

北海道大学における原子力教育の現状と課題

2019年12月24日  
北海道大学工学研究院 小崎完

1. 組織

昭和36年に開設された原子工学科は、平成17年の改組により機械工学科と統合し機械知能工学科となった。同時に、大学院組織である原子工学専攻は、平成8年に量子エネルギー工学専攻に改称、さらに平成17年に機械科学専攻と統合し、4つの部門（機械宇宙工学部門、人間機械システムデザイン部門、エネルギー環境システム部門、量子理工学部門）に再編された。これら4つの部門の組織図を以下に示す。旧原子工学科に対応する組織はエネルギー環境システム部門のエネルギー生産・環境システム分野および量子理工学部門である。

部門	機械宇宙工学		人間機械システムデザイン				エネルギー環境システム			量子理工学																																						
分野・講座	宇宙システム工学		機械フロンティア工学		バイオロボティクス		マイクロシステム		エネルギー生産・環境システム		応用エネルギーシステム		応用量子ビーム工学		プラズマ理工学		ナノ材料科学																															
研究室	宇宙環境システム工学		宇宙環境応用工学		計算流体工学		材料機能工学		材料力学		バイオメカニカルデザイン		ロボティクス・ダイナミクス		マイクロエネルギーシステム		マイクロナノメカニクス		インテリジェントデザイン		原子炉工学		エネルギー環境材料学		原子力安全工学		エネルギー変換システム		流れ制御		応用熱工学		量子ビームシステム工学		量子ビーム応用医学		量子ビーム応用計測学		プラズマ物理工学		プラズマ応用工学		プラズマ理工学		エネルギー変換マテリアル研究センター		独媒化学研究センター	
専攻	機械宇宙工学 (D5, M27)		人間機械システムデザイン (D5, M26)				エネルギー環境システム (D5, M26)			量子理工学 (D5, M20)																																						
コース	機械情報(60)						機械システム(60)																																									

一方、電気事業者および原子力関連企業の支援を得て、平成29年3月に寄附分野「原子力支援社会基盤技術分野」が設置された。この研究室では、原子力社会基盤関連の研究機関や企業のニーズに基づいて、原子力系3研究室の高いシーズ技術とのマッチングを行うとともに、現在から将来にわたる安全・安心な原子力エネルギーの確保のための再稼働

支援、将来炉導入と海外輸出、将来炉技術開発に関わる研究を行っている。

なお、現在、新たな組織再編を準備中である。はじめに教員組織（工学研究院内の部門）が再編される予定であり、現状案では2020年4月より旧原子工学科に属する研究グループが「応用量子科学部門」となる。その後、大学院組織（工学院内の専攻）および学部組織（工学部内の学科およびコース）が改組の予定である。

旧原子工学科に属する研究グループの現在の教員一覧を以下に示す。寄附講座を除き、原子力発電技術に直接関係する研究室は、エネルギー環境システム部門の3研究室（以降、「原子力系3研究室」と呼称）である。

（エネルギー環境システム部門）

研究室	職名	氏名	専門分野
原子炉工学	准教授	千葉 豪	原子炉物理、核データ工学
	助教	山本 泰功	原子力熱流動、原子力材料
原子力システム安全工学	教授	澤 和弘	原子力材料、高温ガス炉
	准教授	坂下 弘人	原子力熱流動、沸騰伝熱
	助教	三輪 修一郎	原子力熱流動、気液二相流
原子力環境材料学	教授	小崎 完	放射性廃棄物処分
	准教授	渡邊 直子	放射性廃棄物処分、廃炉工学
原子力支援社会基盤技術	特任教授	森 治嗣	
	教授	稲津 将(兼任)	原子力熱流動、原子力安全工学、原子力防災、気象学、原子炉廃止措置
	准教授	渡邊 直子(兼任)	
	助教	三輪 修一郎(兼任)	
	助教	山本 奏功(兼任)	

（量子理工学部門）

研究室	職名	氏名	専門分野
量子ビーム材料工学	教授	大沼 正人	中性子工学、材料科学
	准教授	金子 純一	放射線計測
	助教	平賀 富士夫	中性子工学
量子ビーム応用医工学	准教授	松浦 妙子	陽子線治療
	准教授	宮本 直樹	陽子線治療
	助教	田中 創大	陽子線治療
中性子ビーム応用理工学	教授	加美山 隆	量子ビーム工学
	助教	佐藤 博隆	量子ビーム工学
プラズマ生体応用工学	教授	富岡 智	計算科学、画像解析、電磁気学
	准教授	山内 有ニ	核融合炉材料
	助教	松本 裕	プラズマ数値解析
プラズマ環境プロセス	教授	佐々木 浩一	プラズマ応用科学
	准教授	白井 直機	プラズマ応用科学
	助教	西山 修輔	プラズマ応用科学
プラズマ材料工学	准教授	及川 俊一	プラズマ数値解析
	助教	信太 祐二	核融合炉材料
触媒表面	教授	朝倉 清高	触媒化学、表面化学
	准教授	高草木 達	触媒化学、表面化学
	助教	三輪 寛子	触媒化学、表面化学
量子エネルギー変換材料	教授	柴山 環樹	原子力材料
	助教	中川 祐貴	原子力材料

2. 学部・大学院教育における原子力系科目

現状の学部教育、すなわち機械知能工学科の科目においては、理系共通の基礎的科目に

機械工学系の所謂4力学と以下に示す原子工学系の基礎科目が加えられた構成となっている。

- ・量子力学（必修、2年冬期）
- ・原子物理学（必修、3年夏期）
- ・プラズマ物理学（必修、3年秋期）
- ・原子炉工学（必修、3年秋期）
- ・核融合工学（選択、4年春期）
- ・原子炉物理学（選択、4年春期）

機械工学科と統合したことにより、旧原子工学科と比べて原子力系の科目は大幅に減少した。

大学院教育においては、学生に対して自らが所属する専攻の科目（主専修科目）に加えて、他の専攻の科目（副専修科目）の履修を求める「双峰型教育」が行われている。このため原子力系の多くの学生は、以下に示すエネルギー環境システム専攻と量子理工学専攻の科目を履修している。

（専攻共通科目）

- ・原子力・エネルギーシステム特論（2単位）
- ・放射線物理学特論（2単位）

（エネルギー環境システム専攻）

- ・原子炉物理特論（1単位）
- ・原子力システム安全工学特論（1単位）
- ・原子力・エネルギー材料特論（1単位）
- ・放射性廃棄物処分工学特論（1単位）
- ・沸騰・二相流特論（1単位）
- ・原子炉特別実験（2単位）

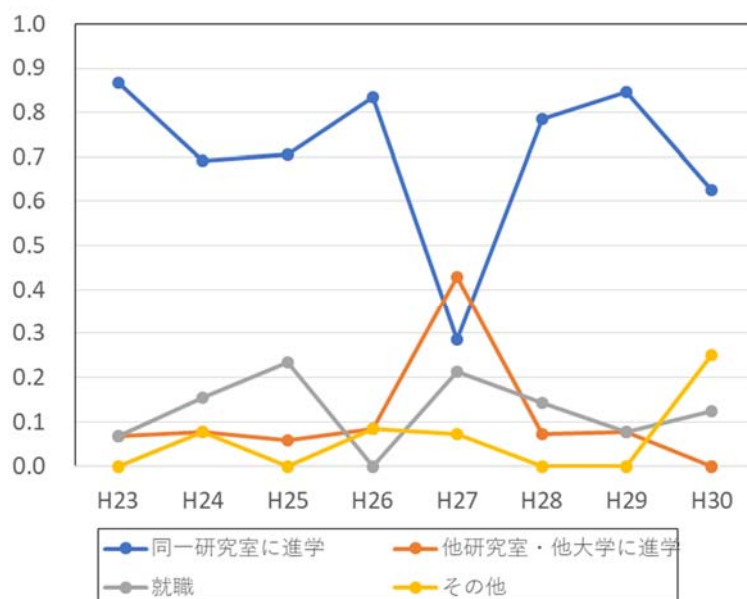
（量子理工学専攻）

- ・プラズマ数理工学特論（2単位）
- ・加速器科学特論（2単位）
- ・放射線医療物理工学特論（2単位）
- ・応用放射線科学特論（2単位）
- ・量子ビーム計測工学特論（2単位）
- ・量子ビーム材料物性特論（2単位）

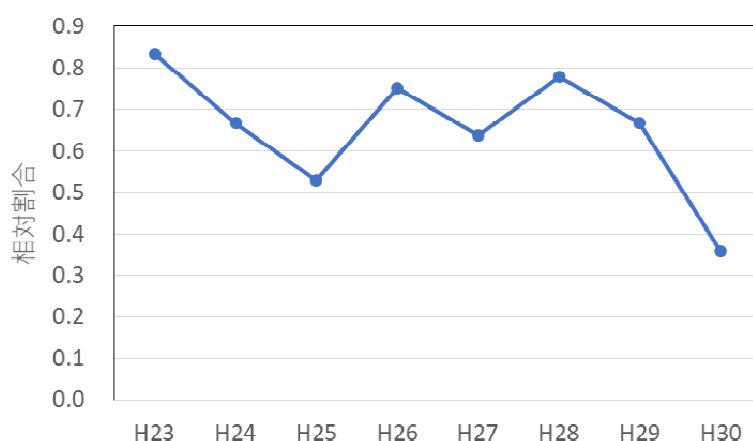
### 3. 学生在籍状況

研究室配属は学部3年終了時に行なわれる。機械知能工学科全体で各研究室に学生が均等になるように配属が決まる（通常、4～5名／1研究室）。

学部卒業後の進路について、エネルギー環境システム専攻の原子力系3研究室の状況を以下に示す。ここ8年間では7～8割の学生が大学院に進学し、学部時と同じ研究室に在籍している。



原子力系3研究室の学生の原子力分野への就職状況を以下に示す。福島第一原子力発電所の事故後も平均で全体の7割程度が原子力系に就職してきたものの、ここ数年は減少傾向にある。



### 4. 原子力人材育成事業および学会活動等

原子力教育の充実を図るため、文部科学省の原子力人材育成等推進事業費補助金（国際原子力人材育成イニシアティブ事業）を活用した教育を実施している。このうち、バック

エンド関連の原子力人材育成事業（平成 23～25 年度「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」、平成 26～28 年度「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 29～令和元年度「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」、いずれも事業代表：小崎教授）では、平成 23 年度より継続して環境放射能や放射性廃棄物処分、廃止措置に関する講義、実験、見学会、国際セミナーなどを開催し、他大学の学生も対象とした教育の充実を図っている。また、その中で、放射線と放射能の基礎に関する英語版の MOOC（大規模公開オンライン講座）を開講した他、誰でもどこでも何時でも無料で講義を聴講できる OCW（オープンコースウェア）を他大学や民間企業からも講師を招いて制作・公開し、制作した OCW を反転授業に活用するなど、原子力教育の質の向上を図っている。なお、公開した OCW は、これまでに累計で 5 万件以上の再生数を記録している。また、MOOC は全世界 133 ヶ国から 4 千人超の履修登録があった。

一方、平成 24 年度から 26 年度まで実施した「国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート人材育成」、及び同 27 年度から 29 年度まで実施した「世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニアの育成」（いずれも事業代表：奈良林前・北大特任教授[現・東工大特任教授]）では、国内電力事業者や原子力メーカーでのインターンシップ、米国への学生派遣などを行い、原子力分野の若い世代の育成に努めた。

日本原子力学会北海道支部では、主に学生を対象とした日帰りの見学会を毎年実施してきたが、数年前からは学科 OB らによる原子力産業の紹介も加えた 2 日間のプログラムとして内容の充実を図っている。また、支部研究発表会では優秀な若手（学生）を表彰するなどの人材育成活動を行っている。

## 5. 国際交流実績

国際交流は、大学および部局（工学研究院）全体の課題となっており、このうち工学研究院では留学生に対する奨学金の確保が進められるなど、年々拡大の傾向にある。原子力系 3 研究室の近年の留学生および外国人研究員等の受入状況ならびにその国籍情報を以下の表に示す。原子力系研究室においても留学生、外国人研究員の受入数は増加傾向にあり、インターンシップ生も含めて 1 研究室あたり 3～4 名となっている。国籍では、中国 8 名、タイ 3 名、インドネシア 3 名、バングラデシュ 2 名、マレーシア 2 名、カザフスタン 2 名、フィリピン 2 名、ベトナム 1 名、韓国 1 名などのアジア諸国の他、フランス、米国、イタリアの学生、研究者の受入もある。

	平成								令和
	23	24	25	26	27	28	29	30	元
学士	0	1	0	0	0	0	0	1	0
修士	0	0	0	1	2	1	2	4	2
博士	0	0	0	0	0	2	2	3	3
研究生	0	0	0	0	0	1	0	0	2
インターンシップ	0	1	1	0	0	0	1	1	3
研究員	2	1	2	2	2	2	1	1	1
計	2	3	3	3	4	6	6	10	11

	平成								令和	計
	23	24	25	26	27	28	29	30	元	
中国		学士			修士 研究員	修士 研究生	修士2名	修士4名	修士2名 研究生	8
インドネシア	研究員			修士 研究員	修士	博士	博士	博士 研究員	博士	3
タイ						研究員			研究員 インターン	3
韓国								学士		1
マレーシア			インターン				インターン			2
バングラデシュ			研究員				研究員			2
ベトナム						研究員				1
フィリピン								インターン	インターン	2
カザフスタン		インターン							インターン	2
フランス								博士	博士	1
イタリア									研究生	1
米国	研究員	研究員	研究員	研究員	研究員					1
ホンジュラス						博士	博士	博士	博士	1
										28

一方、日本人学生の海外インターンシップについては、工学研究院による旅費の補助なども含めた支援体制が強化されてきたことから、原子力系研究室から例年数名の派遣があり、こちらも拡大傾向にある。

以上の交流活動とは別に、原子力人材育成事業による国際セミナーでは例年5名程度の講師を海外から招いている他、北海道大学サマーインスティテュート制度（本学と外国人講師との協働による英語での講義を海外の学生にも公開する制度）を活用して、フランス・ナント大学の教員を招聘して放射性廃棄物処分特論を2018年度から実施している。

## 6. 課題点

以下、課題点として挙げられるものを箇条書きで示す。

- ・研究室に配属される学生のうち、原子力分野に将来携わることを希望する学生の割合は、福島第一原発事故以降減少を続けており、若い世代の原子力分野への関心は低下し続けている。

- ・機械知能工学科は機械工学科と統合して出来た学科であり学部教育のカリキュラムに機械工学系の科目が多く取り入れられている。従って、学部教育の課程で機械工学のマインドが強く植えつけられ、原子力工学への関心・人気が相対的に低い。このことは、将来の

組織再編によりある程度の改善が期待できるものの、当面は続くと考えられる。

- ・教員数の削減が進み、原子力工学全体をカバー出来る教員の確保が難しい。
- ・機械工学においては製図に重点がおかれているため、そのしわ寄せが実験科目に及んでいる。放射線計測など、原子力工学で基本と考えられてきた実験・実習も十分教育ができていない。

以上

文部科学省・原子力人材育成等推進事業費補助金（国際原子力人材育成イニシアティブ事業）

## 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

北海道大学（事業代表者：小崎完）

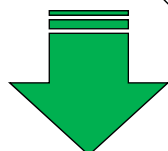
事業参加機関：福井大学、筑波大学、福島工業高等専門学校、東海大学、近畿大学、放射線医学総合研究所、日本原子力研究開発機構

本事業の目的：オープン教材を活用した原子力教育 <sup>1</sup>

### 原子力の持続的利用

- ・ 国民の理解の向上
- ・ 優れた人材の確保

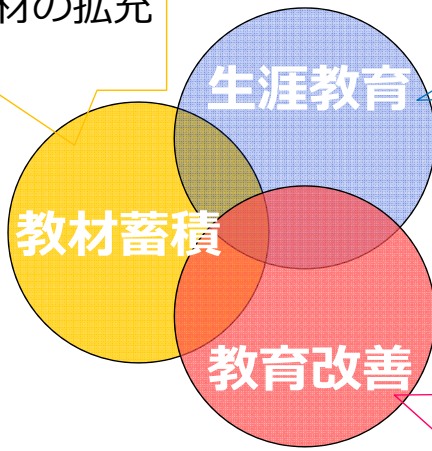
- ・ 少子高齢化
- ・ 大学教員数削減
- ・ 理科（原子力）離れ



**原子力教育の充実  
オープン教材の活用**



• オープン教材の拡充  
改善



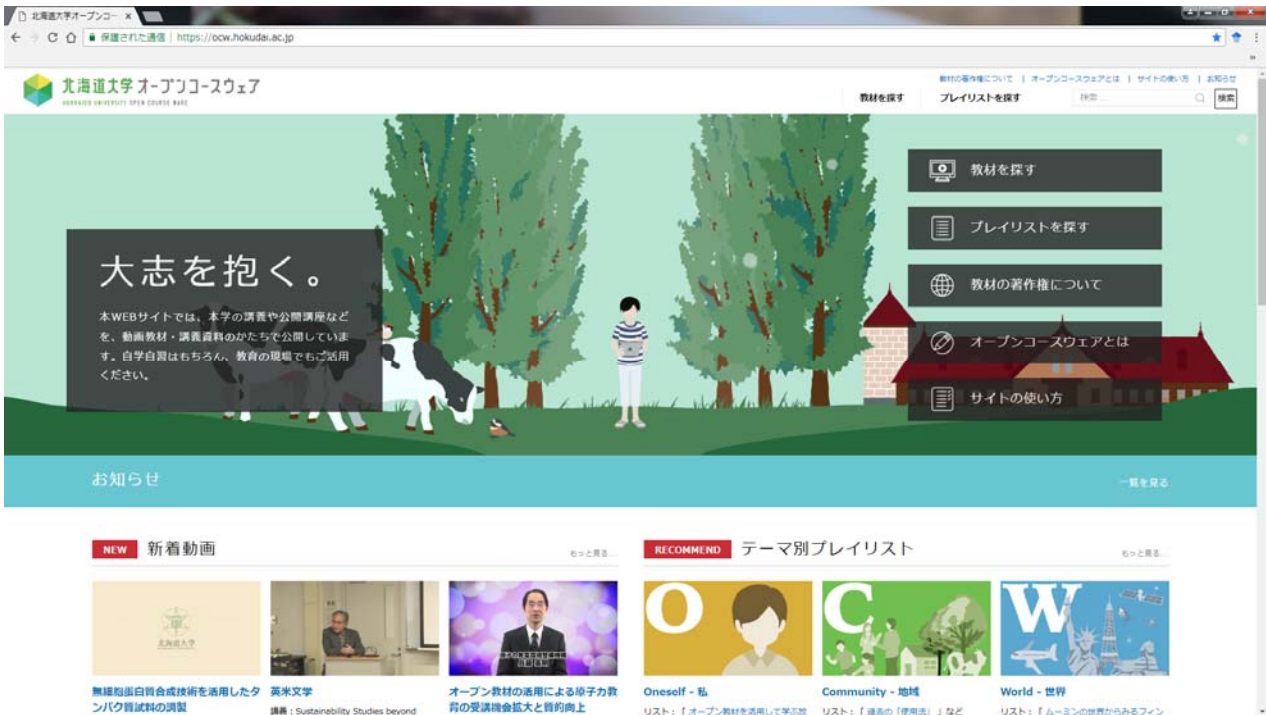
• オープン教材の公開  
• 講座(コース)の設計  
(MOOCの開講を目標)

• エキスパート教育プログラムの実施  
• 教養科目の開講  
• 学習管理システム(LMS)の運用と知見の収集・分析  
• 教育プログラムの改善



HOKKAIDO UNIVERSITY

## (1) オープン教材の改善・拡充



HOKKAIDO UNIVERSITY

千葉豪「原子炉工学 I」,北海道大学オープンエデュケーションセンター, CC BY-NC  
<http://ocw.hokudai.ac.jp/field/field10/atomic-energy-basic-2014/>



HOKKAIDO UNIVERSITY

## オープン教材のコンテンツ例

### #01「原子炉工学」

- ▶ 原子炉工学概論 I –原子炉のしくみ– (北大・千葉豪)
- ▶ 原子炉工学概論 II –いろいろな原子炉– (北大・千葉豪)
- ▶ 核データの利用 (北大・合川正幸)
- ▶ 原子炉工学 I –核分裂連鎖反応と臨界– (北大・千葉豪)
- ▶ 原子炉の動特性 (北大・千葉豪)
- ▶ 加圧水型軽水炉 (PWR) (福井大・島津洋一郎)
- ▶ 原子力発電所の安全性確保の考え方・評価法の枠組みと東電福島第一原発事故後の安全性向上の現状 (北大・杉山憲一郎)

### #02「廃炉工学」

- ▶ 廃炉工学概論 I –廃止措置とは– (福井大・柳原敏)
- ▶ 廃炉工学概論 II (北大・小崎完)
- ▶ 廃炉工学概論III –「ふげん」の廃止措置の事例– (JAEA・井口幸弘)
- ▶ 廃炉工学 II 廃止措置における知識マネジメント (JAEA・井口幸弘)

### #03「放射性廃棄物処分工学」

- ▶ 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– (東海大・大江俊昭)
- ▶ 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– (東海大・大江俊昭)
- ▶ 低レベル放射性廃棄物埋設処分 (日本原燃・京谷修)
- ▶ 放射性廃棄物処分工学 III (NUMO・鈴木寛)
- ▶ 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 (JAEA・谷口直樹)
- ▶ 放射性廃棄物処分工学 深地層の研究施設での研究開発 (JAEA・藤田朝雄)
- ▶ 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 (NUMO・兵藤英明)
- ▶ 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 (NUMO・窪田茂)



HOKKAIDO UNIVERSITY

## #04「環境放射能学」

- ▶ 環境放射能学Ⅰ 環境放射能の全体概要（放医研・田上恵子）
- ▶ 陸上動植物と放射性核種（放医研・田上恵子）
- ▶ 海洋と環境放射能（海洋生物環境研・高田兵衛）
- ▶ 環境放射能学Ⅱ フィールド調査（放医研・田上恵子）
- ▶ 各種原発事故と環境放射能研究（上智大学・廣瀬勝己）
- ▶ 農業環境におけるCsの挙動（放医研・内田滋夫）
- ▶ 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-（JAEA・新里忠史）

## #05「放射線科学」

- ▶ 放射線科学概論Ⅰ（北大・藤吉亮子）
- ▶ 放射線科学概論Ⅱ（北大・加美山隆）

## #06「放射線生物学」

- ▶ 放射線生物学概論Ⅰ 放射線の生体に及ぼす影響（北大・山盛徹）
- ▶ 放射線生物学概論Ⅱ 放射線の生体に及ぼす影響（北大・山盛徹）

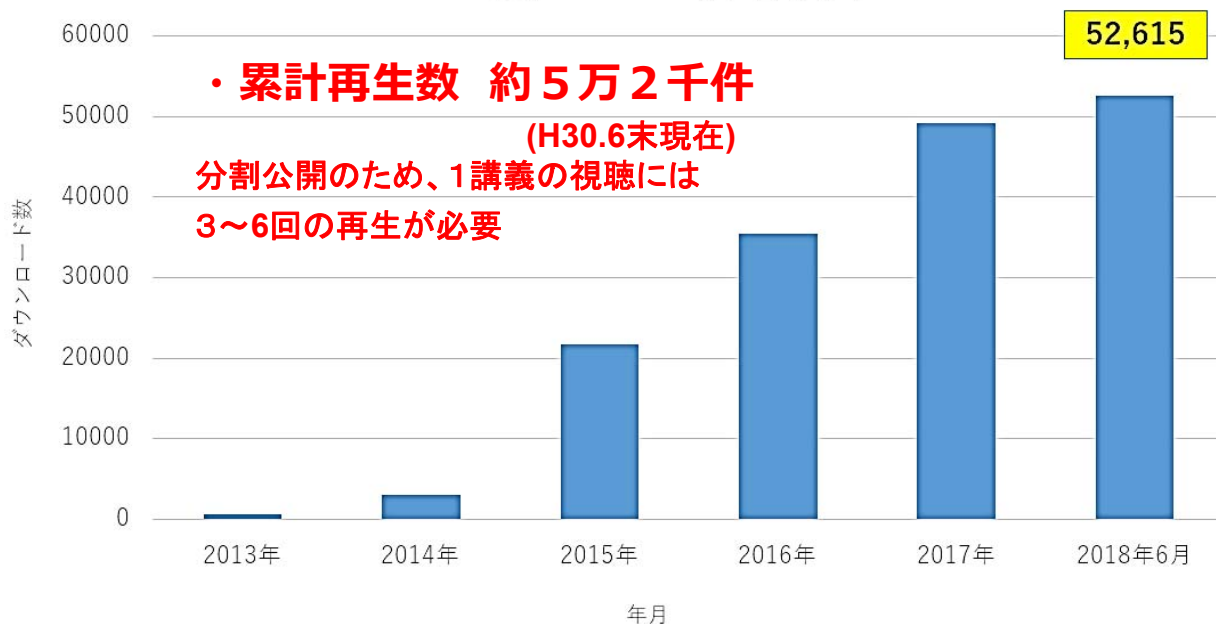
## #07「核燃料サイクル工学」

- ▶ 核燃料サイクル概論Ⅰ 総論（北大・小崎完）
- ▶ 核燃料サイクル概論Ⅱ ウラン濃縮（日本原燃・星野剛）
- ▶ 核燃料サイクル概論Ⅲ 使用済燃料の再処理等（日本原燃・山田立哉）



# 2. その他特記事項：オープン教材の利用状況

オープン教材ダウンロード数（累積値）



## 「廃炉工学概論」

講師・福井大・柳原敏特命教授

累計：**1,393**アクセス（2015年7月～2016年8月）の内訳

<教育機関> ・北海道大学 ・東北大学 ・筑波大学 ・苫小牧高専 ・職業能力開発総合 大学校 他	<企業> ・東京電力 ・東電グループ情報 ネットワーク ・鹿島建設 ・凸版印刷 ・東芝 他	<自治体そのほか> ・気象庁 ・一宮市 ・青森市 ・電力中央研究所 他
--	---	--



HOKKAIDO UNIVERSITY

## ●生涯教育：大規模公開オンライン講座(MOOC)開講

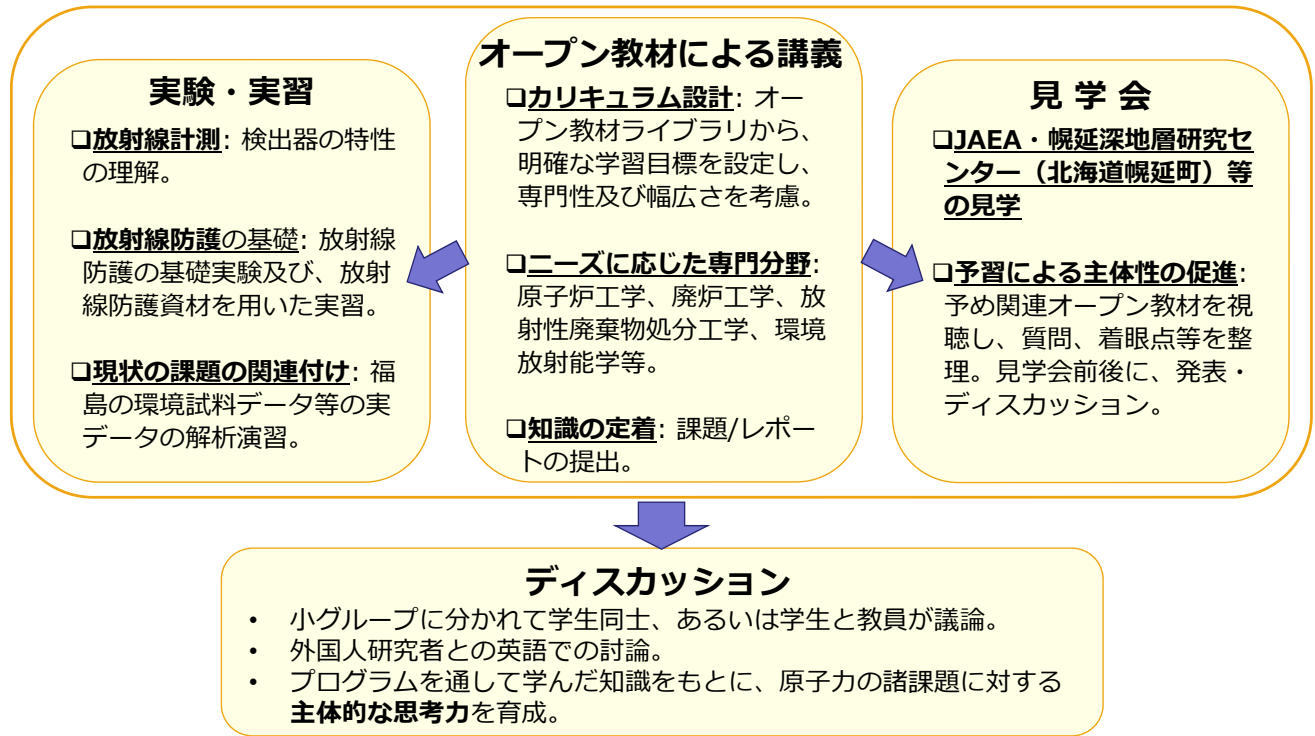
9

The screenshot shows the edX interface for a course titled "Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity". The page includes a search bar, navigation links for "HOW IT WORKS", "COURSES", and "SCHOOLS & PARTNERS", and a video player thumbnail. The course description states: "Learn from Hokkaido University in Japan about the detection, measurement, chemistry, and effects of radiation in industry, medicine, and society." The Open Education Consortium logo is also visible at the bottom.

- ・2015年7～8月に開講
- ・登録者数：4,342名（全世界133ヶ国）
- ・修了者数：380名
- ・講座にアクセスした受講者数：1,385名
- ・（修了者数） / （受講者数） = 27.4 %



HOKKAIDO UNIVERSITY



## 一般教育演習 (フレッシュマンセミナー)

### 「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」の開講

- ・ 担当教員 10名 (工学、RIセンター、情報基盤センター)
- ・ **2単位** (週1コマ×16週)、文系、理系：約20名
- ・ 国立大学教養教育コンソーシアム北海道における実施(北海道内国立大学7校間の教養教育に関する授業科目の単位互換化)

→

- ・ **反転授業**：オープン教材[約30分×12コマ]による予習
- ・ **アクティブラーニング**：実験、演習、討論、発表資料作成を中心とした構成
- ・ **学習管理システム** (LMS) の活用：情報収集、分析



