

<国際会議報告>

2011 年度韓国原子力学会・日韓合同セッション報告

(KNS-AESJ-Joint Session on Nuclear Data, Reactor Physics and Computational Science)

名古屋大学 遠藤 知弘

韓国原子力学会(KNS)年会が 2011 年 5 月 25~27 日の日程で、江原道 太白の O2 リゾート(<http://www.o2resort.com/main.xhtml>)にて開催された。本報告では、本学会初日の 5 月 25 日の 13:30 から 17:00 に開催された日韓合同セッション(KNS-AESJ-Joint Session on Nuclear Data, Reactor Physics and Computational Science)の内容について記述する。

【合同セッションの発表内容】

(1) Evaluation and Validation of New Cross Section and Covariance Data for AFC Applications, Do Heon Kim, Choong-Sup Gil, Hyeong II Kim, and Young-Ouk Lee(KAERI)

2008 年から KAERI と ORNL 間で実施されている International Nuclear Energy Research Initiative (I-NERI)プロジェクトの下、 ^{237}Np , ^{240}Pu , Cm 同位体を対象として共分散データ込みの中性子断面積データを新たに評価した。新たに評価した ^{240}Pu の核データの妥当性を検証するために、ENDF-B/VII.0 ライブラリのうち ^{240}Pu のみを置き換えたライブラリ(KAERI/ORNL)を使用して、組成として ^{240}Pu が含まれた ICSBEP 臨界ベンチマーク問題を実施した。

MCNP コードを用いた検証により、中性子エネルギースペクトルが硬い体系に対しては ENDF-B/VII.0 よりも、新たに評価した KAERI/ORNL ライブラリのほうが臨界性の C/E 値が僅かに改善されることを確認した。共分散データについては、DANTSYS/SUSD3D コードシステムを用いることで、 k_{eff} の感度係数及び不確かさ評価を実施し、JENDL-4.0 により評価された不確かさと同程度であるとの報告がなされた。

(2) Reactivity Impact of Difference of Nuclear Data Library for PWR Fuel Assembly Calculation by Using AEGIS Code, Yasunori Ohoka and Masahiro Tatsumi(NFI), Naoki Sugimura and Masato Tabuchi(NEL)

Characteristics 法(MOC)に基づいた 2 次元非均質輸送計算コード AEGIS を用いて、PWR 燃料集合体の燃焼計算を実施し、ENDF-B/VII.0 と JENDL-4.0 ライブラリ間の無限増倍率 k_{inf} の差異について検証がなされた。200pcm 程度の k_{inf} の差異が観察されたが、これは主に ^{239}Pu による寄与であるとのこと。ただし、集合体計算における 200 pcm 程度の差異が、炉心計算に与える影響は十分に小さい。

(3) Effect of Drawer Master Modeling of ZPPR15 Phase A Reactor Physics Experiment on Integral Parameter, Jaewoon Yoo and Sang-Ji Kim(KAERI)

KAERI と ANL 間の I-NERI プロジェクトの一部として、ZPPR-15 炉心の積分実験解析を実施した。ZPPR-15 炉心で用いられている燃料要素は極めて非均質であり、決定論的手法を用いて ZPPR-15 炉心を解析する際には、セル計算において様々な燃料要素を如何にモデル化するかが重要となる。その考察のため、今回の解析では燃料要素のモデル化に起因する増倍率のバイアスがどの程度あるのかについて、確率論的手法である MCMP5 を用いて検証を行った。as built(実際の幾何形状どおり)に燃料要素をモデル化した結果を参照値として、燃料要素を 2 次元 x-y (z-x) 体系、1 次元平板体系、0 次元(体積比のみで均質化)でモデル化した際の増倍率の差異を調べており、燃料要素を適切な 1 次元板状体系でモデリングすることで as built の結果を良く再現できることを確認した。また、ZPPR-15 Phase A 実験を対象とした全炉心体系の解析により、1 次元平板体系で燃料要素を簡略化した際には k_{eff} を約 250pcm 程度過小評価し、これは炉心とブランケット間の境界面の効果によるとの報告であった。

(4) Surrogate Reaction and Fission Research at JAEA, S. Chiba, K. Nishio, H. Makii, Y. Aritomo, and S. Hashimoto(JAEA)

代理反応(surrogate reaction)を利用した断面積・核分裂収率データ等の測定に関する報告。代理反応法では、 ^{N-1}X に中性子照射することでできる ^NX の複合核に対応した励起原子核を産み出すように、核子移動反応もしくは非弾性散乱を利用する。代理反応法を用いることで、MA や長半減期核分裂生成物のような不安定な核種の断面積を測定することが可能となる。発表では、JAEA で実施された $^{18}\text{O}+^{238}\text{U}$ 体系における核分裂特性の測定結果のご報告があり、 $^{18}\text{O}+^{238}\text{U}$ の代理反応法を利用して得られた ^{240}U , ^{240}Np , ^{241}Np , ^{243}Pu 複合核の核分裂片の質量数分布の結果が紹介された。

(5) Few-Group Transport Analysis of the Core-Reflector Problem in Fast Reactor Cores via Equivalent Group Condensation and Local / Global Iteration

Jong Hyuck Won and Nam Zin Cho(KAIST)

通常の中性子束による反応率保存に基づいて、詳細群から少数群に縮約した定数を使用して決定論的な中性子輸送計算を実施した場合、高速炉体系では炉心-反射体境界面における中性子束を少数群で十分に表現できず誤差が生じるという問題がある。この問題点を改善するために、(1)中性子飛行方向依存の全断面積縮約と(2)local/global 反復法を組み合わせる手法を考案した。中性子飛行方向依存の全断面積縮約については、厳密には S_N の輸送計算の全離散化方向に対して少数群の全断面積を縮約すべきだが、その場合非常に多くの計算メモリを必要とするため、代表的な離散化方向のみ少数群の全断面積を保持する方法を採用したとのこと。また、local/global 反復法では、アルベド境界条件を与えた詳細群の local 問題(格子体系)と、少数群の global 問題(炉心体系)の輸送計算を考え、両者で境界面の中性子流が consistent となるように詳細群 local 問題のアルベドの値を更新し、解析結果が収

束するまで local/global 問題を交互に反復する。これらの 2 つの手法を組み合わせることで適用することにより、150 群から 25, 4, 1 群にまでエネルギー群縮約したとしても k_{eff} や中性子束分布を精度良く再現可能であることを、1 次元の高速炉炉心-反射体問題により確認した。

(6) Measurement of Neutron Capture Gamma Rays from the Resonances of ^{93}Zr at the J-PARC/ MLF / ANNRI, J. Hori, T. Fujii, S. Fukutani, and K. Takamiya(Kyoto Univ.), K. Furutaka, S. Goko, H. Harada, A. Kimura, T. Kin, F. Kitatani, M. Koizumi, S. Nakamura, M. Ohta, M. Oshima, and Y. Toh(JAEA), M. Igashira, T. Katabuchi, and M. Mizumoto(TIT), M. Furusaka, F. Hiraga, T. Kamiyama, K. Kino, and Y. Kiyonagi(Hokkaido Univ)

JPARC/MLF/ANNRI にて実施した ^{93}Zr の 110, 225 eV の共鳴による中性子捕獲線の測定に関する報告。MA や長寿命核分裂生成核種の捕獲断面積を精度良く測定するためには、高純度の試料を沢山用意しなければならないという問題があるが、高強度のパルス中性子源である J-PARC と高エネルギー分解能を有する全立体角 Ge スペクトロメータを使用することにより、純度の悪い少量の試料であっても断面積を精度良く測定することが可能となる。内容として、 ^{93}Zr の 110, 225 eV の共鳴に対して測定された主要な一次遷移線の相対強度、ならびに測定された線に対して E1 または E2 遷移を仮定することで 225eV 共鳴のスピンが 3 であることが報告された。

(7) Qualification of McCARD/MASTER Code System for Yonggwang Unit 4, Ho Jin Park, Hyung Jin Shim, Han Gyu Joo, and Chang Hyo Kim(SNU)

モンテカルロ法により作成された集合体定数テーブルを使用した炉心解析コードシステム McCARD/MASTER に関する報告。モンテカルロ中性子輸送燃焼計算コード McCARD を用いて集合体で均質化した少数群定数及び形状関数を求め、集合体定数テーブルを作成する。なお、均質 0 次元 B1 方程式を解くことで得られる臨界スペクトルを用いて集合体定数を作成する。こうして作成された集合体定数を用いて炉心計算コード MASTER により炉心計算を実施する。McCARD/MASTER の妥当性について検証するため、Yonggwang 4 号機の解析を実施し、臨界ボロン濃度及び集合体毎の出力分布が良く一致することを確認した。なお、臨界スペクトルを使って少数群の集合体定数を縮約・均質化したほうが、精度よく出力分布を測定できるとのことであった。

(8) Estimation of average burnup of damaged fuels loaded in Fukushima Dai-ichi reactors by using the $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio method, Tomohiro ENDO(Nagoya Univ)

筆者により、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比に基づいた福島第一原発に装荷された燃料の燃焼度推定に関する報告を行った。当初は「検出中性子増倍法 k_{det} を用いた中性子源増倍法における最適検出器位置の探索方法」という内容で発表を行う予定であった。しかし、現在の福島第

一原発事故を鑑みて、原発事故に関わる解析を情報共有すべきと考え、内容を差し替えて発表を行った。SCALE6/TRITON によるピンセル体系の燃焼計算により評価された $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比の関係に基づいて、各号機サブドレン水から検出された $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比より破損した燃料の平均燃焼度を 14000~20000[MWd/t]と推定した。TEPCO がリリースした警報発生記録等データに記載された各号機の炉心平均燃焼度は 22000~26000[MWd/t]の範囲であり、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比から推定された燃焼度がこれより低くなった理由としては、可燃性毒物が燃え尽きた 1ce-burn 燃料がより多く破損したのが原因ではないかとの考察を報告した。

(9) Implementation of the Gamma Transport Calculation Module in KARMA 1.2, Kang-Seog Kim, Sung Jin Kim, Ser Gi Hong, and Jin Young Cho(KAERI)

KAERI が開発した MOC による集合体計算コード KARMA1.2 における 線輸送計算機能の実装に関する報告。中性子輸送計算の場合と同様に、光電効果、電子対生成、コンプトン散乱の各断面積を与えることで MOC 計算を実施する。なお光核反応(光子を吸収して中性子を放出するような反応)については取り扱ってはいないとのことであった。実装したガンマ線輸送計算機能については、HELIOS 用の多群中性子-光子断面積ライブラリを KARMA で使用できる形式に変換した上で KARMA によるガンマ線輸送計算を行い、HELIOS で得られた解析結果と比較することで検証している。なお、KARMA1.2 の機能としては、線による出力寄与を均一にスミアする手法や、拡散計算により 線束を求める手法も実装されており、集合体体系の場合にはスミアにより求めた出力分布でも輸送計算した結果とそれほど大きく変わらないことが報告された。ただし Gd_2O_3 を含んだ燃料ピンの場合には、スミアにより求めた出力分布と輸送計算の結果に差異があることに注意。

(10) Experiments on the Accelerator-Driven System (ADS) in the Kyoto University Critical Assembly (KUCA), Cheol Ho Pyeon, Jae-Yong Lim, Takahiro Yagi, and Tsuyoshi Misawa(Kyoto Univ.)

KUCA で実施された、FFAG 加速器による加速器駆動未臨界炉(ADS)実験に関する報告。FFAG 加速器によって発生された 100MeV 陽子ビームをタングステンターゲットに照射することで核破砕反応を起こし、発生させた核破砕中性子を KUCA 固体減速架台の炉心に打ち込むことで ADS 実験がなされた。実験結果として、14MeV 中性子照射のウラン装荷炉心の結果と、100MeV 陽子ビーム照射のウラン装荷炉心及びトリウム装荷炉心の結果について報告がなされた。測定結果については、MCNPX によって得られた反応率分布との比較結果などが紹介された。

【筆者の感想】

本ジョイントセッションは、筆者にとっては初めての国際会議の座長を務めた場であり、

前日には夜も眠れないほど緊張した。とりわけ、ジョイントセッションの始めに座長として数分程度挨拶をしたのだが、福島第一原発事故が発生したこの状況下で、日本の原子力学会の代表として果たしてどのような言葉を発信すれば良いのか非常に苦悩した。悩んだ末私が述べた挨拶は、日本の原子力工学者の立場として深く陳謝し、日本国民の代表として韓国の方々のご支援に深く感謝した上で、今後のこのような事故が世界で決して起こることがないように、我々がすべき沢山のことを韓-日協力して今後もこのような学术交流をしていきたい、といったものだった。互いに母国語ではない不慣れた英語ではあったが、私の挨拶が会場にて拝聴して下さった多くの KNS の方々の心に届いたことを願いたいと思う。



学会会場(O2リゾート)のベランダからの風景 (大阪大学 竹田 敏氏ご提供)