

解説 (II)

JENDL Fusion File の完成

日本原子力研究所

千葉 敏

e-mail: chiba@cracker.tokai.jaeri.go.jp

核融合炉の開発にとって、D-T プラズマから発生する 14MeV の中性子によって引き起こされる構造材の損傷効果や残留放射能、核発熱率、トリチウム増殖比等を定量的に予測することは、自立型のエネルギー生産システムとしての効率を決定する上で本質的な重要性を持っている。このために、14MeV 以下の全てのエネルギーの中性子が様々な原子核と衝突して生成する二次粒子の生成断面積、すなわち二重微分断面積データが必要とされる。

二重微分断面積 (以下 DDX と略す) データは、汎用核データライブラリーである JENDL-3.2 にも格納されている。しかしながら、JENDL-3.2 を評価する時点では、必ずしも DDX に重きが置かれておらず簡単なモデル計算によってデータが与えられている核種が多い。また、JENDL-3.2 では従来ユーザーの便宜のために、JENDL-2 と同様、DDX は断面積、角度分布およびエネルギー分布という 3 つの因子の積として与えられている。このような形式では、14MeV 領域で重要な核反応機構である前平衡過程からの粒子放出の特色である「二次粒子エネルギーに依存する前方性を有する連続スペクトル」を再現することができず、JENDL-3.2 の問題点の一つとして指摘されていた。この問題点を解決するために、特殊目的ファイルの一つとして JENDL Fusion File の作成が決定され、1991 年の暮れから実作業が始まった。JENDL Fusion File においては、さらに Primary Knock-on Atom のスペクトルを計算するために荷電粒子の DDX が必要であるという指摘がされたため、陽子から α 粒子にいたる軽荷電粒子の DDX をも評価することにした。

DDX の測定は通常物理の世界で行われているピーク中性子のみを対象とした角分布の実験と異なり、バックグラウンドや寄生中性子の低減、効率の良い測定システム、安定な加速器システム、連続スペクトルに対する丁寧なデータ補正の必要性等多くの困難な問題点があり、このために特別に設計された施設と多年の経験が必要である。幸い、日本では大阪大学と東北大学のグループが従来より精力的に中性子生成の DDX データを測定してきており、この分野では質・量ともに世界を圧倒的にリードする成果をあげてきていた。

両大学では先に挙げた多くの問題点を克服し長年にわたって特色のあるデータを提供し、前平衡モデルを改良する大きな原動力となってきた。

JENDL Fusion File の作成に当たっては、大阪、東北両大学の全面的なご協力をいただき、最新の DDX データをもとに評価を進めることを最大の指針とした。途中マンパワー不足等での停滞を経て、昨年度ようやく完成にこぎつけることができた。当初、フッ素より重い核種のみを対象としていたが、その後様々な議論をへて軽核領域にも対象をひろげ、最終的には以下の核種を含むライブラリーとなった： ${}^6,7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{14}\text{N}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{19}\text{F}$, ${}^{27}\text{Al}$, ${}^{28,29,30}\text{Si}$, ${}^{40,42,43,44,44,46}\text{Ca}$, ${}^{46,47,48,49,50}\text{Ti}$, ${}^{51}\text{V}$, ${}^{50,52,53,54}\text{Cr}$, ${}^{55}\text{Mn}$, ${}^{54,56,57,58}\text{Fe}$, ${}^{59}\text{Co}$, ${}^{58,60,61,62,64}\text{Ni}$, ${}^{63,65}\text{Cu}$, ${}^{75}\text{As}$, ${}^{90,91,92,94,96}\text{Zr}$, ${}^{93}\text{Nb}$, ${}^{92,94,95,96,97,98,100}\text{Mo}$, ${}^{116,117,118,119,120,122,124}\text{Sn}$, ${}^{121,123}\text{Sb}$, ${}^{180,182,183,184,186}\text{W}$, ${}^{204,206,207,208}\text{Pb}$, ${}^{209}\text{Bi}$ 。ここで質量数 0 は天然元素を意味する。これらの核種については、DDX の観点を除いては JENDL-3.2 と可能な限り整合性が取れたデータを与えている。また、データの完全性という観点からは水素等の核種を含むべきであるという指摘もあるので、今後近いうちに方針を決定しリリースまでにはこれらの核種も含めるようにする予定である。なお、上で JENDL Fusion File には軽荷電粒子の DDX を含んでいると説明したが、技術的な困難さから、軽核領域では ${}^9\text{Be}$ を除いては荷電粒子の DDX を評価することはできなかった。

図 1 に ${}^{51}\text{V}$ の中性子生成の DDX を示す。JENDL Fusion File ではこのように DDX データに重さが置かれた評価となっているので、実験値との一致はヨーロッパやアメリカの最新ライブラリーと比較しても圧倒的に優れたものになっている。その妥当性は国内でのベンチマーク試験においても立証されている。この結果 JENDL Fusion File に含まれる多くの核種が FENDL-2 の候補となっている。評価方法等の詳細については別の機会にゆずりたい。

大阪大学の高橋 亮人教授、東北大学の馬場 護助教授グループにはタイムリーに多くのデータを提供していただいた。また、データ工学の山室 信弘氏には SINCROS-II 計算について多くのアドバイスをいただいた。この場を借りてお礼を申し上げたい。なお、本ライブラリーの作成は、原研核データセンターの深堀 智生氏、柴田 恵一氏、中国原子能科学研究院の Yu Baosheng 氏及び住友原子力工業の小迫 和明氏と共同で行った。

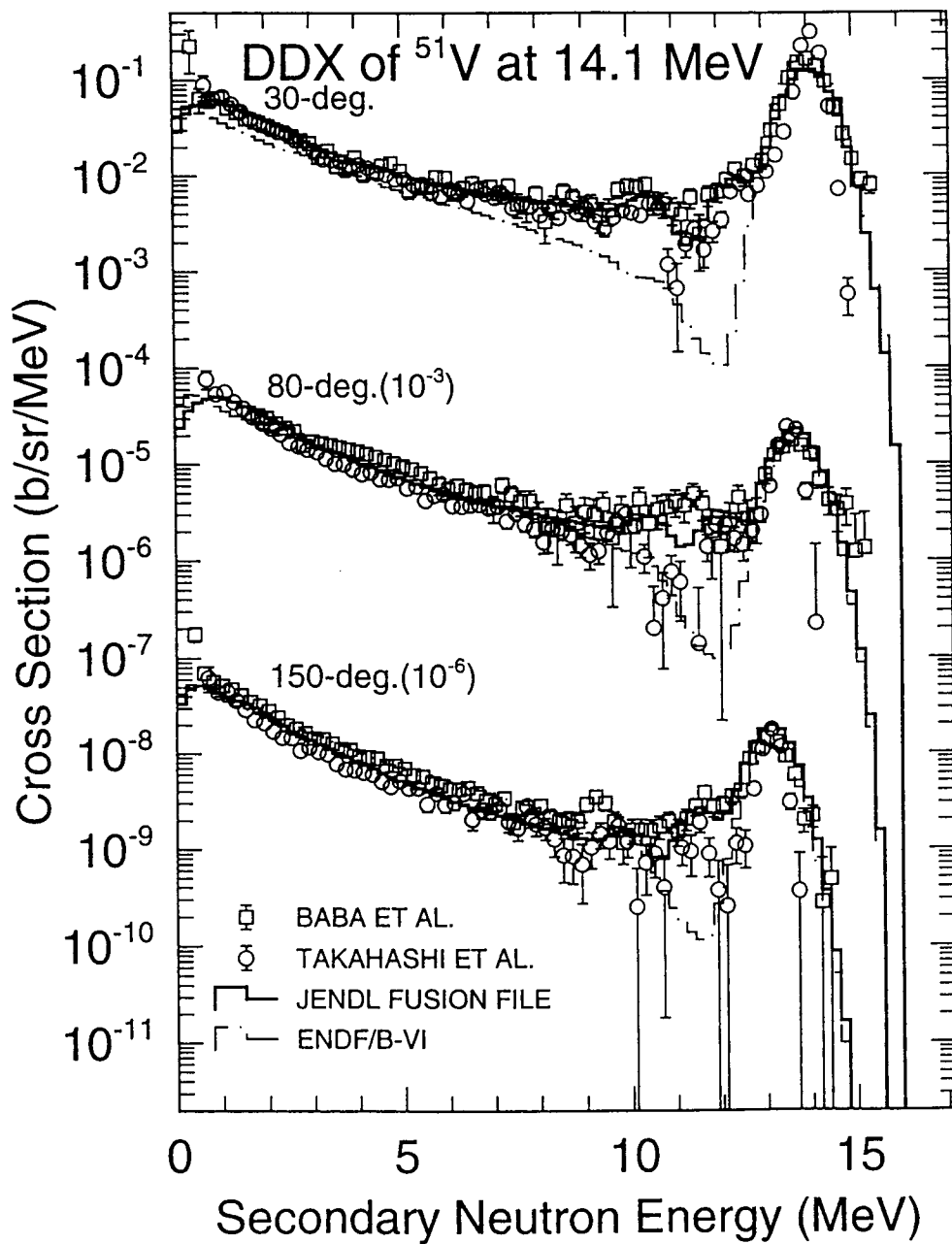


図1 14.1 MeVにおける $^{51}\text{V}(n,xn)$ 反応の二重微分断面積