

令和5年度

文部科学省

国際原子力人材育成イニシアティブ事業

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

成果報告書

令和6年3月

国立大学法人 筑波大学

目 次

1. 事業の概要	1
1.1. 背景.....	1
1.2. 目的.....	1
2. 事業計画.....	2
2.1. 全体計画.....	2
2.2. 令和 5 年度の計画及び業務の実施方法.....	3
2.3. 体制.....	3
3. 令和 5 年度の成果	5
3.1. プログラムの実施	5
3.2. HP 更新、講義動画の追加・整備	18
3.3. プログラム修了生の進路	18
4. 結言	19

1. 事業の概要

1.1. 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ー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、原子力人材育成作業部会の中間取りまとめ（2016 年 8 月）において、原子力以外の分野の人材へのアプローチが今後の課題として挙げられており、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。また、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の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。

1.2. 目的

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。特に、国内外で実習やインターンシップを行い、人的ネットワークの拡大とともに国際的なコミュニケーション能力と世界の原子力課題の理解の向上を図る。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。

本報告書では、令和 5 年度に実施した内容およびその成果をまとめた。

2. 事業計画

2.1. 全体計画

本業務の全体計画図および教育プログラムの概要を図 2.1-1 および図 2.1-2 に示す。

	令和4年度				令和5年度				令和6年度				
	月	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11	1	3
現行プログラムの実施	●												
講義のオンライン化				●									
事務局(オンライン窓口)人事・設置準備				●									
海外実習打ち合わせ	●												
新プログラムの実施							● オンライン講義 質問対応						
講義科目					●					●			
国内外 実習科目							●				●		
インターンシップ							● 随時				● 随時		
学会等発表支援	● 随時												
OB・OGとの交流 (◆就職説明会)	● 随時												

図 2.1-1 全体計画図

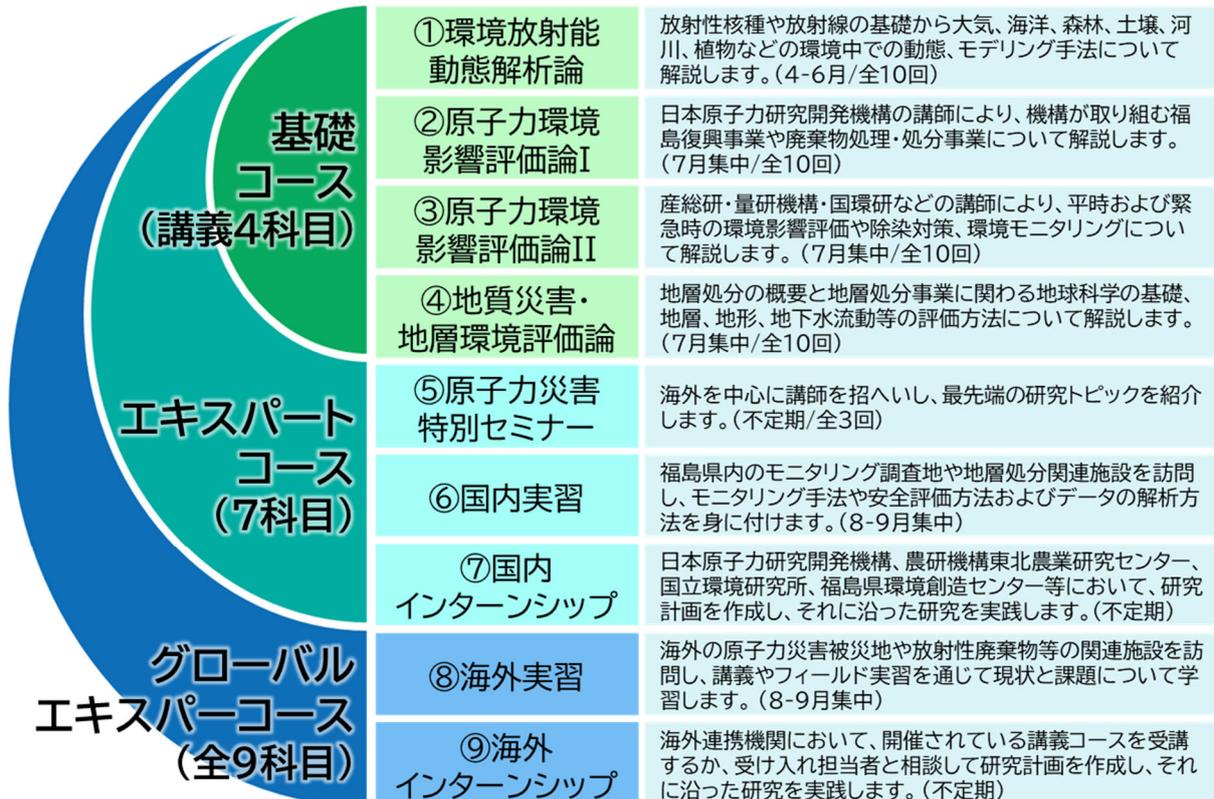


図 2.1-2 教育プログラム概要

2.2. 令和5年度の計画及び業務の実施方法

令和5年度の実施スケジュールを図2.2-1に示す。プログラム9科目（講義5科目、実習2科目、インターンシップ2科目）を実施するとともに、事業HPやオンライン動画の更新、オンライン窓口を通じた他大学の学生対応等を行う。

	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
①	環境放射能動態解析論	←————→											
②	原子力環境影響評価論I				■								
③	原子力環境影響評価論II				■								
④	地質災害・地層環境評価論				■								
⑤	原子力災害特別セミナー				■								
⑥	国内実習（福島）				■								
⑦	国内インターンシップ				←————→								
⑧	海外実習（ヨーロッパ）						■						
⑨	海外インターンシップ	■								←————→			
	HP更新、講義動画の追加・管理	←————→											
	オンライン窓口対応	←————→											

図2.2-1 令和5年度の実施スケジュール

2.3. 体制

実施体制および他機関との連携体制を図2.3-1および図2.3-2に示す。本事業は筑波大学の取り纏めのもと、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が参画して事業を実施する。国内外の関係機関とも密接に連携を図り、プログラムを円滑に運営する。

特に、令和5年度は日本原子力研究開発機構より10名、国立環境研究所より2名、福島国際研究教育機構（元量子科学技術研究開発機構）、産業総合研究所、北海道大学より各1名ずつ講師を依頼するとともに、図2.2-1の⑤原子力災害特別セミナーおよび⑥国内実習の科目については、本学アイソトープ環境動態研究センターも参画しているJSTベルモント・フォーラムによる土壌と水の持続的社会的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する。

国内インターンシップでは東北農業研究センターおよび国立環境研究所、環境科学技術研究所海外実習では国際原子力機関（モナコ環境研究所、Seibersdorf研究所、Vienna International Centre）、モンテリ地下研究所（スイス）、グリムゼル・テスト・サイト（スイス）、Alptal水文観測所（スイス）、放射線防護・原子力安全研究所（仏）、国際熱核融合実験炉（仏）に、海外インターンシップではポーツマス大学（英）に協力を依頼する。

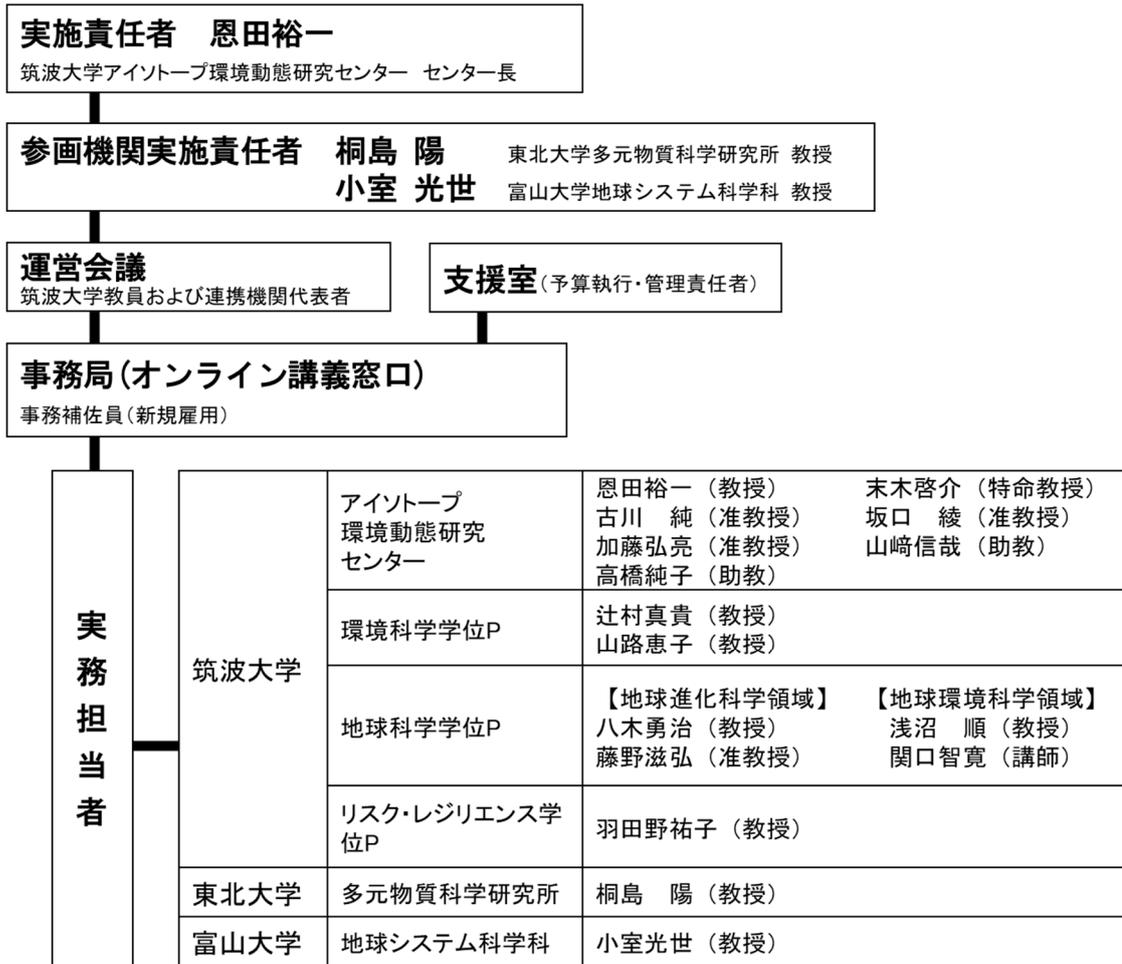


図 2.3-1 プログラムの実施体制

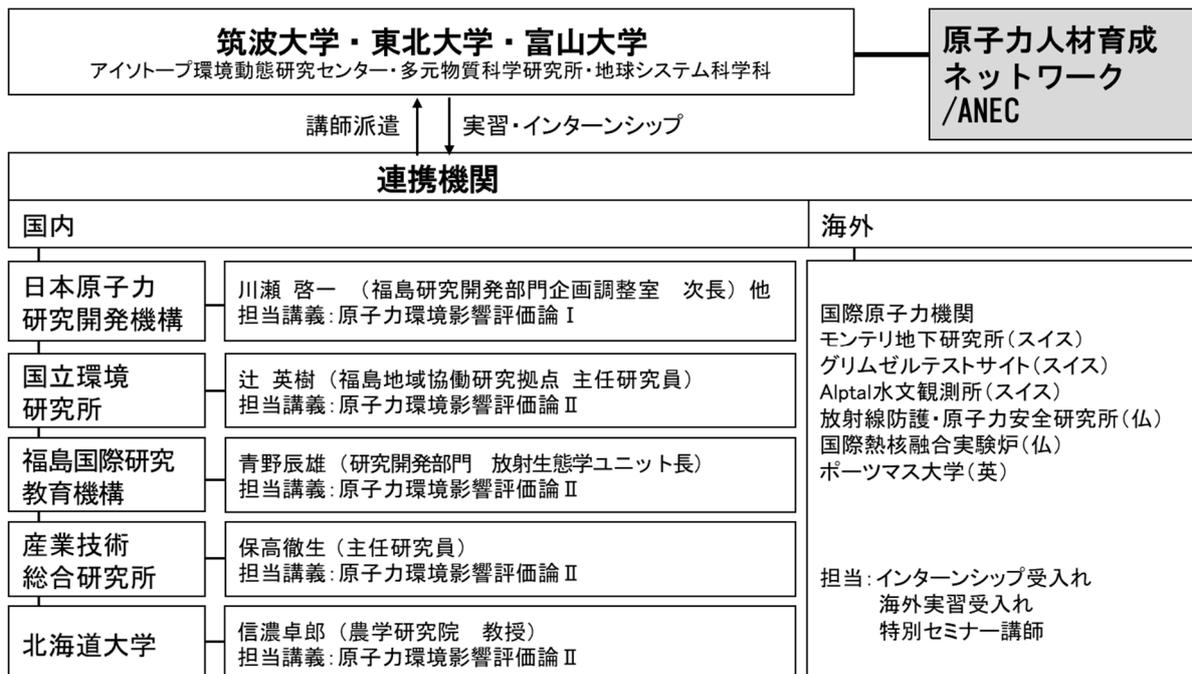


図 2.3-2 関係機関との連携体制

3. 令和5年度の成果

3.1. プログラムの実施

令和5年度は、以下のプログラム9科目を実施した。

[基礎コース]

①環境放射能動態解析論（講義）（75分×10回/受講人数：計35名（学外者5名））

表-3.1-1 環境放射能動態解析論スケジュール

回	日程	テーマ	担当
1	4月13日(木)	環境中の放射性核種(1)放射性核種とは？	坂口 綾
2	4月20日(木)	環境中の放射性核種(2)原子力災害の歴史	末木 啓介
3	4月27日(木)	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	5月11日(木)	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	5月18日(木)	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	5月25日(木)	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 (国立環境研究所)
7	6月1日(木)	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 (国立環境研究所)
8	6月8日(木)	環境中移行・評価手法(6)植物体内での輸送	古川 純
9	6月15日(木)	環境中移行・評価手法(7)移行モデリング	羽田野 祐子
10	6月22日(木)	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

②原子力環境影響評価論 I（講義）（75分×10回/受講人数：計23名（学外者3名））

表-3.1-2 原子力環境影響評価論 I スケジュール

回	日程	テーマ	担当
			(日本原子力研究開発機構)
1	7月20日	福島第一原子力発電所事故後のJAEAの取り組み	田中 真
2	(木)	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	7月21日	福島長期環境動態研究	新里 忠史
6	(金)	環境中の放射性核種分析方法の研究	藤原 健壯
7		燃料デブリ取り出しに向けた研究	永江 勇二
8	7月24日	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	(月)	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

③原子力環境影響評価論Ⅱ（講義）（75分×10回/受講人数：計18名（学外者3名））

表-3.1-3 原子力環境影響評価論Ⅱスケジュール

回	日程	テーマ	担当
1	7月5日	海洋環境における放射性核種と生物への影響(I)	青野 辰雄 (福島)
2	(水)	海洋環境における放射性核種と生物への影響(II)	国際研究教育機構)
3	7月6日	農地土壌における放射性セシウムの挙動	信濃 卓郎
4	(木)	農業復興へ向けた対策	(北海道大学)
5		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	保高 徹生 (産業)
6		原子力災害からの環境回復プロセスと課題 -県外最終処分まで-	技術総合研究所)
7	7月7日	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 (元 青森県原子力 センター所長)
8	(金)		
9			
10			

④地質災害・地層環境評価論（講義）（75分×10回/受講人数：計18名（学外者3名））

表-3.1-4 地質災害・地層環境評価論スケジュール

回	日程	テーマ	担当
1	7月26日	放射性廃棄物地層処分の現状と将来	桐島 陽 (東北大学)
2	(水)		
3	7月27日	地質・地形から分かる過去の地震と津波	藤野 滋弘
4	(木)	(1)プレートテクトニクスと地震	八木 勇治
5		(2)2011年東北地方太平洋沖地震	
6		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
7	オンデマ	鉱床の保存とナチュラルアナログ研究	小室 光世 (富山大学)
8	ドのみ	①放射性廃棄物地層処分の性能評価	
9		②ウラン鉱床の形成・保存とナチュラルアナログ研究	
10		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	

[エキスパートコース]

⑤原子力災害特別セミナー（講義）（130分×15回/受講人数：計23名（学外者3名））

JST ベルモント・フォーラムによる土壌と水の持続的社会的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。本学の1単位である75分×10回と時間数を揃えるため、以下の15回の講義から少なくとも6回選択することとした。セミナーの様子を図3.1-1に示す。

表-3.1-5 原子力災害特別セミナースケジュール

回	日程	テーマ	担当
1	7月11日 (火)	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	7月12日 (水)	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	7月13日 (木)	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	7月14日 (金)	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 Hérviaux & Philippe Le Coënt (フランス地質研究所)
13	7月16日 (日)	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)



図 3.1-1 原子力災害特別セミナーの様子

⑥国内実習 (2泊3日/ 受講人数: 計 32 名 (学外者 1 名))

上記の特別セミナーと同様に、ABRESO のつくば一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。実習の様子を図 3.1-2 に示す。

表-3.1-6 国内実習スケジュール

		場所・テーマ
7月17日(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、溪流水のサンプリング実習など
7月18日(火)	午前	新田川サイト 見学 飯樋サイト(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月19日(水)	午前	中間貯蔵施設 見学



図 3.1-2 学生による研究紹介の様子 (左：浪江町、右：世戸八)



図 3.1-3 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

福島実習のレポートでは、以下のような意見・感想があり、実際に現地に行って語り部さんの話を聞いたり被災の様子や中間貯蔵施設の状況を目にしたりすることの重要性が伺えた。また、国際プロジェクトのサマースクールと合同で行ったことに対する感想も多く、福島県内での研究紹介をした学生のみならず、海外の方々の研究への熱意に触れたことで、多くの参加学生にとっても研究や英語スキル向上へのモチベーションが上がったようだった。

- 中間貯蔵施設がとても印象に残っている。汚染された土壌の量が想像をはるかにこえていた。テレビで中間貯蔵施設と聞かされたときに見慣れた工場のようなものを想像していたが、渋谷と同じくらいの大きさを知って驚いた。ニュースでは土の量やアルプス処理水の量はあまり教えてくれないんだなと感じた。処理した後の土を15m分埋めて積んで、ビニールをかぶせて、種をまいたところの上に立ってみて、汚染土壌への危機感が下がり、人がコントロールできることを実感した。汚染土壌の再処理に対して、より前向きに考えるようになった。
- 今回の施設見学を通して、実際の線量を計測するなどした中で、除染土壌に対する考えが変化し、放射性物質で汚染されているという表現だけを強く捉えてしまっただけでは課題解決には繋がらないと感じた。そして、物事を理解するためには、やはり自分の目で見ることが重要であると再確認できた。
- 東日本大震災原子力災害伝承館において語り部の方が話してくださった、目に見えないもので故郷が失われてしまったということが一番印象に残っている。これまでに人文地理学などを学んできたが、産業が発達しお金さえあればどこでも住めるため、場所に対する想いを強く抱いているのは、土地がそのまま産業に直結する農業従事者だけなのではないかという思い込みが少なからずあった。今回、人が場所に対して抱く想いの重要性について考えさせられた。
- 東日本大震災や原子力災害について詳しく知らなかったため、初日に東日本大震災・原子力災害伝承館を訪れることができるとも勉強になった。例えば、福島産の海産物は安全であるということは知っていたが、どのような数字に裏付けられたものであるかまでは知らなかった。そういったことを今回の実習を通して理解することができた。このような情報の多くはインターネットで調べることができるものの、私を含め多くの人は行動に移さないと考える。この災害は全ての日本人が理解していないといけないう問題であり、この実習は自分にとって大きな財産になったと感じる。
- 発表後の昼食時やバスの中で海外の先生たちに「研究内容面白かった」と直接言ってもらえ、今後の研究の活力となった。
- 自分の研究内容に関して様々な質問や提案をしていただくことで新しい視点を持つことができたり、自分で説明をしながら理解が深まる場所もあつたりと、発表を通して多くの刺激を受けた。
- 各研究発表ブースで毎回質問が飛び交ったりと、海外の方の研究への熱心さに最初は少し怖気づいてしまったが、国際的な関係づくりへの第一歩を踏むことができた。
- 外国人留学生達と直接触れ合うことを通して英語でコミュニケーションができる楽しさを感じると同時に、最先端の研究にかかわるためには英語で自身の考えを話す・相手の言葉を理解するスキルが必要不可欠であると強く実感した。

⑦国内インターンシップ（受講人数5名）

放射性核種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。インターンシップの様子を図 3.1-4 から図 3.1-6 に示す。

- 「セシウム等微量元素の吸収に関する研究」
農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター（8月21日～8月25日）1名
- 「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」
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（8月28日～9月1日）2名
- 「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」
環境科学技術研究所 環境影響研究部（8月29日～9月4日）2名



図 3.1-4 東北農業研究センターでのインターンシップの様子



図 3.1-5 国立環境研究所でのインターンシップの様子



図 3.1-6 環境科学技術研究所でのインターンシップの様子

参加学生のレポートでは、以下のような意見があり、現場に近い研究所ならではのより実践的な研究や普段の研究とは異なる研究を通じて新たな知見を得ていることが確認できた。

- カリウムの施用は放射性セシウムの植物吸収の抑制につながることは知っていたが、実際には、事故からの時間経過に伴う放射性セシウムの濃度減少や、近年の農薬の価格上昇に伴うコスト上昇により、施用するカリウム量を減らす農家が一部みられるようになっていくこと、さらには刈り取った稲を水田に放置していた水田で翌年以降の稲の放射性セシウム濃度の低減が確認されたことから、収穫した穂を水田にまき、その後の植物の根からの放射性セシウムの吸収量抑制についての研究が行われていることを知り、現場の実情の困難さとさらなる対策を取ろうとしていることに驚いた。
- 自分の研究はデータ解析が主であるため、吸引濾過や試料のパッキング作業など、普段の研究では意識していなかったサンプルの分析作業について学ぶことができた。また、研究所における研究員としての仕事を体験することができ、今後の進路選択においても非常に有益な経験を得ることができた。
- 再処理施設からの排ガスに含まれる放射性物質の他にも 1950 年代から行われた大気核実験（グローバルフォールアウト）による放射性物質の拡散の影響がある。放射性物質を検出した場合、その物質の起源や空間的な広がりをも正しく評価するためにも定期的なモニタリング調査は必要であることを学んだ。

[グローバルエキスパートコース]

⑧海外実習（6泊8日/ 受講人数：計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。海外実習の様子を図 3.1-7 から図 3.1-9 に示す。

表-3.1-7 海外実習スケジュール

日程	訪問先
9月16日(土)	成田発
9月17日(日)	マルセイユ着
9月18日(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月19日(火)	・IAEA Seibersdorf 研究所 ・IAEA Vienna International Centre 見学
9月20日(水)	モンテリ地下研究所 見学
9月21日(木)	Alptal 水文観測所 見学
9月22日(金)	グリムゼル・テスト・サイト 見学
9月23日(土)	朝解散



図 3.1-7 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 3.1-8 IAEA Seibersdorf 研究所および Vienna International Centre 見学の様子



図 3.1-9 モンテリ地下研究所および Alptal 水文観測所見学の様子

IRSN はフランスが 2002 年に組織した原子力安全と放射線防護を目的とした研究機関であり、本実習では主に環境中の放射性核種の分布と、放射性核種の生体への影響という大きく 2 つの研究テーマについて説明いただいた。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 土壌中の放射性核種の安定性についての研究で、これまでの吸着に関する仮説は室内実

験により得られたもので、現場条件下での立証は不十分なのが現状であったが、福島の土壌で測定されたデータを再解釈するという逆説的なアプローチを取り、非平衡収着を考慮することでシミュレーションの精度が大幅に改善されるという研究結果が得られたと説明いただいた。もちろん事故は起こさないことが第一であるが、起こってしまった事故の結果を次の事故対応に活かしていくことが重要であると感じた。

- 実験室内でゼブラフィッシュ、ミミズ、カエル、ミツバチなどに放射線を暴露させ、線源からの距離に応じて生死の数や個体群のサイズなどを記録し、どのような影響があるのか調べていた。六ヶ所村の環境科学研究所で見学したネズミを用いた実験設備と同様なことを行っており、放射線の生物影響の実験に関してトレンドを感じた。

ITER は、歴史の転換点ともなり得る画期的な発電方法である核融合炉を、国家間（世界7極35か国）で協力して研究開発を行うための施設である。より具体的にはトカマク型と呼ばれる最も核融合エネルギーの実現の可能性の高い方式を通じて、実規模大のプラントにおいて核融合反応によるエネルギー増倍率 $Q \geq 10$ 、核融合燃焼時間 400 秒以上を実現することを目標としている。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 依然としてロシアも参加している地球上最大の奇跡のようなプロジェクトという話を伺い、そのスケールの大きさに感銘を受けた。一方で、国際プロジェクトであるが故の苦悩として各国で分担して作成する部品が正確に組み合わせられないこともあるとのことだった。ただし、莫大な輸送コストをかけてでも各国で部品を作成する方式をとる理由は、技術の開発と後継を目的としているためであり、ITER 内での実験が終わった後でもここで培った技術を各国が持ち帰ること、この開発技術は核融合発電だけでなく様々な分野への還元が期待されていることを学んだ。
- 事前学習で核融合発電のメリットとして膨大なエネルギーを創出できるベースロード電源の候補、メルトダウンの可能性がゼロという安全性、 CO_2 を含む温室ガスの排出がゼロ、燃料源の枯渇する可能性がほぼゼロであること、高レベル放射性廃棄物が発生しないことなどがあると学んでいたが、中性子により高レベル放射性廃棄物と同等のレベルの放射化物が発生する以上、高レベル放射性廃棄物が発生しないという主張は適切でないと感じるという個人的な主張もお聞きでき、考えさせられた。

IAEA の施設として、モナコの環境研究所、Seibersdorf 研究所および Vienna International Centre 地下の同位体水文学研究室を訪問した。モナコ環境研究所では、主に海洋環境に関する研究を行っており、核および同位体技術を使用して放射性核種、微量元素、有機汚染物質が環境に与える影響の評価、さらには気候変動や生息地の破壊、生物多様性の損失に関する調査も行っている。Seibersdorf 研究所では、主に農業関係の問題に注目した研究を紹介していただき、同位体水文学研究室では海洋における水の同位体のマッピングという IAEA 設立当初の目的に加えて、現在では世界各地で解析してもらうために途上国の研究所などに解析装置を寄贈し、解析のノウハウを伝え現地の研究員を養成することに力を入れて取り組んでいることなどの説明を受けた。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- IAEA は 2005 年にノーベル平和賞を受賞したことは知っていたが、IAEA で行われている研

究は、持続可能な農業や、マイクロプラスチックといった近年問題視されている環境問題など想像以上に多岐に渡っており、原子力技術や同位体観測などがこのように利用され、問題を解決していくという点に強く興味を惹かれた。修士研究で培った自分の持っている技術がどのように活用できるかを改めて考えてみたい。

- 「いつ起きるか分からない」「どこで起きるか分からない」「複雑な技術を簡単な技術で代用できるようにするには？」という 3 つの項目を大事に考えているというお話がとても印象に残った。これらに対応するためにも途上国への設備提供や技術者育成に力を入れているのだと感じた。

Alptal 水文観測所はスイスの中部、チューリッヒ湖の南に位置し、北向きに広がる面積 46.4 km² の谷状の流域に位置する。この地域の体系的な水文学的モニタリングは 1868 年の壊滅的な洪水をきっかけに始まっており、1974 年の豪雨によりそれらの観測所は全て壊滅的な被害を負った。本実習では、この経験を踏まえて建設されたより堅牢な水文観測システムを見学した。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- Alptal 水文観測所では、社会的関心や科学的疑問の変化に応じて研究内容が変化してきたものの、1 世紀以上にわたって水文学研究が続けられていることに驚いた。発足当初における関心時は下流の人口密集地域に被害をもたらす融雪に起因する洪水であったが、1980 年代には生態系全体に着目した研究が行われるようになり、現在では気候変動による水文学的影響を変化に鋭敏な積雪を用いて評価することが重要なテーマとなっているとのことだった。長期にわたる雪に関する観測データを有する観測所ならではの成果が得られているとのことで、環境モニタリングを継続することの重要性を感じた。
- 主要イオン濃度や水の安定同位体比測定まで自動化されており、そのデータ量に圧倒された。この流域では水質が降雨に反応して急速に変化することから、導入されたシステムとのことであった。一方で、その水質の化学的分析の結果からは、流量の変化に応じて時間単位で変動しつつ、季節的及び経年的にも変動し続けていたことがわかったものの、長期的な変動傾向は明確には読み取れていないと伺い、研究の難しさを痛感した。

地層処分に関連する施設として、スイス北西部のフランスとの国境近くに存在するモンテリ地下研究所とスイス南部アルプス山脈近郊に所在するグリムゼル・テスト・サイトを訪問した。これらの施設は、所在している場所の母岩の種類が大きく異なっているという特徴があり、モンテリ地下研究所がオバリナス粘土層に代表されるような粘土質の岩盤、グリムゼル・テスト・サイトは花崗岩質である。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 今回の見学では、トンネルの外壁部にセメントを塗布している粘土質のモンテリとセメントなどを塗布せず岩盤がむき出しとなった状態の花崗岩質のグリムゼルといった 2 箇所の違いを比較することが出来たことに加え、ガラス固化体として処分する日本の地下処分の方法とガラス固化体などにならず使用済み核燃料をそのまま処分するスイスの地下処分方法などを直接見ることができ、非常に有意義であった。
- スイスでは、地層処分に関する国民への説明として、処分場の機能や仕組みをデータで示すことで安全性への理解を高めていると伺った。その結果、地層処分の建設候補地が

決定し、決定した後も国際的な重要課題である地層処分推進のためにこの 2 つの実験施設を継続すると聞き驚いた。国民理解を得るためのデータの示し方や説明の方法をもっと深く知りたかった。

実習を通じて、福島第一原子力発電所事故後の研究成果やデータが世界中で活用されていること、原子力分野の研究やその技術の応用が多岐に渡っていること、人材育成の重要性、長期的な環境モニタリングの難しさや意義、実験室での結果と現場での結果の乖離とそれを埋めることの重要性などを実感したことが伺えた。また、自分の研究テーマや習得した技能などを見直す機会にもなったようで、研究に対するモチベーションの向上も伺えた。

⑨海外インターンシップ（受講人数 5 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 の国際学会で研究発表を行った。海外インターンシップの様子を図 3.1-10 から図 3.1-11 に示す。

・ EGU 発表（2 名、4 月 22 日～4 月 29 日）

発表タイトル：Changes in Air Dose Rates due to Soil Water Content in Forests in Fukushima Prefecture, Japan(<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-3049>)

発表タイトル：¹³⁷Cs transport flux to surface water due to shallow groundwater discharge from forest hillslope(<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-15515>)

なお、このうちの 1 名は本事業の学習を活かして研究を進め、同内容についての論文を筆頭著者として以下の通り国際誌に発表した。

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. Environ. Pollut. 334, 122147. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122147>

・ 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、12 月 8 日～12 月 18 日）

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、2 月 6 日～2 月 16 日）

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-

学生のレポートには、学会発表を通じて新たな考察が得られたり、受け入れ研究機関での研究を通じて自分の研究の問題点に対する気づきを得られたりしていること、新しい解析方法に挑戦

したことが伺えた。とくに、自分の研究の重要な先行研究を行っている先生とのディスカッションしたことにより、これからの研究の方針がより明確になったようだった。

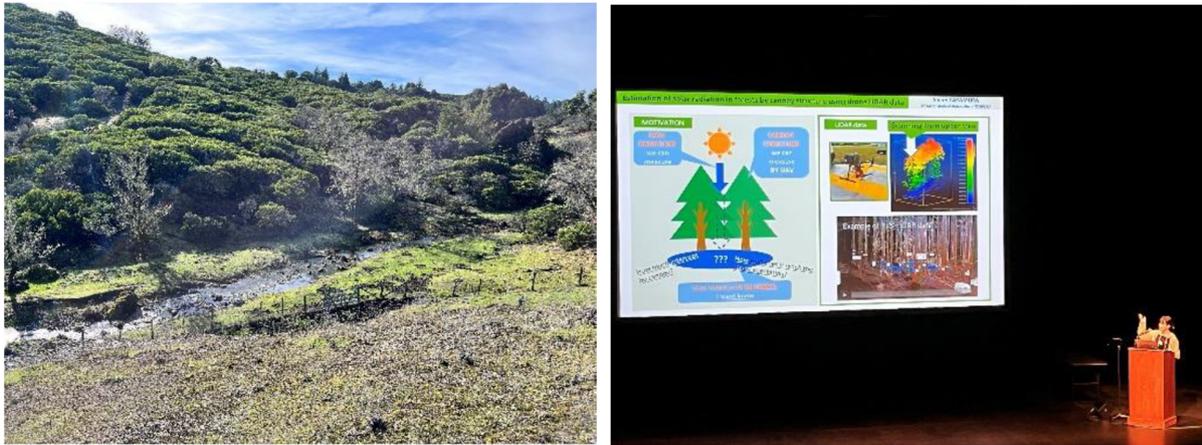


図 3.1-10 イール川流域 Angelo coast range reserve と AGU での発表の様子



図 3.1-11 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

各科目の受講者数を表 3.1-8 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。基礎コース（4～6 科目）修了者は 8 名、エキスパートコース（7～8 科目）修了者は 7 名、グローバルエキスパートコース（全 9 科目）修了者は 5 名であった（表 3.1-9）。ただし、エキスパートコース 7 名のうち 1 名は昨年度の基礎コース修了生、グローバルエキスパートコース 5 名のうち 2 名は昨年度のエキスパートコース修了生である（表 3.1-10）。その他、3 科目履修生が 1 名、2 科目履修生が 2 名、1 科目履修生が 42 名であり、プログラムに参加した学生は実人数 62 名、延べ人数 167 名であった。主な所属学科は応用理工学、物理学、数学、知能機能システム学である。令和 4 年度は実人数 40 名、延べ人数 137 名であり、多少は増えたものの、他大学からの参加者は依然東北大学、京都大学に留まっており、さらなる周知が必要である。

表 3.1-8 各講義の受講者数

講義名称	受講者数
① 環境放射能動態解析論	35(うち学外者 5)
② 原子力環境影響評価論 I	23(うち学外者 3)
③ 原子力環境影響評価論 II	18(うち学外者 3)
④ 地質災害・地層環境評価論	18(うち学外者 3)
⑤ 原子力災害特別セミナー	23(うち学外者 3)
⑥ 国内実習	32(うち学部生 20、学外者 1)
⑦ 国内インターンシップ	5
⑧ 海外実習	13(うち学外者 3)
⑨ 海外インターンシップ	5

表 3.1-9 プログラム履修生 (4科目以上履修者) の所属学科および履修科目

	所属学科	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	履修 科目数
1	地球科学 ※①-⑧までは昨年度履修	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
2	地球科学 ※①-⑧までは昨年度履修	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
3	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
4	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
5	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
6	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1		8
7	地球科学 ※①-⑥までは昨年度履修	1	1	1	1	1	1		1		7
8	化学	1	1	1	1	1	1		1		7
9	環境科学	1	1	1	1	1	1		1		7
10	環境科学	1	1	1	1	1	1		1		7
11	環境科学	1	1	1	1	1	1		1		7
12	山岳科学	1	1	1	1	1		1	1		7
13	環境科学	1	1	1	1	1	1				6
14	工学 (京都大学)	1	1	1	1		1		1		6
15	量子エネルギー工学 (東北大学)	1	1	1	1				1		5
16	量子エネルギー工学 (東北大学)	1	1	1	1				1		5
17	化学	1	1	1	1						4
18	地球科学	1	1	1	1						4
19	地球科学	1	1	1	1						4
20	地球科学	1	1	1	1						4

表 3.1-10 各コースの修了者数

コース名称	令和4年度修了者数 ()内は昨年度時点の暫定数	令和5年度修了者数
基礎コース	7 (8)	8
エキスパートコース	2 (4)	7
グローバルエキスパートコース	1 (1)	5

3.2. HP更新、講義動画の追加・整備

講義動画のオンライン教材化として、新たに8動画を更新し、これまでのプログラムで公開済みのもを含めて123の動画を整備した(図3.2-1)。



図 3.2-1 オンライン教材の公開 (<https://enep.ied.tsukuba.ac.jp/lecture>)

3.3. プログラム修了生の進路

令和5年度プログラムに参加した学生のうち、以下の原子力関連の研究所、企業への就職が決定した。

- 東京電力 1名

4. 結言

本事業は、2015年度より開始した文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業の第三期目のプログラムであり、第一期目は環境科学の学生に、第二期目はそれに加えて地球科学の学生に、自分の専門分野が原子力分野にも深く関係していることへの気付きや動機付けを与える機会とすることを目的の1つとしていた。第三期目の本プログラムでは、さらに原子力工学の分野を強化し、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目的として開始した。その中で、本年度 JST ベルモント・フォーラムによる土壌と水の持続的社会的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セミナーと福島実習を実施できたことは大きな意義があったと考える。この国際共同プロジェクトは、とくにクリティカルゾーンを中心に、景観および流域レベルでの土地利用変化や土地放棄に伴う土壌と水の質や機能の変化様式、その成因、社会的価値の変容を分析することにより、社会に対する土壌や水の持続性を明らかにし、ステークホルダーとの効果的な協働により土地利用保全・再生を考慮に入れた土地管理の意思決定への支援を目指すものであり、クリティカルゾーンとは、木の上端から地下水の下端までの透水層水を表す用語で、水、空気、岩石、土壌、生命が一体となり相互に作用する境界領域を意味し、生物学から地球科学、人文社会科学まで非常に幅広い分野が融合した新学術領域である。合同開催したセミナーの中には、環境心理学を用いた地域や住民への情報伝達法をテーマとした講義もあり、これまでの連携協力機関では提供できないようなこれらの講義は原発事故からの復興や地層処分の推進を行う上でも活用すべき知見が多く、非常に貴重な機会となった。実際にアメリカでは、原子力被災地における地元住民との対話の成功例と失敗例がある。その成功・失敗の要因として一般住民と専門家・政府との知識のギャップ (knowledge gap)、非合理的であると認識しながらも支持してしまう心理 (Magical contagion) などの研究が進められており、その鍵となるのがモニタリングデータであるという。このセミナーを機に、来年度の海外 (アメリカ) 実習ではこれらの被災地を訪問することを計画するに至った。さらに他の分野も含めたより深い相互理解の増進、とくにリスクコミュニケーションや地域住民との対話を行う上での環境モニタリングの重要性を伝えていく方法について、プログラムとしても深めていく予定である。