

話 題 III

評価済み核構造データファイルと
核構造文献ファイルの利用

放医研 喜多尾 憲 助
原 研 田 村 務

はじめに

K: われわれはこれまで核崩壊・荷電粒子核反応など核構造の状報をジャーナルやブックレットになったデータ集から得て来ましたので、コンピュータ化されたデータファイルは、扱いなれた人には何でもないかも知れませんが、なにやら取付きにくい気がします。

Tさんは評価済み核構造データファイル(ENSDF)や核構造文献ファイル(NSRF)について、どちらかと言えばファイルを作る立場から原子力学会誌や物理学会の席上で紹介して来られました。^{1) 2) 3)}今日はひとつ利用者の立場からいろいろお尋ねしようと思います。

T: どうぞ

K: では、例の茶色というか土色をした表紙のNuclear Data Sheets (NDS) 誌は、質量数毎にまとめられた核構造データと同じく質量数毎に分類されたRecent references, 核反応別のReaction index とから構成されていますが、これらのデータとENSDF, NSRFとの関係からお話してくれませんか。

T: この雑誌の表紙の左側に、“Nuclear Data Sheets は米国核データセンタ(National Nuclear Data Center)が維持しているコンピュータファイルENSDFの出力である”と書かれているように、その内容はすべて、ENSDF及びNSRFからいくつかの出力プログラムを用いて直接出力されたものです。NSRFには、後で説明しますが、いくつかのキーワードがあり、それに基づいて分類編集することができますが、NDS誌では反応別・質量別にまとめて出版しているわけです。ENSDFは可能な限り広い情報源をもとに評価した核構造に関する「信頼性の高い」物理量が収納されていますし、適当な周期で改訂されるものです。従ってNSRFはその情報源を明らかにするという意味でも、ENSDFと表裏一体をなすものです。

1) 田村 務: 原子力学会誌 18 [8], 488 (1976)

2) 田村 務: JAER-M 8163, 21 (1979)

3) 田村 務, 松本純一郎, 成田 孟: JAERI-M 8769, 17 (1980)

K：いずれにせよ、これらのファイルが基本になるわけですが、われわれはNuclear Data Sheetsでしか接することは出来ないのでしょうか。

T：そんなことはありません。わが国は原研核データセンタを通して、国際協力による核構造・崩壊データの評価・編集・普及のネットワークに参加しています。年に2回位の頻度でUPDATEした部分のファイルがブルックヘブン国立研究所から磁気テープの形で送られて来ますので、原研核データセンタは旧ファイルと入れ替え最新のファイルを作ることになっていますから、それを利用すると、常に最新の評価済みデータファイルやrecent・referencesを見ることが出来ます。

ENSDFの構成

K：ENSDFを利用するには、もちろんその構成内容を知っている必要があります。簡単に説明していただけませんか。

T：ええ。それではまずENSDFはたとえば1本のガンマ線についてのデータ、あるいは一つの核準位のデータはそれぞれ1枚のカード(80カラム：フォーマット)に収められているものであることを頭の中に入れておいて下さい。もちろん、1枚のカードで書き切れない情報量があれば、2枚3枚とつけ足されています。

ENSDFは、ご承知のように原子核物理の専門家によって“質量数”毎に評準評価されたデータファイルです。(その評価編集の原則はNDS誌の1つ1つに刷り込まれていますので詳しくはそれを見て下さい。もちろんどのデータを採用するかどうかなどという段階では評価する人の判断が求められます。又評価者が作成したデータファイルは査読を受けたのちにENSDFに収容されます)ですから、ある核種についての情報を拾い出そうとすれば、まず質量数で検索することになります。これはちょうど、NDS誌を繰るのに似ていますね。それぞれの質量数のデータファイルは元素記号で分類され、さらに“Adopted Levels [Gammas] ”，“Decay Data Set ”，“Reaction Data Set”の3つに別けて収められます。(第1図) 1枚1枚のカード(レコード)の1-5カラムにはそのカードが属する質量数と元素名が付けられています。Decay Data Setはさらに崩壊のタイプ・親核の半減期によって細分されて行きます。同様にReaction Data Setも核反応のタイプによって細分されます。

K：すると、たとえば、 ^{137}Cs の662 KeV ガンマ線の情報は、 ^{137}Cs のデータセットを探せばよいわけですか。

T：言い落しましたが、ENSDFは核種のエネルギー単位が構成の基本になっています。“ ^{137}Cs ”ででてくるのは、 ^{137}Cs のエネルギー単位が中心となる情報ですから、 ^{137}Cs の662

KeV γ 線については“ ^{137}Ba ”とやらなければならないのです。もっとも各データセットの1枚目(第1レコード)は崩壊のタイプ・半減期あるいは核反応の種類が書き込まれているので、それを手がかりに検索することも可能です。いまの場合、“137BA”“DECAY”とすれば、望むデータセットが出力されるはずです。

(データセットの例を付録にかかげましたので、ご参照下さい)

データ利用のプログラム

K:私もENSDFを最大限に利用しようと思っているのですが、原研核データセンタへ出向くと、利用のプログラムなどが揃っているのでしょうか。

T:ユーザーの利用の仕方にもよりますが、データセットの構造に沿った利用ならばかなり要求に応じられると思います。

K:どんなプログラムがありますか。

T:現有のプログラムはもともとENSDF作成用や、NDS誌出版のために開発されたもので、主としてIBM370向けにFORTRAN-Nで書かれています。一部にIBM370アセンブラあるいはPL/Iで書かれているものもあります。又原研で作直したものもあります。使い方次第では核構造のシステムティックスの研究などにも使うことが出来るものです。次にそのプログラムを示しましょう。

- (1) 特定の核種、特定のデータタイプ(たとえば、崩壊データ、EC崩壊データ、 $(n, n' \gamma)$ 反応データ)をファイルから拾い出す — プログラム名「FETCH」。一番基本的なプログラムで、データセット別サブファイルを作ったりするのに必要です。
- (2) 崩壊図式を書く — 「DECAYPNL」。FETCHで拾い出したデータセットをもとにdecay scheme(第2図)を書き出します。
- (3) 準位の図示 — 「LEVELPNL」。FETCHで拾い出されたデータセットをもとに、準位(エネルギー、スピン、パリティ)を図にあらわす。(第3図)
- (4) NDS誌と同じ形式の出力を得る — 「NDSLIST」。表形式のものが得られる。
- (5) 放射性崩壊で放出される放射線のエネルギー、放出度を出力する — 「MEDLIST」。もともと放射性核種による体内被曝計算用の基礎データ出力用として開発されたもの、崩壊当たり0.01%以上の強度をもつ内部転換電子・オージェ電子・X線($K_{\alpha 1}$, $K_{\alpha 2}$, K_{β} , L), γ 線のエネルギー・放出強度、平衡吸収線量が出力される(第4図)。原子過程からの放射線も計算できるので、うまく使うと利用価値がある。
- (6) 特定の種類のデータの出力と編集 — 「RETRIEVE」。ENSDFのデータ項目に

よる検索とマージ機能を用いて必要な新しいデータファイルを作成するプログラム。

K：そのほか評価のさい使用しているプログラムにはどんなものがありますか、結構自分が測定したデータの整理に役立つと出いますが、

T：そうですね。以下にそれを並べてみましょう。

HSICC (Harger, SeltzerのTableによる内部転換係数の計算)

LOGET ($\log f_t$, $\log f_{1,t}$, β^+/EC 比の計算用)

GTO L (準位のエネルギー値をそれから出て行く γ 線のエネルギーと強度 (誤差を含む) を与え, 最小二乗法により準位のエネルギー値の再計算と誤差計算。準位への転位収支を出力)

AVERAGE (荷重平均)

ANGOR (角相関データの処理, mixing ratio の計算)

GHIND (γ 崩壊の weiskopt estimate の計算)

いずれも、データを ENSDF のフォーマットに合せて作っておけば必要な計算を実行してくれます。

NSRF について

K：最後になりましたが、NSRF の利用についておうかがいします。

T：はじめにもちょっとお話しましたが、これはNDS 誌に掲載されるRecent Reference のソースファイルで、核崩壊・核反応のほか原子核物理実験関係の論文をほとんど編集対象としており、発生時点での逐一編集が行われます。その内容を第5図(a,b)に示しましたが、各文献は番号 (KEYNO) とキーワード (KEYWORDS, SELECTORS) を付けられてファイルされています。これは原研で常用されている文献検索プログラムを走らせれば、必要な文献を分類し出力することができるでしょう。

おわりに

K：本日はいろいろありがとうございました。これらのファイルに大分親し身を感じるようになりました。

T：原研における核データ活動に関係する一人として、ユーザーが大いにファイルを利用し、又ファイル活用のプログラムなどを作っただけだとありがたいと思っています。

K：そうですね。しかしこれまで核データ、とくに中性子関係のデータはデータを集めたり評価したりする人自身がデータのユーザーであり、利用にさいしては、その人たち自身が直接ファイルを操作して来ました。利用層の拡大は最新のデータだけを欲しいという人達を集めることにもなり

ます。核データセンタも人手を増やさなければ、外部からの注文に応じることは難しいと思います。この点もよろしくお願ひしたいものです。

付 録 ENSDF データセットの構成

121SB	121SN B-	DECAY (55 Y)	68SN01,78HU07	83NDS					830228
121SB C	68SN01:	SEMI G, SCIN 4 PI BG-COINCIDENCE B SPECTRA							
121SB2C	78HU07:	SEMI, SCIN 4 PI BG-COINCIDENCE, DEDUCED							
121SB3C	I(B-)/I(IT).	I(L X-RAY)							
121SN P	6.30	8 11/2-	55 Y	5	386.6				25
121SB N	1.0		0.224	201.0					
121SB CN	BR	FROM I(B-)/I(IT) (78HU07);							
121SB CN		NO B- FEEDING TO G.S. IS ASSUMED							
121SB L	0.0	5/2+		STABLE					
121SB L	37.15	4 7/2+	A2.96 NS	8					
121SB B		100		9.65 5					C1U
121SB2 B	EAV=120.7	9¥							
121SB CB	E	354 5 FK-PLOT NONLINEAR DJ=2, YES (68SN01)							
121SB G	37.15	4 8.26 M1		11.1					C
121SB CG	M	FROM EKC=9.32 37 (68SN01), 9.45 33 (78HU07)							
121SB2 G	KC=9.54 ¥	LC=1.24 ¥ MC=0.244 ¥ N+=0.081 ¥							
121SB	121TE EC	DECAY (16.78 D)	75ME23	83NDS					830228
121SB C	75ME23:	COMPTON SUPPRESSION SPECTROMETER SEMI G							
121SB C	OTHERS:	SCIN G GG, MAGNETIC SPECTROGRAPH CE (64CH08)							
121SB2C	SEMI G	(71AU03)							
121SB CL	E	E(LEVELS) ARE BASED ON A LEAST-SQUARES FIT TO THE							
121SB2CL	EG	OF 75ME23							
121SB CL	J	SPIN AND PARITY VALUES ARE THOSE GIVEN UNDER ADOPTED							
121SB2CL	LEVELS								
121SB CG	E	FROM 75ME23. THE EVALUATORS HAVE ADDED 10 EV IN QUADRATURE							
121SB2CG		TO THE QUOTED UNCERTAINTIES TO ALLOW FOR UNCERTAINTIES IN							
121SB3CG	CALIBRATION								
121SB CG	RI	FROM 75ME23. THE EVALUATORS HAVE ADDED 2X IN QUADRATURE							
121SB2CG		TO THE QUOTED UNCERTAINTIES TO ALLOW FOR UNCERTAINTIES IN							
121SB3CG	EFFICIENCY CALIBRATION								
121TE P	0.0	1/2+	16.78 D	35	1080				15
121SB N	0.0803	18 1.0	1.00	4					
121SB CN	NR	FROM I(G+CE TO G.S.)=100							
121SB L	0.0	5/2+		STABLE					
121SB L	37.133	8 7/2+	2.96 NS	8					
121SB CL	T	FROM (470G)(37G)(T), (1102G)(37G)(T) (73BE18);							
121SB2CL	OTHER:	3.5 NS 2 FROM (1102G)(CE 37G)(T) (64CH08)							
121SB G	37.138	10 1.46 5 M1		11.1	17.7				1
121SB CG	RI	FROM TI AND CC							
121SB CG	TI	FROM INTENSITY BALANCE AT 37-KEV LEVEL							
121SB2 G	KC=9.54 ¥	LC=1.24 ¥ MC=0.244 ¥ N+=0.081 ¥							
121SB L	507.597	8 3/2+	2.0 PS	3					
121SB CL	T	FROM RESONANCE FLUORESCENCE (63ME13)							
121SB E		18.4 6 6.86 4							
121SB2 E		CK=0.8493 ¥CL=0.1194 3¥CM+=0.03137 8¥							
121SB G	470.472	13 17.5 4 (E2)		0.0093					
121SB CG		EKC=0.0083 SUGGESTS E2 OR M1							
121SB2 G	KC=0.00790	¥LC=0.00110 ¥ MC=0.00022 ¥							
121SB G	507.591	11 220 5 M1+E2 +0.29 9	0.0084	3					
121SB CG	MR	+0.29 9; FROM COUL. EX. AND RESONANCE FLUORESCENCE (63ME13)							
121SB2 G	KC=0.0072 5 ¥	LC=0.00089 ¥							
121SB L	573.142	9 1/2+	8.2 PS	10					
121SB CL	T	FROM RESONANCE FLUORESCENCE (63ME13)							
121SB E		81.6 6 6.10 4							
121SB2 E		CK=0.8476 ¥CL=0.1206 4¥CM+=0.03176 11¥							
121SB G	65.548	13 3.23 11 M1+E2 -0.18 10	2.27 17						
121SB CG	MR	-0.18 10; FROM (66G)(510G)(THETA) A2=0.066 9, A4=0.00015							
121SB2CG	(64AU05)								
121SB2 G	KC=1.89 9	¥ LC=0.31 9 ¥ MC=0.061 17 ¥ N+=0.014 4 ¥							
121SB G	573.139	11 1000 21 E2		0.0054					
121SB CG	M	FROM L1/L2/L3=1.00/0.12/0.09 (64CH08)							
121SB2 G	KC=0.0046	¥ LC=0.00061 ¥							
121SB3 G	BE2W=30								

ENSDFデータセットの例。

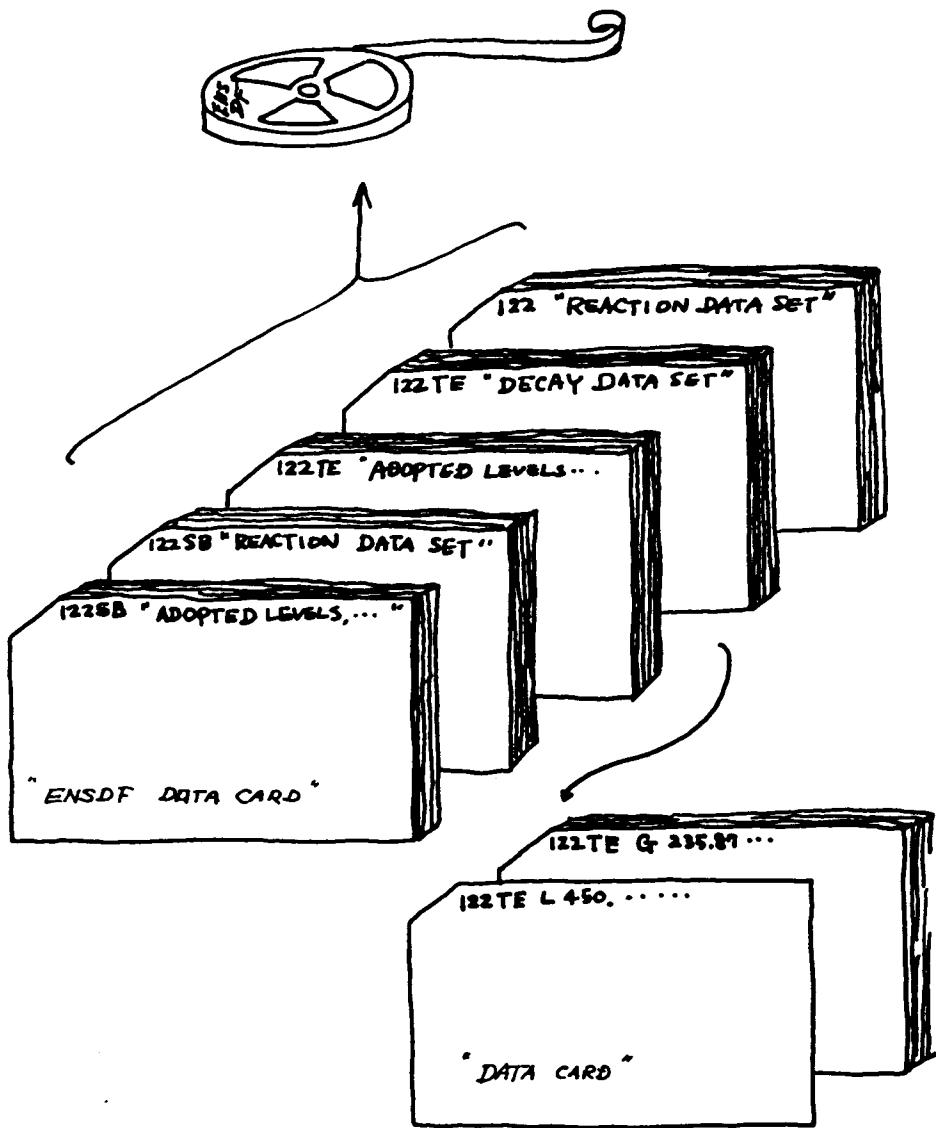
中間の空白より上部は¹¹³Snのβ崩壊(55 y)のデータセット、
下部は¹¹³TeのEC崩壊のデータセットを示す。横の1行は1レ
コードで、80カラムの中に数種類のデータ項目が含まれる。

^{121}Sn の β 崩壊と ^{121}Te (16.78d)の軌道電子捕獲・ (EC) 崩壊の2つのデータセットの例を示した。最初の ^{121}Sn の β 崩壊の例についてデータセットの構成：

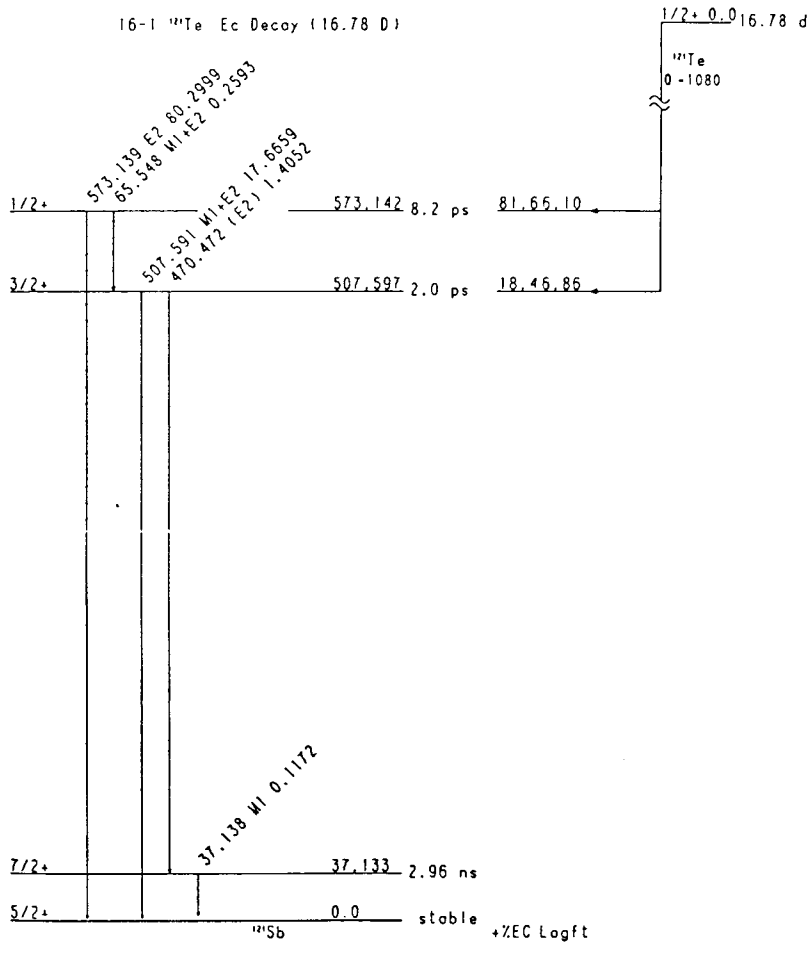
- (1) すべてのレコード (エンドを除く) を通じて1ないし5カラムは核種が入っている。親核種についてのレコードは1レコードのみで “ 1 2 1 S N ” と記してあり、残りのすべては “ 1 2 1 S B ” となっている。
- (2) 第1レコードはこのデータセットに固有の名称のI D (Identification)である。
- (3) 第1ないし第3レコードはこのデータセット全体についてのコメントである。これらのコメントレコードは第7カラムに“ C ” が入っている。
- (4) 第8カラムはレコードの区別を示す。“ P ” は親核, “ L ” はレベル, “ N ” は崩壊当たりの γ 線, β 線, 分岐比などの規格定数を含むレコードを示す。
- (5) 第9レコードは基底状態に関するものである。
- (6) 第10レコードは第1励起状態であり, それに続く“ B ” レコードはこのレベルへの β 崩壊に関するものである。この“ B ” レコードにはさらに2レコード“ 2 B ” と“ C B ” が続く。これらは β 線の平均エネルギーと β 線についてのコメントである。次に続く“ G ” レコードは, この37.15 ke Vのレベルから出る γ 線に関するものであり, 多重度の指定理由を示すコメントとK, L, M電子軌道の内部変換係数を示している。これらは (物理量) (オペレータ) (データ) のフリーフォーマットで記入してある。
- (7) さらに多くのレベルがある場合には, 前項6のようにレベル毎にまとめて続けて入れてある。
- (8) レベルに組み込まれていない放射線は最初のレベルの前に置かれる。
- (9) すべてのレコードの最後は1枚のブランクレコードであって, つぎのデータセットとの区分を示す。

次に続く ^{121}Te (16.78 d)は多くのEC崩壊で多くのレベルが励起され, それらからの γ 線が見られる例である。 $^{121\text{m}}\text{Te}$ (154 d), $^{121\text{m}}\text{Te}$ IT崩壊は別々のデータセットとなる。

^{121}Sb の励起状態はこのECの崩壊のほか $^{121\text{g}}\text{Te}$, $^{121\text{g}}\text{Sn}$ の崩壊, ^{121}Sb に終状態をもつ (^3He , d), (n, n'), (d, d'), (α , α') 反応から調べられており, これらのそれぞれに対してデータセットが作られる。最後にこれらのすべてを総合して ^{121}Sb のAdopted Levels, Gammas データセットを完成させる。



第1図 ENSDF データセットの構成



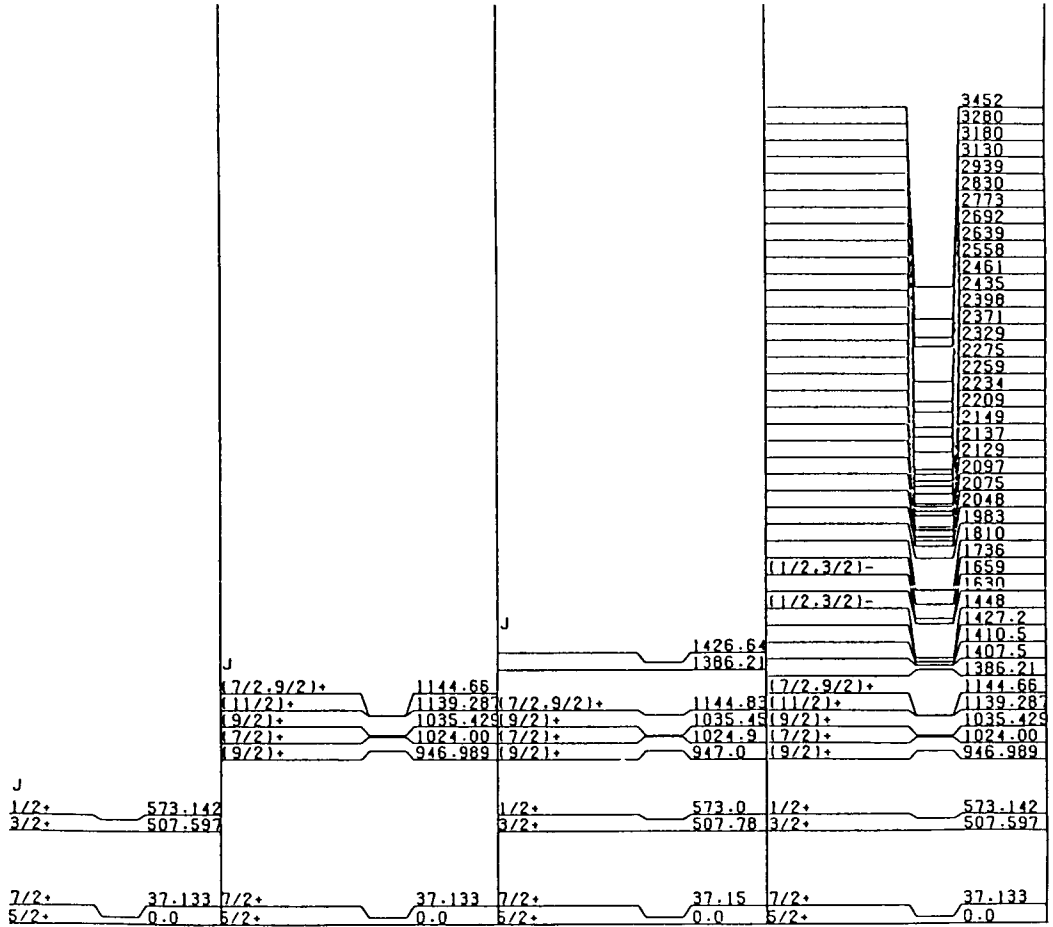
第 2 图 An example of DECAYNLP output

121TE EC
DECAY (16.78 D)

121TE EC
DECAY (154 D)

COULOMB
EXCITATION

ADOPTED
LEVELS.GAMMAS



第 3 图 An example of LEVELNLP output

MEDLIST の
出力例

89ZR B+ DECAY (4.18 M 1)						
Radiation Type	Energy (keV)		Intensity (%)		Δ (g-rad/ μ Ci-h)	

Auger-L	2		4.84	25	0.0002	
Auger-K	12.7		1.19	13	0.0003	
β^+ 1 max	890	3				
avg	390.4	13	1.341	18	0.0112	
β^+ 2 max	2397	3				
avg	1073.4	13	0.17	11	0.0039	
Total β^+						
avg	467.2	15	1.51	12	0.0150	
X-ray L	2		0.11	4	≈0	
X-ray $K\alpha_2$	14.88290	20	0.85	4	0.0003	
X-ray $K\alpha_1$	14.95840	20	1.64	8	0.0005	
X-ray $K\beta$	16.7		0.450	22	0.0002	
γ 1	1507.4	5	6.04	6	0.194	
Maximum γ ± intensity =			3.02%			

(第4図)

(a) <KEYNO >79AL09
 <HISTORY >A800625
 <CODEN >JOUR MSEN 70 184
 <REFERENCE>Nucl.Sci.Eng. 70, 184 (1979)
 <AUTHORS >D.R.Alexander, Y.K.Peng
 <TITLE >Calculated Time-Dependent Delayed Neutron Group Yields for Thermal-Neutron Fission of Uranium-235
 <KEYWORDS>NUCLEAR REACTIONS $^{235}\text{U}(n,f)$, E=thermal; calculated yields of time-dependent delayed neutron groups. ^{235}U deduced total delayed-neutron yield. Calculations based on delayed-neutron precursor fission data, systematics.
 <SELECTRS>T:235U;A. R:(M,F);A. C:YIELDS;A. C:M-SPECTRA;A. M:235U;B. D:YIELDS;B.

(b) <KEYNO >79AL05
 <HISTORY >A800625
 <CODEN >JOUR ZPAAD A290 173
 <REFERENCE>Z.Phys. A290, 173 (1979)
 <AUTHORS >K.Aleklett, E.Lund, G.Rudstam
 <TITLE >Total β -Decay Energies and Masses of $^{85-89}\text{Br}$
 <KEYWORDS>RADIOACTIVITY $^{85,86,87,88,89}\text{Br}$; measured β -coin. β -spectrum; deduced β mass excess. $^{85,86,87,88,89}\text{Kr}$ deduced mass excess.
 <SELECTRS>M:85BR;A. M:86BR;A. M:87BR;A. M:88BR;A. M:89BR;A. M:B-SPECTRA;A. D:OTHER;A. M:85KR;B. M:86KR;B. M:87KR;B. M:88KR;B. M:89KR;B. D:OTHER;B.

(c) Categories of keywords:

NUCLEAR MOMENTS
 RADIOACTIVITY
 NUCLEAR REACTIONS
 ATOMIC PHYSICS
 ISOTOPE SHIFTS
 NUCLEAR STRUCTURE
 ATOMIC MASSES
 COMPILATION

(d) Type of selectors:

N: Nuclide
 T: Target
 R: Reaction
 S: Special subject
 M: Measured quantity
 D: Deduced quantity
 C: Calculated quantity
 X: Compiled or evaluated quantity
 Z: Range of Z
 A: Range of A

(a), (b) 文献データの例, (c) キーワード(<KEYWORDS>)のカテゴリー
 (d) 選択子(<SELECTRS>)の型

文献データファイル (NSRF)

<KEYNO > は79AL09, 76MEZYのように年, 著者の最初の2文字, 番号2文字あるいは記号2文字からなる。番号と記号の区別は公開論文(レフェリー済)か非公開(レフェリーなし)かによる。

<KEYWORDS > はすでに多くの雑誌で採用されている実験の主要データ項目の集まりであって, 最初に核反応, 崩壊などの区分がある。(c)にその区分を示す。

<SELECTRS > はkeywordsの中から重要な核データ項目を選び出したもので, (parameter types) : (parameter values) : (link variables)の順で記入されている。