

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「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」

<実施機関>

筑波大学 大学院生命環境科学研究科 環境科学専攻

<連携機関>

【国内】日本原子力研究開発機構（JAEA）、放射線医学総合研究所、青森県危機管理局、気象研究所、国立環境研究所、産業技術総合研究所、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）、福島県環境創造センター、福島大学

【海外】International Atomic Energy Agency (IAEA), Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (IRSN, 仏), Laboratoire des Sciences du Climat et de l' Environnement (LSCE, 仏), Chernobyl Ecocenter (ウクライナ), Ukrainian Hydrometeorological Institute (UHMI, ウクライナ), Ukrainian Institute of Agricultural Radiology (UIAR, ウクライナ), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (ウクライナ), University of Liverpool (英), Plymouth University (英), University of Portsmouth (英), The University of Manchester (英), The University of Sheffield (英), Center for Ecology & Hydrology (英), United States Environmental Protection Agency (米)

<実施期間・交付額>

27年度9,996千円、28年度7,201千円、29年度7,326千円

<当初計画>

1. 目的・背景

福島第一原子力発電所事故により、原子力災害時の環境・生態系影響評価および測定・モデリング技術を有した人材の不足が露呈し、原子力管理技術と放射性核種の環境動態の知識と技能を併せ持つ人材育成が大きな課題となった。一方で、本学は事故直後にアイソトープ環境動態研究センターを発足し、放射性物質の長期的な環境影響の把握と環境中の放射性物質の移行過程の解明について重点的に研究を行ってきた。また、本学の大学院生命環境科学研究科環境科学専攻は1977年に日本最初の環境系専門の大学院として設立し、理系・文系の枠を超え、「環境」に関する自然・人文・社会科学的思考力と解決能力を備えた、ローカルとグローバル両方の舞台で活躍できる実務専門家を育成することを目的とし、これまでも数多くの特別プログラムを開設してきた。そこで、アイソトープ環境動態研究センターと環境科学専攻を中心として、本学が福島原発事故後の研究を通して培ってきた知見や測定・評価技術、そして研究ネットワークを統合的に活用し、原子力災害に対応した環境・生態系影響評価に関する専門家を、国際的スケールにおける機関横断的な教育体制により育成することを目的とした。目標とする人材像は、放射性核種の自然環境中における動態を水・物質循環プロセスに基づき深く理解し、さらにその測定技術や得られたデータの解析・モデリング技術を有するとともに、それが生態系や産業・健康等へ及ぼす影響について包括的に評価できる人材である。そして、これらの高い専門性を有するとともに、環境に関する俯瞰的な知識と観察力、国際的なコミュニケーション力、実践力等を併せ持つ、次世代の原子力分野を国際的にリードする優れた人材を育成する。

2. 実施計画

上記のような人材を育成するために、環境科学専攻（博士前期課程）および持続環境学専攻（博士後期課程）において、特別プログラム「原子力災害による環境・生態系影響リスクマネジメントプログラム」として新たに講義・実習科目を新設し、体系的に学修可能なカリキュラムを構築・遂行する。平成28年度よりカリキュラムを開始し、各年度4名のプログラム履修生（全カリキュラム修了生）を育成することを目指す。

また、平成 27 年度にはキックオフシンポジウムを実施し、プログラムの広報を図るとともに、最終年にはラップアップシンポジウムを開催し、プログラムの総括を行う。これらの講義・実習等についてはオンラインコンテンツ化し、原子力人材育成ネットワークにおける共有資源とする。具体的には、以下の通りである。

(1) プログラム事務局の設置・運営

環境科学専攻内に学内担当教員および専任のプログラムコーディネーターから構成されるプログラム事務局を設置し、履修生および連携機関の先生方との連絡・調整を行う。国内外の連携機関との運営会議には、Web 会議システム (WebEX) を利用し、迅速かつ密な打ち合わせを行う。

(2) カリキュラムの構築 (平成 27 年度)

連携機関との運営会議を通して、大学院生を対象とした体系的かつ効果的なカリキュラムを構築し、環境科学専攻内のカリキュラム委員会の承認のもと、新しく講義・実習科目を開設する。申請時には、講義 6 科目、実習・インターンシップ 5 (国内 3, 海外 2) 科目を予定した。

(3) カリキュラムの実施 (平成 28 年度～)

(2) で構築したカリキュラムを、履修生への旅費支援などの全面的なバックアップのもと、円滑に実施する。

(4) キックオフシンポジウムの開催 (平成 27 年度)

平成 28 年 3 月に国内外の連携機関の先生方を招き、シンポジウムを行うことで、本プログラムの目的や内容を学生および連携機関にピアールする。

(5) ラップアップシンポジウムの開催 (平成 29 年度)

プログラム最終年の 2-3 月にシンポジウムを行い、同年輩出予定の第一期修了生へのプログラム修了証の授与と成果報告およびプログラムの総括を行う。

(6) オンラインコンテンツ化

講義や実習の動画や資料をオンライン公開し、誰でも利用することのできる教育資源として蓄積する。

(7) 平成 30 年度以降のプログラム継続準備

事業終了後は規模を縮小しながら質の高いプログラムを維持できるよう、連携機関との調整のもとカリキュラムの見直しを行う。

<実施状況>

環境科学専攻において、講義科目、国内インターンシップ、海外実習の 3 つを軸とする特別プログラム (原子力災害による環境・生態系影響リスクマネジメントプログラム) を平成 28 年度より新規開設し、2 年間で 7 名のプログラム履修生 (全カリキュラム修了生) を輩出した。また、平成 27 年度にはキックオフシンポジウムを、平成 28 年度には公開シンポジウムを、平成 29 年度にはラップアップシンポジウムを実施した。これらのシンポジウムや、カリキュラムの一部の講義に参加した人数は、延べ 474 人 (正味 178 名) であった。さらに、開催した講義や実習、シンポジウムについてはオンラインコンテンツ化を進め、66 の動画と 57 の講義資料を筑波大学オープンコースウェア (OCW) (<https://ocw.tsukuba.ac.jp/course/envr/>) を通じて公開した。各事業の詳細は以下の通りである。

(1) プログラム事務局の設置・運営

事務局の環境整備として事務用品 (PC、プリンタ、動画撮影用カメラ等) および Web 会議システム (WebEX、専用マイクスピーカー、モニター) の導入を行った。プログラムコーディネーターを雇用し、国内外の連携機関の先生方の招聘や学生への旅費支援などの事務手続きを円滑に進めた (平成 27 年度は、新規の非常勤講師等の手続き等が多かったため、事務補佐員も雇用した。) また、プログラムの英名 (Expert Program of Environmental Management and Prognosis of Nuclear Emergencies) から略称を ENEP としてロゴ (図 1) を作成したり、プログラムの Web サイト (図 2)

や Facebook の頻繁な更新を行うことで、効果的なプログラムの広報活動に努めた。

(2) カリキュラムの構築 (平成 27 年度)

連携機関と密に相談しながら、下記(3)に示す 10 科目の講義・実習・インターンシップ科目を新規開設することとした。具体的には、春 AB モジュール(4~6 月)に放射性核種や過去の原子力災害の基礎から、環境中の放射性物質の動態についての講義を行い、春 C モジュール(7 月)に連携機関の非常勤講師による応用的な講義(事故後、あるいは事故前から行ってきた取り組みや研究の紹介と福島における原子力災害後の現状と課題など)を実施する。これらの講義を受けた後、夏季休業中に国内インターンシップおよび海外実習に赴き、学修内容と実地問題の結びつきを理解するという体系になっている。秋学期(10-11 月)には、環境中の放射性核種の測定方法について、そのサンプリング方法から微量の放射性物質の測定方法に関する講義・実習を行い、その技術を習得する。さらに、特別セミナーとして、年に 3-4 回程度不定期で海外講師を招聘し、海外の原子力災害後の現状と課題や、緊急時対応・平時のモニタリングなどの最新の取り組みについての講義を行うこととした。平成 27 年度には、とくに秋学期に実施する微量放射性物質の測定に必要な設備備品として、土壌採水式ロータ(微量放射性物質を含むサンプルの採取のため)や高圧電源、アルファ PIPS 検出器(微量放射性物質の測定のため)の導入を行った。

連携機関との運営会議は原則として Web 会議システムを活用したが、平成 27 年度には海外実習の候補地(イギリス セラフィールド、オーストリア IAEA、フランス IRSN、アメリカ サヴェナリバー、スーダン ハルツーム大学)に下見と打ち合わせのために訪問し、検討を行った。その結果、申請時には海外実習を 2 回予定していたが、時間・予算の面を考慮し、統合して 1 回にすることとし、内容の充実化を図った。

(3) カリキュラムの実施 (平成 28 年度~)

平成 28 年度より、下記 10 科目を実施した。それぞれのシラバスについては、添付資料(1)に記した。プログラムで規定した履修すべき 8 科目を全て修得した学生をプログラム履修生とし、インターンシップや海外実習の旅費支援の対象者とした。このプログラム履修生は、平成 28 年度に 4 名、平成 29 年度に 3 名であった(事業終了後の平成 30 年度は 5 名を受け入れている)。プログラム履修生以外を含む、各講義の全参加者数を表 1 に記載した。

環境放射能動態解析論Ⅱでは、H29 年度に参加した学生がすでに極微量の放射性核種の分析経験を有していたことから、内容を一部変更し、非密封 RI(Cs-137)を用いて植物体中の Cs-137 をオートラジオグラフィで観察する実験にするなど、より効果的な学修となるよう工夫した。また、原子力災害特別セミナーは海外講師による公開セミナーとしたところ、他大学の学生や研究者のみならず、一般の参加者もあった。平成 28 年度は 4 名、平成 29 年度は 3 名の海外講師を招聘したが、そのうちの何名かは別件で来日の際に講義を依頼できたため招聘旅費を大きく抑えることができた。その分、一部支援を予定していた学生の旅費を申請額内で全額支援をすることができ、学生も金銭的負担を気にすることなく、インターンシップや実習に取り組むことができた。

【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 新規開設 10 科目】

■講義・セミナー(6 科目)

- ① 原子力災害環境影響評価論Ⅰ(4-6 月 75 分×10 回 担当:筑波大)※写真 1
放射性核種の基礎と過去の原子力災害の歴史、環境中の放射性核種の動態とその評価
- ② 原子力災害環境影響評価論Ⅱ(7 月 75 分×10 回 担当:JAEA)
JAEA が取り組む福島復興事業や原発の廃炉措置についての現状と課題
- ③ 原子力災害環境影響評価論Ⅲ(7 月 75 分×10 回 担当:青森県危機管理局、気象研、国環研、農研機構、産総研)
緊急時対応の現状と課題および大気、ため池、農業、除染等への包括的な影響について
- ④ 環境放射能動態解析論Ⅰ(7 月 75 分×10 回 担当:放医研)
放射線の人体および動植物への影響と環境中の極微量放射性核種の動態と測定法
- ⑤ 環境放射能動態解析論Ⅱ(10-11 月 150 分×5 回 担当:筑波大)※写真 2
環境中の放射性物質の測定方法について、講義と実習を通して修得する
- ⑥ 原子力災害特別セミナー(公開セミナー)(不定期 担当:海外講師)
海外の原子力災害後の環境・生態系影響についての最先端の研究紹介

■国内インターンシップ（3科目中1科目選択）

- ⑦ 環境放射能リスク評価インターンシップⅠ（於 JAEA）※写真 3
- ⑧ 環境放射能リスク評価インターンシップⅡ（於 国立環境研究所）
- ⑨ 環境放射能リスク評価インターンシップⅢ（於 福島県環境創造センター）※写真 4

それぞれの研究機関の先生方と相談してテーマ設定を行い、研究計画に基づき実習する

■海外実習（1科目）

⑩ 原子力災害海外特別実習

- ・平成 28 年度 8 月 31 日～9 月 11 日（リバプール大学との合同実習）※写真 5, 6
実習先：イギリス セラフィールド、ウクライナ チェルノブイリ、オーストリア IAEA
- ・平成 29 年度 8 月 27 日～9 月 6 日 ※写真 7, 8
実習先：フランス IRSN、ウクライナ チェルノブイリ、オーストリア IAEA

(4) キックオフシンポジウムの開催（平成 27 年度）

平成 28 年 3 月 12 日に「過去の原子力災害とその環境影響」と題し、福島事故以前の 4 大原子力災害と言われているセラフィールド（イギリス）、サヴェナリバー（アメリカ）、マヤック（ロシア）、チェルノブイリ（ウクライナ）における事故とその環境影響について、4 名の海外講師を招聘し、講演をお願いするとともに、本プログラムに求められる課題や原子力災害後に必要な人材育成についてのパネルディスカッションを行った（写真 9）。参加者は 73 名（内学生 20 名、研究者 48 名、一般 5 名）であった。シンポジウムのプログラムおよび各講演のタイトルは以下の通りである。

【キックオフシンポジウムプログラム】

1. 開会挨拶および ENEP の概要説明 辻村真貴（筑波大学持続環境学専攻専攻長）
2. 特別セミナー「過去の原子力災害とその環境影響」
 - ① The impact of Sellafield discharges on the environment
- An Irish perspective -
演者：Prof. Kevin Kelleher (Environmental Protection Agency, Ireland)
 - ② Environmental effects of operating the Savannah River Site
- A nuclear production facility -
演者：Prof. Thomas Hinton (福島大学 / Colorado State University)
 - ③ Radioactive water contamination and its dispersal in South Ural (Mayak area)
演者：Prof. Aleksei Konoplev (福島大学)
 - ④ The incident of Chernobyl and subsequent forest contamination issues
演者：Prof. Sergey Fesenko (Environmental Lab. IAEA)
3. パネルディスカッション
4. 閉会挨拶 恩田裕一（筑波大学アイソトープ環境動態研究センター長）

(5) 公開シンポジウムの開催（平成 28 年度）※追加実施

申請時には予定はなかったものの、スウェーデン国立スペース物理研究所研究員の山内正敏氏に別件で来日の際に本プログラムのセミナーをお願いすることができ、『原発事故直後の科学者の活動』と題した公開シンポジウムを開催した。平成 28 年 11 月 16 日開催し、参加者は 25 名（学生 10 名、研究者 12 名、一般 3 名）であった。

(6) ラップアップシンポジウムの開催（平成 29 年度）

平成 30 年 2 月 22 日に宮原要氏（JAEA）と柴田徳思氏（株式会社千代田テクノル）をゲストとしてお招きし、ラップアップシンポジウムを開催した。H28-29 年度のプログラム履修生による成果発表、ゲスト 2 名による特別講演、パネルディスカッションを通じて本プログラムの成果と今後の課題や展望を総括した（写真 10）。さらに、全 8 科目を履修した第一期修了生へプログラム修了証の授与を行った（写真 11）。最後に、特別セミナーとしてイタリア ロンバルディア州環境放射線防護センター長である Rosella Rusconi 氏による講演を実施した。参加者は 46 名であった。

【ラップアップシンポジウムプログラム】

1. 開会の辞 辻村真貴（筑波大学持続環境学専攻専攻長）

2. 挨拶 清水 諭（筑波大学教育担当副学長）
3. 実務報告 高橋純子（筑波大学アイソトープ環境動態研究センター）
4. 履修生による成果発表（6名）
5. ゲスト講演
 - ① 「環境回復の取組と人材育成 ENEPに期待すること」 宮原要氏（JAEA）
 - ② 「人材育成の方策」 柴田徳思氏（株式会社千代田テクノル）
6. パネルディスカッション『原子力分野の人材育成：高等教育に期待すること、期待する人材』
7. 修了証授与式
8. セミナー講演
Risk management and Determination, subjected to radioactive materials in the water
Rosella Rusconi 氏 (head of Radiation Protection Centre, ARPA Lombardia,
Settore Attivita Produttive e Controlli, Centro Regionale Radioprotezione)

(7) オンラインコンテンツ化

本プログラムで実施した全ての講義、実習およびシンポジウムについて動画の撮影および編集を行った。一部、未発表の研究成果を含むものや、所属機関の許諾を得られなかった講義を除き、これらの動画および講義資料を、著作権等を確認した上で、筑波大学オープンコースウェア（TSUKUBA OCW）を通じてオンラインで公開した。これにより、オンライン環境さえ整えられれば時間や場所を問わず、講義やセミナーを繰り返し視聴することが可能となっている。事業終了時点で 66 の動画と 57 の講義資料（添付資料 3 としてそのうちの 1 つを抜粋した）を公開した。その詳細は以下の通りである（再生回数は平成 30 年 10 月に集計）。

・ 講義動画	平成 28 年度	24 動画 23 講義資料（再生回数 計 1306 回）
	平成 29 年度	26 動画 26 講義資料（再生回数 計 718 回）
・ 海外実習動画	平成 28 年度	7 動画（再生回数 計 326 回）
	平成 30 年度	1 動画（再生回数 計 39 回）
・ キックオフシンポジウム		4 動画 4 講義資料（再生回数 計 260 回）
・ 公開シンポジウム		1 動画 1 講義資料（再生回数 計 136 回）
・ ラップアップシンポジウム		3 動画 3 講義資料（再生回数 計 131 回）
		（合計） 66 動画 57 講義資料（再生回数 計 2916 回）

(8) 平成 30 年度以降のプログラム継続準備

事業終了後も質の高いプログラムを継続できるよう、学生へのアンケートや連携機関の先生方の声を参考にしながら、カリキュラムの再編を行った。予算の関係や退職などの都合もあり、非常勤講師による講義科目を縮小し、講義科目を 6 単位から 4 単位にすることとなったが、プログラムの核となる海外実習と国内インターンおよび海外講師による特別セミナーはそのまま継続する。縮小した講義科目については、オンラインコンテンツを活用して補いながら、プログラムを進める。



図 1 プログラムのロゴ



図 2 プログラム Web サイト

(<https://enep.i.ed.tsukuba.ac.jp/>)



写真1 原子力災害環境影響評価論 I



写真2 環境放射能動態解析論Ⅱの
(非密封 RI とオートラジオグラフィーを用いた
植物体中の放射性セシウムの動態評価の実習)



写真3 環境放射能リスク評価インターンシップ
(日本原子力研究開発機構)



写真4 環境放射能リスク評価インターンシップ
(福島県環境創造センター)



写真5 原子力災害海外特別実習
(平成 28 年度 リバプール大学にてグループ
ディスカッション)



写真6 原子力災害海外特別実習
(平成 28 年度 チェルノブイリ原子力発電所に
て)



写真 7 原子力災害海外特別実習
(平成 29 年度 IRSN にて)



写真 8 原子力災害海外特別実習
(平成 29 年度 IAEA にて)



写真 9 キックオフシンポジウム
(平成 28 年 3 月 12 日 筑波大学総合研究棟 A)



写真 10 ラップアップシンポジウム パネルディスカッション
(平成 30 年 2 月 22 日 筑波大学総合研究棟 A)



写真 11 ラップアップシンポジウム プログラム
修了証授与
(平成 30 年 2 月 22 日 筑波大学総合研究棟 A)

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		
			27年度	28年度	29年度
1) 特別プログラム (カリキュラム)	①原子力災害環境 影響評価論Ⅰ	大学院生		22名	15名
	②原子力災害環境 影響評価論Ⅱ	大学院生		27名	29名
	③原子力災害環境 影響評価論Ⅲ	大学院生		15名	17名
	④環境放射能動態 解析論Ⅰ	大学院生		13名	21名
	⑤環境放射能動態 解析論Ⅱ	大学院生		6名	7名
	⑥原子力災害特別 セミナー	大学院生、一般		84名	49名
	⑦環境放射能リス ク評価インターン シップⅠ	大学院生		2名	3名
	⑧環境放射能リス ク評価インターン シップⅡ	大学院生		1名	0名
	⑨環境放射能リス ク評価インターン シップⅢ	大学院生		1名	0名
	⑩原子力災害海外 特別実習	大学院生		6名	12名
2) シンポジウム	キックオフシンポ ジウム(27年度)	学部生、大学院生、一 般	73名		
	公開シンポジウム (28年度)	学部生、大学院生、一 般		25名	
	ラップアップシン ポジウム(29年度)	学部生、大学院生、一 般			46名
		参加人数(実績)	73名	202名	199名
		(参考指標) 交付額/参加人数	137 千円/人	36 千円/人	37 千円/人

※「参加人数」は延べ人数を示す（正味の人数は178名）。

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目	27年度 (四半期毎)				28年度 (四半期毎)				29年度 (四半期毎)			
① 運営会議							随時					
② カリキュラム の精査・構築												
③ 授業カリキュ ラムの実施												
④ シンポジウム 開催				□			□					□
⑤ オンラインコ ンテンツ化											随時	

＜成果と評価＞

本プログラムの修了生（全カリキュラム修了者）は平成 28 年度が 4 名、平成 29 年度が 3 名と、申請時の各年度 4 名という目標はわずかに達成できなかったが、7 名のうち 5 名は環境中の放射性核種に関する研究で博士・修士課程を修了、または修了予定である。とくに、1 名は博士の学位を取得後、日本学術振興会の海外特別研究員としてウィーン大学の加速器センターで研究を続けているほか、JAEA への就職（予定）が 1 名、福島復興に関わる環境系コンサルタント（富岡町へ赴任予定）への就職（予定）が 1 名おり、本プログラムを通じて実際に、国内外の環境放射能分野で活躍する人材を輩出することができた。本学環境科学専攻としては、JAEA への就職ははじめてであり、環境科学分野からの原子力人材育成という当初の目標に対し、大きな成果が挙げられた。

また、講義を担当した学内外の講師からも、「自分の研究や所属機関の役割を理解してもらえた」といった声や、「他の分野の研究者と交流する良い機会となり、自分自身の勉強になった」という声も聞かれ、教員自身のファカルティ・ディベロップメントとしても非常に効果的であったと評価できる。具体的な成果と達成度、反省点は以下の通りである。

（1）プログラム事務局の設置・運営

国内外の多数の研究機関や原子力人材育成ネットワークの協力を得て、申請時 14 機関だった連携機関は現在、25 機関に増加しており、プログラム事務局として大きく発展できたと言える。実習の予定地であったフランス語（および英語）の堪能なプログラムコーディネーターを雇用することができ、海外実習や招聘講師との連絡、調整、VISA の手配などを滞りなく進めることができた。また、事務局で運営していたプログラム HP や Facebook を通じて他大学や一般の方からも複数の問い合わせや参加希望の連絡があり、地道な広報活動の効果も感じられた。

（2）カリキュラムの構築（平成 27 年度）

本事業では、自然環境中の放射性核種の動態を深く理解し、その測定技術や得られたデータを正しく解釈・評価することのできる技能を有する人材を育成することを目標とした。そのために、＜実施状況＞（2）に記載したように、4-6 月に基礎を学び、7 月の応用的な講義を通して夏季休業に実習やインターンシップで実践するという体系的なカリキュラムを構築した。これに関しては、春の基礎科目での授業アンケートでは「この分野への理解や関心が高まったか」の問いに対し「大いにそう思う（66.7%）」、「そう思う（33.3%）」という結果が寄せられ、専門外の学生の理解・関心を促すことができた。続く夏のインターンシップのアンケートでは、「すでに勉強していたことが予備知識となり、理解の促進につながった」という感想が寄せられ、当初計画で期待していた通りの効果的な教育が達成できたものと考えられる。

一方、留学生で英語での講義を希望する声もあったが実現はできず、環境科学専攻の半数を占める留学生対応に関しては課題が残った。

(3) カリキュラムの実施（平成 28 年度～）

本事業では、期間内の 3 年間で当初の予定を大幅に上回る国内外 25 機関 69 名の連携協力者（添付資料 2）の力添えのもと、大きな問題もなく円滑にカリキュラムを遂行することができた。

とくに、平成 28 年度の原子力災害海外特別実習では、平成 27 年度の下見を通してリバプール大学と合同でイギリスウィンズケール原子力事故の被災地であるセラフィールド地域の巡検を行った他、ウクライナチェルノブイリでは EU COMET コースに参加することとなった。EU COMET は COordination and iMplementation of a pan-European instrument for radioecology の略で、ヨーロッパの環境放射能に関する主要な研究所、大学で構成される国際組織であり、本プログラムの参加者を含めて 10 ヶ国 28 名の参加があり、3 日間のフィールド・ラボワークを通じた実習を行った。この様子は、ウクライナの HP で記事にされている（＜参考資料＞（2）事業成果の公開事例に記載した）。実習内容の充実はもちろんであるが、学生からのレポートやアンケートには、「近い分野の研究を、異なる視点・バックグラウンドを持つ人が外国でも研究していることを肌で感じられた」「同じテーマでディスカッションをしても、国によって考え方が異なることが興味深い」などのコメントが寄せられ、双方の学生にとって強いモチベーションを生む非常に良い機会となったことが窺える。そのため、平成 29 年度においても、当初の予定になかったが、ウクライナ国立生命環境科学大学の学生と交流する機会を設け、これをきっかけに筑波大学とウクライナ国立生命環境科学大学間に国際交流協定（MOU：添付資料 4）を締結するなど、当初の期待以上の成果をあげることができた。また、現在、本事業の海外実習でチェルノブイリを訪れたことをきっかけに、1 名の学生がチェルノブイリにおいて河川中の Cs-137 および Sr-90 を対象に研究を行っており、ウクライナ側からも今年の 5 月に若手研究者 2 名が筑波大学や福島県の被災地に訪問するなど、当初の予定になかった積極的な交流が行われている。一方で、学生は「英語と発言力の必要性を感じた」「これからの科学者はコミュニケーション能力も必要である。検証しデータを発信するだけでなく、一般市民が原子力や放射線について正しい知識が得られるよう、分かり易く説明する機会に対応しなくてはならない」といった感想も持ったようで、学生や若手研究者との交流の場を設けたことは、将来の国際的なリーダーの育成という面でも非常に有意義であった。このような学生同士の国際交流については、今後の事業でも継続していく予定である。

(4) キックオフシンポジウムの開催（平成 27 年度）

「過去の原子力災害とその環境影響」と題したキックオフシンポジウムには、73 名の参加者があり、その多くは学生（20 名）や研究者（48 名）であったが、5 名の一般の方の参加もあった。同時通訳を入れたことにより、学生や一般の方の理解も高かったようで、終了後のアンケートでは、71% がシンポジウムのテーマや内容に『満足』、74% が難易度は『ちょうどよい』と回答され、満足度の高いシンポジウムとなったことが窺える。また、「海外の研究者の素晴らしい研究を聞くことができた」「アイルランド、イギリス、アメリカ、ロシアの生態学の研究の歴史や知ることができた」「環境科学、社会学、生態学などの接点と文化的な意義を深めることができるといった感想が寄せられた。今後のプログラムへの要望等を聞いたところ、リスクコミュニケーションについてのセミナーを希望する声が複数あった。その後、これを実現することはできず、本プログラムが目標としている、正しい知識や測定・評価技術を有する人材となった後に、どう伝えていくべきかというテーマは、人材育成の上で残された大きな課題の 1 つである。

(5) 公開シンポジウムの開催（平成 28 年度）※追加実施

「原発事故直後の科学者の活動」と題した山内氏の公開セミナーには、25 名の参加者（学生 10 名、研究者 12 名、一般 3 名）があった。専門的すぎないテーマであったため、本学の心理学類や人間総合科学研究科など文系の学生の参加があったことが特徴的である。原発事故直後に遠くスウェーデンから日本の研究者たちに声をかけ、学会等へ働きかけを行った山内氏の経験を、反省と教訓を交えながら話してくれ、非常に興味深いものであった。これは、オンライン公開している動画の中で現在最も再生回数が多く、事故当時のリアルタイムの状況を知ることのできる講義を動画として残せたことは大きな財産であり、事故の記憶が薄れていく今後、よりその価値が増していくものと考えられる。

(6) ラップアップシンポジウムの開催（平成 29 年度）

履修生による成果報告は、参加した本学副学長や、2名のゲスト講師からも高い評価を受け、「ENEPに期待すること」と題した宮原氏の講演では、「今回用意してきた話は本プログラムですでに実現されているようだ」との言葉を頂き、このような外部の評価からも、本プログラムが当初の目標を十分に達成できたと考えられる。このときの本プログラム実務報告資料を添付資料（5）とした。

また、「原子力分野の人材育成：高等教育に期待すること、期待する人材」をテーマとして実施したパネルディスカッションでは、「今後はオフサイトからオンサイトへの研究が増えていくことになるだろうが、本来は環境の取り組みと廃炉・放射性廃棄物の処理・処分は陸続きであり、双方の理解が不可欠である（宮原氏）」「今後、事故の記憶が薄れ、ニーズが減っていく中でオフサイトや原子力緊急時対応の活動を維持するためには、拠点としての活動・役割が大事である（柴田氏）」とのコメントを頂いた。これらのディスカッションは、本プログラムを総括し、今後の展開を考える上で、非常に有意義であった。

(7) オンラインコンテンツ化

シンポジウムを含む講義、セミナーおよび実習の動画および講義資料を、筑波大学オープンコースウェアを通じてオンライン公開し（一部未発表の研究成果が含まれているものや、連携機関の承諾が得られなかったものなどは、非公開となっている）、教育資源とした。全部で66と多数の動画を公開することができたものの、平成30年10月現在でその総再生回数は2916回（平均44回、最大136回）に留まっている。事業終了後の平成30年4月からは、1ヶ月に約100再生というペースで推移しており、周知が大きな課題となっている。一方、他大学の学生からは「福島事故や環境放射能についてこのように体系的に学べる講義が他にない」と言った声が寄せられたこともあり、その内容の価値は十分に高いものであると自負できる。今後は、下記（8）も記したように、縮小したプログラムをオンラインコンテンツで補うなど、より一層の活用と周知を目指す。

(8) 平成30年度以降のプログラム継続準備

事業終了後の平成30年度も、カリキュラムを再編して一部縮小した形でプログラムを継続し、5名のプログラム履修生が参加している。各講義の履修者数は、前年度までとほぼ同じであり、海外実習に関しては自費であるにも関わらず、昨年と同様の12名の参加があった。非常勤講師の費用に関しても、アイソトープ環境動態研究センターの事業費から出すことができている。

さらに、事業終了後に、アイソトープ環境動態研究センターは、本学を中核とした弘前大学被ばく医療総合研究所および福島大学環境放射能研究所の3大学と、本課題の連携機関でもある日本原子力研究開発機構、国立環境研究所、放射線医学総合研究所の3研究所によるネットワーク型共同利用・共同研究拠点到採択された。これを受けて、連携機関とのネットワークをより強固なものとし、今後はさらなる分野横断的な発展を目指しながら、責任を持って人材育成を行っていく。

(9) その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）

採択時の審査委員会初見において、「課題の実施に当たっては、他大学との連携を視野に入れながら更なる育成人数の拡充に努めるとともに、原子力人材育成ネットワークとの連携を図りながら、整備するオンライン教育システムと研修カリキュラムとの相乗効果に努めていただきたい。また、経費の大半を占める人件費およびオンラインサーバー費用を精査の上、全体的な経費節減に努めていただきたい」とのコメントを頂いた。これに対しては、国内外の多数の研究機関や原子力人材育成ネットワークの協力を得て、申請時14機関だった連携機関を25と大幅に増やすことができた。経費の削減についても、人件費やオンラインサーバー費用の精査に加え、海外講師招聘の効率化等により、3年間で約200万円（2年目150万、3年目50万）の経費削減を達成している。

一方で、育成人数については当初の目標である各年度4名をわずかに達成することができなかった。本プログラムでは、8科目（講義6科目、実習・インターンシップ2科目）を全て履修した学生をプログラム履修生としたが、講義科目を5単位以上履修した学生は2年間で15名おり、環境科学専攻の1学年の日本人学生数がおおよそ20名であることを考慮すると、プログラム履修生以外にも非常に高い関心を得ることができたと言える。とくに、原子力災害環境影響評価論Ⅰに関しては、環境科学専攻のほぼ全ての日本人学生が参加しており、このままでは育成人数の増加は見込めない。これ以上の育成人数の増加を目指すには、育成対象を留学生や他専攻にまで広げる、実習・インターンシップに参加しやすい制度を整備するなど、プログラムの運営方法から見直していく必

要がある。また、他大学からの学生参加については、公開シンポジウムや、海外講師による特別セミナーへの参加に留まっている。来年度より、福島大学環境放射能研究所で新規に大学院が設置されたことから、海外実習を合同で実施するなどの連携を検討したい。

〈今後の事業計画・展開〉

本プログラムでは、連携機関の先生方の多大な協力や、参加学生の積極的な姿勢から、非常に有意義なものとなった。一方で、教員側の実感として、事故の記憶が年々薄れていることは確かであるように感じられる。今後、さらに事故の記憶が薄れていく中で、このプログラムを維持・拡大していくことは重要であるが、記憶が薄れる、すなわち、ニーズが減少する中で、現状を維持・拡大することは非常に難しい。そこで、〈成果と評価〉（6）に記載したラップアップシンポジウムを通して浮かび上がってきた2つのキーワードをもとに、今後の展開を試みる。

（1）オンサイトとオフサイトをつなぐ人材育成

本プログラムは、環境科学における原子力分野の人材育成を行ったものである。ラップアップシンポジウムでの宮原氏の指摘の通り、「エネルギー基本計画（平成26年4月11日閣議決定）」によると、『除染や中間貯蔵施設事業、廃炉・汚染水対策や、使用済燃料問題、最終処分問題など、原子力発電に関わる課題は山積しており、これらの解決のためには国内外の叡智を結集して予防的かつ重層的な取組を実施していく必要がある』とされており、今後の福島の課題はオンサイト寄りにシフトしていくことが予想される。しかし、中間貯蔵施設や最終処分場の問題解決には地層や構造地質、広域的な地下水流動に関する正確な理解が必要であるほか、原子力発電に関わる予防的取組のためには、原子力発電所の立地や地震や津波といった自然環境と自然災害への理解と対策が不可欠である。すなわち、今後はオンサイトとオフサイト（環境科学、地球科学など）をつなぐ人材育成が求められる。そこで、本プログラムの発展の方向性として、放射性廃棄物処理・処分のために必要な地層や地震、津波などの地球科学の基礎と応用力を併せ持つ人材育成プログラムの構築を提案する。

具体的には、筑波大学の地球科学専攻の人的資源を活かして、放射性廃棄物処理・処分や原子力発電に関わる予防的取組を評価・推進するために必要な地球科学（構造地質、地震、地下水流動、津波など）を体系的に学ぶことのできる講義・実習科目を開設し、これまでの環境科学が中心であった本プログラムに地球科学の分野を融合させる。これにより、育成対象も環境科学に加え、地球科学や原子力工学を主専攻とする学生に広げることができ、〈成果と評価〉（9）で指摘した課題であった、育成人数の増加が改善されることも期待される。

（2）ネットワーク拠点としての教育プログラム

今後、柴田氏の指摘の通り、事故の記憶が薄れ、原子力災害における緊急時対応や環境・生態系評価に関するニーズが減少していく中で、本プログラムを維持・拡大していくことは極めて重要である。そこで、卒業後のフォローアップ体制や、OB・OG組織の整備を進め、原子力災害による環境・生態系影響評価を行うことのできる人材ネットワークの維持・拡大に務める。具体的には、履修生によるOB・OG訪問や、逆にOB・OGによる講義・セミナーの開催などを予定している。

このように、プログラム修了証を持つ人材をいろいろな分野に輩出し、ネットワークを広げることと、現在はまだ知名度の低いプログラム修了証の価値が上がり、履修生の質を保証する確かなものとなっていくことが期待される。

〈整備した設備・機器〉

本事業は現有の設備・機器を活用したため、100万円以上の設備・機器は整備していない。

〈その他特記すべき事項〉

本学アイソトープ環境動態研究センターは、平成30年6月に、本学を中核として弘前大学被ばく医療総合研究所および福島大学環境放射能研究所の3大学、本課題の連携機関でもある日本原子力研究開発機構、国立環境研究所、放射線医学総合研究所の3研究所によるネットワーク型共同利用・共同研究拠点として文部科学省より新規認定された。これには、本事業の成果も大きく評価されたものと考えられる。

<参考資料>

(1) 添付資料

- 1) 講義科目のシラバスおよび海外実習スケジュール
- 2) 連携協力者一覧
- 3) 講義資料（うち1つを抜粋）※57 資料をオンライン公開済み
- 4) ウクライナ国立生命環境科学大学との国際交流協定書
- 5) ラップアップシンポジウム実務報告資料

(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) プログラム Facebook (<https://www.facebook.com/enep.tsukuba/>)
- 3) 筑波大学オープンコースウェア TSUKUBA OCW
環境科学分野 (<https://ocw.tsukuba.ac.jp/course/envr/>)
- 4) «Польовий курс з вивчення наслідків аварії на Чорнобильській АЕС для навколишнього середовища»: молоді науковці з 10 країн світу побували в зоні відчуження
(チェルノブイリ事故が環境に及ぼす影響に関するフィールドコース：世界 10 ヶ国の若手科学者がエクスクルージョン・ゾーンを訪問)
<http://nubip.edu.ua/node/24089>

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> <ul style="list-style-type: none"> ・ 効果的なカリキュラムを構築し、円滑に実施できた。【P. 9-10 <成果と評価>(2)-(3)】 ・ 学生アンケートや、連携機関の非常勤講師の声から、双方にとって非常に有意義なプログラムであると評価された。【P. 9 <成果と評価>2 段落目】 ・ 海外実習は、当初の予定になかった受け入れ先の学生や若手研究者との国際交流（グループディスカッションなど）を行うことができ、双方の学生にとって非常に効果的であった。【P. 10 <成果と評価>(3)】 ・ 予定していたキックオフシンポジウム(平成 27 年度)、ラップアップシンポジウム(平成 29 年度)に加え、平成 28 年度には予定になかった公開シンポジウムを実施することができた。【P. 10 <成果と評価>(5)】 ・ 当初の予定通り、一部を除くほぼ全ての講義・実習・シンポジウムの動画（66 個）および講義資料（57 個）をオンラインで公開した。【P. 11 <成果と評価>(7)】 <p>このように、本事業は当初の目標を十分達成できたと考える。</p> <p>■採択時の審査評価委員所見への対応【P. 11 <成果と評価>(9) その他として記載】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 育成人数の拡充については、全カリキュラムを修了した人数については、当初の予定を超えることができず、留学生や他専攻を対象に広げていく必要がある。 ・ 一方、春の講義科目などは、本事業で対象とした専攻のほぼ全ての日本人学生が履修しており、高い関心を集めていた。 ・ 経費削減については、オンラインサーバーの見直しおよび講師招聘の効率化により、3 年間で約 200 万円の削減を達成した。
<p>②特記すべき成果</p>	<p>当初の予定（14 機関）を大幅に上回る 25 機関 69 名の連携機関の協力を得ることができ、ネットワークが大幅に拡充された。とくに、本事業の海外実習をきっかけに、筑波大学とウクライナ国立生命環境科学大学との国際交流協定を締結できた。【P. 11 <成果と評価>(1)および(3)】</p>
<p>③事業の継続状況・定着状況</p>	<p>事業終了後の平成 30 年度も 5 名のプログラム履修生を受け入れ、円滑に事業を進めている。海外実習は、旅費支援がなかったにも関わらず、12 名と平成 29 年度と変わらない多くの参加者があり、さらに来年度にも参加を希望する声もあることから、事業が十分に定着してきていると評価できる。【P. 11 <成果と評価>(8)】</p>
<p>④成果の公開・共有の状況</p>	<p>本事業で実施した講義・海外実習・シンポジウムについては、全て動画の撮影を行い、未発表のデータなどを含む一部を除いた 66 の動画と 57 の講義資料をオンラインで公開することができた。その内容は非常に充実しているが、再生回数は平均 44 回（合計で月に 100 回程度）に留まっており、オンラインコンテンツの周知と活用が今後の課題である。【P. 11 <成果と評価>(7)】</p>