

ICRPダイアログセミナー
2013.7.7
福島市保健福祉センター

農地回復に向けた 新しい除染の試み

溝口勝



ふくしま再生の会・理事
東京大学「福島復興農業工学会議」
土壌物理学会長



東京大学大学院農学生命科学研究科教授

略歴（溝口勝）

- 1960 栃木県大田原市生まれ（農家の次男）
1982 東京大学農学部**農業工**学科卒業 **自然児・運動バカ**
1984 三重大学農学部助手（農業物理学） **土壌物理学・熱力学オタク**
1990 農学博士「土の凍結に伴う水分・熱・物質移動に関する研究」
1995 三重大学生物資源学部助教授（農業物理学） **インターネットオタク**
1999 東京大学助教授 大学院農学生命科学研究科（環境地水学） **シベリア**
フィールド科学
2003 内閣府技官（参事官補佐）併任 **役人道**
2005 東京大学准教授 大学院農学生命科学研究科（国際**情報**農学）

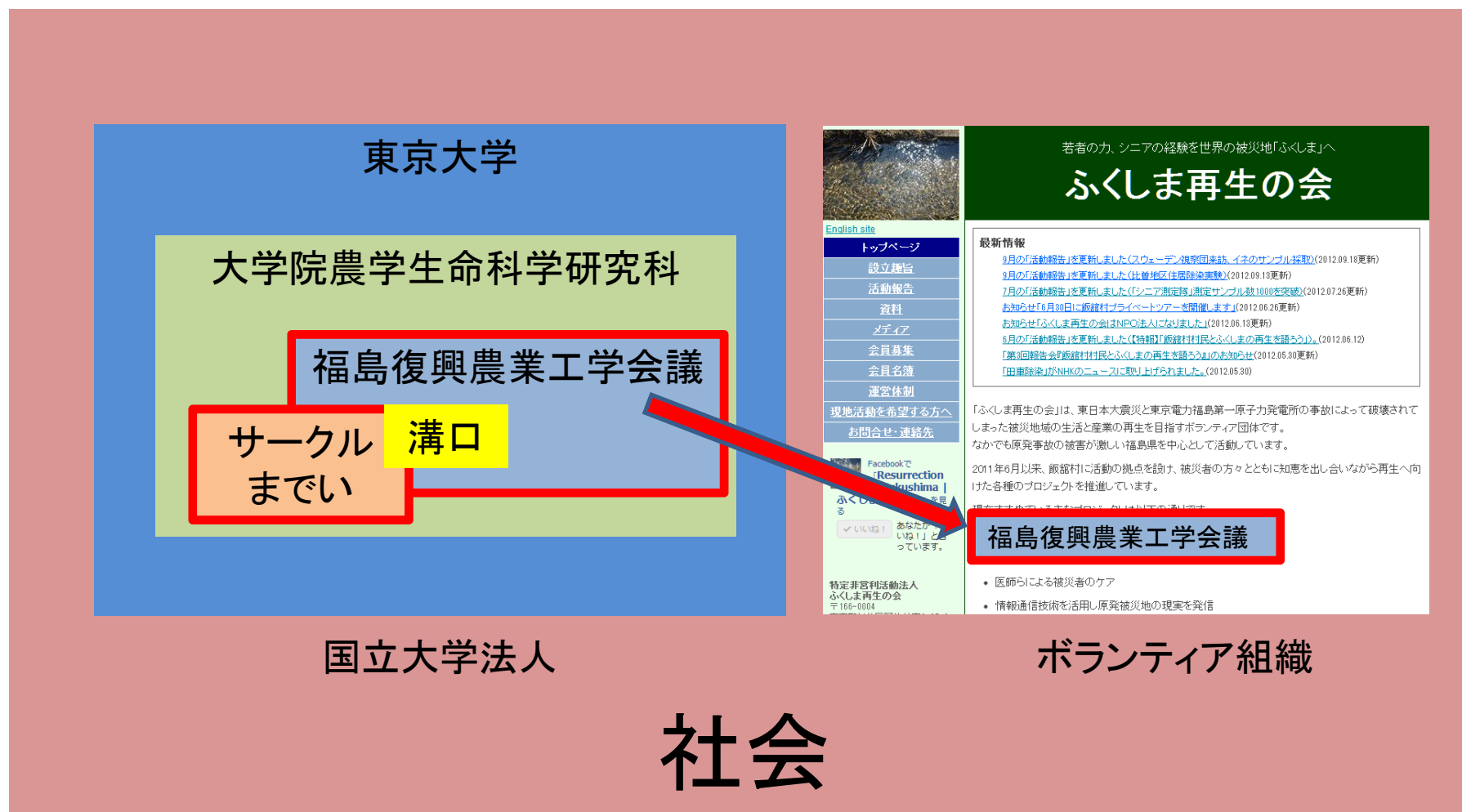
2008 東京大学教授 大学院情報学環
2010 東京大学教授 大学院農学生命科学研究科（国際情報農学）
農業ICT

2011.3.11 東日本大震災

農地除染法開発の取り組み(溝口)

- (2011.3.15) 東大農業工学会議の仮設立
- (2011.5.30) 粘土表面の放射性セシウムセミナー
- (2011.6.7) 簡易空間線量計プロジェクト協力
- (2011.6.11) 土壌水分センサー講習会
- (2011.6.20) ボランティア未来農水と土サポート
- (2011.6.25) 飯舘村踏査
- (2011.7.10) 中山間地セミナー:飯舘村の『土』は今
- (2011.7.29) 震災復興への処方箋セミナー
ー農業工学でできることー
- (2011.8.30) ふくしま再生の会との出会い
- (2011.9.4) 東大農業工学会議現地調査

研究者としての立場



平日: 大学人、週末: 「ふくしま再生の会」

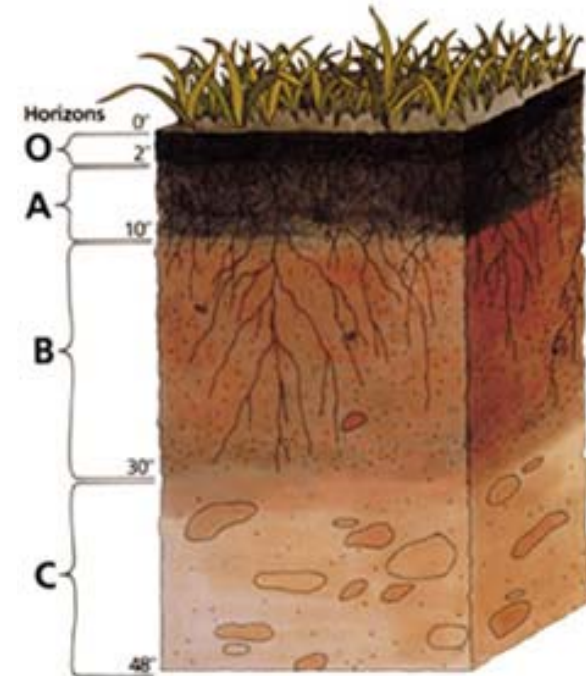
「ふくしま再生の会」のミーティング



東京大学「福島復興農業工学会議」(2011.9.4)

土壌学の基礎

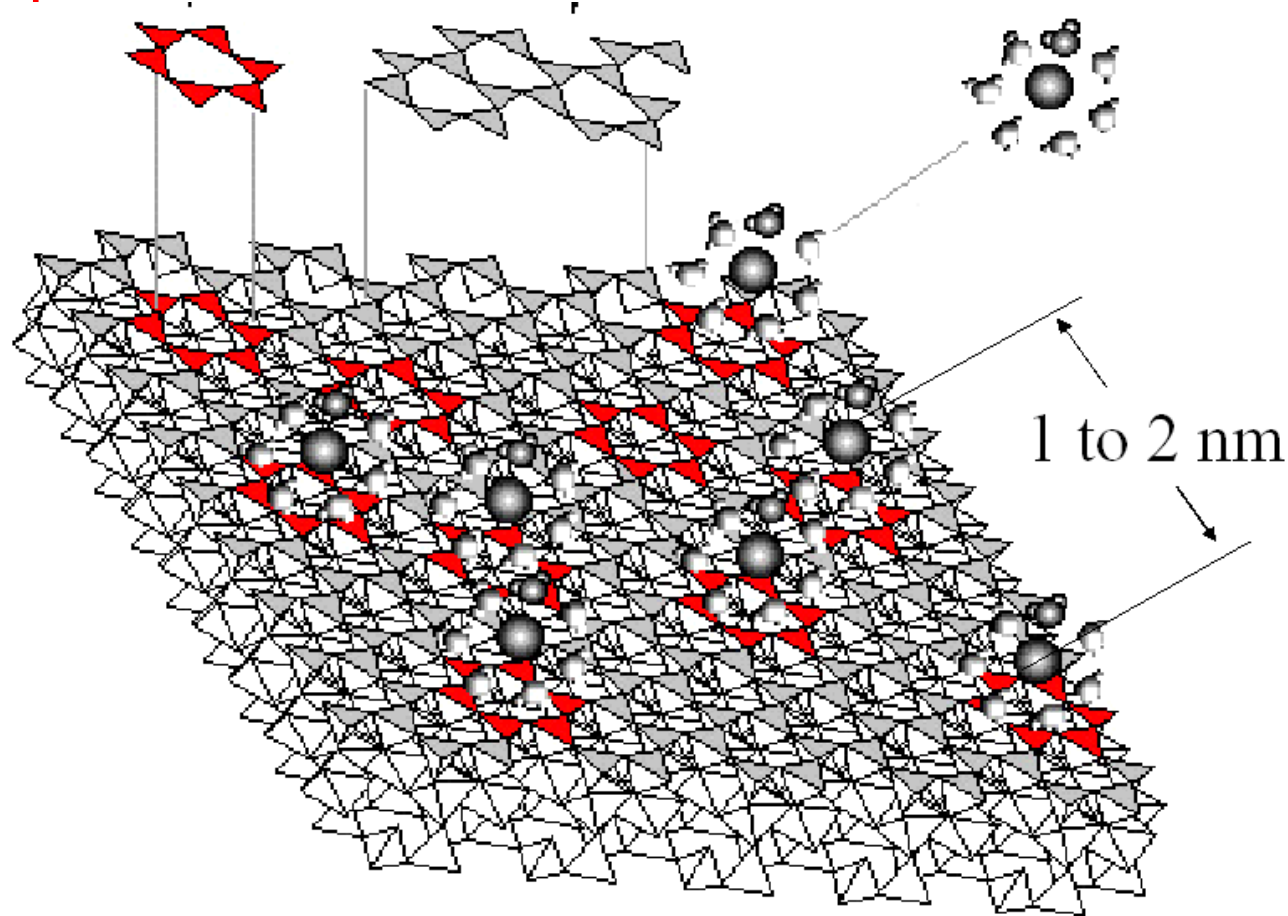
- 土は何でできているのか？
 - 土粒子、水、空気
- 土粒子の分類
 - 大きさで分類される
 - 砂、シルト、粘土
- 粘土の性質
 - 水に沈みにくい
 - 水を含むとドロドロ
 - 乾くとカチカチ



ペットボトルの土粒子沈降実験

放射性セシウムは粘土表面の穴に 落ちている！

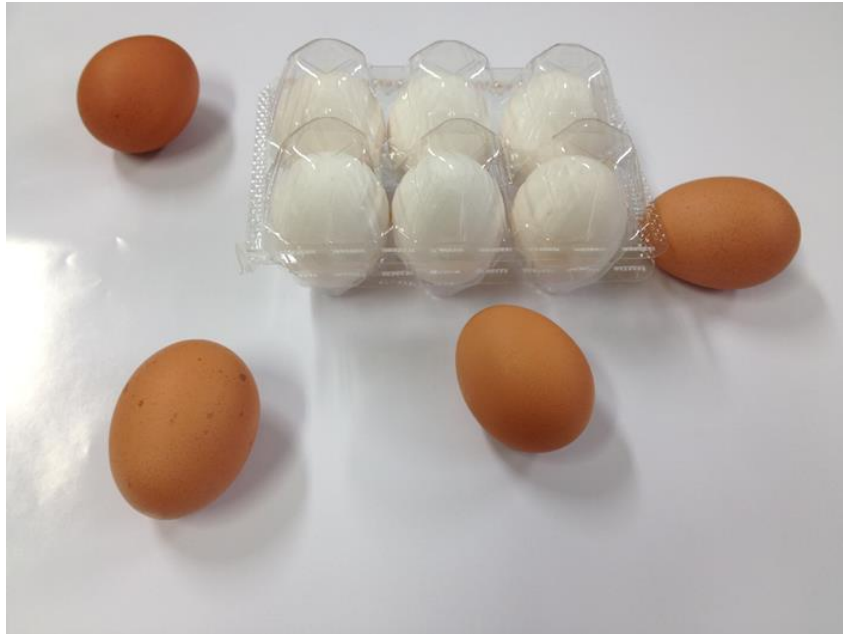
Hydrophilic Sites



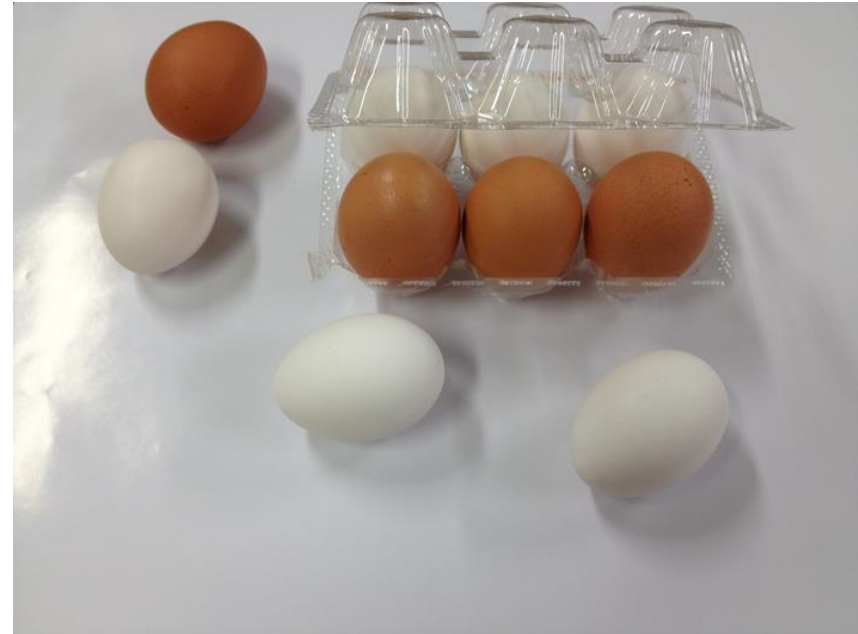
「粘土表面の放射性セシウムの吸着
特性とその挙動」の資料より抜粋

by Prof. C.T Johnston @Purdue Univ.⁷

放射性セシウムはカリウムと交換して 粘土に固定される



卵パック＝粘土粒子

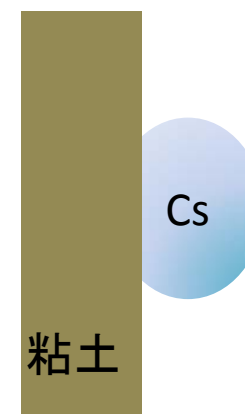


白卵＝カリウム

赤卵＝セシウム

放射性セシウムを理解するポイント

- 粘土粒子と一体化して考える
- 粘土の移動に注意する
- 粘土の除去を考える



飯舘村役場横の斜面の放射線量測定 (2011.6.25;溝口・登尾)



2.5 $\mu\text{Sv/h}$

3.5 $\mu\text{Sv/h}$

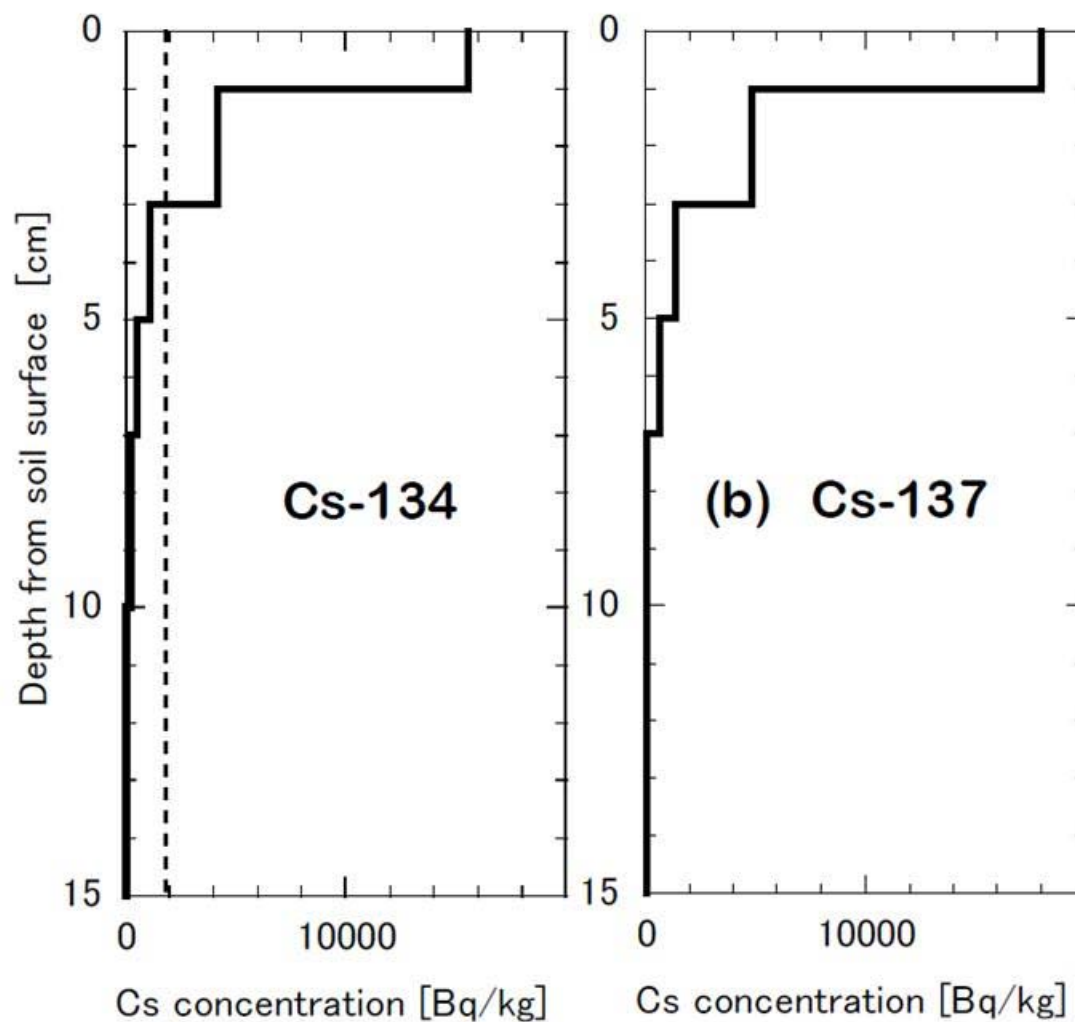
7.0 $\mu\text{Sv/h}$

道路わきの値が高い(2011.6.25;溝口・登尾)



放射性セシウムの濃度(2011.5.24)

実線: 不耕起水田, 破線: 耕起水田



塩沢ら: 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誌, 8月号, 2011 より引用

農地の除染法

農林水産省

農地除染対策の技術書概要 【調査・設計編、施工編】

平成24年8月



表土削り取り



水による土壌攪拌・除去



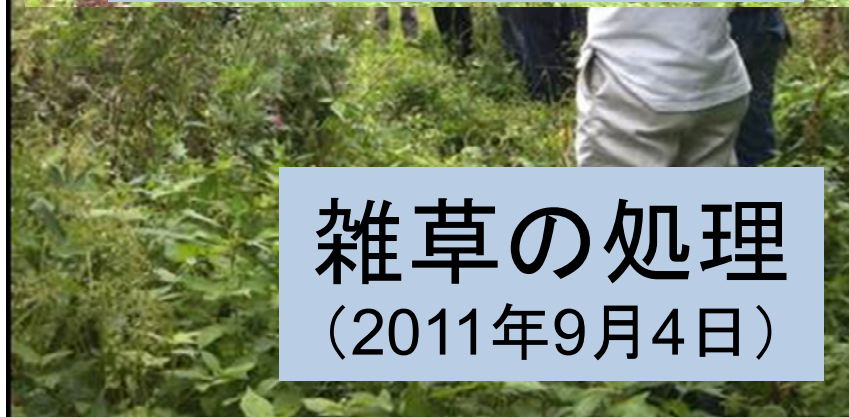
反転耕

行先はどこ？

汚染土の入ったフレコンバック (2012年6月24日)



中山間地の水田の除染をどうするか？



茫然！

- 何ができるのだろうか？？



- 飯館の冬はとても寒らしい
– 霜柱で土を持ち上げられるかも？

板状で剥ぎ取られた凍土(2012年1月8日)

あれっ、先生じゃないですか！



地表面からの放射線量(コリメータ付)が1.28 μ Sv/hから0.16 μ Sv/hに低下

凍る水田 除染一気

福島・飯館

河北新報
(2012.1.17)

東京新聞
(2012.1.19)

菅野さんは「机上の発
想と違い、村の実情に合
って莫大（ばくだい）な
金も掛からない方法だ、

都市と地方の
認識のずれ

住民と研究者グループ実験

福島県飯館村佐須地区で「帰村」に向けた山林除染などの活動に取り組む住民と研究者のグループが14日、セシウムを含む水田の表土を凍ったままはがし、埋める実験を行った。土中のセシウムの90％は地表5センチ以内にあるとされ、冬の寒さを生かして、一気に水田除染を行える合理的な方法とグループは話している。

削除

このグループは、伊達市内に避難中の農業菅野宗夫さん（60）＝村農業委員会会長＝と、東京、つくば市などの研究者、医師らの「ふくしま再生の会」（150人）。

開いて覆土をする、マッから、一石二鳥の効果があ
トは土から地中への水の
浸透を防ぎ、また内部に
セシウムをよく吸収する
ベントナイトという土の
層を挟んであることか

効果を確認められたら、
一日も早く国の事業化
を提案し、帰村の希望に
つなげたい」と話してい
る。

処理も効率的に

寒さ生かした「表土はぎ取り式」



田んぼの凍った土をはぎ取って埋める溝口教授らの実験

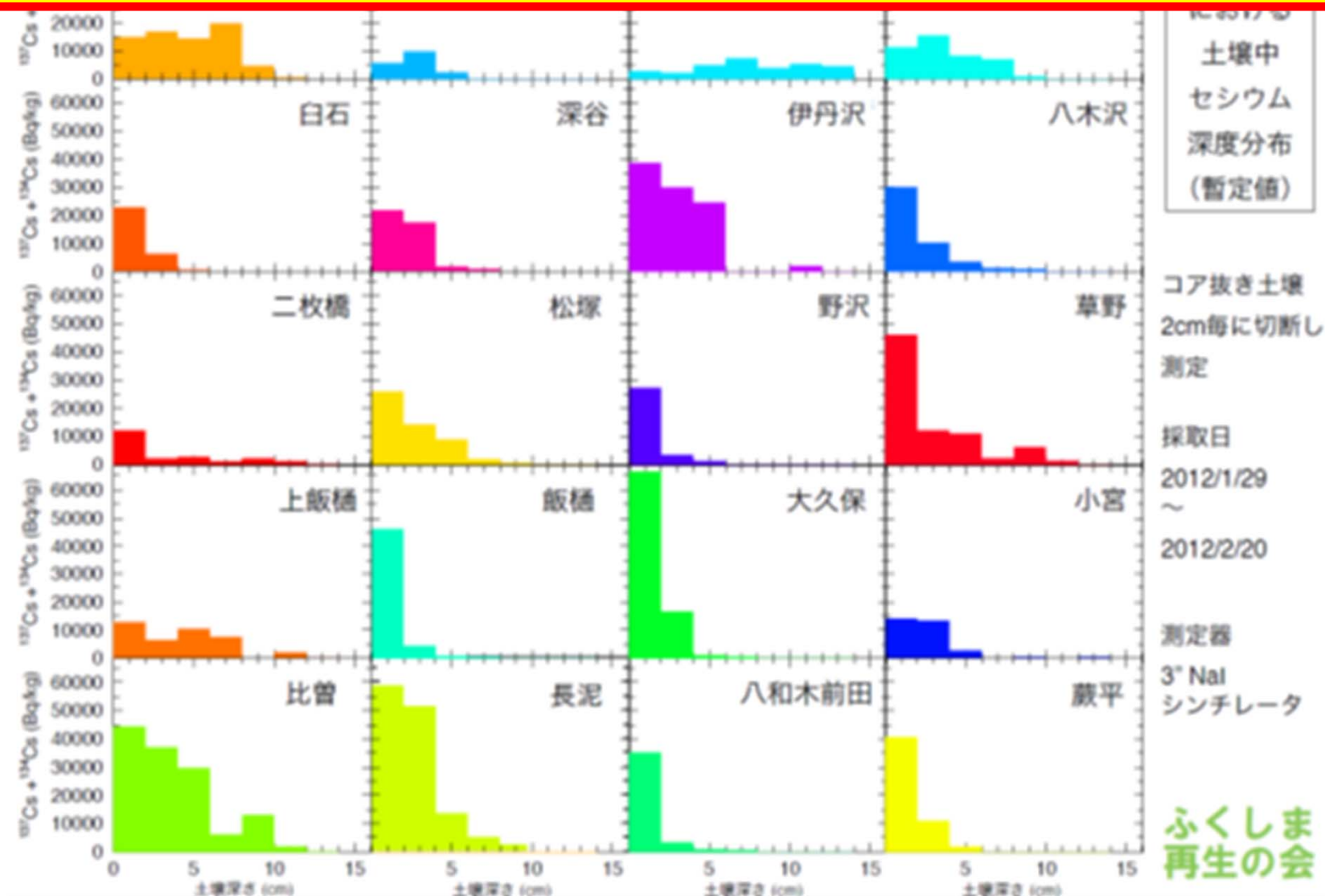
土壌学の専門家、溝口勝東京大学大学院農学生命科学研究科教授が実験を提案。冬は表土が凍る高冷地の村の環境と、セシウムの性質に着目した。実験では、菅野さんの自宅近くの田んぼを使い、深さ5、10センチまで凍った土をパワーショベルではがし、田の端に掘った同1・3メートルの穴に埋めた。はがされた土は、長さ40センチほどの大ききの固まりになり、セシウムを封じ込めたまま埋めることなく処理できる。仮置き場とする穴には、ダムの水漏れ防止工事などに用いられる特殊なマットを敷き、土を密

＝福島県飯館村佐須地区

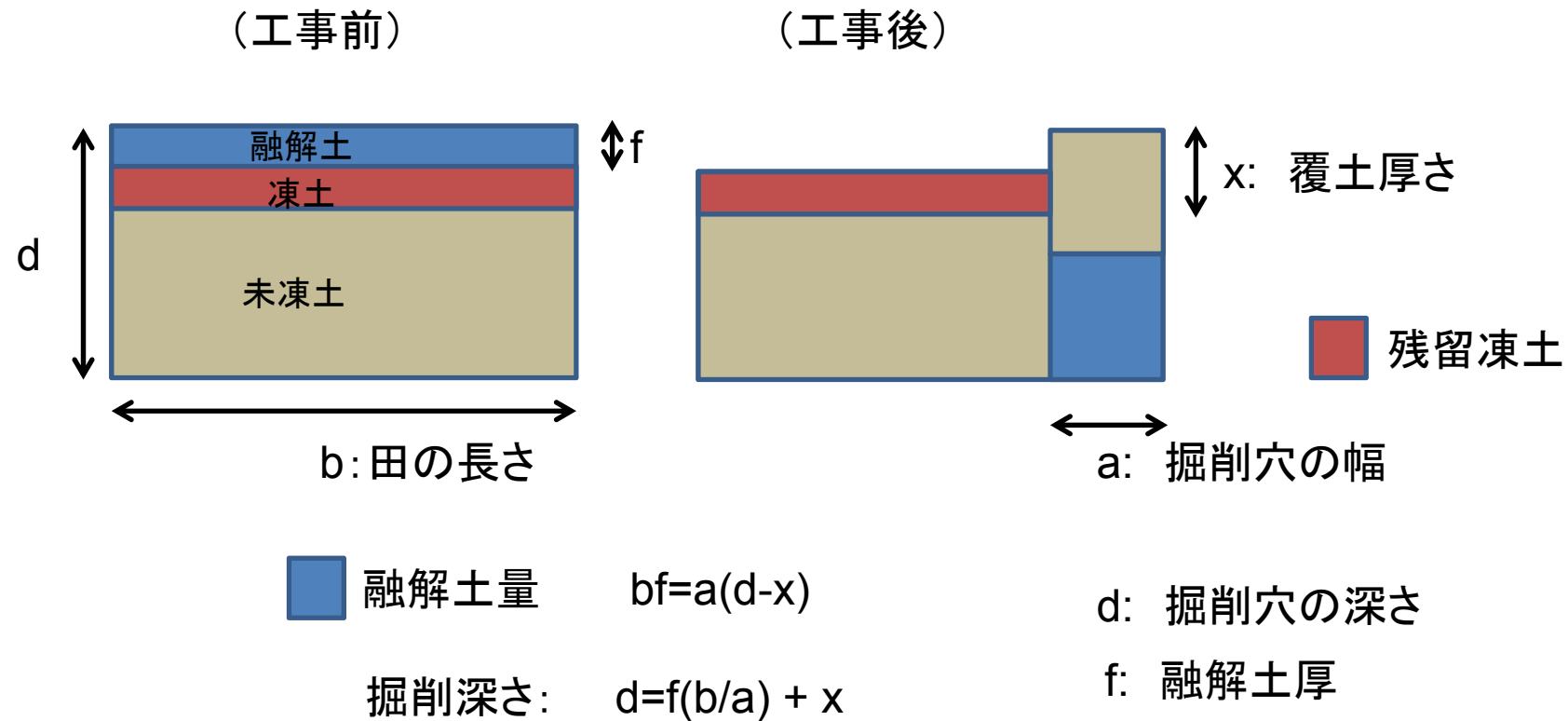
飯舘村19行政地区の水田土壤の セシウム分布調査(2012年2月)



しかし、2月では土が凍り過ぎている！



融解土掃出法



試算1: $a/b = 0.1$ (10%), $f = 5\text{cm}$, $x = 50\text{cm}$ とすると、 $d = 100\text{cm}$

融雪期の水田 (2012年3月17日)



融解土掃出法は未遂！

頭だけで考えても問題は
解決できない

凍結は均一
融解は不均一！



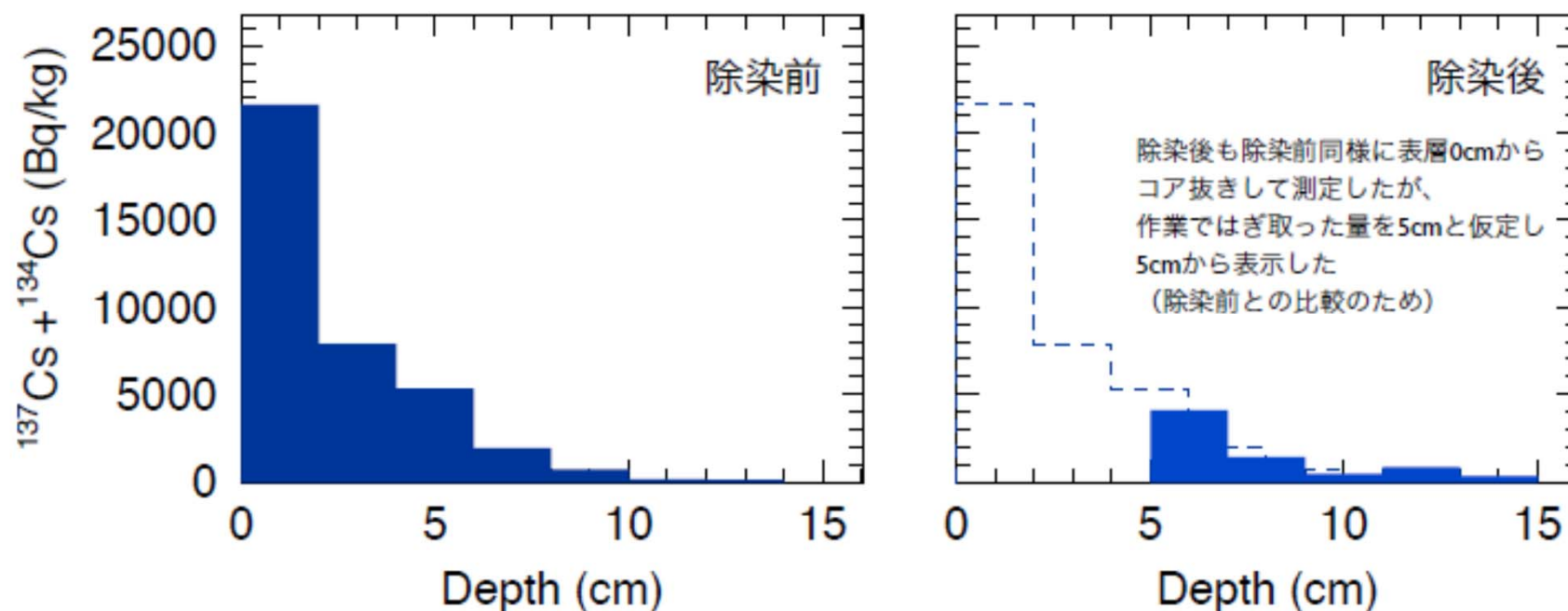
再び茫然！

次の冬まで待たねばならないの？

田車による除染実験(2012年4月)



田車代かき掃出し法の効果





2012.4.29 田車除染法で掃き出した泥水を排水溝に貯める



2012.6.24 排水溝の泥水は地下浸透により自然に減容化される

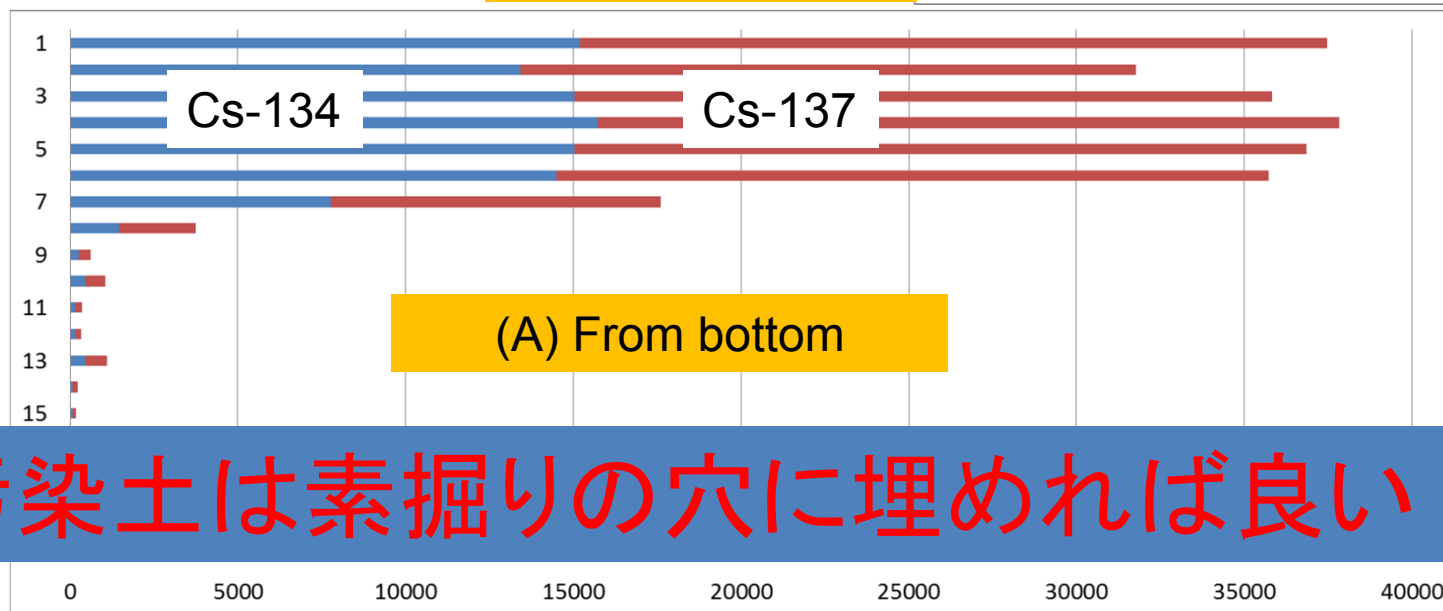
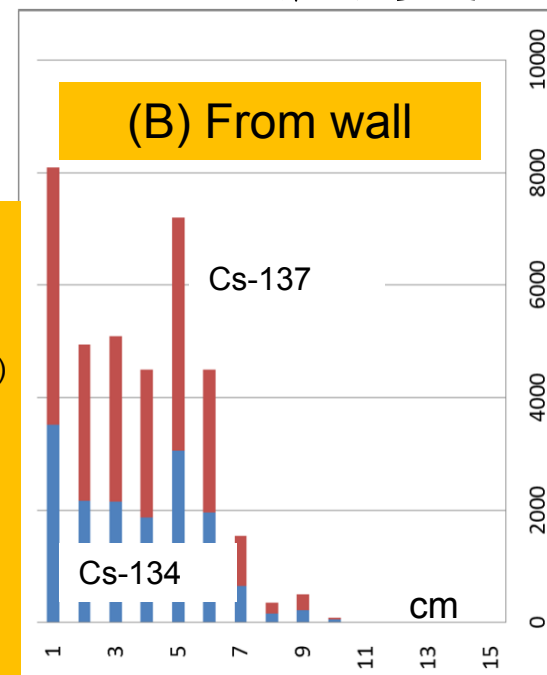
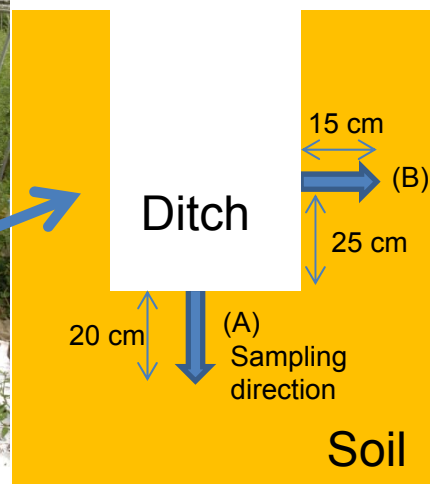


2012.8.26 排水溝の土壌採集。これを1cmごとに袋に詰め、放射性セシウム濃度を測定。



2012.8.26 泥水が排水溝表面に捕捉されたことを示す粘土特有の亀裂

土壌中の放射性セシウム濃度



汚染土は素掘りの穴に埋めれば良い

土の濾過機能



泥水は砂の層を通るだけで透明になって出てくる。放射性セシウムのほとんどは粘土粒子に強く吸着(固定)されているので、セシウムだけが水中に溶け出すことはない。

農地の下の土はこの実験の砂の層よりも厚い上に、砂よりも細かい粒子で構成されていることが多いので、放射性セシウムを固定した粘土はそれらの粒子の間に次々に捕捉される。

までい工法

- 農水省が推奨する除染工法
 - ①表土剥ぎ取り、②代かき、③反転耕



- までい工法
 - 農地に穴を掘り、剥ぎ取った汚染表土を埋設
 - 表土剥ぎ取りと反転耕の組み合わせ工法
 - 反転耕より丁寧に上下の土を入れ替える

「までい(真手い)」＝飯舘村の方言で「手間ひまを惜しまず」、
「丁寧に」、「時間をかけて」、「心を込めて」という意味

までい工法(実践)

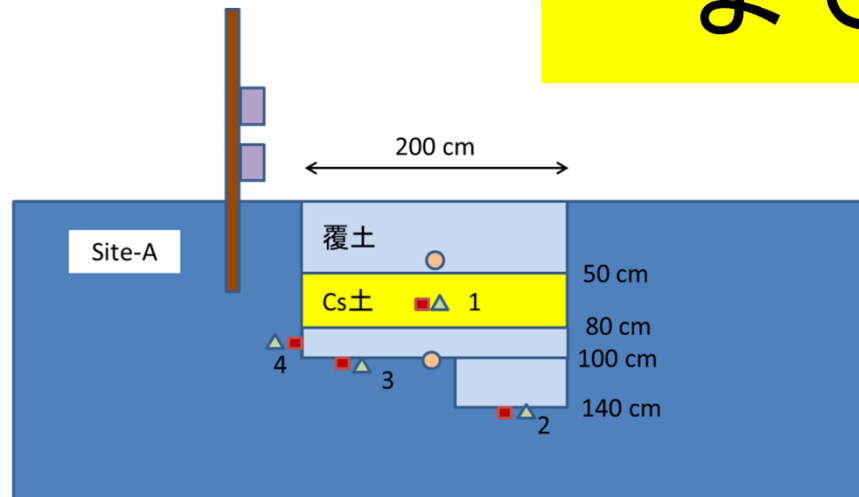


汚染土の埋設

よいとまけ(土の締固め)

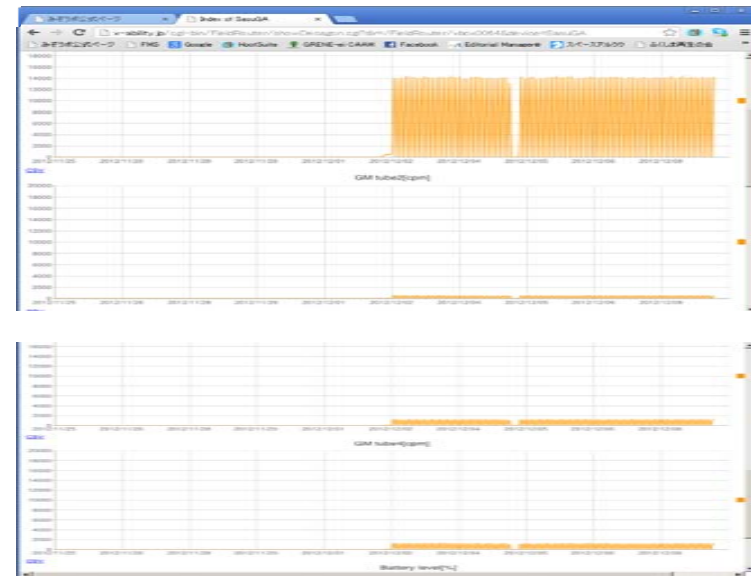
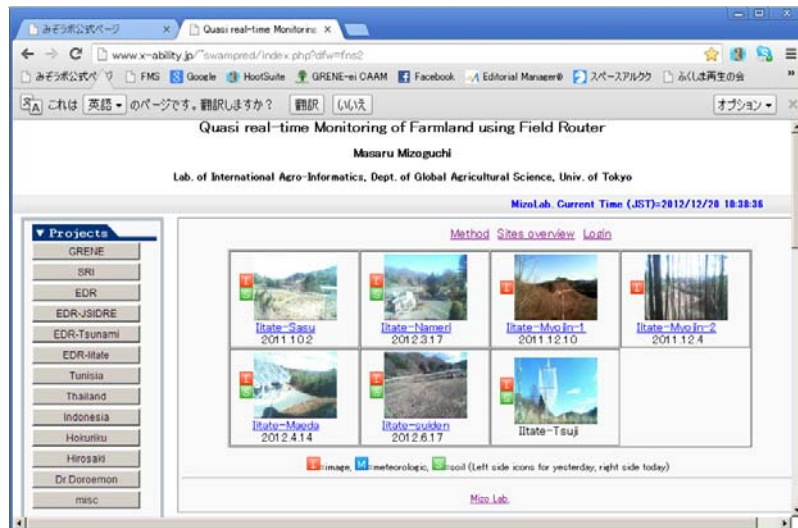
2012.12.1

までいモニタリング

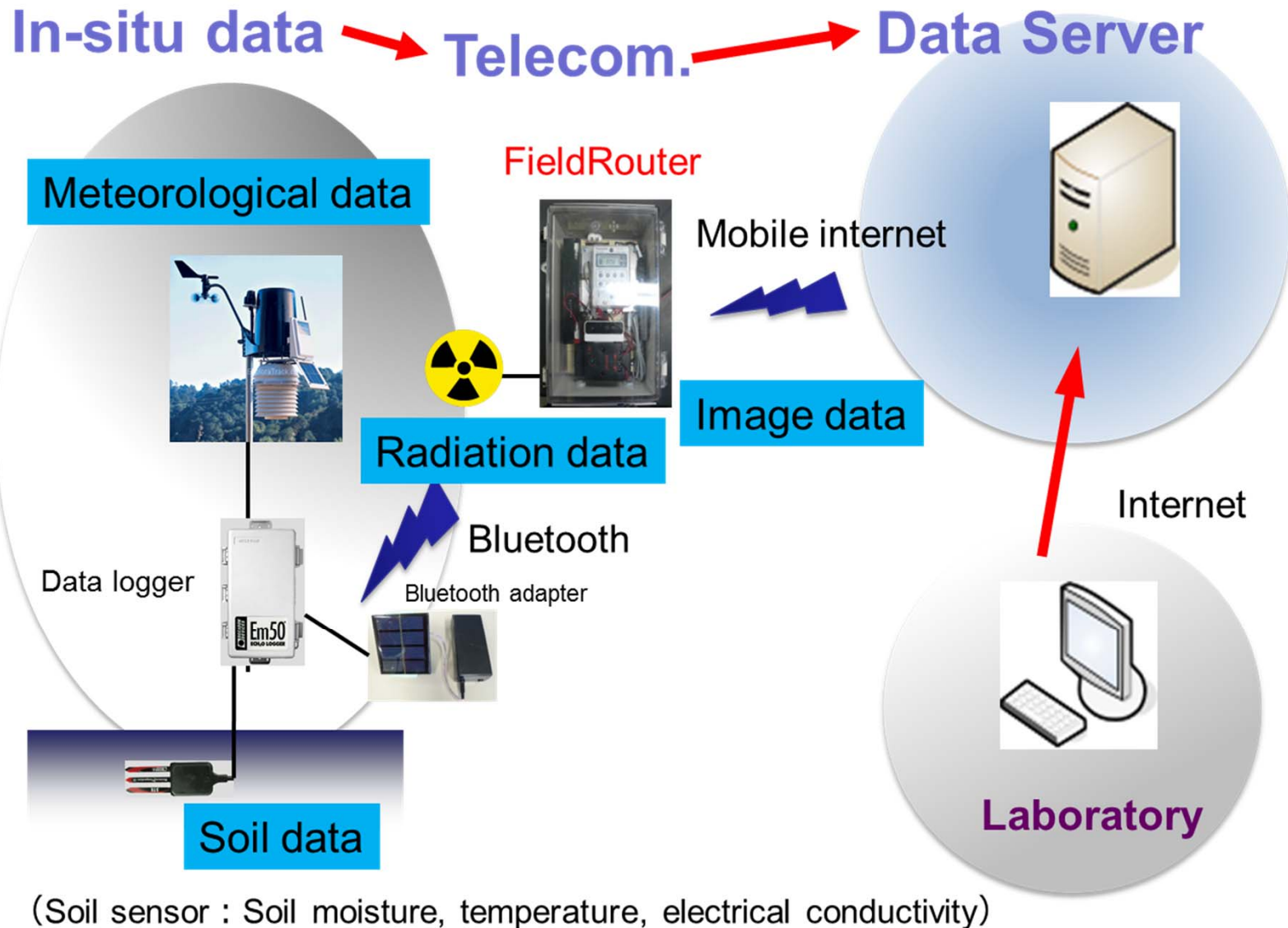


- GM放射線計 ▲ GS3土壌水分・地温・EC計 ■ データロガー
- 暗渠

までいモニタリングのセンサー配置図(2012.12.1)



The FMS with a radiation sensor



Environmental monitoring of litate village



Garden of a house

1.2 m high Radiation dose
Air temperature
Relative humidity
Precipitation
Solar radiation
Wind direction, wind speed
Soil moisture, soil temperature,
and electrical conductivity

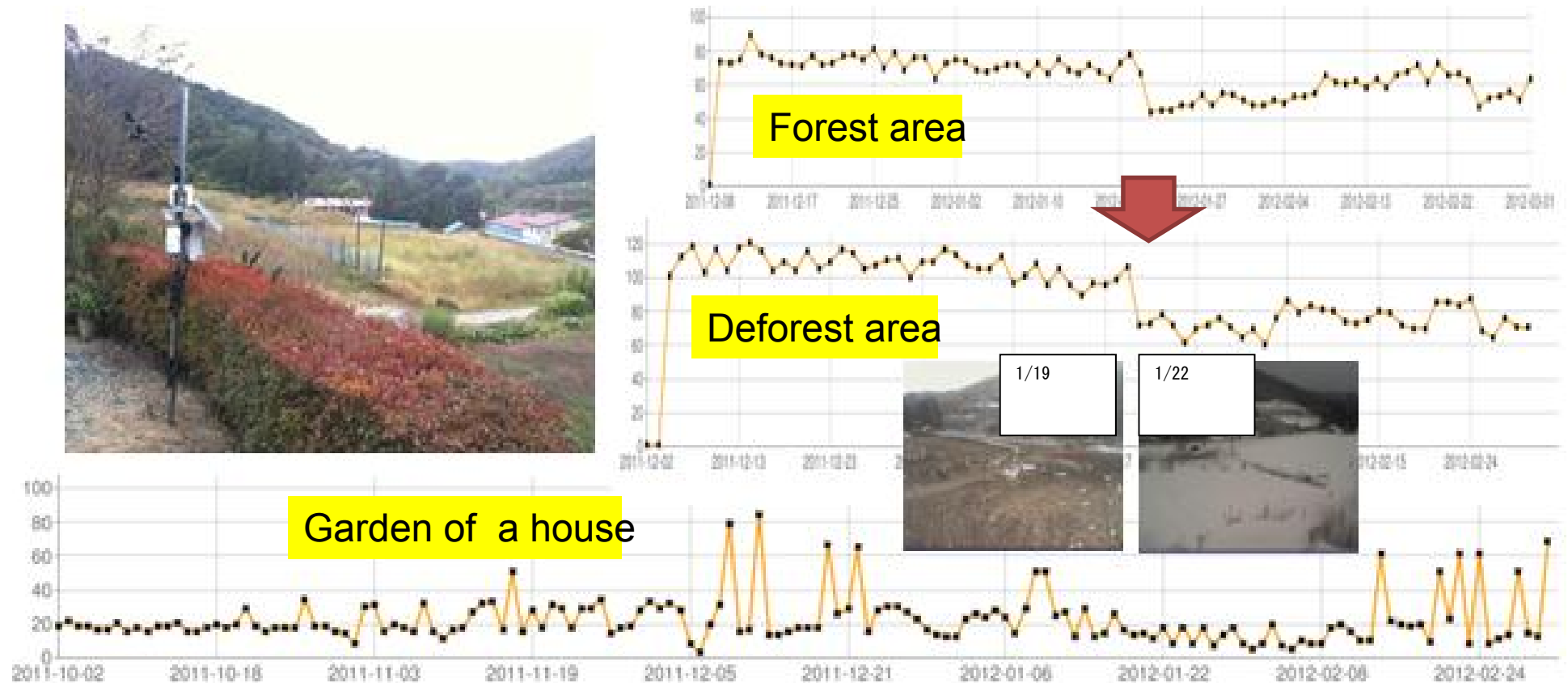


In Forest



Out of forest
(deforest area)

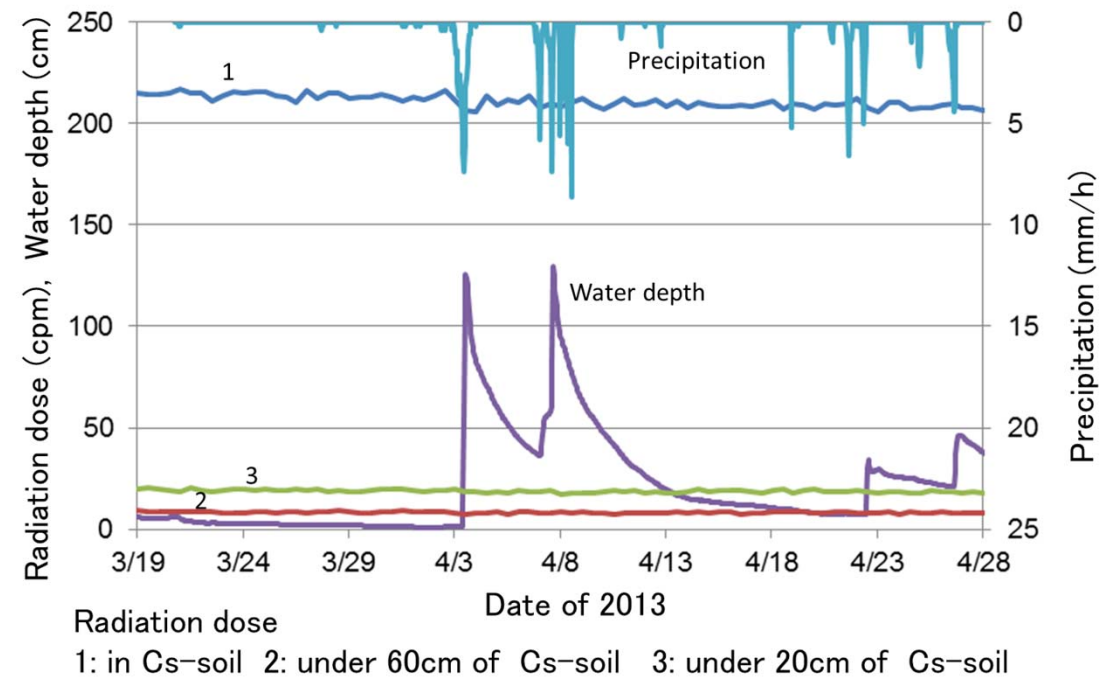
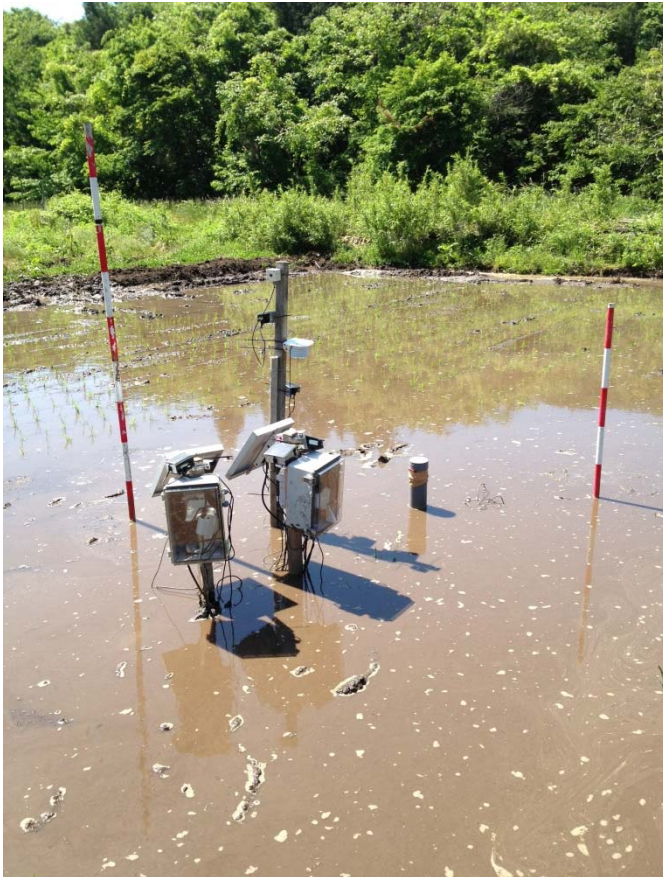
Radiation watch in the village



Field monitoring reveals:

1. Snow cover decreases radioactive dose of village
2. Radioactive dose is high on a fine and low humid day

までい水田での田植え(佐須, 2013.6.8)



泥水強制排水法 (小宮, 2013.5.18)



定点カメラ画像(2013.7.6)

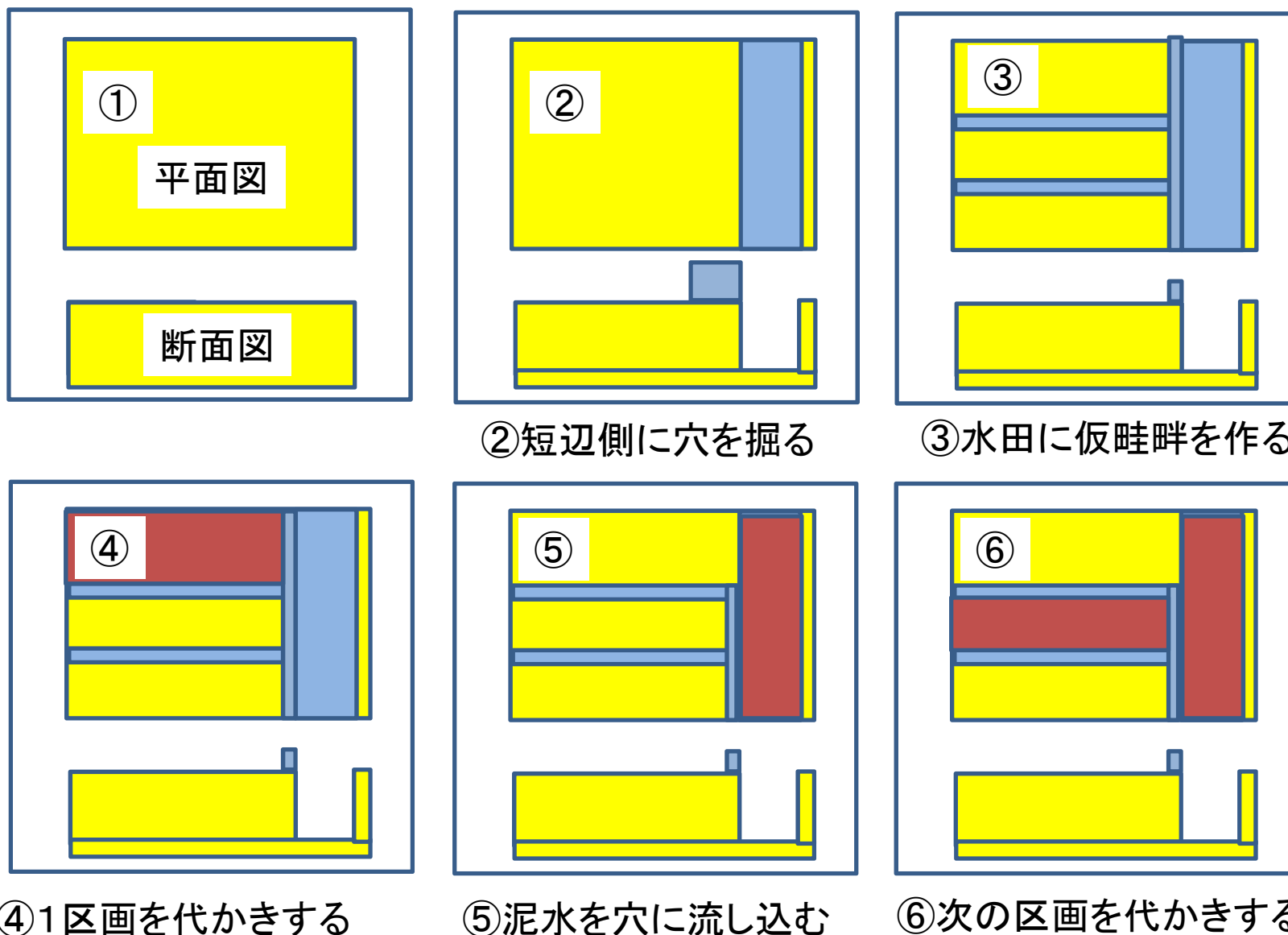


図 代かきと反転耕の組み合わせ工法（小宮）

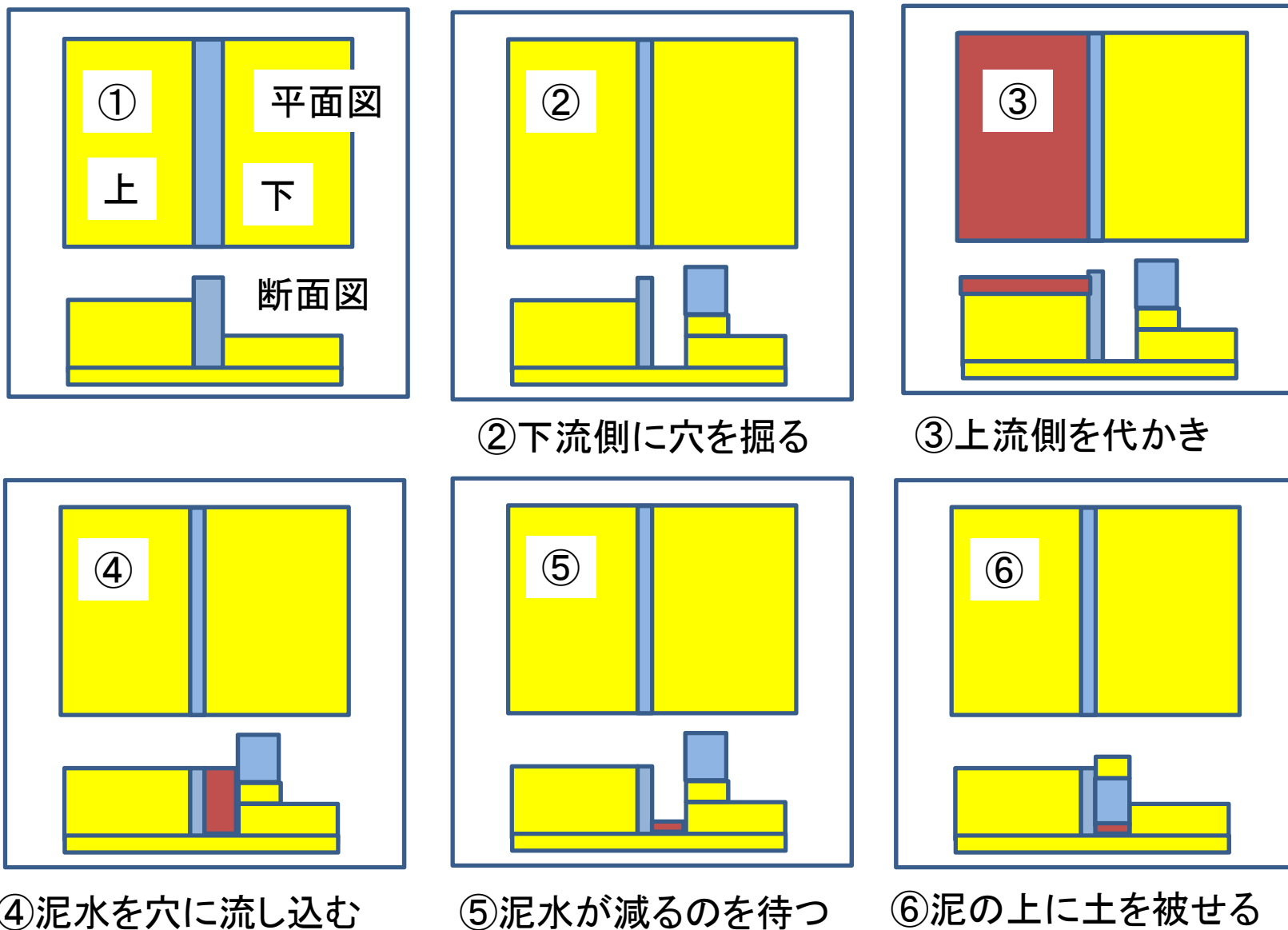
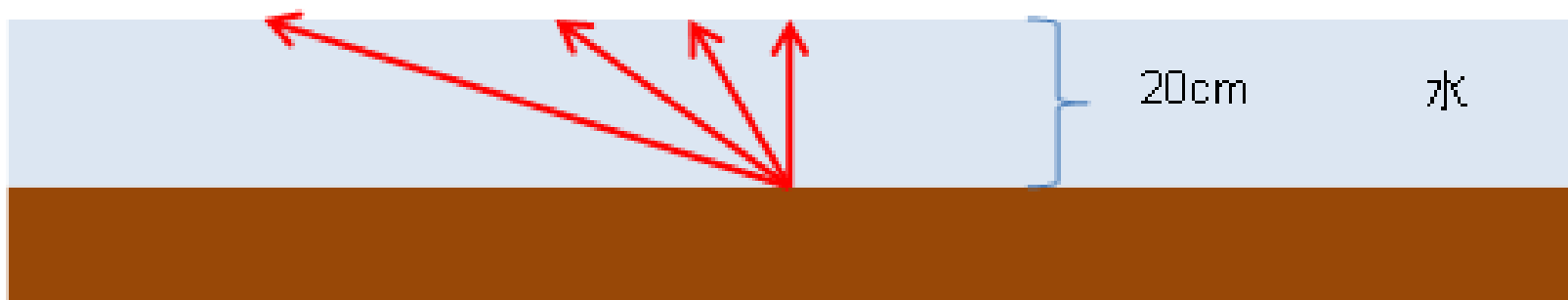


図 畦畔の付け替え工法（佐須、夏以降予定）

水田土壌
 畦畔
 泥水

水田湛水による放射線遮蔽効果

東京大学 久保成隆(2012)



- 道路・民家へ達する放射線は、水田から低角度で放射される
- 水深が浅くとも、土壌表面から水面までの距離は、低角度の場合には長くなる
- 大きな遮蔽効果が期待できる



イノシシに荒らされた水田(2012年4月21日)



水田湛水 (2012年7月29日)

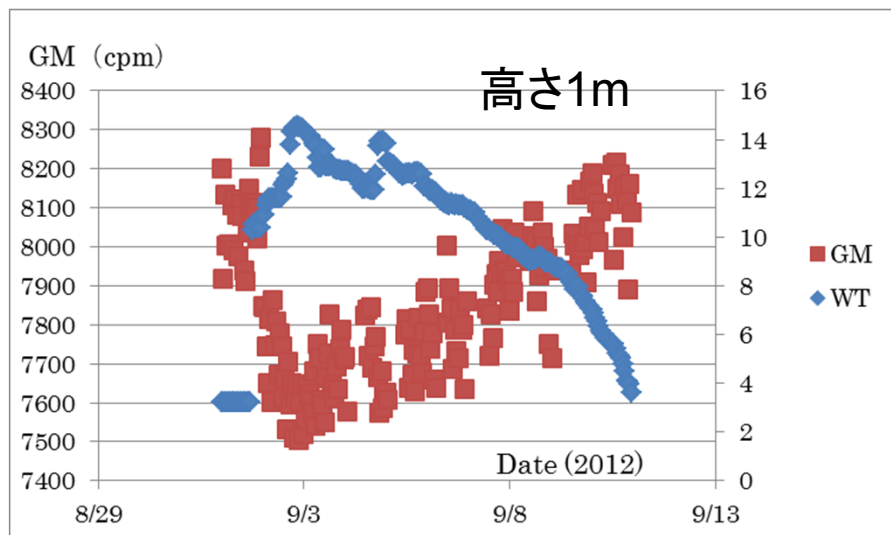


放射線計の設置(7月29日)

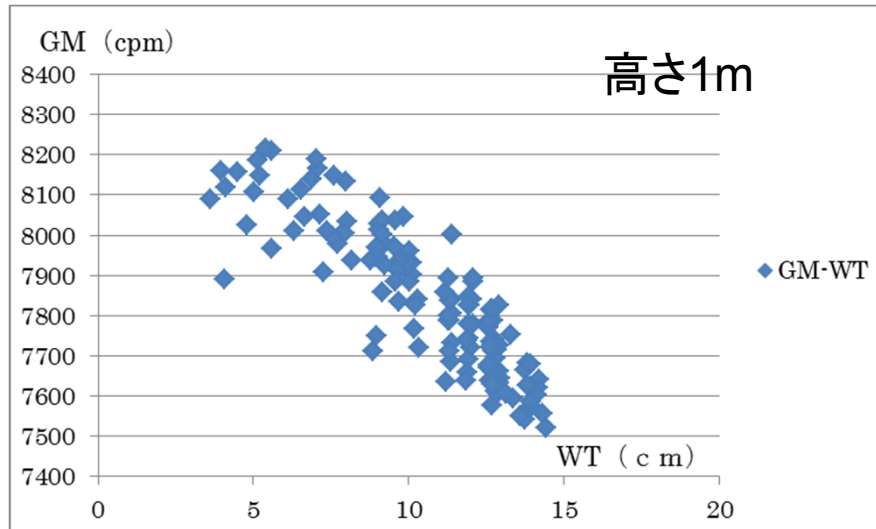


水田水位計

水田には水を貯めておくのが良い



放射線量と湛水深の時間変化



放射線量と湛水深の関係

- 水を貯めておくだけで放射線減衰効果がある
- イネがセシウムを吸収しなければ、普通に水田稲作すれば良い
- 雑草や野生動物対策になる

科研:「復興農学」で採択
8月から小宮で実験予定

農業復興に向けて

- 飯舘三酒

- 飯舘大吟醸
- 飯舘芋焼酎
- 飯舘濁酒



- 飯舘特産農産物

- 飯舘特産の肴(さかな)
- 伝統的な味付けを活かした調理法

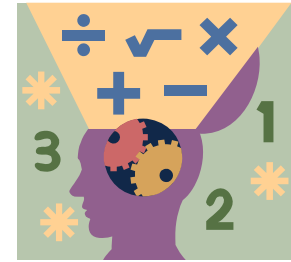


- 海外展開

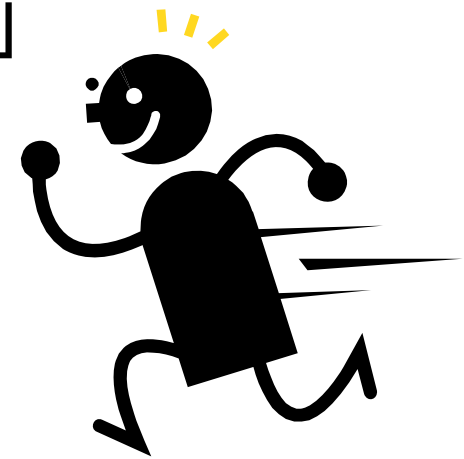
- Fukushima/Iitateブランド
- 徹底した品質管理 **GLOBALG.A.P.**



まとめ



- まずは現場を見ることが大切
 - 現場に合った総合的な技術の適用を考える
- 老若男女、地域・組織を越えた「協働」
 - 農家の知恵の中にヒントがある
 - あらゆる人材・知識を総動員する
- 一刻も早い行動
 - 考えながら走る！走りながら考える！！
 - 組織や制度に囚われないで柔軟に対応する
- 主役は村民
 - 再生の会は裏方に徹したい



農地除染

- 農学研究者に突き付けられた最大の課題
 - 広大な農地が相手
 - 飯舘村の農地は多くが中山間地にある
- 農学的発想
 - 自然の力を利用・低コスト
- 農家が自分自身工夫できることが大切
 - 土と水に関する基本法則
 - 土地や自然条件にマッチした方法
 - 農学(特に農業工学)の若い研究者を巻き込む

“までき”な農村計画 (東京大学・林直樹ら)

力の温存: 種火集落の形成

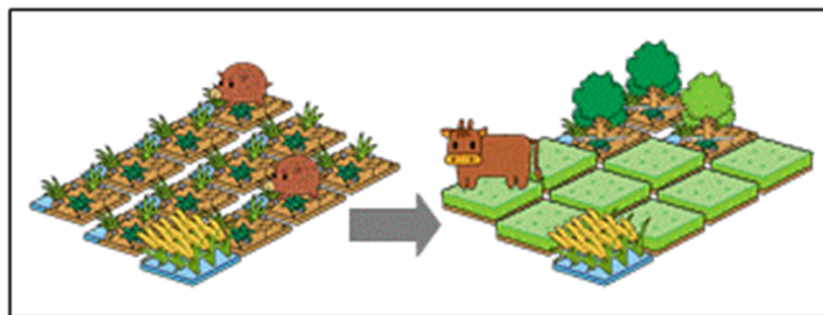
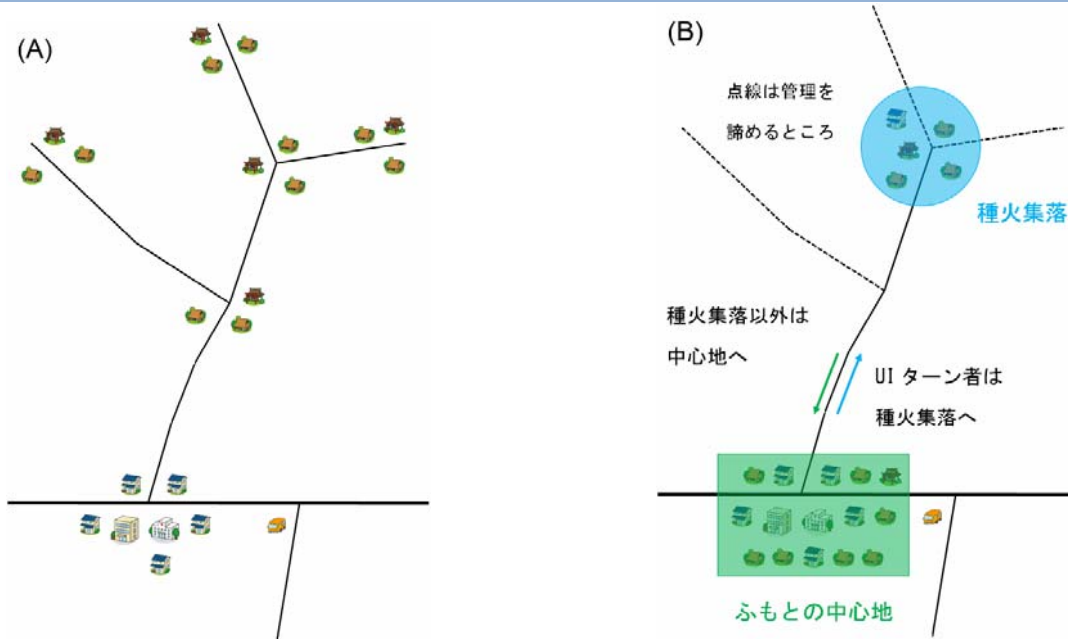


図 水田のイメージ

放棄されたところは森林か、たとえば放牧地に。



未来への希望

—農学部職員・学生・飯舘村の若者とのコラボ—



試料作成中のサークルまでいメンバー
(2012.12.19)



東大農学部サークル「までい」室にて
(2013.3.28)

～飯舘の若さがここにある～

飯舘村は震災前のような場所で、震災を受けてどう変わったか。飯舘を今後どのような村にしたいか。本シンポジウムは、飯舘出身の学生が思いを発信して、会場の皆さんと一緒に話し合う企画です。飯舘村の話をきき、アイデアを共有してくれる人の参加をお待ちしています。

日時：5月19日(日) 13:00～15:00
場所：東京大学農学部弥生講堂アネックス

＜プログラム＞
13:00～13:20 第1部：震災前後の生活(高橋さん)
13:20～13:40 第2部：飯舘村の村長になったら何をしたいか(佐藤さん)
14:00～15:00 佐藤さんと高橋さんと一緒に、これからの飯舘を考える(ワールドカフェ形式)
◆会場では関係者の持ち寄りによる写真展も行っております。

協力：農学生命科学研究インキュベータ機構「アグリコクーン」
運営：農学部サークル「までい」学生メンバー
(連絡先：渡辺 <rdotwatanabe@gmail.com>)

・facebook ページ：
<http://www.facebook.com/events/182989651850480/>
・Ustream 配信：<http://www.ustream.tv/channel/14127761>

これから飯舘を考える 飯舘出身の20歳×東京の学生

東大五月祭対話集会
(2013.5.19)



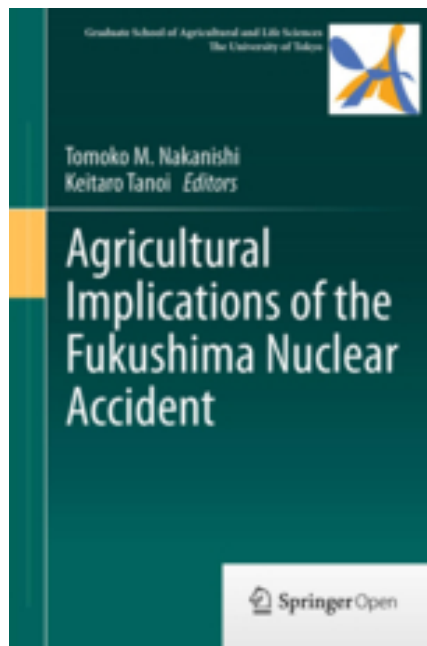
東大農学院生の調査 (2013.2.6)



東大農学部の学生見学会(2012.10.6)

世界に向けた情報発信

- 外国の友人に現場を見てもらう
- 英語本の出版
- アメリカの学会で特別セッション (2013.11.4)
 - Battles of Soil Scientists in Fukushima, Japan



福島土壤除染技術

溝口 勝 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 国際情報農学研究室)

(その1) 冬の間には凍土を剥ぎ取れ！－自然凍土剥ぎ取り法による土壤除染－

- [農業農村工学会誌2月号ニュース版\(2012.1.12\)](#)
- [解説版\(2012.1.11\)](#)
- [詳細版\(2012.1.9\)](#)
- [参考資料\(2012.1.9\)](#)

(その2)

- [解説版\(2012.1.11\)](#)
- [詳細版\(2012.1.9\)](#)
- [参考資料\(2012.1.9\)](#)

(その3) 春には解けた凍土を掃き出せ！－融解凍土掃出し法による土壤除染－

- [融解土掃出し法\(2012.2.9\)](#)
- [凍土融解による10cm土壌水分の急激な増加\(2002年3月中旬\)](#)
- [土壌量の試算\(2012.2.9\)](#)
- [質問・コメントのページ](#)

(その4) 学術会議特別公開シンポジウム(2012.3.14)

(その5) ごめんなさい m(__ __;)m 融解土掃出し法は使えない！－凍結は均一に融解は不均一に－

- [融解土掃出し法は使えない！－凍結は均一に融解は不均一に－\(2012.3.21\)](#)
- [飯舘村水田の融雪状況\(2012.3.17\)](#)

(その6) 農地除染の新たな試み

- [農地除染の新たな試み\(2012.8.27\)](#)
- [覆土による放射線量低減法\(2012.8.27\)](#)
- [排水溝の現場写真\(2012.8.30\)](#)
- [河北新報記事関連\(2012.8.31\)](#)
- [学術の動向10. 52-56\(2012\)](#)

(その7) 水田代掻きと湛水による、放射線遮蔽効果に関する現地実験

- [水田代掻きと湛水による、放射線遮蔽効果に関する現地実験\(2012.9.24\)](#)

(その8) 2012農業農村工学会発表資料
福島県飯舘村の水田における農業土木的な土壤除染法開発の試み(2012.9.19)

- [講演要旨](#)
- [スライド](#)

詳細情報

(その8) 2012農業農村工学会発表資料
福島県飯舘村の水田における農業土木的な土壤除染法開発の試み(2012.9.19)

講演要旨



(その15) [Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident](#)

- [Remediation of Paddy Soil Contaminated by Radiocesium in Iitate Village in Fukushima Prefecture](#)

(その16) 2013農業農村工学会発表資料: 福島県飯舘村の水田におけるCs汚染表土の埋設実験(2013.9.4発表予定)

(その17) Cs汚染表土が埋設された水田における湛水実験(速報)

[関連情報](#) [モニタリング](#) [現場写真集](#)

謝辞

- 飯舘村農業委員会／ふくしま再生の会
- 東京大学「福島復興農業工学会議」
- 明治大学震災復興支援・防災研究プロジェクト
- 東京大学 救援・復興支援室
- 東京大学大学院農学生命科学研究科
- サークル「までい」
 - 東大農学部教職員サークル