

名大の炉物理研究

遠藤 知弘

若手教員の立場から今後の炉物理研究・教育に対する想いを綴るといふ難しいテーマだったのですが、自身の紹介・研究室紹介を通じて幾らか感じ取って頂けますと幸甚です。

自己紹介

名大で学生として学んでいた時には、臨界安全分野、とりわけ炉雑音解析を用いた未臨境界度測定法に関して主に研究していました。シンプルながらも要点をとらえた仮定に基づくことで、実験結果を理論で上手く説明することの面白さを学部 4 年の時にまず学べたことは、今振り返ると非常に良かったと感じています。炉雑音の理論はマニアックですが勉強すればするほど非常に興味深い内容で、例えば、温度フィードバック効果が無視可能な零出力の炉雑音を考えた場合には、中性子検出数の平均や高次階乗モーメントが随伴輸送方程式の形で記述できるのですが、それを通じて随伴輸送方程式の物理的な意味が理解できるようになったのは、僕にとって非常に大きな財産になっているかと思います。

また僕自身は PC そのものには疎いのですが、多くの炉物理研究者の方々と同様、計算コードをプログラミングすることも非常に大好きでした。自身の卒論では、過去の研究室先輩方の卒論・修論を参考に、多群の時間依存中性子輸送モンテカルロコードを自作し、中性子検出時刻の時系列データをシミュレートしていました。その後、山本章夫先生が名大にいられてから、炉心解析手法のイロハを学ぶことができ、定常状態の多群拡散方程式から始まり、 S_N 輸送方程式、動特性計算手法など、少しずつステップアップしながら自作できるようになりました。

というわけで僕の根底として、理論-実験-数値計算が三位一体となったバランス良い研究をしていきたい、という想いがあります。また僕自身は特に臨界安全分野に関心があり、諸先輩方の知見・技術を継承し発展させたいという想いもあります。本原稿を執筆しながら、このような想いを抱くに至った背景を自分なりに紐解くと、学部 4 年で研究室に配属された直後に実施した”MVP を用いた JCO 臨界事故解析”で学んだこと、感じたことが大きいようです。福島第一原子力発電所の事故後この想いはさらに強くなりましたが、現状では自身の想いは空回りで実を結んではおらず、十分に昇華できていないと悩んでもいます。これらの事故を決して繰り返すことが無いよう、炉物理・臨界安全を学んだ専門家の人として如何に社会に貢献し続けることができるのか、若輩ながら日々考えています。

研究室紹介

名大・山本章夫研の研究方針としては、各学生の主体性や独創性を尊重した形で、教員としては温かく見守る形で進めています。過去の研究成果や今後の取り組みについて、僕なりの言葉で以下に述べます。

(1) より高精度かつ高速な炉心解析・核計算手法の開発

我々が主な研究対象としている炉物理という学問は、「中性子の集団的挙動を予測し、核分裂反応を制御する」という、原子力安全の最も基幹となる学術分野と言えます。核燃料物質が含まれた体系における中性子挙動は”中性子輸送方程式”の形で記述できるのですが、それを工学的に精度良く予測する為には、その時々で利用可能な計算機性能を十分に踏まえた上で、如何に詳細に精度よく中性子輸送方程式の解を求めるかが鍵になります。過去の研究を振り返ると、MOC(Characteristics 法)、共鳴計算、pin-by-pin の SP3 輸送計算コード、核熱結合計算、動特性計算手法、といった様々な計算手法について名大・山本研では取り組んできました。とりわけ、近年の核計算の主流となりつつある MOC 関連の研究が盛んであり、極角方向の最適な分点セット(TY-OPT)をはじめとして、MOC での GPT 計算や高次モード計算といった研究成果もあります。国際的に見ても最先端な手法開発ができるよう今後もアンテナを広く張って取り組んでいきたいです。

(2) 炉心解析・核計算の不確かさの定量化

核燃料が装荷される炉心や、核燃料物質を取り扱う設備を設計する際には、核燃料の実際を実際に使用して試行錯誤しながら設計することは極めて難しく、(1)で述べた数値計算で得られた予測値に基づいて、設計上の安全余裕をみこんだ上で設計が行われます。従って、核計算の入力パラメータの不確かさ(例えば、核データの共分散データや、寸法・幾何形状の製造公差など)が、核計算による予測結果の不確かさに対してどれだけ影響を及ぼすのか、といった”不確かさの定量評価”は、原子炉および核燃料取扱施設の安全性を考える上で非常に重要な課題と言えます。そこで、山本研では”不確かさの定量評価”の分野の研究に近年注力しています。また、JENDL-4.0 や ENDF-B/VII.1 のような近年の評価済み核データライブラリには、微視的反応断面積の誤差(共分散)データが充実してきていますが、こういった最新の知見を活用することで、核データ起因の予測誤差を低減する為の手法(断面積調整法など)についても研究を進めています。今後は、例えば米国で研究されている Ep-GPT や GPT-free 等の効率良い摂動計算手法に倣って、より実用的な手法を編み出したいです。

(3) 臨界安全、未臨界度測定手法

臨界安全の分野としては、まずは何よりも福島第一原子力発電所事故に関連した臨界安全設計・管理に貢献できる研究開発に注力していきたいです。また、実測により臨界安全性を確認することで、より理にかなった施設管理・運用が実施できるよう、臨界安全の対象施設に適用可能な未臨界度測定システムを開発したいと考えています。2013 年 3 月の現時点では、特に核燃料物質内の固有中性子源(自発核分裂反応や (α,n) 、 (γ,n) 反応など)を利用した、passive な未臨界度測定手法に注目しています。さらに長期的な観点では、これまでの臨界安全の考え方を十分に学び継承した上で、今後の臨界安全設計・管理の在るべき姿(例えば、臨界事故リスクの定量化など)についても考えていければと思います。