

熱中性子断面積の評価

1971年1月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

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

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

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

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

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

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

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

熱中性子断面積の評価

要 旨

JNDC セット, UK ファイル, ENDF ファイルに含まれるデータのうち, 熱中性子領域の一次元データを取り出して, ENDF/A format で編集した. これらを多群計算に使用するためのプロセスプログラムを作成した. 元のライブラリー間のデータの比較を行なった結果, JNDC セットのうちの, いくつかのデータは評価の新しいデータに比べて, 差が大きいことが判明した. 大部分のデータについては, いずれか選択してそのまま使用すると ηf で 0.2% 以内で一致しているという結論を得た.

1970年5月

日本原子力研究所
シグマ研究委員会 炉定数専門部会

土橋敬一郎*

Comparison of Thermal Neutron Cross Sections

Summary

The thermal neutron cross sections (except for scattering cross section) contained in the JNDC set (1966), UK files (1967) and ENDF/B files (1967) are converted into ENDF/A format. Then a processing program has been developed in order to use these cross sections for multigroup calculations.

The 30 group cross sections and Westcott parameters, which are obtained by processing program are compared. It is found that a few cross sections in the JNDC set are seriously different from those in UK files and ENDF/B files. As to most cross sections the differences are not so significant that any cross sections can be used for reactor calculations.

May 1970

Keiichiro TSUCHIHASHI*

Reactor Constant Subcommittee
Japanese Nuclear Data Committee
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute

* 原子炉工学部 Division of Reactor Engineering

目 次

1. は し が き	1
2. 熱中性子断面積の編集と評価のプログラム	1
2.1 “DOPPCER” ENDF/B データを ENDF/A format への変換プログラム	1
2.2 “DCCP” ENDF/A format データの編集プログラム	2
2.3 “PI2” 群定数作成プログラム	3
2.4 “WGS” Westcott パラメータ作成プログラム	4
3. 熱中性子断面積の比較	5
4. 結 論	13
文 献	13

Contents

1. Introduction	1
2. Process programs	1
2.1 “DOPPLER” a Fortran program to translate the data in ENDF/B format into the data is ENDF/A format	1
2.2 “DCCP” a Fortran program to compile the data in ENDF/A format	2
2.3 “PI2” a Fortran program to calculate the multigroup constants	3
2.4 “WGS” a Fortran program to calculate the Westcott parameters	4
3. The comparison of the thermal neutron cross sections in JNDC set, UK file and ENDF/B file	5
4. Conclusion	13
References	13

1. は し が き

1966年に JNDC セット¹⁾ がシグマ委員会によって作成されてから3年を経過した。

この JNDC セットの熱中性子断面積としては、炉材料を対象に主要な核種の吸収および核分裂断面積が収録され、公式あるいは表の内挿によって任意の中性子エネルギーに対応する値が引き出せるようにサブルーチン CROSS が作成された。これらの熱中性子断面積についての評価の結果では、Pu 同位元素をはじめとして、B, Cd 等のデータにばらつきがあり、十分な精度を保證されたものではなかった。またこのセットには検出管に用いられる核種やトリウム系の核種についてのデータは収録されていない。これらの整備については以後の作業に残された。

その後新しく ENDF/A ファイルに A 0500~A 1022 のデータが追加され、1967年版の UK データファイル²⁾ および ENDF/B ファイル³⁾ が導入された。さらに未だ詳細なデータは導入されていないが、改訂された ENDF/B ファイルのうち核分裂性物質については Westcott

パラメータが報告されている。

これらのデータは作成にたずさわった機関で一応の評価をうけたものであるが、我々はその評価の内容を知ることにはできない。したがって、それらのいずれかを新しいデータだからと検討なしにやみくもに採用するのは好ましくない。そこで現時点の作業として、JNDC セット、UK ファイルおよび ENDF/B ファイルをとりあげて以下に列挙する作業を行なったので、その結果を報告する。

1. データを ENDF/A format に統一する。
2. データをライブラリーテープに収容し追加、修正除去、複写を可能にする。
3. JNDC セットと同様、任意のエネルギーの値をひき出せるようなプログラムを作成する。
4. 指定したスペクトルで平均して、多群断面積を作成する。
5. 指定したスペクトルのもとで、Westcott のパラメータを計算し、比較検討を行なう。

2. 熱中性子断面積の編集と評価のプログラム

1 で挙げたいろいろのデータはそれぞれの format で納められている。JNDC セットでは Fortran のサブプログラム "CROSS" の中に DATA STATEMENT として定数が収められている。核種、反応を示す Identification とエネルギーをサブプログラムの引数としてそれに対応した断面積が公式あるいは表の内挿によって引き出される。使用には便利ではあるが、今後データを変更したり、追加するためには Fortran の STATEMENT を変更する作業を伴うので機械的に処理するわけにはゆかない。UK ファイルは当初 UK format⁴⁾ で導入されたが、幸い ENDF/A format に変換¹⁵⁾ されている。ENDF/B のデータはまた独自の format で収められている。後者では断面積はエネルギー点毎に与えられた平滑部分と共鳴レベルパラメータで表わされている。共鳴領域の断面積を温度依存で表わすには、この format で表わすより他ないが、取扱いを熱中性子領域に限るならば、大部分の核種の断面積は平滑部分だけで表わすことができる。しかし、ENDF/B format のままでは、断面積の値を求めるのに、表の内挿ばかりでなく数多いレベルの寄与を加え合わせる必要があるので、かなりの計算時間を要する。このような事情から、データはすべて、

ENDF/A format でしかもエネルギー点毎に収めることにした。温度依存性のある断面積は数点の温度について収容することになる。データは一旦 ENDF/A format でカードにパンチしてととのえる。

2. 1 "DOPPLER" ENDF/B データを ENDF/A format へ変換するプログラム

ENDF/B のデータは、 $E_1, \sigma(E_1), E_2, \sigma(E_2) \dots$ と配列されたエネルギー点毎のデータと、核種によっては、これに共鳴レベルパラメータを与えて、その寄与を加えるように構成されている。また或る核種では、エネルギー領域の一部または全部がレベルパラメータで表現されている場合もある。前者の場合はエネルギー点は、そのまま用いることにした。後者の場合は、一部または全部のエネルギー領域について、エネルギー点を追加しなければならない。

共鳴レベルパラメータから断面積を合成する際に、必要な場合には、温度を与えて Dopplar Broadning を考慮した。この計算は次に示す式によって行なった。

$$\sigma_r(E) = \sum \sigma_0 \frac{\Gamma_r}{\Gamma} g \phi(x, \xi) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\sigma_f(E) = \sum \sigma_0 \frac{\Gamma_f}{\Gamma} g \psi(x, \xi) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\sigma_0 = 2.6 \times 10^6 \frac{1}{E_r} \frac{\Gamma_n}{\Gamma} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$g = \frac{1}{2} \left(\frac{2J+1}{2I+1} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$x = \frac{2}{\Gamma} (E - E_r) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\xi = \Gamma / \sqrt{4E_r T/A} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\psi(x, \xi) = \begin{cases} \frac{1}{1+x^2} & \text{for } \xi > 5 \\ \frac{1}{1+x^2} \left[1 + \frac{2}{\xi} \frac{3x^2-1}{(1+x^2)^2} \right] & \text{for } 2 < \xi < 5 \text{ and } x^2 > 10./\xi^2 \\ \frac{1}{2} \sqrt{\pi} \xi \exp\left(-\frac{1}{4} \xi^2 x^2\right) & \text{for } \xi < 0.5 \text{ and } x^2 < 2./\xi^2 \\ \frac{3}{\sqrt{4\pi}} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp(-\xi^2(x - \tan u)^2/4) du & \\ \text{otherwise by 40 points Gaussian quadrature} & \end{cases} \dots\dots\dots(2.7)$$

ただし、*l* state の高次の成分の処理は考慮していない。
また、非分離領域のレベルの寄与もまた無視している。

プログラム “DOPPLER” の入力の配列を TABLE 1 に示す。最初のカードを除けば、残りは ENDF/B のデータ・カードをそのまま利用することができる。計算の最後に断面積の値は \sqrt{E} をかけて、 $E_1, \sqrt{E} \sigma(E_1), E_2, \sqrt{E} \sigma(E_2)$ の順に、6(E11.4, 1X) の format でシーケンスをつけて、プリントとカードパンチが得られる。

TABLE 1. INPUT of “DOPPLER”

Symbol	Format	Contents
Card 1	2I6, E12.4	
ILEVEL	1-6 =0	The material implies no resonance parameters
	≠0	The material implies resonance Parameters
IFG	7-12 =1	Fission cross-section
	=2	(N, γ) cross-section
TEMP	13-24	Temperature (°K)
Card 2	2E11.4, 44X, I4	
ZA	1-11	The(Z, A) designation of material if Z is the atomic number and A the atomic weight, then ZA is computed from ZA=1000. *Z+A
AWR	12-22	The ratio of the weight of an atom to that of the neutron
MAT	67-70	Material number
Card 3	55X, III	
NP	56-66	The number of points in a tabulation of σ(E)
Card 4	6E11.4	
(E(I), SIG(I), I=1, NP)		Energy and cross-section tabulation Even if File 3 data are not tabulated, the table must be initialized as SIG(I)=0.0

If ILEVEL=0, Card 4 is followed by Card 1 of the next

Symbol	Format	Contents
material		
Card 5	2E11.4, 11X, I11, 11X, I4, Ix, I4	
ZA	1-11	The (Z, A) designation
AWR	12-22	The ratio of the weight of an atom to that of the neutron
NIS	46-55	Number of isotopes in this material
MAT	67-70	Material number
MFMT	72-75	The file number and the reaction type number to be punched as MFMT=2151
Card 6	2E11.4	
ZAI	1-11	The (Z, A) designation for an isotope
ABN	12-22	Abundance of an isotope
Card 7	2E11.4	
EMIN	1-11	The lower energy limit of a range
EMAX	12-22	The upper energy limit of a range
Card 8	E11.4	
SPI	1-11	Nuclear spin, I
Card 9	55X, I11	
NRS	56-66	Number of resonances
Card 10	6E11.4	
ER	1-11	Resonance energy
AJ	12-22	The floating point value of J
GT	23-33	Total width, Γ
GN	34-44	Neutron width, Γ _n
GG	45-55	Radiation width, Γ _γ
CF	56-66	Fission width, Γ _f
Card 10 is repeated NRS times.		
Card 6-Card 10 are repeated NIS times, then followed		
Card 1 of the next material.		

2.2 “DCCP” ライブラリーの編集プログラム

“DCCP” は ENDF/A format のカードで準備したデータを、ライブラリーテープに収録するためのプログラムである。同時に追加、修正、複写の機能をもたせてある。処理できるデータは今のところ DCC1 か、または DCC2 のレコード型式のものだけである。

ライブラリーテープに収容されたレコードの順番をそろえる機能はないので、レコードを追加するとそれはライブラリーテープの初めに入り、それまで入っていたレコードがテープの後に並ぶ。しかし ENDF/A のサービスプログラム⁵⁾のひとつである “DFSR 2” でつくられた BCD モードのテープをそのまま読むことができるので、編集の作業はすべて “DFSR 1”-“DFSR 6” を利用することもできる。

入力の方法は TABLE 2 に示す。4枚のコントロールカードの次に ENDF/A format のデータを並べればよい。“DCCP” で作成したライブラリーテープは、データレコードを数値として (“DFSR 1” では文字として収容している) BIN モードで収容しており、これを後述する “PI 2” “WGS” で読むようになっている。

TABLE 2 INPUT of "DCCP"

Symbol	Format	Contents
Card 1	72H	Coment
Card 2	7I6	
IDTAPE	1-6	Library tape identification number
NTDATA	7-12	Number of data records in the library type. If a new tape is prepared to be punched zero.
IFUNC	13-18	Function
=0		Copy selected records
=1		Add to library
=2		Correct library
=3		Delete from library
IPRINT	19-24	OUTPUT control
=0		PRINT only the first heading of the records
=1		PRINT the contents of the records
=2		PRINT and PUNCH the contents of the records
NLIB	25-30	System unit number of the library tape. If left blank, UNIT 8 is internally set.
NSCR	31-36	System unit number of the scratch tape. If left blank, UNIT 4 is internally set.
NIN	37-42	System unit number of the input of BCD Data Records. If left blank UNIT 5 is internally set.
Card 3	I6	
NRDATA	1-6	Number of Reconrd ID's given on the following cards.
Card 4	12(A5, A1)	
A(1)	1-5	Record ID of first record requested
B(1)	6	Punctuation (see Note)
A(2)	7-11	Record ID of second record
B(2)	12	Punctuation
Up to 12 pairs of Record ID's and punctuation per card.		
Use as many cards as necessary for NRDATA records.		
If required, following Card 4, BCD Data Records are read from input tape NIN		
Note: Punctuation is normally left blank. Any other symbol is interpreted as "through" e. g., A0148-A0152 means recores A0148 through and including A0152.		

2. 3 "PI2" 群定数作成プログラム

"PI2" は "DCCP" のライブラリーデータに収められたデータの中から、吸収、捕獲、核分裂のような一次元データを取り出して、与えられたスペクトルで平均して熱中性子領域の多群定数を計算するプログラムである。

平均の重みとなるスペクトルは、選択により、エネルギー一点毎に入力するか、または次式のように式で与えられる。

$$\phi(E) = \frac{E}{T_0^2} \exp\left(-\frac{E}{T_0}\right) + r A(E) \frac{E_0^\beta}{E^{1+\beta}} \dots\dots\dots(2.8)$$

1/E スペクトルとマックスウェルスペクトルの結合を表す関数形 $A(E)^\alpha$ は、次式のいずれかが選ばれる。

$$A_0(E) = \begin{cases} 0.0 & \text{for } E < E_1 \\ 1.0 & \text{for } E \geq E_1 \end{cases} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$A_1(E) = 1.0 / (1.0 + (3.5T_0/E)^\gamma) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$A_4(E) = 1.0 / [1.0 - 0.26 / (1 + (E/16.4/T_0)^5) + (4.75T_0/E)^\gamma] \dots\dots\dots(2.10)$$

このスペクトルを用いて、断面積は次式のように行なう。

$$\sigma_{rg} = \frac{D_r \int_{EB_g}^{EB_{g+1}} \sigma_r(E) \phi(E) dE}{\int_{EB_g}^{EB_{g+1}} \phi(E) dE} \dots\dots\dots(2.11)$$

ただし、 r はレコード ID で指示される任意の核種の任意の反応を示す。 g は g 番目のエネルギーグループを示す。 D_r は ID と共に入力する原子数密度である。一組の計算を行なうと、断面積の和もまた、出力として得られる。

$$\sigma_g(\text{Sum}) = \sum_r \sigma_{rg} \cdot D_r \dots\dots\dots(2.11)$$

TABLE 3 INPUT of "PI2"

Symbol	Format	Contents
Card 1	3I6	
NE	1-6	Number of energy groups (≤ 100)
NI	7-12	Number of mesh intervals for each energy group for integration (≤ 50)
IX	13-18	Spectrum indication
=0		Read pointwise weights
=1		Maxwellian + A_0
=2		Maxwellian + A_1
=3		Maxwellian + A_4
Card 2	6E12.5	
(EB(I), I=1, NE+1)		Boundary energies of groups required if only IX \neq 0
Card 3	5E12.5	
GAMMA	1-12	The ratio of the epithermal spectrum to Maxwellian
BETA	13-24	The deviation from 1/E of the epithermal spectrum
E ₁	25-36	The cutoff energy of 1/E tail.
E ₀	37-48	E ₀ is normally punched 1.0. The scaling of the epithermal spectrum
T ₀	49-60	The neutron temperature of Maxwellian spectrum (eV)
Card 3'	13/(6E12.5)	required if only IX=0
N	1-3	Number of energies of pointwise weights
(VE(I), I=1, N), (PHI(I), I=1, N)	1-72	Energies and corresponding spectrum of pointwise weights.
Card 4	I6	
NM	1-6	Number of Record ID's given on the following cards ($NM \leq 6$).
Card 5	4(A5, 1X, E12.5)	
(ID(I), DN(I), I=1, NM)		Record ID's and atomic weights.
Repeat Card 4, Card 5 as many times as required.		

TABLE 3 で示した "PI2" の入力のうち、Card 4, Card 5 の説明を補う。通常レコード ID (Identification) 毎に、平均された微視的断面積が入用なときは、 $NM=6$ として ID を 6 個入力し、密度 D にはすべて 1.0 を入力す

ればよい。レコードの中に吸収断面積がなく、核分裂と捕獲の断面積が入っているときは、出力には常に、密度をかけた NM 個の断面積の和がつけ加えられる。したがって、 $NM=2$ として核分裂と捕獲に対する ID を入力し、密度をそれぞれ 1.0 と入力すれば、断面積の和を吸収断面積として利用できる。また混合物の巨視的断面積が必要なときには、 D として原子数密度を入力すると和として巨視的断面積が得られる。この場合 7 個以上の核種を混合することはできない。

出力としては、密度 D をかけたエネルギーグループ毎の平均断面積とその和がプリントされ、また (6E12.5) の format でカードパンチが得られる。

数多くの ID について計算したいときは Card4, Card 5 を繰返して入力すればよい。ただし ID はライブラリーテープに収容されている順に入力しなければならない。計算の途中でグループ数や重みのスペクトルを変更することはできない。

2. 4 “WGS” Westcott パラメータ作成プログラム

熱中性子領域の断面積を一群の値として表現する簡便な方法として Westcott のパラメータ⁴⁾がある。しかし現在では、熱中性子領域を多群で計算しているため、このパラメータを直接核計算に使用することはないが、断面積の比較、評価を行なった結果は有効である。

Westcott パラメータは、次のように定義される。中性子密度の速度分布を $n(v)$ とおくと

$$n(v) = (1-br)n_M(v) + rn_E(v) \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

ただし

$$n_M(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{v^2}{v_T^3} \exp\left(-\left(\frac{v}{v_T}\right)^2\right) \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

$$n_E(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{v_T}{v^2} \Delta(v) \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

$$b = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{v_T}{v^2} \Delta(v) dv = \int_0^\infty n_E(v) dv \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

$n(v)$ は Maxwell 部分、 $n_M(v)$ と $1/E$ 部分 $n_E(v)$ とに分解される。 b, r という係数を用いると

$$\int_0^\infty n(v) dv = 1 \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

(2.17) のように規格化されている。 $1/E$ 部分の Cutoff の関数形 $\Delta(E)$ は次のうちから選ばれる。

$$A_1(E) = \frac{1}{1 + \left(\frac{3.5 kT}{E}\right)^7} \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

$$A_2(E) = \frac{1}{1 + \left(\frac{4.95 kT}{E}\right)^7} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

$$A_3(E) = \frac{1}{1 - \frac{0.26}{1 + (2.131E)^5} * \left(1 + \left(\frac{4.95 kT}{E}\right)^7\right)} \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

$$A_4(E) = \frac{1}{1 - \frac{0.26}{1 + \left(\frac{1}{16.4 kT}\right)^5} + \left(\frac{4.75 kT}{E}\right)^7} \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

以上のスペクトルを用いて実効断面積 $\bar{\sigma}$ を次のように定義する

$$\bar{\sigma} = \frac{\int_0^\infty n(v) \sigma(v) v dv}{v_0 \int_0^\infty n(v) dv} = \sigma_0(g+rs) \quad \dots\dots(2.22)$$

ただし

$$g = \int_0^\infty \frac{\sigma(v) v n_M(v) dv}{\sigma_0 v_0} \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

$$s = \int_0^\infty \frac{\sigma(v) v n_E(v) dv}{\sigma_0 v_0} - bg \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\sigma_0 = \sigma \text{ at } 2200 \text{ m/sec} \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

断面積の評価を熱中性子領域に限るためと、数値積分のために、(2.16) 式 (2.24) 式の $1/E$ スペクトルについての積分範囲としては入力で与える E_{max} を上限とした。プログラムでは、エネルギーを変数として次の積分を行なう。

$$b = \frac{2\sqrt{kT}}{\sqrt{\pi}} \int_0^{E_{max}} \frac{\Delta(E)}{E^{\frac{3}{2}}} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

$$g = \frac{2v_T}{\sigma_0 v_0 \sqrt{\pi}} \int_0^{E_{max}} \frac{E}{(kT)^2} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \sigma(E) dE \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

$$s' = \frac{2v_T}{\sigma_0 v_0 \sqrt{\pi}} \int_0^{E_{max}} \sigma(E) \frac{\Delta(E)}{E} dE - bg \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

TABLE 4 に “WGS” の入力の方法を示す。

“WGS” の出力としては ID, σ_0, g, s' のリストが得られる。

TABLE 4 INPUT of “WGS”

Symbol	Format	Contents
Card 1	2I6	
IDX	1-6	Index of Δ function =1 Δ_1 =2 Δ_2 =3 Δ_3 =4 Δ_4
N	7-12	Number of mesh intervals for energy integration (≤ 3000)
Card 2	2E12.5	
TEMP	1-12	Neutron temperature (K°)
EMAX	13-24	Upper energy limit of epithermal spectrum (eV)
Card 3	A5, E15.4	
ID	1-5	Record ID
CONT	6-20	Control of continuation. If left blank, next ID is read. If non zero value is read, Card 1 of next parameters follows.

3. 熱中性子断面積の比較

“DCCP” のライブラリーテープに収録したレコードのタイトルのリストを TABLE 5 に示す。ID の 5 文字のうち最初の 1 けたの英字が B で始まるものは ENDF/B のデータであり、次の 3 けたの数字は ENDF/B でつけられた Material Number から 1000 を引いた値である。最後の 1 けたは反応の種類に対応させて、1 のときは吸収、2 は核分裂、4 は (n, γ) 反応、5 は ρ の値を示すように対応させた。ID の最初の文字が E で始まるものは UK のデータであり、ID としては ENDF/A format へ変換されたときにつけられたものをそのまま採用している。ID の最初の文字が J で始まるレコードは JNDC のデータであって、次の 3 けたの数字はその Material Number である。最後の 1 けたはやはり ENDF/B のデータと同様に対応させてある。

比較のために“PI 2”を用いて 30 群の平均断面積を計算した。

一方積分値として“WGS”で求めた Westcott パラメータ（中性子温度は 296°K, A_2 を使用、積分は 0~1 eV を 1000 等分して台形積分を行なった。）を TABLE 6（非核分裂性核種）および TABLE 7（核分裂性核種）に示す。TABLE 7 には、改訂された ENDF/B の値が加えてある。以上の図表を参照しながら、個々の核種についての考察を行なう。

H

JNDC の吸収断面積は軽水のパイル実験の結果から採用した値であるが、ENDF/B の値との間に約 2% の差がある。軽水炉での増倍係数にとって、この差は 0.4% 程度に効くので重大な差異である。UK の値は ENDF/B の値とよく一致している。BNL 325(2)⁹⁾ での H の 2200 m 値は 332 mb で ENDF/B はこれを探っている。

D

吸収断面積の 2200 値は 20% の精度で 0.5 mb という値がでてるのが現状である。重水炉の場合でも、 D_2O による吸収は全体の 0.1% 程度であるが、この程度のあいまいさは増倍係数で 0.02% 程度にしか効かないので、いずれの値をとっても十分の精度は得られる。むしろ、使用される重水の軽水混入率の監視の方が重要である。

Li-6

UK のデータも ENDF/B も共に、AFRE 0-60/64 から採用されたものであるので一致は当然である。

Li-7

(n, γ) の 2200 m 値は BNL-325(2) で 37 mb が推奨されているが、UK の値と ENDF/B の値は 45 mb である。20% 程度のあいまいさがある。

B

JNDC および UK における吸収断面積の 2200 m 値は版の古い BNL-325 と共に 755 b を探っているが、1960 年代に入ってから、 ^{10}B の含有量の測定値をつけた、天然ボロンの 2200 m 値はいくらか大きくなり、 $\pm 2b$ の精度で、759b (BNL-325(2) の推奨値) となっている。この値は他の核種の吸収の 2200 値の標準となることが多いので、常に注意する必要がある。

B-10

ENDF/B の吸収断面積の 2200 m 値は BNL 325(2) の推奨値 $3837 \pm 10b$ をそのまま採用してある。1960 年代の測定値からみて、UK の値は 1% 低いように思われる。

C

3.4 mb という吸収の 2200 m 値は、いずれのライブラリーでも統一して採用されているが、原子炉級の黒鉛でも不純物の存在のために、実測値はかなり大きくでているので使用の際は、注意する必要がある。

N

天然の窒素には N-14(99.63%) と N-15(0.37%) の同位元素が存在する。N-15 はほとんど反応しないので、誤差の範囲で、N-14 の断面積すなわち N の断面積と考えてよい。ENDF/B の N-14 の (n, γ) (n, p) の値は BNL 325(2) の値をそのまま用いている。UK の (n, γ) の値は BNL 325(2) の値 75 mb に比べて 2 倍近い 129 mb を探っているが、 (n, p) が 175 mb なので、吸収断面積としては、ENDF/B に一致する。ただし 0.1 eV 以上のカーブが乱れているので使用しない方がよい。

Mg

ENDF/B の吸収断面積の 2200 値は UNC-5002 データから採られた 73 mb である。BNL 325(2) では 63 ± 5 mb を推奨している。

Al

吸収断面積の 2200 m 値として JNDC および UK の値は、229 mb を探っているが、出典は同じく A/W⁹⁾ のものである。BNL 325(2) の推奨値は 235 ± 5 mb である。国内のメーカーが生産したアルミニウム金属には Fe, Cr がそれぞれ 0.2% 前後および、その他の元素が混入しているので、250 mb 程度のより大きな値をアルミニウムの値として採った方が実用的である。

Ti

ENDF/B の値は BNL 325(2) の値を採ったものである。

TABLE 5 Heading cards of DCCP records

H	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1001	1.0	-4	1.4	+7EV B	140	0
D	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1003	1.0	-4	1.4	+7EV B	340	0
LI6	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1005	1.0	-3	1.5	+7EV B	540	0
LI7	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1006	1.0	-3	1.5	+7EV B	640	0
R10	(N,PARABS)	CROS C(EI, )	)BN EB-1009	1.0	-4	1.4	+7EV B	940	0
C	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1010	1.0	-3	3.2	+1EV B	1040	0
N	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1012	2.53	-4	3.0248	EV B	1240	0
MG	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1014	1.0	-3	3.0	EV B	1440	0
TI	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1016	1.0	-3	3.0	EV B	1640	0
V	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1017	1.0	-3	3.0	EV B	1740	0
CR	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1018	0.1	-3	3.0	EV B	1840	0
MN	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1019	1.0	-3	3.0	EV B	1940	0
FF	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1020	3.714	-2	3.18	EV B	2040	0
NI	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1021	0.1	-3	3.0	EV B	2140	0
MO	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1025	0.1	-3	3.0	EV B	2540	0
XE135	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1026	0.1	-3	3.0	EV B	2640	0
SM149	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1027	1.0	-4	3.4	EV B	2740	0
EU151	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1028	1.0	-3	3.0	EV B	2840	0
EU153	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1029	1.0	-3	3.0	EV B	2940	0
GD	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1030	1.0	-3	3.0	EV B	3040	0
DY164	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1031	1.0	-3	3.0	EV B	3140	0
LI175	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1032	1.0	-3	3.0	EV B	3240	0
LI176	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1033	1.0	-3	3.0	EV B	3340	0
TA181	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1035	1.0	-3	3.0	EV B	3540	0
AU197	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1037	1.0	-3	3.0	EV B	3740	0
U235	(N,FISS)	CROS C(EI, )	)BN EB-1044	1.0	-3	3.061	EV B	4420	0
U235	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1044	1.0	-3	3.061	EV B	4440	0
U235	(N,FISS)	0,N NU (EI, )	) EB-1044	0.100	-4	3.0	EV B	4450	0
451	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1045	1.0	-3	1.5	+7EV B	4510	0
U236	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1046	1.0	-3	3.0	EV B	4640	0
U238	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1047	1.0	-3	5.0	EV B	4740	0
PU239	(N,FISS)	CROS C(EI, )	)BN EB-1051	1.0	-3	3.0	EV B	5120	0
PU239	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1051	1.0	-3	3.0	EV B	5140	0
PU239	(N,FISS)	0,N NU (EI, )	) EB-1051	0.100	-4	3.0	EV B	5150	0
491	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1052	1.0	-3	1.5	+7EV B	5210	0
PU240	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1053	1.0	-3	3.0	EV B	53340	0
PU240	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1053	1.0	-3	3.0	EV B	55340	0
PU240	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1053	1.0	-3	3.0	EV B	59340	0
PU240	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1053	1.0	-3	3.0	EV B	62340	0
PU240	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1053	1.0	-3	3.0	EV B	65340	0
PU241	(N,FISS)	CROS C(EI, )	)BN EB-1054	.001		3.1	EV B	5420	0
PU241	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1054	.001		3.1	EV B	5440	0
PU241	(N,FISS)	0,N,NU (EI, )	) EB-1051	0.100	-4	3.0	EV B	5450	0
PU242	(N.G)	CROS C(EI, )	)BN EB-1055	1.0	-3	3.0	EV B	5540	0
452	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1068	1.0	-3	1.5	+7EV B	6810	0
453	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1069	1.0	-3	3.0	EV B	6910	0
492	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1070	1.0	-3	1.5	+7EV B	7010	0
493	(N,ABSORP)	CROS C(EI, )	)BN EB-1071	1.0	-3	1.5	+7EV B	7110	0
H 1	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 211	0.100	-3	3.0	8EV E	40	0
H 1	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 212	0.100	-3	3.0	8EV E	80	0
H 2	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 218	0.100	-3	0.150	8EV E	160	0
BF 9	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 50	0.100	-3	0.100	5EV E	240	0
C 0	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 21	0.100	-3	0.100	4EV E	370	0
O 0	(N,PARABS)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 37	0.100	-3	0.100	1EV E	540	0
U 235	(N,FISS)	0,N CROS C(EI, )	)BN UK- 30	0.100	-3	3.0	8EV E	890	0
U 235	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 30	0.100	-3	0.150	8EV E	920	0
U 235	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 30	0.100	-3	3.0	8EV E	930	0
PU239	(N,FISS)	0,N CROS C(EI, )	)BN UK- 329	0.100	-3	3.0	8EV E	1210	0
PU239	(N,FISS)	0,N NU (EI, )	) UK- 329	0.100	-3	0.150	8EV E	1240	0
PU239	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 329	0.100	-3	3.0	8EV E	1250	0
U 233	(N,FISS)	0,N CROS C(EI, )	)BN UK- 202	0.100	-3	3.0	8EV E	1390	0
U 233	(N,FISS)	0,N NU (EI, )	) UK- 202	0.100	-3	0.150	8EV E	1420	0
U 233	(N.G)	0, CROS C(EI, )	)BN UK- 202	0.100	-3	3.0	8EV E	1430	0
U 238	(N,FISS)	0,N CROS C(EI, )	)BN UK- 5	0.570	6	0.150	8EV E	1750	0
U 238	(N,FISS)	0,N NU (EI, )	) UK- 5	0.570	6	0.150	8EV E	1780	0

U 238 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 5	0.100-3 3.0	8EV E	1790 0
PU240 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 201	0.100-3 0.150	8EV E	1990 0
PU240 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 201	0.100-3 0.150	8EV E	2020 0
PU240 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 201	0.100-3 3.0	8EV E	2030 0
PU241 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 40	0.100-3 3.11	8EV E	2170 0
PU241 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 40	0.100-3 0.150	8EV E	2200 0
PU241 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 40	0.100-3 3.11	8EV E	2210 0
PU241 (N:G) 0, NU (EI, ,) UK- 40	0.100-3 3.11	3EV E	2220 0
NA 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 182	0.100-3 3.0	8EV E	2470 0
ZR 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 9	0.100-3 3.0	8EV E	2600 0
AL 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 35	0.100-3 10.0	8EV E	2880 0
FE 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 36	0.100-3 3.0	8EV E	3140 0
CU 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 186	0.100-3 0.146	8EV E	3270 0
CR 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 45	0.100-3 3.0	8EV E	3550 0
NI 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 46	0.100-3 3.0	8EV E	3910 0
B 10 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 13	0.100-3 0.150	8EV E	4010 0
B 11 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 49	0.100-3 3.0	8EV E	4140 0
B 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 15	0.100-3 0.150	8EV E	4250 0
CD 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 24	0.100-3 0.150	8EV E	4360 0
U 234 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 174	0.300 5 0.150	8EV E	4620 0
U 234 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 174	0.300 5 0.150	8EV E	4650 0
U 234 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 174	0.100 4 0.150	8EV E	4660 0
U 236 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 173	0.600 6 0.150	8EV E	4920 0
U 236 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 173	0.600 6 0.150	8EV E	4950 0
U 236 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 173	0.100 4 0.150	8EV E	4960 0
XE135 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 4	0.100-3 0.100	4EV E	5000 0
N 0 (N:NONEL) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 14	0.100-3 0.150	8EV E	5040 0
N 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 14	0.100-3 0.150	3EV E	5110 0
N 0 (N:P) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 14	0.100-3 0.150	8EV E	5120 0
TH232 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 22	0.100 7 0.150	8EV E	5300 0
TH232 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 22	0.100-3 0.150	8EV E	5330 0
TH232 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 22	0.100-3 0.150	8EV E	5340 0
F 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 23	0.100-3 0.150	8EV E	5450 0
SI 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 25	0.100-3 0.600	3EV E	5530 0
PB 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 26	0.100-3 0.150	8EV E	5660 0
W 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 213	0.100-3 0.600	7EV E	5860 0
LI 6 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 214	0.100-3 0.150	8EV E	5990 0
LI 7 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 215	0.100-3 0.150	8EV E	6170 0
PU238 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 216	0.100-3 0.150	8EV E	6320 0
PU238 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 216	0.100-3 0.150	8EV E	6350 0
PU238 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 216	0.100-3 0.300	7EV E	6360 0
PU239 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 330	0.100-3 3.0	8EV E	6640 0
PU239 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 330	0.100-3 0.150	8EV E	6670 0
PU239 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 330	0.100-3 3.0	8EV E	6680 0
PU241 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 203	0.250-1 3.0	8EV E	6820 0
PU241 (N:FISS) 0,N NU (EI, ,) UK- 203	0.250-1 0.150	8EV E	6850 0
PU241 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 203	0.250-1 3.0	8EV E	6860 0
H 1 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 217	0.100-3 0.150	8EV E	6910 0
GA 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 105	0.100-3 0.150	8EV E	7090 0
TI 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 190	0.100-3 3.14	7EV E	7280 0
TA 0 (N:PARABS) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 328	0.100-3 3.0	8EV E	7570 0
AU 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 222	0.250-1 3.4	8EV E	7860 0
CA 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 138	0.100-3 0.600	4EV E	7950 0
CI 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 141	0.100-3 0.800	6EV E	8080 0
GD 0 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 223	0.100-3 0.300	1EV E	8120 0
NA 23 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 224	0.100-1 3.0	8EV E	8130 0
MN 55 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 232	0.100-1 3.0	8EV E	8230 0
CO 59 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 235	0.100-1 3.0	8EV E	8260 0
CU 63 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 237	0.100-1 3.0	8EV E	8300 0
AU197 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 137	0.100 4 0.150	8EV E	8390 0
AU197 (N:G) 0, CROS C(EI, ,)BN UK- 241	0.100-1 0.180	8EV E	8400 0
U 235 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 243	0.100-1 3.05	8EV E	8410 0
NP237 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 130	0.100 6 0.140	8EV E	8420 0
NP237 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 245	0.100-1 3.0	8EV E	8430 0
PU239 (N:FISS) 0,N CROS C(EI, ,)BN UK- 246	0.100-1 7.0	8EV E	8440 0

U 238 (N,G)	0,	CROS C(EI,	)BN A/W0072	0/63	0.100-2	3.0	EV A	720	0
100 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE1001		0.0001	5.0		J10010	0
101 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE1011		0.0001	5.0	EV	J10110	0
B 0 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0051		0.0001	5.0	EV	J 510	0
AL 27 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0131		0.0001	5.0	EV	J 1310	0
CR 0 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0241		0.0001	5.0	EV	J 2410	0
MN 0 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0251		0.0001	5.0	EV	J 2510	0
FF 0 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0261		0.0001	5.0	EV	J 2610	0
NI 0 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE0281		0.0001	5.0	EV	J 2810	0
ZR 0 (N,PARABS)	,	CROS V(EI	)BN JAE0401		0.0001	5.0	5V	J 4010	0
XE135 (N,TOTAL)	,	CROS V(EI	)BN JAE1350	66	0.01	3.0	EV	J13500	0
XF135 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE1351	66	0.01	3.0	EV	J13510	0
CD 0 (N,PARABS)	,	CROS V(EI	)BN JAE1481	66	0.001	3.0	EV	J14810	0
SM149 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE1491		0.005	3.0	EV	J14910	0
U 235 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE2251		0.005	3.0	EV	J22510	0
U 235 (N,FISS)	,	CROS V(EI	)BN JAE2252		0.005	3.0	EV	J22520	0
U 235 (N,FISS)	0,N	NU (EI,) J2255		0.1	-4	3.0	EV	J22550	0
U 236 (N,G)		CROS C(EI,)BN J2262		0.1	-4	2.8		J22620	0
U 238 (N,G)		CROS C(EI,)BN J2282		0.1	-4	2.8		J22820	0
PU240 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE2401		0.001	3.0	EV	J24010	0
PU241 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE2411		0.025	3.0	EV	J24110	0
PU241 (N,FISS)	,	CROS V(EI	)BN JAE2412		0.025	3.0		J24120	0
PU241 (N,FISS)	0,N	NU (EI,) J2415		0.1	-4	3.0	EV	J24150	0
PU242 (N,G)		CROS C(EI,)BN J2422		0.1	-4	2.8		J24220	0
PU239 (N,ABSORP)	,	CROS V(EI	)BN JAE2491		0.001	3.0	EV	J24910	0
PU239 (N,FISS)	,	CROS V(EI	)BN JAE2492		0.001	3.0		J24920	0
PU239 (N,FISS)	0,N	NU (EI,) J2495		0.1	-4	3.0	EV	J24950	0

TABLE 6 Comparison of Westcott parameters of Non fissionable nucleide

 $(E_{max}=1.0 \text{ eV } A=A_2 \text{ } T=296 \text{ K}^\circ)$

	JNDC	UK	ENDF/B	BNL 325(2)		JNDC	UK	ENDF/B	BNL 325(2)
H	J 1001	E0004	B0014		N		E0511		
σ_T	.325	.330	.332	.332±.002			E0512	B0124	
g_T	1.00	1.00	1.00		σ_T	.129	.075	.075±.0075	
s_T	.00	.00	.00		g_T	1.00	1.00		
D	J 1011	E0016	B0034		s_T	.02	.00		
σ_T	.00062	.000557	.00051	.0005±.0001	σ_p	1.750			
g_T	1.00	1.00	1.00		g_p	1.00			
s_T	.00	.01	.00		s_p	.00			
Li-6		E0599	B0054		σ_c	1.879	1.81	1.81±0.5	
σ_T		.0447	.0447	.045±.010	g_c	1.00	1.00		
g_T		1.0	1.00		s_c	.02	.00		
s_T		.00	.00		Mg		B0144		
Li-7		E0617	B0064		σ_T		.073	.063±.005	
σ_T		.0358	.0358	.037±.004	g_T		1.00		
g_T		1.00	1.00		s_T		.00		
s_T		.01	.011		Al	J 0131	E0288		
B	J 0051	E0425			σ_T	.229	.229	.235±.005	
σ_T	755.	755.		759.±2	g_T	1.00	1.00		
g_T	1.00	1.00			s_T	.00	.00		
s_T	.00	.00			Ti		E0728	B0164	
B-10		E0401	B0094		σ_T		5.74	6.10	6.1±.2
σ_T		3809.	3837.	3837±10.	g_T		.99	1.00	
g_T		1.00	1.00		s_T		.01	.00	
s_T		.00	.00		V		B0174		
C		E0037	B0104		σ_T		5.06	5.06±.06	
σ_T		.0034	.0034	.0034±.0002	g_T		1.00		
g_T		1.00	1.00		s_T		.22		
s_T		.00	.00						

	JNDC	UK	ENDF/B	BNL 325(2)		JNDC	UK	ENDF/B	BNL 325(2)
Cr	J 0241	E 0355	B 0184		Gd	E 0812			
σ_T	3.10	3.10	3.10		σ_T	4.57×10^4		49000. \pm 2000	
g_T	1.00	1.00	1.00		g_T	.88			
s_T	.00	.00	.00		s_T	-.49			
Mn	J 0251	E 0823	B 0194		Gd-155		B 0304		
σ_T	13.2	13.31	12.88	13.3 \pm .1	σ_T		6.00×10^4	61000 \pm 1000	
g_T	1.00	.996	1.00		g_T		.843		
s_T	.00	.006	.00		s_T		-.501		
Fe	J 0261	E 0314	B 0204		Dy-164		B 0314		
σ_T	2.53	2.53	2.54	2.55 \pm .05	σ_T		2520.	2700 \pm 200	
g_T	1.00	1.00	1.00		g_T		.987		
s_T	.00	.00	-.012		s_T		-.155		
Co		E 0826			Lu-175		B 0324		
σ_T		36.8		37.2 \pm .06	σ_T		25.88	23. \pm 3.	
g_T		1.00			g_T		.976		
s_T		.00			s_T		-.160		
Ni	J 0281	E 0391	B 0214		Lu-176		B 0334		
σ_T	4.79	4.60	4.60	4.6 \pm .1	σ_T		1952.	2100 \pm 150	
g_T	1.00	1.00	1.00		g_T		1.75		
s_T	.00	.0	.00		s_T		1.34		
Cu		E 0327			Ta-181	E 0757	B 0354		
σ_T		3.78		3.8 \pm .1	σ_T	21.0	20.4	21. \pm 3.	
g_T		1.00			g_T	.991	.994		
s_T		.00			s_T	.0865	-.003		
Zr	J 0401	E 0260			Au	E 0786			
σ_T	.179	.183		.188 \pm .008	σ_T	98.13		98.8 \pm .3	
g_T	1.00	1.00			g_T	.98			
s_T	.00	.00			s_T	.044			
Mo			B 0254		Au-197	E 0840	B 0374		
σ_T			2.70	2.70	σ_T	97.7	98.8		
g_T			1.031		g_T	1.01	1.004		
s_T			.52		s_T	.057	.096		
Cd	J 1481	E 0436			Th-232	E 0534			
σ_T	2521.	2521.		2450. \pm 30	σ_T	7.40		7.4 \pm .1	
g_T	1.31	1.31			g_T	1.00			
s_T	1.01	1.00			s_T	-.042			
Xe-135	J 1351	E 0500	B 0264		U-236	J 2262	B 0464		
σ_T	$2652. \times 10^8$	$2652. \times 10^8$	$2636. \times 10^8$		σ_T	5.96	5.97	6. \pm 1.	
g_T	1.17	1.17	1.163		g_T	1.00	1.01		
s_T	-.53	-.53	-.525		s_T	.046	.037		
Sm-149	J 1491		B 0274		U-238	J 2282	E 0179	B 0474	
σ_T	$409. \times 10^2$		$412. \times 10^2$	41000 \pm 2000	σ_T	2.72	2.72	2.73	2.73 \pm .04
g_T	1.68		1.64		g_T	1.00	1.00	1.00	
s_T	-.46		-.487		s_T	.035	.036	.038	
Eu-151			B 0284		Pu-240	J 2401	E 0203	B 3534	
σ_T			.349.	8800 \pm 100	σ_T	298.1	296.9	273.7	
g_T			.891		g_T	1.09	1.03	1.03	
s_T			.580		s_T	4.13	4.00	4.06	
Eu-153			B 0294		Pu-242	J 2421		B 0554	
σ_T			452.6	390 \pm 80	σ_T	17.4		30.0	
g_T			.981		g_T	1.01		1.01	
s_T			-.045		s_T	.22		.138	

TABLE 7 Comparison of Westcott parameters of fissionable nucleide
 ($E_{\max}=1.0$ eV $\Delta=A_2$ $T=296$ °K)

	JNDC	UK	ENDF/B	ENDF/B revised	BNL-325(2)
U-233		E 0139 E 0143			
σ_a		578.4		577.6	573±2
g_a		1.004		.9965	
s_a		.092			
σ_f		528.5		530.6	525±2
g_f		1.002		.9951	
s_f		.083			
σ_r		49.9		47.00	49±6
g_r		1.0265		1.0121	
s_r		.190			
α		.0944		.08858	.0926
ν		2.313		2.487	2.497±.008
η		2.1135		2.2846	2.292±.006
$g\eta$		.9980		.9986	
U-235	J 2251 J 2252	E 0054 E 0093	B 0442 B 0444		
σ_a	681.0	680.4	683.2	678.5	678.2±2.2
g_a	.976	.979	.977	.9788	
s_a	.099	— .101	— .100		
σ_f	580.4	579.8	581.2	580.2	577.1±.9
g_f	.976	.978	.9768	.9768	
s_f	.110	— .111	— .1072		
σ_r	100.6	100.5	101.96	98.30	10±2
g_r	.977	.981	.9793	.9906	
s_r	.040	— .043	— .0621		
α	.17324	.1733	.1754	.1694	.175±.002
ν	2.43	2.43	2.43	2.423	2.426±.006
η	2.0712	2.0709	2.0672	2.072	2.078±.005
$g\eta$	.9998	.9996	.9998	.9980	
Pu-239	J 2491 J 2492	E 0121 E 0125	B 0512 B 0514		
σ_a	1034.1	1008.1	1008.2	1012.9	1014.5±4.2
g_a	1.066	1.0782	1.078	1.075	
s_a	2.326	2.379	2.391		
σ_f	743.1	742.4	742.5	741.6	740.6±3.5
g_f	1.052	1.054	1.054	1.0547	
s_f	1.833	1.863	1.866		
σ_r	291.0	265.7	265.7	271.30	273.9
g_r	1.103	1.145	1.143	1.1320	
s_r	3.585	3.821	3.858		
α	.3916	.3579	.3579	.3658	.370±.006
ν	2.89	2.870	2.87	2.880	2.892±.041
η	2.0767	2.1139	2.1137	2.1087	2.116±.009
$g\eta$	.9861	1.050	.9808		
Pu-241	J 2411 J 2412	E 0217 E 0221	B 0542 B 0544		
σ_a	1362.5	1386.5	1371.9	1375.	1375±20
g_a	1.0530	1.0345	1.0463	1.0377	
s_a	.711	.580	.6012		
σ_f	974.5	1030.7	1010.9	1007.0	950±30
g_f	1.0515	1.0310	1.0456	1.0486	
s_f	.6539	.4321	.5480		
σ_r	388.0	355.78	361.0	368.0	425±40
g_r	1.057	1.045	1.048	1.0079	
s_r	.8556	1.008	.750		
α	.3980	.3452	.3571	.3654	.447
ν	2.94	2.9690	2.969	2.1360	3.00±.04
η	2.1029	2.2071	2.188	2.1503	2.21±.07
$g\eta$	.9986	.9966	.9993	1.0105	

V

ENDF/B の (n, γ) の値は BNL 325(2) の推奨値をとっている。

Cr

(n, γ) の 2200 m 値として 3.16 が JNDC, UK, ENDF/B に統一して採用されているが、これは、いずれも A/W⁹⁾ のデータから引用されているからである。

Mn

(n, γ) の 2200 m 値として、JNDC の値 13.26 は旧版の BNL 325 から採ったものである。BNL 325(2) では、 13.3 ± 1 b を推奨しており、UK の値はそれに一致している。ENDF/B の値は、ファイルに付けられたコメントによると 13.40 b とあるが“DOPPLER”での計算値は 12.9 b となって対応しない。この相異は、“DOPPLER”でレベルパラメータから計算するとき、換算質量を用いなかったためと、レベル間の干渉を考慮しなかったためである。

Fe

(n, γ) の断面積として、旧版の BNL 325⁹⁾ の 2200 m 値 2.53 b が JNDC および UK で使用されている。ENDF/B の値は、ANL-7110 から採った 2.54 b を用いており、BNL 325(2) では、 2.55 ± 0.05 b を推奨している。いずれも測定精度 2% 以内で、よく一致している。

Co

UK の (n, γ) の 2200 m 値 36.8 b は BNL 325(2) の推奨値 37.2 ± 0.6 b とよく合っている。

Ni

JNDC の (n, γ) の 2200 m 値 4.8 b は 1964 年の A/W⁹⁾ のデータであり、UK および ENDF/B の値 4.6 b は 1965 年の同じく A/W⁹⁾ のデータを採っている。後者は BNL 325(2) の推奨値とも一致している。4.6 b の方を使用すべきであろう。

Cu

(n, γ) の 2200 値は UK の値 3.78 b と BNL 325(2) の値 3.8 ± 1 b は一致している。BNL 325(2) によると ± 1 b のあいまいさがある。銅板を用いて、置換法により反応度の測定が行なわれることがあるが、このあいまいさのため 3% 以上の精度はのぞめない。

Zr

(n, γ) の 2200 m 値は 5% の範囲で JNDC, UK, BNL 325(2) の値が一致している。ただし JNDC の値は 1964 年の A/W⁹⁾ のデータをそのまま採ったもので、意味がなくなっている。Zr は軽水冷却の燃料の被覆に用いられるが、Zr による吸収の割合が全体の吸収の 0.5% 以下なので、5% 程度の断面積のあいまいさは増倍係数の精度には影響を与えない。

Mo

ENDF/B の値は KFK-120 から採られたものである

が、 (n, γ) の 2200 m 値 2.70 b は BNL 325(2) の値と一致している。

Cd

JNDC セットの評価¹⁾ならびに中島豊¹³⁾によって指摘されているが、Cd の (n, paraab) の断面積の実測値は、実験方法によって異った値が得られる。これは大きく二種類に分けられる。一方は BNL 325 で代表されている値で、2200 m 値は 2450 b であり 0.178 eV での最高値は 7800 b である。他方の値は、UK のデータで代表されるように、2200 m 値で 2521 b であり、0.178 eV の最高値は 6800 b である。この不一致は Cd をフィルターとして使用するときには問題とならないが、Cd を混入した体系での熱中性子スペクトルを解析するときには注意しなければならない。

Xe-135

JNDC および UK の値は SAMNER¹⁰⁾ により作成されたもので、0.01 eV 以下では $1/v$ 法則よりずれている。一方、ENDF/B の値は 0.01 eV 以下は $1/v$ 法則に従っているが、プロットの結果はみかけ上かなり相異がある。しかしスペクトルで平均すると、低エネルギー領域の不一致は積分データ（例えば g -factor）には効いていない。

Sm-149

JNDC の値は GA-2113 から採ったものであり、ENDF/B の値は、1965 年以降の評価をうけたものであるが、熱中性子領域全体を通じて 5% 以内でよく一致している。

Eu-151

(n, γ) の 2200 m 値としては、UK の値と BNL 325(2) の間に 6% 程度の差が存在する。

Eu-153

(n, γ) の 2200 m 値として、UK の値と BNL 325(2) の値の間に 10% 程度の差が存在する。

Gd

UK の値は天然 Gd についての値であり、ENDF/B の値は ¹⁵⁶Gd についてのみで、¹⁵⁷Gd の寄与が不明なので相互の比較はできないが、BNL 325(2) の値との間に矛盾はない。

Dy-164

ENDF/B の (n, γ) の 2200 m 値は、BNL 325(2) の値と 8% の精度の範囲で一致している。 s' の値が負になっていることでわかるように、 $1/v$ 箔の代用として用いるのには注意を要する。

Lu-175

ENDF/B の (n, γ) の 2200 m 値は BNL 325(2) の値と 15% の精度の範囲で一致している。一般に $1/v$ 法則に従うと考えられているが、¹⁶⁴Dy がそうでないと同程度に $1/v$ 法則からずれている。

Lu-176

ENDF/B の (n, γ) の 2200 m 値は BNL 325(2) の値と 7% の精度の範囲で一致している。

Tu-181

(n, γ) の 2200 m 値については UK の値と ENDF/B の値および BNL 325(2) の値の一致はよい。

Au-197

天然 Au の ^{197}Au の含有量は 100% なので、UK データには Au (nat) と ^{197}Au が分かれて収められているが、対象は同じものである。精度よく測定されている核種の一つであり、どのライブラリーでも (n, γ) の 2200 m 値は一致がよい。しかし s_f' の値が両者でかなりの違いがあることからみてわかるように、エピソードでの値は 10% 程度の相異がある。金の共鳴箔の Cd 比を求めるときには、この相異に注意して、2200 m 値を説明できるレベルパラメータを用いるべきだろう。

Th-232

JNDC および ENDF/B に ^{232}Th のデータが収録されていないので、比較の対象がない。 (n, γ) の 2200 値は UK の値と BNL 325(2) の値は一致している。最初の正レベルのエネルギー (22 eV) よりも負レベルの位置が、熱中性子領域に近いので s' の値は負になっている。トリウムを装荷した熱中性子炉では、これは温度係数を正にする効果をもつので、2200 m 値と共に熱中性子領域の断面積の形が重要である。

U-236

JNDC と ENDF/B の値はよく一致している。断面積の値が比較的小さいことと、低い原子数密度で使用されるので、熱中性子領域の断面積の精度としては十分なものが得られている。

U-238

JNDC および UK の値は、いずれも SAMNER¹¹⁾ の評価を採ったものである。ENDF/B および BNL 325(2) の値は、BNL 325 2nd の値をそのまま採用している。いずれもよく一致しており、実用上必要な精度を備えていると考えられる。

Pu-240

^{240}Pu の熱中性子領域の断面積はほとんど最初のレゾナンス (1.056 eV) のパラメータで決まり、このパラメータはよく解析されているので、断面積の形は一致している。しかし ENDF/B のレベルパラメータから求めた 2200 m 値は、BNL 325 2nd ed. Supp 1. とよく一致するが、UK の値より 8% 程度小さい。この程度のあいま

いさは、燃焼の進んだ熱中性子炉の増倍係数に対して、ただか 0.05% のあいまいをもたらすにすぎない。

燃料の温度によって、レゾナンス近傍の断面積の形が変化するので、“DCCP” のライブラリーには、ENDF/B の値として、温度を 300°K から 1500°K まで 5 種類載せてある。

Pu-242

JNDC のデータは最初の二つのレゾナンスの寄与を加えただけのものである。ENDF/B ではさらに 2200 m 値が 11 b の $1/v$ 断面積を加えている。従って二つのデータの間にはかなりの差が存在するが、後者の方を使用する方が妥当であろう。

U-233

エネルギー一点毎に表わしたデータとしては現在 UK のデータしか入手されていない。改訂された ENDF/B¹²⁾ の値と比較すると、 ν の値が約 7% も相異している。BNL 325(2) と改訂された ENDF/B はよく一致している。核分裂や吸収の 2200 m 値は、どのライブラリーでも 1% 以内で一致している。

U-235

^{235}U は古くから、最も精度よく測定されている核種の一つであり、JNDC, UK(UK-30), ENDF/B, 改訂された ENDF/B, BNL 325(2) を比べて、断面積は 1~2% の差があるが、 η の値では 0.1% の範囲で一致している。

Pu-239

UK (UK-240), ENDF/B, 改訂された ENDF/B, BNL 325(2) の核分裂および吸収断面積は 1%, η で、0.2% の範囲で一致している。JNDC の (n, γ) 断面積は、1964 年の A/W⁹⁾ のデータから採ったものであるが他のデータに比べて、10% 大きな値が入っている。 (n, fiss) や ν の値は一致しているので、 η の値で 2% 低い値を示している。使用を避けるべきである。

Pu-241

核分裂性物質の中では、まだ精度の悪い核種の一つである。全断面積が 1% 程度の精度で測定されているが、核分裂断面積は、3% の精度である。吸収や捕獲や断面積は単に引き算の結果である。 η の値としては JNDC より、新しいデータでは 5% 程度大きな値が得られている。BNL 325(2) では、核分裂断面積がかなり小さく評価されており、 (n, fiss) (n, γ) ν , η の推奨値の間につじつまの合わない値が入っている。

4. 結 論

個々の核種のデータを比較考察した結果、二、三のデータについて使用しない方がよい、と述べたもの以外は、要求されるであろう精度の範囲で、JNDC, UK および ENDF/B のデータのうちいずれを採用しても差しつかえないと考えられる。はしがきで述べたように、収容したライブラリーの評価の詳細が不明のために、いくつかあるカーブのうちどれかを選ぶとか、平均して一本のカーブにまとめるといった作業は根拠をもたない。幸いにして、複数本あるカーブの間に問題となる程度の差がないために、一本にまとめる必要性がないと言うことができる。今後一年の間には、ENDF/B の改訂されたライブラリーおよび、1969年版の UK のファイルが入手され、使用できる状態に処理されるであろう。しかし現在の DCCP のライブラリーに欠けている核種が補充

されることは期待されるが、すでに使用しているデータを大きく変更しなければならない事態はもはや考えられない。

今後国内で、新しい実験値を処理し、今迄得られたデータに重みをつけ加えて、評価を改めるといった作業が行なわれない限り、日本独自の真の意味で評価した断面積セットを作成することは不可能であろう。できうるのは、外国で逐次評価をうけて発表されたデータを取捨選択すること程度ではなからうか。

今回の作業を行なうにあたり、資料の提供と報告の検討ならびに、全般的に援助を頂いた、桂木学氏および“DOPPLER”の計算式の検討に加って頂いた石黒幸雄氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) KATSURAGI S, *et al.*: JAERI 1176 (1967).
- 2) NORTON D. S and STORY S. S: AEEW-M 802 (1967).
- 3) HONECK H. C: BNL 50066 (T-467) (1966).
- 4) WESTCOTT C. H.: CRRP-960 (1960).
- 5) HONECK H. C: BNL-8381 (1965).
- 6) BNL 325 2nd ed. suppl 2 (1966).
- 7) BNL 325 2nd ed. (1958).
- 8) ALDERMASTON/WINFRITH DATA FILE 7/1/64.
- 9) ALDERMASTON/WINFRITH DATA FILE 4/15/65.
- 10) SAMNER H. M: AEEW-R 116 (1962).
- 11) SAMNER H. M: AEEW-M 414 (1963).
- 12) EACRP-12 (1969).
- 13) 中島 豊: JNDC ニュース No. 4 (1967).
- 14) PARLER K: AWRE 0-70/63 (1963).
- 15) 富山, 森口: JAERI-memo 3162 (1968).