

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「総合的な科学技術マネジメントのできる原子力人材育成プログラム」

<実施機関>

東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻

<連携機関>

カリフォルニア大学バークレー校 (Dames 教授)、経済協力開発機構原子力機関 (Vitanza 博士)、国際原子力機関 (八木博士、Starz 氏、Polyakov 氏)、マサチューセッツ工科大学 (Moser 教授)、カールスルーエ工科大学 (Miassoedov 教授、Cheng 教授)、欧州原子核研究機構 (Ropelewski 教授)、ウィーン工科大学 (Burgdörfer 教授)、ミシガン州立大学 (Udpa 教授)、STeLA (松本氏)、Innovative Systems Software (Allison 博士)、カタルーニャ工科大学 (Reventos 教授)、ヴァージニア工科大学 (Parikh 助教)、クランフィールド大学 (Shore 教授)、マックマスター大学 (長崎教授)、日本アイソトープ協会 (勝村常務理事)、日本原子力研究開発機構 (齊藤氏)

<実施期間・交付額>

25年度10,929千円、26年度9,181千円、27年度7,751千円

<当初計画>

1. 目的・背景

東電福島原発事故から得られた教訓と、海外での今後の原発導入の広がりを踏まえ、俯瞰的・国際的な視点から総合的な科学技術マネジメントのできる原子力人材を育成する。そのため、本事業ではまず、学生が学部後期課程ならびに大学院で学ぶべき、原子力の基盤分野を体系的な教程(原子力基盤理工学の教程)として示し、編纂する。これによって、領域を横断する目標に取り組む際に立ち返るべき基盤を提供し、異なる専門分野・多くの領域が関わる時に見落としがちな課題を発見する能力を醸成する。また、海外等からの招聘講師による講義・セミナー、領域横断指向型インターンシップへの派遣、共同研究指向型インターンシップへの派遣を実施することで、国際感覚やコミュニケーション能力、領域を横断して全体を見る俯瞰力、国際共同研究開発を構想・立案して遂行し、成果をあげる能力を育てる。さらに、若手教員・若手研究者を海外に派遣することで、本事業を効率的に継続するための教育・研究指導能力を育成する。

本事業の成果を他の大学等でも活用できる形とするために、原子力基盤理工学の教程は将来的に公開に適した形での整備を予定している。また、海外等からの招聘講師による講義・セミナーはその内容を電子ファイルの教材として作成し、講師の許可が得られたものについてはウェブから無料でダウンロードできるように公開する。

2. 実施計画

(1) 原子力基盤理工学の教程の整備

学生が学部後期課程ならびに大学院で学ぶべき内容・教員が学生に指導すべき内容を示した、原子力基盤分野の体系的な教程を編纂する。具体的な科目としては、原子核工学 I, II、原子炉物理学 I, II、放射線化学、放射化学・同位体工学、放射線生物学、放射線防護学、原子炉工学 I (熱流動工学)、原子炉工学 II (構造工学) の 10 科目がある。原子力国際専攻の編集委員会と工学系研究科の編纂委員会を経て、順次、章節項構成を決定し、執筆と学生用試用版の刊行を進める。

(2) セミナー・インターンシップ派遣の実施

(A) 海外等からの招聘講師による講義・セミナー：海外の大学や国際機関等から講師を招聘し、講義やセミナーを実施する。ビデオ撮影・録音媒体からテープ起こし・和訳をすることで教材(英語・日本語の両方)を作成する。

(B) 領域横断指向型インターンシップ派遣：自らの専門分野を超えた広い分野での研修のため、

大学院学生をインターンシップに派遣する。

(C) 共同研究指向型インターンシップ派遣：自らの専門分野で異なるアプローチ・技術や強みを持っている海外研究者のもとでの共同研究を指向した研修のため、大学院学生をインターンシップに派遣する。

(3) 若手教員・若手研究者海外派遣の実施

自らの専門分野を超えて俯瞰的な視点から研究計画を立案し、成果をあげ、その成果を生かす技術、ならびに、学際的総合的な科学技術分野の教授法を身につけるため、若手教員・若手研究者を海外の大学・機関に派遣する。

<実施状況>

(1) 原子力基盤理工学の教程の整備

全10巻のうち原子炉工学Ⅰを除く9巻について章節項構成の決定を完了し、原稿の執筆を進め、平成26年度に「原子炉物理学Ⅰ」の学生用試用版500冊、平成27年度には「放射線化学」の学生用試用版500冊を刊行した。

編集委員会開催：平成25年9月9日、10月10日、31日、12月4日、平成26年3月6日、平成26年4月16日、5月21日、6月3日、8月5日、9月3日、10月2日、11月21日、12月2日、平成27年11月16日、12月17日、平成28年1月21日、3月3日
編纂委員会開催：平成25年12月24日、平成26年6月5日、12月12日

(2) セミナー・インターンシップ派遣の実施

(A) 海外等からの招聘講師による講義・セミナー

[第1回]

実施日・場所：平成25年11月11日 東京大学工学部8号館85講義室

講師：Dr. Carlo Vitanza (OECD/NEA, Halden Reactor Project, R&D Manager)

セミナータイトル：From Physics to Project Management

(物理学からプロジェクトマネジメントへ)

[第2回]

実施日・場所：平成26年2月20日 東京大学工学部8号館85講義室

講師：Dr. Masahiro Yagi (IAEA, Department of Nuclear Energy, Senior Nuclear Engineer)

セミナータイトル：Unconventional Approach to Nuclear

(原子力へのちょっと変わったアプローチ)

[第3回]

実施日・場所：平成26年6月10日 東京大学工学部8号館502輪講室

講師：Ms. Anne Starz (Dept. of Nuclear Energy, International Atomic Energy Agency)

セミナータイトル：IAEA Activities to Support Countries Embarking on Nuclear Power

(原子力新興国へのIAEAの支援)

[第4回]

実施日・場所：平成28年2月18日(木) 東京大学工学部8号館502講義室

講師：Prof. Shinya Nagasaki

(Department of Engineering Physics, McMaster University, Canada)

セミナータイトル：Radioactive Waste Management Program in Canada

(カナダにおける放射性廃棄物処分)

(B) 領域横断指向型インターンシップ派遣

平成25年度はカールスルーエ工科大学(ドイツ)、マサチューセッツ工科大学(アメリカ)に計2名を派遣。平成26年度はスタンフォード大学(アメリカ)に1名を派遣。平成27年度は北京工科大学(中国)、IAEA(オーストリア)に計2名を派遣。

(C) 共同研究指向型インターンシップ派遣

平成25年度はカリフォルニア大学バークレー校(アメリカ)、CERN(スイス)に計2名を派遣。

平成 26 年度は Innovative Systems Software (アメリカ)、カタルーニャ工科大学 (スペイン)、ヴァージニア工科大学 (アメリカ)、クランフィールド大学 (イギリス)、カールスルーエ工科大学 (ドイツ) に計 5 名を派遣。平成 27 年度はカールスルーエ工科大学 (ドイツ)、エモリー大学 (アメリカ)、Innovative Systems Software (スペイン) に計 3 名を派遣。

(3) 若手教員・若手研究者海外派遣の実施

平成 25 年度はウィーン工科大学 (オーストリア)、ミシガン州立大学 (アメリカ) に計 2 名を派遣。平成 26 年度は IAEA (オーストリア) に 1 名を派遣。平成 27 年度は 1 名をウィーン工科大学 (オーストリア) に 1 名を派遣。



工学教程 (1)
「原子炉物理学 I」と「放射線化学」
学生用試用版各 500 冊を刊行した。



海外からの招聘講師によるセミナー (2)
Dr. Carlo Vitanza (OECD/NEA)
“From Physics to Project Management”

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		
			25年度	26年度	27年度
1) 原子力基盤理工学の教程の整備		学部後期課程の学生および大学院生	※	※	※
2) セミナー、大学院生インターンシップ派遣の実施	(A) 海外等からの招聘講師によるセミナー・講義	工学部後期課程の学生および工学系研究科の大学院生・教職員等	41名	21名	31名
	(B) 領域横断指向型インターンシップ派遣	工学系研究科の大学院生 (選抜者)	2名	1名	2名
	(C) 共同研究指向型インターンシップ派遣	工学系研究科の大学院生 (選抜者)	2名	5名	3名
3) 若手教員・若手研究者海外派遣の実施		工学系研究科の若手教員・若手研究者 (選抜者)	2名	1名	1名

	参加人数（実績）	47名	28名	37名
	（参考指標）	233	328	209
	交付額/参加人数	千円/人	千円/人	千円/人

※ 原子力基盤理工学の教程は育成人数を限定せず、他大学や原子力関係以外の学科でも広く活用できるものとして編纂した。

表2. 実施スケジュール（結果）

項目	25年度 (四半期毎)				26年度 (四半期毎)				27年度 (四半期毎)			
1) 原子力基盤理工学の教程の整備								□				□
2) (A) 海外招聘講師による講演会			□	□	□							□
2) (B) (C) 大学院生インターンシップ派遣			□	□	□	□	□			□	□	□
3) 若手教員・若手研究者海外派遣			□	□				□				□

＜成果と評価＞

以下に記すとおり、本事業はその目的を十分に達成したと評価できる。

(1) 原子力基盤理工学の教程の整備

17回の編集委員会、3回の編纂委員会を通して、全10巻のうち9巻の章節項構成を決定し、学生が学部後期課程ならびに大学院で学ぶべき内容・教員が学生に指導すべき項目を示すことができた。原子炉物理学Ⅰと放射線化学については学生用試用版各500冊を刊行した。他の巻についても執筆を進めたが、執筆の参考にする文献や資料の整理に想定以上の時間を要し、執筆スケジュールを見直すことになった。しかしながら、補助期間中の執筆原稿は、今後の刊行に十分に役立てることができる。

(2) セミナー、インターンシップ派遣の実施

(A) 海外等からの招聘講師による講義・セミナー：どの回も20～30名程度の参加者があり、原子力分野の第一人者の知識や経験を広く共有できたほか、活発な質疑応答を通して洞察を深め、また講師と直接対話することで俯瞰力や国際感覚も養うことができた。また、作成した各セミナーの英語版・日本語版の教材は、原子力国際専攻ウェブサイト上において、第3,4回のは他の大学等でも活用できるように公開、他の2回分は講師の意向により専攻内部向けに公開しており、今後も継続して活用できる。

(B) 領域横断指向型インターンシップ派遣：平成25年度は、帰国後もメールで議論を継続する成果につながった。平成26年度は、派遣者が次年度フォーラムの学生Vice Presidentに抜擢される快挙があった。平成27年度は、派遣先で世界各国から集まった同世代の仲間と国際社会でのリーダーシップについて学ぶ経験をし、また、IAEA総会での書記等を務めることで自らのキャリア観を形成し、その経験をさらにOECD/NEAでのインターンシップにつなげ、国際機関への就職を目指している者もいる。このように、コミュニケーション力や国際感覚を培い、分野を超えてリーダーシップを発揮できる人材を育成できた。

(C) 共同研究指向型インターンシップ派遣：平成 25 年度は、帰国後も議論を継続する成果につながったほか、共同研究の継続と論文作成に向け、別資金で派遣先を再訪問することになった者もいた。平成 26 年度は、派遣の成果が国際・国内学会での発表や受賞につながった。平成 27 年度は、学術誌への投稿のほか、派遣の成果を自身の博士論文に生かすことができた。このように、コミュニケーション力や国際感覚を培い、国際共同研究のできる人材を育成できた。

(3) 若手教員・若手研究者海外派遣の実施

平成 25 年度は、国際・学際共同研究マネジメントに関する先方教授との意見交換を経験した後、現在も続く共同研究として実を結び、国際会議での発表や共著論文の出版、先方予算での若手研究者向け招待講演等につながっている。平成 26 年度は、IAEA での実際のプロジェクト参画を通して、原子力分野の国際・学際共同研究マネジメントを肌で学ぶ貴重な経験を得、その後 IAEA への就職を果たした。平成 27 年度は、派遣先で自らセミナーを行い、また海外研究者との議論を通じて共同研究を開始することができた。

また、受け入れ先担当者の評価は、派遣者のうち 3 名が全項目について Excellent (5 段階評価の一番上)、1 名がおおむね Very Good (同上から 2 番目) であった。

以上のように、国際共同研究開発を立案・遂行する能力の育成を中心に、国際感覚をベースにした教授力の向上など、期待を超える成果があった。

(4) その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）

大学院生インターンシップ派遣者および若手教員・研究員海外派遣者の進路等を調べるため、派遣者全 19 名にアンケートを送り、13 名から回答を得た。

原子力関係機関への就職状況という点では、インターンシップ派遣を受けた大学院学生のうち、社会基盤学専攻の学生が総合建設業に就職して柏崎刈羽原発や英国の原発での仕事に携わっている。このように、大学院では原子力を専門としていなかった学生が、本事業に参加した結果、原子力関係の仕事に携わっているのは特筆すべき成果である。また、原子力国際専攻の学生は、電力会社に就職し原発に勤務している者と、原子力専攻の特任助教に着任している者がいる。また、若手教員・若手研究者海外派遣を受けた若手研究者のうち 1 名が IAEA に就職している。その他、本事業でのインターンシップの後、OECD/ NEA での長期インターンシップの機会を得た者、海外留学中の者、博士課程に進学した者もいる。

また、得られた回答のうち論文・学会発表は 13 本、共同研究は 5 件だった。回答内容からは、インターンシップや若手海外派遣がその目的を十分に果たしたことが分かる。

〈今後の事業計画・展開〉

補助期間中の実施内容や成果を生かし、今後は以下のように事業を展開する。

(1) 原子力基盤理工学の教程の整備

学生用試用版を刊行した 2 巻については、試用期間を経て外部に公開する。執筆を開始している 9 巻については、工学系研究科からの補助や外部資金を活用して学生用試用版を刊行する。原子炉工学 I (熱流動工学) は、工学教程熱工学分野各巻の章節項構成が決まった後、章節項構成を検討する。

(2) セミナー、大学院生インターンシップ派遣の実施

(A) 海外招聘講師による講演会

作成したセミナー資料を、今後も継続して講義等で教材として活用する。

(B) (C) 領域横断指向型・共同研究指向型インターンシップ派遣

外部資金や寄附金等を活用して、意欲ある学生の海外インターンシップを支援する。

〈整備した設備・機器〉

なし。

〈その他特記すべき事項〉

なし。

<参考資料>

(1) 添付資料

1) 工学教程 (原子炉物理学 I、放射線化学) およびセミナー日英教材

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

1) 東京大学工学系研究科原子力国際専攻旧ホームページ (<http://www.n2.t.u-tokyo.ac.jp>)

2) Ms. Anne Starz によるセミナー “IAEA Activities to Support Countries Embarking on Nuclear Power” (原子力新興国への IAEA の支援) 英語および日本語 PDF 教材

(<http://www.n2.t.u-tokyo.ac.jp/modules/news/article.php?storyid=119> で公開)

3) Prof. Shinya Nagasaki によるセミナー “Radioactive Waste Management Program in Canada” (カナダにおける放射性廃棄物処分) 英語および日本語 PDF 教材

(<http://www.n2.t.u-tokyo.ac.jp/modules/news/article.php?storyid=135> で公開)

4) Dr. Carlo Vitanza によるセミナー “From Physics to Project Management” (物理学からプロジェクトマネジメントへ) 英語および日本語 PDF 教材

(<http://www.n2.t.u-tokyo.ac.jp/> で内部公開)

5) Dr. Masahiro Yagi によるセミナー “Unconventional Approach to Nuclear” (原子力へのちょっと変わったアプローチ) 英語および日本語 PDF 教材

(<http://www.n2.t.u-tokyo.ac.jp/> で内部公開)

6) 大学院生インターンシップによる論文・学会発表成果

・ H. Madokoro, K. Okamoto, C. Allison, L. Siefken, J. Hohorst, and S. Hagen, “Assessment of RELAP/SCDAPSIM/MOD3.5 against the BWR core degradation experiment CORA-17,” in The 10th International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-10), Okinawa, Japan (2014), NUTHOS10-1243

・ Takuma Hori, Junichiro Shiomi, Chris Dames, “Effective mean free path prediction in nanostructures by using numerical transmission model”, 8th US-Japan Joint Seminar on Nanoscale Transport Phenomena -Science and Engineering-, Santa Cruz, USA (July, 2014)

・ 堀 琢磨, 塩見 淳一郎, Chris Dames, “多結晶構造におけるフォノンの平均自由行程のシミュレーション”, 第6回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 22pm1-E2, くにびきメッセ, 島根 (2014年10月)

・ Y. Takei, R. Jourdain, P. Morantz and P. Shore. “Investigation of large optics measurement system with 1 nm repeatability.” Structured & Freeform Surfaces Meeting, Padova, Italy, 19 - 20 November (2014)

・ 武井良憲, Jourdain Renaud, Morantz Paul, Shore Paul : 再現性 1nm の大型光学素子計測システム, 2015年度精密工学会春季大会, 3月17日~19日, C39. (ベストプレゼンテーション賞) (2015年3月)

・ 堀 琢磨, 塩見 淳一郎, Chris Dames, “ナノ多結晶シリコンにおけるフォノンの平均自由行程”, 第52回伝熱シンポジウム, 福岡国際会議場, 福岡 (2015年6月)

・ Takuma Hori, Junichiro Shiomi, Chris Dames, “Effective phonon mean free path in polycrystalline nanostructures”, Applied Physics Letters, 106, 171901 (2015)

・ Y. Mitsuya, P. Thuiner, E. Oliveri, F. Resnati, M. van Stenis, T. Fujiwara, H. Takahashi, C. Strelti, L. Ropelewski, “The Recent Results of Glass Gas Electron Multiplier”, MPGD 2015 (October, 2015)

・ Y. Mitsuya, P. Thuiner, E. Oliveri, F. Resnati, M. van Stenis, T. Fujiwara, H. Takahashi, C. Strelti, L. Ropelewski, “Imaging Demonstration of a Glass Gas Electron Multiplier with Analogue Charge Readout”, IEEE NSS/MIC (November, 2015)

・ Y. Mitsuya, P. Thuiner, E. Oliveri, F. Resnati, M. van Stenis, T. Fujiwara, H. Takahashi, L. Ropelewski, “Imaging Demonstration of a Glass Gas Electron Multiplier with Electronic Charge Readout”, European Physics Journal Web of Conferences, 掲載確定

・ Semantic classification of spacecraft’s status: integrating system intelligence and human knowledge, ICSC 2015

7) 若手教員・研究員海外派遣による論文・学会発表成果

・ F. Lackner, I. Břesinová, T. Sato, K. L. Ishikawa, and J. Burgdörfer, “Propagating

two-particle reduced density matrices without wavefunctions” , Phys. Rev. A 91, 023412 (2015)

- Coordinated Research Project (CRP), IETcc in Madrid, Spain, 13–15 January (2015)

評価項目に係る事項について

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>〈成果と評価〉の(2c)と(3)に書いたように、海外インターンシップや若手海外派遣は、国際学会での発表や共著論文の出版という成果に結びついている。また、セミナー教材は現に他の大学でも活用できる形で公開し、工学教程も将来的に公開に適した形で整備している。これら、採択時の審査評価委員会所見への対応を含め、当初の目的を十分に達成したと考えている。</p>
②特記すべき成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海外派遣を受けた若手教員が、現在まで共同研究を継続し共著での論文発表や国際会議発表、招待講演をしている。 ・ 海外派遣を受けた若手研究者が、IAEAに職を得た。 ・ IAEAでインターンシップを受けた大学院学生が、その後OECD/NEAでもインターンシップを行い、国際機関への就職を目指して活動している。
③事業の継続状況・定着状況	<p>学生用試用版を刊行した工学教程「原子炉物理学Ⅰ」「放射線化学」は学部や大学院の講義で使用している。</p> <p>平成26年度にセミナーをして頂いたIAEAのAnne Starz氏は、先方負担にて平成27年度にも本専攻でセミナーをされた。平成27年度にセミナーをして頂いたマックマスター大学の長崎教授は、平成28年5月20日に大学院生を引率してこられ原子力国際専攻大学院生と交流を行った。その他にも、OECD/NEA マグウッド事務局長講演会、同下村事務次長講演会、IAEA 採用制度説明会など、国際機関関連の講演会を相次いで実施した。本事業開始前に比べて明らかにセミナー・講演会が増えている。</p>
④成果の公開・共有の状況	<p>工学教程は学生用試用版による試用期間を経て、将来的には公開する。また、海外からの招聘講師によるセミナーをもとに日英2カ国語で作成した教材は、原子力国際専攻のウェブサイト上で、2回分を外部の人も利用できる形で、他の2回分は原子力国際専攻内部向けに、公開、共有している。</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>参加者の原子力関係機関への就職状況については、〈成果と評価〉(4)に記載した通りである。なお、原子力国際専攻を平成25年度に修了した大学院学生のうち、原子力関連企業・機関に修士から7名、原子力関連研究機関に修士から1名と博士から3名就職している。平成26年度修了は、原子力関連企業・機関に修士から11名と博士から2名就職している。平成27年度修了は、原子力関連企業・機関に修士から8名就職している。</p>