

第2回駒場ミニシンポジウム

震災復興への処方箋 —農業工学でできること—

平成23年9月27日(火)16:00-18:30

駒場キャンパス, 1号館1階, 108教室



処方箋はコチラ!!

(講演内容・専修の概要がわかります)

主催

東京大学 大学院農学生命科学研究科
生物・環境工学専攻

震災復興への処方箋

—農業工学でできること—

内容紹介

日時：平成23年9月27日(火)16:00-18:30

場所：駒場キャンパス, 1号館1階, 108教室

趣旨説明

久保成隆 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1976年卒業, アジア工科大学院, 東京農工大学を経て現職)

農業工学は、農学と工学の双方に軸足を置いて教育と研究を行っている分野です。これまで農業工学分野で長年蓄積してきた知識や技術には、今回の震災からの復旧・復興に役に立てそうなものがたくさんあると考えられます。今日のミニシンポジウムでは、その様な取り組みの一端を紹介し、この国家的危機に立ち向かうには何が必要かを、皆さんとともに考えたいと思います。

特別講演 土壌固化材を用いた表土剥ぎ取りによる水田の防除について (3ページ)

原口暢朗 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

(東京大学農学部農業工学科 1982年卒業)

国は福島県飯舘村を計画的避難区域に指定するに当たり、国による農地除染の実施を決定しました。これに伴い、関係機関は除染対策研究を提案することとなり、農研機構では「土壌固化材を用いた表土剥ぎ取りによる水田の除染」なる技術の提案を行いました。これは、放射性物質が農地土壌のごく表面付近に蓄積し、農地の地表面は平らでなく、また降雨により土は軟化するため、表層2~3cmを固化して薄く剥ぎ取る技術です。

特別講演 海岸堤防と背後農地の被災の現状と復旧の課題 (4ページ)

丹治 肇 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

(東京大学農学部農業工学科 1978年卒業)

三陸地域では、堤防の強化、高台への移転(土地利用再編)、避難誘導計画が基本的な対策になります。一方、宮城、福島沿岸平野では、排水機場と排水路の復旧による排水システムの再建が必要です。また、海岸堤防背後では、人命・資産被災を代替する機能を持った減災農地の建設が必要となるでしょう。

話題提供

(1) 農地土壌における放射線セシウムの吸着と移動 (5ページ)

西村 拓 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1987 年卒業, 東京農工大学を経て現職)

被災地域における食糧生産再開のためには農耕地に飛散した放射性 Cs への対応が不可欠です。放射性 Cs は、土壌に非常によく吸着し、土粒子等に収着した形で固定・移動します。今後、この Cs 独特の性質を考慮しながら放射性物質汚染に対処していく必要があります。

(2) 農地の除染と農村の空間線量率の低減 (6ページ)

吉田修一郎 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1991 年卒業, 農林水産省北陸農業試験場, 農研機構中央農業総合研究センター, 農研機構本部を経て 2010 年 4 月から現職)

原発事故による農地の土壌汚染の除去と農村の空間放射線量率の低減には、汚染土を農地土層中へ埋設処分するのが安全かつ効率的です。ここでは農地工学的な農地の除染方法について説明を行うと共に、除染が空間線量率の低減にどのような効果をもたらすのかを単純化したガンマ線の放射・減弱モデルを用いて説明します。

(3) 放射線セシウムの降雨時の流出とそのゆくえ (7ページ)

飯田俊彰 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1985 年卒業, 山形大学, アジア工科大学院を経て現職)

表層土壌の粘土粒子に吸着された放射性 Cs は降水時に土砂とともに流出します。粘土粒子の流出の解析により、放射性 Cs の流出の追跡や予測が可能となり、これを利用して、放射性 Cs をダム湖やため池の底にトラップする方策が考えられます。また水田地帯では、放射線量の低減に水田への湛水が有効であることを示します。

総合討論

司会: 溝口 勝 東京大学 農学部 国際開発農学専修

(同 農業工学科 1982 年卒業, 三重大学, 内閣府総合科学技術会議事務局, 東京大学情報学環を経て現職)

各講演内容について、参加者からの質問やコメントを大いに歓迎します。現在の困難な状況を一日も早く克服するために、斬新なアイデアを出し合い、現実的な方策を皆で考えましょう。

特別講演 「土壌固化材を用いた表土剥ぎ取りによる水田の除染について」

原口暢朗 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所
(東京大学農学部農業工学科 1982 年卒業)

国は福島県飯舘村を計画的避難区域に指定するに当り、国による農地除染実施を決定した。これに伴い、関係機関は除染対策研究を提案することとなり、(独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所では、「土壌固化材を用いた表土剥ぎ取りによる水田の除染」なる提案を行うこととなった。以下に提案の概要を示す。

1. 概要 酸化マグネシウムを主材料とする固化剤やポリイオンを圃場表面に吹きつけ、土壌表面を固化した後に、表層土壌の削り取りを行う。表層土壌の固化により、放射性セシウムが多く含まれる表層を効率的に削り取り、汚染土壌を効率的に除去する技術を開発することを目的とする。

2. 作業の流れ(マグネシウム系固化剤の場合)

- 1) マグネシウム系固化剤を水と混合した溶液を圃場に吹き付ける。
- 2) 固化剤が浸透し、表層土壌が十分に固化(晴天時7~10日)したことを確認した後、表層土壌の削り取りを行う。削り取りは、油圧ショベルのアームを押し付けながらスイングすることにより行う。これにより、削り取りの厚さを一定に制御できる。アームに取り付けるバケット部を改良することで、バキュームカーによる排土の収集が可能となり、汚染土壌の取りこぼしをなくすることができる。
- 3) バキュームカーで収集した排土をフレコンバックに移し替え、決められた場所に仮置きする。

3. 結果と考察の概要

- 1) 土壌の放射性セシウムの濃度は、表層土を削り取ることにより、9,090 Bq/kg から 1,671 Bq/kg へ低減した。圃場内の表面線量率は、7.76 μ Sv/h から 3.57 μ Sv/h へ低減した。
- 2) 10 a 当りの排土量は約 30 m³ であり、推定された削り取り厚さは約 3.0 cm であった。
- 3) 油圧ショベルのバケットの改良によって、これまで削り取り・収集・搬出の3工程で行っていた作業を1工程で行うことが可能である。
- 4) 表層土壌を固化することで、土壌の飛散を抑えることが期待できる。
- 5) 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るため、削り残しや取りこぼしを目視で確認できた。
- 6) 稲の刈り株や不陸のある田面でも適用が可能である。
- 7) 降雨後で圃場が濡れている場合は、固化剤混合溶液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。
- 8) 固化剤混合溶液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。
- 9) ポリイオンや分子性ポリマーでも同様の効果が期待できる。

4. 今後の課題

- 1) 削り取った表層土壌をより効率よく吸引するため、バケット部の改良を検討する。
- 2) 削り取った表層土壌の吸引以外の効率的な収集方法についても検討する。

特別講演 「海岸堤防と背後農地の被災の現状と復旧の課題」

丹治 肇 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所
(東京大学農学部農業工学科 1978 年卒業)

3月11日の津波被災を受けた海岸堤防とその背後地(主たる土地利用は農地が多い)の被災状況と復旧の課題を検討する。

1)被災の原因と対策 3月11日に起こった津波被災については、大きくは過去100年の間に津波の被災の経験のある三陸地域、経験のない宮城・福島の沿岸平野に分けられる。最大の被災要因は津波の遡上で、被災面積、被災人口から見ると、後者の遡上地域が今回の津波被害を大きくしている。沿岸平野では、地震と同時に地盤沈下も発生しており、排水機能の低下が課題になっている。三陸地域では、過去にも津波被災に遭っており、①堤防の強化、②高台への移転(土地利用再編計画)、③避難誘導計画が基本的な対策になる。①では、堤防の高さ、越流したときの耐久力(粘り強さ)が課題である。また、堤防の崩壊過程については、地震で液状化したところに津波が到達した可能性もあり、よくわからない点も多い。②ではゾーニングを中心とした復興計画案が8月頃に市町村単位で出てきている。③は①、②の後の課題で、今のところあまり議論されていない。

2)三陸地域の復旧と課題 ①については、津波対応の高い堤防が求められているが、費用との関係が未整理である。②については、適地と費用が課題になる。高台への移転については、昭和三陸津波でも、奥尻島津波でも必要性が叫ばれながら部分的な移転にとどまった。復興計画ができて収入の場を得るまでに時間がかかると、若年層を中心に、人口の流出が始まっている。

3)沿岸平野の復旧と課題 ①の堤防は、津波を想定するが、多くは10m以下であり高くしない方針が宮城県から出されている。この場合には、大きな津波は堤防を越えることになるので、②の土地利用計画が重要になる。8月のゾーニング計画ののち、地元への説明と意見聴取が行われている。平野部にある被災した排水機場については、電気システムの回復、塩水をかぶったポンプの分解点検が進んでいて、9月中には、従前の80%程度の能力が復旧すると思われる。しかし、地盤沈下は海面上昇に相当する排水能力の不足を生じている。一方、ポンプの容量や排水路の容量を見直した本格的な再建には、2~3年はかかるとと思われる。この間には、排水ポンプの容量が不足する中で、ガレキの撤去と除塩を行う必要がある。9月以降、除塩のための排水路の掘削、仮排水路の設置、仮設ゲートの設置を行う必要がある。これらの仮設排水計画は、農地の津波被災からの現状復旧に必要な事項である。

4)農地への防災機能の付与の必要性 海岸堤防背後の農地は、津波遡上時には、必ず被災する。吉浜地区など今回の津波で人的被害や家屋の被害の小さかった地区では、住居の高台移転と共に、堤防背後地を農地にしている。被災を考えれば、堤防背後では、津波の遡上を押さえる機能を強化し、津波からの復旧を容易にする粘り強い農地の性質を付与した、人命・資産被災を代替する機能を持った減災農地の建設が必要と思われる。

話題提供(1) 「農地土壌における放射性セシウムの吸着と移動」

西村 拓 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1987 年卒業, 東京農工大学を経て現職)

福島原発の事故では、農林畜産業が盛んな食料基地に放射性物質が沈着してしまった。もう一度安全安心な食料を生産するためには、飛散した放射性物質の問題を解決する必要がある。

今回様々な放出された放射性物質のうち量の多いものとして Cs, I, Xe, Te, Sr, Sb などがある。Xe は不活性なガスで拡散してしまい、その他も多くは半減期が数日 (Sb, Te, I) から 100 日程度であるが、Cs のみ 2.1 年 (^{134}Cs), 30.1 年 (^{137}Cs) と半減期が長く、この二つの核種の影響を長期間にわたって考慮する必要がある。今後、飛散した放射性物質による直接汚染の危険がなくなってくると、土壌から植物体への間接汚染(移行)について考える必要が出てくる。

一般に土壌中の化学物質は、液相(土中水)中の濃度に応じて土壌に吸着する。液相濃度と吸着量を繋ぐ分配係数は、硝酸イオンなどでは、1~10 未満であるが、Zn, Cu といった重金属では 10~数百になる。Cs は、濃度が高い場合でも分配係数が数百を超え、さらに今回問題になっているような低濃度の場合にはさらに分配係数が高くなり、10000 以上になることも報告されている。これは、Cs が土壌に非常によく吸着することを表すと同時に、土壌にある程度の量の放射性 Cs が吸着していても、土中水の Cs 濃度は非常に低く維持されることを意味する。実際に、5 月に郡山近辺の水田から採取した土壌について、8 月に純水にけん濁させた後に水相と固相に分配される放射性 Cs 濃度を測定したところ、水相には ^{134}Cs , ^{137}Cs 共に検出されなかった。

Cs が土壌(特に土壌中の粘土粒子)によく吸着する理由として、Cs がうまく填る孔が粘土粒子の表面にあることが指摘されている。Cs は一旦吸着するとその孔から外れ難くなり、電解質溶液や純水で洗ってもなかなか除去されない。その結果、1960 年代の大気核実験によって放出された Cs は土壌の攪乱が無い限り、今でも地表面近傍に限定して存在している。上述の郡山近辺の水田土壌に含まれる粘土鉱物は、X 線回折を行った結果、スメクタイト、パーミキュライトやそれらの混層鉱物からなる、いわゆる 2:1 型粘土鉱物が主体であることが示唆され、これは定性的には、水けん濁液の水相に放射性 Cs が検出されなかったことと矛盾が無いと考えている。ただし、火山灰起源のクロボク土については、農業環境技術研究所のグループの研究で Cs の保持強さが他の土壌に比べて弱いことが示唆されており、今回の福島においてもこれには考慮する必要がある。

このように土壌によく吸着する化学物質は溶液として負荷されても汚染が拡散しない一方で、土壌粘土などコロイドに吸着した形で広く移動する。したがって、Cs の今後の対策を講じる中で、農地からの土壌流出と共に移動する Cs について留意する必要がある。

最後に、土壌は、気候、地形、土地利用などの要因で性質が変わる。福島県内であっても、浜通り、中通り南部、中通り北部、会津と地域に異なって土壌や土壌中の粘土鉱物の性質が異なると考えられる。したがって、どこでも当てはまるような手法を期待することは難しい。その地域その地域で対象をよく吟味した上で対策を講じることが重要である。

話題提供(2) 「農地の除染と農村の空間線量率の低減」

吉田修一郎 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1991 年卒業, 農林水産省北陸農業試験場, 農研機構中央農業総合研究センター, 農研機構本部を経て 2010 年 4 月から現職)

福島第一原発の事故により拡散した放射性物質は、広範囲の農地を汚染した。放射性物質が直接降下し付着することによる「直接汚染」については、飼料や有機肥料の問題が中心となっており、穀物や野菜の「直接汚染」はおおむね終息している。一方、汚染された土壌に作物を作付けることにより放射性物質がその可食部へ移行する「間接汚染」については、土壌中の放射性物質の濃度に応じた作付規制がかけられている。例えば水稲では放射性セシウム濃度が 5000Bq/kg を超える水田への作付が禁止された。このような地域では、汚染された土壌を効率的に取り除くことで、空間放射線量率を低減させ、営農を再開できる環境を整えることが強く望まれている。本講演では農地工学的な農地の除染方法について説明を行なうとともに、除染が空間線量率の低減にどのような効果をもたらすのかを単純化したガンマ線の放射・減弱モデルを用いて説明する。

問題となっている放射性セシウムは、土壌に極めて吸着されやすい。事故後乱されていない汚染田では、表層 3 センチに約 90%がとどまっていることを確認している。そのため、表層の汚染された土壌を取り除くことが、放射性物質の除去において最も直接的な対策である。剥ぎ取り工法についてはすでに複数が考案されている。課題は、すでに地表を覆い、深部まで根系を発達させた雑草の処理や圃場面の凹凸が激しい場合の対応である。また、取り除いた土壌をどのように処分するかも大きな課題である。放射性物質から発する γ 線は、媒質を通過する際に指数関数的に減衰する。点源からの放射線強度が半減する距離は、空気中では 70m であるが土では 5~9cm 程度である。放射線源を 20cm の深さの土中に広く埋設した場合、地上部の空間線量率を約 1/100 に低下させることが可能である。また、作物が養水分を吸収する深さは最大でも 50cm 程度までが中心であり、土層深部に汚染された土壌があっても放射性物質が吸収される心配はない。以上から、作物の間接汚染を防ぎ、周囲の空間放射線を迅速に低減させるためには、地表の汚染土を薄くはぎ取り、地表面下 50cm 程度に埋め込むのが、現実的な方法である。

肥沃度の高い「作土」を剥ぎとることは、安定した生産を保証してきた土壌を失うことを意味する。そのため、汚染土の層厚を正確に見極め、必要最小限度の作土を剥ぎ取ることが重要である。過剰な剥ぎ取りを行なわないことは、汚染土の処分においても有利である。土壌の層位別のセシウムの分布については、土壌を持ち帰り、実験室で分析することが行なわれる。除染作業を実際に行なう場合には、計画、施工、完了確認において、剥ぎ取り層のセシウムの層位別分布や剥ぎ取り後の地表面の濃度を一定の精度のもとで現場計測することが必要である。しかし、地域全体が汚染されている場合には、空間線量率だけでは、対象となる土層の汚染と周囲の汚染との区別がつけられない。この問題の解決のためには、測定点から汚染土までの距離やその鉛直分布により、空間線量率がどのように影響を受けるのかを理解する必要がある。この知見は、農地や住宅周辺部の除染が空間線量率にどのような効果をもたらすのかを推定するためにも重要である。

話題提供(3) 「放射性セシウムの降雨時の流出とそのゆくえ」

飯田俊彰 東京大学 農学部 生物・環境工学専修

(同 農業工学科 1985 年卒業, 山形大学, アジア工科大学院を経て現職)

1. 農地からの土砂流出解析

農地からの土砂流出は, 肥沃な表層土壌の流亡や下流への濁水流出を起こすので, これまで土砂流出を抑制する観点から研究が行われて来た. 畑地からの土砂流出は, 豪雨時などに生じる表面流によって起こり, 降雨, 土壌, 地形, 作物, 斜面の保全等の状況によって左右される. 畑地からの土砂流出を抑制するために植生帯や表面マルチの導入や不耕起栽培などが行われたり, 沈砂池を設けて土砂を沈降させたりしている. 一方水田では, 湛水栽培を行うため土砂流出は起こりにくいが, 代かき後の落水時に粘土を多く含む濁水が排水される.

農地表層土壌の粘土粒子に吸着されている放射性 Cs は, 降水時に流出する土砂とともに下流河川へ流出する. 降雨時の粘土粒子の流出を従来の手法で解析することにより, 放射性 Cs の流出を追跡したり予測したりすることができると思われる.

2. 粘土粒子の沈積

降雨時にはダム湖やため池などの貯水池へ濁水が流入するが, 濁水は用水として使えないため, 貯水池の濁度の変動予測や貯水池内での濁質の挙動が研究されてきた.

深い貯水池内では, 夏場には水温成層が形成され, 流入した濁質は沈降する. 大きい粒子は早く沈降し, 粘土粒子は後から沈降して底泥の表面に堆積する. 放射性 Cs は粘土粒子に吸着し易いので, 貯水池内での濁質の流入と沈降の解析により, 放射性 Cs が蓄積する場所を予測することができる. また, 適時に凝集剤を投入して粘土粒子の沈降の速度をコントロールすることができる. さらに, 水はガンマ線を非常に通しにくいので, 貯水池の底に沈降した放射性物質からの放射線は, その上に存在する水によって大きく弱められ, 貯水池周辺の空間放射線量を抑制する. これらの状況を既存のモデルを用いて追跡したり予測したりすることにより, 放射性 Cs を貯水池の底にトラップできる可能性がある. 一方冬場には, 貯水池内では水温が全層で 4°C になるまで対流が続くため, この際の底泥の巻き上げを抑える方策が必要となる.

3. 湛水による空間放射線量の抑制

水田は基本的に湛水ができる構造になっている. 水はガンマ線を通しにくいので, 水田に湛水することによって, 土壌表面に蓄積している放射性 Cs から空間へ出る放射線量を減衰させることができる. 特に, 水田に囲まれた住居などに対しては, 周りの水田から低い角度で受ける放射線は湛水中を通過する距離が長いので大幅に減衰される. 水資源の手当てさえできれば, 水田の湛水深を深くすれば減衰効果はさらに大きくなり, 冬期湛水を行えば冬期間も同じ効果が得られる. これらにより, さしあたり住居周辺の除染が進めば, 水田地帯の住民が受ける放射線量を抑制することができると思われる.