

## WG 活動紹介

# 崩壊熱評価ワーキンググループ

武蔵工業大学

吉田 正

yos@ph.ns.musashi-tech.ac.jp

## 1. はじめに

崩壊熱評価 WG の創設時の目標は、崩壊熱総和計算のためのデータベースを構築し、それによって原子炉崩壊熱予測の信頼性を大幅に向上させることにあった。これに向けての大きなステップが、JNDC FP Decay Data Library 第1版(1983年)と、それに引き続く第2版[1](以下 JNDC-V2)の完成(1990年)であったといえる。ベータ崩壊の大局的理論を駆使することで、JNDC FP Decay Data Library による総和計算の計算精度は、それまでとくらべて画期的に向上した。そこに至る経緯は、その後1997年までの進展も含めて、4年前の WG 紹介記事で概観したので[2]、ここではその後の活動と成果、および今後の展望について記すことにする。なお WG の現在のメンバーは以下のとおりである。

安藤良平(東芝)、池田一三(三菱重工)、大川内靖(JNC)、大竹巖(データ工学)、親松和浩(愛知淑徳大)、貝瀬與一郎(ARTECH)、片倉純一(原研)、加藤敏郎(岐阜医療短大)、瑞慶覧篤(日立)、橘孝博(早大)、田原義壽(三菱重工)、山田勝美(早大)、吉田正(武蔵工大)

## 2. 活動と成果

前回の報告以後の大きな進展は、JENDL FP Decay Data File 2000[3]の完成である。このファイルは JENDL 特殊目的ファイルの一つと位置づけられ、JNDC-V2 をもとに、これと可能な限りの整合性を保ちつつ、ENSDF などから新たなデータを補って、ENDF/B フォーマットで収納したものである。ここには、1087 の不安定核種と 142 の安定核種に係わる崩壊データが収納されている。含まれる崩壊データは、崩壊形式、その崩壊の Q 値と分岐比、ベータ線、ガンマ線およびアルファ線の崩壊あたりの平均エネルギーとスペクトルである。JENDL FP Decay Data File 2000 の崩壊データと JENDL-3.2(実質的には JENDL-3.3 も同じ)の核分裂収率を用いた崩壊熱総和計算結果は、原子力学会の推奨値となっている JNDC-V2 による計算値と非常に良く一致し、従って、積分測定値との合いもよい。図1に U-235 の瞬時照射後崩壊熱の JENDL および JNDC-V2 による計算と東大弥生

炉での積分測定の比較を示す。

JENDL FP Decay Data File 2000 では、収納形式が ENDF/B という国際フォーマットになったこと、崩壊あたりの平均エネルギーばかりでなく、ベータ線、ガンマ線のスペクトルも完備したこと[4]などにより、単に崩壊熱総和計算のためのデータライブラリーの域を脱し、核分裂生成核種の崩壊に関する網羅的なデータベースとしての資格を得たといえる。

JENDL FP Decay Data File 2000 の崩壊データと JENDL-3.2 の核分裂収率を使ったガンマ線のスペクトル計算の例を図 2 に示す。測定は弥生炉で照射した U-235 サンプルからのガンマ線スペクトルを NaI シンチレーターで測ったものである。ENSDF 計算にくらべ再現性が大きく向上しているのは、大局的理論に基づく計算スペクトルを用い、測定の無い、あるいは不備な核種のスペクトルを大幅に補っているためである[4]。

このほかの話題としては、冷却時間 1000 秒付近での崩壊熱ガンマ線成分の測定・計算間の不一致の原因究明が行われた。今のところ十分な解決に至っていないが、考えられる原因の詰めと、実際の原子炉に適用した際のインパクトを論文に纏めた[5]。この問題を gamma-ray discrepancy と呼んでおこう。また、Lowell 大学の超短冷却時間崩壊熱（1 秒以下も含む）の純理論計算による解析をおこなった [6]。

一方、計算ツールに関しては、パソコンベースの崩壊熱計算コードが開発され[7]、ユーザーの用に供されるようになった。

さて、以上に記したように当 WG では、主に、崩壊熱総和計算のためのデータベースの構築を中心に作業を行ってきた。その場合、積分測定の結果は計算結果と比較される相手である以上の積極的役割を演じない。そこで親松らは、総和計算の考え方を基礎に置いて、異なった核分裂核種の積分測定値間の相関を論じ、データ間の整合性のチェックや、さらには、ある核分裂核種の崩壊熱を他の核種の積分測定結果から予測する新しい方法を提案し、これをハイブリッド法と名付けた[8]。

最後になったが、JNC が弥生炉で行った崩壊熱積分測定の U-235 と Np-237 のデータの解析評価に WG として積極的に協力した。ガンマ線成分については、U-235 では秋山らによる測定と整合的な結果が、Np-237 では中性子捕獲後の Np-238 のベータ崩壊とともにでるガンマ線を補正すれば計算とよく一致する結果が、それぞれ得られた[9,10]。Np-237 の崩壊熱測定は世界でもはじめてであり、その意義は大きい。一方、ベータ線成分では照射時間が異なる測定値間、および測定値・計算値間にかなりの不一致が残る結果となっている。

### 3. 今後の展望

JNDC-V2 でも JENDL FP Decay Data File 2000 でも、ベータ崩壊の大局的理論にその成功の多くを負っている。事情はアメリカの ENDF/B-VI でも同様で、大局的理論の計算結果を大幅に採用している。しかし、欧州では、そのデータファイルに理論計算の結果を積

極的には導入していない。従って、JEF2.2 による計算は、特に冷却時間 10 秒から 1000 秒の間で、崩壊熱のガンマ線成分を大幅に過小評価する。そこで、スペインのバレンシア大学を中心とした西、仏、英、伊のグループが、先に述べた gamma-ray discrepancy とともに、この JEF2.2 特有の問題を解決すべく、Total Absorption Gamma Ray Spectroscopy を用い、CERN で、問題のある核種のベータ強度分布を測定して行こうという提案を行おうとしている[11]。これが実現し、測定のない核種、あってもデータが不完全な核種のベータ強度分布が網羅的に測定されれば、理論計算の助けを借りずに、ミクロな測定データだけに基づく総和計算で、高い計算精度が得られるようになるだろう。長期的観点に立ち、根本から問題を解決しようとする、いかにもヨーロッパらしいプロジェクトである。当 WG としても、このプロジェクトにできるかぎり積極的に関わってゆきたい。

#### 参考文献

- [1] K.Tasaka et al.: “JNDC Nuclear Data Library of Fission Products,” JAERI 1320 (1990)
- [2] 吉田 正, 核データニュース, 58 (1997) 57
- [3] J.Katakura, T.Yoshida, K.Oyamatsu, T.Tachibana: “JENDL FP Decay Data File 2000,” JAERI 1343(2001)
- [4] J.Katakura, T.Yoshida, K.Oyamatsu, T.Tachibana: “Estimation of beta- and gamma-ray spectra for JENDL FP Decay Data File,” J. Nucl. Sci. Technol., 38 (2001) 470
- [5] T. Yoshida, T.Tachibana, F.Storrer, K. Oyamatsu and J. Katakura: “Possible origin of the gamma-ray discrepancy in the summation calculation of FP decay,” J. Nucl. Sci. Technol., 36 (1999) 135
- [6] T.Yoshida, T.Tachibana: “Theoretical treatment of the asymptotic behavior of fission product decay heat toward very short cooling-time,” J. Nucl. Sci. Technol., 37 (2000) 491
- [7] K.Oyamatsu: “Easy-to-use Application Program to Calculate Aggregate Fission-Product Properties on Personal Computers,” Proc. 1998 Symposium on Nucl. Data, JAERI-Conf 99-002 (1999) 234
- [8] K.Oyamatsu, H.Takeuchi, M.Sagisaka, J.Katakura: “New Method for Calculating Aggregate Fission Product decay Heat with Full Use of Macroscopic-Measurement Data,” J. Nucl. Sci. Technol., 38 (2001) 477
- [9] Y.Ohkawachi, A.Shono: “Decay Heat Measurement of Actinides at YAYOI,” Int.Conf. on Nucl. Data for Sci. and Technol, (2001) 11P2(385)
- [10] Y.Ohkawachi, A.Shono: “Decay Heat Measurement of Actinides at YAYOI,” Proc. 2000 Symp. on Nucl. Data, JAERI-Conf 2001-006 (2001) p.121
- [11] J.L.Tain and A.Algora: private communication (2002)

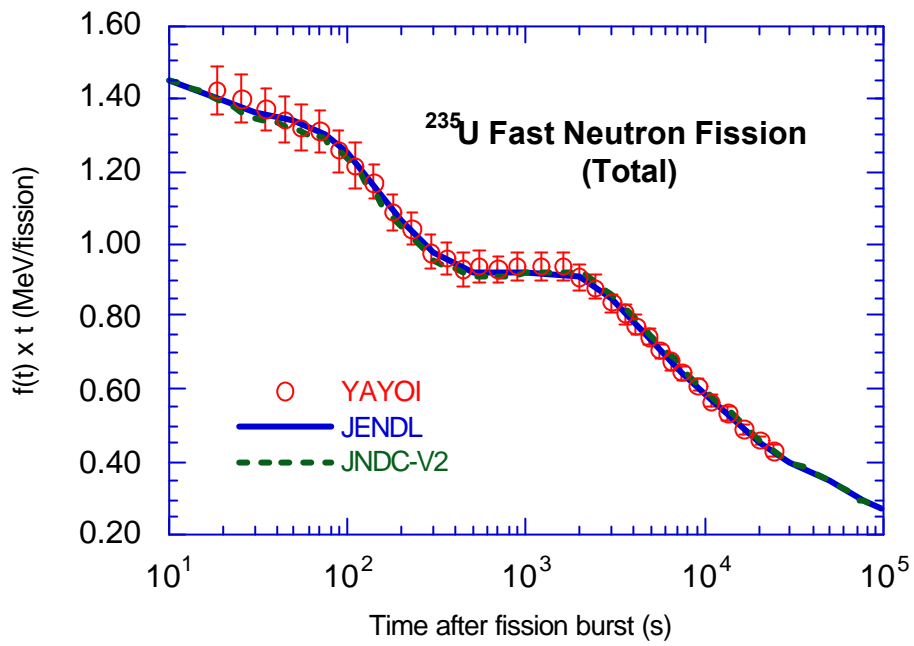


図 1 瞬時照射後の U-235 崩壊熱

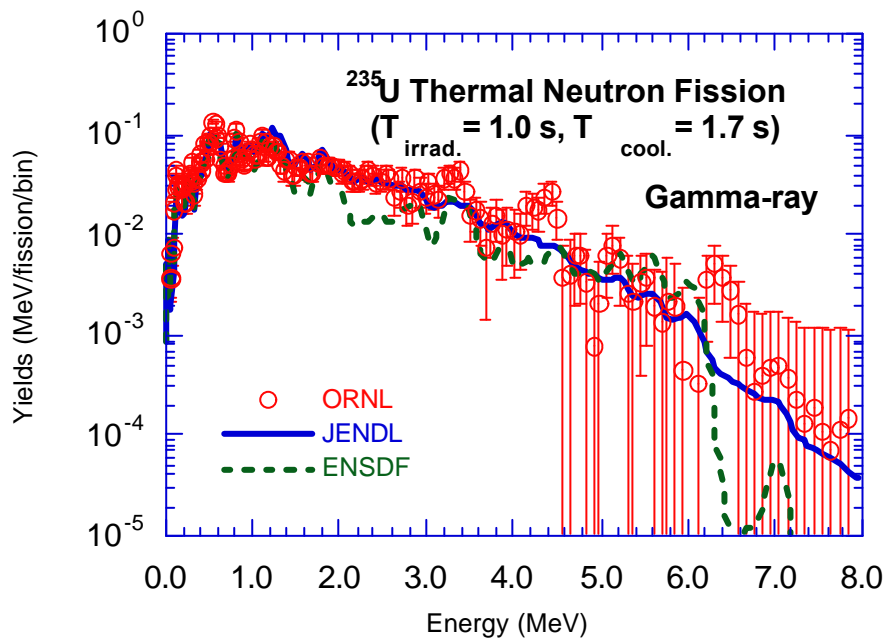


図 2 瞬時照射 U-235 からのガンマ線スペクトル