

農研機構の農業農村工学分野を中心とした原発事故対応研究

Research Process after Nuclear Power Plant Accident
in the Rural Engineering Field of NARO

久保田 富次郎*

(KUBOTA Tomijiro)

申 文 浩**

(SHIN Moono)

宮 津 進***

(MIYAZU Susumu)

錦 織 達 啓****

(NISHIKIORI Tatsuhiko)

I. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下、「原発事故」という）に伴う放射性物質汚染の発生から9年が経過しようとしている。2011年産の玄米中の放射性Cs濃度が暫定規制値の500 Bq/kgを超過し、2012年に作付制限区域となった福島市大波地区では、2013年に稲の作付制限が解除された後、徐々に営農の再開が進んで現在では震災前とあまり変わらない水田風景が広がっている。このように原発事故の影響により営農ができなくなった地域においても、作付制限解除の時期や住民の帰還状況等により程度に差はあるものの、多くの地域で徐々に営農再開が進んでいくものと思われる。

これまで、農研機構では原発事故に関連して、事故直後の緊急的な対応から営農再開に向けた研究まで、福島県や他の研究機関、大学、行政機関等との連携を含めて数多くの研究に携わってきた。本報では、原発事故対応に関連した農研機構の農業農村工学分野が関わったプロジェクト研究（表-1）を中心として、事故

後約9年にわたる営農再開に向けた研究の過程について紹介する。なお、本報では、省庁等による委託プロジェクト研究を単に「プロ研」と略す。

II. 原発事故の発生から除染技術の開発へ

原発事故による放射性物質の大気への放出と拡散の後、農地や農産物への汚染が懸念されたことから、厚生労働省では2011年3月17日に玄米などの穀類中に含まれる放射性Csの暫定規制値を500 Bq/kg⁶⁾と定め、また、原子力災害対策本部では4月8日に稲の作付制限についての考え方を公表⁷⁾した。その際、既往の知見から放射性Csの玄米への移行係数は最大0.1とされ、それにより土壌中の放射性Cs濃度が5,000 Bq/kg以下であれば、暫定規制値超えは発生しないとの判断から、2011年は作付制限区域（図-1）の外において水稻作付けが行われた。

一方、土壌中の放射性Cs濃度が5,000 Bq/kgを超える農地では除染が必要となり、その技術開発は、2011年6月から科学技術戦略推進費¹⁾により始められた。この農地除染の研究は、農研機構、産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、福島県農業総合セ

表-1 農研機構の農業農村工学分野が関わった原発事故対応にかかる主なプロジェクト研究

主なプロジェクト研究		研究内容と対象		年度										主な対象地域
				H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R元	R2	
名称	省庁	農業農村工学分野	その他	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
科学技術戦略推進費 ¹⁾	内閣府等	農地除染	環境影響											飯館, 川俣
プロ研 1 ²⁾	農林水産	農地除染	森林除染											飯館, 川俣
プロ研 2 ³⁾	農林水産	農地除染, 計測技術	化学除染											飯館, 川俣 ほか
プロ研 3 ⁴⁾ (通称: 原研委託プロ)	文部科学 ・環境	ダム, ため池, 水路	モデル予測, 地理情報											福島, 伊達, 浪江
プロ研 4 ⁵⁾ (通称: 動態説明プロ)	農林水産	モニタリング技術, ため池, 水田, 水路	モニタリング, 土壌, モデル											飯館ほか
プロ研 5 (通称: 営農再開プロ)	農林水産	ため池, 用水	除染後農地の省力管理, 吸収抑制メカニズム											飯館, 大熊 ほか
プロ研 6 (通称: 営農促進プロ)	農林水産	用水からのカリ供給, 圃場からのカリ溶脱	地力回復, カリ卒, 営農再開支援											大熊, 浪江, 福島ほか

*農研機構農村工学研究部門, **福島大学食農学類

***新潟大学自然科学系

****農研機構東北農業研究センター



東日本大震災, 原発事故, 放射性物質汚染, 放射性セシウム, プロジェクト研究, 営農再開

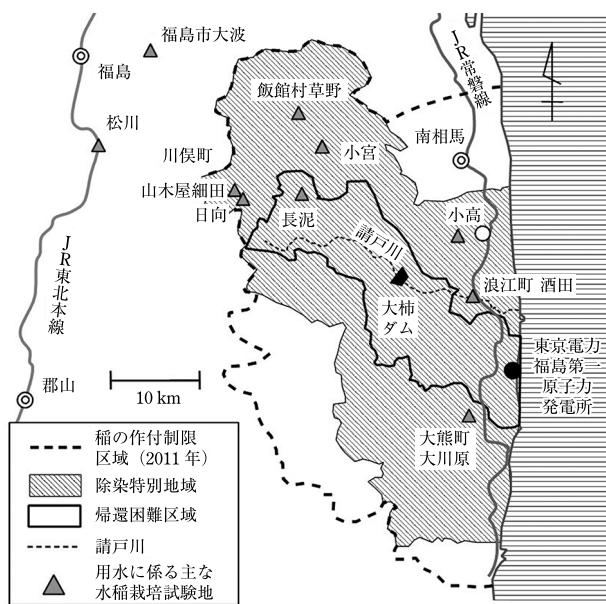


図-1 関連地図

ンターなど、7 独立行政法人、11 大学、6 県の農業試験場、1 財団法人、3 民間企業が参画する大型研究であった。除染技術として、表土削取りや反転耕などの物理的手法や生物学的手法であるファイトレメディエーション、そして土壌洗浄などの化学的手法が検討された。また、農地除染技術の確立を図るため 2011 年度 3 次補正予算により農林水産省のプロ研 1²⁾ が 2012 年にかけて、さらに 2012 年から 2014 年にかけてプロ研 2³⁾ が実施された。この一連の研究から多くの成果が得られ、たとえば、中ら⁸⁾は、固化剤を用いた表土削取りにより土壌の放射性 Cs 濃度 (0~15 cm, 乾土) が 82% 低減することを示し、また、今泉ら⁹⁾は耕起した水田を対象とした除染に水を用いた土壌攪拌・除去工法を検討し、15~40% 程度の低減率を得ている。これらは、その後、農林水産省により実施された実証事業等の結果と併せて農林水産省による農地除染対策の技術書¹⁰⁾や環境省の除染関係ガイドライン¹¹⁾に反映された。以上の成果は、国直轄除染として除染特別地域 (図-1) における農地除染で実践に移され、その後 2017 年 3 月までに帰還困難区域を除くすべての市町村において面的除染が完了した。さらに、2017 年度からは帰還困難区域内の一部に設定された特定復興再生拠点区域において面的除染が進められている。

III. 農業水利施設における放射性 Cs の動態解明

農地除染と平行して農地や農村、森林、流域等における放射性物質の動態の実態把握や将来予測などの必要性から、2012 年から 2013 年にかけて他省庁からの

委託によるプロ研 3⁴⁾、そして 2013 年から 2014 年にかけてプロ研 4⁵⁾が実施された。農業農村工学の関連では、これらのプロ研においてダム⁴⁾やため池、用水路といった水利施設に加えて水田における放射性 Cs の動態把握が課題となった。続いて 2015 年から 2017 年にかけてプロ研 5 (研究課題名: 営農再開のための放射性物質対策技術の開発) が実施された。プロ研 5 では、①除染後農地の省力的維持管理技術の開発、②農地への放射性 Cs 流入防止技術の開発、③放射性 Cs 吸収抑制メカニズムの解明、の 3 本の柱で構成され、このうち農業農村工学分野では、プロ研 4 に引き続いて、ため池や水田などを対象とした調査研究に参画した。これら一連のプロ研により濁度センサーを用いて河川や用水路の水中の放射性 Cs 濃度の推定を行う安価な遠隔モニタリングシステムを構築し¹²⁾、得られた水質水文の情報を行政機関や土地改良区と情報共有を図る試み¹³⁾を行った。開発されたシステムは 2017 年度より農業用水の供給が再開された大楯ダムの請戸左岸幹線用水路と支線用水路に設置し、県や土地改良区の協力を得て試行した。

一方、大楯ダムやため池等の水利施設の対策については、放射性物質の蓄積や水利用への懸念などから行政を中心に早くから検討が進められていたため、プロ研では放射性物質の動態を研究面で詳細に把握する観点からの取組みを重視した。そのため、プロ研 5 では、帰還困難区域内の一つのため池を共通フィールドとして、農研機構農村工学研究部門および農業環境変動研究センター、森林総合研究所 (現 森林研究・整備機構)、福島大学の 4 機関で分担連携した調査を実施した。この研究では、森林からの流入特性や経年変化、ため池における放射性 Cs の収支とため池内での形態変化、水中の懸濁物質の存在形態別分析、底質の鉱物特性ならびに数値モデルの構築が検討された。これらの研究から、たとえば、ため池の底質からの溶存態放射性 Cs の溶出が水温に強く依存していること、また、ため池の水位管理が溶存態放射性 Cs の濃度に影響すること¹⁴⁾などが明らかとなった。

IV. 水稲作における用水の安全性に関する実証研究と営農再開への動き

水田における放射性 Cs の動態研究に関しては、科学的に放射性 Cs の動態を明らかにするという本来の目的とは別に、農業者に自信を持って水稲栽培の再開に望んでもらえるよう、研究者が営農再開を待ち望む農家とともに栽培試験を行って、吸収抑制対策の効果や用水を通じた放射性 Cs の流入の影響が少ないことを確認するという役割を担っている。実際に現地の水

を使って稲を栽培して本当に大丈夫だということを実証し、農業者に実感していただくことが非常に重要であると考えている。なお、水稲作における放射性 Cs 対策は、確実に吸収抑制効果が見込まれ 2012 年から本格的に進められたカリ施用¹⁵⁾が基本となっており、以降で紹介する用水試験ではほとんどが農地除染とともにカリ増肥を行う条件で実施されたものである。

2012 年から 2013 年にかけて、冒頭で触れた未除染の福島市大波地区において、また 2013 年には川俣町山木屋の日向および細田地区、飯舘村草野、小宮、長泥の合計 5 地区の除染水田において水稲試験栽培と併せて放射性 Cs の動態や用水の水質が調べられた。このうち長泥地区は帰還困難区域内に立地し、かつ用水源としてため池が利用されていたため水稲への影響が懸念されたが、調査の結果、すべての地区において灌漑水を通じて水田に流入する放射性 Cs の量は限られており、原発事故の際に沈着し土壌内に存在する放射性 Cs の量と比べても十分に小さく、かつ玄米への影響も小さいことが明らかになった¹⁶⁾。続く 2014 年には飯舘村草野と小宮および川俣町山木屋の 2 地区において試験が行われ、2013 年と同様に灌漑水からの放射性 Cs の流入が少ないことが確認された¹⁷⁾。

さらに、2014 年には原発からの直線距離が約 10 km と近く、当時居住制限区域に指定されていた浪江町酒田地区の除染水田において、放射性物質汚染の影響がより小さいと考えられる地下水を用いた水稲の試験栽培が実施された。酒田地区は請戸川下流に位置するが、請戸川の集水域は、福島第一原発から北西方向に帯状に延びる放射性 Cs が濃く沈着した範囲とおおむね重なることから、原発被災地の中でも水利用の可否への関心が高い地域であった。そのため、筆者らは請戸川の水を用いた水稲栽培試験により用水の影響が無視し得ることを明らかにできれば、被災地全般において水稲作への用水の懸念を払拭できるものと考えていた。加えて請戸川上流には、双葉町から浪江町、南相馬市小高地区にわたる約 3,500 ha の水田の重要な用水源である大柿ダムがあり、その意味からも酒田地区の試験は重要であった。

2014 年に実施された地下水を利用した試験栽培で問題が見られなかったことから、翌 2015 年にはプロ研 5 の一環として酒田地区の除染水田において、請戸川の水を用いた水稲の試験栽培が実施された。震災後の酒田地区では用水を取り入れる荊宿頭首工や用水路が使用できない状態にあったので、2015 年の栽培試験では請戸川から直接ポンプでくみ上げて用水を供給した。この試験は 2016 年以降、内容を少しずつ変えながら東北農政局の事業の一環として、農研機構と新

潟大学ならびに民間企業との共同研究として継続されている。なお、2018 年まではポンプによる河川水の直接利用であったが 2019 年には頭首工の復旧により本来の用水系統を利用した試験栽培が実施された。

請戸川の水を利用した試験からこれまでに、①カリ増肥による吸収抑制対策を行う限り玄米の放射性 Cs 濃度は食品基準値との比較で十分に小さい、②水田の水口付近で玄米の単位面積当たりの Cs 移行量が有意に高いことから用水を通じて流入する放射性 Cs の移行の影響が示唆される¹⁸⁾ ことなどが分かってきた。酒田地区を含む浪江町の避難指示解除準備区域と居住制限区域では、2017 年 3 月末に避難指示が解除となり、併せて用水の復旧が進むなど条件が整ってきており、今後の営農再開の進展が期待される。

V. 最近の取組みと今後の課題

現在、プロ研 5 のあとを受け 2018 年から 3 カ年の計画でプロ研 6 (研究課題名：原発事故からの復興のための放射性物質対策に関する実証研究) が実施されており、原発事故からの復興のための実証研究に取り組んでいる。プロ研 6 では、①除染後の農地における生産力の回復・向上、②Cs 吸収抑制対策等に係る適正なカリ水準の設定、③農地の省力的な維持管理に対応する技術開発、を柱に研究が進められており、この中で、農業農村工学分野では、②に関連して用水からのカリ供給量の定量化と水田圃場内でのカリ溶脱量の低減に向けた研究に取り組んでいる。これは、カリ増肥による吸収抑制対策からの卒業、いわゆる「カリ卒」が大きな課題となっているためである。福島県において 2015 年度以降玄米の基準値超えが見られないのは、主に吸収抑制対策としてのカリ増肥の効果であるが、一方で実施にはコストを要する。今のところ経費は賠償により賄われているが、将来的にカリ増肥に依存しない技術の確立が求められていることが背景にある。

また、プロ研 6 では、原発立地自治体の一つである大熊町大川原地区においても水稲栽培試験が実施されている。今後は、現在除染が進められている特定復興再生拠点区域における試験栽培の実施や営農再開も^そじょう上に載ることが予想される。

原発被災地において、被害の程度が大きい地域ほど、帰還や営農再開に長い時間を要することは容易に想像される。営農は人の営みの一部であり、被災地から一度離れ新しい土地に根を下ろした営みを再び元の場所へ移すことは容易ではない。それゆえ、低い帰還率や営農再開の遅れを必要以上に憂慮することなく、少し長い目で見ることが望まれる。今後は、これまでのマイナスをゼロに戻すことを主眼とした原発事故対応

研究に加え、土地に付加価値をつけ新しい人をも引きつける魅力ある地域にしていくことも課題となろう。

謝辞 原発被災地において円滑に試験研究を実施するに当たっては、農研機構の業務科・支援チームならびに企画・管理部等の各員によるサポートが非常に大きい。また、関係する国、県、市町村の関係者、土地改良区、農家、共同研究機関、民間企業の協力、理解、支援に深く感謝する。

引用文献

- 1) 総合科学技術会議：平成23年度科学技術戦略推進費「重要政策課題への機動的対応の推進及び総合科学技術会議における政策立案のための調査」によるプロジェクトに係る実施方針，https://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h23kidou_housya.pdf (参照2019年9月17日)
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局：農地・森林等の放射性物質の除去・低減技術の開発，プロジェクト研究成果シリーズ525 (2014)，<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039017317> (参照2019年9月17日)
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局：農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発—高濃度汚染地域における農地土壌除染技術体系の確立—，プロジェクト研究成果シリーズ551 (2016)，<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039017846> (参照2019年9月17日)
- 4) 日本原子力研究開発機構：平成26年度東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発事業成果報告書，pp.144~168 (2015)，<https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/560/list-1.html> (参照2019年9月19日)
- 5) 農林水産省農林水産技術会議事務局：農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発—農地土壌における放射性Cs動態予測技術および拡散防止技術の開発—，プロジェクト研究成果シリーズ553 (2016)，<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039017848> (参照2019年9月17日)
- 6) 高橋知之：食品中の放射性核種濃度基準値の設定，食品衛生学雑誌54(2)，pp.97~101 (2013)
- 7) 原子力災害対策本部：稲の作付に関する考え方 (2011)，http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/ine_sakutuke.html (参照2019年10月10日)
- 8) 中 達雄ほか：農地の物理的除染対策技術の開発，水土の知80(7)，pp.19~22 (2012)
- 9) 今泉眞之ほか：耕起した放射能汚染水田を除染するための濁水回収システムを組み込んだ水による土壌攪拌工法の開発，農業農村工学会論文集286，pp.37~49 (2013)
- 10) 農林水産省：「農地除染対策の技術書」について (2013)，<http://www.maff.go.jp/j/nousin/seko/josen/> (参照2019年9月17日)
- 11) 環境省：除染関係ガイドライン 第2版 (2013)，<http://www.env.go.jp/press/files/jp/22255.pdf> (参照

2019年9月17日)

- 12) 申 文浩ほか：農業用水の放射性Csのリアルタイム予測と水管理への展開，水土の知83(1)，pp.35~38 (2015)
- 13) 申 文浩ほか：被災地の農業用水の安全・安心へ向けたICT活用の取組み，水土の知86(4)，pp.7~10 (2018)
- 14) 久保田富次郎ほか：現地観測からわかったため池における特徴的な溶存態放射性Csの動態，平成29年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.424~425 (2017)
- 15) 福島県農林水産部：水稻の放射性セシウム対策としてのカリ施用，農業技術情報24 (2012)，<https://www.pref.fukushima.lg.jp/download/1/ganba24H240410.pdf> (参照2019年9月17日)
- 16) Shin, M. et al.: Dynamic analysis of radioactive cesium in decontaminated paddy fields, Journal of Water and Environment Technology 13(5)，pp.383~394 (2015)
- 17) Shin, M. et al.: Behavior of radiocesium in decontaminated paddy fields in Fukushima Prefecture, Japan, Paddy and Water Environment 17(4)，pp.703~714 (2019)
- 18) 宮津 進ほか：農業用水を介して新規流入した放射性セシウムの水田圃場内動態，平成29年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.472~473 (2017)

[2019.12.24,受理]

久保田富次郎 (正会員)



略 歴
1964年 神奈川県に生まれる
1991年 東京農工大学大学院修士
農林水産省九州農業試験場，農業工学研究所，農研機構九州沖縄農業研究センターを経て，農研機構農村工学研究部門現在に至る

申 文浩 (正会員)



1976年 韓国ソウル市に生まれる
2003年 建国大学農工学科卒業
2012年 筑波大学大学院生命環境科学研究科博士後期課程修了
2013年 農研機構東北農業研究センター
2018年 福島大学農学系教育研究組織設置準備室を経て，同食農学類現在に至る

宮津 進 (正会員)



1986年 静岡県に生まれる
2014年 新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了
産業技術総合研究所
2015年 農研機構農村工学研究部門
2019年 新潟大学自然科学系 (農学部)現在に至る

錦織 達啓 (正会員)



1983年 茨城県に生まれる
2012年 茨城大学大学院理工学研究科博士後期課程修了
国立環境研究所
2015年 福島県
2018年 農研機構東北農業研究センター現在に至る