

中性子実験データの情報検索

(日本原子力研究所) 中川 庸雄

1. はじめに

「核データニュース」No. 41 に日本原子力研究所(原研)の大型計算機システム上に格納されている評価済核データの情報検索システムについて書いた。それは、NDI (Nuclear Data Information system) を用いて、TSS 端末からデータを検索する方法であった。同じ NDI を用いて、中性子実験データの情報や、核データセンターが所有する文献情報の検索、ENDF フォーマットの評価済核データや ENSDF (Evaluated Nuclear Structure Data File: 評価済核構造データファイル) の処理コードのバッチジョブ作成等ができるようになってきている。今回は、その内の中性子実験データの情報検索について説明する。

中性子入射反応のデータや、関連文献情報の収集は世界的な規模で組織的に行われている。その組織を「4センターネットワーク」と称する。図1に示すように4つの核データセンターがそれぞれの担当国を持ち、それらの国から発生するデータや文献情報を収集し、まとめ、定期的にセンター間で交換している。従って、どのセンターも世界各国で測定された実験データや文献情報の最新のものを持っており、データ利用者は担当のセンターに要求すればそれらのデータの供給が受けられることになっている。日本は、OECD の NEA データバンクに加盟しており、原研の核データセンターが国内の利用者と NEA データバンクとの窓口的な役割を果たしてきた。

4センター間のデータの交換に使われるデータフォーマットは EXFOR (Exchange Format) と呼ばれている。実験データは種類が豊富であり、それを画一的なフォーマットに押し込めるのは難しい。また、文献のタイトル、著者名、実験手法など文字情報として格納しなければならないものも多い。EXFOR はそれらを実にうまく格納できるようにしている。データの格納も比較的容易であるし、格納したデータをリストし、目で見ても理解するのも容易である。しかし、融通性があるフォーマットで格納したデータを計算機で処理する場合は逆に困難が付きまとう。そこで、核データセンターでは、EXFOR で入手したデータを独自の実験データ格納検索システム NESTOR2 (Neutron Data Storage and Retrieval System) にフォーマット変換して格納している。本稿で述べる実験データの検索システムは NESTOR2 の検索プログラムでもある。

「4センターネットワーク」で集められている文献情報としては CINDA (Computer Index for Neutron Data) が名高い。これは、中性子データが報告されている論文の

情報を1反応あたり1行の簡単な情報にまとめたもので、中性子入射反応の文献を調査するには無くてはならないものになっている。CINDAにはEXFORで編集されたデータについての情報も載せられており数値データの有無も分かるよう配慮されている。EXFORやNESTOR2で使用している研究所や文献の略号等はCINDAのそれらと同じである。CINDAにはEXFORのデータの番号(entry number)が表示されている。NESTOR2もその番号をデータのidentification numberとして使用している。

2. NESTOR2

EXFORはデータの格納は容易であるが、あまりにも格納方法に任意性があり、データ処理は比較的不便である。そこで、我々独自のデータ格納検索システムを作成し一度そこにデータを格納してから使用するようにした。そのシステムがNESTOR2である。EXFORからNESTOR2へのデータ変換は100%行うことは不可能であるが、現在の所、断面積データ、角分布データ、エネルギースペクトルデータなどはほぼ変換できている。共鳴パラメータ等は問題がある。

NESTOR2ではEXFORに格納されている情報を数値データ、その索引データ、文字情報だけを取り出したコメント情報の3種類に分類して格納する。数値データはバイナリー形式で格納し記憶媒体の容量をあまり使わないよう工夫している。それをできるだけ高速で検索できるように、索引ファイルには、検索項目(核種、反応名、エネルギー範囲、等)、主要なデータの属性(文献名、著者名、データ点数、等)及び数値データファイル上のレコードの先頭位置等を格納している。いずれも、大型計算機の磁気ディスク上に格納してあり、TSS端末からのアクセスが可能である。

NESTOR2ではデータを核種の小さい順に格納している。しかし、実験データはデータ量が多く原子番号の大きい核種ではデータ検索に余分な時間がかかる恐れがあるので、全体を5ファイルに分けている。

表1 NESTOR2のファイル

ファイル番号	原子番号	索引ファイル	データファイル
1	23 以下	J2608. INFT100. DATA	J2608. DAFT100. DATA
2	24 ~ 35	J2608. INFT200. DATA	J2608. DAFT200. DATA
3	36 ~ 51	J2608. INFT300. DATA	J2608. DAFT300. DATA
4	52 ~ 91	J2608. INFT400. DATA	J2608. DAFT400. DATA
5	92 以上	J2608. INFT500. DATA	J2608. DAFT500. DATA

1992年9月現在 NESTOR2 に格納されている数値データの量は全部で約 300 万点である。

一方、コメントファイルには、文献のタイトル、全著者名、実験手法、データ解析手法と言った文字情報がしまわれている。これはデータ量が多いので、現在は、MTL (Magnetic Tape Library) に格納してあり、原研では TSS 端末からこれを使用することは許されていないのでバッチジョブを投入してコメント情報の検索を行う必要がある。

検索用のプログラムを用いると NESTOR2 の数値データリストの作成や一部のデータだけを取り出した小ファイルの作成が可能である。また、データ作図用プログラム SPLINT により NESTOR2 の実験データや評価済データを重ね合わせたグラフを作ることができる。図 2 に SPLINT で作図した断面積の例を示した。実線は JENDL-3 の評価済データである。

NESTOR2 のデータの更新は定期的には行っていない。核データセンターは、実験データの要求を受けると、NEA データバンクに連絡し、EXFOR のデータを入手する。そのデータを NESTOR2 に格納しデータの更新を行う。データを要求した方が EXFOR のデータを処理される場合は EXFOR のままのデータを複写してお渡しする。シグマ委員会のワーキンググループの作業の様に原研の計算機で作図等の処理をされる場合は、NESTOR2 の更新後、NESTOR2 のデータを使用していただいている。

3. NDI

NESTOR2 に格納されている実験データは NDI で見ることができる。NDI を使うには各自の TSS マクロコマンドファイルに以下のように NDI を定義しておく必要がある。

```
Jxxxx, TSSMAC. CLIST(NDI)
```

この中味は、

```
PROC 0  
EXEC 'J2608. TSSMAC. CLIST(NDI)'  
EXIT  
END
```

とする。こうしておくと TSS コマンド NDI を入力すると次のメニュー画面が表示される。

- 1 = WHERE (INFORMATION ON EVALUATED DATA)
- 2 = REPORT (INFORMATION ON DOCUMENTS)
- 3 = INFORMATION OF EXPERIMENTAL DATA

11 = JOB SET-UP FOR ENDF PROCESSING CODES
12 = JOB SET-UP FOR ENSDF PROCESSING CODES
E OR BLANK = END OF NDI

SELECT OPTION OR ENTER TSS COMAND ==>

ここでオプション3を選択すると、初期画面（図3）が表示される。この画面の各項目の入力データは以下の通りである。

ATOMIC NUMBER => 原子番号または原子記号を入力する。NESTOR2 のファイルが表1に示した5つに分かれているため、オープンするファイルを決めるには原子番号が必要なので空白は許されない。ただし、原子番号ではなく、表1のファイル番号を指定することも可能である。その場合は、負の整数で指定する。例えば -2 は Cr ~Br までのデータを検索の対象にする事を意味する。

MASS NUMBER =====> 質量数。0 を入れると天然元素のみ、空白の場合は全質量数が検索の対象となる。

QUANTITY-1 =====> 反応の種類（表2参照）。

QUANTITY-2 =====> データの種類（表3参照）。

LABORATORY =====> 測定を行った研究所の略号。

ENERGY RANGE(EV) => 入射中性子エネルギー範囲の上限と下限を ',' で区切って入力する。単位は eV。指定した範囲とデータのエネルギー範囲が一部でも重なれば検索される。

YEAR RANGE =====> 文献の発表年の上限、下限。西暦年の下2桁で指定する。

EXFOR NUMBER =====> 現在は使用できない。

FIRST AUTHOR =====> 現在は使用できない。

これらの内、原子番号は必ず指定する必要があるが、それ以外は指定がない場合は「全て」とみなされる。また、「?」を入力すると、入力データの説明が表示される。

必要事項を指定後、入力キーを押下すると図4の例のように検索結果が画面の下半分に表示される。この例は Fe-56 の (n,2n) 反応断面積の情報を表示したもので、全部で9件のデータが NESTOR2 に格納されていることがわかる。画面のスクロールは、画面の下に示されているように、ファンクションキーを用いて行う。また、PF4 または PF16 は画面の切り替えを行うキーで、それを押すと図5の画面に変わる。この画

面には反応の種類の詳細な定義と第1著者名が表示される。図4と図5の画面中の記号の意味は以下の通りである。

- I : isomeric state の番号。0 は基底状態であることを示す。
- Q1 : 反応の種類 (表2 参照)。
- Q2 : データの種類 (表3 参照)。
- Q3 : データの種類補助記号。
- Q4 : データに掛かっている係数等の記号。
- OP : 放出粒子。
- RS : 残留核の状態。
- ID : EXFOR の entry number と sub-entry number。
- POINTS : データ点数。

図4または図5の画面で左端に「0」(output の o)と入力すると数値データの検索を行うことができる。「0」は一度に2つ以上のデータにつけても良い。「0」を入れて入力キーを押下すると作成するファイル名が問い合わせられ、それに応えるとデータの検索が行われる。それ以降は、同じファイルの後ろに検索されたデータが書き込まれる。出力ファイルのフォーマットは、バイナリーで格納してあった数値データを1行85文字の文字形式に拡張して出力されることから expanded format と称している。出力例を図6に示した。

4. むすび

NESTOR2 と NDI の実験データの情報検索について示した。NESTOR2 のデータを検索するには、RETRIEVE を使う。その入力データを作成するにはもう少し詳しい説明が必要となる。本稿は NDI の使用法を示すのが目的なので RETRIEVE の説明は割愛する。また、NDI で検索した数値データの expanded format は一部に不完全なところがあり、修正する予定である。

実験データの利用を希望される方は日本原子力研究所の核データセンターへご連絡ください。本文中にも書いた通り、NEA データバンクへの連絡等の便を図ります。この種のシステムは不都合が見つかるると随時修正を行っているので、使用法に変更が生じる場合があります。不明の点は筆者 (Tel. 0292-82-5482) までご連絡ください。

表2 反応の種類

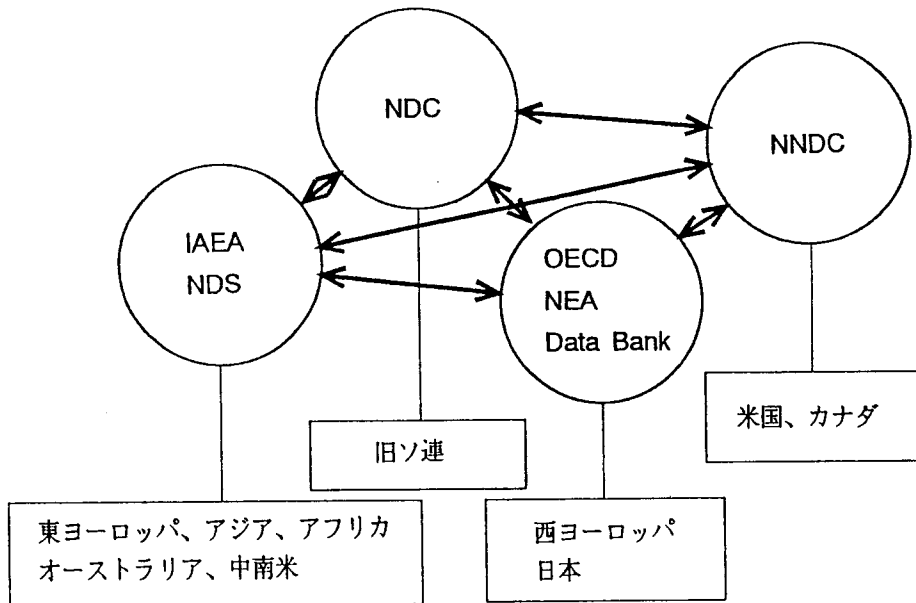
Code	Description	Code	Description
ABS	Absorption	NU	ν
AEM	α -particle emission	NUP	ν_p
ALF	α value	NUD	ν_d
BFI	Binary fission	PEM	Proton emission
CAP	Capture	POT	Potential scattering
DEM	Deuteron emission	RAD	Nuclear radius
ELA	Elastic scattering	RES	Resonance parameters
EMI	Other particle emission	SCO	Spin cut-off factor
ETA	η value	SCT	Scattering (elastic + inelastic)
FIS	Fission	STF	Strength function
GEM	γ -ray emission	TEM	Triton emission
INL	Inelastic scattering	TEP	Nuclear temperature
LDP	Level density parameters	TFI	Ternary fission
LS	Level spacing	THS	Thermal scattering
NEM	Neutron emission	TOT	Total
NON	Nonelastic		

(n,2n)、(n,p)、(n,np) 等の粒子放出反応は、放出粒子を n、p、d、t、 ^3He 、 α の順に並べて表す。

(例) (n2n)= 2N, (n,3n)= 3N, (n,nt)= NT, (n,p)= P, (n,n2p)= N2P,

表3 データの種類

Code	Description
AD	Angular distribution
AP	Amplitude
CD	Charge distribution
CR	Correlation
CS	Cross section
DD	Energy-angular distribution (double differential)
ED	Energy distribution
FX	Special quantity in fission process
KE	Kinetic energy
PO	Polarization
PV	Resonance peak cross section
RI	Resonance integral
RR	Resolved resonance parameters
UR	Unresolved resonance parameters (average resonance parameters)
TD	Triple differential
XX	Special quantity
YD	Yield



NNDC: National Nuclear Data Center, BNL, USA

OECD NEA Data Bank: Organization for Economic Cooperation and Development,
Nuclear Energy Agency Data Bank, Paris, France

NDC: Nuclear Data Center, Obninsk, Russia

IAEA NDS: The United Nations, International Atomic Energy Agency, Nuclear Data
Section, Vienna, Austria

図1 4 センターネットワーク

2 - 1

^{59}Co (n, α)

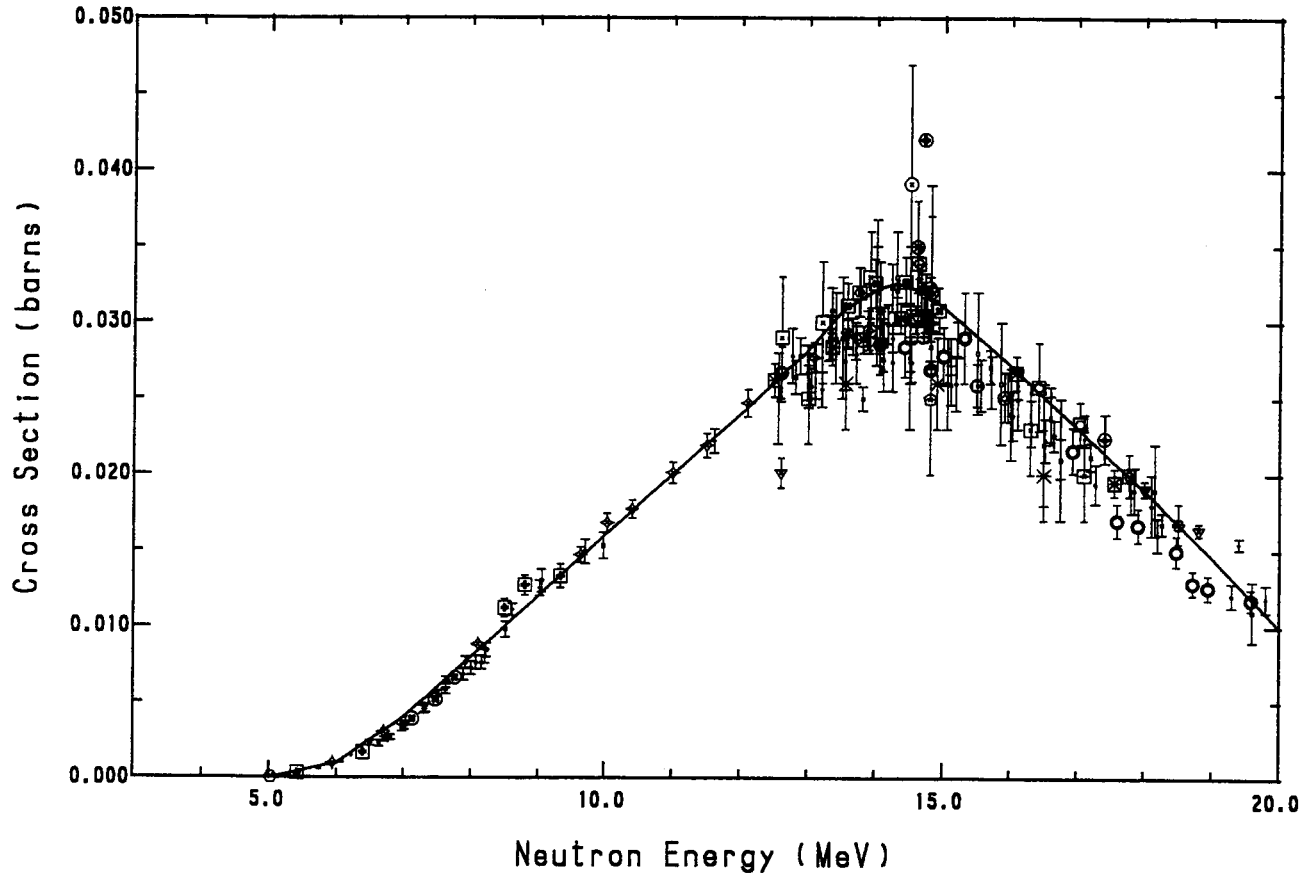


図2 SPLINT を用いた断面積データの作図例 (^{59}Co (n, α) 断面積)

..... < INFORMATION ON EXPERIMENTAL DATA -1>.....

ATOMIC NUMBER => * ENERGY RANGE(EV) =>
 MASS NUMBER ==> YEAR RANGE ==>
 QUANTITY-1 ==> EXFOR NUMBER ==>
 QUANTITY-2 ==> FIRST AUTHOR ==>
 LABORATORY ==> *) ATOMIC NUMBER, SYMBOL OR -(FILE NUMBERS)

S	Z	A	I	Q1	Q2	Y	LAB	ID	REFERENCE	ENERGY(EV)	POINTS
---	---	---	---	----	----	---	-----	----	-----------	------------	--------

PF1,PF18 = 'UP', PF2,PF21 = 'DOWN', PF3,PF15 = 'STOP', PF4,PF16= 'SWAP'
 Exit:NFER Menus:GRPH-M

図3 NDI option 3 の初期画面

..... < INFORMATION ON EXPERIMENTAL DATA -1>.....

9 SETS FOUND.
 ATOMIC NUMBER => FE * ENERGY RANGE(EV) =>
 MASS NUMBER ==> 56 YEAR RANGE ==>
 QUANTITY-1 ==> 2N EXFOR NUMBER ==>
 QUANTITY-2 ==> CS FIRST AUTHOR ==>
 LABORATORY ==> *) ATOMIC NUMBER, SYMBOL OR -(FILE NUMBERS)

S	Z	A	I	Q1	Q2	Y	LAB	ID	REFERENCE	ENERGY(EV)	POINTS
	FE	56	0	2N	CS	78	AE	20854008	J NP/A,307,(3),445	1.6E+07 2.2E+07	50
	FE	56	0	2N	CS	78	AE	20854015	J NP/A,307,(3),445	1.6E+07 2.2E+07	5
	FE	56	0	2N	CS	79	SLO	30572005	C 79SMOLENIC,6,395	1.5E+07 1.5E+07	1
	FE	56	0	2N	CS	62	IRK	20091004	J OSA,99,1	1.4E+07 1.4E+07	1
	FE	56	0	2N	CS	69	LND	20164008	J AF,39,295	1.5E+07 1.5E+07	1
	FE	56	0	2N	CS	77	JUL	20721021	J NP/A,283,269	1.5E+07 1.5E+07	1
	FE	56	0	2N	CS	78	AE	20854014	J NP/A,307,(3),445	1.6E+07 2.2E+07	5
	FE	56	0	2N	CS	80	BRC	20416003	W FREHAUT	1.2E+07 1.5E+07	7
	FE	56	0	2N	CS	89	ANL	13132002	S ASTM-STP-1001,50	1.5E+07 1.5E+07	1

***** END OF ANSWER *****

PF1,PF18 = 'UP', PF2,PF21 = 'DOWN', PF3,PF15 = 'STOP', PF4,PF16= 'SWAP'
 Exit:NFER Menus:GRPH-M

図4 検索例 (1)

```

..... < INFORMATION ON EXPERIMENTAL DATA -2> .....
9 SETS FOUND.
ATOMIC NUMBER => FE          ENERGY RANGE(EV) =>
MASS NUMBER   ==> 56        YEAR RANGE   =====>
QUANTITY-1    ==> 2N        EXFOR NUMBER ==>
QUANTITY-2    ==> CS        FIRST AUTHOR ==>
LABORATORY    ==>

```

S	Z	A	I	Q1	Q2	Q3	Q4	OP	RS	ID	REFERENCE	AUTHOR
	FE	56	0	2N	CS			G	PA	20854008	J NP/A, 307, (3), 445	V.CORCALCIUC+
	FE	56	0	2N	CS			G	PA	20854015	J NP/A, 307, (3), 445	V.CORCALCIUC+
	FE	56	0	2N	CS			G	PA	30572005	C 79SMOLENIC, 6, 395	S.HLAVAC+
	FE	56	0	2N	CS			N		20091004	J OSA, 99, 1	R.WENUSCH+
	FE	56	0	2N	CS			N		20164008	J AF, 39, 295	B.JOENSSON+
	FE	56	0	2N	CS			N		20721021	J NP/A, 283, 269	S.M.QAIM+
	FE	56	0	2N	CS			N		20854014	J NP/A, 307, (3), 445	V.CORCALCIUC+
	FE	56	0	2N	CS			N		20416003	W FREHAUT	J.FREHAUT+
	FE	56	0	2N	CS			N		13132002	S ASTM-STP-1001, 50	D.L.BOWERS+

***** END OF ANSWER *****

Exit:NFER Menus:GRPH-M

図5 検索例 (2)

26	56	N2N	CS	N	7BAE	20854	14	JNP/A, 307, (3), 445	V.CORCALCIUC+	02	7	0	1
EN	EV	RSL	EV	DAT	BARN								0
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.6200E+07	4.0000E+05	6.6200E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.8100E+07	4.0000E+05	7.7300E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.9300E+07	4.0000E+05	8.3000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
2.0500E+07	4.0000E+05	6.8000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
2.1800E+07	4.0000E+05	4.7500E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
													199999
26	56	N2N	CS	N	80BRC	20416	3	W	FREHAUT	J.FREHAUT+	02	7	0
EN	EV	RSL	EV	DAT	BARN	ERR	BARN			MON	BARN		0
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.1880E+07	8.5000E+04	3.7000E-02	4.0000E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	9.6500E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.2360E+07	8.5000E+04	1.0400E-01	6.0000E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	9.7800E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.2850E+07	8.0000E+04	2.1300E-01	1.2000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	9.9900E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.3330E+07	7.5000E+04	3.1600E-01	1.9000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0310E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.3800E+07	7.5000E+04	4.0200E-01	2.4000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0860E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.4280E+07	7.0000E+04	4.1000E-01	3.3000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1630E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
1.4760E+07	6.5000E+04	5.1900E-01	4.1000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2160E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1
													199999
													99999999

図6 数値データの出力例 (Fe - 56 (n, 2n) 断面積)