

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＞

復興対策特別人材育成事業「国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート 人材育成」

＜実施機関＞

北海道大学工学部

＜連携機関＞

大学連合 ATOM、(株) 東芝、日立 GE ニュークリア・エナジー (株)、三菱重工業 (株)、(株) IHI、(独) 日本原子力研究開発機構、北海道電力 (株)、北陸電力 (株)、東京電力 (株)、国際原子力開発 (株)、(株) 日本製鋼所、日本原子力学会シニアネットワーク、日本保全学会、日本原子力産業協会

＜実施期間・交付額＞

24年度28,270千円、25年度17,892千円、26年度13,924千円

＜当初計画＞

1. 目的・背景

東日本大震災により起こった福島第一原子力発電所の事故から学んだ教訓を伝えて行くとともに、原子力過酷事故や防災など危機管理に対応できるリーダー的な人材を国内外問わず育成する必要がある。大学の修士・博士課程の学生（留学生を含む）に対して、原子力関連企業（東芝、日立、三菱など）や JAEA と連携し、研究開発施設や工場の施設、電力会社（北海道電力）のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修（インターンシップ）と北大の所有する高圧蒸気源を使った過酷事故対応（AM 注水）実験や原子力防災ロボット教材を使った研修などを学生が選択できるようにする。魅力ある研修内容とし、優秀な学生を引きつける。このような実践的な研修は、修羅場を突破してリーダーシップが発揮できるように、原子力の黎明期に幹部として陣頭指揮して活躍されて原子力学会シニアネットワークの諸先輩の厳しい薫陶も受けながら、実体験に基づく真の原子力ヤング・エリート人材育成を推進するものである。

2. 実施計画

本公募事業は、国際原子力人材育成大学連合 ATOM に所属する大学を主とする全国の主要大学に周知し、各大学にて選抜した学生から構成される将来の原子力ヤング・エリート候補生に対して過酷事故や福島の復興に対応できるリーダー的な人材育成研修を、企業インターンシップ（東芝、三菱、日立 GE）と過酷事故対策実験の研修（北海道大学）を通じて実施する。

（1）企業インターンシップと過酷事故対策実験の研修

①ー 1 原子炉への AM 注水研修と泊原子力訓練センターでの体験研修とシニアとの対話会

- ・ 導入教育（①PWR と BWR の系統構成・安全系の講義、②米 TMI2 号機事故の講義、③福島第 1 事故の経過の講義④SG と IC の役割の講義、⑤過酷事故 AM 対策実験の講義、⑤泊原子力発電所での研修事前講義）（実施場所：北海道大学）
- ・ 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、高圧ポンプを使った AM 注水の実験（実施場所：北海道大学）
- ・ プラントシミュレータによる全交流電源喪失体感研修（実施場所：泊原子力訓練センター）
- ・ 過酷事故対応防災ロボット教材を使った危険予知および事故収束・防災支援訓練（実施場所：北海道大学）
- ・ 原子力産業の国際展開に関する講義（実施場所：北海道大学、講師：高橋 祐治）
- ・ 研修最終日に研修成果を発表とシニアとの対話会の実施（実施場所：北海道大学）

①ー 2 ABWR 炉心過渡伝熱・過酷事故対策、AP1000 の SG 関連の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・導入教育（東芝の原子力事業の紹介）（実施場所：東芝横浜事業所磯子エンジニアリングセンター（以下、(IEC)））
- ・モデル室、3D-CAD、東芝電力・社会システム技術開発センター（以下 (PIC)）の研究施設の見学（実施場所：IEC）
- ・府中工場のシミュレータ教育と過酷事故シミュレータ教育（実施場所：東芝府中工場）
- ・過酷事故対策のためのコアキャチャーの研究施設 (PIC) の炉心伝熱試験データを使ったデータ解析と二相流の講義、コアキャッチャーと BEST の見学（実施場所：IEC）
- ・AP-1000 用の蒸気発生器開発施設見学（実施場所：IHI）
- ・AP-1000 の静的安全系・過酷事故対策の講義（実施場所：IEC）
- ・研修最終日に研修成果を発表とシニアとの対話会の実施（実施場所：IEC）

①ー 3 ESBWR の静的冷却系等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・導入教育（日立製作所の紹介）（実施場所：日立製作所）
- ・日立製作所臨海工場と電力開発研究所、ESBWR 関連装置の見学（実施場所：日立製作所）
- ・ABWR の紹介、ESBWR 関連の静的安全機能と福島の前事故とその対策の講義、グループ討議（実施場所：日立製作所）
- ・JAEA の研究施設 (JRR-1、NSRR、HTTR、常陽) の見学（実施場所：JAEA）
- ・東京電力の電気の史料館での発電設備機器の見学（実施場所：東京電力電気の史料館）
- ・研修最終日に研修成果を発表とシニアとの対話会、グループ討議の実施（実施場所：東京電力電気の史料館）

①ー 4 PWR の過酷事故緩和対応等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・導入教育 (PWR の概要、三菱重工の事業概要) (実施場所：三菱神戸造船所)
- ・若手技術者との対話会 (実施場所：三菱神戸造船所)
- ・三菱重工神戸造船所と二見工場の各製造施設の見学 (実施場所：三菱神戸造船所と二見工場)
- ・PWR の AM 対策及び安全性向上についての講義と PSA、グループ討議 (実施場所：三菱神戸造船所)
- ・国際舞台で活躍する技術士による原子力産業の国際展開に関する講義 (実施場所：三菱神戸造船所)
- ・研修最終日に研修成果を発表とシニアとの対話会、グループ討議の実施 (実施場所：三菱神戸造船所)

＜実施状況＞

大学の修士・博士課程の学生（留学生を含む）に対して、原子力関連企業（東芝、日立 GE、三菱重工など）や独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）と連携し、研究開発施設や工場の施設、電力会社（北海道電力、北陸電力）のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修（インターンシップ）と北海道大学の所有する高圧蒸気源を使った過酷事故対応（AM 注水、高温溶融）実験や原子力防災ロボット教材を使った研修を平成 24 年度から平成 26 年度まで予定通り実施し、平成 25 年度からは、過酷事故対応に対するハードウェアの体験の重要性に鑑みて研修内容を更に充実させるために、原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修（平成 25 年度は、日本保全学会、北海道電力、日本製鋼所と連携して北大でサマースクール、26 年度は、志賀原子力発電所で保全研修）を実施した。実施の前の募集にあたり、指導教員による選抜を行い、優秀な学生を集め、シニアとの e-mail による往復書簡を実施した。

参加した学生を対象とした研修アンケートでは、いずれのプログラムにおいても研修内容、満足度などの観点で高い評価を得るなど、当初の事業計画を十分達成することができた。

（１）企業インターンシップと過酷事故対策実験の研修

①ー１ 原子炉への AM 注水研修と泊原子力訓練センターでの体験研修とシニアとの対話会

- ・平成 24 年度：実施日：平成 25 年 3 月 4 日～3 月 8 日、参加者：17 名
- ・平成 25 年度：実施日：平成 26 年 2 月 17 日～2 月 21 日、参加者：17 名
- ・平成 26 年度：実施日：平成 26 年 8 月 25 日～8 月 29 日、参加者：17 名

・導入教育（実施場所：北海道大学）

- a. PWR と BWR の系統構成・安全系の講義、b. 米国 TMI2 号機事故の講義、c. 過酷事故対策と新規規制基準の講義、d. 高温溶融実験とコアキャッチャーの事前講義、e. 非常用復水器（IC）を使った冷却と減圧実験の説明と IC、SG の役割の講義、f. 北海道電力職員による泊原子力発電所での研修事前講義

・過酷事故対策実験の研修（実施場所：北海道大学）

- a. 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、高圧ポンプを使った AM 注水実験
- b. フィルターベント可視化模型教材を使い、湿式および乾式のフィルターベント機能について説明（25 年度に、フィルターベント可視化模型教材を作成（購入）し、導入教育で学んだ過酷事故対策がどのようなものかをより具体的にイメージしやすくさせる教材で、学生達の関心や興味が高かった。）
- c. テルミット反応を用いて炉心溶融を模擬した高温溶融実験（25 年度から実施した実験で、実際に装置を動かし、視覚的にイメージしやすくなるため、学生達の関心や興味が高かった。）

・プラントシミュレータによる全交流電源喪失体感研修（実施場所：泊原子力訓練センター）

・防災ロボット教材と保全工学基礎教材を使った研修（実施場所：北海道大学）

- a. 過酷事故対応防災ロボット研修の事前講義
- b. ロボット教材と PWR 作動原理モデルを使った危険予知および事故収束・防災支援訓練
- c. 保全工学基礎教材等やバーチャル原子炉シミュレータ等を使った予防保全と事後保全に関する研修

（保全工学基礎教材等は 25 年度から使用し教育効果を上げた。バーチャル原子炉シミュレータは 26 年度に実施し、学生達の理解を深めるために原子力発電所プラントの仕組みや運転上の特性を理解させ、過渡事象もこのシミュレータで体感してもらった。）

・外部講師による講義（実施場所：北海道大学）

- a. （社）日本原子力技術協会 元最高顧問 石川 迪夫 氏の「考証：福島原発事故」の講義
- b. 国際原子力開発（株）業務執行取締役 高橋祐治 氏の「輸出展開」の講義

（高橋氏による「輸出展開」の講義は 24 年度、26 年度に実施、高橋氏の日程の都合が付かなかった 25 年度は奈良林教授が、「海外のオンラインメンテナンスと米ボーグル発電所の建設」の講義を実施した。石川氏の「考証：福島原発事故」の講義は 26 年度に実施）

・研修最終日に研修成果を発表とシニアとの対話会の実施（実施場所：北海道大学）

（24 年度に、この研修で必要な高温高圧実験装置（過酷事故炉心注水実験装置）、過酷事故対応防災ロボット教材（X-crawler ロボットモジュール）を購入し、3 年間通して北大実習、保全サマースクールで教材として使用し効果的な教育を実施でした。）

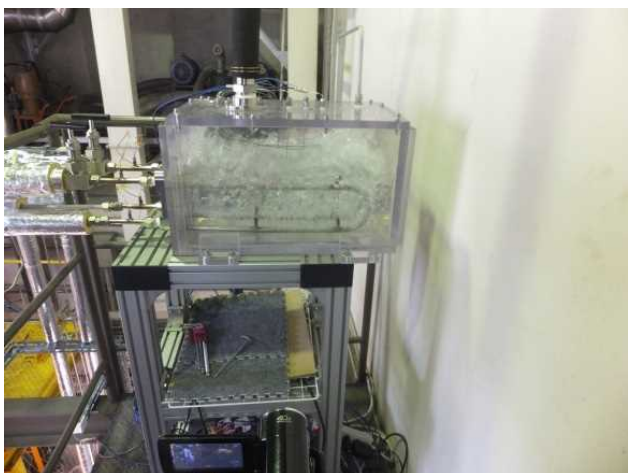


写真 1：過酷事故炉心注水実験装置
説明：北大の高温高圧実験装置に接続して、学生に過酷事故時の炉心注水実験を研修させるための可視化教材。



写真 2：高温溶融実験と防災ロボット
説明：北大の実験室内で過酷事故時を想定した防災訓練に用いる遠隔操作のクローラー式の過酷事故対応防災ロボット教材と H2 高温溶融実験の様子（H25 度北大研修）



写真 3：PWR 発電プラント模型
説明：H26 度に北大で実施した PWR 作動原理モデルを使った操作訓練と AM 注水訓練の説明をしている様子

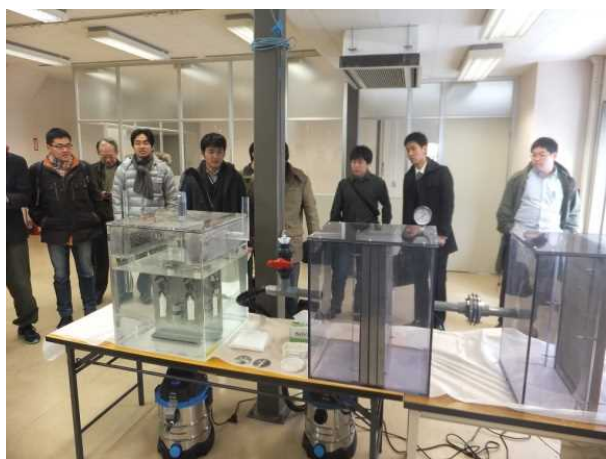


写真 4：フィルターベント可視化模型
説明：H25 度に北大で実施したフィルターベント可視化模型教材を使った、湿式および乾式のフィルターベント機能について説明している様子



写真 5：泊原子力発電所での研修
説明：H26 度に実施した泊発電所でのキャビテーション可視化装置を使った研修の様子



写真 6：学生とシニアとの対話会
説明：H24 度に北大で実施した学生とシニアとの対話会が行われる様子

①ー２ ABWR 炉心過渡伝熱・過酷事故対策、AP1000 の SG 関連の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・平成 24 年度：実施日：平成 25 年 2 月 18 日～2 月 22 日、2 月 25 日から 3 月 1 日（2 回実施）
1 回目：10 名、2 回目：8 名、計 18 名
- ・平成 25 年度：実施日：平成 25 年 8 月 26 日～30 日、参加者：13 人
- ・平成 26 年度：実施日：平成 26 年 7 月 7 日～7 月 11 日、参加者：6 人
- ・導入教育：ガイダンス、安全教育（実施場所：東芝横浜事業所）
- ・3D-CAD 室、PA 室、東芝電力・社会システム技術開発センター（PIC）の過渡安定性試験ループ、コアキャッチャー試験装置と原子炉関連機器設備の施設見学（実施場所：東芝横浜事業所）
- ・府中工場の原子炉プラントシミュレータ実習（残留熱除去系のサーベランス、臨界操作、給水ポンプトリップ、手動スクラム、全給水喪失、そして外電喪失の対応操作）、過酷事故シミュレータを用いた、過酷事故時のプラント挙動のデモ（実施場所：東芝府中工場）
- ・原子力プラントの概要や熱設計手法、基礎となる二相流動に関する講義、および原子力プラントの安全設計・シビアアクシデントに関する講義、PIC の炉心伝熱試験データを使った演習課題（稠密バンドルの二相圧損評価と、稠密バンドルのロッド表面温度データを元に、二相流動の検討）と実習レポート作成（実施場所：東芝横浜事業所）
- ・AP-1000 用の蒸気発生器開発施設見学（実施場所：IHI）
- ・IHI 原子力セクター事業紹介、ABWR 原子炉圧力容器製作および SG 製作紹介、高レベル放射性廃液ガラス固化技術についておよび AP-1000 の静的安全系・過酷事故対策の講義（実施場所：IHI）
- ・研修最終日に研修成果の発表とシニアとの対話会（実施場所：東芝横浜事業所）



写真 7：東芝での研修 その 1
説明：H26 度に実施した東芝のシビア
アクシデント時溶融炉心冷却対応試
験装置見学の様子



写真 8：東芝での研修 その 2
説明：H26 度に実施した東芝での課題
演習のグループ活動の様子

①ー３ ESBWR の静的冷却系等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・平成 24 年度：実施日：平成 24 年 12 月 3 日～12 月 7 日、参加者：15 人
- ・平成 25 年度：平成 25 年 10 月 7 日～11 日、参加者：15 人
- ・平成 26 年度：平成 26 年 10 月 20 日～10 月 24 日、参加者：15 人
- ・導入教育：日立製作所並びに日立 GE の概要説明と原子力事業全般について紹介（実施場所：日立本社秋葉原ダイビル）
- ・小平記念館、タービン第一工場、大型電機工場、大型製缶工場、精密工場の見学（実施場所：日立 GE）
- ・ABWR の紹介、福島事故の教訓と対策、ESBWR の静的安全機能の説明、ESBWR の設備特性に関連した二相流講義、グループ討議（実施場所：日立 GE）
- ・JAEA の研究施設（水素製造施設、LSTF、JRR-3、常陽、HTTR）の見学（実施場所：JAEA）
* 水素製造施設は 24 年度、25 年度のみ実施、26 年度のみ常陽の中央制御室も見学
- ・東京電力の電気の史料館での発電設備機器の見学（実施場所：電気の史料館）
- ・研修成果の発表とシニアとの対話会（実施場所：電気の史料館）



写真 9：日立 GE での研修

説明：H26 度に実施した日立 GE でのグループ討議



写真 10：JAEA での研修

説明：H26 度に実施した JAEA での常陽見学時

①ー 4 PWR の過酷事故緩和対応等の企業インターンシップ研修とシニアとの対話会

- ・平成 24 年度：実施日：平成 24 年 12 月 10 日～12 月 14 日、参加者：15 人
- ・平成 25 年度：実施日：平成 25 年 11 月 18 日～11 月 22 日、参加者：17 人
- ・平成 26 年度：実施日：平成 26 年 11 月 10 日～11 月 14 日、参加者：15 人
- ・導入教育（実施場所：神戸造船所）
 - a. 三菱重工の原子力事業概要
 - b. 東日本大震災を踏まえた更なる安全性向上と福島安定化に向けた取組み
 - c. 三菱若狭原子力統括センターの役割、国内外の状況を踏まえた事業展開
- ・若手技術者との対話会（実施場所：神戸造船所）
- ・三菱重工神戸造船所（原子力機器工場、総合保全訓練センター、NDE センター、シミュレーションセンター、展示ホール）と二見工場（大型機器工場）の各製造施設の見学（実施場所：神戸造船所、二見工場）
- ・PWR プラントに関する講義（実施場所：神戸造船所）
 - a. PWR プラントの概要、b. PWR の安全性向上について（安全設計と安全評価、設備対策について）、c. グループ討議（宿舎でも学生同士によるグループ討議を実施）
- ・国際舞台で活躍する原子力技術者講座（実施場所：神戸造船所）
 - 24 年度実施内容
 - a. 技術士の国際舞台での活動の仕組み、b. 米国 PE を持つ日本人エンジニアの国際プロジェクトでの役割、c. 技術士/PE の国際舞台での活動例
 - 25 年度実施内容
 - a. トルコプロジェクト講義、b. ベトナムプロジェクト講義
 - 26 年度実施内容
 - a. トルコプロジェクト講義、b. EU プロジェクト講義
- （EU プロジェクトは、英国人の講師が務め質疑応答も含め英語で実施）
- ・研修成果の発表とシニアとの対話会（実施場所：神戸造船所）



写真 11：三菱重工での研修 その 1

説明：H26 度に実施した三菱重工での学生と若手技術者との意見交換の様子



写真 12：三菱重工での研修 その 2

説明：H26 度に実施した 3 日目の三菱重工での研修終了後、宿舎の会議室を使い学生同士でグループ討議をしている様子

② 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修（保全研修は25年度から実施）

25年度 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修（実施場所：北海道大学）

・実施日：平成25年8月5日～10日、参加人数：35名（海外からの参加は7名）

本研修は、日本保全学会の保全科学サマースクールと共催で実施した。このため、台湾の行政院原子能委員会の若手職員、および中国、韓国の学生も参加し、講義は全て英語にて実施され、国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリートの人材育成」という本事業の趣旨に相応しい雰囲気が醸成された。

- ・保全基礎実験装置、過酷事故炉心冷却装置、原子力防災ロボットを教材とし、原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修（実施場所：北海道大学）
- ・PWR 原子炉シミュレータでの体験研修と、ポンプや弁、SG 細管の健全性確認などの手法についての体感訓練（実施場所：泊原子力訓練センター）
- ・原子炉工学、原子炉安全工学、バックエンドに関する講義（「PWR、BWR の系統構成・安全系」、「原子力安全工学」、「過酷事故対策」、「汚染瓦礫の処分」、「過酷事故時の AM 対策（非常用復水器（IC）を使った冷却と減圧）」、「安全重要度分類に基づく状態監視保全とオンラインメンテナンス」、「保全工学」、「高サイクル疲労」、「福島第一サイトの現状とデコミ計画、R&D 計画」、「防災ロボット研修の事前講義」、「海外のオンラインメンテナンスと米ボーグル発電所の建設」（実施場所：北海道大学）
- ・日本製鋼所の概要説明と原子炉圧力容器・タービンロータなどの製品概要説明と室蘭製作所工場見学（溶接、原子炉圧力容器の鍛造及び切削加工など）（実施場所：日本製鋼所）
- ・研修最終日に研修成果を発表（実施場所：北海道大学）

①ー1との違いは、保全工学や福島の廃炉対策などの専門の講師による講義があり、すべて英語で講義されたことである。



写真 13：保全研修 その1

説明：H25 度の保全サマースクールで実施した日本製鋼所室蘭製作所見学の工場概要説明を聞いている学生たちの様子



写真 14：保全研修 その2

説明：H25 度の保全サマースクールで実施した北大での過酷事故対応防災ロボット教材を使った研修の様子

26年度 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修（実施場所：志賀原子力発電所）

・実施日：平成26年9月1日～5日、参加人数11名

本研修は、金沢大学、北陸電力の協力のもと実施した。日本の原子力発電所がどのような保全活動を実施しているかを学生達に実際の現場を見て、体験を通じて理解することを目的としている。

- ・研修・見学先の基礎知識と研修内容の説明などの事前ガイダンス、BWR に関する講義（過酷事故対策等）（実施場所：金沢大学）
- ・志賀原子力発電所の安全対策や保全活動等に関する講義、発電所所員との意見交換（実施場所：志賀原子力発電所研修センター、志賀原子力発電所（e、f））

- a. 志賀原子力発電所の概要（設備、安全対策、シビアアクシデント対策含む）説明
- b. 志賀原子力発電所の保全の概要説明、保全方式の説明（時間管理保全、状態監視保全、事後保全）
- c. 志賀原子力発電所の運転管理の概要説明
- d. 原子力防災計画と防災体制の説明
- e. 志賀原子力発電所若手所員との意見交換会
- f. 発電所長、所長代理、炉主任との意見交換
- ・ 運転訓練用シミュレータや保守訓練設備の視察・訓練体験、安全文化・モラル教育
（実施場所：志賀原子力発電所研修センター）
 - a. 運転訓練シミュレータ、保守訓練設備による訓練体験
 - b. 志賀原子力発電所の安全文化・モラル醸成活動の概要説明
- ・ 志賀オフサイトセンター見学（実施場所：志賀オフサイトセンター）
- ・ 志賀原子力発電所の現場視察（安全対策、耐震等）、破砕帯調査地点の見学
（実施場所：志賀原子力発電所研修センター、志賀原子力発電所）
 - a. 志賀原子力発電所見学（安全対策含む）
 - b. 振動診断等の現場見学、緊急時対策棟、防災資機材、安全強化策の実働訓練状況の見学
 - c. 志賀原子力発電所の耐震設計の概要説明（シーム調査状況等を含む）
- ・ 研修成果を発表（実施場所：志賀原子力発電所研修センター）



写真 15：志賀発電所での過酷事故対策の研修



写真 15：保全研修 その3

説明：H26 年度に実施した志賀原子力発電所研修。
3 日目の志賀オフサイトセンターでの職員の説明を聞いている学生達の様子

〈まとめ〉

福島原子力発電所事故を踏まえた原子力人材育成の方向性について、平成 24 年 4 月 26 日に開催された原子力人材育成ネットワークの実施方針を踏まえ、本公募事業は東芝・日立・三菱と JAEA の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 に所属する全国 19 大学から学生を募集し、研修を実施し、当初の目標に沿った逞しいヤング・エリートの育成に貢献したと考える。参加した学生達は達成感にあふれ、シニアとの対話会も効果的であった。

最終年度となる平成 26 年度は、メーカーに加え、原子力発電所をメインとした 1 週間の集中研修を実施した。予防保全と事後保全に関わる保全工学の重要性を実際の発電所で働く社員の方から学び、再稼働を目指す従業員の意気込みを実際に体感し、学生達の今後の研究活動へのモチベーションアップや原子力業界の未来に希望をもつ学生も多く、発電所での研修も非常に効果的であった。

平成２２年度から２０１４年度までの育成人数の実績を、以下、交付申請書の事業の項目順に成果をまとめた。２２大学（海外含めると２５大学）にも及ぶ多数の指導教員のご理解とご協力により、沢山の優秀な学生達を勧誘いただき、３年間で２２６名を育成することができた。

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		
			２４年度	２５年度	２６年度
①企業インターンシップと過酷事故対策実験の研修	①－１（北大・泊） ・原子炉へのAM注水と高温溶融実験研修と泊原子力訓練センターでの体験研修 ・シニアとの対話会	・原子力系を専攻する修士、博士（留学生含む） ・原子力系の大学院に進学する予定の原子力系、機械系の４年生	１７名	１７名	１７名
	①－２（東芝） ・ABWR 炉心過渡伝熱・過酷事故対策、AP1000のSG関連の企業インターンシップ研修 ・シニアとの対話会		１８名	１３名	６名
	①－３（日立GE） ・ESBWRの静的冷却系等の企業インターンシップ研修 ・シニアとの対話会		１５名	１５名	１５名
	①－４（三菱重工） ・PWRの過酷事故緩和対応等の企業インターンシップ研修 ・シニアとの対話会		１５名	１７名	１５名
②原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修	・H25：保全サマースクール（北大・泊） ・H26：志賀原子力発電所（志賀）		－	３５名	１１名
参加人数（実績）			６５名	９７名	６４名
（参考指標）			３９３	１５０	１８１
交付額/参加人数			千円/人	千円/人	千円/人

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目	24年度 (四半期毎)				25年度 (四半期毎)				26年度 (四半期毎)			
①－1 (北大・泊)			←	□				□		□		→
①－2 (東芝)			←	□		□				□		→
①－3 (日立 GE)			□				□				□	
①－4 (三菱重工)			□				□				□	
② 保全研修					←	□				□		→

平成24年度から平成26年度までの育成人数の実績を表3にまとめる。22大学から指導教員の推薦による優秀な学生が研修に参加した。

表 3 3年間全体の育成人数の実績

3年間合計	①－1	①－2	①－3	①－4	②	合計
長岡技大	3	2	1		1	7
早稲田大	7	9	2	16	4	38
山梨大		1		2		3
名大	3		2		2	7
室蘭工大			1	1		2
北大	18	14	13	11	12	68
福井大		2			1	3
阪大	2	2	3	5	7	19
東北大			1		4	5
東大			2	2		4
東工大			5			5
東海大	7				1	8
電通大	4	2	2		1	9
筑波大					1	1
千葉大			1			1
信州大			3	2		5
神戸大				3		3
近畿大	1					1
京大	1	5	8	4	4	22
九大	2		1	1	1	5
金沢	2					2
岡山大	1					1
海外					7	7
合計	51	37	45	47	46	226

＜成果と評価＞

本原子力人材育成は、以下の5件の研修を実施し、目的とする世界で活躍できるヤング・エリートの育成について概ねその目標を達成できたと考える。

（１）企業インターンシップと過酷事故対策実験の研修

①ー１ 原子炉へのAM注水研修と泊原子力訓練センターでの体験研修

a. 導入教育

研修に参加する学生達に、原子力発電所の過酷事故対策やICを使った冷却と減圧実験、泊発電所での研修への理解度を高めるために、導入教育を実施した。初年度である24年度は、「PWRとBWRの系統構成・安全系」、「米国TMI2号機事故」、「福島第1事故の経過の講義、過酷事故AM対策実験の講義」、「泊原子力発電所での研修事前講義」を実施したが、翌年度以降、講義内容や実験内容の充実を図り、「PWRとBWRの系統構成・安全系」、「米国TMI2号機事故」、「過酷事故対策と新規規制基準」、「高温溶融実験とコアキャッチャーの事前講義」、「非常用復水器（IC）を使った冷却と減圧実験の説明」と「IC、SGの役割の講義」、「泊原子力発電所での研修事前講義」と講義内容を改善した。

b. 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、高圧ポンプを使ったAM注水実験

福島第一原子力発電所1号機の事故時のIC冷却・減圧と注水に関する体験実験を実施し、過酷事故対応の対応訓練を積んだ。さらに、データを取得して、データ整理を行い、熱伝達率を計算して実機評価を実施した。

c. フィルターベント可視化模型教材を使い、湿式および乾式のフィルターベント機能について説明

25年度からこの北大研修のために導入したフィルターベント可視化模型教材は、フィルターベントの機能を説明するための可視化モデルであり、初日に学んだ原子力発電所の過酷事故対策がどういうものをより具体的にイメージしやすくさせる教材である。

この教材を通してフィルターベントが、万一、原子力発電所で事故が起こって炉心が損傷したとしても、放射性物質を濾し取り、地元迷惑を減らすことを大幅に軽減する装置だということを、**可視化模型を通して、学生達の学習効果を上げた。**

d. テルミット反応を用いて炉心溶融を模擬した高温溶融実験

東電のロボットを使った格納容器下部の点検で、サンドクッションドレンからの漏水が確認されたことから、炉心溶融物による格納容器の損傷対策の必要性を強く認識し、高温溶融物を手軽に生成できるテルミット反応を用いて格納容器下部ペデスタルのコンクリートの損傷（MCCI）とその対策としての**コアキャッチャーに関する研究を25年度に実演したところ非常に関心が高かったため、26年度も引き続き高温溶融実験を実施した。**

【具体的な成果】

この高温溶融実験に限らず、**高温高圧実験装置を使ったIC実験やフィルターベント可視化模型も含め、実際に装置を動かして、視覚的にイメージしやすくなるため、学生達の関心や興味が上がった。実習レポートの学生達の感想からも、非常に好評であった。**

e. 防災ロボット教材と保全工学基礎教材等を使った研修

【具体的な成果】

北大の実験室内で過酷事故時を想定した防災訓練に用いる遠隔操作のクローラー式の過酷事故対応防災ロボット教材を使い、事前講義と危険予知および事故収束・防災支援訓練を実施した。また、ECCS注水、SG2次側注水、負荷遮断時の蒸気タービンオーバースピードを模擬できるPWR作動原理モデルも使用し、炉心空炊防止やSGの2次側注水の重要性を学生達が生感し理解を深めた。

26年度には、学生達に保全工学基礎教材等を使い原子力発電所を構成する機器の重要性を視覚的にイメージ・体感してもらい保全活動の重要性の理解を深めた。教室に戻り、北大の原子力工学研究室に所属する学生が中心となり、バーチャル原子炉シミュレータ（PWR）を説明し原子力発電所プラントの仕組みや運転上の特性を理解させ、過渡事象もこのシミュレータで体感してもらい学生達の理解をより深めた。

f. 外部講師による講義

【当初の計画時に期待した以上の成果に対する達成度合い】

24年度と26年度に国際原子力開発(株) 業務執行取締役 高橋祐治 氏の「輸出展開」の講義を実施、原子力産業の国際展開に関する講義を実施したベトナムや中東における経済発展や原子力の需要についての講義をしていただき、原子力の海外の実情を学生達に知ってもらった。実習レポートで、「若いエンジニアが活躍する舞台を示してもらった気がした。」と感想を書いた学生がおり、学生達が将来原子力業界で活躍する明るい未来を描くことができた講義となった。24年度は、ベトナムやインドネシアの留学生から熱心な質問が相次ぎ、予定時間を大幅に超えたことである。それだけ、留学生にとって自国の原子力開発の見通しや自然災害に対する安全性確保の関心が高いことを示していた。

また26年度には、日本原子力技術協会 元最高顧問 石川 迪夫 氏の「考証：福島原発事故」の講義も実施した。石川迪夫氏に、2014年3月に出版された同氏の「考証 福島原子力事故 炉心溶融・水素爆発はどう起こったか」を題材として、福島事故やTMI-2号機事故、過去の炉心溶融等の実験について講義していただき、参加した学生達は熱心に耳を傾けていた。実習レポートからも非常に好評な感想が数多くあった。なお、この講義は、ヤング・エリートに参加する学生以外にも原子力関係の学生、教員、企業の方も受講し、多くの人が集まり講義が実施された。

g. 泊原子力発電所での研修について

各見学場所において北電の広報課が主体となって説明を行い、見学や訓練体験を行った。

【具体的な成果】

臨場感が高く、学生たちは訓練の重要さや的確な指揮命令や任務遂行の重要性を学んだ。

【好事例紹介】

26年度は、昼食時に北大を卒業して北電に入社し泊発電所に勤務する所員2名(内1名は、過去にヤング・エリート人材育成に参加)も交えて懇談を行った。人災育成の成果で次の人材育成が行われる好循環の事例である。

見学終了時にアンケートを実施した。アンケートの内容から、机上での学習に加え現場で実際に設備を見て訓練体験等を行うことにより、原子力発電所の現況について、より具体的に、より深く理解したことが読み取れる。

最終日の成果発表では、学生たちがこの研修を通じて、机上での知識と実際の機材を用いたAM対応での様々なトラブルやそれを乗り越えるアイデアを出し合い、チームワークを学び、事前訓練の重要性を理解した発表内容となった。

①ー2 ABWR 炉心過渡伝熱・過酷事故対策、AP1000のSG関連の企業インターンシップ研修

東京電力福島第一原子力発電所の事故の教訓として、原子炉の安全上、最も重要な原子炉の伝熱流動(限界熱流束や過渡時の沸騰遷移やDNB、炉心損傷、冷却材喪失事故、シビアアクシデント)に関する人材育成教育が必要で、炉心の異常過渡や冷却機能喪失による過酷事故を防止すること、そして過酷事故が発生してもその事故の拡大を防止するための過酷事故(AM)対策(例えばコアキャッチャ)が極めて重要であることが明らかになった。これらの研究施設を所有している大学はほとんど無く、このような過酷事故に対応できる原子力人材育成教育のための大学での教育科目や講義・演習も非常に少ない。

東芝の研究所のBWR 炉心過渡伝熱試験装置(BEST ループ)により採取された試験データを用いて研修を実施した。これらの実験データ分析実習や学習に先立ち、BEST ループや、過酷事故対策のためのコアキャッチャの研究施設、関連する原子炉機器や 部品の見学を行い、システムの系統構成や安全機能について理解させることができた。

・東芝電力産業システム技術開発センター(PIC) 研究設備見学について

まず3D-CAD室を見学し、3DのVirtual Reality 技術がプラント設計に活用されていることを理解してもらい、PAコーナにてBWRプラントのモデル等を見学したのち、(PIC)の過渡伝熱流動試験装置(BESTループ)、コアキャッチャの研究施設、および原子炉関連機器設備の見学を実施した。

また、24年度の演習時間が短かったとの声を反映して、見学後、グループ分けと、グループで取り組む演習課題を説明した。

【具体的な成果】東芝府中工場での研修について

東芝が有するBWRプラントシミュレータを用いて、BWRプラントの運転を臨場感をもって学生が体験した。シミュレータの位置づけとして、発電所運転員の技能向上・維持やメーカ技術者のプラント知識習得が上げられる。午前中は基本的な操作の説明の後、残留熱除去系のサーベランス、そして臨界操作を実施した。午後は、**給水ポンプトリップ、手動スクラム、全給水喪失、そして外電喪失の対応操作を実習し、過渡・事故時のプラント挙動を体験した。**さらに、東芝所有のPC過酷事故シミュレータを用いて、**過酷事故時のプラント挙動のデモを実施した。**

実際に学生がBWRのシミュレータに触る機会は他にほとんどないということで、非常に貴重かつ有意義な体験となったものと思われる。

・原子力に関連する講義について

原子力プラントの概要や熱設計手法、基礎となる二相流動に関する講義、および原子力プラントの安全設計・シビアアクシデントに関する講義を行った。25年度は米国で近年話題の一つとなっているSMRについても紹介を加えた。

稠密バンドル試験体の二相圧力損失評価に関する解説を実施し、改めて**二相圧損評価を理解するための課題を出題した。二相圧力損失評価には二相流に特有の「クオリティ」や「ボイド率」といったパラメータが出てくるので、導入には最適ではないかと思われる。**

この二相流圧損評価演習により、実際に手を動かし計算するという実体験を通じ、使える知識として定着してくれるのではないかと期待している。

【当初の計画時に期待した成果に対する達成度合い】

研修最終日に実施した成果発表では、各グループに分かれた学生達が単なるデータ整理・演習にとどまらず、データから現象を理解しようとする姿勢が見られ、グループ内で有意義な議論が行われたことを示している。東芝での実習は、開催時期が、試験期間や卒論終了発表に一部の大学が重なり非常に参加する学生の確保に苦労した実習でもあったので、日程調整が今後の研修実施の留意事項となった。

【参加学生に対するアンケート結果】

簡単なアンケートを実施した。質問事項は、下記の2つのみである。

Q1 実習内容はいかがでしたか？

Q2 実習内容は理解できましたか？

ほとんどの学生が「非常によかった」「良かった」と回答、**実習内容の理解についても、全員が「理解できた」との回答であった。**

シミュレータ実習については、原子炉プラントの理解が進んだ様子が伺え、**レポート課題についてもこれまで二相流圧損計算などしたことがなかったが実習を通して短時間で理解できた等のコメントが寄せられている。**また、グループで課題に取り組んでいることから、**メンバー同士で教えあう場面も見られ、理解が進んだものと思われる。**社会に出てから必要な共同と分担作業である。なお、レポート課題作成の時間は半日とあるが、ホテルへ戻ってから学生達は、**深夜・明け方まで自主的に課題に取り組み発表資料を作成した。**

①ー3 ESBWRの静的冷却系等の企業インターンシップ研修

日立GEでの研修は、原子力発電プラントに関連する日立グループの事業所と研究所の概要を紹介し、原子力機器の製造設備、熱流動試験設備の見学を実施した。原子力過酷事故や防災など危機管理に対応できるリーダー的な人材には、発電システム全体を大局的に把握して適切に対応できる能力と、現象を深く分析する洞察力が必要と考え、講義とグループ討議から成るプログラムを組み込んだ。

・講義

「講義：福島第一原子力発電所事故の教訓と対策」で、1～3号機の事象進展と得られた教訓について講義した。設計を超える過酷事故のリスクを認識してアクシデント・マネジメント（AM）を整備していたが、福島第一原子力発電所事故では、その想定をも超えた事態を経験した。想定を超える事態（想定外）に対する安全確保の考え方を整理しておき、事態に応じた的確な判断と指示、実行をするための体制と教育、訓練の重要性を示した。更に、

福島第一原子力発電所事故の様にサイト全体に被害が及ぶ事態では、プラントの安全設備とAMだけでは限界があり、オンサイト、オフサイトを含めた多重、多様な安全確保の考え方が必要であること、様々な場面に対して実効性、操作性のあるAM設備が重要であることを示した。

「講義：ABWRの紹介」で原子力システム全体の構成、安全の考え方、安全対策について講義すると共に、「講義：ESBWRの安全機能」を説明し、動的安全系と静的安全系の特徴について示した。更に、「講義：ESBWRの二相流関連技術」で、ボイド率の物理的意味、重要性、ボイド率予測技術の進展について講義した。先人達が優れた洞察力、見識を持ってBWR開発を決断した経緯を示すと共に、最新のボイド率計測技術と解析技術を紹介した。

【具体的成果】

・グループ討議

グループ討議では「福島第一原子力発電所事故の教訓」と「静的安全系と動的安全系の比較」について5～6名の3グループに分かれて討議した。「福島第一原子力発電所事故の教訓」では、DC電源確保の重要性やAM設備の重要性を実感できた様であった。「静的安全系と動的安全系の比較」では、静的安全系の魅力を感覚的に捉えていた学生が、**両方の安全系を比較することで、動的安全系の長所も理解**できたことが重要な成果であった。

・日立工場見学の学生感想抜粋

「タービン工場にてタービン翼の曲線美や軸との組み合わせの様子を見学して、製造精度の高さや、それらのサイズの大きさから規模の大きさを感じた」

「数多くの「ご安全に」の表示やケーブル等の障害物を極力、床に置かないこと、安全通路など、安全に配慮した取組みが色々行われていると感じ、高い安全性を目指す文化を感じた」

「圧力容器内の各部（シュラウド、気水分離器、蒸気乾燥機、制御棒及び駆動装置）を実際に見学することが出来、知見が深まった」

・JAEA 施設見学について

【具体的成果】

午前中に東海地区でLSTFなどの工学安全系の大型試験装置、午後は大洗地区の高温ガス炉HTTRと高速増殖炉常陽の見学を行った。**HTTRは全交流電源喪失時に自然冷却（空冷＋自然冷却）で炉心が冷却でき、高速増殖炉常陽やもんじゅも空冷の冷却系を設けている。**常陽に関しては、最終年度に現場との調整で、当初予定していたロビーとシミュレータ室に加え中央制御室の見学もできることになり、学生達にとっては貴重な見学となった。

研修最終日、電気の史料館の見学を行った。この史料館には火力発電所で用いられていた火力発電所の蒸気タービンや発電機、原子炉の模型、水力発電所用の大型水車の模型が展示されており、学生に**エネルギーのベストミックスを構成する電力システムを理解させる上で、有効であった。**

①ー４ PWRの過酷事故緩和対応等の企業インターンシップ研修

三菱重工神戸造船所で研修を行い、PWR（PWRおよびAPWR）の炉心および安全系の特徴、**原子力規制委員会の新安全基準を踏まえた安全系強化、国内の過酷事故防止対策と過酷事故緩和（AM）対策**に関する講義を実施した。

東日本大震災を踏まえた**更なる安全性向上と福島安定化に向けての三菱重工の取組み**、及び電力殿支援として設置された三菱若狭原子力統括センターの役割について説明、さらに、国内外の状況を踏まえた事業展開について紹介し、質疑を行い学生からは**海外の事業の取組みを含む多数の質問が寄せられた。**

【好事例紹介】

三菱重工の研修では、東芝と日立GEの研修にはない「**若手技術者との対話会**」が、プログラムに組み込まれている。

設計・製造の各分野から6名の若手技術者を選出し、学生との対話会を行った。若手技術者による自業務に関する説明を含めた自己紹介を行ったのち、質疑を経て、3グループ（技

術者2名、学生5名)に分かれて意見交換を行った。それぞれの分野で活躍する若手技術者への学生からの質問・確認は多岐に渡り、その後の懇親会時にも忌憚ない意見が交わされた。

- ・三菱重工業の二見工場及び本工場(神戸造船所)の見学

各見学場所において三菱重工の技術者が説明を行い、それぞれ質疑を行った。ものづくりに対する学生の関心は高く、積極的な質疑が行われた。

【参加学生に対するアンケート結果】最後に見学全体を通しての質疑を行い、工場見学に関するアンケートを実施した。アンケート内容をいくつか抜粋する。

「顧客のニーズに応えるため、小さなところでも常に改良していこうという姿勢がすばらしいと思った」

「工場の規模の大きさに非常に驚いた。汚染水タンクも文献などで見た数字だけなので、今回、実際に目の前にして見て、技術の高さを感じた。」

「検査技術、保全技術。検査をするための機器の検査などもしていて、安全に対する意識が高いと感じた。」

- ・三菱重工の研修に関する学生アンケートや感想から抜粋する。

若手技術者との交流、製造施設の見学、講義によって、PWRの炉心及び安全系の特徴、新安全基準を踏まえた安全性向上への取り組み、事故緩和・防止対策を含むPWRの特長等についてよく理解されており、学習効果はあったと判断する。

- ・三菱重工業が取り組んでいる安全/保全への対策について深く理解することができた。
- ・工場見学や講義により、蒸気発生器の構造や機能について詳細まで学ぶことができた。
- ・PWR全般や安全性についての知識が増しただけでなく、海外への取り組みについても直に聞くことができ、大変勉強になった。
- ・PWR関連の様々な分野の方の講義を受け、より深い専門知識を得ることができた。

【各年度でのPDCAサイクルによる研修内容の改善】

25年度「PWRの安全性向上について①安全設計と安全評価」講義で、一連の講義(概論、Non-LOCA 解析、LOCA 解析、被ばく評価、SA解析/PRA)終了後に纏めて質問時間を設定したところ「講義毎に質問時間を設けて欲しい」との要望があったため、26年度は、講義座毎の質疑と、終了後の全体質疑の両方の時間を確保した。

【好事例紹介】

26年度は「国際舞台で活躍する原子力技術者」の一部講義を英語で実施した。質疑応答については日本語でも可としたが、全ての質問が英語でなされ、闊達な意見の交換も英語で行われた。このような試みはこの原子力人材育成の目的にも合致しており、学生にとって良い経験となったと考える。研修全体を通じ学生の積極的な姿勢が目立っていた。

PWRプラントに関する講義では、説明を聞くだけでなく積極的に質問し、より深く理解しようとしていた。また、講義内容を踏まえたグループ討議では、学生個々が積極的に意見を出し合い、討議の成果発表でも考えを簡潔に纏めることができていた。

これらのことから学生個々が実習の内容をよく理解していたと考えられ、三菱重工の研修は有意義であったと言える。

② 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修

【具体的成果】平成25年度 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修

日本保全学会の保全科学サマースクールと共催で実施し、台湾の行政院原子能委員会の若手職員、および中国、韓国の学生が参加し、講義は全て英語にて実施、国際舞台で活躍するエリートの研修に相応しい雰囲気が醸成された。

福島第一原子力発電所の教訓と過酷事故対策のための講義、泊原子力発電所の安全対策の見学と全交流電源喪失を想定した運転訓練センターでの体験研修、日本製鋼所室蘭製作所の原子炉圧力容器やタービンロータなどの鍛造品の鍛錬工程見学を行い、さらに保全基礎研修装置を使った注水ポンプの起動・流量制御の過酷事故炉心注水訓練、非常用復水器の原子炉冷却・減圧研修、原子力防災ロボットの操縦訓練(タイムトライアル)などの充実した講義

を行った。

また、東北大学の髙木教授、青木教授から保全工学の講義、北大の中村教授から高サイクル疲労、奈良林教授から海外のオンラインメンテナンス、森教授から安全工学、東京電力から福島第一発電所の事故後の復興状況、三菱重工と日立 GE から保全工学や過酷事故対策や海外展開についての講義があった。非常に充実したサマースクールとなり、参加した学生から大変好評であった。

最終日は、6 グループに分かれて、研修成果の発表を行った。過酷事故時の IC による炉心冷却や、防災ロボットの改良提案など、意欲的な発表が多かった。最後に卒業式を行い、参加した学生全員に全課程を履修したことを証明する履修証明書を発行した。



【具体的成果】平成26年度 原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修

北陸電力の全面的な協力を得て、志賀原子力発電所で原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修を実施した。また、金沢大学の協力も得て、初日の事前ガイダンス、BWRに関する講義を金沢大学で実施することができた。

この研修は、当初の計画にはなかったが、電力会社の社員が原子力発電所で実際にどのような仕事をしているのかを学生が直接体験する独自の研修として最終年度である平成26年度に追加した。志賀原子力発電所の様々な課が全面的に協力していただいたことにより、学生達が原子力発電所の全体を保全活動を起点として広い視野で理解できる貴重な研修内容となった。

【好事例の波及効果】

この研修では、好評を得ていた三菱重工で実施していた**若手技術者と学生の対話会**を、この研修でも実施し、再稼働に向けて邁進している発電所所員との対話を通して、今後の学生達の進路や研究のモチベーションアップを目指した。さらに、北陸電力からの積極的な提案もあり、発電所幹部所員の意見交換も実現し学生達から大変好評であった。学生達は幹部所員の前に若干緊張した面持ちであったが、減多にない機会を活かし、積極的に対話を行い、**幹部所員の方々の責任感の強さを感じとっていた。**

このような若手技術者や幹部所員との意見交換は大変有意義なので、**今後の原子力人材育成でも取り入れていきたい。**

運転訓練用シミュレータや保守訓練設備の視察・訓練体験、安全文化・モラル教育、志賀オフサイトセンター見学、志賀原子力発電所の現場視察（安全対策、耐震等）、破砕帯調査地点の見学を実施して、学生達は保全活動の重要性を学んだ。

【受講した学生のアンケート】

研修最終日に学生にアンケートを実施して、その内容の一部を抜粋する。

Q1：志賀原子力発電所、振動診断等の現場、緊急時対策棟、防災資機材、安全強化策の実働訓練状況、志賀オフサイトセンターを見学しどのような点に興味を持てたか？

「振動診断での異常部位の特定は、様々な事に応用ができ、技術として関心を持ちました。」
「シミュレータによる訓練と事故時の対策が非常に印象的で記憶に残りました。オフサイトセンターの役割もよくわかりました。もっとオフサイトセンターをアピールしていけばよいと思う。」

「振動診断の現場に行ってポンプの音を聞いて、バルブを開放する操作を初めて取り組んでみて、五感によって機会の状態を確認できることを実感でき興味がありました。」

「緊急安全棟の免震構造や津波対策の防潮堤などの安全対策について、地層構造や津波シミ

ュレーションなどを踏まえて、極めて厳しく施されていて驚きました。」

「ディーゼル発電機の実働訓練を拝見して、分厚いマニュアルを片手に一人一人訓練されていて、誰もが様々な事故に対応できる育成を受けていることにすごく興味をもちました。」

「所所に入ったときから、工事を行っているのが目に入り、再稼働に向けて尽力していることを強く感じた。やはり、原子炉建屋内まで入って見学できたのは、貴重な経験であった。」

Q2: 志賀原子力発電所の若手所員と発電所長、所長代理、炉主任との意見交換で感じたこと

「原子力発電所が止まり、シームによって再稼働が遠のいても、所員の方々は上から下まで、再稼働に向けて日々何かを一つずつ改良しようと働いているのだと感じました。」

「上層の方々がより強い使命感と責任感を持って仕事に取り組んでいるということを知りました。仕事に取り組む際は自身もそういった強い意識を持って働きたいと思いました。」

「原子力発電所は国内のすべてのプラントが停止してしまっているが、逆境を力に変えて、今自分に出来る全てのことをやっていき、将来の日本の役に立ちたいと感じました。」

「F1の事故からの現在の状況を悲観することなく、前向きに今できることに全力を注ぐという決意が伝わってきた。私もF1事故を未来に繋げていくべきという思いがあったため、今後に向けて良い後押しになった。」

Q3: 志賀発電所での研修、成果発表、グループ討議を踏まえ原子力に対しどのように理解が深まったか？

「3. 11の災害を受けて、様々な対策を志賀発電所は行っているのを実感しました。特に、主要建屋が1000ガルの加速度を耐えられるというのは驚いた。」

「今回の研修では「安全」に関する講義や見学が非常に多く、今まであまり学んでこなかった地震・津波対策、更には品質管理や安全対策といったものの理解を深めることができました。」

「これまで当然だと思っていることに対しても、疑問を持って考えることが大事である。そしてさらに大事なものは、その考えをアウトプットし、様々な知識を持つ人々とディスカッションをすることだと思う。今後もこういった機会を大切にしたい。」

「思っていたよりも発電所の構造は複雑であり、保修管理に多大な労力が必要とされていることがわかった。」

Q4: 研修全般を通じ感じたこと

「少しでも分からないことがあると真摯に質問に答えていただきました。社員の知識や経験の豊富さ、真摯さ非常に実感しました。」

「学生の身分で、原子力発電所を一週間かけて見学できたことは、素晴らしい経験であり、こういった活動を行っていた事に感謝する。こういった活動が継続的に続いていくことを教育的に良いと思う。」

「再稼働に向けて多くの人々が力を尽くしているが、稼働するかどうかは確実ではない。それに対して投げ出さず、自分に出来ることをすることが今後も原子力に関わる者として大事だと感じた。」

「講義から見学まで理解しやすい丁寧な説明をしていただき本当にありがとうございます。原子力の技術者として、システム全体を俯瞰できる人間に成長します。」

③学生とシニアとの対話会について

対話会のねらいは、シビアアクシデント等の安全技術だけでなく、エネルギーセキュリティや地球環境問題等に対応する原子力の本来のミッションを理解し、広い知識を基に活動出来る真のヤング・エリートを育成することにある。また、対話会の前には、学生の質問や意見にシニアがメールで答える往復書簡活動を行い、学生とシニアの意思疎通を図るとともに、対話会での課題を深掘して討論出来るように配慮した。

対話会のテーマは、各年度すべて違うテーマを3つ、下記の通り設定した。

24年度: 「原子力の安全」、「エネルギー政策」、「核燃料サイクルと廃棄物問題」

25年度: 「福島事故は何故防げなかったか?」、「過酷事故を起こさない原子力発電所はどうあるべきか?」、「地層処分は何故、国民のコンセンサスを得られないのか?」

26 年度：「福島復興と報道の倫理」、「再稼働に向けた安全対策と国民の信頼（大飯原発差し止め判決の影響）」、「人類の長期エネルギーとグリーンエネルギーパラドックス（地層処分を含む）」

対話会の進め方は、往復書簡による事前のやり取りを行い当日の対話会に臨む、研修の一環として学生に主体性を持たせる上から、ファシリテーション、対話纏め、発表は学生側にやってもらい、シニア側は必要な場合に助け船を出す程度とした。

シニア側は上から目線、知識のひけらかし、持論の展開はやめ、学生と対等かつフランクな対話に努める。特にシニアはしゃべり過ぎないように注意し、学生の質問や意見を良く聴くこと。時には、技術を離れ、自分の失敗経験や人生観などを伝え、学生の人格育成に役立てる。

【学生とシニアとの対話会のアンケート集計結果】

対話会後に実施した対話会に関する学生の感想を抜粋して紹介する。

Q1:「学生とシニアの対話」の必要性についてどのように感じますか？ その理由は？

「経験に基づいた意見を聞く機会がないので、大変有意義。」

「Face to Face で素朴な質問も気軽に聞ける。」

「原子力政策では歴史を踏まえた将来を考えることが重要と思った。」

「自分の意見を述べる機会が少ない。対話は意見を述べ、意思を伝える練習の場になった。」

「グループ内で事前に意見交換すれば、もっと対話が深まると思う。」

Q2:対話の内容は満足のものでしたか？その理由は？

「経験豊富な知見を伝授してもらった。」

「事前の質問への回答だけでなく、それ以上の知識が得られた。」

「安全対策に関する疑問や背景が聞けた。」

「じっくり一つの議題について対話出来た。」

「シニアの話を止めないと次の話題に進めない。」

Q3:今後機会があれば再度対話に参加したいと思いますか？

「もっと勉強し、知識を増やしてから対話したい。」

「自分の考えを整理してからもう一度対話したい。」

「技術的な話ができるなら参加したい。」

「再度参加したい：18%」と「知識を増やしてから参加したい：66%」を合わせて8～9割の比率だった。**学生は幅広い知識を習得し、将来への決意を固める等、当初のねらいが達成されたと考えられる。**

1. ヤングエリート原子力人材育成研修の最後の半日間、学生と原子力を長年体験したシニアとの対話会を開催した。
2. 対話会のねらいは、研修で学んだシビアアクシデントのみならずシニアとの対話を通して、原子力の本来の使命を理解し、広い視野を持つ真のエリートを育成することにある。
3. 対話会ではテーマ毎に3グループに分かれ、原子力の安全対策、原子力政策、放射性廃棄物対策等について集中的に討論した。
4. 学生は対話を通して、日本が直面するエネルギー・原子力問題、特に安全設計改善、国民とのリスク、再稼働問題、廃棄物対策を含めた核燃料サイクル等について知識を深めた。
5. 対話会後のアンケートから、学生は幅広い知識を習得し、将来への決意を固める等、当初のねらいが達成されたと考えられる。

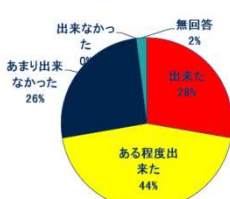
g. 自分の学科との関連性を見出すことが出来ましたか？

- 自分の研究と密接に関わっている。
- 機械工学の知識は原子力工学への応用性が十分あることがよく分かった。
- 化学出身なので、関わりとしたらバックエンドか。
- 海外の原子力の状況などの知識を得たから。
- 自分の研究に関連するプラント制御の話がインターシップ全体でも聞けなかったから。



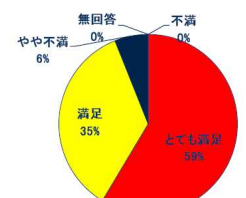
h. 対話の内容から将来のイメージが出来ましたか？

- 20～30年後の原子力の国際舞台における自分の役割について議論出来た。
- 日本の原子力教育を変えていきたいと強く思ったから。
- 原子力業界の信頼回復が具体的に見えない。
- 核燃料サイクルや放射性廃棄物処分が未知数だ。



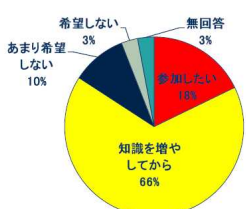
e. 対話の内容は満足のものでしたか？その理由は？

- 経験豊富な知見を伝授してもらった。
- 事前の質問への回答だけでなく、それ以上の知識が得られた。
- 安全対策に関する疑問や背景が聞けた。
- じっくり一つの議題について対話出来た。
- シニアの話を止めないと次の話題に進めない。



f. 今後機会があれば再度対話に参加したいと思いますか？

- もっと勉強し、知識を増やしてから対話したい。
- 自分の考えを整理してからもう一度対話したい。
- 技術的な話ができるなら参加したい。
- 「再度参加したい；18%」と「知識を増やしてから参加したい；66%」の合わせて8～9割の比率は他のSNW主催対話会の中で突出している(筆者)。



＜今後の事業計画・展開＞

本事業の詳細成果報告書を PDF にして本事業の関係者や原産・原子力人材育成ネットワーク等を通じて配付し、普及・展開を推進すると共に、更に優秀な学生を呼び込むために、国内研修を受けた学生のなかから選抜した優秀な学生を米国の大学に研修に派遣する「スーパーエンジニアの育成」を提案して、公募事業として採択された。

（１）本事業の成果の普及・展開

本事業で実施したカリキュラムや実施の成果などを報告書として本事業に参加した全国の大学（大学 ATOM 連合）、企業、電力会社、原子力産業協会、原子力人材ネットワークに配付し、成果の共有と普及を図った。原子力学会でも企画セッションを設けて発表を行った。それと平行して、他大学や原子力産業協会、原子力人材ネットワーク、東芝、三菱などの企業から、人材育成の公募事業や企業インターンシップが活発に実施されるようになった。

これらの活発な原子力人材育成事業に協力し、本事業の成果が普及・発展していくことは当初から望まれていたことであり、本事業で全国の大学 ATOM に参加する大学や企業、電力会社の全面的なご協力を得て、事業が遂行できたことに、深く感謝する次第である。

今後多方面の組織と連携・協力し、切磋琢磨しながら事業展開していく所存である。

（２）今後の実施計画や提案：優秀な学生を研修に集め、選抜した学生を海外研修させる事業提案

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育成する。このような技術者が必要になっているにもかかわらず、再稼働が遅れ国民に原子力発電所の必要性が認識されにくくなっている状況下で、原子力系の研究室に優秀な学生が集まりにくくなっている。本事業で、大学連合 ATOM の「国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート人材育成」を平成 24 年～26 年の 3 ヶ年で実施・推進してきたが、研究室に配属される成績上位の学生が年々少なくなり、下位学生が増えてきたことを感じている。

これはエネルギー基本計画に基づくベースロード電源や輸出産業としての将来の世界の原子力の発展に対する深刻な懸念事項である。従って、如何に優秀な学生を集め、実力を養う体験教育を実施し、更に成長し続ける世界の原子力の状況を知らせてインセンティブを高めることが重要となっている。

そこで、次年度からの事業提案では、①総合理系などで入学してくる 1 年生の共通科目に注目し、1 年生の段階で工学部や原子力に志す学生を増やし、②3 年生のプロジェクトベース教育で、原子力系の研究室を希望する学生を増やし、③大学院の修士・博士課程の学生（留学生を含む）に対して、万一の過酷事故や異常過渡事象に対応できるリーダー的な人材を育成する。

特に、本事業で研修に用いた非常用復水器（IC）やフィルターベントの可視化教材、原子力防災ロボット教材を使った点検研修などの研修に加え、フィルターベントの実機相当圧力（2Pd）実験や炉水位計測機能維持実験、炉内中性子データをノイズ分析した異常過渡事象検出などについても教材を拡充し、学生が履修できるようにする。

研修を通じて選抜した優秀な学生には、米国の大学や原子力発電所での短期研修に派遣し、さらにその学生の体験談を研修や講義に取り入れて、優秀な学生の応募拡大につなげる。本事業は「スーパーエンジニアの育成」として公募事業に提案して採択された。平成 27 年度から 3 ヶ年の日程で実施する。

＜整備した設備・機器＞

(1) 過酷事故炉心注水実験装置（平成24年度整備、約605百万円）

北大の所有する高温高圧実験装置に接続し、①非常用復水器による炉心冷却、②蒸気減圧、③高圧ポンプを使った過酷事故緩和（AM）注水が実施できるように炉心相当の加熱を行い、高温高圧蒸気を発生する配管容器と特殊電気ヒータ、非常用復水器本体と弁類、接続配管、蒸気流量系とその計測制御系から構成される。制御系には電気ヒータのパワーコントロールを行うサイリスタ電源などを含む。（北大での研修、25年度の保全サマースクールで使用）。

(2) X-crawler ロボットモジュール（平成24年度整備、約417百万円）

北大の実験室内で過酷事故時を想定した防災訓練に用いる遠隔操作のクローラー式の過酷事故対応防災ロボット教材である。過酷事故時にも放射線環境下を想定し、事故の収束作業や遠隔監視、および防災支援のため、過酷事故対応防災ロボット教材を用いた危険予知および事故収束・防災支援訓練を実施する。この研修を通じて高度な知識修得と過酷事故の体感訓練を実施する。（北大での研修、25年度の保全サマースクールに使用）。

＜その他特記すべき事項＞

最終年度となる平成26年度は、メーカーに加え、原子力発電所をメインとした1週間の集中研修を実施した。予防保全と事後保全に関わる保全工学の重要性を実際の発電所で働く社員の方から学び、再稼働を目指す従業員の意気込みを実際に体感し、学生達の今後の研究活動へのモチベーションアップや原子力業界の未来に希望をもつ学生も多く、発電所での研修も非常に効果的であった。

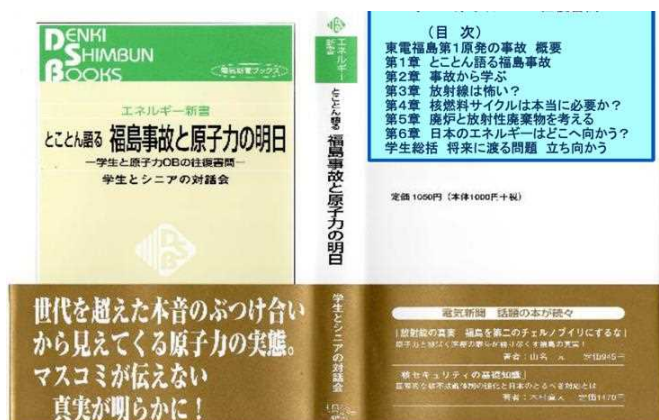
＜参考資料＞

(1) 参考資料

- 1) 詳細事業成果報告書（抜粋）
- 2) 日本原子力学会秋の大会の予稿集、講演 PPT
- 3) 「第4回保全学会サマースクール2013 札幌開催報告」日本保全学会誌(2014)

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献)

- 1) 日本原子力学会秋の大会（平成26年9月10日）企画セッション
国際舞台で活躍できる原子力ヤングエリート人材育成プログラム
- 2) 日本保全学会保全サマースクール（2013）
- 3) 「とことん語る福島事故と原子力の明日」－学生と原子力OBの往復書簡－
学生とシニアの対話会、電気新聞ブックス、（2013年）



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。）	大学の修士・博士課程の学生（留学生を含む）に対して、原子力関連企業である東芝、日立 GE、三菱重工業や JAEA と連携し、研究開発施設や工場の施設、電力会社（北海道電力、北陸電力）のプラントシミュレータなどを使った実践的な企業研修（インターンシップ）と北海道大学の所有する高圧蒸気源を使った過酷事故対応（AM 注水）実験や原子力防災ロボット教材を使った研修、フィルターベント可視化模型教材、原子力発電所の予防保全と事後保全に関する研修などを計画通り実施した。評価委員会所見の学生の理解達成度は、成果発表、講師やシニアとの質疑を以て評価し、サマースクールでは、
②特記すべき成果	最終年度となる平成 26 年度は、メーカーに加え、原子力発電所をメインとした 1 週間の集中研修を実施した。予防保全と事後保全に関わる保全工学の重要性を実際の発電所で働く社員の方から学び、再稼働を目指す従業員の意気込みを実際に体感し、学生達の今後の研究活動へのモチベーションアップや原子力業界の未来に希望をもつ学生も多く、発電所での研修も非常に効果的であった。
③事業の継続状況・定着状況	本事業で実施したカリキュラムや実施の成果などを報告書として本事業に参加した全国の大学（大学 ATOM 連合）、企業、電力会社、原子力産業協会、原子力人材ネットワークに配付し、成果の共有と普及を図った。これに平行して、他大学や原子力産業協会、原子力人材ネットワーク、東芝、三菱などの企業から、人材育成の公募事業や企業インターンシップが活発に実施されるようになった。
④成果の公開・共有の状況	2014 年原子力学会秋の大会（於京都大学）の「国際舞台で活躍できる原子力ヤング・エリート人材育成」の企画セッションをで成果の発表を行った（聴衆多数）。 (1) 原子炉への AM 注水研修と泊原子力訓練センターでの体験研修 （北大）奈良林 直 (2) ABWR 炉心過渡伝熱・過酷事故対策等の企業研修 （東芝）山本 泰 (3) ABWR と ESBWR の特徴と安全性向上の企業研修 （日立 GE）西田 浩二 (4) PWR の過酷事故緩和対応等の企業研修 （北海道電力）沼田 和也 (5) 学生とシニアとの対話会 （日本原子力学会 SNW）若杉 和彦
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	参加した学生数、原子力関係機関への就職状況 ・参加した学生数は、平成 24 年度：65 名、平成 25 年度：97 名、平成 26 年度：64 名、計 226 名を研修で育成（表 3 参照） ・原子力系の大学に在学・進学あるいは就職した学生は 72 名（約 76%の高い就職率） ・非原子力系に就職した学生と大学院修士課程・博士課程に進学した学生は 23 名。ゼネコンに就職した学生が耐震設計に従事している例もある） （一人の学生が複数の研修に参加した学生が存在するため、参加実績の学生より少なく数字となっている。また、未回答学生も若干存在）