

飯舘村小宮地区での稲刈風景
2013.10.6

2015.3.23
農工連携による福島バイオマス活創研究会
「グリーン・リノベーションを目指して」
ビッグパレットふくしま

農地除染と復興農業 の課題

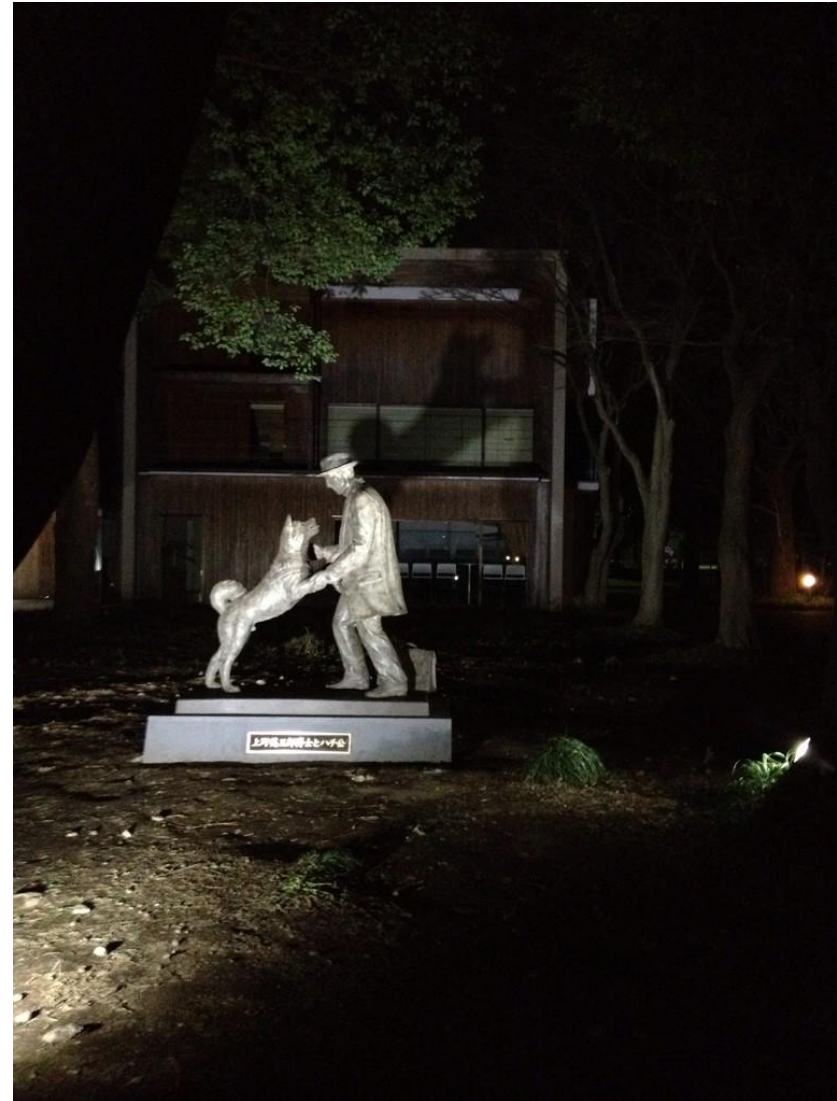
溝口勝

東京大学大学院農学生命科学研究科
認定NPO法人ふくしま再生の会・理事



復興の農業土木学

- 上野英三郎博士
 - ハチ公の飼主
 - 東大農学部教授
 - 耕地整理法(1900)
 - 耕地整理講義(1905)
- 農業土木とは
 - 食料生産の基盤整備
 - 農地造成
 - 灌漑・排水
 - 不毛な大地→肥沃な農地



農地除染法開発の取り組み(溝口)

2011.3.11 東日本大震災

- (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

いま科学技術が問われている

- 原発事故から4年
- 農学栄えて農業減ぶ
－ 横井時敬
土に立つ者は倒れず、
土に生きる者は飢えず、
土を護る者は滅びず
- いま**大学**に何ができる



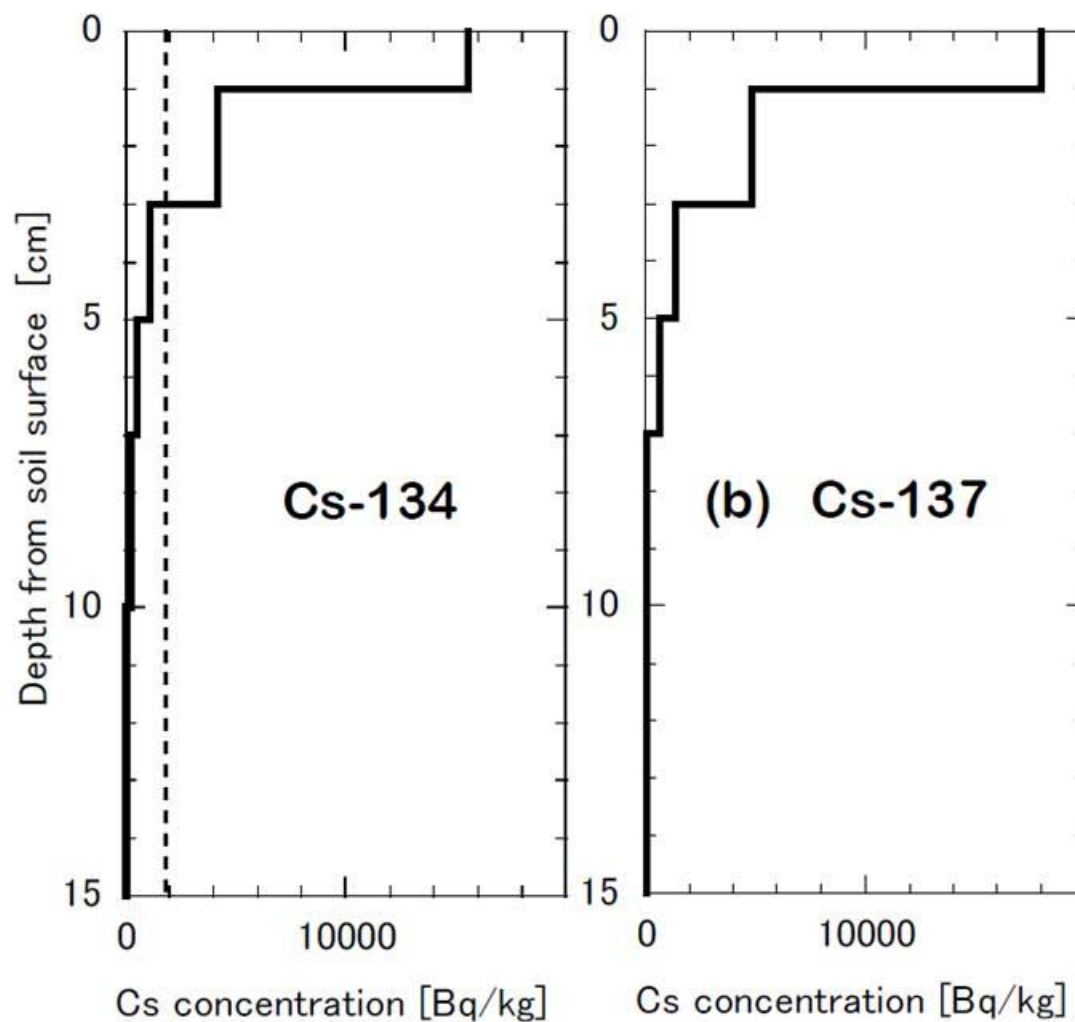
「天空の城ラピュタ」から I ♥ Soil

農工連携による福島バイオマス活創研究会
グリーンリノベーションのアプローチ例
(2015.1.12の原田氏メール)

- 除染による**土壌改変後の農業**
 - 福島に適合するアグリファクトリー
- 極低残留状態での**風評被害を跳ね返す農業**
 - バイオマス・エネルギー資源作物生産
 - ロボット農法、**IT農法**
 - 植物非吸収型耕作技術
- 林野除染技術
 - **ため池**、湖沼沈降物除染
 - **山林除染**技術（人工ホットスポット法など）
- 土地の潜在活力活用技術
 - Fe^{++} などの土壌有効成分の利用
- その他
 - 多様な**提案**を歓迎

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

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 $\mu\text{Sv/h}$

土壌物理学

- 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

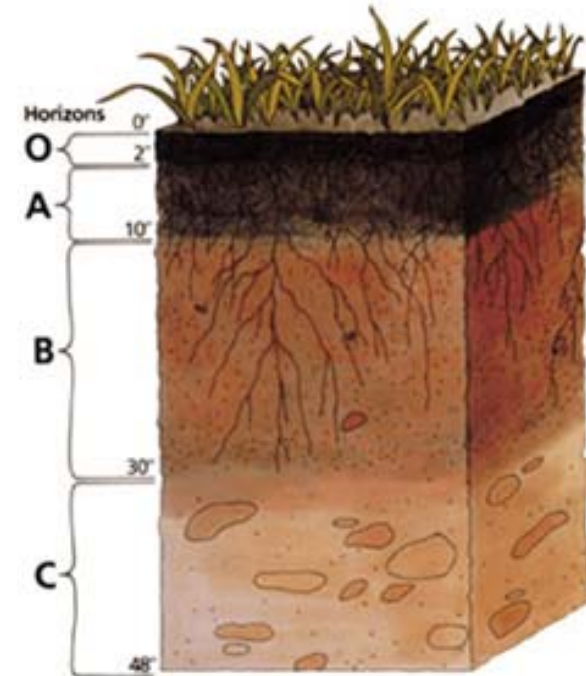
- 砂、シルト、粘土

- 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

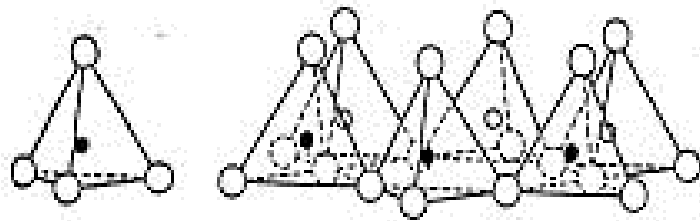


- 飯舘村は花崗岩の産地

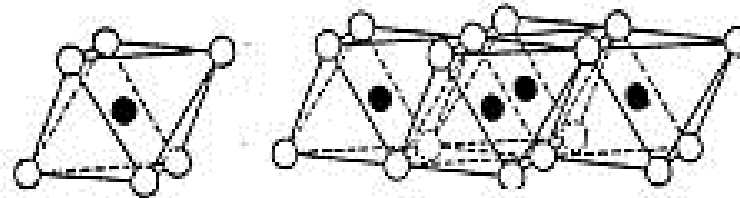
- 花崗岩は黒雲母(粘土鉱物)を含む

- 土には風化した雲母が多量に存在

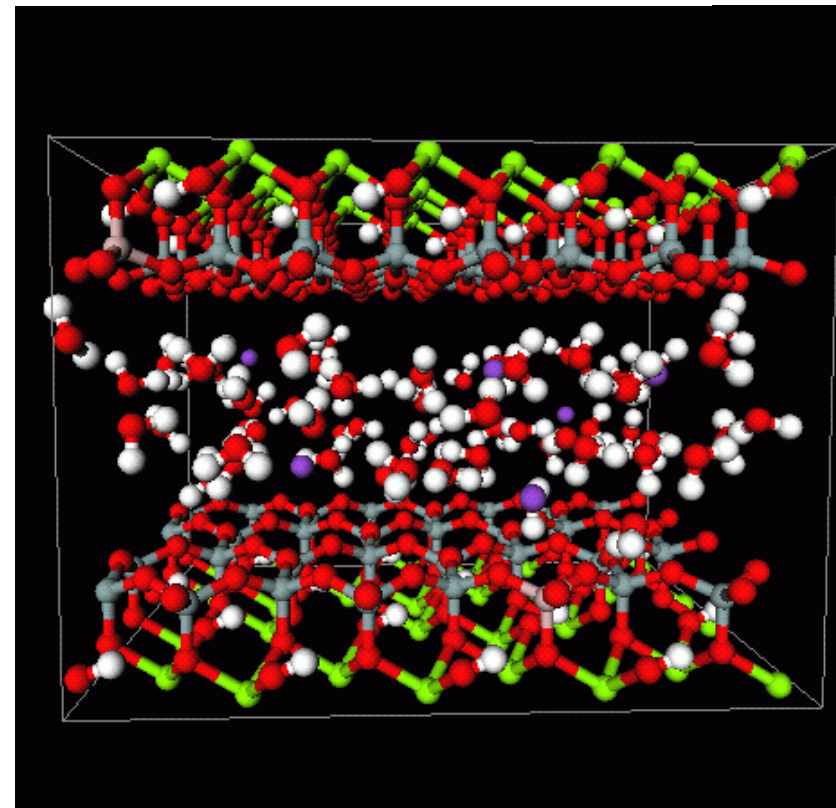
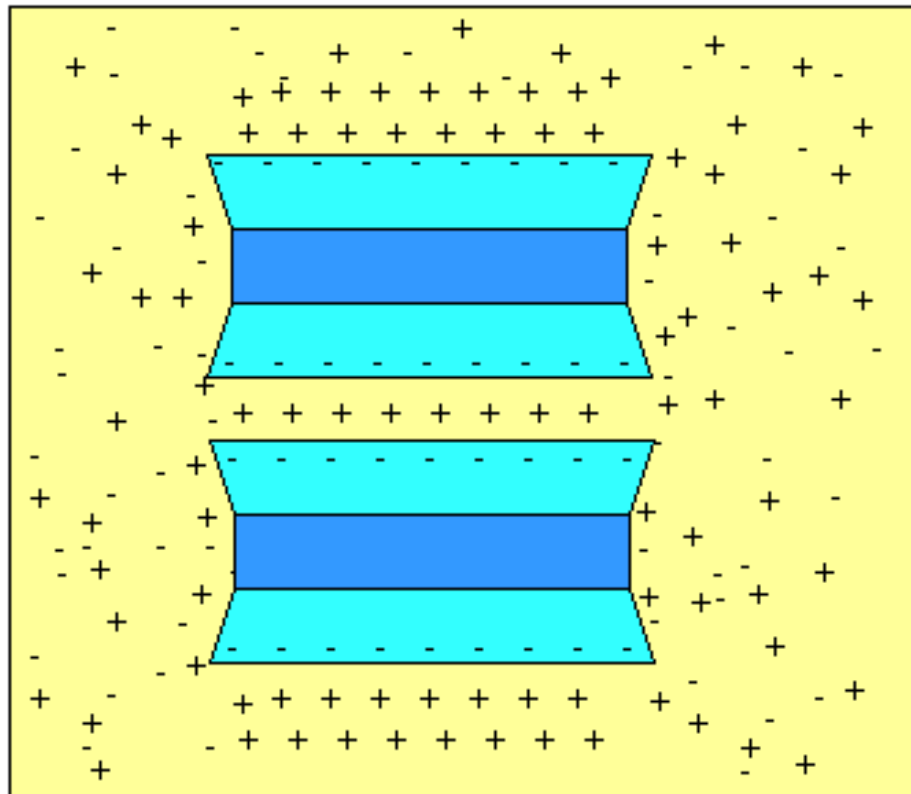
粘土の化学ーモンモリロナイト



○酸素原子
●Si 原子



○酸素原子
● M^{n+} : Mg^{2+} , Al^{3+} , etc.



周期表

1 H 1.0079																	18 Ar 39.948
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 *	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 †	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (291)		118 Uuo (294)

* Lanthanide series

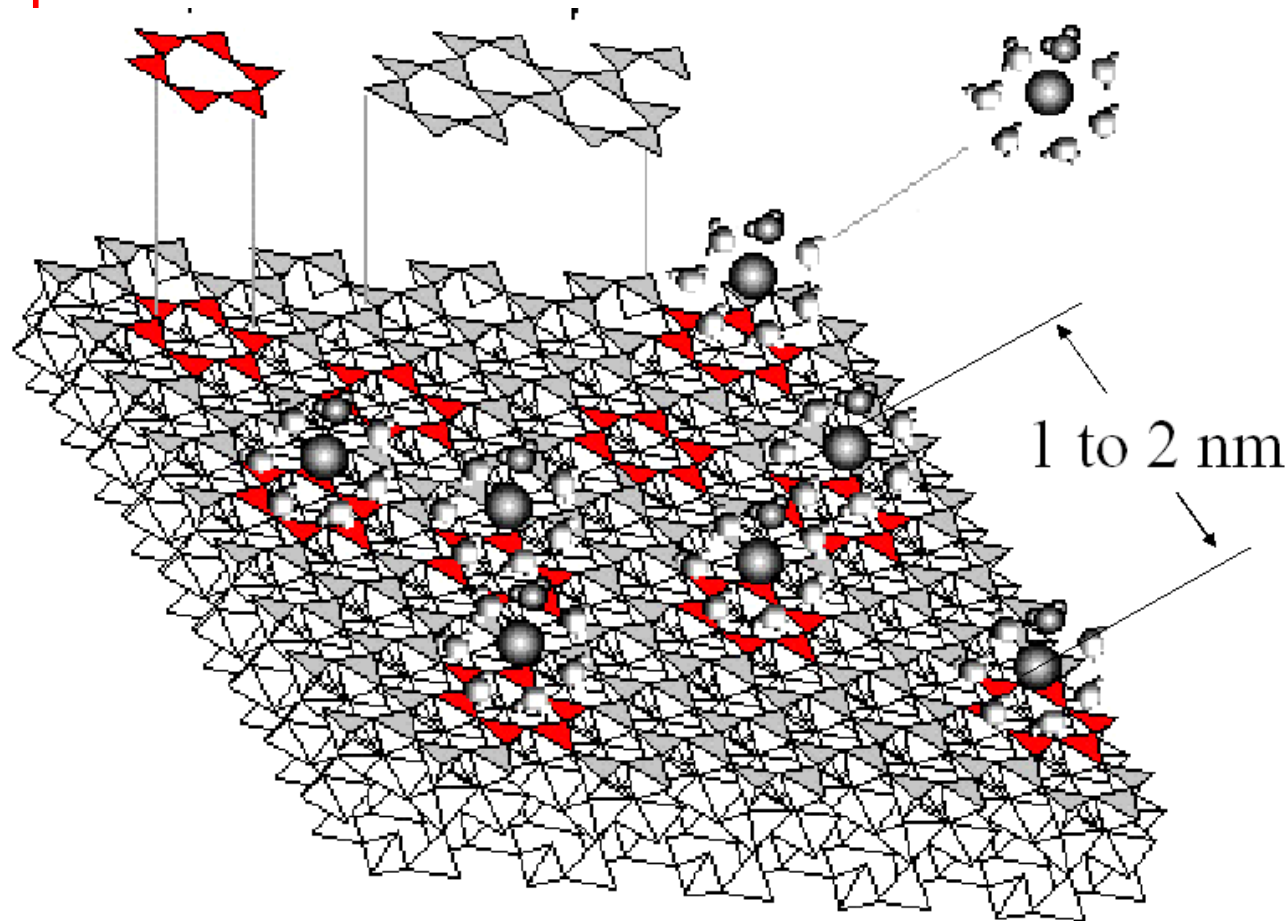
57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

† Actinide series

89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
-------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

放射性セシウムは粘土表面の穴に 落ちている！

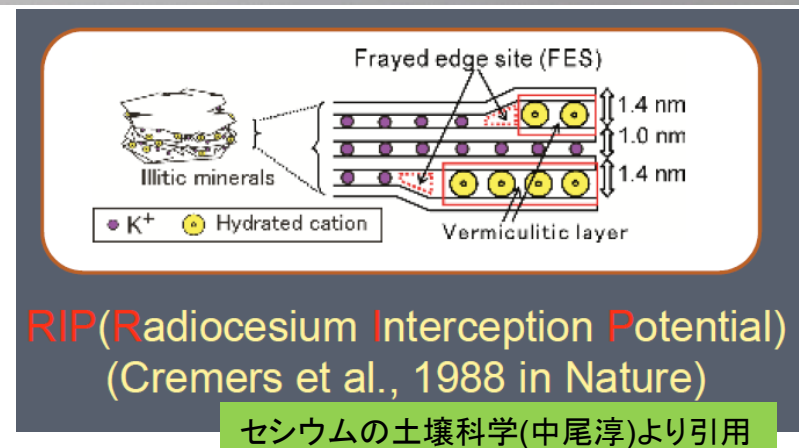
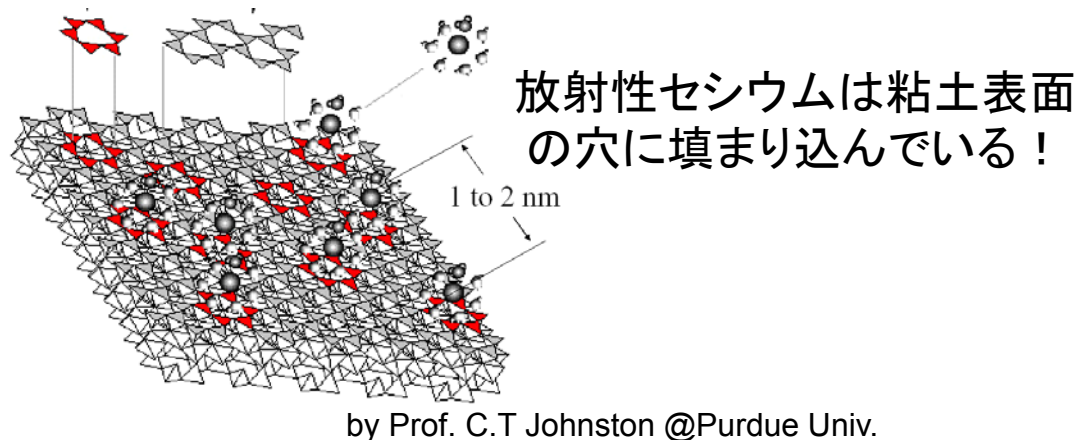
Hydrophilic Sites



「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.¹¹

放射性セシウムはカリウムと入替わって 農地土壌中の粘土粒子に固定される





表土削り取り

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



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



飯舘村草野地区(2012年6月24日)



飯舘村須萱地区(2013年8月17日)



除染の工事現場（2014.10.7 二枚橋）



除染終了した地区の“仮仮”置場（2014.10.7 須萱）



住宅除染の工事現場（2014.10.4 佐須）

中山間地の水田の現状

イノシシ



雑草



掘り返された農地



<http://www.tai.gu.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/soil/PAWEE5131030.pdf>

この水田の除染をどうする？

農家自身でできる 農地除染法の開発

飯舘村小宮地区での田植え風景
2013.5.26



飯舘村小宮地区での稲刈風景
2013.10.6



飯舘村—NPO法人—大学の連携



農業委員会



若者の力、シニアの経験を世界の被災地「ふくしま」へ

ふくしま再生の会

福島復興農業工学会議



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

農学生命科学研究科
(農学部)

RI施設



サークル
までい



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！



[動画](#)

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・飯舘

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

福島県飯舘村佐須地区で「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。

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）。

土壌学の専門家、溝口勝東京大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こむことが可能と見られる。

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

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

＝福島県飯舘村佐須地区

処理も効率的に

閉じて覆土をする、マットは、一石二鳥の効果があ
ると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水溶液を入れたアンフルベントナイトという土の層を挟んであることから、水分だけが凍って、水

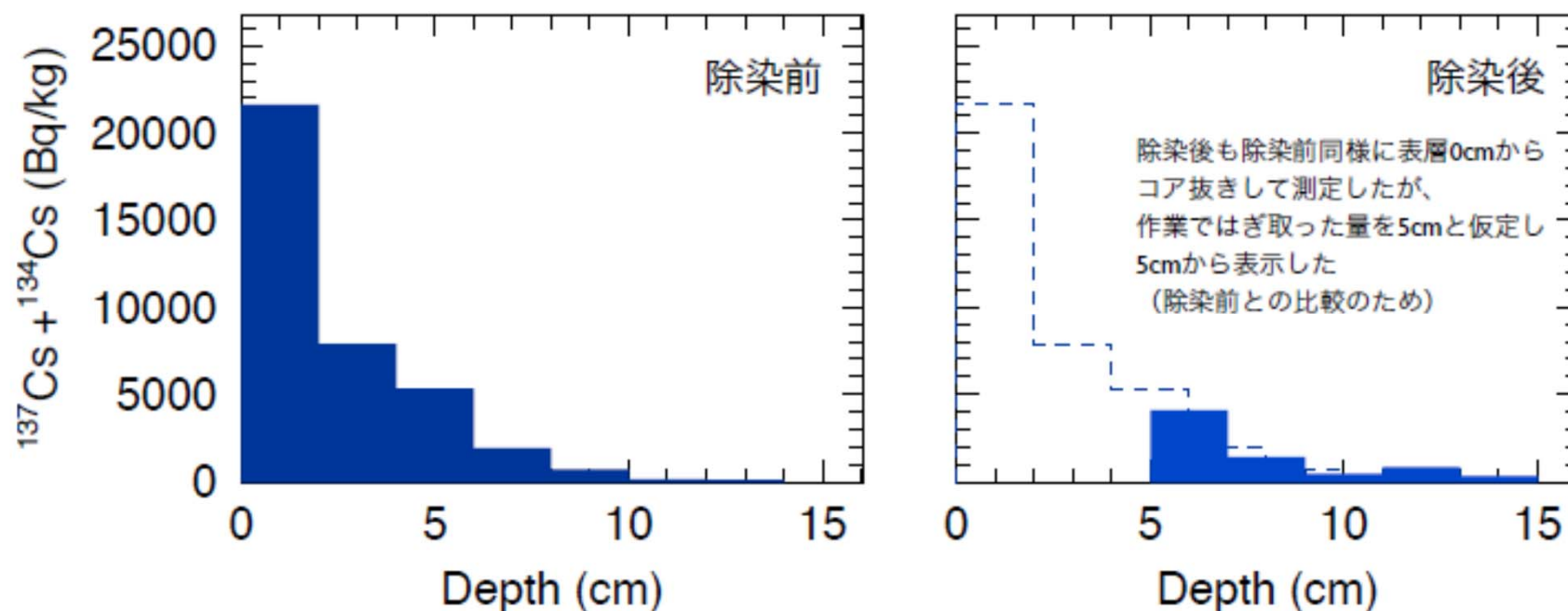
削除

の厚さを目視できる器具も考案。「凍土が5センチの深さになった適期で、余分な土を敷き、作業を行える」と言う。

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



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

泥水強制排水法 (小宮, 2013.5.18)

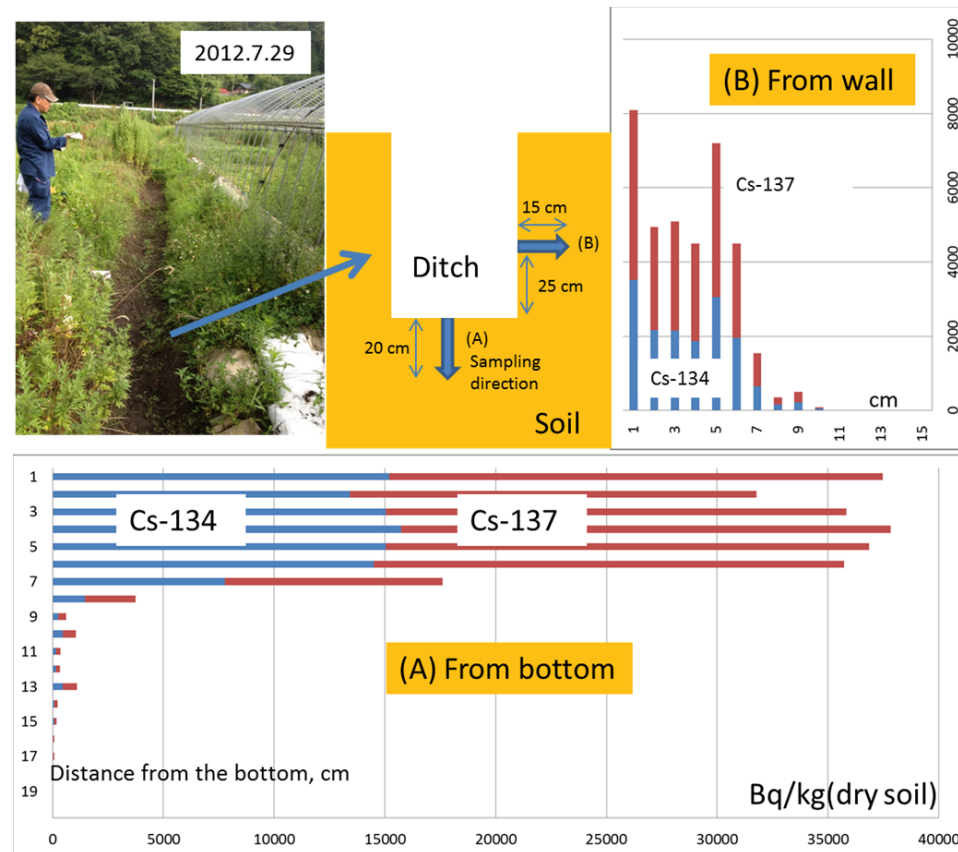


定点カメラ画像(2013.7.6)



(動画)
土壌採集
正面(その1)、正面(その2)
側面

除染土壌の処理実験



洗い流した泥水を溝に蓄積しておき、干上がった後に溝の底と側面の土壌をサンプリングして深度別に放射能測定した結果。

セシウムは土の中に浸みこまない。

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(実践)



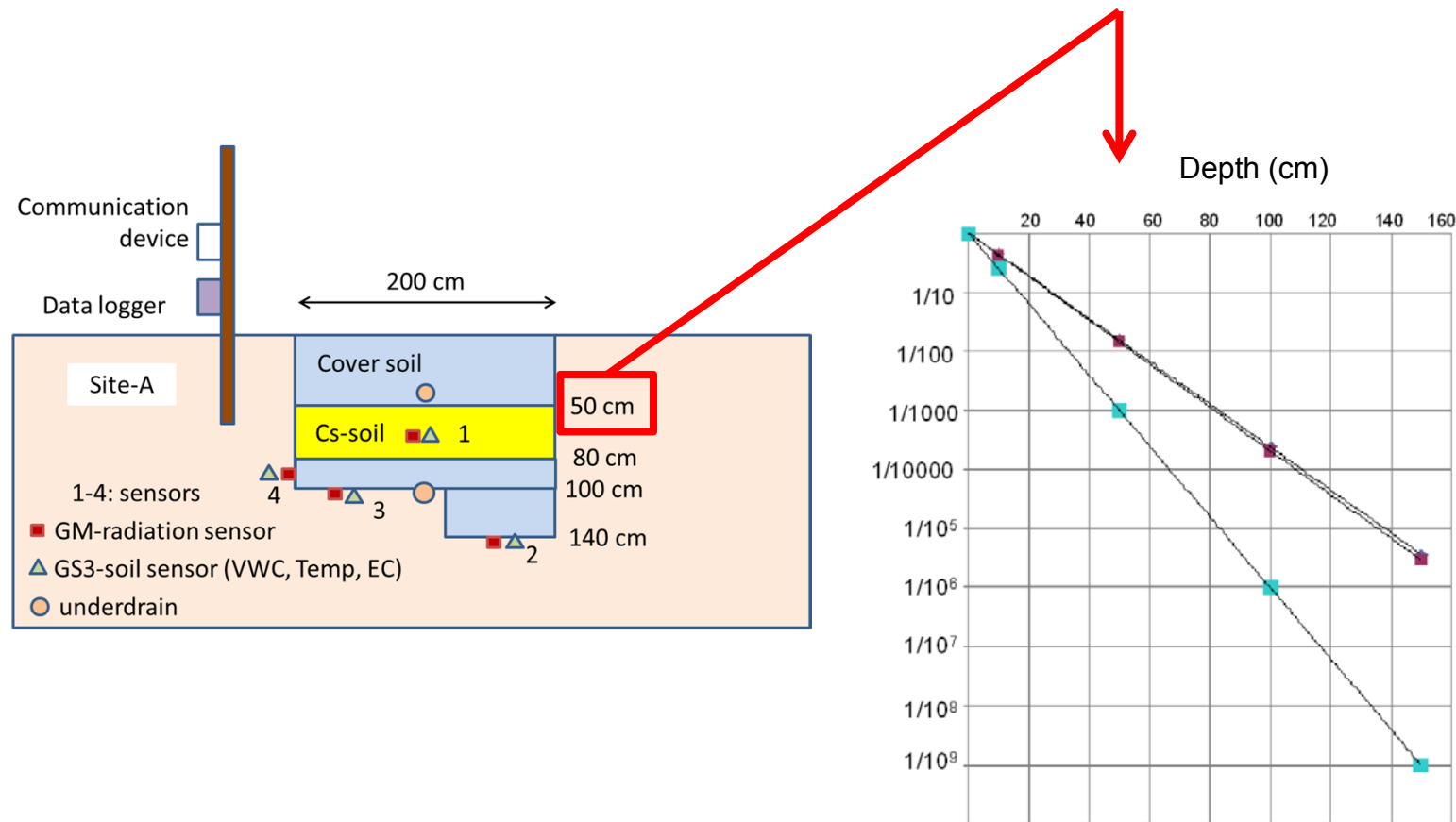
汚染土の埋設

よいとまけ(土の締固め)

2012.12.1

汚染土は素掘りの穴に埋めれば良い

50cmの深さに埋めれば放射線量は1/100 ~ 1/1000 になる

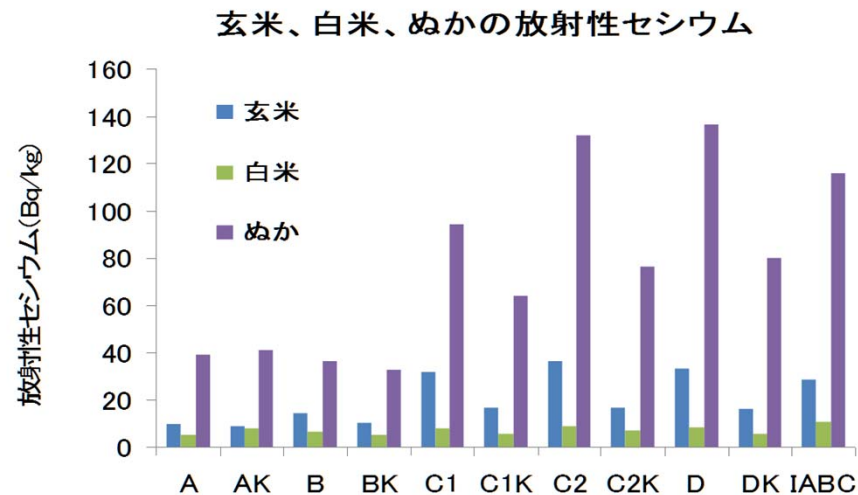


宮崎(2012)より引用

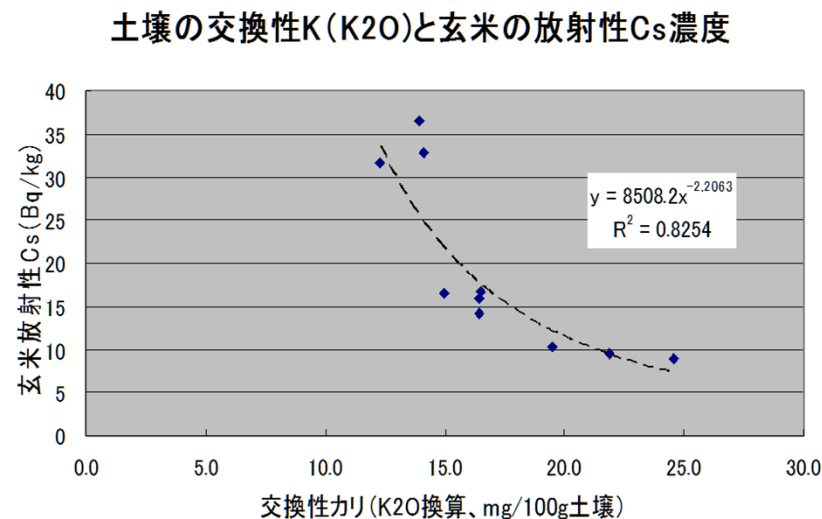
イネの作付実験 (H24～)



イネの栽培試験(H24年度)



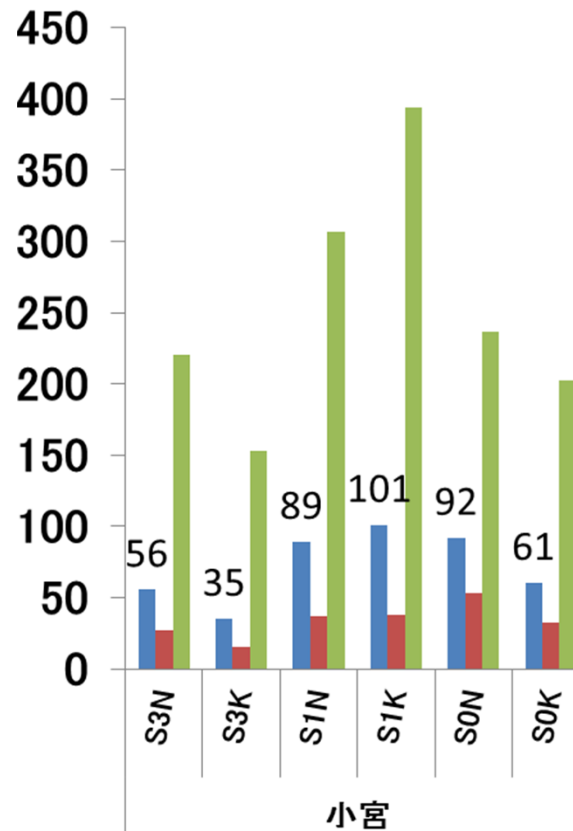
白米の放射性セシウム濃度は、すべて10Bq/kg以下



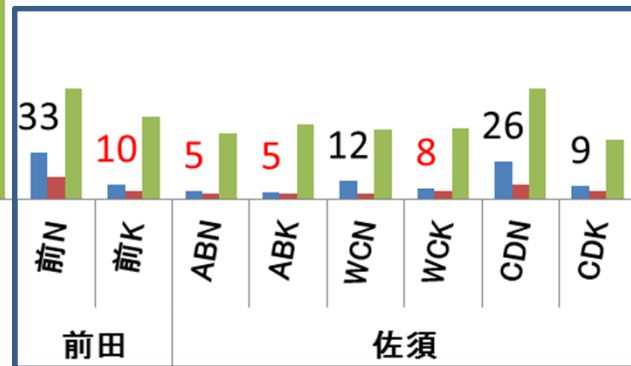
交換性カリ(K₂O)を20mg/100g乾燥土壌以上に保つ



佐須 前田 (小宮)



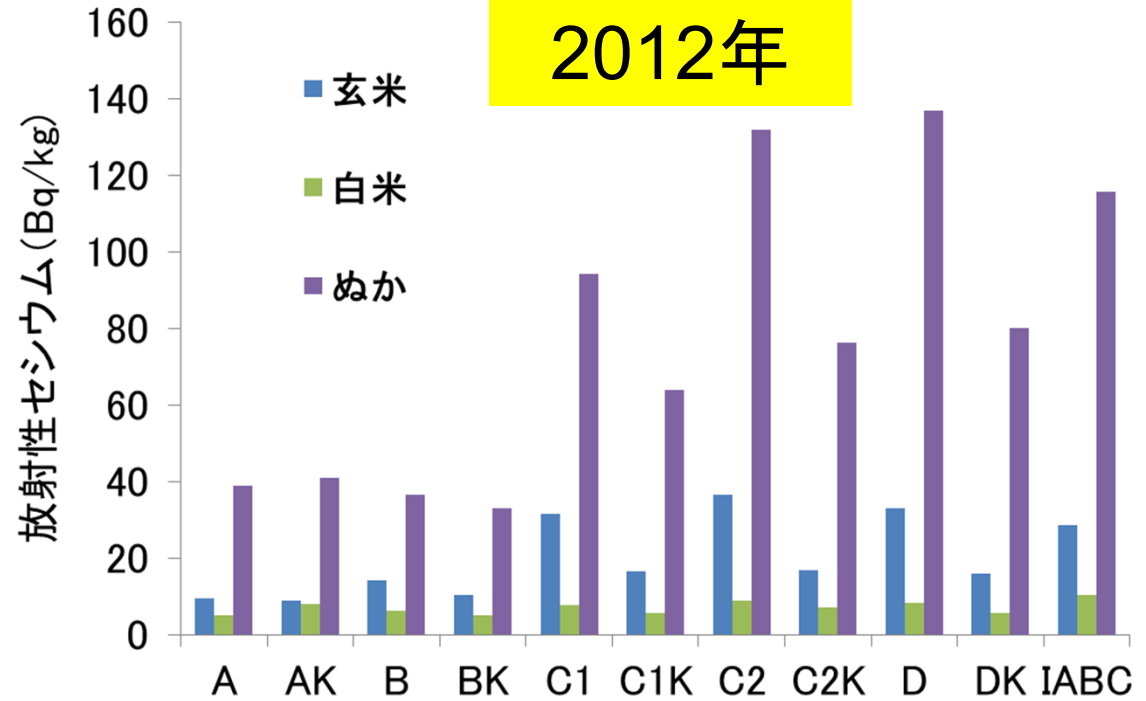
2013年



赤字は玄米のCs134、もしくは、Cs134,C137ともに検出限界値以下であることを示す。値としては検出限界値を代用した。

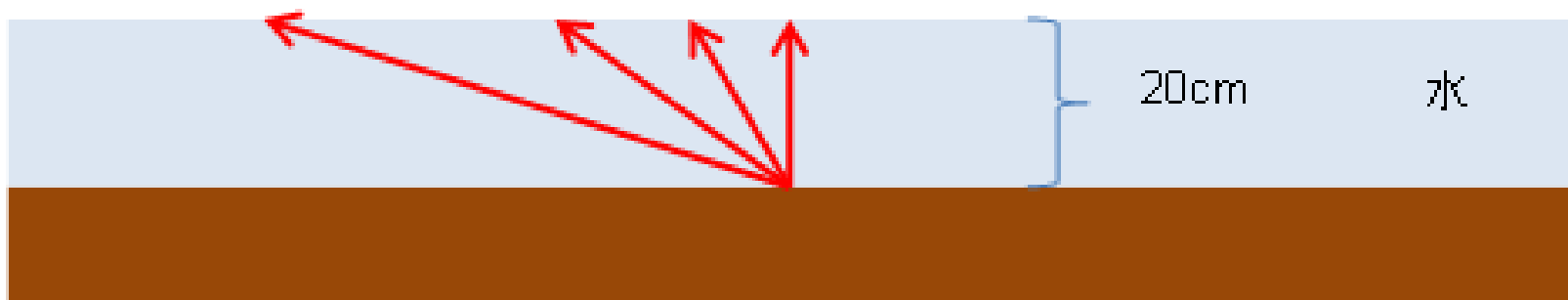
玄米、白米、ぬかの放射性セシウム

2012年



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)

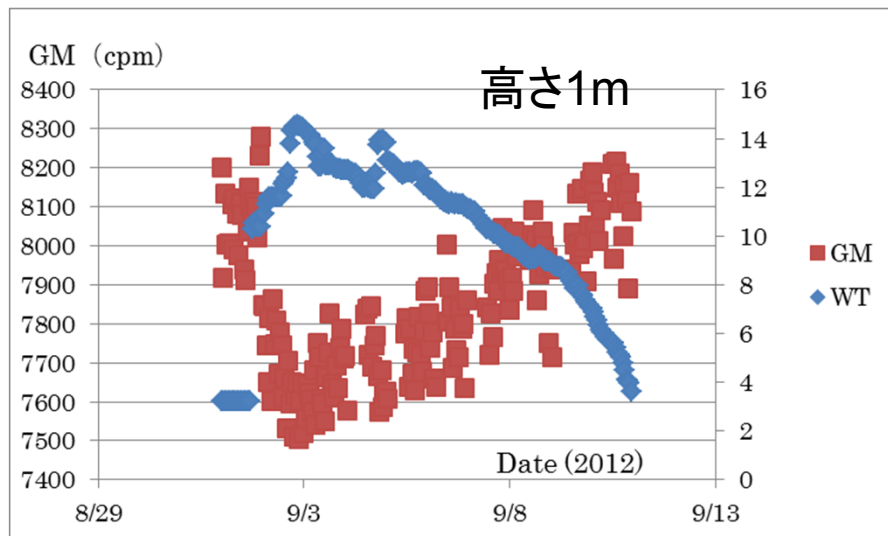


放射線計の設置(7月29日)

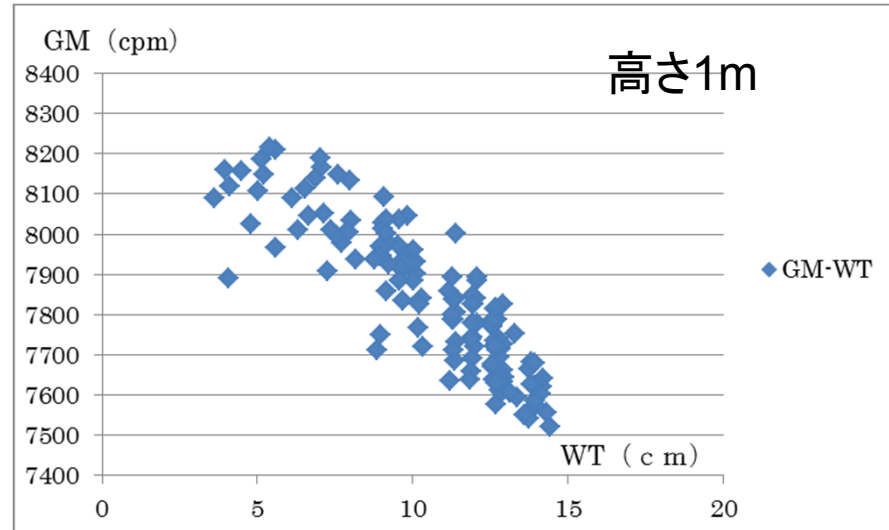


水田水位計

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

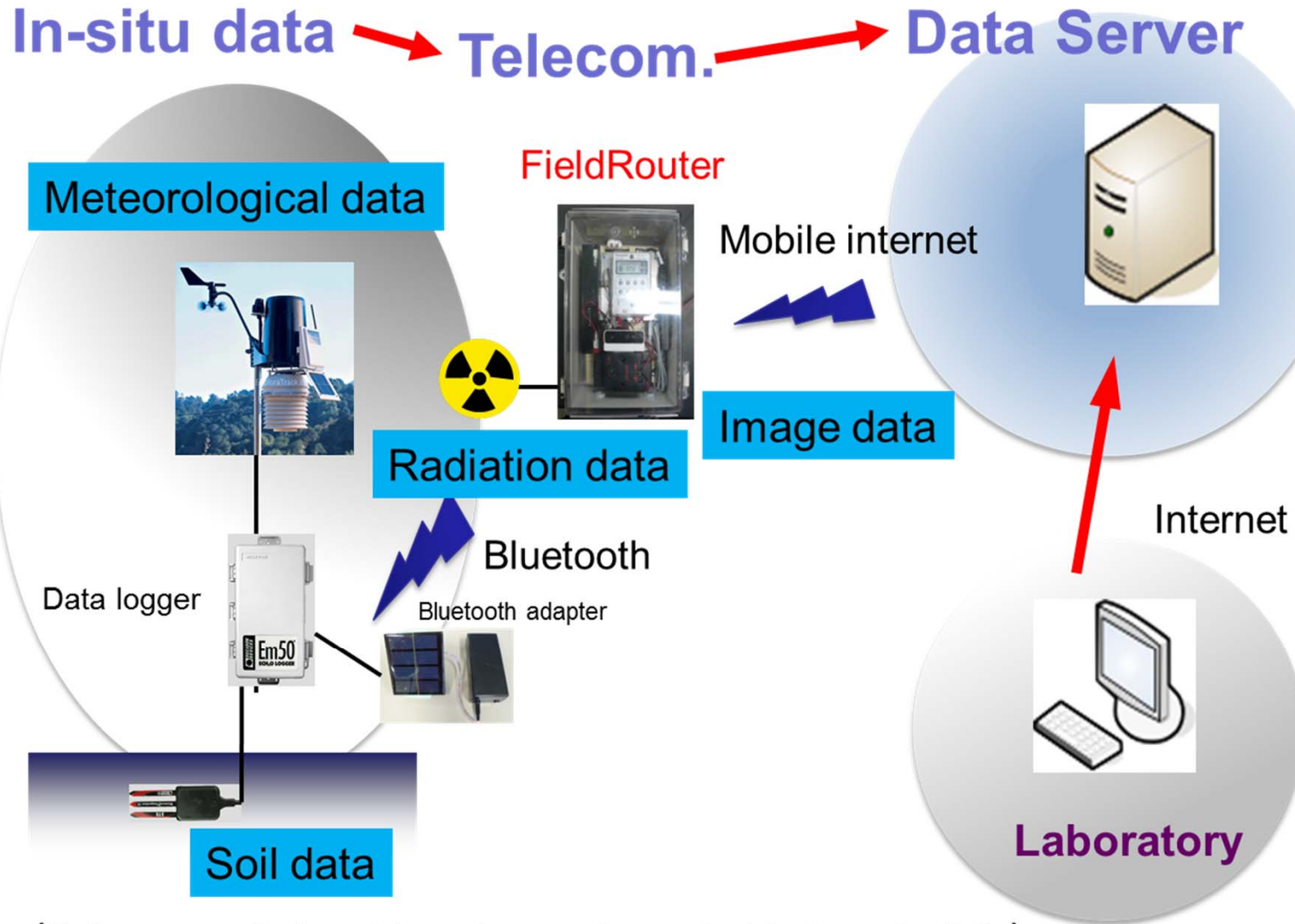
- 水を貯めておくだけで放射線減衰効果がある
- イネがセシウムを吸収しなければ、普通に水田稲作すれば良い
- 雑草や野生動物対策になる

フィールドモニタリングシステム Field Monitoring System (FMS)

- 農地におけるモニタリング
 - 気象(気温, 降水量, 日射量, 風速, など)
 - 土壌(水分, 温度, 養分)
 - 作物(成長量, 色)
 - 環境(放射線量?)
- 農地は都会にあるのではない！
 - 電源なし, WiFiなし
- 農地では有線を使わないのが望ましい
 - 草刈り鎌やトラクタによる切断
 - 動物による切断

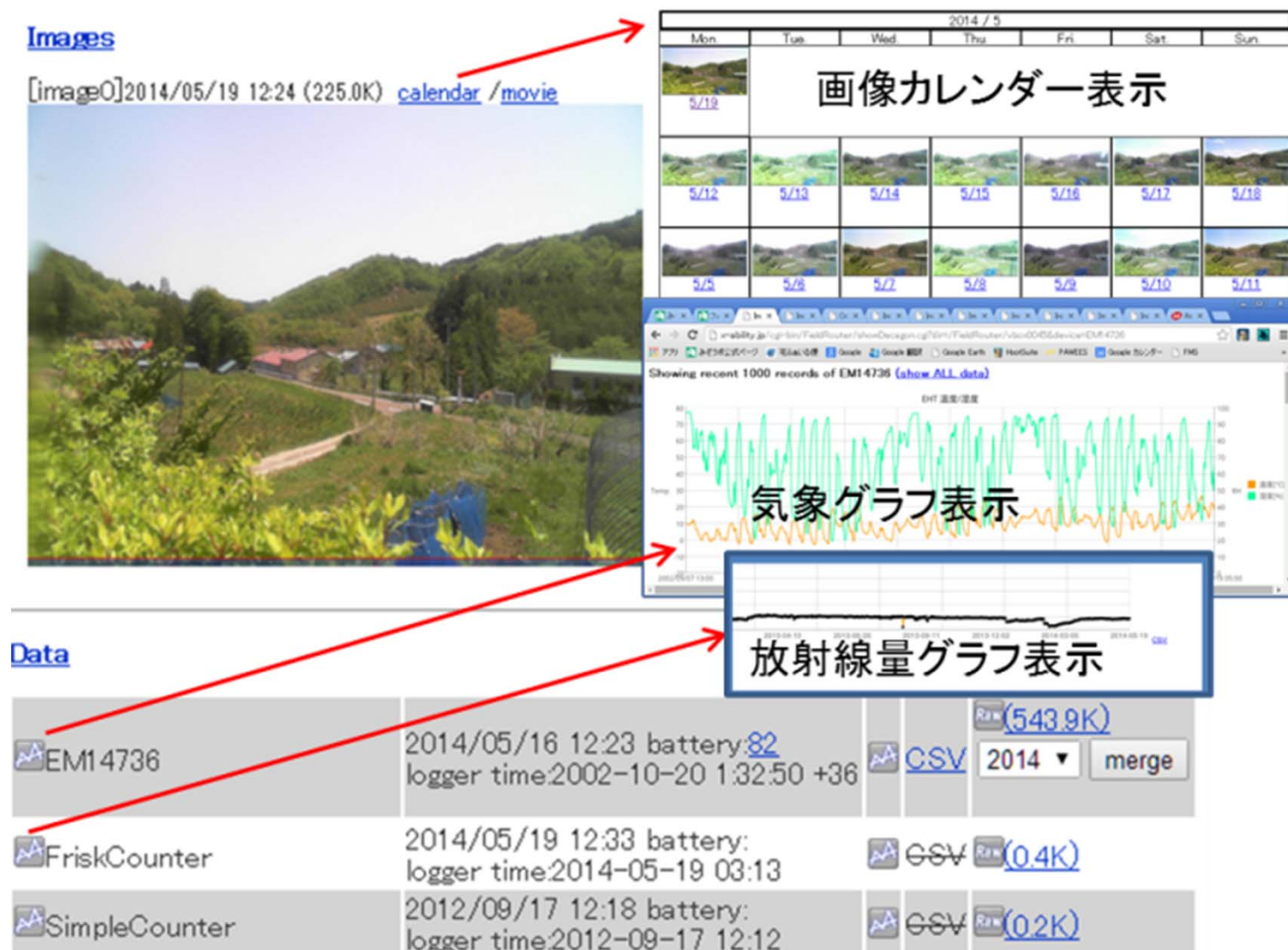


The FMS with a radiation sensor

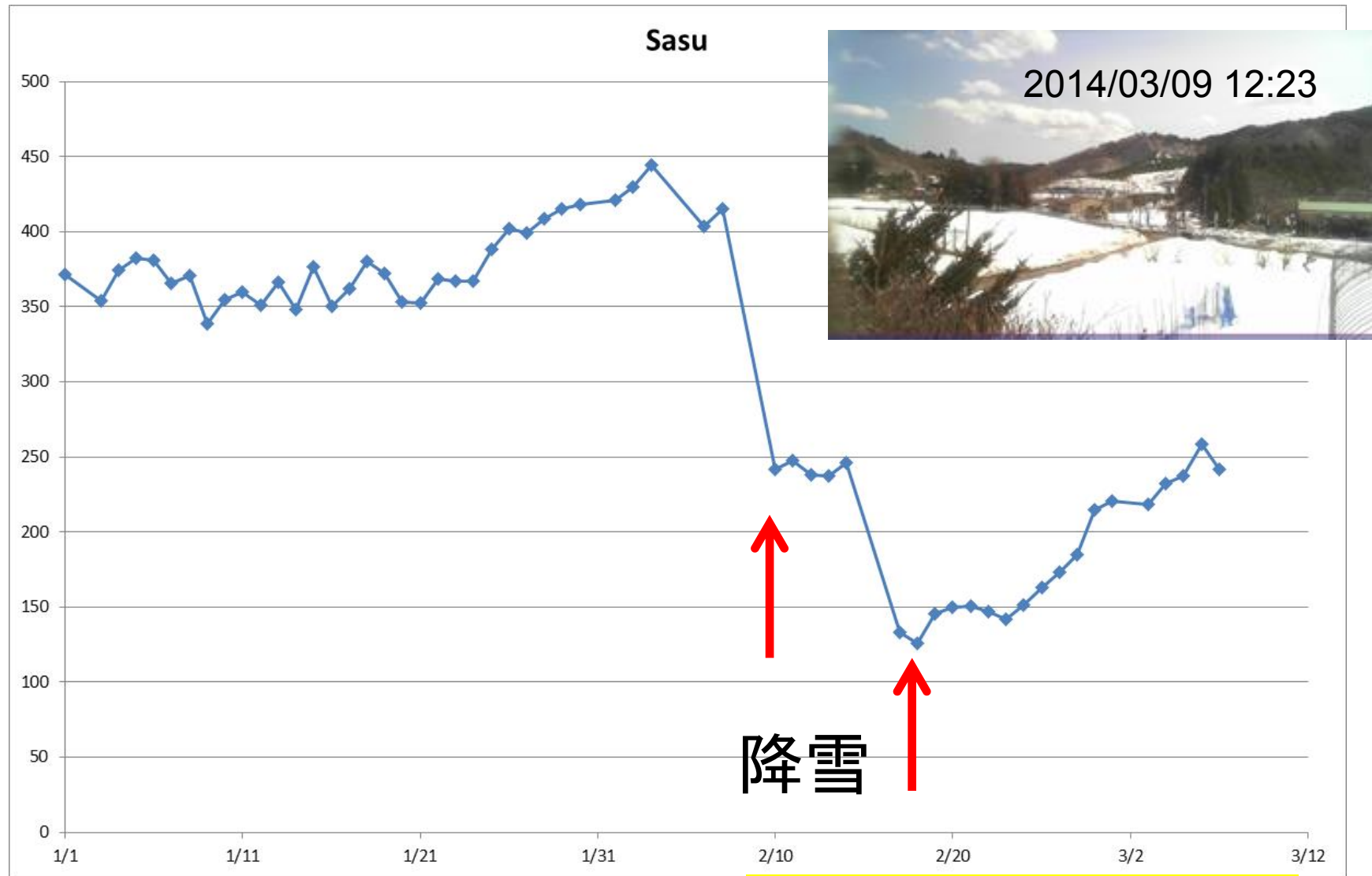


(Soil sensor : Soil moisture, temperature, electrical conductivity)

飯舘村の環境モニタリング



雪による空間線量の低下



土壤放射能鉛直分布測定器(開発中)

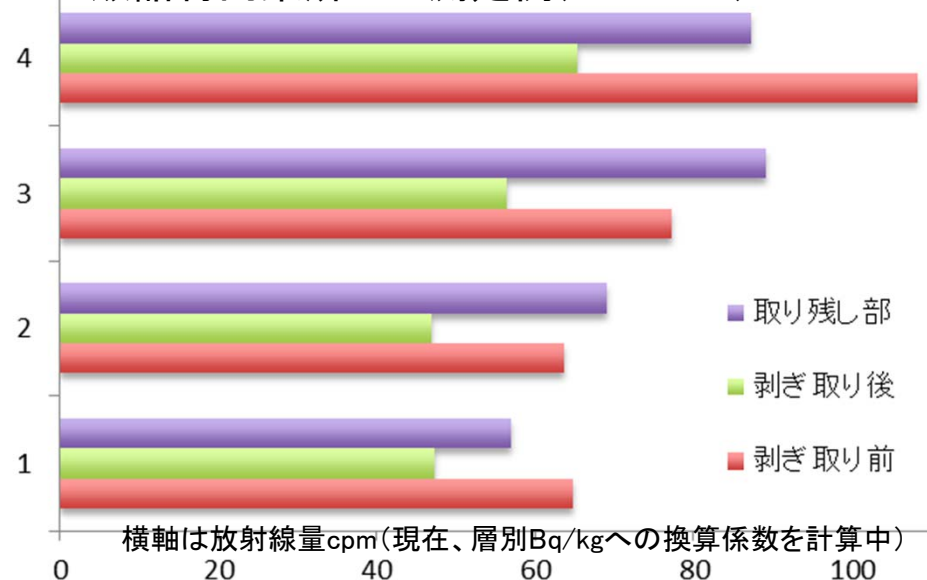


土壤中の放射線量を測定

- 4深度(GM管を鉛板で挟む)
 - 1F:7-8cm, 2F:5-6cm
 - 3F:3-4cm, 4F:1-2cm
- 測定所要時間
 - 3分



飯舘村内某所での測定例(2014.5.11)



大学にできること 大学がすべきこと

- 研究
 - 過去の文献に基づく情報整理
 - 正しいデータによる現状分析
 - 現場のニーズに適う技術開発
- 人材育成
 - アウトリーチ活動
- 講義
 - 学生に現状を正しく伝え、一緒に考える
 - 現場をしっかりと見せる

学生の現場見学会

～飯館の若さがここにある～

飯館村は震災前どのような場所で、震災を受けてどう変わったか。
飯館を今後どのような村にしたいか。
本シンポジウムは、飯館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。
飯館村の話なき、
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：飯館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、これからの飯館を考える
(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「まてい」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>

「これからの飯館を考える 飯館出身の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)

飯舘村関連の講義



<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/litate-lec14.html>

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)

講義リスト

- [東大1年生飯舘村現地見学会 \(2014.9.6\)](#)
- [小学生のための土壌科学「飯舘村の土」 \(2014.8.20\)](#)
- [食料流通工学\(2014.7.22\)\(レポート課題 学生レポート\)](#)
- [駒場: 農業環境と食の安全を対象とした放射性物質動態学\(2014.7.15\)\(学生レポート\)](#)
- [農学における情報利用ゼミナール演習](#)
- [地域社会と専門家の連携—大学の役割 \(農業環境における放射線影響ゼミナール\)](#)
- [総合科目: 食をめぐる水と土の環境科学\(2014.6.22\)\(学生の感想\)](#)

資料

1. [土壌物理学者が仕掛ける農業復興—農民による農民のための農地除染 \(コロンブス2014年3月号\)](#)
2. [福島復興農業工学会議\(土壌除染の農業工学的研究\)活動報告 \(東京大学ホームページ\)](#)
3. [放射性物質問題—土壌物理に求められること \(土壌の物理性—土壌物理学会誌\)](#)
4. [飯舘村再生を目指す協働の成り立ち](#)

リアクションペーパー課題

- 講義資料を読み、かつ講義を聴いた上で、「あなた自身ができるような被災地の農業再生について」考えを述べよ。A4で1枚から2枚程度にまとめて提出すること。
- →締め切り: 7/29(火)、12時。

法学部生のレポート

講義を聴いて思ったことを一言でまとめるとすれば、「除染にかけている余計なコストを、荒れた農地の再生やともとも農地の維持・保全をすることで使えないものだろうか」ということである。東日本大震災の後、メディアが放射線の影響、恐ろしい、それについて不安を述べる人々の姿を誇張して、またはその一面だけに注目して報道していることも多いだろう。私は法学部が他学部聴講していることもあり、将来農業に関する研究をやることや農業自体に関わることはないだろうから、被災地の農業再生のために技術的な貢献をすることは難しいと思う。ただ、放射線についての正しい知見を持ち、できればそれを広めていくことについては、法学部で論理力を鍛えて、人を説得できる力を身につけることで可能にしたい。それが間接的にはあるが、被災地に行ける正しいコストのかけ方につながり、いいては被災地の農業再生につながるもの考える。

ただ、残念ながら今の私には発言しても人が振り返って耳を傾けてくれるほどの地位・立場が無い。今の私にできる一番の近道は、東大法学部に求めぬ勉強を堅定にこなし、日々精進いつ
そのような地位に辿りつめるよう一歩一歩進んでいくことなのかもしれない。

東大1年生のレポート

僕は福島には何度か行ったことはあったのですが、理系の研究をしているところを拝見したのは初めてだったので単純に楽しかったです。農学部に進む訳ではないので自分の将来像が見えたとまでは言いませんが、将来について考えるきっかけ、参考になりました。

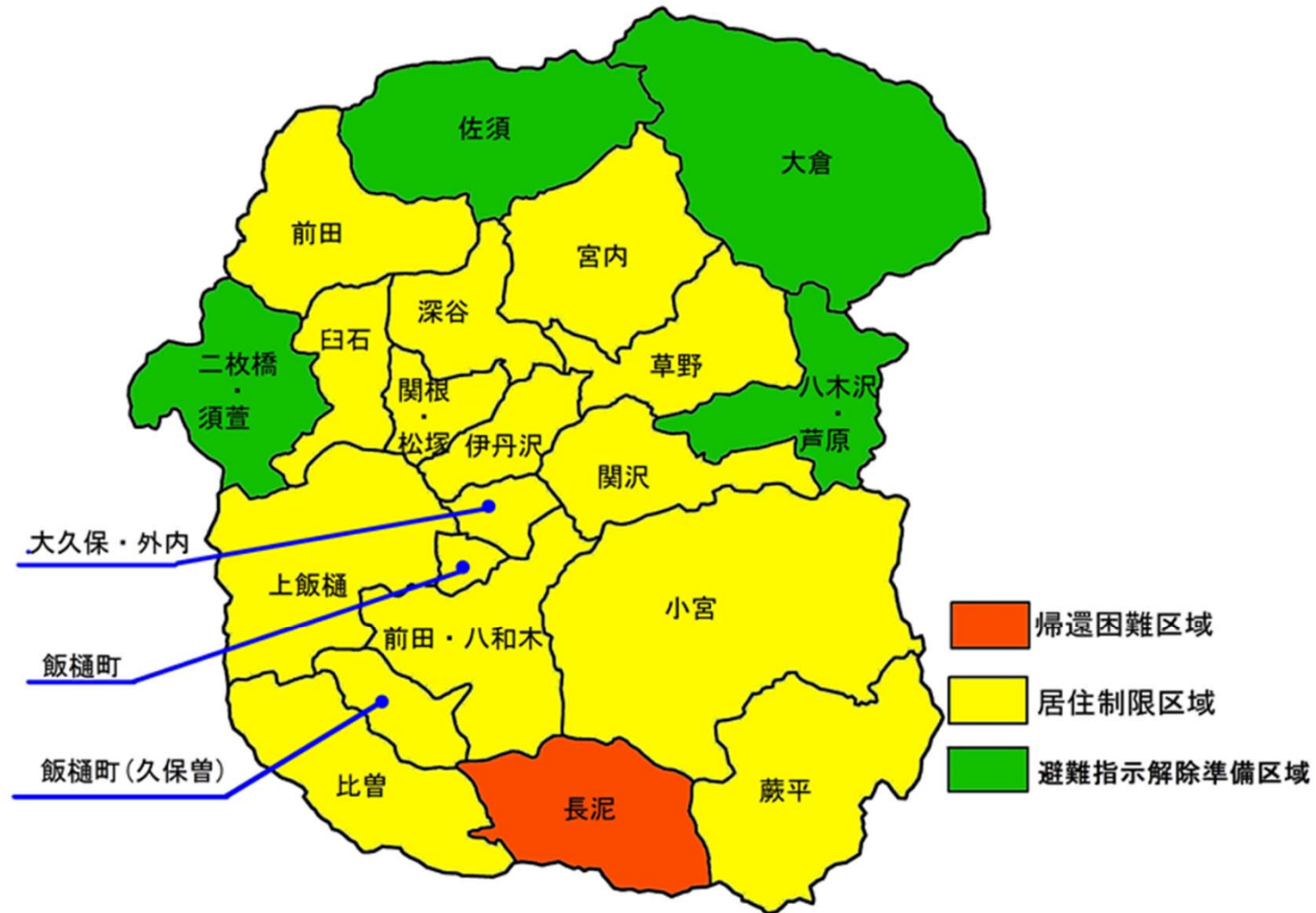
僕はこれまで何度か東北を訪れており、飯舘村もバスで通過したことはあって、その際にフレコンバッグの説明なども聞いていた。しかし先日 T 君が溝口先生の案内で飯舘村を訪ねた経験を聞き、村で始まっている新たな試みに興味を持っていたので、今回の機会はとてもありがたかった。現地では汚染や除染に関する様々な状況を教えていただき、試しに穴も掘らせてもらった。僕は文科一類でおそらく進振りでは法学部に進むが、このままでは被災地の村で実際に穴を掘って物を運ぶ、などといった作業をすることは一生ないと思う。そして、現場を見たことがない学生が将来的に日本の政治を動かすようになっていくという現状は、日本の未来にとってプラスにはならないであろう。T 君は、飯舘村は理系の学生が研究の最前線を見られる場だと感じたそうだが、文系の学生にとっても理系の現場を見られる場として大きな役割を持つと思った。文系の学生が溝口先生を手伝って体を動かすことは決して無意味なことではないと思うし、僕も機会があれば参加してみたい。

小学生のための土壌科学「飯舘村の土」(2014.8.20)



<http://youtu.be/TLTQswp6Yic>

飯舘村の現状





ふくしま再生の会による除染完了農地の土壌サンプリング（2014.8.30 須萱）

除染と客土

キーワードを入力

ニュース

トップ

速報

写真

映像

雑誌

個人

Buzz

意識調査

ランキング

国内

国際

経済

エンタメ

スポーツ

IT・科学

ライフ

地域

国内

政治

社会

人

＜福島原発事故＞田んぼ除染で耕土喪失 福島・飯館

河北新報 10月14日(火)11時14分配信

ツイート

1

おすすめ

0



除染された田んぼで採られた土。
写真のサンプルは、山砂の厚さが
約15センチ（容器の上半分）＝8
月30日、福島県飯館村須萱

福島第1原発事故後の除染作業が進む福島県飯館村で、環境省の委託で村が除染工事を発注した田んぼが、最大で厚さ15センチもの山砂で覆土されていたことが、NPOの検証で分かった。環境省の農地の汚染土はぎ取りの基準は「約5センチ」だが、約3倍の耕土が失われたことになる。村内での農地除染は今後本格化するが、再生の具体策はまだない。

調査に参加した溝口勝東大大学院教授（土壌物理学）は「山砂に埋もれた田んぼも、改良技術と時間があれば再生は可能だ。心配は農家側の意欲。応援する仕組みをどう作れるかだ」と話す。

農家「復田できるのか」



除染完了農地から採取された土壌コア(φ 5cm, 長さ30 cm) (2014.8.30 須萱)



除染終了した地区の“仮仮”置場（2014.10.7 須萱）

除染後の農業をどう考えるか

- 客土後の農地再生
 - 土地改良後に農地の肥沃度が失われるのは当然
 - でも数年で改良技術によって農地にしてきた
 - 問題は農家のやる気
- 担い手は日本農業の共通問題
 - やる気のある農家にとってはこれからの農業は面白い
 - 農村の古いしがらみが新しい農業の芽を阻んできた？
 - しがらみが原発事故でリセットされたと考えれば新天地
 - 新しい日本型農業を飯舘から始めるチャンス
- 現状では戻ってくる農家は多くない？
 - 何らかの農業を応援する仕組みを作る必要がある
 - 農地集積バンク制度を利用しながら企業や新規農業者を呼び込む
 - 新しい農業教育コースを高校・大学に作り、全国から数名だけ推薦入学



東芝、トヨタ、安川電機…異業種が農業に続々参入の理由 インダストリアル農業(1)

2014/10/9 7:00 | 日本経済新聞 電子版

日経 ものづくり

製造業に携わる企業が続々と農業分野に参入している。食糧事情を考えれば世界的に成長性が期待できる市場である上に、ものづくりで鍛えた技術やノウハウを生かすことで高度化できる余地が大きいからだ。電子部品技術や機器の制御技術、生産管理のノウハウなどを活用した安心・安定・安価な農作物を提供する新しい農業が立ち上がろうとしている。「インダストリアル農業(農業の工業化)」とも呼べる、この新しいビジネスの最新動向や事例を3回にわたって紹介する。

2014年に入って、製造業が取り組む農業関連事業の中に、これまでとは明らかに異なる動きが出てきた。例えば東芝。同社は2014年5月に、神奈川県横須賀市にある遊休施設を完全人工光型の植物工場に転用し、2014年秋からレタスなどの野菜の生産を開始すると発表した。

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.**



復興の農業土木学

- 食料生産の基盤整備
 - 農地除染
- 除染後の土地利用
 - 森林を含めた農地管理
 - 安全な農業用水の確保
 - ため池の管理
 - 肥沃度の回復策
 - 施設IT農業
- 帰村後の農村計画
 - 地域創生
 - 産業再生



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

土地を守りぬく金一さん

