

東北大学における原子炉廃止措置基盤研究と人材育成への取組みについて

青木孝行*1 新堀雄一*1 渡邊豊*1 原信義*2

2011年3月11日に炉心損傷事故が発生した福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置は、長期を要する国家的課題であり、その安全な遂行には多くの研究課題を克服する必要がある。東北大学は、1Fの廃止措置に貢献するため、文部科学省委託事業「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」の一環として「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成プログラム」に2014年から取り組んでいる。このプログラムの狙いは、1F廃止措置に役立つ良い研究成果を挙げるとともに、原子炉廃止措置技術の知識を持った中核人材(技術者および研究者)を育成することである。

本事業には原子力バックエンドに関する研究も含まれており、事業の全体像の中でその概要を紹介する。

Keywords: 福島事故, 原子炉廃止措置, 基盤研究, 人材育成, 原子力バックエンド

The decommissioning project for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (1F), in which core melting and radioactive material release happened by the Great East Japan Earthquake and its Tsunami in March 11, 2011, has a number of technical issues that need a nationwide assignment of large-scaled research projects over a long period of time. In order to contribute to the decommissioning of 1F, Tohoku University started the Human Resource Development and Research Program for the Decommissioning of 1F from the mid-2014, sponsored by the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). The aim of this program is to achieve good research results and cultivate highly motivated engineers and researchers with the knowledge of nuclear decommissioning technology.

In this paper, an outline of the program is introduced by focusing on our researches in nuclear cycle backend field.

Keywords: Fukushima Accident, Nuclear Decommissioning, Fundamental Research, Human Resource Development, Nuclear Cycle Backend

1 はじめに

東北大学は、東日本大震災の被災地域に所在する総合大学として、被災直後から復興への様々な取り組みを進めてきている。震災直後の2011年4月、全学組織として「東北大学災害復興新生研究機構」を設置し、災害科学や地域医療、環境エネルギーなどの8つの重点プロジェクトを順次編成・始動させるとともに、教職員が自発的に取り組む100を超える復興支援プロジェクトに取り組んできている。中でも重要な課題の一つが、東京電力福島第一原子力発電所(以下、1Fという。)の事故に関連する諸課題である。オフサイトにおいては放射性物質によって汚染された生活環境の復旧技術の開発と実装であり[1]、オンサイトにおいては事故炉の安全着実な廃止措置への貢献である。

本稿では、1F廃止措置への貢献として2014年より本学が取り組んでいる原子炉廃止措置研究・人材育成事業「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成プログラム」[2], [3], [4]の概要を紹介する。

2 原子炉廃止措置研究・人材育成事業の概要[3]

東北大学が取り組んでいる原子炉廃止措置研究・人材育成事業の全体構成を図1に示す。

本事業の研究面では、大別すると、(1)放射性物質閉じ込め機能と安定冷却の維持を主眼とした格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保のための基礎・基盤研究と、(2)科学的合理性の高い燃料デブリ処理と放射性廃棄物処分方法の策定に資する基礎・基盤研究の2つの研究に取り組んでいる。

Our efforts on research and human resource development for nuclear decommissioning in Tohoku University by Takayuki AOKI (takayuki.aoki@qse.tohoku.ac.jp), Yuichi NIIBORI, Yutaka WATANABE and Nobuyoshi HARA

*1 東北大学 原子炉廃止措置基盤研究センター

Center of Fundamental Research for Nuclear Decommissioning, Tohoku University
〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2

*2 東北大学 理事・副学長(社会連携・震災復興推進)

原子炉廃止措置基盤研究センター
Executive Vice President for Outreach Activity and Earthquake Disaster Reconstruction, and Center of Fundamental Research for Nuclear Decommissioning, Tohoku University
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1-1

る。これらのテーマは、現場ニーズが高くかつ本学の材料研究のポテンシャルを活かすことができる研究分野として設定したものである。これらの研究を実施するに当たっては、福島大学および福島工業高等専門学校(以下、福島高専という。)と連携して取り組んでいる。

人材育成面では、本事業に参画している研究室に所属する大学院生を対象に下記を実施している。

- ・教育カリキュラム「原子炉廃止措置工学プログラム」に基づく座学(原子炉廃止措置工学概論/特論等)
- ・専門家会議(学生が外部専門家の前で研究発表し議論する。)
- ・原子炉施設現地調査(1F等の原子炉施設を調査する。)
- ・産学官連携セミナー(外部専門家による講演を聞き、議論する。)

3 原子炉廃止措置研究について

3.1 基礎・基盤研究の概要

研究は、タスクグループを構成して下記①～⑧の研究タスクに取り組んでいる。①～⑤は前節の(1)格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保のための基礎・基盤研究に対応する研究タスクであり、⑥と⑦は前節の(2)燃料デブリ処理と放射性廃棄物処分方法の策定に資する基礎・基盤研究に対応するタスク、そして⑧は事故炉廃止措置全体に大きく関わる社会的受容性研究タスクである。以下に各研究タスクの概要を述べる。

(1) 格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保のための基礎・基盤研究

①格納容器・注水配管などの防食と長期寿命予測技術の基盤構築：長期にわたる廃止措置工程における鋼構造物の主要な経年劣化メカニズムであると考えられる腐食について取り扱っており、格納容器内面の劣化塗膜下での炭素鋼腐食ならびに循環冷却系の炭素鋼配管の流速下腐食を対象として、腐食予測のための研究を実施している。

②コンクリート構造物の長期性能評価技術：原子炉建屋ならびに圧力容器ペデスタルといった鉄筋コンクリート(RC)構造物について、力学的あるいは熱的負荷履歴による材料特性の劣化を各種試験によって確認し、その試験結果を考慮しながら、非線形領域を

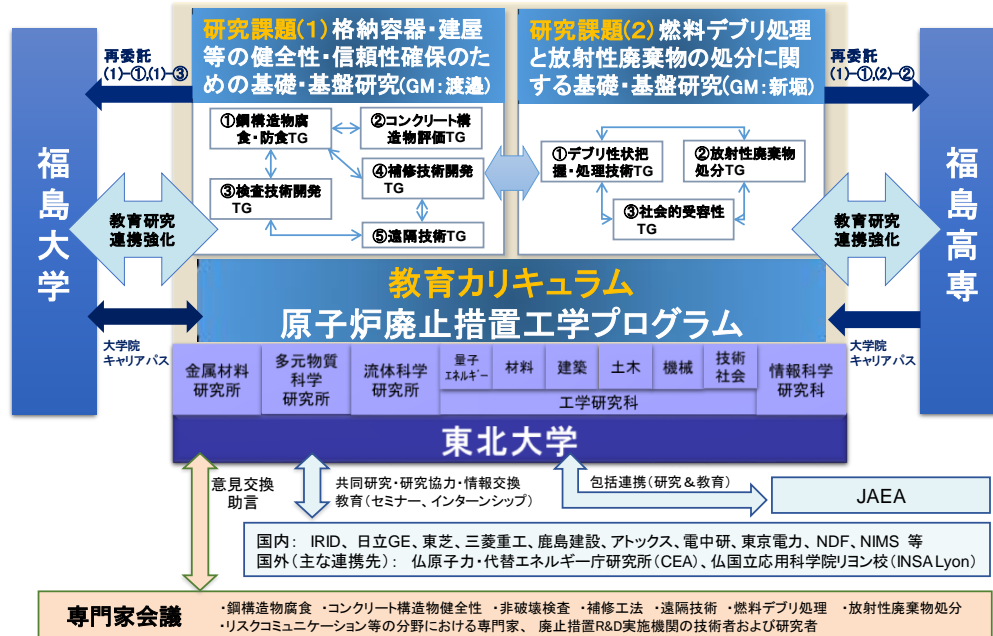


図1 廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分にに関する基礎研究および中核人材育成プログラムの全体構成

含めた構造部材の応答・損傷度評価を行っている。

- ③遠隔操作に対応可能な非破壊検査技術：これまで本学が手法開発をリードしてきた電磁的な非破壊検査技術（電磁超音波共鳴法，電磁アレイプローブ）を1F配管の遠隔モニタリングや格納容器狭隘部の検査等に応用するための技術開発を実施するとともに，テラヘルツ波を用いたRC構造物内部の非破壊検査を可能とする技術の開発に挑戦している。テラヘルツ波は，非極性物質であるコンクリートに対する高い透過性とコンクリート内部の鉄筋に対する反射性を有し，更に極性液体である水への吸収が大きい。この特性を活用して，RC内部にある鉄筋の腐食や水が浸潤したき裂ネットワークなどを外部から可視化する技術である。
 - ④遠隔操作に対応可能な構造物補修技術：コールドスプレー（CS）ならびに摩擦攪拌接合（FSW）という特徴ある2つの加工技術を1F鋼構造物の補修等に応用するための研究に取り組んでいる。CSは，金属あるいはポリマーなどの粉末を600℃程度の高速ガス流に乗せてノズルから吹き付けることにより対象物表面に欠陥の少ない固相を成長させる技術である。FSWは，消耗の少ない回転ツールを押し付けて被接合材を加熱し，固相状態で攪拌することにより接合する手法であり，これを鋼構造物の欠陥補修に応用するための技術開発に取り組んでいる。補修対象物が腐食生成物に覆われ水中に在るといった条件においても，接合面の下処理を省略したシングル・ステップでの接合・補修が原理的に可能であることを実証している。
 - ⑤事故炉廃止措置時における戦略的リスク管理のための課題抽出：事故炉廃止措置活動の全貌と特徴を捉えつつ，廃止措置への戦略的取組みとリスク管理の考え方を検討している。廃止措置活動におけるリスクマネジメントの方向性を指し示すための最も上流側にあるタスクである。
- (2) 燃料デブリ処理と放射性廃棄物処分方法の策定に資する基礎・基盤研究
- ⑥燃料デブリの相関係と放射性核種溶出挙動把握：1Fでは，ウラン，プルトニウムさらにα核種を含む核分

裂生成物を含むデブリや，Cs，Srのみならず多種の放射性核種によって汚染された放射性廃棄物が生じている。そこで，本基盤研究では，ウラン-ジルコニウム系の模擬デブリを調整し，その性状把握，浸出挙動を実験的に把握する研究を進めている。

- ⑦セメント系材料によるウラン化学種閉じ込め効果の評価と処分システムの提示：廃棄体の形成や廃棄物の管理・埋設施設の構築に不可欠なセメント系材料と放射性核種（特にウラン）との相互作用とその核種移行評価手法の構築を進めている。
- ⑧市民との対話に基づく社会的受容性醸成の実践：廃止措置事業や廃棄物の問題に関する社会からの受容性について，地域ごとにフォーカスグループインタビュー（具体的な状況に即したある特定のトピックについて，選ばれた複数の個人によって行われる形式張らない議論）を実施し，それらの結果に基づき廃止措置に対する市民の認識を整理し，社会的受容性向上のための対話の仕組みを構築するための検討を進めている。

3.2 バックエンドに関する基礎・基盤研究

ここでは，本学が本事業の一環として取り組んでいるバックエンド関連の研究（前節の⑥と⑦）についてより詳細に述べる[5]。

3.2.1 燃料デブリの相関係と放射性核種溶出挙動把握

(1) ウラン-ジルコニウム-ホウ素系の相関係の把握

福島第一原子力発電所1～3号機で生じた燃料デブリの取出しを行うためには，原子炉内における燃料デブリの性状の把握を行うことが重要である。そこでは，燃料成分と炉心構造物や，コンクリートペデスタルとの反応を調査する必要があるが，原子炉内部はその位置によって温度分布が異なるため，様々な温度条件における実験を行う必要がある。また1号機，3号機については水素爆発により大気が入り込んだため，原子炉内部は一部酸化雰囲気中で反応が進行したと推測される。そこで，本研究では燃料および被覆管の主成分を含む模擬デブリと制御剤(B₄C)系について高温反応による生成物の性状を評価している。実験では，UO₂，ZrO₂，B₄Cをそれぞれ所定のモル比となるように秤

量し、約 20 分間摩砕混合後、雰囲気制御して電気炉（設定温度(1200°C, 1600°C)）により加熱し、加熱前後の試料の相関係を XRD により系統的に調査し、デブリの取りえる性状についての評価を進めている。

(2) ウラン-ジルコニウム-ホウ素系からの放射性核種の溶出実験による評価

他方、本研究では、ウラン-ジルコニウム-ホウ素系からの放射性核種を溶出実験により評価している。前述した燃料デブリが冷却水と接触した際、核分裂生成物(FP)やマイナーアクチノイド(MA)といった放射性核種がどの程度溶出し得るかを評価することは、発生する汚染水やその処理の結果生じる水処理二次廃棄物の処理・処分を考える上で極めて重要である。そこで、本研究では、 UO_2 、 ZrO_2 、 B_4C を混合する際に Eu 、 Am および Np を所定量添加し、模擬デブリを前述(1)と同様に調整し、そこからの海水への放射性核種の溶出挙動を評価している。その結果、1200°C によって調整した模擬デブリでは、マトリクス元素であるウランの溶出率は、 UO_2 のみの試料と比較して半減することが明らかになるなど新たな知見を得ている。また、MA の挙動についても、U の浸出率と比較してほぼ等しい元素と異なる元素があり、U-Zr 二元系模擬デブリに関する先行研究の結果とも比較してメカニズムの検討を進めている。

3.2.2 セメント系材料によるウラン化学種閉じ込め効果の評価と処分システムの提示

(1) 熱力学データベースによる相互作用の検討

1F 事故修復に伴い排出される固体状の放射性廃棄物の中においてデブリは、現在、固体廃棄物の区分には含まれていない。しかし、今後、デブリを取り出し、その管理や廃棄物としての処分についてもいくつかのオプションの検討を行っておくことが必要となる。デブリは核分裂生成物、マイナーアクチノイドに加え、ウランおよびプルトニウムが含まれる。その中で特にウランは多くの割合を占める。他方、低レベル放射性廃棄物の区分においてウラン廃棄物があるが、これは燃料を製造する際のウラン濃縮を経た劣化ウラン(U-238)を含む廃棄物であり、現在では、浅地層での管理処分が検討されている。したがって、デブリのように U-235 を多く含む廃棄物の処分はわが国では例がなく、また、スウェーデンやフィンランドなど直接処分(使用済燃料を再処理をせずに処分すること)のように、通常の燃料に対するバリア材をそのまま適用できるかどうかは議論を要する。

本研究では、デブリを入れた容器の充填材として汎用性の高いセメント系材料の活用が想定されること、また、わが国のように地下水が豊富にある場合の地下処分場の建設には多量のセメント系材料が利用されることを考慮し、熱力学データベース(TDB)として FactPS, FThelg を用い、OECD/NEA, JAEA-TDB, SCDatabase, THEREDA からデータを追加して、ウラン、ケイ素およびカルシウム系での安定あるいは準安定な化合物を整理してきた。ここでは、地下環境は還元雰囲気であること、地下水に含有する塩分濃度、および多量の地下水によるセメント成分の溶出に伴い長期にかけて高 pH 環境下(9.5<pH<13.0)にあること等を考慮している。その結果、ウランのない系でもっとも安定な化学種であるカルシウムシリケート水和物(以下、CSH という。)やポルトランドイトにウランが入ると、溶解度制限固相として安定な化学種(たとえば、 UO_2 、 U_3O_8 、 U_4O_9 、 $\text{UO}_3(\text{H}_2\text{O})$ 、 CaUO_4 など)に加え、準安定な化学種として CSH や U-CSH 系の化合物(たとえば、ウランフェン(Uranophane))も生成候補として挙げられ、溶存化学種の推定が極めて複雑となることが示された。なお、ウランフェンの組成は $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ となり、Hanford サイトでも観察される[6]。

(2) カルシウムシリケート水和物へのウランの取着実験

(1)の熱力学計算等にあるように、セメント系材料の主成分であるカルシウムシリケート水和物(Calcium-Silicate-Hydrate: CSH)は、ウランとは分相し、共沈することが示唆されている。他方、ウランフェンのように、比較的 Ca/Si モル比 0.5 といった、通常のセメント系材料(普通ポルトランドセメントでは 1.6 程度)に比較し 1/3 程度まで Ca 成分の小さい場合が自然界でも観察されている。そこで、本研究では、ウランと CSH が共存した系の反応に関する検討として、Ca/Si モル比を 0.4, 0.8, 1.2 および 1.6 となる CSH を各々調整し、ウランと CSH との相互作用を実験的に調べている。その結果、いずれのサンプルも液相では U の濃度は検出できず、加えたウランのほぼ全てが CSH に取着あるいは沈殿したことが確認されている。なお、Si 濃度および Ca 濃度から固相中の Si および Ca 量を算出すると、実験条件として設定した CSH の Ca/Si モル比は、1.2 および 1.6 において若干減少するものの、ほとんど変化していない。また、CSH とウランとの相互作用については、現在、蛍光発光スペクトル等により調査を続けている。ここでは、前述のウランフェン(Ca/Si モル比 0.5)に近いスペクトルを Ca/Si モル比 0.4 や 0.8 において観察され、一つの準安定相として形成することが示唆されている。

(3) セメント系材料とウランとの相互作用の評価

(1)の熱力学計算および(2)の実験結果に基づき、セメント系材料とウランとの相互作用を処分システムの性能評価に取り込む手法について検討している。U の濃度は Ca や Si 濃度に比較してきわめて小さいことも考慮に入れる。すなわち、高 pH 領域では U(VI)は加水分解により液相では検出限界以下となっている。仮に、検出限界濃度と仮定すると、主に U は固相側にあり、取着分配係数および遅延係数の値も大きくなる。これまでの性能評価では、そのような場合、核種の移行速度は地下水の流動に比較して十分小さいとされる。しかし、濃度が極めて小さい場合、コロイドとして地下水と一緒にウランが移動する(実質には遅延係数 1)ことも念頭に置く必要がある。他方、Ca や Si 濃度は mmol のオーダーにあり、流路内の pH が 9.5 以上であれば流路に CSH が形成され、地下水の流れ自体を低下させる。このことは、CSH の形成により流路を狭め、物理的なバリアの役割を担うことを意味する。加えて、前述(1)および(2)に述べた CSH と共沈する U(加水分解種)やウランフェンは、CSH とともにその物理的なバリアを構成することとなり、U のみのコロイドの移動は抑えることが期待される。その場合、液相中の U 濃度を検出限界値として保守的に取着分配係数を定めて、遅延係数 $\gg 1$ を算出することにより、化学的な遅延効果を定量的に表し、かつ、地下水の流速の低減と併せて評価すると、核種移行は大きく遅延することを性能評価に組み入れることが可能となる。

以上は、現状における限られた熱力学的考察および実験結果に基づくものであるが、今後、ウランを含む廃棄物の処分形態や海外の直接処分の適用を念頭に、当該の処分システムとして留意する点について整理する。

4 人材育成活動について

4.1 人材育成活動の概要

前節 3.で述べた広範囲にわたる研究を推進するために、工学研究科(知能デバイス材料学専攻, 材料システム工学専攻, 量子エネルギー工学専攻, 土木工学専攻, 都市・建築学専攻, 技術社会システム専攻, 先端材料強度科学研究センター), 情報科学研究科(応用情報科学専攻), 金属材料研究所, 多元物質科学研究所, 流体科学研究所から教員 30 名が本事業に参画している。原子力を専門とする教員・

研究室に加えて、これまで原子力との関わりが濃くなかった教員ならびに研究室が広範な分野から参加しており、むしろ後者が過半数を占めていることがこの事業の一つの特徴である。それと比例して、学生に関しても原子力以外の専攻からの参加者も多い。

研究推進と人材育成の両面への協力を得るため、1Fの廃止措置推進に携わる国内外諸機関との連携を図ってきている。日本原子力研究開発機構(JAEA)とは、当事業開始に先立つ2014年3月に1Fの廃止措置に関する連携を強化する目的で包括連携協力協定を締結し、また、廃止措置に関する連携講座を開設して研究・教育両面での協力関係を深めている。本事業では、廃止措置に関する研究開発や廃止措置事業推進を担っている産官学の専門家ならびに機関の協力を得て、専門家会議を設けている。この専門家会議では現場ニーズの反映、アイデアのブラッシュアップ、盲点の発見、目標設定、成果の活用・展開方針など、研究推進に必要な助言を様々な立場の専門家から得ることを意図している。また、この専門家会議において学外の専門家を前にして発表・討論を行う学生にとっては絶好の訓練の場ともなっている。

この事業では参画している各研究室所属の大学院生が研究に取り組むことになるが、これらの研究はまさに実践的な人材育成の場となっている。学生達はこれらの研究を自分自身の研究課題として取り組むことにより、『自分の専門の視点から1F廃止措置を深く考え、派生する課題に対して解を見出す経験』をすることになる。講義や研修などを通じて廃止措置に関わる広範な知識を得るだけでなく、それらと併せて主体的な立場で研究課題に取り組む経験は、将来の進路選択にも繋がる目的意識の醸成に対して大きな意味がある。この人材育成事業を通じて我々が目指している人材像は、各々の分野での高い専門性に加えて、次の①～③の能力を兼ね備えた専門家である。

- ①原理・原則に立ち戻って課題解決を図る能力
- ②課題の本質(幹と枝葉)を的確に見分ける能力
- ③異分野専門家との高度コミュニケーション・協働能力

原子炉廃止措置に関する基礎的知識を獲得するためのカリキュラムとして、工学研究科ならびに情報科学研究科に「原子炉廃止措置工学プログラム」を設けており、所定の修了要件を満たすと所属する研究科の研究科長名で修

了証が発行される。当プログラムの博士課程前期(修士課程)向けプログラムでは、コア科目である「原子炉廃止措置工学概論」2単位と「廃止措置 R&D インターシップ研修」が必修であり、それらに加えて、学生各々が所属する専門分野に応じて設定された選択必修科目6単位以上を修得する。「原子炉廃止措置工学概論」は例年秋口に4日間の集中講義として開講している。リスクの概念、原子力発電所の安全管理から説き起こし、一般炉の廃止措置、1Fの現状と展望、技術戦略プラン、研究開発の現状と展望、などの全体論に前半の2日間を使い、後半の2日間は研究開発課題各論を講じている。今年度(2018年度)の時間割りを図2に示す。この講義を通じて、1F廃止措置の全体像をおおよそ頭に描くための基礎知識を得ることになる。1Fの現状と解決すべき課題の全貌を大まかにでも理解しながら、各自の専門分野での専門性を磨いてもらうことを理想にしている。一方の必修科目である「廃止措置 R&D インターシップ研修」の主眼は、廃止措置に関与する企業等での就業体験を通じて学生のモチベーションを高めることである。プログラム修了生らへの聞き取りによると、インターンシップでの経験が進路選択の決め手となる場合がある。魅力ある人物、優れた人達に出会って大きな影響を受けたという学生が少なくない。

原子炉廃止措置工学プログラムと並行して、「産学連携セミナー」と「原子炉施設現地調査」を行っている。産学連携セミナーでは、我が国はもとより、英米仏など諸外国の第一線の専門家による講演を年に4回程度開催している。視野を広げ、関連する知識の厚みを増すことを目的にしているため、原子力安全や廃止措置の専門家以外にも化学コンビナートの保全やレジリエンスなど広範囲の専門家を招いている。本プログラムには非原子力系の専攻から多数の学生が参加しているため、原子炉施設を見たことがない学生も少なくない。そのような学生に対して、まず原子力発電設備のスケールやシステムの規模を実感として理解してもらうために、福島第二原子力発電所、敦賀発電所などを見学している。これに併せて美浜原子力緊急事態支援センターやJAEAの廃止措置関連研究施設などを見学する。次に、原子力発電設備への理解が深まった学生を対象として、福島第一原子力発電所の見学を実施している。

	9月26日(木)	9月27日(木)	9月28日(金)	9月29日(土)
	8:50 - 9:05 開講趣旨説明 (東北大学: 渡邊 豊)			
1限 (8:50-10:20)	9:05 - 10:35 リスクの概念と リスク評価・管理の基礎 (東北大学: 高橋 信)	福島第一原子力発電所の 現状と今後の展望 (東京電力: 石川真澄)	機器・構造物の機能維持と 経年劣化対応の重要性 ～腐食現象を例に～ (東北大学: 渡邊 豊)	原子力発電所の廃止措置における 遠隔技術の役割と適用技術 (東北大学: 昆陽雅司)
2限 (10:30-12:00)	10:45 - 12:15 原子力発電所の概要と 安全管理、設備管理の考え方 (東北大学: 青木孝行)	10:30 - 11:15 福島第一の廃炉のための 技術戦略プラン (NDF: 宮本拓人)	腐食に及ぼす放射線影響 (JAEA: 山本正弘)	損傷したコンクリート構造物の 長期健全性評価の考え方 (東北大学: 西脇 智哉)
	13:15 - 14:45 我が国の原子炉廃止措置の現状と 重要施策のポイント (原子力工学研究会: 佐藤忠道)	11:25 - 14:30 (途中1時間休憩)		
3限 (13:00-14:30)	13:15 - 14:45 我が国の原子炉廃止措置の現状と 重要施策のポイント (原子力工学研究会: 佐藤忠道)	福島第一の廃炉研究開発の 現状と課題 (IRID: 高守謙郎)	14:40 - 15:40 廃炉作業に伴うロボット技 術の開発と現場適用の状況 (東芝: 鈴木 淳)	放射性廃棄物の管理・処分 (東北大学: 新堀雄一)
4限 (14:40-16:10)	14:55 - 16:25 原子炉廃止措置への取り組み状況 (東海発電所の現場工事経験 を踏まえて) (原電: 宮前信彦)	TMI及びチェルノブイリの経験から 学ぶもの、福島へ反映できるもの (東北大学名誉教授: 若林利男)		

NDF: 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 IRID: 国際廃炉研究開発機構 JAEA: 日本原子力研究開発機構

図2 原子炉廃止措置工学概論の時間割り例(2018年度)

4.2 人材育成活動における他機関との連携

文部科学省委託事業「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」には、2014年度に3機関（東京工業大学、東京大学、東北大学）、2015年度に4機関（地盤工学会、福井大学、福島高専、福島大学）が採択されたが、これは公募事業であるから応募段階では互いに競争相手である。ところが、採択され事業を開始した後は、同じ志と悩みを共有する仲間である。機関間の連携がとくに進んだのは人材育成である。その一例が、次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス（略称NDEC）である。廃止措置関連研究に取り組む学生が互いに成果発表後して議論する場を設けることを通じて学生諸君の研究を後押しし勇気づけたい、との趣旨から、初年度採択の3機関により2015年度上期から計画が練り始められた。その後採択が決まった4機関の賛同を得て、第1回NDECを2016年3月に東北大学を会場として開催した。参加者数約220名、うち約90名は学生（院生、学部生、高専生）であり、事業採択機関ならびにその連携機関にて研究に取り組んでいる学生が全国から集まった。産業界からも80名以上の方々が参加した。学生の発表は、オーラルが「設備管理」「遠隔技術」「燃料デブリ処理」「廃棄物処分」「核種分析」などのセッションに分かれて31件、そしてポスター発表が22件を数えた。人材育成事業のプログラムディレクターである山名元 原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）理事長による基調講演、国際廃炉研究開発機構（IRID）やJAEAからの招待講演の他に、産業界からも21件のポスター出展があり、学生のポスターと同じ会場に展示して熱の入った意見交換が行われた。学校間交流ならびに分野間交流という意味で学生間の切磋琢磨の場となり、また、我が国廃止措置研究・技術の専門家と学生が直接議論する場として産学官交流（ここでの「学」は「学生」の意味）ならびに世代間交流の機能も果たした。ポスター会場の様子を図3に示す。NDECは定例化し、第2回は東京工業大学にて2017年3月に、第3回は東京

大学が幹事となって福島県富岡町にて2018年3月に開催された。第4回も富岡町を会場に福島高専が幹事となって2019年3月に開催されることが決まっている。

5 まとめ

東北大学は、2016年12月、全学組織である東北大学災害復興新生研究機構の下に「原子炉廃止措置基盤研究センター」を設置した。当センターは、IFの安全な廃止措置に資する基礎研究と基盤技術開発を主たるテーマとしながら、研究成果を通常炉廃止措置技術へ展開することにも取り組み、東日本大震災からの復興および我が国の原子力分野における国際競争力の強化に寄与することを目的として設置されたものである。IFに貢献するための原子炉廃止措置研究・人材育成は、具体的な研究対象が明確であり、まさに本学の建学の精神である「研究第一主義」、「実学尊重」、「門戸開放」を実践する場となっている。

本学の原子炉廃止措置基盤研究と人材育成は、産業界ならびに関係諸機関の皆さまのご支援なしにはこのように順調に進めて来られなかったに違いない。この場をお借りして、深甚の謝意を表したい。また、ここで詳細を紹介した原子力バックエンド関連の研究は、本事業の中での限られた研究室によるものであり、固体廃棄物や取り出したデブリの取り扱い等について網羅するものとはなっていない。引き続き、バックエンド部会の皆様の英知が必要不可欠となっている。

謝辞

本報告の一部は、「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究及び中核人材育成プログラム」の成果に基づいたものである。

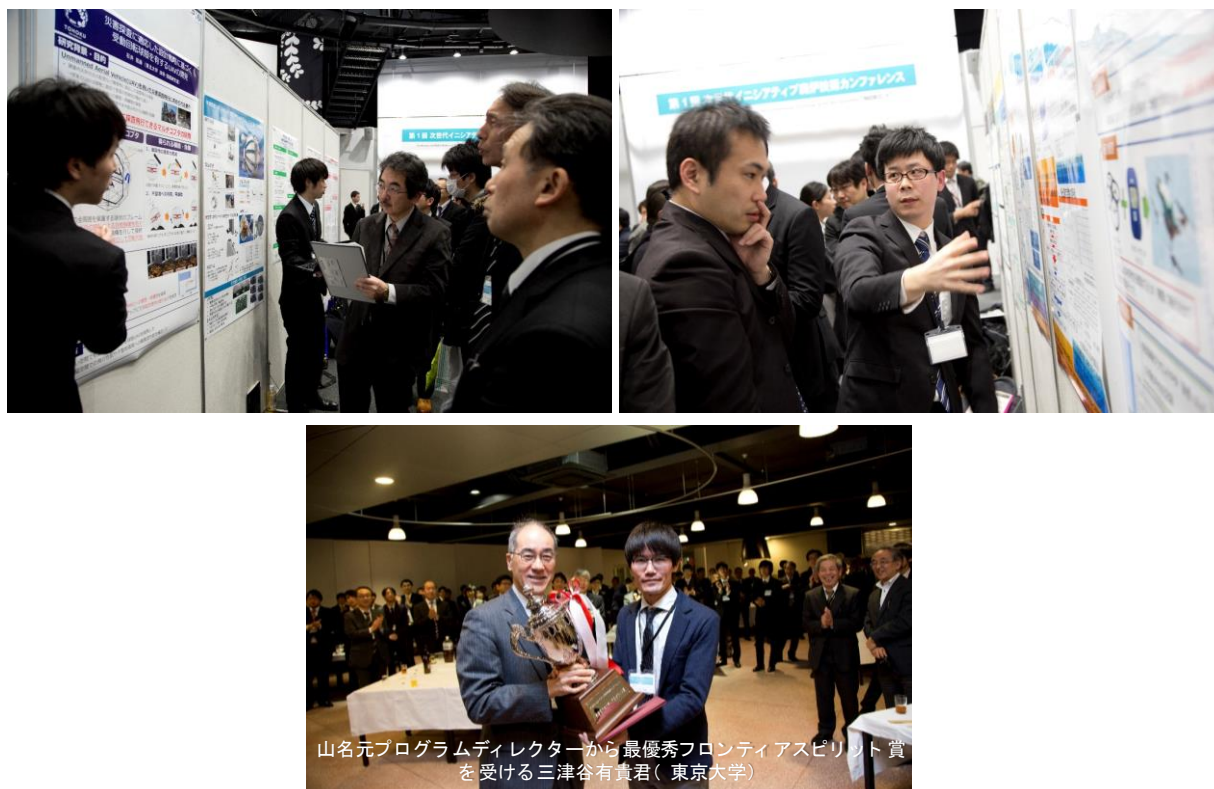


図3 第一回次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンスの模様

参考文献

- [1] 東北大学大学院工学研究科「放射能災害再生工学研究センター」(<http://web.tohoku.ac.jp/reer/>)
- [2] 東北大学における廃止措置研究・人材育成事業 (<http://dec.tohoku.ac.jp/>)
- [3] 青木孝行, 渡邊 豊, 新堀雄一, 原 信義: 東北大学における原子炉廃止措置基盤研究と人材育成への取り組み状況, 保全学, 16(1), 16-22 (2017).
- [4] 渡邊 豊: 設備信頼性および廃棄物に関する研究と人材育成, エネルギーレビュー, 38(10), 21-25 (2018).
- [5] 東北大学: 平成 29 年度文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成プログラム」成果報告書 (2018).
- [6] Z. Wang, et al., Fluorescence spectroscopy of U (VI)-silicates and U (VI)-contaminated Hanford sediment, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69(6), 1391–1403 (2005).