

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「世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニアの育成」

<実施機関>

国立大学法人 北海道大学工学研究院

<連携機関>

「大学ATOM」所属の全国19大学、原子力関連企業（北海道電力、北陸電力、東芝、日立、三菱）、JAEA、職業被曝情報システム（ISOE：IAEA・OECD/NEAが共同運営）北米テクニカルセンター（イリノイ大学、ラサール、ドレスデン、DCクック発電所など）

<実施期間・交付額>

27年度17,304千円、28年度15,128千円、29年度12,621千円

<当初計画>

1. 目的・背景

福島第一原子力発電所の事故の教訓を学び、世界最高水準の安全性達成への気概と実力を備えた広い視野を持つアグレッシブな技術者を「スーパーエンジニア」と定義する。このような技術者が必要にもかかわらず、国民に原子力発電所の必要性が認識されにくくなるとともに、原子力系の研究室に優秀な学生が集まりにくいという現状にある。

このような現状を踏まえ、本事業では、国際原子力教育ネットワークに参画する大学を中心とした19大学の学生を対象に、原子力に関する正しい知識を付与するための教育プログラムを整備するとともに、過酷事故や異常過渡事象に関する国内研修や海外研修を整備し、将来、「スーパーエンジニア」として活躍が期待される人材を育成することを目的とする。

2. 実施計画

今後、我が国が原子力発電プラントの建設とその運転、規制についてリーダーシップを発揮するには、我が国の大学の学生（アジアや中東の留学生を含む）教育を体系立って、かつ実践的な国内外の原子力関連企業の体験研修を含めたプログラムの実施が急務であると考えた。過酷事故を踏まえた世界の安全性を目指して過酷事故対策や異常過渡事象、静的冷却系などの深い知識を有し、国内プラントの安定運転や、海外建設プロジェクトに従事できるように、危機管理や統率力、国際視野を有する概と実力を備えたアグレッシブなリーダーの育成を目標とし、以下の項目を計画した。

(1) 講義（学部および大学院）および実験研修（IC、フィルターベント、水位計、防災ロボットなど）

学部1年生：全学教養科目「地球環境問題と原子力技術・倫理」、全学部および道内連携大学

学部2年生：「エネルギー工学概論」土木建築資源、情報エレクトロニクスの学生

学部3年生：「原子炉工学」機械知能工学科（機械工学・原子工学）の学生（PBL形式）

大学院修士・博士課程：「原子力・エネルギーシステム特論」および実験研修を実施。

(2) 国内研修

①北海道大学・北海道電力泊原子力発電所（PWR）、②北陸電力志賀原子力発電所（BWR）または中国電力島根原子力発電所、③メーカーでの研修は、東芝（平成27年度）、日立・JAEA（平成28年度）、三菱（平成29年度）にて実施。

(3) 米国研修

国内研修で優秀な受講実績を上げ、指導教官からの推薦を受けた学生（修士または修士課程進学）から5人を選抜し、毎年1月に米国フロリダ州フォートローダゲールにて開催のISOE-NATC（北米技術センター）主催のシンポジウムに派遣、さらにイリノイ大学や周辺の原子力発電所を見学。

＜実施状況＞

北海道大学での学部1年生の全学教育（道内国立大学と講義連系）、学部2年生を対象とした「エネルギー工学概論」、3年生を対象にした「原子炉工学」のPBL教育、ならびに大学院の修士・博士課程在籍者を対象とした講義と「原子力・エネルギーシステム特論」の講義および実験研修（IC、フィルタベント、水位計、防災ロボットなど）を実施した。国内研修は、北海道電力、三菱重工業、日本保全学会、原子力人材育成ネットワークに参加する機関の横断的な支援を受け、大学連合ATOMおよび東大、東北大等から学生を募集して研修を行った。さらに、アメリカ研修では、ISOEシンポジウムに参加し、イリノイ大学において聴講やシカゴ近郊の原子力発電所の見学を実施した。

（1）講義（学部および大学院）

北海道大学で学部1年生を対象とした「地球環境問題と原子力技術・倫理」、学部2年生を対象とした「エネルギー工学概論」、3年生を対象にした「原子炉工学」、ならびに大学院の修士、博士課程在籍者を対象とした「原子力・エネルギーシステム特論」の講義を実施した。大学院の講義としては珍しい100名を超える受講生があった。（各カリキュラム・講義資料は別添）

（2）国内研修

①北海道大学・北海道電力泊原子力発電所（PWR）、②メーカーでの研修は、東芝（平成27年度）、日立・JAEA（平成28年度）、三菱（平成29年度）にて実施。③北陸電力志賀原子力発電所（BWR）（平成28年度）、保全サマースクール（東北大・福島）（平成29年度）

（3）海外研修（米国）

国内研修で優秀な受講実績を上げ、指導教官からの推薦を受けた学生（修士または修士課程進学）から5人を選抜し、毎年1月に米国フロリダ州フォートローダゲールにて開催のISOE-NATC（北米技術センター）主催のシンポジウムに参加、さらにイリノイ大学や周辺の原子力発電所を見学した。



図1 北海道大学での講義とフィルタベントの研修
北海道電力での緊急時対策と運転シミュレータ研修



図2 日立GEでの事業戦略とUK ABWRの講義
JAEAでの研究炉の見学とシニアとの対話会



図3 米国研修（フォートローダゲールで開催のISOEシンポジウムでの集合写真とNRCとのミーティング
地元紙に掲載されたDCクック発電所見学時写真



図4 派遣した5人の学生がドレスデン3号を見学
整備された非常用復水器（IC）や凍結防止対策、
B5bで格納容器内の弁を手動操作可能、意見交換

表1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	対象とする人材	各年度に育成する人数			3年間計 (人)
		平成27年度	平成28年度	平成29年度	
学部1年講義	一般教養(全学部)	—	98	55	153
学部2年講義	専門科目(社会工学・情報・エレクトロニクス系)	145	131	140	416
学部3年講義	専門必須科目(機械系)	130	125	138	393
大学院講義	機械系4専攻の修士学生	0	104	103	207
北大・泊研修	原子力工学系学生 (大学ATOM全国19大学)	15	15	18	48
メーカー研修	同上	東芝 15	日立 14	MHI 13	42
志賀, サマースクール(東北大・福島)	同上	0	11	9	20
海外研修(米国)	同上(選抜学生)	5	5	5	15
合計		310	503	481	1294

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	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
学部1年講義 「地球温暖化問題と 原子力技術・倫理論」					道内国立大学 で同時講義				道内国立大学 で同時講義			
学部2年講義「エネルギー工学概論」												
学部3年講義「原子炉工学」(PBL)												Quarter制で 週2回講義
大学院講義 「原子力・エネルギー システム特論」												
国内研修	北大・泊発電所											
			北大・北電泊3月	北大・北電泊8月					北大・北電泊9月			
	メーカー研修(東芝、日立、MHI)		東芝12月		日立・JAEA10月				三菱重工(MHI)10月			
志賀, サマースクール(東北大・福島)				北陸電力志賀9月				保全サマースクール(東北大・福島)7月				
海外研修(米国ISOEシンポジウム、発電所見学、イリノイ大)				フォートローダデル・シカゴ1月				フォートローダデル・シカゴ1月	フォートローダデル・シカゴ1月			

＜成果と評価＞

過酷事故や防災等の危機管理に対応できるリーダー的な強い人材を育成することを目的とし、以下に述べる学部生・大学院生対象講義、企業インターンシップ、北海道大学での過酷事故対策実験の研修、海外研修を計画通りに実施した。当初の講義および研修の参加者は993名であったが、3年間での実績は、予想を30%上回る1294名に達し、以下に示す、大きな成果を挙げた。

(1) 講義（学部および大学院）

学部2年生が受講する「エネルギー工学概論」が、3年間で計414名、学部3年生が受講する「原子炉工学」が計393名に達した。また、大学院の講義、「原子力・エネルギーシステム特論」は大学院の講義としては珍しい約100名が受講する講義となり、他専攻や他学部からも受講があった。これは全学部から履修可能な1年生が受講した「地球温暖化問題と原子力技術・倫理」の影響が大きく、先行事業からの継続が学生の勉学意欲を高めたことが分かる。特に、文学・経済・法学・医学・薬学・水産・獣医・農学・理学の広範な学生に原子力と地球環境問題の基礎知識を与えることが重要で、マスコミが原子力発電所の安全対策を報道しない現状を将来的に解決する可能性がある。

(2) 国内研修

①フィルターベント可視化および2Pd試験装置を使った格納容器減圧試験、②高温高圧実験装置を使った非常用復水器による炉心冷却と蒸気減圧試験、高圧ポンプを使ったAM注水実験③炉水位計測機能維持装置を使った過酷事故時の水位計のドリフト再現実験、北海道電力泊原子力訓練センターでのプラントシミュレータによる全交流電源喪失体感研修など、座学のみならず、体験型の研修を行ったことは大きな効果を上げた（別添報告書参照）。また、平成29年度は、日本保全学会主催の保全サマースクールで、東北大学と連携し、保全科学と保全技術に関する講義や流体科学研究所・金属材料研究所の見学、JAEA 檜葉遠隔技術開発センターおよび東京電力福島第二原子力発電所の見学を行うことができ、当初計画を上回る成果を上げた。

(3) 海外研修（米国）

世界職業被曝情報システム（ISOE）が主催し、NRCやIAEA、欧米の主要な電力会社幹部が参加する北米シンポジウムへの参加と意見交換（於フロリダ州フォートローダーデール）、DCクック原子力発電所、ドレスデン原子力発電所、ラサール原子力発電所の見学、イリノイ大学での講義受講など、米国の活気ある米国の産業界とNRCの進んだ規制を目の当たりにした学生は、原子力系の博士課程に進学し、MITに留学したり、電力会社やメーカーに積極的に就職し、さらに原子力規制庁や北海道庁原子力防災、海上保安庁（原子力発電所の警護）などにも就職した。将来のスーパーエンジニアとして活躍することが大いに期待される。

(4) その他（評価項目に係る事項に対する考察等）

講義、国内外研修ともに、参加した学生達は達成感にあふれていることがアンケートや報告書から把握できる（別添、報告書参照）。このことから当初の目標に沿った逞しいスーパーエンジニアの育成に、本事業が大きく貢献したと考える。本事業の成果は日本原子力学会2017年秋の大会の企画セッションで5件の発表を行ったほか、ISOEシンポジウムでも紹介した。この結果、提案代表者は、ISOEからOutstanding Professor of the Year Awardを受賞し、本事業が世界から高い評価を得た。（審査員はIAEA, OECD/NEA, ISOE幹部、NRC、イリノイ大学、欧米の原子力界幹部）



図5 米国フォートローダーデールで開催のISOEシンポジウムでの提案代表者の表彰式と拍手を浴びる5人の選抜派遣学生、学生と米国技術者との対話会

〈今後の事業計画・展開〉

本事業が大きな成果を挙げたことから、現在、東工大が提案代表の原子力人材育成補助事業の終了を待って、企業での研修や米国での研修を主体とした新しい事業提案を行う計画である。特に各種の団体が行っている学生の海外派遣先は IAEA に集中し過ぎている。IAEA の研修は発展途上国向けのメニューが多く、必ずしもレベルが高くない。学生の就職先を考えると電力会社や原子力メーカー、JAEA などが圧倒的に多数であり、これらを踏まえて事業計画を立てることが重要と考える。

(1) 国内研修

電力会社やメーカー、JAEA での研修は、学生の原子力界への就職のインセンティブを高める上で有効であることが分かった。しかし、国内の原子力発電所は、3.11 後、新規制基準への適合審査の遅れから、長期停止した原子力発電所が多い。このことから、既に再稼働した原子力発電所での研修にも注力した方が良く考える。更に、わが国の原子力発電所が IAEA の勧告により、ROP (原子力発電所監督プロセス) に大きく転換される。この規制では、事業者検査、規制検査としてリスク評価が重要になりことから、事故シーケンス、PRA、リスクインフォームドメンテナンスなどが重要になってくるため、学生の講義資料や研修内容も、これらの新しい分野の充実が必要になると考える。

(2) 海外研修 (米国)

米国の原子力発電所での見学や研修は、わが国で ROP 制度が取り入れられることから、非常に有意義と考える。ISOE のシンポジウムでは、規制委員会の NRC と事業者の対等な意見交換が行われており、これを学生が傍聴することは、わが国の規制の大変革を先取りしたものとなる。しかし、英語が得意ではない学生も見受けられたことから、米国派遣の学生は、国内研修での熱意に加え、誤学力も重視したいと考える。

〈整備した設備・機器〉

(1) フィルタベント 2Pd 試験装置 (平成 27 年度整備、約 742 万円)

福島第一原子力発電所の事故による地元汚染は、ベントがスムーズにできず、格納容器からの放射性物質の漏えいを招いたことが原因である。そこで、図 1 に示すフィルターベント試験装置を製作し、学生の研修に用いた。2Pd は設計圧力 Pd の 2 倍の圧力を意味する。

(2) 炉水位計測機能維持装置 (平成 28 年度整備、約 295 万円)

福島第一原子力発電所の事故では、基準水頭管 (レファレンスレグ) 内の水が高温になった格納容器内の気体によって加熱蒸発したことから指示誤差を生じて運転員や重要免振棟にいる発電所員のご判断のもとになった。そこで、炉水位計測機能維持装置を設置し、バックフィルという注水手法により誤差を回復することを研修した。

〈その他特記すべき事項〉

本補助事業は、Outstanding Professor of the Year Award を受賞し、本事業が世界から高い評価を得た。(審査員は IAEA, OECD/NEA, ISOE 幹部、NRC、イリノイ大学、欧米の原子力界幹部)

〈参考資料〉

(1) 添付資料

- 1) 平成 29 年度 機関横断的な人材育成事業「世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニアの育成」平成 29 年度成果報告書 (平成 30 年 3 月) 国立大学法人 北海道大学
- 2) 日本原子力学会シニアネットワーク企画セッション、原子力人材育成公募事業「世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニアの育成」2017 年秋の大会予稿 (公開事例)
 - (1) 齋藤 伸三 (SNW)、基調講演：原子力発電所が二度と過酷事故を起こさないために国、原子力界は何をなすべきか
 - (2) 奈良林 直、勝山 晶子 (北大)、スーパーエンジニアの育成研修の概要
 - (3) 石井正則、学生とシニアの対話会の概要と成果
 - (4) Pornphatdetadom Thanataon (東工大)、Meeting with Senior Members and Students for the Super Engineer's Training in Japan and US.
 - (5) 倉 佑希、国内研修と米国研修で得たものと将来への抱負

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。）	過酷事故や防災等の危機管理に対応できるリーダー的な強い人材を育成することを目的とし、学部生・大学院生対象講義、企業インターンシップ、北海道大学での過酷事故対策実験の研修、海外研修を計画通りに実施した。当初の講義および研修の参加者は993名であったが、3年間での実績は、予想を30%上回る1294名に達した。
②特記すべき成果	本補助事業は、Outstanding Professor of the Year Award を受賞し、本事業が世界から高い評価を得た。（審査員はIAEA, OECD/NEA, ISOE 幹部、NRC、イリノイ大学、欧米の原子力界幹部）
③事業の継続状況・定着状況	北大における講義資料は、費用が本学負担で、本事業で際策した教材が終了後も講義などに活用可能であるため、継続の支障はない。企業インターンシップは、全国の大学から参加希望があり、遠方からの参加は交通費などの負担が大きいことから、事業を継続するには、研修を行っていただく企業の求人活動による参加と開催地近隣の大学と共に参加人数に工夫をする等の対策で対応可能となる。
④成果の公開・共有の状況	日本原子力学会 2017 年秋の大会予稿（公開） 日本原子力学会シニアネットワーク企画セッション、原子力人材育成公募事業「世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニアの育成」5件について口頭発表。予稿は公開済。
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	参加した大学別の学生の参加人数を下表に示す。 原子力関係機関への就職状況は、国内研修・米国研修に参加した学生は約8割を超える。国内大学の原子力関連専攻の博士課程に進学し、米国の博士課程へ留学した学生は2名。原子力規制庁への就職者1名、自治体の原子力防災課への就職1名。その他、ゼネコンに就職し、原子力発電所の地盤改良や防潮堤などの工事に従事している学生も多数。

本事業に参加の大学別育成人数の実績（数値は学生の参加人数）

	①学部1年	②学部2年	③学部3年	④大学院	国内研修	米国研修	大学別計(名)
北海道大	138	416	393	207	26	3	1183
旭川医科大	5						5
北見工業大	4						4
北海道教育大	1						1
室蘭工業大	5				1		6
東京都市大					11	2	13
東京工業大					9	3	12
早稲田大					8	1	9
福井大					6	1	7
九州大					3	1	4
東北大					5	1	6
長岡技術科学大					18		18
名古屋大					2		2
京都大					3		3
大阪大					8	2	10
東京大						1	1
金沢大					1		1
山梨大					1		1
茨城大					1		1
東海大					5		5
近畿大	0	0	0	0	2	0	2
研修別計(名)	153	416	393	207	110	15	1294