

話 題 (II)

ICRS'8 (第8回遮蔽国際会議) に出席して

1994年4月24~28日

Arlington, Texas, USA

船舶技術研究所

植木 紘太郎

5年ぶりに遮蔽国際会議が米国テキサス州アーリントンで開催された。5年ぶりあって、参加国は21カ国を数え、発表件数は約200件であった。その内訳は、地元米国が90件で圧倒的に多かったが、次は日本で35件であった。ヨーロッパはフランスとロシアが20件くらい、英国が15件くらい、イタリアが7件、その他の国は1~2件であった。また、実際には出席できなかった国もインド、バングラデシュ等何カ国があった。10件以上の発表があった Session は、Monte Carlo 18件、Accelerator 18件、Transport Methods 25件、Radiation Field Characterization (1)と(2) 17件、Experimental Benchmark(1)と(2) 14件であった。Shielding Analysis, Pressure Vessel Spent Fuel Transport も9件の発表があった。新しい分野では PC Application、Geometry Description Software、Space Reactor Application 等があった。このうち、Geometry Description Software の8件は Monte Carlo に関係した発表がほとんどで、それも LANL で開発した MCNP-4A を対象としており、1970年から1985年くらいまで主流であった ORNL で開発した MORSE-CG は既に引退をした感があった。私も、1977年から1978年にかけて UT (University of Tennessee) で MORSE の開発に携わった P.N. Stevens から Monte Carlo の手解きを受けたが、今、彼の心境はどんなものであろうか。

会場となった Arlington Hilton Hotel は、Dallas/Fort Worth 空港からほんの10分くらいの所にある。Arlington はちょうど Dallas と Fort Worth の間にあり、どちらにも車で30分くらいである。Texas という砂漠かそれに近い草原を想像していたが、オークの木が茂り、緑が濃く、川や池の多い町であった。少し郊外にでると見渡す限り草木が続き、所々に牛が群をなしていた。日中の気温は25度以上、そして、雨期に入った様で、雷、スコール、竜巻等の荒天も味わってきた。

普通、国際会議は月曜から金曜まであり、水曜には Technical Tour があって、火曜か木曜には Night Tour が企画されているのが普通であるが、ICRS'8 ではそのようなイベントはなかった。当初、SSC (Super Conducting Super Collider) の見学が予定されて

いたが、建設の予算が打ち切られたためか、見学もキャンセルになってしまった。また、Poster Session もなかったので、200 件の発表を 4 日間で消化するため、3 ないし 4 の Pallarel Session が毎日あり、聞きたい発表が重なることもあった。このような日程を組まざるを得ない、質素な会議にせざるを得ない、これも原子力の、そして遮蔽のおかれている姿をかいま見た。

核データ評価

核データ評価に関する発表は、Session 16: Benchmark Experiments & Integral Test I で行われた。米国は ENDF/B-VI を MCNP-4A と DORT で、ヨーロッパは JEF-2.2 を MCBEND と DOT3.5 で、日本は JENDL-3.2 を MCNP-4、DIAC 及び解析式で評価した結果について講演した。

各国とも鉄について評価しているので、その一部を紹介する。まず、米国は 1992 年 トピカルミーティングで Iron Broomstick Benchmark を解析しているので、今回は Livermore Pulsed Iron Sphere のベンチマーク実験を MCNP-4A で解析、より高エネルギーの核データを評価している。図 1 は 4.8 M.F.P. (mean free path) の鉄の実験を ENDF/B-VI 及び ENDF/B-V を用いて MCNP で解析し、比較したものである(文献 1)。図 1 をみる限りでは、B-VI の結果は B-V の結果より実験結果を良く再現している。しかし、17 ~ 25 Shake では過大評価、逆に 30 ~ 35 Shake では過小評価になっている。また、この実験は中性子のエネルギーが Flight Time (Shakes) で表示してあるので、実際のエネルギーは何 MeV なのか、スペクトルにしたとき、どのくらいの違いになるのかが、直接はわからない。Hendrick らは、このほか炭素、酸素、アルミニウム、鉛、コンクリート等について、同様な解析を行っている。

次に、ヨーロッパで行われた JEF-2 の評価を図 2 に示す。図 2 は PCA-REPLICA (Water/Iron) 遮蔽実験を JEF-2.1 及び ENDF/B-VI を用いて DOT3.5 で解析し、比較したものである(文献 2)。鉄を評価するのに、中性子エネルギーの下限が 0.1 MeV までであり、最も重要な 24 keV の Window 評価は行っていない。また、このエネルギー範囲でも 0.4 ~ 1 MeV で実験値を大きく過小評価しており、ENDF/B-VI よりも再現性が悪い。1 MeV から 7 MeV では JEF-2.1 の結果も実験を良く再現しているように見えるが、この計算点と線源との間には 25 cm 位の水があるので、鉄の断面積を評価したのではない。

JENDL-3.2 の鉄の評価結果を図 3 に示す(文献 3)。これは、ASPIS の鉄深層透過ベンチマーク実験を JENDL-3.2、JENDL-3 及び ENDF/B-IV を用い、MCNP-4 で解析し、比較したものである。図 3 で着目する点は、0.4 ~ 2 MeV の範囲で JENDL-3

でみられた過小評価が大きく改善され、鉄に関しては実験の再現性が良いとされている ENDF/B-IV とほぼ同一の C/E を示していることである。24 keV の Window のすぐ下から 10 keV にかけては、ENDF/B-IV が大きく過大評価しているのに対し、JENDL-3.2 は非常に良く実験を再現している。JENDL-3.2 は JENDL-3 に比べ実験の再現性が著しく改善されているが、これは、JENDL-3 の積分テスト結果が適切かつ迅速に反映し、1 MeV 付近の全断面積の修正、非弾性散乱断面積の Q-value のより厳密な取り扱いが行われたことによる。図 3 で 2 MeV 付近の C/E が 0.2 位になっているが、この付近では Monte Carlo 計算結果の統計誤差が大きく、一方、実験値も誤差が大きいので、C/E の値だけで核データの良し悪しは判断できない。1 MeV 以上のエネルギーについては Broomstick 鉄ベンチマーク実験を用いて JENDL-3.2 を評価しているが(文献 3)、それによると、C/E は 0.8 ~ 1.1 で、ほぼ実験誤差の中に入っている。

以上、鉄について ENDF/B-VI、JEF-2.1、JENDL-3.2 を横並びにしてみると、JENDL-3.2 は ENDF/B-VI よりも信頼性があると思う。この時点で JENDL-3.2 は完璧であるとはいえないと思うが、ENDF/B-VI よりも広範囲のエネルギーについて系統的に評価しているし、実験の再現性も良い。JEF-2 についてはもっとしっかりした、系統的な評価が必要と思われる。

Monte Carlo ベンチマーク問題

木曜日 (April 28) の Monte Carlo Method II の後 Monte Carlo ベンチマーク問題に関する討議があったので、出席した。この席上、Sartori が提案した以下に述べる 3 つの問題を各国が解析し、その結果を来年の早い時期に取りまとめ、次回のトピカルミーティングで発表することで合意された。わが国も、MCNP-4A、MCNP-4、MORSE-CG 等を W.S. にインストールし、計算費やメモリを気にしないで Monte Carlo 計算が出来るようになってきているので、Monte Carlo Method の進展のため、このベンチマーク問題の解析に参加したいと考えている。受け皿としては、本シグマ委員会の Shielding 積分テスト WG が良いと思う。

Benchmark No. 1 : The "Tophat"

Purpose: validation of biasing technique

Benchmark No. 2 : "Fe-H₂O bypass"

Purpose: validation of biasing technique

Benchmark No. 3 : "Iron benchmark: ASPIS"

Purpose: validation of cross-section processing

なお、詳細については植木 (船研 tel 0422-41-3137) 迄問い合わせください。

最後に、ICRS'8 を開催された American Nuclear Society に対し心から感謝の意を表するとともに、次回のトピカルミーティングが 1996 年 4 月 21 日～25 日、Cape Cod、Massachusetts で開催される予定(仮)であることを付記し、また、ICRS'9 が早い時期に開催されることを期待しつつ、筆を置く。

参考文献

- 1) Brockhoff, R.C., Hendrick, J.S.: "MCNP Analysis of the Livermore Pulsed Spheres with ENDF/B-VI," Proceedings of 8th International Conference on Radiation Shielding, pp 802, Texas USA (Apr. 1994).
- 2) Pescarni Massima: "ENDF/B-VI and JEF-2 Iron Validation on the (H₂O/Fe) PCA-REPRICA Shielding Benchmark," idid, pp 832, Texas USA (Apr. 1994).
- 3) Yamano, N., Hasegawa, A., Ueki, K., and Kawai, M.: "Status on Neutron Data Testing of JENDL-3.2 with Shielding Benchmarks," idid, pp 824, Texas USA (Apr. 1994).

IRON (4.8 M. F. P.)

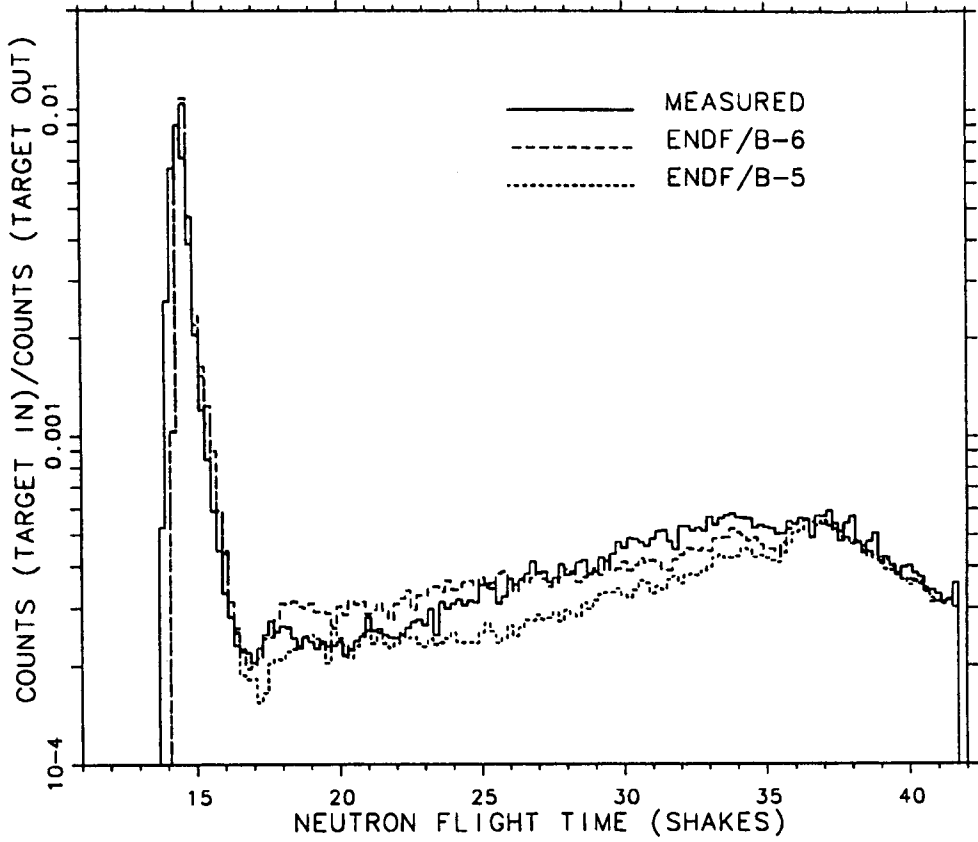


図1 モンテカルロコード MCNP による ENDF/B-VI の鉄データを評価するための Livermore パルス実験解析 (文献 1)

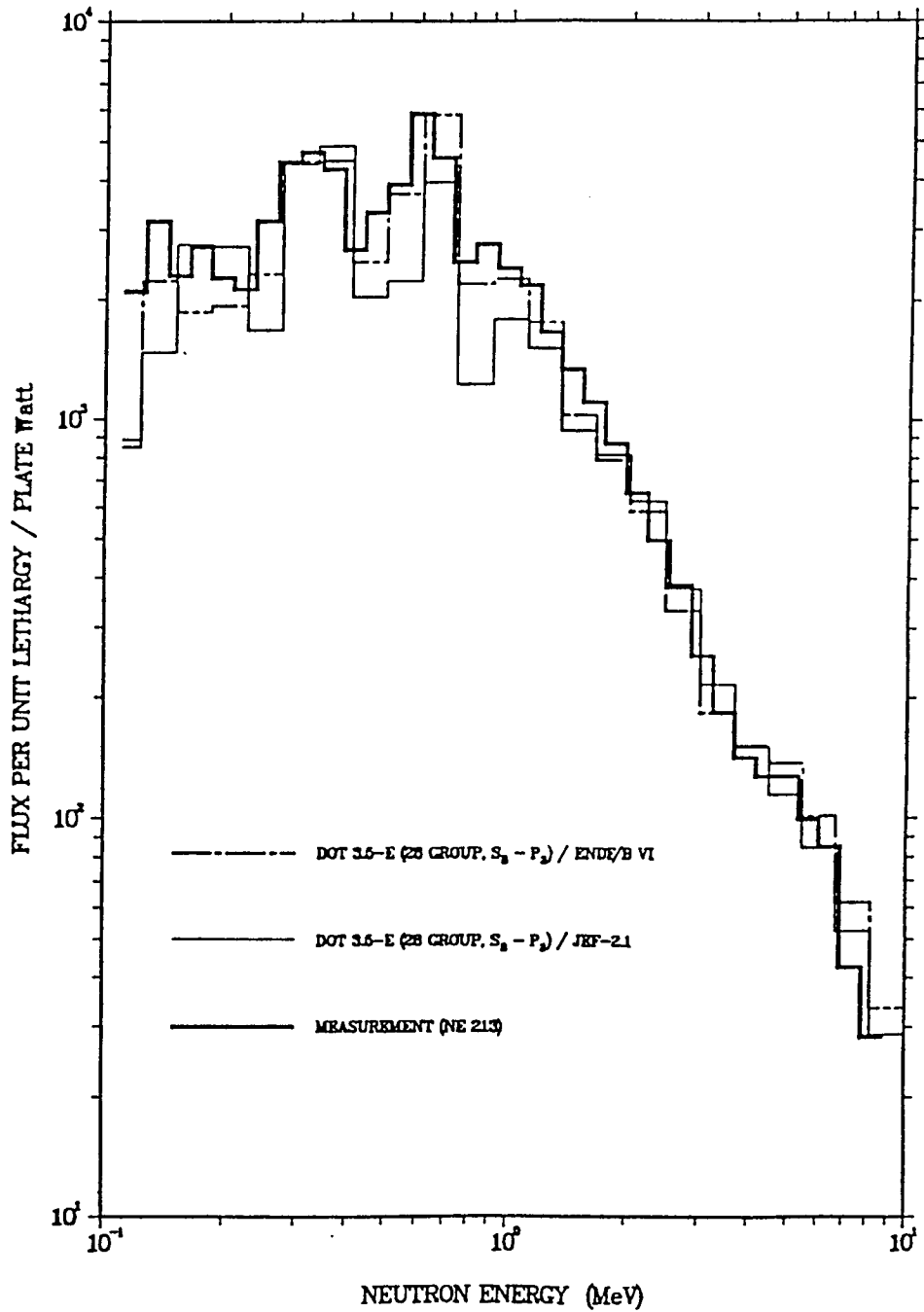


図2 DOT3.5によるJEF-2の鉄データを評価するためのPCA-REPLICA
 遮蔽実験(文献2)

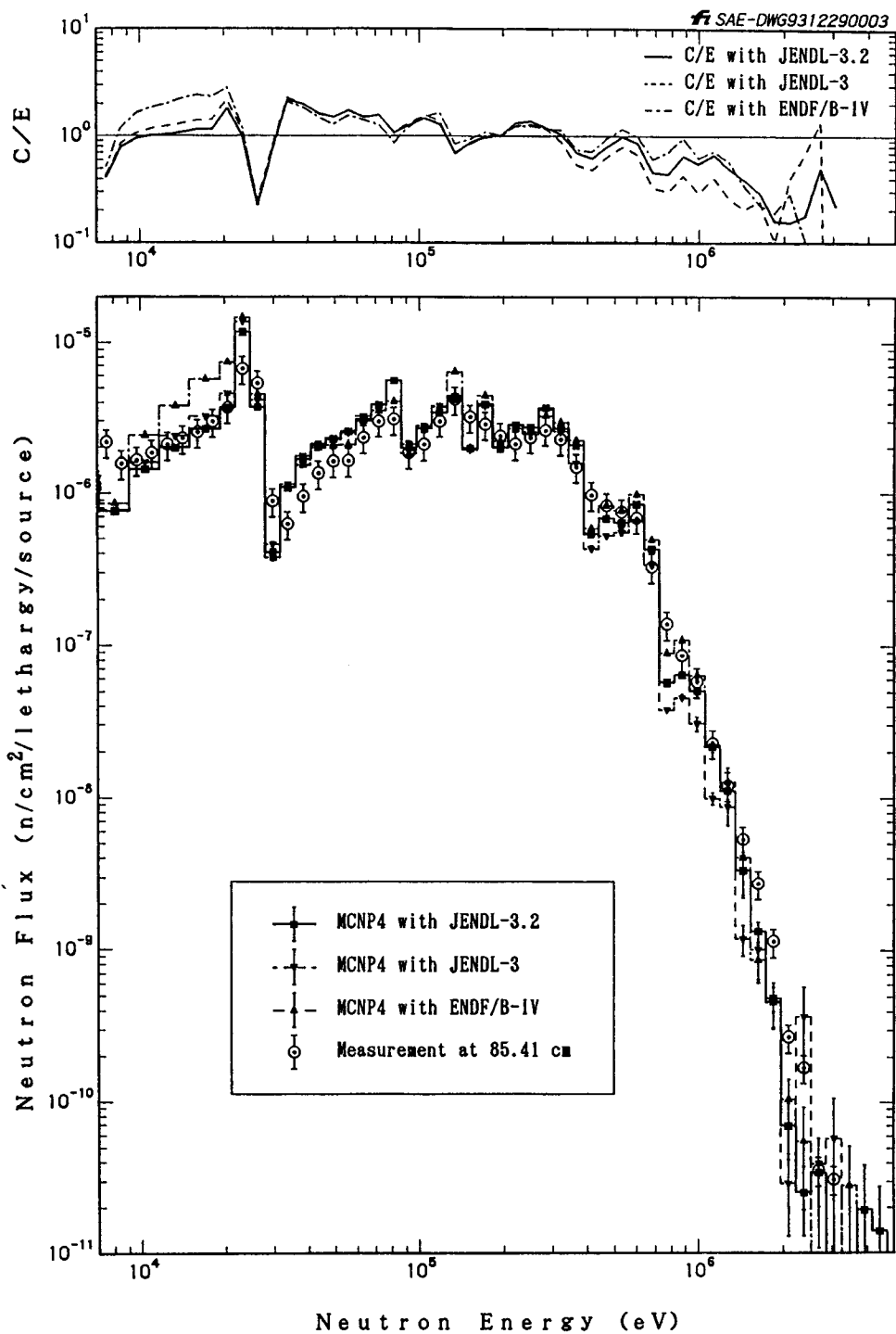


図3 モンテカルロコードMCNPによるJENDL-3.2の鉄データを評価するためのASPIS実験解析(文献3)