

話題 (その I)

第 2 回超アクチニウム核データ会議

原研 五十嵐 信 一

4月30日から5月5日にわたり、フランスの Aix-en-Provence と Cadarache 研究所で超アクチニウム関係の会議があり、原研の黒井英雄氏、梅沢弘一氏と共に出席した。4月30日と5月1日は IAEA と各国研究機関とが結んでいる研究協定による超アクチニウム核データの測定と評価の研究調整会議を行い、5月2日から5日にかけて第2回超アクチニウム核データの諮問グループ会議が行われた。対象としているのは超アクチニウム同位元素の中性子核データと崩壊核データで後者は梅沢氏が担当している。こゝでは中性子核データに関する事柄を報告する。

**I Meeting of the Coordinated Research Project (CRP)
on the Intercomparison of Evaluations of
Actinide Neutron Nuclear Data**

日 時 1979年4月30日~5月1日
場 所 Hotel Roy Rene, Aix-en-Provence, France.
出席者 Yu.G.Bobkov(Obninsk),
C.Budtz-Jorgensen(Geel),
E.Fort (Cadarache),
E.Gryntakis (NEA-DB),
Y.Gur (Israel),
S.Igarasi (JAERI),
H.H.Knitter (Geel),
M.Mattes(Mrs.) (Stuttgart),
M.K.Mehta (BARC),
E.Menapace (CNEN),
B.H.Patrick (AERE),Chairman
J.Salvy (Bruyeres-le-Chatel),

H. Sandberg (Göteborg)

S. Yiftah (Israel),

H. D. Lemmel (IAEA) Sci. Secretary.

IAEAと各国の研究機関とが研究協定を結び、アクチナイドの中性子核データの評価を行っている。今回は5月2日～5日にCadaracheで開かれる第2回超アクチニウム核データの諮問グループ会議に先立って、これまでの評価の状況、将来計画、評価方法の検討などを行い、現状での評価結果の相互比較、問題点を調べて、CRPグループとしての報告を諮問グループ会議に提出することを兼ねた会議であった。この会議は毎年1回開かれている。

会議は各国の評価の現状報告から始まり、IAEA file のあり方、内容を議論した。次に評価の相互比較、評価に必要な標準核データについて議論があり、また、核模型の違いによる計算結果への影響と核模型の適用範囲の検討も話題になった。評価データのテストに必要な照射実験と燃焼実験およびそれに使ったスペクトルの情報調査が話題になり、IAEAが情報を集めて1980年のCRP会議までにまとめて配布することになった。最後に出席者間で ^{241}Am , ^{242}Pu , ^{244}Cm の相互比較を行った。

以下にこの会議での主な決定事項等を述べる。

I-1. Evaluation について

現在の所31核種が対象となっており、大部分は1980年末に評価を終了する予定である。CRPメンバーによる評価結果はIAEA file に compile される。file は Complete evaluation と partial evaluation とに分け、それぞれINDL-A-F, INDL-A-Pと呼ぶ。

Complete evaluation (full evaluation とも言っている) は all cross sections, $\bar{\nu}$, $\bar{\mu}$ を少なくとも 10^{-3} eV~15MeV の範囲で揃えたものを指す。Format は ENDF/B とするが、UKNDL, KEDAK でも良い。しかし、UKNDL や KEDAK format の場合には同時に ENDF/B format でも提出することが望ましい。USSR は ENDF/B format を用いると言うことである。

JENDL-1 の actinide evaluations は IAEA file に入れても良い。Israel の ^{237}Np と ^{238}Pu の evaluation は KFK と相談の上、IAEA file に入れるかどうかを決める。各 evaluation には summary documentation をつけること

とし、内容は、

- (1) 使用した実験データのリストを quantity ごと、energy range ごとにつける。
 - (2) 使用した standards,
 - (3) 採用した thermal values,
 - (4) 使用した model の parameters,
 - (5) evaluation method の概要を quantity ごと energy range ごとにつける。
- 等を簡潔に記すこと。そして file の巻頭又は数頁の書類にするかして、tape と共に user に送れるようにする。evaluations には quantity ごと energy range ごとの不確定さを、rough でも良いから、つけるようにする。

I-2. Intercomparison

CRP 内での evaluation work を行う際に、各自の結果を他の evaluation と比較して議論するよう勧告した。

比較の方法については

- (1) input data の比較
 - (a) 使用した実験データ
 - (b) 使用した model と parameters,
 - (c) 利用した systematics. etc.
- (2) graph を利用した比較と、差異の決め方,
- (3) 差異がある場合の解析と、その重要さの議論
- (4) 感度解析

の項目を行うよう要求する。

従来 of evaluation との比較で、どこがどのように進歩したかとか、どこに差があるかを議論し、それがもし CRP 内での他の evaluation と比べて有意の差があるならば、各 author 間で連絡を取って、その差を明確にするようにする。

IAEA file は同じ核種の異なる evaluation を含むことになるが、前の evaluation が revise された場合には古い evaluation を持っている user に IAEA の Nuclear Data Section (NDS) から revised version を送るようにする。

相互比較の中に ENDF/B-V の actinide file の data を含めるよう要請する。

NDS は各 author が ENDF/B-V の部分的 retrieval を NDS または NEA-Data Bank (NEA-DB, 旧 CCDN) から得られるように配慮する。そして、NDS は CRP ですでに終了し

ている evaluation と ENDF/B-V との相互比較を推進するようにし、その結果を evaluator, experimenter および関連のある committees へ feedback するようにする。

I-3. Standards

evaluation に用いる standard data について、1978年の CRP-meeting での勧告を確認した。即ち、ENDF/B の standard file は公開で且つ利用するのに便利であるから、これに含まれる7つの standard data を推薦する。但し、JENDL, UKNDL, KEDAK などで、consistency の理由などで必要な場合には ENDF/B 以外の standard を使っても良いが、適当な document があることが必要条件である。

ENDF/B-V が使用可能になったなら、CRP のメンバーは ENDF/B-V の standard を使うようにすべきである。ENDF/B の7つの standard のうち ^{238}U の fission と capture cross sections とが公開でないので、NDS はこれらを使用出来るようにすべきである。

更に evaluation の documentation には使用した standard の情報を含むこと、life の関係する cross section などは actinide decay data の CRP が recommend した half-life value を使って修正すべきことが要請された。

I-4. Compiled Data

evaluator が専門的に行うべき範囲、および他の専門的 evaluator の仕事への依存の程度について議論し、 $\bar{\nu}$ の Konshin et al の evaluation は広く使われているが、update 出来るのかどうか、実験が不十分な核については Howerton や Bois-Frehaut の方法を考慮すべきである、などの議論が出た。

angular distribution や energy distribution は将来 benchmark computation を行う際に必要なので、適切な方法で整えておくよう要請された。

I-5. Nuclear Models

spherical および deformed optical model による計算について、Salvy は、計算結果の数値的違いと、どの核のどの energy 範囲にはどちらの model を使うべきか、などを調べることを要請された。

Mehta は $(n, 2n)$ と $(n, 3n)$ cross sections を計算するために、種々の

semi-empirical models と pre-compound contributions とを調べることを約束した。

I - 6. Testing of Data

benchmark computation を目的として、照射又は燃焼実験と、その解析に用いた spectra について十分詳細な情報が提供出来るかどうかを各国の研究機関に問合せることになった。NDS はこれらの information を compile し、1980年のCRP meeting 以前に、data test のために、これを配布する。共鳴積分の実験値があるなら、熱領域の微分 data をこれと比較すべきである、ことが要請された。

I - 7. Specific Intercomparisons

2~3人以上の subgroup に分かれて ^{241}Am , ^{242}Pu , ^{244}Cm の相互比較を行うことになった。 ^{232}Th については Mehta と Vasiliu とが手紙により行う。

^{241}Am については Fort, Menapace, Patrick の evaluation が fission resonance integral を除いて実験値の誤差範囲内で一致しているように思われる。この fission resonance integral は evaluated differential data から計算した値よりもかなり大きい。differential inelastic scattering data の測定は optical model parameters のより信頼出来る値を得るのに必要である。

^{241}Am の ENDF/B-V との比較は AGM-meeting での私の paper を参照した。

^{241}Am の相互比較は目下進行中の KFK と Obninsk の evaluation も含めて手紙で継続して行うことになった。

^{242}Pu については Menapace と Salvy の evaluation がそれぞれ resonance region と high energy region で行われ、相補的であるが、Konshin の未完成の evaluation も調べてみる必要がある。

I - 8. Summary Report

Yiftah の CRP に関する summary report (B4) を採択し、特に頁 10, 11 の recommendation を認めた。

次回は 1980年6月の INDC Meeting 前に Vienna で開く。

II Second Advisory Group Meeting on Transactinium Isotope Nuclear Data

日 時 1979年5月2日～5月5日
場 所 CEN Cadarache, France
出席者 省略

1975年11月に西ドイツKFKで開かれた第1回会議以後の状況を検討し、その報告と合せて今後の問題点とIAEAが行うべき事項とを勧告するために開かれた会議である。

会議は10件のreview paperと数件のcontributed paperの発表が2日間にわたって行われ、その後勧告文を作るためのworking groupがNeutron DataとNuclear Decay Dataとに分れて作られ、それぞれの勧告文作成作業が行われた。文献のlistは末尾に載せた。

以下にNeutron Data 関係の勧告文の概要を述べる。

II-1. Introduction

1975年のKFK会議以後のdata に対する要請と状況の進展について、review papers A1とA2では現在あるthermal reactors, fast reactors と alternate fuel cycle のための要請をcoverしているが、可能性のある他の要請については、KFK会議で認められたもの以外には触れていない。幾つかのisotopesについてはdata の状況についての最近のreviewがなく、従って、要請のあるdata の現状について完全な結論が得られなかった。

II-2. Requirements.

要求精度の引用値について二つの一般的見解を以下のように与えた。

- (1) すべてのreaction dataに対する要求精度は $2 \times (\text{standard deviations})$ として表されなければならない。これは95%の信頼度に当る。KFK meeting の reportにある値がこうであったかどうかは確認出来なかった。
- (2) 要求精度が50%となっている場合には、きわめて近似的な値が必要であることを意味しているだけと取る。

これを基準として、前回作成した要求精度の Table の見直しと修正とを行った。

thermal reactor applications については幾つかの変更が確認され、これらの変更は既存の要望に比べて相対的に小さく、多くは軽水炉における U - Pu recycles の要請から出ている。

fast breeder reactors については変更は主に (n, 2n) reaction に関係しており、 ^{236}Pu , ^{238}Pu の build up をより良く理解するのに必要である。

将来の reactor は長期燃焼で硬スペクトルの高速炉系に重点が置かれるであろうから、higher actinides の data と 100 keV 以上の cross section data が要求されるようになるであろう。特に 100 keV 以上の capture cross sections は測定がほとんどないので、強く要求されるであろう。

1975 年以降の evaluation の状況については過去 4 年間に CRP, US, Japan, その他で比較的大きな努力が払われて来た。その結果、full evaluation の件数が大凡 2 倍になった。full evaluation のある核種、ENDF/B-V のための full evaluation が行われた核種、および evaluation があることが知られていない核種の table を作った。

現在行われている evaluation programmes は少なくとも 2 ~ 3 年は継続するであろう。これまでの努力の結果、同一核種について幾つかの evaluation が存在するようになった。これらの比較では幾つかの有意な喰違いがあることを示している。これらの喰違いの改善が勧告されている。

II - 3. Experimental Data

KFK での第 1 回 meeting では Th - U fuel cycle 用の実験データの review がなかったが、過去 5 年間に関係する 9 isotopes についての実験データがかなり出ている。これらの isotopes (Th, Pa の 3 isotopes と U の 3 つの lower isotopes) の data status を検討するには時宜を得ている。Th, Pa, U, Np の isotopes の cross sections については今回は review がなかったので、次回には扱うことを勧告する。

^{240}Pu の測定は fission cross section について 1 keV ~ 20 MeV において行われているが、sub-threshold の構造を確かめるための測定が要求される。

^{240}Pu の capture と total cross section の新しい測定も 10 keV ~ 375 keV の region で行われ、fast reactor の data を改善してきている。

^{242}Pu については fission, capture, total の測定がそれぞれ 10 keV, 10

~250keV, 10~375keV において行われ, data を改善している。

^{242m}Am については測定が1つあるだけである。即ち0.01eV~20MeV の $\sigma_{n,f}$ である。

Cm isotopes については thermal region で幾つかの new measurements が行われた。 ^{245}Cm の $\sigma_{n,f}$ は1~20eV で1件だけ行われた。

同じ sample を使って, ^{249}Bk と ^{249}Cf の total cross section の測定が0.005eV~1keV で行われた。

General Comment

Requestor は要求する data の質を感度解析を通して得られる。Confidence level 95% の要求は筋が通っている。

実験データの提供の側では立場が幾分異なる。pulse counting のような random error は推定出来るが, systematic error は定量化が困難であり, それを扱う信頼度の推定は不可能に近い。従って, systematic error の推定は常に主観的である。このことは, 要求が特定の精度に合致しているかどうかを決めることが常にむづかしいことを意味している。これは, 積分実験と妥当性が test されている basic nuclear data を用いた benchmark calculations の重要性を強調するものである。

General Recommendations

A. data および精度に対する要求は data の利用対象を示して, 要求理由を示すべきである。又,

B. 各 energy range ごとに要求精度を示して理由を詳細に述べるべきである。

感度係数の解析はいろいろの対象について行われなければならないし, このような研究においては error の相関の重要性を考慮しなければならない。

重要な data について, 唯一の測定きりない場合が多い。こう言う場合には, 第二の測定値を得ることが未測定 of data を測定するのと同じ位重要なので, このような測定 of programme を設けることを急ぐべきである。 ^{238}Pu の threshold 以下の fission cross section や Cm isotopes の data などその例である。

測定 of activity はしばしば sample の入手が可能かどうか左右される。この件について, IAEA は NEANDC が取っている initiative を裏付け承認すべきである。

少なくとも priority 1 の isotopes については high purity sample が容易に

入手出来るようにする。

同じ sample を異なる lab. で使って相互測定をすることを奨励する。

Specific Recommendations for Measurements.

KFK meeting の recommendation を priority の面から検討し、次の結論を得た。

1. 最近の differential および integral data から ^{241}Am については大きな喰違いはなくなったので、list から除く。
2. なお測定の必要な data は、
capture ; $^{242\text{m}}\text{Am}$, ^{243}Am , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu , ^{242}Cm ,
 ^{244}Cm , ^{237}Np .
fission ; ^{241}Pu , ^{242}Cm .
3. 上述の isotopes についての requested accuracy はこの meeting の review paper A1 と A2 に記されたものである。

General Recommendation for the Plenary Session.

S.Raman (ORNL) の Actinide Newsletter 1, 2 巻の出版を歓迎し、今後年版になることを期待している。

Second Advisory Group Meeting on Transactinium Isotope Nuclear Data

2 ~ 5 May 1979

A. Survey of TND Requirements

- A1 Comprehensive review of TND requirements for U- and U/Pu- fueled thermal and fast reactors, and their associated fuel cycles. (J. Bouchard)
- A2 TND requirements for alternate fuel cycles. (H. Kouts)
- C1 TND requirement for actinide incineration as waste disposal alternative. (H. Kuroi)
- C2 Neutron data requirements for calculations of transactinide isotope accumulation in reactors. (Yu. G. Bobkov)

B. Status of Transactinium Isotope Nuclear Data

- B1 Report on the IAEA coordinated research programme on the measurement and evaluation of transactinium isotope nuclear decay data. (C. W. Reich)
- B2 Current status of evaluated heavy element decay data for reactor calculations: problems and anomalies. (A. L. Nichols)
- B3 Status of transactinium nuclear data in the evaluated nuclear structure data file. (W. B. Ewbank)
- B4 Coordinated research programme on the intercomparison of evaluations of actinide neutron nuclear data. (S. Yiftah)
- B5 Report on the November 1978 NEANDC-sponsored workshop on the cross-sections of the heavier plutonium and americium isotopes, complemented by the status and accuracy of experimental neutron cross-section data for elements higher than americium. (H. H. Knitter)
- B6a Status and accuracy of neutron data for the important isotopes relevant to the Thorium-Uranium fuel cycle in the thermal and resonance energy region. (C. Vasiliu)
- B6b Status and accuracy of neutron data for the important isotopes relevant to the Thorium-Uranium fuel cycle in the fast energy region. (M. K. Mehta)
- B7 Present status, critical comparison and assessment of different evaluations and files of neutron cross-section data for selected actinides. (S. Igarasi)
- B8 Evaluation and calculation of neutron transactinide cross sections. (V. A. Konshin)

- C3 Evaluation des parametres de resonance de Np-237. (H. Derrien)
- C4 Evaluation complete de Am-241 entre E_{th} et 6 MeV. Coherence entre les donnees microscopiques et intégrales. (E. Fort)
- C5 Cm-244 neutron data evaluation. (S. Yiftah)
- C6 On the methodology of the intercomparison of TND evaluations. (S. Yiftah)
- C7 Status report on Swedish compilation work. (H. Sandberg)