これまでのふりかえり、今後を展望する(加速器・ビーム科学部会)

加速器物理学の研究から始める原子力学への教育展開

Nuclear Human Researcher Development from Accelerator Physics

坂本 文人

Fumito Sakamoto

KEYWORDS: *Accelerator, Education, Nuclear Engineering*

はじめに

2011(平成23)年3月11日に発生した東日本大震災を発端とした東京電力福島第一原子力発電所(以下、1F)における放射能飛散事故以降、言うまでもなく原子力に関する確実に正しい知見の教育と、それを基盤とした若手技術者への教育および育成は大きな社会問題となっていると言えるだろう。

筆者が所属している全国51校ある国立高等専門学校(以下、国立高専)においては、高度経済成長期を背景として昭和37年に設立されて以降、企業および研究所へ多くの技術者を輩出してきた。それらの企業や研究所の中には原子力に関連する企業および研究所も多く存在している。しかしながら、国立高専においては「原子力」を冠した専門学科はもとより、原子力に特化した専門科目をカリキュラムに取り入れている国立高専はないのが現状である。エネルギー自給率がわずか6%と乏しい我が国においてエネルギー源としての原子力は極めて重要であり、日本における今後のエネルギー政策を考慮しても、国立高専における原子力分野のしっかりとした教育体制の確立が急務となっていた。

このような現状を背景とし、国立高専では全国51高専の母体となる国立高専機構が代表として、文部科学省(以下、文科省)の国際イニシアティブ事業「機関横断的な人材育成事業」に応募・採択され、1Fにおける事故以前の2010(平成21)年度より、高専学生を対象とした原子力における教育を重点的に展開してきた^{1, 2)}。2018(平成30)年度に至っては、原子力に関する専攻を有する大学や電気事業連合会を通じて全国の民間電力会社への学生派遣による短期インターンシップ(図1)や、TV遠隔講義システムやe-Learning教材の開発と運用を実践してきており、これまでに延べ人数ではあるが約10,000人の学生への教育を展開してきた。今後も、この教育システムの確立活動を続け、最終的には原子力に特化した専門科目のカリキュラムへの取り入れへと繋げていきたいと考えている。

図1 東北電力女川原子力発電所におけるインターンシップの様子(新安全基準に適應した防潮堤の見学の様子)

加速器物理学からアプローチする原子力教育

「原子力」というキーワードから何を連想するかと学生達に問い掛けると、ほぼ全ての学生が「原子力発電」と回答する。日本原子力学会の各部会が示しているように、「原子力」といってもその分野は幅広く、原子炉物理学のみならず、人工的に荷電粒子線(放射線)を電磁波のエネルギーを利用して高エネルギーに加速させる「加速器」も原子力を担う重要な分野である。

近年では、加速器によって加速された電子ビームをタングステンターゲットに照射する際に発生する制動放射X線は、テーブルトップ型の超小型加速器による低エネルギーの電子ビームを用いることで屋外における利用も可能になることから、橋梁などのインフラの非破壊検査に大きな威力を発揮するため、インフラ整備への貢献に大きな期待が寄せられている³⁾。また、更に高エネルギーに加速させた電子ビームとレーザーパルスとの相互作用(逆コンプトン散乱)によるガンマ線の応用利用も大きな注目を浴びている⁴⁾。これは、高エネルギーに電子ビームを加速させる必要があるため、加速器自体の規模は先述の小型加速器と比較すると大きくなるが、貨物やトラックの荷台に隠蔽された特に重元素などの核物質の特定に大きな威力を発揮する。

これらの技術を 1F に代表される今後廃炉作業を必要とする原子力発電所や、定期検査に適用することで、その作業の効率化に繋がることが期待されることから、今後の加速器物理学における若手研究者および技術者の育成も、原子力業界においては急務と言えるだろう。

秋田工業高等専門学校における 加速器研究

筆者が所属する秋田工業高等専門学校(以下、秋田高専)も国立高専が実施する原子力事業に参画しており、これまでに多くの学生を企業および研究所に卒業生を輩出してきた。しかしながら、他の国立高専と同様に原子力に特化した専門科目がなく、原子力に関連する研究室も筆者の研究室のみである。秋田高専に着任して早いもので約 10 年が経とうとしているが、着任当初は卒業研究生を受け入れるものの加速器の研究を行うために必要な実験機材はもとより、実験スペースの確保に大変な苦労を伴った。

まずは与えられた環境下で加速器の研究を継続させるため、有限要素法や時間領域差分法といった計算手法を駆使して、加速器における空洞共振器内部の電磁場・荷電粒子のダイナミクス解析プログラムの開発から研究をスタートさせた(図 2)⁵⁾。この研究を共にに行った卒業生は、積極的にプログラミング技術を身に付け、卒業後は高エネルギー加速器研究機構(KEK)に就職し、スーパーKEKB 計画の加速器制御部門の技術職員として研究開発の最先端で活躍している。

また、最近では放射線相互作用のモンテカルロ計算コードである Geant4 を用いて、加速器から発生する電子ビームを応用した放射性核種である Cs137 の安定な核種である Ba への核変換の研究も展開している⁶⁾。この研究は Geant4 の開発グループの一員でもある富山高専の阿蘇教授や、KEK の計算機センターの皆様のご協力の下実施している。現在は基礎検討段階であるが、小型の加速器で除染システムが実現できれば、1F 事故で飛散した Cs137 の除染作業の効率化にも繋がり、廃炉作業の効率化のみならず、1F 近隣の除染にも貢献できると考えている。

今後は、秋田高専キャンパス内に実験スペースを確保できたこともあり、産業技術総合研究所(産総研)や東京工業大学、大阪大学の方々のご厚意により、高周波増幅器(クライストロン)の設置作業を進めている。これにより、シミュレーションによる基礎検討研究のみならず、高周波デバイスの設計から製作・性能評価までを行えると期待している。

学会を跨いだ研究者との情報交換と 協力体制の重要性

これらの研究活動は、筆者一人で展開できるものではなく、様々な研究者の方々からのご助言を頂いて進めて

図 2 開発した有限要素法コードによる
加速空洞内部の電磁場分布

図 3 秋田高専に設置予定の高周波増幅器

きている。時には学会や分野の枠組みを横断し、ご助言を頂いた事も多くあった。特にシミュレーションコードの開発においては、日本シミュレーション学会の皆様には学会発表の際に貴重なコメントを頂いた。また、日本における加速器物理学の総本山とも言える日本加速器学会においては、国内外における加速器技術の最先端とその応用利用についての議論が活発に行われている。日本原子力学会の加速器・ビーム部会も、これらの学会との情報交換および交流の場を持つ事が今後の加速器物理からアプローチした原子力業界への貢献に繋がっていくものとする。

－ 参考文献 －

- 1) 紀聖治 他 日本原子力学会誌, Vol. 57, No. 9(2015).
- 2) S. Kino et.al, IEEE 2015 IEEE 7th International Conference on Engineering Education (ICEED) : (2015).
- 3) 上坂充 他 第 15 回日本加速器学会年会 THL004.
- 4) 羽島良一他 第 15 回日本加速器学会年会 THP021.
- 5) 佐々木信哉 平成 24 年度 秋田高専卒業研究論文集.
- 6) 渡邊柚乃 平成 29 年度 秋田高専卒業研究論文集.

著者紹介

坂本文人(さかもと・ふみと)
秋田工業高等専門学校 創造システム工
学科