

東日本大震災で被災した農地の修復技術の高度化に関する調査研究

(財)全日本地域研究交流協会 総括主任研究員 中崎 正好

東日本大震災は、巨大地震と共に、巨大津波が発生し、東日本沿岸に想像を絶する甚大な被害をもたらした。この震災から復興を目指して、国と自治体、民間の各機関が連携して、当該地域の生活基盤、産業基盤、などインフラの修復が鋭意行われている。

また、福島県では、地震・津波の被害と同時に、原子力発電所の冷却機能が損なわれ、過酷事故が発生し、そのため放射性物質が広範囲に飛散し、事故から2年半が経った現在も、多くの住民が避難生活を余儀なくされている状況にある。

この様な大震災からの復興に向けては、被災地域が1次産業に特長のある地域が多く、1次産業の基盤（インフラ）修復と再整備が大きな課題となっている。

特に、東日本の沿岸地域は、津波により田畑が塩害を受けた状態にあり、地域の市町村では、この塩害への対策として、田畑の修復に向けた取組みが重要な基盤整備となっている。

塩害のメカニズムについては、浸透圧の問題、ナトリウムイオンによる生理障害、ナトリウムイオンによる土壌への影響が考えられる。また、除塩としては、堆積した汚泥を撤去することや、田畑を耕し、土地改良材を導入して、真水を浸して塩分を洗浄するなどの対策が検討実施されつつある。

更に、福島県では、飛散した放射性物質の除染という問題が、住民生活の場、1次産業の基盤である田畑の修復対応として、重く押し掛かっている。現在、復興庁を中心として実施している除染方法は、表土を3～10cm程度削ることで、約9割の放射性セシウム濃度が低減すると想定されている。このことは、放射性物質は地表面近くに滞留しており、表土削り取りは有効であると判断されるが、一方で、広大な面積を削り取った表土の管理保管が問題となっている。

公益財団法人全日本地域研究交流協会（以下、JAREC という）では、これまで『大学等における産学官連携活動事例に関する調査』（H20 文部科学省委託調査）や『イノベーションの加速に向けた統合型情報基盤の形成に関する調査研究』（H21 新技術渡辺記念会調査）、『地域のイノベーションに向けて公設試験研究機関の果たす役割に関する調査（H22 文部科学省委託調査）』等を通して、産学官連携によるプロジェクトの企画と推進マネジメントについて、効果的な方策を模索してきた。

この様な背景を踏まえて、本調査研究では、東日本大震災からの自治体の復興計画の施策展開の加速に向けて、これまでの政府や自治体における1次産業のインフラとしての田畑の修復活動に関する現状（実態）を既存データから纏めた。

調査の結果を以下に纏めた。

（1）農業インフラ復興に向けた土壌除染の現状

復興庁を中心とする国が主体となっている除染活動を纏めると以下のとおりである。

ここで提示されている方法は、主に除染に関する実証試験に関するものであり、汚染表面のはぎ取り方法、土壌の反転、はぎ取った土壌の洗浄などの処理による減容化、被爆を低減する方策など、現場での処理方策、装置改造などが計画された。その結果、空間線量の減少率、Ce濃度の減少率の違いが確認された。¹

¹ http://www.aesj.or.jp/information/fmpp201103/chousacom/cu/catalog_ver1.0_20111024.pdf

No	対象	方法	特徴	低減率(方法が複数の際 は代表値)	実施代表者の所属	名称	備考
1	土壌	分級	湿式分級 攪りもみ洗浄(湿式) 選別機による自動化	Cs濃度 85~90%	清水建設株式会社	選別機の最適化および選別機選定 の自動化を特徴とする土壌洗浄技 術の実証	平成23年度除染技術実証事業
2	土壌	分級	湿気ジェットポンプ 螺旋式分級装置(湿式)	空間線量率 5%~50%	前澤建設株式会社	可搬式吸引洗浄機と螺旋式分級・選 別・脱水装置による洗浄水クローズ ドシステム	平成23年度除染技術実証事業
3	土壌	分級	湿気ポンプ 篩式分級(湿式)	Cs濃度 50%以下~92% (土壌の成分により変化)	財団法人 原子力研究バックエンド推 進センター	低線量汚染された土壌の放射性物 質濃量化	平成23年度除染技術実証事業
4	土壌	分級	篩式分級(乾式) 表面研磨(乾式)	Cs濃度 38%~88%	富士古河E&C株式会社	乾式分級と表面研磨を組み合わせた 土壌洗浄処理技術による放射能汚 染土壌の低減化	平成23年度除染技術実証事業
5	土壌	表土剥ぎ	表土剥ぎ取り 光ファイバーによる面的な線量測定	空間線量率 53%~75%	株式会社H1	線量測定による表土剥ぎ取り量の最 小化および剥ぎ取り作業の効率化	平成23年度除染技術実証事業
6	土壌	表土剥ぎ	法面の無人高所掘削機械	(詳細前)	株式会社深沢工務所	無人高所掘削機械を用いた法面表 土剥ぎ取りの迅速化及び安全性の 向上	平成24年度除染技術実証事業
7	土壌	除染処理	反応促進剤 回転研により昇華しCs分	Cs濃度 98%	太平洋セメント株式会社	回転加熱によるセシウム昇華技術	平成23年度除染技術実証事業
8	土壌	分級	特殊ポンプと篩機による小型分級シ ステム	Cs濃度 97~98%	ロート製薬株式会社	低線量汚染された土壌の放射性物 質濃量化	平成23年度除染技術実証事業
9	土壌	分級	植物混合土壌の処理	Cs濃度 64~94.4%	株式会社竹中工務店	植物が混入した放射性セシウム汚染 土壌の多段階土壌洗浄処理	平成23年度除染技術実証事業
10	土壌	分級	摩砕洗浄機	Cs濃度 62~96.6%	株式会社熊谷組	特殊洗浄機による放射能汚染土壌 の低減化および一時保管方法に関 する実証証	平成23年度除染技術実証事業
11	土壌	分級	分級後、700℃で加熱	Cs濃度 60~77%	株式会社日立プラントテクノ ロム	土壌分級及び熱処理による汚染土 壌低減化システムと汚染水処理シ ステムの実証	平成23年度除染技術実証事業
12	土壌	分級	摩砕洗浄機、キャビテーション洗浄	Cs濃度 74.7~91.5%	株式会社溝池組	湿式分級と表面研磨を付加した土壌 洗浄処理技術による放射能汚染土 壌の低減化	平成23年度除染技術実証事業
13	土壌	分級	高圧ジェット水流、マイクロバル洗 浄・分級	Cs濃度 76~87%	佐藤工業株式会社	高性能洗浄装置を用いた汚染土壌 の除染および低減化技術	平成23年度除染技術実証事業
14	土壌	化学処理	シュウ酸によるCs溶解	Cs濃度 93%	株式会社東芝	汚染土壌からのセシウム回収技術 の開発	平成23年度除染技術実証事業
15	土壌	表土剥ぎ	表土剥ぎ取り	Cs濃度 86~91%		農地除染対策実証事業の結果	農地除染対策実証事業
16	土壌	分級	水による土壌攪拌・除去	Cs濃度 9%		農地除染対策実証事業の結果	農地除染対策実証事業
17	土壌	埋却	反転耕	Cs濃度 57%		農地除染対策実証事業の結果	農地除染対策実証事業
18	土壌	表土剥ぎ	表土剥ぎ取り	Cs濃度 75~82%	井関農機株式会社 株式会社ホセキ東北	農業機械を利用して放射性物質に汚 染された表土を除去する技術	土地利用型大規模農業に 向けた農作業ロボット体系の開発
19	土壌	埋却	反転耕	Cs濃度 58%	スガノ農機株式会社	プラウを用いた反転耕による放射性 物質に汚染された表層土壌の埋却	
20	土壌	埋却	除草後に耕す	空間線量率 37%~69%		草地更新により表層土壌の放射能 線空間線量率と新播牧草中Cs濃度 を低減できる	預託期間短縮を可能とする公共牧場 高度利用技術の開発
21	土壌	表土剥ぎ	表土剥ぎ取り 土壌固化材	Cs濃度 82%		放射性物質に汚染された農地土壌 の効率的な除染工法	低コスト設備と水位制御による農地 の生産機能強化技術の開発
22	土壌	埋却	深耕による埋却	空間線量率 46%~56%		肥料層の深耕による放射性セシウム の下部堆積と空間線量率の低減	大規模作付けに適した肥料作物の省 力的安定多収増産技術の開発
23	土壌	表土剥ぎ	除草 表土剥ぎ	Cs濃度 82%		農地表面土壌の除去による除染技 術の開発	
24	水	吸着	吸着材でのCs除去	(データ無)	独立行政法人 物質・材料研究機構	画期的な応用の可能性を持つセシ ウムの吸着剤を開発	
25	土壌	洗浄	脱離塩法による水溶液中への抽出	Cs濃度 95%	独立行政法人 物質・材料研究機構	脱離塩法によるセシウムの土壌から 水溶液中への抽出	
26	土壌	洗浄	水と分散剤による土壌攪拌・除去	Cs濃度 62%	独立行政法人 農業環境技術研究所	放射性セシウムの「水による土壌攪 拌・除去技術」の除染効果	
27	土壌	表土剥ぎ	表土の吸引除去	地表5cm線量率 68.6%	株式会社ツールマート	コンパクト除染システム	平成23年度除染技術実証事業

(2) 土壌汚染に関する学術的な研究の動向

原子力発電所の事故当初は、情報の錯綜と住民の避難活動で混乱していたが、時間とともに、着実に学術的な活動も進められた。はじめの頃は、放射線の計測が主体であったが、その計測方法、計測値の持つ意味など、各機関によってさまざまなデータを提示し、現地の住民からするとかなりの情報混乱が生じたと言える。2年以上が経った現在は、人々の生活の場、1次産業のインフラ回復に向けて、汚染の現状を体系的に認識し、また、今後の動向を推測する方策が求められている。ここでは、土壌汚染の現状を体系的にまとめている資料・図書^{2,3}の中から、ポイントを抽出した。

² 土壌汚染 フクシマの放射性物質のゆくえ NHKBooks 中西友子 2013

³ 放射能除染の土壌科学 一森・田・畑から家庭菜園まで 大西隆他 公益財団法人 日本学術協力財団

①放射性物資とその飛散

原子炉の格納容器が水素爆発を起こし、その際に放出された放射性物質は、大気中に拡散され、気流に乗って運ばれる中、雪や雨が降ったため、各地域に降り積もった。飛散した放射性核種は、放射性ヨウ素 (^{131}I)、放射性セシウム (^{134}Ce 、 ^{137}Ce)、放射性希ガス (^{133}Xe 、 ^{85}Kr) などである。このうち、 ^{131}I は、半減期が8日と短く、現在では減衰し、検出できない状態である。放射性希ガスは、土壌に降り積もることなく、大気中に拡散して薄まっている。事故後、数か月後から現在まで問題となっている核種は、 ^{134}Ce と ^{137}Ce である。

②土壌の汚染

爆発で大気中に広がって降ってきた放射性物質は、畑の作物や森林に付着すると同時に、接触したものには付着した。当時は、3月の寒い時期であり、畑にはほとんどの作物が育っていないく、また、森林の落葉樹は葉が落ちた状況であった。従って、畑の場合、土壌表面に付着した。その土壌に付着した放射能の強い核種は、土壌のほとんど表面1～2cm程度のくぼみである。これら土壌に付着した放射性物質 (^{134}Ce 、 ^{137}Ce) は、土壌の表面の有機層への付着、土壌を構成する粘土質鉱物の結晶構造の間に入り込むことが報告されている。また、粘土質の鉱物の中に固定されたセシウムは、なかなか洗浄しても出てこないこともわかった。従って、粘土質鉱物に固定されたセシウムは、粘土質鉱物と一緒に、大雨などで流されていくことにより蓄積されて、部分的に放射線量の高い部分(ホットスポット)が形成されている。土壌の深さ方向には、雨が降っても、ほとんど移動しなく、ほとんど表面から～5cm以内に留まっていることがわかってきた。

今後は、土壌に付着した放射性物質が、気象・環境状況などにより、畑、田、森林からどの様に流出移動し、ホットスポットが形成されていくのか、セシウムの動態をモニタリングしていく事が重要である。

③食品の安全の観点からの放射性物質の基準値

放射能汚染に対する食物の検査は、2011年5月の時点では基準値が500ベクレル/Kgとされていた。原子力災害特別措置法により都道府県責任を持って検査を行うこととし、2011年暮れの時点では、厚生労働省から基準値が100ベクレル/Kgに下げられた。

④植物によるセシウムの吸収

2011年10月に福島県知事がコメの安全宣言をした直後に、汚染米が検出され、県では米の全数検査を実施する事になった事は、報道等で注目された。そこで、コメの汚染もメカニズムが研究されてきた。研究結果のポイントを纏めると以下の様になる。

- セシウムを含む懸濁液(泥水)で育てたイネには放射性セシウムを良く吸収する。
- イネは土壌に吸着したセシウムは吸収することはできないが、水に溶けた放射性セシウムは吸収する。イネ側からすると、イオンになった形のセシウムは吸収する。
- 植物の汚染を回避するには、土壌中にセシウムを吸着するもの(ゼオライトやプルシアンブルーなど)入れることや、イネなど植物の必須の養分であるカリウムを多めに使用するなどの方策も考慮された。カリウム欠乏状態で育てイネは、化学的に挙動の似ているセシウムの吸収が多いことがわかった。

⑤ヒマワリによる除染

植物による土壌中の放射性セシウムの選択的吸収の可能性が検討された。ヒマワリの栽培実験では、他の植物と比較して放射性セシウムの吸収量は多かったものの、移行係数(土壌の放射性物質濃度→育てた植物への移行)は小さく、現実的な除染効果は期待できないこともわかった。

(3) 今後の除染方策

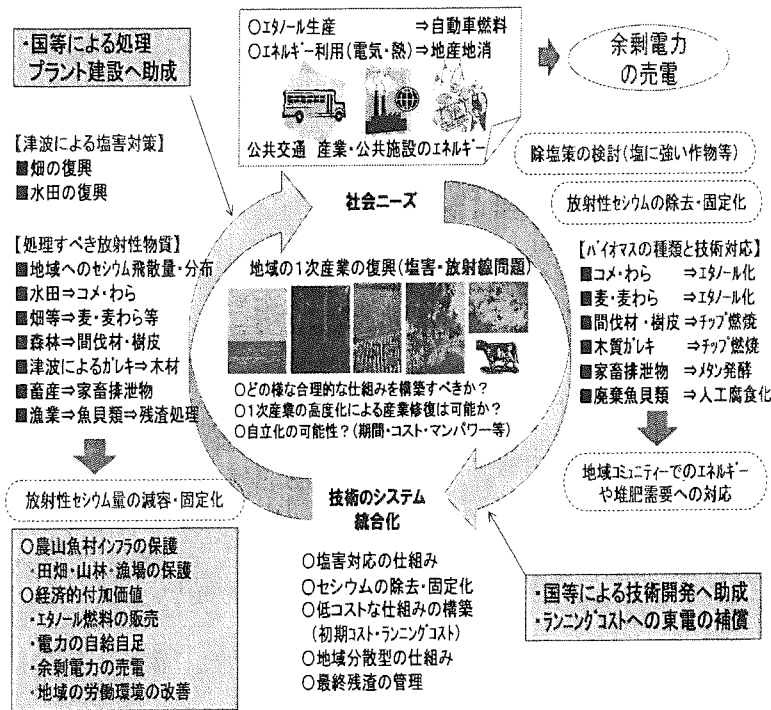
①これまでの除染方策

(1)で言及した様に、これまでの実証試験では、汚染された土壌表面をどうやってはぎ取り、袋詰め(遮蔽)して安全に保管するか、また、集めた土壌から放射性セシウムを分離するかに注力されてきた。これは、緊急的な初期活動と言える。

②今後は、事故後3年近くが経過し、田畑・森林などの自然界循環の中での放射性セシウムの挙動を、現場の知見を踏まえつつ纏めながら、中長期的な視点も入れつつ、除染方法を検討していく必要がある。

具体的には、

- バイオエタノール化できる植物の生育と除染
 - 化合物による土壌からの放射性セシウムの除去
 - 表土の土壌反転の遮蔽の効果維持
 - 植物の育種と畜産の連携による土壌修復 など
- を検討していくことが重要である。



今回、本調査研究を実施するにあたり、一般社団法人 ふくしま創生ネットワーク代表理事 高橋淑匠氏から有益な助言を得た。現地においては、これまで多くの大学の研究者が現地入りし、放射線の測定を始めとして、調査研究がなされてきたが、それを体系的にまとめ、一般の方々にも理解頂ける様なデータを整理する機能が欠けていることがわかった。今後とも、微力ながら、各関係機関と連携を図りつつ、一端を担う為の調査を推進していきたい。