

巻頭言

炉物理のための9プリンシプルズ¹

日本原子力学会 炉物理部会 部会長
名古屋大学 山本章夫

1.権威より創発

原子力学会での炉物理部会のセッションは、質疑が活発であると感じている。大変好ましい傾向だ。この「権威より創発」というプリンシプルは、「大御所がいて、重々しくコメントする」というイメージではなく、多くの多様な方からの活発な質問やコメントにより、新たな発見があったり、ブレークスルーが生まれたりすることの重要性を示しているのであろう。後述の「7.能力より多様性」と似た側面がある。学生を含む若手からの活発な質疑、特に既存研究を適切に批判し、新しい視点を提示するような質疑を期待したい。

2.プッシュよりプル

伝統的な炉物理の講義は、「先生が生徒に教えている」イメージであろう。つまり、先生から生徒に情報を「プッシュ」している形である。

一方、Youtube などには、世界有数の大学が OCW(OpenCourseWare)として、様々な講義を配信している。原子力工学に関するものもある。ある学術分野に興味のある者は、このような材料を主体的に視聴することで(情報を「プル」することで)、この分野を浅くも、深くも学ぶことができる。私も、気になったトピックについて、時々OCWで勉強している。このような「プッシュよりプル」の世界では、単に講義だけをやっている教員は淘汰されていくのかもしれない。

今後、炉物理の講義を担当できる大学教員の数が増減していく可能性も考え、炉物理を学びたい者が教材を「プル」することで入手し、独学でも学べる環境を作っていく必要があるだろう。炉物理部会では、このような背景のもと、初学者向けの教科書を作成する方向で作業を進める予定である。また、炉物理に関連する様々な技術文献を「プル」で入手しやすくするため、このような炉物理関係の情報のインデックス(ポータル)サイトを整備することを検討する。

3.地図よりコンパス

地図にはどこに何があるかが記載されている。すなわち、どこにどのような課題があるかを示している課題表(ロードマップ)がこの地図に相当している。しかしながら、研究開発や技術開発には知識の不十分さ、外的環境などに起因する不確かさが必ず存在する。そのため、開発の進捗に伴って、現在認識されていない課題が新たに浮上したり、情勢の変化により従来は課題でなか

¹ 本稿は、伊藤穰一他、「9プリンシプルズ：加速する未来で勝ち残るために」、早川書房、(2017)の内容を参考としている。

ったものが新たに課題になったり、逆に、現在課題であるものが課題でなくなる場合などが考えられる。つまり、地図(ロードマップ)は不完全なものと考えておく必要がある。このように不確かさの大きな状況において、大局的な方向を誤らないためには、どちらに進むべきかを示す指針(コンパス)が必要となってくる。

炉物理部会では、2017年に炉物理分野の研究開発ロードマップをローリングし、更新した²。この中で技術課題に関するロードマップに加え、「炉物理の Vision と Mission」を作成した。この Vision と Mission がコンパスに相当するものであり、地図(ロードマップ)を見る際には、必ずコンパス(Vision と Mission)を合わせて確認しておくことを推奨したい。

4.安全よりリスク

原子力分野の合言葉は「リスク低減」、つまり「リスクより安全」であり、このプリンシプルは一見それに反しているように見える。だが、このプリンシプルは、原子力施設の安全性について言及しているのではなく、研究開発などの取り組みに関する姿勢を述べているものと考えることができる。

一般的に、成果の大きさ(革新度合い)と、その成果を上げるための困難さは比例関係にある。安全、すなわち研究の困難さはさほど高くないが成果の大きさもそこそこ、という研究開発だけではなく、ハイリスクハイリターンの研究にも手を出すべきであり、真に革新的な成果はそのような取り組みから生まれる、ということであろう。電通の鬼十則にも「難しい仕事を狙え、そしてこれを成し遂げるところに進歩がある」と書かれている。大学に籍を置くものとして、自戒の念とともにこのプリンシプルを実践したいと思う。

5.従うより不服従

「守・破・離」という言葉がある。初学者はまず従来の型を「守」ることでその分野に精通し、従来の型を「破」ることで新たな型を作り出し、そして新たな型とともに従来の型から「離」れていくプロセスを表したものである。このプリンシプルは、「破・離」のプロセスを表したものである。大学では、卒論・修論で「守・破」のプロセスを、学位論文で「離」のプロセスを教育するものと考えているが、一方で、初学者が最初から「破」したり「離」したりしないように(そういう学生が時々いる)、目配りも必要である。

初学者には、従来の型、すなわち現在の炉物理を教えるわけであるが、留意しないとイケないのは、現在の学問体系が必ずしも完全なものではないことを強調しておくことではないか。例えば固有値(=実効増倍率)という概念があり、核分裂中性子源を固有値で割るという操作を(多くの場合、何の疑問も持たずに)行っている。しかし、これは人為的な操作であり、体系が臨界から遠い場合に破綻することは周知のとおりである。また、物理的な考察から「中性子束は連続」という条件を守っていたことから、不連続因子が開発されるまで均質化問題は難題であった。こ

² <https://rpg.jaea.go.jp/else/rpd/roadmap/index.html> (炉物理ロードマップで検索)

これらの例は、従来の型に「従いすぎ」と、それが弊害になり得ることを示している。

6.理論より実践

2017年炉物理ロードマップにおいて、炉物理の Vision は、「・・・原子炉の物理を深く理解し、安全に制御することにより、人類社会の健全かつ持続的な発展に寄与する」とされている。すなわち、炉物理は、「人類社会に貢献する」ことが目的である。このため、理論だけではなく、それを何らかの形で実用に供することは重要であろう。私自身も、開発した解析手法を実際に適用してみると、新たな課題が出てきたり、使い物にならなかつたり、ということを経験した。また、この過程で出てきた課題への対処が新たな手法の開発につながったりしたこともある。これは、実践の重要性を示しているのであろう。

炉物理部会は、プラントメーカー、エンジニアリング会社などの産業界と密接な連携をしているが、一方で、「実践」に直接関連している原子力事業者とは十分に連携できていない側面があるように感じている。今後の課題であろう。

7.能力より多様性

攻殻機動隊(アニメ)の草薙素子は、「戦闘単位として、どんなに優秀でも同じ規格品で構成されたシステムは、どこかに致命的な欠陥を持つことになるわ。組織も人間も同じ。特殊化の果てにあるのは、ゆるやかな死…それだけよ」と言っている。名言である。炉物理の Vision に記されているように、炉物理でカバーすべきは、従来の「炉物理」だけではなく、原子炉内の様々な物理現象を含めた「原子炉の物理」である。従来の「炉物理」も非常に範囲が広いが、特定の分野に研究が集中することは健全でなく、炉物理分野全体として研究の多様性が維持されているかどうか、留意しておく必要があるだろう。このような多様性が、炉物理の健全な発展につながるものと考えている。

8.強さより回復力

回復力(レジリエンス)は、福島第一事故後の原子力界のキーワードでもある。発電所の設備の安全余裕を十分にとるだけではなく(強靱にするだけではなく)、被害が発生したときの回復をできるだけ早くするようにしよう、という考え方である。

炉物理分野では、レジリエンスに着目した(あるいは、これに関連した)議論はあまりなされていないように思うが、このような切り口で考えてみると、何か新しい進展が期待できるかもしれない。例えば、誤差が急激に悪化しない手法、手法の改良が必要になったとき、改良がしやすい理論、などのイメージであろうか。

9.モノよりシステム

この「システム化」は日本の不得意分野であるといえる。原子力でいうと、「モノ」すなわち個々のハードウェアについては、優れていると考えられるが、これを統合し、全体として最適化

しつつ運用する側面については、まだまだやることがありそうである。炉物理分野においても、個々の「モノ」(例えば計算コード)は、優れたものがあったとしても、システムコードについては、海外のもの(例えば、SCALE システム)にほぼ依存しているのが現状である。

現在、海外では SMR が注目されている。SMR には、小型の原子炉を多数基動かすコンセプトもあり、「システム」の概念がより重要になろう。「システム化」については、ハード、ソフト含めて、取り組むべき課題が多くあることを指摘しておきたい。

(2018 年 10 月 5 日)