

国際科学技術共同研究推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「地球規模の環境課題の解決に資する研究」

研究課題名「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」

採択年度：平成28年度/研究期間：5年/相手国名：ウクライナ

## 平成30年度実施報告書

### 国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

平成29年4月1日から令和4年3月31日まで

### JST側研究期間<sup>\*2</sup>

平成28年6月1日から令和4年3月31日まで

(正式契約移行日 平成29年4月1日)

\*1 R/Dに基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：難波 謙二

福島大学環境放射能研究所/共生システム理工学類・教授

# I. 国際共同研究の内容 (公開)

## 1. 当初の研究計画に対する進捗状況

### (1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	平成 28年度 (8ヶ月)	平成 29年度	平成 30年度	平成31年・ 令和元年度	令和2年度	令和3年度 (12ヶ月)
1. クーリングpond水位低下にともなう環境変化の把握と予測						
1-0 モニタリングのワーキンググループをつくり、技術力の診断・適所に配置する	拠点確定・ 作業分担	モニタリング手法の確立 予備調査		モニタリング改善・効率化 サンプリング		情報整理・ 取り纏め
1-1 Pond内の水および堆積物の汚染状況を把握する。	研究計画策定	試料採取地点決定	分析法確立・試料分析			
1-2 地下水系を把握する。	研究計画策定	観測地点設定	モニタリング手法の確立・改善	井戸掘削		
1-3 水圏、水辺の生物中放射性物質濃度を把握する。	研究計画策定	観測地点設定	サンプリング・試料分析			
1-4 Pond内の放射性核種の移行・挙動を予測する。	研究計画策定	文献調査・ 地点決定		モデルパラメータ算出 モデルシミュレーション		
1-5 地下水系の変化を予測する。	研究計画策定	情報整理・入力データ準備		モデルシミュレーション		
1-6 水圏と水辺の生態系への影響を評価する。	研究計画策定	文献調査	生物への移行・線量評価・シミュレーション			
1-7 天然試料の継続的なサンプリングと分析を行う。	研究計画策定	地点決定	サンプリング・分析			引継ぎ
2. 新しいゾーニング設定のためのモニタリング手法確立とモデルに基づく影響予測						
2-0 立入禁止区域モニタリングのワーキンググループをつくる。	拠点確定 作業分担	研究会議開催				情報整理・ 取り纏め
2-1 放射性物質の土壌中の側方・下方移行特性と初期降水量および土地利用の関連について定量化する。	研究計画策定	観測地点設定	土壌調査・分析	モデリング		

2-2 河川・湖沼における放射性物質の移行量をモニタリングし、モデリングを行う。	研究計画策定	観測地点設定	モニタリング・サンプリング・分析	モデリング		
2-3 森林生態系における放射性物質の存在量を定量化する。	研究計画策定	観測地点設定		モデリング		
3. 広域的モニタリング・モデリングに基づく環境影響評価手法の確立						
3-0 現地機関とモニタリング実施体制の検討グループを組織し、モニタリングおよびデータアーカイブ計画を策定する。	拠点確定 作業分担		研究会議開催		情報整理・ 取り纏め	
3-1 ChEZ内におけるモニタリングシステムの構築およびモニタリングデータベース作成により放射性エアロゾルの起源を特定する。	研究計画策定	観測地点設定	モニタリング	モデリング		
3-2 キエフ市内におけるモニタリングシステムの構築およびモニタリングデータベース作成により放射性エアロゾルの時間変化およびその原因を特定する。	研究計画策定	観測地点設定	モニタリング	モデリング		
3-3 大気拡散モデルが構築され、大気環境における放射性エアロゾルの影響が評価される、検証を行う。	研究計画策定	観測地点設定	モニタリング	モデリング		
4. 環境回復および放射線防護に関する提言						
4-0 提言書作成に関わる人員のネットワークをつくる。	拠点確定 作業分担		合同調整委員会(JCC)会議		情報整理・ 取り纏め	
4-1 ウクライナ政府関係者への下記提案書の提出 (1) 福島避難区域 (2) 福島における環境修復技術 (3) ChEZゾーニングに関する結果 (4) 環境修復に関する規制文書に対する推奨事項			準備(合同調整委員会・シンポジウム等で打合せ)		提案書提出	
4-2 ウクライナ政府機関・研究機関関係者の福島での見学・セミナーなどを開催する。	研究計画策定	福島シンポジウム(年1回)、政府関係者・研究者との意見交換	ウクライナ側学生・若手研究者の受入れ			

## (2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

研究題目 1 では、クーリングポンドの水位低下が既に進行しており、相手国研究機関との議論の結果早急な試料採取が必要であるという結論に至ったため、計画を前倒しし平成 29 年度中に一部の試料の採取と分析を開始した（研究題目 1-1）。地下水系の調査に関しては、観測井掘削の契約と安全管理の交渉が難航したため、計画を遅らせ令和元年度中の掘削完了とモニタリング開始に変更した（研究題目 1-2）。哺乳類の調査については、当初は大型哺乳類を対象とする予定であったが、ウクライナ側研究者と近年の研究動向を勘案するなど協議を重ねた結果、研究対象としてより重要と考えられるようになってきた小型哺乳類に変更することとし、日本側からは新規研究者を参入させ、平成 30 年度内に試料採取と分析を開始した（研究題目 1-3）。

研究題目 2 では、すべての活動項目について調査地点の決定を行うことができたため、前倒ししてモニタリング・サンプリング・森林調査を開始した（2-1、2-2、2-3）。

研究題目 3 では、グループリーダーの交代に加え、観測装置設置場所の交渉に一部不調があったため、モニタリングを平成 30 年度内の開始とした（3-1、3-2、3-3）。

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト（公開）

### (1) プロジェクト全体

#### ・成果目標の達成状況とインパクト等

平成 30 年度は、当初の全体目標「チェルノブイリ周辺地域における放射性核種動態のモニタリングおよびモデルシミュレーション手法の確立」に向けて活動を継続した。プロジェクト全体としては、下記の 5 点について目標達成に結び付く成果を上げることができた。

#### 1. 共同研究の実施（継続）

平成 30 年度は、5 月に福島でシンポジウムを開催したほか、4 月と 7 月にキエフで合同調整委員（JCC）会議を開催し、日本側とウクライナ側とがプロジェクト全体の共同研究の方針を協議した。平成 29 年 5 月に開催したキックオフミーティング以後の研究進捗を確認した上で、各カウンターパート機関と環境モニタリングの継続と試料採取・試料分析手法の改善に向けた今後の研究方針を打ち合わせた。全体の協議の後、各研究課題に分かれて研究の方針を協議し、全体と各研究課題の整合性を持たせるように努めた。

#### 2. 研究機材の投入

平成 30 年度に、大型（高額）供与機材のうち自動採水器は納入が完了し、ICP 質量分析計は購入契約を結んだ。今後速やかにこれらの機材の使用方法についてウクライナ側に技術移転を行い、環境モニタリングと試料の放射性核種分析の効率化、低コスト化を進める。

#### 3. 相手国（ウクライナ）受け入れ態勢の拡充

本プロジェクトのウクライナ経済発展省への事業登録は平成 30 年度も継続され、ウクライナ国内において国際共同研究を円滑に行うことができた。（事業登録は令和元年度以降も継続する予定である。）

チェルノブイリ立入禁止区域 (ChEZ) 内では、ECOCENTRE が拠点として日本側研究者を受け入れ、ChEZ 内の円滑なフィールド調査への全面的な技術提供やモニタリング機材の整備やデータの取得を行った。ChEZ 内で採取した試料の放射性核種等の分析には、ECOCENTRE の他、UIAR、UHMI、IHB 等が協力した。また、UIAR と UHMI は日本側研究者の滞在を受け入れ、日本側研究者が施設を使用し試料処理や分析の改良等を行った。UHMI は事務室を提供し、プロジェクトの試料処理、分析、データ解析、観測機材の保管や日本側研究者の研究打合せ等で利用した。

現地調整役 1 名 (福島大学職員) が、平成 29 年度に引き続き 30 年度も、キエフ市内の現地事務所に常駐し、プロジェクト登録、供与機材の輸送・通関、その他研究用機材の調達、ChEZ の現地調査等研究活動の調製等、日本側研究者のウクライナでの活動に不可欠な調整を担った。

#### 4. 人材育成

下記「日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等」に記載した。

#### 5. 国際交流関連

相互渡航・シンポジウムなどの開催計画：平成 30 年 5 月 11～16 日に福島大学において国際シンポジウムおよび現地見学を企画・開催した。ウクライナ経済発展省大臣とチェルノブイリ立入禁止区域管理庁長官ほか 12 名のウクライナ側行政関係者および研究者が来日し、シンポジウムにてチェルノブイリ事故汚染地域の管理や放射性核種のモニタリング、分析等の経験等を講演した。その後、研究題目ごとに分かれて、本プロジェクトの進捗や今後の方針について協議した。また、福島県内の自治体、研究機関を訪問し、野外モニタリングサイトを見学し、東電福島第一原発を視察した。福島第一原発以後の立入禁止区域の管理や放射線防護に関する日本側の取り組みについて情報共有できた。

#### ・プロジェクト全体のねらい (これまでと異なる点について)

当初の計画からの大きな変更はなく、チェルノブイリ原発クーリングポンドの水位低下後に伴う環境中の放射性核種の動態を解明し、チェルノブイリ立入禁止区域内の森林・河川・湖沼でのモニタリングを継続し、森林火災による放射能リスクの低減に資する科学的知見を提供することをプロジェクト目標として研究を行っている。そしてモニタリングとモデリングで得られた知見に基づいて、ウクライナ行政機関によるチェルノブイリ立入禁止区域の再編と管理方法の改善に関して提言を行うことを上位目標としている。

#### ・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性 (これまでと異なる点について)

当初の成果目標から大きな変更はなく、チェルノブイリ災害後 33 年以上が経過した地域において、環境中の放射性核種を観測することにより、長期的な放射性核種の動態や移行を解明することが重要点である。チェルノブイリ立入禁止区域と福島第一原発事故被災地域との間で、環境中の放射性核種の動態の特徴を明らかにし、被災地域の持続的な管理方法について比較することに新規性

がある。この比較により、両地域の環境管理技術に関する理解を向上させることが重要である。加えて、潜在的な原子力災害被災地域における、原子力防災や将来予測および将来設計に資する情報を提供することができる。

- ・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)

日本側から福島大学の12名、筑波大学の7名、福島県立医科大学の1名が参画し、各研究題目のリーダーが指揮し代表研究者の難波教授が全体を統括する形で運営している。計20名のうち、9名が42歳以下の若手研究者である。平成30年度から福島大学の1名と筑波大学の1名が新たに参加した。20名のうち2名はプロジェクト研究員(ポスドク・若手研究者)である。2名とも国際会議で本プロジェクトについて発表した他、査読付き国際誌へ投稿し、成果報告を進めている。もう1名の研究員を早急に採用できるよう引き続き公募を行っている。加えて、在ウクライナ現地調整役1名が参加している。

平成30年度は計12回、日本側の研究代表者がウェブ会議を行い、研究進捗の確認、問題点の共有を図った。今後とも継続予定である。また、これらの会議後に議事録を作成し、ウェブサイトのメンバーページに、参画研究者が随時確認できるように保存している。

- ・人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

さらに、日本側で協議した結果、平成30年度に研究題目1の水文班から福島大学大学院生1名をウクライナに派遣、研究題目2の河川モニタリングに関して、筑波大学学生1名をウクライナに派遣した。両学生ともChEZで野外調査・モニタリングを行った。

平成30年度7月11～30日に、UIARとUHMIから計2名ウクライナ側若手研究者計2名を筑波大学と福島大学に派遣し、主に研究題目2に関する研修を行った。研修の成果は、参加した研究者が論文投稿に向けて準備しており、ウクライナ側の若手人材育成に寄与することができた。

## (2) 研究題目1:「クーリングポンド水位低下にともなう環境変化の把握と予測」

リーダー:坂口綾 准教授(筑波大学数理物質系)

### ① 研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究題目1は、平成29年度に確立したモニタリング手法に基づいて、平成30年度はウクライナ側共同研究機関と密接に連携し、共同研究者とともにチェルノブイリ原発クーリングポンド(以下CP)において試料採取・観測を行った。また、試料採取・分析方法の改良も開始した。活動した内容は、1.(1)「研究の主なスケジュール」に示した通りである。

具体的な成果としては、化学班は、計画通り8月にCPにおいてUHMIとECOCENTREと共同で、水質の現場観測や、湖底堆積物、湖岸堆積物および水の採取を行った(図1)。採取した試料の一部は、UIARとUHMIが $^{137}\text{Cs}$ および $^{90}\text{Sr}$ を分析した。本結果は、CPの水位低下開始以来初めてとなる湖底堆積物の $^{137}\text{Cs}$ の単位面積当たり蓄積量(インベントリ)と深度分布の多地点の分析値である。本結果と過去の調査の報告値を比較し、国際誌への投稿に向けて準備した。本成果は、Project Design Matrix(Monitoring Form 3-2)およびPlan of Operation(Monitoring Form 3-3)のActivity 1.1における重要なOutputの一つである。また、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{241}\text{Am}$ およびPu同位体については分析法が確

【平成30年度実施報告書】【190531】

立していないため、UIARにて予備実験と改良を行った。加えてAmとPuのトレーサを用いて化学分離の予備実験を行ったところ、Amの化学収率は80%、Puは60%と確認した。また11月には湖底堆積物中の<sup>90</sup>Srの挙動を明らかにするため、キレート剤による堆積物の抽出を行った。(以上研究題目1-1)。CP中の<sup>137</sup>Cs動態を予測する既存のモデリング手法について、IMMSPから情報提供を受けたほか、文献調査を行った(研究題目1-4)。

水文班は、平成30年5-6月にIGSのBugai氏らやECOCENTREのVeremenko氏らと協議し、CP周辺の観測井戸掘削の候補地3点を選定し、候補地を訪問し杭を設置した。また、Ukrainian Geological Company(UGC)社やBrom社を訪問し、掘削予定井戸の規格や資材調達の見込み、および技術的な可能性について議論した。その後、UGC社が観測井掘削業務に不参加を表明したため、平成30年7月に新たな候補会社Aqua Basis(AB)社と掘削候補地を訪問した。その後、AB社で掘削方法に関する詳細な打合せを行い、Brom社と放射線安全対策に関して打ち合わせた。

CP周辺で観測・収集した地下水位データを、ECOCENTREより提供された気象データと合わせて解析した。平成30年7月に、29年10月に自動水位センサーを設置したCP周辺の10ヶ所の既存観測井を訪問し、連続観測データを回収した。このデータを解析し、地下水位および地下水温の季節変化を地点間で比較した(以上研究題目1-2)。この連続観測によって、Project Design Matrix(Monitoring Form 3-2)とPlan of Operation(Monitoring Form 3-3)中のActivity 1.2において重要な観測データが得られる。また、地下水中の放射性核種移動の数値シミュレーションについて、文献調査を行った(研究題目1-5)。

生態班では、陸上動物については、平成30年4月および10月にDenis Vishnevsky氏(ChREBR)およびOlena Burdo氏(INR)の協力のもと、CP内および周辺においてネズミを捕獲することができた。ネズミ中の<sup>137</sup>Csおよび<sup>90</sup>Sr濃度の測定と染色体解析を行った。水生生物については、平成30年7月に、昨年度ECOCENTREやIHBと共同現地踏査・協議を行い決定した、CPに生息する魚類等の水生生物のサンプリングおよび水質等の環境モニタリングを行った。これまでに、魚類中の<sup>137</sup>Cs、<sup>90</sup>Sr、<sup>241</sup>AmおよびPu同位体の濃度をECOCENTREにて分析した。ナマズについては、器官による放射性核種濃度の違いが確認された。以上は、Project Design Matrix(Monitoring Form 3-2)とPlan of Operation(Monitoring Form 3-3)中のActivity 1.3における重要な結果である。水生生物への放射性核種移行の評価方法や、小型哺乳類の被ばく線量評価の手法について、文献調査した(研究題目1-6)。

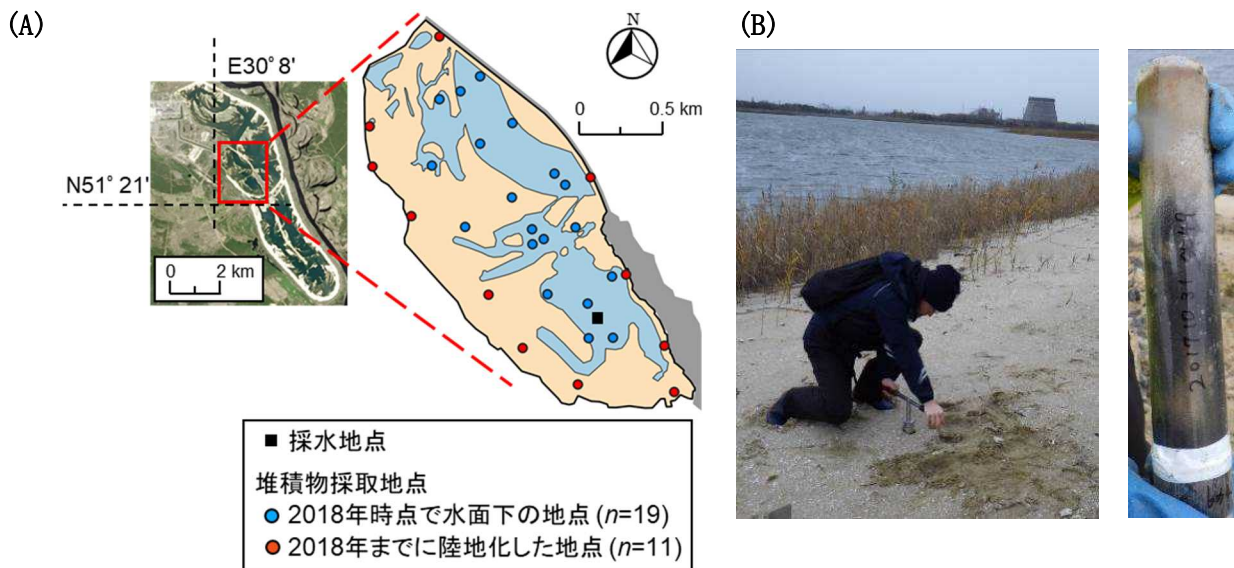


図1 (A) チェルノブイリ原発クーリングポンドにおける水・堆積物採取地点（左図はUSGSのLandsat-8データを使用して作成）、(B) クーリングポンド（2018年までに陸地化していた地点）での堆積物の採取と採取した堆積物コア試料。

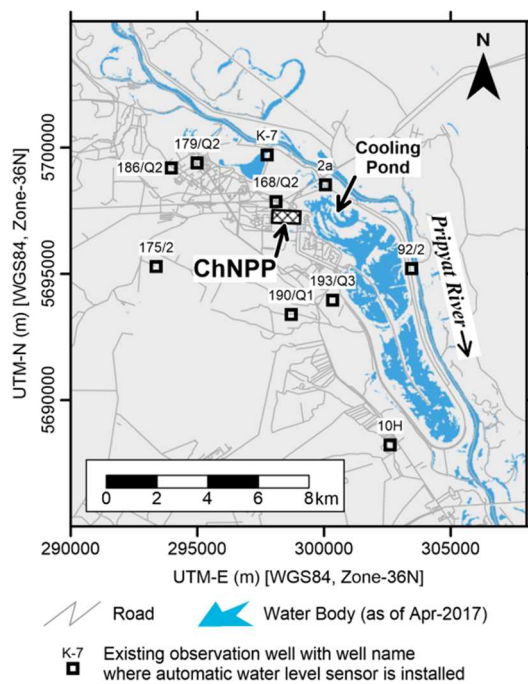


図2 水圧式自記水位計により地下水水位と水温を観測している井戸の位置と名称。

## ② 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

供与機材のうち、研究題目1に関連する誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）は、平成30年末に契約済みで、輸送と納入を進めている。今後納入が済み次第、ICP-MSを用いた放射性核種の分析方法を提案し技術移転する。これにより、精度・コスト良くデータ採取が可能となり、プロジェクト終了後も引き続き観測・分析可能な方法が確立されと考えられる。イメージングプレートは、令和元年度中に供与完了する予定で、業者の選定を進めた。納入でき次第、CPおよび周辺で採取した環境試料の分析法について、UIARの共同研究者に技術移転する計画である観測井戸に設置した地

【平成30年度実施報告書】【190531】



下水位観測の水位センサーのデータの回収方法や、水質分析用試料のサンプリング手法については、ECO CENTRE の共同研究者に技術移転を行った。以上は、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) と Plan of Operation (Monitoring Form 3-3) 中の Output 1-1 と 1-2 を達成するために重要な技術移転である。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開  
特に想定外の展開は見られない。

④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

チェルノブイリ原発事故では、福島原発事故被災地域で問題とされる放射性セシウムに加えて、その他の核分裂生成核種や核燃料物質が環境中に爆散し、クーリングポンド (CP) 内にも多量に蓄積していると報告されている。CP 中の放射性核種は、さまざまな形態および化学種で存在し、それらは pH, 酸化還元電位、塩濃度や水温等、水の物理・化学的性質に支配される。現在進行している CP の水位低下 (図 3) は、これら放射性核種の物理・化学的性質を変化させ、放射性核種の移行挙動に変化を与えると考えられる。そこで、放射性物質の系内での再分布や、系外への移行を予測するためには、現在の放射性核種の分布を把握し、存在形態およびその支配要因を解明することが重要となる。(化学班)

CP 中の放射性物質に汚染された水が浸透すると、周囲の地下水を汚染する可能性がある。また、CP の水位低下により、周囲の地下水流動方向や地下水流速が変化する可能性がある。CP と周囲の地下水の連続性を把握し、CP と地下水の交流関係を定量的に評価するためには、CP と周辺地下水の水位を連続的にモニタリングするとともに、周辺地盤の水文地質学的特性を考慮した地下水流動解析が必要である。(水文班)

CP の水位低下は、水域から陸地・湿地に変化する過程で周辺に生息する野生動物による放射性物質の生物学的利用能の増加が示唆されている。また、付随する水環境の変化によって CP 中に生息する淡水魚類の生態や魚類中の放射性核種濃度等が変化すると予想される。したがって、水位低下に伴う CP 内の魚類および水位低下に伴って出現した陸地に進出が予想される小型哺乳類等の生態学的観測、これら生物中の放射性核種濃度の把握および被ばく量の評価等が必要である。(生態班)

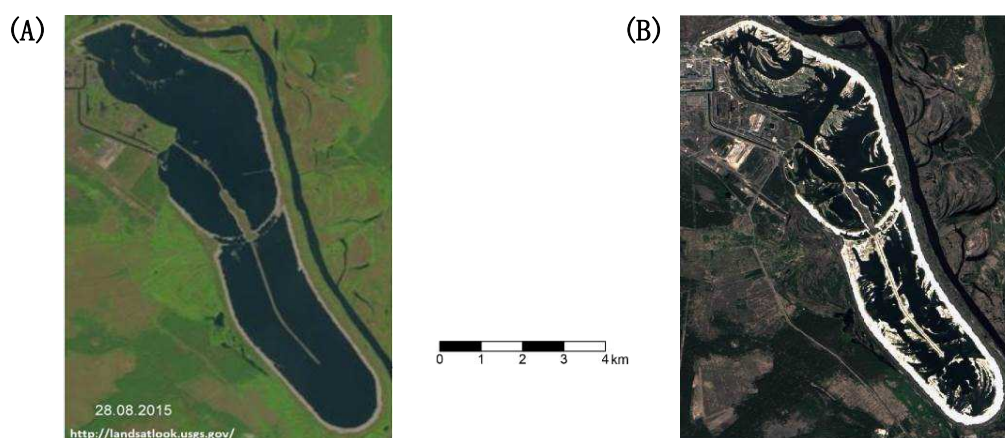


図 3 チェルノブイリ原発クーリングポンドの Landsat 衛星写真。(A) 水位低下初期 (2015 年 8 月撮影、水面標高 107.5 m)。(B) 水位低下後期 (2017 年 5 月、水面標高 106.3 m)。

## ⑤ 研究題目1の研究実施方法（参考）

### 1-0 モニタリング手法の確立と改善

CP内の水・堆積物、CP近傍の地下水系、CP内および周辺の生物中の放射性核種を系統的に観測するのに必要なモニタリンググループを組織する。組織にあたっては、日本側とウクライナ側の研究者が共同研究して、ウクライナ側の既存のモニタリング体制が、長期的な放射性核種の動態の評価に適しているか評価する。評価に基づいて、既存のモニタリングを継続あるいは必要に応じて改良することにより、円滑にモニタリングを確立する。

1-1 クーリングポンド内の水および堆積物の汚染状況を把握する。

1-4 クーリングポンド内の放射性核種の移行・挙動を予測する。

化学班では、CPにおいて水・堆積物試料を採取する。そして、水の放射性核種濃度と水質の分析、堆積物および間隙水の成分分析、堆積物中の放射性核種濃度の鉛直方向プロファイル調査、堆積物中の放射性核種の逐次抽出および分析等を包括的に行う。これらの結果を基にCPの水位減少による放射性核種の化学形態の変化を予測し、水位低下が放射性核種の環境動態に与える影響を定量評価する。これらの分析値は研究題目1-4～1-6における動態予測にも利用されるデータとなりうる。

1-2 地下水系を把握する。

1-5 地下水系の変化を予測する。

水文班では、チェルノブイリ原発周辺の既存観測井の水位連続観測、およびCP周辺における地下水観測井戸の設置、設置した観測井戸における地下水位の連続観測、三次元地下水流動解析モデルの構築と地下水流動解析を行い、今後の地下水流動と放射性物質の流出を予測し、必要な対策を検討する。さらに得られた観測データを検証データとして、地下水を介した破損した原子炉内部からの放射性核種の漏えいを想定した数値シミュレーションを行い、防護策に資する情報を提供する。

1-3 水圏、水辺の生物中放射性物質濃度を把握する。

1-6 水圏と水辺の生態系への影響を評価する。

生態班は、小型哺乳類については、放射性核種濃度および染色体の分析や、ERICAツールによる被ばく量の算定等を行う。魚類については、福島県内で実績のある釣獲、はえ縄、刺し網等の手法を用いてCPおよび周辺の湖沼において試料採集し、放射性核種濃度を測定する。研究題目1-1で求められた水・堆積物中の放射性核種のデータを援用して、放射性核種の生物移行メカニズムの解明、生物への放射線影響評価、並びに長期的な放射性核種濃度モデリングの構築に資する。

1-7 天然試料の継続的なサンプリングと分析を行う。

化学班、水文班、生態班に共通して、CPおよび周辺域において、環境試料を継続的に観測したり定期的に採取・分析したりするための観測機器および試料採取用具、分析機器を整備する。そして、ウクライナの共同研究機関と日本人研究者との間で、観測・試料採取・分析方法について情報交換・技術移転し、方法の改良、最適化を行う。さらに両国の協力体制の下で、CPの水位低下期間中および低下後の放射性核種の動態を観測できるように継続的な計画を立て、実行する。

(3) 研究題目 2 : 「新しいゾーニング設定のためのモニタリング手法確立とモデルに基づく影響予測」  
リーダー：恩田裕一 教授（筑波大学アイソトープ環境動態研究センター/生命環境系）

① 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト  
当初の計画通り研究が進んでいる。研究員の公募を行い、1 名を採用した。ECOCENTRE、UHMI、UIAR との連携により、早期に調査地点を決定、観測・調査を開始することができた。これまでカウンターパートから既存データセットの提供を受けた。これらのデータセットを用い解析を行い、平成 30 年 4 月に国際学会での発表 1 件を既に行っている。今年度はさらに国内外の学会および研究集会において成果の公表を予定している。

②に示すように、本研究題目では、土壌侵食プロットによる長期観測や自記型観測装置による土壌環境に関する時系列データの取得や、ドローンを用いた森林バイオマスの定量化など、相手国においてこれまでにあまり行われてこなかった手法を導入しており、成果に対する相手国研究者からの期待が寄せられている。今後、これらの観測・調査に基づく新規性のある知見を提示することで、相手国の研究コミュニティにおいてポジティブなインパクトを与えることができると考えている。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

福島で実施している土壌侵食プロットを用いた放射性核種の側方移動に関する観測システムを導入した（図 3.1）（研究題目 2-1）。2018 年度は土壌侵食プロットを用いて夏季の降水による表面流の発生状況をモニタリングした。森林サイトでは夏季を通じて 1 回の出水しか観測されなかったが、森林火災跡地では 3 回以上の出水を確認した（図 3.2）。流出した水・土砂は河川中で観測されるそれより数オーダー高い放射性セシウムおよびストロンチウムを含んでおり、森林火災跡地から河川網に対して直接的に表面流が流れ込んだ場合は、河川水中の放射性核種濃度を上昇させる可能性が示唆された。

プリピャチ川支流の一つであるサハン川を対象とし、懸濁態・溶存態で存在する放射性セシウムおよびストロンチウムの濃度形成を解明するための広域調査を始めた（研究題目 2-2）。森林関連の調査に関して、ドローンを用いた森林バイオマス調査をおこなった。ドローン空撮映像から立体モデルを作成し、この情報をもとに森林群落内の個体を抽出するためのアルゴリズムを開発しウクライナ国内誌に投稿し受理されている（図 3.3）。平成 30 年度中には、UIAR と UHMI の若手研究員をそれぞれ受入れ、福島大学および筑波大学にて研修と現地視察を行った。この時の成果は前述の通りウクライナ国内誌に投稿し受理されている（研究題目 2-3）。

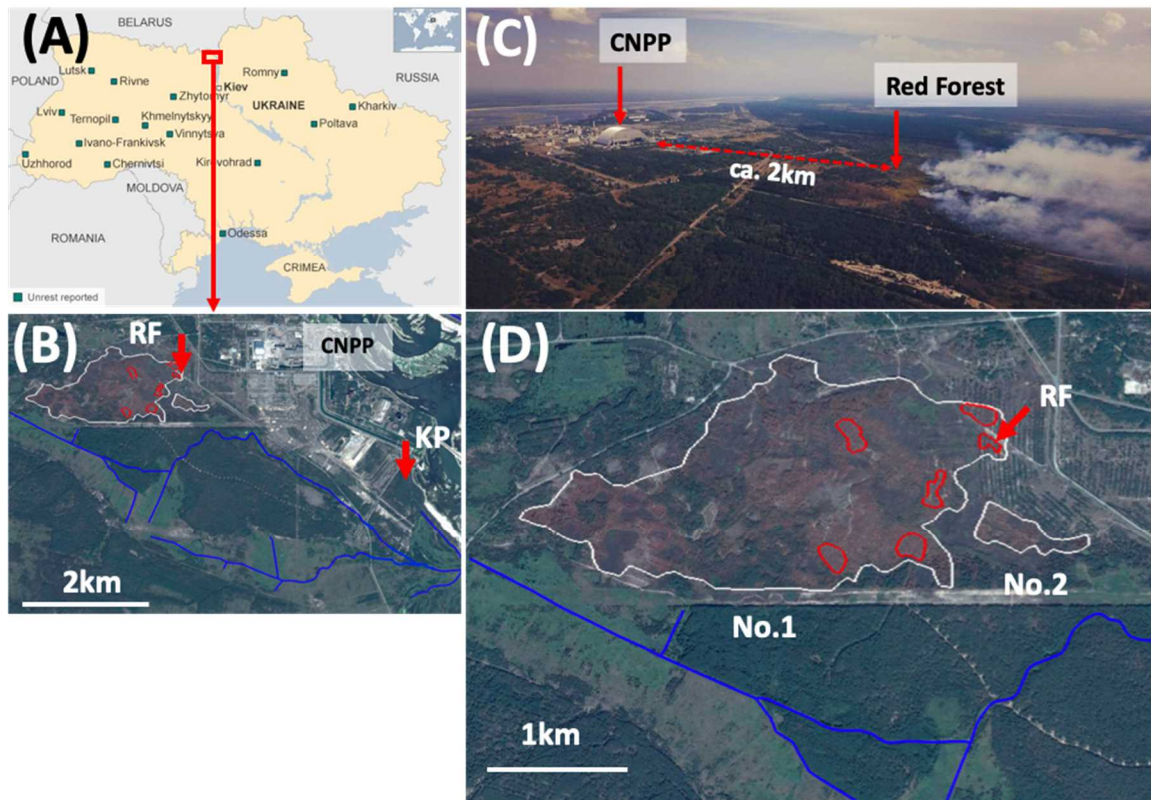


図 3.1 チェルノブイリ規制区域における土壌侵食プロットの設置場所。(A) チェルノブイリ規制区域の場所、(B)Red Forest (RF)サイトおよびKopachi (KP) サイトと、原発の状況、(C)2016年に発生した森林火災の状況。(D) 火災跡地(赤白はそれぞれ火災の強度を表している)と森林火災場所と河川網(青線)の状況。



図 3.2 森林火災場所における下記の降雨に伴う表面流の発生状況。

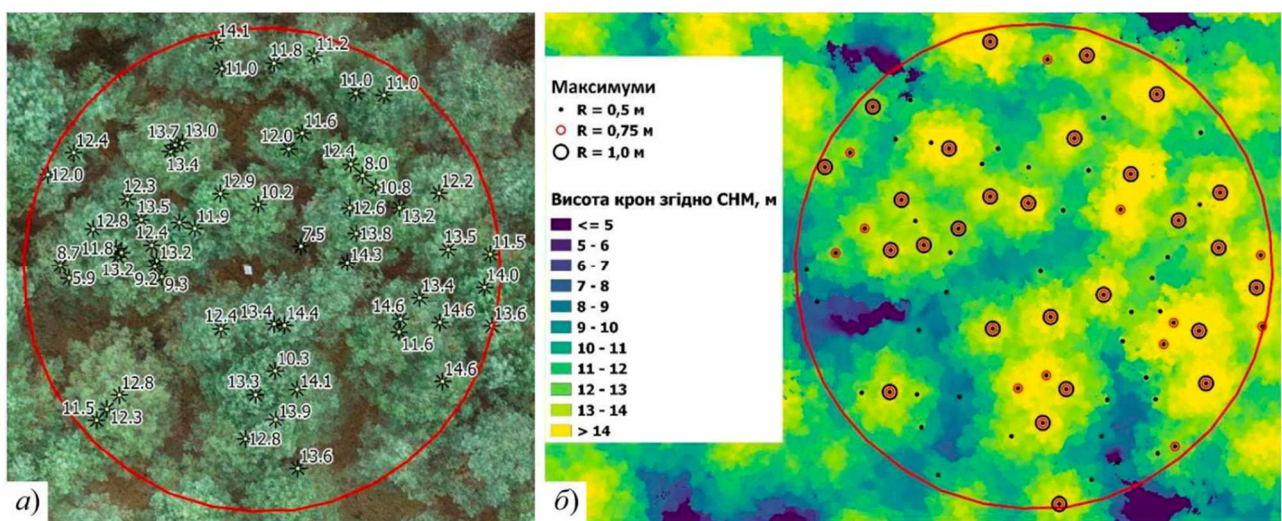


図 3.3 (A) ドローン調査による立体モデルの作成、(B) 立体モデルより作成された高度情報を用いた個体の抽出状況。

③ 研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

立入禁止区域の再編に関して、住民の帰還が想定されていないことがわかった。しかし、立ち入り禁止区域内における廃棄物処理施設、大規模太陽光発電施設等の建設が予定されている。こうした活動に対する線量評価の基礎資料として放射性核種の動態を明らかにする必要があるため、当初計画された調査は変更なく進める予定である。

④ 研究題目2の研究のねらい（参考）

原発事故から31年以上が経過し、立入禁止区域の放射線量は低下しつつある。ウクライナ政府は廃棄物処理施設の設置や指定保護地区の設定など、立入禁止区域の再編を進めている。本研究ではこうした立入禁止区域内における活動を安全かつ適切に行っていくため、区域内における放射性物質の存在量や移行状況を把握することを目的とする。

⑤ 研究題目2の研究実施方法（参考）

- 2-1 放射性物質の土壌中の側方・下方移行特性と初期降下量および土地利用の関連について定量化する。
- 2-2 河川・湖沼における放射性物質の移行量をモニタリングし、モデリングを行う。
- 2-3 森林生態系における放射性物質の存在量を定量化する。

(4) 研究題目3：「広域的モニタリング・モデリングに基づく環境影響評価手法の確立」

リーダー：マーク・ジェレズニャク 特任教授（福島大学環境放射能研究所）

① 研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

当初計画よりやや遅れが生じている。このうちチェルノブイリ規制区域内においては気象測器の設置を完了させた。一方で、キエフ市内およびクーリングポンド周辺における観測機器の設置を計画しているが、観測適地の選定、観測方法などに関して妥結していない点があり、相手国研究機関・関連業者との間での協議・交渉を継続している。

② 研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

平成30年度は、チェルノブイリ規制区域内の気象露場に、自記式の気象測器を設置した。これにより既存の3時間間隔のデータに加え10分という高解像度の気象データが取得される事となった。



図 4.1 チェルノブイリ規制区域内に設置された気象測器（左）。右は積雪深計の設置高の確認作業。

- ③ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開  
平成 30 年度は特になし。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

立入禁止区域内での森林火災や廃炉作業等ともなう放射性物質の再拡散が懸念されている。チェルノブイリ原発の 100 km 南方にあるキェフには約 290 万人が生活しており、住民の安全を担保するために放射性物質の再飛散を常時監視する体制の維持・強化が求められている。本研究では、観測体制の補強し、エアロゾルによる放射性物質の飛散の監視・予測に資する研究を行う。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

3-1 立入禁止区域内におけるモニタリングシステムの構築およびモニタリングデータベース作成により放射性エアロゾルの起源を特定する。

3-2 キェフ市内におけるモニタリングシステムの構築およびモニタリングデータベース作成により放射性エアロゾルの時間変化およびその原因を特定する。

3-3 大気拡散モデルを構築し、大気環境における放射性エアロゾルの影響を評価・検証する。

(5) 研究題目 4 : 「環境回復および放射線防護に関する提言」

リーダー：難波謙二 教授（福島大学環境放射能研究所/共生システム理工学類）

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

- 2. (1) 5 「国際交流関連」に記した通り、平成 30 年 5 月に、「SATREPS 福島シンポジウム」を企画した。ウクライナ側共同研究機関から研究者 6 名と行政関係者 8 名を招待した。福島大学にて公開講演会を行った他、福島県内の市町村や研究所を訪問し、放射性核種の観測サイトや福島第一原発を視察した。ウクライナ環境・天然資源省大臣とチェルノブイリ立入禁止管理区域庁長官を招待したことによって、これら省庁とネットワークが構築されたことは、今後ウクライナ側と共同研究を円滑に推進するために有用であった。講演および研究題目別の打合せによって、放射性核種のモニタリングと立入禁止区域管理について、チェルノブイリ原発事故後のウクライナに

おける知見と、福島第一原発事故後の日本の知見を情報交換できた。本シンポジウムの開催によって、成果目標の第一段階が達成されたと考えられる。またシンポジウム開催とネットワーク構築は、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) およびPlan of Operation (Monitoring Form 3-3) のActivity 4.0 および4.2 の重要な成果である。Project Design Matrix およびPlan of Operation のActivity 4.2 における重要なOutput である。

- 福島シンポジウムの研究題目4の打合せでは、ウクライナ側参加者からチェルノブイリ立入禁止区域の環境回復と放射線防護政策に関する情報を収集し、令和元年度以降的確な提言を起案するために準備した。また、福島第一原発事故被災地域の環境回復手法を取りまとめ、共同研究者に情報提供した。
- 合同調整委員会（JCC）会議を平成30年4月と7月の2回キエフにて開催し、ウクライナ側各機関の進捗や問題点を共有し、議論した。開催には、研究題目4のウクライナ側参加機関が大きく寄与した。
- 研究題目1, 2, 3の日本側研究機関の代表者を定期的に招集し、各題目の研究計画にしたがって、環境中の放射性核種モニタリングの導入と観測の進捗を観察した。本会議を平成30年度中に計8回開催した。会議では、JCC会議で挙げた問題点を全体に報告し解決方法を議論した。また、題目間で相互に補完し合い、プロジェクト全体として最大限の成果を得ることを目的として、情報交換を促した。

#### ② 研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

本題目では具体的な技術移転は想定していないが、上記①に示した通り福島第一原発事故後の放射能汚染の状況や避難区域の変化について、ウクライナ側研究者に情報提供した。

#### ③ 研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初の計画にしたがって進行しており、特に予想外の展開は見られない。

#### ④ 研究題目4の研究のねらい（参考）

研究題目1, 2, 3の研究に関連する成果を整理・統合し、ウクライナの共同研究機関と協力し、チェルノブイリ立ち入り禁止区域の管理および周辺環境の放射線防護に関する提言を行う。また、シンポジウム・セミナー開催等を通じて、ウクライナと日本の研究者および市民の間で、チェルノブイリ災害立入禁止区域および福島第一原発被災地域における環境放射能に関する最新の研究結果や政策に関する情報交換・共有を促進する。

#### ⑤ 研究題目4の研究実施方法（参考）

4-1 ウクライナ政府関係者への下記提案書の提出

- (1) 福島の避難区域
- (2) 福島における環境修復技術
- (3) 立入禁止区域のゾーニングに関連する研究結果
- (4) 環境管理に関する規制文書に対する推奨事項



## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

### 今後のプロジェクトの進め方

プロジェクト全体としては、令和元年度は、合同調整委員会（JCC）会議（6月に予定）において、全体目標の達成に向けた共同研究の方針を協議する予定である。加えて、ヒアリング、中間評価書の提出に向けた全体の取りまとめと JST 担当者の現地調査（11月の予定）の準備を行う。

各研究題目においては、平成 30 年度に実施した環境モニタリングシステムや試料採取・分析を継続しながら、引続き方法の問題点を洗い出し改善策を見つける。今後の継続によりモニタリング結果が蓄積され、経年変化を評価や過去のデータと比較することにより、今後の放射性核種の動態のモデリングに使用できる有用なデータを獲得する。成果の論文投稿・発表を進め、若手研究者の人材育成を行う。研究題目 3 については、平成 30 年度にリーダーを浅沼からジェレズニャクに変更した後、相手国研究機関との協議や大気観測が進められているため、今後も継続する。

未購入の 6 点の大型供与機材は、令和元年度中の契約・納品完了と測定開始を目指して購入準備を進める。ウクライナ経済貿易発展省へのプロジェクト案件登録は令和元年度も継続される見込みであるため、免税通関手続きが円滑に進むよう、現地調整役がウクライナ側共同研究機関および JICA ウクライナ事務所、福島大学財務課・研究振興課と協力して準備する。

今後は、2. (1)「研究運営体制」に記した平成 30 年度の研究者体制を維持し、キエフ現地事務所も同様に継続する。加えて、残り 1 名の研究員の採用を早急に行い、研究体制の強化を図る。相手国側研究代表機関を引続き ECOCENTRE とし、チェルノブイリ立入禁止区域（ChEZ）における野外調査の他ウクライナ国内での活動を円滑に行う。

### 成果達成の見通し

平成 30 年までに達成された成果目標は、ChEZ 内の環境に適してかつ長期的に利用可能なモニタリングシステム・試料分析手法を目指した方法の改良である（研究題目 1, 2, 3 について全体目標の達成度約 40%）。今後モニタリングを継続しデータを蓄積することにより、成果目標の次の段階（全体目標の約 60%）まで達成できると考えられる。この成果目標の達成には、蓄積したデータを学会発表や論文投稿によって公表することが必要である。その後は、環境中の放射性核種の動態のモデルによるシミュレーションは成果目標となる。現在までに既存のモデリング手法をウクライナ側共同研究機関から聞きとる他文献調査を開始したため、今後適切なシナリオ・モデルの選定とモデルの改良を開始できると考えられる。人口集中地域（例：キエフ）へのチェルノブイリ原発事故由来の放射性核種による長期的な被曝の影響に関する成果は、社会的な意義が大きいと予想される。

研究題目 4 に関しては、現在までにウクライナと日本の主要な研究者・政府関係者間のネットワークが確立したと考えられる（全体目標の約 40%を達成）。今後は、合同調整委員会（JCC）会議等において、継続的に情報交換することで人的ネットワークが維持できると考えられる。次の段階と

して、研究題目 1～3 のモニタリングの成果を包括して、放射線防護の観点から ChEZ の管理方法を評価することが必要である。今後、モニタリングの成果を定期的にまとめて、日本側・ウクライナ側の研究者・政府関係者が協力して評価することにより、成果目標の次の段階が達成できると考えられる。

### Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

#### (1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。

##### (a) ウクライナ側研究機関の研究予算確保

相手国での研究遂行に必要な実験設備・装置・消耗品等を、相手国共同研究機関の負担で調達するよう協議の上要請しているが、予算が十分に確保できていない研究機関が一部ある。改善のために、平成 30 年度福島シンポジウムにおいて、ウクライナ側共同研究機関を所管する官庁等の行政関係者への本プロジェクトの重要性をアピールした。

##### (b) 大型供与機材調達の遅れ

一部の大型（高額）供与機材の調達が、当初の計画より遅延していることが課題である。その背景には、次の(c), (d) 等の原因があると考えられる。解決策についても以下にまとめる。

##### (c) プロジェクト登録の更新

ウクライナ側への供与機材を免税で調達するには、予め本プロジェクトのウクライナ経済発展省への事業登録が必要である。登録は半年から 1 年ごとに、JICA と日本側およびウクライナ側の共同研究機関間の合意書・契約書等を準備して更新を申請する必要がある。I. 2. 「プロジェクト成果目標の達成状況」(1) 3. に記した通り、登録は更新し続けられているものの、毎度労力と時間を費やしている。また、登録更新の許可を待っている間に、機材の通関開始が数週間遅れたことがあった。

##### (d) 供与機材の輸送のリスク

供与機材の調達・ウクライナへの輸送（保険込）を一括して担う業者を選定したが、ウクライナという貿易上リスクの大きい国への輸送となるため、高額な見積り額を提示され、それを供与機材の予算内に収めるために値引きの交渉に時間を要した。可能な限り複数社から相見積もりを取ったことで、業者に値引いてもらった。今後は複数の機材をまとめて調達することによって価格が抑えられるか協議する。

##### (e) 現地建設工事の作業内容

今後、気象・大気中放射性核種観測施設の建設や地下水中放射性核種観測のための観測井戸の掘削を予定しており、契約する建設業者の技術が信頼できるか確認する必要がある。相手国研究機関と協議し、信頼できる業者を選定することが重要であり、さらに適切な工事が行われているか工期中に監視する計画である。

(f) ウクライナの政治情勢

平成 30 年 11 月には、本プロジェクトの活動地域が含まれないウクライナの一部地域に戒厳令が発動した。JICA から入手した情報を基に協議した結果、本プロジェクトのウクライナにおける活動には制限を設けなかった。今後、ウクライナの外交情勢が悪化した場合には現地活動を制限する可能性がある。

(g) プロジェクト研究員の雇用

当初 3 名の雇用を計画していたプロジェクト研究員のうち 1 名は、繰返し公募しているもののまだ雇用に至っていない。水圏生態、哺乳類、大気モデリングに関するポストクの候補者が限られていることが要因の一つと考えられる。

- ・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫。

(a) ウクライナ行政関係者への本プロジェクトのインパクトの向上

I. 2. 「プロジェクト成果目標の達成状況」(1) 5. に述べた福島シンポジウムの際に、ウクライナ経済発展省大臣やチェルノブイリ立入禁止区域管理庁長官、その他のウクライナ側行政関係者に、本プロジェクトの妥当性とそれまでに得られた成果の情報を提供した。この情報提供は、ウクライナ側各研究機関が省庁から予算を獲得するために役立ったと考えられ、加えて将来的には、長期的な放射性核種のモニタリング・モデリングや ChEZ の持続的管理に必要な、省庁からの支援を得るために有効であったと考えられる。

この工夫は、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) および Plan of Operation (Monitoring Form 3-3) の Activity 4.0、4.2 における重要な Output の一つである。

今後、本プロジェクト内でウクライナ側行政関係者とより一層良い関係を構築することによって、ウクライナ国内において、環境モニタリングや放射線被ばく分野が科学研究・技術開発全体の中で重要な学問分野となるよう主張したいと考えている。

(b) 日本・ウクライナ間の連絡の効率化

研究題目ごとに相手国側リーダー研究機関を設定し（題目 1：UHMI、題目 2：UIAR、題目 3：ISP NPP、題目 4：SAUEZM）、日本側から一括してリーダー機関に連絡し、そこが取りまとめてウクライナ側各共同研究機関に連絡する体制を取っている。

(c) 大型機材の調達と安定した稼働

大型供与機材の調達には、III 章(1)「プロジェクト全体の現状と課題」(c)、(d)に示したような遅れがあるが、納入後安定して稼働し継続的にプロジェクトの成果となるモニタリング・分析結果を得られるように、必要な納入後の保証・修繕方法、費用等について時間がかかっても事前に十分協議する。また、現地調整員が中心となってウクライナ側研究機関（主に ECOCENTRE）、福島大学財務課、JICA ウクライナ事務所と協議し、調達する。

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項。

研究予算の確保と若手研究者の育成が挙げられる。研究予算については、予算の確保に有利に

なるように日本側からも行政関係者へのアピールを行っていく。相手国での若手研究者の確保については、若手研究者の賃金が低い等の理由で、優秀な若手人材が他機関で就職するケースがある。本事業でも積極的に若手研究者への研修を受け入れ、環境放射能研究に従事する人材の育成に貢献する予定である。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。

(a) 大型供与機材調達の遅延

事例の詳細と解決策は、上記「プロジェクト全体の現状と課題」(c), (d)を参照。

(b) 研究課題3の遅延

日本側で、研究計画の詳細を協議し変更していたことや、ウクライナ側研究機関との協議を効率的にするためにリーダーを変更したことなどから、モニタリングシステムの導入および観測開始が遅延している。平成30年度からは、まず計画を確定させ、機材の調達とモニタリングを早急に開始する方針である。

(c) 井戸掘削工事契約の遅延

I. 2. 「プロジェクト成果目標の達成状況」(2) ①の研究題目1-2に記述したように、井戸の掘削について当初協議していた業者を変更した等の理由で、掘削開始を令和元年度へと遅らせた。掘削の技術面と放射線防護の安全面について業者と協議したため、今後速やかな掘削開始を計画している。この新規観測井戸の掘削によって、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) および Plan of Operation (Monitoring Form 3-3) の Activity 1.2における重要な Output が得られると期待している。

(2) 研究題目1: 「クーリングポンド水位低下にともなう環境変化の把握と予測」

リーダー: 坂口綾 准教授 (筑波大学数理物質系)

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

I. 2. (2) およびIIに示した通り、平成30年度はウクライナ側と共同研究を実施し、試料採取・モニタリング方法を改良し、データの蓄積を開始することができた。

これまでに挙げた問題点とそれを克服するために取った手法について以下にまとめる。

(a) 供与機材納入後の保守・修繕方法

I. 2. 「プロジェクト成果目標の達成状況」(2) ②に示した大型供与機材の ICP-MS は、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) および Plan of Operation (Monitoring Form 3-3) の Activity 1.1における重要な成果を得られると期待しており、安定した稼働のためには、専門の技術者によるメンテナンス・修繕を必要とする。購入契約の際に業者と協議したところ、今後修繕時には西欧諸国から技術者が派遣されることが分かった。修繕を依頼した際に提供される技術の程度と、所要時間と費用は今のところ不明であるが、今後修繕を依頼したときに日本側研究者が立ち会って確認する計画である。

(b) コミュニケーションの難しさ

相手国共同研究者のうち一部の人が、英語での会話が十分にできないために、日本側研究者と効率的にコミュニケーションが取れない場面が少なからずある。ウクライナ語・ロシア語話者である現地調整役や日本側研究者として本プロジェクトに参加しているウクライナ人に通訳を依頼するなど工夫している。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

高線量区域（放射性核種による汚染地）での研究活動には、各国、各自治体や各機関にそれぞれ異なる被ばく防護の規則があり、それらを良く知り遵守しながら活動する必要がある。

(3) 研究題目 2 : 「新しいゾーニング設定のためのモニタリング手法確立とモデルに基づく影響予測」

リーダー：恩田裕一 教授（筑波大学アイソトープ環境動態研究センター/生命環境系）

・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

平成 30 年度は、これまでに試験地に設置された野外計測装置からサンプルおよびデータが取得された初めての年度であった。サンプルやデータの取得は現地研究機関と日本側の研究者が共同で行うものと事前に計画していた。この中で、日本側からの人的リソースの提供は主には当該プロジェクト研究員や若手教員によるものが大きく、プロジェクト全体として一部の若手研究者に負担を強いるものであったと考えている。しかしながら、この様な状況においても現地カウンターパートとの定期サンプルおよびメンテナンス等の野外活動は順調に行われており、若手研究者の良い経験の場となったと認識している。また、研究題目 2 ではウクライナの若手研究者から査読付き学術誌へ論文が投稿され受理されている。これも、若手研究者らが主体となり野外調査からデータ解析までを行なった結果である。今後は、日本・ウクライナの若手研究者らとの積極的な議論を通じ効率的な予算配分など、若手研究者らが精力的に研究に邁進できる環境を整備する予定である。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

本プロジェクトにおけるカウンターパートは、30 年という歴史があるチェルノブイリでの環境放射能研究を行っている経験豊富な専門家である。彼らとの信頼関係は、密にコミュニケーションをとることもさることながら、研究発表など共有しうる具体的な成果を出すことで強固になった側面がある。研究事業の目標達成のみならず、個別にも成果を共有することで信頼構築が促進されると考えられるため、類似プロジェクトにおいても、日本側からの具体的な行動を起こし、成果の喜びを共有する姿勢をもつことが肝要と考える。

(4) 研究題目 3 : 「広域的モニタリング・モデリングに基づく環境影響評価手法の確立」

リーダー：マーク・ジェレズニャク 特任教授（福島大学環境放射能研究所）

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

予算上の都合により、平成 30 年度では ECOCENTRE への気象測器の供与のみが実施された。プロジェクトが 2 年終了した段階で、メインのエアロゾルサンプラー等は納品できていない。平成 31 年度が始まったと同時に ECOCENTRE、ISPNPP および CGO に対する機材供与を潤滑に進めるため各研究機関および福島大学内では協議を進めており、次年度の進捗に期待したい。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。  
協議を継続している段階であり、現状において抽出しうる教訓、提言等はない。

#### (5) 研究題目 4：「環境回復および放射線防護に関する提言」

リーダー：難波謙二 教授（福島大学環境放射能研究所/共生システム理工学類）

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

本プロジェクトのウクライナ現地駐在員が、JICA ウクライナ事務所や在ウクライナ日本大使館と連絡を取っている。ウクライナ行政機関と協議する際、これらの機関に協力を依頼すると良い場合がある。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

現地に長期間滞在する日本人の助言を得る態勢を得ることである。本プロジェクトでは、ウクライナで学位を取得後長年の勤務経験を持つ人材が現地調整役を担い続けており、ウクライナ側機関と円滑に連絡が取れている。勤務経験の中で醸成された現地法人や個人とのコネクションもまた役立っている。加えて、日本側研究者が現地の慣習や歴史・文化といった研究以外の情報に触れる機会が増え、日本・ウクライナ両国の研究者間のコミュニケーションの深化に寄与した。他プロジェクトにおいて、現地調整員が派遣されている場合であっても、現地に長期間滞在し実務経験のある邦人からの助言を受ける機会を増やすことは、事業の円滑な推進につながると考えられる。

## IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

### (1) 成果展開事例

- 堆積物、水、河川、土壌の試料採取・モニタリング方法や放射性核種分析方法のうち、確立した方法については、日本側研究者がウクライナ側研究者と共にモニタリング・分析を行って情報交換し技術移転している。確立した方法の成果は学会等で発表した他、加えて今後マニュアル化および論文記載による公表を進める。
- 平成 30 年 5 月に開催した福島シンポジウムでの重要な成果として、日本側およびウクライナ側の研究者が、ウクライナ天然資源省大臣やチェルノブイリ立入禁止区域管理庁長官を始めとするウクライナ側行政関係者に対して、本プロジェクトの成果であるモニタリングの結果や ChEZ および福島第一原発事故汚染地域の管理方法について情報提供できた。このようにウクライナ側行政関係者と情報交換・関係構築することにより、本プロジェクト終了時に、全体成果目標である「避難区域再編に関する提言」が、ウクライナの実情に即したものとして提言できるように取り組んでいる。

### (2) 社会実装に向けた取り組み

- 本研究の概要や成果は、随時プロジェクトウェブサイト（URL: <http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/satreps/index.html>）に公開し、研究者・行政関係者・市民への情報公開を行っている。
- 平成 30 年 5 月に開催した福島シンポジウムは公開で行い、日本側研究者とウクライナ側の研究者・行政関係者が、本プロジェクトの成果であるモニタリングの結果や ChEZ および福島第一原発事故汚染地域の管理方法について、研究者や市民に向けて情報提供した。
- 令和元年度以降、放射性核種動態の予測・シミュレーションを開始する計画である。動態予測の研究は、チェルノブイリ立入禁止区域内から区域外の人口居住地域（キエフ市等）への河川・大気等を通じた放射性核種の移動の将来予測および被爆影響の評価に貢献すると考えられる。動態予測の成果をウクライナの市民に分かりやすく伝える必要があるため、ウクライナの行政機関と今後連携していく計画である。
- チェルノブイリ立入禁止区域は、使用済み核燃料中間貯蔵施設や再生可能エネルギー施設の建設が計画されている。区域の工業的な活用においては、作業員労働環境と放射線被爆防護の評価が重要となる。本プロジェクトの成果目標である「放射線防護に関する規制文書の作成」には、立入禁止区域の工業的利用のニーズを考慮して評価したいと考えている（産学官連携）。

## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 平成 30 年 5 月の福島シンポジウムにおいて、ウクライナ環境・天然資源省大臣およびチェルノブイリ立入禁止区域庁長官等から、本プロジェクトによる日本側の研究・経済協力に対する謝意と研究の成果に基づくチェルノブイリ立入禁止区域再編への提言に期待する旨が述べられた。
- 平成 29 年度に Cooling Pond Workshop で研究紹介を行った結果が、プロシーディングスとして出版、ウェブに公開された（<http://www.chornobyl.net/wp-content/uploads/2018/03/digest-18.rar>）。本プロジェクトのウクライナの研究者コミュニティにおける認知度を効果的に高められたと言える。
- 上述の福島シンポジウムの様子がマスコミによって6件報道されたほか、本プロジェクトのChEZ内での野外活動の様子が民放TVの特集番組で取り上げられ、日本の市民・研究者に対して本プロジェクトの認知度を高められたと考えられる。また、研究代表者の難波教授が、本プロジェクトを含む業績が評価され平成 30 年度福島大学学長表彰を受賞した（参考：[http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/web/o\\_ieractivitylog\\_2018.html#d180531](http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/web/o_ieractivitylog_2018.html#d180531)）ため、大学内の本プロジェクトの認知度を向上させることができた。
- 加えて、本プロジェクトの進捗がチェルノブイリ立入禁止区域庁のウェブサイトに掲載され（注1）、フィールド調査の様子がウクライナの民放でテレビ放送された（注2）ことは、ウクライナにおける日本側のプレゼンスの向上に寄与したと考えられる。

注 1

<http://dazv.gov.ua/novini-ta-media/vsi-novyny/v-zoni-vidchuzhennya-prodovzhuetsya-realizatsiya-spilnoji-ukrajinsko-yaponskoji-naukovo-tekhnichnoji-programi-satreps.html>

注 2

<https://www.youtube.com/watch?v=0fdR-kEJRjA&feature=youtu.be&t=28m36s&fbclid=IwAR2tCiGD10iZmx-dCEy7tpZw2U6UrIuRA2ivJ6lxvzNYa0HY7MTKiGg3pwg>

## VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

## VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

## VIII. その他（非公開）

以上



VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
	D.M. Holiaka, H. Kato, V.I. Yoschenko, Y. Igarashi, Y. Onda, O.O. Avramchuk, M. A. Holiaka, V. V. Humenyuk, O. M. Lesnyk, "Identification and estimation of heights of Scots Pine trees in forest stands in the Chernobyl Exclusion Zone using stereophotogrammetry method", Scientific Bulletin of UNFU, 2018, vol:28, no:10, pp18-21	10.15421/40281003	国内誌	発表済	

論文数 1 件  
うち国内誌 1 件  
うち国際誌 0 件  
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
30	S. Uematsu, I. M. M. Rahman, A. Sakaguchi, S. Yamasaki, N. Shibasaki, T.Wada, K. Nanba, M. Zheleznyak. Dynamics of radioecological characteristics of the Chernobyl Cooling Pond in the process of water drainage and after it: The beginning and planning of research on SATREPS project for 2017-2021. Problems of the Chernobyl Exclusion Zone. (2018) Issue 18. pp. 103-107 (in Russian with English abstract).		国際誌	発表済	

論文数 1 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 1 件  
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項



VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
30	国際学会	・ Yasunori Igarashi <sup>1</sup> , Yuichi Onda <sup>2</sup> , Yoshifumi Wakiyama <sup>1</sup> , Alexei Konoplev <sup>1</sup> , Jim Smith <sup>3</sup> , Gennady Laptev <sup>4</sup> , Sergey Obrizan <sup>5</sup> , Kenji Nanba <sup>1</sup> Long-term trends in stream water discharge and the Sr-90 concentration at the Chernobyl zone river.	口頭発表

招待講演 0 件  
口頭発表 1 件  
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
30	国際学会	Mark Zheleznyak (1), Oleksiy Boyko (2), Sergii Kivva (3), Oleksander Pylypenko (3), Oleksander Mikhalsky (3), Jochen Tschiersch (4), and Kerstin Hürkamp (4) (1) Fukushima University, Institute Environmental Radioactivity, Fukushima, Japan (r702@ipc.fukushima-u.ac.jp), (2) University of Siegen, Germany, (3)Institute of Mathematical Machines and Systems, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, (4) German Research Center for Environmental Health, Helmholtz Zentrum München  Distributed model of radionuclide wash-off from the Pripyat river watershed of Chernobyl Exclusion Zone: testing and simulation of accidental deposition on snow cover  EGU-2018 General Assembly 2018, Vienna, April 2018	口頭発表
30	国際学会	Yoshifumi WAKIYAMA* <sup>1</sup> , Yuichi ONDA <sup>2</sup> , Valentin GOLOSOV <sup>1, 3</sup> , Alexei KONOPLEV <sup>1</sup> , Yasunori IGARASHI <sup>1</sup> , Tsugiko TAKASE <sup>1</sup> Radiocesium wash-off associated sediment dynamics in Niida river basin after the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant	口頭発表
30	国際学会	Yuichi Onda (1), Gao Xiang (1), and Keisuke Taniguchi (2) (1) University of Tsukuba, Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, Tsukuba, Japan, (2) Environmental Creation Center, Fukushima Prefecture, Exploring the declining trend of the activity concentration of 137Cs of river bottom sediment through particle size correction in Fukushima area. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
30	国際学会	Yoshifumi Wakiyama (1), Yuichi Onda (2), Valentin Golosov (3), Alexei Konoplev (1), Yasunori Igarashi (1), and Tsugiko Takase (1), (1) Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Fukushima, Japan, (2) Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, (3) Institute of Ecology and Environment, Kazan Federal University, Kazan, Russia. Sediment dynamics and associated radiocesium wash-off in Niida river basin after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
30	国際学会	Daisuke Tsumune (1), Takaki Tsubono (1), Kazuhiro Misumi (1), Yutaka Tateda (1), Yasushi Toyoda (1), Yuichi Onda (2), and Michio Aoyama (3), (1) Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko, Japan, (2) Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of TSUKUBA, Tsukuba, Japan, (3) Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Fukushima, Japan. Impacts of riverine input on distribution of oceanic 137Cs released from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
30	国際学会	Hiroaki Kato, Yuichi Onda, and Zul Hilmi Saidin. University of Tsukuba, Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, Tsukuba, Japan. Seven-year monitoring study of radiocesium transfer in forest environments following the Fukushima Nuclear Power Plant accident. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
30	国際学会	Yusuke Uchiyama (1), Kohei Aduma (1), Toshiaki Iwasaki (2), Sachika Odani (1), Yuki Kamidaira (1), Daisuke Tsumune (3), Yasuyuki Shimizu (4), and Yuichi Onda (5), (1) Kobe University, Department of Civil Engineering, Kobe, Japan, (2) Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Sapporo, Japan, (3) Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko, Japan, (4) Hokkaido University, Sapporo, Japan, (5) Tsukuba University, Tsukuba, Japan. Storm-driven flood and associated coastal dispersal of suspended radiocesium from Niida River: A high-resolution numerical assessment with a coupled river-ocean-wave-sediment model.. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表

30	国際学会	Yasunori Igarashi (1), Yuichi Onda (1,2), Yoshifumi Wakiyama (1), Alexei Konoplev (1), Jim Smith (3), Gennady Laptev (4), Sergii Obriszan (5), and Kenji Nanba (1). (1) Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Fukushima, Japan, (2) Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, (3) School of Earth & Environmental Sciences, University of Portsmouth, Portsmouth, UK, (4) Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kiev, Ukraine, (5) Chernobyl Ecocentre, State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management, Chernobyl, Ukraine. Long-term trends in stream water discharge and the Sr-90 concentration at the Chernobyl zone river. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表
30	国際学会	Hiroaki Kato, Yuichi Onda, and Keita Maejima. University of Tsukuba, Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, Tsukuba, Ibaraki, Japan. Spatial variability of cesium-137 at forest floor of Japanese cedar plantation following the Fukushima Dai-ichi NPP accident. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表
30	国際学会	Mark Zheleznyak (1), Pavlo Dykyi (2), Sergii Kivva (3), Oleksander Pylypenko (3), Maksym Sorokin (3), Michio Aoyama (1), and Daisuke Tsumune (4). (1) Fukushima University, Institute Environmental Radioactivity, Fukushima, Japan (zheleznyak.m@gmail.com), (2) Faculty of Mechanics and Mathematics, T.Shevchenko National University, Kiev, Ukraine, (3) Institute of Mathematical Machines and Systems, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, (4) Environmental Science Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko, Japan. Modelling of Cs-137 transport in the nearshore zone of Fukushima-Daiichi NPP under the combined action of waves, currents and fluxes of sediments. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表
30	国際学会	Oleksandr Pylypenko (1,2), Mark Zheleznyak (3), Oleksiy Boyko (4), Ivan Kovalets (1,2), Sergii Kivva (1,2), Alexander Khalchenkov (1,2), Oleksander Mikhalsky (1,2), Maxim Sorokin (1,2). (1) Institute of Mathematical Machines and Systems, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, (2) Ukrainian Center of Environmental and Water Projects, Kiev, Ukraine, (3) Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan, (4) University of Siegen, Germany. Flood forecasting and flood inundation mapping system developed for Ukrainian parts of Prut and Siret river basins within EAST AVERT project. EGU	ポスター発表
30	国際学会	Sergii Kivva (1), Mark Zheleznyak (2), Oleksiy Boyko (3), Ieven Ievdin (4), Oleksander Pylypenko (1), Oleksander Mikhalsky (1), Wolfgang Raskob (5), and Maksym Sorokin (1). (1) Institute of Mathematical Machines and System Problems, Kiev, Ukraine (skivva@gmail.com), (2) Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan, (3) University of Siegen, Germany, (4) Section SW 2.2, Decision Support Systems, Federal Office for Radiation Protection, Neuherberg, Germany, (5) Accident Consequence Group, Institute for Nuclear and Energy Technologies, Karlsruhe Institute of Technology. Updated module of radionuclide hydrological dispersion of the Decision Support System RODOS. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表
30	国際学会	Mark Zheleznyak (1), Oleksiy Boyko (2), Sergii Kivva (3), Oleksander Pylypenko (3), Oleksander Mikhalsky (3), Jochen Tschiersch (4), and Kerstin Hürkamp (4). (1) Fukushima University, Institute Environmental Radioactivity, Fukushima, Japan (r702@ipc.fukushima-u.ac.jp), (2) University of Siegen, Germany, (3) Institute of Mathematical Machines and Systems, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, (4) German Research Center for Environmental Health, Helmholtz Zentrum München. Distributed model of radionuclide wash-off from the Pripjat river watershed of Chernobyl Exclusion Zone: testing and simulation of accidental deposition on snow cover. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表

招待講演	0	件
口頭発表	6	件
ポスター発表	7	件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
30	2018年5月31日	平成30年度学長表彰(学長学術研究表彰)	原発事故後の環境放射能研究所および環境管理分野でのウクライナとの国際協力の推進	難波謙二	福島大学	2.主要部分が当課題研究の成果である	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
30	2018年5月12日	福島民友	行政間の連携確認 ウクライナ大臣知事と会談		1.当課題研究の成果である	5/14-15のために来日したウクライナ環境大臣をはじめとした訪問団県内視察の様子が放映された。
30	2018年5月13日	福島民友	再エネ取り組み視察 郡山市でウクライナ訪問団		1.当課題研究の成果である	同上
30	2018/5/14	NHK福島 ニュースふくしま845	ウクライナ訪問団 国際シンポジウム開催		1.当課題研究の成果である	同上
30	2018年5月15日	福島民友	原発事故後の研究成果共有 福島で国際シンポジウム開幕		1.当課題研究の成果である	同上
30	2018年5月15日	福島民報	ウクライナ、日本の研究者 原発事故後の対応共有		1.当課題研究の成果である	同上
30	2018/5/20	FCT 郡山市週刊トピックス	ウクライナ訪問団 再エネ視察		1.当課題研究の成果である	同上
30	2019/3/2	TBS「報道特集」	川の魚は語る～原発事故後の福島		3.一部当課題研究の成果が含まれる	

7 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
30	5月14日-15日	「福島ーチェルノブイリ事故後の環境国際シンポジウム2018」	日本	14	公開	セッション(I):チェルノブイリ原子力発電所および東京電力福島第一原子力発電所で汚染された地域の管理について セッション(II):チェルノブイリ立入禁止区域における近年の放射性核種動態のウクライナの研究について セッション(III):福島とチェルノブイリ地域における環境放射能調査の最新技術について セッション(IV):新しい放射性核種計測技術および福島で得られた新たな科学的成果の概要について、参加延べ:114人
30	2019/10/1	IER特別セミナー	日本	1	非公開	Oleksandr Pylypenko氏(講演者:SATREPS参加) タイトル:モデルを用いた洪水時のプリピャチ川からドニプロ川への放射性核種の輸送に対する影響評価(Model based assessment of the risks of the flood-driven transportation of radionuclides from the Chernobyl Exclusion Zone via Pripyat River to Dnipro River)、参加:
30	2019/3/8	SATREPS特別セミナー	日本	0	非公開	Dr Norbert Molitor(講演者) タイトル"Recent EC technical support projects for the decommissioning of Chernobyl NPP "

3件



②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
30	2019/4/23	Progress report, Work Plan, Member	日本側4名 ウクライナ側14名	これまでの成果報告ならびに今後のウクライナ-日本間の協力研究計画について協議した。
30	2019/7/13	Progress report, Work Plan, Member	日本側5名 ウクライナ側14名	これまでの成果報告ならびに今後のウクライナ-日本間の協力研究計画について協議した。

2件

# 成果目標シート

研究課題名	チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立
研究代表者名 (所属機関)	難波 謙二 (福島大学環境放射能研究所)
研究期間	H28採択(平成28年10月1日～平成34年3月31日)
相手国名／主 要相手国研究 機関	ウクライナ／ECOCENTER/ウクライナ非常事態省立 入禁止区域庁(SAUEZM)

## 付随的成果

日本政府、社 会、産業への 貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島原発事故後の汚染地域での将来予測</li> <li>・福島原発事故後の汚染地域の環境管理の効率化</li> <li>・福島の実状に関する情報発信による負のイメージの払しょく</li> </ul>
科学技術の発 展	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力災害への防護策の高度化</li> <li>・原子力災害後の放射性核種の長期動態の解明</li> </ul>
知財の獲得、 国際標準化の 推進、生物資 源へのアクセ ス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境中の放射性物質に関するモニタリング手法と体制の標準プロトコル構築</li> <li>・ChEZの状況を反映した広域予測のモデル構築</li> </ul>
世界で活躍 できる日本人 人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際的に活躍可能な日本側若手研究者の育成(若手研究者の雇用、国際社会への発信、レビュー付雑誌への論文掲載など)</li> </ul>
技術及び人的 ネットワークの 構築	ウクライナ政府関係者、研究者による福島原発被災地域の視察・情報共有および人的ネットワークの構築
成果物(提言 書、論文、プ ログラム、マ ニュアル、 データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウクライナ政府機関に対する環境修復事業に対する提言書</li> <li>・レビュー付雑誌への論文掲載</li> </ul>

## 上位目標

避難区域が再編され持続的マネジメントが行われる

モニタリングに基づく  
避難区域再編に関する  
提言

下記の内容を含む提案書の提出  
(1) 福島避難区域、(2) 福島における環境修復技術、  
(3) 立入禁止区域のゾーニングに関連する研究結果  
(4) 環境管理に関する規制文書に対する推奨事項

## プロジェクト目標

チェルノブイリ周辺地域における放射性核種動態の  
モニタリングおよびモデルシミュレーション手法の確立

