

研究室だより

日本原子力研究所原子炉工学部 高速炉物理研究室

（日本原子力研究所）飯島 進

高速炉物理研究室は、高速炉臨界集合体（FCA）による臨界実験を通じて、核データの開発に深くかかわって来た研究室である。FCAの歴史は古く、中途に集合体の拡張工事などをはさんで四半世紀なるが、最近10年の主な実験を振り返ってみる。

1) アクチノイド積分実験

アクチノイドの核データ評価を目的とした実験で、サンプルワース（Np-237、Pu-238、Pu-239、240、Am-241、243）および反応率比（Pu-238、239、242、Np-237、Am-241、Am-243、Cm-244）を、中性子スペクトルを系統的に変化させた炉心で測定した。

2) 常陽 MK-II 炉心模擬実験

高速実験炉常陽の改造計画（ブランケット→SUS反射体）に関する実験で、反射体付き炉心の臨界特性や出力分布の計算精度を検証した。

3) 軸方向非均質炉心模擬実験

高速実証炉の開発に関する実験で、従来から計算と実験の一致が悪い問題として炉心とブランケット境界問題があるが、ブランケットを炉心中心に持ち込んだことによる計算精度への影響を検証するため、計画した実験である。

4) 高転換軽水炉模擬実験

FCAがプルトニウム燃料炉心であり、燃料組成の選択の自由度が大きいことを利用して行われた実験で、水のかわりにポリスチレンで冷却材を模擬し、ポリスチレンの密度を変えることにより、冷却材ボイド率を系統的に変えた実験を行った。

5) 金属燃料高速炉模擬実験

高速増殖炉の新たな可能性を追究するというこゝで、新型燃料炉心に関して様々な研究が行われているが、金属燃料炉心核設計計算への、現在の核データと計算手法の適用性を評価することを目的とした実験で、現在も継続中である。

次に、当研究室が取り組んでいる核データの開発に密接な関係のある測定技術について紹介します。

絶対反応率測定法 これは単位原子数当りの核反応の数（絶対値）を測定する技術で、

FCAで行ったアクチノイド積分実験の過程で、大部さん（現原子炉研修所）が中心となり開発してきた平行平板型核分裂計数管（核種は、U-235、238、Pu-239、240等）による核分裂率および箔によるU-238捕獲反応率の測定を行う。現在は、根本、桜井の両氏が中心となり、U-238捕獲反応率とPu-239核分裂反応率の比(C8/F9)を精度良く測定すること（誤差2~3%）を当面の目標として、測定システムの開発と整備および測定精度の向上に関する検討を行っている。この成果に基づいて、積分実験の立場からU-238の核データ評価を行うことを検討している。また、この技術の応用として、“もんじゅ”の性能試験で使用する出力分布測定法の開発、あるいは国際ベンチマーク実験としてフランスのMASURCA炉を用いた β_{eff} の実験にも取り組んでいる。

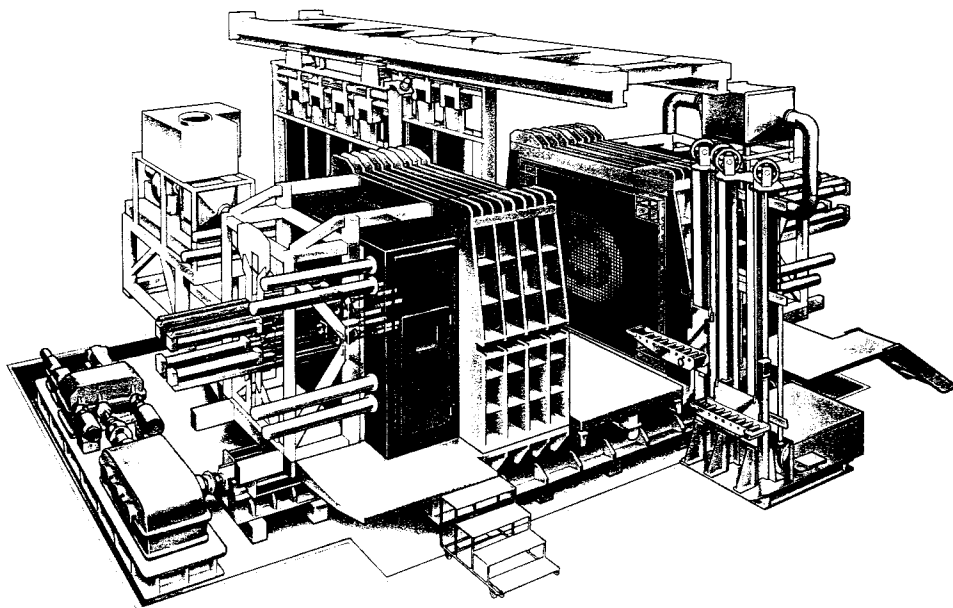
高温ドップラー効果の測定 向山室長が中心となり開発してきた技術で、ウランサンプル加熱法による~1500℃までとレーザーによるウラン箔加熱法を用いた~2000℃までのドップラー効果の測定が行なわれており、現在は、岡嶋、大井川両氏が中心となって実験に取り組んでおり、まもなく成果を報告できるところまで来ている。

FCAのスタッフでは、この他に今年4月に入所した安藤さんがおり、上記2つの実験に参加して、測定技術の習得中である。前室長の中野さんは、大阪支所で、大杉さん（高速炉物理研究室兼務）は、軽水炉特別チームで活躍中である。この他に、FCAを運転し、また実験に協力してくれる炉物理施設管理室FCA系の各氏（大野、佐藤、黒沢、早坂、袖山）がいる。そして筆者。高次プルトニウム核種およびマイナーアクチノイド核種のデータの検証が、原子力開発で重要性を増して来ると考えており、それへの対応を検討している。FCAは、燃料組成の選択の自由度が大きいこと、微小反応度を精度良く測れることおよび反応率の絶対測定技術があることから、積分実験に基づいた核データの検証を行うのに適した施設である。問題は、プルトニウムを含むTRU核種の入手が、極めて困難なことである。我々は10数グラムのサンプルおよびミリグラム単位の計数管用の資料が欲しいのだが、それらを供給及び加工する施設は、国内に一つも無い。米国が高速炉開発から手を引いたことから、海外からの入手も難しくなっており、フランスへの問い合わせや、ソ連の動向を見守りながら、何とかしなくてはと思う毎日である。また、プルトニウム燃料を増やすことができれば（~1トン）、世間の期待にもっと広範囲に応えることができるのだがと思いつつ、現在の社会情勢では今世紀中は無理か、などと考えている。

トピックス 普段、常識として考えていることに再検討が必要なとき、当事者が大混乱に陥ることは、読者の皆様も経験があることと思う。金属燃料炉心模擬実験で生じた水素の問題は、まさにその典型であった。従来の酸化燃料炉心では、ドップラー効果

やナトリウムボイド効果の計算値は、 $\sim 10\%$ の範囲で実験値と一致すると考えられている。それが、金属燃料炉心では $40\% \sim 50\%$ にもなり、我々を驚かせた。この問題の解明には1年以上の時間を要したが、計算と実験の相違が生じる原因は、FCAで使用しているウラン燃料の表面塗料に含まれる水素であった。ウラン燃料は、 $5.08 \times 5.08 \text{ cm}$ の正方形で、厚さは 1.6 mm と 3.2 mm の2種類である。燃料の識別と表面保護のため、金属ウラン燃料板の表面に塗料が薄く塗られている。塗料は、通常有機物であり水素を含んでいるが、FCAの先輩の方々は、炉心に水素の入るのを避けるため、特殊な無水素塗料を使用してきた。しかし、塗料を塗る過程で接着剤を混ぜる必要があり、ここで接着剤に含まれる水素が混入し、最終的に微量の水素が塗料の中に残留したものである。燃料板1枚の平均重量が約 100 g 、塗料の重量が 300 mg 、水素はその $3 \text{ wt}\%$ である。水素であるから原子数密度としては高くなるが、それでも U-238 の 100 分の 1 程度であり、酸化燃料炉心では、水素の影響は無視して良いとされてきた。

しかし、金属燃料炉心は中性子スペクトルが硬いため、水素を考慮した計算と無視した計算では、共鳴エネルギー領域の中性子スペクトルに相違が生じ、核特性に影響するということが判明し、結局、実験解析を最初からやり直すという事態となった。この問題は、裏返すと、中性子スペクトルの硬い金属燃料炉心では、わずかな中性子減速材の添加により、核特性を大きく変えることが出来ることを教えてくれた、とも言える。



高速炉臨界集合体 (FCA)