

# 重点研究分野の概要

## (進捗・成果等の報告)

### 重点研究分野とは

「福島での課題解決」に結びつく研究を重点研究分野「foRプロジェクト」に指定しました。震災や原発事故による深刻な地域課題の解決に向け、研究が加速することが期待されま

ず。

#### (1) foR-F プロジェクト※

福島県の地域課題の解決に必要な研究であるとともに、国策としても重要な研究など、特に地域・社会ニーズが高いと認知されている、将来的に大学の価値を高める（大学の特色となる）ことが見込まれると学長が判断した研究を行うプロジェクト

#### (2) foR-A プロジェクト※

福島県の地域課題の解決に必要な研究を行うプロジェクト

※RはResearch、FはFuture、AはAreaの頭文字。

重点研究分野の概要  
(進捗・成果等の報告)

No	代表者	研究課題	
1	小山 良太	foR-Fプロジェクト	放射性物質循環系の解明と食料生産の認証システムに関する研究 (実施期間：平成27年4月1日～平成30年3月31日)
2	高貝 慶隆	foR-Fプロジェクト	福島第一原発の廃炉作業を加速・支援する難分析核種の迅速計測技術の開発に関する研究 (実施期間：平成27年4月1日～平成30年3月31日)
3	吉田 樹	foR-Aプロジェクト	「二層の対流」を促進するユーザー創発型地域交通のデザインに関する研究 (実施期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日)
4	高橋 隆行	foR-Aプロジェクト	共存型人支援ロボットの開発に関する研究 (実施期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日)
5	トーマス ヒントン	foR-Aプロジェクト	原発周辺地域における放射線被ばくが野生生物に与える影響の解明に関する研究 (実施期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日)

# 放射性物質循環系の解明と食料生産の認証システム

## に関する研究

(実施期間：平成 27 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

代表者 経済経営学類 教授 小山 良太

### ○成果の概要

本研究は、農業生産現場の多様性を踏まえてリスク評価に基づいた生産工程管理をしながら、食料の安全・安心を獲得することにより、持続可能な放射能汚染対策の構築を目指すものである。また風評を構造的に分析し、放射能汚染対策を生産から流通・消費まで体系立てて構築することで、その実効力を高めて、福島農業復興を描くことも目的としている。

まず本研究では、風評問題がなぜ発生するのかを明らかにするため、生産者に対するヒアリングを行うとともに、47 都道府県の消費者 WEB アンケート調査も行い、風評被害の問題分析を行った。また福島を訪れた外国研究者・実務者（中国・韓国・フランス・ドイツ・アメリカ・トルコ・ベトナム）にヒアリング調査を行い、福島原発事故の海外における情勢を調査した。またチェルノブイリ事故で被災したベラルーシ・ウクライナを訪問し、事故後 30 年間の復興施策を調査し、今後の施策のあり方を検討した。

生産現場の多様性を踏まえたリスク評価としては、コメや穀物を主たる対象としてセシウム吸収リスクを評価した。具体的には福島県内 600 ヶ所の土壌でソバスプラウトを栽培し、セシウムを直接吸収させるバイオアッセイをもって、放射能の吸収が進む圃場（生産環境）を特定した。また阿武隈山地を代表する花崗岩、霊山層を代表する玄武岩に着目し、それぞれセシウム吸収機構の違いを解明し、地質によるリスクも行った。

福島県下では、塩化カリウム肥料によるセシウム低減対策や全量全袋検査が行われ、3 年連続で基準値超過するコメが確認されなかったが、これらの対策には膨大なコスト（手間・費用）がかかることもあり、その必要性が争点となっている。本研究では、低減対策や検査を欠かしてはならない生産環境を特定することで、限られたリソースで確実性の高い放射能汚染対策を講じる体勢を提起するとともに、低減対

策や全量全袋検査の存続に関わる政策提言をした。

福島では震災から 7 年が経ち、帰還が本格化している。営農再開する地域では、今なお土壌の放射能計測や、実証栽培が不可欠である。本研究では、土壌を採取することなく現地リアルタイムで放射性セシウム濃度(Bq/kg)を計測できる機器(ATOMTEX 社の AT6101DR)の性能評価を行い、手引書を作成した。これらは帰還・営農再開される地域、除染後の農地の管理などで、大いに活用することができるだろう。

なお今年度は水田の有効活用策の一環として、地元松川地区の水田でコメ作りや日本酒づくりを試み、これを用いた 6 次産業化にするノウハウの蓄積、調査研究を行った。また裏磐梯や猪苗代における淡水魚類のモニタリングの他、野外教育レクリエーションやグリーンツーリズムに関する調査研究も行った。

### ○Ofor プロジェクトの指定及び財政的支援を受けた効果

従来コメは、カリウム肥料を用いた低減対策、ならびに全量全袋検査による放射能汚染対策が進められてきたが、現在その継続が争点化している。本研究では、土壌・水・大気毎にセシウム吸収リスクの評価を行い、それぞれのモニタリング体制のあり方、ならびに生産工程管理のあり方を検討した。こうした知見を踏まえて、JA グループ福島に営農指導のあり方を提言するとともに、福島県や国のヒアリングに応じ、政策策定プロセスに参画した。そして伊達市や福島市をはじめとした自治体の農業政策や、JA などの営農指導に反映され、持続可能な放射能対策の実装がなされている。消費者に対しても放射能汚染対策の説明力が高まり、風評被害の緩和が期待される。また帰還での営農再開時に、安全・安心な農作物を作る根拠を与える事ができ、営農再開を後押しすることが期待される。

こうした地域貢献活動は、福島県各地の自治体、JA グループとの関係強化につながり、食農

学類の発足を準備する中で、あらたな地域連携や研究のネットワーク形成に至った。また研究をベースに地域貢献活動を進める本研究の枠組みは、食農学類の研究・教育・地域支援活動の一つのモデルとなり、コンセプト作りの試行として有効であった。

### ○関連する研究実績

#### 【研究費など】

- ・ 科研『放射能汚染対策・風評対策としての検査態勢の体系化に関する研究』（基盤C）など
- ・ 行政の受託事業など（3年間で3200万円）
- ・ 民間の受託研究（3ヵ年で400万円）

#### 【論文など】

- ・ 小山良太「東日本大震災からの復興と地域研究-福島県における原子力災害研究に注目して-」、地域経済研究 33pp. 40-44
- ・ 石井秀樹「土壌-農協・生協・大学の協同組合間連携による主体的な放射能計測」『原発事故と福島の農業』（根本圭介 編 東京大学出版会）pp. 153-166

#### 【活動など】

- ・ 伊達市水稻試験栽培
- ・ おかわり農園におけるコメ作り、福島大学による純米吟醸「福」「結」（金水晶）

## 福島第一原発の廃炉作業を加速・支援する

### 難分析核種の迅速計測技術の開発に関する研究

(実施期間：平成 27 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

代表者 共生システム理工学類 准教授 高貝 慶隆

#### ○成果の概要

独自に開発しているカスケード型 ICP-MS による  $^{90}\text{Sr}$  計測分析技術に、昨年度、開発した新技術である「定量・回収率同時測定システム」を組み合わせて、福島第一原子力発電所 (1F) のサブドレイン浄化水およびサブドレイン水の分析に適合できるように実証試験を行った。また、その実証試験の実施に必要な地下水の系統把握の基礎データを取得するため、1F 内の 46 地点の地下水バイパス水を採取し、安定 52 元素と Cs と H-3 の放射能計測データをまとめた多変量解析から統計的な流域マップを作製した。この結果をサブドレインの模擬試料を選定するための指標として使用し、1F 内にて実際の汚染水を用いた実証実験を行い、良好な結果を得た。加えて現在のカスケード型 ICP-MS システムを改良した放射性ヨウ素 129 と放射性 Sr90 の多核種同時分析法に関する研究開発を実施し、その同時分析を可能とするハイブリットチャンバーを開発し、特許申請を行った。また、ラボオンバルブシステムを取り入れた放射性 Sr と放射性 Ni の連続分析技術の開発をポストクと共に検証実験を行った。

また、表面電離型質量分析装置 (TIMS) を用いる超微量 ( $1\mu\text{L}$ ) に含まれる  $^{90}\text{Sr}$  分析技術の開発を行った。同位体希釈法に基づくシステム設計を実施し、トータルエバポレーション法を活用した新しい技術の開発を行った。その結果、TIMS による検出効率を上げるための最適化を細部にまで実施することで検出効率を上げることに成功した。放射性同位元素を使用した試験の結果、超微量 ( $1\mu\text{L}$ ) の生体成分、例えば、涙などに含まれる  $^{90}\text{Sr}$  を検出下限値  $0.31\text{mBq}$  で検出することに成功した。

#### ○ofR プロジェクトの指定及び財政的支援を受けての効果

ポストクおよび教務補佐員 (実験系) の人件費に利用できたこと。会議や出張のために、実験や雑務ができない部分を代行して頂けた。研

究の進展とともに、不在が多くなり、学生の実験面での相談が停滞することがあったが、経験のあるポストクや教務補佐員がいることで研究開発が円滑に進むようになった。また、研究が廃炉研究や技術開発が習熟すればするほど (= 実用化に近づけば近づくほど)、経費が多くなり科研費や外部資金では捻出しにくい出張や物品、例えば、企業や特許事務所との打ち合わせや試作品作製等に利用できた。その他、国際会議の招待講演などにおいて、本予算が役立った。

#### ○関連する研究実績

##### I. 学術論文

- 1) 高貝慶隆\*, 古川真, 亀尾裕, 松枝誠, 鈴木勝彦, 分析化学(総合論文), 66(4), 223-231 (2017). “多段濃縮分離機構を備える ICP-MS による放射性ストロンチウム分析”. DOI: 10.2116/bunsekikagaku.66.223
- 2) 古川真, 高貝慶隆\*, Radioisotopes, 67(1), 17-30 (2018). “ICP-MS によるストロンチウム 90 の迅速分析法-半減期が数十年の  $\beta$  線放出核種の高速自動分析-”, DOI: 10.3769/radioisotopes.67.17 (総説)
- 3) A. Ayala, Y. Takagai\*, *Analytical Sciences*, 34(3), 387-390 (2018). “Sequential Injection Analysis System Exploiting On-line Solid-phase Extraction for the Determination of Strontium and Nickel by Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometry”, DOI: 10.2116/analsci.34.387
- 4) M. Furukawa, M. Matsueda, Y. Takagai\*, *Analytical Sciences*, 34(4), 471-476 (2018). “Ultrasonic Mist Generation Assist Nitrogen-Argon Gas Mix Effect on Radioactive Strontium Quantification by Online Solid-Phase Extraction with Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry”, DOI:

10.2116/analsci.17P483

注: アスタリス(\*) は代表著者 (corresponding author)

## II. 国際会議発表

- 1) C. Ito, T. Miyazaki, K. Suzuki, S. Wakaki, Y. Takagai, “Thermal Ionization Mass Spectrometric Quantification of Radioactive Strontium-90 Using Isotope Dilution-Total Evaporation Method”, Pittcon 2018 conference & Expo (Orlando, USA), 2018. 2. 27. [920-7]
- 2) M. Furukawa, H. Ogata, Y. Takagai, “The Development of New Type of Cyclonic Spray Chamber for ICP-MS or ICP-OES Combining Both Advantages of Gas Based Sample Introduction and Coaxial Nebulizer”, Pittcon 2018 conference & Expo (Orlando, USA), 2018. 2. 27. [1030-39]
- 3) H. Ogata, M. Furukawa, Y. Takagai, “Simultaneous Quantitative Analysis of Radioactive Strontium and Radioactive Iodine by Cascade Type ICP-MS in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant”, Pittcon 2018 conference & Expo (Orlando, USA), 2018. 3. 1. [2180-6]
- 4) M. Odashima, M. Furukawa, K. Suzuki, Y. Takagai, “Online Solid Phase Extraction with Isotope Dilution ICP Mass Spectrometry of Radioactive  $^{90}\text{Sr}$  and Its Application to Radioactive Waste Water in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant”, 7th Asia-Pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry (APWC), (Matsue, Shimane), 2017. 11. 13 [備考] Analytical Sciences Young Scientist Presentation Award 受賞 (for M. Odashima) (90 件中 3 件)
- 5) W. L. Hinze, Y. Takagai, R. Miura, A. Endo, H. T. Thi, “Surfactant mediated one-pot synthesis with in situ preconcentration of metal nanomaterials using thermoresponsive zwitterionic type surfactants”, 254th ACS National Meeting & Exposition (Washington DC, USA), 2017. 8. 22. 【招待講演】
- 6) W. L. Hinze, Y. Takagai, A. Endo, R. Miura, H. T. Thi, L. Zhang, D. J. Kippenberger, R. P. Frankewich, J. M. Braun, “Surfactant Mediated Extraction as a Means of Synthetic and Sample Preparation and Preconcentration”, The 41st

International Symposium on Capillary Chromatography & the 14th GCxGC Symposium (Texas, USA), 2017. 5. 14-19. 【招待講演: Keynote speaker】

## III. 学会発表

- 1) A. Alejandro, Y. Takagai, “On-line solid-phase extraction for sequential determination of strontium and nickel by microwave plasma atomic emission spectrometry”, 第 77 回日本分析化学会討論会 (京都) 2017. 5. 27
- 2) 尾形洋昭, 古川真, 高貝慶隆, “スプリット流路を利用するカスケード型 ICP-MS 法による放射性ストロンチウムと放射性ヨウ素の同時定量分析”, 第 77 回日本分析化学会討論会 (京都) 2017. 5. 27
- 3) 永作美有, W. L. Hinze, 高貝慶隆, “曇点抽出法を利用する銀ナノ粒子のワンポット合成と両性イオン界面活性剤相への超高密度濃縮法の開発”, 第 77 回日本分析化学会討論会 (京都) 2017. 5. 27 [備考] 永作: 若手ポスター賞 (112 件中 6 件)
- 4) 尾形洋昭, 古川真, 高貝慶隆, “ICP-MS による放射性 Sr と放射性 I の 2 核種同時分析”, 平成 29 年度日本分析化学会東北支部若手交流会 (仙台) 2017. 7. 14 [備考] 尾形: 優秀ポスター賞 (19 件中 4 件)
- 5) 永作美有, W. L. Hinze, 高貝慶隆, “銀ナノ粒子のワンポット合成とマイクロ相への高密度パッケージ”, 平成 29 年度日本分析化学会東北支部若手交流会 (仙台) 2017. 7. 15 [備考] 永作: 優秀ポスター賞 (19 件中 4 件)
- 6) 阿部未姫, 佛願道男, 五十嵐淑郎, 高貝慶隆 “ウランイオン除去を目的としたデスフェリオキサミン B 固定化マイクロポリマーの開発”, みちのく分析科学シンポジウム 2017 (弘前) 2017. 7. 22 [備考] 阿部: 最優秀ポスター賞 (22 件中 1 件)
- 7) 小田島瑞樹, 古川真, 鈴木勝彦, 高貝慶隆, “検量線が不要な放射性 Sr のカスケード型 ICP-MS 分析と福島第一原発の原子炉建屋滞留水への応用”, 日本分析化学会第 66 年会 (東京) 2017. 09. 11.
- 8) 伊藤千尋, 宮崎隆, 若木重行, 鈴木勝彦, 高貝慶隆, 表面電離型質量分析計を用いる, 放射性ストロンチウム分析への挑戦, 2017 年度同位体比部会 (静岡) 2017. 11. 9 [備考] ポスター発表賞
- 9) 下出凌也, 宮崎隆, 若木重行, 鈴木勝彦,

高貝慶隆, “表面電離型質量分析計の Sr 分析におけるフィラメント表面の状態変化の観察～Sr イオン化の Ta アクチベーターの効果～”, 日本質量分析学会 同位体比部会 (静岡) 2017. 11. 09.

#### IV. 特許

##### 1) 試料導入部品及び試料導入方法

発明者: 高貝慶隆, 古川真, 尾形洋昭,  
出願人: (株)パーキンエルマージャパン, 福島大学  
出願番号: 特願 2017-129673,  
出願日: 平成 29 年 6 月 30 日

#### V. その他:

・シンポジウム発表: 6 件  
外部資金: 文科省 国家課題対応型研究開発推進事業 (廃止措置研究・人材育成等強化プログラム) (代表者), 平成 27~31 年度 (中間査定有り), 代表・高貝慶隆 「マルチフェーズ型研究教育による分析技術者人材育成と廃炉措置を支援加速する難分析核種の即応的計測法の実用化に関する研究開発」, 研究経費: 計 30,000 万円 (各年査定あり)

# 「二層の対流」を促進するユーザー創発型地域交通のデザイン に関する研究

(実施期間：平成29年4月1日～平成30年3月31日)

代表者 経済経営学類 准教授 吉田 樹

## ○成果の概要

平成29年のfoR-Aプロジェクトは、計画的に整備される鉄道や広域的な路線バスを補完する「小さな交通」のうち、ユーザー同士の結びつきにより成立する「ユーザー創発型」の形態に着目して、その成立要件を示すことが第一の目的であった。

はじめに、前年度のfoR-Aプロジェクトの成果に基づき、一人あたり運賃を固定しない通常のタクシーにおいて、利用者による自発的な相乗りが成立する条件を協力ゲームの理論を用いて検討した。タクシーの一般的な運賃体系である「時間距離併用制」(いわゆるメーター運賃)を用いて、個々に乗車した場合の合計運賃よりも、相乗りした際の運賃の方が廉価であれば相乗りが成立すると仮定したうえで、相乗りが成立した場合に、運賃を割引するシナリオも考察した。その結果、割引率が30%になると、全ての試行(ケース)で、2人の相乗りが成立したことから、運賃低廉化により、利用者同士の自発的な相乗りが成立しやすくなる一方、3人の相乗りが成立するのは、割引率が30%のケースでも約半数の試行に止まり、運賃だけのインセンティブでは、より多くの相乗りが発生しにくいことも分かった。さらに、相乗り時の運賃割引がなくても、メーター運賃で不確実となる「時間制運賃」の部分が排除され、運賃が目的地までの距離に応じて固定的(定額)になることで、相乗りが促進される可能性も明らかになった。

次に、上記の分析結果を踏まえ、白河市と南相馬市で、タクシー定額制に関わる社会実験(南相馬市は、「みなタク」事業として本格実施)を行い、利用者間の相乗りが成立する需要の時間的・空間的条件の分析を試みた。両市とも、市街地内に指定した目的地と自宅との往復を基本として、近隣住民との相乗りを可能とするスキームとしたが、白河市のケースでは、約2ヶ月半の実証実験期間中に、延べ70トリップの利用に止まった一方、南相馬市の場合は、本

年2月1日から会員登録受付を開始し、3月1日から利用を開始したが、市内居住者に会員を限定しているにもかかわらず、本年4月10日時点で、会員数が5,000人を突破し、市内の各タクシー会社で、一日30トリップ以上に対応している状況にある。両市における最大の違いは、運賃の設定(白河市は往復セットが必須、南相馬市は片道のみ)であるが、南相馬市の配車データが想定よりも膨大であり、平成30年度も、引き続き分析を進める必要がある。

本プロジェクトのもう一点の目的として、旅行者行動分析に基づく、新たな観光モデルコースの造成手法の構築が挙げられる。前年度に商品化された「おちょこパス」(会津若松市)を事例に、スマートフォンアプリ「東北桜旅酒蔵旅ナビ」の履歴を分析し、「おちょこパス」利用者の回遊性向上をもたらすためのモデルコースのターゲットングを行った。その際、アプリ上のモデルコースに掲載された協賛店を訪問する傾向が高いことが明らかにされたことから、東山温泉など、「おちょこパス」の利用ができる「まちなか周遊バス」の沿線地域で協賛店の選択肢を増やすことを試みた。平成29年8月には、経済経営学類吉田ゼミ生に協力を依頼し、協賛店の拡大を図るための調査を実施し、アプリの改修などを経て、本年3月21日にモニターツアーを実施した。GPSロガーやアプリによるログ解析の結果、立寄り先の拡大を確認され、旅行者行動に基づく「ユーザー創発型」の観光コースの造成に向けた手法の検討方法を整理することができた。

## ○foRプロジェクトの指定及び財政的支援を受けての効果

foR-Aプロジェクトによる採択をいただいたことで、主に三点の効果が得られた。

第一に、研究成果の発表による、学会賞の受賞である。昨年8月に日本福祉大学で行われた「第20回日本福祉のまちづくり学会全国大会」において、foR-Aプロジェクトに関連した研究



報告を行った結果、大会優秀賞を受賞することができた。

第二に、本プロジェクトがターゲットにしてきた「小さな交通」の実証例が、福島県内各地で見られるようになってきたことである。特に、南相馬市で、本年3月より開始された、タクシー定額サービス「みなタク」はfoR-Aプロジェクトの研究成果を素地として制度設計されているが、事業の実施に際し、白河市で実証実験した「より道きっぷ」のデータやリーフレットなど、実務的な蓄積が得られていたことが、タクシー会社や議会との合意形成に大きく貢献した。また、同様の実証実験を県外（例：北海道運輸局）で展開したいという問い合わせもあり、研究が進めやすい環境を整えることができている。

第三に、学生教育と一体にしたプロジェクトの実施により、県内外の注目を集めることができたことである。一例として、会津若松市の「おちよこパス」に関しては、今後、ターゲット層やエリアの拡大を県（商業まちづくり課）の協力を得ながら進められる可能性が出てきたほか、学生との交通まちづくりプロジェクトについて、山形市が平成29、30年度と連続して、本学に研究委託を行う予定である。

## ○関連する研究実績

[外部資金]

- 2017年8月～2018年3月、大都市における観光バス駐車対策の多面的評価、公益財団法人東京都道路整備保全公社提案公募型研究（公益財団法人東京都道路整備保全公社）、代表、4,319,266円
- このほか、受託研究費（2件；計808千円）、受託事業費（1件；69,995,580円）。

[論文]

1) 吉田 樹, 避難自治体における地域公共交通網の課題と再建構想, 運輸と経済, 78(3), pp.67-76, 2018.

2) Yoshida, I., Fukumoto, M., Kato, H., REQUIREMENTS OF PUBLIC TRANSPORT PLANNING TAKING INTO CONSIDERATION THE RESPONSE IN CASES OF WIDE-SCALE DISASTER, Journal of JSCE, 5, pp.321-334, 2017.

DOI:

[https://doi.org/10.2208/journalofjsce.5.1\\_321](https://doi.org/10.2208/journalofjsce.5.1_321)

3) 吉田 樹, 生活交通としてのタクシーの選択性向上に関する実証分析, 交通工学発表会論文集, 37, pp.575-581, 2017.

[学会発表]

4) 吉田 樹, 地域公共交通活性化の戦略と実践—生産的なネットワーク構築のために—, 第41回都市計画セミナー（日本都市計画学会）招待講演, 2018年1月24日, 東洋大学（東京都文京区）

5) 吉田 樹, タクシーを活用したモビリティ確保策の導入適性と諸問題, 日本福祉のまちづくり学会第20回全国大会, 2017年8月9日, 日本福祉大学（愛知県東海市）

6) 吉田 樹, 「くらしの足」としてのタクシー活用の課題と可能性, 第55回土木計画学研究発表会, 2017年6月10日, 愛媛大学（愛媛県松山市）

## 共存型人支援ロボットの開発に関する研究

(実施期間：平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

代表者 共生システム理工学類 教授 高橋 隆行

### ○成果の概要

研究代表者は福島大学に着任以来、倒立振子型人支援ロボット i-Pentar の開発を継続的に実施し、これまで関連技術を含め多くの実績を挙げてきた。本研究は、i-Pentar の実現を目指した研究を推進し、併せて関連する要素技術の研究開発およびその応用研究を行うことが目的である。

本年度は、これまで開発・改良を続けてきた、コーティング式接触センサ、立体カム機構、クラウン減速機構に加え、昨年度企業と連携して開発した小型高トルクモータを統合し、i-Pentar 用の小型軽量ロボットハンドの基本的なメカニズム設計を完成させることを目標とした。本年度の研究は、関連する研究業績に示したように、外部研究資金の獲得 6 件、担当学生を受賞 1 件、特許 2 件、国内会議論文 14 編、国際誌投稿準備中 2 件の成果につながった。以下、主要な内容について箇条書きでまとめる。

(1) コーティング式接触センサでは、1 次元モデルを拡張して 2 次元センサのモデル化を進めた。センサが 2 次元になった場合、その電極配置や信号処理手法は格段に自由度が増えるため、その研究開発を実機の試作・評価で行うことは時間的・費用的に困難度が大幅に増加する。開発したモデルを使ってコンピュータ上でシミュレーションを行うことで、研究の効率化に大きく貢献する。なお、1 次元センサのモデル化に関する研究は、担当学生を受賞という成果につながった(受賞[1])。また、基材をこれまでの金属からゴムに変更したセンサを試作して評価を行っている。これは、ロボット表面が柔らかい素材で覆われている状況を想定したものである。

(2) 立体カム機構については、企業との共同研究により、これまでの 1 軸動作から 2 軸動作が可能な機構への拡張に成功した。その成果は 2 件の特許出願につながった。バックラッシュの無い 2 次元関節機構は他に無く、様々なロボット機構への応用が期待できる。

(3) クラウン減速機構については、基本性能は目標を達成したものの寿命が目標の 1000 時間に達せず(現在 800 時間程度)、ハンドの基

本メカニズム設計を完成させるまでに至らなかった。

(4) 小型高トルクモータについては、昨年度の試作結果を基礎として、さらなる高トルク化を目指した改良を行った。その結果、直径 12mm で、停動トルク 15mNm 以上、発生トルク 0.6mNm の時の回転数 5600rpm 以上、という目標のハンドを実現するために必要な仕様を満足できるモータの試作に成功した。

### ○foR プロジェクトの指定及び財政的支援を受けた効果

foR プロジェクトの財政的支援を受けたことによる最も大きな効果は、研究員(プロジェクト)を雇用できた点である。本研究テーマは、i-Pentar 本体のシステム開発に加え、さまざまな要素技術開発が複雑に絡む大きなテーマであり、関わる学生も多い。雇用した研究員は、高度な専門的知識を活用して i-Pentar の具体的な研究開発を担うとともに、研究代表者との緊密かつ多面的な協力体制を構築することで、研究の推進ならびに学生教育の両面で大きな効果を挙げている。

また、本プロジェクトの成果を活用して、雇用した研究員が平成 29 年度科研費(若手研究(B))に採択されるなど、後進の育成にも寄与している。さらに foR プロジェクトの指定を受けることにより、本研究の重要性に関する対外的な説得力が向上した。

### ○関連する研究実績

#### 【外部資金研究】

日本学術振興会・科研費 B	1 件	12,800 千円
共同研究費	2 件	5,857 千円

#### 【受賞】

[1]若手優秀講演フェロー賞(共同で研究を実施した大学院生(北島諒一),論文[2][3]),一般社団法人日本機械学会(H30.6授賞式)

【論文等】

- [1] Canete Luis・高橋隆行, Cooperative Object Lifting for a Wheeled Inverted Pendulum Assistant Robot, 第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3E1-07, 2017.12, (仙台国際センター)
- [2] 北島諒一・Luis CANETE・高橋隆行, コーティング式触覚センサの開発 ～円筒曲面塗布型センサ実現可能性の検討～, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017, 1A1-N01 (CDROM), 2017.5, (郡山 (ビッグパレットふくしま))
- [3] 北島諒一・Luis CANETE・高橋隆行, コーティング式触覚センサの開発 ～センサモデルの改良～, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017, 1P1-N01 (CDROM), 2017.5, (郡山 (ビッグパレットふくしま))

他 国内学会発表済み 11 件, 国際誌投稿準備中 2 件

# 原発周辺地域における放射線被ばくが 野生生物に与える影響の解明に関する研究

(実施期間：平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日)

代表者 環境放射能研究所 特任教授 トーマス ヒントン

## ○成果の概要

本研究プロジェクトは、放射線汚染後、地域住民の最大関心事項であると考えられる放射線の生物への影響について正しい情報を提供し、住民の不安を和らげることを目的として、原発周辺地域に生息する野生動物（魚類および哺乳類）をヒトの代替モデルと位置づけ、①放射性セシウムの体内蓄積量の測定、②被ばく線量の測定、③放射線が遺伝子に及ぼす影響について解析を実施した。

①放射性セシウムの体内蓄積は、環境から生物へのセシウムの移行を把握する上でも重要な測定項目である。大熊町の池で捕獲された魚類（75 個体）のセシウム蓄積量は平均 3,480 Bq/kg（最小 450 - 最大 5,700）、浪江町で捕獲されたイノシシ（19 個体）は平均 1,500 Bq/kg（最小 150 - 最大 4,700）、浪江町および大熊町で捕獲されたアカネズミ（15 個体）は平均 11,600 Bq/kg（最小 1,600 - 最大 29,000）を示し、7 年が経過した現在においても高いセシウム蓄積量を維持していることが明らかになった。

調査対象 3 種のうち最も高い蓄積量を示したアカネズミについてメタゲノム解析を用いた餌生物リストを作成したところ、植物・動物・菌類から多様な生物種を採餌していることが明らかになった。今後は作成した餌リストから、高いセシウム蓄積量に最も寄与する生物種を特定していくことで、森林環境内でセシウムが集中しやすい生物のホットスポットを明らかにし、除染や森林管理に有効な情報を提供できる可能性がある。

②被ばく線量の測定では、イノシシに GPS 付き線量計を装着し、1 時間毎に位置と線量情報を取得した。その結果、1 日の中で線量の低い民家から高い森林内まで頻繁に移動を繰り返す、外部被ばく線量は 2 から 50  $\mu$ Gy/h を示した。既存研究のような捕獲地点周辺で計測する線量は実測値から大きく異なっている可能性が示唆された。アカネズミでは、小型の光刺激

ルミネセンス（OSL）線量計を装着して数日間放逐し、外部被ばく線量を測定した。さらに齢査定から、生涯外部被ばく線量を推定した値は 52 から 340 mGy であり、内部被ばく線量の 5 から 95 倍高いことが明らかになった。

③遺伝子に及ぼす影響では、イノシシ血中の染色体損傷を示す二動原体染色体の評価手法を確立した。この手法を野外で捕獲したイノシシに適用したところ、二動原体染色体の出現頻度は捕獲場所の線量に比例して増加した。さらに、イノシシの血液に実験的に様々な強度の放射線を照射させて二動原体染色体解析を行い、被ばく線量と染色体損傷との反応検量線を作成することに成功した。この検量線によって、GPS 線量計を用いることなく、二動原体染色体の解析から精度の高い被ばく線量の推定が可能になり、より多量のサンプリングを効率的に実施することができる。

また魚類では、受精をしていないコイの無精卵から DNA を抽出し、マイクロサテライト遺伝子座を解析する手法を確立することができた。すなわち、魚類とその個体が持つ卵の遺伝子を比較することで、次世代への突然変異率を調べることが可能となった。今後は、これら手法を充実させ、①と②から得られる放射線被ばく量が次世代の遺伝子変異に及ぼす影響について検証を行い、その成果をわかりやすく公開することで地域住民が抱える不安の払拭に務めていく。

## Ofor プロジェクトの指定及び財政的支援を受けての効果

foR プロジェクトの支援によって、長期モニタリングが必要な被ばく線量評価を継続し、特にセシウム蓄積量が高いアカネズミの食性調査を行いその理由を探る突破口を作ることができた。さらに、放射線によって起こる DNA 突然変異および染色体損傷の評価手法を確立できたことは、地域住民が最も不安を抱く生物へ

の放射線影響を明らかにする重要な研究を加速することに繋がった。

また、本プロジェクトの支援によって、IER 設立後初めて東京都で第 5 回研究活動懇談会（11 月 25 日、日本科学未来館、参加者 117 名）を開催した。福島大学の知名度向上への寄与とともに、放射線への人々の関心の高さが明らかになり、本研究の継続とさらなる発展の必要性が示された。

### ○関連する研究実績

平成 30 年度基盤研究(B)一般(13,400 千円)「長期的な低線量被ばくが野生生物に及ぼす遺伝的影響の評価」【分担：石庭寛子】

福島第一原子力発電所事故後に逸出したブタはニホンイノシシへの遺伝子汚染をもたらしたのか。保全生態学研究（採録決定済み）

【共著：トーマス G. ヒントン】

第 5 回研究活動懇談会「福島の避難区域の野生生物のいま」（平成 29 年 11 月 25 日、東京都）【講演：トーマス G. ヒントン、和田敏裕】

日本生態学会東北地区大会公開シンポジウム

「原発事故が福島の野生生物にもたらしたこと—その回復過程と今後の課題—」（平成 29 年 11 月 4 日）【講演者：和田敏裕、石庭寛子】

学会発表 20 件