



2023.1.16  
放射線環境学  
@農学部1号館8番教室

## 現場から課題を自ら発見し、解決するための新しい農学 復興農学による原発被災地の農業再生



避難指示解除(2017.3.31)



溝口勝



Dr.ドロえもん

大学院農学生命科学研究科  
農学国際専攻 国際情報農学研究室

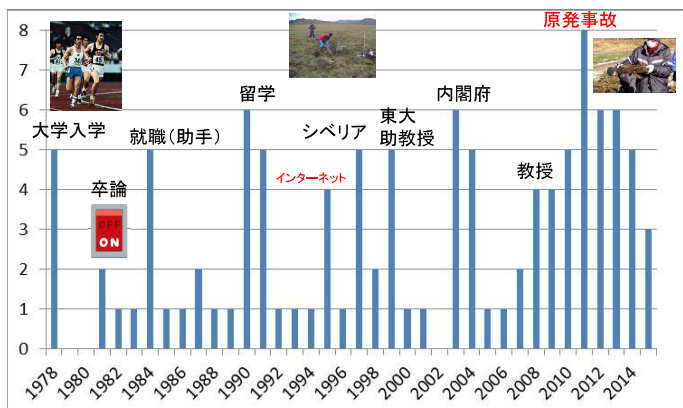
1

## 略歴 (溝口勝)

- 1960 栃木県生まれ(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 米国パデュー大学客員助教授(Agronomy Dept.) SSSA-SSSI  
インターネットオタク
- 1995 三重大学生物資源学部助教授(農業物理学) シベリア
- 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) フィールド科学  
役人道
- 2003 内閣府技官(参事官補佐)併任
- 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) 農業ICT
- 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)
- 2011 東日本大震災・原発事故  
現在に至る

## 還暦わくわくグラフ(溝口)

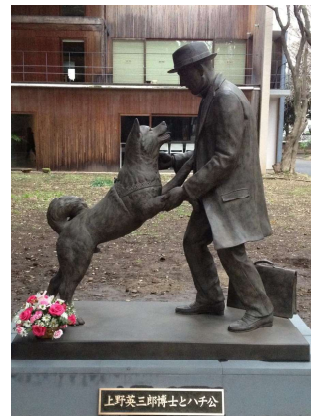
人間万事塞翁が馬 学生時代に学問の基礎を築いておく



スイッチON=クリスマスツリーの霜柱 <https://www.a.u-tokyo.ac.jp/pr-yavoi/61f6.pdf>

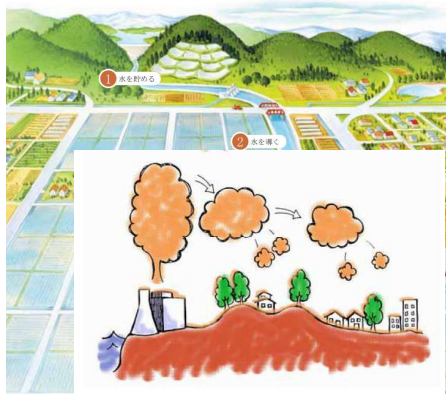
## 復興の農業工学

- 上野英三郎博士(1872-1925)
  - ハチ公の飼主
  - 東大農学部の教授
    - 耕地整理法(1900)
    - 耕地整理講義(1905)
- 農業工学(農業土木)
  - 食料生産の基盤整備
  - 不毛な大地→肥沃な農地
    - 農地造成/灌漑・排水
  - 農地除染
- 除染後の土地利用
  - 帰村後の農村計画
  - 地域創生/産業再生



4

## 農業と農村



### 農業基盤

公共事業

土・水・農村・情報



農業生産を支える  
緑の下の力持ち的役割

2011年3月  
原発事故

農林水産省パンフレット「共に生きる都市と農村」～豊かな食と美しい農村をめざして～(2006), p.8より  
[http://www.maff.go.jp/j/nousin/keiyo/kikaku/k\\_panf2006/](http://www.maff.go.jp/j/nousin/keiyo/kikaku/k_panf2006/)

5

(原発事故)

## 科学技術のあり方?

元内閣府技官  
+農学部教授

- 農学と情報科学で風評被害をなくせるか?
- 農学栄えて農業減ぶ
  - 横井時敬(1860-1927)
  - 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
- いま農学部は何をすべきか?
  - 稲のことは稲に聞け、農業のことは農民に聞け

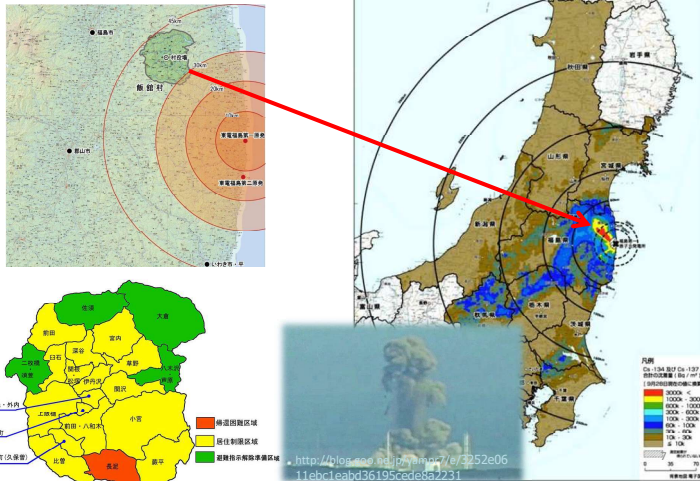
どんなに恐ろしい武器を持っていても  
たくさんのかわいそ  
うな口ポットをあや  
つつていても  
土からはなれては  
生きていけないのよ!



「天空の城ラピュタ」  
シータの名セリフ  
(宮崎駿, 1986)



# 原発被災地：飯館村



# 原発事故直後、いかに行動したか (溝口の場合)

## 2011.3.11 東日本大震災

- (2011.3.15) 東大福島復興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) 飯館村初踏査
- (2011.7.10) 中山間地セミナー：飯館村の『土』は今
- (2011.7.29) 震災復興への処方箋セミナー (駒場生対象)
  - 農業工学でできること—
- (2011.8.30) ふくしま再生の会との出会い
- (2011.9.4) 東大福島復興農業工学会議現地調査

【テーマ】 『早期帰村』実現の課題—福島県飯館村』  
 【日時】 2011年7月10日(日) 14時～17時30分  
 【会場】 東京大学弥生講堂一楽ホール  
 【プログラム】  
 現地報告1. 『飯館村は訴える』 菅野典雄氏 (福島県飯館村村長)  
 現地報告2. 『飯館村の『土』は今』 溝口 勝氏 (東京大学教授)



# 原発事故後の活動

## 農地除染法の開発と農業再生

- (2012.1.8) 凍土剥ぎ取り法
- (2012.4.1) 田車による泥水掃き出し法
- (2012.10.6) 東大農学部学生見学会
- (2012.12.1) まいでい工法(汚染土埋設法)
- (2013.5.15) 泥水強制排水法
- (2013.5) 林地の土壌中Cs分布の調査
- (2013.6.6) 水田における湛水実験
- (2015.6.26) 除染後農地土壌の排水性調査
- (2016.5.15) 森林小河川のCs流出モニタリング
- (2016.6.24) イグネ除染実験(汚染土埋設法)
- (2017.3.21) 飯館花壇
- (2017.3.31) 避難指示解除
- (2018.3.5) 飯館村と東大と連携協定
- (2018.5.1) 純米酒「不死鳥の如く」誕生
- (2019.6) カンヌ・ライオンズにノミネート
- (2019.8) 東大むら塾がソバ栽培



飯館村が東大と連携協定

飯館村ふるさと納税 返礼品

# 基礎学に立脚した現場主義

## 復興農学

凍土剥ぎ取り法による農地除染 (2012年1月)



# 飯館村での東大農学部 (農学生命科学研究科) の活動

生きる。ともに  
 東京大学  
 東日本大震災における  
 救援・復興支援活動レポート  
 福島復興農業工学会議(土壌汚染の農業工学的研究)

東大農学部有志が  
 現地調査活動を開始  
 (2011年6月)

飯館村 ⇒ 東大農学部  
 研究調査活動への協力要請  
 (2012年9月)



東大農学部の学生見学会(2012.10.6)

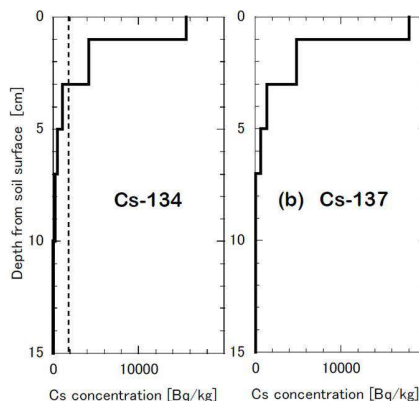
# 飯舘村—NPO法人—東大農の連携



村民との信頼関係

# 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行速度, RADIOISOTOPES誌, 8月号, 2011より引用

# 土壌とは?

土壌学 (大学3年生)

土は何でできているのか?

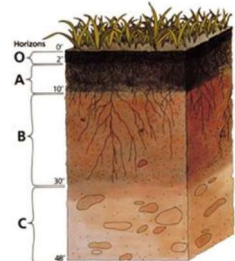
- 土粒子、水、空気

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

# 交換性陽イオン

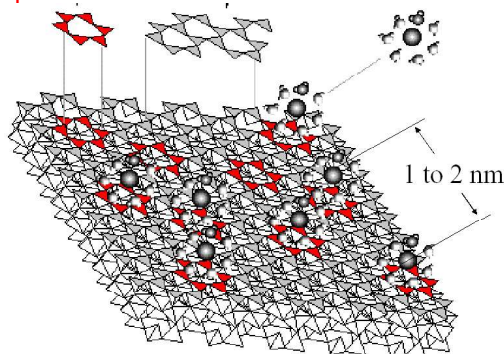
周期表: 化学 (高校生)

1 H 1.0079	2 He 4.0026											13 Al 26.9815	14 Si 28.0855	15 P 30.9738	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948												
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.9332	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.408	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.9216	34 Se 78.9718	35 Br 79.904	36 Kr 83.796
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.9058	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	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 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.905	54 Xe 131.29												
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 Lanthanide series	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 Actinide series	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (288)	115 Uup (288)	116 Uuh (291)	117 Uuq (294)	118 Uuo (294)												

# 放射性セシウムは粘土表面の穴に落ちている!

土壌化学・粘土鉱物学 (大学院修士)

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.

# 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





# 土の濾過機能



(動画)  
泥水がきれいになっていく様子

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

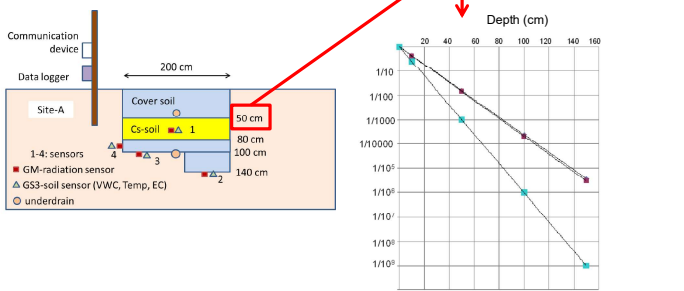
よいとまけ(土の締固め)

2012.12.1 26

# 汚染土は素掘りの穴に埋めれば良い

土壌物理学 (専門課程:大学院~)  
かなり特殊な場合

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

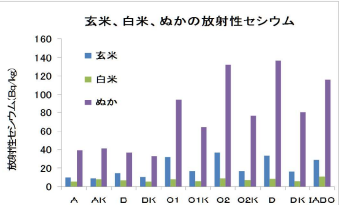
# イネの作付実験 (H24~)

作物学・農学(大学3年生)



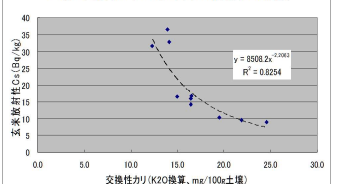
# イネの栽培試験(H24年度)

作物学・放射線化学(大学院生)

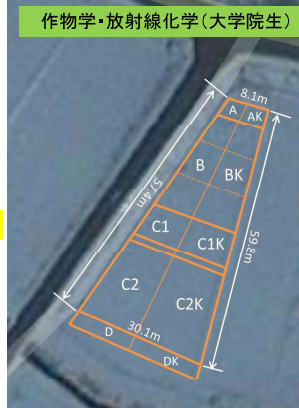


白米の放射性セシウム濃度は、すべて10Bq/kg以下

土壌の交換性K(K2O)と玄米の放射性Cs濃度



交換性カリ(K2O)を20mg/100g乾燥土壌以上に保つ



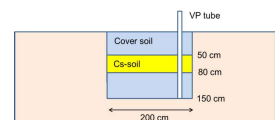
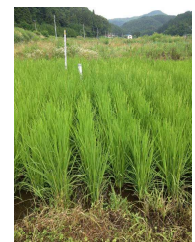
私の研究を整理するならばここからの話を利用してください

# 埋設汚染土は安全なのか？

農場実習(大学3年生)

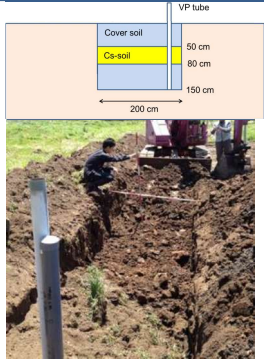
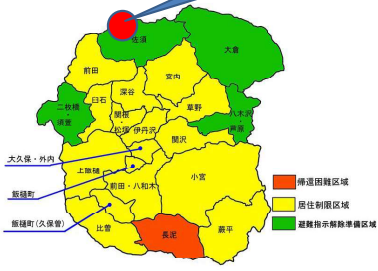


NPOによる田植え(2014.6.1)



# 方法

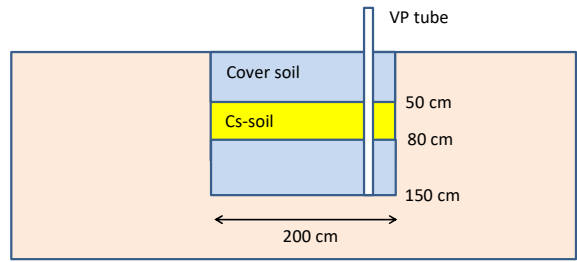
2013年度  
福島県飯館村佐須滑の水田  
(約8m × 16m)



**汚染表土埋設**  
 ・水田の中央に帯状  
 (幅2m, 長さ16m, 深さ50-80cm)  
 ・非汚染土で覆土

# 方法

# 配置図



- ・帯状(幅2m,長さ16m,深さ50-80cm)に汚染表土を埋設(2012年12月)
- ・埋設汚染土の周囲に放射線・地下水水位・土壌センサを埋設

# 放射線測定器(長尺くん)

土壌物理学・放射線科学(大学院生~)

- ・ 土壤くんの兄弟(姉妹?)
  - 観測孔内の放射線を簡便に測定する測定器
- ・ 土壤くん
  - GM管を1cmの鉛板で挟んで水平に4本配置
  - 深さ8cmの土壌放射線量を2cm間隔で測定
  - 測定時間 3分
- ・ 長尺くん
  - GM管を鉛板なしで鉛直に10本配置
  - 深さ1mの放射線量を10cm間隔で測定
  - 測定時間 3分



# 埋設

2014/5/18

# 測定

- 15/3/21
- 16/3/20
- 16/11/6
- 17/3/12
- 17/12/9
- 18/3/11
- 19/3/10
- 20/3/11



溝口勝 @msrmz · 2017年3月12日

返信先 @msrmzさん

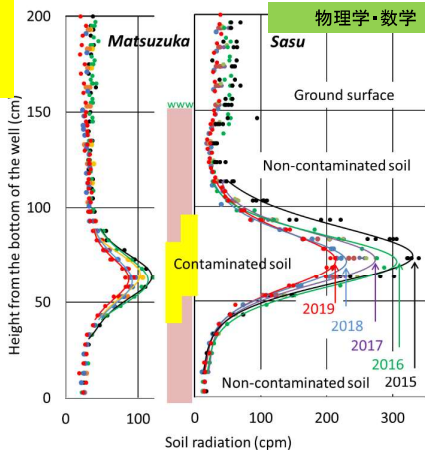
松塚の猛史さんの田んぼで測定。長尺くんを固定する新兵器の三脚を作って投入。



# 結果:埋設汚染土の放射線量

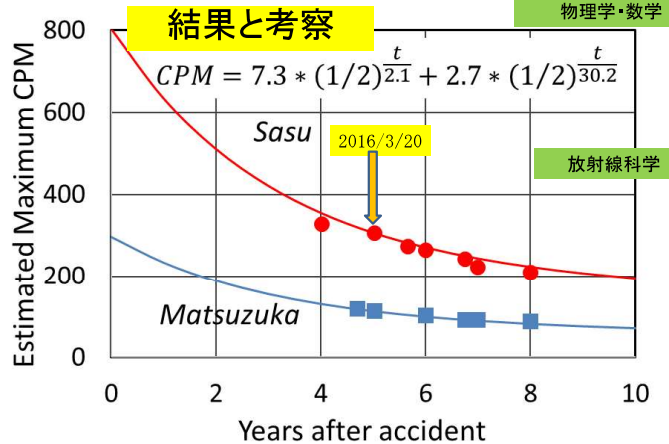


汚染土の埋設(2014.5.18)



- ・ セシウムは4年間土壤中でほとんど移動していない
- ・ 土壌放射線量は理論通りに自然減衰している

# 結果と考察



- ①原発事故直後に放出されたCs134とCs137の比率を1:1
- ②半減期を2.1年(Cs137), 30.2年(Cs137)
- ③Cs134とCs137の放射線量に与える影響の割合を7.3:2.7と仮定

## 結論

- Csは土壤中でほとんど移動しない
- 土壤放射線量は理論通りに自然減衰している



### その意義

- 飯舘村: 大量の汚染土が優良農地に山積みになっている → 長泥地区への埋設計画
- 汚染土埋設法: 簡単で実用的
- 本研究: 埋設処理の設計や埋設後の管理に関して技術的な指針を提供する。

農業工学

37

放射線科学としての要点

## 農地汚染と除染法の原理を理解する



2018年12月25日  
食の安全研究センター  
サイエンスカフェより

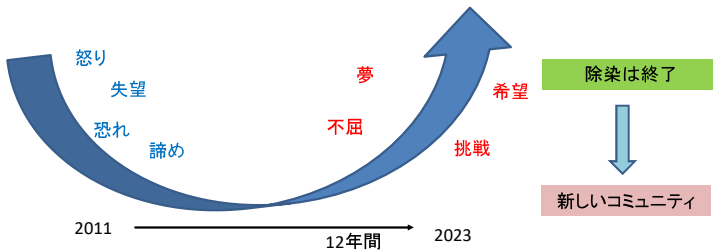
クリスマスセミナーの講演要旨を読む↓

聞いてみよう! あなたの知らない“土の世界”  
-放射性セシウムとの関係-

## 復興農学: 新しい農学 RESILIENCE AGRONOMY

- Resilience: the ability to be **happy, successful, etc.** again after something difficult or bad has happened (Cambridge Dictionary)

復興: Reconstruction → Resilience



## 現在の活動

- 農業を再生する 農業
  - 安全な農畜産物生産を支援する ICT 営農管理システムの開発
  - 生産者と消費者をつなぐ
  - 堆肥による土壤肥沃土の回復
- 風評被害を払拭する 社会学・教育学
  - 飯舘村における農業再生と風評被害払拭のための教育研究プログラム
  - 飯舘村における将来世代への復興知継承に向けた教育研究プログラム (YouTube)
- 福島復興知を定着させる 政治学?
  - 福島復興知学講義(全学自由研究ゼミナール)
  - 国際教育研究拠点

40

## 除染後の農業をどう再生するか (2014~)

- 客土後の農地再生 農業土木学
  - 土地改良後に農地の肥沃度が失われるのは当然
  - 改良技術によって農地を再生してきた
  - 農家のやる気維持が問題
- 担い手は日本農業の共通問題 農業経済学
  - やる気のある農家にとってはこれからの農業は面白い
  - 新しい日本型農業を飯舘から始めるチャンス
- 現状で農家は戻ってくるのか? 農学全般
  - 農業を応援する仕組みが重要
  - 企業や新規農業者を呼び込む工夫



41

## 酒米水田用水の遠隔操作(2018~)



1. 水門設置

2. WiFiカメラ

3. 水門操作

42

# 飯館の日本酒で世界制覇

醸造学

## 純米酒「復興」

虎嶺山の麓から 飯館再生のために  
スマート農業のテクノロジーで育てた酒米から純米酒が誕生しました

生酒



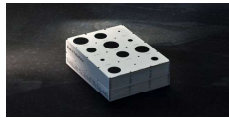
火入れ



フィールド WiFi カメラによる酒米水田の監視

遠隔操作で水管理するための自動水門

## カンヌ作品



2019/6/19

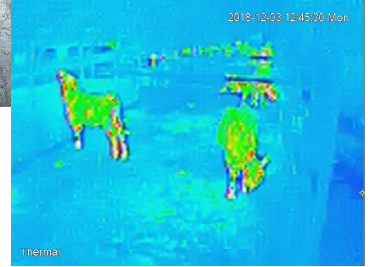
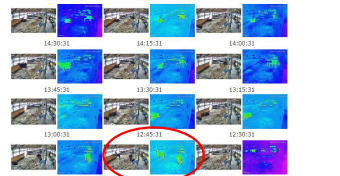
提案(2012), 実現(2018~)

# 和牛(飯館牛)モニタリング (2018~)

飯館村農業再生のシンボル

畜産学  
情報工学

## 子牛の健康管理



44

# 世界に向けた情報発信

農学  
教育学



土壤博物館(2018.4.29)

ドロえもん博士の  
ワクワク教室  
(Kindle版)



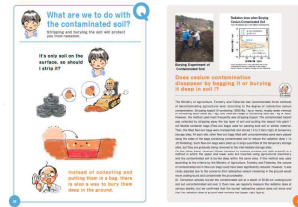
高校生のための現地見学会  
(2019.9.14-15)



英語

日本語

中国語



# さらに、何が必要か？

(現地農家・宗夫さんの意見を参考にして)

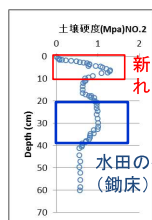


# 劣化した農地土壌の修復

(物理性・化学性・微生物活性)

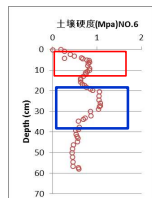


動画



新たに形成された圧縮層

水田の硬盤  
(鋤床)



47

# 農地土壌の肥沃度向上



- 伊井ら(RADIOISOTOPES, 2021)
  - 玄米と稲わらの放射性セシウム濃度を継続的に測定
    - 2013年と2014年に除染した実験水田
  - 2015-2019年の5年間で指数関数的に減少している
- 八島ら(復興農学会誌, 2022)
  - 家畜糞尿の堆肥の代わりに緑肥を使った栽培実験
  - 除染された農地ではより多くの有機物を土壤に施用する必要がある
  - 土壤に化学肥料を施しても健康な植物が育ちにくい
  - 牛糞を施用することで植物の根や地上部のバイオマスが増加する

48



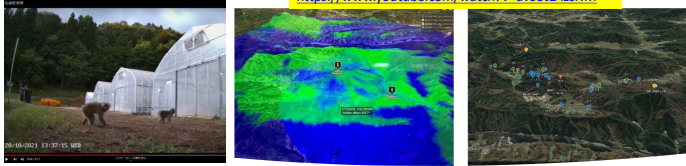
## 農地の地力回復と獣害対策

- IoTセンサーを用いた堆肥づくり
  - 除染作業で失われた地力を回復する



- LoRa通信技術を利用した動物モニタリング
  - サルやイノシシから農作物や田畑を守る

<https://www.youtube.com/watch?v=uv95TLazcNM>



## 自然との共生



音に驚いて逃げるイノシシ(動画)



雪上の自分の足跡を戻るサル(動画)

## 飯館村民との対話

@金一茶屋(毎日13:00開店)



## まとめ

- 駒場農学校・横井時敬先生(1860-1927)の名言
  - 農学栄えて農業滅ぶ
  - 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
  - 稲のことは稲に聞け、農業のことは農民に聞け
- いま農学部は何をすべきか？
  - 現場から課題を自ら発見し、解決する学習の強化
  - FPBL(Field and Project-Based Learning)

## 福島復興知学スタディツアー

(1) 2022.8.17-19 (2) 2022.11.19-21

杉野先生による分析



福島第一原発(11.19)



飯館村農業体験(11.20)



飯館村牛舎見学(11.20)



飯館村村長対話(8.19)



飯館村農家対話(11.20)



豊かな牛丼試食(11.20)

■大学等の「復興知」を活用した人材育成基盤構築事業(2021-)  
・飯館村における将来世代への復興知継承に向けた教育研究プログラム



# 福島から始まる復興農学

Resilience Agronomy Starting from Fukushima



<https://www.a.u-Tokyo.ac.jp/pr-yayoi/73yh.pdf>, 弥生73(2021)

Resilience Agronomy Starting from Fukushima

SSSA Symposium--CrossDiv--Dealing with the Fallout in Fukushima: 10 Years of Soil Contamination (2021.11.9)

# 復興農学会 2020年6月発足

復興農学会のホームページ

復興農学会は  
国内・外の自然災害・原子力災害等からの復旧・復興から得た農林水産業分野における知見・技術を、広く国内・外に発信します。

会長：生源寺真一 (福島大学)

目的  
市民、教育・研究機関、企業、団体、自治体等の  
▼相互の学術・技術・教育等の交流を促進  
▼復旧・復興事業で培った学術・技術・教育等の成果を「復興農学」として体系化し、深化と継続をはかる。

具体的事業  
▼教育・研究活動の成果の共有  
▼共同事業の企画・推進  
▼研究会、シンポジウム等の開催  
▼教育・研究資料の収集・配布  
主催大学  
東京大学、東京農工大学、東北大学、福島大学(専修科)、聖女子大学、東京農業大学、福島工業高等専門学校

支部  
地域性  
北海道 東北 関東 近畿 中国 四国 九州 沖縄 海外

学術分野  
農学  
農林工学  
農産学  
農産物加工学  
農産物貯蔵学  
農産物流通学  
農産物消費学  
農産物生産学  
農産物加工学  
農産物貯蔵学  
農産物流通学  
農産物消費学

定例会員  
正会員  
学生会員  
賛助会員  
奨励会員  
公認員  
実践会員  
農林従事者  
シニア会員  
65歳以上  
ヤング会員  
若手以下  
その他会員  
自由会  
農業士(大)  
7・アライオン等

子どもから大人まで、研究者から農業実務者まで、どなたでも参加できます。

被災現場の声に耳を傾けます。  
農学分野を「専門性」の継承と「地域性」の横糸でつなぎます。  
未来を見据えた地域と農業の復興を果たします。  
日本と世界の農業・食料生産の持続的発展をめざします。

市民+自治体参加型の学会誌 2021年1月に創刊

# いま私が悩んでいる課題

- 除染後の土壌再生が重要！
  - 誰も反対しない
  - 落葉+牛糞等→堆肥づくり
  - 研究成果もたくさんある
- では
  - 誰がどのように土壌再生を実現するのか？
  - 農水省+林野庁+水産庁+復興庁...
- 研究者に国境(境界)はないはず
  - でも役所には境界がある=デマケ(出負け?)
  - コロナ禍・風水害で福島が忘れられてはいないか?
  - 廃炉は30-40年後(2050年以降)

福島国際研究教育機構

安東さんのやり取り

57

## 環境再生型農業(Regenerative Agriculture)

SDGsはもう古い!

220225溝口案

期待される成果

- 有畜複合農業  
地球温暖化対策に資する有機物循環型農業の開発と実践
- 人材育成  
現場のニーズに答えられる「土壌医」の活用
- 農×ロボット連携  
中山間地域で動くアグリロボット技術の開発

① 土壌再生技術の開発

- 農地除染で失われた地力を回復するために地域バイオマスで堆肥を作り、現場に適合した肥沃土壌(テラーメイド土壌)を作る技術
- IoT土壌センサによる堆肥の熟度診断(堆肥ソムリエ)技術

② 中山間地域の小規模スマート農業技術の開発

- 小規模家族農家のためのスマート農業支援技術(中山間地域ロボットテストフィールド拠点)
- 畜産ふん糞と稲わら等を活用した有畜複合農業技術
- 土壌炭素貯留による地球温暖化対策技術(4パーミル・イニアティブ)

研究拠点と大学との国際的連携による卓越した研究と教育、および研究を支える規制緩和

国際教育研究  
復興農学分野  
堆肥の熟度診断と放射性Csの作物吸収抑制技術に基づく有機物循環システムの構築  
土壌科学分野  
土壌の物理・化学・微生物の基礎に立脚したテラーメイド土壌の作出と応用技術の開発

国内外の大学  
国内外の研究所  
農産家・企業・NPO等

規制緩和環境  
★電波特区を活用してデジタル田園都市国家構想の実現→通信インフラ・地域バイオマス循環・獣害対策を完備した地方創生  
★短半減期放射性物質を利用した放射線育種フィールド →新機能をもつ土壌微生物・農作物・薬草・山菜などの探索と作出等

# レポート課題

- 溝口研究室 Mizo lab. ホームページ のTopicsの記事の中から1つを選んで読み、講義を聴いたことや過去のレポートを参考にしながら、「あなた自身ができそうな被災地の農業再生について」考えを述べよ。A4で1枚にまとめて提出すること。
  - レポートを公開します(過去のレポート例↓)
    - <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/lecture/radiation2/2020/>
- 締切
  - 1月30日23:59
- お薦めの記事
  - 飯館村に通いつづけて約8年—土壌物理学者による地域復興と農業再生(コロンパス2019.5)
  - 私の土壌物理履歴書(土壌物理学会誌)
  - 農業農村開発の技術を考える(ARDEC 第60号, March 2019)
  - (2016.7)東大TV「除染後の農地と農村の再生」(動画)
  - (2014.3)飯館村 村民学協働の除染(動画)

# さらに知りたい人のために

- Mizo lab
- 飯館村関連の講義
- 福島土壌除染技術
- マスコミ報道



2020年12月10日発行

<https://hachikou.theshop.jp/>



2021年3月11日発行



検索=みぞらぼ

↑本をクリック