

JENDL FP Decay Data File 2000 と 日米の崩壊熱スタンダードとの比較

日本原子力研究所核データセンター

片倉 純一

katakura@ndc.tokai.jaeri.go.jp

1. はじめに

日本の評価済核データファイル JENDL の特殊目的データファイルの一つとして JENDL FP Decay Data File 2000[1]を作成した。このファイルには、質量数 66 から 172 までの核分裂生成物の半減期、分岐比、崩壊エネルギー等の崩壊データが収納されている。このファイルの前身としては JNDC-V2 ファイル[2]があるが、このファイルが作成されてから既に 10 年以上経過していること、また、ファイルのデータフォーマットが ENDF フォーマット[3]でないこと等により、JENDL ファミリーとしては位置付けられてこなかった経緯がある。このため、ENDF フォーマットの崩壊データファイルを JENDL の特殊目的データファイルとして作成したものである。このファイルのデータの内、測定データのあるものについては、ENSDF (評価済核構造データファイル) [4]を基に見直しを図り、信頼の出来るデータは ENSDF のデータを採用して JNDC-V2 のデータを更新しており、JNDC-V2 のデータとは異なっている。また、JNDC-V2 には含まれていなかったガンマ線やベータ線のスペクトルデータも含むのが JENDL FP Decay Data File 2000 の特徴である。

1989 年に日本原子力学会で作成した「原子炉崩壊熱の推奨値」[5]は、原子力安全委員会が軽水炉の冷却材喪失事故時の緊急炉心冷却装置の性能を評価する場合の熱源としての崩壊熱として用いることが認められているものであるが、この推奨値は JNDC-V2 を用いた計算に基づいており、今回作成した JENDL FP Decay Data File 2000 を用いた崩壊熱の計算値とは異なることが予想できる。このため、今回作成したファイルを用いた崩壊熱計算値と日本原子力学会の「原子炉崩壊熱の推奨値」と比較し、その違いについて述べる。また、米国の原子炉崩壊熱基準 ANS-5.1 (1994) [6]との比較も行った。最後に、崩壊熱基準を巡る最近の話題についても述べる。

2. 日本原子力学会「原子炉崩壊熱の推奨値」との比較

「原子炉崩壊熱の推奨値」にある崩壊熱の値の内、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 及び ^{241}Pu の瞬時照射のデータについて比較を行った。「原子炉崩壊熱の推奨値」には無限照射 (10^{13} 秒照

射) のデータもあるが、無限照射では、あまり差がでない (瞬時照射の差よりも小さい) ため、瞬時照射のデータで比較を行った。また、「原子炉崩壊熱の推奨値」には ^{240}Pu のデータもあるが、ANS-5.1 には無いため、ANS-5.1 との比較との整合性を取るため比較していない。なお、崩壊熱計算には、核分裂収率データが必要であるが、このデータは JNDC-V2 のデータを使用した。ただし、核異性体の取扱いが JNDC-V2 と JENDL FP Decay Data File 2000 とでは異なるため、その修正を行っている。

図 1 から図 4 に全崩壊熱 (β 成分と γ 成分の和) の比較の結果を示す。これらの図には計算値と推奨値との差を百分率で示してある。横軸は核分裂後の時間である。

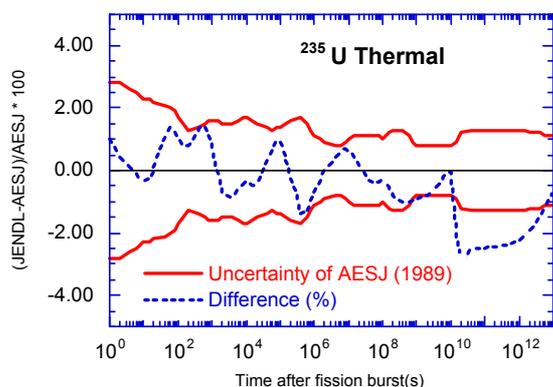


図 1 ^{235}U の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

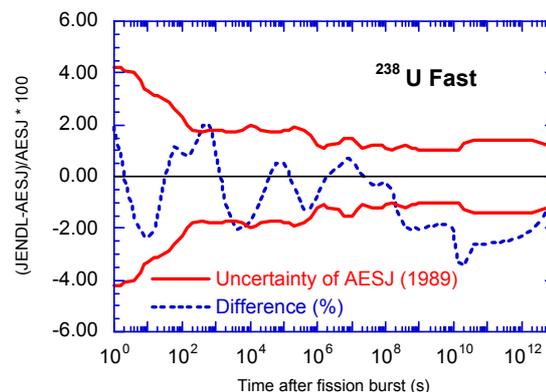


図 2 ^{238}U の速中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

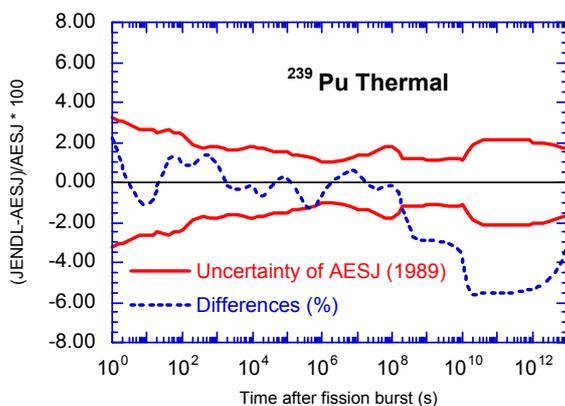


図 3 ^{239}Pu の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

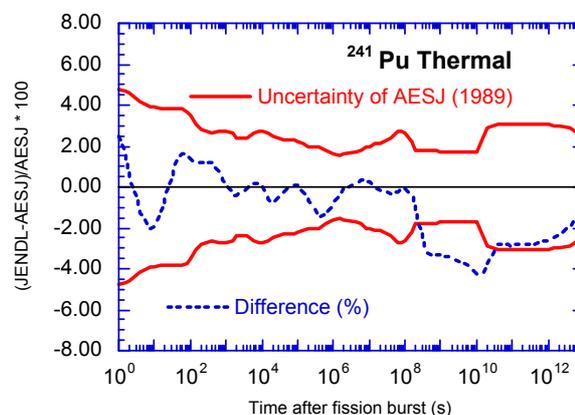


図 4 ^{241}Pu の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

これらの図には、推奨値の誤差範囲も実線で示してある。核分裂後 10^8 秒以降を除いて、今回の計算値は推奨値の誤差範囲に入っている。 10^8 秒以降では、 10^{10} 秒以降で差が見られるが、これは $^{126\text{m}}\text{Sb}$ の影響が大きい。 γ 成分のエネルギーは JNDC-V2 では 1.7995 MeV ($\beta+\gamma$ では 2.4342 MeV) であったが、JENDL FP Decay Data File 2000 では、作成当時最新

の ENSDF のデータから 1.55 MeV ($\beta+\gamma$ では 2.2021 MeV) となり、約 10 %程度小さくなったためである。

3. 米国の崩壊熱基準 ANS-5.1-1994 との比較

米国の原子炉崩壊熱基準 ANS-5.1-1994 との比較を図 5～図 8 に示す。日本原子力学会推奨値との比較と同様、基準値と計算値との差を百分率で示してある。また、基準の誤差範囲も実線で示してある。ANS-5.1-1994 の誤差は原子力学会推奨値の誤差よりも大きい（特に核分裂後の短時間では 10 %以上の誤差を与えてある）が、核分裂後 10^{10} 秒以降で誤差を超える差が見られる。ただ、差の傾向は日本原子力学会推奨値の場合と逆で、ANS-5.1-1994 基準よりも大きくなる。

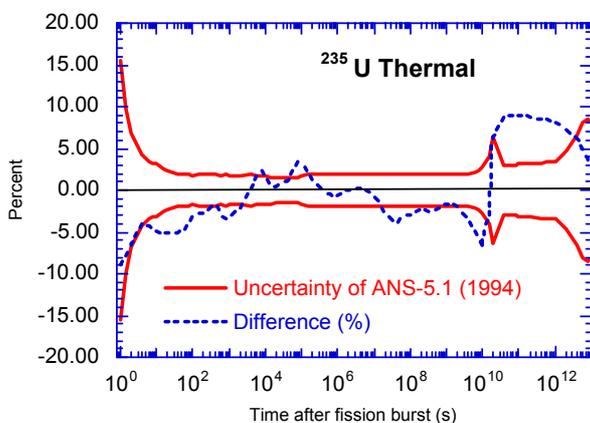


図 5 ^{235}U の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

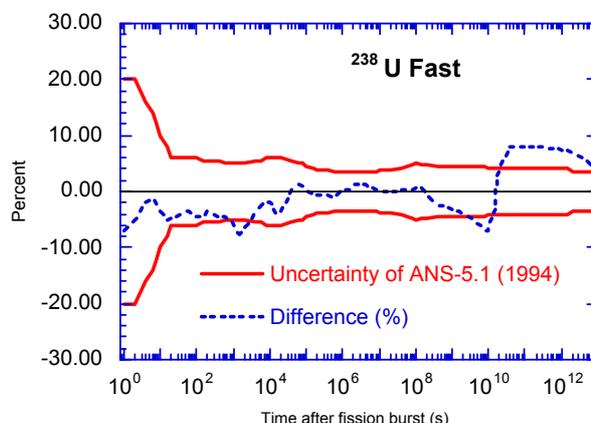


図 6 ^{238}U の速中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

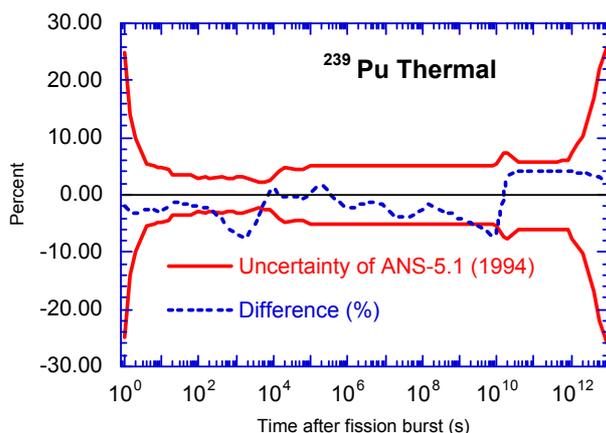


図 7 ^{239}Pu の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

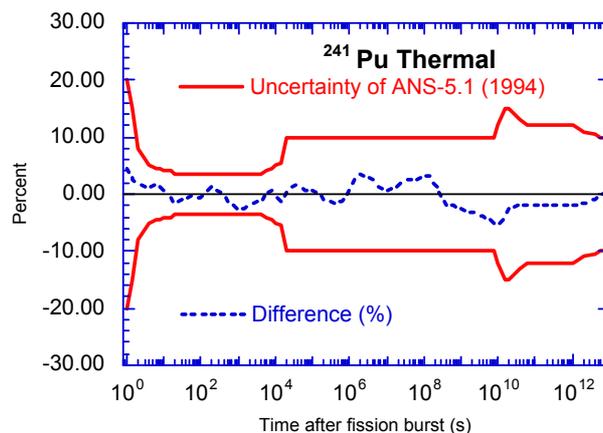


図 8 ^{241}Pu の熱中性子核分裂後の FP 崩壊熱の差 (%)

ANS-5.1 基準は、実験データがある場合は、実験データも加味して基準を作成してあるが、 10^{10} 秒のように核分裂後の長い時間におけるデータはないため、原子力学会推奨値と同様、計算値によって基準値を求めている。従って、JENDL FP Decay Data File 2000 の計算値との差は、使用しているデータの違いによる。ANS-5.1-1994 を作成する際に使用した崩壊データは ENDF/B-V であるが、 10^{10} 秒以降で寄与する核種のデータを比較すると、 ^{126}Sn のデータの差が大きい。 ^{126}Sn の γ 成分のエネルギーは ENDF/B-V で 0.056 MeV ($\beta+\gamma$ では 0.162 MeV) となっているのに対し、JENDL FP Decay Data File 2000 では 0.102 MeV ($\beta+\gamma$ では 0.262 MeV) となっており、この核種の影響が現れている。このため、JENDL FP Decay Data File 2000 による計算値は、ANS-5.1-1994 より大きくなっている。

なお、 ^{241}Pu の場合に、このような傾向が見られないのは、ENDF/B-VI のデータを用いているためと思われる。ENDF/B-VI ではより新しい測定値や JNDC-V2 の理論値を用いており、JENDL FP Decay Data 2000 とそれ程大きな違いがないためと思われる。

4. 崩壊熱基準をめぐる最近の動向

ANS-5.1-1994 が作成されたのは、1994 年であるが、ANS 基準は、基本的に 5 年毎に見直すことになっており、1999 年が見直しの時期になっていたが、本年まで見直しが行われていない。現在、ドラフト案が出来ており ANS-5.1 のワーキンググループで議論中である。基準値そのものに係る本質的な変更はないようで、誤差評価の式の修正、簡易計算法の削除等が議論されている。また、ISO (International Standard Organization) でも崩壊熱の基準がある[7]が、現在の基準は、1992 年に作成されたものである。この 1992 年の基準は、 ^{235}U 、 ^{238}U 及び ^{239}Pu については、ANS-5.1-1979 をベースに作成されており、その他 ^{241}Pu が追加されている。この基準についても改訂が必要かどうか現在調査を行っているようである。もし、改訂が必要との結論が出れば改訂が行われるであろうし、必要が無いとの結論が出れば据え置きということになる。いずれにしろこのように基準として使われるデータは定期的に見直しを行い、必要な場合は改訂をすることが重要である。

日本原子力学会の推奨値も 1989 年に作成されたものであり既に 10 年以上経過している。作成当時に用いられた JNDC-V2 のデータも JENDL FP Decay Data File 2000 で変更されたものもある。この機会に改訂の是非を検討する必要があるだろう。従来から学会の推奨値の誤差は、少し小さいのではないかといわれてもいた。安全審査で利用する場合は、推奨値の誤差を 3 倍して推奨値に加えることになっているのもこのことが一つの理由となっている。幸い、原子力学会の標準委員会で検討が開始されようとしているようであり、誤差の検討も行われることを期待したい。シグマ委員会の崩壊熱評価 WG でも、標準委員会で検討になんらかの貢献ができるよう検討しているところである。

参考文献

- [1] J. Katakura et al.: “JENDL FP Decay Data File 2000”, JAERI 1343 (2001)
- [2] K. Tasaka et al.: “JNDC Nuclear Data Library of Fission Products - Second Version -”. JAERI 1320 (1990)
- [3] Cross Section Evaluation Working Group: “Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File ENDF-6”, edited by V. McLane et al., BNL-NCS-44945 (ENDF-102) (1995)
- [4] M.R. Bhat: “Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF),” Proc. of Int. Conf. on Nucl. Data for Science and Technology, May 13 - 17, 1991, Jülich, p.817 (1992)
- [5] 「原子炉崩壊熱基準」研究委員会: 「原子炉崩壊熱とその推奨値」、日本原子力学会 (1989)
- [6] “American National Standard for Decay Heat Power in Light Water Reactors”, ANSI/ANS-5.1-1994 (1994)
- [7] International Standard, “Nuclear Energy - Light water reactors - Calculation of the decay heat power in nuclear fuels”, ISO 10645: 1992 (E) (1992)