



## 話題・解説(I)

### 日本原子力学会原子力歴史構築賞

日本原子力学会が本年 2 月に創立 50 周年を迎え、それを記念して「原子力歴史構築賞」が設けられた。第 1 回原子力歴史構築賞受賞テーマの中から核データに関係が深い 5 件をここで紹介する。

#### (1) 日本最初の評価済核データライブラリー JENDL-1

日本原子力研究開発機構

中川 庸雄

[nakagawa.tsuneo@jaea.go.jp](mailto:nakagawa.tsuneo@jaea.go.jp)

JENDL とは Japanese Evaluated Nuclear Data Library を略した名称である。日本原子力学会が創立 50 周年を迎えたことを記念して原子力歴史構築賞が新設され、その第 1 回の賞を受賞できたことを大変ありがたく思っている。これを機に、JENDL の開発を始めたころを思い出してみたい。

核データは、中性子と原子核との核反応のデータ（断面積など）に代表されるように、原子力開発には不可欠の基礎データである。原子炉を構成する物質は多種多様で、核反応の種類は中性子エネルギーの増加とともに増え、断面積は中性子エネルギーの変化に応じて大きく変動する。核データは実験により得られるが、原子力開発などで利用するには実験データや理論的な予測計算などを基にして推奨値を決めデータベース化することが必要であり、それが「核データの評価」である。その結果できあがる評価済核データのデータベースを「評価済核データライブラリー」と言い習わしている。

日本原子力学会のシグマ特別専門委員会と日本原子力研究所のシグマ研究委員会ができ（両者をあわせて「シグマ委員会」という）、国内の関係者が核データについての情報収集や議論をはじめたのは、1963 年 1 月のことであった。そのころは、イギリスが先駆

的に評価済核データライブラリーの編集を行っていた。その後、イギリスは UKNDL という核データライブラリー、西ドイツは KEDAK そしてアメリカは ENDF/B を作成する。1970 年のはじめ頃までには、UKNDL-67 (1967 年公開)、UKNDL-68 (1968 年)、UKNDL-73 (1973 年)、KEDAK-1 (1968 年)、KEDAK-2 (1970 年)、ENDF/B-I (1968 年)、ENDF/B-II (1970 年)、ENDF/B-III (1972 年)、ENDF/B-IV (1975 年) と順次公開され、核データの質・量が充実してきた。

このような中で日本でも独自の評価済核データライブラリーを持つべきか、あるいは海外のライブラリーを使わせてもらうか、またあるいは海外のライブラリーをベースにし、一部を日本独自に評価した核データで置き換えるか、といった熱い議論をシグマ委員会でを行い、その結果、「全てのデータを我々が検討評価した独自の評価済核データライブラリーを持つ」ことに決したのは 1971 年のことであった。JENDL という名称を決めたのもこの年である。

日本では 1966 年に炭素の全断面積の評価を始めたのを皮切りに、徐々に核データ評価が行われるようになっていた。1968 年には現在の日本原子力研究開発機構核データ評価研究グループの前身である日本原子力研究所核データ研究室が設置されて、JENDL 作成の素地は徐々に整備されてきていた。核データライブラリーの作成に足りないのはデータファイルを編集する技術であった。そのため、当時高速炉用炉定数として整備されていた JAERI-Fast セットの基データから JENDL-0 を編集してみることにした。JENDL-0 は 1974 に完成し、これでデータ編集も可能になった。この間にもシグマ委員会と核データ研究室は核データ評価の作業を進め、1972 年には、核分裂生成物 (FP) 核種 27 核種の中性子入射反応断面積評価を終了した。1973 年には核物理の理論 (光学模型と統計模型) に基づく核データ計算コード CASTHY が完成し従来の計算コードより精度の良い理論計算値が得られるようになり、CASTHY を用いて FP 核種のデータを再評価した。この他、O、Na、Cr、Fe、Ni、Ta などの軽中重核のデータや  $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Pu}$  のデータ評価も進めた。

いよいよ JENDL-1 の編集をはじめたのは 1974 年 6 月である。このとき JENDL-1 編集グループを編成した。JENDL-1 作成の主目的は高速炉で重要な核種の評価済データをまとめること、とした。1976 年には「核分裂生成物の核データライブラリーの作成と評価」が日本原子力学会技術賞を受賞し、大きな励みとなった。

JENDL-1 の編集は 1976 年にほぼ終わり、この年からベンチマークテストを始めた。ベンチマークテストとは、素性のよく分かった体系における中性子実効増倍率などのいわゆる積分データを評価済核データライブラリーから計算し、計算値が測定値とどの程度一致するかを見るテストである。積分テストともいう。JENDL-1 のデータを処理するため、シグマ委員会では炉定数作成コード PROF GROUCH G-2 を開発した。

JENDL-1 のベンチマークテストの最初の結果は 1976 年の秋に出た。その年の 9 月 13

日に開かれた JENDL-1 積分テストワーキンググループ会合の議事録には、高速炉の国際ベンチマーク炉心を用いた実効増倍率のベンチマーク計算結果として次のような数値が記録されている。

核データ	全系	U 系炉心	Pu 系炉心
JENDL-1	0.9996	1.0108	0.9952
JAERI-Fast セット	0.9983	1.0056	0.9954

これは、予想外に良い結果と言っていい。勿論、JENDL-1 データの問題も指摘され、最終ファイルになるまでにはもうしばらくの努力が必要であった。引き続きデータの改訂をし、JENDL-1 を完成させた<sup>1)</sup>のは 1977 年 3 月であった。JENDL-1 に評価済データを収録した核種 (72 核種) を表 1 に示す。データは米国の ENDF/B-IV と同じ書式 (フォーマット) で編集した。

JENDL-1 の最終的な積分テストの結果は文献 2 にまとめられている。それによると、Pu 系 17 炉心、U 系 10 炉心に対する中性子実効増倍率の実験値との比 (C/E) は次のとおりであった。

核データ	全系	U 系炉心	Pu 系炉心
JENDL-1	1.0012	1.0067	0.9978
JAERI-Fast セット	1.0023	1.0033	1.0017
ENDF/B-IV	0.9898	0.9960	0.9859

JENDL-1 には表 1 に示したように、日本独自の評価値ではないデータが混じっていた。当初目指した「全てのデータを我々が検討評価した独自の核データライブラリー」とは違っていた。このため著作権のことを配慮し、1977 年秋に海外に公開したデータファイルからは、ENDF/B-IV などから採用したデータを取り除いた。また、<sup>7</sup>Li、<sup>11</sup>B、酸素についてもデータの検討を行ったが、これらは ENDF/B-IV のデータを全面的に使用するのが良いという結論になったため、JENDL-1 にはデータを与えなかった。

JENDL-1 の成功を受けて、1977 年には JENDL-2 の計画を検討し、新たな核データ評価作業も始めた。その後、以下に示す一連の JENDL を作成し公開してきた。

JENDL-2	1982 年 12 月公開、1984 年 3 月改訂、84 核種のデータ 1985 年 12 月改訂、181 核種のデータ
JENDL-3	1989 年 12 月公開、171 核種のデータ
JENDL-3.1	1990 年 12 月公開、324 核種のデータ

JENDL-3.2 1994年6月公開、340核種のデータ

JENDL-3.3 2002年5月公開、337核種のデータ

これら一連の核データライブラリーを「汎用ファイル」という。JENDL-1は高速炉を対象としていたが、その後の核種数の増加とともに対象分野も広がり、文字通り汎用核データライブラリーとなっている。この他に、「JENDL 特殊目的ファイル」と称する一部の核種や反応のデータのみを格納した核データライブラリーも作成し、公開した。

JENDL Actinoid File 2008(JENDL/AC-2008)、2008年3月公開

JENDL Activation Cross Section File 96 (JENDL/A-96)、1996年3月公開

JENDL ( $\alpha$ ,n) Reaction Data File 2003 (JENDL/AN-2003) 、2003年2月公開

JENDL ( $\alpha$ ,n) Reaction Data File 2005 (JENDL/AN-2005)、2005年6月公開

JENDL Dosimetry File 91 (JENDL/D-91)、1991年7月公開

JENDL Dosimetry File 99 (JENDL/D-99)、1999年7月公開

JENDL FP decay Data File 2000 (JENDL/FPD-2000)、2000年公開

JENDL Fusion File 99 (JENDL/F-99)、1999年4月公開

JENDL Gas-Production Cross Section File 91 (JENDL/G-91)、1991年7月公開

JENDL High Energy File 2004 (JENDL/HE-2004)、2004年3月公開

JENDL High Energy File 2007 (JENDL/HE-2007)、2007年12月公開

JENDL Photonuclear Data File 2004 (JENDL/PD-2004)、2004年3月公開

これらのデータは、JENDL のホームページ ([http://wwwndc.jaea.go.jp/jendl/Jendl\\_J.html](http://wwwndc.jaea.go.jp/jendl/Jendl_J.html)) からアクセスすることが可能である。

このように、JENDL は質量ともに充実してきており、今では世界3大評価済核データライブラリーの1つといえる状況である。他の2つは、米国の ENDF/B と OECD NEA (経済開発協力機構原子力機関) データバンク加盟国の JEFF である。JENDL のデータは他のライブラリーに採用されている例も数多く見られ、データの信頼性の高さは広く認められている所である。このような JENDL の成功の歴史は、1970年代に行った JENDL-1 の作成に始まったのである。

#### 参考文献

- 1) S. Igarasi et al., “Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-1, -- JENDL-1 --,” JAERI 1261 (1979).
- 2) Y. Kikuchi et al., “Benchmark Tests of JENDL-1,” JAERI 1275 (1982).

表1 JENDL-1 にデータを収録した核種とデータの素性

核種	素性	核種	素性	核種	素性	核種	素性
H	A, C	<sup>6</sup> Li	A, B	<sup>10</sup> B	A, B, C	<sup>12</sup> C	A, B, C
<sup>23</sup> Na	A	<sup>27</sup> Al	A	Si	A	Cr	A
<sup>50</sup> Cr	A	<sup>52</sup> Cr	A	<sup>53</sup> Cr	A	<sup>54</sup> Cr	A
<sup>55</sup> Mn	A, B	Fe	A	<sup>54</sup> Fe	A	<sup>56</sup> Fe	A
<sup>57</sup> Fe	A	<sup>58</sup> Fe	A	Ni	A	<sup>58</sup> Ni	A
<sup>60</sup> Ni	A	<sup>61</sup> Ni	A	<sup>62</sup> Ni	A	<sup>64</sup> Ni	A
Cu	A, C	<sup>63</sup> Cu	A, C	<sup>65</sup> Cu	A, C	<sup>90</sup> Sr	A
<sup>93</sup> Zr	A	Mo	A	<sup>92</sup> Mo	A	<sup>94</sup> Mo	A
<sup>95</sup> Mo	A	<sup>96</sup> Mo	A	<sup>97</sup> Mo	A	<sup>98</sup> Mo	A
<sup>100</sup> Mo	A	<sup>99</sup> Tc	A	<sup>101</sup> Ru	A	<sup>102</sup> Ru	A
<sup>104</sup> Ru	A	<sup>106</sup> Ru	A	<sup>103</sup> Rh	A	<sup>105</sup> Pd	A
<sup>107</sup> Pd	A	<sup>109</sup> Ag	A	<sup>129</sup> I	A	<sup>131</sup> Xe	A
<sup>133</sup> Cs	A	<sup>135</sup> Cs	A	<sup>137</sup> Cs	A	<sup>144</sup> Ce	A
<sup>143</sup> Nd	A	<sup>144</sup> Nd	A	<sup>145</sup> Nd	A	<sup>147</sup> Pm	A
<sup>147</sup> Sm	A	<sup>149</sup> Sm	A	<sup>151</sup> Sm	A	<sup>153</sup> Eu	A
<sup>155</sup> Eu	A	<sup>181</sup> Ta	A	<sup>232</sup> Th	A, C	<sup>233</sup> Pa	A, B, C
<sup>234</sup> U	A, B	<sup>235</sup> U	A, B	<sup>238</sup> U	A, B	<sup>239</sup> Np	A
<sup>239</sup> Pu	A, B	<sup>240</sup> Pu	A, B	<sup>241</sup> Pu	A, B	<sup>241</sup> Am	A, B

A: シグマ委員会や原研など国内で評価したデータを採用、

B: ENDF/B-IV を採用

C: 他の評価値を採用