

## WG活動報告

### 放射化断面積WG

日本原子力研究所

中島 豊

本WGは1987年4月に核データ評価WGのサブWGとして作られた中重核データ・サブWGが行っていた放射化断面積の評価を引き継ぐ形で1989年4月に核融合核データWGのサブWGとして発足し、1990年4月に独立したWG\*となった。WGの名称から容易に推測されるように、本WGのミッションは日本独自の放射化断面積ライブラリーを作り上げることである。

WG発足の時点で欧米において既に REAC-ECN-4<sup>1)</sup> や UKACT-1<sup>2)</sup>、REAC-2<sup>3)</sup> などの1万反応以上の断面積データを収録したライブラリーがあった。これと同程度の反応数の断面積データを収録したライブラリーを作ることはマンパワーなどから考えて不可能なので、反応数においては前記の大きなライブラリーには叶わないが、応用上重要な反応について信頼性の高いデータを収録したライブラリーを作成することとした。更に信頼性の高いライブラリーにするために、信頼出来る実験値を評価値が再現するようにすると共に、可能な限りFNSで測定された積分データなどによって評価値の信頼度の検証をすることにした。

以上の方針に基づき収録すべきデータを次の通り決定した。

- (1) 水素からビスマスまでの元素に対して、原子力開発上（軽水炉、ガス炉、高速炉、核融合炉、廃棄物処理等）の重要度に照らして3段階のプライオリティをつけた。その結果を表1に示す。JENDL放射化断面積ファイル第1版にはプライオリティ1と2の65元素のデータを収録する。
- (2) それぞれの核種の断面積データとしては次の条件を満足する反応を収録する。
  - (i) 標的核の半減期 : 1日以上
  - (ii) 生成核の半減期 : 1日以上で107年以下

---

#### \* ワーキンググループメンバー

浅見 哲夫、八谷 雅典（以上データ工学）、岩崎 信（東北大）、小林 捷平（京大原子炉）、矢野 真理（三菱重工）、山室 信弘（元東工大）、吉田 正（東芝）、渡部 隆（川崎重工）、池田 裕二郎、関 泰、中島 豊（以上原研）

(iii) しきいエネルギー : 18 MeV 以下

(iv) 反応の種類 : (n, $\gamma$ )、(n,n'), (n,2n)、(n,3n)、(n,p)、(n,d)、(n,t)、  
(n,np)、(n,nd)、(n,nt)、(n,2p)、(n, $\alpha$ )、(n, $^3\text{He}$ )、(n,n $\alpha$ )

生成核の半減期が1日以下であっても応用上重要な核種である場合及びその娘核種が1日以上の半減期を持つ場合はその反応を含めることにした。

ただしその後の検討の結果、第1版では標的核は安定核種に限定することにした。不安定核のデータはファイルの改訂の際追加する予定である。

このように述べると該当するデータを JENDL-3 から取ってきて編集するだけのことで済むと考える方が多いかもしれないが、それだけでは済まない次のような問題がある。

- (1) JENDL-3 にはそれぞれの反応の全反応断面積が収録されているが、アイソマーを生成する反応に対して放射化断面積ファイルにはアイソマーや基底状態(不安定ならば)を生成する部分断面積を評価して収録しなければならない。\* \*
- (2) 断面積が小さく中性子輸送にはあまり寄与しないため JENDL-3 に収録されていない反応でも放射化には重要なデータである場合があるため、そのような断面積を改めて評価、収録しなければならない。この種の反応はかなりあった。
- (3) JENDL 放射化断面積ファイル第1版からは除いたが、不安定核の断面積データは JENDL-3 にはほとんどなく改めて評価しなければならない。この場合、実験データもほとんどなく信用できる評価値を得ることは大変困難である。かなりな数の不安定核の評価を行ったが更に細かく検討する必要があるため JENDL 放射化断面積ファイルの第1版には入れないことにした。

JENDL 放射化断面積ファイルの編集をほぼ終了しており、積分データで検証をした後近い将来公開する予定にしている。本ライブラリーの完成は次のような国際的な貢献にもつながるので、完成を急いでいる。

IAEA/NDS の Coordination により数年前から FENDL (Fusion Evaluated Nuclear Data Library) プロジェクトが発足した。FENDL には各種のファイルがあり、そのひとつとして放射化断面積ファイルがある。これらのファイルは既存のファイルから最良と思われるデータを選択して編集されている。現在のライブラリーは FENDL-1 であるが、バージョンアップの際にも同様の方針を取ることになっている。JENDL 放射化断面積ファイルはこれまで行った FNS で測定された放射化の積分データによる検証テストでも大変いい結果が得られており、FENDL にも大幅に取り入れられることが予想される。

また IAEA の研究協力計画(CRP) "Establishment of an International Reference Data Library of Nuclear Activation Cross Sections" にも参加することにし、既に原研と IAEA との協定も結ばれ、第1回会合が昨年(1994)に開かれた。ここでは FENDL よりも長い

レンジで放射化断面積ライブラリーの作成が進められることが決められ、EUのEAF-4 やロシアのADL-3 と共に JENDL 放射化断面積ファイルも国際ライブラリー編集の重要なソースとされた。

---

\*\*この評価に関連してWGで最近問題になったトピックスとして次のようなことがある。図1と図2は山室さん作成の $^{59}\text{Co}(n,2n)$ と $^{58}\text{Ni}(n,p)$ 反応で生成される $^{58}\text{Co}$ の基底状態(2+)とアイソマー状態(5+)に対応する断面積のSINCROSS-IIによる評価値と実験値の比較である。一見良さそうであるが、不思議なことにこの2つの反応ともなぜか基底状態とアイソマー状態への断面積に対する実験値と評価値との対応が逆になっている。すなわち基底状態に対する評価値がアイソマー状態に対する実験値と一致し、アイソマー状態に対する評価値が基底状態に対する実験値と一致している。ほとんどの断面積計算コードでは同じようになるらしく、ロシアのオブニンスクの人達は何年か前にこの問題を取り上げてその解決策を見つけている。<sup>4)</sup> また最新のGNASHコードにもこの問題に対処するオプションがついている。<sup>5)</sup> この問題がWGで問題になった昨年11月に丁度核データセンターに滞在中だったベラルースのDr. Maslovとのディスカッションで残留核の準位構造か遷移確率に問題があることが分かった。この場合は遷移確率をBrink-Axelのローレンツ型(E1 巨大共鳴の幅は遷移エネルギーにかかわらず一定)からKopecky-Uhlの一般化ローレンツ型<sup>6)</sup>(E1 巨大共鳴の幅は遷移エネルギーに依存)に変えることにより解決することが分かり、SINCROSS-IIにこの遷移確率を取り入れた計算を行う準備を始めている。

#### 参考文献

- 1) J.Kopecky: INDC(NDS)-233/GF (1989).
- 2) R.Forrest et al.: Proc. of Int. Conf. on Nucl. Data for Sci. and Technol., Mito, Japan, 1061 (1988).
- 3) F. Mann: *ibid.*, 1013 (1988).
- 4) O.T.Grudzevich et al: INDC(CCP)-356 (1993).
- 5) P.G.Young, E.D.Arthur and M.B.Chadwick: LA-12343-MS (1992).
- 6) J.Kopecky and M.Uhl: Phys. Rev., C41, 1941 (1990).

Table 1. Priority of materials required for JENDL activation file

Z	Element	Priority	Z	Element	Priority	Z	Element	Priority
1	H	1	29	Cu	1	57	La	3
2	He	2	30	Zn	2	58	Ce	3
3	L	1	31	Ga	2	59	Pr	3
4	Be	1	32	Ge	2	60	Nd	3
5	B	1	33	As	2	61	Pm	3
6	C	1	34	Se	3	62	Sm	2
7	N	1	35	Br	3	63	Eu	1
8	O	1	36	Kr	3	64	Gd	1
9	F	2	37	Rb	3	65	Tb	2
10	Ne	3	38	Sr	2	66	Dy	2
11	Na	1	39	Y	2	67	Ho	2
12	Mg	2	40	Zr	1	68	Er	2
13	Al	1	41	Nb	1	69	Tm	2
14	Si	1	42	Mo	1	70	Yb	3
15	P	2	43	Tc-99	1	71	Lu	3
16	S	2	44	Ru	3	72	Hf	1
17	Cl	2	45	Rh	2	73	Ta	1
18	Ar	1	46	Pd	2	74	W	1
19	K	2	47	Ag	1	75	Re	1
20	Ca	1	48	Cd	1	76	Os	2
21	Sc	2	49	In	1	77	Ir	2
22	Ti	1	50	Sn	1	78	Pt	2
23	V	1	51	Sb	1	79	Au	1
24	Cr	1	52	Te	3	80	Hg	3
25	Mn	1	53	I	2	81	Tl	3
26	Fe	1	54	Xe	3	82	Pb	1
27	Co	1	55	Cs	3	83	Bi	1
28	Ni	1	56	Ba	1			

Priority 1: 39 elements

Priority 2: 26 elements

Priority 3: 18 elements

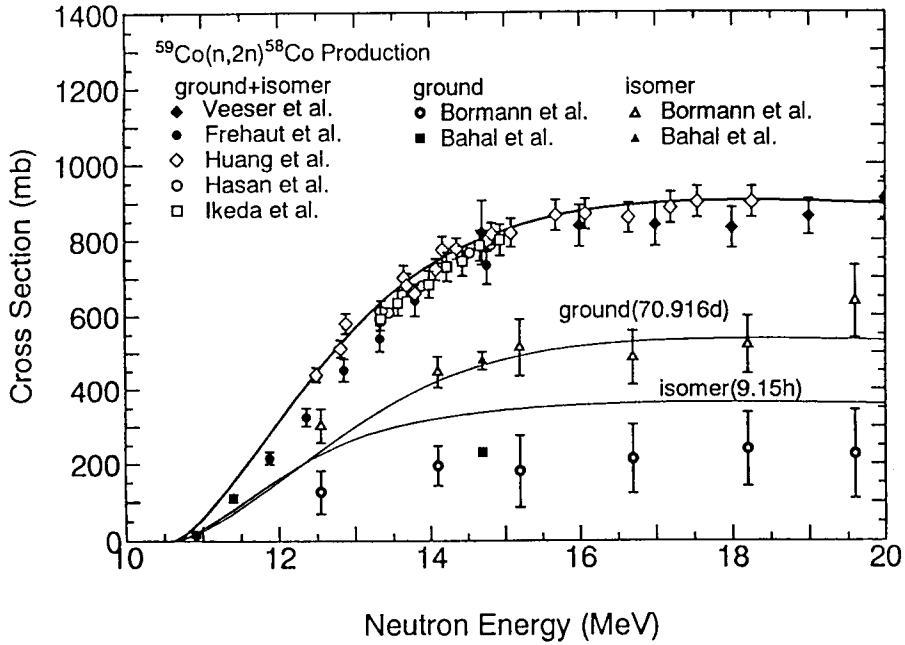


図1  $^{59}\text{Co}(n,2n)^{58}\text{Co}$ 反応の断面積

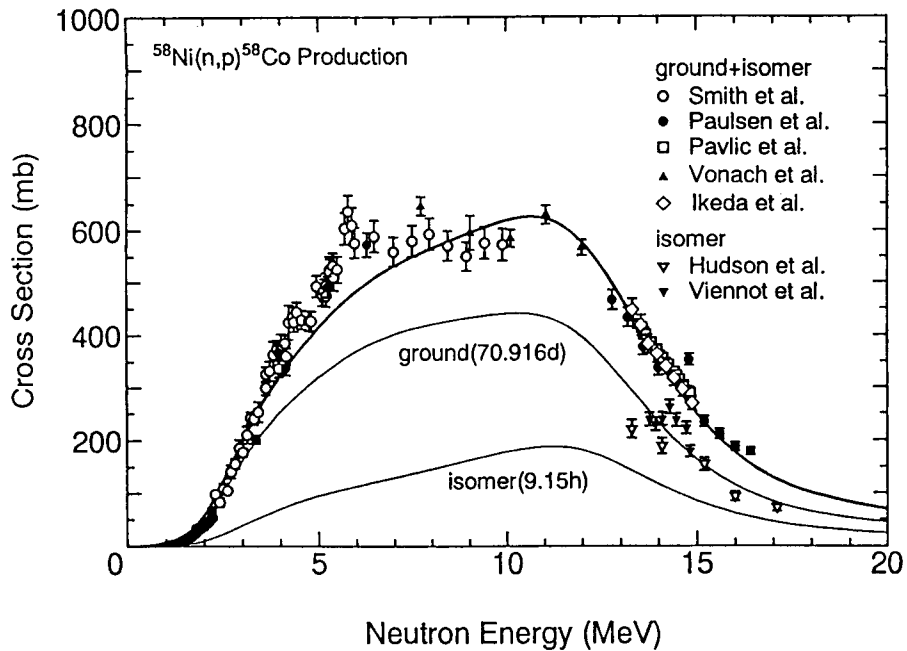


図2  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ 反応の断面積