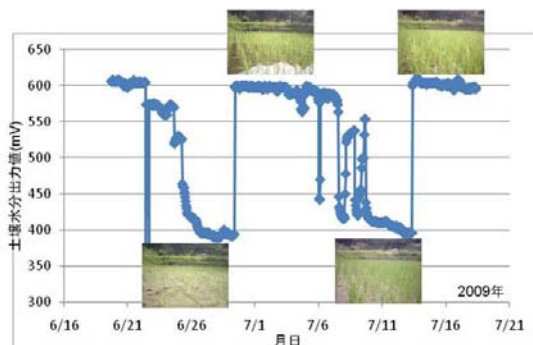




日本熱帯農業学会第191回研究集会
2012年7月21日(土)
東京大学弥生講堂セイホクギャラリー

SRIの可能性 ポイントは間断灌漑にあり ー 土壌水分の制御 ー

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>



大学院 時代



$$\frac{\partial \theta_T(h)}{\partial t} + \frac{\rho_i}{\rho_w} \frac{\partial \theta_i(T)}{\partial t} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial z} \left[K_{Lh}(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K_{Lh}(h) + K_{LT}(h) \frac{\partial T}{\partial z} + K_{vh}(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} + K_{vT}(\theta) \frac{\partial T}{\partial z} \right] - S \quad (1)$$

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

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

GAME-Siberia, Tundra (97-98)



森林土壌の透水性(インドネシア)



東北タイの水田モニタリング



フィールド調査地域



SRIとの出会い(2006.10; インドネシア)



SRI FARMERS: Free from debt and live with prosperity.

Petani Bebas Utang dari Tasikmalaya

Kiprah anggota Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Simpatik, Kabupaten Tasikmalaya, seakan mengajak kita melihat wajah ideal petani Indonesia. Kabar petani Indonesia memiliki lahan subur, panen melimpah, dan hidup sejahtera, kini bukan sekadar isapan jempol.

Oleh CORNELIUS HELMY

Asep Sulaeman (43), petani Cibodas Pintu, Kecamatan Cisayong, Kabupaten Tasikmalaya, adalah salah satu. Dari sawah seluas 0,25 hektar, ia bisa membangun rumah senilai Rp 70 juta, membeli 2 unit motor yang harganya Rp 14 juta per unit, dan tabungan lebih dari Rp 20 juta.

"Semuanya saya dapatkan dari hasil bertani. Siapa bilang petani Indonesia tidak bisa hidup sejahtera," katanya.

Kuncinya adalah penanaman padi organik menggunakan metode *system of rice intensification* (SRI). Padi organik metode SRI adalah upaya peningkatan produktivitas padi dengan tetap menjaga kesuburan lingkungan. Cara ini diklaim lebih murah dan mendapatkan hasil akhir jauh lebih banyak dari lahan sawah konvensional.

"Perbedaan yang paling mudah dilihat antara organik dan konvensional adalah penggunaan pupuk. Petani organik pantang menggunakan pupuk kimia," kata Asep.

Tengok juga Kiprah Hendra Kribo (50), petani Cidahu, Desa Mekarwangi, Kecamatan Cisayong, Kabupaten Tasikmalaya. Sejak bertani padi secara orga-

nik tahun 2003, sehektar lahan memberikan empat motor, tabungan lebih dari Rp 30 juta, televisi layar datar 30 inci, serta satu unit rumah beserta isinya bernilai puluhan juta rupiah. "Yang paling penting, kami adalah petani bebas segala macam jenis utang," katanya.

Metode SRI dikembangkan pertama kali oleh Frater Henri de Laulanie SJ di Madagaskar tahun 1983 dan Norman Uphoff dari Cornell International Institution for Food, Agriculture, and Development. Pengembangan awal di Madagaskar ternyata sangat memuaskan. Diterapkan di lahan tidak subur, metode SRI bisa mendapatkan hasil panen 10-20 ton per hektar. Di Indonesia, pengembangan SRI mulai dilakukan tahun 1987. Indonesia adalah negara pertama di luar Madagaskar yang menjadi tempat pengembangan padi SRI.

Hendra mengatakan, ada tiga prinsip utama dalam metode SRI. Pertama, penanaman bibit padi metode SRI menggunakan bibit muda atau kurang dari 10 hari setelah penyemaian. Bibit muda memberikan potensi anakan lebih tinggi. Selain itu, penting melakukan tanam dangkal satu bibit per titik tanaman.

Penanaman dangkal bertujuan memacu proses pertumbuhan dan asimilasi nutrisi akar muda. Bila ditanam terlalu dalam, padi akan kekurangan oksigen dan mengalami keracunan. Penanaman satu bibit per tanaman guna memberikan ruang tumbuh kembang padi.

Kedua, penyiapan lahan. Dalam metode SRI tak merendam lahan dengan air. Genangan air justru membunuh mikroorganisme penyubur tanaman. Air hanya diperlukan guna membuat lahan tetap lembab dan basah karena padi bukan tanaman air, tapi membutuhkan banyak air.

Ketiga, menggunakan kompos, mikro organisme lokal dan pengusir hama alami organik. Kompos dan mikro organisme lokal memiliki peran besar menyuburkan tanah. Pemahaman ini sangat penting karena bisa menjaga kesuburan tanah sebelum mengharapkan padi tumbuh dengan baik. Bila lahan subur, maka padi tumbuh dengan baik. Pengusir hama dibuat dari bahan sayur atau buah.

Jika ketiga prinsip ini dilakukan akan terlihat jelas mudahnya penanaman padi organik. Lahan organik hanya membutuhkan 5-7 kilogram benih per hektar per masa tanam atau sekitar 3 bulan. Pemilihan waktu menanam benih usia kurang dari 10 hari membuat padi mudah berkembang biak.

Dengan harga bibit Rp 5.000 per kg, petani hanya belanjakan Rp 25.000- Rp 35.000 per hektar. Jenis padi yang ditanam seperti sentanur, aksisibundong, dan ciherang. Kebutuhan ini jauh lebih kecil ketimbang cara



KOMPAS, RABU, 16 MARET 2011

KOMPAS/CORNELIUS HELMY HELMANG

Petani padi organik di Mekarwangi, Cisayong, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat, memantau secara rutin kesehatan tanaman padi, Sabtu (12/3). Tingginya permintaan ekspor beras organik dari sejumlah negara membuat petani organik hidup sejahtera.

konvensional yang membutuhkan bibit 30-40 kg per hektar dalam sekali masa tanam.

Biaya pupuk dan pengusir hama juga diklaim lebih murah. Bila cara konvensional menghabiskan Rp 5 juta per hektar per masa tanam, maka padi organik hanya menghabiskan Rp 2 juta per hektar setiap masa tanam.

"Biaya Rp 2 juta itu adalah uang yang harus dikeluarkan bila petaninya malas buat kompos. Mereka harus membeli 5 ton kompos yang harganya Rp 400 per kg. Kalau buat sendiri harganya jauh lebih murah, kurang dari Rp 200.000," katanya.

Selain hemat biaya, cara yang

diterapkan juga sangat ramah lingkungan. Koordinator Penyuluh dan Mantri Balai Penyuluh Pertanian Kecamatan Cisayong, Enang Ruspandi (46), mengaku, dalam memacu berkembangbiaknya mikro organisme lokal, petani tak menggunakan cairan kimia. Mereka hanya mencampur kotoran ternak dengan cairan manis seperti air nira, air gula, air kelapa.

Petani juga menggunakan air dari biji dan daun sirsak untuk mengusir hama wereng, lalu air tembakau untuk mengusir hama penggerek batang, dan buah klewek dan bratawali untuk hama merah.

Hasil panen jauh berbeda. Di lahan subur, petani padi konvensional maksimal memanen 7 ton per hektar dengan harga Rp 6.000-Rp 7.000 per kg. Bagi petani padi organik bisa memanen 10-12 ton per hektar seharga beras Rp 10.000 per kg.

"Petani organik juga menggunakan data ilmiah sebagai patokan tanam. Baik itu untuk proses penanaman, penyiangan, hingga panen. Dengan ini petani tidak perlu berjudi memperkirakan hasil panen," katanya.

Kiprah petani organik ini membuat Kabupaten Tasikmalaya terkenal sebagai penghasil padi organik. Ketua Gapoktan

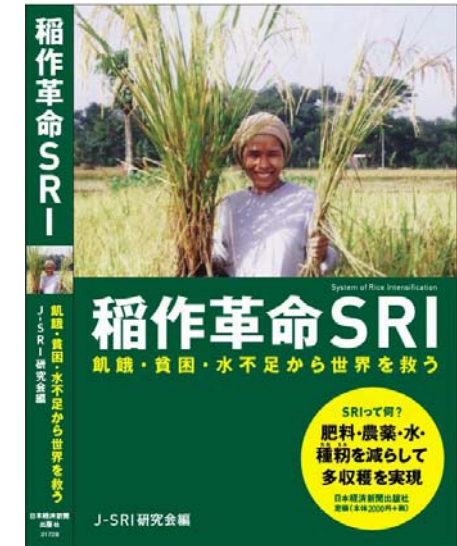
Simpatik Uu Saeful Bahri (51) mengatakan, sejak tahun 2009, ada banyak pesanan dari Amerika Serikat, Singapura, Malaysia, Jerman, dan Uni Emirat Arab. Namun, gapoktan baru bisa mengirimkan 18 ton dari total permintaan 90 ton.

Saat ini, dari 49.500 hektar lahan sawah di Tasikmalaya, baru 320 hektar lahan sawah organik yang mendapat sertifikat organik internasional dan perdagangan berkeadilan dari The Institute for Marketologi (IMO) yang berbasis di Swiss. Bahkan, 60 hektar lainnya mendapatkan sertifikasi Standar Nasional Indonesia.

SRI概論

(佐藤流)

「稲作革命SRI」の元ネタ



佐藤周一
J-SRI研究会

SRIとは?

◆ SRI は、投入資源(種粃・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。

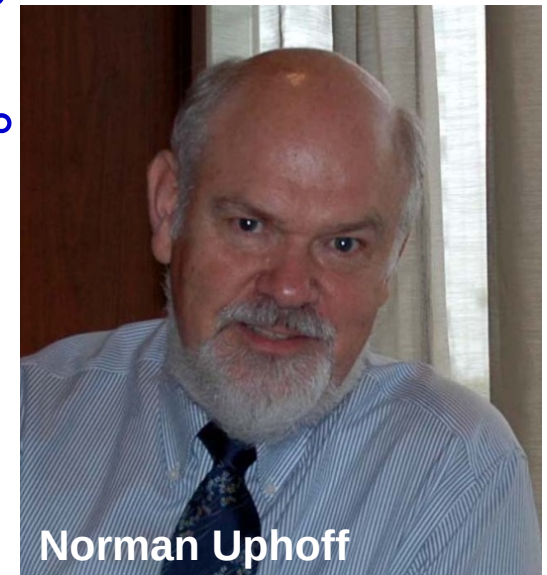
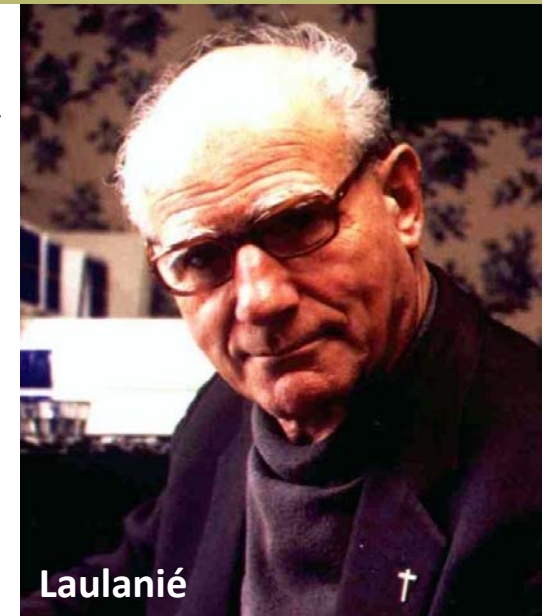
- (1) 温室効果ガスの削減, および
- (2) 化学肥料・農薬の削減。

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



緑の革命とSRIの違い

緑の革命

S R I

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。

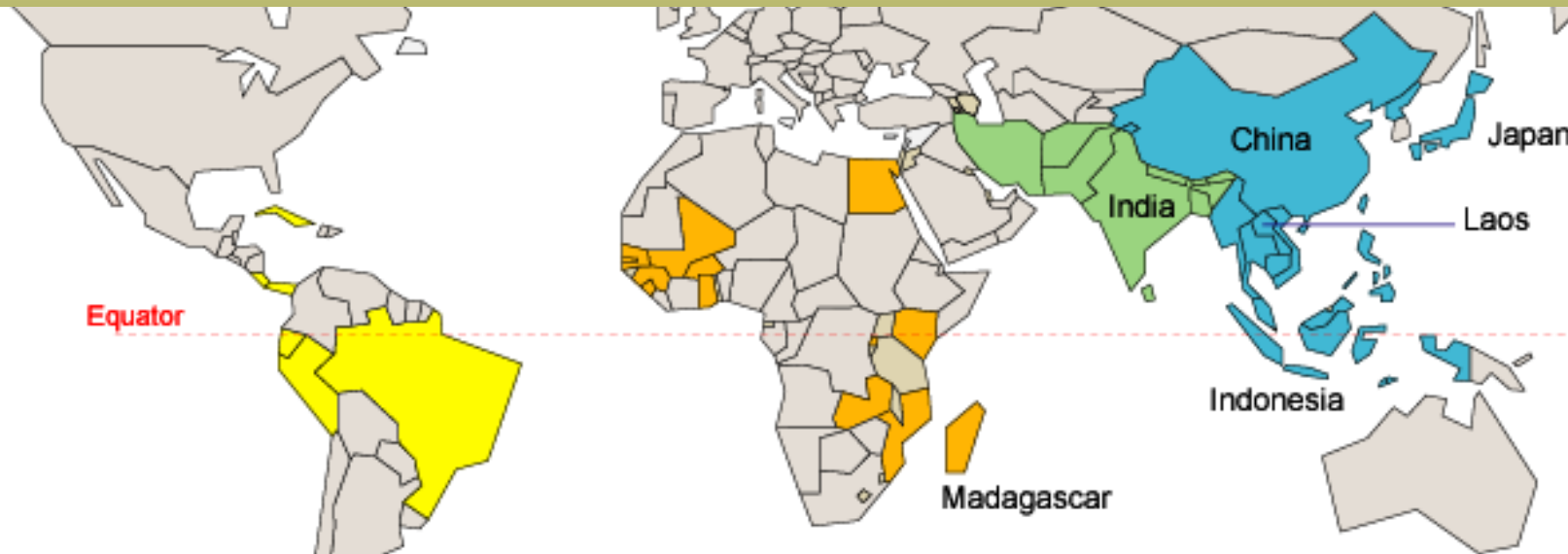
水・肥料・農薬の投入量を減らすため、環境にやさしい。

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



Year	America	Africa	West-South Asia	East-SE Asia
1983		Madagascar		
1999				China, Indonesia
2000-2001	Cuba	Gambia, Sierra Leone	India , Bangladesh, Sri Lanka, Nepal	Cambodia , Laos, Thailand, Philippines, Myanmar
2002-2003	Peru	Benin, Guinea, Mozambique		
2004-2005		Senegal, Mali	Pakistan	Vietnam
2006		Zambia	Bhutan, Iran, Iraq	
2007	Brazil		Afghanistan	
2008	Costa Rica, Ecuador	Rwanda, Egypt, Ghana		Japan
2009				East Timor, Malaysia
2010	Panama	Kenya		North Korea, Taiwan

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

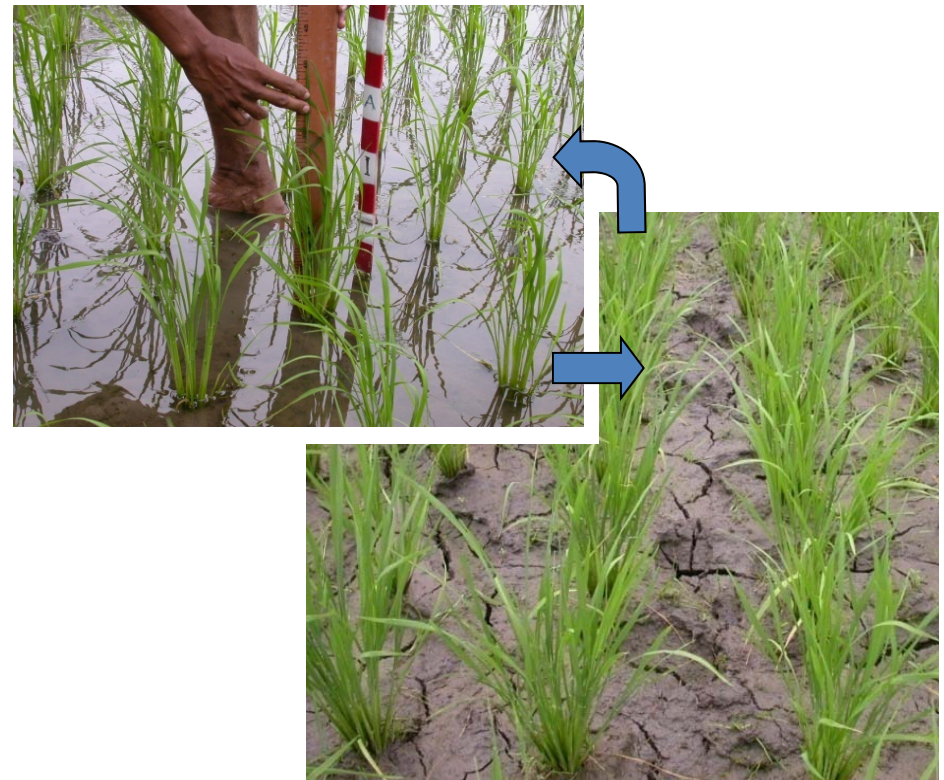
(1) ユニークな移植

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



Seed Selection by Salt Water



Seeding on Seed Bed in Plate



Growing Young Seedling



Transplanting of Seedling



Marking for SRI Transplanting



Digging Ditch in a Paddy Lot



Weeding by Rotary Weeder



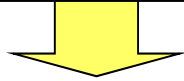
Intermittent Irrigation



Paddy Yield Survey

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



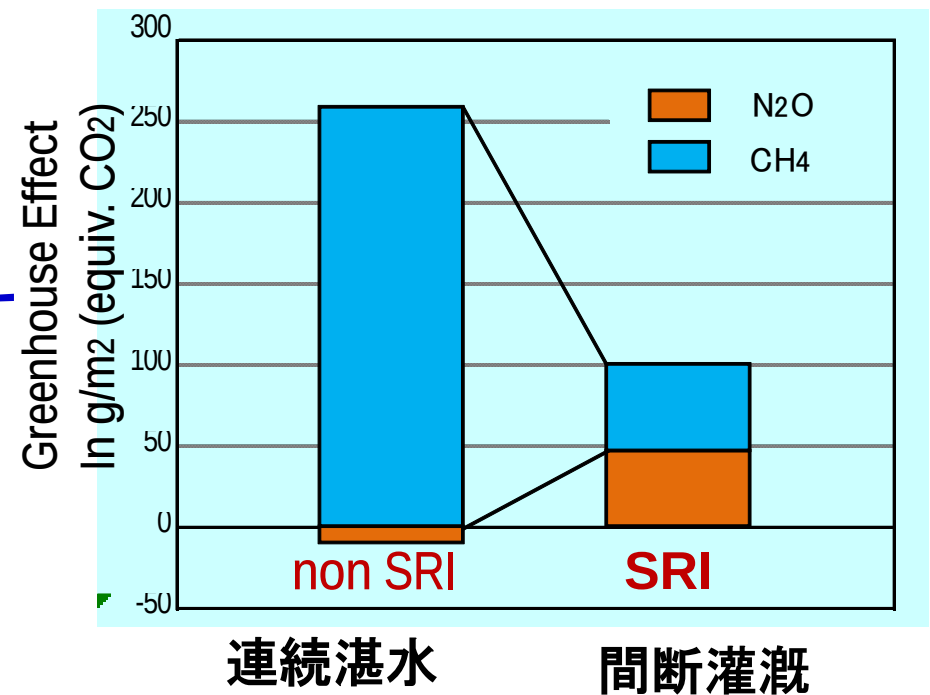
SRIによる温室効果ガスの削減

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(CH_4)が発生する。一方、亜酸化窒素(N_2O)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。

- ◆ 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。

なぜ？



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

- 土壌水分センサー



日本初のSRI実践水田モニタリング(2009)

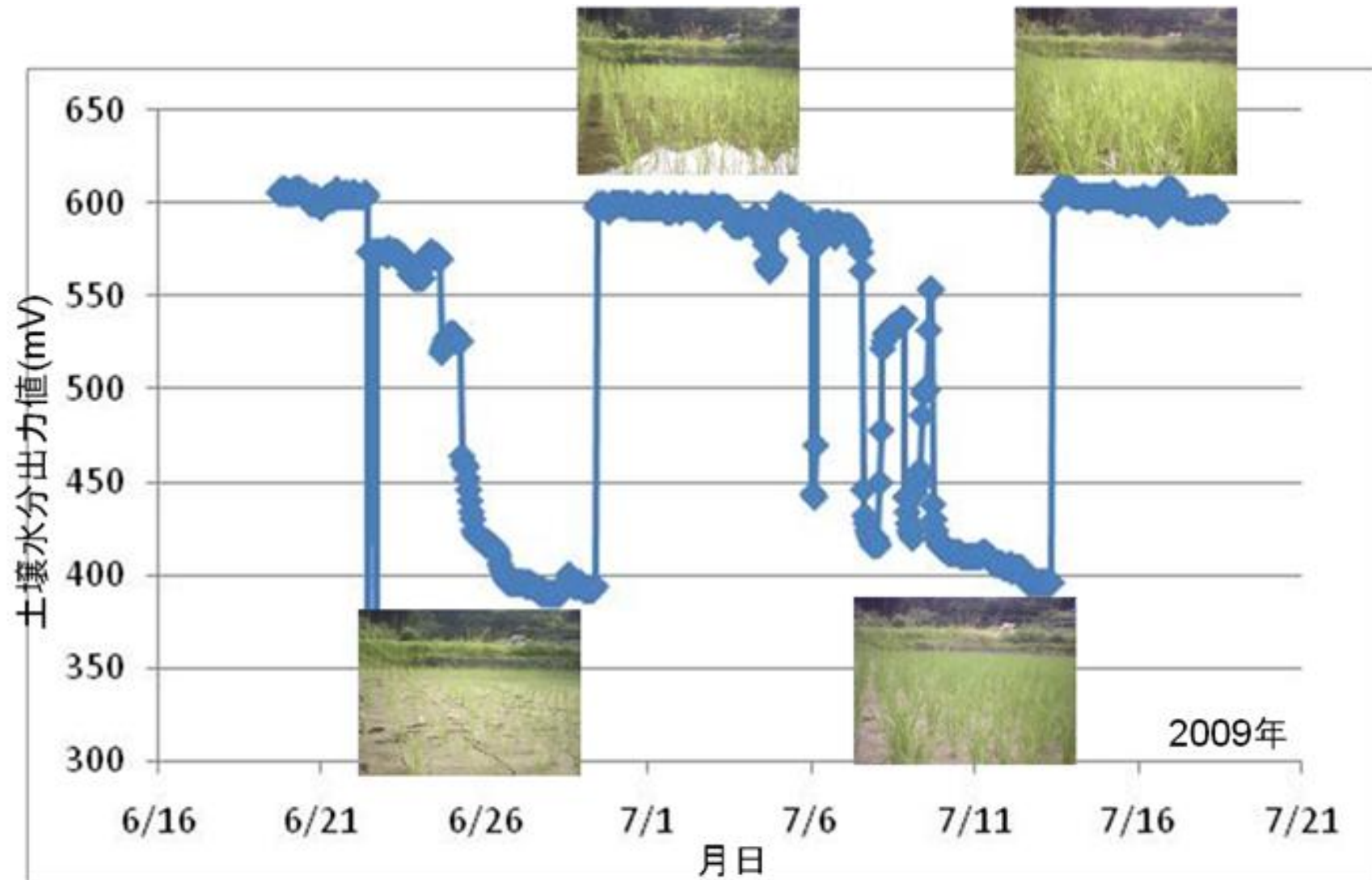
小川氏のSRI水田(愛知県)



田面の様子



土壤水分の変化



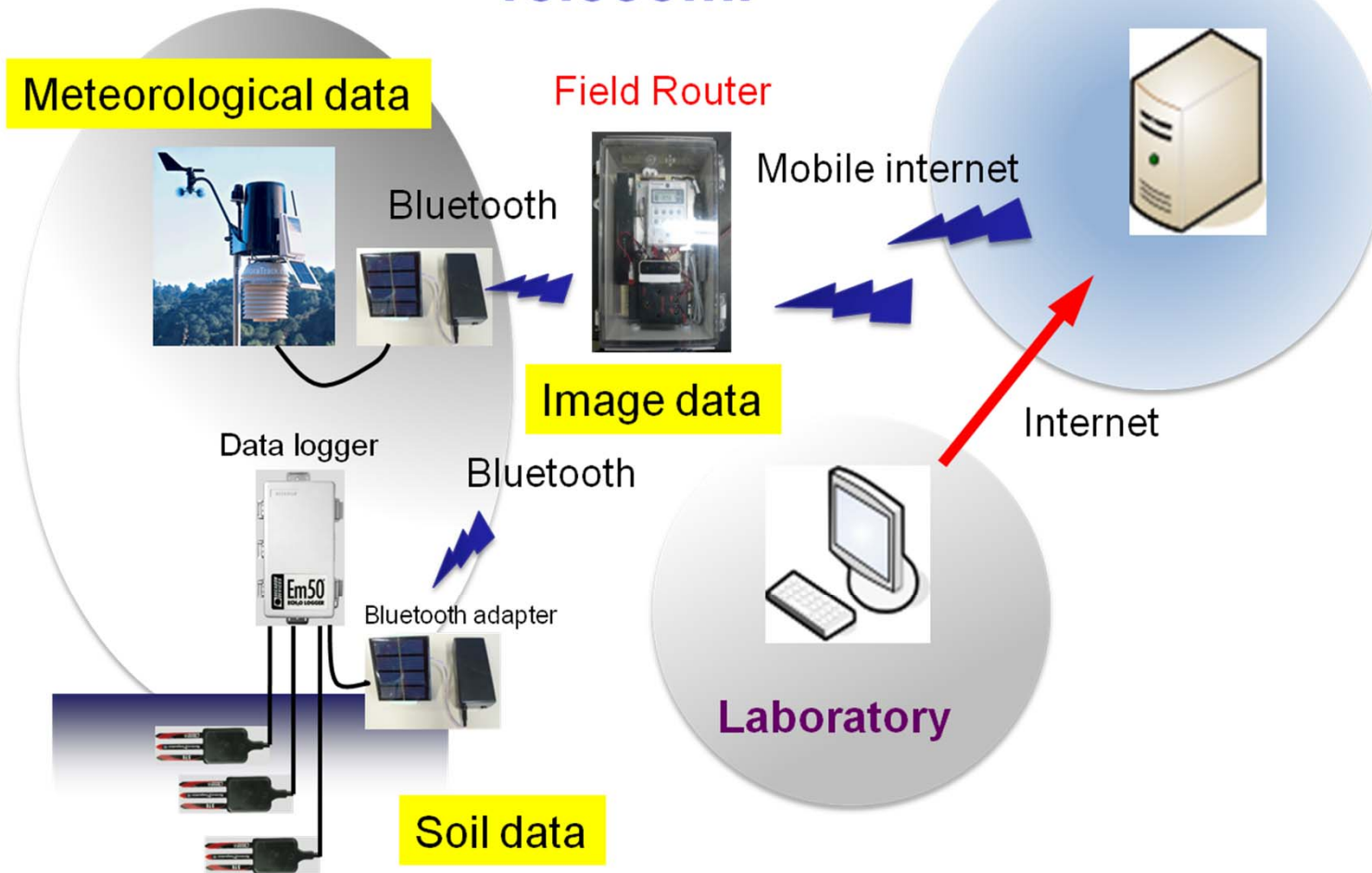
Manzano, et.al., Paddy and Water Environment, 9, 249-255(2011)

学術的研究グループの組織

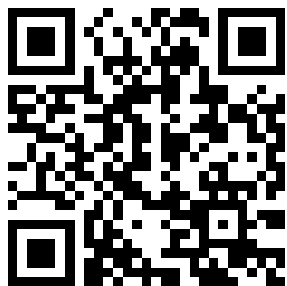
- 低投入持続的稲作技術SRIの信憑性を確認するための土壌物理学の実証研究
 - 萌芽研究 (H19-H22) 代表: 溝口勝
 - インドネシア、日本
- 東南アジアにおける農業土木学的視点からのSRI栽培技術の比較と標準化手法の開発
 - 基盤研究(A) (H23-H27) 代表: 溝口勝
 - タイ、インドネシア、ラオス、カンボジア、日本

Field Monitoring System (FMS)

In-situ data → Telecom. → Data Server



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



FMSによるデータ取得

<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/ab/list.html>

Index of vbox0047 - Windows Internet Explorer

<http://x-ability.jp/FieldRouter/vbox0047/>

[Images](#)

[image0]2012/07/21 12:06 (79.3K) [image](#) [calendar](#) / [movie](#)



Quasi real-time Monitoring of Farmland using Field Router

Masaru Mizoguchi

Lab. of International Agro-Informatics, Dept. of Global Agricultural Science, Univ. of Tokyo

MizoLab. Current Time (JST)=2012/07/22 13:23:56

[Method](#) [Sites overview](#) [Login](#)

▼ Projects

- GRENE
- SRI
- EDR
- EDR-JSIDRE
- EDR-Tsunami
- EDR-litate
- Tunisia
- Thailand
- Indonesia
- Hokuriku
- Hirosaki
- Dr.Doroemon
- misc



SRI-Thai1



SRI-Lao1



SRI-Cambodia1



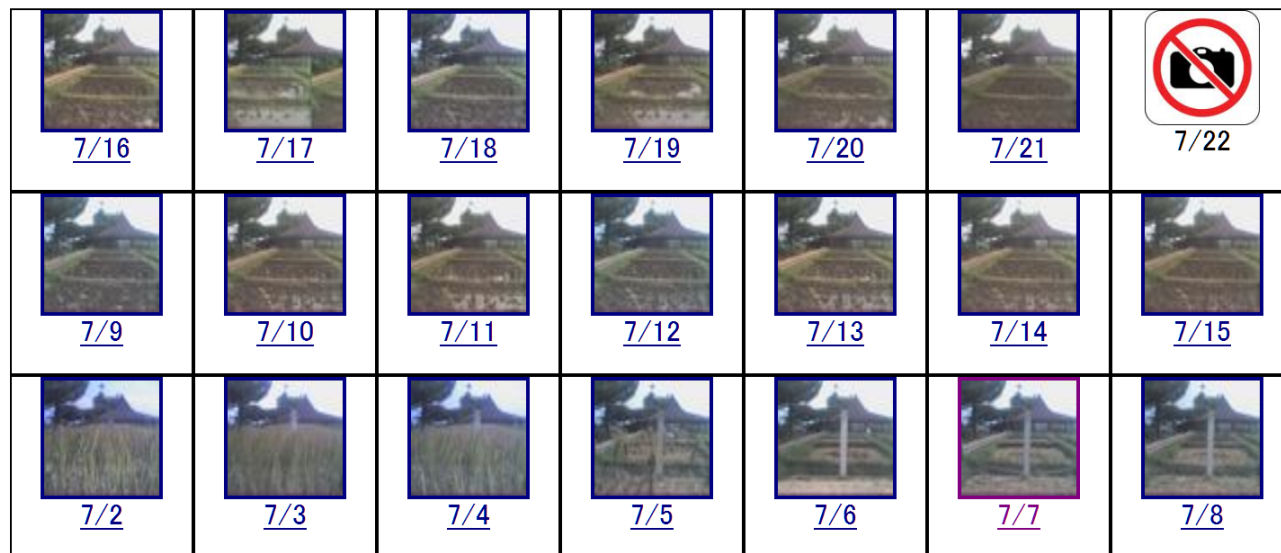
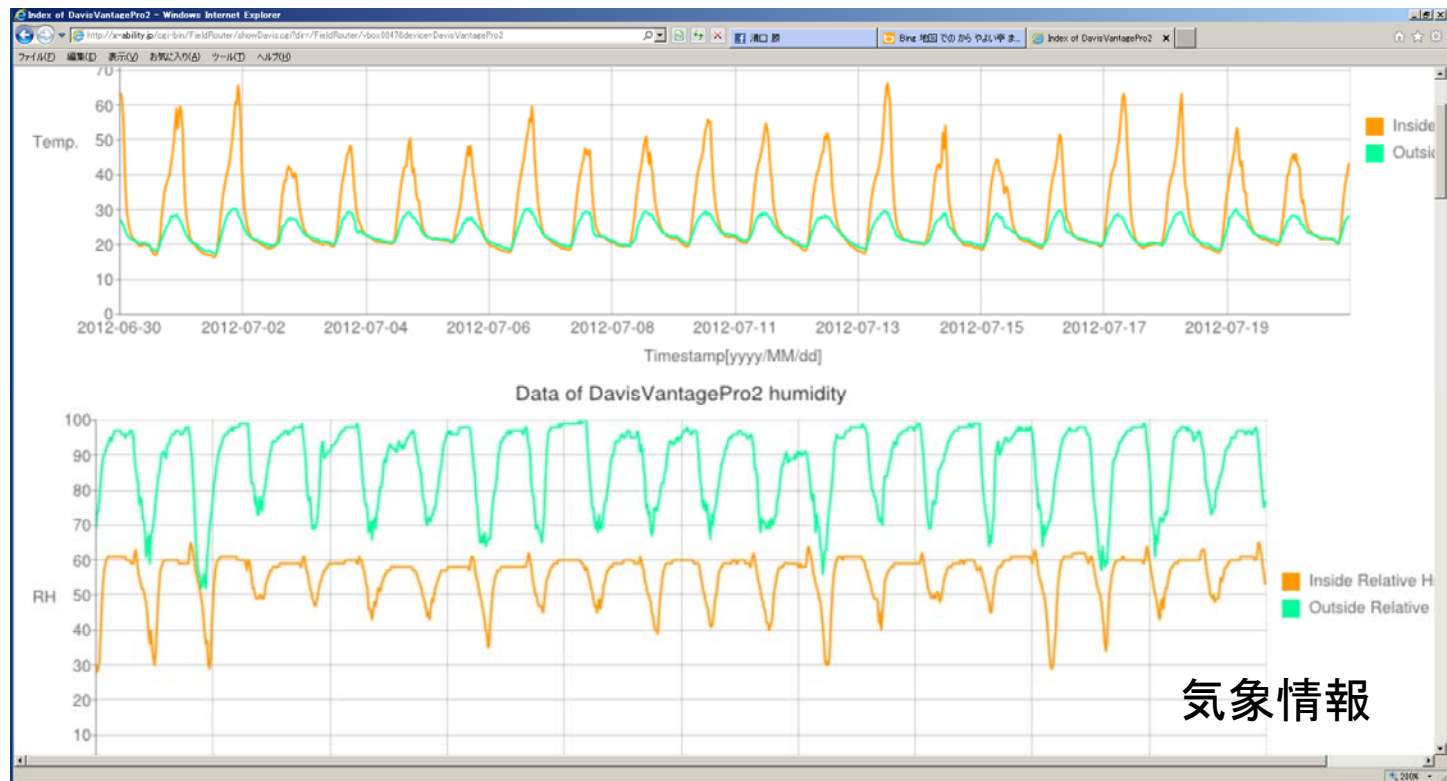
[Nagrak, Indonesia](#)
October 2010

=image, =meteorologic, =soil (Left side icons for yesterday, right side today)

[Mizo Lab.](#)

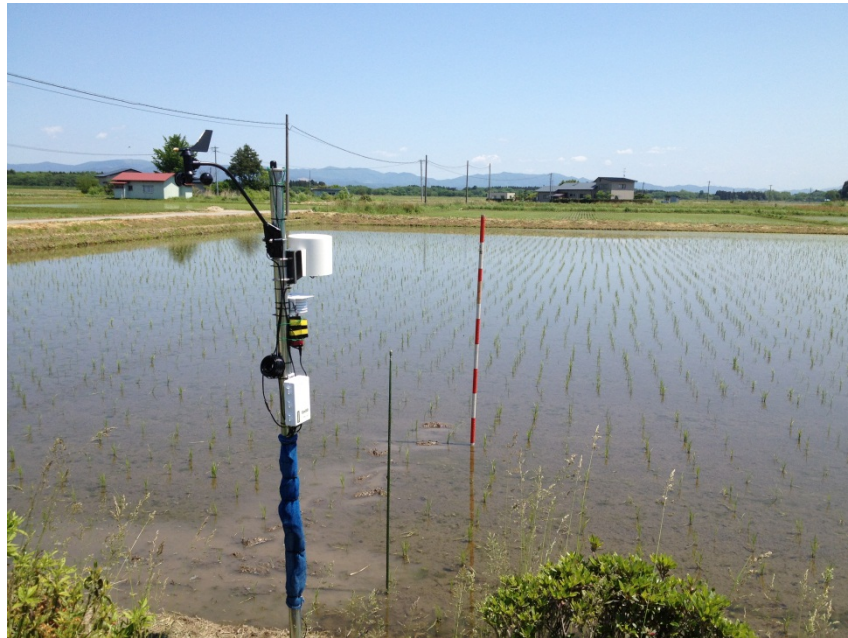
[Data](#)

DavisVantagePro2	2012/07/21 12:08 battery: 4.76(0) logger time:2012-07-21 12:07:44	  (299.8K)
Em50NOSC	2012/07/21 12:13 battery: 52 logger time:2012-7-21 12:12:53	  (421.0K)
Phocos	2012/07/10 12:07 battery: 12.65 logger time:	  (1.7K)



カレンダー画像

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)

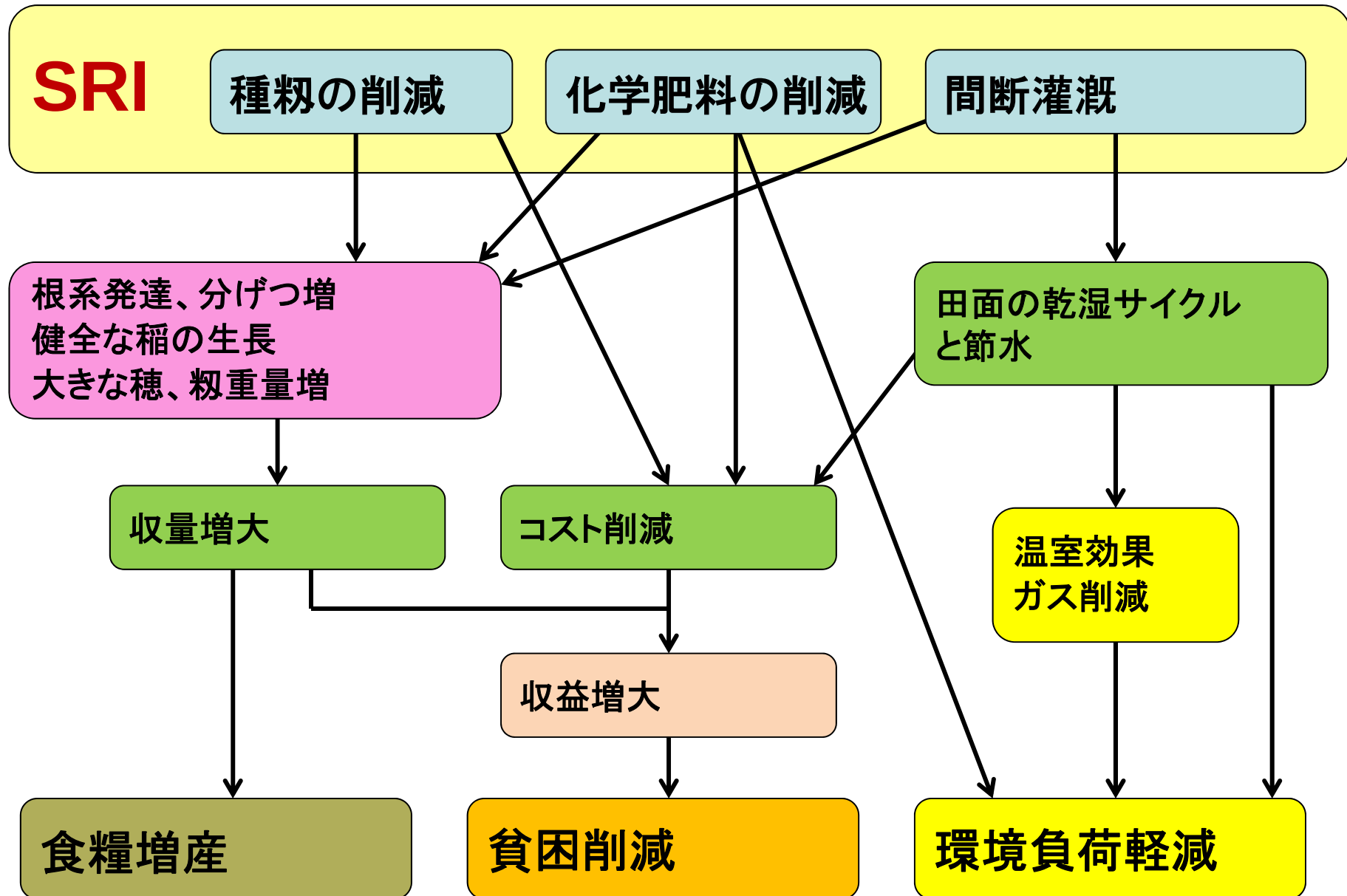
日本でSRIは可能か？

わからない??

- 間断灌漑
- 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



SRI 推進に必要な条件

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

S R I の成功を阻害する物理的な要因

- 田面が不均一
- 信頼できる灌漑水源がない
- 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

S R I 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S R I 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

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

新宿区の小学校屋上でのバケツSRI実験 2010年～





慣行法とSRI法の比較

新宿区立江戸川小学校



教育、アウトリーチ、人材育成

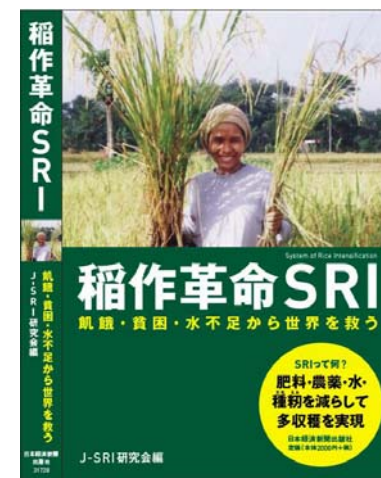


農家会員が多い

<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



Thank you for your kind attention

