

## SRI の決め手は間断灌漑—土壤水分の制御—にあり

溝口 勝\*

東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

キーワード 稲作革命, 遠隔モニタリング, 土壤センサー, フィールドモニタリングシステム

**Intermittent irrigation—soil water management—is a key point in SRI** Masaru MIZOGUCHI *Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan*

**Key Words** Filed monitoring system, Remote monitoring, Rice revolution, Soil sensor

### はじめに

「少ない水で, 少ない種で, 肥料を使わず, 農薬も使わず, 堆肥を入れて, 土を乾かし, イネの生産能力を爆発させる」そうした SRI 農法が水と化学肥料を多投するこれまでのイネ栽培に代わって登場し, 東南アジアの革新的農家によって実践されている (WASSAN, 2006)。

筆者が SRI に興味を持つようになったのは, 2006 年秋にインドネシア・ロンボク島の SRI 水田を訪問したことがきっかけだった。現地の SRI 普及員が, ひび割れた田の青々としたイネを指さしながら「どのくらい土が乾いたときに水を入れればよいのか, 何日周期で間断灌漑すべきか分からない。」と言った。筆者が「土壤物理学と稲作が直結した!」と思った瞬間だった。

この経験から 2007 年 4 月に山路代表, 溝口事務局長, 佐藤周一幹事 (広報担当) 体制で J-SRI 研究会 (J-SRI 研究会 HomePage, 2012) を立ち上げ, これまで 2 か月に 1 回くらいのペースで研究会を開催するようになった。また, 2011 年 9 月には勉強会の中間報告書として「稲作革命 S R I」(J-SRI 研究会, 2011) を出版した。こうした活動が日本熱帯農業学会の知るところとなり, 第 191 回研究集会に著者が講演させて頂くことになった。本論文は, 研究集会で話した内容のうち, SRI 農法の要点について述べると共に, 土壤センサーによる遠隔モニタリング法を紹介したものである。

### SRI 農法とは

SRI 農法は, マダガスカルに派遣された宣教師ローラ

ニエ神父によって 1983 年に提案された農法である。その 10 年後, コーネル大学のノーマン・アポフ博士がマダガスカルでこの農法に出会い世界中に知られるようになった。2011 年現在で世界の 42 か国で SRI の実証試験が試みられている。

SRI 農法の特徴はユニークな移植法と水管理法にある。すなわち, ①乳苗 (播種後 14 日以内) 植え ②一本植え ③疎植 (25-30cm 間隔) ④間断灌漑 (栄養成長期) ⑤浅水灌漑である。これらに化学肥料や有機肥料を散布したり, あるいは上記①~⑤の一部を適用したものを SRI 農法と呼ぶこともある。

SRI 農法の一番の問題は雑草対策である。SRI 農法では移植直後から間断灌漑を行なうので雑草が生えやすい。そこで, 現場では手動式の除草機 (田車) を使って雑草を土に鋤き込むことが実践されている。この作業により, 雑草を有機肥料として有効利用できるのに加えて, 土壤中に適度に酸素を供給することになる。このため, 土壤が還元状態から酸化状態になり, 土壤中のアンモニア態窒素が適度に硝酸態窒素に変化して, イネの成長を促進するのに貢献していると考えられる (鳥山, 2012)。また, 土壤に酸素が供給されることによって土壤有機物が分解される過程で温室効果ガスであるメタンの発生量を抑制する一方で, 亜酸化窒素の発生量もわずかに増加することも報告されている (木村ら, 2011)。

表 1 は, 緑の革命と S R I の違いをまとめたものである (J-SRI 研究会, 2011)。こうして並べてみると, 何となく SRI 農法が爆発的に広がり始めた理由がわかるような“気”がする。しかしながら, 現時点で SRI 農法については, a. 根が健全に大きく深く発達する b. 土壤が健全に保たれ, 土壤微生物の活動が活発化する c. 稲が健全に大きく強く育つ d. 病虫害・倒伏・冠水・低温に対するイネの抵抗力が増大する e. その結果, 増収につながる という現象論的な観察が報告されているだけで, 科学的な検証が不十分な状況にある。

日本熱帯農業研究集会第 191 回研究集会 (SRI (System of Rice Intensification) の可能性を考える。2012 年 7 月 21 日。東京大学弥生講堂セイホクギャラリで講演)

司会 河野泰之

\* Corresponding author

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

表1 緑の革命と SRI の違い (J-SRI 研究会, 2011)

	緑の革命	SRI
経緯	1940-1950年代, コムギやトウモロコシの新品種で普及. 1960年代にはコメの新品種が開発されてアジアに広がり, 食料危機を救った	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イネの栽培法. その後アジアを中心に世界に広がる
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, 単位面積当たりの収量を増やす	1株1本植えや間断灌漑などでイネ本来の生命力を高めることにより, 単位面積当たりの収量を増やす
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	単位面積当たりの収量の増加は頭打ちに. 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になっている	21世紀の食料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にコメ以外の作物への応用も始まっている

### 土壌センサーによる SRI 水田の遠隔モニタリング

前章で述べたように SRI 農法の基本原則は, 苗を広い間隔で1本植えし, 間断灌漑を行うことである. この方法で植えつけられた苗は, 分けつがよく, 1つの株から多くの茎が育つ. しかし, 従来法に比べて収量が増えたという報告のほとんどが熱帯地方の事例であり, 現時点で日本国内では SRI 農法の成功事例は報告されていない. こうした状況の中, 筆者は, SRI 農法におけるイネの移植方法と水管理法を比較する目的で, 独自に開発した遠隔モニタリング装置 (フィールドモニタリングシステム; FMS) を用いて, 熱帯地域の SRI 水田と日本の SRI 水田の土壌水分環境を同時モニタリングする手法の開発研究を行っている.

図1は, フィールドモニタリングシステム (FMS) の概要図である. FMSは, 現地のデータロガーに通信機能を付加し, データロガーに蓄積されたデータを現地画像と一緒にインターネット経由で1日1回サー

バに転送し, ユーザがそのサーバから自分の PC にデータを取り出すシステムである (溝口, 2012a). このシステムの重要な技術はフィールドルーター (FR) と名付けられた通信装置である. FR は 6 W 程度の太陽パネルで稼動する. また, FR は複数のデータロガーに同時にアクセスできるので, 各種センサーを必要だけ追加できる. 日本国内ならほとんどの地域で FR を利用できる. 海外であれば, 対象とする地域で GSM/3G の携帯電話が使えることを確認した上でその国内の SIM カードを USB モデムに挿入するだけで利用できる. 通常, FR は気象センサーと土壌センサーとセットで現地に設置される. 図2は長野県伊那市の水田における FMS の設置例である.

FRにより転送された現場データはデータサーバ (DS) に保存される. したがって, ユーザは Web のポータルサイトから DS にアクセスするだけで, 遠隔地の画像とデータにアクセスできる. また, 現地データの他にデータロガーの電池の消耗具合など, ユーザ

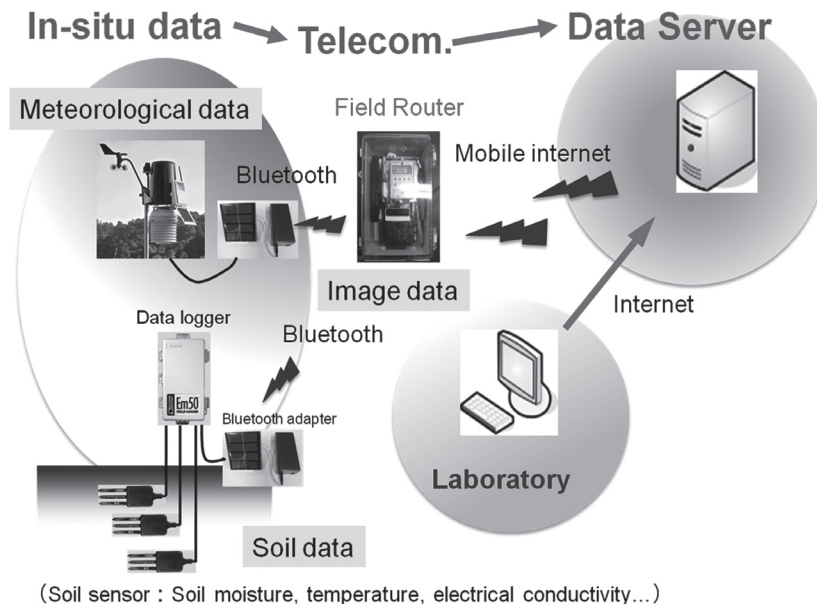


図1 フィールドモニタリングシステム (FMS) の概要図



図2 フィールドモニタリングシステムの設置例

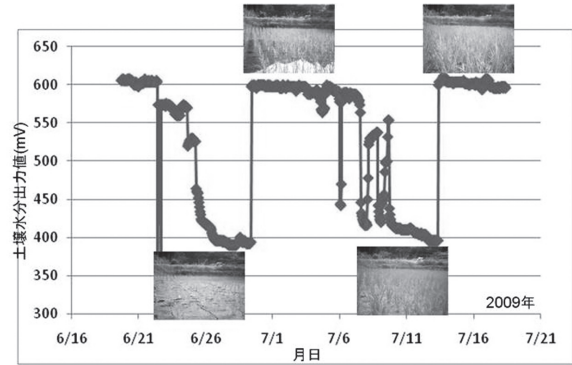
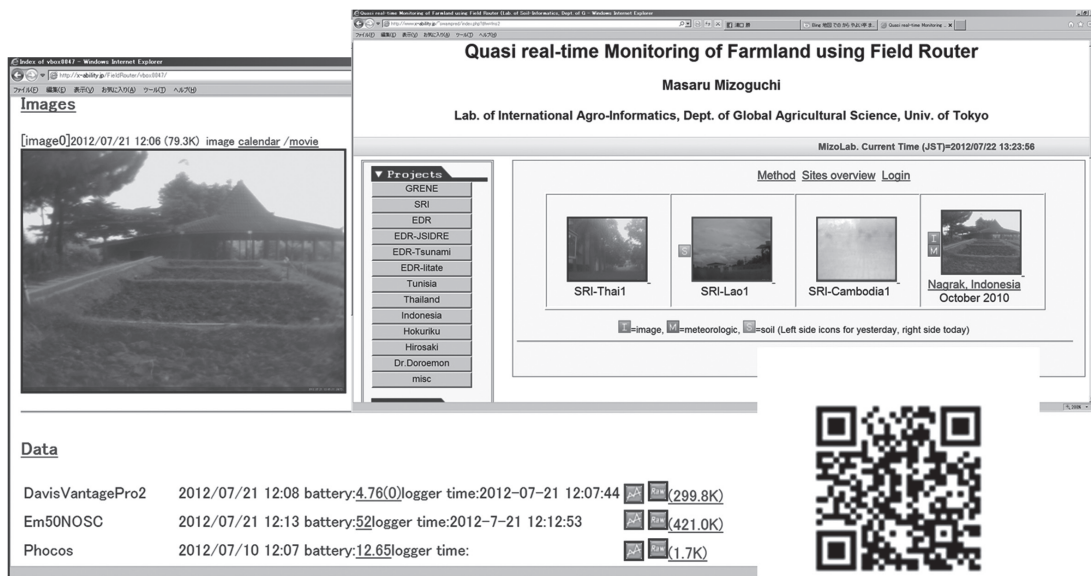


図4 SRI 水田における土壌水分の変化 (Virgilio ら, 2011)

図3 FMS のポータルサイト  
<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/ab/list.html>

は遠隔地の FR の稼働状況を確認できる。この機能により、現地データに何等かの不具合がある場合には、ユーザが現地のカウンターパートにステータスランプを確認してもらい、それでも問題解決できない場合のみユーザまたはエンジニアが事前に解決策を用意して現地に行くことができる。

図3は、FMSのポータルサイトの表示例である（溝口，2012b）。2012年9月現在で、タイ・ラオス・カンボジア・インドネシアのSRI水田からデータが届いている。これらの他に、日本では宮城県と福島県における農家のSRI水田を観察している。ユーザはポータルサイトの各項目をクリックするだけで、現地画像と一緒に1時間ごとの気象（気温・相対湿度・雨量・風向風速・日射量）や土壌環境（土壌水分量・地温・電気伝導度）の変化を確認できる。

図4は、2009年に日本で初めてSRIを実践した農家の水田で観測したイネの分けつ期における土壌水

分変化の一例である（Virgilio *et al.*, 2011）。縦軸は土壌水分センサーの出力値である。現地で田面が湛水している状態が600mVに相当する。現地の水田土壌を用いたキャリブレーション結果によると、600mVおよび400mVがそれぞれ体積含水率59.2%と41.7%に相当する。このように遠隔地にいながら、農家がほぼ1週間周期で間断灌漑を実践していたことを確認している。

このように現状は、東南アジアの国々におけるSRI水田の遠隔モニタリングの道具が整った段階である。今後は、取得されるデータを解析し、各国のSRI農法の特徴を比較整理し、SRI農法の標準化の方法を探っていく予定である。

#### 日本でSRI農法は可能か？

前述したようにSRI農法の特徴はユニークな移植法と水管理法にある。では、移植法と水管理法に注意す



れば、日本でも増収が見込めるのであろうか？残念ながら現時点ではその答はわからない。ひょっとすると日本の気候がSRI農法に適さないのかも知れない。

日本では多くの農家がゴールデンウィーク前後に田植を行うが、東日本ではこの時期はまだ気温が下がるため、深水で苗を守る工夫がされている。しかし、SRIでは乳苗を1本植し、その後に土を乾かさねばならないので深水ができない。深水で苗を守ることと土を乾かすことが矛盾することになる。では田植時期を遅らせることは可能だろうか？残念ながら、田植えを遅らせた場合には、イネの分けつ期が梅雨期に重なるので間断灌漑をやりにくい。乳苗を植えた後の水管理をどうするか。これが日本でSRI農法を実践するための決め手になると筆者は考えている。

しかし、その一方で日本の農機具メーカは農作業の効率化のための疎植栽培を推奨し、そのための田植機の開発を行っている。乳苗用の田植機も技術的には開発可能であると聞いている。こうした日本の農業機械技術は、たとえSRI農法が日本の気候に適さないとしても、手作業に頼っている熱帯の発展途上国におけるSRI農法を画期的に変革する可能性を秘めている。

#### SRI農法の科学的解明と現場普及

SRI農法は、増収が見込めるらしいということで熱帯地域の現場レベルで広がりつつある。実際、私自身、最初にSRI農法に出会ったインドネシアはもとより、2010年に訪問したラオスでも県をあげてSRI農法に取り組んでいる現場を見て、その雰囲気を感じている。これは何よりも稲作を実践する農民がSRI農法の可能性を直感しているからに他ならない。どのようなプロセスで農民は慣行農法からSRI農法に移行していくのか。社会科学的に面白い問題である。しかしながら、その一方でSRI農法による増収メカニズムは未解明である。そもそもSRI農法の定義すら農学的には定まっていない。間断灌漑することで土壌にどのような変化が起き、それが乳苗の成長とどのような関係があるのか。自然科学的にこれまた面白い問題である。

熱帯農業研究者は、SRI農法のこうした状況を理解した上で、稲作としてのSRI農法と付き合う自分なりの方法を考えると良いであろう。

いずれにせよ、SRI農法には、これまでの還元主義的な科学の方法だけでは解明できない魅力がある。作物学・土壌学・農業土木学・農業機械学・農業経済学・国際協力学など、分野を超えた研究協力が必要である。その繋ぎ役として、J-SRI研究会の存在はますます重要になってくるであろう。

本論文は、研究集会で話した内容の一部を紹介したものである。当日の講演の様子はスライドと共にUstreamの動画を見ることができる(J-SRI研究会HomePage, 2012)。SRI農法について詳しく知りたい方には、当日の動画にアクセスするか、「稲作革命SRI」(J-SRI研究会, 2011)を読むことを薦めたい。

#### 謝 辞

研究集会のスライド作成と本論文の執筆にあたっては佐藤周一氏に協力頂いた。ここに深く感謝する。

#### 引用文献

- J-SRI研究会Home Page 2012. <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/j-sri/meeting.html> (2012年10月現在)
- J-SRI研究会編 2011. 稲作革命SRI. 日本経済新聞出版社(東京) p.351.
- 木村園子ドロテア・登尾浩助 2011. SRIと土壌環境. 稲作革命SRI (J-SRI研究会編) 日本経済新聞出版社(東京) 241-256.
- 溝口 勝 2012a. フィールドモニタリングシステム. 水土の知80: 50.
- 溝口 勝 2012b. モニタリングサイト. 農地情報モニタリングシステム<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/ab/list.html> (2012年10月確認)
- 鳥山和伸 2012. SRI農法の持つ多収可能性とその科学的評価の試み. 熱帯農業研究 5: ???-???
- Virgilio J., P. Manzano, M. Mizoguchi, S. Mitsuishi and T. Ito 2011. IT field monitoring in a Japanese system of rice intensification (J-SRI). Paddy Water Environ. 9: 249-255.
- WASSAN 2006. SRI - System of Rice Intensification, <http://ow.ly/43NUu> (2012年10月確認)