

# 特色ある研究の成果

平成29年度「特色ある研究」

| No | 所属    | 代表者   | 研究課題   |
|----|-------|-------|--|
| 1  | 数理・情報 | 中田 文憲 | 震災後の学校状況調査2017                                       |
| 2  | 経済    | 沼田 大輔 | 福島県会津美里町におけるごみ減量に関する研究                               |
| 3  | 機械・電子 | 小沢 喜仁 | 「福島第一原子力発電所の廃止措置への貢献」に関する研究                          |
| 4  | 生命・環境 | 難波 謙二 | 原発事故を経験した福島とチェルノブイリの共同研究<br>「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」 |

# 震災後の学校状況調査 2017

Survey 2017 on the situation of schools after the Great East Japan Earthquake.

代表者 人間発達文化学類 准教授 中田 文憲

## 1. 背景

2011年3月11日の東日本大震災により多大な影響を受けた学校現場や児童・生徒の状況を把握し、福島県の震災復興そして未来を見通す創造的な教育復興を進めるため、「大震災後の福島県の教育復興を進める会」が同年7月19日に結成された。同会は、県内市町村教育委員会や学校教育関係者、PTA 連合会関係者、公立学校退職校長会関係者、福島大学・人間発達文化学類・同学類同窓会関係者等からの参加によるものであり、文部科学大臣との意見交換（同年8月25日）や福島県知事への陳情（同年11月21日）など、さまざまな活動を行った。

こうした活動は、毎年開催される「教育復興シンポジウム」へと継承されている。時間経過とともに変化する学校の状況を把握し、その時の課題を、市民・学校教育関係者・研究者等が一同に会して、福島県の教育復興について議論が展開されている。（文献1から7）

## 2. 学校状況調査

「教育復興を進める会」では「震災後の学校状況調査アンケート」を継続して実施しており、その結果について教育復興シンポジウムで報告をしている。同アンケートは震災直後から2015年度までの5年間は毎年おこなってきたが、震災直後の劇的な変化は概ね収束したと考えられるため、2015年度以降は2年ごとに調査することとした。本稿では2017年度調査の分析結果を報告する。

## 3. 2017年度調査について

**調査期間**：2018年1月12日から29日

**調査対象**：福島県内の小学校、中学校、高等学校、特別支援学校

**調査内容**：1月9日現在の状況をもとに、学校の状況、児童生徒の状況、教員の状況、復興へ向けた取り組み、自由意見など、計28項目に回答いただいた。殆どの項目は第1回調査から継続しているが、2015年度調査から「教員研修」、今回から「アンケートの利用例」に関する

質問項目を追加している。

## 4. 調査結果

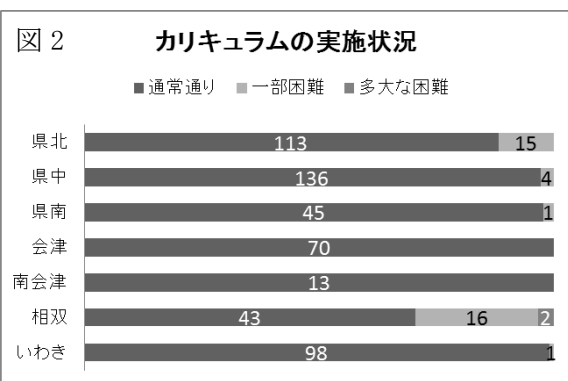
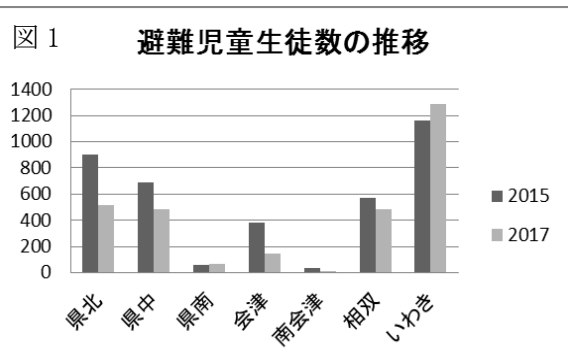
アンケートへの回答総数は585/688校であり、回収率は85.0%であった。特にこれまでの調査と比較すると、震災の影響が特に大きい相双地域での回収率が高く、貴重なデータが得られた。以下、主な分析結果4点について報告する。詳細な分析については文献6を参照いただきたい。

### a) 福島県内での地域差の拡大

地域ごとの状況の差は拡大しており、それぞれに違った課題を抱えている。

**相双地域**：いまだに避難中・未再開の学校が多い。教育課程の維持や学校再開に向けた準備が課題。

**いわき**：避難児童生徒数が県内で唯一増加。地域や保護者と連携した児童生徒の心のケアが重要（図1）。

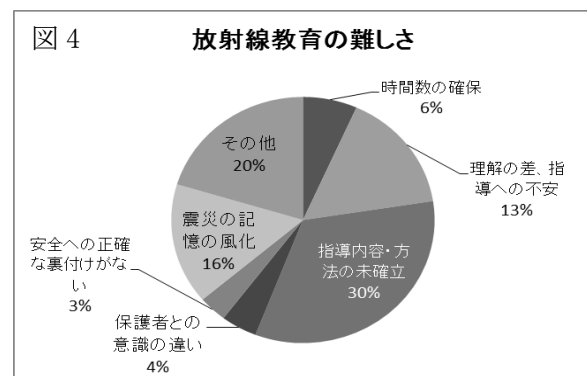
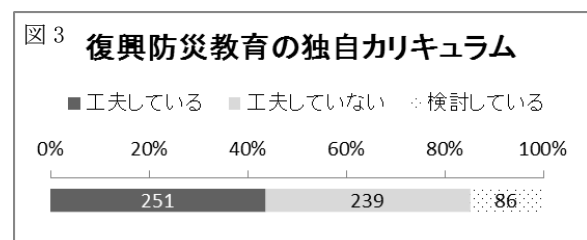


その他の多くの地域：放射線量は落ち着き、震災前の教育課程をほぼ回復している(図2)。震災関連業務の見直し・精選や、震災の記憶の風化への取り組みが課題。

地域差が拡大する中、各地域の学校が他の地域の状況を把握し、復興教育・防災教育を継続していくことが重要と考えられる。

b) 震災の記憶の風化

東日本大震災から7年という月日が経ち、学校には震災の記憶のない子どもたちが入学してきている。復興教育や防災教育、放射線教育の重要性は、地域・校種を問わず多くの学校が感じており、様々な取り組みが行われているが(図3)、一方で震災の記憶がない子どもたちやその保護者、および地域の要請としては、放射線教育も大切だが、通常の学校業務をしっかり行ってほしいという意見が多く見られる。子どもたちや保護者との意識のずれに課題を感じている学校も多い(図4)。

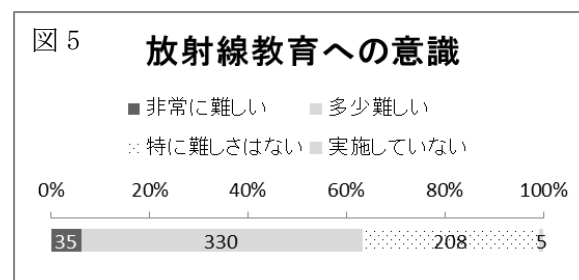


c) 放射線教育の改善

防災教育や放射線教育の重要性が認識され、独自のカリキュラムなどを工夫している学校も多いなか、放射線教育の難しさを感じている学校が依然として多い(図5)。

具体的な難しさの内容(図4)として比較的多く寄せられた「震災の記憶の風化」は、これまでの調査ではなかったものである。また、最も多く挙げられた項目は「指導方法・内容の未確立」である。震災や放射線に関する資料は多

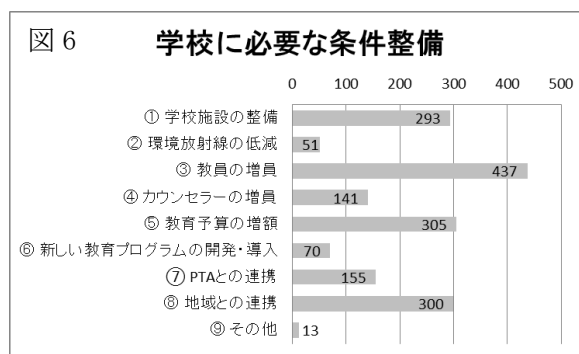
く与えられているものの、子どもの発達段階に応じた系統立った指導方法が確立されていない、との声が多い。



d) 業務の多忙化

防災教育・放射線教育、復興教育に対する学校の意識は非常に高いが、その実行を阻んでいる最大の原因は、業務の多忙化である。「教育復興のために何が必要か」との問いに最も多く寄せられた回答は「教員の増員」であり、業務に手が回らない状況がわかる(図6)。

震災直後から行っている業務については改めて見直し、それぞれの学校の状況に応じて本当に必要な業務に精選することが必要な時期に来ていると考えられる。



謝 辞

今年度の調査は、日本教育公務員弘済会福島支部による教育文化助成金の助成のもと実施しました。ここに厚く感謝の意を表します。

文 献

1. 「震災後の学校状況調査」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2012) p. 31-45
2. 「震災後の学校状況調査II」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2013) p. 8-22
3. 「震災後の学校状況調査III」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2014) p. 67-91
4. 「震災後の学校状況調査IV」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2015) p. 74-108

5. 「震災後の学校状況調査 2015」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2016) p. 58-86
6. 教育復興シンポジウム 報告書(2017)
7. 「震災後の学校状況調査 2017」報告, 教育復興シンポジウム 報告書(2018) p. 68-98

# 福島県会津美里町におけるごみ減量に関する研究

Study for the decrease of waste in Aizu-misato-town in Fukushima prefecture

代表者 経済経営学類 准教授 沼田 大輔

## 1. はじめに

会津美里町で廃棄物行政を所管するくらし安心課は、人口が減少し、高齢化が進行しているにもかかわらず、ごみの総量は減らず、再資源化量は減少し、ごみ処理にかかる支出の増加に歯止めをかけられないことを危惧していた。そして、この現状を打開する糸口を見つけるべく、会津美里町まちづくり政策課が所管する調査研究助成金を活用した学官連携事業のパートナーとなりうる研究室を探していた。この会津美里町の意向を、福島大学地域連携課内に事務局を置くアカデミア・コンソーシアム・ふくしま(通称、ACF)は、福島県の様々な自治体等をまわらる中で聞きつけた。

一方、本研究の代表者である沼田は、これまで、森林保全・地域活性化に関するテーマについて、学生サークルなどの形で、ACFなどと様々に取り組んできた(これについては、沼田・岩本(2018)を参照されたい)。ACFは沼田がゼミで廃棄物に関する研究に取り組んでいることも把握していた(取組の詳細については、沼田のホームページのゼミに関する欄(<https://www.ad.ipc.fukushima-u.ac.jp/~e023/lecture/seminar.html> (2018年9月27日アクセス)を参照されたい)。

そこで、ACFが会津美里町に沼田を紹介し、2016年8月に会津美里町役場のまちづくり政策課・くらし安心課の方々が沼田の研究室にお越しになったところから、本研究が具体的に始動した。2016年度以降、沼田ゼミでは、会津美里町のごみ減量化について、2-3年生が行うグループ研究の柱に据え、会津美里町調査研究助成金を頂きながら、会津美里町役場の様々なご協力のもと、会津美里町におけるごみ減量に関する研究を進めている。本稿では、その内容を紹介する。

## 2. 実施内容

実施内容は、主に次の7点である。

- (1) 会津美里町のごみ関連のデータ収集・整理
- (2) 会津美里町の次の方々へのヒアリング：
  - ・ 役場の廃棄物行政の担当者
  - ・ ごみの収集を行う協業組合
  - ・ 会津美里町の各地区の区長会長
  - ・ 小学校でごみに関する学習に携わる教員
- (3) 会津美里町のごみ集積所(約15か所)、会津若松広域市町村圏整備組合環境センター(会津美里町を含む会津若松広域市町村圏のごみの中間処理工場)を視察
- (4) 会津美里町の可燃ごみの組成調査(会津美里町のごみの約8割を占め、その割合が増加傾向にある可燃ごみにどのようなごみが含まれているかについての調査(詳細は3節(c)を参照されたい))
- (5) 会津美里町の小学校に配布されている、会津美里町のごみのことを記した副読本の改訂案の提示(関連する記述は3節(d)を参照されたい)(予定)
- (6) 会津若松広域市町村圏におけるごみ袋有料化の取組についての情報収集(予定)
- (7) 会津美里町廃棄物減量等推進審議会における、会津美里町に関するこれまでの沼田ゼミの研究成果の報告・意見交換(予定)

これらのうち、主に(1)(2)(3)は、参考文献欄の福島大学沼田大輔ゼミナール(2017)、(4)は福島大学沼田大輔ゼミナール(2018)にまとめて、会津美里町役場に提出した。(5)(6)(7)は2018年度に行っている取組である。

### 3. 本研究から見てきた課題(例)

#### (a) ごみの分別排出の方式について

会津美里町のごみ集積所は、屋根と扉がついているタイプのものが多く見られ(写真1)、この整備費は1基あたり約10万円で、その4分の3を、10万円を上限に役場は補助しうる。しかし、設置時のみの補助であり、メンテナンスは各区で持つことになっているためか、町村合併前の看板や、老朽化が目立つボックスも見られる。集積所に排出できるものは、曜日ごとに異なり、瓶・缶・ペットボトルを排出できる日については前日に収集業者がそれらのコンテナを設置し、当日それらのコンテナごと収集する(写真2)。

可燃ごみを集積所に排出する際の袋の指定は特になく、収集頻度は可燃ごみの方が資源ごみよりも多い。このように、可燃ごみを排出しやすい環境にあることが伺われる。



写真1: 可燃ごみの集積所の様子(例)



写真2: 資源ごみの集積所の様子(例)

#### (b) ステークホルダーの認識

役場は、学校やイベント、町の広報誌などで、住民に分別の徹底を啓蒙・啓発することで、ごみの減量化を図ることを主な施策としているが、手ごたえを感じていない。実際、区長会長は、ごみの量が多いとは感じておらず、広報誌を見ていない住民も多くいると話していた。

#### (c) 組成調査の主な結果

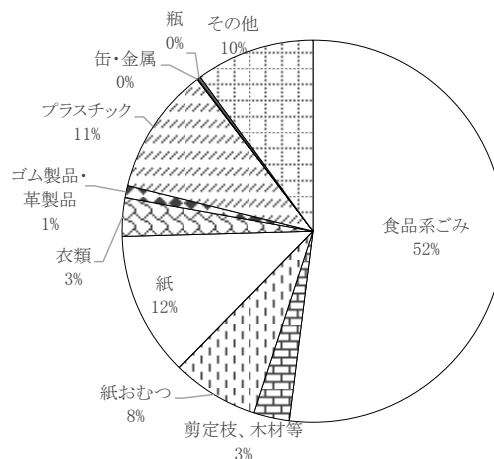
代表的と見られる可燃ごみを、各地区で35袋、3地区合計で105袋サンプリングした。そして、地区ごとに、袋を開封して中身を展開し、大きく10種類、細かくは27種類に分類した後、その分類単位で、重量・容積を測定した(写真3)。なお、この調査は、会津美里町職員と、沼田教養演習生17名を含む沼田ゼミ24名で実施した。

図1は、地区ごとの人口比による加重平均によって算出した、会津美里町全体の可燃ごみの内訳を、重量単位で大きく10種類に分類した結果を示したものである。食品系ごみ・紙・プラスチックが多くを占め、それらの削減が可燃



写真3: 可燃ごみの細分類の様子(例)

図1: 会津美里町の可燃ごみの内訳(重量)



ごみの削減には必要であることが分かった。また、紙の92%、プラスチックの34%が資源ごみになりうることも伺われた。なお、この結果は、会津美里町くらし安心課が、2017年度の会津美里町の各地区の地域文化祭においてパネルで紹介した。また、会津美里町の全戸に配布される『広報誌 あいづみさと』2018年3月号 pp.4-5で、「福大生が調査！ 会津美里町から出るごみの実態」というタイトルの特集記事として紹介された。

さらに、3地区の高齢化率との対比から、高齢化により、可燃ごみの重量が増加する懸念があること、「未開封・手つかず食品」「剪定枝・木材等」「本・雑誌類」「きれいなプラ製容器包装」などの可燃ごみへの混入が増える懸念があることを提起した。詳細は、沼田(2018)を参照されたい。

#### (d) 戦略的な啓蒙・啓発の方策を探る

以上を踏まえ、手始めに、役場がごみ減量のための主な施策としている啓蒙・啓発を、より効果的に行い、実際のごみの分別の改善につなげてもらう方策を探っている。小学4年生の社会科のごみに関する授業は、ごみ処理場の見学の機会も含めて13時限あり、会津美里町のごみのことを記した副読本が毎年小学4年生全員に配布されている。しかしながら、この副読本が十分に活用されていない現状が伺われる。ごみの授業を受けた小学生や保護者にアンケートを行うなどした上で、副読本の使い方に関する参考資料の作成、小学校の授業と会津美里町の広報誌との連動などの可能性を探っている。

#### 4. まとめ

本研究では、会津美里町役場と沼田ゼミが協働して、会津美里町で、人口減、高齢化の進行の一方で、ごみの総量は減らない現状を打破する足掛かりを様々に検討し、主に次のことが浮かび上がってきている：現状では食品系ごみやプラスチック・紙などが多く排出されている；現行のごみの排出方法には、改善の余地が多分にある；啓蒙・啓発が機能しているとはいいたい。今後は、これらを足掛かりに、会津美里町におけるごみの減量化に向けた具体的な方策を提起していく。

なお、本研究を契機に、学生は、会津美里町について学ぶ下記の機会にも恵まれた。

- ・ 2017年5月に、福島大学経済経営学類の佐藤英司教養演習と沼田教養演習で、会津美里町で新入生学外研修(詳細は会津美里町のホームページ <http://www.town.aizumisato.fukushima.jp/s006/030/090/20170530145408.html> (2018年9月26日アクセス)などを参照)
- ・ 3節(c)で述べた組成調査の翌日に、「日韓交流基金 JENESYS 2017 対日理解促進交流プログラム 未来につなぐ環境プロジェクト」の韓国からの学生約20名と沼田ゼミ生24名で、会津美里町の伊佐須美神社などで交流の機会を持った。

#### 参考文献

- ・ 福島大学沼田大輔ゼミナール(2017)『2016年度 ごみの減量化に関わる会津美里町調査研究助成事業報告書』
- ・ 福島大学沼田大輔ゼミナール(2018)『2017年度 会津美里町における可燃ごみ削減・資源ごみ増加の可能性の推計 成果報告書』
- ・ 沼田大輔・岩本正寛(2018)「福島県の森林をフィールドとした大学生のアクティブラーニング」『福島大学 地域創造』第29巻 第2号, pp. 65-71, <http://ir.lib.fukushima-u.ac.jp/repo/repository/fukuro/R000005105/> (2018年9月26日アクセス)
- ・ 沼田大輔(2018)「高齢化が可燃ごみの組成に及ぼす影響についての予備的検討 —福島県会津美里町における可燃ごみの組成調査をもとに—」第29回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 pp.3-4

【謝辞】 本研究は、2016-2018年度に、福島県会津美里町調査研究助成金(「会津美里町におけるごみ削減・リサイクル率上昇の方策の検討」「会津美里町における可燃ごみ削減・資源ごみ増加の可能性の推計」「会津美里町における可燃ごみ削減・資源ごみ増加に向けた戦略的な啓蒙・啓発のあり方の検討」)、および、会津美里町役場の皆様をはじめ、私どもにご対応くださいました多くの皆様のご協力で実施することができました。ここに記して感謝します。なお、本稿におけるありべき一切の誤謬の責任は筆者にあります。



# 「福島第一原子力発電所の廃止措置への貢献」に関する研究

Study on Decommission of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant #F1.

代表者 共生システム理工学類 教授 小沢 喜仁

## ○成果の概要

東日本大震災及び福島第一原子力発電所事故が発災して直後より、本学共生システム理工学類の教員・研究者は、福島第一原子力発電所の廃止措置及び福島県における環境放射能及び環境・生態系への影響評価への貢献をテーマとして研究・教育・社会貢献活動を展開してきている。

なかでも、本研究は、東北大学を代表校として、福島大学と福島工業高等専門学校の専門家との協力体制を構築して、「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及び中核人材育成プログラム」に取り組むものである。伝統的な強みである材料分野のポテンシャルを活用すべく広範な分野が連携して組織を形成し、基盤研究を実施している。研究成果をもとに、学生教育カリキュラムを整備して、安全な廃止措置をリードできる中核人材の育成を図りながら、長期にわたる研究及び人材育成体制を構築することもプログラムの目標としている。本学の担当者としては、山口克彦教授、寺島顕一研究員（当時）、そして著者らの3名が担当し、研究期間は、平成26年10月から、平成31年3月31日までである。

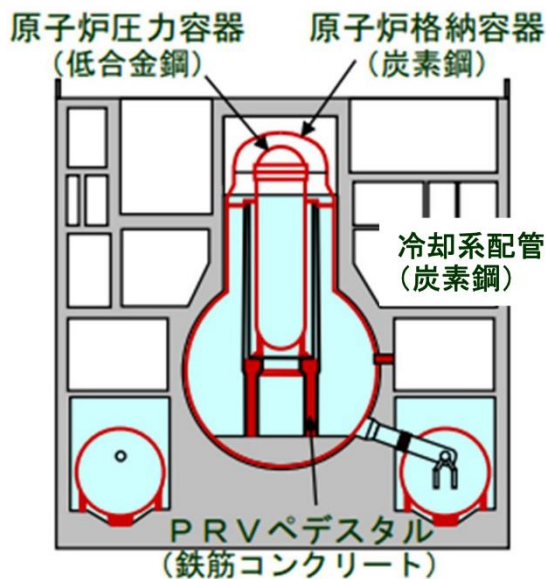


図1 原子炉の構造

図1に示すように、原子炉廃止措置時における原子力発電所の安全を保つ機能としては、下記に示す3点が必要である。

- ① 止める 核分裂連鎖反応の停止  
(再臨界の防止)
- ② 冷やす 炉心燃料からの崩壊熱の除去  
(温度上昇、再溶融の防止)
- ③ 閉じ込める 放射性物質の閉じ込め  
(バウンダリーの修理、劣化抑制)

これらの機能を発揮・維持しながら、長期間にわたる原子炉の廃止作業を行っていかねばならない。

本プログラムでは、廃止作業に不可欠な最優先すべき研究課題とされる『(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』ならびに『(2)燃料デブリの処理と放射性廃棄物の処分に関する基礎・基盤研究』の2つの課題に取り組む。

課題(1)の目標は、①格納容器・注水配管系等の鋼構造物の実環境下長期における腐食速度予測技術の構築と防食指針の策定、②コンクリート施設の健全性診断・余裕度評価手法の開発と補修・補強対象部位の検知、補強技術の抽出、及び③遠隔操作可能な検査・補修新技術の基礎的開発とフェージビリティ評価である。

課題(2)の目標は、①ウラン-ジルコニウム-鉄-ホウ素-コンクリート系の相関係の解明と放射性核種溶出挙動の把握、②セメント系材料によるウランの閉じ込め効果の定量評価と具体的な処分システムの提示、および③市民との対話に基づく社会的受容性醸成の実践である。

研究実施においては、8つのタスクグループ(TG)を組織して、研究を推進するとともに、再委託先機関として福島大学と福島高専は特定のTGと連携して研究を実施している。平成26～27年度は要素技術の基礎的研究、平成28～29年度は実機条件等をより詳しく考慮した上での基盤技術開発、平成30年度は開発された基盤技術の適用性評価と残された課題の整理というように研究を実施してきている。

なかでも、本学が関わる格納容器・建屋等の健全性・信頼性確保のための基礎・基盤研究と

しては、次のTGと研究項目；

- ・鋼構造物腐食・防食TG：格納容器・注水配管等の防食と長期寿命予測技術の基盤構築，強度低下予測
- ・検査技術開発TG：PCV漏洩部検知・注水配管減肉モニタリングのための遠隔非破壊検査技術開発

があげられる。

本報告においては、本学が担当する電磁超音波探触子 (EMAT) および渦電流探傷試験 (ECT) のモデリングのための電磁特性に関する研究・調査について紹介する。

平成29年度は、EMATやECTなどの電磁非破壊試験を用いた非接触検査の有効性を検討した。EMATエコー法などの検査法とマイクロレベルでの物性的な特性、例えば磁気特性などとの関係性については未解明な部分が多い。EMATエコー法での測定に対して信号強度の異なる鋳鉄試料を用いて、マイクロな領域での測定・観察を行い、結晶構造や磁気特性の違いについて検証を行った。

対象としたのはEMATによる信号が得られている鋳鉄配管から、図2に示すように切り出した試料である。

まず、各試料から収束イオンビーム加工装置 (FIB) を用いて  $20.0 \times 20.0 \times 10.0 [\mu\text{m}]$  程度の試料片を中央から5個切り出し、銅メッシュにのせて磁気特性測定装置 (MPMS) により磁気特性の測定を行った (図3)。

MPMSの測定結果を比較すると、磁場が0[Oe]付近において試験片No.1はNo.2よりも傾きが小さくなっていることが分かる。

次に透過型電子顕微鏡 (TEM) によるマイクロレベルでの結晶構造の観察を行った。試料はFIBにより上述のサイズで切り出した試験片を、さらに厚さ  $0.1 [\mu\text{m}]$  ほどの薄膜に加工し、使用した。これにより、No.1の異なる局所的な部位、及びNo.1とNo.2に構造の違いがあるのかを確認した (図4)。

鋳鉄配管から試料を切り出し時の熱処理による影響が少ないと思われる観察画像の図4下部に着目した。観察画像AとBにおいて下部にはどちらも明確な結晶粒界が見られず、構造上に大きな違いは確認されていない。このことから、同一試料においては局所的な場所における構造の違いはないと推察できる。一方、観察画像Cを見ると、AとBには見られなかった結晶粒界と思われる線が確認できた。これは試料のNo.1とNo.2において結晶粒のサイズが異なっていることを示唆する。

この結果から、試料のNo.1とNo.2では磁気特性や結晶構造にわずかな違いが存在し、それらがEMATの測定結果に影響を与えている可能性が考えられる。今後はFIBによる切り出す場所を変えることで、試料全体の状態を体系的に検証していく。

EMATは原理的に超音波の伝達による診断を行っているが、超音波探傷法などとは異なり、外部から超音波を入射するのではなく、物質の内部で超音波を発生させている。したがって、対象となる磁性体の状態が、発生する超音波や測定した信号の強度に影響を与えている可能性がある。磁性体の状態が異なる場合、例えば小さな傷や空孔が存在した場合、それらは磁壁の移動速度などに影響を与えると考えられる。EMATなどの信号を検証するには、このような効果による影響の有無を検証することは有効であると思われる。

平成30年度においては、上述の実験とシミュレーション等を通して微視的メカニズムを解明することにより劣化進展の予測について精細に解析するために、モンテカルロシミュレーションによる材料診断も進める。

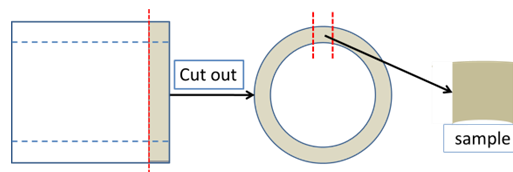


図2 試料切り出しの模式図

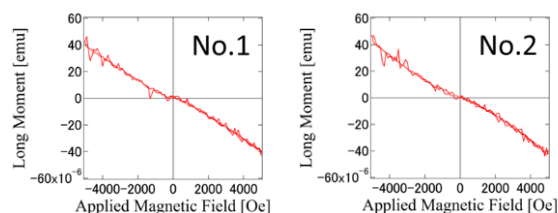


図3 MPMSによる試料片の磁気測定結果

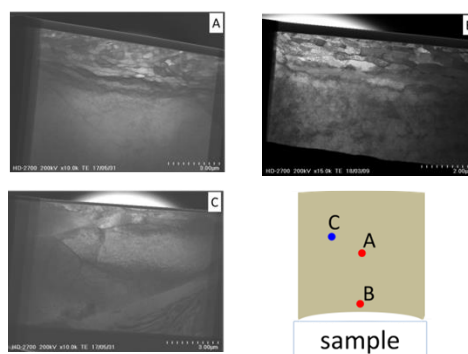


図4 TEMによる観察画像

# 原発事故を経験した福島とチェルノブイリの共同研究

## 「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」

“Strengthening of the environmental radiation control and legislative basis in Ukraine for the environmental remediation of radioactively contaminated sites”, a research project in collaboration between Fukushima and Chernobyl that experienced nuclear power plant accident.

代表者 共生システム理工学類 教授 難波 謙二

### 1. はじめに

SATREPS プログラムで 2017 年度から正式採択された「**チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立**」は福島大学、筑波大学、福島県立医科大学の日本側研究機関とウクライナの 13 の研究機関それに加えてウクライナの政府機関等と共同で行う 5 年間のプロジェクトである。ここでは 2018 年秋までの研究活動の進捗を含むプロジェクトの概要を説明する。

2017 年 5 月 29 日キエフ科学アカデミーホールで本プロジェクトのキックオフミーティングが開催された。日本側からは在ウクライナ日本大使館の角大使はじめ日本から参加した JIST、JICA の代表、ウクライナ政府から環境大臣および立入禁止区域庁長官、ウクライナ科学アカデミーの代表等が出席した。また、セレモニーの後 80 数名の参加研究機関の研究者で、研究の方針について全体会議とプロジェクトを構成するグループに分かれての分科会が行われた。日本とウクライナの両方からテレビおよび通信社の取材もあった。翌日には日本で我々が確認しただけでも 17 の新聞でこのプロジェクト開始についての記事が掲載された。また、この後も調査の状況等、日本とウクライナの報道機関を中心に継続した取材があり、例えば NHK や TBS でテレビの科学番組でも取り上げられた。

このチェルノブイリプロジェクトは研究対象で分けた 4 つのグループ（班）から構成されている。いずれも日本側とウクライナ側の研究機関とで構成されている。各班の研究対象を簡単に表すと、1 班はクーリングポンド、2 班はチェルノブイリ立入禁止区域の有効利用を視野に入れた再編に関係する陸域と河川、3 班は立入禁止区域からの大気を通じた放射能の移動、をそれぞれ対象としており、4 班はウクライナ政府への提言も含むプロジェクト全体の取りまとめに関する部分を受け持っている。まずは

クーリングポンド（CP）を研究や観測対象の対象とする第 1 班の具体的な研究内容を紹介する。

### 2. クーリングポンドの底の堆積物と陸化した土の放射性物質

クーリングポンド（CP）はもともと蛇行して流れていたプリピヤチ川の河道を利用しつつ、掘削と堤防の建設によって作られた人工的な池である。長さ 11.5 km 幅 2.2km、深さ平均 6.6 m 最深で 14m の大きな池で、原発から遠い側を除いて長さ方向に半分に仕切られている。1～4 号機から排出される温まった冷却水が約 20km 一周し、冷却水の取込み口に達するまでに冷却されるような構造に作られている。池の水位は近くを流れるプリピヤチ川からポンプアップで補給され、池の方が 6m ほど高い水位に保たれていた。このポンプアップは 2000 年に最後まで動いていた 3 号機の運転停止後も続けられていた。しかし、ポンプが 2014 年に故障した際、ウクライナ政府はポンプの修理はしないという決定をし、ポンプの故障以降水位低下が継続している。水位低下によって最終的にはもとの CP の池底の地形に応じて、乾燥した陸、湿地、小さな池が形成されることになる。すでに小さい池に分かれ、かつての池底の浅い部分は陸化し、新たな陸地には陸上の植生が発達しつつある。

このような変化は、1986 年のチェルノブイリ原発事故で放出され池の底に堆積していた放射性物質の形態にも変化をもたらす。放射性物質の酸化還元の状態や、有機物や粘土粒子などの相互作用は、環境中での放射性物質の動きに影響する。例えば、福島第一原発の事故で経験された放射性セシウムでは土壤中で粘土粒子と結合することで農作物への取込まれにくくなるということ見られるように、放射性物質の形態は環境中の挙動を左右する重要な観点である。チェルノブイリの事故では核燃料その

ものが放出されており、事故をおこした原発から近い、汚染の程度が高い場所では土壤中にホットパーティクルと呼ばれる燃料粒子がみつまっている。福島では事故後数十年という単位で影響が残る比較的長い半減期のものはセシウム-137 であるが、チェルノブイリではそれ以外にも Sr-90 やアルファ線を出す核種がセシウム-137 と同等に考慮すべき濃度で放出されているのである。

燃料粒子の構造は、大気に豊富に存在する酸素との反応で分解され、その結果、環境中を移動しやすい形態に変化する。土壤中の燃料粒子が数年をかけて分解され、元々燃料粒子に閉じ込められていた Sr-90 が溶け出し、水中の濃度が上昇するという現象が過去には観察されている。燃料粒子は水を湛えていた CP の底でも存在が確認されていた。CP の底では酸素が不足するため燃料粒子は分解が進みにくく、陸上の土壤中に比べると長時間にわたって安定に存在していた。しかし、CP が干上がることにより、土壌で見られたのと同様なプロセスによって Sr-90 等の放射性核種が水に溶けやすくなることが予想される。つまり、事故で放出された後、CP の底で溶け出したりせず安定に存在していた燃料粒子に含まれる放射性物質が、CP の水位低下によって水に溶け出すと予想されるのである。ウクライナ水文気象研究所では CP の水位低下に伴う、CP 水中の Sr-90 濃度上昇を観測している。水中の Sr-90 上昇分は新たに出現した陸で分解が始まった燃料粒子が供給源なのか、陸化しないが水深が浅くなった池の底の酸化還元状態が酸化的に変化し、分解が進み始めた池底の燃料粒子から供給されたのか、あるいはその両方なのかはいずれははっきりするであろう。

2017 年にはこのプロジェクトで集中的に取り組む CP 内のサイトを設定し、筑波大の坂口准教授及び植松研究員により、CP 内の水の底や陸化した部分の堆積物及び土壌を数十点に及ぶ場所で採取が行われた。現在、この分野の研究を行ってきたウクライナ側の共同研究機関エコセンター、ウクライナ水文気象研究所、ウクライナ放射農業研究所で Cs-137 及び Sr-90 の分析が進んでおり、将来 Pu をはじめとする超ウラン元素の分析も行う予定である。

### 3. クーリングポンド周辺の地下水の流れ

クーリングポンド (CP) から水が外部に出る経路は蒸発と地下水としての流出である。CP の地下水は近隣を流れるプリピヤチ川に流れ

ている。CP の水の放射能濃度変化がおきれば、地下水の放射能濃度も変化することになり、結局河川の放射能濃度にも影響を与えることになる。さらに、地下水放射能濃度に影響を与えるのは、CP の濃度だけではない。CP の水位低下によって、CP 周辺の地下水流の流量や流向に変化が起きる可能性がある。例えば、事故を起こした 4 号機の地下を含む近隣の地下水流動の変化は、放射能の地下水を通じた移動につながると考えられる。これらの研究に取り組んできたウクライナ地質調査所 (IGS) と共同で、本プロジェクトでは福島大学共生システム理工学類の柴崎教授が理工学研究科博士後期課程の大学院生とともに取り組んでいる。

地下水流の変化を明らかにするにはなるべく多くの観測井での水位観測が欠かせない。チェルノブイリ立入禁止区域庁の下で環境管理を担っているエコセンターでは多数の観測井を管理しているが、本プロジェクトで新たに自記記録式の水位計を設置し、30 分または 1 時間に 1 回の測定を行う長期自動連続観測を開始した。さらに、CP の水位低下で出現した陸地に 2019 年の春には 3 カ所で新たに観測井を設置する計画である。既存の地質学的研究成果を参考に、3 カ所とも 80m ほどの深度まで全コア試料を採集するボーリングを行うこと、また、帯水層が 3 つの深度に分かれることが見込まれることから、3 カ所すべてについて、3 つの帯水層の観測井を設置する計画である。

### 4. クーリングポンドの中の水圏生態系

クーリングポンド (CP) に形成されていた水圏生態系も水位低下の影響で変化が起きていると考えられる。水位低下によって出現した陸地には、現在いくつかの種の二枚貝の貝殻が観察される。水中では、これらの貝類は生息しているし、もちろん魚類も 5 種以上の種が確認できる。ウクライナの水生生物研究所 (IHB) では年 4 回刺網を使用した魚類調査を、CP と CP よりやや上流で CP と同じプリピヤチ川右岸にある河跡湖であるアズプーチン湖及びプリピヤチ川左岸にあるグルボッカ湖とで長期的な調査を継続している。本プロジェクトでは、IHB ではカバーしきれていない CP 内の観測点で刺網等による魚類調査を実施する計画である。2018 年 7 月には、環境放射能研究所の和田准教授らによる刺網調査が 2 艘の動力付きゴムボートを用いて行われた。このとき、刺網では捕獲が困難な大型魚を捕獲するため、はえ縄による試験的な捕獲を実施した。乾燥によって出

現した陸地に前述の二枚貝だけでなく、大型のナマズの骨も確認されることがある。大型のナマズは、CP 内に目視によって確認されることもある。大型の魚類は水位低下の過程で起きた水質変化が体内の組織に化学的な変化として記録されている可能性がある。このような研究を視野に、はえ縄で大型の魚類捕獲を試みたのである。

その結果、先ず刺網では、ローチ、ラッド、チャブ、フナ、コイというコイ科の魚類とパーチ、パイクパーチというスズキ目の魚類が刺し網で捕獲された。これらは、IHB の調査で捕獲される魚種と同様である。大きい個体で 30 cm 程度であったが、パイクパーチは 1m 近い大きな個体も獲れることがあるようだ。大物を狙って一晩仕掛けた、はえ縄で、狙った通りヨーロッパナマズの 1.4 m と 1.6 m の 2 個体の捕獲に成功した。現在、放射能濃度測定がエコセンターで進められている。また、ヨーロッパナマズについては年齢査定等を行い化学的な記録の探索を試みる。

## 5. クーリングポンドの水位低下で形成された陸に生息する哺乳類

クーリングポンド (CP) では水位低下によって乾燥した陸地が形成され植生が発達しつつある。オオカミやヘラジカ、イノシシ等大型の哺乳類の足跡が湖岸の泥浜や砂浜に確認され、新たに形成された水辺の環境を利用しているものと思われる。しかし、大型の哺乳類であるイノシシを対象に福島大学では研究を行ってきている。

しかし、ここ数年の水位低下で新たに陸が形成される数キロからせいぜい 10km くらいのスケールでの CP の環境変化を考えると、行動範囲が比較的狭く、比較的小さなスケールの生息環境の影響を受けやすい小型の哺乳類を対象にするほうが、環境変化の影響を観察しやすい。つまり、ネズミ等小型の哺乳類が、CP の新たな環境に存在する放射能の影響をもっとも受けやすい哺乳類であると言えることができる。しかし、そもそも CP の新たな陸地にネズミ類等小型の哺乳類が生息し始めるかどうかは陸地の植生の状況や、既存の生息環境と新たな生息環境との間が、水や長距離の砂丘で隔離されていないこと等の条件が必要とである。

これらのことを背景にチェルノブイリの自然保護区域設定と管理とを行う機関、チェルノブイリ放射生態生物圏保護 (ChREBR) と 2018 年 4 月に打ち合わせを行い、2018 年 10 月には

ChREBR と共同で福島大学環境放射能研究所の石庭特任助教が野生ネズミ類の専門家として、ネズミの調査を開始した。これは、CP 内で行われる初めての系統的なネズミ調査である。

調査は、CP の堤防から陸続きに形成された新たな陸地 2 カ所で、一方は植生の発達が著しい場所と、もう一方は植生が発達しつつあるものの砂地や泥の地面がまだ見られる場所、さらにこれらに加えて CP に隣接する森林、の 3 カ所をネズミ調査サイトとした。それぞれについてネズミ類を捕獲するわなを 50 個ずつ設置し、一晩にかかるネズミ類を 2 晩以上繰り返し捕獲した。捕獲されたネズミ類についての詳細な分析は今後であるが、現在までのところ、CP 内の植生が未発達なサイトでは、4 個体が採取された。CP 内の植生発達が著しいところと隣接森林とではそれぞれ 5 種および 2 種が出現し、個体数は 21 および 20 個体が捕獲された。前者はこの 4 年のうちに形成された陸であるにもかかわらず、貴重種を含む予想以上に多様なネズミ類が捕獲された。

## 6. おわりに

以上、本プロジェクトのうちクーリングポンドにかかわる第 1 班の研究について紹介した。別の機会に他の班の研究活動やこのプロジェクトのためにキエフに開設した福島大学環境放射能研究所現地事務室についてもご紹介したいと考えている。もっとも、中間評価を受ける来年にはそれなりの進捗があり、記述の内容の深さはより深いものになってくるであろう。

本プロジェクトは環境放射能研究所の事務室の貢献も大きい。筑波大・県立医大それにウクライナ側の研究者の出張等の手続き業務や JICA・JST との諸事項の調整など研究活動に関わる事務的業務は相当な量である。さらに、SATREPS プログラムでは、相手国の技術支援のための機材供与や環境モニタリング体制の強化など対象国の社会実装がプロジェクトの重要な位置を占めている。具体的には今年度内に ICP-MS 等の機材供与を予定しており、通常の入札に関わる業務に加えて、日本からのウクライナへの輸出とウクライナ側での受入の手続き等、ウクライナ側の研究機関と仕様策定や納品に関わる協議を機器ごとに行ってきている。ボーリング調査と井戸掘削も機材供与と同様に仕様策定等が進んでおり契約段階にこぎ着けている。環境放射能研究所の事務部それに研究振興課及び財務課等の力も併せてこのプロジェクトは進められている。