

国際原子力人材育成イニシアティブ事業成果報告書

＜課題名＞

機関横断的な人材育成事業「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」

＜実施機関＞

北海道大学大学院工学研究院

＜連携機関＞

北海道大学、福井大学、筑波大学、福島工業高等専門学校、量子科学技術研究開発機構、日本原子力研究開発機構

＜実施期間・交付額＞

29年度6,767千円、30年度14,435千円、31年度8,924千円

＜当初計画＞

1. 目的・背景

原子力は、エネルギーの安定供給および地球温暖化対策の観点から今後も極めて重要なベースロード電源として期待される。一方で、原子力を持続的に使用するためには、それを支える優れた研究者・技術者を長期にわたって育成・確保する必要がある。しかし、福島第一原子力発電所の事故以降の原子力のイメージ悪化に伴いこの分野を志望する学生は減少しており、このままでは質・数ともに人材を確保できなくなる恐れがある。また、少子高齢化が進むなか、大学教員の人員削減、教員の世代交代も急速に進み、従来通りの充実した原子力専門教育を実施することが年々難しくなりつつある。

オープン教材（OER, Open Educational Resources）は、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及び、その教材の他者による自由な使用が担保されている教材である。このような教材を用いた教育（オープンエデュケーション）には、「教材蓄積」、「生涯学習」、「教育改善」の3つの効果がある。すなわち、「教材蓄積」として、退職後の教員の講義を含め数多くのオープン教材が制作され、それらがさまざまな教育者や学習者によって利用・再利用されることで、多様な教材がインターネット上に蓄積される。また、「生涯学習」として、オープン教材を用いてインターネットを介した学習の機会が広く社会に提供される。さらに、「教育改善」として、反転授業のような教育手法と組み合わせて学校や大学などの教育現場でオープン教材を利用することで、より効果的な教育が実現される。

そこで、本事業では、研究機関・大学が連携して、オープン教材を用いた原子力教育プログラムを展開させ、進路あるいは研究テーマ決定を控えた大学学部生を対象とした原子力基礎教育プログラム及び原子力分野を専攻する学生を対象としたエキスパート育成プログラムを作成・実施するとともに、それを進める上で得られると期待される知見やノウハウを「教育改善」の視点から整理し、原子力教育の最善な手法につなげる検討を行うことで、すぐれた原子力分野の人材を教育・育成することを目的とする。

2. 実施計画

本事業では、オープン教材を用いた原子力教育として、①オープン教材の改善・拡充、②エキスパート育成プログラムの実施、③教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析、を行う。

（1）オープン教材の改善・拡充

学部学生、大学院生、高専生、社会人を対象としたオープン教材の公開に向けて、外国人による英語による講義を含む原子力分野の講義を収録し、編集の上で公開する。また、日本語版のMOOCの新たな講座（コース）の設計および検討を行い、これを開講する。

（2）エキスパート教育プログラムの実施

学部学生、大学院生、高専生、社会人を対象として、オープン教材を予習教材として用い、そこ

で得た知識を実践し、定着させる場として、実験・実習、討論の場を設けたエキスパート教育プログラムを実施する。実験・実習は、放射線計測および放射線防護を中心とした内容とする。

(3) 教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析

北海道大学において文系・理系の学部1年生向けに開講している一般教育演習（フレッシュマンセミナー）「オープン教材を活用して学ぶ放射線・放射能の科学」において、新たに放射線計測実験の機会を設け、反転授業を行うとともに、学習管理システム（LMS）を運用する。

＜実施状況＞

初年度である平成29年度は、当初の予定通り、(1)～(3)の事業を実施した。事業2年目である平成30年度は予算が増額され、(1)においてはオープン教材収録数の拡充およびVR動画の収録を追加した。また、(2)においては、見学会の拡充、スクーリング内容の拡充、講師および参加学生数増を図った。さらに、海外インターンシップ派遣を新設した。一方、最終年度の令和元年度においては、年度末に新型コロナウイルスの感染拡大が生じたため、(2)における国際セミナーを中止とした他、海外インターンシップ派遣の一部を中止した。また、予定していた講義の収録も一部中止した。育成対象及び人数（結果）を表1に、また実施スケジュール（結果）を表2に示すとともに、これらの詳細を以下に述べる。

(1) オープン教材の改善・拡充

学部学生、大学院生、高専生、社会人を対象としたオープン教材の公開に向けて、外国人による英語による講義を含む原子力分野の講義を収録し、編集および著作権処理の上で公開した。本事業にて収録した講義数は21件、公開したオープン教材は前事業にて収録した講義を含めて15件である。ビデオメディアの特色を活かした教材資料として、バーチャルリアリティ動画8コマを収録し、4コマを公開した。バーチャルリアリティ動画を収録するためのVRカメラ、およびオープン教材の収録、編集、公開に必要な機材を平成29年度に整備した。

また、日本語版のMOOC（大規模公開オンライン講座）の講座（コース）の設計および検討を行い、講義を収録、編集の上で、計8講義となる講座『放射線・放射能の科学』を令和2年3月12日から5月22日までの期間、gacco((株)ドコモ gacco)が無料で提供する、JM00C(日本オープンオンライン教育推進協議会)公認のMOOCプラットフォーム)上にて開講した(図1)。

収録あるいは公開した教材の詳細を表3に示す。また、オープン教材のダウンロード数(再生数)を表4、MOOCの受講状況を表5、MOOCの性年代別受講者数を表6にそれぞれ示す。

(2) エキスパート教育プログラムの実施

(2) - 1 実験・実習

平成29年度は、放射線防護、放射線計測および環境放射能測定に関する内容として、GMサーベイメーター、NaIシンチレーションサーベイメーター、Ge半導体検出器、イメージングプレートを用いて汚染土壌の測定を行った。その後、受講生はグループに分かれ、各測定器の長所・短所を整理した上で、福島第1原子力発電所の廃炉作業で発生する放射性廃棄物の分別を合理的に行うことのできる測定システム等について議論し、その結果を発表した。一方、韓国原子力研究所の専門家による講義「原子力施設廃止措置後の敷地解放について」(Skypeを介した遠隔授業)および日本原子力研究開発機構の専門家による「新型炉・高温ガス炉およびそれによる水素製造の研究開発」を受講した上で、希望のテーマに分かれて、前者では「RESRAD(残留放射性物質による線量と放射線リスクを評価するためのコンピューターモデル)」の使用方法を学ぶとともに、それを用いたサイト開放の考え方を議論した。また、後者では今後の新型炉のあり方について議論した。最後に議論した結果を発表した。なお、参加者には関連のオープン教材を事前に視聴するように指示した。

平成30年度および令和元年度は、放射線防護、環境修復および地層処分工学における放射性核種の移行挙動の基礎的な理解を深めるため、土壌試料への化学種の収着実験、コロイド分析実験を行った。受講生は、アイソトープ総合センターの利用講習において放射線防護の説明を受けた後に、実験に関連する講義を受講した。また、初日は同センターの放射線管理区域に立ち入り、その際に放射線防護方法の一部を実習した。放射性核種の移行実験では、グループに分かれ、ICP-AESによる元素分析法、イオンクロマトによる陰イオン濃度定量法を学ぶとともに、収着バッチ試験を行った。その後、実験結果を取りまとめ、発表した(写真1～4)。

実験の実施日、場所、受講者数は以下の通りである。

- ・第1回:平成30年3月14～16日 場所:北海道大学アイソトープ総合センターおよび工学研究院、受講者36名(講義のみ15名)
- ・第2回:平成30年8月4～5日 場所:北海道大学大学院工学研究院、受講者10名
- ・第3回:令和元年8月23～24日 場所:北海道大学アイソトープ総合センターおよび工学研究院、受講者10名

(2)－2 見学会

見学会は、建設中の原子力発電所ならびに放射性廃棄物処分に関する現状や課題を学ぶ機会の提供を目的に、平成30年度および令和元年度に実施した。このうち、平成30年度は、電源開発・大間原子力発電所および日本原燃(第1回)、幌延深地層研究センターおよび幌延地圏環境研究所(第2回)を見学先とした。また、令和元年度は幌延深地層研究センターおよび幌延地圏環境研究所を見学先とした。いずれも、参加者には見学前にオープン教材による予習を課すとともに、同センター職員との意見交換の場を設けたプログラムとした。2年間に実施した見学会の開催日時、見学先、参加者数は以下の通りである(写真5～10)。

- ・第1回:平成30年5月31日～6月1日、見学先:電源開発・大間原子力発電所、日本原燃・低レベル放射性廃棄物埋設センターおよび使用済核燃料再処理工場、参加者数:31名
- ・第2回:平成30年8月2～3日、見学先:日本原子力研究開発機構・幌延深地層研究センター、北海道科学技術総合振興センター幌延地圏環境研究所、参加者数:18名
- ・第3回:令和元年8月21～22日、見学先:日本原子力研究開発機構・幌延深地層研究センター、北海道科学技術総合振興センター幌延地圏環境研究所、参加者数:17名

(2)－3 国際セミナー

平成30年度からの予算増により、受講学生の国際性の涵養を目的として、海外研究者を招聘し、講義を受け、また討論を行う場として国際セミナーを実施した。その際、テーマの1つとしてリスクコミュニケーションを取り上げ、受講生の理解を深めた。招聘した講師は5名(米国2名、フランス1名、ベルギー1名、日本1名)であった。対象としたテーマが広く、必ずしも参加者がすべての分野の基礎知識を有しているとは限らないため、外国人講師による講義では、講義の途中に日本人教員・研究者による日本語の解説を加えた。また、講義の後に、参加者が外国人講師1名を含む小グループに分かれ、講師の講演内容を中心にグループディスカッションを行い、その結果をグループ毎に発表した(写真11～15)。国際セミナーの開催日、場所、参加者数は以下の通りである。なお、平成30年度は日本原子力学会バックエンド部会との共催とした。また、令和元年度は新型コロナウイルスの感染拡大のため開催が中止された。

- ・平成30年11月3日～11月4日 場所:北海道大学大学院工学研究院、参加者53名
共催:日本原子力学会バックエンド部会

(2)－4 海外インターンシップ

平成30年度からの予算増により、受講生の国際性の涵養を目的として、本事業に参加した大学院生を海外インターンシップに派遣した。派遣した学生は平成30年度は2名、令和元年度は1名であった(1名の派遣は新型コロナウイルス感染症の拡大によって中止)。実施した海外インターンシップの、派遣時期、派遣先、派遣学生の所属は以下の通りである。派遣学生の成果報告を令和元年度の国際セミナーにて実施する予定であったが、同セミナーが新型コロナウイルスの感染拡大のため中止となったことから、本事業のHP上にて発表スライドを期間限定で公開した。

- ・第1回:平成30年8月29日～12月1日、派遣先:IAEA、派遣学生:北海道大学大学院工学院エネルギー環境システム専攻・修士1年
- ・第2回:平成30年10月13日～12月28日、実施場所:米国アルゴンヌ国立研究所、派遣学生:福井大学大学院原子力・エネルギー安全工学専攻、修士課程1年
- ・第3回:令和元年8月20日～11月2日、派遣先:ヨージェフ・ステファン研究所(スロベニア、リュブリャナ)、派遣学生:北海道大学大学院工学院エネルギー環境システム専攻・修士1年

(3) 教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析

北海道大学において文系・理系の学部1年生向けに一般教育演習(フレッシュマンセミナー)「オープン教材を活用して学ぶ放射線・放射能の科学」(平成29年度)「北大対ゴジラ:映画『シン・ゴジラ』をもとに学ぶ放射線・放射能の科学・工学」(平成30、31年度)を開講し、その演習の中に放射線計測実験の機会を設けるなどの反転授業を行うとともに、学習管理システム(LMS)を運用した。予習教材として7コマのオープン教材を用意し、受講生に対してそれを用いた事前学習を促した。実験・実習としては、GMサーベイメーターおよびNaIシンチレーションサーベイメーターを用いた放射線計測実験、防護服の試着を含む放射線防護に関する学習、アイソトープ総合センターにおけるGe半導体検出器およびイメージングプレート測定の見学を実施した。講義終盤には、それまでの学習内容を元に、放射線の遮蔽を考慮した放射線防護について検討結果を発表した(写真16~21)。なお、本演習科目は、北海道内の国公立7大学が教養科目を共同開講する「教養教育連携授業」として登録した他、「北海道大学高大連携授業聴講型公開講座」として登録したことで、本学以外の学生に単位を付与するとともに、札幌市内の高校生の聴講を可能とした(平成30年度:単位付与4名、高校生の聴講1名、令和元年度:高校生の聴講1名)。講義の開講期間、場所、受講者数は以下の通りである。

- ・第1回:平成29年9月28日~平成30年1月18日、場所:北海道大学全学教育部及びアイソトープ総合センター、受講者:2名
- ・第2回:平成30年9月27日~平成31年1月24日、場所:北海道大学全学教育部及びアイソトープ総合センター、受講者:28名
- ・第3回:令和元年10月3日~令和2年1月30日、場所:北海道大学全学教育部及びアイソトープ総合センター、受講者:22名

(4) その他

本事業用のWebを制作し、前事業で導入したWeb用サーバー(<http://nucl-eng-edu.qe.eng.hokudai.ac.jp/lecture/lecture.html>)を利用して、受講者募集および事業成果の公表などの広報活動を行った。一方、本事業で制作したオープン教材については、北海道大学オープンコースウェアのホームページ(<http://ocw.hokudai.ac.jp/>)にて順次一般公開するとともに、原子力人材育成のコンテンツ一覧(<https://www.open-ed.hokudai.ac.jp/nucl-eng-edu-archives/>)を作成し公開した。



図1 gacco 上のMOOCコンテンツ



写真1 エキスパート教育プログラム・実験
(平成30年3月14日 北海道大学)



写真2 エキスパート教育プログラム・実習
(平成30年3月15日 北海道大学)

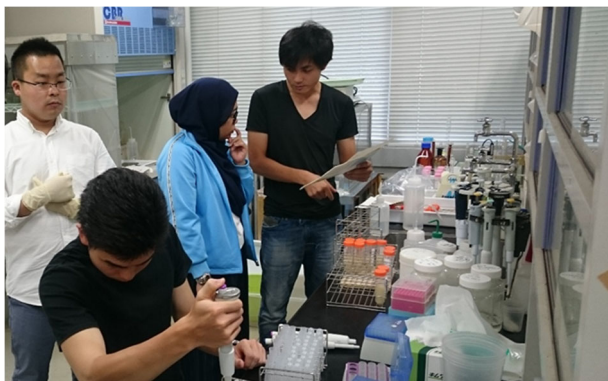


写真3 エキスパート教育プログラム・実験
(平成30年8月4日 北海道大学)



写真4 エキスパート教育プログラム・実験
(令和元年8月23日 北海道大学)



写真5 エキスパート教育プログラム・見学会
(平成30年5月31日 大間原子力発電所)



写真6 エキスパート教育プログラム・見学会
(平成30年6月1日 日本原燃)



写真7 エキスパート教育プログラム・見学会
(平成30年6月1日 青森市 現地勉強会)



写真8 エキスパート教育プログラム・見学会
(平成30年8月3日 幌延深地層研究センター)



写真9 エキスパート教育プログラム・見学会
(令和元年8月22日 幌延地圏環境研究所)



写真10 エキスパート教育プログラム・見学会
(令和元年8月22日 幌延深地層研究センター)



写真11 エキスパート教育プログラム・国際
セミナー (平成30年11月3日 北海道大学)



写真12 エキスパート教育プログラム・国際
セミナー (平成30年11月3日 北海道大学)



写真１３ エキスパート教育プログラム・国際
セミナー（平成３０年１１月４日 北海道大学）



写真１４ エキスパート教育プログラム・国際
セミナー（平成３０年１１月４日 北海道大学）



写真１５ エキスパート教育プログラム・国際セミナー（平成３０年１１月３日 北海道大学）



写真１６ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（平成２９年度 北海道大学）



写真１７ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（平成２９年度 北海道大学）



写真１８ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（平成３０年度 北海道大学）



写真１９ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（平成３０年度 北海道大学）

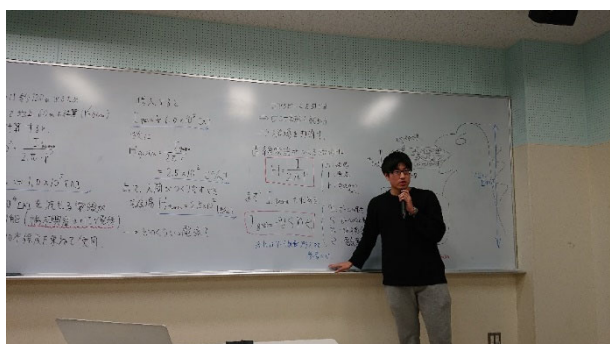


写真２０ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（令和元年度 北海道大学）



写真２１ 教養科目の開講とそこでの知見の
収集・分析（令和元年度 北海道大学）

表 1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	実施プログラム	育成対象者	育成人数		
			29年度	30年度	令和元年度
エキスパート教育プログラム	実験・実習	学生、社会人	21名	10名	10名
	見学会	学生、社会人		31名	17名
				18名	
	国際セミナー	学生、社会人		53名	中止
	海外インターンシップ	学生、社会人		2名	1名
教育科目の開講とそこでの知見の収集・分析	一般教育演習	学生	2名	28名	22名
		参加人数（実績）	23名	125名	40名
		（参考指標）	294	115	223
		交付額/参加人数	千円/人	千円/人	千円/人

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目		29年度 (四半期毎)				30年度 (四半期毎)				令和元年度 (四半期毎)			
① オープン教材の改善・拡充	1. オープン教材の改善・拡充												
	2. 日本語版MOOCの制作・開講に向けた新たな講座(コース)の設計および検討・開講												
② エキスパート育成プログラムの実施	1. 実験・実習				☐		☐				☐		
	2. 見学会					☐	☐				☐		
	3. 国際セミナー							☐					
	4. 海外インターンシップ												
③ 教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析	一般教育演習												

表 3. オープン教材の収録および公開状況

NO	タイトル	講師名・所属	収録日	状況	公開日
1	原子炉工学 加圧水型軽水炉(PWR)	島津洋一郎・福井大学附属 国際原子力工学研究所	2016/6 /29	公開	2017/4 /18
2	陸上動植物と放射性核種	田上恵子・放射線医学総合 研究所	2016/0 8/22- 23	公開	2017/5 /16
3	農業環境における Cs の挙動	内田滋夫・放射線医学総合 研究所	2016/0 8/22- 23	公開	2017/6 /21
4	原子炉工学 核データの利用	合川正幸・北大理学研究院	2016/1 2/1	公開	2017/9 /8
5	海洋と環境放射能	高田兵衛・海洋生物環境研 究所 中央研究所	2016/7 /3	公開	2017/9 /26
6	高レベル放射性廃棄物地層処分にお ける炭素鋼オーバーパックの腐食挙動	谷口直樹・JAEA 環境技術研 究センター	2015/0 7/25- 26	公開	2017/1 1/9
7	各種原発事故と環境放射能研究	廣瀬勝己・上智大学理工学 部	2016/7 /3	公開	2017/1 1/9
8	核燃料サイクル概論 I 総論	小崎完・北大	2015/6 /21	公開	2017/1 2/7
9	放射性廃棄物処分工学 深地層の研究 施設での研究開発	藤田朝雄・JAEA	2016/1 /18	公開	2018/3 /16
10	原子炉工学 原子炉の動特性	千葉豪・北大工学研究院	2016/1 2/21	公開	2018/4 /9
11	放射性廃棄物処分工学 I 低レベル放射性廃棄物処分の安全確保 概念	大江俊昭・東海大学	2014/1 2/06	公開	2018/6 /20
12	放射性廃棄物処分工学 II 高レベル放射性廃棄物処分の安全確保 概念	大江俊昭・東海大学	2014/1 2/06	公開	2018/6 /20
13	高レベル放射性廃棄物の地層処分に 関する科学的特性マップについて	兵藤英明・NUMO	2018/2 /1	公開	2018/4 /26
14	福島県における環境中での放射性セシ ウム動態 ―地形・水文学的視点から―	新里忠史・JAEA 福島研究開 発部門	2015/7 /25-26	公開	2018/8 /18
15	高レベル放射性廃棄物の地層処分に 関する事業概要と安全確保について	窪田茂・NUMO	2019/1 /17	公開	2019/9 /17
16	我国の原子炉廃止措置の現状と重要施 策のポイント	佐藤忠道・原電エンジニアリ ング(株)	2017/4 /6	準備中	
17	Diffusion	Grambow・Université de Nantes	2017/7 /30	準備中	
18	Radioactive waste disposal : science, safety and society	Grambow・Université de Nantes	2017/7 /30	準備中	
19	Spent fuel as waste form	Grambow・Université de Nantes	2018/9 /3	準備中	
20	Research in Belgium for High Level Waste disposal	Marc Aertsens・SCK・CEN	2019/9 /24	準備中	

21	リスクコミュニケーションとは何だろう？	吉田省子・北海道大学農学 研究院	2018/1 1/3	準備中	
22	ENERGYSOLUTION	Colin Austin・Energy Solutions	2018/1 1/3	準備中	
23	High Level Waste Management and evolution in repository site	Tomo Suzuki・IMT Atlantique	2018/1 1/3	準備中	
24	Radioactive waste disposal in Belgium	Marc Aertsens・SCK・CEN	2018/1 1/3	準備中	
25	核燃料工学 第1回～軽水炉燃料のふる まい～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/11	準備中	
26	核燃料工学 第2回核燃料の照射挙動～ あらまし～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/11	準備中	
27	核燃料工学 第3回核燃料の照射挙動2 ～ペレット～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/11	準備中	
28	核燃料工学 第4回核燃料の照射挙動3 ～被覆管～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/11	準備中	
29	核燃料工学 第5回核燃料の照射挙動4 ～相互作用と破損～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/12	準備中	
30	核燃料工学 第6回核燃料の照射挙動5 ～シビアアクシデント TMI 事故を中心に～	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/12	準備中	
31	核燃料工学 第7回照射試験と照射後試 験	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/12	準備中	
32	核燃料工学 第8回最近の研究開発動向	宇埜正美・福井大学附属国 際原子力工学研究所	2019/1 1/12	準備中	
33	Overview of Commercial NPP Decommissioning Activities in the United States	Lawrence E. Boing・Argonne National Laboratory	2019/1 2/16	準備中	
34	High level nuclear waste management	Tomo Suzuki・Muresan・ SUBATECH Laboratory	2020/2 /28	準備中	
35	VR 収録 瑞浪		2019/8 /21-22	準備中	
36	VR 収録 瑞浪		2019/8 /21-22	準備中	
37	VR 収録 瑞浪		2019/8 /21-22	準備中	
38	VR 収録 瑞浪		2019/8 /21-22	準備中	
39	VR 公開 幌延深地層研究センター「深度 350m 調査坑道」・東周回坑道		2018/1 0/28- 29	公開	2019
40	VR 公開 幌延深地層研究センター「深度 350m 調査坑道」・岩盤		2018/1 0/28- 29	公開	2019
41	VR 公開 幌延深地層研究センター「深度 350m 調査坑道」・試験坑道(人工バリア 性能確認試験)		2019	公開	2019
42	VR 公開 幌延深地層研究センター「深度 350m 調査坑道」・地下水		2019	公開	2019
43	MOOC 収録・放射線・放射能の科学	小崎完・北海道大学大学院 工学研究院	2019	公開	2020/3

44	MOOC 収録・放射線・放射能の科学	渡邊直子・北海道大学大学院工学研究院	2019	公開	2020/3
45	MOOC 収録・放射線・放射能の科学	藤吉亮子・北海道大学大学院工学研究院	2019	公開	2020/3
46	MOOC 収録・放射線・放射能の科学	佐藤博隆・北海道大学大学院工学研究院	2019	公開	2020/3
47	MOOC 収録・放射線・放射能の科学	稲波 修・北海道大学大学院獣医学研究院	2019	公開	2020/3

表 4. オープン教材のダウンロード（再生）数（結果）

	ダウンロード（再生）数		
	29年度	30年度	令和元年度
オープン教材としての視聴	15, 175	8, 449	5, 818
LMSからの視聴	—	1, 793	1, 401
計	15, 175	10, 242	7, 219
参考指標) 交付額/再生数	0. 45 千円/件	1. 41 千円/件	1. 24 千円/件
H25年度からの 累計ダウンロード（再生）数	約5万件	約6万件	約6万5千件

表 5. MOOC（大規模公開オンライン講座）受講状況（結果）

	受講者数	ディスカッション数	修了率
放射線・放射能の科学	2, 636	71	22%
参考指標 gacco 講座平均 (2019 年度平均)	3, 075	29	15%

表 6. MOOC（大規模公開オンライン講座）性年代別受講者数（結果）

	10代 以下	20代	30代	40代	50代	60代	70代 以上	無回答
男性	79	217	180	219	283	356	252	512
女性	89	112	77	94	96	56	14	
計	168	329	257	313	379	412	266	512

＜成果と評価＞

本事業では、研究機関・大学が連携して、オープン教材を用いた原子力教育プログラムを展開させ、進路あるいは研究テーマ決定を控えた大学学部生を対象とした原子力基礎教育プログラム及び原子力分野を専攻する学生を対象としたエキスパート育成プログラムを作成・実施した。

事業初年度である平成29年度において、北海道大学全学教育部のカリキュラム変更によって教養科目受講生が少数となった点、事業3年目となる令和元年度後半に新型コロナウイルス感染症の拡大によって国際セミナー、海外インターンシップ派遣、オープン教材収録がキャンセルとなった点を除くと、プログラムは滞りなく実施でき、受講者数もほぼ当初の計画通りとなった。オープン教材のダウンロード数（再生数）も高い値で推移し、平成25年度からの累積が6万5千件に達した（1講義の聴講には3～7回のダウンロードが必要）。また、最終年度である令和元年度に開講したMOOC（大規模公開オンライン講座）では、コロナ禍の中でネットワーク環境が不安定であったにもかかわらず、受講者が2,600名を超え、放射線・放射能に対する関心の高さを確認するとともに、多くの受講生に教育機会を提供することができた。

（1）オープン教材の改善・拡充

事業期間中に収録したオープン教材は21講義である。このうちの2講義および前事業で収録した13講義を、著作権処理および編集を終えて公開した。また、バーチャルリアリティ動画を8コンテンツ収録して（幌延深地層研究センター4コンテンツ、瑞浪超深地層研究所4コンテンツ）、このうち幌延深地層研究センターの4コンテンツを公開した。さらに、MOOC向けの講義を5講義収録して、本事業前に収録済みの3講義とあわせて同講座を開講した。新型コロナウイルス感染症の拡大によって、国際セミナーでの講義の収録を含めて、収録を中止した講義が複数あったが、目標である「25講義収録」（平成30年度の予算増により20講義から25講義に変更）をほぼ達成した。一方、オープン教材のダウンロード数（再生数）は、当初目標の25,000件/3年間に對して、32,636件/3年間となり、目標を大幅に上回った。

MOOC（大規模公開オンライン講座）は、新型コロナウイルス感染症が拡大し、社会不安が増大し、また在宅勤務の増加によってネットワーク環境が不安定な中での開講となったが、2,600名を超える受講登録があった。これは、gaccoの2019年度の平均とほぼ同等であった。受講生数は男性が女性より多く、年齢は10代から70代以上まで幅広かった。一方、開講期間に開設された電子掲示板でのディスカッション数は平均を大きく上回った他、修了率（全講義を受講し、最終の課題レポートも提出し、所定の成績をあげた履修者の割合）も平均を上回った。gaccoが纏めた受講生の声には、「今までスルーしてきたことが、表面的にでも理解でき、大変勉強になった」

「未知の世界を隙間から覗き込んだ気分になっています」、「このような興味深い内容の講座に出会えてよかったと思う」などの好意的なコメントがあった。また、受講後の感想においては、「今後も継続して学習を続けたいと感じた」（9.9%）、「原子力発電所の廃止措置、放射性廃棄物処分に興味を持った」（9.2%）、「放射線の生体に及ぼす影響に興味をもった」（9.2%）、「放射線・放射能の物理的現象に興味をもった」（8.8%）などの回答があった。これらより、今回の講座が、受講生の放射線・放射能、原子力への理解を促す、興味深い内容であったと推察される。

（2）エキスパート教育プログラムの実施

（2）－1 実験・実習

本事業期間の3年間の実験・実習の受講生は56名（ただし、15名は講義のみ受講）であり、計画の36名/3年を上回った。

本事業のオープン教材で得た知識を実践し、定着させる場として、実験・実習、討論が有効である。一方で、難易度を受講生の興味・関心ならびに学習レベルに合わせることが不可欠である。事業初年度である平成29年度の実験・実習の受講生に対して実施したアンケート調査では、実験の内容について93%が適切と回答した。また、難易度については、①丁度良い（73%）、②易しい（16%）、③やや易しい（11%）との結果になった。一方、実験の有益度については、①有益であった（50%）、②とても有益であった（44%）の回答を得た。討論のための基礎知識を学んだ講義に対しては、講義の難易度については、①丁度良い（52%）、②やや難しい（26%）、③難しい（10%）との結果になった。また、講義の有益度については、①とても有益であった（63%）、②有益であった（37%）の回答を得た。このことから、本事業で実施した実験・実習内容は、適切に設定されていたと評価できる。

(2) - 2 見学会

見学会は、平成30年度40名、令和元年度17名の計画に対して、平成30年度48名、令和元年度17名が参加した。参加者には、見学先に関連するオープン教材を事前に視聴させ、質問事項や興味深い点などを提出させた。これにより、質問事項が整理され、見学先にて、的を射た質問が参加者から出されるなど、見学内容の理解促進および質疑応答時間を有効に活用できた。さらに、平成30年度第1回の見学会（日本原燃）では、現地にて同社社員を交えて勉強会を実施した。また、平成30年度第2回および令和元年度の見学会（幌延深地層研究センター）では移動の貸切バス車中にて意見交換を行うとともに、現地にて同センター職員を交えて勉強会を実施することで、理解の深化を図った。

(2) - 3 国際セミナー

国際セミナーは平成30年度のみで開催となった。参加者は53名であり、計画の30名を大幅に上回った。これはテーマがバックエンドの関心の高い分野であったこと、日本原子力学会バックエンド部会との共催として広く周知がなされたこと等によるものと考えられる。セミナー終了後に参加者に対して実施したアンケート（回答数 43名）では、セミナーの実施方法（使用言語）については、①英語に日本語で解説を加える形が良い(49%)、②英語のみが良い(16%)、③日本語のみが良い(14%)、④日本語に英語で解説を加える形が良い(12%)、⑤その他(9%)との回答を得た。一方、セミナーの難易については、①丁度良い(42%) ②やや難しい(26%)、③やや易しい(15%)、④非常に難しい(14%)、⑤非常に易しい(3%)との結果になった。実施時期については、①この時期が良い(47%) ②いつでもかまわない(47%)、③他の時期が良い(6%)、またスケジュールについては、①現状で良い(84%) ②一日が良い(9%) ③その他(7%)であった。また、寄せられた感想としては、「非常に貴重な体験だった」、「バックエンドの基礎知識を再認識し、自身の研究の有意性を改めて認識できた」、「海外の専門家の話を聞くことができたのは有意義だった」との他、「福島事故関連の話がもっと欲しかった」、「講師の方々の講義時間が大幅にオーバーすることが多々あったため、グループディスカッション及び発表準備の時間が削減されてしまったのが残念」との意見もあった。

(2) - 4 海外インターンシップ

海外インターンシップ派遣は、平成30年度および令和元年度それぞれ2名の枠に対して、平成30年度は2名、令和元年度は、令和2年3月（春休み期間）に予定していた1名の派遣が新型コロナウイルス感染症の拡大により中止となったことから、1名を派遣した。令和元年度の国際セミナー（令和2年2月末に計画）が中止となったことから、3名は海外インターンシップの成果をパワーポイントのファイルに纏めて本事業のHP上で公開した。それによると3名とも、それぞれの派遣先で充実した研究生を送り、貴重な体験がなされたものと評価できる。

(3) 教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析

教養科目として開講した、一般教育演習（フレッシュマンセミナー）「オープン教材を活用して学ぶ放射線・放射能の科学」（平成29年度）の履修者は、当初計画の20名/年に対して、2名であった。これは当年に進級要件の変更があり、同演習に代えて別の選択科目の履修で進級が可能となったことによると考えられた。このため、平成30年度からは、講義題目を学生に対してインパクトがあると思われる「北大対ゴジラ：映画『シン・ゴジラ』をもとに学ぶ放射線・放射能の科学」に変更するとともに、授業のコンセプトマップを作成して学生への周知を図った。この結果、平成30年度22名、令和元年度28名と、当初の計画を超える履修者数となった。なお、同演習科目の履修者数は23名が上限と定められている（道内他大学の履修者および高校生の聴講生は含めず）。

LMSによって履修者のほぼ全員がオープン教材によって毎回予習していたことが確認された。履修者はオープン教材による予習であらかじめ内容を理解していることから、授業時間中の討論に積極的に参加しており、また実験・実習も手短な説明でも的確に指示を理解するなど、全般に円滑に授業を進めることができた。

北海道大学が実施した履修生に対する授業アンケート（令和元年度。回答者数15名）では、「Q：授業により知的に刺激され、さらに深く勉強したくなった。」との設問に対して、「強くそう思う」が33.3%、「そう思う」が53.3%であった。また、「Q：授業は全体として満足できるものであった」との設問には、「強くそう思う」が40%、「そう思う」が53.3%であった。さらに、「Q：授業で要求される作業量（レポート、課題、予習・復習など）は適切であった」との設問に

対しては、「強くそう思う」が33.3%、「そう思う」が60%であった。一方、「Q：授業の難易度は適切であった」との設問では、「適切」が53.3%、「難しい」が33.3%であった。履修生には文系の学生も含まれていたことを考えると、難易度は適切に設定されていたと思われる。また、オープン教材による予習は適切な学習量であり、これを活用し、実験・実習、討論を組み合わせた反転授業は、学生の関心を高め、理解を深めたと思われる。履修生からの自由意見としては、「放射能に映画の楽しさを交えて学べる」、「ゴジラを用いることで放射線や放射性物質について考えるという授業形態は非常に独特かつ特徴的で面白かった。元々ゴジラが好きだった私のような者でも放射線について深く知ることができた」があった。

(4) その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）

本事業では、新型コロナウイルスの感染拡大による影響を除き、(1)オープン教材の改善・拡充、(2)エキスパート教育プログラム（実験・実習、見学会、国際セミナー、海外インターンシップ）の実施、(3)教養科目の開講とそこでの知見の収集・分析、においてほぼ当初の計画通りの事業を行うことができた。アンケート回答結果から、これらはいずれも受講が有益であったと評価できる内容だったことがわかる。

採択時の審査評価委員会所見である、「本課題で整備するオープン教材については、本事業後も継続して教材を公開することとしている等、受講機会の拡充が図られる計画であるが、インターネットを活用した教育機会であることから、育成人数の更なる拡充の検討も進めていただきたい。」に関しては、事業期間内のオープン教材のダウンロード数（再生数）が目標を大幅に上回る32,000件に及んだこと、MOOC（大規模公開オンライン講座）の受講登録が2,600名を超えたこと、またその受講生が幅広い年齢層であったことから、受講機会を大幅に拡大させ、持続的かつ広範な教育を行うことが出来たと考えている。また、今後の原子力教育、原子力人材育成の一つの方向性を示唆する結果であったと思われる。

特記すべき成果としては、前事業に引き続き、国内外の多くの教員、研究者との連携が強まり、MOOC（大規模公開オンライン講座）向け講義を含めて合計26講義を収録し、前事業で収録した講義とあわせて計15講義を公開したことに加えて、本事業より新たにバーチャルリアリティ動画の収録・公開を試み、幌延深地層研究センターの4コンテンツを公開するに至った点は大きな成果と考える。バーチャルリアリティ動画コンテンツは、実験・研究施設の状況をインターネットを介してより詳細に理解できる教材として使用可能であり、新型コロナ出現後の実験・演習の教材として、また、例えば、廃止措置作業現場の状況を体験できる教材などとして今後活用できると期待できる。

本事業で得られた成果等は、国際会議1件、国内学会等3件で発表した。また、MOOC（大規模公開オンライン講座）の開講をプレス発表した他、本事業を含む本学のオープン教材公開活動が朝日新聞で紹介された。

事業に参加した学生数は、平成29年度：22名、平成30年度：115名、令和元年度：39名の合計のべ176名（年度をまたがって複数受講した学生数を考慮した実数162名）であった。このうち進路が判明している学生は37名であり、さらにそのなかで、原子力系関係機関に就職した学生は15名、進学者は6名であった。また、1名が日本原子力学会北海道支部奨励賞（最優秀研究発表賞）及び日本原子力学会バックエンド部会学生優秀講演賞を受賞した。

＜今後の事業計画・展開＞

現在、日本の原子力界が直面している課題を克服し、豊かな未来社会を築くためには、原子力の有益性・重要性を理解し、直面する困難を乗り越えて、将来の原子力の展開を自ら切り拓いていく、優れた国際感覚を有する人材の育成が必要である。しかし、学生数の減少および教員の定員削減が進み、原子力教育の置かれた環境は厳しさを増す一方である。

そこで、本事業を含めて北海道大学が中心となってこれまでに進めてきた長年にわたるオンライン教育に関する経験ならびに蓄積してきたオープン教材をもとに、質および量的にもさらに拡充した教材の制作、利用者の利便性ならびに教育効果を高めたオンライン教育法を検討・実施する原子力教育拠点の構築を目的とした、新規の国際原子力人材育成イニシアティブ事業「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」を令和2年度より開始している。新規事業では国内の約30の機関と連携して、各機関の強みを活かしたオンライン教材を制作・共有する他、オンライン教材で得た知識を実践し、定着させる場として、実験・実習、見学会を提供するとともに

に、国際研鑽の場として、海外インターンシップおよび国際セミナー等を開催する。

＜整備した設備・機器＞

(1) 360度カメラ1台（平成29年度整備、約45万円）

バーチャルリアリティ動画収録用カメラ。幌延深地層研究センターおよび瑞浪超深地層研究所の地下坑道撮影に活用し、幌延深地層研究センターでの撮影分を教材として公開した。

(2) プローマプロンプター1台（平成29年度整備、約47万円）

オープン教材用講義をスタジオで収録する際に活用。

＜その他特記すべき事項＞

原子力委員会が2019年度に国内の大学に対して実施したヒアリング調査において、本事業の『オンライン講座等を活用した教育の質向上』が、大学における原子力教育のグッドプラクティスとして例示されるなどの評価を得た（原子力委員会、2020年3月17日定例会資料）。

前事業（「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」[平成26～28年度]）で実施した福島県川内村でのフィールド実習で得られた測定結果が、日本原子力研究開発機構福島研究開発部門の研究グループが発表した学術論文（佐久間、他、2018）のデータの一部として活用された。

＜参考資料＞

(1) 添付資料

- 1) 平成30年度国際セミナー配付資料（講演スライド集抜粋）
- 2) MOOC（大規模公開オンライン講座）受講者アンケート結果
- 3) 令和元年度実験・実習配布資料
- 4) 海外インターンシップ派遣報告スライド抜粋
- 5) 一般教育演習・コンセプトマップ
- 6) 事業成果の公開事例、関連する文献等の抜粋

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 本事業ホームページ（<http://nucl-eng-edu.qe.eng.hokudai.ac.jp/>）
- 2) 北海道オープンコースウェアホームページ（<https://ocw.hokudai.ac.jp/>）
- 3) 原子力人材育成事業 オープン教材一覧
（<https://www.open-ed.hokudai.ac.jp/nucl-eng-edu-archives/>）
- 4) 小崎完、オープン教材を活用した 原子力人材育成および大学教育、シンポジウム「withコロナ時代の大学教育をどう創っていくか」、北海道大学（オンライン開催）、2020年9月18日（招待講演）
- 5) 重田勝介、小林和也、小崎完、渡邊直子、放射線・放射能の科学 MOOC の開発と開講、日本工学教育協会第68回年次大会、オンライン開催、1D04、2020年9月9日
- 6) 小崎完、渡邊直子、小林和也、重田勝介、オープン教材を活用した原子力人材育成、日本工学教育協会第68回年次大会、オンライン開催、1D03、2020年9月9日
- 7) K. Shigeta, et al., Using “Shin-Godzilla” as Material for OER-based Course Development, OE global 2019, Milano, Italy, 26 Nov., 2019.
（<https://conference.oeglobal.org/2019/schedule>）
- 8) 佐久間一幸、他、モンテカルロ放射線輸送コード（PHITS）を用いた森林内空間線量評価ツールの開発、環境放射能除染学会誌、Vol. 6、No. 3、pp. 145-152 (2018)
- 9) 朝日新聞 2017年12月4日朝刊 26ページ『ウェブで公開 北大12年目』
- 10) 北海道大学プレスリリース（MOOC[大規模公開オンライン講座]）の開講
（https://www.hokudai.ac.jp/news/200210_pr.pdf）
- 11) 原子力産業新聞、2020年3月17日『原子力委、大学教育に関するヒアリングで課題とグッドプラクティスを整理』（<https://www.jaif.or.jp/journal/japan/2240.html>）
- 12) 原子力産業新聞、2019年12月26日『原子力委員会が人材育成で北海道大学他よりヒア』（<https://www.jaif.or.jp/journal/japan/1541.html>）
- 13) 原子力委員会 第47回原子力委員会定例会議（2019年12月24日）資料

(<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2019/siryo47/index.htm>)

1 4) 原子力委員会 第9回原子力委員会定例会議(2020年3月17日)資料

(<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2020/siryo09/index.htm>)

評価項目に係る事項について

①課題の達成度（採択時の審査評価委員会所見への対応を含む。）	2 ページの「〈実施状況〉」から 16 ページの「〈成果と評価〉」の間に課題の達成度を記載した。また、「採択時の審査評価委員会所見への対応」を 16 ページの「〈成果と評価〉の（４）その他」欄に記載した。 1. 課題の達成度 ・新型コロナウイルス感染症拡大の影響を除くと、ほぼすべてのプログラムを円滑に実施できた。 ・ほぼ計画通りの受講生を受け入れた。 ・受講生アンケートの回答において、教育プログラムの難易度が適切に設定され、受講が有益であったことが示された。 ・オープン教材化した講義の視聴数が 32,000 件を超えるなど、受講機会を拡大させ、持続的かつ広範な教育を行うことが出来た。 ・MOOC（大規模公開オンライン講座）を開講し、幅広い年齢層の 2,600 名を超える受講生に受講機会を提供した。 2. 審査評価委員会所見への対応 ・オープン教材のダウンロード数（再生数）および MOOC（大規模公開オンライン講座）の受講者数が示す通り、幅広い年齢層への受講機会を大幅に拡大させ、持続的かつ広範な教育を実施できた。 以上より、本事業は当初の目標を十分達成できたと考える。
②特記すべき成果	1. オープン教材 ・事業期間内のオープン教材の再生数（ダウンロード数）は 32,000 件を超えた。 ・MOOC（大規模公開オンライン講座）を開講し 2,600 名を超える受講生に教育機会を提供した。 2. バーチャルリアリティ動画コンテンツの制作・公開 ・VRカメラによるバーチャルリアリティ動画の撮影を、幌延および瑞浪の深地層研究施設で行い、その一部を教材として公開し、今後の活用方法を例示した。 3. 成果発表 ・本事業で得られた成果を、国際会議（１件）、国内学会（３件）で発表した。また、朝日新聞で紹介された他、原子力委員会が 2019 年に国内の大学に対して実施したヒアリング調査において、大学におけるグッドプラクティスとして例示されるなどの評価を得た。
③事業の継続状況・定着状況	1. オープン教材の公開 ・本事業で制作・公開されたオープン教材は事業終了後も引き続き北海道大学オープンエデュケーションセンターのサーバーから継続して公開されている。 ・未公開の収録済み講義は今後も編集・著作権処理を進め、順次公開する予定である。 ・日本語版 MOOC（大規模公開オンライン講座）を教材に若干の修正を加えた上で 2021 年 2 月から再開講する。 2. 新規原子力人材育成事業の実施 ・令和 2 年度より、新規採択の国際原子力人材育成イニシアティブ事業「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」を開始した。

④ 成果の公開・共有の状況	成果の公開・共有状況を、16 ページの「〈成果と評価〉の（４）その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）」欄に記載した。また、公開事例を 17 ページの「〈参考資料〉の（２）事業成果の公開事例、関連する文献」欄に記載した。 ・国際会議でのポスター発表：1 件 ・国内学会等での口頭発表：3 件（うち招待講演 1 件） ・新聞記事：1 件 ・原子力委員会（2019 年 12 月 24 日）ヒアリング資料：1 件
⑤参加した学生数、原子力関係機関への就職状況、公的資格取得者数	参加した学生数、原子力関係機関への就職状況、公的資格取得者数を、11 ページの「〈成果と評価〉の⑤その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）」欄に記載した。 ・参加した学生は、平成 29 年度：22 名、平成 30 年度：115 名、令和元年度：39 名の合計 176 名であった。 ・受講者のうち、原子力系関係機関に就職した学生は 15 名、進学者は 6 名であった。 ・受講者のうち、1 名が日本原子力学会北海道支部奨励賞（最優秀研究発表賞）及び日本原子力学会バックエンド部会学生優秀講演賞を受賞した。