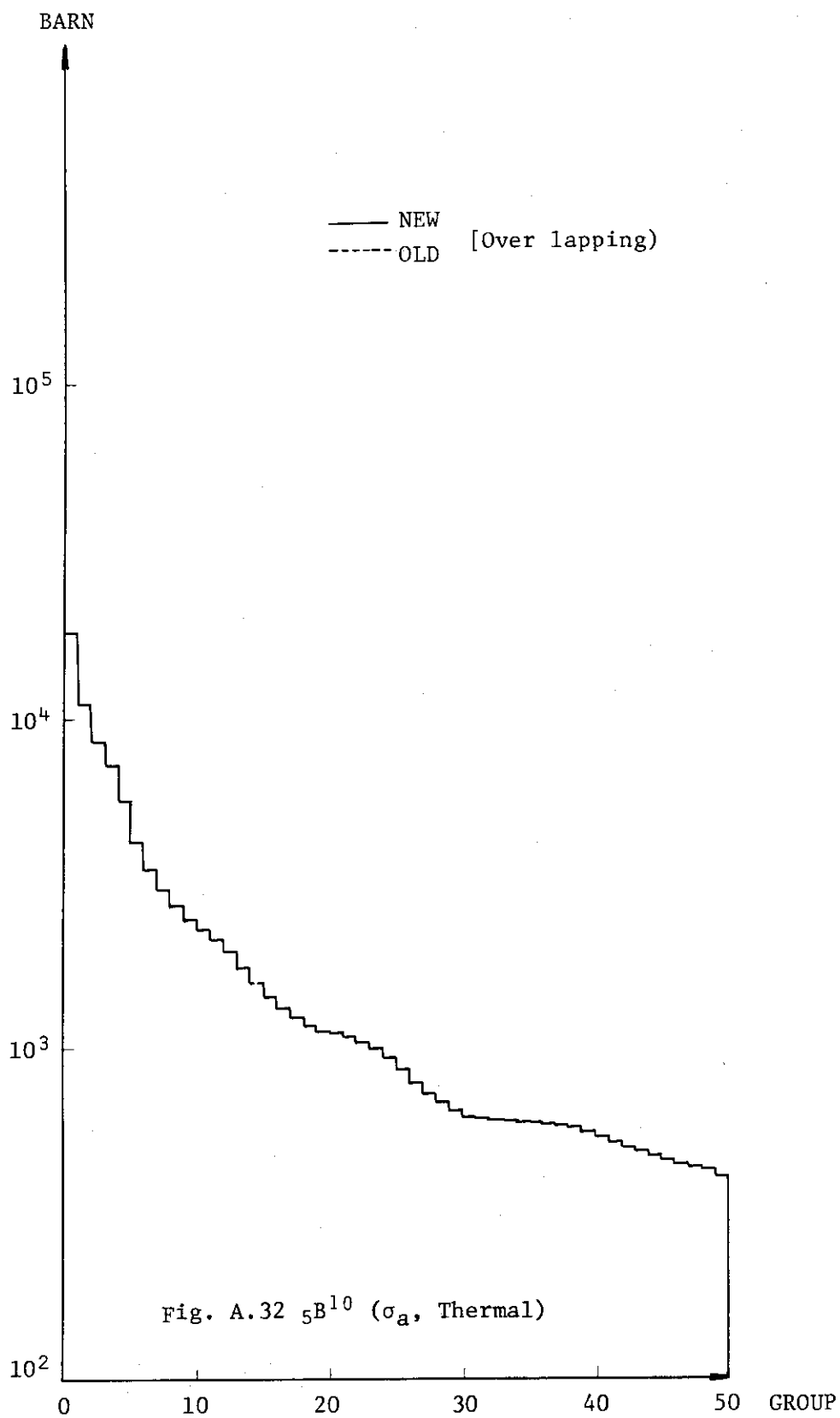












Appendix B. JIMCOF を用いた比較計算

本文で述べた処理プログラムPROCコードを用いて、JIMCOFよりDELIGHTコード・シリーズ用のライブラリー・ファイルを作成し、簡単な比較計算を行った。

計算は、DELIGHT-2を用いて、黒鉛・ウラン系に対して、濃縮度、カーボンとウランの原子数密度比(N_C/N_U)および U^{238} 原子核あたりの実効散乱断面積(σ_M)をパラメータとして行なった。計算結果は、従来ライブラリー(以下旧ライブラリーと称す)を用いて得られる無限増倍率に対して、特定核種の特定エネルギー領域のデータのみを今回JIMCOFより作成したライブラリー(以下新ライブラリーと称す)に含まれるデータと置き換えて得られる無限増倍率を比較して整理した。

計算結果をTable B.1~B.5に示す。このTableには、特定核種の特定エネルギー領域のデータのみを新ライブラリーで置き換えられる無限増倍率の値と、すべてのデータに旧ライブラリーのものを用いて得られる無限増倍率との相対差(%)が示されている。相対差が正であるのは、新ライブラリーを用いた方が無限増倍率が高く計算されることを示している。

U^{235} および U^{238} の速中性子エネルギー領域のデータによって、無限増倍率に多少の差があらわれるが、すべてのケースとも、差は1%以下と小さい。

Table B.1

The Difference of The Multiplication Factor
In Exchanging The Data of U^{235} In Fast Neutron Energy Region.

Nc/Nu Enrich.	250	300	400
2	1.1384/0.09	1.1870/0.08	1.2435/0.06
4	1.2865/0.25	1.3459/0.02	1.4212/0.19
6	1.3477/0.41	1.4106/0.37	1.4929/0.30

Table B.2

The Difference of The Multiplication Factor
In Exchanging The Data of U^{235} In Thermal Neutron Energy Region.

Nc/Nu Enrich.	250	300	400
2	1.1378/0.04	1.1866/0.05	1.2435/0.06
4	1.2824/-0.07	1.3420/-0.07	1.4178/-0.05
6	1.3407/-0.11	1.4039/-0.11	1.4870/-0.10

Table B.3

The Difference of The Multiplication Factor
In Exchanging The Data of U^{238} In Fast Neutron Energy Region.

Nc/Nu σ_M	250	300	400
300	1.3508/-0.32	1.4031/-0.27	1.4676/-0.20
450	1.2783/-0.39	1.3385/-0.33	1.4150/-0.25
600	1.2219/-0.46	1.2877/-0.38	1.3731/-0.29

Table B.4

The Difference of The Multiplication Factor
In Exchanging The Data of U^{238} In Thermal Neutron Energy Region.

Nc/Nu σ_M	250	300	400
300	1.3557/0.04	1.4074/0.04	1.4711/0.03
450	1.2837/0.03	1.3433/0.03	1.4190/0.04
600	1.2279/0.03	1.2931/0.04	1.3776/0.04

Table B.5

The Difference of The Multiplication Factor
In Exchanging The Data of C^{12}

Nc/Nu Energy Region	250	300	400
Fast	1.2851/0.14	1.3440/0.08	1.4188/0.02
Thermal	1.2834/0.01	1.3430/0.01	1.4187/0.01

Notes) 1. Values In The Table ; Multiplication Factor/Relative
Difference (%)
2. Calculation Condition ;

Fuel Temp.=1200°K, Moderator Temp.=1050°K

Enrichment=4%* , Nc/Nu=300*

$\sigma_M = 450^*$, $\sigma_m = 200$

$N_c = 8 \times 10^{-2} \times 10^{24} n/cc$

Quantities with* varies as parameter.