Focus 国内外の原子力教育事情 (6)

カナダ・マクマスター大学における原子力工学教育

マクマスター大学 長崎 晋也

KEYWORDS: *Canada, McMaster, UNENE, IRC, research and project-based education*

I. カナダの原子力エネルギー利用の現状

現在オンタリオ州で18基、ニューブランズウィック州で1基の商業発電用 CANDU 炉が稼動し、オンタリオ州では電力の6割を供給している。オンタリオ州の CANDU 炉から発生した低・中レベル放射性廃棄物処分場は、同州キンカーディン町で計画が進み、連邦政府による建設許可待ち段階にある。国内の CANDU 炉から発生する使用済み燃料については、核燃料管理機構によってオンタリオ州の5自治体でサイト選定が進められている。現時点では原子力発電所の新規建設計画はなく、ピッカルング発電所の全6基は2020年代に停止することが決まっている。その他の発電所についてはリファーマビッシュメントを実施して運転時間が延長されることになっている。また、アルゼンチンやインドへの CANDU 炉輸出の可能性と、オンタリオ州北部遠隔地への小型モジュール炉導入の可能性の検討が行われている。

カナダで原子力工学に関する体系的な教育を実施している大学は、オンタリオ州のマクマスター大学工学物理学学科とオンタリオ工科大学エネルギーシステム&原子力科学科だけであるが、研究・教育の観点から中核を担っているのはマクマスター大学である。そのほか、トロント大学など多くの大学に、研究分野の一部として原子力に関係する研究を実施している教員が所属している。

II. マクマスター大学工学物理学学科

マクマスター大学は1887年に設立され、設立時から工学分野がそして最近では生命科学分野が強い大学として知られ、most research intensive university in Canada とされる。

工学物理学学科は、原子力工学、生命工学、ナノテク&マイクロシステム工学、フォトリソグラフィ工学の4分野をカバーし、19名の教員、1学年50名程度の学部生と30名ほどの大学院生のほか、非常勤教員や学生実験担当技術者などで構成されている。

原子力工学を専門とする教員は、著者を含めて4名で、

Education of Nuclear Engineering at McMaster University, Canada : Shinya Nagasaki.

(2018年11月19日 受理)

その専門分野は原子炉物理、原子力システム安全、熱水流動工学、核燃料サイクル・放射性廃棄物管理工学などである。4人とも原子力産業界での経験を有している。そのほか、原子力産業界に勤務し、その専門分野で高い業績や実績を上げている5人が非常勤教授や准教授として任命され、教育や大学院生の研究指導に参加している。工学物理学学科に進学する学生の関心は上述した4分野でほぼ均等であり、毎年20名程度の学生が原子力工学の教育プログラムを履修している。

III. 原子力工学教育の概要

マクマスター大学工学部の1年生は、工学一般、物理、数学、一般教養科目などを履修し、その成績と希望に応じて2年生から各学科に配属される。工学物理学学科では、学生に対して4分野ごとにどのような講義・演習を履修することが望ましいかのモデルを提示している。

モデルでは、2年生は、統計熱力学、電磁気学、応用数学、量子力学など4分野共通科目を履修することが推奨されており、3年生以降でエネルギーシステム論、信号処理論などの共通科目とともに、原子力工学基礎、先進原子力工学、プラズマ工学、原子炉制御、原子力安全、原子力プラント工学など原子力工学関連講義とともに、原子炉を用いた実験などが提供されている。

放射線医療や放射線管理などは理学部で実施されており、理学部において放射線計測を含めた講義が提供されている。原子力工学を勉強したい学生は、これら他学部の講義の履修も薦められている。さらに、成績が優秀な学部生は、1年生の段階から夏休み期間中に、教員が行っている研究に夏期研究学生として参加(給与は教員負担)することもできる。

マクマスター大学には、イギリス連邦内で初めて大学に設置された原子炉(MNR)が1959年から研究・教育に供されてきている。また2015年にはホットセルが導入され、学生教育にも利用されている。

著者の東京大学での学生ならびに教員としての経験とカリフォルニア大学バークレー校での Visiting Professor としての経験から、マクマスター大学における原子力工学教育は、原子力工学分野における世界的トップクラスの大学のそれと遜色のないものと言える。これは、

Big in McMaster や Big in Canada は意味がなく、グローバルに戦い、生き残れる人材の育成が不可欠であるとの認識によるものである。

IV. カナダのユニークな点

マクマスター大学の原子力工学教育プログラムは、世界の他大学のものと大きく変わらないが、カナダ全体として見た時、二つのユニークな事項がある。

1. UNENE

カナダの大学における原子力教育、研究開発能力の支援と開発のための、大学(マクマスター大学、オンタリオ工科大学、クイーンズ大学、ウォータールー大学など)、原子力産業界、研究機関、および規制当局からなる連合組織として、UNENE (University of Excellence of Nuclear Engineering)が2002年に設立された。

UNENE は、理学・工学系への国の研究費支援組織 NSERC(The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada)の Industry Research Chair(IRC)プログラムにコミットしている。このプログラムは、産業界と州政府からの人的・財政的支援を必須とし、その上で産業界と州政府の政策を指導できるだけの研究・教育実績のある研究者に当該称号を付与し、彼らを通して大学のインフラ整備を含む研究・教育の向上・発展を促すことを目的としている。5年間程度、数百万ドルから数千万ドルの規模で、その50%以上は産業界が負担する。一般にカナダの原子力産業界は、個別に研究費支援を要請しても「石から水を搾り出すより困難」とされるが、UNENE の枠組みを通して原子力産業界や政府機関からの柔軟かつ積極的な人的・財政的支援を可能としている。IRC は研究からスタートしているが、研究を通しての教育への効果的なフィードバックが期待されており、実際人材育成はその主目的の一つでもある。原子力関連の IRC はマクマスター大学から継続して出しているが、UNENE を通して原子力界全体の支援を受けるため、少ない教員資源でも研究と教育の両面で成果を挙げることができている。言い換えると、産業界と政府機関の参画を得ているため、産業界の現実的要求と納税者への説明責任を果たせるだけの研究成果と人材育成成果が求められることになる。

UNENE は、そのほかにもマクマスター大学やオンタリオ工科大学と連携して、原子力での修士学位を有しない原子力産業界の技術者向けに学位(UNENE M. Eng. や UNENE Diploma)取得のためのコースを設置している。

2. 国家的関心を反映した研究・教育

たとえば、GEN-IV の一つのオプションでありカナダが関心を表明している「超臨界圧軽水冷却炉」について、2009年12月から5年間、5千万ドル以上の規模で実施された研究プロジェクトベースの教育がある。そこでは、カナダ資源省(連邦政府)、オンタリオ州政府、NSERC が出資者となり、国内20大学と AECL が参加した。超臨

界圧軽水環境における化学と材料、超臨界圧での熱流体力学、炉安全などが主要課題として取り上げられ、これらの研究を通して原子力工学に関する教育が行われた。

超臨界圧軽水冷却炉に続くプロジェクトとして、昨年に、マクマスター大学を中心に10以上の大学、原子力産業界、カナダ資源省、NSERC が一体となって「小型モジュール炉」に関するプロジェクトが始まった。

カナダ資源省、原子力産業界、NSERC が支援する具体的なプロジェクトの存在は、寿命延長・廃炉以外に仕事がないような斜陽産業とは違い、カナダの原子力界には進むべき方向(夢)があるという強力なメッセージを学生に与えており、日本の原子力界も参考にすべきであろう。また、UNENE やカナダ政府は、福島第一の廃止措置への参画を通して、日加での人材育成を行いたいという希望も有していることにも触れておく。

V. 最後に

著者がまだ東京大学に在籍していた頃の日本の大学との違いを最後に紹介する。カナダの大学の工学部はカナダ国籍の州民といえども、年間授業料は1万数千ドル。学生は投資への見返りを強く要求するし、大学入学後の学生の多くは真剣に勉強する。工学部の全授業内容は、学生による授業評価とカナダ工学認定機構(CEAB)による評価などを通して見直される。学生評価は昇任・年俸に直結し、CEAB 評価は技術者必須国家資格の卒業生への受験資格付与に直結している。教員は講義開始前に、講義目的と評価項目・基準を明確にする必要があり、また宿題や実験レポートはコメントを付して必ず次の宿題やレポート作成時までに返却しなければならない。同じ箇所・項目での2回目の間違いは、学生の落ち度ではなく、間違いを事前に正さなかった教員の落ち度になる。そして、単に教えるだけではなく、メンター制度、チュートリアル時間も講義とは別に設定もされている。また留学生をカナダにとっての戦略的パートナーの卵と考える。

大学教育のあり方は、小学校からの教育のあり方とも関係し、また国の財政状況、国・産業界の教育への期待の本気度などにも強く依存するため、単純な日加の比較は意味はないし、日本版 UNENE を作るべしという気もない。ただ、昨年半年日本に滞在して、カナダとの比較において日本の原子力工学を履修している学生の基礎能力は弱いと感じており、日本はなんらかの本気の対応が至急必要ではないかと感じてはいる。

著者紹介

長崎晋也 (ながさき・しんや)

マクマスター大学

(専門分野)核燃料サイクル・放射性廃棄物管理工学