

IAEA諮問会合 (Advisory Group Meeting on Nuclear Data for Neutron Multiplication in Fusion Reactor First Wall and Blanket Materials) 報告

(日本原子力研究所) 前川 洋

IAEA主催の標記会合は1986年の12月の東独Ganssig(住田、神田、前川出席、報告書: IAEA-TECDOC-223)、1989年5月ウィーン(住田、五十嵐、前川出席、報告書: INDC(NDS)223/GF)に続くもので、1990年11月中国成都で開催された。会合には米国4人、ソ連3人、ドイツ2人、オランダ1人、IAEA1人、日本(住田、馬場、前川)と中国8機関29人が参加し、4つのセッションに分けて議事が進められた。別添に参加者リスト及び議題を示す。

Session 1: Data Needs for Neutron Multiplication and Net Tritium Breedingでは2件の報告があり、その後、Working Group Iとして重要核種の選定、優先順位付け、要求精度について検討した。中性子増倍材に対する重要核種として第1位は ${}^9\text{Be}$ 、第2位として Pb と ${}^7\text{Li}$ が取上げられた。重要な核データとしては第1位として ${}^9\text{Be}$ のDDX、第2位として ${}^7\text{Li}$ のDDX及び $\text{Pb}(n, 2n)$ とされた。中性子増倍に影響する核種としては Zr (T増殖材)と Fe (第1壁、構造材)が、核データとしては Zr と Fe のDDX及び Fe の非弾性散乱が重要であると指摘された。ハイブリッド炉に関連した核分裂性物質では $\text{U}-238$ と $\text{Th}-232$ の核種とそれらのDDX、 $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 (n, f) のデータが重要であると結論された。

Session 2: Differential Data and Evaluationでは6件の発表があり、続いて、Working Group IIとして評価法や微分データの現状について討論された。

Li-7: エネルギー角度積分データに関しては最近の評価値の間では良く一致している。14~15 MeVでは2~3%の精度と考えられるが、4.63 MeVのレベルでは評価値に差が生じている。DDXデータに関しては、ENDF/B-VI、EFF-1、JENDL-3ではPseudo-levelが使われており、EFF-2ではより厳密なモデルが採用されている。また、DDXの実験値に合せている点でJENDL-3が最も先行した評価となっている。2次中性子の低エネルギー側のデータ及び t の分布のデータが必要であること、14 MeV以外の低エネルギーに対するデータも必要であることが強調された。共分散に関してはENDF/B-VIでは最近再評価したデータが採用されていること、MF-30を活用すべきであることが指摘された。

Be-9: $(n, 2n)$ の14~15 MeVのデータはENDF/B-VI、EFF-2、JENDL-3では従来の値より低くなっているがその理由について説明がないので状況が良くわからない。現状では3~5%の精度と考えられ、また、阪大、東北大の実験データはENDF/B-VIやJENDL-3を支持している。 (n, t) 、 (n, α) 、 (n, γ) のデー

タはT生成に関連して重要である。DDXのデータに関しては、JENDL-3はB-V formatを採用しているが、実験と良く合っている。14 MeVの後方散乱ではENDF/B-VIやEFF-2と実験の間に不一致がみられる。T増殖では ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ が主役を成すので低エネルギーでのデータも重要である。30°におけるDrakeとObninskのデータで不一致があると指摘された。共分散データについてはエネルギー角度積分データだけでなく、エネルギー角度分布に関しても必要であることが強調された。また、現状ではMF6を十分に処理できるコードがないことが指摘された。

Pb: 14 MeVでの(n, 2n)についてのCRP推奨値は(2193±70)mbであり、ENDF/B-VI、EFF-1、-2、BROND、JENDL-3の各評価値は4%以内で一致している。14~15 MeV以下では差があることから(n, 2n)の測定が必要である。励起関数の形が重要であること、沢山のレベルが存在するのでMTの数不足することが指摘された。CRPの作業として14 MeVのDDXのデータがかなり蓄積された。また、評価値の間でも良い一致を示している。特に、JENDL-3は阪大、東北大の測定値と良く一致している。しかし、低エネルギー(5~14 MeV)のデータが不足している。共分散に関してはENDF/B-VIには同位体毎にデータが含まれているが、MF6に対してはない。

Session 3 : Integral Experiments and Analysisでは12件の報告があった。原研FNSのBe平板TOF実験を基にしたIAEAベンチマーク問題に対する解析は原研以外ではKfKから発表されただけであった。KfKの解析も47群で実施したもので、100群以上の2次元計算やモンテカルロ計算が世界的には容易に行えないのが現実である。中国SWINPCのBe球の厚さ14.58cmまでの中性子増倍率の測定と解析からENDF/B-VI及びB-IVによる値は3~15%実験値より大きいこと、B-VIの方がより実験値に近いことが示された。一方、米国INELの厚さ4.6~19.9cmの4つの厚さでのMnバスによる同様の研究では、LANL (Young-Stewart) の評価を用いたモンテカルロコードMCNPの解析結果は実験値と極めて良く一致すると報告した。Working Group III ではSWINPCとINELでの実験結果の不一致に議論が集中した。米国はLANLのデータで実験結果を良く再現する(1%程度)ことから実験及び核データに大きな問題はないと主張した。しかし、日本側からTOF実験の解析やDDXとの比較からLANLの評価データは明らかに2次中性子のエネルギー及び角度分布に問題があり、米国の実験と解析が一致する方が誤っているのではないかと主張した。特に中性子増倍率の実験値を出すに当って、計算による補正を行っており、その過程でたまたま誤差のキャンセルが起っている可能性もある。このWG-IIIでの結論と助言をまとめると次の通りである。

- ①中性子増倍測定法の誤差はポリエチレン球吸収法では±2.8%、ボロン(B)又は水タンクで±3.0%、Mnバスで±(2.5~3.0)%と評価された。
- ②漏洩2次中性子スペクトルの測定ではTOF法で±(5~7)%(0.1~15 MeV)、反跳陽子比例計数管で±1.0%(0.01~5 MeV)、放射化法で±(10~20)

% (0~15 MeV) と評価された。

- ③ FENDL をリファレンスとして、新しい核データライブラリーによる解析が必要である。
- ④ 各機関で種々のコード及び方法による解析が望まれる。特に ENDF/B-VI の Be を処理した MCNP による解析が必要である。
- ⑤ 感度解析が重要であり、そのために共分散データを整備する必要がある。
- ⑥ Be の実験に対して
 - ・最近の実験を同じデータベースで解析する必要がある。
 - ・INEL と SWINPC の実験結果の不一致を解析しなければならない。
 - ・SWINPC - 阪大 - LLNL - Kurchatov - TUD の共同実験の推進
- ⑦ Pb の実験では中性子増倍率が 3~5% で一致しているが、追加解析が必要である。また、厚い体系での実験が望まれる。

Session 4 & 5: (Working Group VI): では FENDL ファイルのデータテストを中心に IAEA に対する助言について討論した。主な内容は次の通りである。

- ① IAEA/NDS は FENDL を基に自己遮蔽因子を含む多群定数 (中性子: 175 群、ガンマ線: 50 群) 及び連続エネルギーモンテカルロコード MCNP 用ライブラリーを準備し、ユーザーに配布する。
- ② FENDL 計画の一環として、IAEA が核融合炉のためのデータテスト活動を主催する。そのため、核融合炉関連実験を収集、編集し、ベンチマーク問題として出版する。
- ③ 感度/不確定性解析の重要性に鑑み、共分散ライブラリー及び関連コードを整備する。
- ④ ベンチマーク問題として、INEL 及び SWINPC の Be 球中性子増倍実験を取上げるが、まず両者の不一致を検討する必要がある。
- ⑤ 原研の Be 平板 TOF 実験については EFF-1 及び ENDF/B-VI により、モンテカルロコード (BLANK、MCNP) で解析する。
- ⑥ 今後はベンチマーク問題として取上げるため、Be と Li を含むブランケット体系及び構造材を含む体系で積分実験を各研究機関に要請する。

成都の会議に先立ち中国外の参加者 8 名が同時に中国原子能科学研究院 (IAE) を訪問した。超小型原子炉やタンデム加速器などの施設見学のと、外国人向けに核データセミナーを開催してくれた。このセミナーでは、CNDCC の活動状況、評価済核データファイル CENDL-2 が 1991 年に完成予定であること、各大学や研究所での核データ測定の現状が報告された。世界的にはこの分野はむしろ停滞ぎみである中で、中国は研究が盛んであり、積極的に世界に貢献しようという意欲を感じた。

另 添

NUCLEAR DATA FOR NEUTRON MULTIPLICATION IN
FUSION-REACTOR FIRST-WALL AND BLANKET MATERIALS

Advisory Group Meeting
organized by the
International Atomic Energy Agency (IAEA)
in cooperation with the
Southwest Institute of Nuclear Physics and
Chemistry (SWINPC)
and held in
Chengdu, China, 19-21 November 1990

Foreign Participants:

USSR : B. V. Zhuravlev, D. V. Markovskij, D. Y. Chuvilin
Germany: D. Seeliger, U. Fischer
IAEA : D. W. Muir
USA : E. T. Cheng, J. R. Smith, J. W. Davidson, M. Z. Youssef
Netherland : H. Gruppelaar
Japan : H. Maekawa, K. Sumita, Mamoro Baba

Local Participants:

Office of IAEA Affairs, Ministry of Energy : GUO Yongheng
Southwest Institute of Physics:
QIAN Shangjie, HUANG Jinhua, WANG Qingming, YOU Chengluz
Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing :
LIU Chengan, LIU Liyan, SUN Weili
Institute of Nuclear Science and Technology, Sichuan University :
ZHANG Kun
Institute of Atomic Energy of China : ZHOU Delin
Southwest Center for Reactor Engineering Research and Design :
WU Yinghua, PENG Feng
Southwest Institute of Nuclear Physics and Chemistry :
JINAG Wenmian, YANG Jianguo, YANG Shili, ZHENG Hongxiang
(Academic Committee)
SHEN Jian, CHEN Yuan, CHEN Gang, LIU Rong, GUO Haiping
CHEN Lian, ZHANG Shukui, CHEN Jingping
LIU Kaiwu, LI Zhankui, HU Mengchun, CHEN Liming
Institute of Heavy Ion Physics, Beijing University : BAO Shanglian

AGENDA

Monday, 19 November 1990

- 9:00 Welcome from the Chinese Government Guo
9:10 Welcome from Local Organizer Jian
9:20 Welcome from Scientific Secretary Muir
9:30 Selection of Chairman of Meeting and Working Group Leaders
Meeting Chairman : E. T. Cheng
- 10:00 Session I. Data Needs for Neutron Multiplication and Net
Tritium Breeding
Chairman : Davidson
- (I-1) E. T. CHENG, "Nuclear Data Needs and Status for Fusion Power
Reactors"
(I-2) D. V. MARKOVSKIJ, "The Status of ITER Neutronics Analysis"
(I-3) Workshop I. Discussions of priorities, data accuracies,
sensitivities, etc.
- 13:30 Session II. Differential Data and Evaluations
Chairman : Gruppelaar, Sumita
- (II-1) H. GRUPPELAAR, "Double-Differential Cross-Section Data for
 ${}^7\text{Li}$, Be and Pb"
(II-2) D. SEELIGER, "Status of BROND and Related Data Evaluation
Activities"
(II-3) E. T. CHENG, "Status of ENDF/B-VI Evaluations for ${}^7\text{Li}$, Be and
Pb"
(II-4) M. BABA, "Differential Neutron Emission Data of Neutron
Multiplier and Structural Materials for Fusion Reactors"
(II-5) ZHANG Kun, "The Be Secondary Neutron Spectra Induced by 14.7
MeV Neutrons"
(II-6) B. V. ZHURAVLEV, "Differential Neutron Emission Cross Sections
and Neutron Leakage Spectrum from Beryllium at MeV"
(II-7) Workshop II. Discussions of evaluation methods, measurement of
microscopic data, uncertainties, etc.

Thuesday, 20 November 1990

8:30 Session III. Integral Experiments and Analysis

Chairman : Seelinger, Markovskij

- (III-1) JIANG Wenmian, "Integral Experiments on Beryllium Using Pure Water and Polyethylene Moderators"
- (III-2) LIU Lian-yan, "Analysis of the SWINPC Beryllium Integral Experiment"
- (III-3) J. Richard SMITH, "Beryllium Integral Experiment at EG&G /Idaho Using a Manganese Bath Detector"
- (III-4) J. Wiley DAVIDSON, "Analysis of EG&G/Idaho Integral Experiment on Beryllium"
- (III-5) M. Z. YOUSSEF, "Impact of differences in Various Beryllium Evaluations on Integral Tritium Breeding and Other Reaction Rates"
- (III-6) K. SUMITA, "Neutronic Integral Experiments for Evaluation of Tritium Breeding in a Fusion Blanket: Li, Pb, Be and C Sphere Systems with OKTAVIAN"
- (III-7) H. MAEKAWA, "Outline of IAEA Benchmark Problem based on the Time-of-Flight Experiment with Beryllium Slabs at JAERI"
- (III-8) U. FISCHER, "Benchmark Analysis of 14 MeV Neutron Transport in Beryllium"
- (III-9) H. MAEKAWA, "JAERI's Analyses of IAEA Benchmark Problem, Integral Experiment on a Beryllium Assembly and Time-Flight Experiment on Pb Slabs Using JENDL-3"
- (III-10) D. Y. CHUVILIN, "Measured and Calculated Neutron Leakage from Beryllium Shells with a ^{252}Cf Source"
- (III-11) Workshop III. Discussions of integral-experiment methods, accuracies, future work, etc.

Wednesday, 21 November 1990

8:30 Session IV. Discussions of benchmark problems, past and future, for FENDL data testing. Suggested topics and speakers include the following

Chairman : Muir, Maekawa

13:00 Session V. Workshop reports and overall recommendations to IAEA