

話 題 (その I)

JNDC・FP崩壊データファイル第2版の完成

崩壊熱評価ワーキンググループ*)

1. FP崩壊データファイルとは

核分裂生成成分 (FP) からのエネルギー放出は、原子炉を停止しても止まらず、停止後数分ではまだ運転出力の数パーセントのレベルを下まわらない。これは電気出力 100 万 kW 級の原子炉 (熱出力にすると 250 万 kW 程度) で考えると実に 10 万 kW に達し、ちょっとした水力発電所がフル稼動している様相に近い。出力レベルは停止後の時間経過とともに低下して行くとはいうものの、この一事からも、FP崩壊熱の予測精度向上の必要性が理解いただけと思う。

FP崩壊熱の研究は、アメリカのWayとWignerによる先駆的な仕事 (1949) に始まり、現在に至るまで、実験と計算の両面で途絶えることなく続けられている。日本がこの分野に本格的に参入したのは、1974年の田坂論文⁽¹⁾によってであるが、その後シグマ委員会の崩壊熱評価ワーキンググループによる JNDC・FP崩壊データファイルに基く計算と、東大秋山氏らによる一連の測定により、現在国際的にもトップクラスの研究水準を確保するに至っている。

さて、このFP崩壊データファイルとは何かと言うことであるが、一言で言うとFP崩壊熱総和計算^(注)に必要なFPの崩壊データを個々のFP核種について全て取揃えた包括的なコンピュータファイルのことである。あるFP核種、例えば炉停止後数分で寄与の大きなCs-138を例にとると、崩壊定数 ($3.59 \times 10^{-4} / \text{sec}$)、1回の崩壊あたり放出される β 線、 γ 線の平均エネルギー ($\bar{E}_\beta, \bar{E}_\gamma$; 1.09 および 2.68 MeV)、更にこの核には崩壊定数が $3.98 \times 10^{-3} / \text{sec}$ の準安定レベルがあり、どんな分岐点で崩壊 (β および γ 崩壊) するか、といった情報が全てファイルに収められている。当然、1回の核分裂でこの核がどのくらいの割合で生成するかというデータ、つまり核分裂収率も必要となってくる。こういったデータが1000を越えるFP核種について網羅的に収められているのであるから、崩壊熱計算の為の基礎データベースとして以外にも、FP崩壊データファイルの用途は極めて広い。例えば、JNDC・FP崩壊データファイル第1版をベースに編まれたデータ集 JAERI-M9715 (1981) は、昨年チェルノブイリ事故評価に

*) 以下のメンバーから成る作業グループと拡大された全体会合から構成されている。

吉田 (NAIG)、井原、片倉、田坂 (原研)、中嶋 (法大)

注) β 崩壊により、 β 線、 γ 線の形でエネルギーを放出する全ての核種からの寄与の総和を取り、崩壊熱を求めるのでこの名がある。

関連して、欧州で極めて有効に用いられてコピーが出尽くしたとの話を、IAEAの岡本さんがしていったと聞いている。

2. JNDC・FP 崩壊データファイル第1版

JNDC・FP 崩壊データファイルの第1版は、崩壊熱評価ワーキンググループによって1981年に完成した⁽²⁾。同ファイルの特徴として、まず第1に1020の不安定FP核種(安定核種を加えると1172核種)の崩壊データと核分裂収率が最新の測定データに基づいて評価収納されていること。そして第2に、測定データの無い、あるいは有ってもその信頼性が低いと考えられる多くの短寿命FP核種に対し、崩壊定数、放出 β 線 γ 線のエネルギー(\bar{E}_β , \bar{E}_γ)の理論計算値⁽³⁾が大幅に採用されたことが挙げられる。理論計算は、早大グループにより展開された、我が国に於ける β 崩壊の理論研究の精華の一つとも言うべき『大局的理論』⁽⁴⁾を用いて行われた。特に、この後者、理論計算の大幅な採用の結果、JNDCファイル第1版は、これと殆んど時を同じくして完成された米国のENDF/B-Vや英国のUKFPDD-2と比べても、格段に良く測定と一致する計算結果を与えた⁽⁵⁾。

3. JNDC・FP 崩壊データファイル第2版

第1版の成功は疑いなかったが、しかし、いくつかの問題もまた未解決のまま残され、更に改良された第2版の完成が待たれていた。まず第2版の作成に当たっては、崩壊あたりの放出 β 線 γ 線のエネルギーデータを実験値評価と理論計算の両面から再検討し⁽⁶⁾、その結果数百秒から数万年の冷却時間範囲で測定との一致が更に良好なものとなった(図1)。余談だが、米国に於ける崩壊熱総和計算の中心地ロスアラモスでは、ENDF/Bデータの一部分を日本の \bar{E}_β , \bar{E}_γ データで置きかえ、日本の計算を常にフォローしている(図2)。一方、米国は日本の苦手な核分裂収率データの面で協力を惜しまず、崩壊熱の分野での日米協力は摩擦ゼロで順調に年を重ねている。

この核分裂収率データのセット数は10から20に拡張され、これまで不可能だったPu-240やPu-242の崩壊熱の計算が可能になった。更に、第2版でつけ加わった大きな特徴に、崩壊熱の γ 線成分のエネルギースペクトル計算機能がある。 γ 線スペクトルは、各冷却時点での個々のFP核種の存在比と放出スペクトルの積和として算出されるが、第2版では測定データの無い、あるいは不備な核種(当然殆んどが短寿命核種)に理論計算値で得られたスペクトル⁽⁷⁾を採用することにより、特に短い冷却時間も含め、現時点で世界的に見ても最も精度が高い実験データ(東大秋山氏ら, Oak Ridge)とも良く合う計算が可能となった(図3)。

第2版には、表1に示す1083の不安定核種(安定核種を加えると1230核種)について、崩壊定数、崩壊当りの β 線 γ 線の平均エネルギー、分岐比、核分裂収率等、崩壊熱総和計算に必要な

な基礎データが全て納められている。既に述べたように、これらのデータは崩壊熱計算の基礎データとして必要であるのみならず、廃棄物処理にいたる原子力利用全般に係わる有用なデータベースでもあるので、今後これを使い易いデータブックに纏めるなどして、より広範な利用に供する考えである。第2版自体については、現在最終的な調整段階にあり、近いうちに公開される予定である。

4. 今後の計画

原子力学会に『原子炉崩壊熱基準』研究専門委員会が創設され、当ワーキンググループでの研究成果も踏まえて『原子炉崩壊熱基準』の設定が検討されつつある。当ワーキンググループとしても、この作業に可能な協力をする一方、崩壊熱曲線のフィッティング式（指数関数タイプ）、同じく γ 線スペクトルのフィッティング式の作成、崩壊熱予測精度の評価法の確立、等を当面の目標として作業を行っている。

参考文献

- (1) K. Tasaka et al., Nucl. Sci. Engn., 54 (1974) 177.
- (2) K. Tasaka et al., JAERI-1287 (1983).
- (3) T. Yoshida, Nucl. Sci. Engn., 63 (1977) 376.
- (4) 例えば, K. Takahashi et al., Atom. Data Nucl. Data Tables, 12 (1973) 101 に簡潔なレビューがある。
- (5) 例えば, T. Yoshida et al., Proc. Specialists' Mtg. on Yield and Decay Data of FP Nuclides, BNL 51778 (1983) p.265.
- (6) J. Katakura and R. Nakasima, a paper presented at Specialists' Mtg. on Data for Decay Heat Predictions, Studsvik, Sweden (Sept., 1987).
- (7) T. Yoshida and J. Katakura, Nucl. Sci. Engn., 93 (1986) 193.

GAMMA DECAY POWER T*(T) (MEY/FISSION)

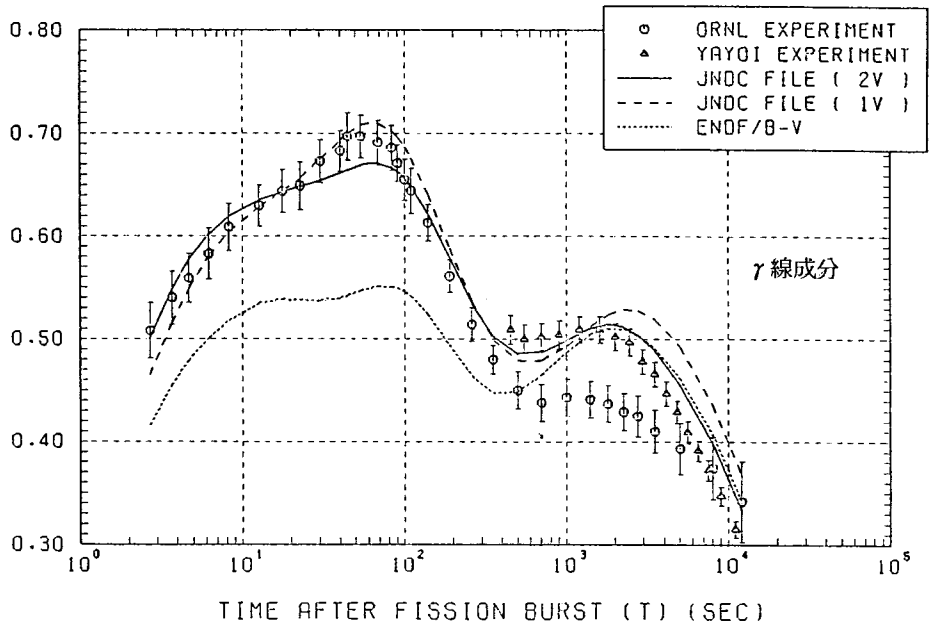
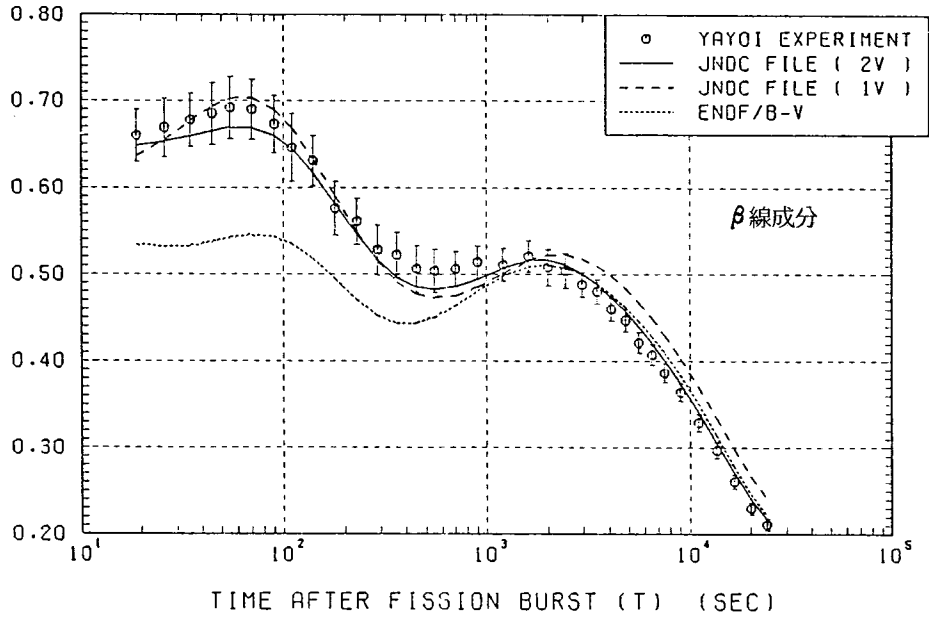


図1 U-235崩壊熱の測定と計算の比較
 (1Vが第1版, 2Vが第2版。下図のγ線成分でORNL
 データと計算値の不一致が目立つが、最近は測定データ
 の方に問題があるとの考え方が有力となってきている)。

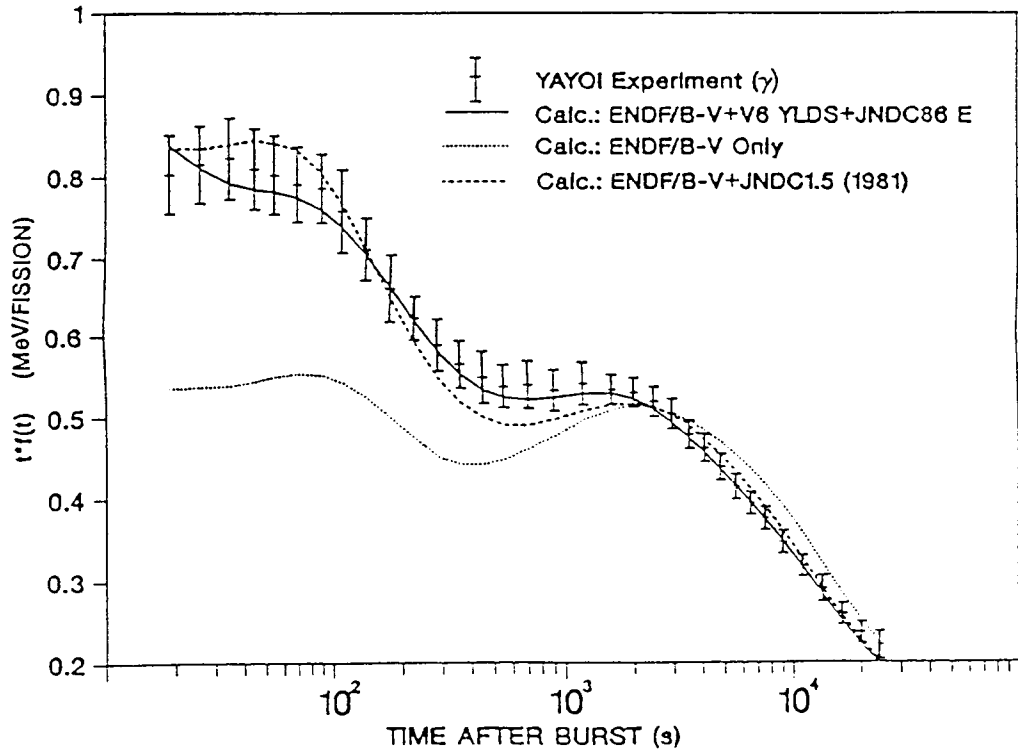


Fig.2 GAMMA DECAY POWER AFTER ^{238}U FAST FISSION (PULSE)

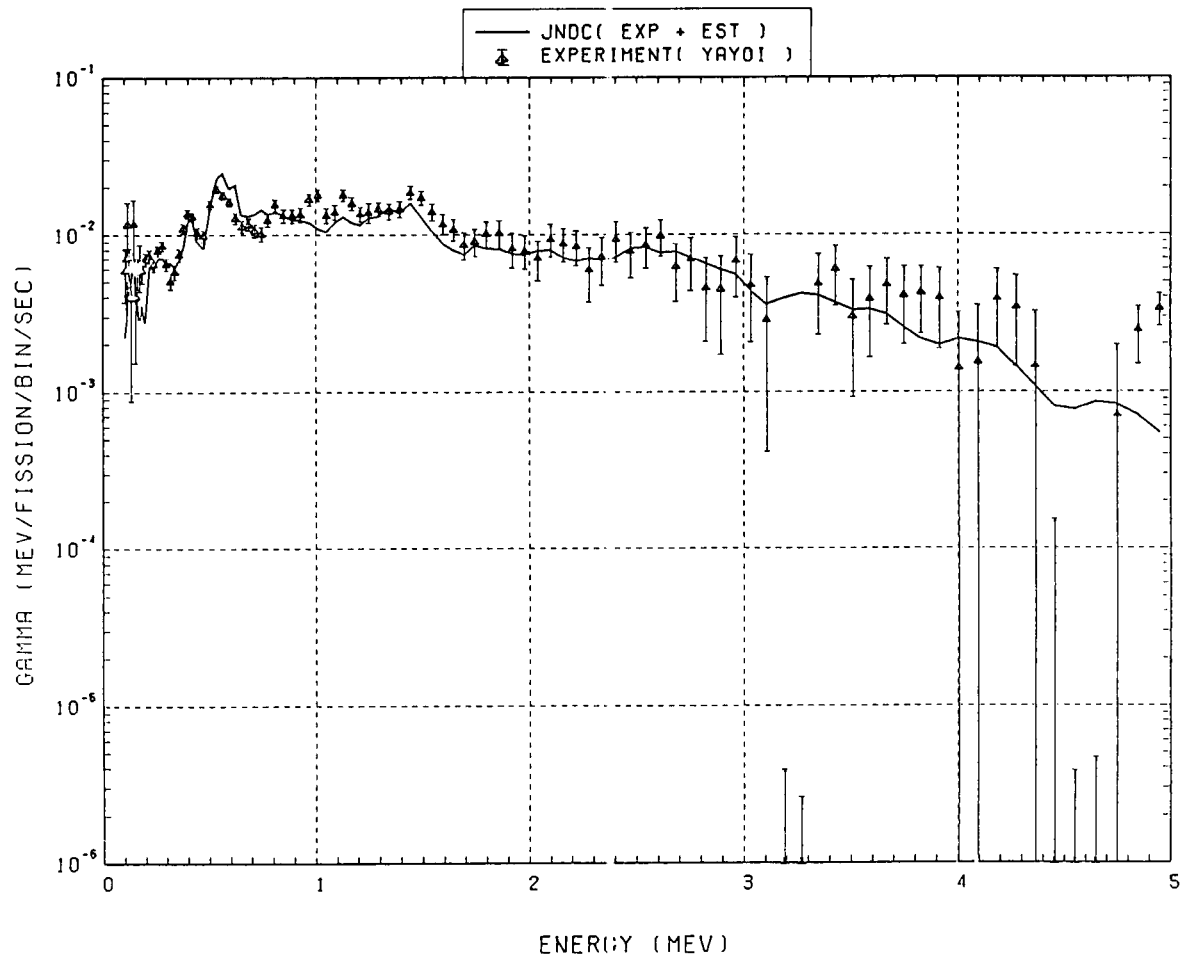


図3 U-235 崩壊熱ガンマ線成分のエネルギースペクトル(冷却時間19秒)

表1 第二版収納データの概要

項目、 データセット	数
収納FP核種数	1230
内不安定核種数	1083
$\bar{E}_\beta, \bar{E}_\gamma$ に測定値を使用した核種数	490
$\bar{E}_\beta, \bar{E}_\gamma$ に理論値を使用した核種数	593
核分裂収率データセット数	20