

JAERI-M

8030

スプライン・フィッティング法を用いた²³⁵U,
²³⁸Uと²³⁹Puの断面積評価

1979年1月

高野秀機・中村康弘・桂木学

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、お申しこしてください。

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.

スプライン・フィッティング法を用いた ^{235}U , ^{238}U と ^{239}Pu の断面積評価

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

高野秀機⁺・中村康弘⁺・桂木 学⁺⁺

(1978年12月9日受理)

^{235}U と ^{239}Pu の分裂断面積及び ^{238}U の捕獲断面積の評価をスプライン・フィッティング法を用いて行った。評価は考慮した各エネルギー群での平均断面積が一定であるという条件を満足するように行われた。ここで用いた平均断面積は、群定数修正法によって得られたJAERI-Fast Set Version II の値である。即ち、ここで計算した評価値は修正群定数を再現するものであり、積分データから微分データ評価へのフィードバックの情報である。

本報告にはスプライン・フィッティングコード SPLINE-XS の使用法の説明も示される。

+) 計算センター

++) 企画室

JAERI-M 8030

Evaluation of Cross Sections of ^{235}U , ^{238}U and ^{239}Pu

By Method of Spline Curve Fitting

Hideki TAKANO, Yasuhiro NAKAMURA⁺ and Satoru KATSURAGI⁺⁺

Division of Reactor Engineering,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received December 9, 1978)

The fission cross sections for ^{235}U and ^{239}Pu and the capture cross section for ^{238}U have been evaluated by cubic spline curve fitting. The calculations in spline fitting were made under the condition that the spline function obtained reproduce the averaged cross sections over the considered energy ranges. The averaged cross sections used in the present calculations are the infinitely dilute cross sections of JAERI-Fast set version-II, which were calculated by an adjustment method for group cross sections. The evaluated cross sections can reproduce the adjusted group cross sections and provide the information for feedback of integral data to the differential data.

Usage is also described of the spline fitting code SPLINE-XS.

Keywords: Cross Section Evaluation, Uranium 235, Uranium 238, Plutonium 239,
Spline Curve Fitting, Averaged Cross Section, Adjustment Method,
Integral Data, Differential Data, SPLINE-XS Code

+) Computing Center

++) Office of Planning

目 次

1. 序論	1
2. ^{235}U , ^{238}U 及び ^{239}Pu の断面積評価	2
2.1 U - 235 の分裂断面積	3
2.2 U - 238 の捕獲断面積	3
2.3 Pu - 239 の分裂断面積	3
2.4 U - 238 の捕獲断面積とU-235の分裂断面積比 : $^{238}\sigma_c / ^{235}\sigma_f$	4
2.5 Pu - 239 とU-235の分裂断面積比 : $^{239}\sigma_f / ^{235}\sigma_f$	4
3. SPLINE-XS コードの使用法	5
3.1 入力形式	6
3.2 計算例と出力形式	10
4. 結論	10
参考文献	25

Content

1. Introduction	1
2. Evaluation of cross sections of ^{235}U , ^{238}U and ^{239}Pu	2
2.1 Fission cross section of ^{235}U	3
2.2 Capture cross section of ^{238}U	3
2.3 Fission cross section of ^{239}Pu	3
2.4 Ratio of $^{238}\sigma_c$ to $^{235}\sigma_f$	4
2.5 Ratio of $^{239}\sigma_f$ to $^{235}\sigma_f$	4
3. Users guides for SPLINE-XS code	5
3.1 Input data format	6
3.2 Examples of input-output	10
4. Conclusion	10
References	25

1. 序 論

原子炉特性の解析は通常多群の炉定数ライブラリーを用いて行われる。その結果計算値と積分実験値との対比がなされ、この炉定数セットの信頼性が調べられる。計算値と積分実験値との間に不一致が生じた場合、その原因として、実験体系から計算体系へのモデル化、解析方法、更には炉定数の計算法の検討及び核データの不確かさなどが主として考えられる。最近では、前者の2つなどから生じる誤差が補正され、実験値と直接比較できるベンチマーク・テスト用のモデル⁽¹⁾が考えられ、炉定数セットあるいは核データ評価値の問題点を指摘できるようになった。即ち、このベンチマーク・テストによって指摘された核種の核データを再評価することが必要になる。

この核データの再評価には、直接微分測定データに戻って更に新しいデータの評価を行う場合と、群定数の段階において積分データを再現するように群定数を修正して核データの再評価へフィードバックする方法⁽²⁾⁽³⁾がある。このように積分実験値と解析計算値との不一致の原因が核データの再評価まで遡及するのは一般に核データのもつ不確かさが大変大きいからである。最近の微分断面測定精度はほとんどが2%以下であるようだが、各測定値間の差はその測定誤差に比較して非常に大きく、高速炉に重要な核種の断面積に対しても5~20%⁽⁴⁾⁽⁵⁾以上存在しているのが実状である。従ってこの大きな不確かさの中で、我々は常に一つの断面積の評価値を決定することが要求されるわけである。

このレポートでは、3次スプライン関数を用いて、断面積 $^{235}\sigma_f$, $^{238}\sigma_c$, $^{239}\sigma_f$ 及び相対比 $^{239}\sigma_f / ^{235}\sigma_f$ をフィッティングした結果を示す。フィッティングにおいては、適当なエネルギー区間での平均断面積が一定となる条件を満足するようにした。平均断面積としてはJAERI-Fast Set Version II⁽³⁾の値が用いられた。これは最小自乗法を用いた群定数修正法によって積分データを再現するように決定された無限希釈の断面積である。

第3章ではスプライン・フィッティングコードSPLINE-XSについての使用法及び計算例について示す。

2. ²³⁵U, ²³⁸U及び²³⁹Puの断面積評価

一般に核データのもつ不確かさは大きく、断面積の評価曲線も評価者によって種々異なっている。従ってこの困難を避けるために、多くの臨界集合体で測定された積分実験値を再現する群定数の値を見出す群定数修正法が種々研究された。即ちこれは積分データから微分データへのフィードバック法とも考えられる。JAERI-Fast Set Version II (JFS-2)⁽³⁾も重要な核断面積に対してはこの群定数修正法を用いて、群定数の値が決定された。ここではこのJFS-2セットの群定数(無限希釈断面積)を再現できる断面積の評価曲線を得る方法について考える。この評価曲線はESELEM-4⁽⁷⁾コードを用いた詳細スペクトル計算をJFS-2と矛盾しない核データを使用して行う場合に必要である。我々はこの断面積曲線をスプライン・フィットを用いることによって次のように決定した。

最初に先ず、考慮している全エネルギー区間で微分測定データを収集し、これに対してスプライン・フィッティング曲線を計算する。次にこの曲線から各エネルギー群での無限希釈断面積を計算する。そして次の条件を全てのエネルギー群で満たしたときのスプライン曲線を評価曲線とす

$$\left| \frac{\langle \sigma \rangle_g - \bar{\sigma}_g}{\langle \sigma \rangle_g} \right| \leq \epsilon_g \quad (1)$$

る。(1)式で $\langle \sigma \rangle_g$ はJFS-2のg群における無限希釈断面積、 $\bar{\sigma}_g$ はフィッティング関数から計算した無限希釈断面積、そして ϵ_g は許容誤差である。しかし一般には1回のスプライン・フィッティングによっては全エネルギー群で(1)式は満足されない。この場合、微分データ $\sigma(E_i)$ に対して次のような便宜的な修正を行う。

$$\sigma'(E_i) = \sigma(E_i) + \Delta \sigma_g, \quad E_{g+1} \leq E_i \leq E_g \quad (2)$$

$$\Delta \sigma_g = \langle \sigma \rangle_g - \bar{\sigma}_g \quad (3)$$

そして新しい修正微分データ σ' に対して新しくスプライン・フィッティングを行い、各群で平均断面積を計算し、(1)式の条件を満足するまで繰り返す。

このように微分測定データを変化させることは一般には受け入れにくいと考えられるが、ここでは各群での修正された平均断面積 $\langle \sigma \rangle_g$ に大きな重みがあり、微分データには大きな不確かさが統計的にあると云う立場のもとに断面積曲線の評価を行うわけである。あるエネルギー区間で平均断面積を再現する断面積曲線は原理的に無数に引くことができるわけであるから、その曲線の形を決めるために微分データを利用したと考えてよい。もちろん平均断面積の値が微分データ間の不確かさ(標準偏差)を大きく越えているような場合はこの平均断面積の決定方法に疑問をもつべきである。ここでの方法でもう一つ考慮しなければならないことは、与えられた平均断面積に対するエネルギー区間に十分な微分データ点が存在すれば(1)式を満足する断面積曲線は容易に見い出される。しかし、逆に、そのエネルギー範囲にデータ点が存在しない場合又は非常

に少ないときは(1)式を満足する曲線が簡単に見い出せない場合が生じる。このような場合には微分データ点として平均断面積の値をエネルギー中点に対して考慮することによってスプライン・フィッティングを行った。

2.1 U - 235 の分裂断面積

$^{235}\sigma_f$ の微分測定データとしては Fig. 1 に示すように White⁽⁸⁾, Poenitz⁽⁹⁾, Kappler⁽¹⁰⁾, Szabo et al.⁽¹¹⁾ などの測定値 96 点を考慮した。この図からも分るように測定データ間のばらつきは非常に大きく、評価値の決定が必要なエネルギー領域である。無限希釈断面積は 1.4 MeV から 10 KeV まで JFS-2 セットの 70 群構造で 20 エネルギー群を考慮した。Fig. 1 から分るように JFS-2 の無限希釈断面積は微分データからずれているところは殆んどなく、ばらついた微分データ間の約中間の値を取っている。従ってスプライン・フィッティング曲線も重みによって異なるが、略データ間の中間を通るため条件(1)を満たす断面積曲線は 3 回の繰り返しで見い出された。ここで考慮された許容誤差は $\pm 1\%$ である。Table 1 に JFS-2 セットとスプライン・フィットから計算された無限希釈断面積の値が比較されている。36 KeV から 46.5 KeV で無限希釈断面積の相対誤差が -0.9% 、その他のエネルギー群では 1% よりかなり小さいことが分る。従ってこのスプライン・フィッティングによって、各群で与えられた平均断面積を十分良く再現する滑らかな断面積曲線を得ることができた。ESELEM-4⁽⁷⁾ ライブラリーなどで必要な任意エネルギー点での断面積をこの曲線から求めることができる。

2.2 U - 238 の捕獲断面積

微分測定データとしては Barry et al.⁽¹²⁾, Menlove and Poenitz⁽¹³⁾, Moxon⁽¹⁴⁾, Fricke et al.⁽¹⁵⁾, Silver et al.⁽¹⁶⁾ によって測定された 63 点を考慮した。スプライン・フィッティングの結果は Fig. 2 と Table 2 に種々の微分データ及び JFS-2 の無限希釈断面積の値と比較されている。スプライン・フィッティングによって得られた断面積曲線は 100 KeV 以上では Menlove and Poenitz⁽¹³⁾ の測定データ、100 KeV 以下では Moxon⁽¹⁴⁾ データに近い値となっている。仮定された収束判定条件は $\epsilon = \pm 2\%$ であったが、Table 2 から分るように多数の群で無限希釈断面積の JFS-2 と計算値間の差は 1% 以下となっている。

2.3 Pu - 239 の分裂断面積

微分測定データ値として 1.4 MeV から 10 KeV のエネルギー範囲で Szabo et al.⁽¹¹⁾ など 47 点に対してスプライン・フィッティングを行った。この場合微分データ点が少なく無限希釈断面積の与えられているエネルギー群に測定データ点が含まれないか一点しか存在しない場合が生じる。従ってここでは各エネルギー群での中点を微分データ点として追加しスプライン・フィットを行った。その結果は Fig. 3 と Table 3 に示す。

Fig. 3 から分るように、スプライン曲線は $1 \sim 2$ KeV で変動している。これはこのエネ

ギー区間でのデータ点が不足しているためである。ここでは、3.6 KeV 以上のエネルギー区間について、無限希釈断面積が一定となるように計算しているため、3.6 KeV 以下のスプライン曲線は評価の対象からはずして考えている。Table 3 から分るように 3.6 KeV 以上の各エネルギー群での無限希釈断面積の計算値と JFS-2 の値との差は非常に小さく、エネルギー平均値は良く再現されている。

2.4 U-238 の捕獲断面積と U-235 の分裂断面積比： $^{238}\sigma_c / ^{235}\sigma_f$

この相対比 ($^{238}\sigma_c / ^{235}\sigma_f$) に対する微分測定データは非常に少なく、Poenitz⁽¹⁸⁾ などの 20 数点が存在するだけである。従って無限希釈断面積比の値を各エネルギー群の中心に対して微分データ点として考慮した。これらに対してスプライン・フィッティング計算によって得られた結果が Fig. 5 と Table 5 に示される。この図と表から分るように微分データが少ない場合でも、平均値を各群で十分に再現する滑らかな評価曲線を求めることができる。

2.5 Pu-239 と U-235 の分裂断面積比： $^{239}\sigma_f / ^{235}\sigma_f$

前節 2.1 と 2.3 で計算した $^{235}\sigma_f$ と $^{239}\sigma_f$ の評価曲線からもこれらの相対比 $^{239}\sigma_f / ^{235}\sigma_f$ の曲線を得ることはできるが、ここでは相対比のエネルギー平均値を各群で与えて、条件式(1)を満足する曲線をもとめた。微分データ点としては Fig. 4 に示されを 160 点が用いられた。Table 4 から分るようにエネルギー平均値は各群で非常に良く再現されており、相対誤差は 100 ~ 77.3 KeV の 1.3% を除いては 1% よりかなり小さい。

ここで評価された相対比 $^{239}\sigma_f / ^{235}\sigma_f$ の曲線は Fig. 4 から分るように、微分測定データと比較して 4 KeV から 700 KeV で高めの値となっている。従って各群での平均値が一定の条件を取り除いた結果(計算例として 3.2 節の Fig. 6 に示す)よりも数% 全体に高くなっている。

3. SPLINE-XSコードの使用法

このスプライン・フィッティングコード SPLNE は Horsley et al⁽⁶⁾ によって作成された。計算方法は主として Powell⁽¹⁹⁾ によって発展させられた式に基づいている。3次のスプライン関数は一般に次のように表わされる。

$$S(x) = \sum_{j=0}^3 a_j x^j + \sum_{t=1}^n d_t (x - \xi_t)_+^3 \quad (4)$$

ここで ξ_t は節点であり、添字 "+" は

$$(x - \xi_t)_+ = \begin{cases} 0 & x \leq \xi_t \\ x - \xi_t & x \geq \xi_t \end{cases} \quad (5)$$

を意味する。S(x) の一次導関数 S'(x) は各節点 $\xi_2, \xi_3, \dots, \xi_{n-1}$ で連続であり、 $S''(\xi_1) = S''(\xi_n) = 0$ の条件を附加すれば $\int_{\xi_1}^{\xi_n} [S''(x)]^2 dx$ が最小になる⁽²⁰⁾、即ち内挿曲線の振動を最小にすることができ滑らかな曲線を見出すことが可能である。

今、実験データ $(x_i, y_i, \Delta y_i, i = 1, \dots, I)$ が与えられたとき、我々が必要とするのは次式の自乗和、

$$\sum_{i=1}^I (\Delta y_i)^{-2} [y_i - S(x_i)]^2 \quad (6)$$

を最小にするスプライン関数の係数を決定することである。Powell⁽¹⁹⁾ は(6)式において、解を容易にもとめるために、節点 ξ_t 上で基本スプライン関数⁽²¹⁾ $Q_\ell(x)$ を用いて、次の自乗和を最

$$Q_\ell(x) = \sum_{r=0}^4 \left\{ 4(\xi_{\ell+r} - x)_+^3 \frac{\prod_{r'=0}^4 (\xi_{\ell+r'} - \xi_{\ell+r})}{r! r'} \right\} \quad (7)$$

小にする基本スプライン係数 λ_ℓ を求める問題とした。

$$\sum_{i=1}^I (\Delta y_i)^{-2} \left\{ y_i - \sum_{\ell=1}^{n-4} \lambda_\ell Q_\ell(x_i) \right\}^2 \quad (8)$$

しかし我々が核データの不確かさを論じる場合、測定データが測定者の違いによって生じる統計的不確かさが特に問題となる。従ってこのような場合、実験データは $(x_{ik}, y_{ik}, \Delta y_{ik}, \Sigma_k)$ でもって表示される。ここで、添字 "ik" はデータ・セット k における i 番目の測定データを意味する。 Σ_k は各データ・セットのバイアス・ファクター b_k に対して評価者によって決められる重みである。即ちこの Σ_k が測定データ・セットに対する信頼性の度合を表わす。この統計モデルは $y_{ik} - S(x_{ik})$ が平均値 b_k のまわりに Δy_{ik} の標準偏差でもってガウス分布して

いると考えることができる。従って次の自乗和を最小にするような $S(x)$ をもとめる問題に帰着する。

$$\sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta y_{ik})^{-2} \{y_{ik} - b_k - S(x_{ik})\}^2 + \sum_{k=1}^k (b_k^2 / \sum_k^2) \quad (9)$$

ここで b_k は次のような平均量として考えられてよい。

$$\bar{b}_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} (\Delta y_{ik})^{-2} \{y_{ik} - S(x_{ik})\}}{\sum_{i=1}^{n_k} (\Delta y_{ik})^{-2} + \sum_k^{-2}} \quad (10)$$

(9)式を解くようにプログラムされたものが SPLINE コードあり、この SPLINE コードは原研計算センターの中村氏によって FACOM-230/60 (FORTRAN-D) に書きかえられ、ディスプレイが使用できるように改良された。ここでは FACOM 230/60 用のコードを 230/75 FORTRAN-H に書き換え、第2章で述べた如く各エネルギー群での平均断面積が一定になるような計算ができるように改良した。現在、平均断面積としては次の3つの重みづけが考慮されている。

$$\langle \sigma_x \rangle = \int_{\Delta E} \sigma_x(E) dE / \int_{\Delta E} dE \quad (11)$$

$$\langle \sigma_x \rangle = \int_{\Delta E} \sigma_x(E) \frac{dE}{E} / \int_{\Delta E} \frac{1}{E} dE \quad (12)$$

$$\langle \sigma_x \rangle = \int_{\Delta E} \sigma_x(E) M(E) dE / \int_{\Delta E} M(E) dE, M(E) = \sqrt{E} e^{-E/T} \quad (13)$$

ここで ΔE は平均するエネルギー区間、 T は nuclear temperature (eV) である。

3.1 入力形式

#1 TITLE (20A4) タイトルカード

#2 (5I5)

MD = データ点の最大数

NGR = データ・セットの最大数

ND = node (節) 点の最大数

#3 (6I6)

ISTAT = 0 Error matrix のプリント省略

IPRNT = 0 入力データをプリント

= 1 入力データのプリントを省略する

ITYPE = 1 入力データで測定誤差が $\Delta y = 0$ の場合、 $\Delta y = XPER * y * 0.01$ とする。

ここで y は測定値、XPER は #11 で入力する。

= 0 $\Delta y \neq 0$

- ILGWD = 0 ILG=1 のとき, x, y 両方に対し対数をとる。
 = 1 ILG=1 のとき, x に対し対数をとる。
 ILG = 0 データを入力のままの形でスプラインフィットする。
 = 1 データの対数に対して spline fit する
 IPUNCH = 0 任意の x の値に対する y(x) を計算しない。
 = 1 # 22 で与える x に対する y(x) を計算する。

4 (I 6)

- IJGD = 999 # 10 に飛ぶ
 ≠ 999 # 5 ~ # 9 までの平均断面積の計算ルーチンに入る。

5 (5 I 6)

- NEG = 与える平均断面積の群数 + 1
 ICOND = 1 $y'_i = y_i + \Delta \sigma_g$, 全ての観測値 y_i が y'_i に変化させられる。
 = 2 $y'_i = y_i + \Delta \sigma_g$, 特定のエネルギー群 g に属する y_i だけが変化させられる。
 ここで $\Delta \sigma_g = \langle \sigma \rangle_g - \tilde{\sigma}_g$, $\tilde{\sigma}_g$ はスプライン曲線から計算された平均断面積である。
 NDEL 平均断面積計算のための各群での分割点数で積分は台形公式でなされる。
 NITER $|(\langle \sigma \rangle_g - \tilde{\sigma}_g) / \langle \sigma \rangle_g| \leq \epsilon_g$ が各群で満されるまでのスプラインフィットを行う繰り返し回数でゼロのときは10にセットされる。
 IKINO 平均断面積の計算法

$$= 1 \quad \int_{\Delta E} \sigma(E) dE / \int_{\Delta E} dE$$

$$= 2 \quad \int_{\Delta E} \sigma(E) \frac{dE}{E} / \int_{\Delta E} \frac{dE}{E}$$

$$= 3 \quad \int_{\Delta E} \sigma(E) M(E) dE / \int_{\Delta E} M(E) dE$$

6 (E 11.5, 5 E 12.5)

(EG(I), I=1, NEG) 平均断面積計算のためのエネルギー境界値で高い値から入力する。

7 (E 11.5, 5 E 12.5)

(SGIP(I), I=1, NEG-1) # 6 で入力した各エネルギー群での平均断面積の値

8 (E 11.5, 5 E 12.5)

(EPSG(I), I=1, NEG-1) # 6 で入力した各エネルギー群での

$$\epsilon_g : \left| \frac{\langle \sigma \rangle_g - \tilde{\sigma}_g}{\langle \sigma \rangle_g} \right| \leq \epsilon_g$$

なる相対許容誤差

9 (E 11.5) IKIND=3 のときのみ核温度 T (eV) を入力する。

- # 10 (12 I 6)
 NG 実験データセット数
 (NK(I), I=1, NG) 各セット I でのデータ数
- # 11 (2 E 11.5)
 EMIN スプラインフィットで考慮する E_i の最小値
 EMAX スプラインフィットで考慮する E_i の最大値
 次の# 11, 12 は NG 回繰り返えす
- # 12 (I 6, F 6.2)
 IRAP データセットに対する Reference number
 XPER $\Delta y = 0$ のとき $\Delta y = \text{XPER} * y * 0.01$ で計算される。
- # 13 (E 11.5, 11 X, 2 E 12.5)
 J = 1, NK(I)
 XD(J) データ点 x_i の値
 YD(J) データ点 y_i の値
 WD(J) Δy_i
- # 14 (I 6)
 INO node 数の変化の回数で# 15 ~ # 25 まで INO 回繰り返す
- # 15 (I 6)
 NODE 節点 (node) の数
- # 16 (E 11.5, 5 E 12.5)
 (XN(I), I=1, NODE) 節点 x_n の値
- # 17 (F 11.8)
 THETA = 0.0 を入力 (現在未使用, ブランクカードを入れる)
- # 18 (I 6)
 ITER データセットに対する重みの変化の回数で# 19 ~ # 25 まで ITER 回繰り返す。
- # 19 (6 E 12.4)
 (SD(I), I=1, NG) 各実験データセットに対する重み
- # 20 (2 A 8, 4 X, A 8, 2 X, A 8)
 TITLE プロッターのタイトル
 XID x 軸のタイトル
 YID y 軸のタイトル
- # 21 (I 4, 4 E 12.5)
 I TYP = 0 x 軸: linear, y 軸: linear
 = 1 : log : linear
 = 2 : linear : log
 = 3 : log : log
 XLOW プロットデータ点 x_i の最小値
 XHIGH プロットデータ点 x_i の最大値

- XMIN x 軸標の下界値
 XMAX x 軸標の上界値
- # 22 (3 (I 5, 4 F 5.1))
- INDA プロットするデータの種類
 = 0 なし
 = 1 x_i, y_i
 = 2 $x_i, y_i, \Delta y_i$
 = 3 x_i, y_i, x_n (node point)
 = 4 $x_i, y_i, x_n, \Delta y_i$
 = 5 x_i, y_i , spline curve
 = 6 $x_i, y_i, \Delta y_i$, spline curve
 = 7 $x_i, y_i, \Delta y_i, x_n$, spline curve
- XGRID, YGRID : x 軸, y 軸に対する grid line 引く度合
 = 0.0 x 軸と y 軸のみ
 = 1.0 主な点での線を引く
 = 2.0, 5.0 主な grid line 間を更に分割して線を引く。
- WIDX プロットする x 軸の長さ (cm)
 WIDY プロットする y 軸の長さ (cm)
- # 23 (I 11)
- IP = 0, 1 データをプロットするときの Symbol mark は前の入力データを使う。
 = 2 #24 で新しく入力する
- # 24 (12 I 6) (ITAB(I), ISYM(I), I=1, 20)
- ITAB データセットの reference number
 ISYM symbol plot mark : = 0なし, 1.....○, 2.....△, 3.....+,
 4.....×, 5.....◇, 6.....↑, 7.....×, 8.....Z, 9.....Y, 10.....X,
 11.....*
- # 25 (12 I 6)
- NU = 1 与えられた x_i に対する spline fitting の値 y_i をプリントする。
 = 2 x_i, y_i をカード出力する (E 11.5, 5 E 12.5)
- NPP 与える x_i のセット数
 (IOPT(I), I=1, NPP)
 = 1 $x_1, \Delta x, x_N$ を入力 (E 11.5, 2 E 12.5), Δx 間隔で y が計算される。
 = 2 データ数 N と $x_i, i=1, N$ を (I 6 / (E 11.5, 5 E 12.5)) で入力する。
 ここで入力する x_i の値は $M_{in}(x_n) \leq x_i, \dots, x_n \leq M_{ax}(x_n)$ の範囲でなければ
 ならない。
- # 26 (I 5)
- TITMA (I) = 9999 のとき計算終了
 ≠ 9999 # 2 から入力を繰り返す

3.2 計算例と出力形式

計算例として2.5節で述べた ^{239}Pu と ^{235}U の分裂断面積の比についての場合を示す。但し各エネルギー群で断面積比の平均値を一定にする条件を考慮しない結果を示す。その場合の入力データをTable 6に与えてあるが、入力データとしては平均値をサーチするようになっているが、許容誤差が±100%としてあり、平均値をサーチしないことと同等になる。節点はFig. 6からも分るようにデータの変動の激しい点に対して多く与え、16点を考慮した。出力の結果の主な部分をTable 7として示す。

Fig. 6とTable 7の最後の相対比の平均値を比較した表と2.5節のFig. 4及びTable 4とを比較して分るように、JFS-2の値は微分データに対するスプライン・フィッティングの結果よりも第1群(1.4 MeV - 1.1 MeV)を除いて数%大きくなっている。

4. 結 論

核データのもつ不確かさが大きい現状においては、積分データから核データ評価へのフィードバックが、ベンチマーク・テスト、感度解析法や最小自乗法による群定数修正法を用いて盛んに研究されている。この実状を踏まえた場合、ここでの方法は、評価群定数に矛盾しない一つの滑らかな断面積の評価曲線を見出すことができ、大変有用であると考えられる。又、この評価値を用いることによって70群や25群定数と矛盾のない断面積を用いた多数群(～2000群)のスペクトル計算を行うことができる。

3.2 計算例と出力形式

計算例として2.5節で述べた ^{239}Pu と ^{235}U の分裂断面積の比についての場合を示す。但し各エネルギー群で断面積比の平均値を一定にする条件を考慮しない結果を示す。その場合の入力データをTable 6に与えてあるが、入力データとしては平均値をサーチするようになっているが、許容誤差が $\pm 100\%$ としてあり、平均値をサーチしないことと同等になる。節点はFig. 6からも分るようにデータの変動の激しい点に対して多く与え、16点を考慮した。出力の結果の主な部分をTable 7として示す。

Fig. 6とTable 7の最後の相対比の平均値を比較した表と2.5節のFig. 4及びTable 4とを比較して分るように、JFS-2の値は微分データに対するスプライン・フィッティングの結果よりも第1群(1.4 MeV - 1.1 MeV)を除いて数%大きくなっている。

4. 結 論

核データのもつ不確かさが大きい現状においては、積分データから核データ評価へのフィードバックが、ベンチマーク・テスト、感度解析法や最小自乗法による群定数修正法を用いて盛んに研究されている。この実状を踏まえた場合、ここでの方法は、評価群定数に矛盾しない一つの滑らかな断面積の評価曲線を見い出すことができ、大変有用であると考えられる。又、この評価値を用いることによって70群や25群定数と矛盾のない断面積を用いた多数群(~ 2000 群)のスペクトル計算を行うことができる。

Table 1 Comparison of infinitely dilute fission cross sections of ^{235}U

ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT) $\langle \sigma_f \rangle$	SIGMA (CALC.) σ_f	RELATIVE DIFF.
1.40E+06	1.24320E+00	1.24001E+00	2.568E-03
1.10E+06	1.17250E+00	1.17390E+00	-1.190E-03
8.00E+05	1.12600E+00	1.12860E+00	-2.306E-03
6.30E+05	1.14990E+00	1.14852E+00	1.199E-03
5.00E+05	1.18350E+00	1.19059E+00	-5.990E-03
4.00E+05	1.24510E+00	1.24501E+00	7.446E-05
3.10E+05	1.29920E+00	1.30306E+00	-2.972E-03
2.50E+05	1.35520E+00	1.35600E+00	-5.911E-04
2.00E+05	1.42390E+00	1.42761E+00	-2.605E-03
1.50E+05	1.51480E+00	1.51417E+00	4.158E-04
1.20E+05	1.54600E+00	1.54970E+00	-2.391E-03
1.00E+05	1.62310E+00	1.62700E+00	-2.401E-03
7.73E+04	1.76950E+00	1.78046E+00	-6.192E-03
5.98E+04	1.85590E+00	1.84765E+00	4.443E-03
4.65E+04	1.92560E+00	1.94267E+00	-8.863E-03
3.60E+04	2.13210E+00	2.11669E+00	7.226E-03
2.76E+04	2.32790E+00	2.32052E+00	3.172E-03
2.15E+04	2.45950E+00	2.47252E+00	-5.213E-03
1.66E+04	2.57890E+00	2.57965E+00	-2.921E-04
1.29E+04	2.80080E+00	2.79869E+00	7.520E-04

Table 2 Comparison of infinitely dilute capture cross sections of ^{238}U

ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT) $\langle\sigma_c\rangle_{\text{eff}}$	SIGMA (CALC.)	RELATIVE DIFF.
8.00E+05	1.29370E-01	1.31806E-01	-1.883E-02
6.30E+05	1.23590E-01	1.23678E-01	-7.099E-04
5.00E+05	1.18420E-01	1.19101E-01	-5.753E-03
4.00E+05	1.23750E-01	1.23409E-01	2.758E-03
3.10E+05	1.31830E-01	1.32386E-01	-4.217E-03
2.50E+05	1.41770E-01	1.41697E-01	5.137E-04
2.00E+05	1.51890E-01	1.52823E-01	-6.143E-03
1.50E+05	1.67040E-01	1.67289E-01	-1.488E-03
1.20E+05	1.77570E-01	1.78206E-01	-3.581E-03
1.00E+05	1.93750E-01	1.96692E-01	-1.518E-02
7.73E+04	2.44360E-01	2.46797E-01	-9.974E-03
5.98E+04	3.03800E-01	3.04266E-01	-1.532E-03
4.65E+04	3.47540E-01	3.51536E-01	-1.150E-02
3.60E+04	4.12010E-01	4.09917E-01	5.079E-03
2.78E+04	4.59460E-01	4.64770E-01	-1.156E-02
2.15E+04	5.10400E-01	5.09608E-01	1.552E-03
1.66E+04	5.59020E-01	5.60383E-01	-2.437E-03
1.29E+04	6.19060E-01	6.27169E-01	-1.310E-02
1.00E+04	7.11390E-01	7.07808E-01	5.036E-03
7.73E+03	7.97600E-01	8.07091E-01	-1.190E-02
5.98E+03	9.24250E-01	9.19823E-01	4.789E-03
4.65E+03	1.02730E+00	1.03019E+00	-2.809E-03
3.60E+03			

Table 3 Comparison of infinitely dilute fission cross sections of ^{239}Pu

ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT) $\langle \sigma_f \rangle$	SIGMA (CALC.) $\sigma_{f,0}$	RELATIVE DIFF.
8.00E+05	1.62480E+00	1.62219E+00	1.607E-03
6.30E+05	1.62590E+00	1.62127E+00	2.846E-03
5.00E+05	1.57280E+00	1.58413E+00	-7.203E-03
4.00E+05	1.56850E+00	1.56055E+00	5.071E-03
3.10E+05	1.54370E+00	1.54630E+00	-1.687E-03
2.50E+05	1.53030E+00	1.53591E+00	-3.669E-03
2.00E+05	1.52370E+00	1.52813E+00	-2.910E-03
1.50E+05	1.54050E+00	1.52675E+00	8.925E-03
1.20E+05	1.51560E+00	1.53237E+00	-1.107E-02
1.00E+05	1.55550E+00	1.55620E+00	-4.528E-04
7.73E+04	1.60080E+00	1.59084E+00	6.220E-03
5.98E+04	1.58070E+00	1.58335E+00	-1.678E-03
4.65E+04	1.54990E+00	1.57020E+00	-1.310E-02
3.60E+04	1.63020E+00	1.61817E+00	7.379E-03
2.78E+04	1.74030E+00	1.74352E+00	-1.849E-03
2.15E+04	1.75750E+00	1.75848E+00	-5.577E-04
1.66E+04	1.75870E+00	1.76702E+00	-4.728E-03
1.29E+04	1.85030E+00	1.86091E+00	-5.737E-03
1.00E+04	2.01630E+00	2.02785E+00	-5.728E-03
7.73E+03	2.19760E+00	2.20250E+00	-2.228E-03
5.98E+03	2.38990E+00	2.39201E+00	-8.810E-04
4.65E+03	2.52240E+00	2.53638E+00	-5.543E-03

Table 4 Comparison of relative ratio, $^{239}\sigma_f/^{235}\sigma_f$

ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT)	SIGMA (CALC.)	RELATIVE DIFF.
1,40E+06	1,44250E+00	1,45397E+00	-7,949E-03
1,10E+06	1,44100E+00	1,43403E+00	4,837E-03
8,00E+05	1,44300E+00	1,44265E+00	2,412E-04
6,30E+05	1,41400E+00	1,40204E+00	8,458E-03
5,00E+05	1,32900E+00	1,32916E+00	-1,223E-04
4,00E+05	1,25980E+00	1,25629E+00	2,787E-03
3,10E+05	1,18820E+00	1,18910E+00	-7,561E-04
2,50E+05	1,13170E+00	1,13131E+00	3,406E-04
2,00E+05	1,07000E+00	1,07082E+00	-7,683E-04
1,50E+05	1,01700E+00	1,01804E+00	-1,025E-03
1,20E+05	9,80340E-01	9,81558E-01	-1,242E-03
1,00E+05	9,58350E-01	9,45812E-01	1,308E-02
7,73E+04	9,04630E-01	9,06344E-01	-1,895E-03
5,98E+04			

Table 5 Comparison of relative ratio, $^{238}\sigma_c/^{235}\sigma_f$

ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT)	SIGMA (CALC.)	RELATIVE DIFF.
1,40E+06	9,90000E-02	9,88414E-02	1,602E-03
1,10E+06	1,16000E-01	1,15955E-01	3,870E-04
8,00E+05	1,16000E-01	1,16212E-01	-1,832E-03
6,30E+05	1,08000E-01	1,06668E-01	1,234E-02
5,00E+05	1,00000E-01	1,01011E-01	-1,011E-02
4,00E+05	1,00000E-01	1,00119E-01	-1,188E-03
3,10E+05	1,02000E-01	1,01938E-01	6,070E-04
2,50E+05	1,05000E-01	1,04644E-01	3,393E-03
2,00E+05	1,07000E-01	1,08048E-01	-9,797E-03
1,50E+05	1,12500E-01	1,11252E-01	1,110E-02
1,20E+05	1,15000E-01	1,13564E-01	1,249E-02
1,00E+05	1,19000E-01	1,20515E-01	-1,273E-02
7,73E+04	1,39000E-01	1,40463E-01	-1,053E-02
5,98E+04	1,64000E-01	1,62132E-01	1,139E-02
4,65E+04	1,80000E-01	1,79376E-01	3,465E-03
3,60E+04	1,92000E-01	1,91973E-01	1,381E-04
2,78E+04	1,98000E-01	2,00688E-01	-1,358E-02
2,15E+04			

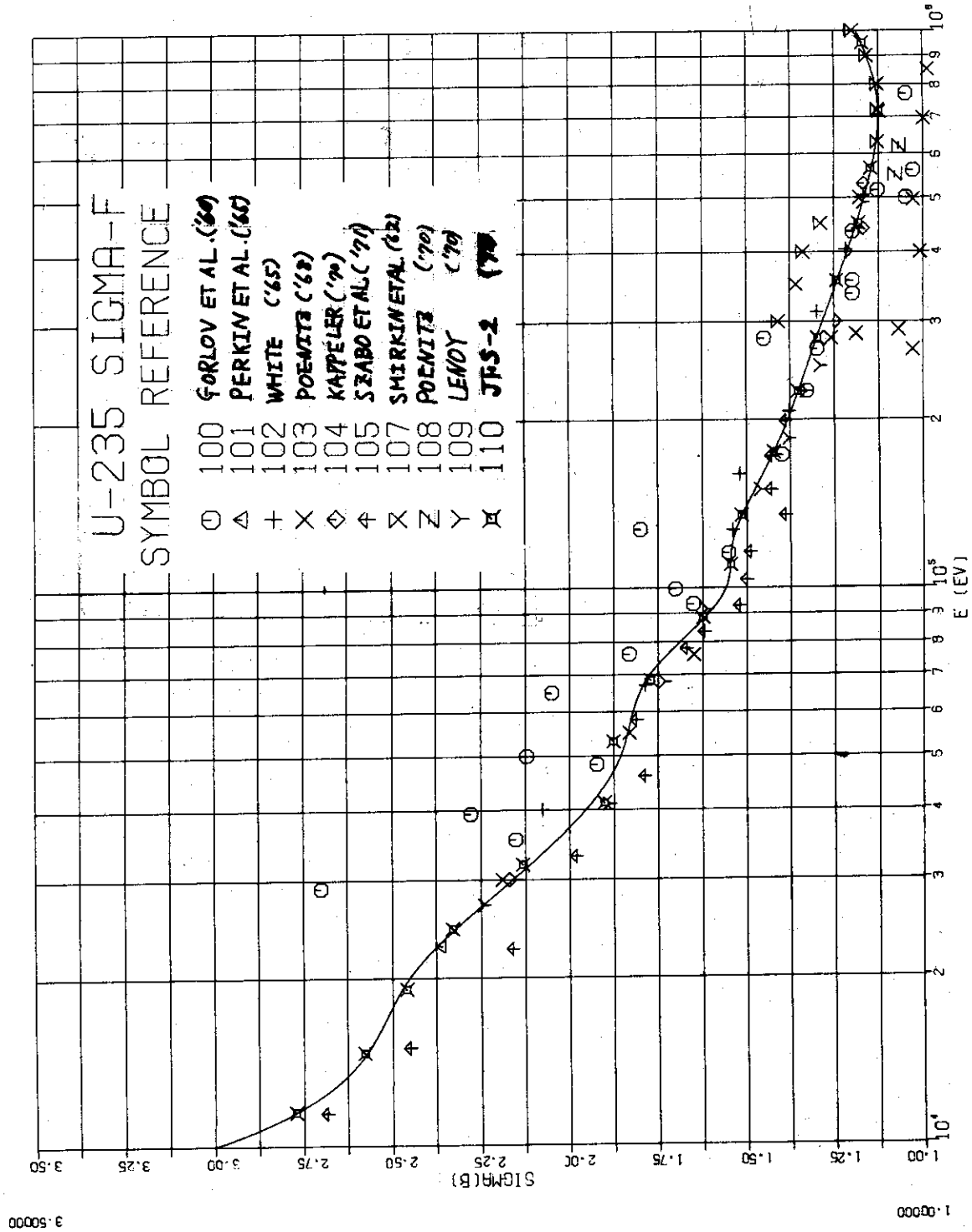


Fig. 1 Cubic spline fit to $^{235}\text{U}(n,f)$ cross section in the energy range 10-1000keV

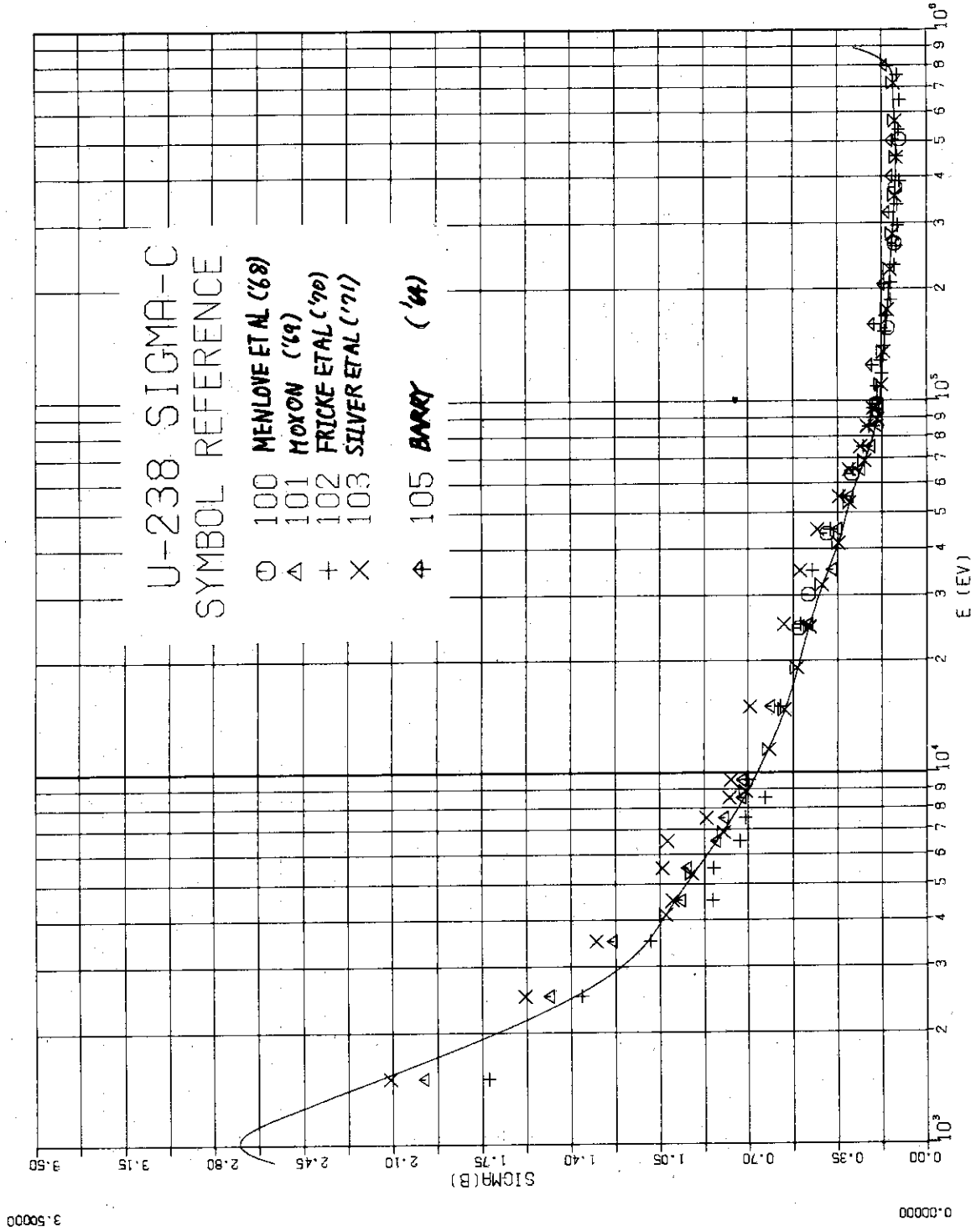


Fig. 2 Cubic spline fit to $^{238}\text{U}(n,\gamma)$ cross section in the energy range 3.6-800keV

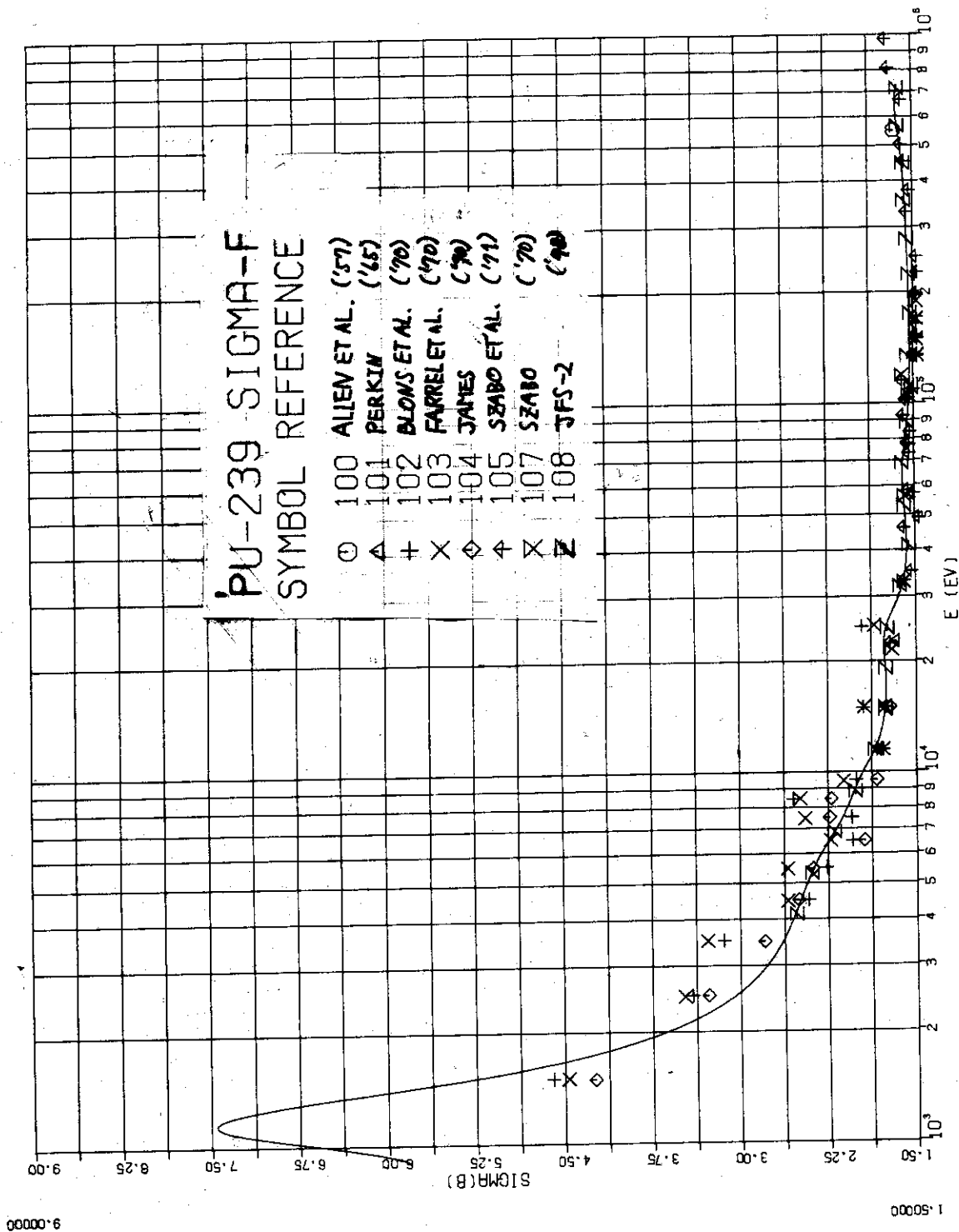


Fig. 3 Cubic spline fit to fission Cross Section of ²³⁹Pu in the energy range 1 MeV-3.6keV

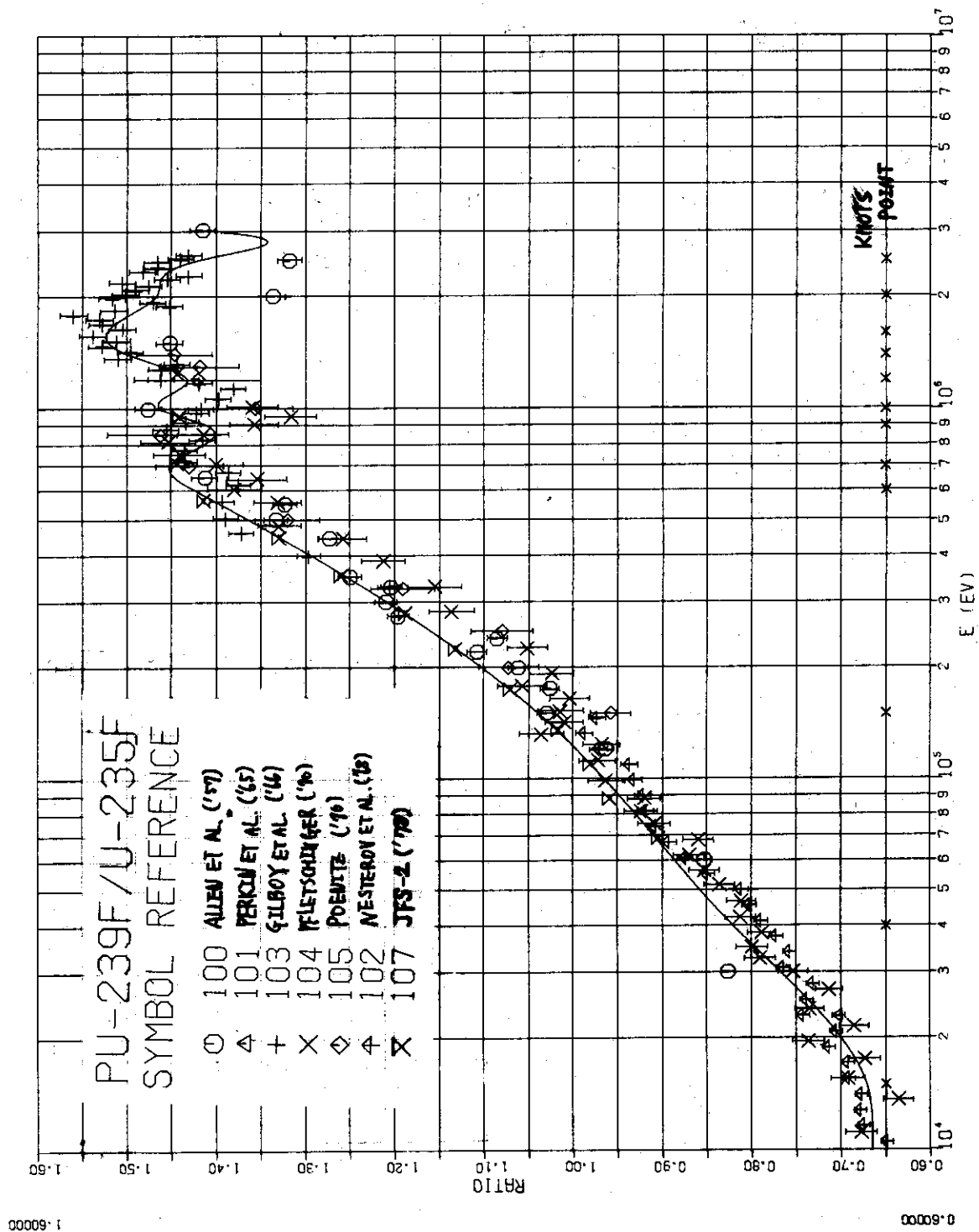


Fig. 4 Cubic spline fit to $^{239}\sigma_f/^{235}\sigma_f$ in the energy range 10-2000keV

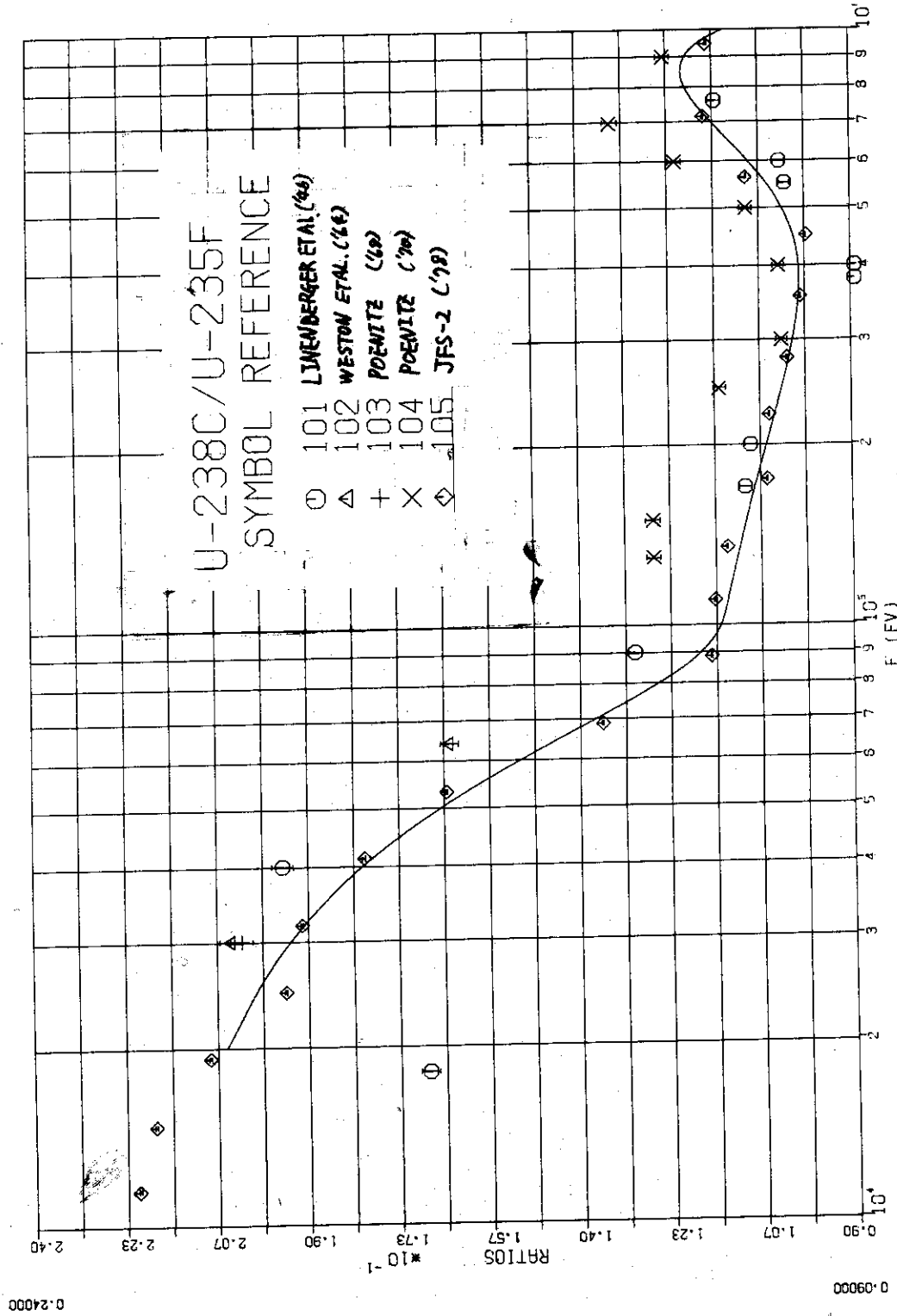


Fig. 5 Cubic spline fit to $^{238}\sigma_c / ^{235}\sigma_f$ in the energy range 20-1000keV

Table 6 Example data

```

*.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
Y No 7.1 C.2 W.1 P.0. PLT
Y67DB
*HLIEDRJM RENAME=J2031.GSPLNFR.PLT.LIB=CALL.GRFD=ON
*DISK F01
*DISK F02
*DISK F03
*DISK F04
*PLOT
*DATA
RELATIVE FISSION RATIOS PU=239/U=235
200 7 16 1 1
1 0 0 1 1 1
14 1 1000 2
1.40+6 1.10+6 8.00+5 6.30+5 5.00+5 4.00+5
3.10+5 2.50+5 2.00+5 1.50+5 1.20+5 1.00+5
7.73+4 5.98+4
1.4425+0 1.4410+0 1.4430+0 1.4140+0 1.3290+0 1.2598+0
1.1882+0 1.1317+0 1.0700+0 1.0170+0 9.8034-1 9.5835-1
9.0463-1
1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
6 21 1 35 44 48 11 13
1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
100
.3000E+050, .8270E+00 .8270E-02 U239/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.6000E+050, .8530E+00 .8530E-02 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.1200E+060, .9640E+00 .9640E-02 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.1500E+060, .1030E+01 .1030E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.1750E+060, .1026E+01 .1026E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2000E+060, .1061E+01 .1061E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2200E+060, .1108E+01 .1108E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2400E+060, .1085E+01 .1085E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2750E+060, .1196E+01 .1196E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.3000E+060, .1210E+01 .1210E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.3300E+060, .1204E+01 .1204E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.3500E+060, .1250E+01 .1250E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.4450E+060, .1273E+01 .1273E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.5000E+060, .1333E+01 .1333E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.5500E+060, .1323E+01 .1323E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.6500E+060, .1412E+01 .1412E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.1000E+070, .1475E+01 .1475E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.1500E+070, .1451E+01 .1451E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2000E+070, .1336E+01 .1336E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.2500E+070, .1317E+01 .1317E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
.3000E+070, .1415E+01 .1415E-01 U239F/U235F.ALLEN ET AL (1957)
101
.2280E+050, .7030E+00 .7030E-02 U239/U235F.PERKIN ET AL (1965)
102
.1461E+060, .9730E+00 .9730E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1325E+060, .9870E+00 .9870E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1202E+060, .9710E+00 .9710E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1090E+060, .9370E+00 .9370E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.9890E+050, .9320E+00 .9320E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.8970E+050, .9220E+00 .9220E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.8130E+050, .9190E+00 .9190E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.7380E+050, .9080E+00 .9080E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.6690E+050, .8930E+00 .8930E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.6070E+050, .8740E+00 .8740E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.5510E+050, .8500E+00 .8500E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.4990E+050, .8120E+00 .8120E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.4530E+050, .8030E+00 .8030E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.4110E+050, .7900E+00 .7900E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.3730E+050, .7730E+00 .7730E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.3380E+050, .7580E+00 .7580E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.3070E+050, .7650E+00 .7650E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.2780E+050, .7320E+00 .7320E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.2520E+050, .7390E+00 .7390E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.2290E+050, .7430E+00 .7430E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.2070E+050, .7060E+00 .7060E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1880E+050, .7140E+00 .7140E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1710E+050, .6930E+00 .6930E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1550E+050, .6920E+00 .6920E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1400E+050, .6780E+00 .6780E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1270E+050, .6790E+00 .6790E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1160E+050, .6750E+00 .6750E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.1050E+050, .6490E+00 .6490E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.9500E+040, .6360E+00 .6360E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.8600E+040, .6460E+00 .6460E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.7800E+040, .7010E+00 .7010E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.7100E+040, .6730E+00 .6730E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.6400E+040, .6250E+00 .6250E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.5800E+040, .6470E+00 .6470E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
.5300E+040, .6160E+00 .6160E-02 U239/U235F.GILBOY ET AL (1966)
103
.3300E+060, .1206E+01 .1206E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.4000E+060, .1296E+01 .1296E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.4600E+060, .1372E+01 .1372E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.5050E+060, .1389E+01 .1389E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.5600E+060, .1393E+01 .1393E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.6200E+060, .1375E+01 .1375E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.6700E+060, .1386E+01 .1386E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.7200E+060, .1435E+01 .1435E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.7700E+060, .1435E+01 .1435E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.8200E+060, .1415E+01 .1415E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.8750E+060, .1455E+01 .1455E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.9200E+060, .1433E+01 .1433E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.9700E+060, .1422E+01 .1422E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1000E+070, .1416E+01 .1416E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1060E+070, .1397E+01 .1397E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1130E+070, .1380E+01 .1380E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1170E+070, .1418E+01 .1418E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1200E+070, .1461E+01 .1461E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1280E+070, .1460E+01 .1460E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1320E+070, .1443E+01 .1443E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1360E+070, .1509E+01 .1509E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1420E+070, .1495E+01 .1495E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1470E+070, .1527E+01 .1527E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1520E+070, .1510E+01 .1510E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1570E+070, .1537E+01 .1537E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)
.1630E+070, .1504E+01 .1504E-01 9F/U5F.NESTEROV ET AL (1968)

```

Table 6 (Continued)

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

.16800E+070,	.15270E+01	.15270E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.17300E+070,	.15300E+01	.15300E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.17800E+070,	.15390E+01	.15390E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.18300E+070,	.15430E+01	.15430E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.18800E+070,	.14510E+01	.14510E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.19300E+070,	.14700E+01	.14700E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.19800E+070,	.15150E+01	.15150E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.20200E+070,	.15010E+01	.15010E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.20800E+070,	.14890E+01	.14890E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.21300E+070,	.14750E+01	.14750E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.21800E+070,	.15040E+01	.15040E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.22200E+070,	.14540E+01	.14540E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.22750E+070,	.14300E+01	.14300E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.23250E+070,	.14820E+01	.14820E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.23900E+070,	.14650E+01	.14650E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.24700E+070,	.14650E+01	.14650E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.25200E+070,	.14390E+01	.14390E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
.25750E+070,	.14300E+01	.14300E-01	9F/USF,NESTEROV ET AL (1968)
104			
.52000E+040,	.71100E+00	.29862E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.82000E+040,	.66300E+00	.19890E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.11100E+050,	.67800E+00	.17628E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.13600E+050,	.63600E+00	.17172E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.15500E+050,	.69300E+00	.18711E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.17500E+050,	.67400E+00	.17524E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.19500E+050,	.73700E+00	.17688E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.21400E+050,	.68600E+00	.16464E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.23800E+050,	.73600E+00	.16192E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.26800E+050,	.71400E+00	.14994E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.30000E+050,	.75400E+00	.16588E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.32600E+050,	.79100E+00	.17402E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.34900E+050,	.80000E+00	.17600E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.38200E+050,	.78900E+00	.15780E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.42000E+050,	.81300E+00	.17073E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.46400E+050,	.81200E+00	.16240E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.51500E+050,	.83600E+00	.16720E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.56200E+050,	.85300E+00	.17040E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.61700E+050,	.87000E+00	.17400E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.67900E+050,	.86000E+00	.17200E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.74100E+050,	.90900E+00	.18160E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.81300E+050,	.92400E+00	.18480E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.88300E+050,	.92000E+00	.18400E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.99100E+050,	.96300E+00	.19260E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.11210E+060,	.97200E+00	.20412E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.12350E+060,	.96800E+00	.21296E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.13210E+060,	.10350E+01	.24840E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.14170E+060,	.10100E+01	.21210E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.15230E+060,	.10140E+01	.25350E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.16420E+060,	.10040E+01	.22088E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.17760E+060,	.10570E+01	.27482E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.19260E+060,	.10240E+01	.24576E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.22600E+060,	.10510E+01	.22071E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.28400E+060,	.11360E+01	.24992E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.33000E+060,	.11550E+01	.30030E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.38900E+060,	.12120E+01	.24240E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.44500E+060,	.12580E+01	.26418E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.48300E+060,	.13290E+01	.23922E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.55700E+060,	.13310E+01	.26620E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.60800E+060,	.13790E+01	.30338E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.64500E+060,	.13540E+01	.33850E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.70600E+060,	.14000E+01	.30800E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.75000E+060,	.14400E+01	.28800E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.81100E+060,	.14530E+01	.30513E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.85000E+060,	.14140E+01	.26280E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.90500E+060,	.13570E+01	.27140E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.95000E+060,	.13160E+01	.28952E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
.10080E+070,	.13590E+01	.28539E-01	9F/USF,PFLETSCHINGER (1970)
105			
.15000E+060,	.95800E+00	.22992E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.20000E+060,	.10720E+01	.33232E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.25000E+060,	.10800E+01	.34560E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.32500E+060,	.11910E+01	.35730E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.50000E+060,	.13200E+01	.35640E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.70000E+060,	.14290E+01	.37184E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.85000E+060,	.14610E+01	.39901E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.10000E+070,	.13560E+01	.42036E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.12000E+070,	.14200E+01	.71000E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.13000E+070,	.14180E+01	.43958E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)
.14000E+070,	.14460E+01	.41934E-01	U239F/U235F,POENITZ (1970)

16					
1.0+3	6.0+3	1.0+4	1.5+4	4.0+4	1.5+5
6.0+5	1.0+6	1.4+6	2.5+6	1.0+7	7.0+5
9.0+5	1.2+6	1.6+6	2.0+6		
0.					
1	0.	0.	0.	0.	0.
PU=239F/U=235F	E (EV)	RATIO			
1 10000.0	3.0	E 06 10000.0	1.0	E 07	
7 1.0	1.0	25.0	20.0		
2					
100	1	101	2	103	3
					104
					4
					105
					5
					102
					6
1	1	2			
70					
5.0+3	5.5+3	6.0+3	6.5+3	7.0+3	7.5+3
8.0+3	8.5+3	9.0+3	9.5+3	1.0+4	1.2+4
1.4+4	1.6+4	1.8+4	2.0+4	2.2+4	2.4+4
2.6+4	2.8+4	3.0+4	3.5+4	4.0+4	4.5+4
5.0+4	5.5+4	6.0+4	6.5+4	7.0+4	8.0+4
9.0+4	1.0+5	1.2+5	1.4+5	1.6+5	1.8+5
2.0+5	2.2+5	2.4+5	2.6+5	2.8+5	3.0+5
3.5+5	4.5+5	5.0+5	5.5+5	6.0+5	6.5+5
7.0+5	7.5+5	8.0+5	8.5+5	9.0+5	9.5+5
1.0+6	1.1+6	1.2+6	1.3+6	1.4+6	1.5+6
1.7+6	1.8+6	1.9+6	2.0+6	2.2+6	2.4+6
2.6+6	2.8+6	3.0+6	3.5+6		

9999

Table 7 Output example

```

RELATIVE FISSION RATIOS PU-239/U-235
  MD   NGR   ND   NGRAP LPLOT
  200   7   16    1     1
DATA STARTS IN DECIMAL LOCATION REAL*8 = 5275   INTEGER = 2364

  ISTAT IPRNT ITYPE ILGWD  ILG  IPUNCH
    1    0    0    1    1    1
*****
[COND   MESH NUM.   ITER. TIMES   INTEGR
  1      1000        10         2
.59800E+05 0.77300E+05 0.10000E+06 0.12000E+06 0.15000E+06 0.20000E+06
.25000E+06 0.31000E+06 0.40000E+06 0.50000E+06 0.63000E+06 0.80000E+06
.11000E+07 0.14000E+07
.90463E+00 0.95835E+00 0.98034E+00 0.10170E+01 0.10700E+01 0.11317E+01
.11882E+01 0.12598E+01 0.13290E+01 0.14140E+01 0.14430E+01 0.14410E+01
.14425E+01
.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01
.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01 0.10000E+01
.10000E+01
THE NUMBER OF GROUPS AND THE NUMBER OF POINTS IN EACH GROUP FOLLOW:
  6   21   1   35   44   48   11
  EMIN      EMAX
0.10000E+04 0.10000E+08
TIME FOR POINT INPUT = 0.0
INC= 1
NUMBER OF NODES= 16 AND ARE.
0.10000E+04 0.60000E+04 0.10000E+05 0.15000E+05 0.40000E+05 0.15000E+06 0.60000E+06 0.70000E+06
0.90000E+06 0.10000E+07 0.12000E+07 0.14000E+07 0.16000E+07 0.20000E+07 0.25000E+07 0.10000E+08
THETA= 0.0
ITER= 0
THE STANDARD DEVIATIONS ARE.
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
CONVERGENCE CHECK,1=NOT,-1=YES
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
THE GRAPH PLOTTING SPECIFICATIONS FOLLOW.
PU-239F/U-235F      XID=E (EV)      YID= RATIO
ITYP      KLOW      XHIGH
  1      0.10000E+05 0.30000E+07 0.10000E+05 0.10000E+08
THE VALUES OF INDA AND XGRID AND YGRID FOLLOW.
  7  1.0  1.0  25.0  20.0
IP= 2
THE REFERENCE NUMBERS AND THE PLOTTING SYMBOLS ARE.
100  1  101  2  103  3  104  4  105  5  102  6
  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
THE VALUES OF NU THE PRINT AND/OR PUNCH INDICATOR, THE TOTAL NUMBER OF OPTIONS AND THE OPTIONS FOLLOW.
  1  1  2
THE INTERPOLATED VALUES OF THE SPLINE FOLLOW IN PAIRS OF X AND Y.
0.5000E+04 0.6341E+00 0.5500E+04 0.6238E+00 0.6000E+04 0.6407E+00 0.6500E+04 0.6537E+00 0.7000E+04 0.6603E+00
0.7500E+04 0.6628E+00 0.8000E+04 0.6630E+00 0.8500E+04 0.6619E+00 0.9000E+04 0.6604E+00 0.9500E+04 0.6592E+00
0.1000E+05 0.6586E+00 0.1200E+05 0.6632E+00 0.1400E+05 0.6673E+00 0.1600E+05 0.6859E+00 0.1800E+05 0.6981E+00
0.2000E+05 0.7100E+00 0.2200E+05 0.7215E+00 0.2400E+05 0.7324E+00 0.2600E+05 0.7428E+00 0.2800E+05 0.7526E+00
0.3000E+05 0.7619E+00 0.3500E+05 0.7829E+00 0.4000E+05 0.8011E+00 0.4500E+05 0.8170E+00 0.5000E+05 0.8312E+00
0.5500E+05 0.8440E+00 0.6000E+05 0.8560E+00 0.6500E+05 0.8671E+00 0.7000E+05 0.8777E+00 0.8000E+05 0.8974E+00
0.9000E+05 0.9157E+00 0.1000E+06 0.9330E+00 0.1200E+06 0.9654E+00 0.1400E+06 0.9957E+00 0.1600E+06 0.1024E+01
0.1800E+06 0.1052E+01 0.2000E+06 0.1077E+01 0.2200E+06 0.1101E+01 0.2400E+06 0.1124E+01 0.2600E+06 0.1146E+01
0.2800E+06 0.1166E+01 0.3000E+06 0.1185E+01 0.3500E+06 0.1229E+01 0.4500E+06 0.1301E+01 0.5000E+06 0.1331E+01
0.5500E+06 0.1359E+01 0.6000E+06 0.1383E+01 0.6500E+06 0.1405E+01 0.7000E+06 0.1421E+01 0.7500E+06 0.1431E+01
0.8000E+06 0.1434E+01 0.8500E+06 0.1432E+01 0.9000E+06 0.1427E+01 0.9500E+06 0.1419E+01 0.1000E+07 0.1412E+01
0.1100E+07 0.1413E+01 0.1200E+07 0.1429E+01 0.1300E+07 0.1454E+01 0.1400E+07 0.1484E+01 0.1500E+07 0.1513E+01
0.1700E+07 0.1518E+01 0.1800E+07 0.1499E+01 0.1900E+07 0.1478E+01 0.2000E+07 0.1465E+01 0.2200E+07 0.1462E+01
0.2400E+07 0.1446E+01 0.2600E+07 0.1382E+01 0.2800E+07 0.1333E+01 0.3000E+07 0.1415E+01 0.3500E+07 0.2609E+01

      XD      YD (INPUT)      YD (REVISED)      Y
3.00000E+04  8.27000E-01  8.27000E-01  7.61922E-01
6.00000E+04  8.53000E-01  8.53000E-01  8.55958E-01
1.20000E+05  9.64000E-01  9.64000E-01  9.65430E-01
1.50000E+05  1.03000E+00  1.03000E+00  1.01020E+00
1.75000E+05  1.02600E+00  1.02600E+00  1.04491E+00
2.00000E+05  1.06100E+00  1.06100E+00  1.07726E+00
2.20000E+05  1.10800E+00  1.10800E+00  1.10147E+00
2.40000E+05  1.08500E+00  1.08500E+00  1.12427E+00
2.75000E+05  1.19600E+00  1.19600E+00  1.16108E+00
3.00000E+05  1.21000E+00  1.21000E+00  1.18520E+00
3.30000E+05  1.20400E+00  1.20400E+00  1.21204E+00
3.50000E+05  1.25000E+00  1.25000E+00  1.22878E+00
4.45000E+05  1.27300E+00  1.27300E+00  1.29783E+00
5.00000E+05  1.33300E+00  1.33300E+00  1.33139E+00
5.50000E+05  1.32300E+00  1.32300E+00  1.35866E+00
6.50000E+05  1.41200E+00  1.41200E+00  1.40504E+00
1.00000E+06  1.47500E+00  1.47500E+00  1.41239E+00
1.50000E+06  1.45100E+00  1.45100E+00  1.51254E+00

```

JAERI-M 8030

Table 7 (Continued)

2,00000E+05	1,07200E+00	1,07200E+00	1,07726E+00
2,50000E+05	1,08000E+00	1,08000E+00	1,13517E+00
3,25000E+05	1,19100E+00	1,19100E+00	1,20772E+00
5,00000E+05	1,32000E+00	1,32000E+00	1,33139E+00
7,00000E+05	1,42900E+00	1,42900E+00	1,42130E+00
8,50000E+05	1,46100E+00	1,46100E+00	1,43226E+00
1,00000E+06	1,35600E+00	1,35600E+00	1,41239E+00
1,20000E+06	1,42000E+00	1,42000E+00	1,42870E+00
1,30000E+06	1,41800E+00	1,41800E+00	1,45369E+00
1,40000E+06	1,44600E+00	1,44600E+00	1,48365E+00
THE NUMBER OF ENERGY GROUPS			
13			
ENERGY GROUP	SIGMA (INPUT)	SIGMA (CALC.)	RELATIVE DIFF.
1,40E+06	1,44250E+00	1,44302E+00	-3,578E-04
1,10E+06	1,44100E+00	1,42290E+00	1,256E-02
8,00E+05	1,44300E+00	1,42224E+00	1,438E-02
6,30E+05	1,41400E+00	1,36571E+00	3,415E-02
5,00E+05	1,32900E+00	1,30056E+00	2,140E-02
4,00E+05	1,25980E+00	1,23183E+00	2,220E-02
3,10E+05	1,18820E+00	1,16573E+00	1,891E-02
2,50E+05	1,13170E+00	1,10697E+00	2,185E-02
2,00E+05	1,07000E+00	1,04396E+00	2,433E-02
1,50E+05	1,01700E+00	9,88292E-01	2,823E-02
1,20E+05	9,80340E-01	9,49906E-01	3,104E-02
1,00E+05	9,58350E-01	9,13139E-01	4,718E-02
7,73E+04	9,04630E-01	8,74497E-01	3,331E-02
5,98E+04			
TOTAL TIME TAKEN =	0,500000E-01		
JOB COMPLETED.			

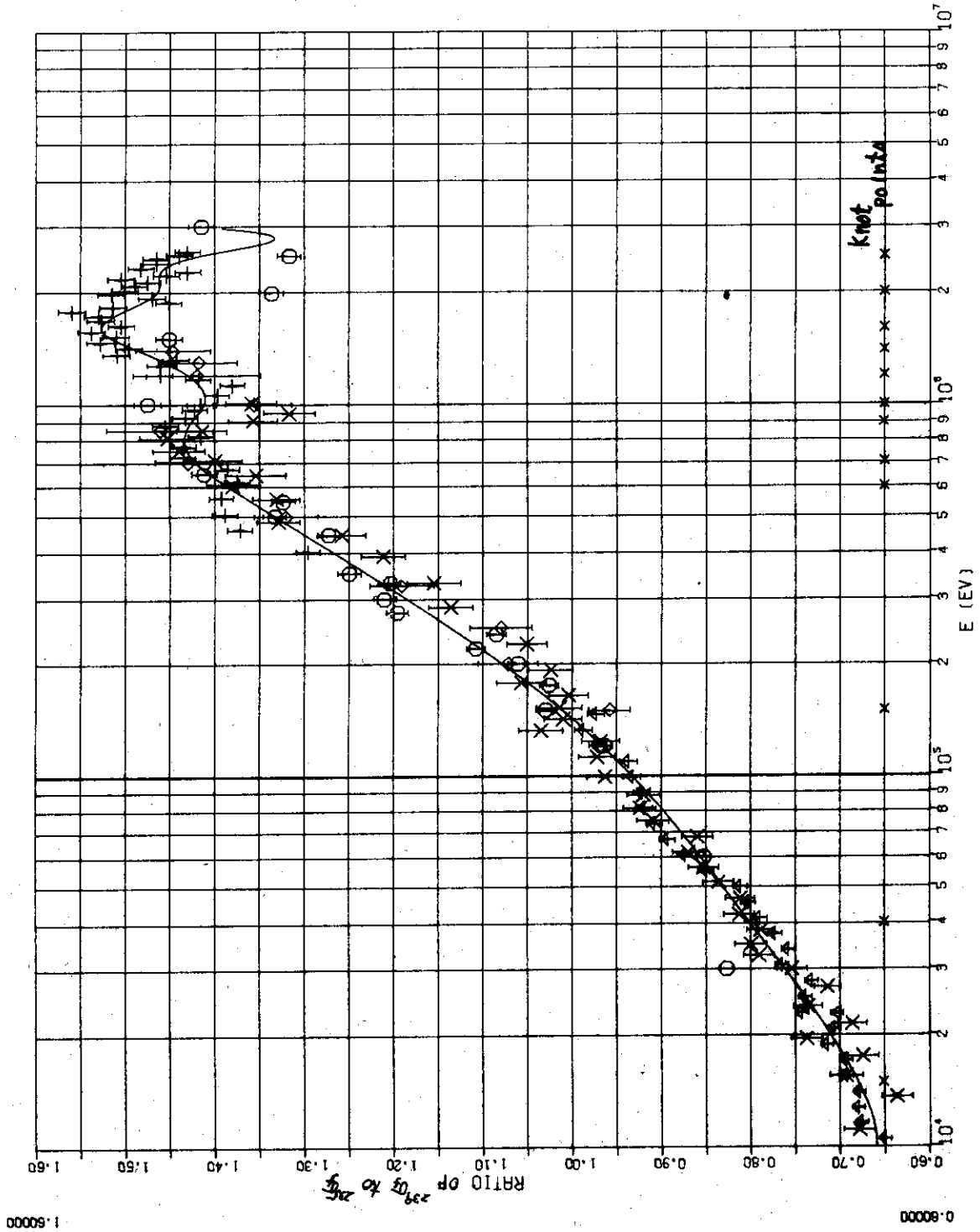


Fig. 6 Cubic spline fit performed with the example data of $^{239}\sigma_f/^{235}\sigma_f$ in the energy range 10-2000 keV

参考文献

- (1) 長谷川明, 高野秀機, 中川正幸, : 核データと高速炉系におけるベンチマーク・テスト, 日本原子力学会誌, Vol. 19, No. 8, p 508 ~ 519 (1977).
- (2) MITANI, H., KUROI, H.: J. Nucl. Sci. Technol., 7[1], 56~59 (1970): 9[7], 383~394 (1972)
- (3) TAKANO, H., HASEGAWA, A., NAKAGAWA, M., ISHIGURO, Y., KATSURAGI, S.: JAERI 1255 (1978)
- (4) 長谷川明, 桂木学: JAERI-M 5536 (1974).
- (5) MCKNIGHT, R.D., et. al.: Conf. on Advanced Reactor Physics Design and Economics, p.620 (1975)
- (6) HORSLEY, A., et. al.: Nucl. Inst. Meth. 62, 29~42 (1968)
- (7) NAKAGAWA, M., KATSURAGI, S.: JAERI 1245 (1976)
- (8) WHITE, P.G.: Jour. Nucl. Ener. A/B, 19, 325 (1965)
- (9) POENITZ, W.P.: Neutron Cross Section and Technology, Proceedings of a Conference, Washington, D.C., March 4-7, 1968, NBS Special Publication 299, Vol.1, p.50 3 (1968)
- (10) KAPPLER, F.: KFK1313 (1970)
- (11) SZABO, I. et al.: ^{235}U Fission Cross Section from 10 keV to 200 keV, Third Conference on Neutron Cross Sections and Technology Knoxville, 15-17 March, 1971, p.573 (1971)
- (12) Barrey, Y.F., et al.: J. Nucl. Energy A/B, 18, 481 (1964)
- (13) MENLOVE, H.O., POENITZ, W.P.: Nucl. Sci. Eng., 33, 24 (1968)
- (14) MOXON, M.C.: AERE-R-6074 (1968)
- (15) FRICKE, M.P., et al.: Nuclear Data for Reactors, Conf. Proc., Helsinki, 15-19 June 1970, Vol.2, p.265, IAEA, Vienna, (1970)
- (16) SILVER, E.G., et al.: Neutron Cross Sections and Technology, Conf. Proc., Knoxville, 15-17 March 1971, Vol.2, p.728 (1971)
- (17) POENITZ, W.P.: Nucl. Sci. Eng., 40, 383, (1970)
- (18) POWELL, M.J.D.: SIAM J. Numer. Anal., Vol.6, No.3, 1969
- (19) HOLLADAY, J.C.: Math. Tables aids Comp. 11, 233 (1957)
- (20) CURRY, H.B., SCHOENBERG, I.J.: The fundamental spline functions and their limits, Tech. Summary Rep. 567, Mathe. Research Center, Wisconsin, 1965