

東日本大震災からの農地の修復について

中 達雄

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 水利工学研究領域長

1. はじめに

東日本大震災から、9ヶ月以上の時が過ぎたが、その具体的な復旧・復興の実施には、なお多くの課題を抱えているのが現状である。さらに、本大震災後も梅雨期から9月の台風シーズンにかけての記録的な暴風雨や豪雨は、我が国全土において農作物や農地・農業用施設等に多大な被害をもたらした。大震災以後も自然災害は多発し、農地および農業用施設に限ってもその被害額の総額は、約8,900億円（内大震災の被害額は、7,670億円）以上に上っている。今回の大震災において、農地は、津波等による壊滅的な被害と原子力発電所の事故による目に見えない放射性物質による汚染被害を蒙った。現時点では、特に、放射性物質の環境中への放出問題は、復旧の具体的な技術体系のイメージも描けず、未だ復旧技術の開発段階にある。

復旧・復興には、あらゆる分野の力の結集を必要としている。自然基礎学、実用科学、応用科学および総合科学としての性格を有する農学分野のあらゆる専門分野が結集し、これまでの科学技術実績を基盤に、農学分野において正に今が、農業および地域の再生に貢献すべき重要な時にある。ここでは、農地に視点を置き、被害の実態の分析、農村工学研究所（以下、農工研）が行っている農地の除塩と除染についての技術の適用と開発状況を紹介し、農林水産省が策定した東日本大震災からの「農業・農村の復興マスタープラン」の具体的な実現に向け、課題を整理する。

2. 今回の大震災の特徴と農地被害の実態

今回の震災は、三陸沖の海溝型巨大地震（ $M_w9.0$ ）に端を発するが、それに続く巨大津波（最高遡上高さ：約40.5m）、人工構造物である原子力発電所の全交流電源喪失による事故後の環境中への多量な放射性物質（放出量：77万テラBq）の放出と広域な範囲への拡散等の被害が連動して発生した複合的な災害であった。その特徴は、下記の事項で整理できる。

□地震（自然）災害から人為的も含む複数の二次災害が連動して発生し、農業面では、放射性物質による農産物の風評被害の発生までが危惧されている。

□600年程度～1,000年程度に一度起きる発生確率は低いまれな自然災害であるが、被害は甚大であり、多数の被災地域では、日常の経済・社会活動の長期的な停止を余儀なくされ、復旧においても長期間を要する災害である。

具体的な災害事象は、津波による農地や人工物の損壊と浸水、地震動による地盤沈下と液状化、そして、放射性物質による環境中への汚染である。農林水産省によれば、宮城県と福島県等の沿岸低平地を中心とする農地の流失や冠水等の被害を受けた総推定面積は、約23,600haに上る(表1)。津波により、農地では、海水が進入し、海底のヘドロや瓦礫の堆積および塩害が発生した。平成23年11月現在で、農地・農業用施設等の被害額は、7,670億円に達している(表2)。その被害は、青森県の三陸から千葉県の房総までの沿岸域の低平地農地に広く及んでいる(表3)。津波による浸水被害は、岩手、宮城および福島が多く、沿岸域の低平な優良農地の被害が顕著である。宮城と福島の沿岸域の農地では、最大約75cmの地盤沈下が発生した。このため、農地の排水機能にも影響し、進入した海水の排除にも課題を残している。

表1 各県の津波による農地の流失・冠水等の推定面積 (ha、2011.3時点)

県	総農地面積(2010年)	農地浸水面積	浸水率(%)
青森	156,800	79	0.1
岩手	153,900	1,838	1.2
宮城	136,300	15,002	11.0
福島	149,900	5,923	4.0
茨城	175,200	531	0.3
千葉	128,800	227	0.2
合計	900,900	23,600	2.6

表2 農地・農業用施設の被害状況 (2011.11月時点)

区分	被害数(箇所)	被害額(億円)
農地の損壊	17,456	4,012
主要な農業用施設等	21,467	3,658
合計	38,923	7,670

(農業用施設：主にため池、水路、揚水機、農地海岸保全施設)

表 3 各主要被害県別の農地・農業用施設の被害状況（億円、2011.11 月時点）

県	農地	農業用施設等
岩手	226	309
宮城	2,769	1,489
福島	943	1,246
茨城	40	342
千葉	11	142
他県	23	130
合計	4,012	3,658

平成 23 年 3 月 18 日に農工研が調査した被災直後の宮城県亶理・山元地区の水田地帯の状況を写真 1 に示す。農地の防災施設や排水施設が壊滅的な被害を受け、農地の復旧の前提として、用排水施設の復旧が急がれた。



(a) 海岸堤防の損壊



(b) 排水路内の瓦礫



(c) 排水路の損壊



(d) ゲートの状況



(e) 揚水機場内の状況

写真 1 宮城県亶理・山元地区内の被災状況（2011.3.18）

一方、利根川下流域の低平地水田では、写真 2 に示すように地震動による農地の液状化、水路の地盤沈下や倒壊がみられた。三陸沖で発生した巨大地震は、遠く離れた関東の穀倉地帯にも災害が及んだことが分かる。河川の氾濫原に開

かれた低平な水田地帯は、その地盤環境から地震動による液状化や地盤変動等による災害リスクについて、常に考慮しておく必要があると考えられる。



写真2 利根川下流沿岸域（茨城県）での農地等の液状化と地盤沈下による被害（2011.4）

3. 津波浸水を受けた農地の修復

沿岸の低平地水田を中心に津波により、農地自体が損壊するとともに、瓦礫と海底土砂の堆積および塩水の冠水を受けた。津波は、最大内陸に約 6km 侵入した。図 1 に示すように、農工所が宮城県亘理・山元地区で行った災害調査では、被災状況をエリア A ～エリア D に区分した。さらに、その後の調査により、その被災区分を細分化した（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ-1～2,Ⅳ-1～2）。被害は、複合しており、農地の復旧には、瓦礫と堆積土砂の除去および塩分の除去のための除塩作業が必要になる。また、除塩には、用水と排水機能の確保が不可欠であり、被災した用排水施設の復旧が必要となる。

農工研では、これらの現地調査結果と過去の関連研究成果を基に、津波浸水後の水田などに対して、実施される除塩に関して、淡水の供給と排水などの農業工学的な対策技術（案）を取りまとめ、平成 23 年 4 月に HP 上で公表した。内容は、「①除塩の基本的考え方、②除塩の前提となる条件整備、③水源・用水の確保、④必要水量の算定、⑤用水路内の送配水管理、⑥水田ほ場の管理作業、⑦水田ほ場における用排水管理及び除塩効果の評価」から構成されている。

4. 放射性物質の蓄積状況と除染対策の基本

(1) 放射性物質の蓄積状況

放射性物質であるセシウム等は、地表にチリや雨水と共に降下して、地表の土壌等に吸着して、そのほとんどが地表に止まるとされている。

文部科学省は、5月6日から発電所から80km圏内の地表の汚染地図を公表している。これは、米エネルギー省と協力して作成されたもので地表1~2kmメッシュで放射性物質の蓄積量を示している（図2、7月2日現在の改訂版）。計画

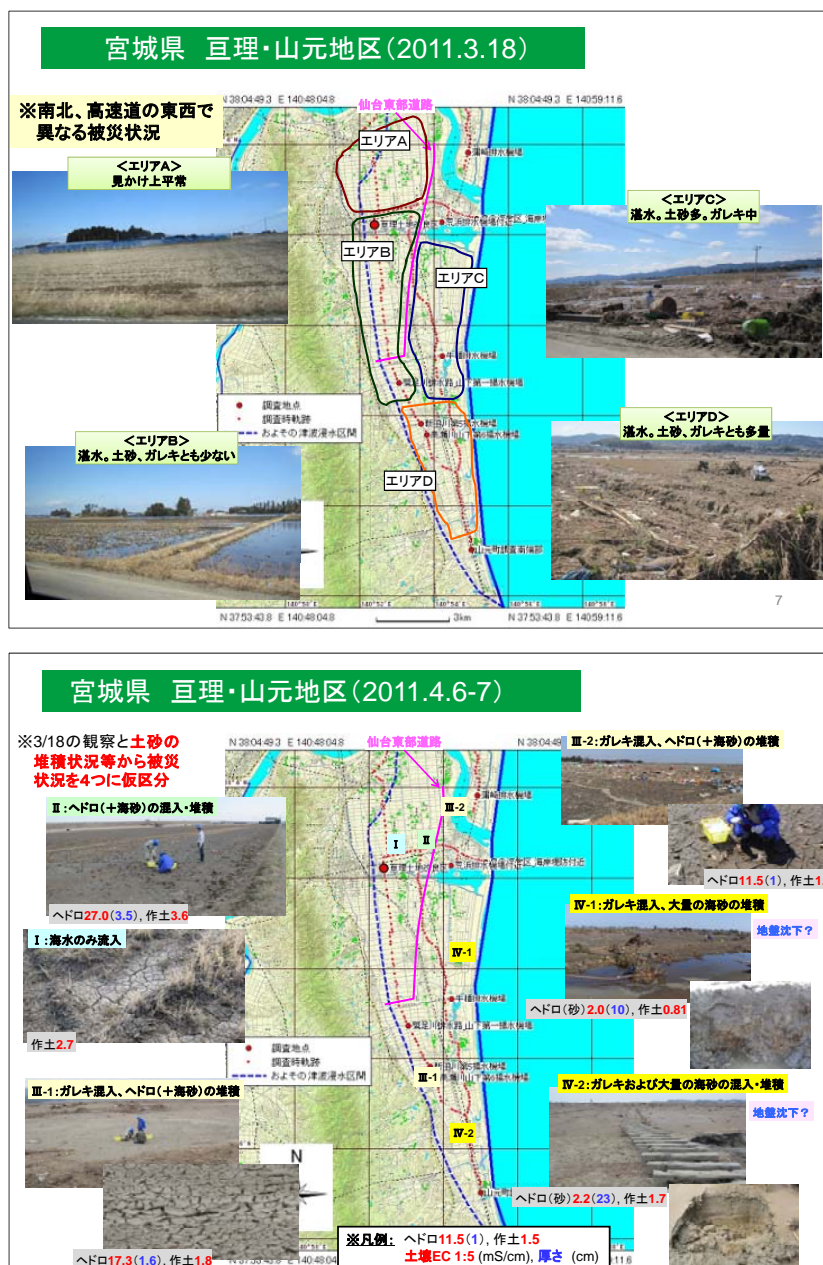


図1 津波の被害を受けた宮城県亶理・山元地区の調査結果（農工研、2011.3-4）

的避難区域である飯舘村の南部では、1平方メートル当たり 300 万 Bq/m² 以上の蓄積

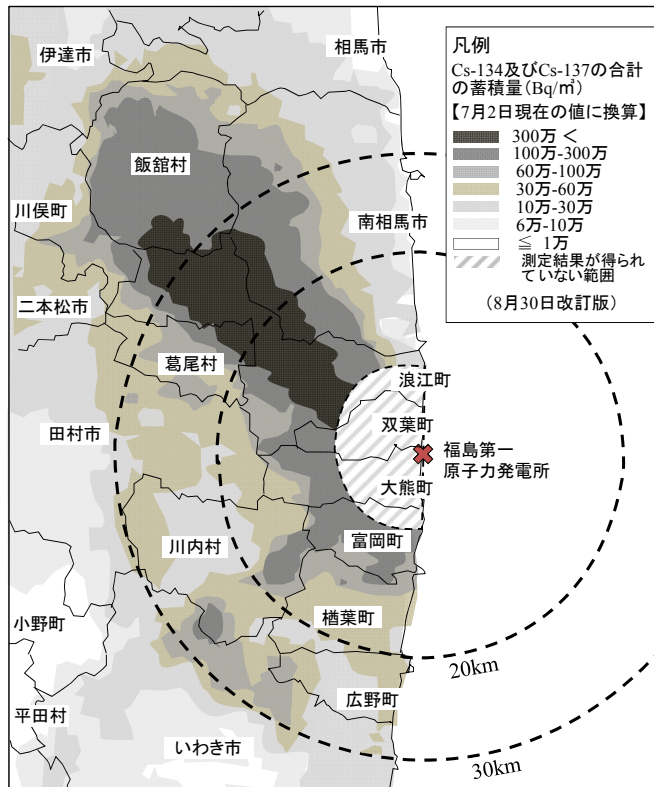


図2 文部科学省が公表した地表面のセシウム134と137の蓄積量の分布（文部科学省作成図より模写）

量を示し、この値は、20km圏内の警戒区域等と同程度の汚染状態となっている。農林水産省は、稲の作付け制限値である放射性セシウム濃度が5,000Bq/kg以上の農地面積を水田が6,300ha、畑地が2,000haと推計している。農工研では、飯館村に設定した実証試験圃場内で表層から15cm厚さの水田土壌をサンプリングし、耕起していない農地土壌の表面から2.5cmの深さに放射性セシウムの95%が存在していることを明らかにしている。これまでの研究等からもセシウムは、土壌の粘土分と強く結びつき、表層にとどまり、深部に移行しないとされている。このため、今後の降雨や風等による地表面に降下した放射性物質の拡散を防止し、事故が収束して、今後の農業活動の再開に向けての農地等における放射性物質の除去と管理等の対策管理手法を早急に立案しその効果を実証した上で、実施可能な各種除染対策を準備しておく必要がある。また、森林や農地等に降下した放射性物質の今後の移動や動態も注視していく必要がある。

（2）環境中の水へのセシウムの溶出

5月下旬に福島県内の公共用水域の水質モニタリング調査が環境省と国土交通省で行われている。その結果は、河川水の水質には、放射性ヨウ素(I-131)と放射性セシウム(Cs-134、Cs-137)ともに不検出であった（検出限界：10Bq/L）。一方、河川の底質については、放射性ヨウ素は、一部の地点において、不検出～65Bq/kg（乾泥）の幅で検出され、放射性セシウムは、全地点でCs134が48

～14,000Bq/kg（乾泥）の幅で、Cs137が51～16,000Bq/kg（乾泥）の幅で検出されている。いずれも検出限界は、30Bq/kgである。これらのモニタリング結果から、放射性セシウムは、水には溶出せず、土砂等に吸着していると考えられる。

（3）除染対策の基本的考え方

農業工学的側面からは、圃場レベルにおいて、既存の表土扱い技術等の圃場整備技術を活用改良して、圃場表面の放射性物質が堆積している表土を何らかの方法で除去・処理する物理的な手法の適用が想定される。考えられる対策の基本を下記に整理する。

- ①原発事故収束後に作付けを行う農地の生産機能として、食の安全性を確保するために農作物が土壌等から許容値以上の放射性物質を吸収することを防止する。稲を作付けする水田においては、当面、5,000Bq/kg【乾土、15cm作土】以上の濃度を有する圃場の作土を除去あるいは、希釈する。
- ②農業者の農作業時の健康への安全性を確保するために、農地土壌からの放射線量率を減少させ、放射性物質の飛散を防止する。
- ③降雨等による本地域の主要水源であるため池等からの農地への新たな放射性物質の流入と今後の営農に伴う放射性物質の下流等への拡散等を防止する。

当面の対策としては、水田土壌の放射性物質の濃度の低減と水田土壌から放出される放射線量を低減して空間線量率を低減するために、放射線源である圃場の表層土壌を除去し、適切に管理する対策を検討することが急務である。

（4）現地実証試験地周辺の状況

農工研では、平成23年4月下旬に福島県飯舘村の現地調査等を実施した。本地域は、4月22日に「計画的避難地域」に指定され、原子力発電所から北西に約30km～50km離れた阿武隈高原に開かれた山間農林地域である。除染技術の開発のために本村の水田を現地実証試験地とした（**図-3**）。



図3 飯舘村実証実験圃場

飯舘村は、阿武隈山系の北部にあり、周囲をなだらかな山地に囲まれた標高220m～600mの高原である。約75%を山林が占め、集落と農地が点在している。年間降水量は、約1,300mm程度であり、水田の水源は、多くのため池に依存している。



写真3 飯舘村水田の状況（基盤整備は進んでいる。水田は平坦 2011.4）

基盤整備された比較的平坦な水田は（写真3）、村を西から東へ横断する新田川、飯樋川および比曾川の両岸に位置し、その他の小規模水田は、その支流の谷間に分布している。

土地利用は、山林、牧草地（348ha）、水田（1,290ha）および畑地（617ha）等から構成されている。水田上での放射線量率の現地計測では、大気中（地上から約1m, 6.18 μ Sv/h）に比較して、水田土壌表面（8.53 μ Sv/h）が高い（写真4）。土壌表面の有機物を除去し、その表土を除去後再度計測すると放射線量は、

8.26 μ Sv/h から 4.10 μ Sv/h と約 50%低下した（写真 5）。地表面土壌を局部的に剥ぐことにより、地表面の放射線量率が大きく減少することから、その地点の放射線源の大部分は、その地点の表層にあることが分かる。この事前の知見は、除染工法を試験設計する際の貴重な情報となった。



写真 4 水田上空（6.18 μ Sv/hr）と水田土壌表面（8.53 μ Sv/hr）の線量の比較（敷わら上）



a) 土壌表土面（有機物除去：8.26 μ Sv/hr） b) 表土はぎ後（1回目:4.10 μ Sv/hr）

写真 5 水田土壌表面および剥ぎ取り後の放射線量率の比較

5. 固化による剥ぎ取り工法（除染技術）の現地実証試験

農地の除染対策技術として、「①反転耕、②水による土壌攪拌・強制排水、③表土剥ぎ取り」が考えられるが、ここでは、現時点でもっとも確実に信頼性がある剥ぎ取り工法について、その開発状況を以下に紹介する。

（1）試験の概要

- ①試験実施場所：福島県飯舘村伊丹沢字山田地先
- ②試験面積：表土固化による表土除去工法：10a
- ③試験方法：マグネシウム系固化剤を土壌表面に吹き付け、その後、機械により表土を剥ぎ取る。作業効率及び土壌中の放射線量の低減効果を測定する。
- ④試験日程
 - ・8月20日：固化剤吹きつけ試験

・8月30-31日：固化後の剥ぎ取り試験

(2) 実証試験結果

固化剤を水と混合して土壌表面に吹き付け、その後、土工機械により固化した表土を剥ぎ取る工法を実証した。固化剤の吹き付けは、8月20日に実施した。固化剤は、1m²当たり、2kgを使用し、当日は、前日からの降雨の影響により土壌水分が高かったため、通常より少ない水量6kg(L)(固液比1:3)で吹き付けを実施した。剥ぎ取り前日に固化深さを測定し、約2cm程度は、固化されていることを確認した(写真6)。土壌の放射性セシウム濃度の放射性物質濃度は、表層土を削り取ることにより、試験区画内の平均で約9,000Bq/kgのレベルの放射性物質濃度の82%を除去した。(写真7)。また、圃場内の地表面空間線量率は7.76μSv/hから3.57μSv/hへ低減した。10a



写真6 現地実証試験マグネシア系固化剤の吹き付け状況(平成23年8月20日)

当たりの排土量は約32m³であり、推定された削り取りの厚さは約3.0cmであった。剥ぎ取った土壌は、耐候性のフレコンバックに入れ、仮置場へ搬出した。固化剤を用いる意義は、除染作業時の土壌の飛散防止と作業環境の安全の保持および作業による放射性物質の拡散防止にある。さらに、固化剤を散布することで表層土壌が白くマーキングされ、剥ぎ残しがないかどうかを目視により確認可能となり施工管理上も有効である。

今後の適用への留意点としては、稲の刈り株や不陸のある田面でも適用が可

能であるが、降雨後で圃場表面が湿っている場合は、固化剤混合スラリーが所定の深度に浸透しない可能性があるため、圃場が乾燥した後に吹き付けることが望ましい。また、固化剤混合スラリーを吹き付ける際には、圃場内の雑草を事前に処理する必要がある。ただし、発電所事故後に圃場を耕起した圃場では、放射性物質が土壌中に混合されていることから、表層土を除去する本工法の除染の効果は、期待できない。

除染に伴う残された課題としては、「①排除した土壌の管理と減容化、②畦畔、農道および森林等からの再汚染の防止、③除染後の圃場の土壌診断と地力の回復、④食の安心の確保」を挙げることができる。



写真7 マグネシア系固化剤施用表土の剥ぎ取り状況
(平成23年8月30-31日)

6. おわりに

農業・農村の復興マスタープランでは、農地の復旧をおおむね3年間で行い、東北を新たな食料供給基地として復興することを目指している。農地・農業用施設は、貴重な社会共通資本であり、農業活動の再開には、その復旧がまず優先される。その後、農学分野の総力を発揮して、農業生産に必要な土壌等の生産資源や人的資源を整備し、健全な流域環境を取り戻す必要がある。現在、復旧の妨げになっている最も困難な問題は、廃棄物や放射性物質の処理問題である。日本全体の社会問題として、現実的な解決が求められている。

最終的な農地の機能の回復は、その場で安全な食料が生産でき、そして、生産された農作物を安心して消費者が消費できるまでの回復を意味すると考える。この回復には、地道な技術開発と多くの関係者の理解を得た、継続的な取り組みの努力が必要である。

参考文献・資料

農林水産省：農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について、

<http://www.s.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>

文部科学省：文部科学省による放射線量等分布マップ（放射性セシウムの土壌濃度マップ）の作成結果を踏まえた航空機モニタリング結果（土壌濃度マップ）の改訂について、

http://radioactivity.mext.go.jp/ja/monitoring_around_FukushimaNPP_MEXT_DOE_airborne_monitoring/

環境省：福島県内の公共用水域の水質モニタリング調査における放射性物質濃度の測定結果速報、<http://www.env.go.jp/jishin/rmp.html>