

## バックエンド分野における人材育成について

小崎完\*1

バックエンド分野における人材育成は重要な課題である。北海道大学では、2011年より文部科学省の補助金を得て、国際原子力人材育成イニシアティブ事業（原子力人材育成等推進事業）を実施し、その中で、インターネット上で公開され、必要な知識への自由なアクセスおよび、その教材の他者による自由な使用が担保されている、オープン教材の制作・公開を進めてきた。また、こうしたオープン教材を基に、MOOC（大規模公開オンライン講座）を国内外に向けて複数回開講し、多様な立場・世代へ学習機会を提供し、とくに若い世代への工学の魅力発信およびリカレント教育に有効な手段であることを確認した。さらに、オープン教材から得た知識を実践・定着させる場として、実験、実習、見学の機会を設けた他、海外研鑽の場として学生の海外派遣を実施してきた。一方、2020年からは、全国コンソーシアム・「未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム」の教材開発の拠点として活動を進めている。ここでは、これまで実施してきたバックエンド分野における人材育成活動を紹介するとともに、今後の展開ならびに課題を整理し、バックエンド部会への期待をまとめた。

**Keywords:** 原子力人材育成, オープン教材, 大規模公開オンライン講座 (MOOC)

### 1 はじめに

原子力を進める上で発電に伴って発生する放射性廃棄物の処理・処分、原子力施設の廃止措置など、原子力バックエンド分野の研究開発がますます重要となっており、多くの人材が求められている。とくにバックエンド分野の事業の多くは長期間にわたることから、世代を超えた長期間の人材育成が重要とされる。一方、近年、若い世代の理系離れが進み、2011年の福島第一原子力発電所の事故後はさらに原子力離れの傾向が顕著になっている。また、近年の大学では教員定数の削減など、その教育環境の維持も難しい状況になっていることから、バックエンド分野における人材育成は喫緊の大きな課題と言える。

国（文部科学省）は、過去10年以上にわたって、「国際原子力人材育成イニシアティブ事業（原子力人材育成等推進事業）」によって、大学、高専、研究機関、民間企業が提案する原子力・放射線教育プログラムを支援している。このうち、北海道大学では2011年度より「多様な環境放射能問題に対応可能な国際的人材の機関連携による育成」、2014年度からは「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育」が採択され、バックエンド分野を中心とした教育活動を進めてきた。さらに、2017年度からは、「オープン教材の活用による原子力教育の受講機会拡大と質的向上」、2020年度からは「機関連携強化による未来社会に向けた新たな原子力教育拠点の構築」が採択され、教育対象分野を原子力全体に広げたオープン教材の制作・公開ならびにそれらを活用した教育プログラムの国内の開発拠点として活動している。

本稿では、こうしたこれまでの原子力人材育成等推進事業の活動をご紹介します。これらの活動が、今後のバックエンド分野の人材育成の在り方を考える際の一助になればと願っている。

### 2 北大での原子力人材育成活動の経緯

北海道大学では、福島第一原子力発電所事故の直後、環境修復や放射性廃棄物処理・処分などを深く理解した国際的人材の育成が急務であると考え、国内の複数の大学、工業高等専門学校、研究機関、民間企業と連携して、原子力人材育成等推進事業「多様な環境放射能問題に対応可能な国際的人材の機関連携による育成（2011～2013年度）」を実施した[1]。この事業では、原子力や放射線に関する講義に加えて、実験、見学会、除染実習、市民向け講座、国際セミナーを組み合わせ、初級、中級、上級の3段階のレベルの教育プログラムを設定した。初級コースの講義から受講を始めた学生が、放射線計測を学び、上級コースでは、非密封RIを用いた実験、福島のフィールドでの除染実習に参加し、その成果を市民向け講座で発表するなど、設定した教育プログラムには高い教育効果が認められた。さらに、事業最終年度（2013年度）においては、それまで一般市民から多くの要望のあった講義の受講機会の拡大ならびに復習教材の提供を目的に、講義をオープン教材（OER, Open Educational Resources）としてインターネット上で無料で公開することとした[2,3]。これにより、必要な知識への自由なアクセスおよびその教材の他者による自由な使用を可能とした。このオープン教材を用いた教育（オープンエデュケーション）には、「教材蓄積」（対象分野の拡大、コンテンツの拡充改善）、「生涯教育」（中高生向け教育の充実、リカレント教育の充実）、「教育改善」（アクティブ・ラーニングの導入、学習管理システム(LMS)による教育改善）の3つの教育効果があるとされる（図1）。なお、オープン教材の制作においては、講義動画収録、編集、著作権処理、ネット上での公開など、専門性を必要とする一連の作業が求め

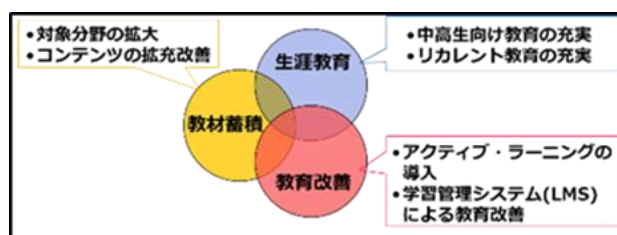


図1 オープン教材の教育効果

Human resource development in the field of nuclear fuel cycle and environment by Tamotsu KOZAKI (kozaki@eng.hokudai.ac.jp)

\*1 国立大学法人 北海道大学大学院工学研究院

Faculty of Engineering, Hokkaido University

〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第39回バックエンド夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

られるが、これらは、北海道大学内に新設された、オープンエデュケーションセンター (OEC) [ICT (情報通信技術) を活用した教育・学習支援ならびにオープン教材に関する研究開発組織]と連携することで当初から円滑に進めることができた。

2014年度からの原子力人材育成等推進事業「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育(2014～2016年度)」[4]においては、原子炉工学、廃炉工学、放射性廃棄物処分工学、環境放射能学、放射線科学、放射線生物学、核燃料サイクル工学の7科目を対象にオープン教材化を進め、これに実験、フィールド実習、見学会、国際セミナー、海外インターンシップ支援を加えた教育プログラムとした。また、2017年度からの原子力人材育成等推進事業「オープン教材の活用による原子力教育の受講機会拡大と質的向上(2017～2019年度)」においても同様の活動を進めた[5]。

図2に、バックエンド部会が、基礎的な知識の提供ならびに参加者相互の交流の機会の提供を目的として開催した「バックエンド週末基礎講座」の参加者数を示す。原子力人材育成等推進事業との共催とした2018年の同講座参加者は、学生だけで40名を超えるなど、その効果が伺える。

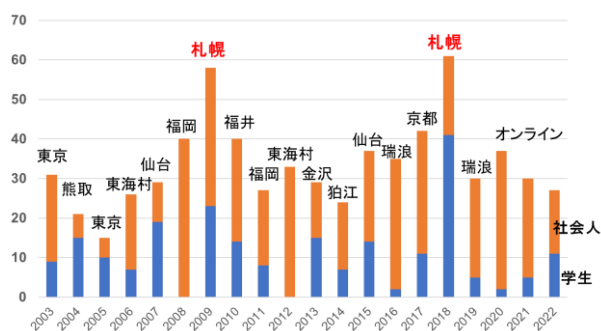


図2 バックエンド部会・週末基礎講座参加者数

一方、大学独自の教育活動として、複数のオープン教材をもとに、英語版の大規模公開オンライン講座(MOOC)『Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity』(図3)を制作し、国内外に公開した[6]。これには、履修登録者数が4,342名(世界133ヶ国)となるなど、大きな反響があった。



図3 MOOC(英語版)の開講

### 3 現在の北大を拠点とした原子力人材育成

2020年度より、原子力人材育成等推進事業が大きく変更となった。例えば、支援内容は、「複数の機関が連携してコンソーシアムを形成し、原子力分野において育成する魅力的な人材像を掲げ、既に有する人材、教育基盤、施設・装置、技術等の優位性ある資源を有機的に結集し、一体的に人材を育成する体制を構築する」とし、7年間の拠点形成計画が求められた。北海道大学では、新課題「機関連携強化による未来社会に向けた新たな原子力教育拠点の構築(2020～2026年度)」が採択された[7]。また、他に採択された5課題(6機関)とともに、原子力人材育成等推進事業のコンソーシアム「未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム(Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society: ANEC)」を構築することとなった[8]。図4にANECの体制図を示す。ANECでは、総会の下に、カリキュラムグループ会議(北大)、国際グループ会議(東工大)、実験・実習グループ会議(近大・京大)、産学連携グループ会議(福井大)が設置され、それぞれカリキュラムならびに教材面、国際教育活動面、実験・実習面、産学連携面で原子力・放射線教育プログラムを検討し、全国の大学生・高専生等にそれらを提供する体制となっている。また、各グループ会議間の連携・調整を行うため、補助事業のプログラムディレクター(PD)、プログラムオフィサー(PO)および拠点機関からなる企画運営会議が設置されている。

新たな体制下において、北海道大学はANECの教材開発の拠点として、開発教材の対象分野を広げることとなり、コアとなる講義の検討を進めるとともに、実験基礎知識となる講義、各大学の特色のある講義の収録・公開を検討している。そのなかで、バックエンド分野の教材は、これまでに制作・公開してきた教材を残しつつ、放射性廃棄物処分工学、廃止措置工学は、シラバスを再構築し、一連の講義として構成する方針で作業を進めることになっている。なお、著作権処理・編集後にインターネットで公開した講義数は累積で136を超え、これらの教材の累積再生数は102,983件に達している(2023年9月30日現在)。

一方、英語版の大規模公開オンライン講座(MOOC)に続き、日本語版の講座『放射線・放射能の科学』を制作し、計3回開講した(図5)[9]。履修登録者は計4,381名(2020年:2,636名、2021年:1,052名、2023年:693名)であった。2020年の修了者の半数以上が社会人であったことから、MOOCはリカレント教育の場として有効であることが示された。また、一定数の中高生の受講があったことから、若い世代への工学の魅力発信手段としても期待できることを確認している。

オープン教材による教育の効果を高めるためには、教材で学んだ知識を定着させる場として、実験、実習、見学会等の教育機会の提供が不可欠である。北海道大学拠点では、連携機関の協力を得て、加速器中性子源を利用した放射化学実験(北大)、静岡大学・浜岡原子力発電所における放射化学実験および原子炉シミュレータ実習(静岡大)、重イオン核融合反応実験(日本原子力研究開発機構)の他、幌延深

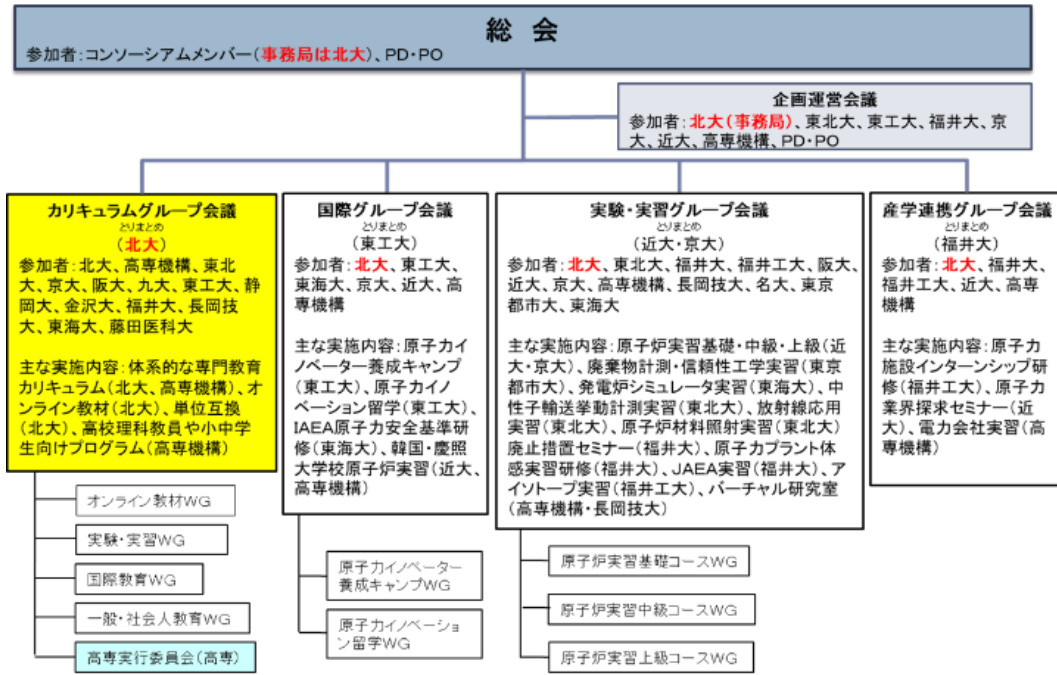


図4 ANECの体制図

地層研究センターにおける地層処分関連実習、高速炉実験炉「常陽」におけるシミュレータ実習、NSRR 研究炉を用いた炉物理実験（以上、日本原子力研究開発機構）を実施している。また、核燃料再処理施設および低レベル放射性廃棄物埋設処分施設(日本原燃)、大間原子力発電建設所(電源開発)、六ヶ所核融合研究所(量子科学技術研究開発機構)の見学会の他、泊原子力発電所(北海道電力)の見学会も実施している。一部の実験、実習、見学会においては、参加学生に関連のオープン教材の事前受講を課し、理解向上を図るとともに、参加者に対してアンケート調査を行い、その結果をオープン教材および教育プログラムの改善に活用している。

以上の文部科学省の原子力人材育成等推進事業を中心とした活動に加えて、北海道大学では、2023年7月に、原子力規制庁の補助事業である「オープン教材を活用した原子力規制人材育成プログラムの拡充(2023~2027年度)」が採択された[10]。この事業では、ANECの活動と並行して、5項目(「確率論的リスク評価」、「過酷事故・放射性物質の放出」、「原子炉工学」、「放射線防護」、「外部ハザードとその対応」)に関するオープン教材の開発とそれを活用した実験・実習・セミナー等を実施する計画である。



図5 MOOC(日本語版)の開講

#### 4 今後の課題

原子力を持続的に使用するためには、放射性廃棄物の処理・処分の問題を早急に解決すること、また福島第一発電所の廃炉を着実に進めなくてはならず、そのためには優れた人材を長期にわたって育成・確保することが必要である。若い世代の育成のためには、まず、若い世代をバックエンド分野に呼び込まなくてはならない。その手段として、進路あるいは研究テーマ決定を控えた高校生・学部生等にバックエンドが魅力的な分野であることをアピールする教材あるいは公開オンライン講座の制作・公開を進める必要がある。また、若い世代を受け入れる側として、バックエンド分野に不可欠な多様な専門学問分野を継続的に教育する体制を構築し、さらに国際性の涵養が図れる教育プログラムも提供する必要がある。現在のANECの事業では、教材開発の対象分野は広く、バックエンド分野はその一部であることを念頭において頂き、バックエンド部会ならびに部会員の皆様には、積極的に、オープン教材開発へのご助言・ご提案、コンテンツのご提供をお願いしたい。また、実習・実験・見学等の学習機会のご提供の他、国内外インターンシップならびに海外派遣等への支援をお願いしたい。

社会人(専門家)の数と質の向上も今後の課題である。オープン教材等を活用することで、社会人博士課程の教育を充実することや、リカレント教育体制の構築が求められる。バックエンド部会には、専門家教育のニーズ調査、産学連携の橋渡し、研究発表・交流機会の質的向上を期待している。

最後に、バックエンド事業への国民の理解の向上は最も大きな課題と言える。誰でも活用できるオープン教材の整備、MOOCの開講は学習機会を提供できるが、専門用語の使用を控えるなど、市民向けに内容を精査する必要がある。このためには、市民との交流の豊富な専門家の助言に加え

て、市民との交流や、初等中等教育関係者との連携を深めることが必要であり、この点においてもバックエンド部に期待するところが大きい。

## 謝辞

本講演の機会をご用意下さった、坂本義昭・バックエンド部会長ならびに運営小委員会委員の皆様には感謝申し上げます。本講演でご紹介した原子力人材育成活動は文部科学省の補助金によって実施した。文部科学省および同事業事務窓口の原子力安全研究協会の関係の皆様、PDの山本章夫・名古屋大学教授、POの黒崎健・京都大学教授に感謝申し上げます。また、北海道大学大学院工学研究院原子力安全先端研究・教育センターの中島宏特任教授、重田勝介教授（兼務）、渡辺直子准教授（兼務）ならびに拠点の活動にご支援頂いている関係者の皆様にお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 北海道大学: 原子力人材育成等推進事業「多様な環境放射能問題に対応可能な国際的人材の機関連携による育成（2011～2013年度）」(online).  
<http://env-rad.qe.eng.hokudai.ac.jp/> (accessed 2023-12-2).
- [2] 北海道大学: 原子力人材育成事業 オープン教材一覧 (online).  
<https://www.open-ed.hokudai.ac.jp/nucl-eng-edu-archives/> (accessed 2023-12-2).
- [3] 北海道大学: オープンコースウェア (online).  
<https://ocw.hokudai.ac.jp/> (accessed 2023-12-2).
- [4] 北海道大学: 原子力人材育成等推進事業「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育（2014～2016年度）」(online).  
<http://backend.qe.eng.hokudai.ac.jp/> (accessed 2023-12-2).
- [5] 北海道大学: 原子力人材育成等推進事業「オープン教材の活用による原子力教育の受講機会拡大と質的向上（2017～2019年度）」(online).  
<http://nucl-eng-edu.qe.eng.hokudai.ac.jp/> (accessed 2023-12-2).
- [6] edX: 大規模公開オンライン講座（MOOC）『Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity』(online).  
<https://www.edx.org/learn/environmental-science/open-education-consortium-effects-of-radiation-an-introduction-to-radiation-and-radioactivity> (accessed 2023-12-2).
- [7] 北海道大学: 機関連携強化による未来社会に向けた新たな原子力教育拠点の構築（2020～2026年度）」(online).  
<https://caren.eng.hokudai.ac.jp/anec/> (accessed 2023-12-2).
- [8] ANEC: 未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム (online).  
<https://anec-in.com/> (accessed 2023-12-2).
- [9] gacco: 大規模公開オンライン講座（MOOC）『放射線・放射能の科学』(online).  
[https://lms.gacco.org/courses/course-v1:gacco+ga140+2021\\_02/about](https://lms.gacco.org/courses/course-v1:gacco+ga140+2021_02/about) (accessed 2023-12-2).
- [10] 原子力規制庁: 第 21 回原子力規制委員会配付資料「資料 4 令和 5 年度原子力規制人材育成事業の選考結果」(online).  
<https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/kisei/010000833.html> (accessed 2023-12-2).