J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 126, p.3 ～ 10 (2014)

放射性物質問題 — 土壌物理に求められること —

溝口　勝 [1]

Radioactive material issue — What should soil physics do?

Masaru MIZOGUCHI[1]

1. はじめに

福島第一原発から放出された放射性セシウムは土壌表層に大部分が蓄積されている（塩沢ら, 2011）との報告がある．農林水産省は，こうした科学的調査報告や独自の農地除染実証工事を踏まえて，「農地除染対策の技術書」（農林水産省, 2013）をとりまとめた．この技術書では農地の汚染程度に応じて，①表土剥ぎ取り，②水による土壌撹拌・除去，③反転耕による対策工法が推奨されている．しかし，実際の現場では国や村が表土剥ぎ取り法による除染工事のみを発注し，それを受注したゼネコンが技術書通りに 3 ～ 8 cm の汚染表土を削り取り，フレコンバック（Flexible container bag）に詰め，それらを地区ごとに決められた仮仮置場と呼ばれる交通アクセスの良い農地に山積みにしている．しかしながら，この汚染土の最終処分地は未だに決まっていない．また，2020 年の東京オリンピック開催が決まったことでゼネコン業界が人手不足に陥り，除染作業に遅れが生じることが懸念されている．そのため，自分の農地でありながら自ら手出しができず，農地除染をゼネコンに任せるしかできない避難中の農家からは諦めの声も出てきている．こうした状況を打破し，一刻も早い帰村と農業再生を果たすためには，農家自らが実施できる農地除染法を開発することが必要である．そんな中，著者は NPO 法人ふくしま再生の会（2013）との協働で，放射性セシウムが粘土粒子に固定される性質に着目し，「農地除染 = 粘土粒子除去」という発想で農地除染技術の開発に取り組んでいる．

この解説では，著者がこれまでに取り組んできた農地除染の現場実験を紹介しながら，それらの実験を思いついた背景や今後取り組むべき放射性物質問題に関連した土壌物理学研究について述べる．

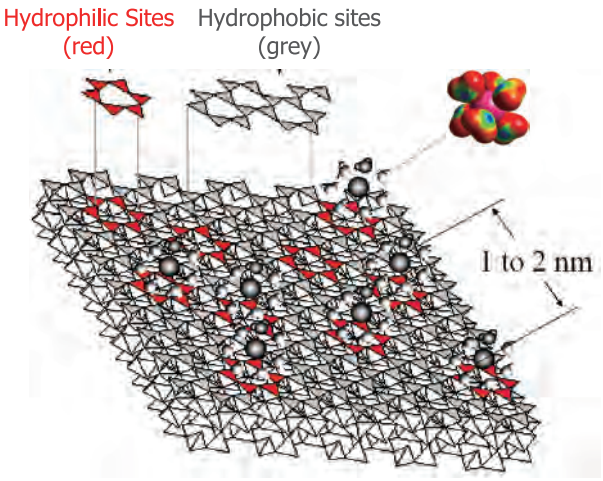


Fig. 1　粘土表面にある六員環の “落とし孔”（Johnston, 2011）．
“Pitfalls” of the six-membered ring on the clay surface（Johnston, 2011）．

2. 粘土と放射性セシウム

福島県飯舘村に分布する土壌には花崗岩を母材にした粘土鉱物が多く含まれる（山口ら, 2012）．その粘土鉱物の代表的なものは 2 : 1 型粘土鉱物が層状に重なった雲母類である．2 : 1 型粘土鉱物の表面には六員環の “孔” が空いていて電気的にマイナスになっている．通常はここにこの “孔” よりイオン直径が小さいカリウムが入り込み，層状の雲母を形成している（中尾, 2012）．しかし，福島原発事故で放出されたセシウムのイオン直径はこの “孔” にちょうど填まり込む大きさなのでカリウム以上に強く固定される（Fig. 1）．身近なものを使ってモデル化すると，パック（雲母）に詰まっていた白卵（カリウム）が赤卵（セシウム）に置換されるようなイメージである（Photo 1）．卵パックは単体の卵よりも大きいので移動しにくい．この強い吸着が，原発事故から 2 年以上経過したにもかかわらず，放射性セシウムが地表面付近に残存したり，降雨の後に泥水の集まり易い場所に粘土粒子が集積してホットスポットを形成したりする原因になっている．Photo 2 は原発事故の 3 か月後に飯舘村内の裸地斜面で測定した放射線量である．雨で斜面上部の粘土粒子が下方に運ばれた結果，斜面下部の放射線量が高くなっている（溝口, 2011）．

農地除染とは，粘土粒子を除去することとほぼ等価で

[1]Graduate School of Agriculture and Life Science, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan. Corresponding author : 溝口　勝, 東京大学大学院農学生命科学研究科
2014 年 1 月 12 日受稿　2014 年 2 月 22 日受理



Photo 1　カリウムと交換して雲母間に固定される放射性セシウムのモデル（卵パック ＝ 粘土シート，白卵 ＝ カリウム，赤卵 ＝ セシウム）．
Egg pack model to explain radiocaesium fixation and exchange of potassium in mica. (egg pack = a pair of clay sheets, white egg = potassium, red egg = radiocaesium).

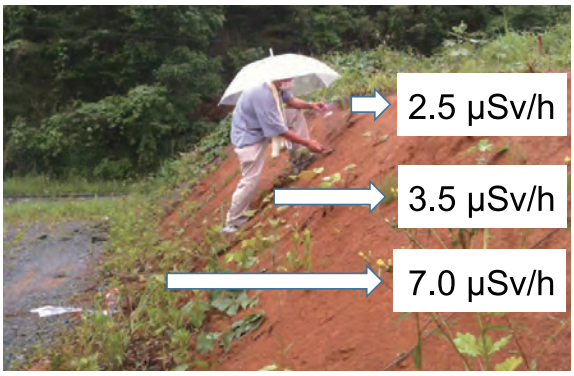


Photo 2　飯舘村の斜面における放射線量測定（2011. 6. 25）．
Measurement of radiation dose on a slope near the Iitate Village office.



Photo 3　凍土剥ぎ取りによる除染（2012. 1. 8）．
Decontamination by stripping frozen soil method .

ある．この基本原則を理解するためには，粘土鉱物学や粘土表面科学の知見に基づいて，粘土表面のセシウムの挙動を分子レベルで理解しておく必要がある．

3. 農地除染の技術開発

3.1 凍土剥ぎ取り法 （溝口，2012a）

福島県飯舘村では雪が少なく気温が低いために冬期に土壌が凍結する．自然凍結した土壌（凍土）はアスファルトのように固いために，数 cm の厚みの凍土を地元農家が所有する重機で容易に剥がすことができる．筆者らは，2012 年の 1 月に 5 cm 程度凍結している水田土壌を剥ぎ取ることで，地表面からの放射線量が 1.28 μSv/h から 0.16 μSv/h に低下することを現場実験で確認した（Photo 3）．この放射線量の低下は，凍土の剥ぎ取りによって土壌表層の放射性セシウムが除去できたことを意味する．実験では 4 m × 5 m の面積の凍土がバックホーにより 20 分程度で効率的に剥ぎ取られた．この方法は自然の寒さに任せるだけで良く，前処理にともなう作業員の被爆リスクを低減させることができる．

この方法を理解するには，0 °C 以下になると土壌の力学特性や水分特性が大きく変化するなど、凍土学や雪氷学の知識が必要である．そもそも筆者がこの方法を思いついたのは，大学院時代の研究テーマが “凍土” であったことが大きい．当時，筆者は土の凍結過程で未凍土から凍土になぜ水分が移動するのかを研究していた．修士 1 年で研究を始めるにあたって北海道の自然凍土や大阪の地盤凍結工法の現場に行き，日本雪氷学会員にもなった．その後，1990 年代後半にはシベリアの永久凍土の調査にも参加した．農学分野で凍土研究が何の役に立つのか悩み，後ろめたい気持ちで研究をしていただけに，まさか飯舘村の農地除染で凍土研究が役に立つとは全く思っていなかった．まさに研究をしていて良かったと思った瞬間だった．

3.2 田車による泥水掃出し法（溝口，2012b）

2012 年 2 月の時点で飯舘村の水田土壌の凍結深は既に 10 cm 以上に達していた．この状況で「凍土剥ぎ取り法」を適用すると，肥沃な表土を無駄に失う．一方，春になると地表面の雪や凍土が融解し，泥水が地中に残る凍土に行く手を阻まれるために，水田のあちこちに放射性セシウムを含んだ泥んこや水溜りができる．筆者らはこの泥水化した土の性質に着目し，地中に凍土が残っている状態で 5 cm ぐらいまで凍土が解ける春先に地表面の泥水を掃きだそうと考えた．しかし，予想に反して凍土はパッチ状に解けるためにこの方法は使えなかった．

通常の代かきではトラクタの重さでセシウムを含んだ表層土が地中にめり込んでしまう．表層土 5 cm だけの代かきはできないだろうか．筆者は水田土壌と水を入れたペットボトルを使ってストークスの法則を説明しながら，NPO 法人のメンバーと議論を繰り返した．こうした議論の末，思いついたのが田車による泥水掃出し法である．

田車は通常，田植え後に使われる（中耕）除草機である．2012 年 4 月に 5 m × 10 m の田んぼに 5 cm 深さ程の水を引き入れ，表層を田車で掻き混ぜ，泥水をテニスコートブラシで掃き出す実験を行った（ふくしま再生の会, 2012）．注水 · 掻き混ぜ · 掃出しを 3 回繰り返し，除染前後の土壌中のセシウム量を測定した．その結果，この方法により放射性セシウムを 80 % 程度除去できることを確認した（Fig. 2）．

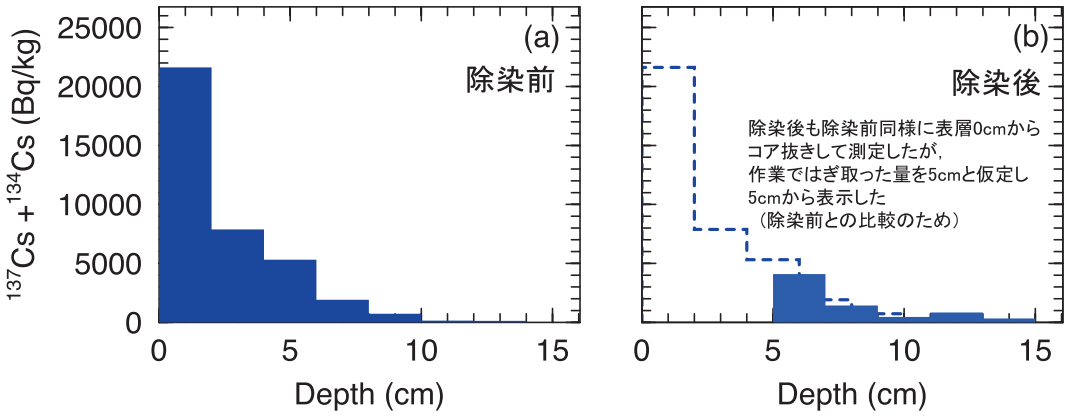


Fig. 2　田車除染前後の放射性セシウムの分布（ふくしま再生の会, 2012）.
The rediocaesium profiles before/after rotary weeding (Resurrection of Fukushima, 2012).

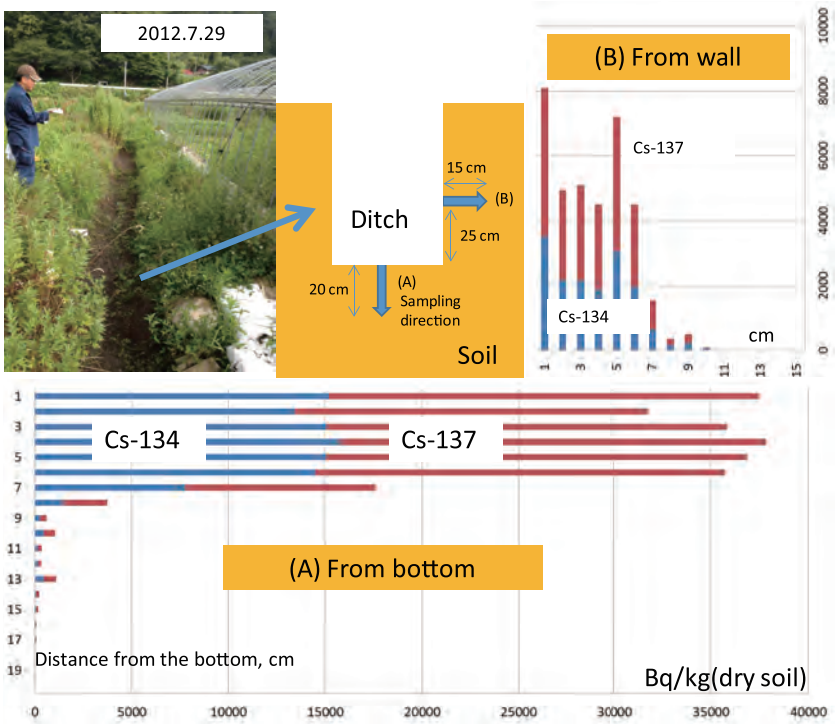


Fig. 3　排水路の周辺土壌の深度別放射性セシウム濃度（溝口, 2012b）.
Concentration of radiocaesium in the soil surrounding the drainage ditch.



Photo 4　田車による除染実験（ふくしま再生の会, 2012）(http://youtu.be/yco5Vio6j4k).
Decontamination by rotary weeding method (Resurrection of Fukushima, 2012) .

問題は泥水処理である．この実験では，泥水を水田の周りに掘った 1 m 深さの素掘りの排水路に溜める方法を採用した．その結果，水田表層から除去された泥水は実験から 3 か月後の 7 月には地下浸透でなくなり，排水路の地表面には乾燥した粘土特有の亀裂ができていた．Fig. 3 は排水路底面および底面から 25 cm 高い側面から 1 cm ごとに土壌を採取し，その放射性セシウム濃度を測定した結果である（溝口, 2012b）．放射性セシウムは底面および側面の 6 ～ 7 cm にまでしか浸透していない．これは素掘りの排水路の底面および壁面が土壌の濾過機能（八幡, 1980）により放射性セシウムを含む粘土粒子を効果的に捕捉するためである．その原理は，砂を入れた穴あきペットボトル に泥水を注ぐ簡単な実験（http://youtu.be/63rWkMGYyYA）で確かめられる．



Photo 5 汚染土の埋設作業（2012 年 12 月）.
Burying work of contaminated soil .

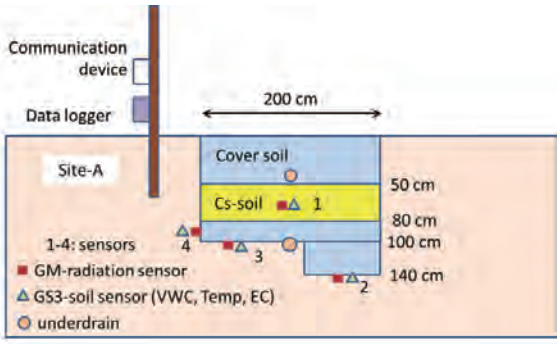


Fig. 4 汚染土を埋設した水田における監視用センサの配置図.
Allocation of sensors in a paddy that buried contaminated soil .

ペットボトルの下から透明な水が出てくるが，粘土粒子は砂の表層に残るのである．

泥水掃出し法では，粘土粒子の水中滞留時間と掃き出しを完了するタイミングが重要である．昔から実践されてきた「代かき」の団粒破壊の効果や土粒子の沈降速度の関係，適当な農業資材を使った粘土粒子の分散・凝集現象の応用など，コロイド科学に関する知見を整理するとより効率的な除染法の開発につながる 可能性がある．蛇足ながら，この方法を実践する前に「田車」の存在を知っていたのはふくしま再生の会のメンバーの中でも，農家の菅野宗夫さんと筆者（農家出身）だけだった．農家自身ができる他の除染法を考える際に，各地域に残っている伝統的な農家の知恵を積極的に活用することも大切である．

3.3 汚染表土の埋設実験 — までい工法（溝口，2013a）

現在飯舘村内のあちこちで表土剥ぎ取りによる除染工事が実施されている．しかしながら，除染で出てきた汚染土壌の処理が大きな課題となっている．廃土処分場を飯舘村内に作るとしてもその場所の選定が難しく，仮に場所が決まったとしても処分場の容量はすぐに飽和状態となることが予想される．また，周辺への粉塵による放射性物質拡散リスクがあり，さらに，放射性物質を含む汚染土壌を処分場に移動させる途中で除染を済ませた地域へ放射性物質を再拡散させるリスクもある．このような状況下で考えられる現実的な対策は，農地の一角に穴を掘って汚染土壌を埋設することである．室内実験の結果によると 50 cm 程度の被汚染土で覆土すれば放射線量を 1/100 くらいに減衰できることが報告されている（宮﨑, 2012）.

この仮説を検証するために，筆者らは 2012 年 12 月に福島県飯舘村佐須滑の水田（約 10 m × 30 m）において，汚染表土を剥ぎ取り，それを丁寧に埋設する「までい工法」の実験を行った（Photo 5）.「までい」とは，古語「真手（まて）」が語源の飯舘村の方言で「手間暇を惜しまず丁寧に心を込めて」という意味である．この工法は，農地除染対策の技術書（農林水産省, 2013）にある①表土剥ぎ取りと③反転耕を丁寧に組み合わせたものである．

埋設した汚染土の挙動を監視するために汚染土を埋めた 2 m × 30 m の長辺 30 m の 5 m と 20 m の地点に土壌センサ（土壌放射線計，土壌水分計，地温・電気伝導度計）をそれぞれ 4 組埋設した（Fig. 4）．また，塩ビパイプで深さ 1.5 m の観測井を設置した．土壌センサデータ，地下水位，現地気象データは 1 時間間隔でデータロガーに記録され，通信機器を経由して現地周辺の画像と共に現地からクラウドサーバに毎日自動転送されている．

埋設土壌の放射線測定にはガイガー・ミュラー（GM）管を用いた．すなわち，GM 管を完全防水型のプラスチック容器（8 cm × 7 cm × 18 cm）に入れ，1 日 2 回の頻度で 60 分間の放射線量をカウントし，それをデータロガーに記録するシステムを試作して用いた．このシステムは 6 W のソーラーパネル 1 枚で作動するのが特徴である．

2013 年 4 月末時点で降水量，地下水位，および土壌中の放射線量について Fig. 5 のような結果が得られた．

井戸の水深は降雨に応答して最大で 130 cm（地下水位 20 cm）まで急激に上昇し，降雨停止後に徐々に低下し，次の降雨で再び上昇する傾向を示した．また，埋設された汚染土の中心の放射線量は 211 cpm であるのに対し，汚染土の下の非汚染土中の放射線量は 20 cm 下で 19 cpm，60 cm 下で 8 cpm だった．これは土の遮蔽効果により汚染土からの放射線が減衰することを示している．さらには，降雨にともなう急激な地下水の変化にもかかわらず土壌放射線量はほとんど変化していない．これは埋設してから約 5 か月間で汚染土から放射性セシウムが漏洩していないことを意味する．

までい工法における最大の課題は，埋設汚染土から長期間にわたってセシウムが漏れないことを証明することである．現在は放射線計を埋設して土壌中の放射線量を監視しているが，土壌物理学の分野で使われて HYDRUS 等のシミュレーションソフトを使いながら，水の浸透にともなうセシウム移動を予測することが必要である．特に，粘土や有機物のコロイドとしての移動の可能性を検討することが重要である．

3.4 浅代かき強制排水法（溝口，2013b）

原発事故から 3 年目を迎え，水田には草や灌木が繁茂し，イノシシが地表面を掘り起し、典型的な耕作放棄状態になっている．行政的に汚染土壌の処分地が決めら

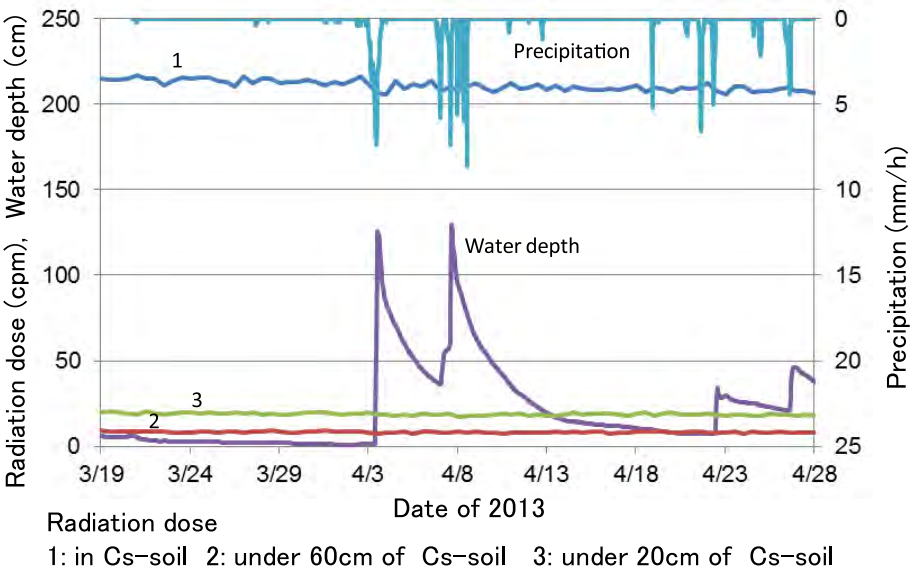


Fig. 5　水田湛水に伴う観測井戸水位と土壌内放射線量の変化.
Changes in soil radiation dose (cpm) and water level in a well in flooded rice field .



Photo 6　代かき強制排水法（2013.5.18）
正面：http://youtu.be/rqOyqHwZEFQ
側面：http://youtu.be/4uwW2gfHQJA .
Decontamination by forced drainage of puddling muddy water .

れない状況の中で，これ以上水田を放置すると除染どころか農地としての再生そのものが困難になる．そこで，著者らは 2013 年 5 月に農家自身が保有するトラクタを使って実施できる「代かき強制排水法」の実験を試みた．

これは，水田の一角に素掘りの穴を掘り，代かきで発生する泥水を素掘りの穴に流し込む方法である（Photo 6）．トラクタの自重で表層土がめり込むことは避けられないが，水田は既にイノシシによって掘り返されてしまっている．代かきを何度か繰り返すことで粘土粒子に固定された放射性セシウムを作土層から少しずつ除去することを考えた．この実験でも一連の作業の過程における水田の空間線量や素掘り穴の地表面と地下 40 cm の放射線量を 3.3 と同様の方法でモニタリングした．

この方法は農水省マニュアルの②水による土壌撹拌・除去と③反転耕の組み合わせである．この方法の合理性を理解するには田車除染法と同様にコロイド科学に関する知見が必要である．すなわち，3.2 で述べた「土壌の濾過機能」によって泥水が地中に浸透する過程で粘土粒子が土壌間隙に捕捉されることを原理的に理解する必要がある。しかしながら，放射性セシウムが有機物に吸着し，その有機物がコロイドを形成して浸透する場合でも捕捉されるのかどうかは不明な点もある．その意味では土壌中におけるコロイドの移動やクロッギングの現象を土壌物理研究として解明することが重要である．

4. 放射線センサを用いたフィールドモニタリングシステム

飯舘村は現在も避難区域に指定されているため，被ばく量を考えると現地に継続的に張りついての環境計測は困難である．したがって，リモートで現地の状況を連続モニタリングできるシステムの導入が有効である．

フィールドの環境計測では，通常，センサとデータロガーを組み合わせたシステムが使われる．遠隔地にこのシステムを設置した場合，現地から戻った後にデータを確認でき，仮にデータが取れていないときにはその原因を推測できると便利である．そこで，筆者は，現地に設置したデータロガーや Web カメラを一時的にインターネットに接続する「フィールドモニタリングシステム（FMS; Field Monitoring System）」を着想し，必要な要素技術を開発してきた（溝口, 2012c）．

FMS は，現地のデータロガーに通信機能を付加し，インターネット経由でデータをサーバに転送し，ユーザがそのサーバから自分の PC や携帯端末にデータを取り出すシステムである（Fig. 6）．このシステムの重要な技術は，フィールドルータ（FR），ネットワークアダプタ（NA），データサーバ（DS）である．

4.1 フィールドルータ（FR）（Mizoguchi et al., 2011）

FR は，現地データをインターネット経由でサーバに転送する機器であり，リアルタイム性を多少犠牲にして

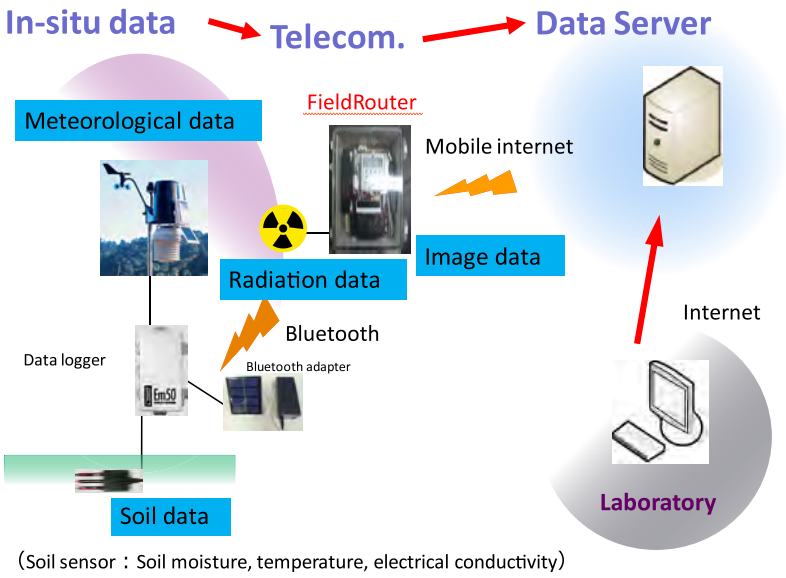


Fig. 6 フィールドモニタリングシステムの概略図.
Schematic diagram of the Field Monitoring System（FMS）.

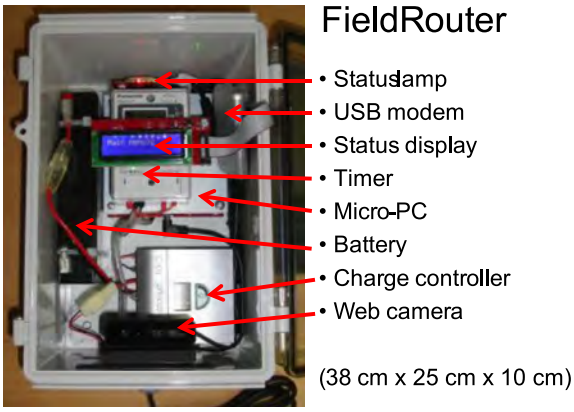


Fig. 7 フィールドルータの概略図.
Schematic diagram of the FieldRouter ™(FR) .

日単位でデータにアクセスするのが特徴である.

FR の構成は，Micro-PC，USB モデム，USB Bluetooth ドングル，小型バッテリ，チャージコントローラ，ソーラーパネル，タイマー，ステータスランプ，Web カメラである．これらの部品が，防水・防塵加工された箱に収納されている（Fig. 7）．タイマーにより FR の稼働時間は 1 日 30 分に制限しているため，電力消費量が押さえられ，6 W 程度のソーラーパネルで稼動する．FR が定時に立ち上がると，Web カメラの現地画像と各データロガーのデータがインターネット経由でサーバに送信される．FR は日本国内ならほとんどの地域で利用でき，海外であれば，対象とする地域で GSM/3G の携帯電話が使えることを確認した上でその国内の SIM カードを USB モデムに挿入すれば利用できる.

4.2 ネットワークアダプタ（NA）

NA は，シリアル通信ポートを持つデータロガーに Bluetooth 通信機能を付加する機器である（Fig. 8）．NA はシリアル接続可能な全てのデータロガーに対応する．また，Bluetooth 対応のカメラを増設することにより現地の様子を複数の角度から見ることもできる．さらには，FR がなくても最近普及している Android 携帯アプリからデータを取得することも可能である.

4.3 データサーバ（DS）

FR で転送された現場データは，データサーバ（DS）に保存される．したがって，ユーザは Web のポータルサイトから DS にアクセスするだけで，遠隔地の画像とデータにアクセスできる（Fig. 9）．また，現地データの他にデータロガーの電池の消耗具合など，FR の稼働状況を確認できる.

4.4 飯舘村内の環境モニタリング（Mizoguchi et al., 2012）

除染の効果を評価するためには，いくつかの重要なポイント（ホットスポット）で継続的に放射線モニタリングを行う必要がある．特に，降水量や風向風速などの気象と放射線量の関係，降水量と小河川の流出量や濁水量との関係，地下水位変動にともなう埋設した汚染土壌の挙動を注意深く観測することが重要である．飯舘村内には行政区内の水田，森林，民家など，携帯電話の電波が入る複数の地点に FMS が設置されている．それらのデータはインターネット経由で PC やスマートフォンを使ってどこからでも見ることができる.

Fig. 10 は，飯舘村の（A）森林内，（B）森林伐採地，（C）民家の庭で測定している空間線量データの一例である．現地画像データと比較することにより積雪で空間線量が低下することや，気象データと比較することにより晴天で乾燥した日に空間線量が高くなる傾向があることなどがわかる．ただし，ここで利用した放射線センサは開発中のフォトダイオード半導体センサ（Radiation-watch.org, 2011）のため，時々雑音を拾ってデータが不安定になることがある．しかし，定点自動観測による連続データは，放射線変化のトレンドを見るには有効である．今後，放射線センサの専門家と連携してより良いセ

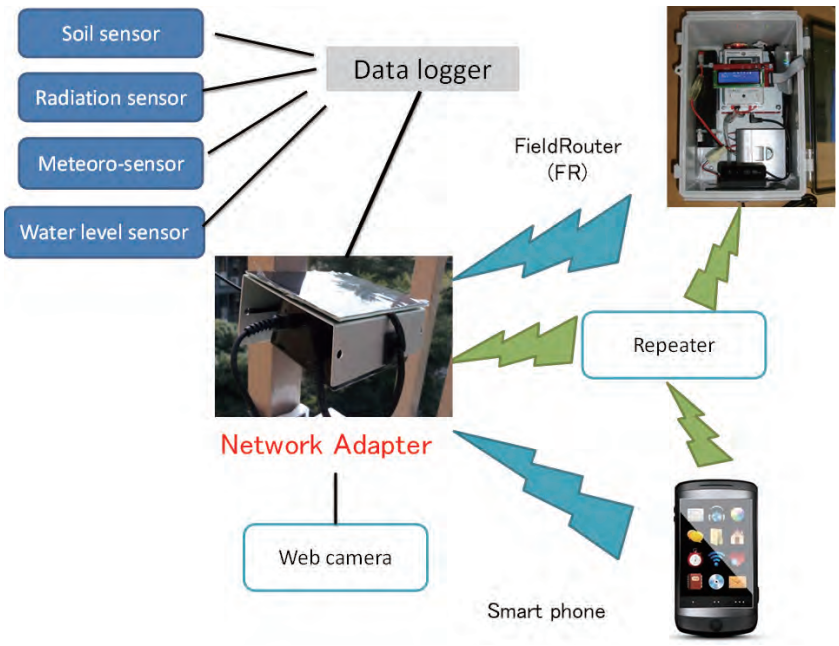


Fig. 8　ネットワークアダプタの利用法.
Usage of Network adapter .

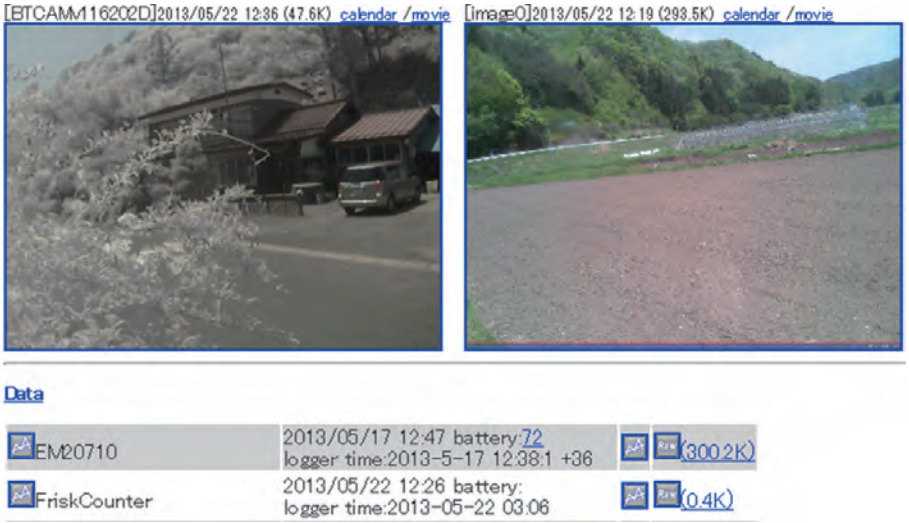


Fig. 9　飯舘村の水田環境モニタリングポータルサイト
(http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/monitoringsite.html).
A portal site for the environmental monitoring data at a paddy field in Iitate village .

ンサ開発を進める必要がある.

フィールド科学にとって遠隔地のフィールドモニタリングはキーテクノロジである．センサネットワーク，クラウド，ビックデータ等，最新の情報通信技術を使うことによって，フィールド研究の方法を根底から変える可能性を秘めている．自動的に回収される膨大なデータをいかに処理し，わかりやすく伝えるか，情報科学分野の研究者との連携が不可欠である．これからの若い土壌物理学会員は，クラウドやビックデータを扱える新しい情報通信技術を使いこなせるよう，ある程度のプログラミングスキルを高めておく必要がある.

5. おわりに

常々，筆者は研究は自由な発想に基づいて行うべきだと思っている．しかし，原発事故で汚染された農地土壌除染に関しては，世界中の全ての分野の研究者が総力戦で一刻も早い解決策を提示すべき問題であると思っている．そうした状況の中で，土壌物理学は大変重要な学問である．そして，土壌物理学の専門家集団で構成される土壌物理学会には大きな期待と責任が課せられている．こうした状況の中でどうすべきか．私たち土壌物理学会員は，社会ニーズを的確に把握し，放射性物質で汚染された土地の再生という共通の目標に向かって，まずは現場を見て，堂々と他分野の研究者や技術者，時には行政

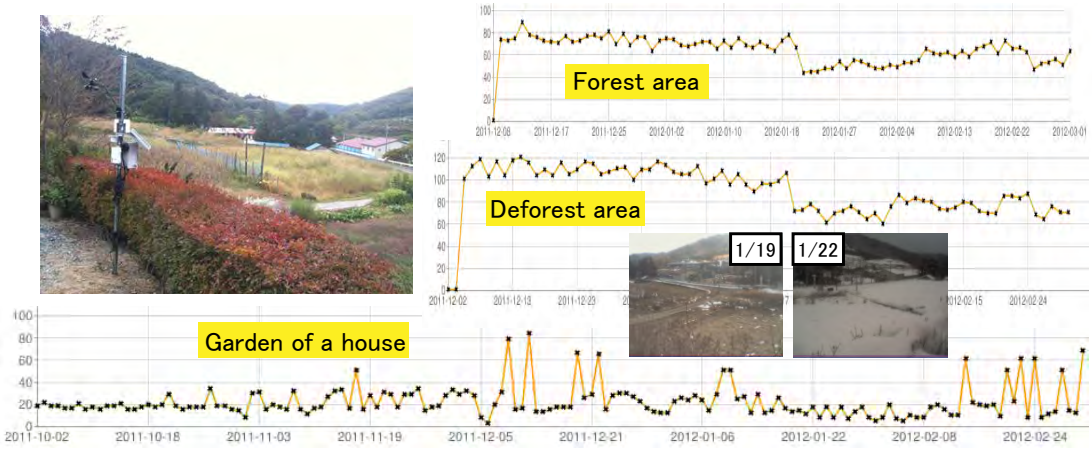


Fig. 10　飯舘村に設置された三か所の FMS サイトにおける空間線量の比較.
Comparison of radiation dose at three FMS sites in Iitate Village (a garden, a forest, and a deforested area) .

や NPO メンバーと協力しながら問題解決に貢献していくことが大切である.

引用文献

ふくしま再生の会 (2013): http://www.fukushima-saisei.jp (2014 年 2 月現在).

Johnston, C.T. (2011): 粘土表面の放射性セシウムの吸着特性とその挙動. 特別セミナー資料, http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/seminar/110530cliffseminar.html (2014 年 2 月現在).

中尾　淳 (2012): セシウムの土壌吸着と固定. 学術の動向, 10: 45.

農林水産省 (2013): 農地除染対策の技術書. 平成 25 年 2 月.

宮﨑　毅 (2012): 土によるセシウム放射線の減衰効果, 東日本大震災からの農林水産業の復興に向けて — 被害の認識と理解, 復興へのテクニカル リコメンデーション —. 日本農学会, 21, http://www.ajass.jp/image/recom2012.1.13.pdf (2014 年 2 月現在).

溝口　勝 (2011): セシウム汚染緩和に泥の性質を生かせ — 飯舘村で考える. 季刊地域, 7: 87–89.

Mizoguchi, Ito, T., Chusnul, A., Mitsuishi, S. and Akazawa, M. (2011): Quasi real-time field network system for monitoring remote agricultural fields, Proceedings of SICE Annual Conference, 1586.

溝口　勝 (2012a): 冬の間に凍土を剥ぎ取れ! — 自然凍土剥取り法による土壌除染 —. 農業農村工学会誌, 80(2): 152.

溝口　勝 (2012b): 農地除染の新たな試み. 学術の動向, 10: 52–56.

溝口　勝 (2012c): フィールドモニタリングシステム. 水土の知, 80(9): 50.

Mizoguchi, M., Ito, T. and Kobayashi, D. (2012): Environmental monitoring of village contaminated by radionuclides, Proceedings of AFITA/WCCA 2012, p.138, Taipei, Taiwan.

溝口　勝 (2013a): 福島県飯舘村の水田における Cs 汚染表土の埋設実験. 農業農村工学講演要旨, 660–661.

溝口　勝 (2013b): 土壌除染と放射線モニタリング. 計測と制御, 52(8): 730–735.

Radiation-watch.org. (2011): ARCHIVE 2011/07/22, http://www.radiation-watch.org/ (2014 年 2 月現在).

塩沢　昌, 田野井慶太朗, 根本圭介, 吉田修一郎, 西田和弘, 橋本　健, 桜井健太, 中西友子, 二瓶直登, 小野勇治 (2011): 福島県の水田土壌における放射性セシウムの深度別濃度と移流速度. RADIOISOTOPES, 60: 323–328.

山口紀子, 高田裕介, 林健太郎, 石川　覚, 倉俣正人, 吉川省子, 坂口　敦, 朝田　景, 和穎朗太, 牧野知之, 赤羽幾子, 平舘俊太郎 (2012): 土壌 – 植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因. 農環研報, 31: 75–129.

八幡敏雄 (1980): 濾過機能に関連する事項. 土壌の物理. pp.142–156, 東京大学出版会 (第 3 刷), 東京.

要　　旨

農水省は福島で表土剥ぎ取り法による農地除染を行っている. しかし, 汚染土壌の最終処分地は決まっていない. 一刻も早い農業再生のためには, 農家自らが実施可能な除染方法を開発することが重要である. 筆者は NPO 法人と協働で, 粘土とセシウムの性質を活かした除染法の開発に取り組んでいる. 本論文では, いくつかの現場実験を紹介しながら, 福島における土壌物理学研究のヒントについて述べる.

キーワード：農地除染, 粘土科学, 凍土, 代かき, モニタリング