

<特集 2・若手教員の声>

大阪大学における炉物理の教育活動

大阪大学大学院 工学研究科 竹田 敏

2017 年 4 月 30 日

1. 大阪大学における炉物理の教育

著者の紹介も交え、大阪大学における炉物理に関する教育を紹介したいと思う。大阪大学において炉物理が関係する専攻は、著者の所属する環境・エネルギー工学専攻となる。名前のおおりに、原子力を含むエネルギー系の研究室だけでなく、都市計画や環境保全を専門とする環境系の研究室も含まれている専攻である。著者は同専攻を修了しており、修士のころは原子力を専門としていたにも関わらず、都市計画法も学んでいた。このように、幅広く学べることがこの専攻の特徴であるが、一方で自分の専門分野を深く理解するためには、自発的に勉強することも重要だと著者は考えてきた。

このため、まだ著者が学生の頃は、炉物理に関しては授業よりも図書館で勉強することが多かった。「原子力」と記載された本を適当に探して読んでいたが、要領が悪く、本に記載されている例題を解きながら少しずつ理論を理解してきた。そのような状況下で、指導教官であった中村隆夫先生と北田孝典先生が「原子炉主任技術者試験の勉強会」を開催すると聞き、炉物理を勉強する良い機会と感じて参加することとした。

この勉強会は、原子炉主任技術者試験の問題を学生が解き、その解答について教員を含む他の参加者が確認する形式をとっている。炉物理に関する問題が多く含まれている試験科目「原子炉理論」については何とか理解できるものの、試験科目「原子炉の設計」については問題の意味すら理解できなかったことが記憶に残っている。「原子炉の設計」では流体力学に関する問題も含まれており、炉物理を専門とする人には馴染みの少ない科目である。ただし、炉物理とは直接関係ない科目も勉強したからこそ、(当たり前ではあるが)炉物理は原子力の中核となる一分野であることを理解できたと思う。

上記のように、カリキュラム上、大阪大学では必ずしも炉物理の授業を多く実施しているわけではない。そのため、炉物理の理解のためには、授業外の勉強の機会提供が重要と考えている。2017 年度からは研究室ゼミとして「炉物理勉強会」を始めており、研究室横断的な「原子炉主任技術者試験の勉強会」も併せて活発な炉物理教育を実施したいと考えている。

これらの勉強会では学生の理解度も確認できる。理解度をふまえ、今後どのような勉強を実施する必要があるかを考えている。例として、これまでに実施した「原子炉主任技術者試験の勉強会」の内容の一部を紹介する。

2. 原子炉主任技術者試験の勉強会の様子と抱負

ある学生(A 君)は「原子炉主任技術者試験の勉強会」に初めて参加することとなり、「原子炉理論」の担当をすることとなった。A 君は徹夜で「原子炉理論」を解き、その解答案を勉強会で説明した。問題の一つは非常にシンプルで、要約すると以下のものであった。

「無限に広く厚さがゼロで単位面積当たり毎秒 S 個の中性子を放出する平板中性子源が $x=0$ をとおりに yz 平面に平行に置かれているとする。このとき、1 群拡散理論を用いてこの体系の中性子束分布を求めよ。」

上記の問題を読み、炉物理を専門分野の一つにしている多くの学生は、“教科書で似たような問題を見たことがある”とか、“またこの手の問題か”と感じると思う。この問題を解くにあたって、A 君の解答案で最初に示されていた式は以下のものだった。

$$-D \frac{d^2 \phi(x)}{dx^2} + \Sigma_a \phi(x) = S$$

上式は $x=0$ では誤りにはならない。しかし、この問題では平板中性子源の厚さがゼロであり、 $x \neq 0$ では中性子源(S)が存在しないため、中性子源(S)を含めたこの式は中性子束分布を表す式としては適切とはいえない。解答案ではこの後に一般解と特解を導こうとしていたが、結局正しい解にたどりつけなかった。

A 君にはより一層勉強に励んでもらう必要があるが、このような簡単な問題さえも容易に解けない学生が一定数いる。理由は単純で、研究の場では上記のような問題を解く場面が非常に少なくなっているからと考えている。例えば、ある体系における中性子束分布を確認したいという状況になったとき、多くの場合は計算式を解くことはせず、核計算コードを実行するだろう。

では、計算機能力が発達した現在では、研究の場で数式を解く能力は不要になったかというところ、決してそうではないはずである。研究においては、数式の各項の意味することと解の意味を理解する必要がある場面が多々あるからである。このため、数式を解く過程で数式の意味を理解することは重要と感じている。

先の式については“適切とはいえない”と述べたが、普通に解いていけばすぐに誤りに気付くと思われる。 $x=\infty$ の時に $\phi = 0$ が成り立つという境界条件を設けたとき、 $S=0$ が成り立たなければならないからである。このような気付きは何度も問題を解いていけば自然と身につくはずであるため、問題を解くよう学生を促すことが教員として必要と感じている。

ここではあえて初めて勉強会に参加した A 君の失敗例を述べたが、勉強会に何度も参加している学生は明らかに教育効果が見られている。例えば、勉強会に長く参加している学生 B 君は、以下の問題を難なく解いていた。

「半径 R の球体の中心に毎秒 S 個の熱中性子を放出する熱中性子源がおかれている。一群拡散理論を用い、熱中性子の平均速度を v とし、球内に存在する全中性子数を求めよ」

この問題を読み、すぐに解答できる学生はどれだけいるだろうか。個人差はもちろんあると思うが、少なくとも B 君は勉強会で問題を解いているうちに、上記のような問題であれば苦手意識なく解けるようになってきたと聞いている。やはり、何度も問題を解くことが重要と思われる。

長々と文を書いたが、炉物理に関係する教員となった以上、学生には炉物理の基礎を理解してもらってから社会で活躍してほしいと感じている。そのためには、問題を数多く解くなどして自分で数式をフォローすることが重要と考えており、学生に数式をフォローするよう促すことが教員として必要だと考えている。そのような教育の過程で、著者も学生とともに炉物理の理解が深まれば、これ以上の喜びはない。以上