

令和 6 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 年度実施分)

令和 7 年 3 月

実施機関 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 6 年度の計画及び業務の実施方法	3
2.3. 体制	3
3. 令和 6 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	20
3.3. プログラム修了生の進路.....	21
4. 結言	21

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持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 6 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。

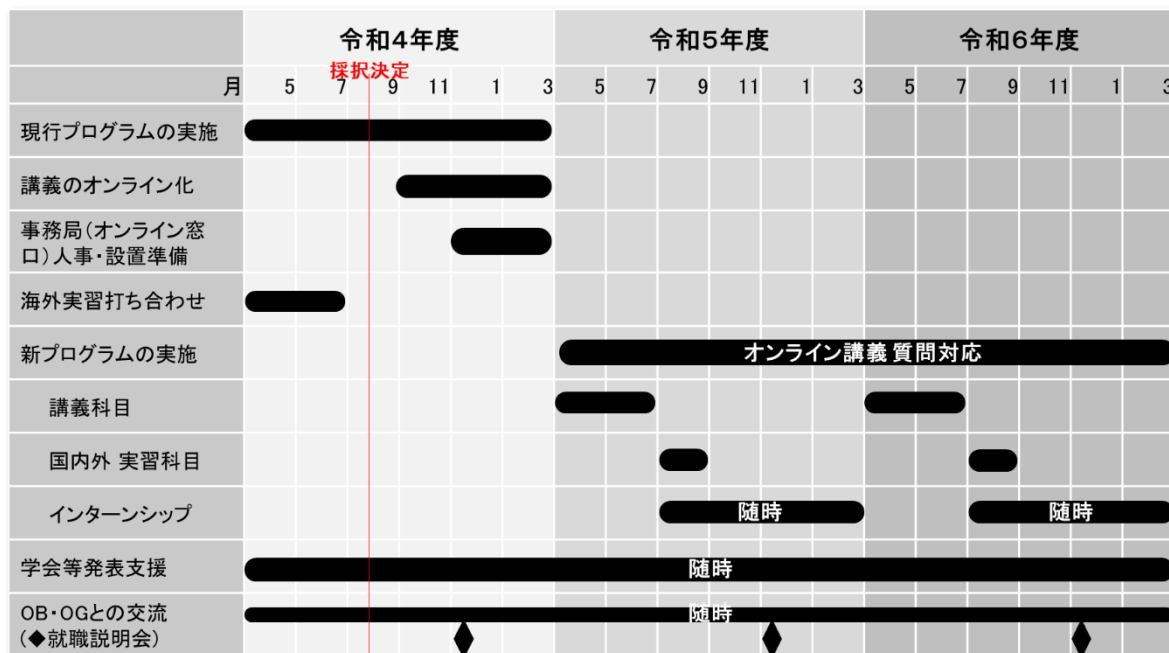


図 2.1-1 全体計画図

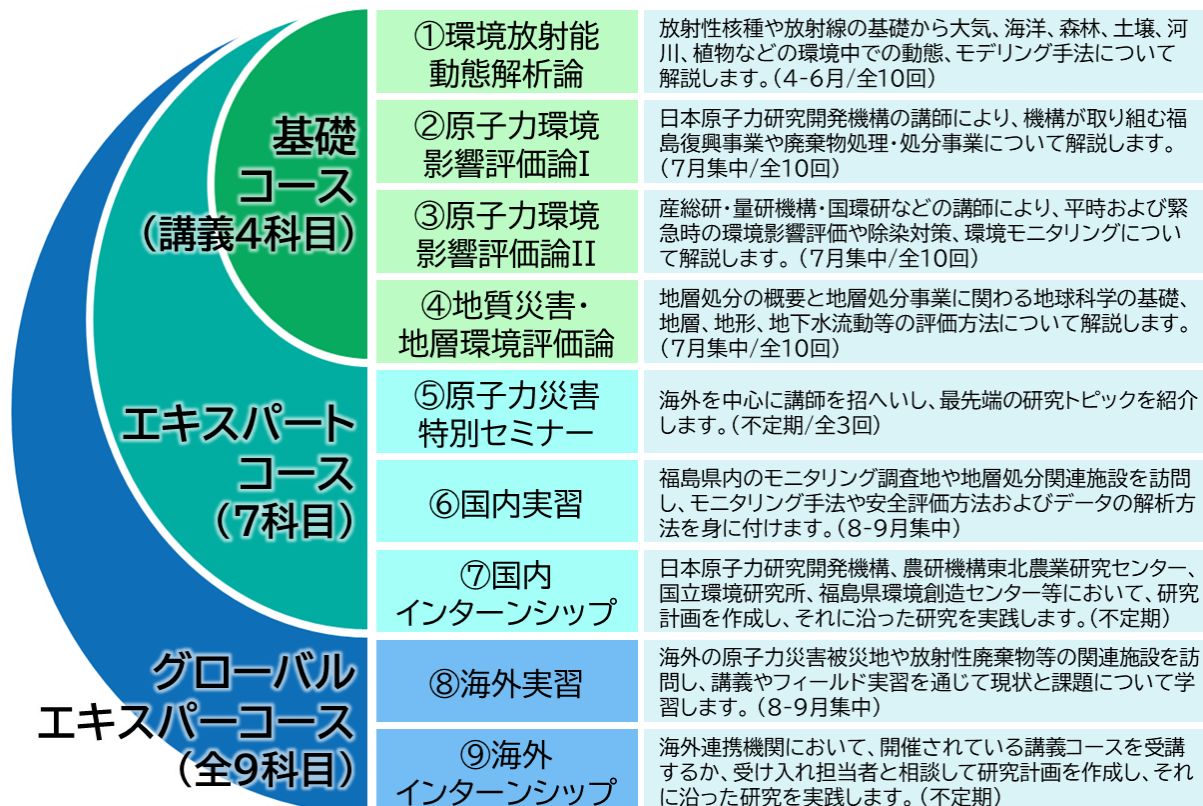


図 2.1-2 教育プログラム概要

2.2. 令和6年度の計画及び業務の実施方法

令和6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（アメリカ）							■						
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6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6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、産業総合研究所、北海道大学、信州大学、マサチューセッツ工科大学より各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では海外実習でも訪問を予定しているコロラド州立大学から講師を招聘する。

国内インターンシップでは日本原子力研究開発機構および国立環境研究所、海外実習ではU.S. Department of Energyの協力のもとRocky Flat、Hanford siteへ訪問するほか、コロラド州立大学、コロラド大学、オレゴン大学、USDA Forest Service、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。

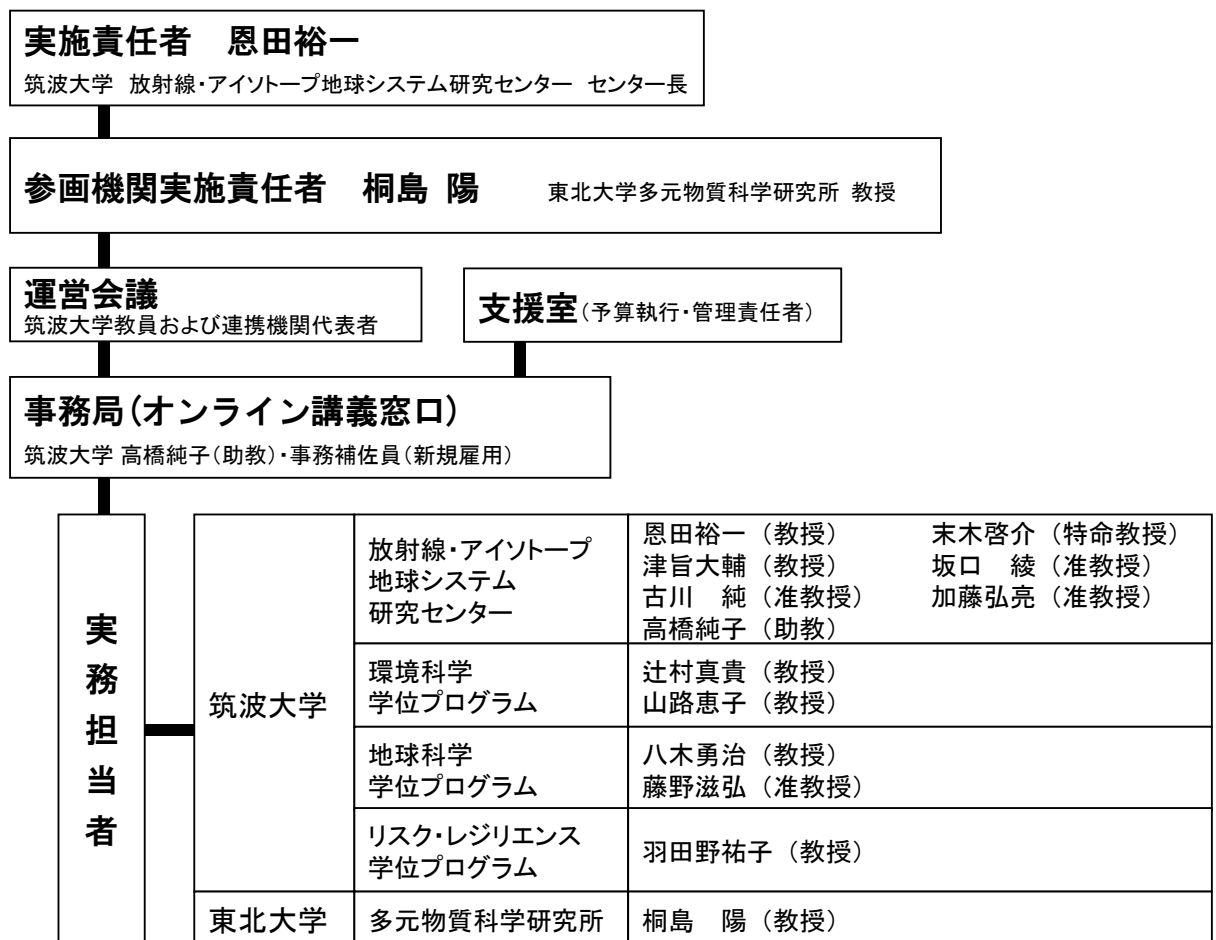


図 2.3-1 プログラムの実施体制

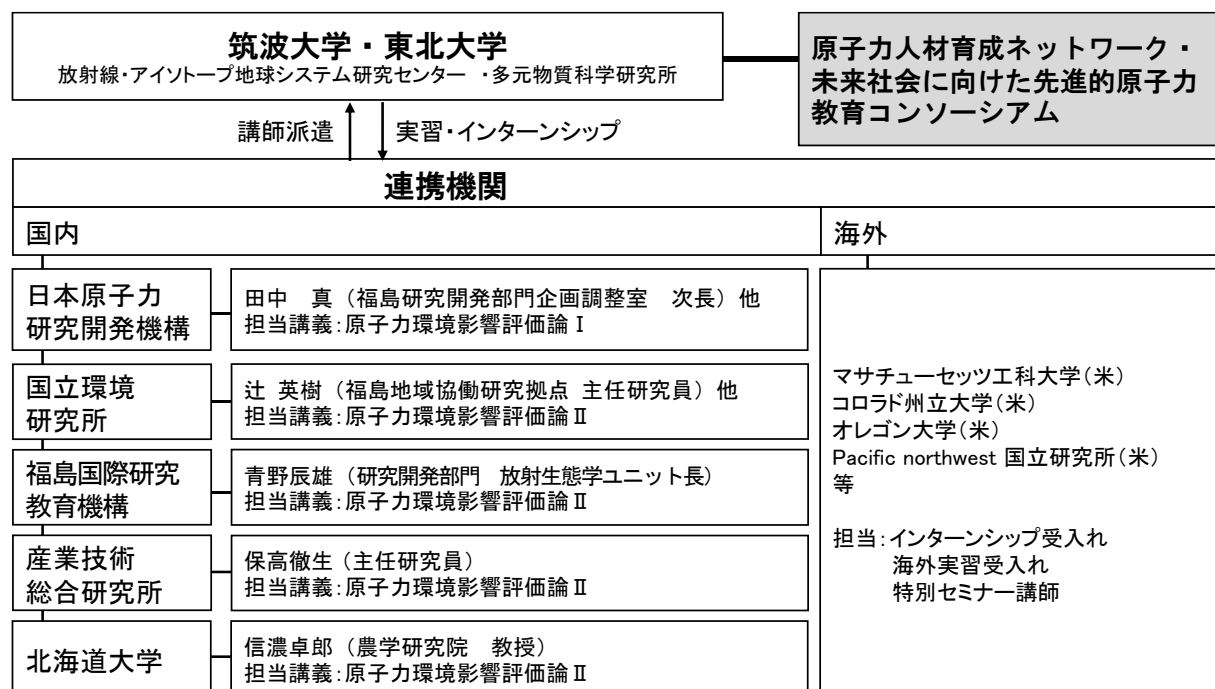


図 2.3-2 関係機関との連携体制

3. 令和6年度の成果

3.1. プログラムの実施

令和6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39名（学外者13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18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25日(木)	環境中の放射性核種(2)原子力災害の歴史	山崎 信哉
3	5月2日(木)	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	5月9日(木)	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	5月16日(木)	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	5月30日(木)	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	6月6日(木)	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	6月13日(木)	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	6月20日(木)	環境中移行・評価手法(7)植物体内での輸送	古川 純
10	6月27日(木)	環境中移行・評価手法(8)移行モデリング	羽田野 祐子

*今年度からの新規教員

②原子力環境影響評価論Ⅰ（講義）（75分×10回/受講人数：計25名（学外者8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18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		放射性廃棄物の処分へ向けた研究	鶴田 忠彦*
4	7月19日	高度化する無人モニタリング技術	佐々木 美雪
5	(金)	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	7月22日	放射能マップはこうしてできあがる	阿部 智久
8	(月)	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

*今年度からの新規教員

③原子力環境影響評価論Ⅱ（講義）（75分×10回/受講人数：計25名（学外者8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8日 (月)	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）
2			
3		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
4			（弘前大学）
5	7月9日 (火)	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		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）
7			
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	7月10日	(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	保高 徹生
10	(水)	(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-	（産業技術総合研究所）

④地質災害・地層環境評価論（講義）（75分×10回/受講人数：計26名（学外者8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12日 (金)	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	7月16日 (火)	地質・地形から分かる過去の地震と津波	藤野 滋弘 (筑波大学)
3	7月17日 (水)	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)
4			
5		放射性廃棄物地層処分の現状と将来	桐島 陽
6			（東北大学）
7	8月19日 (月)	アメリカ核施設における環境モニタリング	Haruko Wainwright
8		高レベル放射性廃棄物のパフォーマンス評価	Murakami (MIT)
9	オンデマ	(1) プレートテクトニクスと地震	八木 勇治
10	ンドのみ	(2) 2011年東北地方太平洋沖地震	（筑波大学）

*今年度からの新規教員

[エキスパートコース]

⑤原子力災害特別セミナー（講義）（30～75 分×10 回/受講人数：計 14 名（学外者 7 名））

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	オンデマンドのみ	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 (Colorado State University)
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 (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 月 16 日	Biological Effects of Radiation on Animals	Tom Johnson (Colorado State University)
10	(水)		



図 3. 1-1 原子力災害特別セミナー（Tom Johnson 氏講義）の様子

⑥国内実習（2泊3日/ 受講人数：計23名（学部生9名、学外者8名））

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-3.1-6 国内実習スケジュール

		場所・テーマ
9月3日(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月4日(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月5日(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、測器解説、空間線量率の測定等 福島県環境再生プラザ 見学



図 3.1-2 環境放射能モニタリング実習（左：浪江町、右：川俣町）



図 3.1-3 福島第一原子力発電所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、これまで持っていた福島第一原子力発電所のイメージと現状の差に衝撃を受けたようであった。また、環境モニタリングを継続することの重要性を理解するとともに、その活用方法、さらにはエネルギー問題や最終処分の問題についての課題を認識し、継続的に考える機会となったことが伺えた。

- 特に福島第一原発に関して、実際の現場の状況が上手く国民に伝わっていない状況にあるのを感じた。実習に参加する前は1号機や2号機の近くまでは近づくことはできないだろう、見学バスから降りることはできないだろう、防護服やマスクを着用した上での見学だろうと思っていた。しかし実際の見学を通して、あれほど近くまで防護服なしで見学することができるようになっており、1時間の見学で歯科CTと同程度の0.1mSv/hrほどしか被ばくしていないなど、実際に現場に行くことでしか得られない知識を多く得ることができた。それと同時に、現在の原発の状況や被ばく量などに関する正しい知識が「放射線は危ないもの」という考えのもとで広く浸透しておらず、私自身も知らず知らずのうちに誤った知識を持っていたのだと痛感させられた。
- 中間貯蔵施設の視察へ向かう際に見た津波に流された公民館や、特別養護老人ホームの跡地など、13年ほど前の建物などがそのままの状態に残っているという事実には衝撃を受けた。すでに解体されている民家などはあるものの、未だこうしたものが残っているということを知っている人は少ないのではないかと思った。また、第一原発の廃炉作業が進んでいることや、防護服なしで敷地内に入れることなど、世間には広く伝わっていないのではないかとも感じた。廃炉まで30年以上かかるなど、被災してから時間がたつにつれ被災地への関心は薄れていってしまうが、自分だけでも関心を持ち続けたい。
- 今回、福島第一原発(以下“1F”)を見学した際に、防護服なしでも短時間なら敷地内の屋外に出ても問題ない状態になっていることを体感したり、ALPS処理水や他の地域の処理水に含まれるトリチウム濃度のデータを見たりしたことで、実際のところ1Fで行われている作業や周辺の環境は自分が思っていたよりもずっと安全なものであることを実感した。それと同時に、風評被害は実際に存在すること、また、この現状を知らないことが風評加害に繋がる可能性があることも感じた。
- 福島第一原子力発電所事故の現場を見て、環境モニタリングが大事であることを身をもって実感できた。放射性物質の拡散状況や環境への影響を素早くモニタリングし、透明性を持ってその情報を共有、公表することで地元住民を中心とした世間の人々に対してどのようなリスクがあるのかを正確に伝えることで適切な対応や理解へとつながっていくと感じた。
- 今回の実習を通して、現地でのモニタリングに基づくデータの蓄積と、その知見をどのように共有し、活かしていくのか考える必要があるということ学んだ。源流域の水文学的な¹³⁷Cs流出プロセスに関しては、地質や地形、植生、気候の影響によって変化することから、モデリングのみに頼った推定を行うことが難しいという側面がある。そのため、今回の各サイトのような現地での観測に基づいたデータの取得が必要不可欠である。一方で、今までの講義の中でも聞いたことであり、自身が実感したことでもあるが、専門的な知識をそのままの形で、行政や住民に伝え、活用することは

非常に難しい。研究者と住民、行政との間に隔たりが生じてしまうのも良いことではないと自分は考える。得られた結果や知見をどのように伝え、役立てていくのか、行政や住民だけでなく、我々も考えていく必要があるのではないかと実感した。

- 最終処分の実施に向けて、国民全体でこの問題を議論することも重要だと感じる。放射性廃棄物の処理や管理は、短期間で解決できるものではなく、次世代にまで影響を与える長期的な課題である。そのため、国民的な議論を通じて、倫理的な観点や持続可能な解決策について意見を交換し、合意形成を図ることが求められる。福島県外での最終処分に対する合意を得るには、国民全体がこの問題に対して責任を共有し、将来的な安全と公平性を確保する取り組みが不可欠だ。現在のカリキュラムはわからないが、私は小学校から高校にかけて中間貯蔵や最終処分に関する議論どころか、講義すら受けていない。これから最終処分を行うにあたって、学校教育やメディアを通して国民の意識を変えていくことが重要だと考える。

⑦国内インターンシップ（5日間/受講人数：計6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。

- ・日本原子力研究開発機構 人形峠環境技術センター 2名
研究テーマ：環境放射線の測定実習
- ・日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター 1名
研究テーマ：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
- ・国立環境研究所 福島地域協働研究拠点 2名
研究テーマ：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
- ・原子力規制庁 長官官房放射線・廃棄物研究部門 1名
研究テーマ：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



図 3.1-4 日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センターのウラン坑道およびウラン鉱



図 3.1-5 国立環境研究所でのインターンシップの様子

[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））

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。海外実習の様子を図3.1-6から図3.1-10に示す。

表-3.1-7 海外実習スケジュール

日程	訪問先
9月18日(水)	成田発
9月19日(木)	Rocky Flats 見学・講義（Site Manager, Michelle Franke 氏）
9月20日(金)	Boulder creek critical zone site 見学（コロラド大学 Suzanne 教授）
9月21日(土)	コロラド州立大学にて研究発表会（Thomas Johnson 教授）
9月22日(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月23日(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月24日(火)	Richland へ移動・Reach Museum 見学
9月25日(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月26日(木)～27日(金)	PSC 発・成田着



図 3.1-6 Rocky Flats (左) および Boulder creek critical zone site (右) 見学の様子



図 3.1-7 コロラド州立大学での研究発表会の様子



図 3.1-8 Triangle Lake 周辺地滑りサイトおよびマッケンジー川周辺山火事サイト見学の様子



図 3.1-9 オークリッジ国立研究所および Reach Museum 見学の様子



図 3.1-10 パシフィックノースウェスト国立研究所の見学および講義の様子

Rocky Flats はコロラド州都デンバーから北西約 20km に位置し、米国エネルギー庁によって運営されていた核兵器製造施設の跡地である。1952 年から 1989 年まで運用され、主に水爆の起爆装置である原爆（plutonium pit）を製造していた。運用中にプルトニウムの環境汚染などが問題になり、1989 年に製造活動を停止しその後閉鎖された。施設解体・除染には 65 年の年月と 370 億ドルがかかると試算されたが、10 年間で 70 億ドルにまで短縮された。これらの説明や跡地の見学に対して、学生のレポートでは以下のような意見・感想があり、福島実習で見た日本との違いを実感したようであった。

- 汚染物質を完全に除去することができない限りモニタリングは半永久的に続く、という趣旨の話が印象に残った。平時のモニタリングに予算が付きにくいのは容易に察するところだが、福島のような原発事故関連の環境問題の今後や、あるいはこれから増えていくであろう廃炉のことを考えるには、平時のデータを持っておく必要があると思った。
- プルトニウムとウランよりも有機物汚染のほうが深刻であるという話には驚かされた。環境への影響と環境回復を考えるためには厳正な維持管理が必要であり、継続的な環境モニタリングの重要性を感じた。

- かつての原子力施設が今では全く平らに均され、さらに、区域を示す塀はあれど警備もない状態で解放されているというのは衝撃的であった。わが国においても、地層処分では、処分施設閉鎖ののち数十年の管理期間経過後は地上部分を開放するとの計画が立てられているが、その実感はなかった。今回の見学によって、地層処分などが目指す閉鎖後のサイト環境のイメージを持つことができた。
- 話を聞いてみると元々この施設の付近は何もないような田舎であったこともあり現在近隣に住んでいる人らは何らかの関係者が多くそのため原子力に対する理解も高いようであった。そういった背景もあり、広大な国土を持ち関係住民にそれほど気を遣わず原子力事業を進められる国だからこそできる業だと感じるとともに日本における福島復興問題の複雑さを再認識できた。
- 一方で、数年前 Rocky Flats 近くで火事があり、除染作業は行われているが放射性物質が再拡散しないか地域住民が不安がっていたそうで、研究内容を専門家でない住民たちにどのように伝え理解を得るかという重要性を認識した。
- 福島実習でも廃炉へ向けた取り組みの説明を聞いていたので、核施設や核施設の解体の規模などが大きく異なることを実感した。日本の原発の解体は周りの住民や環境への影響を考えすぎて作業が進んでいないというように感じた。

Boulder creek critical zone site は U.S. National Science Foundation の支援を受けて発足した Critical Zone Observatory の 1 つである。ロッキー山脈標高 2900m 地点に位置し、土壌学、森林学など多様な環境モニタリングが行われている。今回はコロラド大学の Suzanne Anderson 教授の案内のもと、日当たりにより融雪時期がことなることによる植生の違いや、融雪・降水イベントによる河川流量の変化などについて学んだ。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 北向き斜面と南向き斜面とで日当たりが異なるため、融雪の仕方が異なることは想像しやすい。それを水文学的なプロセスで考え、岩石の風化や土壌の発達、植生の違いにつなげることで、より理解ができるようになった。感覚的なものを理論で説明することのできるフィールドであり、面白いと思った。
- 実際に研究活動が実施されていたサイトの見学を行う事ができ、どのように森林環境を見るのか、その地点の興味深い点はどんなところかなど伺うことができ、非常に勉強になった。
- 福島実習で見学したサイトとは異なり、非常に乾燥しているという特徴があり、同じような観測を行っていても値が全然違っていた。モニタリング行うにはその場所にあった機材や目的に応じて期間や項目を正しく設定すること大切さを学んだ。

コロラド州立大学では、特別セミナーでも講義いただいた Tom Johnson 教授の実験室を案内いただいたほか、学生交流として研究発表会を行った。一人 10 分ほどの発表であったが、しっかり準備がされており、質疑応答を含めて有意義な時間であった。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 特段セキュリティが厳しそうな様子ではなかった通常の実験室で、プルトニウム 239 や アメリシウム 241、キュリウム 244 を用いた溶液放射化学や、生体資料を用いた放射線計測などが行われていた。核保有国のアクチノイド使用に対する規制の緩さを感じた。
- 自分自身の研究内容について、これまで国際学科などで発表したことはなく、経験として英語での資料作成、原稿作成と発表のプロセスを体験できたことは、今後の研究発表活動にも役に立つと思った。
- 専門・言語が異なる先様に対して内容を理解してもらうにはどうしたらよいのかを学んだ。今一度自分の発表の立ち振る舞いを見直すきっかけとなった。

環境モニタリング組は、オレゴン州において Triangle Lake 周辺地滑りサイトおよびマッケンジー川周辺山火事サイトを見学した。この地域では年間 1500mm-2000mm の降雨があり、かつて山火事はほとんど起きていなかったが近年は毎年のように被害が報告されている。それぞれ、オレゴン大学の Josh 教授、USDA Forest Service の Gordon 氏・Becky 氏に案内いただいた。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 5000 年前に起こった地すべりがいまだに残っていることに驚かされた。氷河や森林火災、地震などさまざまな自然現象が特徴的な地形を作っていること雄大な自然の雄大さを改めて感じた。
- 気温が氷河と植生を支配し、それが結果的に地形をも形作ることになるという論理が面白いと思った。
- High Cascade と Western Cascade の 2 種類があり、火山灰の層からなっている High Cascade では降水は地下へと浸透し湧水点では岩盤地下水が流出しているため年間を通して流量が一定であるのに対し Western Cascade では降雨時に河川流量が増加するといった特徴がみられる。岩盤から流出した透明度の高い地下水といった教科書的な知識に直接に触れることができ良い経験になった。
- Triangle Lake 周辺の地すべりやそれに伴う地形の生成等についての講義は、これまで学習してきた専門分野とは全く異なる内容で興味深かった。また、それにもかかわらず、地すべりが発生した年代の推定に放射性炭素年代測定が利用されているといった専門との関連も興味深かった。

原子力組はオークリッジ国立研究所の Punam Thakur 氏の案内のもと同研究所を訪問した。もとは 1943 年、マンハッタン計画の一として、ウラン濃縮の研究を目的に設立されており、今回は High Flux Isotope Reactor (HFIR) と化学系実験室を見学したほか、日本側より桐島教授と参加学生がプレゼンを行った (https://us1.campaign-archive.com/?e=__test_email__&u=b7dc514aff0fce9e38166d480&id=0a897c1b5b)。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- 最初に驚いたことは日本との管理区域の扱いの違いであった。日本では原子炉に入ろうと思ったらかなり面倒な手続きをしなければならないが、この原子炉では名前を書くだけで線量計も必要ないといった対応で、聞いてみると、離れた隔離された場所から見ただけなんだから必要ないでしょうといったことを言われ、納得した。

- 日本とアメリカでの放射線に関する認識がまず違うことを感じた。日本では過度に保守的になり過ぎていることも感じた。一方で、実際の実験室を見させてもらおうと自分の研究室で使っている測定器具が多くあり、ほとんどのものを知っていた。アメリカの研究というと最先端のイメージがあったが実際に使っているものは自分たちと同じでそれをどう使うのか、何のために使うのかが違うだけで、そこまで遠い存在ではなく少し身近に感じた。
- 原子炉が高フラックスなためウランが燃え尽きるまでのサイクルも高頻度であり、使用済み燃料はサバンナリバーまでキャスクに封入して輸送している。キャスク規格は見た目は日本と同様であったが、研究者の処分についての重要度が低そうな印象を受けた。国土の広さが如実に表れているからかと感じた。

Richland では、Reach Museum および Hanford Site を見学し、その後パシフィックノースウェスト国立研究所の見学と講義を受けた。Tom Brouns 氏、Nikolla Qafoku 氏を中心に、多くの方にご協力いただいた。Hanford Site もとはマンハッタン計画の一として原爆用プルトニウムの生産を目的に設立された核施設であり、稼働中に汚染水貯蔵施設から地下水中に大量の汚染水を放出し、現状として除染が必要な状態でありアメリカでもっとも核汚染がひどい場所 (America's most contaminated nuclear waste site) と呼ばれている。学生のレポートでは以下のような意見・感想があった。

- Reach Museum では、Hanford Site で実際に行われた原爆や水爆実験の様子や原爆を落とした当時の新聞記事などの展示を見た。今まで歴史の授業などで学んできた内容とは違い、アメリカ側の視点から見た原子力を知ることができた。核兵器が如何に期待を背負って開発されたのかという内容や、また、その開発が産業として成立しており地域の人々の生活を支えるものとしての機能も有していたという側面を知ることができた。
- Hanford Site における原子力爆弾の製造過程では、16 人の作業員が命を落としていたことを知った。Hanford Site に集められた人々の間では、殺人、窃盗、強盗、売春といった問題が発生していたともいう。日本だけでなく、内地にいたアメリカ国民も、終戦に向けて闘っていたのであり、その結果として広島と長崎に原子力爆弾が落とされたのを肌で感じる良い機会となった。
- オークリッジでもそうだが、マンハッタン計画の一端と現在まで続く環境影響・先住民が受けている余波を知ることができた。1F 事故による環境汚染と元核施設の環境汚染は、見た目では似たような問題に見えるが、解決すべき課題の毛色が異なり、改めて日本に焦点を当てて取り組んでいく必要があると認識できた。
- Hanford Site の放射性物質の放出は、福島第一原子力発電所の事故とは異なり、平常の作業からのものである。時代的な背景があるとしてもとても危険で恐ろしいと思った。また、除染に対するニーズは今後も高まることが考えられる。除染能力をもつ様々な物質が見出され、選択肢が増えることは重要であり、Hanford 地域のステークホルダーが緊密に連携することが環境回復への大きなカギになることが分かった。
- PNNL 自体の見学で最も記憶に残っているのは、遅延解体の選択で石棺にされた原子炉である。遅延解体による放置の間のリスク（工学的な建物の経年劣化による放置時や解体時の安全リスク、テロリズム等の標的となり損壊する安全リスク、自然災害などによっ

て建物が損壊する安全リスク、追加対策の実施による経済リスク) 増加と遅延解体による被ばくリスクの低減が天秤にかけられて選択されるプロセスであるが、遅延解体を選べたというのはアメリカ(や諸外国)ならではだと考える。

- パシフィックノースウェスト国立研究所は、日本のように分野によって細かく研究所が別れておらず、原子力のような化学的・工学的な研究もあれば、環境についての研究、生物についての研究もあり、施設の大きさを含めて規模の大きさに驚いた。さまざまな分野の研究が 1 箇所で行われているという部分で分野をまたぐ研究が盛んに行えるのだと感じた。

実習を通じて、「廃止措置や解体について、アメリカから学ぶべきことが多いと思うと同時に、自然環境のみならず原子力政策等を取り囲む社会環境なども含めると、そのまま技術を転用することは難しいのだろうと改めて強く実感した。」といった感想が示すように、とくに日本とアメリカの文化や環境、そして対策の違いを強く実感したようであった。また、「原子力や廃棄物に関する知識が身についただけでなく、将来のエネルギー利用や環境アセスメントへの積極的な理解と関心を向ける姿勢が身についた。」との感想もあり、原子力や環境放射能モニタリングよりも更に広範な視野を得たようであった。

⑨海外インターンシップ(受講人数: 計 3 名(学外者 1 名))

以下の国際学会・国際会議において自身の修士研究についての発表を行った。海外インターンシップの様子を図 3.1-11 から図 3.1-12 に示す。

- ・ AGU (American Geophysical Union, Washington DC, 12 月, 2 名)

発表タイトル: Effects of deposited litter on water quality and radiocesium runoff in a forested headwater basin

(<https://agu.confex.com/agu/agu24/meetingapp.cgi/Paper/1606747>)

発表タイトル: Bedrock groundwater discharge processes indicated by radioactive radon tracer in a small headwater catchment, Japan

(<https://agu.confex.com/agu/agu24/meetingapp.cgi/Paper/1675912>)

- ・ WM2025 Conference Education & opportunity in radwaste management (Phoenix, 3 月, 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

※当学生は、この国際会議の主催であるアメリカの WM Symposia の創始者が設立した Roy G. Post Foundation による原子力分野において優秀な学生をサポートするための Scholarships に応募し、採択された。その結果、この国際会議に招待され、発表するに至っている。

学生のレポートには、以下のような記述があり、学会発表を通じて新たな考察が得られたり、これからの研究の方針がより明確になったようだった。

- 海外の修士、博士学生と関わることで自らの研究生活について深く考えるきっかけとな

った。様々な分野の研究者との議論を通して自らの研究を新たな側面から考えられるようになった。関連研究集会に参加することで海外の研究者、学生とコミュニケーションを取り国際性が身についた。

- 同じ地下水・対象物質に関する研究でも、地域や手法の違いによってアプローチが大きく異なっており、物事を異なる視点から捉えることの重要性を実感した。また、専門的な内容を分かりやすく伝えることの難しさを改めて感じた。質疑応答の中で即座に自分の考えを伝える必要があり、単に研究を深めるだけでなく、それを適切に伝える力も必要であると学んだ。さらに、異文化の中で研究者と交流することで、多様な価値観に触れることができた。今回の学会参加を通じて、研究の視野を広げることができただけでなく、今後の課題や自身の成長すべき点が明確になった。
- 国内の学会参加では得られない、Cs-137 や福島県に対する国外の人々の意見や環境修復分野における海外の最新の研究などの知識を得ることが出来た。しかし、東日本大震災の原子力発電所事故については十分に浸透しておらず、実状を初めて知る人々も多かったと同時に感じ、原子力発電所事故に関する国外での情報発信は課題の一つと感じた。



図 3.1-11 AGU での発表の様子



図 3.1-12 WM2025 Conference の様子

令和4年度から令和6年度における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。R6年度の基礎コース（4～6科目）修了者は13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3名であった（表3.1-9）。ただし、グローバルエキスパートコース3名のうち1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3名、1科目履修生が29名であり、プログラムに参加した学生は実人数54名、延べ人数172名であった。令和4年度は実人数40名、延べ人数137名、令和5年度は実人数62名、延べ人数167名であり、履修生の人数そのものは大幅な増加はないものの、学外者の数は令和4年度が3名、令和5年度が5名、そして今年度が13名となっている。今年度は東北大学、京都大学のほか、埼玉大学、信州大学、東京工業大学、北海道大学、さらには関西電力、東京電力といった社会人の参加もあり、当初の目的通りプログラムを学外に展開することができた。

表 3.1-8 各講義の受講者数

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	8	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 3.1-9 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。

表 3.1-10 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	9
2	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
3	総合理工学研究科（信州大学）	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
4	環境科学	1	1	1	1	1	1	1	1		8
5	地球科学	1	1	1	1	1	1	1	1		8
6	原子核工学（京都大学）	1	1	1	1	1	1	1	1		8
7	原子核工学（東京工業大学）	1	1	1	1	1	1	1	1		8
8	量子エネルギー工学（東北大学）	1	1	1	1	1	1		1		7
9	量子エネルギー工学（東北大学）	1	1	1	1	1	1		1		7
10	原子核工学（京都大学）	1	1	1	1	1	1		1		7
11	経済経営学（埼玉大学/ 東京電力）	1	1	1	1	1			1		6
12	地球科学	1	1	1	1	1	1				6
13	化学	1	1	1	1			1			5
14	地球科学	1	1	1	1		1				5
15	地球科学	1	1	1	1		1				5
16	地球科学	1	1	1	1		1				5
17	関西電力（一般）	1	1	1	1		1				5
18	地球科学	1	1	1	1	1					5
19	環境科学	1	1	1	1	1					5
20	化学	1	1	1	1						4
21	化学	1	1	1	1						4
22	環境科学	1	1	1	1						4
23	環境科学	1	1	1	1						4

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、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（図 3.2-1）。今年度の累計動画視聴回数は 1341 回である。



図 3.2-1 オンライン教材の公開 (<https://anec-in.com/online/>)

3.3. プログラム修了生の進路

今年度修了となるプログラム履修生（エキスパートコース、グローバルエキスパートコース）について、以下の原子力・エネルギー関係企業への就職が決定した。

- 東京電力 2名
- 日本エヌ・ユー・エス株式会社 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づきや動機付け

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。これに対して、令和4年度には原子力工学を主専攻とする学生から「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」「環境モニタリングの重要性をより深く理解できた」といったコメントが寄せられ、今年度は逆に環境科学を主専攻とする学生から「廃炉や除染対策に関して、技術開発によって選択肢が増えることは非常に重要だと感じた」といったコメントが寄せられた。お互いの分野への理解が実体験をもとに生まれており、大きな成果であったと考える。

さらに、令和5年度には招聘した講師によるセミナーを通じて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についてこの結言で述べたが、今年度には地層処分に関するリスクコミュニケーションを研究テーマとする学生がエキスパートコースを修了することとなり、さらなる分野の広がりを実現することができた。

また、本事業のもう一つの課題であった学外への展開についても、当初は参画機関である東北大学と、そこからの紹介の京都大学からの履修生しかいなかったが、今年度は ANEC の協力も得て、東北大学、京都大学に加えて埼玉大学、信州大学、東京工業大学、北海道大学、関西電力、東京電力と8機関13名（全体の約24%）と大幅に増やすことができた。

ANEC の中にはすでに20時間の環境放射能関係科目がカリキュラムに組み込まれているが、本プログラムが特化している放射性物質の長期環境移行はこれを更に強化可能である。とくに、環境モニタリングは原子力被災地や原子力施設周辺地域における地元住民との対話の成功と失敗を分ける鍵となり得るため、その重要性を伝えることに尽力したい。ANEC とより連携を強化しながら今後もプログラムを実施し、福島復興・放射性廃棄物の処理処分・原子力発電所の再稼働に貢献できる人材輩出を目指していく所存である。