

炉物理国際会議に出席して

(東芝) 川島 正俊

今回の炉物理国際会議(略称 PHYSOR'90)は2年毎にアメリカ原子力学会炉物理支部が開催してきた topical meeting の一環としてアメリカ国外では初めての開催であり、5日間の会議中はフランスの意気込みが随所に現れていた。会議概要の一部は日本原子力学会誌 1990, vol.32, No.7, 706 にて阪大の竹田先生、同誌 vol.32, No.8, 796 にも京大の小林先生からの談話室への寄稿があるので、ここでは、会議の始めと終わりの全体セッションでの話の雰囲気の一部を伝えることにより現状/将来への共通意識の一端を紹介しようを試みた。また、核データ関連の話題についても一部を紹介する。

会議の内容は炉心概念、Pu 利用軽水炉、炉心管理・炉心シュミレータ計算法、FBR(臨界実験・解析、SPX1-EFR 関連、金属燃料、TRU 燃焼、ヨーロッパ連合の R&D 等)、計算手法、核データ等と多岐にわたっており現状・将来への方向を示すものである。

会議の運営ではフランス側の心配り・自信が随所に見られた。会議での発表の多くは英語で行われたが、仏語-英語の同時通訳はプログラムに書かれていた宣伝の通りの High Quality であった。また、地元新聞2紙がこの会議について報道した記事のコピーが掲示されていた。警察の監視がホテルの外に常駐・バスの先導等があり、国際性の一端を垣間みることになった。

(1) Opening セッション

フランス、ソ連、米国からこの会議の視点を提供する意味で行われた。内容主旨は次の様なものであったであろう。

a) フランス原子力学会会長 (Dr. Bacher) ; 現在の国際的な視点は、安全性とセキュリティである。原子力開発の歴史を振り返り、物理から技術/経済性最適化が進んで現在に至ってきたが、これから21世紀にかけて Pu 問題がますます重要となる。Pu 利用軽水炉/高転換炉/FBR/TRU-バーナー等などである。若い世代の new physicist を大勢必要としているし、彼等に対する training も重要な問題である。原子力に携る者として、現行炉の経験をもとにして“本質的に fail-safe physical systems の開発が出来ることは幸せである”と締括った。

b) OECD/NEA 植松 director ; この様な会合にプラント運転に責任を有している電力会社が参加することは意義がある。コスト、PA、人材の供給の観点である。原子力では method/procedure/practice が安全性を確保するために必要である。新しい technology のみでは安全問題は解決しない。有能な人材が必要である。この会議は現状/Trend/革新

炉概念などが議論されるが、OECD は 21 世紀に向かって炉物理が解決すべき問題の知識等を共有し寄与していきたい。

c) 本会議の general co-chairman (Dr. Bouchard) ; 原子力は50年前に fission が発見されまだ若いサイエンスであり、炉物理が解決すべき課題はまだ多い。安全性/経済性、そのクライテリア、その解決、燃料サイクル・廃棄物の問題、原子炉オペレータに対する教育用 simulator 開発等である。原子力の魅力的な部分を炉物理サイドから抽出してほしい。若い人材の確保が将来のために重要であり、この会議では学生からの best paper を表彰したい。

d) フランス EdF Mira 氏 "State of the Art: The Utility's Point of View"

フランスの原子力事情、炉を運転する側から設計・炉物理に期待する項目等について講演した。電力網の観点から部分負荷/燃料管理が最も重要である。NSSS の観点では accident condition との関係、プラントの経年変化との関係、緊急時の対応との関係が重要である。現状ベース (state-oriented) アプローチをしている。Pu の利用については、新しい management を決めようと努力中である。安全性の強化された flexible/clean 炉心を目指す。今後、益々高級スペシャリストが必要とされ、高いレベルの教育が重要である。

e) ソ連 Kurchatov 研究所 Slesarev 氏 "Current Reactor Physics Problems and new Generation Power Reactors"

チェルノブイリ事故後のソ連では安全性の問題が特別に重大となっている。現行 PWR では現状改善アプローチであり、他では革新的な概念の適用である。ソ連からの発表は後者の FBR の話が中心であった。安全性関連研究では、炉心の過剰反応度低減/冷却材喪失時の炉心健全性の確保に関する炉物理的な検討として、ボイド係数等の反応度係数の精度良い評価、Pu 核種断面積の精度向上・非均質効果の計算などを詰める必要が強調された。

f) 米国 MIT Henry 教授 "The Physics of Thermal Reactors : a View of Where we are and How we Got There"

炉物理のたどってきた歴史を振り返り、今後の方向についての提案という形の講演であった。軽水炉のセル計算・均質化法/ノード法に代表される炉心計算法は満足できる程度まで改良されて実績もあるが、method error のキャンセルの結果と考えられる点もあると示唆されている。今後の新型炉開発にむかっては、定常時の成果に立脚し非定常時を含め一層普遍化した手法を追及すべきであるという主旨であった。

(2) 核データ関連の発表についてのトピックス

フランスを中心とする欧州は LWR/FBR とともに臨界実験・照射実験が拡充し、ソウト開発/実験が深く結びついている。核計算の data/method の評価に統一性を強調し、彼等自身のバックボーンを強く感じた。照射後燃料データベースに関連したものがあつたが、フラ

ンスの核データ／積分試験結果／適用精度についてのアプローチの一端を示すものである。また、欧州共同のライブラリー JEF-2, ECCO コードの開発等が紹介された。MASURCA における CONRAD 計画に日本が参加しないかというフランスの呼掛けは続いており日本からの対応への期待が感じられた。

米国 ANL から、日米共同大型臨界実験 JUPITER から 1000MWe フルサイズ炉心 ZPPR-18 集合体の解析、それに Space 炉の通常時・埋没事故時の炉心解析と関連の模擬実験 ZPPR-20 の解析について報告があった。前者では、ENDF/B-V.2 では反応率分布の C/E 値の空間依存性が非常に小さくなり、従来の ENDF/B-IV による解析傾向と大きく異なっている。Space 炉の模擬実験では、従来の米国の臨界実験の解析結果を活用する感度解析の応用において、実験値間の相関係数を評価した結果が例示されている。核データ、積分実験データ、解析結果と誤差等を総合的に評価し、設計精度の向上をめざす米国の原則に堅い完全主義をめざしたアプローチの現れか？ 米国の炉開発の現状からは炉心材質、広い中性子スペクトル範囲等多岐にわたる応用範囲を求められていることにも対応し、多くの臨界実験データベースとその高い質およびソフト開発の先進性を主張する ANL の意地を感じた。また、ZPPR-18/20 ともに反応率比 C8/F5 は～3% の過大評価であることは注目される。

ソ連の FBR に関しては BN800 より Pu 燃料が使用されることに関連して Pu 模擬炉心の解析例が報告されたが、濃縮ウラン炉心に比べ C/E が大きく変動するとあった。これは、信じられないというコメントが出るぐらいで、15 年前ならともかく何かの間違いではと感ずる。一方、ボイド反応度低減炉心を目指している姿勢が強く出ていた。

革新型炉設計を含め、適用範囲の広い良質なデータベースの作成には、核データ評価／積分実験評価の結合がこれまで以上に重要となるが、その道の専門家の育成が“かけごえだおれ”に終わらないようにコミュニティの体力が試される時代である。また、TRU 核種の遅発中性子割合等の評価の発表はタイムリーに感ずる。TRU、長半減期 FP とともに核データは安全評価の一步として本質的に重要であり測定／評価の方々への要求は増加しよう。従来知見の普遍化が必要な領域で、Data production では高い品質が求められる。

(3) ROUND TABLE セッションの概要

会議の終わりには“新型炉に関するパネルディスカッション”（1時間半）があった。J.Rastoin(CEA)を議長に、UK、France、FRG、USSR、USA、OECD がパネラーとして参加した。会場からの質疑の後、FRAMATOME の D.Vignon 氏がコメントする形で会議を終了した。パネラーの発言のほんの一部を紹介する。将来の研究方向の示唆となる点があろう。

M.Chabrilac(France); 現状は安全性とウラン/Pu節約が課題である。Pu-recycle 軽水炉、FBR 路線である。軽水炉に於ける Pu 利用炉については建設費低減のためには単純なシステムで運転管理は複雑になっていく方向である。2020～2030 年の FBR 実用化開始で

は新軽水炉と FBR の共生系となる。TRU バーナー炉は 21 世紀に重要となる。

I.Slesarev(USSR)；新型炉概念に要求される項目は、経済性・燃料経済・安全性・環境問題である。今後の地球規模のエネルギー必要量を満たし21世紀を通して受け入れられる革新炉は self-protected core であり、万一事故が発生してもインパクトを局所化できるシステム (containment、filter、corrosion keeper 等) を持つ必要がある。

C.Till(USA)；新型炉として FBR についての話のみ。今後は増殖効果が本質的になっていく。地球環境問題 green house/gas problem 上も重要。燃料サイクルが key である。原子力発展の歴史を見れば、10 年毎に関心が変わっている。この会議の話題 safety は 1950～60 年でも大きな関心であった。だからこそ実用化選択に flexibility の大きいことが重要で、金属燃料炉心・サイクルがその有力候補である。重要なことは FBR を "give-upしないこと" である。将来を考え stop しないことが key である。若い人を集めるためにも必要である。

K.Uematsu(OECD)；Nuclear 大国は“より経済的、安全”な炉を目指しているが、開発途上国こそ信頼性の高く、運転の容易な小型炉を必要としている。開発途上国ではプラント概念形成、実験、安全評価など長時間を要するので一国では賄えない。国際協力が不可欠である。

H.Kuesters(FRG)；新概念は P A と深く関与している。現象解析技術の進捗により新概念に対応できる様になってきた。経済性からは 130万KWe クラスがベストと考えてきたが、出力規模についての見方を変える必要が有ると思う。また、ドイツだけでなくフランスでも若い reactor physicist をつなぎとめるためにも新概念が必要である。

議長の締括りとしては、どこの会社も原子力発電の市場開拓には苦労している。Reactor Physicist が行うべきものは New better Idea とその答えの追究を続けることであり、それは P A 問題の解決一部ともなるというようなコメントであった。

会議の締括りは Framatome の幹部 D.Vignon 氏の講演であった。PHYSOR'90 会議の間に (4/26)、チェルノブイリ事故の 4 周年を迎えた。いずれにしても P A レベル、経済性レベル、技術レベルで "Just Solution" を必要としている。option を増やすためにも炉物理活動は重要である。Passive System の提案もよく考えれば TOTAL SAFETY がどうかという問題であり、containment との調和が必要である。最後に、『あなたが survive しようとするれば、原子力発電は survive するし、炉物理 physicist/engineer も生残る。安全性にはコンセンサスが必要となるが、新型・革新概念を反映した設計を進める必要がある。それらの中から utility が選べるものがでるはずである』と結んだ。