

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＞

原子力緊急時の環境影響評価と廃棄物処理・処分を支える人材育成

＜実施機関＞

国立大学法人 筑波大学

＜連携機関＞

（参画機関）国立大学法人 東北大学、国立大学法人 富山大学（R4-5）

（協力機関）【国内】日本原子力研究開発機構、量研機構、原子力規制庁、国立環境研究所、産業技術総合研究所、農研機構、福島県環境創造センター、北海道大学、名古屋大学、岡山大学、公益財団法人 地球環境戦略研究機関、環境科学技術研究所、福島国際研究教育機構

【海外】University of South Carolina, Massachusetts Institute of Technology, University of Georgia, Colorado State University, University of Liverpool, Pennsylvania State University, University of Nebraska Omaha, University of Colorado Boulder, National Taiwan University, University of New Hampshire, University of Kansas, National Pingtung University of Science and Technology, French Geological Survey, University of Illinois, IRSN, ITER, IAEA, Nagra, ETH Zürich, University of California, Berkeley, University of Portsmouth, U.S. Department of Energy, USDA Forest Service/ Oregon State University, Pacific Northwest National Laboratory

＜実施期間・交付額＞

令和4年度 8,835 千円、令和5年度 9,306 千円、令和6年度 8,660 千円

＜当初計画＞

1. 目的・背景

我が国の原子力人材育成は旧来、工学部の原子力関連学科や、医学部医療関連学科等により、原子力管理技術、医学療法等の分野を中心に行われてきた。しかしながら、福島第一原子力発電所事故以来、環境中での放射性核種の動態解析や影響評価、モデリング技術を有した人材の不足が顕在化した。これに対し、本学では新たな教育プログラム「原子力災害による環境・生態系影響リスクマネジメント人材育成事業（平成27-29年度）」を発足し、さらにそれを今後の原子力分野の最重要課題の1つである放射性核種の処理・処分まで発展させた「原子力緊急時対応と放射性廃棄物処理・処分を支える高度人材育成事業（令和1-3年度）」を実施し、環境科学・地球科学分野からの体系的・継続的な原子力人材育成に取り組んできた。しかしながら、工学を中心とした原子力関連学科以外の学生を対象とした原子力教育および人材獲得・育成は依然として不足していると言える。2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画では、これまでに引き続き「福島第一原子力発電所事故の経験、反省と教訓を肝に銘じて取り組むことがエネルギー政策の原点」であることが第一に示されている。パブリックコメントでも福島復興や風評被害への意見が数多く寄せられており、放射性核種による環境や健康への影響という身近な関心に、科学的根拠をもって寄り添える人材は、原子力緊急時対応や放射性廃棄物の処理・処分を進める上で欠かせない。

そこで、本事業では、東北大学多元物質科学研究所および富山大学地球システム科学科と共同で実施することで、これまでに構築した原子力緊急時の環境影響評価と廃棄物処理・処分に関する人材育成プログラムをさらに他大学の大学院生等を対象に展開し、さらなる育成人数の拡充を図るとともに、地球科学や環境科学、原子力工学中心に、様々な分野の学生に対して原子力分野に関する関心・貢献への動機付けを行うことで、原子力人材獲得機会の増進を目指す。これを実現させるために、国際的スケールにおける機関横断的な教育体制による専門性に応じた3段階の教育プログラム（基礎コース、エキスパートコース、グローバルエキスパートコース）を実施し、行政や教育の

立場から国民理解の増進を担う人材を育成するとともに、国内外で課題解決を担うことのできる専門家を育成する。また、Web 会議システムを活用したオンライン講義により、ANEC に属する学生や他大学の学生を受け入れ、本プログラムの講義を誰でも視聴可能かつ永続的なオンラインコンテンツとして整備することを目的とする。

2. 実施計画

(1) プログラムの実施

本事業は令和元年度採択課題である「原子力緊急時対応と放射性廃棄物処理・処分を支える高度人材育成事業」を精査・発展させた教育プログラムとして、基礎コース・エキスパートコース・グローバルエキスパートコースの3段階のコースを設定し、以下の9科目（講義5科目、実習2科目、インターンシップ2科目）を毎年実施する。さらに、オンライン講義動画をより効果的に活用するために、随時、講師への質問や課題・小テストの提出を受ける窓口を設置し、HPの更新とオンライン講義動画の追加・整備を行うとともに、広報に努める。

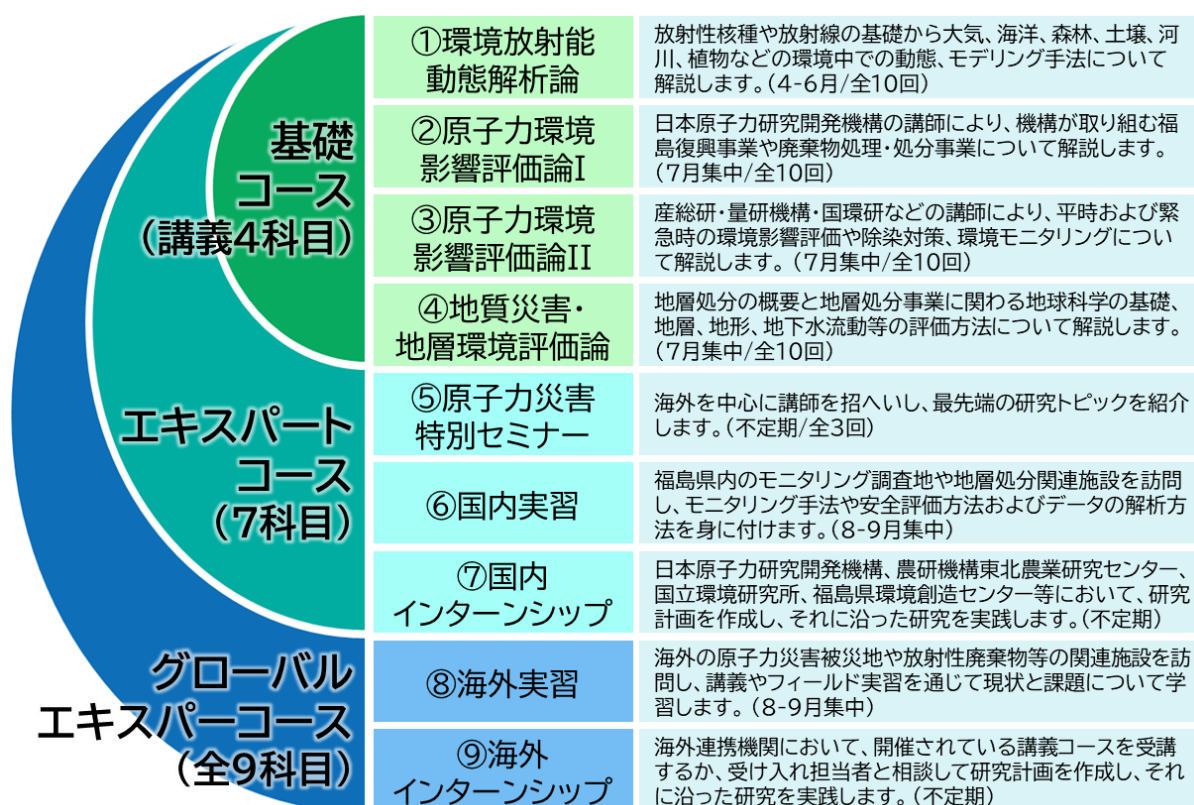


図1 教育プログラム概要

(2) オンラインコンテンツの作成

上記の通り実施した講義について、動画や講義資料としてまとめ、著作権や情報公開に問題のないものをオンライン（本プログラム YouTube チャンネル）で一般公開する。

(3) プログラム修了生による就職説明会の実施

プログラム修了生を中心に、就職説明会の開催やOB・OGの就職先への訪問などを行い、プログラム修了生とのネットワークの維持向上に努める。

<実施状況>

(1) プログラムの実施

令和4年度から6年度までの各年において、プログラム9科目を実施した。令和5年度の原子力災害特別セミナーを除くすべての講義科目はリアルタイムオンラインでも配信し、他大学の学生も遠隔で受講できるようにした。それぞれの科目のシラバスを表1~11に、各年の受講者数を表12

に示す。年度末には、4 科目以上を履修した学生に対して、それぞれの履修科目数に応じた基礎コース・エキスパートコース・グローバルエキスパートコースの修了証を授与した（表 13）。3 年間でグローバルエキスパートコース 9 名、エキスパートコース 15 名、基礎コース 28 名を輩出した。また、3 年間で 1 科目以上参加した者の実人数は 156 名（述べ 474 名）であり、そのうち学外者数は 21 名であった。

①基礎コース講義科目 環境放射能動態解析論（75 分×10 回）

表 1 環境放射能動態解析論シラバス

	回	テーマ	担当
R4	1	環境中の放射性核種（1）放射性核種とは？	坂口 綾
	2	環境中の放射性核種（2）原子力災害の歴史	末木 啓介
	3	環境中移行・評価手法（1）大気中の放射性物質の移行	青山 道夫
	4	環境中移行・評価手法（2）海洋での放射性物質の移行	青山 道夫
	5	環境中移行・評価手法（3）森林中の放射性物質の移行と循環	加藤 弘亮
	6	環境中移行・評価手法（4）土壌中の放射性物質とその挙動	高橋 純子
	7	環境中移行・評価手法（5）河川を通じた放射性物質の移行	恩田 裕一
	8	環境中移行・評価手法（6）植物への放射性物質の移行	山路 恵子
	9	モデリング手法（1）植物体内での輸送	古川 純
	10	モデリング手法（2）移行モデリング	羽田野 祐子
R5	1	環境中の放射性核種（1）放射性核種とは？	坂口 綾
	2	環境中の放射性核種（2）原子力災害の歴史	末木 啓介
	3	環境中移行・評価手法（1）森林中の放射性物質の移行と循環	加藤 弘亮
	4	環境中移行・評価手法（2）土壌中の放射性物質とその挙動	高橋 純子
	5	環境中移行・評価手法（3）河川を通じた放射性物質の移行	恩田 裕一
	6	環境中移行・評価手法（4）河川流域・ダム湖における生物利用性	辻 英樹(国環研)
	7	環境中移行・評価手法（5）淡水魚と水生生物における挙動	石井弓美子(国環研)
	8	環境中移行・評価手法（6）植物体内での輸送	古川 純
	9	環境中移行・評価手法（7）移行モデリング	羽田野 祐子
	10	環境中移行・評価手法（8）植物への放射性物質の移行	山路 恵子
R6	1	環境中の放射性核種（1）放射性核種とは？	坂口 綾
	2	環境中の放射性核種（2）原子力災害の歴史	山崎 信哉
	3	環境中移行・評価手法（1）大気・海洋中の放射性物質の移行	津旨 大輔
	4	環境中移行・評価手法（2）森林中の放射性物質の移行と循環	加藤 弘亮
	5	環境中移行・評価手法（3）土壌中の放射性物質とその挙動	高橋 純子
	6	環境中移行・評価手法（4）河川を通じた放射性物質の移行	恩田 裕一
	7	環境中移行・評価手法（5）水域環境における放射性物質の動態	五十嵐 康記
	8	環境中移行・評価手法（6）植物への放射性物質の移行	山路 恵子
	9	環境中移行・評価手法（7）植物体内での輸送	古川 純
	10	環境中移行・評価手法（8）移行モデリング	羽田野 祐子

②基礎コース講義科目 原子力環境影響評価論Ⅰ（75分×10回）

表2 原子力環境影響評価論Ⅰシラバス

	回	テーマ	担当（日本原子力研究開発機構）
R4	1	福島第一原子力発電所事故後の JAEA の取り組み	川瀬 啓一
	2	放射性セシウムの吸脱着メカニズム	本田 充紀
	3	高度化する無人モニタリング技術	佐々木 美雪
	4	放射能マップはこうしてできあがる	阿部 智久
	5	福島長期環境動態研究	新里 忠史
	6	環境中の放射性核種分析方法の研究	藤原 健壮
	7	原子力災害対応ロボットと櫛葉遠隔技術開発センター	山田 大地
	8	燃料デブリ取り出しに向けた研究	佐藤 一憲
	9	事故に由来する廃棄物の管理と放射性核種の汚染ふるまい	駒 義和
	10	放射性廃棄物の処分へ向けた研究	竹内 竜史
R5	1	福島第一原子力発電所事故後の JAEA の取り組み	田中 真
	2	放射性セシウムの吸脱着メカニズム	本田 充紀
	3	高度化する無人モニタリング技術	佐々木 美雪
	4	放射能マップはこうしてできあがる	阿部 智久
	5	福島長期環境動態研究	新里 忠史
	6	環境中の放射性核種分析方法の研究	藤原 健壮
	7	燃料デブリ取り出しに向けた研究	永江 勇二
	8	福島第一原子力発電所事故と災害対応ロボット	山田 大地
	9	事故に由来する廃棄物の管理と放射性核種の汚染ふるまい	駒 義和
	10	放射性廃棄物の処分へ向けた研究	竹内 竜史
R6	1	福島第一原子力発電所事故後の JAEA の取り組み	田中 真
	2	放射性セシウムの吸脱着メカニズム	本田 充紀
	3	放射性廃棄物の処分へ向けた研究	鶴田 忠彦
	4	高度化する無人モニタリング技術	佐々木 美雪
	5	環境中の放射性核種分析方法の研究	藤原 健壮
	6	燃料デブリ取り出しに向けた研究	永江 勇二
	7	放射能マップはこうしてできあがる	阿部 智久
	8	陸域における放射性セシウム長期環境動態研究	新里 忠史
	9	福島第一原子力発電所事故と災害対応ロボット	山田 大地
	10	事故に由来する廃棄物の管理と放射性核種の汚染ふるまい	駒 義和

③基礎コース講義科目 原子力環境影響評価論Ⅱ（75分×10回）

表3 原子力環境影響評価論Ⅱシラバス

	回	テーマ	担当
R4	1, 2	海洋環境における放射性核種と生物への影響	青野 辰雄（量子科学技術 研究開発機構）
	3, 4	(1)低濃度の水中の放射性セシウムの測定手法の開発と標準化 (2)原子力災害からの環境回復プロセスと課題 -除染の費用と効果～県外最終処分まで-	保高 徹生 (産業技術総合研究所)
	5, 6	環境放射線モニタリング-平常時から緊急時まで-	木村 秀樹（弘前大学）
	7	河川流域・ダム湖における生物利用性放射性セシウムの動態	辻英樹（国立環境研究所）
	8	淡水魚と水生生物における放射性セシウムの挙動	石井弓美子 (国立環境研究所)
	9, 10	農地土壌における放射性セシウムの挙動と農業復興への対策	信濃 卓郎（北海道大学）
R5	1, 2	海洋環境における放射性核種と生物への影響	青野 辰雄 (福島国際研究教育機構)
	3, 4	農地土壌における放射性セシウムの挙動と農業復興への対策	信濃 卓郎（北海道大学）
	5, 6	(1)低濃度の水中の放射性セシウムの測定手法の開発と標準化 (2)原子力災害からの環境回復プロセスと課題 -除染の費用と効果～県外最終処分まで-	保高 徹生 (産業技術総合研究所)
	7-10	環境放射線モニタリング-平常時から緊急時まで-	木村 秀樹（弘前大学）
R6	1, 2	海洋環境における放射性核種と生物への影響	青野 辰雄 (福島国際研究教育機構)
	3, 4	環境放射線モニタリング-平常時から緊急時まで-	木村 秀樹（弘前大学）
	5	河川流域・ダム湖における生物利用性放射性セシウムの動態	辻英樹（国立環境研究所）
	6, 7	農地土壌における放射性セシウムの挙動と農業復興への対策	信濃 卓郎（北海道大学）
	8	淡水魚と水生生物における放射性セシウムの挙動	石井弓美子(国立環境研究 所)
	9, 10	(1)低濃度の水中の放射性セシウムの測定手法の開発と標準化 (2)原子力災害からの環境回復プロセスと課題 -除染の費用と効果～県外最終処分まで-	保高 徹生 (産業技術総合研究所)

④基礎コース講義科目 地質災害・地層環境評価論（75分×10回）

表4 地質災害・地層環境評価論シラバス

	回	テーマ	担当
R4 R5	1, 2	①プレートテクトニクスと地震 ②2011年東北地方太平洋沖地震	八木 勇治
	3-6	鉱床の保存とナチュラルアナログ研究 ①放射性廃棄物地層処分と性能評価 ②ウラン鉱床の形成・保存とナチュラルアナログ研究 ③日本列島の地質環境の長期的評価 ④日本列島における鉱床の形成と保存 ⑤日本列島のウラン鉱床のナチュラルアナログ研究	小室 光世（富山大学）
	7, 8	放射性廃棄物地層処分の現状と将来	桐島 陽（東北大学）
	9	地下水の流動と放射性同位元素等の各種成分における動態	辻村 真貴
	10	地質・地形から分かる過去の地震と津波	藤野 滋弘
R6	1	地層処分事業の概要と原子力発電環境整備機構（NUMO）の取り組み	加藤 貴子（NUMO）
	2	地質・地形から分かる過去の地震と津波	藤野 滋弘
	3, 4	浅層から深層における地下水の動態と流動	榊原 厚一（信州大学）
	5, 6	放射性廃棄物地層処分の現状と将来	桐島 陽（東北大学）
	7, 8	アメリカ核施設における環境モニタリング 高レベル放射性廃棄物のパフォーマンス評価	Haruko Wainwright Murakami（マサチューセッツ工科大学）
	9, 10*	①プレートテクトニクスと地震 ②2011年東北地方太平洋沖地震	八木 勇治

*オンデマンド授業



図2 講義の様子（地質災害・地層環境評価論）

⑤エキスパートコース講義科目 原子力災害特別セミナー（30～75 分×10～15 回）

表 5 原子力災害特別セミナーシラバス

	回	テーマ	担当
R4	1	Advanced Environmental Monitoring System (ALTEMIS) New Paradigm of Long-term Monitoring	Haruko M. Wainwright (マサチューセッツ工科大学)
	2	Subsurface Characterization and Model Parameterization across Scales: Groundwater Remediation to Watershed Science	
	3	Integration Approaches: Geostatistics on Complex Environmental Datasets	
	4	Improving Performance Assessment Methodology for High-level Nuclear Waste Repositories	
	5	How Does Radiation Cause Biological Effects?	Thomas Johnson (コロラド州立大学)
	6	Background Radiation	
	7	Fukushima Research Experiences with Radiation, Students, and Sampling	
	8	Lecture on soil erosion processes and the factors that affect soil erosion rates	James Cooper (リヴァプール大学)
	9	Practical work on GIS-based modelling of soil erosion	
	10	Overview on some projects going on in Europe on disposal of radioactive waste	Gerhard Proehl (筑波大学客員教授/元 IAEA)
R5	1	Introduction to critical zone	Timothy White (ペンシルバニア州立大学)
	2	Soil geochemistry	Ashlee Dere (ネブラスカ大学オマハ校)
	3	Soil geomorphology	Suzanne Anderson (コロラド大学)
	4	Water cycle and hydrology	Jr-Chuan Huang (国立台湾大 学)
	5	Concentration-discharge relationships	Adam Wymore (ニューハンプシャー大学)
	6	Using a whole-system approach to understanding nutrient cycles	William McDowell (ニューハンプシャー大学)
	7	Ecology in the context of critical zone	Sharon Billings (カンザス大 学)
	8	Forest and water in Japan	Takashi Gomi (名古屋大学)
	9	Future scenario of biodiversity and ecosystem services	Osamu Saito (地球環境戦略研究機関)
	10	Complication of socio-ecological system	Herlin Chien (国立屏東科技大 学)
	11	Psychological predictors of environmental policy support	Janet Swim (ペンシルバニア州立大学)

	12	Design and evaluation of land use change scenarios for sustainable management	Cécile Hérivaux & Philippe Le Coënt (フランス地質研究所)
	13	Microbiological processes	Wendy Yang (イリノイ大学)
	14	Paddy field and the effect of carbon storage	Yasushi Mori (岡山大学)
	15	Recovery of Fukushima	Yuichi Onda (筑波大学)
R6	1*	The impact of Sellafield discharges on the environment An Irish perspective	Kevin Kelleher (Environmental Protection Agency, Ireland)
	2*	Environmental effects of operating the Savannah River Site: A nuclear production facility	Thomas Hinton (コロラド州立大学)
	3*	Radioactive water contamination and its dispersal in South Ural (Mayak area) Review	Aleksei Konoplev (福島大学)
	4*	The incident of Chernobyl and subsequent forest contamination issues	Sergey Fesenko (Environmental Lab. IAEA)
	5*	Methodology for the assessment of exposures to people following nuclear accidents	Gerhard Proehl (筑波大学客員教授/元 IAEA)
	6*	Assessing potential exposures to people in the post-closure period of a waste disposal facility I. General aspects	
	7*	Assessing potential exposures to people in the post-closure period of a waste disposal facility II. From present to future conditions	
	8*	Assessing potential exposures to people in the post-closure period of a waste disposal facility III. Option A: Elaborating an envelope for future conditions -The analogue approach	
	9, 10	Biological Effects of Radiation on Animals	Thomas Johnson (コロラド州立大学)

*オンデマンド授業



図3 令和5年度特別セミナーの様子

(令和5年度は JST ベルモント・フォーラムによる土壌と水の持続的社会利用に関する国際共同プロジェクト (ABRESO) のつくば—福島サマースクールと合同で実施)

⑥国内実習

【令和４年度】

原子力災害後の環境影響評価に関する実習として、福島県において放射性核種モニタリングのためのサンプル採取や線量測定等を実施し、放射性廃棄物の処理・処分にに関する実習として北海道の幌延深地層研究センターの見学を実施した。さらに、北海道の天塩研究林において、環境モニタリング施設の見学を行った。

表６ 令和４年度国内実習スケジュール

日程		場所・テーマ
9/5 月	午前	福島県川俣町山木屋地区（河川調査地）における実習
	午後	福島県飯舘村飯樋（森林除染地）における実習
9/6 火	午前	福島県浪江町赤宇木地区（森林におけるモニタリング調査地）における実習
	午後	中間貯蔵施設 見学
10/20 木	午後	幌延深地層研究センター・ゆめ地創館の見学
10/21 金	午前	北海道大学天塩研究林における長期森林水文観測施設の見学



図４ 浪江町の森林における放射性核種動態調査および中間貯蔵施設見学



図５ 幌延深地層研究センターおよび北海道大学天塩研究林の見学

【令和5年度】

特別セミナーと同様に、令和5年度の国内実習はABRESOのつくば―福島サマースクールと合同で実施した。大学院生12名の他、筑波大学の学部生20名があった。ABRESO側の参加者は7ヶ国より教員11名、大学院生25名であった。震災関連施設見学、放射性核種モニタリングサイトでの実習、地元住民の方とのランチディスカッションを行うとともに、福島県内で修士研究を行っている学生は自らの研究を参加者に紹介し、その内容についてディスカッションした。

表7 令和5年度国内実習スケジュール

		場所・テーマ
7/17（月）	午前	東日本大震災・原子力災害伝承館 見学
	午後	福島県浪江町赤宇木地区（帰宅困難区域） 見学・実習 ・林内雨、樹幹流の観測機器見学、空間線量率の測定実習、地下水、渓流水のサンプリング実習など
7/18（火）	午前	新田川サイト 見学 飯槌サイト（森林除染サイト） 見学
	午後	山木屋地区の住民とのランチディスカッション 世戸八サイト（森林源頭部） 見学
7/19（水）	午前	中間貯蔵施設 見学



図6 学生による研究紹介の様子（左：浪江町、右：世戸八）



図7 地元住民とのランチディスカッションおよび中間貯蔵施設見学の様子

【令和6年度】

原子力災害後の環境影響評価に関する実習として、福島県浪江町・川俣町・飯舘村において放射性核種モニタリング実習を行うとともに、福島第一原子力発電所および中間貯蔵施設を見学した。

表8 令和6年度国内実習スケジュール

		場所・テーマ
9/3（火）	午前	移動
	午後	福島県浪江町赤宇木地区（帰宅困難区域） 見学・実習 ・林内雨、樹幹流の観測機器見学、空間線量率の測定実習、地下水のサンプリング実習など
9/4（水）	午前	福島第一原子力発電所 見学
	午後	中間貯蔵施設 見学
9/5（木）	午前	川俣町山木屋調査地 見学・実習 ・測器見学および溪流、河川における浮遊砂、水サンプリング実習
	午後	飯舘村森林除染モニタリングサイト 見学 ・除染（森林間伐）区および対照区の見学、観測機器解説、空間線量率の測定、福島県環境再生プラザ 見学



図8 環境放射能モニタリング実習（左：浪江町、右：川俣町）



図9 福島第一原子力発電所および中間貯蔵施設見学の様子

⑦国内インターンシップ

福島県における震災復興と放射性物質の環境動態に関するインターンシップとして、以下のテーマと機関で研究を実践した。

【令和4年度】※事業開始前に6名の学生が日本原子力研究開発機構のインターンシップに参加。

- 「通い農業を支援するハウス温度等の遠隔監視システムの作成と利用」1名

農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター

- 「福島県浜通りの河川・溪流における放射性物質動態の観測」1名

国立研究開発法人国立環境研究所福島地域協働研究拠点

【令和5年度】

- 「セシウム等微量元素の吸収に関する研究」1名

農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター

- 「福島県浜通りの河川、ダム湖における放射性物質動態の観測」2名

国立研究開発法人国立環境研究所福島地域協働研究拠点

- 「大型再処理施設周辺の放射性核種（ ^3H 、 ^{14}C ）実態把握のための試料採取・分析」2名

環境科学技術研究所 環境影響研究部

【令和6年度】

- 「環境放射線の測定実習」2名

日本原子力研究開発機構 人形峠環境技術センター

- 「土壌粘土鉱物等によるセシウム吸着現象のマイクロレベル評価計算実習」1名

日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター

- 「福島県浜通りの河川、ダム湖における放射性物質動態の観測」2名

国立環境研究所 福島地域協働研究拠点

- 「廃止措置や廃棄体特性、放射性廃棄物の処分の安全性及び放射線防護に関する調査・研究」1名

原子力規制庁 長官官房放射線・廃棄物研究部門



図10 国立環境研究所でのインターンシップの様子（令和6年度）

⑧海外実習

【令和４年度/受講人数８名（学外者３名）】

原子力災害後の環境影響評価と廃棄物処理・処分にかかわる海外実習として、以下の通りアメリカのサバンナリバーサイト（国立研究所および生態研究所）、核廃棄物隔離試験施設（WIPP）、カールスバッド環境モニタリング研究センターを見学し、環境影響組と廃棄物処分組に分かれ、それぞれヨルナダ長期生態研究所とロスアラモス国立研究所および核兵器開発の National Sacrifice Area を見学した。

表９ 令和４年度海外実習スケジュール

日程	場所・テーマ
9/18 日	移動
9/19 月	サウスカロライナ大学 Raymond Torres 教授宅での講義 (航空機の欠航により、予定していた Calhoun の環境モニタリングサイト見学は中止した。)
9/20 火	Savannah River Site（国立研究所および生態研究所）見学
9/21 水	(航空機の遅延のため、予定していたマサチューセッツ工科大学原子炉見学は中止した。)
9/22 木	Waste Isolation Pilot Plant および Carlsbad Environmental Monitoring & Research Center 見学
9/23 金	(環境組) Jornada 生態水文観測フィールド見学 (廃棄物組) Los Alamos 国立研究所見学
9/24 土	(環境組) 移動 (廃棄物組) National Sacrifice Area 見学
9/25 日	(環境組) 帰着 (廃棄物組) 移動
9/26 月	(廃棄物組) 移動
9/27 火	(廃棄物組) 帰着



図 11 Savannah River Site および Waste Isolation Pilot Plant の見学

【令和5年度/受講人数13名（学外者3名）】

原子力災害後の環境影響評価と廃棄物処理・処分にかかわる海外実習として、ヨーロッパ（フランス、オーストリア、スイス）の関連施設を訪問し、講義やフィールド実習を通じて現状と課題について学習した。

表 10 令和5年度海外実習スケジュール

日程	訪問先
9/16（土）	成田発
9/17（日）	マルセイユ着
9/18（月）	・ フランス放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）Cadarache site 見学 ・ 国際熱核融合実験炉（ITER） 見学 ・ IAEA モナコ環境研究所 見学
9/19（火）	・ IAEA Seibersdorf 研究所 ・ IAEA Vienna International Centre 見学
9/20（水）	モンテリ地下研究所 見学
9/21（木）	Alptal 水文観測所 見学
9/22（金）	グリムゼル・テスト・サイト 見学
9/23（土）	朝解散



図 12 国際熱核融合実験炉（ITER）見学と IAEA モナコ環境研究所でのセミナーの様子



図 13 IAEA Seibersdorf 研究所およびモンテリ地下研究所の見学

【令和6年度/受講人数13名（学外者3名）】

核開発のレガシーサイトとして、Rocky Flat（コロラド州）、Hanford site（ワシントン州）を訪問し、核汚染と放射性廃棄物の処理・処分問題を学ぶとともに、コロラド州の Boulder creek critical zone site（長期生態観測サイト）やマッケンジー川周辺山火事サイト（オレゴン州）を見学し、環境モニタリングについて実習した。また、コロラド州立大学にて参加学生の研究発表会を行ったほか、オークリッジ国立研究所、パシフィックノースウェスト国立研究所にて講義を受けた。オークリッジ国立研究所でも学生による研究発表も行い、その内容について同研究所の HP で紹介されている（https://us1.campaign-archive.com/?e=test_email_&u=b7dc514aff0fce9e38166d480&id=0a897c1b5b）。

表 11 海外実習スケジュール

日程	訪問先
9/18（水）	成田発
9/19（木）	Rocky Flats 見学・講義（Site Manager, Michelle Franke 氏）
9/20（金）	Boulder creek critical zone site 見学（コロラド大学 Suzanne 教授）
9/21（土）	コロラド州立大学にて研究発表会（Thomas Johnson 教授）
9/22（日）	【環境組】DEN-EUG 移動、Triangle Lake 等見学（オレゴン大学 Josh 教授） 【原子力組】DEN-TYS 移動
9/23（月）	【環境組】マッケンジー川周辺山火事サイト等見学 （USDA Forest Service, Gordon 氏・Becky 氏） 【原子力組】オークリッジ国立研究所見学（Punam Thakur 氏）
9/24（火）	Richland へ移動・Reach Museum 見学
9/25（水）	Hanford Site、パシフィックノースウェスト国立研究所 見学・講義 （Tom Brouns 氏、Nikolla Qafoku 氏）
9/26（木）～27（金）	PSC 発・成田着



図 14 Rocky Flats 見学およびコロラド州立大学での研究発表会

⑨海外インターンシップ（受講人数 1 名）

以下の連携機関において受け入れ担当者と相談して研究計画を作成し、それに沿った研究を実践し、インターンシップを行った。また、EGU、AGU 等の国際学会で研究発表を行った。

【令和 4 年度】

- AGU 発表およびニューハンプシャー大学の Bill McDowell 教授の元でのインターンシップ(1 名)
発表タイトル: Development of a Method for Estimating Tree Density in Planted Forests in Japan Using Low Irradiation Density Airborne LiDAR and Satellite Remote Sensing
研究テーマ: 無人航空機 (UAV) を用いた環境モニタリングに関する研究

【令和 5 年度】

- EGU 発表 (2 名)
発表タイトル: Changes in Air Dose Rates due to Soil Water Content in Forests in Fukushima Prefecture, Japan
発表タイトル: ^{137}Cs transport flux to surface water due to shallow groundwater discharge from forest hillslope
- AGU 発表および California 大学バークレー校 William Dietrich 教授のもとでのインターンシップ (1 名)
発表タイトル: Estimation of Forest Light Environment in Japanese Plantation Forests Using UAV-LiDAR
研究テーマ: イール川流域 Angelo coast range reserve における森林水文観測およびリモートセンシング技術の利活用による次世代に向けた環境調査
- ポーツマス大学 Jim Smith 教授のもとでのインターンシップ (2 名)
研究テーマ: 河川中溶存放射性セシウム動態に与える水質の影響-ヨーロッパと福島と比較-

【令和 6 年度】

- AGU 発表(2 名)
発表タイトル: Effects of deposited litter on water quality and radiocesium runoff in a forested headwater basin
発表タイトル: Bedrock groundwater discharge processes indicated by radioactive radon tracer in a small headwater catchment, Japan
- WM2025 Conference Education & opportunity in radwaste management 発表(1 名)
発表タイトル: Evaluation of Preferential Flow on the ^{137}Cs Dynamics in Forest Soils in the Former Evacuation Zone of Fukushima



図 15 Jim Smith 教授との研究ディスカッションおよび試料採取の様子（令和 5 年度）



図 16 AGU での発表および WM2025 Conference の様子（令和 6 年度）

表 12 各科目の受講者数

講義名称	受講者数 ※（ ）内は学外者の数		
	R4	R5	R6
① 環境放射能動態解析論	29 (3)	35 (5)	39 (13)
② 原子力環境影響評価論 I	22 (3)	23 (3)	25 (8)
③ 原子力環境影響評価論 II	22 (3)	18 (3)	25 (8)
④ 地質災害・地層環境評価論	18 (3)	18 (3)	26 (8)
⑤ 原子力災害特別セミナー	13 (3)	23 (3)	14 (7)
⑥ 国内実習	6	32 (1)	23 (8)
⑦ 国内インターンシップ	2	5	6 (2)
⑧ 海外実習	8 (3)	13 (3)	10 (7)
⑨ 海外インターンシップ	1	5	3 (1)

表 13 令和 6 年度時点での各コースの修了者数

コース名称	R4	R5	R6
グローバルエキスパートコース	1	5	3
エキスパートコース	2 (4)	6 (7)	7
基礎コース	7 (8)	8	13
1 科目以上参加実人数	40	62	54
1 科目以上参加延べ人数	137	167	170

※（ ）内は各年度終了時点での暫定の修了者数。翌年度追加履修をしたことで、令和 4 年度の基礎コース修了生 1 名・エキスパートコース 2 名がそれぞれ令和 5 年度のエキスパートコース、グローバルエキスパートコースに変更され、令和 5 年度のエキスパートコース 1 名は令和 6 年度のグローバルエキスパートコースに変更された。

(2) オンラインコンテンツの作成

講義動画のオンライン教材化として、新たに 13 の動画を講義資料とともに更新した。さらに、これまでのプログラムで公開済みのものを含めて 123 の動画を整備し、ANEC の HP とリンクした。

筑波大学地球科学学位プログラム内特別プログラム 原子力緊急時の環境影響評価と廃棄物処理・処分を支える人材育成事業

筑波大学 University of Tsukuba
ENEP Expert Program for Environmental Management of Nuclear Emergency and Disposal Radioactive Waste
 原子力緊急時の環境影響評価と廃棄物処理・処分を支える人材育成

JP EN

アクセス お問い合わせ リンク

プログラム概要 講義動画 ギャラリー 主な教育体制 履修したい方へ

講義動画

どなたでも無料で聴講できるオンライン講義です。

第三期プログラム

● 原子力災害環境影響評価論 I (2023)

日本原子力研究開発機構の講師が、機構が取り組む福島復興事業や廃棄物処理・処分事業について解説します。

- (1) 福島第一原子力発電所事故後のJAEAの取り組み－田中 真氏
- (2) 放射性セシウムの吸脱着メカニズム－本田充紀氏
- (3) 高度化する無人モニタリング技術－佐々木美雪氏
- (4) 福島長期環境動態研究－新里忠史氏
- (5) 環境中の放射性核種分析方法の研究－藤原健壮氏
- (6) 燃料デブリ取り出しに向けた研究－永江勇二氏
- (7) 福島第一原子力発電所事故と災害対応ロボット－山田大地氏
- (8) 放射性廃棄物の処分に向けた研究－竹内竜史氏

▶ 講義ファイル ▶ 動画

● 公開セミナー：Gerhard Proehl博士

【講師】 Gerhard Proehl 博士（筑波大学客員教授/元 IAEA Waste and Envi

期別アーカイブ

- 第三期プログラム
- 第二期プログラム
- 第一期プログラム

旧プログラムについて

原子力災害による環境・生態系影響リスクマネジメントプログラム（H27-29）および原子力緊急時対応と放射性廃棄物処理・処分を支える高度人材育成事業（R1-R3）講義の一部は引き続きインターネットで無料公開しています。どうぞご利用ください。

図 17 オンライン教材の公開 (<https://enep.ied.tsukuba.ac.jp/lecture>)

(3) プログラム修了生による就職説明会の実施

プログラム修了生等による就職説明会を、原子力関連機関を中心に以下の通り実施した。

【令和4年度】

●12月12日 特許庁（特許審査官）の就職説明会（オンライン開催）

担当：飯田氏（プログラム修了生）、参加人数：学部生2名、大学院生3名

●12月16日 原子力規制庁研究部門の就職説明会（筑波大学にて開催）

担当：森泉氏（主任技術研究調査官）、参加人数：学部生4名、大学院生2名

●2月2日 日本原子力研究開発機構の就職説明会（筑波大学にて開催）

担当：西村氏（筑波大学OB）、参加人数：学部生3名、大学院生3名

＜成果と評価＞

(1) プログラムの実施

事業開始時はまだコロナ禍であり、とくに令和4年度は海外実習の実施も危ぶまれたが、航空機の欠航や遅延などその影響があったものの、3年間を通してすべてのプログラムを予定通り実施することができた。海外実習は3年間で22機関への訪問が実現し、当初の予定を上回る充実した実習となった。講義に関しても、とくに令和5年度にはJSTベルモント・フォーラムによる土壌と水の持続的
社会利用に関する国際共同プロジェクト(ABRESO)のつくば—福島サマースクールと合同で実施したことで、数多くの海外からの講師を招聘し、貴重な講義を行うことができた。添付資料1に示す通り、3年間で国内外の38機関60名の連携協力者に協力いただき、効果的なプログラムであったと評価できる。

公募時点の年間の育成人数の目標は基礎コースが約12名、エキスパートコースが5名、グローバルエキスパートコースが3名であった。前頁の表13に示すように、3年間の平均で基礎コースが9.3名、エキスパートコースが5名、グローバルエキスパートコースが3名と、エキスパートコース・グローバルエキスパートコースは目標が達成できたものの、基礎コースは目標には届かなかった。しかしながら、ANECのメーリングリストや学会・研究会での周知により、年々他大学や一般の方からの参加が増加し（令和4年度：3名、令和5年度：5名、令和6年度：13名）、計21名に上った。これは、採択通知時にいただいた「様々な機関から学生が参加できるよう、個別課題としての採択ではあるが、ANECと連携が望まれる。」というコメントに十分に応えられたものと評価できる。なお、参加した学外者の所属は、東北大学・京都大学・近畿大学・福井大学・埼玉大学・信州大学・東京工業大学・北海道大学・関西電力・東京電力である。当初参画機関の代表者であった小室氏の急逝により、富山大学からの参加者は得られなかったが、同氏の講義動画はオンライン教材として公開することができた。また、履修生の主専攻は地球科学、環境科学を中心に、山岳科学、総合理工学、生物資源科学などの自然系分野、原子核工学、量子エネルギー工学、リスク・レジリエンス工学、機械知能工学、機械システム工学、構造エネルギー工学、社会工学などの工学分野、さらには経済経営学などの文系まで多岐にわたり、当初の目的であった原子力関連学科以外の学生を対象とした原子力教育および人材育成についてもある程度は達成できたものと考えられる。とくに、本事業は、筑波大学を中心に、地球科学に強い富山大学と原子力工学に強い東北大学と密に連携し、ともにプログラムを実施することで、それぞれの専門分野において新たな視点と深い相互理解が得られることを期待して発足した。その中で、原子力工学を主専攻とする参加学生から「本プログラムの一連の活動により汚染地域への対策の在り方について考え方が変わった。本プログラムを通じ、環境モニタリングの重要性をより深く理解できた。」といった意見が参加学生から出たことは、非常に重要な成果であったと考える。

履修生の進路として、3年間で以下の原子力・エネルギー関係分野6機関、9名の人材を輩出することができた。3年間でエキスパートコースおよびグローバルエキスパートコースの修了生は24名であるため、およそ38%が原子力関係に就職している。また、令和6年度に修士1年で参加した学生についても、東京電力、中部電力および博士課程進学（原子力関係）が決まっており、年3名のペースで地球科学・環境科学分野から原子力分野への継続的な人材輩出を行っている。

- ・ 東京電力 4名
- ・ カールスルーエ工科大学 研究員
- ・ 日本原子力研究開発機構
- ・ 清水建設（除染関係環境コンサルタント）
- ・ 日立製作所（原子力部門）
- ・ 日本エヌ・ユー・エス株式会社（原子力関係コンサルタント）

(2) オンラインコンテンツの作成

本事業では、新たに13の動画を公開しており、その13動画の累計再生回数は令和6年度末時点で120回(平均9.2回/動画)である。また、以前のプログラムで公開した動画を含む全123動画の令和6年度末時点での累計再生回数は11620回である。前プログラム終了時点(平成28年度から令和3年度の6年間)の累計再生回数が6668回であったため、本事業の累計再生回数は3年間で4952回となり、動画の利用者が増加していることが確認された。これは、ANECと連携したことが主な要因であると考えられるが、海外講師による英語の講義動画の再生回数の伸びが良く、海外からの利用者も多いことがうかがえる。いずれにしても、過去の動画も依然として利用されており、誰でも利用可能な永続的なオンラインコンテンツとしての役割を果たしていると評価できる。また、本事業の間に2名の教員が急逝する不幸があった。しかしながら、これらの先生方の講義をオンラインコンテンツとして残すことができ、現在もその資料や動画をプログラムで活用している。

(3) プログラム修了生による就職説明会の実施

プログラム修了生による就職説明会の実施は令和4年度に実施したのみで、継続的に行うことはできなかった。しかしながら、原子力分野に転職した修了生から本プログラムのオンラインコンテンツを活用して勉強し直している、といった報告もあり、一部ではあるが修了生と密なコミュニケーションが維持できている。

<今後の事業計画・展開>

令和6年度以降も、海外実習と海外インターンシップを除いた講義科目および国内の実習とインターンシップは縮小することなく継続していく。本プログラムの非常勤講師として新たに信州大学の榊原先生をはじめ若手の教員・研究者に講義を担当していただくことができ、プログラムの維持のみならず、若手教員・研究者の育成の場、原子力緊急時および廃棄物処理・処分を支える環境影響評価研究を行う人材が集うネットワーク拠点としての役割を果たしていく。

<整備した設備・機器>

なし

<その他特記すべき事項>

グローバルエキスパートコースを修了した学生3名は、本プログラムで習得した知識と技能を活かし、とくに海外インターンシップでの研究を通じて論文執筆を進め、以下の通り筆頭著書として国際誌に受理された(添付資料2-4)。

- 1) Nakanishi, M., Onda, Y., Takahashi, J., Kato, H., Iida, H., Takada, M. (2023) Changes in air dose rates due to soil moisture content in the Fukushima prefecture forests, *Environmental Pollution*, 334, 122147, [DOI:10.1016/j.envpol.2023.122147](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122147)
- 2) Kawano, T., Onda, Y., Kato, H., Takahashi, J., (2023) Mechanisms of ¹³⁷Cs leaching based on long-term observations in forested headwater catchments in Yamakiya, Fukushima Prefecture, Japan, *Science of The Total Environment*, 907, 167837, [DOI:10.1016/j.scitotenv.2023.167837](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167837)
- 3) Hashimoto, A., Chiu, C., Onda, Y., Tateishi, M., Tsuruta, K., Gomi, T., (2023) Satellite remote sensing model for estimating canopy transpiration in cypress plantation using in situ sap flow observations and forest inventory, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 206, 258-272, [DOI:10.1016/j.isprsjprs.2023.11.009](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.11.009)

<参考資料>

(1) 添付資料

- 1) 事業協力者リスト
- 2) 修了生を筆頭とする国際誌論文 (1) Nakanishi et al. (2023)
- 3) 修了生を筆頭とする国際誌論文 (2) Kawano et al. (2023)

4) 修了生を筆頭とする国際誌論文 (3) Hashimoto et al. (2023)

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) プログラム HP (<https://enep.ied.tsukuba.ac.jp/>)
- 2) オークリッジ国立研究所 HP “Visiting Japanese scientists to present research on effects of nuclear power plant accidents” (https://us1.campaign-archive.com/?e=__test_email__&u=b7dc514aff0fce9e38166d480&id=0a897c1b5b)

評価項目に係る事項について

<p>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。）</p>	<p>■課題の達成度</p> <p>原子力緊急時の環境影響評価と廃棄物処理・処分を支える人材育成のための教育プログラム（講義 5 科目、国内外実習・インターンシップ 4 科目）を構築し、すべての科目を予定通り実施した。参画機関の代表者である富山大学の小室氏の急逝などの不幸があったものの、3 年間で国内外の 38 機関 60 名の協力を得ることができた。とくに、海外実習では WIPP、Savannah River Site、Rocky Flats、モンテリ地下研究所、グリムゼル・テスト・サイトなどの欧米の重要な原子力施設を中心に、3 年間で 22 機関への訪問が実現し、当初の予定を上回るプログラムが実施できたと評価できる。</p> <p>履修生の主専攻も地球科学、環境科学、原子核工学を中心に、山岳科学や生物資源科学、更には経済経営学などの文系まで多岐にわたり、当初の目的であった原子力関連学科以外の学生を対象とした原子力教育および人材育成についてもある程度は達成できたものと考えられる。</p> <p>■採択時の審査評価委員所見への対応</p> <p>採択時には、「様々な機関から学生が参加できるよう、個別課題としての採択ではあるが、ANEC と連携が望まれる。」という所見をいただいた。これに対しては、ANEC と連携することで、年々他大学や一般の方からの参加が増加し（令和 4 年度：3 名、令和 5 年度：5 名、令和 6 年度：13 名）、東北大学・京都大学・近畿大学・福井大学・埼玉大学・信州大学・東京工業大学・北海道大学・関西電力・東京電力から計 21 名の学外の参加者を得ることができた。</p>
<p>②特記すべき成果</p>	<p>グローバルエキスパートコースを修了した学生 3 名を筆頭著書とした論文 3 報を国際誌で出版することができた。これは、本プログラムで習得した知識と技能を活かし、とくに海外インターンシップでの研究を通じて論文執筆を進めたことで実現できたものである。</p>
<p>③事業の継続状況・定着状況</p>	<p>令和 6 年度以降は、海外実習と海外インターンシップを除いた講義科目および国内の実習とインターンシップを縮小することなく継続している。</p>

④成果の公開・共有の状況	<p>本事業では、新たに 13 の動画と講義資料を公開し、これまでの動画を含む全 123 の動画の管理を行っている。これらは ANEC の HP からリンクされている。令和 6 年度末時点での全 123 動画の累計再生回数は 11620 回である。過去の動画も依然として利用されており、誰でも利用可能な永続的なオンラインコンテンツとしての役割を果たしていると評価できる。</p>
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	<p>3 年間でグローバルエキスパートコース(全 9 科目修得) 9 名、エキスパートコース(7 科目以上修得) 15 名、基礎コース(4 科目以上修得) 28 名を輩出した。また、3 年間で 1 科目以上参加した者の実人数は 156 名(述べ 474 名)であり、そのうち学外者数は 21 名であった。基礎コースの修了生は申請時の予定よりもやや少なかったが、エキスパートコース・グローバルエキスパートコースは予定通りの人数を育成することができた。</p> <p>原子力関係機関への就職状況としては、東京電力 4 名、カールスルーエ工科大学 研究員 1 名、日本原子力研究開発機構 1 名、清水建設(除染関係部署) 1 名、日立製作所(原子力部門) 1 名、日本エヌ・ユー・エス株式会社(原子力関係部署) 1 名と計 9 名を輩出した。これは、グローバルエキスパートコースの 100%、エキスパートコースまでの 38%の人数に相当する。年 3 名のペースで地球科学・環境科学分野から原子力分野への継続的な人材輩出を達成している。</p>