

作物学
2013年2月6日(水)
東京大学農学部

SRIの可能性 ポイントは間断灌漑にあり — 土壌水分の制御 —


東京大学
大学院農学生命科学研究科
溝口勝

USTREAM講演
<http://www.ustream.tv/recorded/24138104>



東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI

大学院 時代



$$\frac{\partial \theta_r(h)}{\partial t} + \frac{\rho_s}{\rho_w} \frac{\partial \theta_r(T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_{Lh}(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K_{Lh}(h) + K_{Lr}(h) \frac{\partial T}{\partial z} + K_{Lh}(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} + K_{Lr}(\theta) \frac{\partial T}{\partial z} \right] - S \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_p T}{\partial t} - L_f \rho_s \frac{\partial \theta_r}{\partial t} = \frac{\partial C_p T}{\partial t} - L_f \rho_s \frac{d\theta_r}{dT} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial \left(C_p - L_f \rho_s \frac{d\theta_r}{dT} \right) T}{\partial t} = \frac{\partial C_p T}{\partial t} \quad (13)$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L_f}{V_s T} \quad (15)$$

東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI

GAME-Siberia, Tundra (97-98)





森林土壌の透水性(インドネシア)



SRI概論

(佐藤流)

「稲作革命SRI」の元ネタ




佐藤周一
J-SRI研究会

東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 J-SRI


SRIとは?

- ◆ SRI は、投入資源(種籾・化学肥料・農薬・水)を減らして収量を増やす、画期的な稲作法。
 - 単位収量 => 50~100% 増
 - 灌漑水 => 30~50% 減
 - 種もみ => 80~90% 減
 - 化学肥料 => 30~50% 減
- ◆ SRI は、地球環境問題の軽減にも資する。
 - (1) 温室効果ガスの削減, および
 - (2) 化学肥料・農薬の削減。


SRI は、地球規模の課題である
食糧問題、貧困問題、水問題、環境問題
の軽減に貢献する!

SRIの歴史

- ◆ 1983年、マダガスカルに派遣されたフランス人宣教師 ロラニエがSRIの基本を提案した。
- ◆ 1993年、コーネル大のノーマン・アポフ博士がマダガスカルでSRIに出会い、以降、世界中でSRIを推進している。
- ◆ 1999年、マダガスカル外で初めてのSRIの実証試験が中国とインドネシアにて実施された。
- ◆ 2011年現在、世界42カ国でSRIが実証された。SRI普及面積は、100万ヘクタールを超えた。
- ◆ 主なSRIの普及国は、インド、中国、ベトナム、ミャンマー、インドネシア、カンボジア、ラオス等



Lalanie

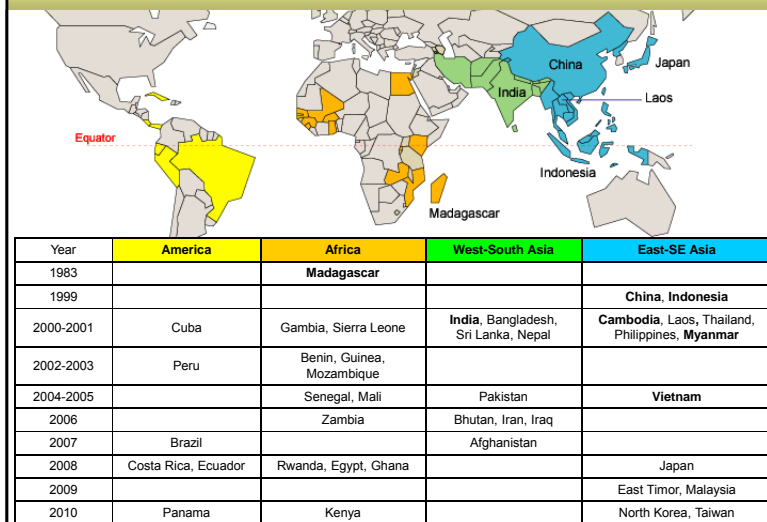


Norman Uphoff

緑の革命とSRIの違い

	緑の革命	SRI
経緯	1940~50年代、コムギやトウモロコシの新品種で普及。1960年代に米の新品種が開発されアジアに広がり食糧危機を救った	1980年代、フランス人宣教師によってマダガスカルで発明された米の栽培法。その後、アジアを中心に広がる。
特色	高収量品種の開発や化学肥料・農薬の投入、灌漑施設の整備などで、単収を増やす。	乳苗1株1本植えや間断灌漑でイネ本来の生命力を高めることにより、単収を増やす。
環境負荷	水・肥料・農薬を大量投入するため、環境への負荷が大きい。	水・肥料・農薬の投入量を減らすため、環境にやさしい。
現状	単収の増加は頭打ちに。灌漑による水資源の枯渇、過剰な肥料・農薬による環境破壊が問題化している。	21世紀の食糧危機対策の切り札として注目されている。コムギやサトウキビなど米以外の作物への応用も始まっている。

SRIの国別開始時期



従来の稲作とSRIの違いとは？

Item	Item	Conventional Paddy Cultivation (High Yielding Variety)	SRI
Transplanting	Seedling age	20-30 days or more	6-12 days (less than 14 days)
	Density	4 - 5 Seedlings per hill	1 - 2 Seedlings per hill
	Spacing	15 ~ 20 cm interval	25cm x 25cm or 30cm x 30cm
	Pattern	Random	Square pattern
Weeding	Weeding	None or use herbicide	Rotally weeder
Irrigation	Irrigation	Continuous flooding	Intermittent irrigation
	Water depth	5 ~ 10 cm	2 cm during irrigation period

SRI農法の基本要素

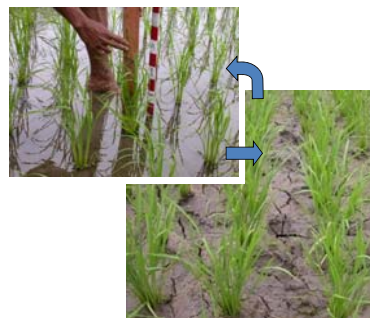
(1) ユニークな移植

1. 乳苗 (播種後14日以内)
2. 一株一本植え
3. 疎植 (25~30 cm 間隔)



(2) ユニークな水管理

1. 間断灌漑の適用 (栄養成長期)
2. 灌漑は浅水 (5 cm 以下)



SRIのタイプ

基本SRI

= SRI基本要素 + 化学肥料 (減量)

ロラニエ神父が1983年に発表したもの

有機SRI

= SRI基本要素 + 有機肥料

ロラニエ神父が1992年に提案したもの

部分SRI

= SRI基本要素の一部を適用

天水田SRI、直播SRI、など
他の作物への適用も (サトウキビ、小麦など)

SRIの研究と行動は現在進捗中!

基本SRIの実際



SRIの優れた環境抵抗力

根が健全に発達

↓

病虫害への抵抗力大

倒伏、冠水、低温などへの抵抗力大

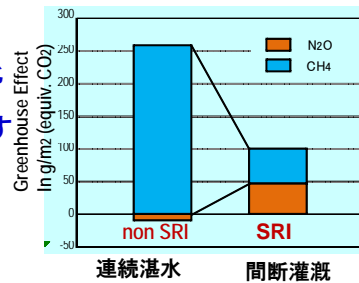
SRIによる温室効果ガスの削減

慣行稲作の連続灌漑(湛水の継続)では、土壌が還元化し、メタンガス(CH₄)が発生する。一方、亜酸化窒素(N₂O)の発生は抑えられる。

地球温暖化ガスの測定事例(インドネシア 2007)

連続湛水(慣行稲作)と間断灌漑(SRI)の比較試験では、メタンガスがSRIでは大幅に減る一方、亜酸化窒素は増大する。その合計では、温室効果ガスがSRIでは大幅に減少する(60%減)。

**SRIでは
地球温暖化ガスが
大幅に削減する!**



出典: 稲作革命SRI, p.252

SRIで収量が増大する理由

SRIは、稲が本来もつ成長ポテンシャルを最大限に発揮させる土壌環境作り技術とも言える。

SRIでは以下が発現し、増収に繋がる。

なぜ?

- ◆ 根が健全に大きく深く発達。
- ◆ 土壌が健全に保たれ、土壌微生物の活動が活発化。
- ◆ 稲が健全に大きく強く育つ。

SRI効果は、米の種類を問わず発現する。



SRIのポイント

(溝口流)

- 乳苗
- 1本植
- 間断灌漑
 - 土水管理

科学的に観察する

- 土壤水分センサー



東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI

日本初のSRI実践水田モニタリング(2009)

小川氏のSRI水田(愛知県)

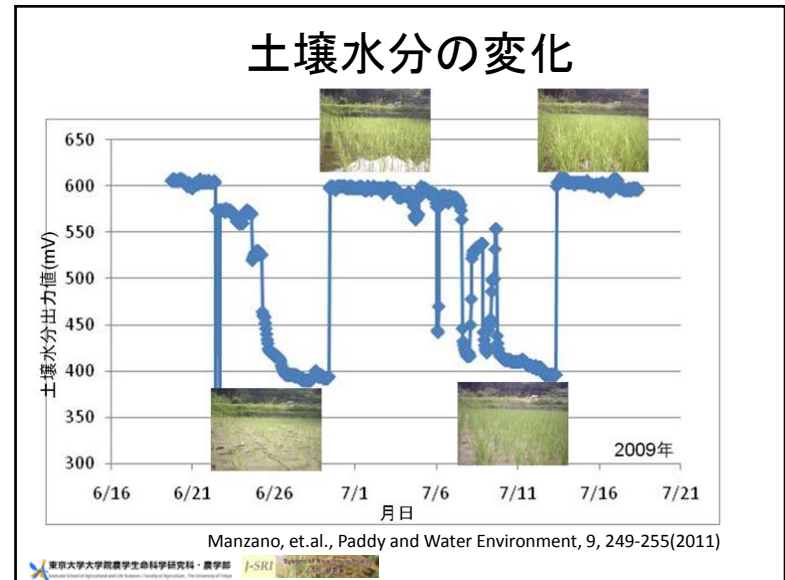


東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI

田面の様子



東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI



日本のSRI水田モニタリング



小関氏のSRI水田(岩手県;2012.6)



矢内氏のSRI水田(福島県;2012.6)

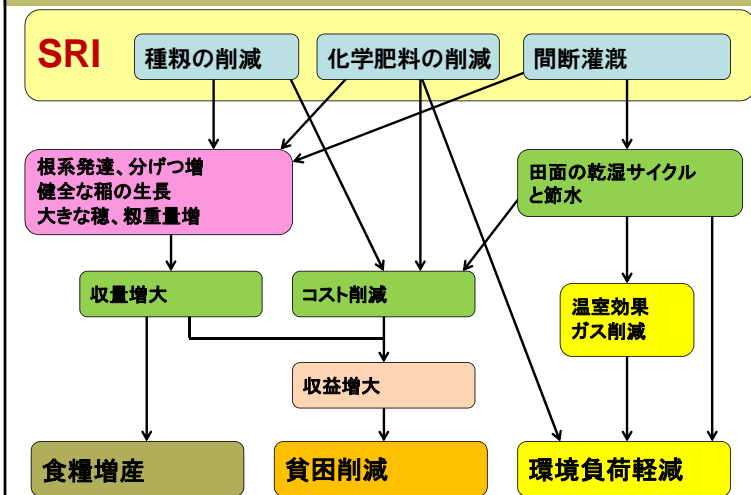
日本でSRIは可能か？

わからない??

- 間断灌溉
- 梅雨時の排水
- 気温

「稲作革命SRI」 14章 p.280 参照

SRIの効果のフロー



スライド: 佐藤周一(J-SRI研究会)

SRI 推進に必要な条件

SRIは何処でも成功するとは限らない。SRIの円滑な普及や成功を妨げる要因には以下があり、これら避けることが必要。

SRIの成功を阻害する物理的な要因

- 田面が不均一
- 信頼できる灌溉水源がない
- 強アルカリ土壌ないし強酸性土壌
- 作土層が少ない(20 cm厚以下)
- 排水が困難(地下水が高いなど)
- 乾季がはっきりしない湿潤気候

SRIの普及を妨げる社会的な要因

- 小作人や農業労働者が働く農地
- 稲作以外の雇用機会が多い地域
- 地方政府がSRIを拒否ないし支援しない地域
- 農業普及員の活動が低調な後進地域

スライド: 佐藤周一(J-SRI研究会)

分野間連携

- 作物学
- 土壌学(土壌肥料、土壌物理、土壌微生物)
- 農業工学(農業土木学、農業機械学)
- 農業経済
- 国際協力
- NGO
- etc

日本の農機具メーカーのパンフレット



結論

- SRIは熱帯地域で広がりつつある
 - SRIで増収が見込めるらしい
- SRIによる収量メカニズムは未解明
 - 科学的・客観的データに基づいた議論
- 間断灌漑(土壌水分の管理)がポイント
 - 土壌の酸化・還元状態
 - 微生物活性・窒素の有効利用
- 分野を超えた研究協力が重要
 - J-SRI研究会



農家会員が多い


<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/j-sri/index.html>

J-SRIブログ(会員の意見交換)

世界初のSRIの本




世界の食糧生産を予測し、 最適の作付体系を提案する




イネの栽培可能性予測シミュレーター (2010)

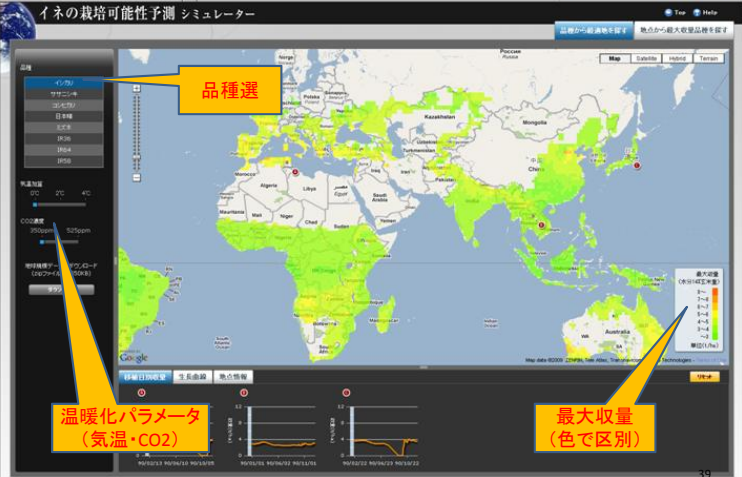
気温と日射量のデータから、100 km グリッドでイネの品種別栽培可能性・潜在収量を予測



- 全球1度グリッドのデータセット
 - 1995年のデータ(沖研@東大生産研)
- SIMRIWによる収量予測
 - イネの品種ごとに判定
- 降水量が十分にある条件
 - 年間降水量300mm以上を対象



シミュレーターの操作画面




イネの栽培可能性予測 シミュレーター

品種から収量値を絞り 地点から最大収量品種を絞り

品種選

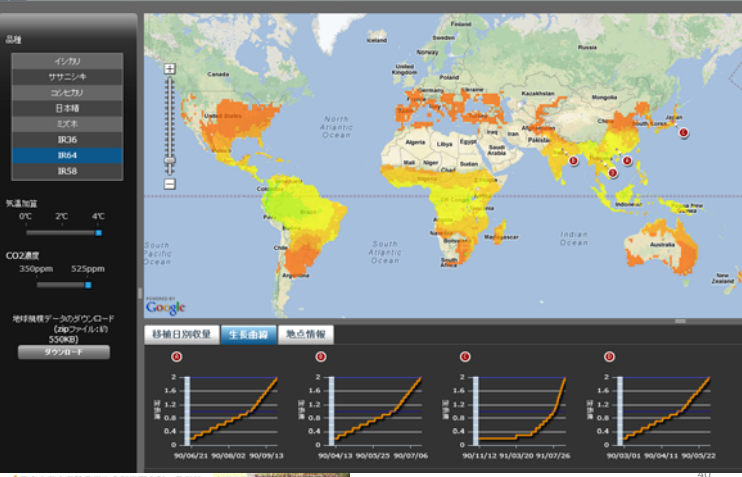
温暖化パラメータ (気温・CO2)

最大収量 (色で別)



イネの栽培可能性予測 シミュレーター

DIAS気象データ+作物モデル→収量予測




品種

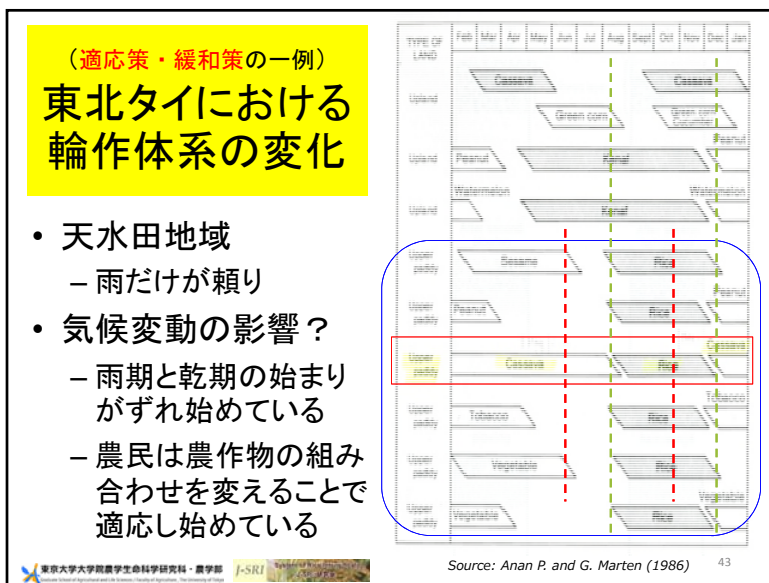
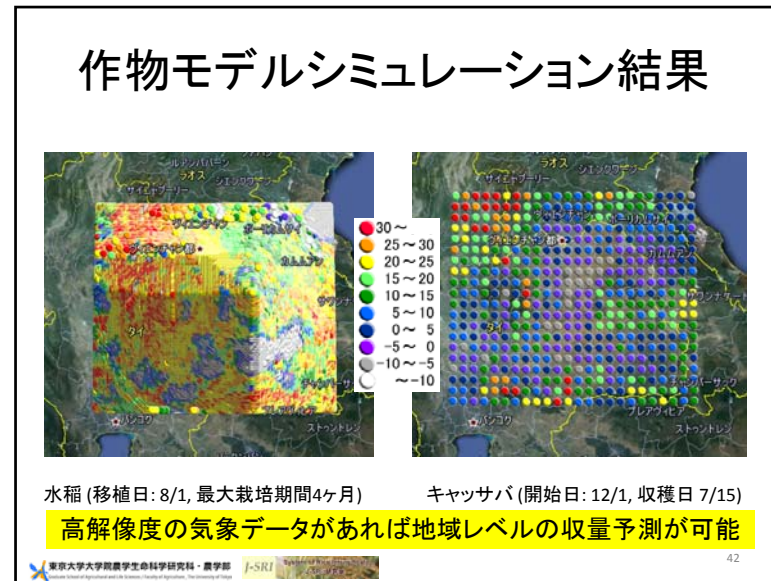
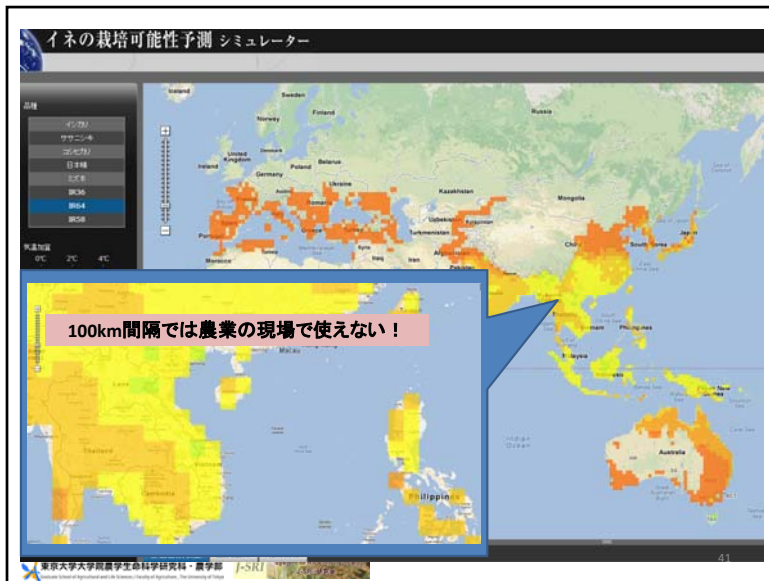
気温加算 0℃ 2℃ 4℃

CO2濃度 350ppm 525ppm

作物種別データのダウンロード (zipファイル: 47.520KB)

移動日別収量 生長曲線 地点情報





ピーナツ→野菜(豆、カボチャ、など)

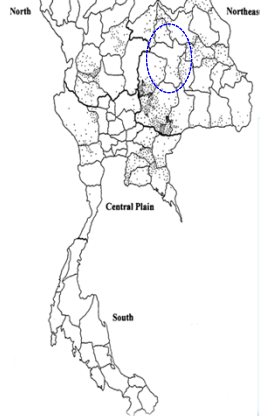


東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部 I-SRI

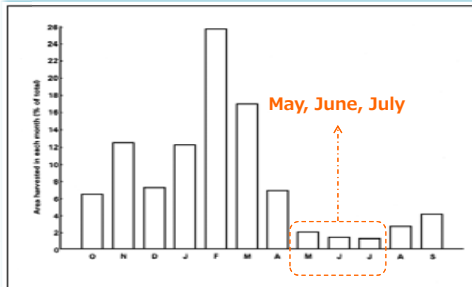
ピーナツ
→キャッサバ



タイのキャッサバ栽培地域



タイ国内の月別出荷量

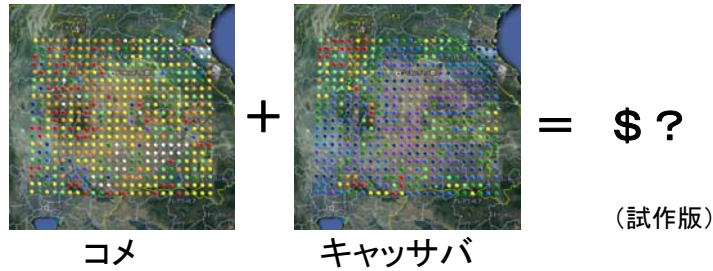


Source: Office of Agriculture Economics, DOA, 1999.

東北タイにおける
コメ収穫後のキャッサバ栽培



最適作物の組み合わせシミュレータ



- 対象農地を指定
- 移植日と収穫日を指定
- 収益を計算
- 最適な作物の組み合わせを選択

最適作物シミュレータ DSS4SCS

【作物の組み合わせ】
(主要作物)イネ, キャッサバ, 落花生, サトウキビ
(補助作物)スイカ, トマト, ダイズ, キュウリ

【利用するデータ】
・地上観測データ, 平年値データ, ダウンスケールデータなど
・ダイナミックな組み合わせ

Decision Support System for Suitable Crop Simulator

Major Crops: Rice, Sugarcane, Cassava, Groundnut
Minor Crops: Tomato, Cucumber, Watermelon, Soybeans

収益性検証インタフェース DSS4SCS

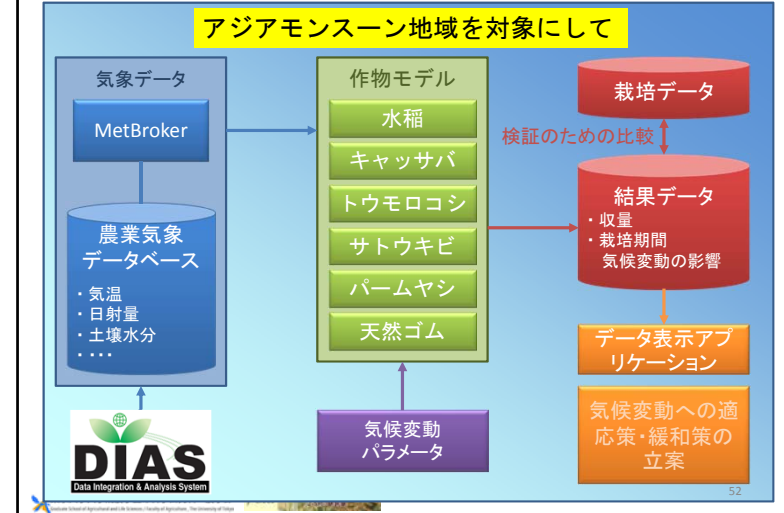
cost analysis

収益性の試算

タピオカ澱粉の価格変動データ

Date	Domestic Price (USD/MT)	Export Price (USD/MT)
10 Jan 2012	13.40	440
17 Jan 2012	13.40	440
24 Jan 2012	13.40	440
31 Jan 2012	13.40	440
7 Feb 2012	13.40	440
14 Feb 2012	13.40	440
21 Feb 2012	13.40	440
28 Feb 2012	13.40	440
6 Mar 2012	13.40	440
13 Mar 2012	13.40	440
20 Mar 2012	13.40	440
27 Mar 2012	13.40	440
3 Apr 2012	13.40	440
10 Apr 2012	13.40	440
17 Apr 2012	13.40	440
24 Apr 2012	13.40	440
1 May 2012	13.40	440
8 May 2012	13.40	440
15 May 2012	13.40	440
22 May 2012	13.40	440
29 May 2012	13.40	440
5 Jun 2012	13.40	440
12 Jun 2012	13.40	440
19 Jun 2012	13.40	440
26 Jun 2012	13.40	440
3 Jul 2012	13.40	440
10 Jul 2012	13.40	440
17 Jul 2012	13.40	440
24 Jul 2012	13.40	440
31 Jul 2012	13.40	440
7 Aug 2012	13.40	440
14 Aug 2012	13.40	440
21 Aug 2012	13.40	440
28 Aug 2012	13.40	440
4 Sep 2012	13.40	440
11 Sep 2012	13.40	440
18 Sep 2012	13.40	440
25 Sep 2012	13.40	440
2 Oct 2012	13.40	440

作物学研究的ゴール (by Mizo)



農学の論点

• 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

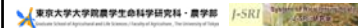
土に立つ者は倒れず、
土に生きる者は飢えず、
土を護る者は滅びず



• いま私たちは何ができるのか？



放射性物質で汚染された土壌の修復 + 風評被害をなくす情報技術



社会における研究者の役割

- 飯館村における農家とボランティアによる協働実験 -

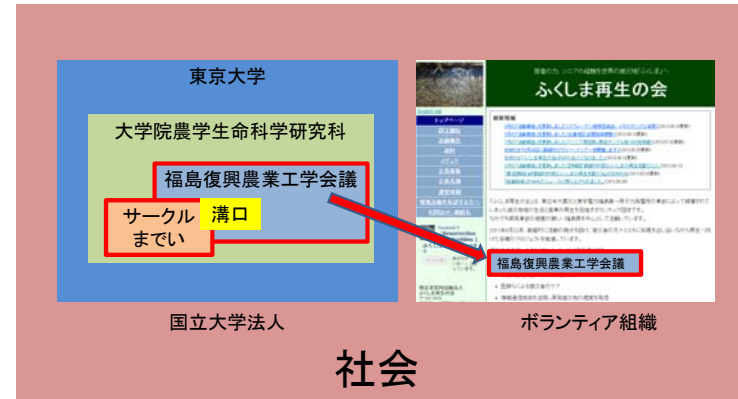


2012.12.20
早稲田大学公開シンポジウム



溝口 勝

活動の位置づけ



平日：大学人、週末：「ふくしま再生の会」

行先はどこ？
汚染土の入ったフレコンパック (2012年6月24日)



板状で剥ぎ取られた凍土 (2012年1月8日)

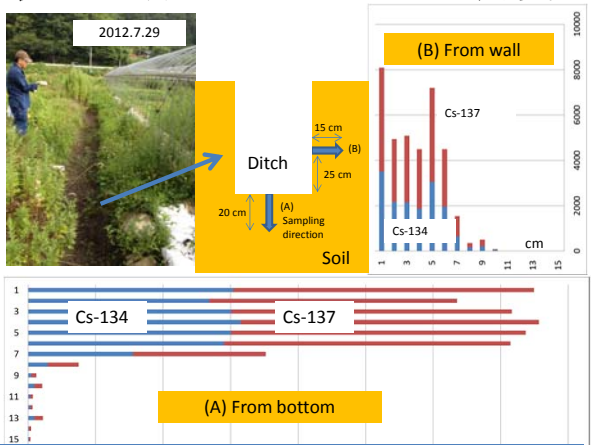


地表面からの放射線量(コリメータ付)が1.28 μ Sv/hから0.16 μ Sv/hに低下

田車による除染実験 (2012年4月)



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

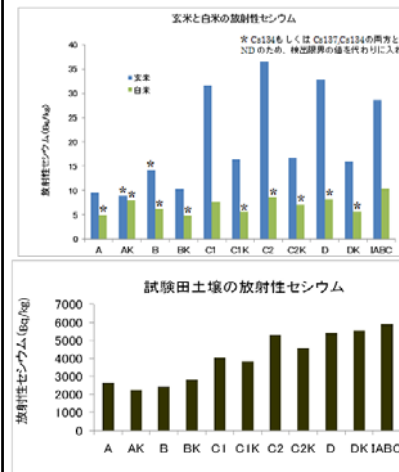


泥水は砂の層を通してただで透明になって出てくる。放射性セシウムのほとんどは粘土粒子に強く吸着(固定)されているので、セシウムだけが水中に溶け出すことはない。

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。

NPO法人による試験作付結果

<http://www.fukushima-saisei.jp/report201301.html#20130130>



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)」=飯館村の方言で「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(土の締め固め)

2012.12.1

まできいモニタリング

Site-A 覆土 50 cm
Cs土 80 cm
100 cm
140 cm

■ GM放射線計 ▲ G53土壌水分・地温・EC計 □ データロガー
○ 踏査

まできいモニタリングのセンサー配置図(2012.12.1)

まとめ

- まずは現場を見ることが大切
 - **現場にあった**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
 - 自分にできることを持ち寄る
 - 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
 - **研究者の役割**が問われている

こんな学生になってほしい

- 1に体力
- 2に食欲
- 3・4はなくて
- 5にジョーク！

- とにかく心身ともに健康に、充実した高校生活を送ろう！
 - 基礎学力と基礎体力
 - **あくなき好奇心**

東京大学 農学系 環境・放射線科学 研究室

Thank you for your kind attention

東京大学 The University of Tokyo

amizo@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp