

II. 核データ関連の発表

東北大学工学部原子核工学科

岩崎 智彦

e-mail : tomo@rpl.nucle.tohoku.ac.jp

1. はじめに

本稿は、1995年9月フランス・ベルサイユで開催された GLOBAL'95 (International Conference on Evaluation of Emerging Nuclear Fuel Cycle Systems) において発表された論文の中で核データ関連の研究内容の概略をまとめたものである。

GLOBAL'95 全体の内容や消滅関連の話題については、原研向山氏により報告されているので、ここでは核データ関連の話題のみに限定したい。また最後に、GLOBAL に関する私の雑感や渡航時のトラブルについて述べたいと思っている。

2. GLOBAL'95 における核データの研究

GLOBAL'95 の中で核データ関連の研究が報告されたセッションは、oral presentation では、"Nuclear Data"、poster presentation では、"Accelerator-based systems and Nuclear Data" の2セッションのみであり、発表された件数もわずか10件であった(全体では300件程度)。軽水炉、高速炉のみならず溶融塩炉や加速器炉を用いた消滅処理関連の研究が数多くなされている中で、核データ関連の件数は少し少なすぎる感じがした。以前、どこの会合であったか記憶に定かではないが、核データセンターの菊池氏が「核データへの要請がない研究は現実を意識した研究分野ではない」と話されていたことが思い出される。

以下、GLOBAL'95 で発表された10件の核データ関連の研究の概要を proceedings 記載順に述べる。このうち、(1)から(5)までが"Nuclear Data"のセッションで、(6)から(10)までが"Accelerator-based systems and Nuclear Data"のセッションで発表されたものである。

(1) US/UK Actinides Experiment at the Dounreay PFR I. Fission Products

S.Raman and B.D.Murphy (ORNL, USA)

この研究は、 ^{230}Th から ^{248}Cm までのアクチニド21種類をモノアイソトープサンプルとして スコットランドの600 MW出力の Dounreay Prototype Fast Reactor において最大492 full power days 照射し、それらの照射後試験を行った結果のうち、核分裂生

成物 (FP) についてまとめたものである。論文中に出力履歴が述べられており、他の燃焼履歴は参考文献が示されている。結果として、すべてのサンプルに対する ^{137}Cs の生成率のE/C比 (Experiment to Calculated ratio) が示されている他、Pu 同位体に対する ^{106}Ru から ^{155}Eu までの生成率のE/C比がまとめられている。 ^{137}Cs の結果はおおむね1に近いが、mass number が大きくなるほど ^{137}Cs が過小評価となっていることやPu 同位体においては ^{106}Ru の生成率のE/C比は3以上、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ は0.2以下であることなどが指摘されている。

(2) JEF-2 Delayed Neutron Yield Evaluation for Emerging Fuel Cycle Systems

J. Blachot et. al. (CEA, France)

この論文は、JEF-2.2 に与えられている核分裂生成物同位体ごとの遅発中性子放出確率と生成率の積の和から求めた遅発中性子割合について述べている。結果として、JEF-2.2 で与えられている39の核分裂システム (^{232}Th から ^{245}Cm までを燃料とし、fast、thermal 中性子スペクトルを持つ fissioning system) に対する遅発中性子割合が明示されている。また、この手法により得られた遅発中性子割合の誤差に関する議論もなされ、遅発中性子放出確率の誤差が生成率による誤差の4倍程度となることを述べている。

(3) Recent Development of the CINDER'90

Transmutation Code and Data Library for Actinide Transmutation Studies

W. B. Wilson (LANL, USA)

ここでは、transmutation system の設計に必要な燃焼計算コードCINDER'90の紹介がなされている。CINDER'90は、現状では中性子63群、光子25群のライブラリーを有した20 MeVまでのエネルギー範囲についての燃焼崩壊計算を行うコードであるが、今後は100 MeVまでの断面積整備を進め (GNASH などを利用予定) また陽子反応の断面積も整備することにより、高エネルギー粒子を用いたシステムの核変換過程を追跡できるようすることが述べられている。

(4) Nuclear Data for Hybrid Systems

A. J. Koning and H. Gruppelaar (ECN, Netherlands)

加速器駆動消滅処理やエネルギー生産のための核データ評価に関するものである。この中では、中間エネルギー領域における核データの Data Needs および実験データならびに核モデル計算コードの現状がまとめられている。さらに、中間エネルギー領域の核データ評価に用いる計算コードMIGNUSの紹介がなされている。そして、MIGNUSに

より計算された陽子入射時の ^{90}Zr 、 ^{207}Pb の二重微分断面積が実験結果と比較されて示されている。MIGNUS の計算結果は実験とよく一致している。また、中間エネルギー領域の核データライブラリーの整備に関し、ライブラリーフォーマットに関して言及している。

(5) Final Results from Thin-Target Irradiation of Actinides with 0.6 GeV Protons

H. U.Wenger (PSI, Switzerland)

ここでは、スイス PSI 研究所で進められている ATHENA (Actinide Transmutation using High Energy Accelerators) プログラムの最初の実験結果がまとめられている。この実験では、0.6 GeV のプロトンビーム中に約 250 mg の $^{238}\text{UO}_2$ サンプルを置き 43 時間照射した後 γ および mass スペクトロメトリーにより分析している。この結果から核分裂およびスポレーション生成物生成量および生成断面積が得られており、また、HETC (2次事象計算部分を削除した thin target version) と ORIHETS (崩壊計算) により解析した結果も示されており、両者はよい一致を示している。

(6) Spallation Neutron Spectra Measured at SATURNE

E. Marinez (SATURNE, France)

フランス・サックレーにある SATURNE 研究所のシンクロトロンを用いて加速した GeV から MeV の陽子・重陽子によるスポレーション中性子・陽子スペクトルの測定結果がまとめられている。ここで示されている結果は、1.6 GeV、800 MeV および 200 MeV の陽子、重陽子入射 Pb および Be ターゲットから発生した 0 度方向陽子・中性子スペクトルである。比較的低エネルギーまでの測定がなされているなど精度の高い実験がなされているように見受けられる。将来は、0 から 160 度までの角度依存スペクトルならびに Al、Fe、Zr、W などのターゲット物質の測定が予定されていることが記されている。

(7) New Data Libraries for Transmutation Studies

J. L.Kloosterna and J.E.Hoogenboom (ECN, Netherlands)

この論文では、燃焼計算によく用いられている ORIGEN-S 用のライブラリーを JEF-2.2 ならびに EAF3 核データファイルをもとに更新した結果について述べられている。新たに作成されたライブラリーには 517 の light nuclides、65 の actinides、319 の fission products の断面積および崩壊定数関係のデータなどが更新されている。更新されたライブラリーを用いた NEA burnup credit criticality benchmark 解析結果が示されており、更新前のライブラリー使用時に比べて若干実験結果との一致がよくなったことが報

告されている。

(8) The Analyses of Long-lived Radioactivity in Lead and Lead-Bismuth Targets

Yu.N.Shubin et al. (IPPE, Russia)

高エネルギー陽子照射後の鉛および鉛-ビスマスターゲットの放射能がいくつかの研究において大きな食い違いが存在することを踏まえ、この研究では両ターゲットについて放射性核種の生成量および放射能の解析を新たに行っている。800 MeV、30 mA で1年間照射したケースについて検討され、 ^{210}Po の生成量の違いにより2つのターゲット間で照射後の放射能が1000倍以上異なること、しかしながら長寿命核種の生成量はほぼ同程度であることなどが指摘されている。

(9) Radioactive Nuclide Production and Isomeric State Branching Ratios

in P + W Reactions to 200 MeV

P. G.Young and M.B.Chadwick (LANL, USA)

本論文では、励起状態の残留核の生成を厳密に考慮できる解析手法により、陽子入射時のタングステンターゲット中の各同位体の反応生成量を解析している。対象としたタングステンは $^{180, 182, 183, 184, 186}\text{W}$ であり、解析には Hauser-Feshbach 統計/前平衡過程計算コード GNASH を用いて、200 MeV までの入射陽子による反応を対象としている。結果として、38-d ^{184}Re 、71-d ^{183}Re 、121-d ^{181}W 、31-y $^{16+}\text{isomer } ^{178}\text{Hf}$ の生成断面積および ^{184m}Re と ^{178m}Hf の isomeric branching ratio が計算され、明示されている。

(10) Qualification of JEF-2.2 Capture Cross Section for Heavy Nuclides and

Fission Products in Thermal and Epithermal Spectra

S. Cathalou and A.Benslimane (CEA, France)

この論文では、thermal および epithermal スペクトルを持つ SHERWOOD と ICARE/S 実験のデータを用いて JEF-2.2 の捕獲断面積の Qualification が行なわれている。SHERWOOD 実験は3.1% $^{235}\text{UO}_2$ ピン 25 本からなる集合体の中心に U、Pu、Am、Cm の同位体を染み込ませたサンプルピンを配置・照射したものであり、ICARE/S 実験は263 ピンを用いた H/M 比 0.5 の集合体にサンプルピンを配置・照射したものである。これらの実験に対して JEF-2.2 をベースとした断面積を用いた解析 (APOLLO-1,2) が行われており、実験との比較がなされている。結果の主なものとして ^{238}Pu の生成量が16%過大評価、 $^{241, 243}\text{Am}$ がともに20%以上の過小評価となったことが報告されている。

3. GLOBAL'95 雑感

核データの国際会議がほぼ2年おきに開催されているように、核燃料サイクルを主題とした国際会議である GLOBAL も最近では2年おきに開催されている。2年前にはアメリカシアトルで GLOBAL'93 が、そして1995年にはフランス・ベルサイユにて GLOBAL'95 が開かれた。2年後の1997年には日本で GLOBAL'97 が開催予定と聞いている。GLOBALには'93と'95に参加した。

ここで述べたいのは、GLOBAL'93とGLOBAL'95が二つの同一主題の一連の国際会議でありながら、私にはまったく異なった会議であるような感じられたことである。2年前のGLOBAL'93では明らかに再処理を否定するアメリカの主張がいたるところに感じられたのに対し、今回のGLOBAL'95では再処理・高速炉などは当然であるとの雰囲気を感じられた。GLOBALの基調は明らかに開催地がどこになるのかによって大きく変化している。GLOBAL'95における発表で私の印象に残ったアメリカ側の発表は「燃料サイクルコストの解析からUが安価な現在では再処理からのPuを利用する燃料サイクルは高価すぎる」など再処理を否定する側面からの研究であり、これに対しフランス側からは「再処理によりPuを取り出すのは資源の有効利用であるし、Puを取り出すことは再処理廃棄物の毒性を大幅に低減する効果がある」との発表がなされた。

GLOBALで扱う核燃料サイクルの研究においては、両国の核燃料サイクルに対する国策の違いが研究の方向・発表の内容を大きく左右している。核燃料サイクルに関する研究では、開催地の違いから会議全体の雰囲気が変わることもやむを得ないものであろう。しかし、これは、核燃料サイクルの研究が国の方針・政策にいかにより大きく影響されているのかを示しているものと考えられる。

これに対し、核データ関係の会議は国際会議のみならず国内会議においてもその基調は変わらず、会議の雰囲気もほぼ同じようであったように私には感じられた。核データの会議に参加していると前回あるいは前々回とまったく同じ会議に出ている様な気さえした。会議の席に座っていて時たま、取り残されたような不安を感じたこともある。核データの会議とGLOBAL、私には両極端の会議のように感じられる2つの会議を対比して考えてみると、会議の雰囲気は、研究テーマそのものの性質を的確にあらわしているように思われる。どちらが良い姿なのか私にはわからないが、一見華やかな会議の雰囲気に踊らず、ちょっと地味な会議にも動ぜず、会議の雰囲気に関わらず自分の研究のみを直視していくことが大事であると考えている。GLOBALに参加してみると、最近ご無沙汰ぎみの核データの会議が妙に落ち着いて良い雰囲気を感じられる。

4. 余談・フランス旅行ちょっとご注意を

GLOBAL'95の後、スイス PSI 研究所での workshop に参加し、その後フランス CEA との共同研究会議に参加するため、スイス・チューリッヒからパリ・シャルルドゴール空港経由（トランジット）でマルセイユまで飛行機で移動した。出発時間も遅れることなく移動自体は順調であったが、マルセイユで待てど暮らせどトランクが出てこない。航空会社に届けてその日には手ぶらでホテルに。その日は、着替えも無く非常に不便な思いをした。翌日、トランクが見つかったとのことで、トランクをホテルまで届けてもらった。見慣れたトランクに一安心。鍵もしっかりかかっていた。部屋に帰り、中身を開けてびっくり玉手箱。中身が荒され、荷物がごちゃごちゃ。中身を調べてみると現金？万円がそっくり無く、スイスで買ったナイフも無くなっていた。おまけに、分けのわからない他人の荷物が入っている始末である。その後、トランクをもって空港に行き、紛失扱いの登録を受け付けてもらい、日本に帰って航空会社とのやり取りのすえ（トランクには現金を入れておいても保証されないとのこと）、1/3 ほどの現金が返ってきただけだった。航空会社でも、どこで荷物が荒されたのか、鍵はどのように開けたのかなどまったく不明とのことである

トランクが出た後、マルセイユに滞在したのは1週間であるが、若干の現金が残るのみで、大口の支払いはカードでできるものの、地ワインや地チーズなど土産購入、小さなレストランなどではカードが使えず非常に困った思いをした。

このような話は核データニュースに載せるような話ではないと思うが、GLOBAL'95 の核データ関係の研究が少なく予定されている枚数に余裕があるとのことなので、書かせていただいた。ここまで、このような雑文をお読みくださった方々、フランスでお困りにならないよう、シャルルドゴール空港、マルセイユ空港にはちょっとご注意を。