

2. IAEA核融合炉技術用核データ会議に出席して

原 研 関 泰

(Advisory Group Meeting on Nuclear Data for Fusion
Reactor Technology, Vienna, Austria, Dec. 11-15, 1978)

日本原子力研究所

核融合研究部 関 泰

この会議は最近の核融合研究の進展とともに高まってきた核データに対する要求に対処するためにIAEAのNuclear Data Sectionが開催した第1回目の会合である。

その主な目的は核融合炉の開発に必要な核データを明らかにすること、要求された核データの現状を把握すること、および核データの改善に役立つような行動をIAEAおよび核データの供給者に提言することであった。そこで会合には核データを要求する側の核融合炉の設計屋、積分実験者などの利用者と核データを供給する側の核物理の専門家や核データの評価者が出席し、両者の相互作用により目的を達成することが試みられた。

会議はウィーンのIAEA本部で開かれ、出席者はIAEAのScientific Secretaries 4名を入れて約35名で、IAEA以外からは、米国、西独各5名、英国、イタリー、ソ連、ユーゴスラビア各2名の他は11ヶ国および3国際機関から各1名であった。

会議のプログラムは、(1)利用者からの要求、(2)要求された核データの現状、(3)まとめとIAEA並びに核データ供給者への recommendation 作成がテーマであった。これは1977年に行われた核分裂生成物核データに関する諮問委員会のプログラム構成⁽¹⁾とほぼ同じである。項目の(1)と(2)は各々6篇と7篇の review papers からなり、それに Introductory Talk, Invited Talk と幾つかの contributed papers が加えられた。Review papers と contributed papers のリストを第1表に示す。以上を2日半で行なった。

米国エネルギー省のC. Headの Introductory Talk は米国における最近の核融合炉開発計画および磁気閉じ込め核融合からの核データ要求を紹介したもので、Introductory Talk としてはわかり易く適切なものであった。またIAEAのJ. Phillipsによる(原研、森核融合研究開発推進センター長が議長となる)IAEA International Tokamak Project について言及した Invited Talk も以後の会議に話題を提供した。

Review papers は総じてかなり真面目に review を行なったものが多く引用文献数が70を越えるものが13篇中5篇もあった。私が行なった review では40篇を引用したがこれはや

や少ない方に属し、もっと時間を掛けて文献サーベイを行なうべきであったと反省させられた。また自分の paper ばかりを引用した人、自分の仕事を殆んど出さずに専ら他人の仕事ばかりを引用した人と様々であり review の有り方について考えさせられた。Review papers の中で興味深かったのは、ソ連の Markovskii と Shatarov の核融合・核分裂ハイブリッド炉からの核データ要求および積分実験の解析に関するものであった。⁽²⁾ この paper には初めてその名を聞くモンテカルロ計算コード BLANK とか、ソ連の評価核データを使用しているブランケット炉物理実験の解析結果が紹介されていた。昭和48年に原研の FCA で行われたリチウム球体系における核分裂率測定実験⁽³⁾の解析の追試を行い、実験との良い一致を得ていた。

米国 ORNL の F. G. Perey の 2 次中性子およびガンマ線生成データについての paper⁽⁴⁾ も後述するようになり論議の対象となった。総じて米国においては核データの利用者と供給者の間に比較的良く対話がなされているらしく、米国の核データの専門家の話は利用者にもわかり易く興味が持てた。これに対してヨーロッパの人達はかなり academic な原子核モデルについての講演などもあり利用者には苦痛を与えるような講演が 2, 3 あり、利用者との対話の不足が感じられた。

会議の後半の 2 日半は 2 つのワーキンググループ (Neutron Transport and Gamma-Ray Production と Radiation Damage and Effects) に分れて、それぞれの計算に必要な核データとその現状についてのまとめと recommendations の原稿作りを行った。この他に Fusion-Fission Hybrid Reactor のワーキンググループを設ける予定であったが、これに参加を希望したのはソ連とカナダからの出席者だけであったことと Hybrid Reactor に必要な核データについても前述の 2 つのワーキンググループで検討の対象とするということで、ワーキンググループ数を 2 つにすることに合意が得られた。私は「中性子の輸送とガンマ線生成」のワーキンググループに参加した。

二日間の討論を通じて最も印象に残ったのは中性子とガンマ線の輸送を計算するために必要な核データは、

- (1) 全断面積 σ_t ,
- (2) 入射中性子エネルギー E_n の函数としての double differential total neutron - emission cross-section $\sigma_{n,em}(E', \theta)$,
- (3) やはり E_n の函数としての differential total γ -emission cross-section $\sigma_{\gamma,em}(E_\gamma)$

だけであるという事実の再認識である。つまり σ_t と 2 次中性子全体の角度とエネルギー分布がわかれば中性子の輸送問題を解くには十分であり、さらに加うるに全ガンマ線生成エネルギースペクトルがわかればガンマ線分布も求められるということである。我々は既存の評価済核データファイルが 2 次中性子のデータを各反応毎に与えているために核データとしても各反応毎の 2 次中性子のデータを要求してきた。少なくとも中性子の輸送計

算を行う上では各反応別ではなく全中性子のデータがわかっているだけで十分である。先に述べた ORNL の F. G. Perey の話⁽⁴⁾によると米国では $\sigma_{n,em}(E',\theta)$ の測定が、幾つかの研究機関で核種とエネルギー範囲とを分担して進められているようである。 $\sigma_{n,em}(E',\theta)$ のデータが蓄積された時点で、これを評価済データファイルに組み込み、僅かに多群断面積作成コードを修正すればこの種のデータの利用が可能となり、14 MeV 中性子の輸送計算精度の向上が期待できる。

ここで注意すべきことは、中性子とガンマ線の輸送計算を行うには、 $\sigma_t, \sigma_{n,em}, \sigma_{\gamma,em}$ だけがあれば十分であるが、放射線による材料の損傷、放射線発熱などの放射線効果を精度良く計算するためには、依然として各反応毎の断面積や 2 次中性子が必要であることに変わりはない。さらに誘導放射能の計算には、その要求精度に差はあるが全ての核種変換を伴う反応の断面積が必要であることに変わりはない。

「中性子の輸送とガンマ線生成」のワーキンググループにおいては、核データの要求精度と優先度を指定する際に感度解析法による誤差評価（不確かさ解析）の結果を利用すべきであると強調された。確かに核データを要求する際の定量的な根拠を得るために感度解析法による誤差評価は有効である。誤差評価に用いる評価誤差データの精度向上が今後の重点課題である。また核データの不確かさと計算結果とを関係づける際には、核データ以外の原因、例えば計算手法による誤差をも十分に考慮する必要がある。感度解析法に基づく誤差評価は今後とも大いに奨励すべきであるが、得られた結果の解釈には十分な注意が必要であると結論された。

会議の全体としての主な結論は draft の段階では以下の通りである。

- (i) 核融合炉の開発には、14 MeV 中性子のデータが重要であるが、14 MeV 中性子を用いた核データの測定は比較的容易であるので、開発途上国の科学者がこの分野に参加できるように IAEA が行動を起すように提案した。
- (ii) また評価済核データの検証には、積分実験が有効であることが強調された。核融合炉ブランケット体系における中性子とガンマ線エネルギースペクトル測定および反応率の空間分布測定の分野で国際協力を行う可能性の検討を IAEA に勧告した。
- (iii) この種の会議を 3 年後に開催することについて大方合意した。特に「中性子の輸送とガンマ線生成」のワーキンググループでは感度解析法に基づく誤差評価の専門家会議をこの 2～3 年に開くことが提案された。

引用文献

- (1) 飯島俊吾, 第 2 回 IAEA 核分裂生成物核データ会議報告, 核データニュース, No. 6, p. 46 (1978)
- (2) D. V. Markovskii and G. E. Shatalov (第 1 表 A 6)

- (3) T. Hiraoka et al., Proceedings of First Topical Meeting on the Technology of a Controlled Nuclear Fusion, San Diego, April 16-18, 1974.
- (4) F. G. Perey (第1表 B 5)

Table I List of Review Papers and Contributed Papers

A. Nuclear Data Requirements for Fusion Reactor Design

1. Fusion reactor calculations: neutronics design, blanket neutronics and tritium breeding. (G. Constantine, AERE Harwell, UK)
2. Nuclear heating. (Y. Seki, JAERI Tokai, Japan)
3. Transmutation and activation of reactor wall and structural materials. (O.N. Jarvis, AERE Harwell, UK)
4. Radiation damage. (S.M. Qaim, KFA Juelich, Federal Republic of Germany)
5. Shielding, safety and environmental considerations. (M.A. Abdou, Georgia Institute of Technology, USA)
6. Hybrid reactors. (G.E. Shatalov, Kurchatov Atomic Energy Institute, Moscow, USSR)

B. Status of Nuclear Data Required for Fusion Reactor Design

1. Cross section sensitivity and uncertainty analysis for fusion reactor calculations. (D.J. Dudziak, Los Alamos, USA)
 2. Theoretical approach to nuclear data required for fusion reactor calculations. (D. Seeliger, Technische Universitaet Dresden, German Democratic Republic)
 3. Evaluated files of nuclear cross sections for fusion reactor calculations. (M.R. Bhat, Brookhaven, USA)
 4. Neutron reaction data in the 1 to 20 MeV energy range (n, xn and charged particle production). (H. Liskien, CERN Geel, Belgium)
 5. Neutron total, elastic and inelastic scattering and gamma-ray production data. (F.G. Perey, Oak Ridge, USA)
 6. Status of 14 MeV neutron cross section data. (J. Csikai, Kossuth University, Debrecen, Hungary)
 7. Charged particle nuclear data for fusion and other reactions. (H. Muenzel, KFZ Karlsruhe, Federal Republic of Germany)
- B1c Estimated Target Accuracies for Neutronics Responses in Fusion Reactors. (K.A. Verschuur, Energy Research Foundation(E.C.N.), Petten, The Netherlands)
- B6c On the Possibility to Predict the Neutron Capture Cross-Sections in the MeV Energy Range. (F. Cvelbar et al., Univ. of Ljubljana, Yugoslavia)

Note: Paper B2 not distributed at the meeting.

Paper B5 incomplete.