会議のトピックス(IV)

炉物理・核データ分野の若手からのチャレンジ・提言

炉物理部会, 核データ部会, 原子力青年ネットワーク連絡会（YGN）合同セッション

2015 年 9 月 10 日（木）13:00～14:30　静岡大学　静岡キャンパス

日本原子力研究開発機構
国枝　賢
kunieda.satoshi@jaea.go.jp
東京工業大学
西山　潤
jun-nishiyama@nr.titech.ac.jp
東京都市大学
羽倉　尚人
nhagura@tcu.ac.jp

1.　はじめに

2014 年秋の大会において炉物理部会は「炉物理分野の人材育成の現状と課題」と題した企画セッションを開催した[1]。このセッションでは、「炉物理分野の人材の現状と学生・若手研究者・技術者へのアンケート集計結果報告[2]」、「大学から見た人材育成の課題」、「規制から見た人材育成の課題」の 3 件の報告／講演と、「今後の人材育成の課題克服に向けて」という副題の下、総合討論で議論が進められた。炉物理分野の人材の現状と学生・若手研究者・技術者へのアンケートは、炉物理分野の研究室の現役の学生、OB/OG に対し実施され、106 名から回答を得た。このアンケートでは、炉物理分野の研究室を選択した理由や、就職先として炉物理分野を選択した理由、学生時代に魅力に感じたことなど様々な問いを通して、今後の炉物理分野の人材確保のヒントとなる情報の抽出が試みられた。

ここでの議論を踏まえ、今回のセッションでは、核データ部会、炉物理部会、そして学会の若手組織である原子力青年ネットワーク連絡会（YGNJ）[3]の 3 団体合同企画セッションとして、それぞれの分野の若手から現在取り組んでいる主な研究テーマや今後の展望を紹介し、これら分野の活性化に寄与することを目的とした。

本企画セッションは、以下の 3 件の講演／報告と討論で構成した。

写真 1　会場の様子

(1) 核データ分野の若手からの提言（(原子力機構）国枝　賢）
(2) 炉物理分野の若手からの提言（(東工大、YGNJ 会長）西山　潤）
(3) 学生との座談会から見えてきたもの（(都市大）羽倉尚人）
(4) 総合討論

(1) 核データ分野の若手からの提言では、今後の核データライブラリ JENDL の目指す方向性について意見を述べると共に、数十年先を見据えた中・長期的なロードマップを提案した。また、国内外におけるデータ普及および国際機関等との連携について現状を整理し、今後の展開に関して意見を述べた。(2) 炉物理分野の若手からの提言では、今後予想される国内における商用炉と研究炉の縮小を考え、海外の原子炉利用をはじめとした国際協力、国内施設の活用方法と計算コード開発プロジェクトについて意見を述べた。(3) 学生との座談会から見えてきたものでは、学生からの意見を吸い上げるべく、セッション当日までに数度開催した学生と若手との座談会での意見を紹介し、討論での議論の種となるよう発言した。(4) 総合討論では、それぞれの分野の若手の提言や座談会での意見などを踏まえて、会場全体で将来に向けた具体的なアクションプランにつながるような議論を進めた。各講演、報告、討論については、次項以降で詳細にまとめる。

2. 核データ分野における若手のチャレンジ、提言（国枝賢）

核データは原子力・放射線工学を底辺から支える基礎データであり、究極的には物理定数となり得るものである。私は 10 年ほど前に、時代や場所、分野をも超えた普遍的数値を追い求める核データ研究に魅力を感じてこの世界に飛び込んだ。当時は、原子力ルネッサンスという言葉が謳われており、原子炉の安全性や経済性に関する研究の重要性が改めて認識され始めた時代である。事実、ちょうどその頃始まった JENDL-4 の開発プロジェクトは“FP と MA 核データ充実”が柱となっており、主に商業炉の高燃焼度化や高速炉開発に資することを目的としていた。

あれから 10 年後、原子力は大きな岐路に立っている。今、原子力に関わる分野が最も責任を果たすべきは福島第一。また、並行して取り組むべき課題として核廃棄物や商業炉廃炉の課題が挙げられる（これらは皮肉にも事故後に、一般にも喫緊の課題として認識されるようになったと感じている）。今後核データは、中期的な（数十年スケールの）視点に立ち、これらの課題における基盤・底辺として裾野を拡大すべきである。

また、中期的な研究と並行して、100 年先を睨んだ長期的な（ぶれない）研究を進めるべきであることを述べさせて頂きたい（特に若手、そして次の若手へバトンタッチすることが大事）。昨今の“多様化”する傾向は原子力・放射線工学においても例外ではなく、例えば医療や分析技術等へ広がりを見せている。応用先によっては更なる精度（或いは誤差）が、また今までとは異なる物理量が求められるであろう。こうした需要に、時代に応じてタイムリー応えるためには“幹”を太くしておくことが大事である。例えば、核データ測定と理論のシナジー、核反応モデルの高度化・微視的核理論へのチャレンジ、そして炉物理等の応用分野と核データのブリッジ的研究が必要であると考える。そして、我々は常に情報を発信し、学生・若手に、分野としての魅力や重要性を伝えていく必要がある。

3. 炉物理分野における若手のチャレンジ、提言（西山潤）

炉物理分野の将来へ向けての提言を、3 つのキーワード「ハイウェイ整備」、「ハブ空港整備」、「ロケットプロジェクト」に例えて紹介する。学生、ポスドク時代における私の専門は核データ、放射線測定であったが、東電福島第 1 発電所事故が起こった年の 4 月から大学に戻り炉物理の研究を行っている。つまり炉物理分野の研究に足を踏み入れたばかりである。そこで、提言を行うにあたって、まずは炉物理部会の部会報「炉物理の研究」や研究専門委員会の報告、学会誌特集記事など近年どのような提言がされていたかを知ることから始めた。それらを参考に、若手同士の意見交換や自分の思いをもとに今回の提言をまとめた。

今回の提言は、今すぐ始めることができ、具体的で、協力によって実現できる点を重要視した。したがって、何か新しい研究のテーマを示す提言ではない。それらは各自の研究者や技術者が担う部分である。様々な専門性や多くの人の協力によって実現可能な課題

であり、自分自身が取り組め、実効的なアクティビティにつなげられるものを提案する。

提言①　ハイウェイ整備

将棋の羽生名人の「学習の高速道路論」をご存じだろうか。梅田望夫著の「ウェブ進化論」に羽生名人の言葉として「IT とネットの進化によって将棋の世界に起きた最大の変化は、将棋が強くなるための高速道路が一気に敷かれたということです。」という一節がある。将棋の世界では、IT 技術の進歩に伴い、棋譜のデータベース化やインターネット対戦の普及などにより、だれもが将棋に強くなれる環境が整ったことをこの言葉は指摘している。これを炉物理分野に置き換えたとき、「高速道路」すなわち「効率の良い学習環境」は整っているだろうかと考えた。原子力は総合工学であり多岐にわたる専門性が求められ、また各専門分野でもより深い専門性が求められている。そのなかで、原子力の一般教養として炉物理を学ぶ人のための「炉物理の基礎」、炉物理の研究者を目指す人のための「より専門的な炉物理」をより効率よく自己学習で学べるための環境が必要であると考えた。しかし、ラマーシュの「原子炉の初等理論」やドゥデルスタット・ハミルトンの「原子炉の理論と解析」が近年絶版になって入手できない状況であることを知った。最近、原子力教科書シリーズが出ているが、網羅的な教材の整備・拡充は求められている。そこで、「炉物理オープンコースウェア」を作っていくことを提案する。これは教科書、講義ノート、講義ビデオなどを統一フォーマットにより、インターネットを通じて無償公開、配信するものである。電子化によって絶版などの心配はなくなり、最新の研究成果の反映も容易に行える。また統一フォーマットを準備することにより執筆の手間を幾分か低減できると考えている。多くの人に学習の機会を提供し、この分野のすそ野を広げることにつながると考える。

提言②　ハブ空港整備

炉物理は原子力利用における中心的な学問、専門分野であり、将来の原子力の発展においても炉物理が重要な基礎であると考える。しかし、福島の事故以降、原子力分野は事故後の対応や放射性廃棄物の減容、言うなれば「国内便」が中心となっている。海外におけるプラント建設といった「国際便」も徐々に進んではいるが、このままでは先細りになりかねない。「炉物理」発「○○○」行きの多様な路線を増やしていくことがこの分野には必要ではないかと考えた。海外施設の活用や情報共有といった国際化の強化、これまでは別の分野と捉えられがちであった分野との協調が今後はさらに必要であると考える。海外施設の活用の例としては、米国“ATR National Scientific User Facility”8 大学 4 国立研究所 13 施設の共同利用において、国際チーム提案の優遇を行っている。また他分野との連携の例としては、核セキュリティがあり、米国では、“The Nuclear Science and Security Consortium”12 大学、4 国立研究所が核セキュリティ科学技術を通じた研究・人材育成を

推進している（5 年間で 25M$）。核物理・炉物理の基礎を活かせ、国際的なニーズの高い新分野となっている。炉物理は将来の原子力発展の基礎となるべく、特別便で終わってしまわないように国際化と他分野連携をより一層推進し、次に続く次世代のために、それらの情報を共有する仕組み作りが必要である。

提言③　ロケットプロジェクト

2015 年 8 月 19 日 H-IIB ロケットの打ち上げが成功した。ロケットの打ち上げは毎回ニュースで取り上げられるほど関心を持たれている。ロケット打ち上げとなれば黒山の人だかりだ。ロケットはなぜ人を惹きつけるのか。宇宙への興味、機械としての迫力、最先端の総合科学技術などなど、専門家だけではなく一般のたくさんのファンを惹きつけるものがあるからだと私は考える。昔の原子力は同様に魅力的であったと思う。原子力・炉物理分野として広く魅力を伝える方法、プロジェクトがないかと考えた。ロボットの世界のロボコン、飛行機の分野では鳥人間コンテストと、この手の大会は注目を集め、多くのファンを生み、それぞれの分野への入り口の役割を果たしている。将棋の世界では、世界コンピュータ将棋選手権が 1990 年から年 1 回開催されている。個人のプログラマーから製品として売り出されている将棋ソフトの開発者など多くの参加者があり、その盛り上がりと競争によって将棋ソフトの開発に多大な貢献をしている。2013 年には、コンピュータと将棋のプロ棋士と 5 番勝負でコンピュータ側が勝ち越している状況になっている。特に 2006 年の大会で優勝した Bonanza が影響を及ぼしている。開発者の保木邦仁氏は物理化学を専門とする研究者であるが趣味として将棋ソフトの開発をはじめた。Bonanza は、チェスで使われていた全幅検索と化学反応の制御理論を応用した評価関数パラメータの自動生成法が特徴であり、この方法がコンピュータ将棋の一大革新となった。これらの他分野での成功を参考に、1. 専門家（プロ）、一般（アマ）でも参加できる。2. 目に見える形でのアウトプット。3. その過程で何かしらのブレークスルー、を重要な点であると考え、「世界炉心計算選手権」を提案する。独自開発の計算コードで、炉心ベンチマーク計算を実施し、計算の速度と精度を競う大会である。選手権を開催するまでには考えるべきことは多いが、取り組みの方法の一つの案としては良いのではないかと思っている。

3 つのキーワードから、若手として具体的に取り組める、取り組みたいと思える提案を挙げた。この実現には多くの方の協力が不可欠である。若手同士、若手とベテランが協力しながら、取り組んでいくことで、実効的なアクティビティにつなげられればと考えている。ぜひ活発な意見交換をさせていただき、より良いものにしていければと思っている。

4. 学生との座談会から見えてきたもの（羽倉尚人）

2014 年夏に炉物理部会において行ったアンケート調査では、以下のことを主な目的とした。「東京電力福島第一原子力発電所の事故以来、学生や若手の方々のモチベーションや技術の維持・向上が大学や産業界において大きな課題の一つとなっている。そうした現状において、炉物理の今後を支える人材をどのように確保し育成していくべきかという課題を部会員で共有し、今後の学生や若手のモチベーションや技術を維持・向上していく上での課題について議論するための材料とすること。」アンケート結果の詳細については、炉物理の研究第 67 号[1]、および当日の発表資料[2]にて紹介されている。

今回は、2014 年秋の大会での議論やアンケート結果を踏まえて、少数の学生と個別に座談会形式で意見交換を行い、学生の目線で現在の炉物理・核データ分野のイメージと、将来どういう姿であれば魅力的な分野であり続けることができるかを議論した。座談会は 3 回開催し、計 23 名の学生に参加してもらった。様々な観点からの意見を挙げてもらうために、核データや炉物理に関連した研究室以外の学生にも参加してもらうよう依頼し、炉物理・核データ以外の分野を研究テーマとして学んでいる学生にとって炉物理や核データの分野がどのように見えているかについても意見を聞いた。

学生が炉物理・核データ分野に魅力を持ってもらうためにはどんな工夫が必要か、という議論では、「学生は体験できるものに魅力を感じるので体験できる環境を作ることが重要ではないか」、「炉物理実験が行われているが、そこに参加する学生はすでに炉物理を学ぶこと、炉物理系の研究室にて炉物理を主な研究テーマとすることを選択した学生であり、これから選択する学生にそうした実験を体験できる機会を与えられないか」、「施設見学などで体験できる機会を作れないか」といった意見が挙げられた。確かに、この分野は、ほかの分野に比べて「実際に手で触って、体験しながら学ぶ」ということが難しい。具体的なイメージを持つことは、興味を持ったり魅力を感じたりすることに非常に重要であり、そうした経験をする機会をより多くの学生に提供できれば、この分野を選択しようという学生を増やすことにつながるのではないか、といった意見が聞かれた。実際、京大炉での実験では、こうした実習が実施されており、何らかの形でその実験・実習をこれから学ぶ学生に伝えることで、興味を喚起できればと思う。

またディスカッションの中で、「炉物理の研究室がなくならないようにすることが重要だ」という意見があった。「大学によると炉物理を専門とする専任の先生がいなくなり、研究室がなくなってしまうということがあると聞いた。人材確保・確保といいつつ、学べる環境がなくなってしまっては元も子もないのではないか」という意見であった。これは炉物理・核データに限らずあらゆる分野で起こりうることであるが、先ほどの議論にあった興味を喚起し、魅力を感じその分野を学ぼうとする学生のすそ野を広げるとともに、興味を持った学生を受け入れる研究室という場がなくなることのないように学会の関係者は認識しておくこともまた重要なことだと思われる。

5. 総合討論

核データ分野、炉物理分野、それぞれの若手研究者の立場からの発言、学生との座談会から提案された意見を踏まえて、フロア全体で議論する時間を持った。当初、多くの意見が出され活発に討議する雰囲気になるか心配されたところもあったが、様々な観点からの意見が挙げられ、大いに盛り上がった。ここでは挙げられた意見のいくつかを紹介する。何かまとまった結論を得るということよりも、ざっくばらんに意見を出し合うことで、参加した個人個人が具体的な行動を起こすきっかけとなるような場にすることができたのではないかと思っている。

(1) 教科書をつくれないか？

炉物理の若手からの提案の中で、学ぶ環境の整備の一環として、教科書を作ってはどうかという提言を発端として、新たな教科書を作ることに関して議論された。教科書をつくることを考えたときに何が障害となるかをフロアの教科書執筆経験者に尋ねると、「時間がものすごくかかる」、「その割に、業績として認められにくい」といった課題が挙げられた。また、「教科書は正しいことしか書けない」、「正解がわかっていることしか書けない」という点で「最先端のことは書けない」という意見も挙げられた。これに対して、「紙媒体ではなくウェブで公開し、どんどん修正していくといったスタイルは考えられないか」、「従来型の教科書ではなく、新しい発想での情報を集約したツールという考え方もできるのではないか」、「情報を一か所にまとめておくことができれば、より効率的に学ぶことができるのではないか」といった意見が上がった。「効率的に学ぶ」ということについては、学ぶ際に「寄り道」することも重要で、そのことがより深い理解につながったり、視野が広がったりすることに有効であり、必ずしも効率的に学べることだけがよいとは言えないのではないかという発言があった。

セッションには、再処理・リサイクル部会にご所属の方もご参加くださり、再処理・リサイクル部会の事例をご紹介いただいた。現在、部会で分担して教科書を作っており、担当分を作成してはウェブページで公開するというスタイルで運営しているとのことであった[4]。初学者がある分野を体系的に学ぶには教科書は有効であり、中堅以上の方にとっても振り返りに役に立つ、とのご意見をいただいた。

(2) 学生への魅力の伝え方

これから学ぼうとする学生のすそ野を広げるために、いかにしてこの分野の魅力を伝えるかという議論では、「ビジュアル的に見せることも大事」、「自由な発想での原子炉コンテストのようなイベントはどうか」といった意見が上がった。核図表を立体的に見せるという取り組み[5]のように、ビジュアルに表現することで見る人の興味を喚起することができるのではないか」、「炉物理は、炉心計算結果などをグラフィカルに表現しやすいの

ではないか」、「核データの断面積の図などはなかなか魅力的に表現しづらいところがある」といった意見があった。また、自由な発想での原子炉コンテストについては、「鉄腕アトムやガンダムなど、原子炉を搭載している設定になっている一般的によく知られたキャラクターがある」、「既成概念にとらわれない自由な発想があってもよいのではないか」、「夢のあるプロジェクトがないと惹きつけられないのではないか」といった意見があった。

(3) 共同利用施設の利用者のすそ野を広げること

議論の中で、実験のテクニックなど、教科書や論文に記載のないことだが、技術的に重要な情報を如何にして伝承するか、という問題提起があった。「ウェブ上にメモを残せるようにしてはどうか」といった意見があったが、「あまり効果的ではないのではないか」、「一緒に実験する中で伝わっていくという類のものではないか」といった意見があった。「京大炉や J-PARC の利用者が固定化してきている気がする」、「もっと多くの方に利用してもらえることも重要ではないか」、「成果を出すという意味では同じ施設を継続して使用した方がよいが、技術の共有という観点では相互に実験するということもまた意味があるのではないか」との意見も上がった。限られた実験の場をいかに有効に活用するかということもこの分野の関係者は念頭に置く必要があるように思われた。

6. おわりに

最近、学会の企画セッションにおいて「人材確保」、「人材育成」をテーマとしたセッションが数多く行われているように思う。確かに、東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、原子力業界として次の世代を積極的に確保し育成する必要があるという問題意識を強く持っているという現状があり、そのことがこうしたセッションを企画することにつながっていると思われる。今回の合同企画セッションでは、現状の問題点の共有もさることながら、若手研究者の具体的なアクティビティ紹介や提言を発信し、それについて議論する場とした。学生との座談会の意見で、「あまり人材育成を強調すると、その分野は人が足りていない、将来のない分野と見られてしまうのではないか」という発言があった。魅力を伝えるにはどうしたらよいか、ということに対し、問題点を挙げ、解決を図るだけではなく、もっとアクティブな姿を見せることが重要だと思う。今回の議論が、セッションの中だけにとどまらず、具体的に形となっていくよう、若手として動いていく必要があると考えている。

参考文献

[1] 炉物理分野の人材育成の現状と今後の課題、炉物理の研究第 67 号(2015/3)：
http://rpg.jaea.go.jp/else/rpd/annual_report/pdf67/No67-05.pdf

[2] 原子炉物理学分野の人材育成とモチベーション向上策検討のためのアンケート：
http://rpg.jaea.go.jp/else/rpd/report/kikaku/2014_autumn_meeting_questionnaire.html
[3] 日本原子力学会原子力青年ネットワーク連絡会（YGNJ）公式 facebook：
https://ja-jp.facebook.com/ygnjapan
[4] 再処理・リサイクル部会ホームページにて公開されているテキスト「核燃料サイクル」：http://www.aesj.or.jp/~recycle/nfctxt/nfctxt.html
[5] 小浦寛之、3 次元ブロック核図表 -同位体の理解のために、放射化学 第 30 号 2014：
http://www.radiochem.org/rad-nw/rad_nw30.pdf