

話 題 (I)

核分裂生成物核データに関する東海会議に出席して

((株)東芝) 吉田 正

1. はじめに

核分裂生成物 (FP) の核データに関する専門家会議は、1977 年の Petten (オランダ)、1979 年の Bologna (イタリア)、1981 年の Brookhaven (米国)、1983 年の Studsvik (スウェーデン) と、場所と主要テーマを変えながら続けられて来た。今回は中性子断面積と核分裂収率をメインテーマに、本年 5 月 25 日から 27 日まで原研東海で開催された。また今回は、これまでこの種の会議を開催し木目細かくフォローしてきた OECD-NEA (Nuclear Energy Agency) の核データ委員会が炉物理委員会と共に消滅し、これとはやや性格の異なる NEA 核科学委員会に取って変わった後始めての専門家会議でもあった訳だが、この変化に由来する混乱は一切無かったと言える。

出席者は海外 21 名、国内 29 名と盛会であった。しかし、かつて FP 中性子断面積の測定や評価で活躍した、Macklin、Schenter、Benzi、飯島、といった人々の名がリストに見られず、また、財政上の理由であろうが、近年核分裂収率の評価で良い仕事を継続している英国から一人も来られなかったのが残念である。しかし、この核分裂収率とこれに関連する分野では、Blachot (仏)、Rudstam (スウェーデン)、Wahl、England、Wilson (米国)、Denschlag (独)、Wang (中) と役者ぞろいであった。これは、燃料照射後試験、燃焼効果測定、使用済み燃料貯蔵、再処理など、どちらかと言うとバックエンド側の需要から、FP 収率データが重要性を増している事と無関係ではない。

この会議の一般報告は、既に原子力学会邦文誌平成 4 年 9 月号「国際会議の窓」に掲載されている。それをよいくことに、ここで御紹介する論文が全てを網羅せず、その選択が気まぐれである点、ご容赦頂きたい。ご紹介しなかった論文のなかにも重要なものが沢山ある。これらについてはプロシーディングスの刊行を待ってご自分で目を通して頂くようお願いしたい。

2. 総合講演

今回、私は一日目午前の総合講演と最終日のワークショップに、最も興味を惹かれた。これは一つには時期の問題、つまり、FP 核データの研究が、各人が各国で個々の測定や評価に励む時期を終わり、個々の成果が JENDL-3、ENDF/B-VI、それに JEF-2 と

いった総合データライブラリーに集約される収穫期から、更に、残された問題を洗い出し最終的な調整を行う反省期に差し掛かっているためではないだろうか。冒頭、中性子断面積分野の出席者が少ないと書いたが、これを大いに補ったのが精力的な三人、仏の Salvatores、オランダの Gruppelaar、それに川合の活躍であった。この人たちの総合講演で会議が始まった。

データニーズと原子炉への応用に関する CEA-Cadarache の Salvatores の講演ではやや以外にも、遅発中性子とFP崩壊熱に多くの時間が割かれた。以外にも、と感じられたのは、元々 Salvatores 氏の興味は中性子断面積と（主として高速炉での）反応度効果にあるはず、と言う当方の勝手な思いこみのせいかも知れない。日本には実際のアクティビティーが無いため仲々実感に乏しいが、欧米ではここ何年か、遅発中性子の総和計算を精力的にやっている。収率に遅発中性子データを乗じ、全ての放出核（precursor）について総和を取ることで、遅発中性子収率 λ_{eff} や中性子エネルギースペクトル等を計算するもので、完璧とは言えないまでも、結構いいところまで行っている。問題は、実用上最も重要な U-238 で計算/測定的一致がなかなか改善されない事だが、将来 Am や Cm といった任意のアクチニド核の遅発中性子データを自在に計算で求められるようになることが期待されている。図1に U-235 の遅発中性子エネルギースペクトルの総和計算と測定の比較を示す。これは米国の仕事の引用であるが、総和計算が結構うまくいっているのが御覧いただけよう。

引き続き、東芝の川合が断面積評価のレビューを行った。Gruppelaar らとの共著論文で、3大ライブラリー（JENDL-3、ENDF/B-VI、JEF-2）の現状から遡り、評価手法、ライブラリー間および測定との比較が詳細に紹介された。三つのライブラリーとも、ほぼ最終版に近いものが完成しており、収納核種数は 170 から 190 ほど。捕獲断面積だけでなく、非弾性散乱やしきい反応の断面積など、これまであまり目の行き届かなかった所まで丁寧にレビューされていた。表1に3大ライブラリーのFP断面積データの収納状況のまとめを示す。

核分裂収率のレビューは来日できなくなった IAEA の Lammer にかわり、Mainz の実験家 O.Denschlag が行った。収率の測定/評価は米国、英国を中心に、近年非常に精力的に行われてきた。この講演と2日目の Englandの講演“ENDF/B Yield Evaluation on 1992: Method and Content”を合わせると、わが国に広範な評価活動が無く、ただデータを貰うだけだったこの分野の動向がほぼ把握できる。GE の Rider と Meek から収率評価/編集の仕事を引き継いだ England は、ワシントン大学の理論家 Wahl（現ロスアラモス、今回の会議にも出席）の協力とヨーロッパ勢との連携のもと、ENDF/B-VI 用の Th-227 から Fm-256 に至る 36 核種、60 核分裂セット（同一核でも入射中性子エネルギーが違えば別セットと数える）の膨大なデータファイルを完成した。

近い将来、量あるいは質の点でこれを凌駕するものが現れることは有るまい、というのが私の率直な感想である。

上記の三つの総合講演のあと、今回主要テーマに加えられなかった分野（崩壊熱、遅発中性子など）の、関連分野状況報告といった位置づけのレビューがあった。私の行った崩壊熱とその標準化についてのレビューのあと、England から崩壊熱総和計算値をそのまま推奨値とするという日本の決断について、好意的なコメントがあったのが印象に残る。

3. 一般講演

総合講演に引き続き 30 件以上の一般講演が、“Cross Section Data”、“Fission Yield Data”、“Data Validation” というセッション名で順次行われた。発表された論文の中から幾つかを簡単にご紹介したい。

“Cross Section Data” のセッションでは、まず、D. Larson が長年に渡り 80 核種を越える F P の捕獲断面積データを採り続け、評価者から信頼されてきたオークリッジの ORELA 測定の総纏めを報告した。しかし今、共著者（というより ORELA の主）Dick Macklin は引退し、ORELA も一つのサイクルを閉じた。新しい測定の報告は今回ごく限られていたが、関根らの、消滅処理の対象としてこのところ良く取り上げられる超寿命 F P、Cs-137 と Sr-90 の捕獲断面積測定が注目された。古い測定しかなく、貴重な新データである。計算／評価関係では Gruppelaar の F P 領域での直接過程と前平衡過程の効果に関する発表が印象にのこる。Gruppelaar は思いつきでこれを発表している訳ではなく、F P 反応度効果に於ける非弾性散乱の重要性の指摘、F P 非弾性散乱ワーキンググループ（NEANSC 国際協力 SG10）発足への働きかけ、といった同氏の一連の周到なシナリオに沿っているわけで、いつもながらの前向きな姿勢に感心する。私事にわたるが、Gruppelaar のこうしたやり方を見ていると同氏の旧い友人でもあった故飯島俊吾氏を思い出さずにおれない。

“Fission Yield Data” でも日本から新しい測定が報告されたのが心強い。中込らの “Multi-mode fission on the thermal neutron-induced fission for U-233 and U-235” で、京大炉を用いた精度の高い測定データが多モード分裂モデルですっきり解釈されている。ワシントン大学を最近退職し、現在ロスアラモスの顧問をしている核分裂理論の大家 Wahl のレビュー “Systematic trends in fission yields” は豊富なデータと経験に裏打ちされ、聞きごたえがあった。同氏の A p' モデルは近年頻繁に引用されており、評価者が容易に使えるところがまたいい。

“Data Validation” で二件紹介したい。一つは旧東独 Dresden の Rossendorf 研究センターの Dietz が報告した F P サンプル反応度積分測定の報告で、西側でこの種の

測定が行われなくなって久しい。東独の消滅でこの測定もこれきりとなってしまった。もう一件は鈴木、中原ら原研化学部を中心としたグループの PWR 使用済み燃料中の F P 蓄積量の分析結果で、この種のデータとしては最も広範かつ精度の高いものと言えよう。

4. ワークショップ、おわりに

最終日、三つのグループに分かれワークショップが行われた。私は核分裂収率のグループに加わった。このグループには名大田坂、京大中込、原研梅沢といった英語に堪能な方々が多かった事もあり、日本勢だけが議論に割り込めないといった状況にはならず、我々の意見も盛り込んだ、良いまとめができたものと思う。私は途中で突然

Data Validation グループのリーダーである Salvatores 氏に呼ばれ、崩壊熱データの充足度と積分測定の必要性についてコメントするため中座することになった。それを別としても、三グループの結論を把握している訳ではなく、結論についてはプロシーディング刊行前に中途半端なことを書くより刊行を待っていただくほうが良いと考える。

今回の会議で浮き彫りになったのは、中性子断面積の分野では JENDL-3 の評価は、質、量ともに他のライブラリーにひけをとらないこと。また積分評価も、“Data Validation” のセッションで川重の渡部氏が発表したように、欧米以上に丁寧にやっている。その一方で、欧米が協調と競争をベースに核分裂収率の評価・ライブラリー化を精力的にやっているのを目の当たりにすると、この分野での遅れを痛切に感じる。この分野は数十年の伝統をもつ欧米にお任せすると言うのが、（放っておけば確実にそうなる）一つの選択ではある。ワークショップで、アメリカとヨーロッパ（主体は英国）の収率評価活動は相互チェックの意味からも、今後も統一せず平行して行うべきだと言う話になったが、老舗の貫禄というものであろう。それにしても、何か小粒でもわさびの利いた仕事をして、いかほどの貢献が出来ないものだろうか。

たまたま私は、海外からの出席者ほぼ全員が投宿するホテルに、全開催期間を通じ滞在した唯一の日本人参加者であったため、連絡バス添乗員兼世話役の任を仰せつかり、その結果、会議を取り仕切る菊池核データセンター長の苦勞、気配りをつぶさに見せて頂く結果となった。これも得難い経験である。

表1 3大評価済みライブラリーに収納されたF P中性子断面積
データの内容 (川合氏のOHPから)

**JENDL-3: 172 Nuclides (As-75 to Tb-159),
Released in December 1991,
Revision of JENDL-2 for 100 nuclides +
New evaluation for 72 nuclides,
on the Basis of Recent Experimental Data
up to 1987 and Nuclear Model Calculations**

**JEF-2: 192 Nuclides (Ge-72 to Dy-164),
Released in January 1992,
Revision of resonance parameters for JEF-
1 + New evaluation for 3 nuclides
(Y-89, Ru-101 & I-129)
+ REAC-ECN-4 Activation Library
JEF-1 = ENDF/B-V + RCN + ENEA/CEA + JENDL-1**

**ENDF/B-VI: 193 Nuclides (Ge-72 to Dy-164),
Released in January 1990 and
August 1991 for revision 1.
Revision of resonance parameters for 14
nuclides in ENDF/B-V +
New evaluation for 5 nuclides (Y-89,
Nb-93, In-115, Eu-151 & Eu-153).**

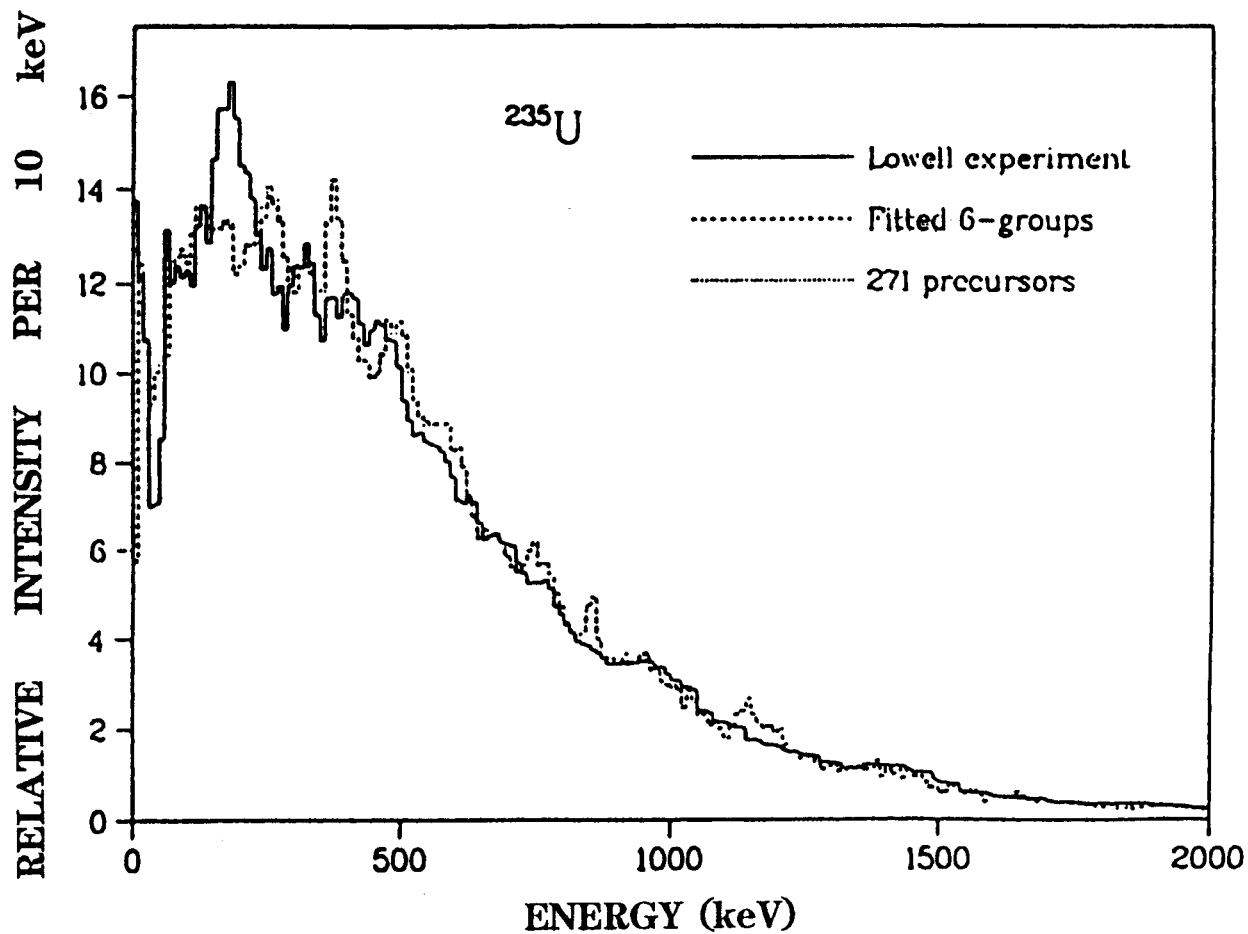


図1 遅発中性子エネルギー総和計算結果と測定の比較 (Salvatores 氏のOHPから)