

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「チョルノービ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：6年/相手国名：ウクライナ

終了報告書

国際共同研究期間^{*1}
平成29年4月1日から令和5年3月31日まで
JST側研究期間^{*2}
平成28年6月1日から令和5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該年度末

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(実績)

研究題目・活動	28 年度 (8ヶ月)	29 年度	30 年度	31 年・ 令和元年度	2年度	3年度	4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作り、技術力を診断・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	モニタリング手法改善・効率化	取りまとめ			
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	予備調査・試料採取地点決定	定期サンプリング	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	観測地点決定	井戸掘削	地下水モニタリング手法の確立・改善			
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			取りまとめ	
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・試料分析		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・取りまとめ	
2-1 放射性物質の土壌中の側方・下方移行特性と初期降下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、モデリングする。	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		モニタリング・サンプリング・分析			
				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、モニタリング及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・取りまとめ	
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 キエフ市内においてモニタリングシステムを構築しモニタリングデータベースを作成する。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。	拠点決定・作業分担		合同調整委員会（JCC）会議			情報整理・取りまとめ	
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（合同調整委員会会議・シンポジウム等で打合せ）			提案書作成・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・セミナー等を開催する	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			

* 当初計画から変更のあった活動は赤矢印で示した。

(2)中間評価での指摘事項への対応

2020年7月30日の中間評価では、今後の課題を指摘された。それぞれについて対応を下記に示す。

【指摘 1】 中間時点における論文投稿数は5本（そのうち、日本・ウクライナ両国の共著論文は2本）とやや少ない。プロジェクト後半にかけて、観測データやモデルの解析結果を学術論文として積極的に投稿することを期待する。

【対応 1】 現在の業績を下記に記す。コロナ禍における本邦での活動分も含め、業績が増えている。現在準備中の論文も含めプロジェクト終了までにさらなる業績の増加が期待できる。

業績	査読つき論文	書籍など	総説等
研究題目 1	8(4)	2(2)	2(0)
研究題目 2	20(9)		1(0)
研究題目 3	4(4)		1(1)
研究題目 4	1(0)	1(0)	0(0)
合計	25(13)	3(2)	4(3)

※表中数字は投稿論文数または出版書籍数、括弧内の数字はそれぞれの中で日本・ウクライナ両国の共著数を示す。論文等の詳細、英文・和文別については様式 02 を参照。

【指摘 2】 環境回復や放射線防護に関する提言を取りまとめる際には、いくつかのシナリオを用意し、それらシナリオの実現に必要な科学的な根拠・モニタリング体制をバックキャスト的な思考で検討してほしい。同様に、今後のモニタリング・モデリング方針は、現地の再ゾーニングの方針に基づいて決定されることが重要と考える。

【対応 2】 現在、研究課題 2 では現地でのモニタリングに基づくゾーニング計画を作成中である。詳細を「新しいゾーニング設定のための河川・森林・地下水の濃度分布の構築」に記載した。

【指摘 3】 チョルノービリ立入禁止区域における放射性核種の長期的動態の把握によって、福島被災地域の持続的な環境修復の理解・技術向上に寄与してほしい。

【対応 3】 研究課題 1 では、福島被災地域の阿武隈川にて、栄養段階の異なる魚類を採捕し、栄養段階間の ^{137}Cs 濃度比を算出した。クーリングポンドにおける魚類の栄養段階間の ^{137}Cs 濃度比を算出し、チョルノービリ原発事故後、30 年間以上の長期的変化を解析することにより、福島被災地域における淡水魚類の汚染状況を予測した。

研究課題 2 では、コロナ禍での活動として、福島県阿武隈川流域における河川中の ^{137}Cs 動態研究を推進させた。観測的研究から河川中における ^{137}Cs の固液比が水温の影響を受けており、それを熱力学的に説明することに成功した。この結果は、Igarashi et al. (2022)として海外ジャーナルに掲載された。

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

令和元年度末からの世界的な新型コロナウイルス (COVID-19) の世界的な感染拡大により、令和 2 年度の渡航ができず、現地で予定していた調査・分析・実験に遅れが出た。このため、プロジェクト終了を 1 年間延長し、令和 4 年度末に変更した。令和 2 年度は、現地で予定していた分析や実験の一部を日本にて実施した。

研究題目 1 では、令和 2 年度以降、COVID-19 の世界的な感染拡大により、また、令和 4 年 2 月に、ロシアがウクライナへの侵略を開始したことにより、日本人研究者がウクライナへ渡航できなくなった。そのため、日本人研究者とウクライナのカウンターパートとの間で新たな調査・研究体制について一部を策定し直し、本事業を続行した（詳細については以下の 2(1)①に示す。）。さらに、チョルノービリの現地サンプルの一部を日本に輸送して測定することや、福島第一原発事故により放射性物質で汚染された地域で調査を行い、チョルノービリの放射性物質汚染との比較に関する解析に重きを置くようにした。

研究題目2では、令和2年度までに取得したデータを取りまとめ解析をおこなった。令和3年度もウクライナへの渡航が制限されていたため、福島県の河川を対象として放射性Cs動態に関する調査研究を実施した。

研究題目3では、2020年のチョルノービリ森林火災を対象に、火災による放射性物質の大気再拡散モデルの精緻化に勤めた。また、2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻では、JAEA、Karlsruhe Institute of Technology（ドイツ）と協力し、チョルノービリおよびザポリージャ原発が破壊された場合を想定した放射性物質拡散予測を実施している。

令和元年度末からの世界的な新型コロナウイルス（COVID-19）の感染拡大により、令和2年度以降ほとんどウクライナへの渡航ができず、現地で予定していた調査・分析・実験に遅れが出た。このため、令和3年度は、現地で予定していた分析や実験の一部を日本にて実施した。

2022年2月24日から始まった、ロシアのウクライナ侵攻以降、ウクライナにおける研究活動が一時的に中断した。その後、本プロジェクトでは現地からの要請に基づき、JAEA（日本）、Karlsruhe Institute of Technology（ドイツ）と協力し、チョルノービリおよびザポリージャ原発が破壊された場合を想定した放射性物質拡散予測を実施している。詳細を(4)研究題目3に記載した。

2. プロジェクト成果目標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

本プロジェクトでは、チョルノービリ規制区域およびその周辺地で実施されていた環境モニタリングに、チョルノービリ事故あるいは福島事故以降に確立された新しい機材あるいは分析手法を導入した。その結果、環境中（大気・森林・耕作放棄地・河川・湖沼）における放射性物質の動態を、周辺の環境要因と結びつけ理解することが可能となり、そのモデル化を容易にした。また、質量分析等の新しい分析手法の導入は、元来の放射性物質の計測における課題を解決し、その測定の時間短縮をもたらした。これらの手法は、コロナ禍やウクライナ戦争などを挟んだ6年という年月の中で現地研究者に浸透している。よって、「環境マネジメントの手法確立」という当初目的は十分に達せられたと考えられる。表1では、その概略を記載した（詳細については、各研究題目の報告内容を参照）。

表.1 当初目標の達成状況

当初目標	研究題目 1	研究題目 2	研究題目 3	研究題目 4
【研究の目的】 原子力災害後のチェルノブイリ周辺地域における環境マネジメントの手法確立	本プロジェクトでは、チェルノブイリ規制区域およびその周辺地で実施されていた環境モニタリングに対し、チェルノブイリ事故あるいは福島事故以降に確立された新しい機材あるいは分析手法を導入した。その結果、環境中（大気・森林・耕作放棄地・河川・湖沼）における放射性物質の動態を、周辺の環境要因と結びつけ理解することが可能となり、そのモデル化を容易にした。また、質量分析等の新しい分析手法の導入は、元来の放射性物質の計測における課題を解決し、その測定的时间短縮をもたらした。これらの手法は、コロナ禍やウクライナ戦争などを挟んだ 6 年という歳月の中で現地研究者に浸透している。よって、「環境マネジメントの手法確立」という当初目的は十分に達せられたと考えられる。下記では、その詳細を記載した。			
【研究の目的による副次的な効果】 福島第一原発事故後の環境モニタリングで用いられてきた最新の分析手法等をウクライナで導入することにより、今まで以上に正確な放射性物質の移行状況が解明できると期待でき、ウクライナ政府が現在計画している避難区域の再設定等の政策判断の支援となる	ICP-MS を用いた従来とは異なった計測手法による放射性物質の濃度定量方法などの導入により、規制区域内の放射性物質濃度分析に要する時間を大幅に短縮することに成功した。これにより、大規模なモニタリング等が可能となり、政策判断等に必要な情報をより詳細にウクライナ政府に提供できる。	コロナ禍における本邦での活動結果から、河川水中における ^{137}Cs の固液比は温度依存性があることがわかった。ウクライナの河川でも同様の現象が確認できるか、これまでに取得されたデータを用い解析をおこなっている。	2020 年 4 月に発生した大規模な森林火災により、大規模な放射性物質の大気拡散が観測された。これらの結果を元に、モデルシミュレーションを実施することができ、これまでにない規模での放射性物質の大気輸送シミュレーションを検証することができた。	イギリスのチームらと共同で、チェルノブイリ規制区域の見直しを支援するために、日本における福島事故以降の規制区域見直し状況を、ウクライナ政府担当者および地元住民に説明した。
【具体的な研究成果の社会実装】 (1)ウクライナにおける汚染地域の環境放射能制御および環境回復に関する法的基盤の強化 (2) チェルノブイリ立ち入り禁止区域の新たなゾーニングの設定に関する基礎情報の提供 (3) チェルノブイリ立ち入り禁止区域内および原	(1)該当しない (2)2014 年に人為的な水位操作が終了した CP 周辺において環境中の放射性核種濃度を測定し、現地研究機関と共有した。 (3)人工的な CP の水位維持管理が終わり、水面が低下したために大気に露出した部分における空間線量測定を実施し、その結果を取りまとめた（投稿準備中）。これらのデー	(1)該当しない (2) ウクライナの共同研究期間が蓄積した、河川および湖沼における放射性物質濃度データに加え、プロジェクト開始後に日本人およびウクライナ人研究者により取得されたデータを加え、データセットを作成した。 (3) 前述のデータセットを用い森林・河川・地下水	(1)該当しない (2)チェルノブイリ規制区域内に気象ステーションを設置した。また、エアロゾルサンプラーに関しては、規制区域内に3台、キーウ市内に1台、モバイル式エアロゾルサンプラーは2台を供与し、大気中 ^{137}Cs 濃度の観測体制を強化し、現地研究機関とデータを共有した。	(1) チェルノブイリ立ち入り禁止区域の管理及び周辺環境の放射線防護に関する提言としてまとめるため、1986年以降に作成されたチェルノブイリ立ち入り禁止区域に関連する法案（チェルノブイリ法）の全てを翻訳した。その中、事故直後から現在に至るまでの法体系の時間変化という視点から考察を行いその結果を論文として公表した（片岡

発 30km 圏内における各種環境コンポーネントの放射性核種消長に関する観測結果および放射線時間変化傾向に基づいて、当該地域内の「技術サイト」「廃棄物処理施設」「自然および放射線汚染地域の指定保護地区」設定に関する情報を提供する (4) チョルノービリおよび福島と比較による環境回復手法の効率性評価 (5) 現地におけるリスクアセスメントおよび福島との比較による重度汚染地域における環境修復に関する指針文書作成	タは、ウクライナ政府が今後の政策決定を行うための基礎資料となる。 (4) ICP-MS を用いた従来とは異なった計測手法による放射性物質の濃度定量方法などの導入により、規制区域内の放射性物質濃度分析に要する時間を大幅に短縮することに成功した（関連する仕事あれば）。 (5)以上の成果を取りまとめて指針文書作成を行なった。	の放射性核種濃度におけるゾーニングを実施した。 (4)現地で実施されていたサンプリングに加え、自動採水器や自記式の水質センサー類を設置することにより、河川や湖沼水中における放射性物質濃度の変動を周辺の環境要因の変動と合わせて理解できるようになった。 (5)以上の成果を取りまとめて指針文書作成を行なった。	(3)2020 年 4 月の森林火災では、焼損場所の違いが、大気への放射性物質放出フラックスに大きく寄与することがわかった。これらの情報をウクライナ人研究者と共有した。 (4)従来よりも高性能のエアロゾルサンプラーを用いることで大気浮遊物質を粒径別に捕集することが可能となり、将来的に放射性物質の大気拡散モデルの高度化が見込まれる。 (5)以上の成果を取りまとめて指針文書作成を行なった。	ら、2021)。初期の緊急対応と封じ込めが最優先課題として提示されていた。一方で、現在では ChEZ の再開発を最終目標としたゾーニングに行政が重きを置いている事が明らかとなった。 (2)-(5)研究題目 1-3 の取りまとめを支援した。
【目標の達成のための研究上の目的】 (1) 目標の達成のための研究上の目的 (2) チョルノービリ立ち入り禁止区域に試験区域を設定し、最新のモニタリング技術を導入し、環境中における放射性物質の挙動の時間変化を解明する。試験区域における観測結果を検証データとして、モデルシミュレーションを進展させ、将来	(1)CP やその周辺における土壌や水に含まれる放射性物質濃度を測定し、その形態や化学物質としての特性、生物への移行特性を明らかにした。 (2)CP の水位低下に伴う環境の変化が放射性物質の輸送、特に地下水中での移行に関して与える影響をモデルにてシミュレーションした。同様のシミュレーションは日本の福島第一原子力発電所内を対象にしても実施されており、原発事故後の長期的な地下水に	(1)チョルノービリ規制区域内における環境中の放射性物質濃度を測定し、事故以降の放射性物質濃度の環境中での動態を明らかにした。 (2)チョルノービリ規制区域内の河川において取得された長期モニタリング結果を用い、河川水および放射性物質の動態モデルを作成した。このモデルを用い、将来気候下における流域の水収支と放	(1)大規模な森林火災とその影響を、チョルノービリ規制区域内だけでなく、ウクライナの人口密集地であるキーウも対象として明らかにした。 (2)2020 年 4 月に発生した大規模森林火災を対象に、そのモニタリングとモデリングを実施することができた。この結果をもとに、さまざまな条件での放射性物質の大気輸送などをシミュレーショ	(1)1986 年のチョルノービリ原発事故以降に作成された法律（チョルノービリ法）は幾つかの翻訳が存在していたが、近年、多くの変更が加えられ変化していることが明らかにした。 (2)-(3)に関して、各研究題目の研究が円滑に進むようにそれぞれのカウンターパートと調整をした。

予測の高精度化を図る。調査結果は福島における調査結果と比較することにより、両国における原発事故被災地の将来予測を行う。 (3) 森林火災や洪水といった、極端現象による大気・水圏を通じた放射性物質の長距離輸送に関する予測・制御に関する手法を発展させる。チオルノービリ立ち入り禁止区域から居住域（キーク）に輸送される放射性物質に対する最新の観測手法・モデルを進展させる。	よる放射性物質の輸送の評価に寄与している。 (3)前述の地下水モデルを用いることで、気象などの極端現象が地下の放射性物質動態に与える影響を予測できるようになる。	放射性物質濃度を予測した。将来的な温暖化により冬季の積雪と春季の融雪出水が低下し、それに伴う放射性物質の下流への輸送が低下することが示された。 (3)現地での観測結果から、同じ流域であっても、流域内の土地利用等の違いが、それぞれの支流における河川水中の放射性物質濃度形成に大きく寄与していることが明らかとなった。これらの知見を統合し、放射性物質の下流への輸送を低減させるための土地利用などを提案する。	ンできるようになった。 (3)前述の大気輸送モデルを用いることで、2022年2月から4月にかけてチオルノービリ規制区域ないで発生した森林火災とそれによる大気中の¹³⁷Cs濃度のシミュレーションを実施した。	
---	--	--	---	--

1. 共同研究の実施

プロジェクト開始後から、毎年、合同調整委員(JCC)会議を開催し、双方の利害を調整すると共に、円滑なプロジェクトの進捗に努めてきた。令和2年度以降の世界的な COVID-19 の感染拡大により、日本人研究者の渡航が制限されると同時に、ウクライナ人研究者もチョルノービリ規制区域に入域できない状況が発生した。その中で、研究継続体制に関して、各カウンターパートと再調整をし、現地における継続的なモニタリング体制を維持することに努めた。また、令和3年2月からはロシアによるウクライナ侵攻の開始により、カウンターパートの Ecocentre があるチョルノービリ規制区域も一時的にロシア軍に占拠された。このような困難があったが、各年度ともそれぞれが研究進捗に尽力し、成果を発信し続けている。年度ごとの状況を下記に記す。

平成29年5月に、キーウにおいてキックオフミーティングを開催した。全体会議の後、研究題目分野別に、各カウンターパートと環境モニタリングシステムの導入・試料採取・試料分析手法確立に向けた研究の方針を協議した。研究課題1、2、3ともに、モニタリング手法の確立を目指して、既存データのレビューを行い、現地踏査を実施し、相手国各研究機関との関係を構築した。当初の研究計画に基づいて、常時2~3名のプロジェクト研究員が平成29年度から着任し、共同研究に貢献した。

平成30年度は、5月に福島市でシンポジウムを開催したほか、4月と7月にキーウで合同調整委員(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。

令和元年度は、5月と11月に福島および筑波大学でシンポジウム/セミナーを開催した。また、6月にキーウで合同調整委員(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。共同研究開始後の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、全体と各研究課題が進捗するよう努めた。

令和2年度は、4月に合同調整委員(JCC)会議を web 開催し、コロナの影響で日本人研究者らが渡航できない期間における研究継続体制に関して協議を行った。共同研究開始後の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。現地におけるサンプリングと分析は、ウクライナ人研究者によって引き続き実施されることとなり、日本人研究者は web を介した議論でその活動を支援する事が決定された。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、全体と各研究課題が進捗するよう努めた。

令和3年度は、7月に合同調整委員(JCC)会議を web 開催し、コロナの影響で日本人研究者らが渡航できない期間における研究継続体制に関して引き続き協議を行った。共同研究開始後の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。現地におけるサンプリングと分析は、ウクライナ人研究者によって引き続き実施し、日本人研究者は web を介した議論でその活動を支援する方針が再確認された。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

相手国研究機関への供与を当初計画していた研究用機材は、COVID-19 の世界的感染拡大等の影響により、計画より遅れた場合もあったが、すべて供与を終え、本事業を達成するために有効活用された。また、研究題目1で必要となる、クーリングポンド近傍の観測井戸の設置についても令和元年度に終了し、継続的なモニタリングに貢献した。

チョルノービリ立入禁止区域内で円滑な調査を行うため、Ecocentre をフィールド調査、サンプル処理・分析等の拠点とした。平成29年4月にキーウ市内に現地事務所を開設することによって、ウクライナにおける機材供与等のための事務手続き及び研究活動支援等の円滑化に成功した。平成29年4月から6月までは福島大学 IER の国際部門の職員が常駐し、同年7月からは現地調整役が現地事務所に常駐した。また、キーウ市内では、UIAR に日本側研究者が滞在し、サンプル処理・分析等を現地のカンターパートと共同で開始した。同じくキーウ市内の UHMI には事務室を設置し、什器の整備を行い、処理・分析、データ解析・研究打合せ等の目的で使用し始め、日本側の観測機材や試料の保管スペースも整備した。

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び、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速やかに行い、環境モニタリングと試料の放射性核種分析の効率化、低コスト化を進めた。

令和元年度以降に大型（高額）供与機材の入札及び納入を行った、ICP-MS、ゲルマニウム半導体検出器、全有機炭素計、蛍光 X 線分析装置については、令和元年度に納入を完了した。また、スキャナータイプラジオアイソトープ画像解析装置一式（通称：イメージングプレート）については、入札公示を行ない、令和 2 年度に納品を完了させた。これにより、全ての大型機材の供与が完了した。

令和 3 年度中に、日本人研究者が預け荷物として輸送を想定していた、ホットプレート、恒温振とう器、超純水装置、それらの付属品に関しては、COVID-19 とロシアによるウクライナ侵攻のため供与が済んでいない。

3. 相手国（ウクライナ）受け入れ態勢の拡充

平成 29 年度では、相手国内において国際共同研究を円滑に行うために必要な、本プロジェクトのウクライナ経済省への事業登録が完了した。

平成 30 年度には、事業登録を継続すると共に、チョルノービリ立入禁止区域（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、施設の一部を日本側の研究者にも使用を許可した。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、キーウ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。

上記の受け入れ態勢は、令和 3 年度まで継続したが、令和 2 年度は、同年 2 月頃よりの世界的なコロナ禍のため、日本人研究者の渡航は全て延期となった。このため、チョルノービリ立入禁止区域（ChEZ）内での調査は、Ecocentre を拠点としてウクライナ人研究者らによって実施された。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 は試料処理や分析の改良等を行った。現地調整役 1 名（福島大学職員）は、COVID-19 の世界的な感染拡大に伴い、令和 2 年 3 月にウクライナから帰国した。令和 2 年度は、福島大学環境放射能研究所に常駐し、プロジェクト登録、供与機材の輸送・通関、他の研究用機材の調達を担った。

令和 3 年度になり、COVID-19 の感染拡大に一時的な低下が現れた、10 月に、マーク・ジェレズニヤク特任教授と五十嵐康記特任助教が、コロナ禍後、初めてウクライナを訪問した。現地における観測および分析の進捗状況を整理すると共に、今後の研究進捗に関して現地で調整した。

しかし、令和 4 年 2 月に発生したロシアによるウクライナ侵攻により、日本人の渡航が再び中止に至った。ロシア軍のキーウ及びチョルノービリからの撤兵後も、現地カウンターパートとの連絡を密にし、状況の把握に努めた。そのため、チョルノービリでは、Ecocentre などのカウンターパートの情報提供により、供与機材の破壊および盗難が確認された。

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

平成 29 年度には、相手国共同研究者とウクライナ政府機関関係者および在ウクライナ日本大使を招き、キックオフミーティングを開催した。翌年年 3 月には、チョルノービリ立入禁止区域庁副長官を招聘し、日本の立入禁止区域やその解除の現状等の視察を含む情報交換を行い、事業期間中の現地調査を円滑に進めるための情報を得た。

平成 30 年度には、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。この時に、ウクライナ経済発展省の大臣とチョルノービ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ョルノービリにおける事故汚染地域の管理や放射性核種のモニタリング、分析等の経験等について講演した。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、成果目標シートの上位目標に含まれる、福島第一原発事故による被災地域の現状及び環境修復技術をウクライナ側の政府関係者等に理解してもらうために、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。福島第一原発事故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した。

令和元年度は、5月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。ウクライナ農業放射能研究所所長ら計3名が来日し、本プロジェクトでの研究成果などを報告した。11月にはウクライナ立入禁止区域庁前副長官オレグ・ナスビット氏が来日した。福島大学にてセミナー形式でプロジェクトに関する研究の進捗、特に、立入禁止区域の管理や放射線防護に関する報告を行った。

令和2年4月及び令和3年4月に、ウクライナ・スラブジッチにて実施された原子力廃止措置と環境回復に関する国際会議（INUDEC0 2020 及び 2021）において、福島大学環境放射能研究所の五十嵐特任助教らが、福島及びチョルノービリにおける本プロジェクトでの研究成果などをwebで報告した。

- ・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ョルノービリ原発 CP 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、チョルノービ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ョルノービ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。さらに、福島第一原子力発電所事故により放射性物質で汚染された地域にて、チョルノービリで行ってきた内容と同様の調査を行い、両者の放射性物質汚染の実態を比較し、より深い理解を得られるよう試みた。

- ・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、チョルノービリ災害後35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。チョルノービリ立入禁止区域と福島第一原発事故被災地域とで、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13名、筑波大学の6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。現地調整役1名（福島大学職員）が、平成29年度から、COVID-19により帰国できなくなる直前の令和2年3月まで、キーウ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。また延べ3名のプロジェクト研究員（ポスドク・若手研究者）が本事業に参加し、国際会議で本事業について発表した他、査読付き国際誌へ投稿する等の貢献をした。

平成30年度から、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した。この学生は、本事業期間中に博士号を取得し、その後もポスドク研究員として終了まで本事業に参加した。研究題目2の河川での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を計画している。

平成30年度以降、各研究題目のリーダーによる班長会議を必要に応じて開催し、研究進捗の確認、問題点の共有を図った。COVID-19の感染拡大によって移動が制限された期間中でも、web会議を開催して、情報の共有に努めた。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た。

・人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

平成 30 年度に、UIAR から若手研究者 1 名を日本側研究機関に派遣し、また、令和元年度 5 月に、Ecocentre から 1 名の若手研究者を福島大学に派遣し、それぞれ主に研究題目 2 に関する研修を行った。令和 3 年度は、ウクライナから日本への研修受け入れは実施できず、日本からの研究者派遣も延べ 3 名に限られた。しかしながら、web 打ち合わせを頻繁に実施し、共同執筆論文の投稿と受理に結びつけることができた (Holiaka et al., 2021 J. Environ. Manage.)。

(1) 研究題目 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」

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）に対する成果目標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、「研究題目・活動」の 1-0～1-7 を達成すべく、研究を行ってきた。クーリングpond (CP) 近くのプリピャチ川から、水位維持のため揚水ポンプで水を人工的に供給していたが、2014 年度のポンプ停止以降、クーリングpondの水位が低下したことにより、本来は一つの冷却池が複数の小pondに分断された。そのため、ウクライナ側の研究機関による従来のサンプリングに加え、日本人研究者は主に CP 内の北西部に位置する小pond及びその周辺の陸地化した箇所を集約的に調査した（図 1-1）。CP の測定に関して、日本人研究者はウクライナの研究機関（Ecocentre、IHB、ChREBR、INR、UHMI、UIAR）と協力して、サンプリング、放射性核種等の測定、学術的データを蓄積・解析した。

研究題目 1 を遂行するために、CP 内の放射性物質の化学的挙動を明らかにする化学班、地下水を介した CP の放射性物質移動を明らかにする水文班、そして CP の水生生物及び水位低下により陸地化した場所に侵入してきた陸上生物の放射性物質の挙動について明らかにする生物班の 3 つに役割分担し、より専門的な研究体制にした。

化学班は、UHMI が本事業以前から行ってきた CP における定期観測期間を主とし、これまでの観測項目に加えて、平成 29 年度から共同で観測・分析を行った。研究課題 1-1、1-4 および 1-7 を主に担当した。水文班は、主に地下水を介した放射性物質の挙動を解明するために、Ecocentre と共同で観測井のデータ測定・解析を行った。生態班の中で、陸上生物については ChREBR 及び INR の協力のもと、現地サンプリング、サンプル処理及びサンプルの測定を行った。生態班の水生生物については、Ecocentre 及び IHB と協力して CP の魚類を採捕し、放射性核種の測定も両機関にて行った。以下に各項目の達成状況を記載する。尚、これらは、Project Design Matrix (Monitoring Form 3-2) と Plan of Operation (Monitoring Form 3-3) 中の 1-2 Progress of Activities の 1 及び 1-3 Achievement of Output の 1 における重要な Output の一つである。本プロジェクトによって得られた研究成果は、国際誌 5 報、国内誌 3 報、書籍 1 冊に取りまとめられた。

研究題目 1-1 pond内の水および堆積物の汚染状況を把握する

研究題目 1-4 pond内の放射性核種の移行・挙動を予測する

先述した CP 北西部の小pondで、平成 29 年度から化学班が、UIAR 及び UHMI と共同で、水位低下後、水および堆積物をサンプリングし、放射性核種 (^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{241}Am 、U；湖底堆積物では ^{137}Cs 、 ^{241}Am) を測定した（図 1-1-1）。

本事業により、CP の水位低下後、初めて湖底堆積物中の ^{137}Cs の単位面積当たり蓄積量（インベントリ）と、多地点における深度分布が明らかになった（図 1-1-2）。 ^{137}Cs 濃度の深度分布は、表層から 50 cm 以深で高くなる傾向を示す地点もあれば、表層が最も高濃度で、深くなると濃度が低下する地点もあった。 ^{241}Am についても、 ^{137}Cs と比較して明瞭ではないが、湖底堆積物中の濃度は、表層から 60 cm 以深で高くなる地点もあれば、表層が最も高く、深くなると低下する地点もあった。ただし、これら深度と濃度の関係は、 ^{137}Cs も ^{241}Am も、同一地点では同様の傾向を示していた。さらに、堆積物表層の ^{137}Cs 濃度が 150k～270k Bq/kg と、深い層と比較して各採取地点におけるばらつきが小さかった。以上のことから、チェルノブイリ原発事故直後に CP に堆積した放射性物質は、湖底に不均一に堆積した履歴が、現在も堆積物の深い層に保存されている可能性を示した。

CPの水に含まれる放射性核種 (^{137}Cs 及び ^{90}Sr) 濃度の時間変化を図 1-1-3 に示した。ウクライナの研究機関がまとめた時系列データを基に、本事業期間以前のデータも含めると、両放射性核種ともに、チョルノービリ原発事故後から、二成分指数関数に則した濃度減衰を示していた。しかしながら、事故直後は ^{137}Cs よりも低濃度で推移した ^{90}Sr が、2005 年以降は ^{137}Cs 濃度より高くなる傾向が認められた。本事業期間中、 ^{90}Sr 濃度は 1990 年代のレベルを示す場合もあり、この濃度上昇が、CP の水位低下に起因するか明らかにするべきであり、また、今後の濃度変化について特に注意する必要があることを示した。

また、 ^{90}Sr 、 ^{241}Am および Pu 同位体については分析法が確立していないため、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。この分析法を利用し、平成 29 および 30 年度に CP にて採取した、湖底および湖岸堆積物の ^{241}Am 、 Pu 同位体の測定を UIAR で行い、図 1-2 のとおり、深度別の汚染状況を明らかにした。(以上研究題目 1-1)。

^{129}I は長寿命核分裂生成核種であり、その物理化学的性質から環境水に溶存し動植物に移行する事が知られている。これまでヨウ素同位体について CP でモニタリングされた例はなく、その濃度や同位体組成は不明であった。そのため、今回は濃度や分布を明らかにするため測定した。CP の水試料の長半減期放射性ヨウ素 ^{129}I を化学分離後に加速器質量分析(AMS)にて、また安定ヨウ素 ^{127}I を誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)により測定を行い、CP において初めてヨウ素同位体の結果を得た。また、これら試料中の安定ヨウ素同位体 ^{127}I と長半減期放射性ヨウ素同位体 ^{129}I 濃度において、通常の手法では無機態しか測定できないが、有機体のヨウ素も含めた全ヨウ素測定ができるように有機ヨウ素を UV 照射により分解し測定可能な方法を確認した。この後、化学分離後に加速器質量分析(AMS)にて、また安定ヨウ素 ^{127}I を誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)により測定を行い、CP において初めて全ヨウ素同位体の結果を得た。さらに、ヨウ素の存在状態ごとの濃度定量を行うために電気化学的手法を用いた回収法を確認し、環境水(海水)の条件下でヨウ化物イオンのみを回収できることが示された。これらの技術的な確立により、様々な環境中の ^{129}I 動態を明らかにできる手法を確認させた。

また、水中に溶存している放射性 Cs 及び放射性 Sr を、他の競合するイオン(例えばカリウムやカルシウム)が存在する中で、効果的に除去するための方法を確認するために、複数の固相抽出(SPE)法を、室内実験により評価した。さらに、放射性 Cs の除去方法については、福島第一原子力発電所事故近くのため池から採取した水を用いて、放射性 Cs の回収率を測定し、90%以上の回収率を得られた。環境中に天然鉱物などに混ざって存在する事故由来の高放射能粒子を選択的に回収するために重液を用いた分離法を確認した(Alam et al., 2022, Microchemical Journal 181, 107637)。この手法を福島第一原子力発電所により生じた汚染土に適用することで、粒子の比重ごとに分離することができ、CP の試料へ応用する準備が整った。

CP 内の放射性物質汚染を、堆積物採取のような点による測定ではなく、面的に把握するため、Ecocentre の Dmitry Samoilov 氏と協力して、空間線量率歩行サーベイの調査を令和元年 2~3 月に行った(図 1-1-4 左図)。さらに、空間線量率データに、縮小した水域(スモールポンド)の位置情報を加え、水際からの距離と空間線量率との関係を解析した。その結果、スモールポンド近くでは空間線量率の低下傾向を明らかにした(図 1-1-4 右図)。この傾向は、水による湖底堆積物からのガンマ線低減効果による影響と推察される。

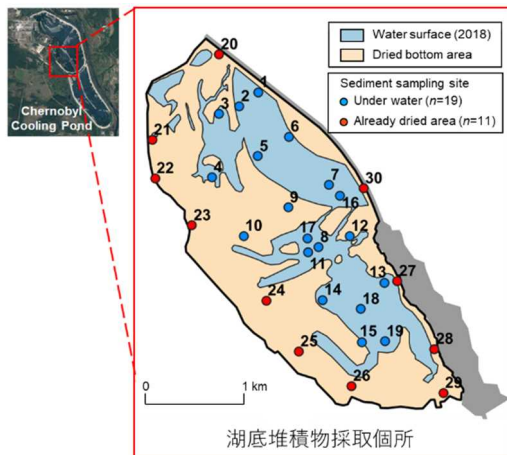


図 1-1-1 クーリングポンドの湖底堆積物採取箇所
陸地化および水底の任意の箇所で採取した。

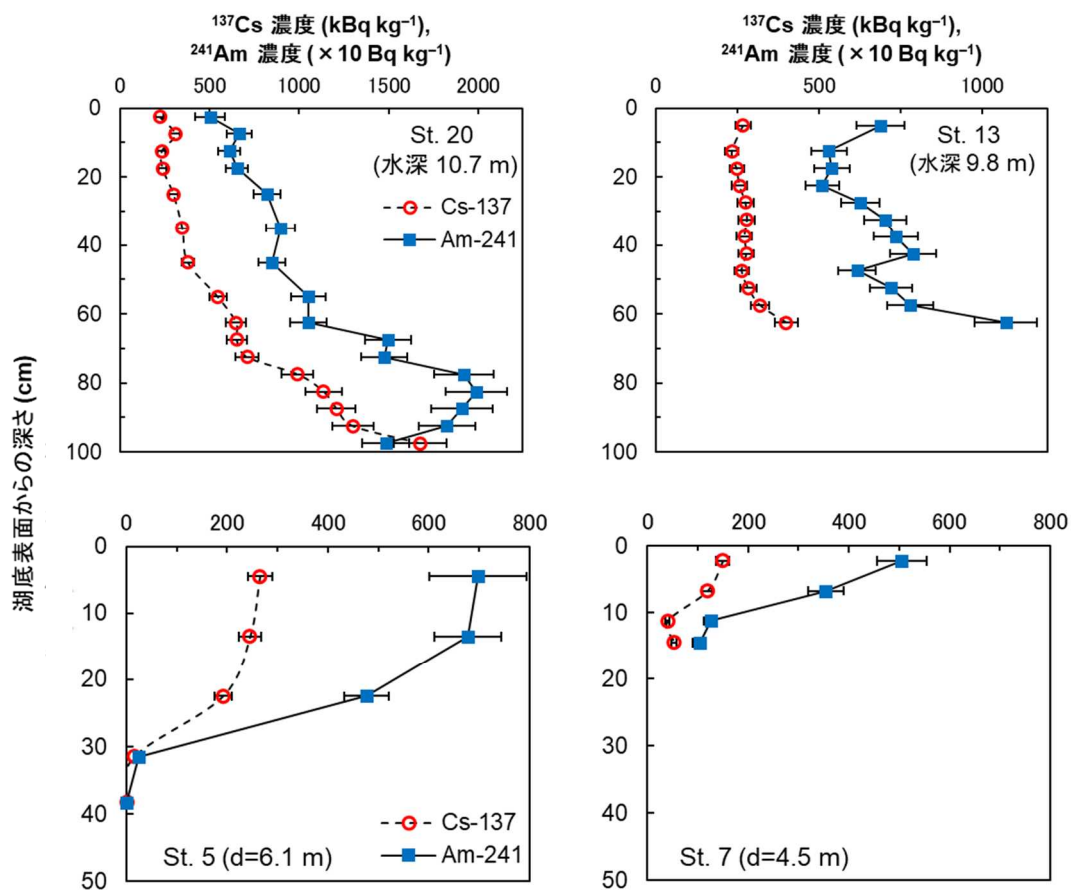


図 1-1-2 クーリングポンド湖底堆積物の深さ別 ^{137}Cs 濃度及び ^{241}Am 濃度

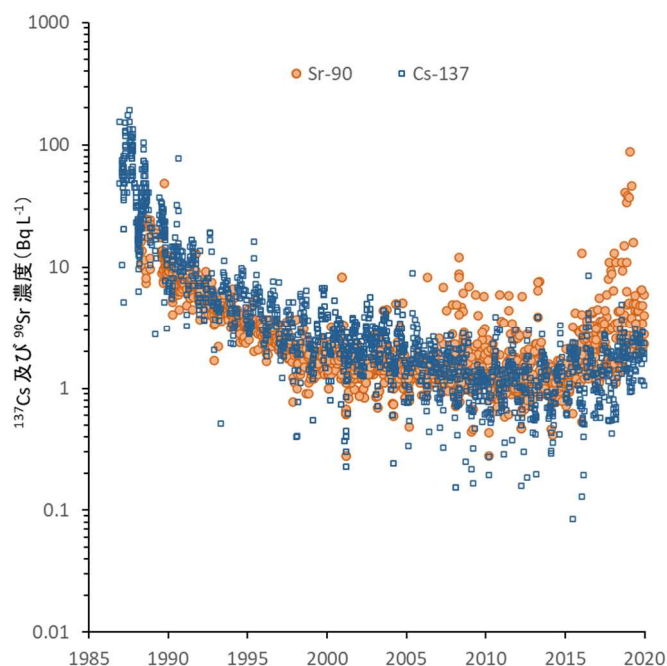


図 1-1-3 クーリングポンドの水に含まれる ^{137}Cs 及び ^{90}Sr 濃度の経時変化

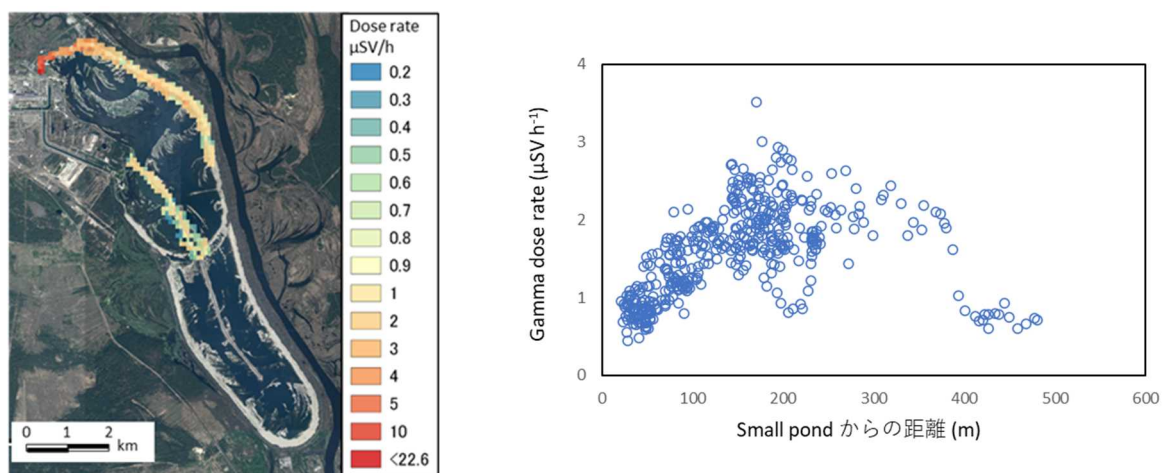


図 1-1-4 クーリングポンド北部の空間線量率分布（左図；背景には©2020 CNES/Airbus©2020 Google を使用）及びクーリングポンド陸域におけるスモールポンド水際からの距離と空間線量率との関係（右図；クーリングポンド北東部）

研究題目 1-2 地下水系を把握する

研究題目 1-5 地下水系の変化を予測する

地下水系を把握するため、水文班は、CP 周辺で観測された地下水位や気象観測の過去のモニタリングデータを、Ecocentre より提供を受けて整理し解析を行った。また、当初の予定通り Ecocentre と議論して、地下水位を高精度・高頻度で観測する既存の井戸を CP 周辺で 10 点選定し、平成 29 年 10 月に 10 地点の井戸に水圧式自記水位計を設置し（図 1-2-1）、Ecocentre には大気圧補正用のバロメータを設置した。これらから得られた連続観測データから、地下水位および地下水温の季節変化を地点間で比較解析した（以上研究題目 1-2）。

さらに、令和2年3月までに3地点で、それぞれ深度30 m、60 m、90 mの計9本の観測井を新設した。掘削にあたっては各地点で深度90 mまでの連続コアサンプルを採取するとともに、掘削孔内で比抵抗、自然電位、自然ガンマ線の物理検層を実施した。令和2年3月には、採取した地質コアの観察及び粒度分析に使用する土壌サンプル採取と、その後の土壌サンプルの粒度分析を、Ecocentreと協力して行った。新規観測井による、地下水位と地下水温の定期モニタリングが令和2年10月から開始された。新規観測井の土壌サンプル採取と粒度分析を、Ecocentreと協力して行った。また、令和2年に実施した揚水試験の解析を行い、地下水モデルに入力するための帯水層係数を得た。平成29年からの令和元年までの観測データを使用して地下水位と地下水温の時系列変化を解析し、さらに、CP周辺の地下水位データを、Ecocentreより提供された気象データと合わせて解析した。これらの解析により、地下水位および地下水温の季節変化を地点間で比較するとともに、CP水位低下後の地下水位の変動状況を把握した。

これらのデータを基に、チョルノービリ周辺地域の地下水流動モデルの構築および解析を行い、解析結果から、CP水位低下前の2014年から低下後の2019年にかけて進行した地下水位低下量と地下水中の ^{90}Sr 濃度変化の分布図を作成した(図1-2-2)。地下水位低下量は、CP付近で最大約6 mであり、水位低下範囲は原子炉建屋の西側に広がることが分かった(図1-2-2a)。また、CPとプリピャチ川間の水位等高線の間隔は広くなり、CPからプリピャチ川へ向かう地下水の流速が減少したと推察された。地下水中の ^{90}Sr 濃度は、CPの西側では減少しCPの北側およびCPとプリピャチ川間で増加傾向を示すことが明らかとなった(図1-2-2b)。さらに、地下水位と ^{90}Sr 濃度の変化率には相関がみられた。CPの水位低下は、地下水位や ^{90}Sr 濃度に影響を与えることが示された。

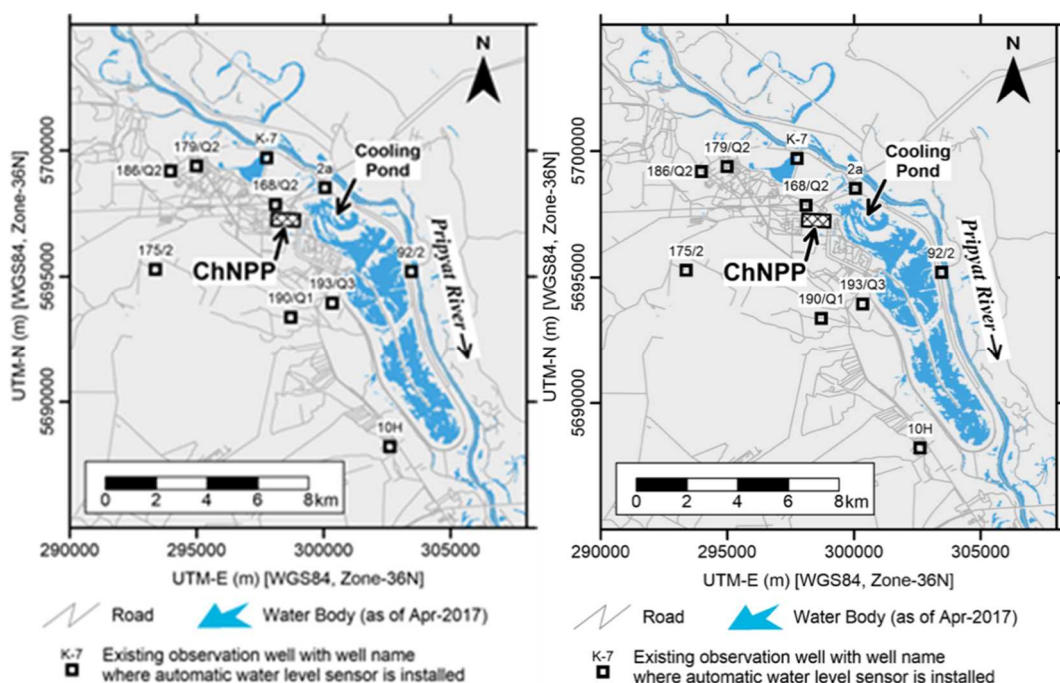


図 1-2-1 水圧式自記水位計を設置した既存井戸の位置と名称。

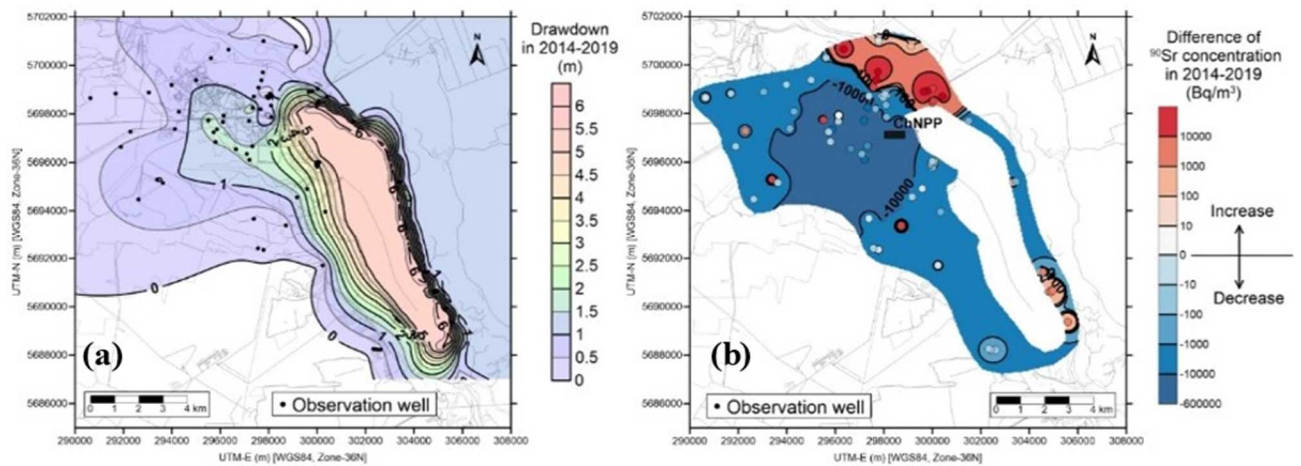


図 1-2-2 2014-2019 年における地下水位低下量(a)と地下水中の ^{90}Sr 濃度変化(b)

研究題目 1-3 水圏、水辺の生物中放射性物質濃度を把握する

研究題目 1-6 水圏と水辺の生態系への影響を評価する

CP の陸域に侵入してきた陸上動物（げっ歯類）については、平成 30 年から Denis Vishnevsky 氏 (ChREBR) および Olena Burdo 氏 (INR) の協力のもと、毎年捕獲調査による生息状況と放射性物質の汚染状況の把握、及び生物影響について評価を行った。CP 陸域の植生の異なる 23 箇所及び対象区として CP に隣接する森林内 1 箇所を定点調査地とし、毎年周囲から齧歯類を捕獲した。捕獲された個体は、種同定を行い、生態学的な調査として、各採取個所における地点での多様度、及び種構成の年変化を解析した。捕獲された個体のさらに、放射性物質による汚染状況を明らかにするために、採取箇所の土壌及び捕獲個体の ^{137}Cs および ^{90}Sr 濃度の測定を行った。さらに、及び捕獲個体の放射性物質による影響を明らかにするために、染色体解析、を、Olena Burdo 氏によって行われた。さらに、免疫・酸化ストレス等の評価を行うため、げっ歯類の各組織についての採材を行った。

個体数及び種構成はどの調査地点も年変動がみられたが、多様度を解析したところ、CP の植生の遷移が進む低木林などで構成された地域が全調査期間を通して最も高い値を示し、希少種の生息も確認された。各齧歯類において ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 濃度を測定したところ、対象区では ^{137}Cs を多く蓄積する傾向があり、CP 内の 2 地点では ^{90}Sr が多く蓄積する傾向が認められた。CP に生息する小型齧歯類の造血系細胞を評価したところ、幼体及び亜成体でより顕著な影響が認められた CP に生息する小型げっ歯類の造血系細胞評価に関する学術論文が、ウクライナの学会誌 Nuclear Physics and Atomic Energy (Lypaska et al., 2020, vol21, pp.328-337) に受理された (図 1-3-1)。

水位が低下した CP の魚類を、北西部の小ポンドを中心に、IHB 及び Ecocentre のカウンターパートと共同で採捕した。令和元年 7 月に CP 内のヨーロッパオオナマズおよびその他魚類の採取を行った (図 1-3-2)。その中には、大型のヨーロッパオオナマズ 5 個体（最大で体長 2.3 m、体重 50 kg）が採取され、耳石を採取して年齢査定を行ったところ、それぞれ 31–39 年生と推定され、チェルノブイリ原発事故の発生前後から生息している貴重なサンプルも採取できた。ヨーロッパオオナマズについては、内臓器官および筋肉部位の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{241}Am および Pu 同位体の濃度を Ecocentre にて測定した。その他に採取した異なる種の魚類（約 80 個体）については、筋肉部位の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 濃度を、Ecocentre 及び IHB で測定した。

本事業前にウクライナの研究機関で測定されたデータも含め、複数種の魚類に含まれる ^{137}Cs 濃度の時系列変化を解析した。チェルノブイリ原発事故後、魚類の ^{137}Cs 濃度は指数関数的に減少していて、また、水位低下による影響は、長期的な ^{137}Cs 濃度の推移の中では認められないことが明らかになった (図 1-3-3 左図)。また、水から各魚種への移行係数は、魚種によって 200–15000 L/kg と大きな違いが認められたが、チェルノブイリ原発事故後の経過年数による変化は認められないことが明らかになった (図 1-3-3 右図)。

さらに、魚類を捕食者と被食者に分け、被食者から捕食者への ^{137}Cs の移行を明らかにするために、捕食者／被食者の ^{137}Cs 濃度比を算出した。すべての捕食者 (Perch; *Perca fluviatilis*, pikeperch; Sander

luiperca, European catfish; *Silurus glanis*) で、被食者 (Bream; *Abramis brama*, carp; *Cyprinus carpio*, crucian carp; *Carassius carassius*, rudd; *Scardinius spp.*) との濃度比は 1~10 を示し、 ^{137}Cs の生物濃縮が明らかになった。しかし、時間変化によるこの濃度比の変化は認められなかった。以上より、事故後、水—被食者の魚類—捕食者の魚類の間における ^{137}Cs の移行プロセスは変化していないため、事故後から水、魚類ともに ^{137}Cs が時間とともに変化しても、それぞれの濃度比が一定の範囲内で推移していることを示唆している (研究題目 1-8)。

一方、福島第一原発事故により、河川水から放射性セシウムが検出される阿武隈川の、飯野ダム及び信夫ダムにて、令和 2 年及び 3 年に魚類を採捕し、被食者—捕食者の ^{137}Cs 濃度の関係を明らかにした。日本国内では、pike や pikeperch のような捕食性の淡水魚は存在しないが、阿武隈川では、ヨーロッパオナマズと同じナマズ目であり、北アメリカ原産の特定外来生物、チャネルキャットフィッシュ (*Ictalurus punctatus*) が生息していて、本調査で十分な個体数を採捕できたため、これを捕食者として ^{137}Cs 濃度を測定し、被食者となり得る魚種 (コイ; *Cyprinus carpio*、ギンブナ; *Carassius auratus langsdorfii*、ニゴイ; *Hemibarbus labeo*) の ^{137}Cs 濃度から、捕食者と被食者の ^{137}Cs 濃度比を算出した (表 1-1, 1-2)。阿武隈川の 2 つのダムでも、 ^{137}Cs 濃度比は 1 以上を示し、魚類の被食者から捕食者への ^{137}Cs の生物濃縮が明らかとなった。チェルノブイリ原発事故から 30 年以上経過しても、捕食者魚類の生物濃縮が認められることから、福島第一原発事故によって放射性セシウムに汚染された地域でも、同様の生物濃縮が継続すると予測される。また、チャネルキャットフィッシュと同じナマズ目で在来種のナマズ (*Silurus asotus*) も、 ^{137}Cs の生物濃縮が起きていると推察される (研究題目 1-6)。一方、CP における魚類の ^{90}Sr 濃度は、2000 年以降のデータのみであるが、増加傾向が明らかになり、CP の湖水に含まれる ^{90}Sr 濃度の増加との関係が示唆された。

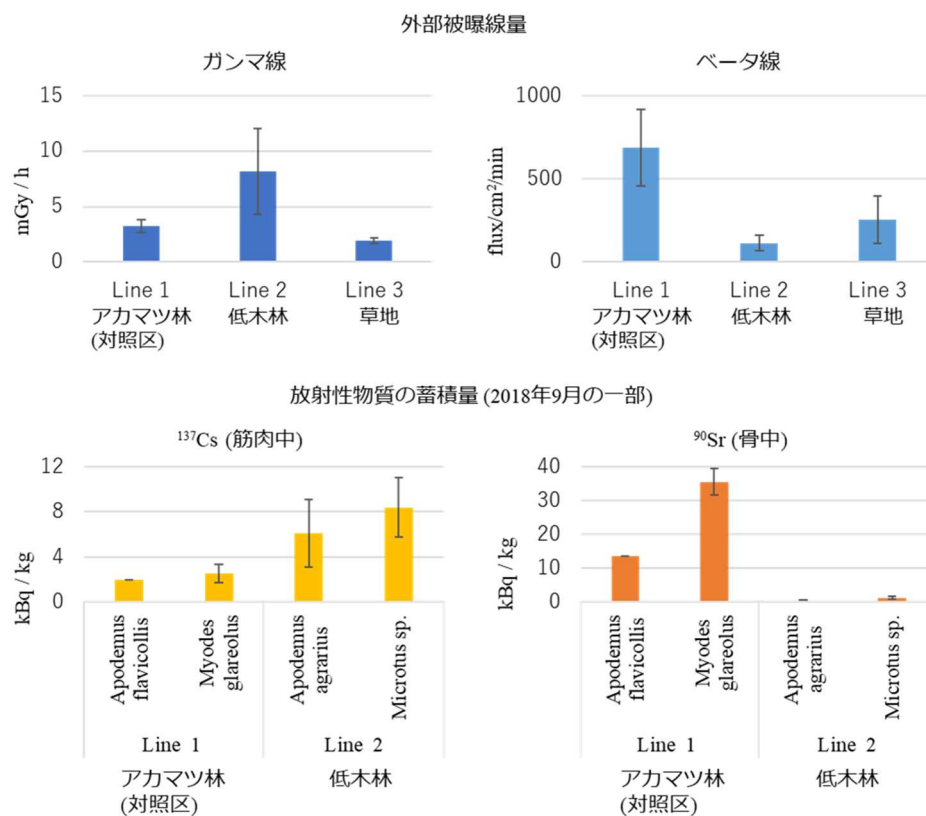


図 1-3-1 現出した陸域に生息する哺乳類の放射性物質蓄積の現状

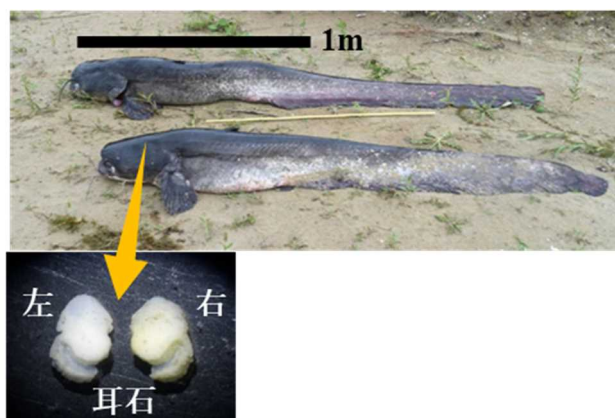


図 1-3-2 捕獲したヨーロッパオオナマズ（上図）とその耳石（下図）

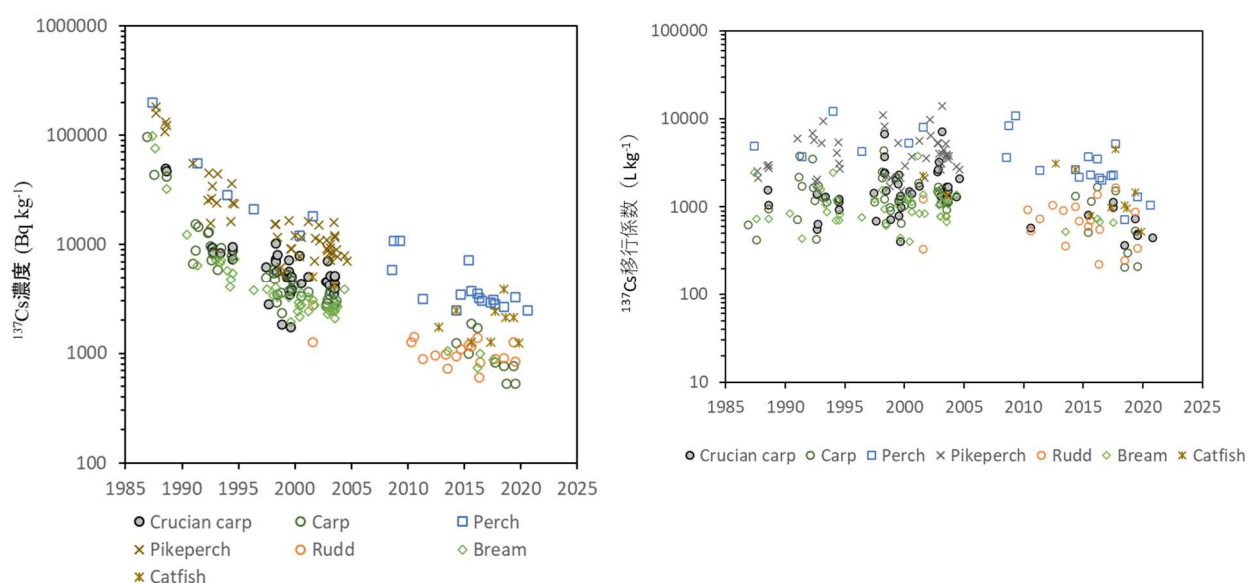


図 1-3-3 魚類の ^{137}Cs 濃度の時間変化（左図）及び水と魚類の ^{137}Cs 濃度比（右図）

表 1-3-1 阿武隈川（飯野ダム・信夫ダム）で採捕した魚類¹⁾の ^{137}Cs 濃度

			$^{137}\text{Cs} \pm \text{SD}^{2)}$ (Bq/kg)	
飯野ダム	2020 年 11 月	チャンネル ³⁾	5.56	± 2.14
		ニゴイ	2.55	± 1.10
	2021 年 9-11 月	チャンネル	6.44	± 2.54
		ギンブナ	2.80	± 1.18
		コイ	2.60	± 1.38
信夫ダム	2021 年 8 月	チャンネル	5.37	± 1.72
		ギンブナ	3.53	± 1.36

1) 個体数 3 以上の種のみ掲載。

2) 濃度と標準偏差 (SD) には、それぞれ幾何平均及び幾何標準偏差を使用。

3) チャンネルキャットフィッシュ

表 1-3-2 阿武隈川（飯野ダム・信夫ダム）で採捕した魚類¹⁾の¹³⁷Cs濃度比（捕食者／被食者）

飯野ダム			
	2020 年 11 月	2021 年 9-11 月	
	ニゴイ	ギンブナ	コイ
チャネル ²⁾	2.18	2.30	2.48

信夫ダム	
	2021 年 8 月
	ギンブナ
チャネル	1.52

^{1), 2)}表 1-1 を参照。

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）とイメージングプレートは、平成 30 年度中に供与を完了する計画である。納入され次第、CP および周辺の湖沼で採取した環境試料の分析法について、UIAR の共同研究者や技術専門員に技術移転する計画である。既に設置した地下水位観測の水位センサーの観測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、平成 30 年度に速やかに Ecocentre の共同研究者に技術移転を行う。

供与機材のうち、平成 30 年末に契約済みで、輸送と納入を進めていた誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）は、令和元年 9 月に UIAR に設置された。その後、10 月に ICP-MS の引き渡し式及び使用に関する説明会を UIAR にて行った。すでにカウンターパートによる測定も進められている。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た。イメージングプレート一式については、プレート自体を令和元年度に、画像読取装置本体を令和 2 年度に、UIAR へ供与した。

地下水観測については、令和元年 10 月から新たな観測井の掘削を開始し、令和 2 年 3 月までに 9 本の設置を完了した（研究題目 1-2、1-5）。その際、掘削作業に関する監督と、地質連続コアサンプルの採取や物理検層・揚水試験の実施方法に関する技術的な調整を現地にて行った。なお、新型コロナウイルスの影響で揚水試験と一部の物理検層が実施できなかったため、メールや Skype 等を利用して Ecocentre のカウンターパートや再委託業者の技術者と緊密に連絡を取り、新型コロナウイルス問題の鎮静化後、すみやかに残作業を再開できるように準備した。さらに、新設した地下水観測孔に水圧式自記水位計を設置し地下水位・地下水温の連続観測を行うための技術マニュアルを作成し、Ecocentre のカウンターパートに送付した。

げっ歯類の細胞観察作業の向上を図るために、令和 2 年度に顕微鏡を譲渡し、令和 3 年度には、顕微鏡カメラとオペレーション用の PC もウクライナに譲渡した。染色体解析に必要な FISH 法のプローブ開発については試薬類の準備、専門家との連携を行い、顕微鏡の譲渡後速やかに研究が開始できるように準備を進めている。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

令和 2 年度以降、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大、もしくは令和 3 年 2 月からのロシアによるウクライナ侵攻により、供与する機材の一部で、ウクライナへ輸送に遅れを生じた。渡航が不可能となり、ウクライナの研究機関との共同による調査や試料採取が全く行えなかったうえ、カウンターパートも出勤停止やロックダウンのため試料採取や分析が予定通り進まず、現地との情報交換が一部困難な時期があった。そのため、化学分析及び生物分析では、CP で採取したサンプルを日本国内に輸送して分析できないか試み、水サンプル及びげっ歯類のサンプルの輸送ができたので、それらのサンプルを用いて、日本国内でも分析を進めた。さらに、福島第一原発事故によって放射性物質に汚染さ

れた地域とチョルノービリの汚染地域との比較解析を行うため、福島県内の汚染地域にて、げっ歯類及び魚類を採取し、 ^{137}Cs 濃度の測定を行った。陸地化した CP を利用した、大規模太陽光発電施設等の建設が計画のひとつとして存在する。仮に CP の水域が埋め立てられる場合、水生生物が絶滅することになる。

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

チョルノービリ原発事故では、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外部に漏えいすると、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が増加していくことが示唆されている。また、付随する水環境の変化によって直接的にその中に生息する淡水魚類の生態や魚類に放射性核種の濃度等が変化することが予想される。したがって、水位低下に伴うクーリングポンド内の魚類及び新たに出現した陸域に進出が予想される小型哺乳類等の生物の生態学的観測、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求められている。（生態班）

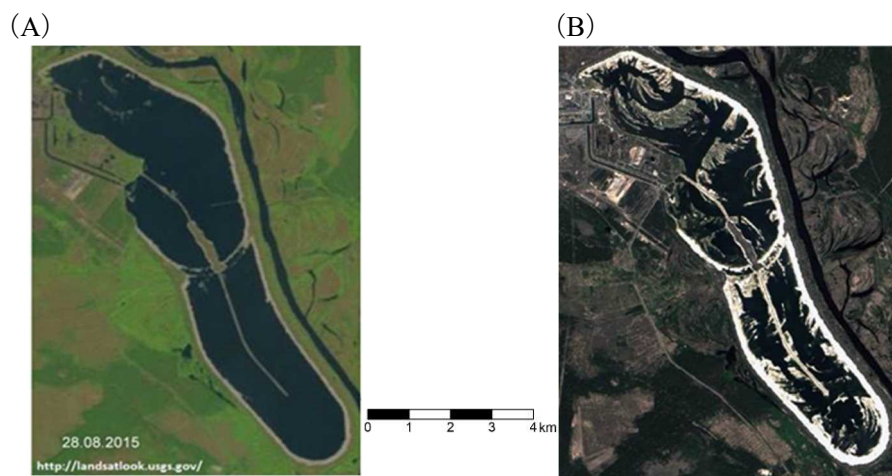


図 1-4 チョルノービリ原発クーリングポンドの Landsat 衛星写真。(A) 水位低下初期（2015 年 8 月撮影、水面標高 107.5 m）。(B) 水位低下後期（2017 年 5 月、水面標高 106.3 m）。出典: USGS/NASA Landsat Program。

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、チョルノービ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。

(2) 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) に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究課題 2 では、3 つの班 (土壌班、河川班、森林班) のすべてにおいて、ほぼ当初の目標通りの成果を上げることができた。

ウクライナ側の研究機関であるカウンターパートの Ecocentre、UHMI、UIAR とは、強固な連携をもって共同研究を遂行することができた。これにより、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。令和 2 年度からは COVID-19 等で渡航が困難な状況が続いたが、オンライン会議を積極的に行うことでデータ採取の指示や採取したデータのやり取りを進め、成果につなげることができた。

本研究課題で特筆すべきは、土壌侵食プロットによる長期観測や自記計観測装置による土壌環境に関する時系列データの取得、ドローンを用いた森林バイオマスの定量化など、これまで相手国であまり行われてこなかった新しい手法を導入した点である。観測技術・調査手法に新規性のある知見を提供し、「新しいゾーニング設定のためのモニタリング手法確立」という目的において、相手国だけでなく国際的にも非常にポジティブなインパクトを与えることができた。これらの成果は、それぞれ国際ジャーナルに公表された (Igarashi et al. 2020, Yoschenko et al. Holiaka et al. 2021)。また、モデルに基づく影響予測の研究として、高濃度の汚染地域であるサハン川流域において、長期現地観測結果を用いた簡易流域水収支モデルを作成した。その結果、将来の気候変動に伴い融雪期のピーク流量が減少し、CEZ 内の放射性核種濃度の上昇確率が減少することが示唆された。

本プロジェクトによって得られた研究成果は、国際誌 19 報、国内誌 1 報、書籍 1 冊にまとめられた。各班の具体的な成果については下記に示す。

研究題目 2-1（土壌班）

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。

平成 29 年度には、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 2-1-1, 2-1-2）。土壌侵食プロットは、平成 28 年度の冬季直前に設置を完了することができたため、降雪・融解の状況、冬季の土壌凍結・融解をモニタリングすることができた。

平成 30 年度には、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 2-1-3, 図 2-1-4）。流出した水・土砂は河川中で観測される放射性セシウムおよびストロンチウムの濃度よりも数オーダー高く、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。

令和元年度には、森林サイトおよび火災跡地における土壌侵食プロットからの表面流出と放射性核種濃度の違いについてまとめた研究成果が、国際誌に掲載された（Igarashi et al. 2020, *Environ. Pollut.*）。また、じゃがいもの作付けを行い土壌から作物への放射性物質の移行量を調査した。移行量を考察するにあたり、土壌中に存在する放射性物質の存在形態を調べた。その結果、 ^{137}Cs では殆どが土壌などに強く吸着されていたのに対し、 ^{90}Sr では流動性が高い交換態として存在している量が多いことが明らかとなった（図 2-1-5）。

令和 2 年度には、Covid-19 による渡航禁止により、日本側の研究者が現地に行けなかったため、ウクライナ人研究者によって土壌侵食プロットを用いた表面流の発生状況が継続的にモニタリングされた。また、福島原発事故被災地域（図 2-1-6(a)）における観測結果を用い、データの再解析を実施した。これは、土壌侵食過程と地表面変化の状況を詳細に明らかにするという目的達成のためである。福島においては、侵食土砂に含まれる ^{137}Cs 濃度が明瞭に季節変化する事が知られていた。河川班では、夏のリル侵食と冬の凍上という地表面状態の変化に着目した（図 2-1-6 (b)-(e)）。土壌侵食プロットから流出する土砂中の ^{137}Cs 濃度は、夏季に低下し、冬季から春季にかけて上昇するという明瞭な季節変化を示した（図 2-1-7 (a)-(b)）。土壌侵食プロットの地表面においても、夏季に低下し、冬季から春季にかけて上昇するという明瞭な季節変化を示した（図 2-1-7 (c)）。特に、夏はリル侵食の影響で、流路部分が大きく鉛直方向に削られる事も明らかとなった（図 2-1-7 (c4), (c10)）。一方で、冬から春にかけては、土壌侵食プロット全体の土壌表面が上昇していた（2-1-7 (c3), (c9)）。これらの結果を総合し、夏季のリル侵食では、深く ^{137}Cs 濃度が少ない土壌が供給され、流出土砂中の ^{137}Cs 濃度が低下するが、冬季は凍上による土壌表面の攪乱と土粒子の細流化により、 ^{137}Cs 濃度が高い表層に近い土壌が流下しやすく、その結果として流出土砂中の ^{137}Cs 濃度が増加する事が明らかとなった。また、これまでに実施した ChEZ 内での栽培実験と土壌の諸性質の分析結果について、日本国内での結果と合わせて取りまとめた。その結果、ChEZ 内 4 つの試験栽培区では ^{137}Cs および ^{90}Sr ともに国内での既存研究での値よりも明確に高い移行係数（作物中放射性核種濃度/土壌中放射性核種濃度）が得られ、作物への移行量が高いことが明らかとなった（図 2-1-8 左）。 ^{137}Cs の移行係数に関しては、土壌中の交換性カリウムとの間に関係が認められ（図 2-1-8 右）、ChEZ 内では、土壌中の交換性カリウムが少ないことが作物への ^{137}Cs 吸収量を高めていると考えられた。この成果は、国際誌に掲載された（Igarashi et al. 2021, *Sci. Total Environ.*）。

令和 3 年度には、これまでに実施した ChEZ 内でのじゃがいも栽培実験と、日本国内での結果と合わせて取りまとめた。とくに、青森と福島において安定同位体分析を行い、放射性 Cs の移行係数（作物中放射性核種濃度/土壌中放射性核種濃度）は安定同位体 Cs の移行係数よりも高い傾向にあることを明らかにした（図 2-1-9 左）。これは、安定同位体 Cs の大部分が鉱物結晶内に存在しているのに対し、放射性 Cs は交換態の存在割合が高いことを示している。さらに、土壌中の交換態画分(exchangeable fraction)中の $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ 比とじゃがいも中の $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ 比の間には、ChEZ 内の結果を含む、6 桁に及ぶ正の相関が認められ、作物はこの画分を利用しているものと考えられた（図 2-1-9 右）。同様の結果が Sr についても確認された。

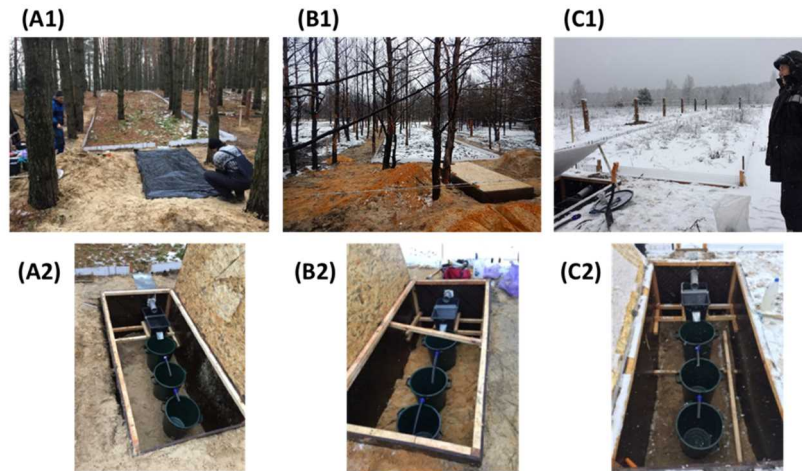


図 2-1-1 土壌侵食プロットの導入状況。(A)Kopachi サイト、(B)Red Forest サイト、(C)Korogod サイト。1 はプロット侵食部、2 は V ノッチ型流出堰と貯留タンク群。

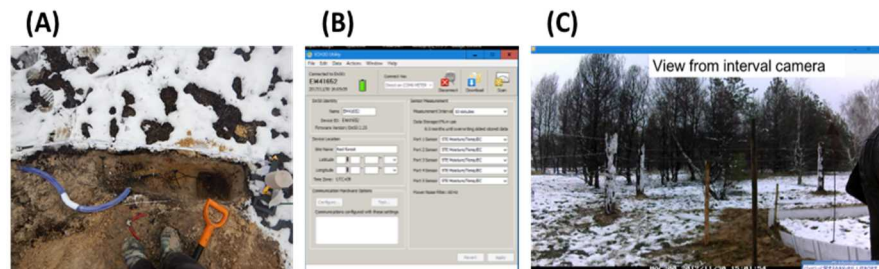


図 2-1-2 (A)土壌侵食プロットへの土壌水分計及び地温計の導入、(B)ロガーによる土壌水分及び地温の観測システムの導入、(C) 現地に設置されたインターバルカメラのデータ。

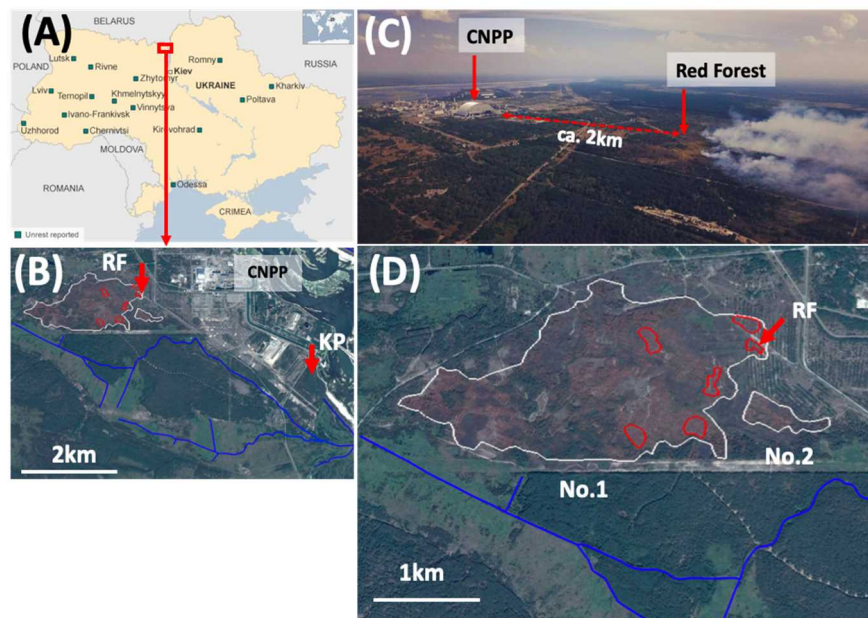


図 2-1-3 チョルノービリ規制区域における土壌侵食プロットの設置場所。(A) チョルノービリ規制区域の場所、(B)Red Forest(RF)サイトおよび Kopachi (KP) サイトと、原発の状況、(C)2016 年に発生した森林火災の状況。(D) 火災跡地（赤白はそれぞれ火災の強度を表している）と森林火災場所と河川網（青線）の状況。

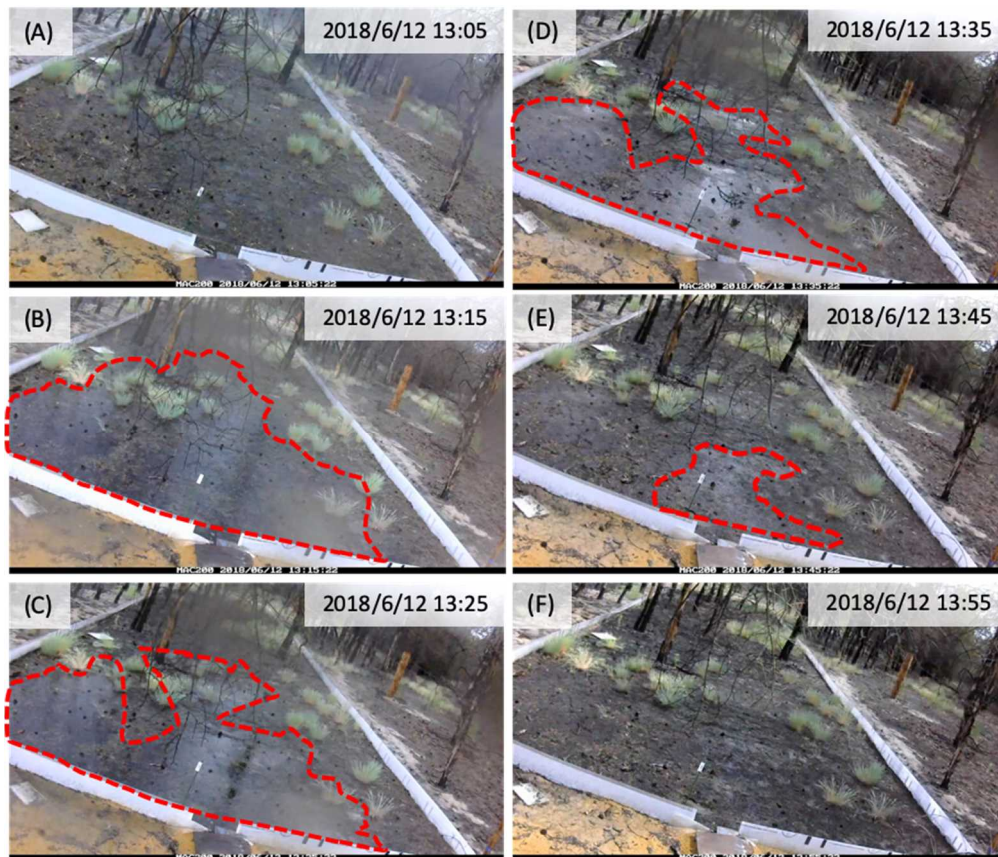


図 2-1-4 森林火災場所における下記の降雨に伴う表面流の発生状況。

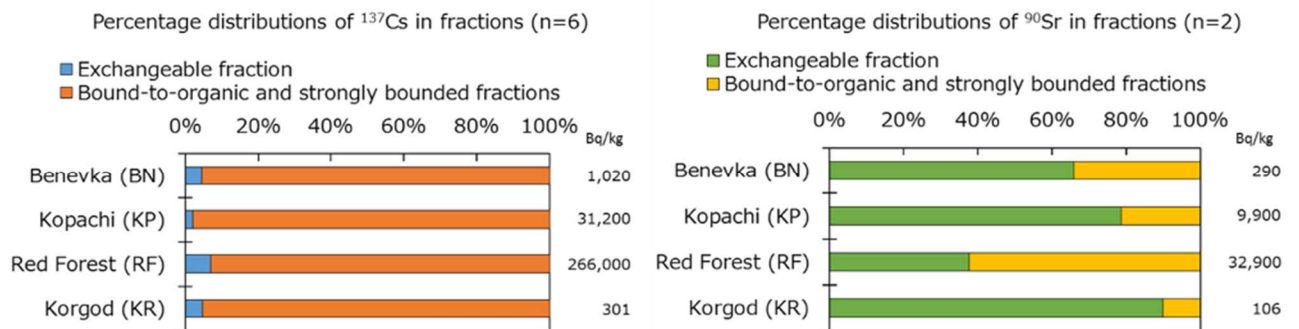


図 2-1-5 試験作物を栽培したそれぞれの区画における ^{137}Cs と ^{90}Sr の存在形態の割合

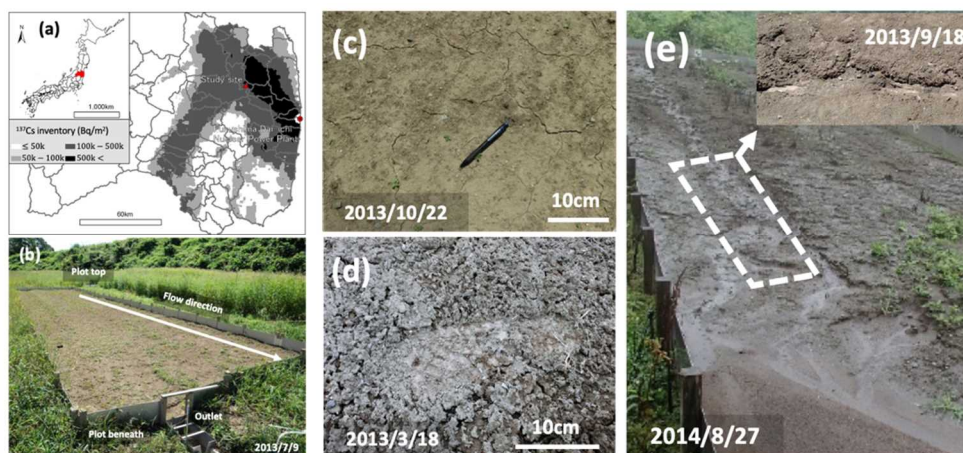


図 2-1-6 研究対象とした福島の実験地の場所(a)、土壌侵食プロットの全景 (b)。夏季に観測される土壌表面のクラスト化(c)、冬季に観測される土壌表面の凍上の様子(d)。降雨直後に生じるリル侵食の様子(e)。

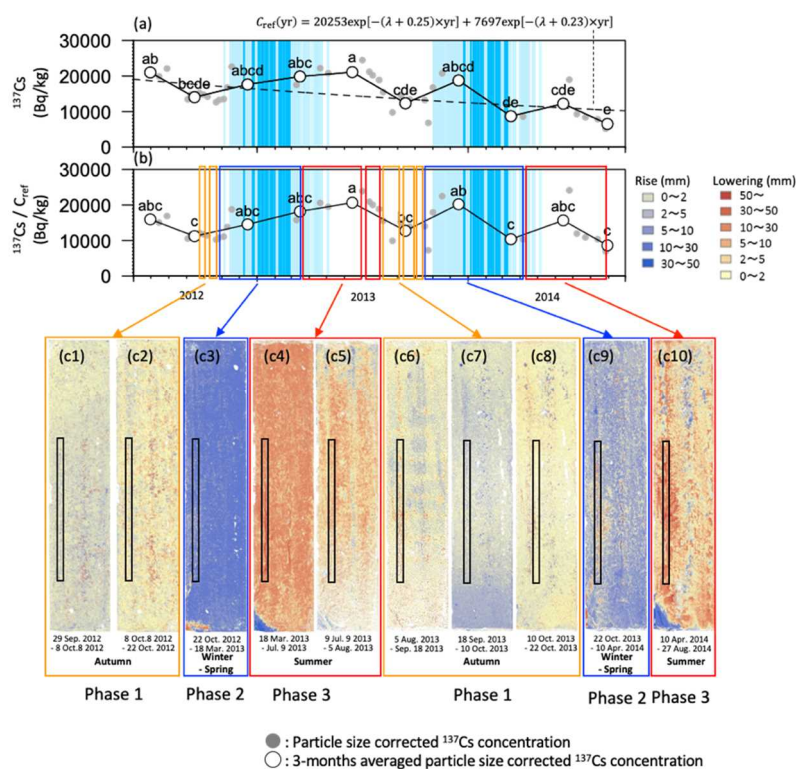


図 2-1-7 侵食土砂中に含まれる ^{137}Cs 濃度の経時変化(a)、物理崩壊による ^{137}Cs 濃度の時間変化を除く後の侵食土砂中に含まれる ^{137}Cs 濃度の経時変化(b)、観測期間中における地表面状態変化(c)。暖色は地表面の低下を寒色は地表面の上昇を示している。

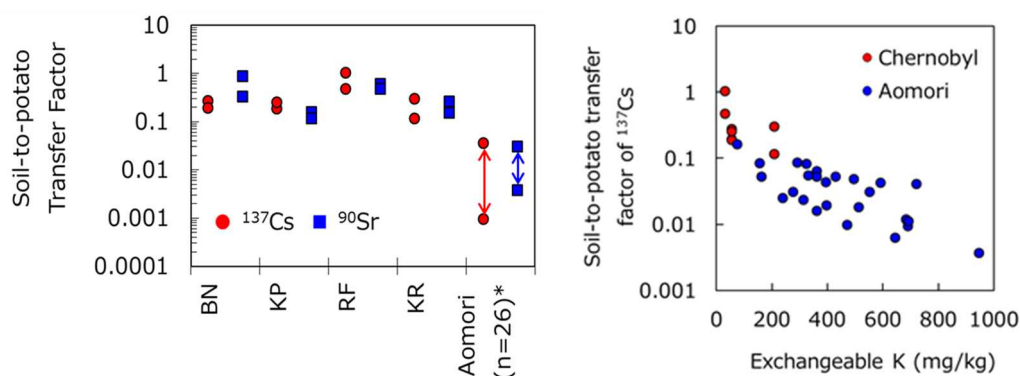


図 2-1-8 試験作物（ジャガイモ）を栽培したそれぞれの区画と国内における ^{137}Cs と ^{90}Sr の移行係数（左）および移行係数と土壌中の交換性カリウムとの関係（右）

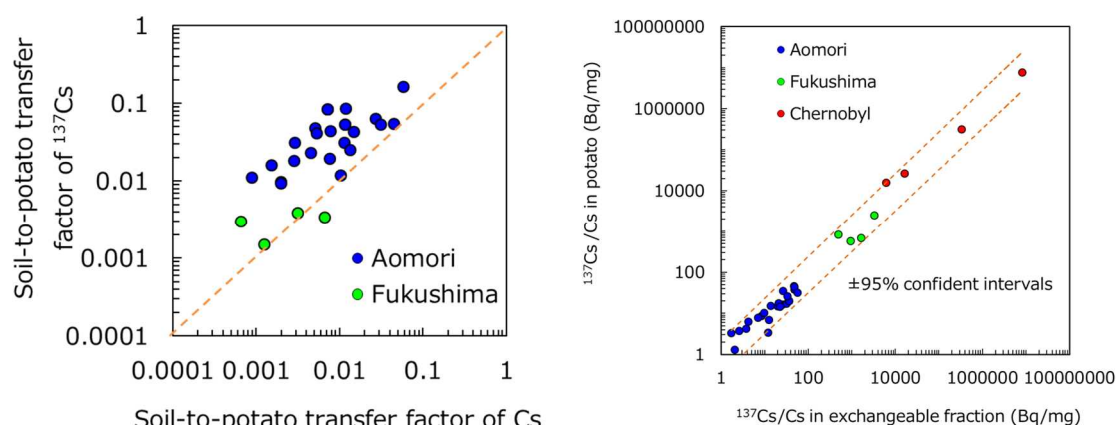


図 2-1-9 安定同位体 Cs および ^{137}Cs のジャガイモの移行係数（左）および土壌中の交換態画分 (exchangeable fraction) 中の $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ 比とじゃがいも中の $^{137}\text{Cs}/\text{Cs}$ 比との関係（右）

研究題目 2-2（河川班）

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。

平成 29 年度は、福島で実施している浮遊砂サンプラーを用いた河川水系での放射性核種移行量定量化のための観測システムを導入した。また、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及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（図 2-2-1）。

平成 30 年度は、サハン流域において放射性核種濃度および流量・水質のモニタリングを行った。

令和元年度も引き続き、サハン川における懸濁態・溶存態で存在する放射性セシウム及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行った（図 2-2-2）。河川流量は 4 月の雪解け期に高くその後低下した。この流量の季節変化に伴い河川中の溶存物質濃度は流域内で大きく変化しているが、その変化に比べると ^{90}Sr の変化が小さいことが考えられた。

令和 2 年度は、ウクライナ側の研究所と協力し、定期的な現地調査を実施した。現地調査では、センサーの校正や、積雪調査も行われた。河川や湖沼での定期的なサンプリング結果、分析結果は日本側と共有した。

河川中に存在する主要な陽イオンは、土壌中の鉱物がその起源であるため、降雨などで河川の流量が増え、陽イオン濃度の低下が観測される。一般に、これは「希釈」と解釈されている。ChEZ 内の河川水からは、現在でも ^{90}Sr が検出されるが、河川中の ^{90}Sr 濃度は、河川流量に伴い濃度上昇が観測されている。これは、前述の「希釈」では説明できない現象であった。また、 ^{90}Sr は 2 価の陽イオンで、河川中の Ca^{2+} と競合関係にあるため、河川中の Ca^{2+} 濃度が低下する時に、 ^{90}Sr 濃度が増加する事は、イオン交換の観点から矛盾していた。この矛盾を解決するため、現地での長期観測データを用い、実現象を水文モデル的に考察した。1986 年の事故で放出された ^{90}Sr は、その起源が大気からの沈着、また

は燃料粒子であるため、土壌表面に近いほど、その濃度が高いと想定される。土壌中の水の動きは、土壌孔隙の大きさと対応すると仮定すると、孔隙が大きい土壌表面に近い場所で水の動きが大きいと想定される。これらの過程を組み合わせることで、河川の流量増加に伴う、 ^{90}Sr 濃度の上昇を、水質形成モデルとして数学的に説明することに成功した (Igarashi et al., 2020 *SciRep*; 図 2-2-3)。また、これまでの観測から、河川流量に対する ^{90}Sr 濃度の応答が、時間経過に従い、鈍くなっていることがわかってきたが、モデルでは、この点も考慮されており、河川流量に対する ^{90}Sr 濃度の応答の時間変化が、土壌中の ^{90}Sr 濃度の鉛直濃度勾配の時間変化で説明できる事が明らかとなった。

令和 3 年度も引き続きウクライナへの渡航が不可能であったため、これまでにウクライナで取得したデータを解析し取りまとめ、日本においては福島河川の対象とした調査研究を実施した。日本では、福島第一原発事故の影響を受けた阿武隈川中流域を対象として、河川中の ^{137}Cs 濃度に影響する生物的・物理化学的因子を明らかにした。阿武隈川における 8 年間の観測結果から(図 2-2-4)、溶存態 ^{137}Cs 濃度は、夏季に増加し冬季に減少するという明瞭な季節変動が認められた。一方で、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は明確な季節変動を示さなかった。溶存態 ^{137}Cs 濃度の季節変動は、水温と K^+ 濃度により支配されていることが明らかとなった。河川中の懸濁物中に有機的に結合した ^{137}Cs の体積濃度は、溶存態 ^{137}Cs 濃度よりも数オーダー低いことが明らかになった。このことから、阿武隈川中流部では、懸濁物中の有機物は河川水中の溶存態 ^{137}Cs の供給源ではないと結論づけた。また、本研究では、Van't Hoff の式から河川環境における K_d の温度依存性を明らかにした。阿武隈川中流部における固液間での ^{137}Cs の標準反応エンタルピーは、 -19.5 kJ/mol と推定された (図 2-2-5)。本研究は、大河川中流域における溶存 ^{137}Cs 濃度と K_d が熱力学的な温度の影響を受ける事を実際の河川環境モニタリングから初めて明確にしたものであり、河川における ^{137}Cs 動態のモデル改良につながると期待される。これらの結果は R3 年度中に取りまとめられ、国際誌に掲載された (Igarashi et al. 2022, *JGR*)。

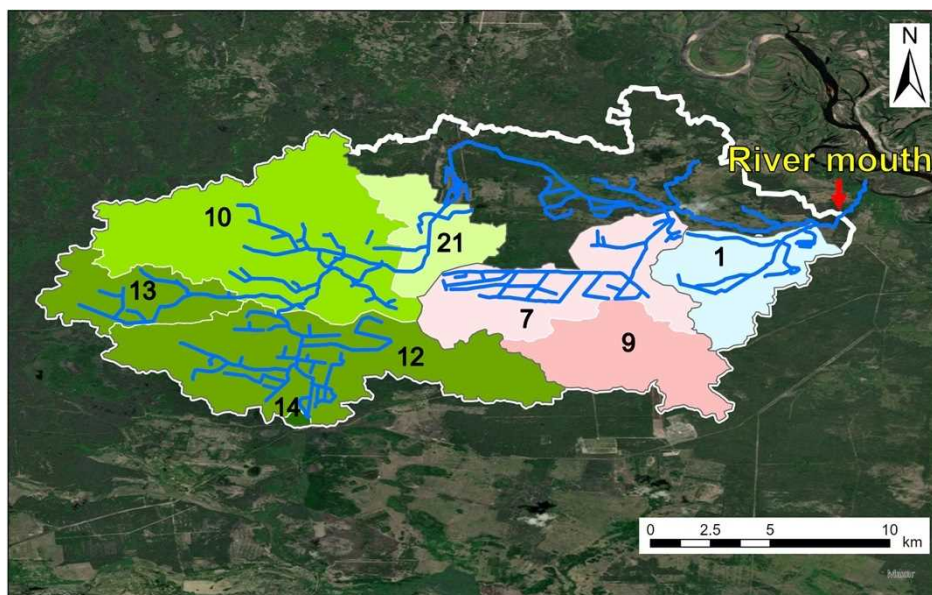


図 2-2-1 サガン流域における水質・流量の観測地点

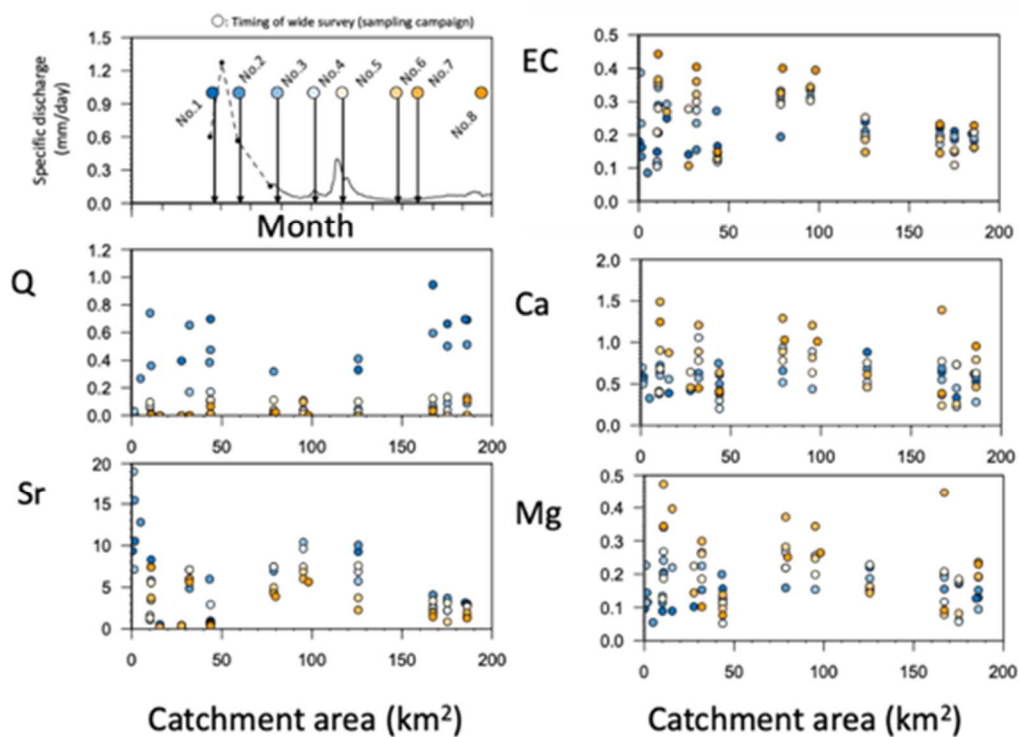


図 2-2-2 河川流量（Q）の季節性及び流域内の溶存物質の空間不均一性とその経時変化

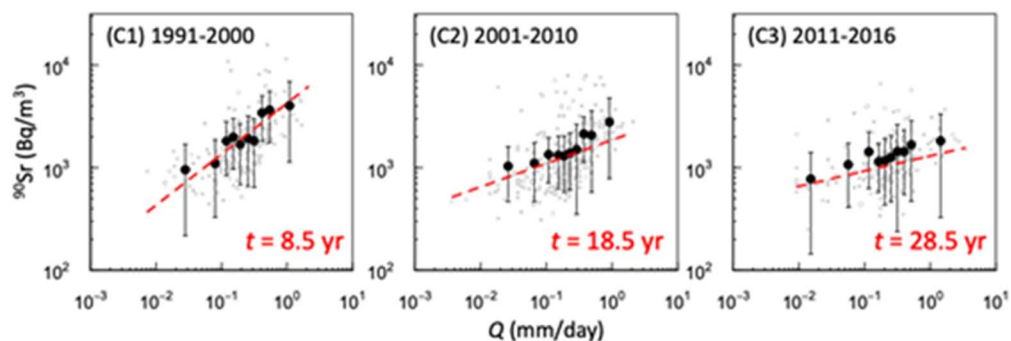


図 2-2-3 流量（Q）に対する ^{90}Sr 濃度の変化。○:観測値、●:平均値、—:標準偏差。
赤破線は事故からの経過年時におけるモデル値。 t は事故発生時からの経過年数。

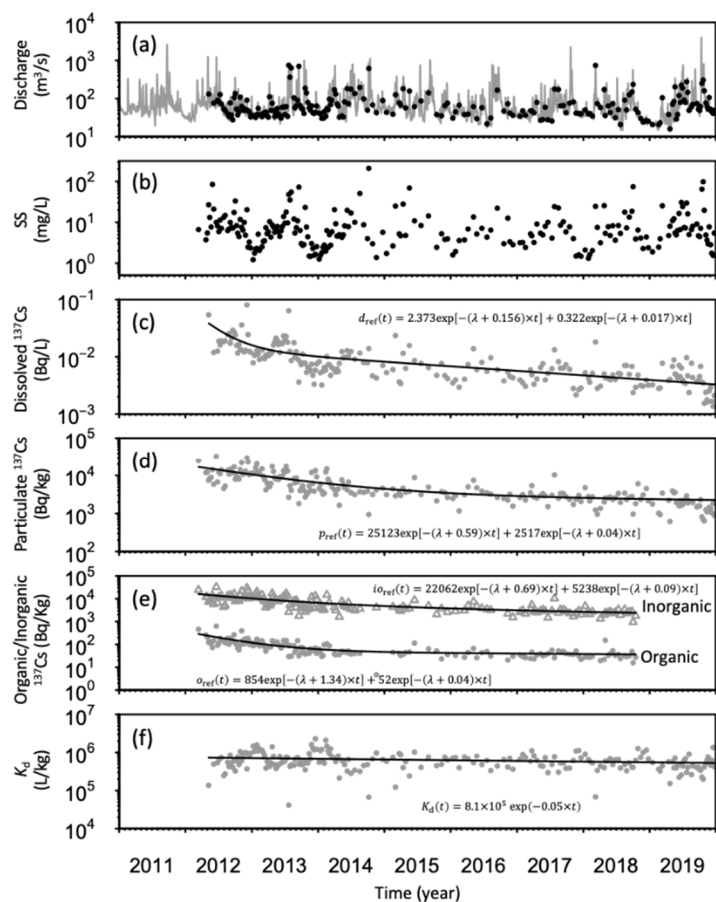


図 2-2-4 (a) 河川流量、(b) 溶存態 ^{137}Cs 放射能濃度、(c) 懸濁態 ^{137}Cs 放射能濃度、(d) 無機態 ^{137}Cs (三角) および有機態 ^{137}Cs 放射能濃度 (実線)、(e) 固液分配係数 (K_d) の長期的な推移を示す。* 灰色の線は黒岩地点で観測された河川流量、実線の円はサンプリング当日の河川流量をそれぞれ示している。

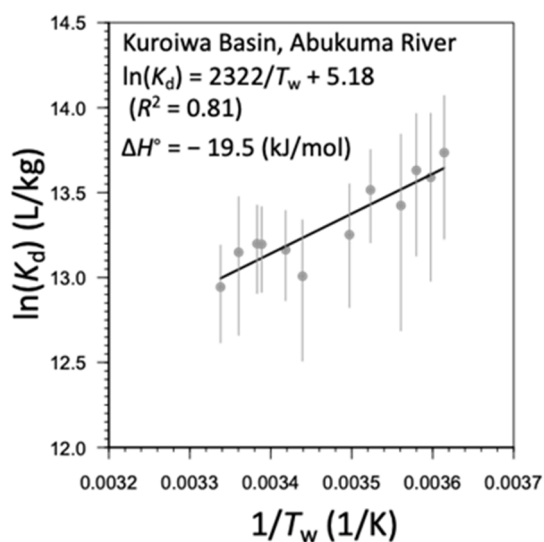


図 2-2-5 対数スケール固液分配係数(K_d)と逆水温($1/T_w$)の関係。灰色の点は観測値を示す。黒点と棒グラフは観測された毎月の K_d の平均値と標準偏差を表している。実線 ($\ln(K_d)=2322/T_w + 5.18$; $R^2 = 0.63$) は直線回帰を表している。

研究題目 2-3（森林班）

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。

平成 29 年度は、ドローン（UAV）を用いた森林バイオマス調査を行い、森林立体モデルの作成および高度情報を用いた個体抽出を行った（図 2-3-1）。

平成 30 年度は、前年度に行った UAV の航空写真による森林立体モデルをもとに森林群落内の個体抽出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た（Holiaka et al. 2018, ウクライナ国立工科大学の科学速報）（図 2-3-2）。

令和元年度は、森林バイオマス推定のための UAV 調査を継続的におこなった。UAV による現地調査から単木ベースでの個体同定し、マニュアル計測された既存データベースによるバイオマスと比較し、群落ベースでのバイオマス推定をおこなうという一連の過程の検証をおこなった（図 2-3-3）。その結果、高い精度で群落ベースでのバイオマス推定ができることが明らかとなった。

令和 2 年度は、COVID-19 により現地調査を行うことができなかった。そのため、チョルノービリの森林における放射能汚染濃度や沈着後の初期および後期における代表的な樹木種の放射性核種の動態、植物種に対する急性および慢性放射線の影響に関するデータをレビューし、人間の被ばく線量に対する森林の寄与を分析した結果を報告した。放射性物質に汚染された地域の森林を経済的に利用できるかどうかは、木材中の放射性核種濃度が、政府や規制当局によって定められた衛生基準や国家基準に適合しているかどうかにかかっている。このような規制は木材全体を対象としているため、木材が基準に適合しているかどうかを評価するためのサンプリング方法を開発する必要がある。令和 2 年度では、ChEZ のヨーロッパアカマツ（*Pinus sylvestris* L.）の樹幹部における ^{90}Sr および ^{137}Cs 濃度の分布を調査した。対象とした林分は、チョルノーブリ原発 4 号炉から約 5 km 離れた場所に位置し、樹齢 52-53 年の立木 4 本を採取した。放射性核種濃度は、樹木の幹から一定の高さで切り取った円盤状の木材サンプル 156 個で測定した。樹木の大きさや放射性核種濃度の個々の樹木間の変動に対応するため、 ^{90}Sr と ^{137}Cs の空間分布の一般的なパターンを特定するための相対的な指標を適用した。その結果、 ^{90}Sr と ^{137}Cs のバイオアベイラビリティと分布傾向には大きな違いがあることがわかった。 ^{137}Cs は樹幹の若い部分に移行するが（図 2-3-4）、 ^{90}Sr 濃度は心材や枯れた組織で高くなった（図 2-3-5）。これは、セシウムとストロンチウムの化学的性質の違いと、それらの化学的類似物や主な植物栄養元素である Ca と K がそれぞれ植物の成長に果たす生理的役割の違いによって説明される。このような理由から、研究対象となった放射性核種の幹材における主な分布パターンは時間の経過とともに大きく変化することはないと想定する。本結果は、1986 年のチョルノーブリ原発事故の初期段階で得られたものとよく一致した。上記の傾向は半径方向と伸長方向の両方で明確に確認された。これらの結果は、Holiaka et al. (2020 JER) として掲載されている。

令和 3 年度は、チョルノーブリ立入禁止区域において UAV を用いた森林バイオマス評価のための手法の開発とその校正を完了した。この研究では、UAV を用いた航空測量調査データから地上部の森林バイオマスを評価するために、CHM（樹冠高モデル）および ITD（単木樹冠抽出モデル）の 2 つの手法が開発された。両手法はチョルノーブリ地域の典型的なヨーロッパアカマツ林のほとんどで妥当な精度の推定値を得た（図 2-3-6）。また、樹幹投影面積が高い林では、UAV による地上バイオマスの推定値と現地調査の誤差が少なく、放射生態学的モニタリングの目的において UAV で得られたデータは森林バイオマスの推定に十分な精度を有することが分かった（図 2-4-7）。この研究成果は、Horiaka et al. (2021, JEM {Scopus Q1}) として掲載された。また、前年度に引き続き 2021 年度はチョルノービリの森林において大規模調査を行うためのモニタリングネットワークの拡張を行った。2021 年度は、新たに設置する予定である 101 か所の一部の森林サイトが設置された。今後チョルノーブリにおいて UAV 使用を含むすべての調査許可が出たのち、引き続き森林サイトの拡張が再開される予定である。

これまで得られた成果および本プロジェクトで取得したデータを用いて、樹幹中の放射性核種濃度の 2020 年および 2050 年における ^{137}Cs および ^{90}Sr 濃度マップを作成した。土壌の ^{137}Cs および ^{90}Sr の汚染密度、森林のパラメータ（樹種、原産地、平均高さ、平均直径、樹齢、基底面積）、土壌の特徴（肥沃度、水分）のデータを用いて、RNs の半減期をもとに RNs 活性の減少を算出、および主要な森林形成種の成長・生産性モデルによるスタンダードパラメータ値予測を行った。この結果を用いて、森林 210 か所のデータをもとに XGBoost 回帰モデルを学習した（2020～2021 年に作成）。これらのモデルを用いて、2050 年時点の木材の放射性核種濃度を予測した（図 2-4-1 及び 2-4-2）。このような図を河川および地下水でも作成中である。

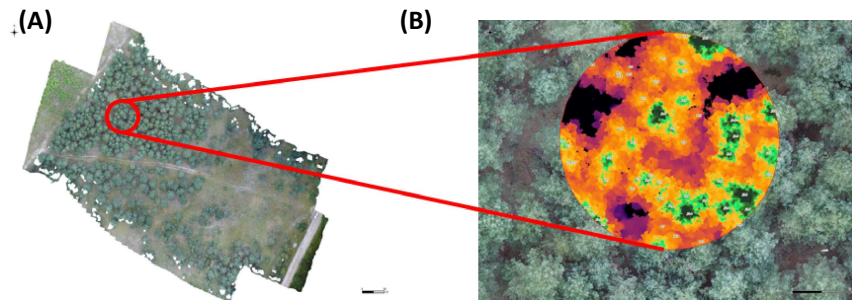


図 2-3-1 (A) ドローン調査による立体モデルの作成、(B) 立体モデルより作成された高度情報を用いた個体の抽出状況。

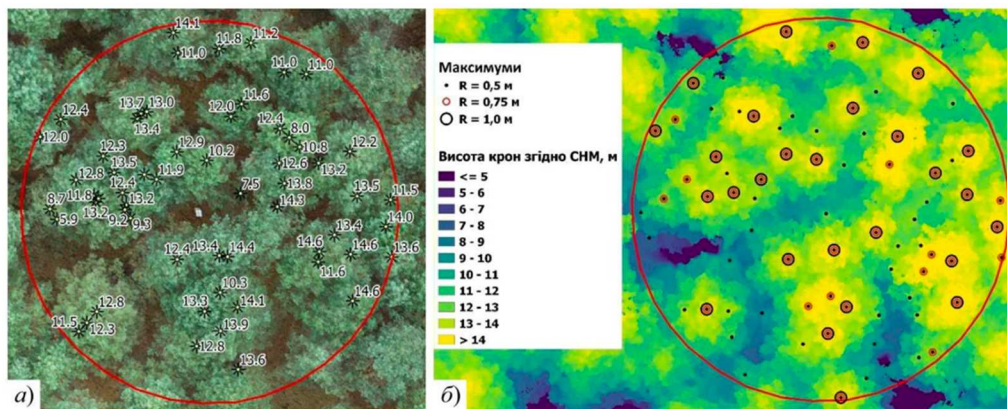


図 2-3-2 航空写真の初期画像: a) 樹木の実際の配置とそれらの高さの値を含むオルソ画像、b) 識別された最大値を持つ Canopy Height Model (CHM)

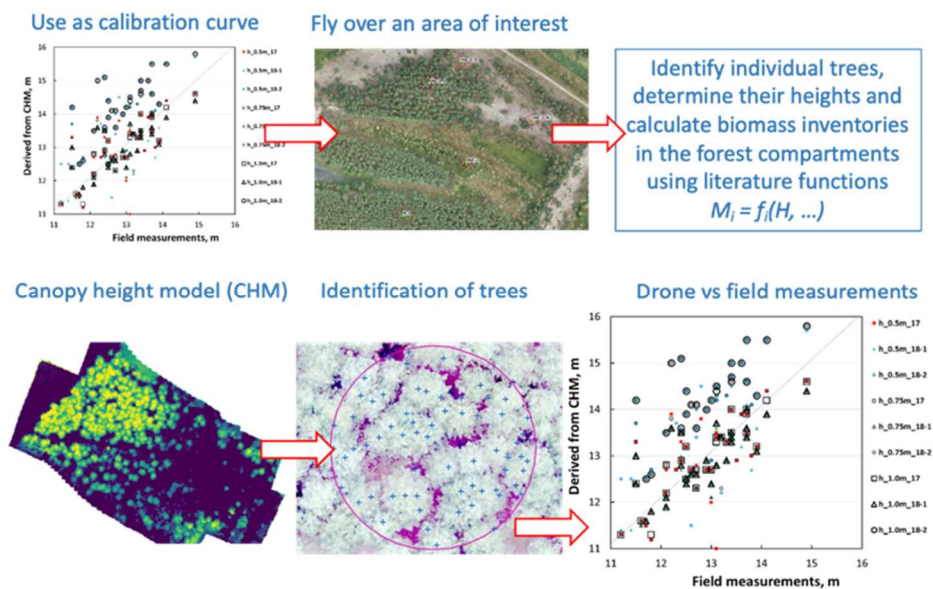


図 2-3-3 UAV による調査から群落ベースでのバイオマス推定までの流れ。

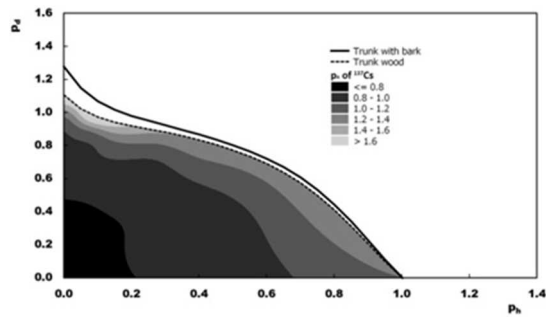


図 2-3-4 樹幹部における ^{137}Cs 濃度の分布の様子

黒い部分ほど存在量が少ないことを示している。樹幹部における ^{137}Cs 濃度は表面ほど高い傾向にある。

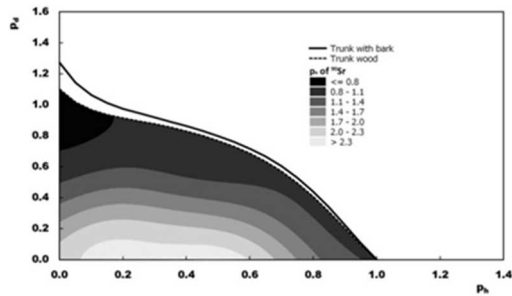


図 2-3-5 樹幹部における ^{90}Sr 濃度の分布の様子

黒い部分ほど存在量が少ないことを示している。樹幹部における ^{90}Sr 濃度は心材部ほど高い傾向にある。

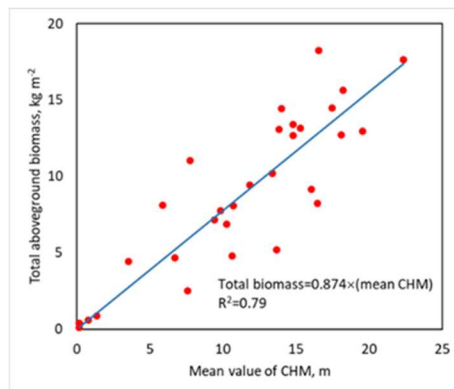


図 2-3-6 CHM の平均値と主要な樹木（幹、枝、葉）のバイオマスインベントリの相関

図のような単純な線形依存性を用いて、群落レベルでのバイオマスインベントリを推定することができる。

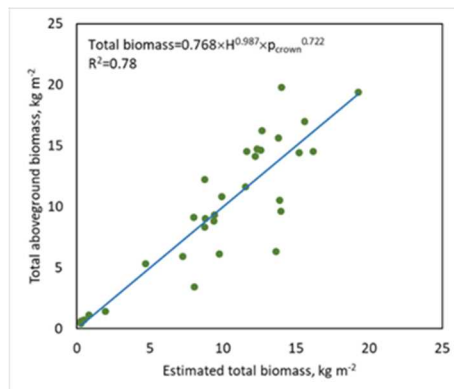


図 2-3-7 推定したバイオマスインベントリと調査したバイオマスインベントリの相関

調査地で検出された樹木の平均高さ(H)は、調査した森林のバイオマスインベントリの推定にも使用できた。しかしながら、CHMのすべての樹木の冠の面積の合計とサイトの総面積との比率である総冠投影面積(p_{crown})を考慮する必要があることが分かった。

「新しいゾーニング設定のための河川・森林・地下水の濃度分布の構築」

ChEZ の再ゾーニングのためのデータセット構築のため、河川・森林・地下水において濃度マップの整理を行った。

森林では、本プロジェクトで取得したデータを用いて、樹幹中の放射性核種濃度の 2020 年および 2050 年における ^{137}Cs および ^{90}Sr 濃度マップを作成した。土壌の ^{137}Cs および ^{90}Sr の汚染密度、森林のパラメータ（樹種、原産地、平均高さ、平均直径、樹齢、基底面積）、土壌の特徴（肥沃度、水分）のデータを用いて、RNs の半減期をもとに RNs 活性の減少を算出、および主要な森林形成種の成長・生産性モデルによるスタンドパラメータ値予測を行った。この結果を用いて、森林 210 カ所のデータをもとに XGBoost 回帰モデルを学習した（2020～2021 年に作成）。これらのモデルを用いて、2050 年時点の木材の放射性核種濃度を予測した。図 2-4-1、図 2-4-2 は、推定した樹幹中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 濃度マップである。燃料用木材として使用する際の ^{137}Cs および ^{90}Sr 濃度の許容値を等値線で示した。 ^{137}Cs は、2020 年から 2050 年までに 600 Bq/kg を超える濃度が検出される範囲減少すると予測されたが、 ^{90}Sr においては、2050 年に 60 Bq/kg を超える濃度が検出される地域が増加すると予測された。

地下水の濃度は、ChNPP 近傍に限られた地域にしかデータがない。したがって、初期沈着量と地下水中の ^{90}Sr 濃度の関係を整理したところ関係性が確認されたため、この関係を利用して ^{90}Sr の飲用水質基準を超える可能性がある初期沈着量を安全側で設定した。上記に基づいて、3 つの飲用水質基準を超過する可能性がある沈着量のコンターマップが作成された（図 2-4-3）。 ^{137}Cs については、すべての観測井戸で地下水の飲用水質基準を超過するものがなかったため、コンターマップを作成していない。

河川については、地下水と同様に小流域ごとの河川水の ^{137}Cs 濃度または ^{90}Sr 濃度と初期沈着量の関係から、飲用水質基準を超える可能性がある沈着量を決定した。この沈着量データをもとに濃度コンター図が作成された（図 2-4-4、2-4-5）。

地下水と河川については、モデルや長期観測データをもとに将来予測を行い、ゾーニング再設定の議論に役立てる。現段階では、これらの結果は複数の異なる科学的根拠に基づいているために、今後シナリオの見直しを行う予定である。また、現地の再ゾーニングの方針については今後ウクライナ政府や関係機関と協議し、マップを改善していく。

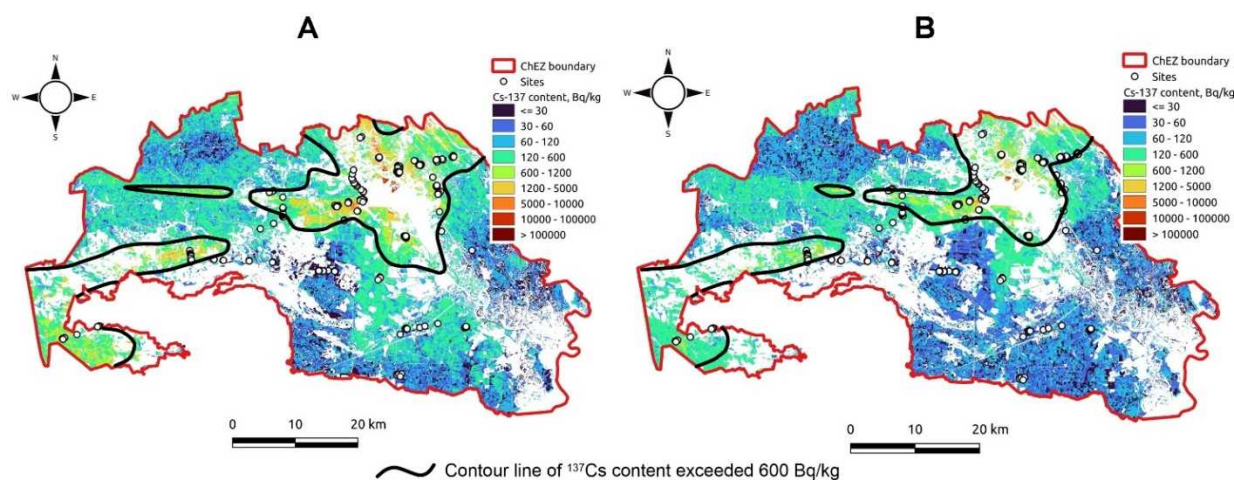


図 2-4-1 樹幹中の ^{137}Cs 含有量の空間分布のマップ：2020 年時点(A)と 2050 年時点(B)
等値線は、燃料となる木材の ^{137}Cs 濃度の許容値（600 Bq/kg）

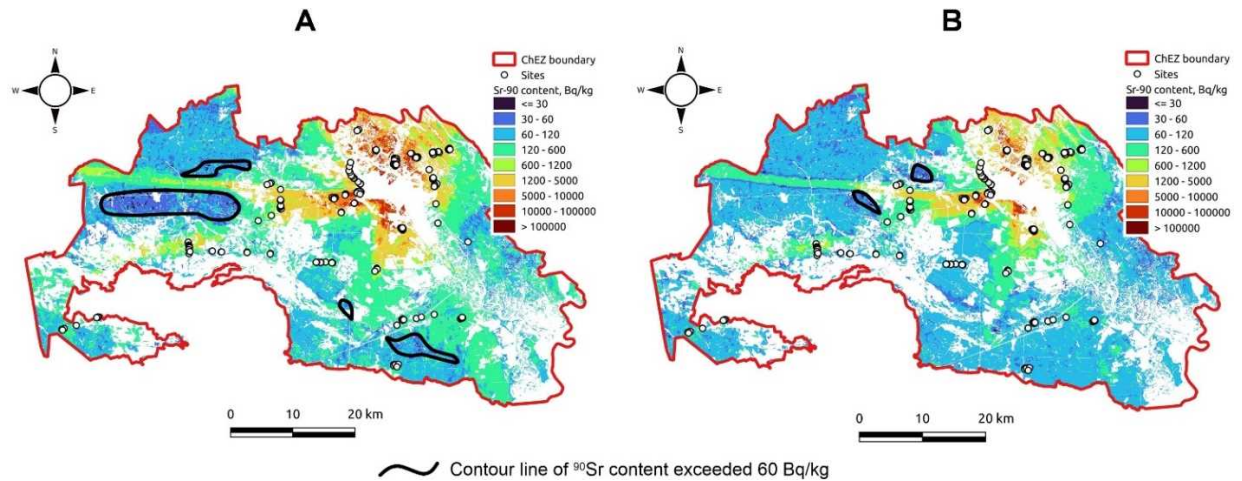


図 2-4-2 樹幹中の ^{90}Sr 含有量の空間分布のマップ：2020 年時点(A)と 2050 年時点(B)
等値線は、燃料となる木材の ^{137}Cs 濃度の許容値 (60 Bq/kg)

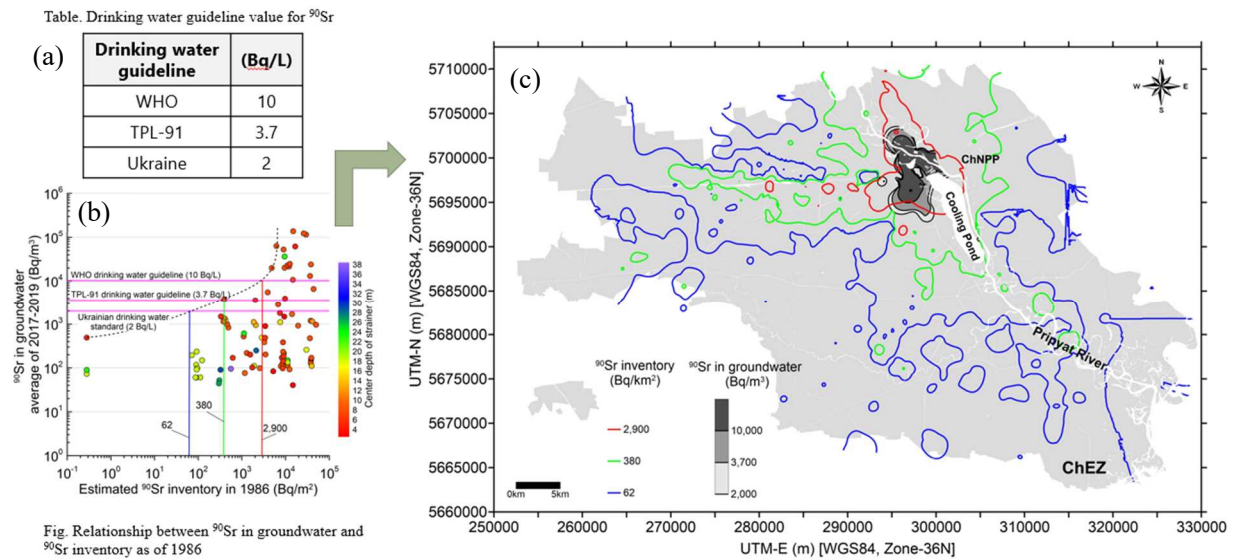


Fig. Areas with potential to exceed WHO, TPL-91, and Ukrainian ^{90}Sr drinking water guideline value

図 2-4-3 地下水中の ^{90}Sr が飲用水質基準を超える可能性がある地域

(a) ^{90}Sr の飲用水質基準、(b) ^{90}Sr の初期沈着量と地下水中の ^{90}Sr の関係、(c) ^{90}Sr 濃度コンターマップ。コンターマップに示した ^{90}Sr 初期沈着量の各濃度 (赤・緑・青の線) は、(b)で推定された地下水の ^{90}Sr 濃度が飲料水質基準を超過する可能性のある地域を示す。

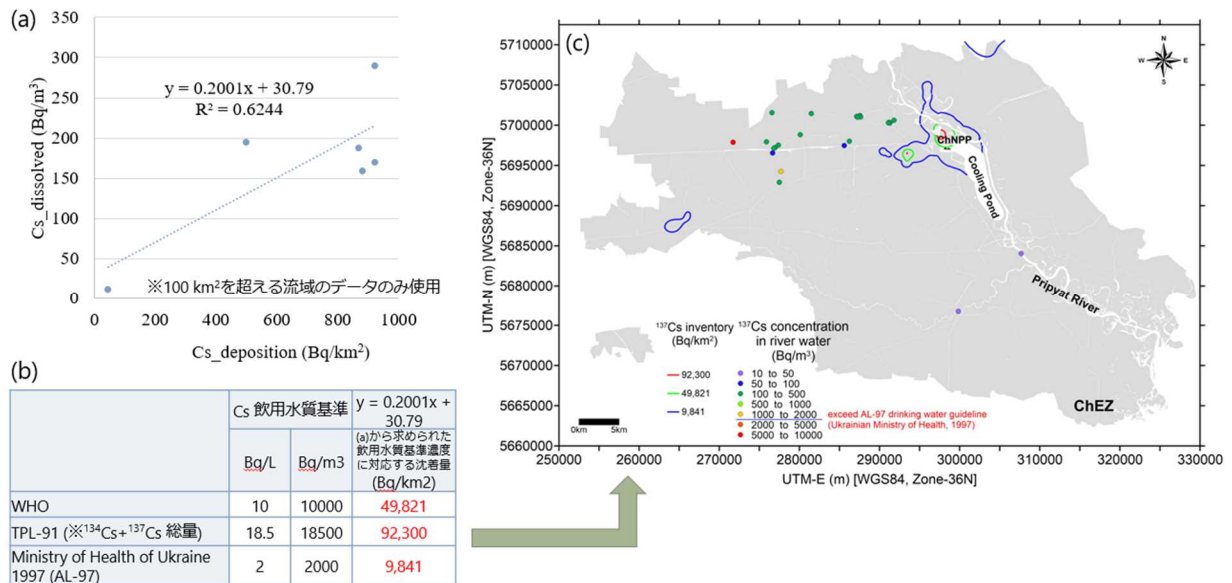


図 2-4-4 河川中の ^{137}Cs が飲用水質基準を超える可能性がある地域

(a) ^{137}Cs の初期沈着量と河川中の ^{137}Cs の関係、(b) ^{137}Cs の飲用水質基準と(a)から求めた飲用水質基準濃度に対応する初期沈着量、(c) ^{137}Cs 濃度コンターマップ。コンターマップに示した ^{137}Cs 初期沈着量の各濃度 (赤・緑・青の線) は、(b)で推定された河川中の ^{137}Cs 濃度が飲料水質基準を超過する可能性のある地域を示す。

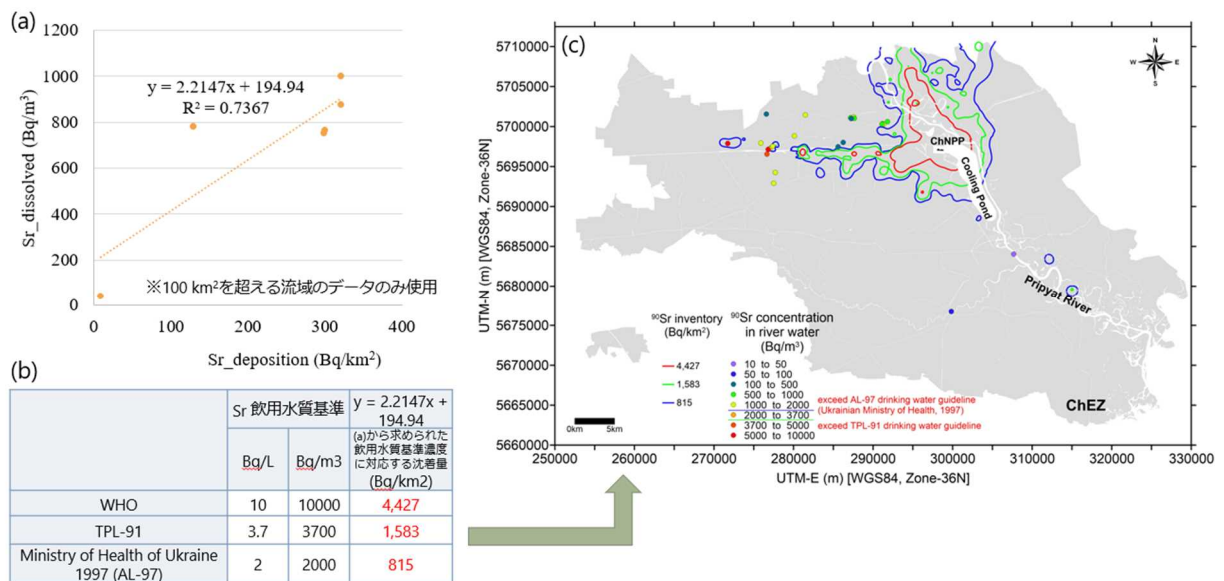


図 2-4-5 河川中の ^{90}Sr が飲用水質基準を超える可能性がある地域

(a) ^{90}Sr の初期沈着量と河川中の ^{90}Sr の関係、(b) ^{90}Sr の飲用水質基準と(a)から求めた飲用水質基準濃度に対応する初期沈着量、(c) ^{90}Sr 濃度コンターマップ。コンターマップに示した ^{90}Sr 初期沈着量の各濃度 (赤・緑・青の線) は、(b)で推定された河川中の ^{90}Sr 濃度が飲料水質基準を超過する可能性のある地域を示す。

① 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。これにより、降水による表面流発生状況のモニタリングが継続されている (研究題目 2-1)。河川水系での放射性核種移行量定量化のために、浮遊砂サンプラーを用いた観測システムをサハン川、プリペヤチ川、ブラギンカ川に導入した。放射性物質の濃度が高いプリピャチ川支流の一つであるサハン川を重点対象地域とし、サハン流域内の小流域ごとに懸濁態・溶存態で存在する放射性セシウム及

びストロンチウムの濃度および流量の広域調査を行った。平成 30 年に納品された自動採水器を導入し、河川水の連続採取を行っている（研究題目 2-2）。森林関連では、ドローンを用いた森林バイオマス調査を行い、立体モデルを作成した。平成 30 年度には、UIAR と UHMI の若手研究員をそれぞれ 2 名受け入れ、福島大学および筑波大学にて研究と現地視察を行った。このうち UHMI の受け入れ研究員が、福島大学および筑波大学で得た衛星画像の解析技術を使い、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することができた。この結果はウクライナ国内誌に掲載された（Holiaka et al. 2018, ウクライナ国立工科大学の科学速報）。また、筑波大学の大学院生 2 名が現地調査に加わり、CEZ 内の河川流出と土地利用に関する修士学位論文が作成された。

② 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計画されている。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。

令和 2 年度には、COVID-19 の世界的感染拡大の影響で日本人研究者が現地で活動できない状況が発生した。このため、福島原発事故被災地域において過去に取得された観測データの再解析を実施した。その結果、土壌表面の季節的な変化（特に冬の凍上）は、土壌侵食に対して大きく影響することが明らかとなった。冬季に気温が低下するチョルノービリにおいても同様の現象が発生する事が示唆された。

③ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

原発事故から 35 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。

④ 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。

(3) 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：浅沼 順 教授（筑波大学生命環境系）（H28）

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）（H29～R2）

リーダー：平尾 茂一 准教授（福島大学環境放射能研究所）（R3～）

① 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究課題 3 では、「キーウにおけるエアロゾル測定態勢の強化」を実施し、「大気・水系を介した中距離輸送のモデリング」を完了させ、当初の目標通りの成果を上げることができた。

プロジェクト開始直後は、言語や研究の進め方に対する文化的な違いもあり、進捗に遅れが見られた。しかしながら、日本側とウクライナ・ウクライナ側の研究機関であるカウンターパートの UHMI、CGO、STCNRS、IMMS、INPPS 間での不退転の覚悟を持った厳しい議論の結果、最終的には互いの信頼を得るに至り、平成 30 年度からは、チョルノービリ規制区域内においては気象測器の設置などが開始された。令和元年度にゲルマニウム半導体検出器、インパクター（エアロゾルサンプラー）などの大型機材の納入やその設置工事の全てを完了し、エアロゾルの観測体制及びそのモデリング体制を確立した。

観測体制の整備と並行し、チョルノービリ規制区域内で発生した森林火災のデータなどを整理し、それによる、放射性物質の大気拡散モデルのシミュレーションを実施していた。令和元年度に、1 名のウクライナ人研究者を福島大学に招き大気拡散モデルシミュレーションの高度化に関する検討を行った。令和 2 年度には、チョルノービリ規制区域内で大規模な森林火災（2020 年森林火災）が発生した。前述の機材供与を用いることで、キーウ市内における大気中の ^{137}Cs 濃度の明瞭な上昇を観測すること

ができた。これらの観測値を用いることで、2020 年の森林火災による大気中での放射性物質の拡散をモデルにてシミュレーションし、その影響を明らかにした。この結果は、Talerko et al., (2021)として国際ジャーナルに掲載された。研究題目 3 の成果は、査読付き論文 1、書籍 1 冊として取りまとめた。

研究題目 3-1 キーウにおけるエアロゾル測定態勢の強化

都市圏における、森林火災などに起因する大気を介した放射性核種の流入と住民への放射線リスクを監視するとともに、チョルノービリ原発周辺において企図される環境回復事業の影響を評価するため、エアロゾル観測体制を強化した。

平成 30 年度には、チョルノービ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（図 3-1）。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た。

令和元年度には、ゲルマニウム半導体検出器、インパクター（エアロゾルサンプラー）などの大型機材を納品したが、日本側研究者より現地カウンターパートへ機材の運用方法等を指導した。



図 3-1 チョルノービ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の様子。

研究題目 3-2 大気・水系を介した中距離輸送のモデリング

研究題目 1-3、2-4、3-1 による観測データおよび既存の気象観測システムのデータを使用して、放出源情報を推定したうえで、大気拡散シミュレーションを実施し、観測によって大気中濃度と計算値を突き合わせて濃度変動、大気拡散に関する知見を得る。合わせて、水系を通じた輸送についても、観測データをもとに数値シミュレーションを行う。観測方法を森林火災や洪水といった、極端現象による短期的な放射性核種の輸送および環境回復事業による影響を感知するため大気・水圏を通じた放射性物質の長距離輸送に関する予測・制御に関する手法を発展させた。

この中で、令和 2（2020）年度には、4 月に ChEZ 西部を発端とする大規模な森林火災が発生した。研究題目 3 では、チョルノービリとキーウにおいて供与されたインパクター（エアロゾルサンプラー）を用いた大気中 ^{137}Cs 濃度の測定や、大気輸送モデルを用いた ^{137}Cs の再拡散予測シミュレーションを実施した。

2020 年 4 月は、鎮火までの時間、焼失面積などこれまでの森林火災とは大きく異なっていた。大規模火災は 4 月 3 日に発生し、4 月 9 日までに旧コパチ村周辺を焼き、旧チョルノービリ市街地およびチョルノービリ原子力発電所までの数キロメートルの地点にまで延焼した。4 月 16 日には降雨により大部分が鎮火したとの報告がなされたが、最終的な鎮火報告がウクライナ立入禁止区域庁（SAUEZM）より発表されたのは 5 月 4 日であった。結果的に、2020 年 4 月の ChEZ 森林火災は約 1 ヶ月にわたり延焼を続け、最大で 20,000 ha の森林や草地を焼き、火災に伴うエアロゾルとしての ^{137}Cs 放出量は 100～1000 GBq と推定された。STC NRC の調査（図 3-2-1）ではキーウ市内の大気中 ^{137}Cs 濃度は 4 月 5 日より上昇を始め、4 月 9 日以降は原発近くの汚染の程度が高い地域への延焼により、4 月 10 日にはキーウで 7.0 mBq/m^3 の大気中 ^{137}Cs 濃度を観測した。その後は低下傾向を示し、4 月 18 日までには 0.03 mBq/m^3 となり、火災発災前と同じ程度にまで戻ったことが確認された。（ウクライナにおける大気中 ^{137}Cs 濃度の許容レベルは 800 mBq/m^3 である）。

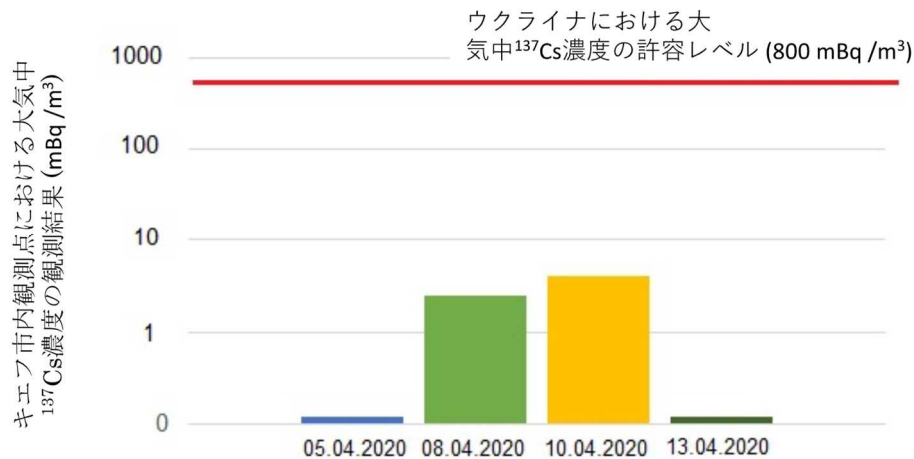


図 3-2-1 2020 年 4 月 5 日から 13 日までのキーウ市内観測点における大気中 ^{137}Cs 濃度の観測結果 (STC NRC、2020 年 4 月 14 日発表内容を編集して引用)。図中赤線はウクライナにおける大気中 ^{137}Cs 濃度の許容レベル (800 mBq/m³)。

2020 年 4 月の ChEZ 森林火災によって大気中に放出された ^{137}Cs の再拡散量を大気輸送モデルにより推定した。その結果、地表大気中の ^{137}Cs 濃度は、4 月 4 日から 20 日の間に 2~4 mBq/m³ に達していたことがわかった (図 3-2-2)。モデルによる推定値は、キーウおよびウクライナの複数の原子力発電所周辺地域で観測された測定データと良く一致していた。火災期間中のキーウ市民の実効線量は、外部被ばくと ^{137}Cs および ^{90}Sr の吸入により 5.7 nSv、2020 年末には 30 nSv になると推定された。これは、人口の年間許容被曝量の約 0.003% にあたる。チョルノービリ原子力発電所の職員が 2020 年の森林火災時に ^{137}Cs と ^{90}Sr を吸入した場合の預託実効線量は約 16 nSv と推定された。放射性物質で汚染された地域での森林火災時に放出される放射性核種の活動を推定する方法を提案する。この方法は、衛星による火災の放射力の測定データ、火災地域の放射性核種のインベントリー、放射性粒子の放出係数に基づいている。

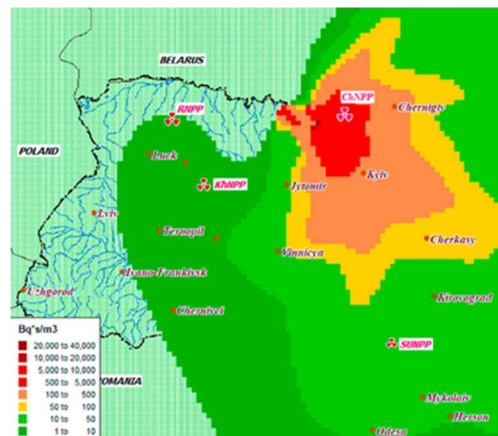


図 3-2-2 大気輸送モデルにより推定された、2020 年 4 月 4 日から 20 日までの期間における、森林火災による大気中 ^{137}Cs 濃度場 (Bq s/m³) の時間積分

令和 3 年度も、前年度に引き続き、2020 年 4 月に ChEZ で発生した大規模森林火災に関して、大気輸送モデルを用いた ^{137}Cs の再拡散予測シミュレーションを実施した。また、2022 年 2 月のロシアによるウクライナ侵攻開始以降、JAEA (日本)、Karlsruhe Institute of Technology (ドイツ) と協力し、チョルノービリおよびザポリージャ原発が破壊された場合を想定した放射性物質拡散予測を実施した (図 3-2-3)。

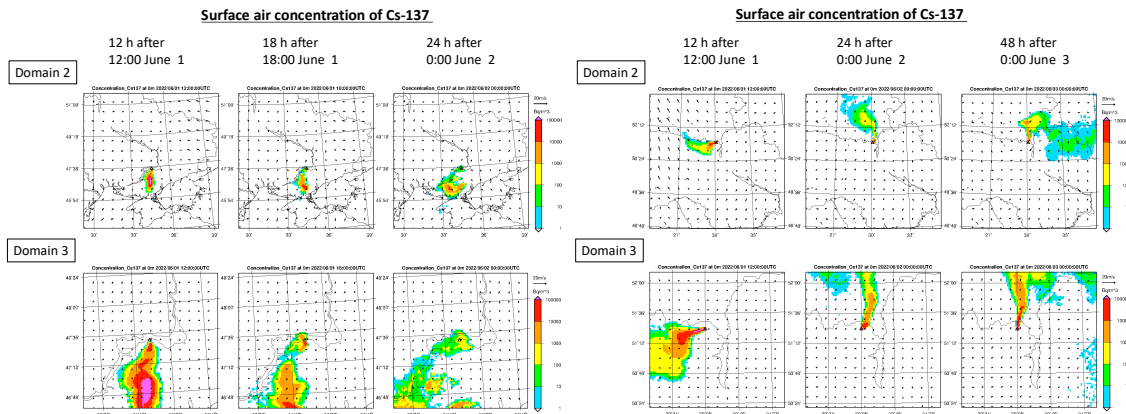


図 3-2-3 WSPEDI による放射性物質の大気拡散シミュレーション結果。左図はチョルノービリ、右図はザポリージャ原発からの放射性物質拡散予測結果をそれぞれ示している。期間は、2022 年 6 月 1 日から 6 月 3 日までである

① 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

2022 年 2 月 24 日から開始されたロシアによるウクライナ侵攻では、チョルノービリ原子力発電所およびザポリージャ原子力発電所がロシア軍に占領された（ザポリージャ原子力発電所は現在も占拠中）。ウクライナ側からの要請に基づき、福島大学が中心となり JAEA（日本）、Karlsruhe Institute of Technology（ドイツ）と協力し、チョルノービリおよびザポリージャ原発が破壊された場合を想定した放射性物質拡散予測を実施している。また、2022 年 2 月から 4 月にかけて、チョルノービリ規制区域内で森林火災が発生していることが衛星画像から確認された、研究題目 3 では、衛星画像を入手し、焼損面積の推定を行いそれに基づいた放射性物質の大気拡散をシミュレーションした。

② 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にもともなう放射性物質の再拡散が懸念されている。チョルノービリ原発の 100 km 南方にあるキーウには約 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、観測体制を補強し、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。

③ 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 キーウ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。

(4) 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

- ・合同調整委員(JCC)会議の開催（毎年）

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。共同研究開始後の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。

- ・チョルノービリ法及び関連法案の翻訳作業および取りまとめ結果の公表

1986 年 4 月 26 日のチョルノービリ原子力発電所 4 号炉（ChNPP）の爆発事故により 30 キロ圏内から住民が避難させられた区域は、1991 年にウクライナ法「チョルノービリ原子力発電所大事故による放

射能汚染を被った地域に関する法制度について」により「ChEZ（Chornobyl Exclusion Zone、立入禁止区域 略称 ChEZ）」に指定された。事故から 35 年を間近に控え、ウクライナ政府は ChEZ を活動制限の場から、経済活動の場へと政策転換を進めている。その背景となる ChEZ に関する近年の法律の変遷を辿っていくことで、ウクライナ政府が大惨事（катастрофа: カタストロフィー）の現場である ChEZ を負の遺産から正の遺産へと捉え直していく過程を考察した（図 4-1）。

この中で、チョルノービリ法とは国家の責任での管理・対応を記した意義深い法律であることがわかった。しかし、チョルノービリ法は当時のソ連邦崩壊末期であったウクライナの予算能力とその経済的能力に不釣り合いな中で成立したものでもあったため、独立直後のウクライナは、経済や政治分野において困難を極め、法律の文言にうたっていた政策を十分に施行できないでいたことも予想された。このような時代的な背景の中で、近年、ウクライナ法№ 3522-IV（2006 年 3 月 14 日付）「2006 年から 2010 年のチョルノービリ原子力発電所大事故による影響克服のための国家プログラムについて」において、避難した市民が暮らすコンパクトシティの経済復興の完了と文化歴史的遺産の保全確保が必要であると言及されていたことがわかった。また、535-r 法（2012 年）中でも、ChEZ の開発をという枠組みの中で、ウクライナの民族的文化遺産の保護という概念が示されていたことは重要であると考えた。2018 年ウクライナ政府は大統領令 No.196「チョルノービリ原子力発電所大事故による放射能汚染地域再生、被災者への社会的保護、放射性廃棄物の安全管理の追加措置について」¹を発令する。この大統領令は ChEZ 政策の新しい方向性を定めるものとして非常に重要なものとなった。大統領令の中で注目すべき点は、「ChEZ、無条件（強制）移住区域、自発的移住保証区域において行われる活動に対して制限・禁止とされてきた行為が妥当かどうかを含む、放射能汚染地域の区域について法制度の再検討」について言及し ChEZ 法の厳しい規制内容が緩和されることになったのである。これらの法律を読み解くことにより、ウクライナ政府がどのように自然保護と、増加する観光客のニーズの吸収という 2 つの事柄を両立させようとしていたのかを理解した。

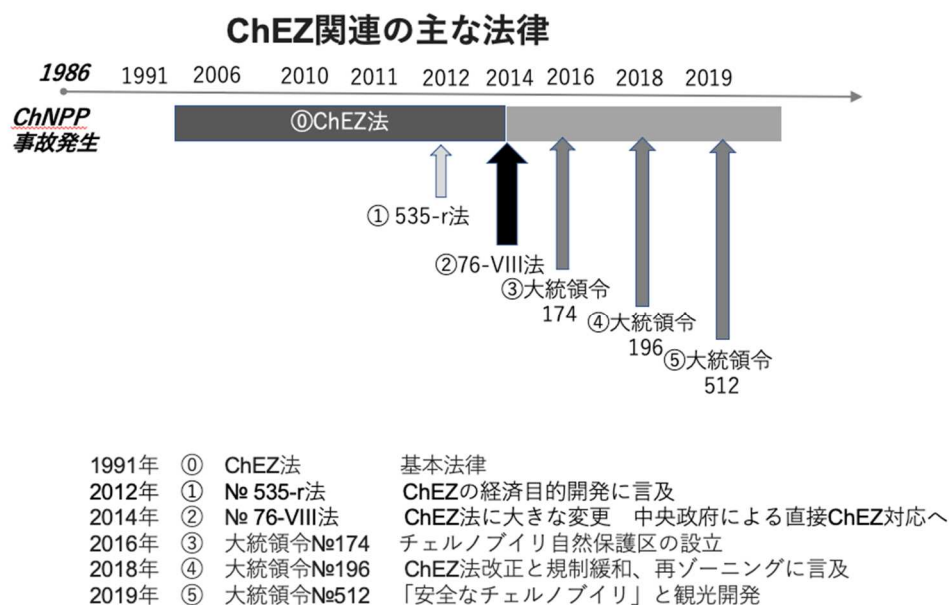


図 4-1 ChEZ 関連の主な法律の変遷

・ チョルノービリ規制区域再編のための福島避難指示区域の変遷

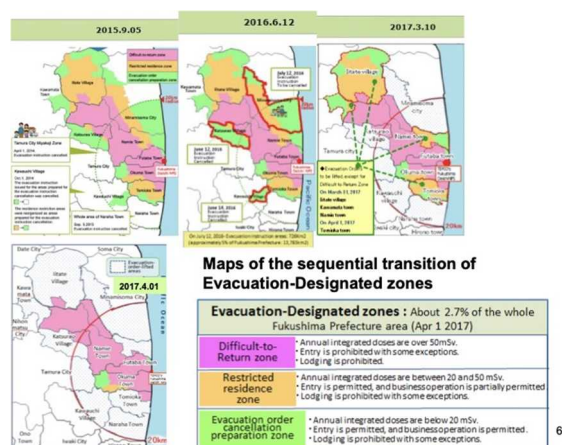
SAUEZM はチョルノービリ立ち入り禁止区域の再編の一環として、特に区域外に広がる汚染の強い「飛び地」の再編を検討している事が判明した。本プロジェクトでは、この活動を支援するため、2018 年のナロジッチ会議以降、「福島避難指示区域の変遷」について積極的な情報発信を行ってきた。これらの成果は、難波・五十嵐、「避難指示解除の要件と放射線量率」（川崎興太 編著『福島復興 10 年間の検証 原子力災害からの復興に向けた長期的な課題』）として取りまとめた。

研究題目 4 では、SAUEZM と、前述の福島事故被災地域における復興の経験と WG1-WG3 の成果を考慮して作成されている最終報告書の準備について共同で作業を継続した。

それらは、

- 1) 超ウラン核種による汚染が深刻な立入禁止区域に特別産業用地を設置することに関するウクライナ法「チョルノービリ大惨事の結果として放射能汚染された地域の法的体制に関する」の改正に関するウクライナ法草案に関する協議
- 2) チョルノービリ原発事故の影響を受けた地域の線量基準によるゾーニングへの移行の一環として、ウクライナ法「チョルノービリ原発事故の結果として放射能汚染された地域の法的体制について」の改正に関する法律に関する協議
- 3) 立ち入り禁止区域内で最も汚染されていない地域の放射線量制限体制を縮小に関する協議
- 4) 閣僚決議案「放射線が危険な土地の分類および放射線危険な土地からの除去の手順について」に関する協議、である。

これらの協議の結果は、SAUEZM により作成された「2021-2030 年の ChEZ 開発戦略案（2021 年 4 月 9 日提出済み）」に既に盛り込まれている（図 4-2）。



What are the documents we are speaking about?

These are the documents which are being developed considering the experience of Fukushima revitalization and the best world practices. They are:

- 1) The Draft Law of Ukraine on Amendments to the Law of Ukraine "On the Legal Regime of the Territory Radioactively Contaminated as a Result of Chornobyl Catastrophe" concerning the establishing of the Special Industrial Use Zone on the territory of the Exclusion zone with high levels of transuranic radionuclide contamination. Its main characteristic: permanently unfit for human habitation.
- 2) A draft Law on Amendments to the Law of Ukraine "On the Legal Regime of the Territory Radioactively Contaminated as a Result of Chornobyl Catastrophe" in a part of the transition to zoning of the territory affected by the Chornobyl Catastrophe to the dose criterion. In Ukraine, until now, zoning was carried out according to the criterion of soil contamination by radionuclides.
- 3) Consideration is being given to reducing the radiological limitations regime for the least contaminated areas of the exclusion zone.
- 4) A draft resolution of the Cabinet of Ministers "On the procedure for classifying lands as radiation-hazardous and removing lands from radiation-hazardous ones" is being developed (working title).

It should be mentioned that establishing of the Special Industrial Use Zone and the systematic revision and gradual lifting of the radiological limitations are already present in the draft Strategy of ChEZ Territories Development for 2021-2030 presented by SAUEZM for public consideration on April 9, 2021.

図 4-22.9 福島原発事故被災地域における避難区域再編とそれに関する考察を SAUEZM と共同実施

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

2020 年以降の世界的なコロナ禍、そして 2022 年 2 月からのウクライナ戦争は想定外の事態であった。しかしながら、現地のカウンターパートおよび研究者らから現地の情報収集を行い、困難な状況下での研究進捗に努めた。

現地の政治的な体制変化に伴い、令和 2 年度は、SAUEZM の長官が 2 回ほど変わったが、その都度、チョルノービリにおける本プロジェクトの活動を報告し、将来的に作成される「管理及び周辺環境の放射線防護に関する提言」について理解を促す活動を継続した。

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、チョルノービリ立ち入り禁止区域の管理及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、チョルノービ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

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

II. 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、令和元年度の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、当初の計画より遅れたことが課題となった。背景には、次の(c)、(d)等の原因があると考えられた。取り組んだ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) 供与機材等の輸送のリスク

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。

ウクライナに渡航できなくなった代替策として、日本にサンプルを輸送して新たな分析方法の確立や分析等を計画したが、防疫やその他法令に関する規制により、輸送可能なサンプルが限定された。

(e) ウクライナ情勢

COVID-19の影響で、JICAからの通知を受け、ウクライナ駐在の日本側現地調整役が、令和元年度末に日本に一時帰国したため、現在は主に福島大学で調整を行っている。

2022年2月からは、ロシアによるウクライナ侵攻が開始されたため、現状では渡航が不可能である。

・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アピールとインパクトの向上

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ョルノービ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見られたが、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、調達した。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、今後は必要な保証・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。

・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。本事業では積極的にウクライナ側の若手研究者 2 名の研修を受け入れ、環境放射能研究に従事する人材の育成に貢献した。本事業が終了した後も研究を継続させるためには、相手国の研究機関及び研究者が、自主的に予算確保に取り組む必要があると考え、啓発に取り組んだ。令和 2 年度に、Roman Bezhenar 博士が PI を務める研究グループ（本プロジェクトからは、UHMI, IMMSP の研究者らが参加）が、CP 関連でウクライナ国内の競争的研究費を獲得しており、実際に取り組み、結果を出しつつある。

・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 の遅延とその解消

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た。しかしながら、令和元年度には、研究題目 3 に関連する大型機材（インパクター等）の供与を完了させる事ができた。これにより、令和 2 年度にチオルノービリで発生したの森林火災の影響を直接的にモニタリングすることができた。

(c) 井戸掘削工事契約の遅延とその解消

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の協議も完了し、令和元年度末までに予定していた掘削工事が完了した。今後、これらの井戸での観測によって、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 が得られている。

(2) 研究題目 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」

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、その問題点に対する工夫、今後への活用。

1.2. (2) およびIIに示した通り、渡航できなかった令和2年度以降は、ウクライナ研究者らに現地観測および試料採取を担当してもらい、できる限りプロジェクトを進めた。

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

1.2. 「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 やイメージングプレートを安定して稼働させるためには、定期的な動作確認や汚染防止を施した使用方法やメンテナンス・修繕を必要とする。納品時の動作確認は、納入先の UIAR 研究者が行い問題ないことがわかっているが、今後も使用方法や稼働状況について密に連絡をとりながら行っていく。特に ICP-MS に関して専門的な技能を備えた技術者がウクライナにはいないため、修理が必要になると、西欧諸国から技術者に来てもらう必要があるが、現状では、まだ修理が必要な状況には至っていない。また、ICP-MS の操作に専門の技能を備えた技術者がウクライナの受け入れ機関にはいなかったため、日本側の研究者によるトレーニングを実施した。これらの機材も含め、ロシアによるウクライナ侵攻により、供与機材が稼働可能か、故障している場合、修繕可能かどうか、現状では把握できていない。

(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った。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た。

・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。また、ラボにおける試薬（劇毒等）管理における独自の法律、さらに装置納入や設置等に関わるルールも日本とは大きく異なることから事前の十分な調査が欠かせない。

(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」

・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点に対する工夫、今後への活用。

COVID-19 の世界的な感染拡大により、令和2年度以降は、例年通りの渡航ができなかったが、ウクライナ側の研究所との緊密な意見交換や情報共有によって、定期サンプリングや実験を行うことができた。また、ChEZ における河川の長期モニタリングデータをウクライナ側から提供してもらうことができたため、モデリングと論文化を行うことができた。

渡航不可により直接技術指導を行うことができなかったが、オンラインを活用して技術移転を行った。ウクライナの研究者と持続的な研究を保持するため、研究者間で密に連絡を取り合った。

・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ンターパートは、30年以上の歴史があるチョルノービ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、その問題点に対する工夫、今後への活用。

令和元年度までに、インパクト等の供与を完了させていた為、定期的な大気サンプリングに加え、大規模森林火災イベントにも対応して計測を実施する事ができた。引き続きモニタリングとモデリングを実施し、論文化を進めていく。

- ・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。

日本側のリーダーが変更になったため、当初研究計画が大きく変更されたという問題があった。これは、研究遂行能力（論文執筆能力）だけで、リーダーの人選を行った結果だと考えられる。類似プロジェクトにおいても、研究遂行能力でリーダーの人選が実施されるのが普通であるが、当該プロジェクトは「海外の研究者と共同で研究を実施する」という大前提がある。このため、「研究遂行能力」はリーダーの素質として「必要」であるが、それだけでは「十分」なプロジェクト運営が実施できないという、極めて当たり前の事をここに記す。類似プロジェクトにおいては、「海外との共同研究という主旨」を十分に理解し、それに耐えうるリーダー選定を実施してもらいたい。

(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、その問題点に対する工夫、今後への活用。

ウクライナ行政機関と協議する際、JICA ウクライナ事務所や在ウクライナ日本大使館に協力を依頼すると、円滑に協議が進む場合があるため、本プロジェクトのウクライナ現地駐在員が、これらの期間と連絡を取るように努めた。

- ・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。

令和元年度末から世界的な COVID-19 の感染拡大により、現地への渡航ができない状態が続いた。本プロジェクトでは、現地調整役を中心として、日本・ウクライナに加え、経由地の出入国管理情報を収集するとともに、リモートで定期的に情報交換する場を構築してきた。これにより、渡航できない期間でも、サンプルや機材の輸送が円滑に実施できた。類似プロジェクトにおいても現地調整役を中心とした情報収集体制の構築が望まれる。

III. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- ・SAUEZM 作成文書に本プロジェクト成果が盛り込まれた。

研究題目 4 では、SAUEZM と、下記の 4 つの協議を実施した。協議の結果は、SAUEZM により作成された「2021-2030 年の ChEZ 開発戦略案（2021 年 4 月 9 日提出済み）」に既に盛り込まれた。

- 1) 超ウラン核種による汚染が深刻な立入禁止区域に特別産業用地を設置することに関するウクライナ法「チョルノービリ大惨事の結果として放射能汚染された地域の法的体制に関する」の改正に関するウクライナ法草案に関する協議
- 2) チョルノービリ原発事故の影響を受けた地域の線量基準によるゾーニングへの移行の一環として、ウクライナ法「チョルノービリ原発事故の結果として放射能汚染された地域の法的体制について」の改正に関する法律に関する協議
- 3) 立ち入り禁止区域内の最も汚染されていない地域の放射線量制限体制を縮小に関する協議
- 4) 閣僚決議案「放射線危険な土地の分類および放射線危険な土地からの除去の手順について」に関する協議、である。

(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。
- ・チョルノービリ法の歴史的な変遷を整理・理解し、今後の管理体制のあり方などを検討している。具体的には、2.(5)①で示した 4 案である。

IV. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

- 論文および書籍を出版し、メディアに取り上げられた (様式 02 参照)。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VII. その他 (非公開)

以上

ⁱ 原文和訳を添付「Про додаткові заходи з відродження територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, із соціального захисту постраждалих осіб, безпечного поводження з радіоактивними відходами」 <https://www.president.gov.ua/documents/1962018-24446>

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。)
2018	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	WG2
2019	Yasunori Igarashi, Yuichi Onda, Yoshifumi Wakiyama, Alexei Konoplev, Mark Zheleznyak, Hlib Lisovyi, Gennady Laptev, Volodyill Damiyanovich, Dmitry Samoilov, Kenji Nanba, Serhii Kirieiev "Impact of wildfire on 137Cs and 90Sr wash-off in heavily contaminated forests in the Chernobyl exclusion zone" Environmental Pollution Volume 259	10.1016/j.envpol.2019.113764	国際誌	発表済	WG2: インパクトファクターが5.714 (2018年)で、環境放射能分野では比較的高いジャーナルである。
2019	Sergii Kivva, Mark Zheleznyak, Oleksandr Pylypenko, Vasyl Yoschenko "Open Water Flow in a Wet/Dry Multiply-Connected Channel Network: A Robust Numerical Modeling Algorithm" Pure and Applied Geophysics	10.1007/s00024-020-02416-0	国際誌	発表済	WG3
2019	Holiaka, D. M., Levchuk, S. E., Yoschenko, V. I., Yoschenko, L. V., & Holiaka, M. A. "The model of biogenic fluxes and depots of 90Sr in contaminated pine stands" Scientific Bulletin of UNFU, 29(9), 81-86	https://doi.org/10.36930/40290914	国内誌	発表済	WG2: ウクライナ国内誌
2019	Talerko N., Kovalets I., Sinkevich R., Hirao S., Zheleznyak M. Development of models and software systems for atmospheric transfer of radionuclides from the Exclusion Zone in emergency situations (in Ukrainian) Талерко Н., Ковалець И., Сінкевич Р., Hirao S., Железняк М. Розробка моделей і програмних систем атмосферного переносу радіонуклідів з Зони відчуження у випадках надзвичайних ситуацій. Proceedings INUDEC-2019. Fourth International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery, Slavutych, Ukraine, 24-27 April 2019. Published by Chernihiv Technical University, ISBN 978-617-7571-39-0, p. 237-239		国際誌	発表済	WG3
2019	Pylypenko O. Zheleznyak M., Kivva S., Konoplev O., Igarashi Y., Wakiyama Y., Obrizan S., Laptev G., Voitsekhovich O. Development of models and software systems for the removal of radionuclides from the Exclusion Zone in emergency situations. (In Ukrainian) Пилипенко О. Железняк М., Ківва С., Коноплев О., Igarashi Y., Wakiyama Y., Обрізан С., Лаптев Г., Войцехович О. Розробка моделей і програмних систем виносу радіонуклідів з Зони відчуження в однім шляом у випадках надзвичайних ситуацій Proceedings INUDEC-2019. Fourth International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery, Slavutych, Ukraine, 24-27 April 2019, Published by Chernihiv Technical University, ISBN 978-617-7571-39-0, p. 199-205		国際誌	発表済	WG3
2020	A. Konoplev, V. Kanivets, O. Zhukova, M. Germenchuk, H. Derkach "Mid-to long-term radiocesium wash-off from contaminated catchments at Chernobyl and Fukushima" Water Research, 188, 116514	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420310496?via=ihub	国際誌	発表済	WG2
2020	Y. Igarashi, Y. Onda, J. Smith, S. Obrizan, S. Kirieiev, V. Demianovych, G. Laptev, D. Bugai, H. Lisovyi, A. Konoplev, M. Zheleznyak, Y. Wakiyama, K. Nanba "Simulating dissolved 90Sr concentrations within a small catchment in the Chernobyl Exclusion Zone using a parametric hydrochemical model" Scientific Reports, 10, 9818	https://doi.org/10.1038/s41598-020-66623-4	国際誌	発表済	WG2
2020	D.M.Holiaka, S.E.Levchuk, V.I.Yoschenko, V.A.Kashparov, L.V.Yoschenko, M.A.Holiaka, V.V.Pavliuchenko, P.P.Diachuk, R.M.Zadorozhniuk, V.S.Morozova "90Sr and 137Cs inventories in the depots and biogenic fluxes of the typical forest stands in the Chernobyl exclusion zone" Nuclear Physics and Atomic Energy, 21, 3, 256-264 (in Ukrainian)	10.15407/inpae.2020.03.256	国際誌	発表済	WG2
2020	D. Holiaka, V. Yoschenko, S. Levchuk, V. Kashparov "Distributions of 137Cs and 90Sr activity concentrations in trunk of Scots pine (Pinus sylvestris L.) in the Chernobyl zone" Journal of Environmental Radioactivity, 222	https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106319	国際誌	発表済	WG2

2020	Talerko, M., K o valets, I., Lev, T., Igarashi, Y., Romanenko, O., 2021. Simulation study of radionuclide atmospheric transport after wildland fires in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020. Atmos. Pollut. Res.	https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.01.010	国際誌	発表済	WG3
2020	Lypska, A. I., Rodionova, N. K., Riabchenko, N. M., Burdo, O. O., Vyshnevskiy, D. O., and Ishiniwa, H. (2020) Estimation of status of small rodents' natural populations from the transformed ecosystems of the Chernobyl exclusion zone according to the complex of biological indicators. Nuclear Physics and Atomic Energy, 21(4), pp. 328–337 (in Ukrainian)	https://doi.org/10.15407/npae.2020.04.328	国内誌	発表済	WG1:ウクライナ国内誌
2020	A. Konoplev, Y. Wakiyama, T. Wada, C. Udy, V. Kanivets, M. Ivanov, M. Komissarov, T. Takase, A. Goto, K. Nanba "Radiocesium distribution and mid-term dynamics in the ponds of the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant exclusion zone in 2015–2019" Chemosphere, 265, 129058	https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.12.9058	国際誌	発表済	WG1
2021	Konoplev A., Laptev G., Igarashi Y., Derkach H., Protsak V., Lisovyi H., Korychenskyi K., Kirieiev S., Samoilov D., Nanba K. (2022) Reconstruction of the Long-Term Dynamics of Particulate Concentrations and Solid-Liquid Distribution of Radiocesium in Three Severely Contaminated Water Bodies of the Chernobyl Exclusion Zone Based on Current Depth Distribution in Bottom Sediments. Land 11 (1), 29.	https://doi.org/10.3390/land11010029	国際誌	発表済	WG1
2021	Konoplev A.V., Kanivets V.I., Zhukova O.M., Germenchuk M.G., Derkach G.A. (2021). Semi-empirical diffusional model of radionuclide wash-off from contaminated watersheds and its testing using monitoring data for Fukushima and Chernobyl rivers. Geochemistry International, 59 (6), 607–617.	https://doi.org/10.1134/S0016702921060021	国際誌	発表済	WG2
2021	Holiaka, D., Kato, H., Yoschenko, V., Onda, Y., Igarashi, Y., Nanba, K., et al. Scots pine stands biomass assessment using 3D data from unmanned aerial vehicle imagery in the Chernobyl Exclusion Zone. Journal of Environmental Management, 295(July), 113319.	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113319	国際誌	発表済	WG2
2021	M. Ferdous Alama, Yoshiaki Furusho, Norbert Kavasi, Sarata Kumar Sahoo, LinaPirnach, Zinnat A.Begum, Kenji Nanba, Ismail M.M.Rahman. Effect of operating variables on the separation of radiocesium from aqueous matrices with ion-selective solid-phase extraction systems. Journal of Chromatography A. 1658, 462625.	https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462625	国際誌	発表済	WG1

論文数 17 件
うち国内誌 3 件
うち国際誌 14 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。)
2017	反町・平尾・Zheleznyak・浅沼・脇山・坂口・恩田・難波, 地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム(SATREPS)「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」に関するキックオフミーティング報告, 保健物理, 2017, vol.52, no.3, 231–235.	10.5453/jhps.52.231	国内誌	発表済	WG4
2018	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).		国内誌	発表済	WG1
2020	Y. Igarashi, Y. Onda, Y. Wakiyama, K. Yoshimura, H. Kato, S. Kozuka, R. Manome "Impacts of freeze–thaw processes and subsequent runoff on 137Cs washoff from bare land in Fukushima" Science of The Total Environment, 769, 144706	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144706	国際誌	発表済	WG2
2020	Onda, Y., Taniguchi, K., Yoshimura, K., Kato, H., Takahashi, J., Wakiyama, Y., Coppin, F., Smith, H. Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems, Nature Reviews Earth & Environment, 1, 644–660	10.1038/s43017-020-0099-x	国際誌	発表済	WG2
2020	Taniguchi, K., Onda, Y., Smith, G. H., Blake, W., Yoshimura, K., Yamashiki, Y., Kuramoto, T., "Dataset on the 6-year radiocesium transport in rivers near Fukushima Daiichi nuclear power plant", Scientific Data vol 7, 433 (2020)	10.1038/s41597-020-00774-x	国際誌	発表済	WG2

2020	Onda, Y., Sweek, L., Shinano, T., Dercon, G., Lee Zhi Yi, A., Kato, H., "Soil and vegetation sampling during the early stage of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident and the implication for the emergency preparedness for agricultural systems", Journal of Environmental Radioactivity, 223–224, 106373	10.1016/j.jenvrad.2020.106373	国際誌	発表済	WG2
2020	Kurihara, M., Onda, Y., Yasutaka, T., "Differences in leaching characteristics of dissolved radiocaesium and potassium from the litter layer of Japanese cedar and broadleaf forests in Fukushima, Japan", Journal of Environmental Radioactivity, 223–224, 106417	10.1016/j.jenvrad.2020.106417	国際誌	発表済	WG2
2020	Fesenko, S., Onda, Y., Shinano, T., Dercon, G., "Dynamics of radionuclide activity concentrations in weed leaves, crops and of air dose rate after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident", Journal of Environmental Radioactivity, 222, 106347	10.1016/j.jenvrad.2020.106347	国際誌	発表済	WG2
2020	Onda, Y., Taniguchi, K., Yoshimura, K., Kato, H., Takahashi, J., Wakiyama, Y., Coppin, F., Smith, H., "Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems", Nature Reviews Earth & Environment, 1, 644–660 (2020)	10.1038/s43017-020-0099-x	国際誌	発表済	WG2
2021	Lucky Dey, Saswata Rabi, Zinnat A. Begum, Tsugiko Takase, Ismail M. M. Rahman, Edward R. T. Tiekink, Tapashi Ghosh Roy "Redetermination of the crystal structure of (2E,4Z,13E,15Z)-3,5,14,16-tetramethyl-2,6,13,17-tetraazatricyclo[16.4.0.0.7,12]docosa-1(22),2,4,7,9,11,13,15,18,20-decaene, C22H24N4" Zeitschrift für Kristallographie – New Crystal Structures	https://doi.org/10.1515/ncrs-2021-0244	国際誌	発表済	WG1
2021	Igarashi, Y., Nanba, K., Wada, T., Wakiyama, Y., Onda, Y., Moritaka, S., Konoplev, A. Factors Controlling the Dissolved 137 Cs Seasonal Fluctuations in the Abukuma River Under the Influence of the Fukushima Nuclear Power Plant Accident. Journal of Geophysical Research:Biogeosciences, 127(1), 1–16.	https://doi.org/10.1029/2021JG006591	国際誌	発表済	WG2
2021	趙在翼、石井弓美子、斎藤梨絵、和田敏裕、難波謙二、金指努、舟木優斗、寺本航、早乙女忠弘、小荒井一真、林誠二「福島県南相馬市の太田川河川生態系における無脊椎動物類への放射性セシウムの移行」KEK Proceedings 2021-2. 62–66.		国内誌	発表済	WG1: Proceedings だが査読があるため、原著論文として扱う。
2022	Konoplev A., Wakiyama Y., Wada T., Ivanov M., Komissarov M., Nanba K. Reconstruction of time changes in radiocesium concentrations in the river of the Fukushima Dai-ichi NPP contaminated area based on its depth distribution in dam reservoir's bottom sediments. Environmental Research, 206, 112307.	https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112307	国際誌	発表済	WG1
2022	Tagami, K., Hashimoto, S., Kusakabe, M., Onda, Y., Howard, B., Fesenko, S., Pröhl, G., Harbottle, A.-R., Ulanowski, A., (2022) "Pre- and post-accident environmental transfer of radionuclides in Japan: lessons learned in the IAEA MODARIA II programme", Journal of Radiological Protection, 42 (2), 020509	10.1088/1361-6498/ac670c	国際誌	発表済	WG2
2022	Kato, H., Onda, Y., Maejima, K., (2022) "Distribution of radiocesium and its controlling factors under the Japanese cedar canopies", Journal of Environmental Management, 314, 115064	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115064	国際誌	発表済	WG2
2022	Junko Takahashi, Daichi Hihara, Takuya Sasaki, Yuichi Onda, "Evaluation of contribution rate of the infiltrated water collected using zero-tension lysimeter to the downward migration of 137Cs derived from the FDNPP accident in a cedar forest soil", Science of The Total Environment, 816, 151983	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151983	国際誌	発表済	WG2
2022	Junko Takahashi, Daichi Hihara, Takuya Sasaki, Yuichi Onda, "Evaluation of contribution rate of the infiltrated water collected using zero-tension lysimeter to the downward migration of 137Cs derived from the FDNPP accident in a cedar forest soil", Science of The Total Environment, 816, 151983	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151983	国際誌	発表済	WG2

論文数 17 件
うち国内誌 3 件
うち国際誌 14 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
2019	Hirao S. Overview of atmospheric dispersion of radionuclides after the accident At Fukushima Dai-Ichi NPP from the past and current knowledge of modeling and monitoring data. Proceedings INUDECO-2019. Fourth International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery, Slavutyich, Ukraine, 24-27 April 2019, Published by Chernihiv Technical University, ISBN 978-617-7571-39-0, p. 24-25		紀要	発表済	
2019	Nanba K., Onda Y., Sakaguchi A., Zheleznyak M., Hirao S., Igarashi Y., Ishiniwa H., Konoplev A., Rahman I., Shibasaki N., Takahashi J., Tsukada H., Uematsu S., Yoschenko V., Wakiyama Y., Yamasaki S. Overview of initial phase of the project SATREPS: Strengthening of the environmental radiation control and legislative basis for the environmental remediation of radioactively contaminated sites. Proceedings INUDECO-2019. Fourth International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery, Slavutyich, Ukraine, 24-27 April 2019, Published by Chernihiv Technical University, ISBN 978-617-7571-39-0, p. 7-13		紀要	発表済	
2019	Yoschenko V., Kashparov V., Ohkubo T. Radioactive Contamination in Forest by the Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant: Comparison with Chernobyl. In: Takenaka C., Hiji N., Kaneko N., Ohkubo T. (eds) Radiocesium Dynamics in a Japanese Forest Ecosystem. Springer, Singapore https://doi.org/10.1007/978-981-13-8606-0_1		Book chapter	発表済	Referenceに記載していないがSATREPS成果も含まれる
2020	A. Konoplev, K. Kato, S. Kalmykov (Eds) (2020) "Behavior of Radionuclides in the Environment II: Chernobyl" Springer Nature, Singapore		Book	発表済	10.1007/978-981-15-3568-0

著作物数 4 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
2018	難波謙二, チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立に関する研究		紀要	発表済	福島大学研究年報, 平成30年度, 第14号, pp.115-117
2020	五十嵐康記, 難波謙二, チェルノブイリと森林火災 一地表面における放射性物質の再拡散の視点から		総説	発表済	Isotope News (No.772)
2020	難波謙二, 五十嵐康記, 第2章 避難指示解除の要件と放射線量率, 川崎興太 編著『福島復興10年間の検証 原子力災害からの復興に向けた長期的な課題』		書籍	発表済	丸善出版
2020	Kataoka, H., Igarashi, Y., Nanba, K. Current policy changes and the historical background of Chornobyl exclusion zone : Positive image and tourism. Journal of Center for Regional Affairs, Fukushima University 32 (2):55-80, Feb 2021	http://hdl.handle.net/10270/5303	紀要	発表済	
2021	Kenji Nanba, Alexei Konoplev, Toshihiro Wada. Behavior of Radionuclides in the Environment III: Fukushima. Springer Singapore	in preparation	Book	発表済	
2021	五十嵐康記 河川での放射性物質の再拡散を測る—35年前のチェルノブイリ事故が示すもの—		総説	発表済	日本森林学会『森林科学』2021年 92巻 森をはかる
2021	金指努, 境優, 今村直広, 大橋伸太 「福島第一原子力発電所事故後の森林における放射性セシウム動態と溪流生態系への影響」 地球化学55, 144-158	https://doi.org/10.14934/chi-kyukagaku.55.144	総説	発表済	
2022	M. Ferdous Alam, Zinnat A.Begum Yoshiaki Furusho, Hiroshi Hasegawa, Ismail M.M.Rahman. Selective separation of radionuclides from environmental matrices using proprietary solid-phase extraction systems: A review. Microchemical Journal 181, 107637	https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107637	総説	発表済	

著作物数 8 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
2018	国際学会	Yasunori Igarashi, Yuichi Onda, Yoshifumi Wakiyama, Alexei Konoplev, Jim Smith, Gennady Laptev, Sergii Obrizan, and Kenji Nanba. 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
2018	国際学会	Mark Zheleznyak, Pavlo Dykyi, Sergii Kivva, Oleksander Pylypenko, Maksym Sorokin, Michio Aoyama, and Daisuke Tsumune. 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
2018	国際学会	Oleksandr Pylypenko, Mark Zheleznyak, Oleksiy Boyko, Ivan Kovalets, Sergii Kivva, Alexander Khalchenkov, Oleksander Mikhalsky, Maxim Sorokin. Flood forecasting and flood inundation mapping system developed for Ukrainian parts of Prut and Siret river basins within EAST AVERT project. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Sergii Kivva, Mark Zheleznyak, Oleksiy Boyko, Ievgen Ievdin, Oleksander Pylypenko, Oleksander Mikhalsky, Wolfgang Raskob, and Maksym Sorokin. 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
2018	国際学会	Mark Zheleznyak, Oleksiy Boyko, Sergii Kivva, Oleksander Pylypenko, Oleksander Mikhalsky, Jochen Tschiersch, and Kerstin Hürkamp. 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
2018	国際学会	Zheleznyak M., Kivva S., Boyko S., Igarashi Y., Konoplev A., Pylypenko O., Sorokin M., Wakiyama Y. Numerical Model Chain of Radionuclide Transport in "Watershed - River - Reservoir" Systems: Development and Implementation at Chernobyl and Fukushima - Daiichi Nuclear Power Plants. -9th International Congress on Environmental Modelling and Software June 24-28 2018, Fort Collins, USA	口頭発表
2019	国際学会	Yoshifumi Wakiyama, Yasunori Igarashi, Yuichi Onda, Junko Takahashi, Dmitry Samoilov, Sergii Obrizan, Hlib Lisovyi, Gennady Laptev, Alexei Konoplev, Hirofumi Tsukada, Kenji Nanba. Hydrological response and 137Cs wash-off evaluated by continuous observation with USLE plots in Chernobyl exclusion zone. European Geoscience Union General Assembly 2019, Vienna, Austria, April 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Koki Matsushita, Yasunori Igarashi, Yuichi Onda, Yoshifumi Wakiyama, Alexei Konoplev, Genna Laptev, Sergey Obrizan, Volodymyr Demianovych, Dmitry Samoilov, Mark Zheleznyak. Factors controlling dissolved 90Sr and 137Cs concentration in stream water in the Chernobyl exclusion zone. European Geoscience Union General Assembly 2019, Vienna, Austria, Apr. 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Yasunori Igarashi, Mark Zheleznyak, Yuichi Onda, Yoshifumi Wakiyama, Gennady Laptev, Hlib Lisovyi, Sergii Obrizan, Dmitry Samoilov, Koki Matsushita, Kenji Namba. Long-term simulation of dissolved 90Sr flux and stream discharge at a small catchment in the Chernobyl Exclusion Zone using 90Sr and water mass balance models. European Geoscience Union General Assembly 2019, Vienna, Austria, April 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Pilipenko O., Zheleznyak M., Kivva S., Sorokin M., Igarashi Y., Konoplev O., Wakiyama Y., Nanba K., Onda Y., Kireev C., Obrizan C., Laptev G., Voitsekhovich O. DEVELOPMENT OF MODELS AND COMPUTER SYSTEMS FOR FORECASTING OF RADIONUCLIDE DISPERSION FROM THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE VIA AQUATIC PATHWAYS IN CASES OF EMERGENCY SITUATIONS International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery 2019, Slavutych, Ukraine, April 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Talerko M., Kovalez I., Sinkevich R., Pylypenko O., Hirao S., Zheleznyak M., Kireev S., Nikitina T. DEVELOPMENT OF MODELS AND COMPUTER SYSTEMS FOR FORECASTING OF THE ATMOSPHERIC DISPERSION OF RADIONUCLIDES IN CASES OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery 2019, Slavutych, Ukraine, April 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Mark Zheleznyak, Mykola Talerko, Volodymyr Bogorad, Yaroslav Bulich, Shigekazu Hirao, Serhii Kireev, Ivan Kovalets, Yuriy Kyrylenko, Wolfgang Raskob, Roman Sinkevich, Thomas Schichtel, Leonid Tabachnyi, Dmytro Trybushnyi "Forest Wildfire at Chernobyl Nuclear Power Plant in June, 2018: Lessons Learned from Coupling of Stationary and Mobile Monitoring with Predictive Modeling of Atmospheric Radioactivity During the Event and Follow-Up Intercomparison of the Modeling Tools" AGU Fall Meeting 2019, 9-13 December, San Francisco, CA, USA.	ポスター発表

2019	国際学会	Mark Zheleznyak, Sergii Kivva, Maksym Sorokin, Oleksander Pylypenko, Alexei Konoplev, Michio Aoyama, Daisuke tsumune, Yasunori Igarashi, Pavlo Dykyi "Parallel Shallow Water Modeling of Radionuclide Transport in Solute and Suspended Sediments in Chernobyl and Fukushima Waters" AGU Fall Meeting 2019, 9–13 December, San Francisco, CA, USA.	ポスター発表
2019	国内学会	O.O. Burdo, A.I. Lypska, H. Ishiniwa, K. Nanba, D. Vishnevskiy, V.A. Shityuk, V.I. Nikolaev Radioecology characteristics of small rodents local population from the Chernobyl nuclear power plant cooling pond under decommission. Annual Scientific Conference Institute for Nuclear Research, Kyiv Ukraine, April 2019	口頭発表
2019	国際学会	A. Konoplev, G. Laptev, H. Lisovyi, Y. Igarashi, K. Nanba. Vertical distributions of Chernobyl-derived ¹³⁷ Cs and ²⁴¹ Am in bottom sediments of water bodies in exclusion zone represent long-term dynamics of water contamination. 5th International Conference on Environmental Radioactivity, 8–13 September, Prague, Czech Republic.	口頭発表
2019	国際学会	A. Konoplev, G. Laptev, V. Golosov, M. Ivanov Y. Igarashi, K. Nanba. Vertical distributions of Chernobyl-derived ¹³⁷ Cs in bottom sediments represent long-term dynamics of water contamination. AGU Fall Meeting 2019, 9–13 December, San Francisco, CA, USA.	ポスター発表
2020	国際学会	Y. Wakiyama, Y. Igarashi, Y. Onda, D. Samoilov, H. Lisovyi, V. Demianovych, G. Laptev, A. Konoplev, K. Nanba, S. Kirieiev: "Plot-scale wash-off of Cesium-137 and Strontium-90 after three decades since the Chernobyl accident" EGU General Assembly 2020, May 7, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	Y. Igarashi, M. Zheleznyak, H. Lisovyi, Y. Wakiyama, Y. Onda, K. Nanba, A. Konoplev, G. Laptev, V. Damiyanovich, D.Samoilov, and S. Kirieiev: "Catchment scale estimation of current and future water balance in the Chernobyl Exclusion Zone in Ukraine" EGU General Assembly 2020, May 7, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	M. Talerko, I. Kovalets, S. Hirao, M. Zheleznyak, Y. Kyrylenko, T. Lev, V. Bogorad, S. Kireev: "Radionuclide atmospheric transport after the forest fires in the Chernobyl Exclusion zone in 2015–2018: An impact of the source term parameterization and input meteorological data on modeling results" EGU General Assembly 2020, May 4–8, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	M. Sorokin, M. Zheleznyak, S. Kivva, P. Kolomiets, and O. Pylypenko: "High performance computing of waves, currents and contaminants in rivers and coastal areas of seas on multi-processors systems and GPUs" EGU General Assembly 2020, May 4–8, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	O. Pylypenko, M. Zheleznyak, R. Demchenko, S. Kivva, M. Sorokin, and P. Dykyi: "Modelling of Tsunami Inundation in 2011 at the Sites of Three Nuclear Power Plants – Onagawa, Fukushima Daiichi and Fukushima Daiichi" EGU General Assembly 2020, May 4–8, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	D. Trybushnyi, W. Raskob, I. Ievdin, T. Müller, O. Pylypenko, and M. Zheleznyak: "Flexible Java based platform for integration of models and datasets in Earth Systems Science Prediction Systems: methodology and implementation for predicting spreading of radioactive contamination from accidents" EGU General Assembly 2020, May 4–8, 2020 (Online)	口頭発表
2020	国際学会	O. Burdo, D. Vishnevskiy, K. Korepanova, H. Ishiniwa, K. Nanba, A. Lypska. Radioecological research murine Rodents from Chornobyl Nuclear Power Plant Cooling pond's drained bed. ICRP International Conference on Recovery After a Nuclear Accident, 1–4 December, 2020. https://www.icrp-recovery.org/post/o-o-burdo-d-vishnevskiy-k-korepanova-h-ishiniwa-k-nanba-a-i-lypska	ポスター発表
2020	国内学会	Burdo O.O., Lypska A.I. H. Ishiniwa, K. Nanba, D. Vishnevskiy, V. Shityuk, V. Nikolaev, K. Korepanova. Radioecological research of dewatered Chernobyl cooling pond bottom. XXVII annual. Science. conf. INR NASU (Kyiv 2020) P. 290–292.	口頭発表
2020	国内学会	H. Tsukada, J. Takahashi, M. Zheleznyak, I. Chizhevsky, S. Kerieiev, V. Kashparov:「チェルノブイリ原子力発電所から30-km圏内の試験圃場における土壌からバレイシヨへの ¹³⁷ Csおよび ⁹⁰ Srの移行」日本原子力学会秋の大会(2021年9月16–18日、オンライン)	口頭発表
2021	国際学会	Mykola Talerko, Tatiana Lev, Ivan Kovalets, Mark Zheleznyak, Yasunori Igarashi, Serhii Paskevych, Volodymyr Kashpur, Serhii Kireev. Modeling study of the atmospheric transport of radioactivity afterwildland fires and a dust storm in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	口頭発表

2021	国際学会	Gennady Laptev, Oleg Voitsekhovich, Valentyn Protsak, Mark Zheleznyak, Kenji Nanba, Alexei Konoplev, Yasunori Igarashi, Yoshifumi Wakiyama, Roman Bezhenar, Serhii Kivva, Olexander Pylypenko, Maxim Sorokin, Serhii Kireev, Dmytro Veremenko. Temporal changes of mobile forms of ⁹⁰ Sr on Pripjat River floodplain in vicinity of Chornobyl NPP: measurements and risk assessments for river water contamination. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Roman Bezhenar, Mark Zheleznyak, Dmitri Gudkov, Volodymyr Kanivets, Gennady Laptev, Valentyn Protsak, Aya Sakaguchi, Kenji Nanba, Toshihiro Wada, Tsutomu Kanasashi, Sergey Kireev, Dmytro Veremenko, Oleg Nasvit, Shinichiro Uematsu. Model & data based assessment of the impacts of drawdown of the Chornobyl NPP Cooling Pond on the Cs-137 concentrations in water, sediments and biota. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Sergii Kivva, Mark Zheleznyak, Roman Bezhenar, Olexsandr Pylypenko, Maxim Sorokin, Andriy Demydenko, Volodymyr Kanivets, Gennady Laptev, Oleg Votsekhovich, Victoria Boyko, Dmitri Gudkov. Modeling of major environmental risks for the Kyiv city, Ukraine from the Dnieper river waters – inundation of coastal areas and contamination by the radionuclides deposited in bottom sediments after the Chornobyl accident. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Valentyn Protsak, Gennady Laptev, Grygorii Derkach, Kyryllo Korychenskyi, Nadiia Prokopchuk, Kenji Nanba, Yasunori Igarashi, Alexei Konoplev, Serhii Kireev, Jim Smith. Recent developments in the method of radiography for evaluation of the characteristics of Fuel particles in Aquatic bodies in Chornobyl Exclusion zone. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Protsak V., Laptev G., Derkach G., Korychenskyi K., Prokopchuk N., Nanba K., Igarashi Y., Konoplev A., Kireev S., Smith J. Development of the method of radiography for evaluation of the characteristics of fuel particles in aquatic bodies in Chornobyl Exclusion zone. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Laptev G., Protsak V., Voitsekhovich O., Zheleznyak M., Konoplev A., Igarashi Y., Kivva S., Pylypenko O., Sorokin M., Bezhenar R., Kireev S. Temporal changes of mobile forms of Sr-90 at Pripjat River floodplain near Chornobyl NPP: measurements and risk assessments for river water contamination. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Nasvit O., Shevchuk M., Nanba K., Igarashi Y., Zheleznyak M., Kireiev S. "EXPERIENCE OF REMEDIATION OF EVACUATION DESIGNED ZONES OF FUKUSHIMA PREFECTURE BASED ON THE RESULTS OF RADIOECOLOGICAL RESEARCHES AND ITS IMPLEMENTATION FOR CHORNOBYL EXCLUSION ZONE WITHIN JAPANESE –UKRAINIAN PROJECT SATREPS" International Conference on Nuclear Decommissioning and Environmental Recovery (Slavutych, Ukraine/Online)	口頭発表
2022	国際学会	Laptev G., Protsak V., Voitsekhovich O., Zheleznyak M., Konoplev A., Igarashi Y., Kivva S., Pylypenko O., Sorokin M., Bezhenar R., Kireev S. Temporal changes of mobile forms of Sr-90 at Pripjat River floodplain near Chornobyl NPP: measurements and risk assessments for river water contamination. European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2022	国内学会	Hikaru Sato, Naoaki Shibasaki, Dmytro Veremenko. Changes in groundwater level and ⁹⁰ Sr concentration distribution before/after drawdown of Cooling Pond water level near Chernobyl Nuclear Power Plant: MAG39-05, 日本地球惑星科学連合2022年大会 (2022年5月22-27日)	口頭発表
2022	国内学会	Hikaru Sato, Naoaki Shibasaki, Dmytro Veremenko. Changes in groundwater level and ⁹⁰ Sr concentration distribution before/after drawdown of Cooling Pond water level near Chernobyl Nuclear Power Plant: MAG39-05, 日本地球惑星科学連合2022年大会 (2022年5月22-27日)	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 17 件
ポスター発表 19 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
2018	国際学会	Mark Zheleznyak, Oleksiy Boyko, Sergii Kivva, Olexsander Pylypenko, Olexsander Mikhalsky, Jochen Tschiersch, and Kerstin Hürkamp. 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-2018 General Assembly 2018, Vienna, April 2018	口頭発表
2018	国際学会	Yoshifumi WAKIYAMA ¹ , Yuichi ONDA, Valentin GOLOSOV, Alexei KONOPLEV, Yasunori IGARASHI, Tsugiko TAKASE. Radiocesium wash-off associated sediment dynamics in Niida river basin after the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant	口頭発表

2018	国際学会	Yuichi Onda, Gao Xiang, and Keisuke Taniguchi. Exploring the declining trend of the activity concentration of ¹³⁷ Cs of river bottom sediment through particle size correction in Fukushima area. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Yoshifumi Wakiyama, Yuichi Onda, Valentin Golosov, Alexei Konoplev, Yasunori Igarashi, and Tsugiko Takase 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
2018	国際学会	Daisuke Tsumune, Takaki Tsubon, Kazuhiro Misumi, Yutaka Tateda, Yasushi Toyoda, Yuichi Onda, and Michio Aoyama. Impacts of riverine input on distribution of oceanic ¹³⁷ Cs released from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. EGU General Assembly 2018, Vienna, 12 Apr. 2018.	口頭発表
2018	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
2018	国際学会	Yusuke Uchiyama, Kohei Aduma, Toshiaki Iwasaki, Sachika Odani, Yuki Kamidaira, Daisuke Tsumune, Yasuyuki Shimizu, and Yuichi Onda. 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
2018	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
2018	国際学会	Igarashi Y., Zheleznyak M., Overview of the SATREPS Project for the Ukrainian Part of the Chernobyl Exclusion Zone. . International Seminar in the State Department of the Chernobyl Catastrophe of the Ministry of Emergency of Republic Belarus, Minsk, 12 February 2019	口頭発表
2019	国際学会	Nanba K., Onda Y., Sakaguchi A., Zheleznyak M, Hirao S., Igarashi Y., Ishiniwa H., Konoplev A., Rahman I, Shibasaki N., Takahashi J., Tsukada H., Uematsu S., Yoschenko V., Wada T., Wakiyama Y., Yamasaki S. INITIAL PHASE OF PROJECT SATREPS: STRENGTHENING OF ENVIRONMENTAL RADIATION CONTROL AND LEGISLATIVE BASIS FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION OF RADIOACTIVELY CONTAMINATED SITES IN UKRAINE International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery 2019, Slavutych, Ukraine, April 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Shigekazu Hirao. OVERVIEW OF ATMOSPHERIC DISPERSION OF RADIONUCLIDES AFTER THE ACCIDENT AT FUKUSHIMA DAI-ICHI NPP FROM THE PAST AND CURRENT KNOWLEDGE OF MODELING AND MONITORING DATA International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery 2019, Slavutych, Ukraine, April 2019.	口頭発表
2019	国際学会	S. Uematsu, M. Zheleznyak, I.M.M. Rahman, S. Yamasaki, N. Shibasaki, H. Sato, T. Wada, H. Ishiniwa, K. Nanba, A. Sakaguchi. Understanding radioecological parameters of the Chernobyl Cooling Pond during and after the drawdown: Monitoring and analysis results in the SATREPS project IAEA workshop on the Cooling Pond of the Chernobyl Nuclear Power Plant, organised by the International Atomic Energy Agency, Kyiv, Ukraine, July 2019.	口頭発表
2019	国際学会	V. Yoschenko, K. Nanba, Y. Onda, V. Kashparov, D. Holiaka. Radiocesium dynamics in Fukushima and Chernobyl forests Goldschmidt conference 2019, Barcelona, Spain, Aug 2019.	ポスター発表
2021	国際学会	Igarashi et al. Impacts of freeze-thaw processes and subsequent runoff on ¹³⁷ Cs washoff from bareland in Fukushima, European Geoscience Union General Assembly 2021, Vienna, Austria, 26 Apr 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Konoplev A. Fukushima and Chernobyl: similarities and differences in behavior and long-term dynamics of radionuclides in soil-water environment. International Scientific Conference CONTEMPORARY ISSUES OF RADIOBIOLOGY – 2021. Gomel, Belarus, 23 September 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Konoplev A. Fukushima and Chernobyl: similarities and differences in behavior of radionuclides in the environment. V International Conference MODERN PROBLEMS OF GENETICS, RADIOBIOLOGY, RADIOECOLOGY AND EVOLUTION 2021. Erevan, Armenia, 7 October 2021, online	ポスター発表

2021	国際学会	Konoplev A. Radionuclide behavior in contaminated areas: Mayak, Chernobyl, Fukushima. IAEA International Winter School on Radiochemistry. Moscow, Russia, 23 November 2021, online	ポスター発表
2021	国際学会	Konoplev A. Fukushima and Chernobyl: similarities and differences of radiocesium fate and transport in soil-water environment. American Geoscience Union General Assembly 2021, New Orleans, USA, 15 December, online	ポスター発表
2021	国際学会	Igarashi et al. Dynamics and Temperature Dependence of Fukushima-Derived Radiocesium in Abukuma River in 2012–2019. American Geoscience Union General Assembly 2021, New Orleans, USA, 15 December, online	ポスター発表
2021	国内学会	西塚 魁人, 坂口 綾, 笹 公和, 高橋 努, 松村 万寿美, 三浦 勉, 浅井 志保, 和田 彩佳, 高久 雄一, 山崎 信哉, 末木 啓介「水環境中における有機・無機ヨウ素同位体定量の試み」2021/09/01 – 2021/09/15 2021年度日本地球化学会第68回年会	口頭発表
2021	国内学会	椎根 大輔, 坂口 綾, 笹 公和, 松村 万寿美, 高橋 努, 末木 啓介, 山崎 信哉「核分裂生成核種 ¹³⁵ Csの測定法確立に向けた取り組み」2021/09/01 – 2021/09/15 2021年度日本地球化学会第68回年会	口頭発表
2021	国内学会	中島 朗久, 坂口 綾, 早川 優太, 羽場 宏光, 塚田 和明, Karin Hain, Jian Zheng, 瀬古 典明, 保科 宏行, 山崎 信哉, 末木 啓介, 横山 明彦「質量分析による環境中 ²³⁷ Np定量法確立に向けて」2021/09/01 – 2021/09/15 2021年度日本地球化学会第68回年会	口頭発表
2021	国内学会	金指 努、和田敏裕、鈴木紳悟、森高祥太、薄 実咲、難波謙二「溪畔域におけるセシウム ¹³⁷ の沈着量と生葉中濃度との関係」2020/3/19 – 2020/3/23 第132回日本森林学会大会	ポスター発表
2022	国内学会	金指努、和田敏裕、長田健太郎「枯死葉リターから水生昆虫へのセシウム ¹³⁷ の移行」2022/3/27 – 2020/3/29 第133回日本森林学会大会	ポスター発表
2022	国際学会	Igarashi et al. Factors controlling the dissolved ¹³⁷ Cs seasonal fluctuations in the Abukuma River under the influence of the Fukushima Nuclear Power Plant accident, European Geoscience Union General Assembly 2022, Vienna, Austria, 2022, online	ポスター発表

招待講演	0 件
口頭発表	13 件
ポスター発表	12 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
2018	2018/5/31	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
2016	2016/12/25	西日本新聞	チェルノブイリ周辺調査へ 福島大など		1.当課題研究の成果である	仮採択中の成果
2017	2017/3/12	NHKサイエンスZERO	最新報告 チェルノブイリと福島		1.当課題研究の成果である	仮採択中の成果
2017	2017/4/12	NHK NEWS WEB	キエフで共同研究開始式典開催へ		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/11	福島民友	福大、ウクライナで29日会合 共同研究に合わせ		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/19	朝日新聞	チェルノブイリと福島 放射能研究で協力		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	福島民報	チェルノブイリの放射性物質飛散状況 福島大が調査開始		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	福島民友	復興貢献 福島大が調査開始 チェルノブイリ 放射性物質の拡散予測		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	河北新報	チェルノブイリ事故福島大が調査		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	毎日新聞	チェルノブイリの放射性物質移動経路を調査へ		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	岩手日報	チェルノブイリ調査開始 福島大 放射性物質の拡散予測		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	日経新聞	チェルノブイリから復興のヒント 放射性物質の経路調査 福大、ウクライナ政府と		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	長崎新聞	放射性物質の移動調査 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	信濃毎日新聞	チェルノブイリで福島大が環境調査 東北復興に貢献目指す		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/30	中国新聞	チェルノブイリ事故風雨影響調査 福島大の研究所長ら		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/29	共同通信47NEWS	復興目指し放射性物質の調査開始 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/29	東京新聞Web	復興目指し放射性物質の調査開始 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/29	福井新聞Online	復興目指し放射性物質の調査開始 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/29	西日本新聞	復興目指し放射性物質の調査開始 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	

2017	2017/5/29	中日新聞	復興目指し放射性物質の調査開始 福島大、チェルノブイリで		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/5/31	TBS NEWS	福島大学など共同プロジェクト、チェルノブイリ周辺で環境調査		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/7/29	TBS 報道特集	チェルノブイリで今も残る健康被害		1.当課題研究の成果である	
2017	2017/10/1	ららカフェ	福島大学初の附属研究施設「環境放射能研究所」		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2017	2017/10/21	112 Ukraine(ウクライナ)	Будущее Чернобыля. Украинские и японские ученые совместно работают по проекту зонирования зоны отчуждения チェルノブイリの未来 立入禁止区域の再編プロジェクトに共同で取り組む日本とウクライナの研究者たち		1.当課題研究の成果である	
2017	2018/2/22	聖教新聞	災害と文明 福島からの放射能研究	7面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2018	2018/5/12	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。
2018	2018/5/13	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
2018	2018/5/14	NHK福島 ニュースぶくしま845	ウクライナ訪問団 国際シンポ開催		1.当課題研究の成果である	同上
2018	2018/5/15	福島民友	原発事故後の研究成果共有 福島で国際シンポ開幕		1.当課題研究の成果である	同上
2018	2018/5/15	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
2018	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
2018	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	
2019	2019/5/24	福島民友	土中の放射性物質調査 福島大、ウクライナの研究者		3.一部当課題研究の成果が含まれる	5/23に福島大にて開催したシンポジウムの様子が掲載された。
2019	2019/7/5	チェルノブイリ原子力発電所(SEE ChNPP) 公式ウェブサイト	チェルノブイリ原発クーリングポンドの廃止措置に関するIAEAセミナー開催	https://chnpp.gov.ua/en/infocenter/news/5357-conclusions-of-the-cooling-pond-decommissioning-	3.一部当課題研究の成果が含まれる	植松さん参加IAEAワークショップ
2019	2019/7/8	チェルノブイリ原子力発電所(SEE ChNPP) 公式YouTube	チェルノブイリ原発クーリングポンドの廃止措置に関するIAEAセミナー開催	https://www.youtube.com/watch?v=HTrSjKYHnVU	3.一部当課題研究の成果が含まれる	植松さん参加IAEAワークショップ
2019	2019/8/7	チェルノブイリ原子力発電所(SEE ChNPP) 公式YouTube	SATREPSプロジェクト: チェルノブイリ原発クーリングポンドを観測する	https://www.youtube.com/watch?v=m3VtdZQAVbo	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2019	2019/9/13	ChREBR facebook	石庭助教(福島大学)の共同研究紹介	https://www.facebook.com/pg/zapovidnyk2018/posts/?ref=page_internal	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2019	2019/9/20	ウクライナ戦略研究機構HP	研究所の経営陣と福島大学(日本)の代表者の間の会議がNISDで開催されました	https://niss.gov.ua/news/novini-nisd/v-nisd-vidbulasya-zustrich-mizh-kerivnictvom-	その他	ウクライナ戦略研究機構との協定締結についての記事

2019	2019/9/20	SAUEZM HP	SACPの支援により、ウクライナと日本は環境の監視と予測の分野で協力を拡大しています	http://dazv.gov.ua/novini-ta-media/vsi-novyny/za-pidtrimki-dazv-ukrajina-ta-yaponiya-	その他	ウクライナ戦略研究機構との協定締結についての記事
2019	2019/10/3	福島民報	ウクライナに分析装置譲渡		1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/24	NHK NEWS WEB	チェルノブイリ原発事故を学ぶ	https://www3.nhk.or.jp/lnews/kyoto/20191024/2010005015.html	3.一部当課題研究の成果が含まれる	SATREPSの枠組みで招へいしたNasvit氏によるセミナーの紹介
2019	2019/10/31	National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine ホームページ	NUBiP of Ukraine received technical assistance from Japan	https://nubip.edu.ua/en/node/66879	1.当課題研究の成果である	https://nubip.edu.ua/en/node/66512
2019	2019/11/9	Україна (テレビ局名) Сьогодні (Today, 番組名)	チェルノブイリ立入禁止区域:居住可能になるのはどの地域か?	https://www.youtube.com/watch?v=7m_eCfpRSc0&fbclid=IwAR2yJloKm6kFv-V2hY4p4QMX_pzbSJhu	2.主要部分が当課題研究の成果である	ウクライナ全国放送報道番組
2019	2019/11/9	Україна (テレビ局名) Сьогодні (Today, 番組名)	日本の今:福島に戻る人々	https://www.youtube.com/watch?v=jfTDnwFasdg&feature=youtu.be&fbclid=IwAR2HwmZUpi6o1YeL7llmGwQOikD5	2.主要部分が当課題研究の成果である	ウクライナ全国放送報道番組
2019	2019/11/10	福島民友	土壌分析装置引き渡し		1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/16	日経新聞	福島大・筑波大・JST、チェルノブイリ原発周辺の森林火災跡地で放射性物質を含む土砂移動が起きていることを解明	福島大・筑波大・JST、チェルノブイリ原発周辺の森林火災跡地で放射性物質を含む土砂移動が起きていることを解明	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/16	つくばサイエンスニュース	チェルノブイリ原発周辺の森林火災跡地では地表流が起これば放射性物質の拡散防止には土砂流出を抑える必要がある	http://www.tsukuba-sci.com/?p=7489	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/17	電気新聞	放射性物質「森林火災が影響」チェルノ周辺で拡散	2面	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/17	ヨーロッパ経済ニュース	チェルノブイリ原発跡地で放射能が再拡散	https://europe.nna.jp/news/show/1997039	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/20	原子力産業新聞	福島大・筑波大、チェルノブイリ森林火災跡地の「地表流」による放射性物質拡散で研究成果	https://www.jaif.or.jp/journal/japan/1682.html	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/22	大学ジャーナルONLINE	チェルノブイリ原発周辺、地表流で放射性物質が再拡散	https://univ-journal.jp/30131/	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/1/22	日本原子力産業協会ウェブサイト	福島大・筑波大、チェルノブイリ森林火災跡地の「地表流」による放射性物質拡散で研究成果	https://www.jaif.or.jp/200122-1	1.当課題研究の成果である	
2019	2020/2/21	科学新聞	チェルノブイリ原発周辺 森林火災跡地の地表流で放射性物質の再拡散発生		2.当課題研究の成果である	
2019	2020/2/25	ウクレインフォルム通信	2021年からチェルノブイリ立入禁止区域の一部を農場として活用する予定	https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2884107-dazv-planue-z-2021-roku-povernenna-	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	2020/4/24	福島民友	ウクライナ火災 県内へ影響なし	19面	1.当課題研究の成果である	プレス発表
2020	2020/7/2	福島民友	長期の濃度予測可能に ストロンチウム90福島大助教ら	2面	1.当課題研究の成果である	プレス発表
2020	2020/7/6	日本経済新聞	河川の放射性物質濃度、高精度で再現 福島大など解析モデル	https://www.nikkei.com/article/DGXMZ061192800W0A700C2L01000/	1.当課題研究の成果である	プレス発表
2020	2020/9/21	SAUEZM facebook	チェルノブイリ冷却貯水池で水中生物調査を実施	https://www.facebook.com/dazv.gov.ua/posts/3860318323998257	2.主要部分が当課題研究の成果である	

2020	2020/9/22	キエフ地方情報サイト「My Kiev region」	チェルノブイリで研究者が貯水池の生物を研究	https://mykyivregion.com.ua/news/u-cornobili-naukovci-provodyat-	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020/9/28	ChREBR facebook	冷却貯水池：研究は継続中	https://www.facebook.com/zapovidnyk2018/posts/7644897841081	1.当課題研究の成果である	供与機材（顕微鏡）使用の様子
2020	2020/9/30	SAUEZM facebook	国際プロジェクトSATREPSの枠組みの下、立入禁止区域にて極小哺乳類の研究が行われる。	https://www.facebook.com/dazv.gov.ua/	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2020/10/16	ChREBR facebook	ウ日共同研究プロジェクトSATREPSの下での研究活動	https://www.facebook.com/zapovidnyk2018	1.当課題研究の成果である	
2020	2020/10/28	福島民報	放射性セシウム蓄積量 針葉樹林で最大70%減	2面	2.主要部分が当課題研究の成果である	プレス発表
2020	2020/10/28	福島民友	県内環境回復大幅に速く	1面	2.主要部分が当課題研究の成果である	プレス発表
2020	2020/12/1	Isotope News [No.772]2020年12月号	チェルノブイリと森林火災一地表面における放射性物質の再拡散の視点から	https://www.jrias.or.jp/pdf/2012_TRACER_IGA_RASHI_HOKA.pdf	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/4	福島民友	水の濁りセシウム減少左右 帰還困難区域ため池分析	2面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	プレス発表
2020	2021/2/4	福島民報	セシウム濃度変化を解明	17面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	プレス発表
2020	2021/3/11	SAUEZM HP	SATREPSの下で、チェルノブイリと福島は協力して世界的規模の課題への回答を見つけます	http://dazv.gov.ua/novini-ta-media/vsi-novyny/u-ramkakh-programi-satreps-chornobil-ta-	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/3/11	TSN HP (ウクライナ報道機関)	ウクライナ駐日大使インタビュー	https://tsn.ua/exclusive/na-fukusimi-vse-znachno-krasche-	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2021/3/11	Radio Svoboda HP (ウクライナラジオ局)	チェルノブイリ-福島：2011年にウクライナ人が日本人を助けた経緯	https://www.radiosvoboda.org/a/chornobyl-j-fukusima-jak-ukrajinci-priyishly-na-dopomogu-	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2021/3/14	Strana.ua (ウクライナニュースサイト)	チェルノブイリ放射生態学的生態圏自然保護区のFB記事を引用して、日ウの知見交流の一つとしてSATREPSチェルノブイリプロジェクトについて言及	https://strana.ua/news/322697-foto-avarii-na-aes-fukusima-kotoroj-ispolnilos-10-let.html	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/7/19	ChREBR facebook	JCC開催	https://www.facebook.com/zapovidnyk2018/	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/7/20	キエフ地方情報サイト「My Kiev region」	チェルノブイリでは、科学者がネズミのげっ歯類の放射線生物学的研究を3年間実施しました	https://mykyivregion.com.ua/news/u-cornobili-tri-roki-provodili-radiobiologichni-	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/8/26	国立大学附属研究所・センター会議HP	歴史に残る原発事故、その記録を精緻に—— 世界に、そして後世に伝える	http://shochou-kaigi.org/interview/interview_96/	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2021/9/9	福島民報	森林重量の調査法開発	3面	2.主要部分が当課題研究の成果である	プレス発表
2021	2021/9/9	福島民友	樹木数ドローンで推定	3面	2.主要部分が当課題研究の成果である	プレス発表
2021	2021/12/12	読売新聞(朝刊)	福島原発事故 11年目の報告…放射性物質 森林に滞留	https://www.yomiuri.co.jp/science/20211211-QYT8T50058/	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2022/2/1	JST news	深刻な原発事故を乗り越えて再びその土地で暮らすために	P.3-7	1.当課題研究の成果である	
2022	2022/4/15	朝日新聞	福大研究者ら、チャリティー写真展	19面	1.当課題研究の成果である	
2022	2022/4/16	福島民報	ウクライナ支援へ写真展	19面		
2022	2022/4/16	福島民友	福島大研究所長が写真展	20面		

2022	2022/4/16	読売新聞	ウクライナ 写真で触れて	24面		
2022	2022/4/18	朝日新聞	ウクライナへ 写真で語る思い	21面		
2022	2022/5/17	NHK はまなかあいづ	チョルノービリ・福島大共同研究 施設被害			
2022	2022/6/8	NHK BS 国際報道	福島とウクライナの“共有研究” がロシア軍の被害に			
2022	2022/6/23	福島中央テレビ ゴジてれChu! (日本テレビ every.)	チョルノービリ原発の今 福島大 の研究施設にも爪痕が			

85 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
2017	2017/5/29	キックオフミーティング	ウクライナ	53 (26)	公開	ウクライナ環境大臣、在ウクライナ日本大使のほか、チェルノブイリ立入禁止区域庁長官JICA/JST代表、ウクライナ科学アカデミー代表、等関係者スピーチの後、研究者で全体会議および分科会を開催し、研究計画の具体的課題を議論した。
2018	2018/5/14-15	「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
2018	2018/10/1	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 Dniro River)、参加:14人
2018	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 "
2019	2019/5/20	SATREPSセミナー (筑波大学)	日本	30 (3)	公開	Prof. Valery Kashparov "Spatial dataset of radionuclides in soils, fuel particles and dose in the Chernobyl Exclusion Zone" Mr. Volodymyr Demianovych "Monitoring data of Radionuclides in river water in and around the Chernobyl Exclusion Zone"
2019	2019/5/23	SATREPSシンポジウム	日本	3	公開	塚田祥文教授"General Introduction of IER and Research Activities on Agricultural Issues." 脇山義史講師"Hydrological Studies of Rivers in Fukushima" ヴァシルヨシェンコ特任教授"Forest Studies in Fukushima" Dr. Volodymyr Demianovych"River Studies in ChEZ" Dr. Valerii Kashparov"Researches of Radionuclides in Soil in ChEZ" 参加延べ:43名
2019	2019/10/17	IER特別セミナー	日本	30 (1)	公開	SAUEZM前副長官Oleg Nasvit氏による講演
2019	2019/10/23	Nasvit氏を囲むチェルノブイリセミナー	日本	15 (1)	公開	SAUEZM前副長官Oleg Nasvit氏による講演

8 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
2018	2018/7/13	Progress report, Work Plan, Member	日本側4名 ウクライナ側14名	野生哺乳類研究についての研究メンバーの変更等について審議し、了承された。また、これまでの成果報告ならびに今後のウクライナー日本間の協力研究計画について協議した。
2019	2019/6/14	Progress Report	日本側5名 ウクライナ側25名	これまでの成果報告ならびに今後のウクライナー日本間の協力研究計画について協議した。
2020	2020/4/30	Progress Report, コロナ禍での活動について等	日本側9名 ウクライナ側13名	これまでの成果報告ならびにコロナ禍でのウクライナー日本間の協力研究計画について協議した。
2021	2021/7/15	Progress report等	日本側18名 ウクライナ側18名	これまでの成果報告ならびに今後のコロナ禍でのウクライナー日本間の協力研究計画について協議した。

4 件

成果目標シート

全課題80%に変更

研究課題名	チヨルノービ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6月1日～令和5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)

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) 福島県の避難区域、(2) 福島県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

チヨルノービ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

付随的成果

日本政府、社 会、産業への 貢献	・福島原発事故後の汚染地域での将来予測 ・福島原発事故後の汚染地域の環境管理の効率化 ・福島県の現状に関する情報発信による負のイメージの 払しょく
科学技術の発 展	・原子力災害への防護策の高度化 ・原子力災害後の放射性核種の長期動態の解明
知財の獲得、 国際標準化の 推進、生物資 源へのアクセ ス等	・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 ・ChEZの状況を反映した広域予測のモデル構築
世界で活躍で きる日本人材 の育成	・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)
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)	・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 ・レビュー付雑誌への論文掲載

各モニタリングモデリングに基づく、放射能リスク評価および環境回復手法評価を行い、
放射線防護に関する提言書を提出

モデル・シミュ
レーションパラ
メータの決定、
モデリング・シ
ミュレーションと
その改善

ChEZにおける
放射性核種の
長期的挙動の
解明と将来予
測
(約30年)

モデルによる
放射性核種の
広域的移動

環境モニタリング
結果に基づく
広域的放射能リ
スクアセスメント
および将来予測

モニタリング
データ蓄積と
現状把握

土壌、河川の継
続的モニタリン
グ、モデリングと
その改善
森林生態系にお
ける放射性物質
の把握による森
林火災時の潜在
的影響評価

大気を介した
放射性物質の
移行に関する
モデリングと
その改善

放射線防護の視
点で、環境モニ
タリングの効率評
価

観測事象決
定、試料採
取・分析・観
測方法確立

土壌、湖沼、
森林、水辺モ
ニタリングシ
ステム導入・観
測開始

ChEZ内および
都市域の大気環
境モニタリングシ
ステムの導入・観
測の開始

ウクライナ政府
関係者による
被災地の視
察・情報共有
および人的
ネットワーク
の構築

Cooling pondでの
放射性核種挙動解明

ChEZにおける
放射性核種動態解明

広域的
移行評価

環境回復等
に関する提言

