

## アルゴンヌ高速炉物理国際会議に出席して

野本昭二(日本原子力研究所)

去る10月10日より13日までArgonne 研究所に於いて高速炉物理に関する国際会議(International Conference on Fast Critical Experiment and their Analysis)が最近の臨界実験による実験結果その解析を中心として行なわれた。会議は次の8 session にわかれて合計73編の論文が発表された。筆者は原研の高速炉臨界実験装置および実験計画<sup>1)</sup>について報告を行なった。

- Session 1 Differential and Group Cross Section (6件)
2. Test of Cross Section Set (7件)
- 3A Clean Critical Experiments and their Analysis (8件)
- 3B Evaluation and Computation Technique (7件)
4. Doppler and Sodium Reactivity Effects (4件)
- 5A Special Experiments and their Analysis (8件)
- 5B Spectrum Measurements (6件)
6. Reactor Design and Performance Measurements (8件)
7. Experimental Techniques and Equipment (8件)
8. Future Programs (7件)

発表件数別に見ると米国46件, 英国9件, 西独8件, 伊太利3件, 仏国4件, スエーデン4件, イスラエル1件, 日本1件となつている。

こゝでは主としてSession 1, 2について述べようと思うがその前にSession 3以下の概観をしておこう。

Session 3AではKarlsruheのArgonautを改造した高速-熱結合炉STARK, SwedenのFR-0, ZPR-9による $Al, Al_2O_3, BeO$  反射体 $U^{235}O_2$  燃料炉心(Rocket用), GEのMSCA, TRCE, 710CE, ZPR-3 48 炉心, Winfrith ZEBRAG 炉心についての臨界実験の報告, Session 3Bでは理論の問題と計算方法の評価。Session 4ではDoppler及びナトリウムボイド効果の問題が, ZPR-6, ZPR-9の最近の測定, AFTRのドップラー試料の形状及び密度効果, ZPR-3によるSFFORのモックアップ, パークSORAのモックアップ試験結果について発表された。Session 5AではDoppler効果やNa void効果の補正の問題としてのHeterogeneityの問題, zone 炉心の解析,

等について発表された。5 B では中性子スペクトルの測定結果が Vera, SUAK について示され低エネルギー測定技術について Time of Flight 法や検出器の測定技術精度についての発表がなされた。Session 6 では FARET, SEFOR, SORA, などの Mock up 実験の結果や Dounreay, Fermi 炉の最近の測定結果についての説明がなされた。

7 Session では ZPR-3, FR-0 などの臨界実験装置をつかつて行なわれた諸実験たとえばインポートランスの測定, Rossi- $\alpha$ , パルス実験, などの報告があり技術的な問題の検討があり SNEAK の実験装置について報告された。最後の 8 Session は各国で進行中の実験の将来計画の展望がなされ, 米国の展望, SEFOR, 原研, 高中性子束試験炉などのプログラムが報告され, コメントとして FRO, MASURCA, VERA, ZEBRA, ZPR-6, ZPR-9 について各代表者より将来計画と問題点の説明がなされた。

以上概観したように最近の実験結果を基にして, 各国の臨界実験装置による解析評価が行なわれた。その中で中心テーマは低エネルギー中性子スペクトルの測定技術及び精度, 群定数と計算精度, ドブラー係数, ナトリウムボイド係数, 補正の問題としての非均質効果の評価についてであろう。特に大型炉心研究用の炉心として ZPR-3 の 4 8 炉心の実験結果と計算結果のつき合せは注目をあび, 各国の計算結果の比較の共通の場として 4 8 炉心が浮び上った。

次に本題に立戻つて Session 1, 2 の核断面積および, 群定数セットについての発表論文について紹介してみよう。Session 1 ではまず ANL の Cox 達が高速炉設計に必要な核データを各核種について比較し 1000 keV までの  $\sigma_f, \sigma(n, \gamma), \sigma_{ind}, \sigma_{el}, \bar{\nu}$  値などについての一致性を検討評価し核データの現状についての総合報告がなされた。次に Harwell の James 達は 1 keV より 25 keV のエネルギー範囲で  $U^{233}, U^{235}, Pu^{239}, Pu^{241}$  について Time of Flight 法による実測値を発表し理論値との比較が行なわれた。3 番目には keV 中性子エネルギー領域に於る  $Pu^{239}$  の  $\sigma_c/\sigma_f$  値が矢張り Time of Flight 法によつて実測され理論値と比較されている。次に ANL によつて多群群定数作成コード MC<sup>2</sup> についての詳細な説明があつた。これは ELMORE を更に改良した Universal コードで Heterogeneous media で, Collision Probability を使い, ポテンシャル散乱の干渉, 共鳴散乱, 核種相互の干渉効果などを入れ 20 核種, 超微細グループ 2100 に分かれている。5 番, 6 番目には A. I. および Cadarache に於いて準備されている多群定数セットについての説明が行なわれた。

第 2 Session では ANL の Davey<sup>2)</sup> が後述するよう, ZPR-3 第 4 8 炉心によつて行なつた実験結果と各国手持の群定数セットによつて行なつた 4 8 炉心の臨界計算結果とのつき合せ

が行なわれた。この発表はこの会期中を通して一つの焦点となり Informal Meeting に於てもこの内容についてあらためて検討された。次いで G. E. の Greebler が Pu<sup>239</sup> の New data に基づいて Doppler effect, Prompt Neutron Life Time, Neutron Spectrum を 48 炉心について計算し、更に群定数を修正すること、インポートランスの影響が効くことを結論として述べた。U<sup>235</sup> と U<sup>238</sup> についての Doppler 係数の計算値はよい一致を示したが Pu<sup>239</sup> について over estimate になることが指摘された。3 番目には A. I. の Fillmore によつて現在までに行なわれた Popsy 以来の Pu<sup>239</sup> 装荷炉心についての実験値の紹介があり諸物質の危険係数について未だ実験値もよく合わず計算値との間に大きな不一致のあることが指摘された。4, 5 番目には Aldermaston および CNEN (伊) によつて、臨界計算値と実験値を合わせるための操作について、および Correlation 法による実効群定数作成プログラム CALI の評価が実験値とつき合せて行なわれた。6 番目には Winfrith の Baker によつて各国で作成されている群定数セット (HRB, HRC, YOMD, YIFB, FDI, ANL-800, ABBN, ABBN (Mod.), FD2, ) を用いて ZEBRA の Pu<sup>239</sup> 炉心の計算を実験結果と比較して比較評価を行なつた。最後に LASL の Battat によつて現在用いられている多群断面セットの比較評価について紹介された。

発表の結果をみて分るように、各国共ミクロの断面を編集した独自の群定数セットや YOM, ABBN の修正改良を行なつた群定数セットを有しており、これらによつて行なわれた計算結果の相互比較と実験結果とのつき合せによる評価が盛んに行なわれている。Universal コード MC<sup>2</sup> の作成も反響をよんだ。この意味では大型炉心の臨界実験結果が出はじめに ANL および Winfrith は高速炉物理研究の主導権を握つているように思われる。

注目を引いた Davey の発表についてやゝ詳しく説明してみたい。これは ZPR-3 で大型炉心研究用に考えられた Pu 燃料炉心として現状では最大のもので、黒鉛による大型炉心と同じ軟い中性子スペクトルを有している。また計算と比較し易いように簡単な幾何学的形状を有しており 48 炉心と称せられている。本年 7 月 ANL の呼びかけで大型炉心計算用の群定数セットをもつ各国が 48 炉心の臨界計算結果をもちよつて実験値とのずれや群定数相互の喰い違いなどについて国際的な場で検討評価が行なわれたものである。この呼びかけに応じた研究機関は次の通りである。Winfrith, A. I., ANL, APDA, BNWL, B&W, Cadarache, G. E., Karlsruhe, LASL。

実験結果に対する計算結果の最大、最小偏差は各比較項目について整理すると表の如くなる。このように臨界質量に例をとつても実験値に対するズレはプラス側に 10% (A. I.), マイナス

側に23% (LASL)程度の不一致性が見られるのが現状である。これらの主な原因は大型炉心スベクトルが軟化して不確性の多い共鳴領域の効果によるものである。Thalgott (ANL, Idaho Falls Div. Associated Director) はDaveyのつき合せは現状では大変意味のあることであつたが、異つた実験炉心を対称として作成された定数を48炉心で比較しても本質的な議論はできないので、同じ炉心で各国が実験をし、その結果をもちよつて、群定数、計算方法、補正方法などをcheckするのが望ましいという所謂One Reactor-One Calculation Systemなるものを提唱した。今後益々この種の国際的情報の交流を通して比較検討して問題点を攻めるといふ方法は盛んになることと思われる。もし日本に於ても素性の分つたミクロの核断面積より素性の分つた多群断面積セットを独自の立場より編集してもてればこのような呼びかけに応じ国際的立場より研究に参加できるのでなからうか。

日本に於てもΣ委員会があり、安全コード委員会、などの活動を中心としてはやくから炉定数作成の努力はなされているけれども、現状では未だ大型高速炉用の独自の群定数セットは公表されておらず外国の既成のものを使用しているにすぎない。この種の努力に一層の拍車をかけ一刻も早く日本独自のセットが公表されることを願つて止まない。

Table ZPR-3 48炉心の実験値と計算値との比較

	臨界質量 Pu kg	Fission Ratio U <sup>239</sup> /U <sup>235</sup>	Perturbation Cross Section					
			Pu <sup>239</sup>	U <sup>235</sup>	U <sup>238</sup>	B <sup>10</sup>	Na	Fe
48 炉心 Exp.値	272	0.976	3.54	2.62	-0.194	-2.94	-4.8	-22.0
偏差(+)	314 (AI)	1.0 (ANL)	3.87 (LASL)	2.88 (Cadarache)	-0.15 (W)	-2.16 (B & W)	+5.5 (G. E.)	-16.3 (ANL)
偏差(-)	209 (LASL)	0.872 (A. I.)	3.28 (G. E.)	2.32 (G. E.)	-0.190 (LASL)	-2.90 (G. E.)	-10.5 (Karlsruhe)	-24.2 (Karlsruhe)
最近値	268 (G. E.)	0.962 (LASL)	3.46 (Cadarache)	2.64 (AI.)	-0.197 (Cadarache)	-2.90 (G. E.)	- 5.2 (BNWL)	-22.0 (G. E.)
	Rossi $\alpha$ $\times 10^4/\text{sec}$	$\beta_{\text{eff}}$ $\times 10^{-3}$	$l_p$ $\times 10^{-7}\text{sec}$	Doppler係数(300°K - 1100°K)				
				U <sup>238</sup>	Pu <sup>239</sup>			
48 炉心 Exp.値				-4.9x10 <sup>-6</sup> ± 0.2	-1.3 x 10 <sup>-6</sup> ± 0.1			
偏差(+)	1.40	3.89	3.28	-3.15 x 10 <sup>-6</sup> (AEEW)	+4.69 x 10 <sup>-6</sup> (Karlsruhe)			
偏差(-)	1.07	3.45	2.42	-5.16 x 10 <sup>-6</sup> (ANL)	+ 0.58 (G. E.)			
最近値				-4.8 x 10 <sup>-6</sup> (A. I.)	+ 0.58 (G. E.)			

Reference: <sup>1)</sup> H. Hirota, S. Nomoto, T. Nakamura, T. Iijima, T. Hiraoka, and N. Hirakawa; Conference Paper Session 8-4, October 1966  
Fast Reactor Physics International Conference

" JAERI Fast Critical Facility"

<sup>2)</sup> W. G. Davey; Conf. Paper Session 2-1, October 1966  
Fast Reactor Physics Int. Conf.

" Intercomparison of Calculations for a Dilute Pu Fuelled  
Fast Critical Assembly (ZPR-3 Assembly 48) "