

2009.7.3
東京大学全学自由研究ゼミナール
水の知最前線「水で生きる」

農地は水のコントロールが命 ー農地情報リアルタイムモニタリングシステムー

東京大学
大学院情報学環
(大学院農学生命科学研究科兼務)
教授 溝口 勝

東京大学総括プロジェクト機構「水の知」(サントリー)総括寄附講座
全学自由研究ゼミナール 水の知最前線「水で生きる」
第11回(第4部:水と自然環境)
日時:2009年7月3日(金)

(沖) 第11回目の本日は、溝口先生から、農業と水と情報という観点から、水について語っていただきたいと思います。では、溝口先生、よろしくお願いします。

講義題目:「農地は水のコントロールが命ー農地情報リアルタイムモニタリングシステムー」

講師:溝口 勝 氏(東京大学大学院情報学環(大学院農学生命科学研究科兼務) 教授)

皆さま、こんにちは。わざわざ京都から来られている方もいらっしゃるというし、それだけの価値のある話ができるのかどうか、非常に不安な点はあるのですが、それはそれとして、やっていることしかしゃべれませんので、期待に添えなかったらすみません。

水のサントリーさんのイメージということで、今日のタイトルは「農地は水のコントロールが命」としましたが、実際にはいま開発している農地情報リアルタイムモニタリングシステムについての話です。、それが農業のいろいろなところに応用できるという紹介をしたいと思います。

現在私の所属は、正式には昨年の四月から大学院情報学環ですが、もともとは農学部、大学院でいえば農学生命科学研究科です。ここに兼務と書いてありますが、大学には兼務と兼担という制度があって、兼担は学生の研究指導だけやればいいのですが、兼務は雑務も一緒にやるのだそうで、私は今、農学系と情報学環と両方の雑務をやっているまして、今日の午前中も情報学環の仕事で時間を取られていました。

経歴（溝口 勝）

- 1960.1 栃木県生まれ(農家の次男)
- 1978.4 東京大学教養学部理科Ⅱ類入学
- 1982.3 東京大学農学部農業工学科卒業
- 1982.4 東京大学大学院農学系研究科農業工学専門課程修士課程入学
- 1984.4 東京大学大学院農学系研究科第一種博士課程進学
- 1984.11 同上 中途退学
- 1984.12 三重大学農学部助手(農業物理学)
- 1990.12 農学博士(東京大学)の学位授与
- 1990.12 米国パデュー大学客員助教授(Agronomy Dept.)
- 1995.5 三重大学生物資源学部助教授(農業物理学研究室)
- 1999.4 東京大学助教授 大学院農学生命科学研究科(環境地水学)
- 2003.1 内閣府技官(参事官補佐)併任
- 2004.12 同上 任期満了
- 2005.10 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)
- 2008.4 東京大学教授 大学院情報学環(土壌・農業情報学)
- 現在に至る

2

少し自己紹介させていただきます。私自身がなぜこんなに農業にこだわるのかということです。私自身は、実は栃木的那須野が原の農家の次男坊ですが、昔はそれほど農業にはこだわっていなかったのです。自分がそういうところで生まれ育ったといっても、東大に入ったときも、自分は農家出身だし、農学部に行くのが当たり前だろうなというぐらいの気持ちではいましたが、その後ずっと何十年間かは、あまり農学らしいことはやっていなかったのです。でも、ここ数年ぐらい非常に、やはり自分が農学系のことをきちんとやらないと駄目なのではないかという危機感のようなものがありまして、最近はずごく農業づいたことを主張するようにしております。

沖さんとの付き合いはこの辺からあるのですが、特に2003年の内閣府技官(参事官補佐)併任、これの後任が沖さんだったのです。そんなことで、役人のちょっとした機微のようなものを随分このあたりで勉強しました。あと、2005年ぐらいから、もともと土と水というあたりが専門なのですが、役人の生活が終わった後ぐらいから、国際情報農学という、特に東南アジアを中心とした土と水のようなことで展開を図って行って、今そういう中でさらに、情報というものを農業にどう使っていくかというあたりをやっております。

農業ICT－農学/農業分野における 新たな情報利用の可能性を探る

- 問題意識

- － 地球規模の食料問題の解決
- － 食の安全・安心の確保
- － 農地の適切な管理システム
- 農業に対する正しい理解

- 目標

- － インターネットを始めとするICT技術を積極的に
農学/農業分野に導入することにより、世界の食
料生産、地球環境保全、日本農業に貢献する

3

一. めざせ、地べたモニタリング～農業分野における新たな情報利用の可能性を探る～

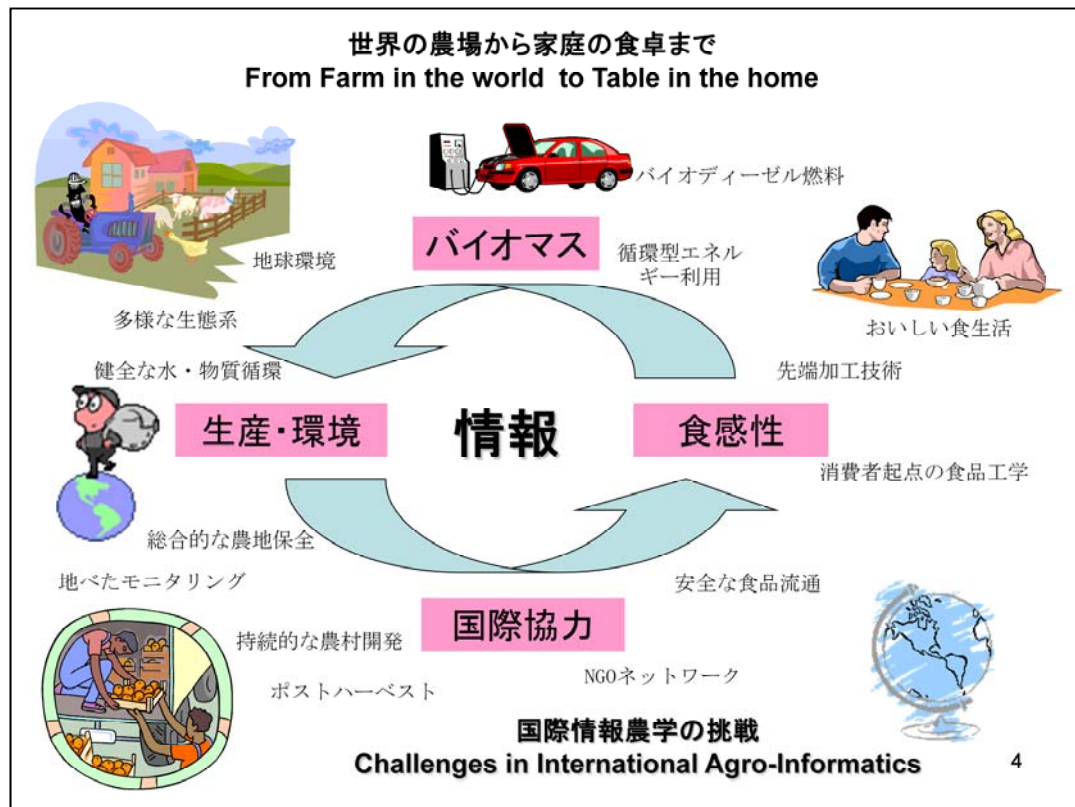
スライド3

今、僕が世の中に主張したいと思うことは、農業ICT(インフォメーション・コミュニケーション・テクノロジー)です。IT(インフォメーション・テクノロジー)だけではなくて、そこにコミュニケーションが入ってこそその面白さがあるということで、「農業ICT」ということを主張しています。特に農業や農学分野において、今の情報通信技術をうまく使っていけるような仕組み作りやそのインフラ整備のようなことに、力を入れています。

ただ、問題意識としては、やはり農学部使命としては、地球規模の食料問題を常に意識しておく必要があるだろうし、最近だと食の安全・安心ということがいわれますが、その確保をどうするかということにも責任を持つべきだろうし、そういう中で自分ができそうなことというのは、農地の適正な管理システムです。今日のタイトルに「農地は水が命」というようなことを書いてあるのは、実はこの辺に関係しています。

それから、今は世の中、若者の中でも結構農業ブームで、マスコミにも農業ビジネスがもうかるとか何とかとよく出てきますが、僕は実はあれは全く信じていなくて、それを書いているマスコミの人たちは、農業の一面しか見ていないと思っています。僕は、日本の農業というのは、マスコミで紹介されているようなことではなくて本当はもっと裏舞台があって、そういうどろどろした部分にももう少しフォーカスを当ててほしいと実は思っています。それは、今日そこにいる田中君あたりは、土地改良区のようなどろどろした世界を随分見てきているというか、それを研究テーマにしていますが、そのあたりに関しては、ほとんどいい意味でのマスコミ報道はされていません。しかし、実はあれが日本の農業の一番根幹を支えている部分でして、そのあたりをいずれは理解してほしいと思っています。

私の農業に対するこだわりには、そういう能書きというか、バックグラウンドがあるのですが、取りあえず今自分がやろうとしているのは、ICTを使って何とか食料生産や地球環境保全、日本の農業に何か貢献できるようなことをしたいと思っています。



これは今の情報学環ではないのですが、その前のわれわれの研究室のイメージ図です。情報というものをキーワードにして、生産・環境の情報や、国際協力、食感性というのは前の教授がやっていたものですが、情報通信技術を使って、とにかく世界の農場から自分たちの食卓までをカバーできるようなことができないかと考えています。

めざせ、地べたモニタリング



画像も含めての農地情報をリアルタイムモニタリング



二. 霜柱の研究

スライド5

一言で、「めざせ、地べたモニタリング」と表現しているのですが、地球儀や世界地図が出てきて、いろいろな地球観測データを使って、地球全体がどうなるのかとかという絵を非常によく目にします。しかし、実際にそこで公開された、あるいは予測されたデータが、本当にそこで農業を実際にやっている人たちレベルに使えるようになっているのかどうか、あるいは、その人たちの目線できちんとデータが取れているのだろうか、どうもそのあたりが、ちょっと欠けていると私自身は思っています。そこで、衛星からデータを取っている人たちに対抗して、自分は地べたをはいつくばってデータを取ってやろうと重い、あちこちにモニタリングロボットを置きつつ、あるいは、現地の人たちとコミュニケーションを取りつつ、実際の農業の現場や、その農地で起こっていることの情報を集めていこう、さらにそれを利用していこうというようなことを考えています。

霜柱

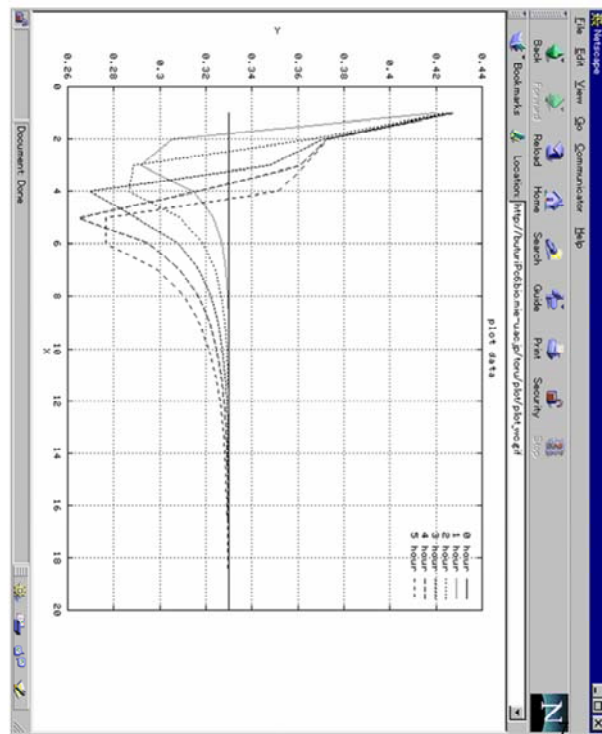


6

突然、霜柱の話が出てきます。実はまだ全然イントロで、よた話なのですが、もともと僕は霜柱の研究をしていました。霜柱をよく見ると、氷の上に必ず土粒が載っています。土粒が載っているから、霜柱ができるのです。土粒がなぜ載っているかというと、その土粒のすぐ下に水が上がってくるのです。その氷がどんどん成長して霜柱ができるのです。

凍結過程の 土壌水分移動 (1984-1990)

- 凍結前線に土壌水が集まる
- 凍土中の液状水（不凍水）が減少



スライド7

実際になぜ土粒の下の方に水が集まってくるのか、どうしてどんどん水が来て、どうい
うからくりで土の中の水移動が起こっているのかというあたりを、実験室レベルで丹念に
研究して、コンピューターシミュレーションというかモデルを作って、偏微分方程式などを
解いてというようなことを昔はやっていました。今でもこの辺をやっている研究者から、
「ぜひその辺の研究をもう一回やってください」というリクエストはあるのですが、どうも最
近は違う方ばかりやっています。

GAME-Siberia, Tundra (97-98)



<http://www.a.u-tokyo.ac.jp/21cpdf/a182.pdf>

スライド8-9

そのような霜柱の研究、凍土(フローズン・ソイル)というのですが、そういうことをやっていた関係で、二〇〇〇年以前には、シベリアのツンドラ地帯などに行って実際の凍土を掘って、土の中の水分がどの程度あるのかとか、それがどのくらい乾いていくかとか、そのような現場のデータ取りをやっていました。そういう所に行って穴を掘って、モグラのようなものですが、人間が入るぐらいの大きな穴を掘って、それぞれ土の颜色をうかがって、いろいろ面白いのですがね。土の話をしたらまたいっぱいあるのですが、やはり長年かけて、降った雨や雪が地中に染み込んでいく過程で、土の表面の方にあるいろいろな物質を溶かして下に持ってくるものですから、必ず古い所というか、人工的な手の入っていない所は、土が層状になっています。それは土そのもの、いろいろな各国の土、いろいろな所の土は、そこの土地の歴史を物語っているというか、そういうものを全部刻み込んでいます。

土壌調査 Soil survey



Masaru Mizoguchi et.al: Soil Physical Properties in Soil Profiles of Active Layer in Alas, Eastern Siberia, Activity Report of Game-Siberia 2000, GAME Publication, No.26, 111-122(2001) 9

そのようなことをやっていたのですが、約一〇年前に東大に移ってきまして、今度はそういうところになかなか行きにくい環境になってしまいました。そもそも自分自身凍土の基礎研究から始まって、実際の現場ということで広大なシベリアに行って、シベリアで目の当たりにして気づいたことは、自分のやっていた研究はすごくみみっちいというか、コップの中の現象を丹念に調べていたに過ぎないということです。でも、コップの中の現象はそれはそれで非常にいい研究だと、いまだに自信はあるのですが、その成果を実際のああいう大きなスケールに持っていくには、あまりにも違う問題が多すぎる。

つまり、小さなスケールの中でもいろいろな現象が土の中では起こります。それは丹念に説明することができる。しかし、広いシベリアや、田んぼ一枚でもいいですが、そこで起こっている現象をそのまま足し算すればその広い所で起こっていることが理解できるのかというと、そうではないのです。やはりスケールに合わせた研究手法が必要で、実際にシベリアなどいろいろな所に行って初めて、自分がやってきたことが本当にコップの世界だったのだということに気づいたのです。賢い方々はそんなことは最初から分かっていたのかもしれませんが、本当に所変われば必ずしも通用するわけではないのです。その自分の対象としている系に対して、やはりそれなりの切り口でやっていかなくてはいけないのだということを認識したわけです。



図1 地中温度(地温)の累年平均値分布(1月)

農林水産省・気象庁: 地中温度等に関する資料, 農業気象資料第3号, p.18(1982)より

10

三. 高冷地の傾斜畑の問題

(一) 実態

スライド10

10年前に東大に来て、でも、寒い研究はもう少し続けたいなと思って、手に入れたのがこの地図です。一月の累積平均地温分布、10センチ下の土の中の温度の分布ですが、0度よりも下がる地域が、群馬県のこの辺りと北海道。寒い所をやるのには北海道に行くのは遠いし、東京からだったらここまでだったら行けな、と思って、実は高冷地の傾斜畑の問題という、現場的な問題をやり始めました。

高冷地の傾斜畑の問題

- 群馬県北部地方の例
 - 高原キャベツの生産地
 - 土壌侵食と土壌流亡
 - 融雪期・梅雨期・台風期
- 融雪期の土壌侵食
 - 凍土層が融雪水の地中浸透を阻むことによる？
 - 融雪期の土壌侵食メカニズム解明
- 農地管理技術の開発

11

スライド11

具体的に言うと、嬭恋村のキャベツ畑というのは必ず傾斜している、寒いというか冷涼な気候の所にあって、そこでキャベツを作るわけです。

孺恋キャベツ畑の収穫 (2003.8.28 溝口撮影)



12

スライド12

これがキャベツ畑です。最盛期、夏にはこのキャベツがほとんど東京に来ます。ぱりぱり本当においしいですね。

収穫直後の雨で土壌侵食が起こる → 流域の環境問題



13

スライド13

実はこれは九月のある収穫直後の様子ですが、手前側は収穫して土が出てしまっていて、奥の方はまだキャベツが植わっています。

流された黒土は川へ 美味しいキャベツは黒土の代償



14

スライド14

収穫直後に台風が来たりすると、土が流されてしまうのです。現地の農家の方たちは、毎年この土を作っている。しかし、その管理の仕方というか、タイミングが悪いと、そのふかふかした土がダースと流されて、それが群馬県の吾妻川に入って、利根川に入って、太平洋まで来るのが、衛星写真などでも見えるのです。おいしいキャベツをわれわれは食べているけれども、ある面、この黒い土を犠牲にしながら食べているのだというあたりを意識しておく必要があるのだと、こういう所を見て感じました。

農業機械で形成された耕盤の影響か？



スライド15

このようになると、かなりもう、浸食そのものです。

冬季の土壌凍結の影響か？



スライド16

実は、冬場にも同じようなことが起こります。融雪水、あるいはこの地方は土も凍っていたりしますから、それらが解けて水になったものが行き場を失って斜面を流れていくと、浸食を起こしてしまうのです。

農業機械に耕作 これが耕盤を形成する



スライド17

あるいは、大掛かりな農業をやるということは、手作業でやるわけにはいかないという
か、たくさん作ろうとすると、やはり大型機械が必要です。大きなトラクターで畑を耕す
と、大体ロータリーをかけている20センチとか30センチの部分だけがふかふかになるの
です。その下は大きなタイヤのまま踏み固めていますから、実は今の畑の状態はどう
なっているかというと、傾いたカチカチの土の上に“ふかふか”の土が20～30センチ
載っているという状態になっているのです。そのたった20センチのふかふかした土
の所に根っこを張張らせて、大きなキャベツを作っているわけです。

降雨は20cm以下に浸透しにくい



18

スライド18

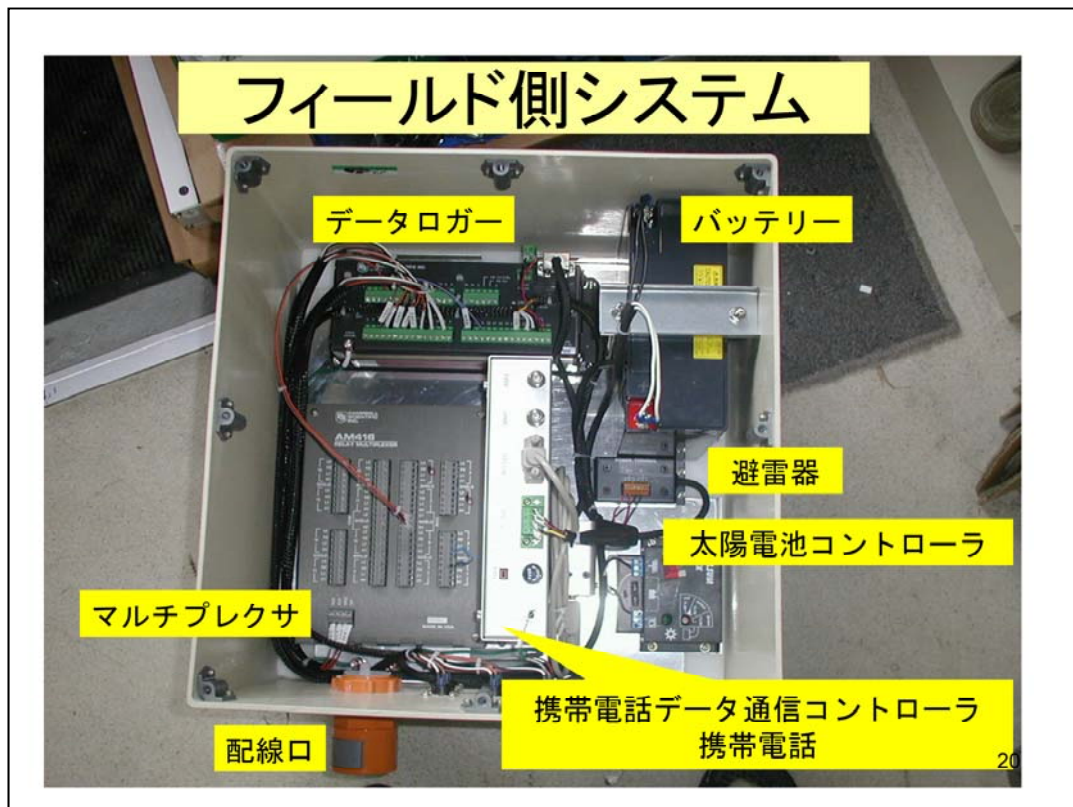
ですから、キャベツがあるときはいいです。でも、それを一回抜いてしまうと残るのはふかふかした土だけです。そこに雨が降ると、そのふかふかした土は降った雨をたくさん保つわけ。そうすると極端な話、地滑りのようにしてその土が流れていってしまうのです。現場に張り付きながら、どのくらいまで水が入るかとか、そんなことを調べていました。



(二)メカニズム説明

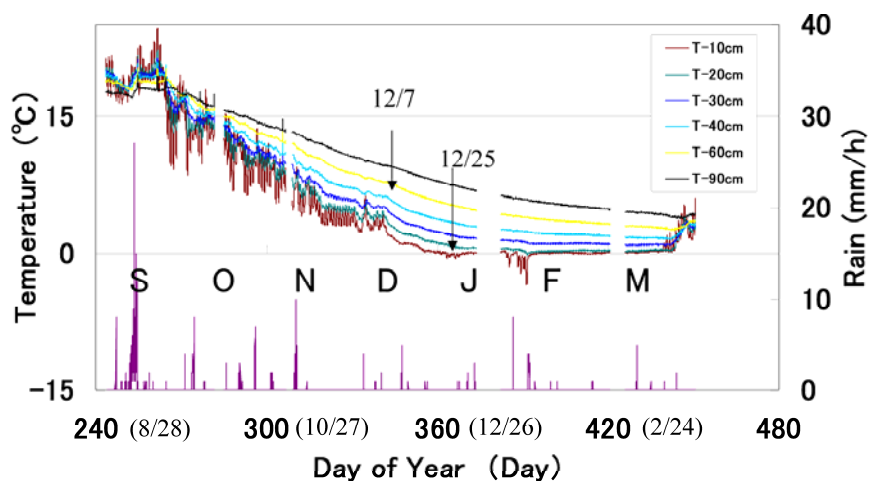
スライド19-20

そのメカニズム、雨がいつ、どのくらいまで土の中に浸透しているのだろうかということ
を測ろうと思って、**2002年**の段階で、畑のど真ん中にいろいろなデータを取るための
ソーラーパネルや観測装置を仕掛けて、実際に畑の中で、一年間どのような温度変化
をするかなどというデータを取っていました。



地温の変化

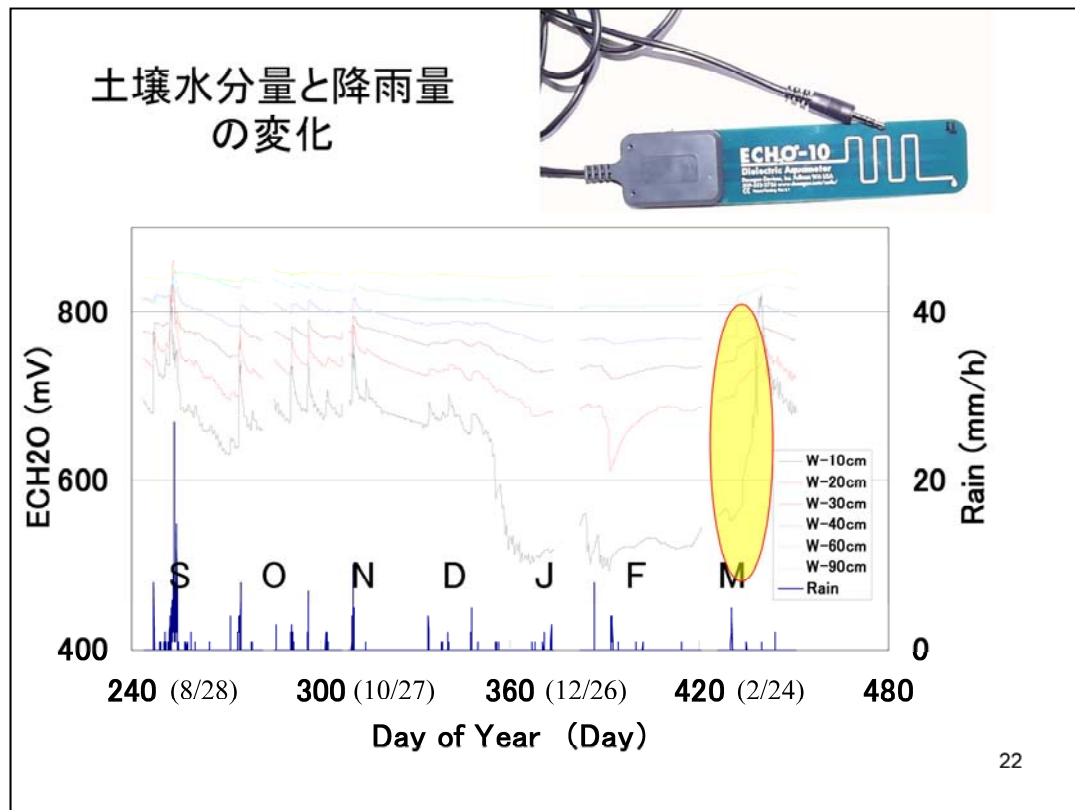
- 表層：12月7日までは大きく日変動しながら低下。その日を境に変動なし
 - 積雪／土壤が表面から凍結し始めた
- 10cm深さの地温は12月25日に0°C 3月上旬までほぼ0°C（凍結期）



21

スライド21

例えば、このデータだと、12月25日のクリスマスのときに、地表面から10センチ下の土がちょうど0度になっている。ということは、それよりも上はもっと低い温度ですから、凍っているわけです。あるいは、雪がかぶっている。でも、雪がかぶると冷え込みは抑えられてしまいますから、このあたりで凍っている。

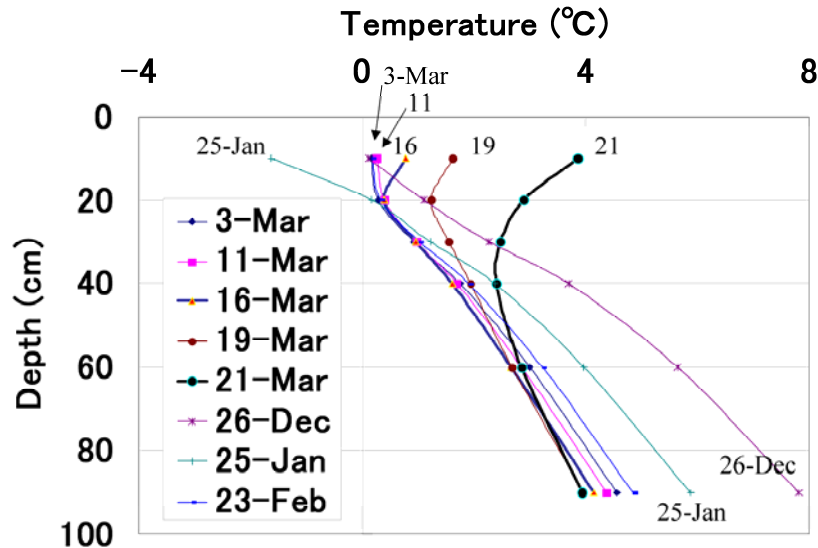


スライド22

実際に水分センサーを入れて測ってやると、確かにその時期には10センチの所の水分量は落ちています。水分量は縦軸ですが、落ちているというのは、実は一部凍ってしまっているわけです。10センチの所の土が凍り始めたのがこの時期だということを現地に行かなくてもわかるようにしました。これは携帯電話方式でして、研究室から現地の携帯電話に電話して、データを自動的にダウンロードするような仕組みをこの時期に作っていました。確かにこれはデータとして面白いし、春先は春先で、三月には雪や凍土が解けることによって、地表面の今まで凍っていたものが一気に解けて、急激に水分が上がるなどというデータも、このときに取りれています。こうして一年間、畑の中というのは結構面白い動きをしているのだなということが、この時代に分かったことです。分かったというか、そんなことは当たり前といえば当たり前のかもしれませんが。

- 表層10-20cmの地温：3月3日～11日まで0℃付近
- 16日に10-20cmの温度勾配が逆転
 - 20cm付近の土壌はまだ凍結しているが、10cm付近は融解
 - 凍土層の上に高含水率の融解層が重なった状態→ 土壌侵食の危険性が高い
- 3月19日：20cmの地温も上昇
- 21日：温度勾配の逆転層が40cmの深さまで→ 畑地土壌は5日間ぐらいで春モードになる

日平均地温分布



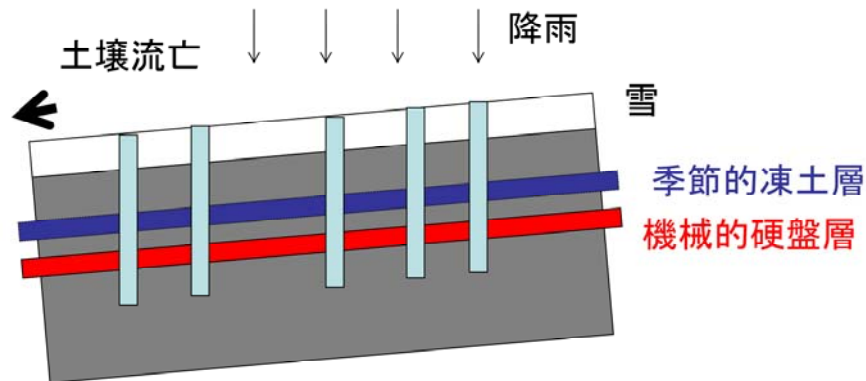
23

スライド23

実は雪があつたり、凍っている間は土の中は大して大きな変化がないのですが、一回氷が解けてしまうと、数日の間に土の温度が急激に上がるのです。ですから、面白いのは、そうやって今まで氷に閉ざされていたような畑であっても、解けると一気に温度も上がるし、そのことによって土の中にいる微生物などもすごく活動し始めるという、生きた畑のサイクルがどうもありそうだということがこの頃に分かったことです。

どうすれば侵食を軽減できるか？ 予想

- 融雪期：
 - 融雪を部分的に促進して凍土層を抜く
- 秋期(収穫後)
 - 硬盤層を部分的に壊すような農作業を導入する



24

(三) 提案

スライド24

科学としては大抵これで論文を書いて終わりです。しかし、それが分かったことで何かできるのか、やはりそれで終わっては駄目だと思って、では、どうしたら土が流されるのを防げるのかということも、農家の人たちに幾つか提案しています。

季節的凍土層と機械的硬盤層と書きましたが、機械的硬盤層というのは、トラクターが踏み固めてしまったことによってできた、硬い水を通さない層です。それから、季節的凍土層というのは、冬の間にも上の方が凍って、春先に上の方から解けてくるのだけれども、まだ凍土が残っているという層です。そういう層があるために、融雪水が中に入りきれずに、土と一緒に流れていってしまうわけです。

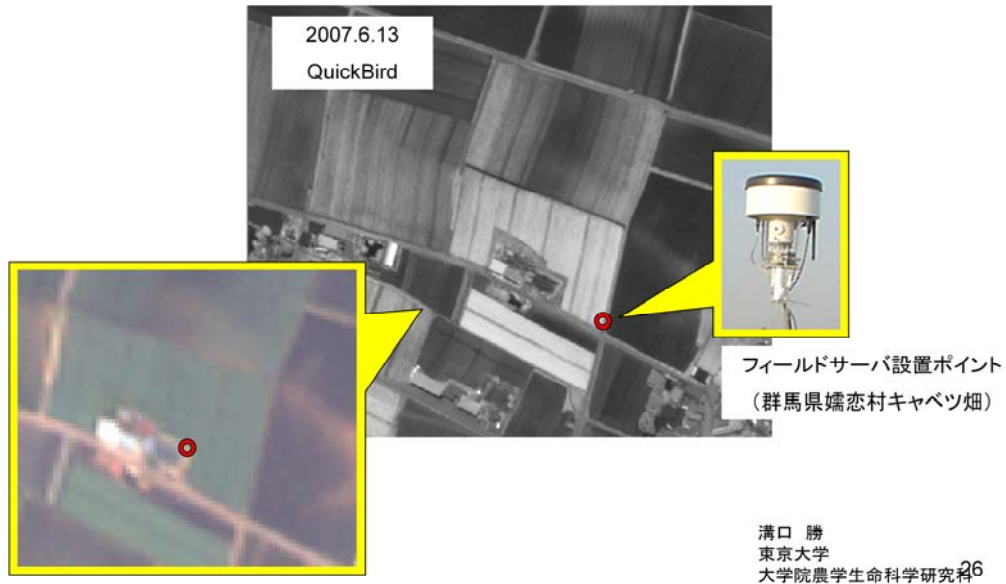


スライド25

それを何とか防げばいいのだ、そうならないような工夫はないだろうかと思って、雪解け時期に炭をまくことを提案しました。つまり、雪解けの時期に炭の粉をまばらにまいて白と黒にしてやると、黒い所が部分的に早く解けます。凍土を早く解かすことによって、その解けた層に融雪水を集めるようにすれば、浸食が防げるのではないかという提案をしましたけれども、実際にそれを農家の人が使ったという例はまだありません。提案を聞いて、いい方法だねと言ってはくれるものの、実際にそういう技術を普及させるには、まだまだ誰かいい篤農家を説得していかないとはいけないのだなということを学びました。

安全な農作物生産管理技術とトレーサビリティシステムの開発
ーGSBUAできり拓くジャストインタイム農業ー

地球観測データと地上観測データの融合



四. 情報技術を使った現地のモニタリング

スライド26-27

携帯電話を使って、土の中の水分がどう動いているかとか、温度がどうかというのは、リモートで取れるということは分かっていたのですが、そうこうしているうちに、**2005年**とか、**2006年**ぐらいに、より広い所のデータを取る方法として、フィールドサーバというものを導入しました。



Answer to My question

フィールドサーバ

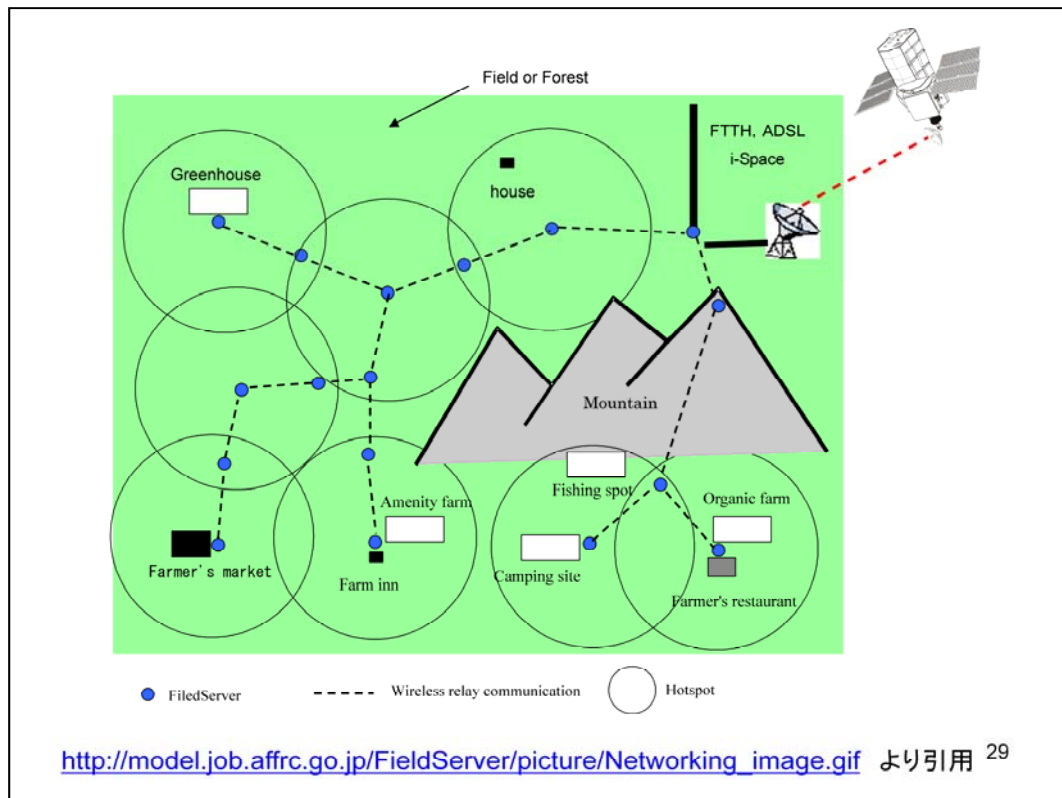
- フィールドに長期間設置して、環境の計測、動植物のモニタリング、農園の監視等を行う超分散モニタリングデバイス
 - Webサーバ
 - 複数のセンサ(土壌水分センサ)
 - ネットワークカメラ
 - 無線LAN通信モジュール
 - 超高輝度LED照明など
- 相互にWi-Fi通信



28

スライド28-29

このような感じのものです。これは何かというと、先ほどの携帯電話のシステムよりももう少しコンパクトで、しかもウェブカメラが付いていて、現地を見ながらほかのいろいろな気象データや土壌水分のセンサーをつなぐことで、通信系、情報技術を使って現地をモニタリングするロボットです。



原理的には、それぞれのフィールドサーバは、任天堂DSのワイファイシステムではないですが、全部がワイファイのアクセスポイントを持っていて、いったんこれがどこかインターネットにつながって、さらにそれをいろいろなところに点在させてやると、この領域全体のデータが一網打尽に取れるという仕組みです。

土壌情報モニタリングシステム Soil information system



土壌水分センサーをFSに繋ぐ



30

スライド30

実際には、農地の中の土の情報を取ろうということで、そこに土壌水分センサーをつないでデータを取るようになります。

Soil sensor

<http://www.decagon.com/ECH2O/> より引用



We Measure the World



- ECH₂O soil moisture sensors measure
 - volumetric water content accurately and economically
 - the dielectric permittivity of the soil
- Benefits include:
 - TDR-level performance at a fraction of the cost
 - Very low power requirement
 - Easy installation at any depth and orientation



スライド31

来週の土曜日に、この会社の研究開発者が東大に来るので、「土壌センサーの現状と未来」というタイトルでセミナーを予定していますが、今は、いろいろなセンサーが開発されています。実は土壌水分といいます、測るのは本当に難しいのです。定義としては、一握りの土の中に、体積当たり水が何パーセント入っているかというような定義です。でも、それを広い領域でいちいち採るわけにもいかないし、雨が降った直後はどうか、しばらくたったときはどうかと、いちいちサンプリングするわけにはいかないという、やってられないものですから、最近は土壌水分センサーを使って、土壌水分の情報を電気信号に変えています。しかし、今、一般的に売られているような土壌水分センサーは、例えば一つで10万円以上するとか、すごく高いわけです。ところが、この会社の宣伝をするわけではないですが、今はそれを10分の1くらいの値段で買えるようになってきています。



スライド33

これが一例ですが、孺恋のキャベツ畑や千葉県のピーナツ畑、インドネシアのSRIというボゴールにあるSRI水田、それからタイの水田など、いろいろな所の情報を集めています。

この辺をクリックすると、インターネットに実際につながります。例えば、これは今のタイのコンケンの水田です。水田だけれども、まだ耕しているだけで、なかなか水が入ってこない。今というのは、つい数分前の画像です。こういう感じで、これはリアルタイムにほぼ近いものですが、いろいろな所の農地情報を集めています。

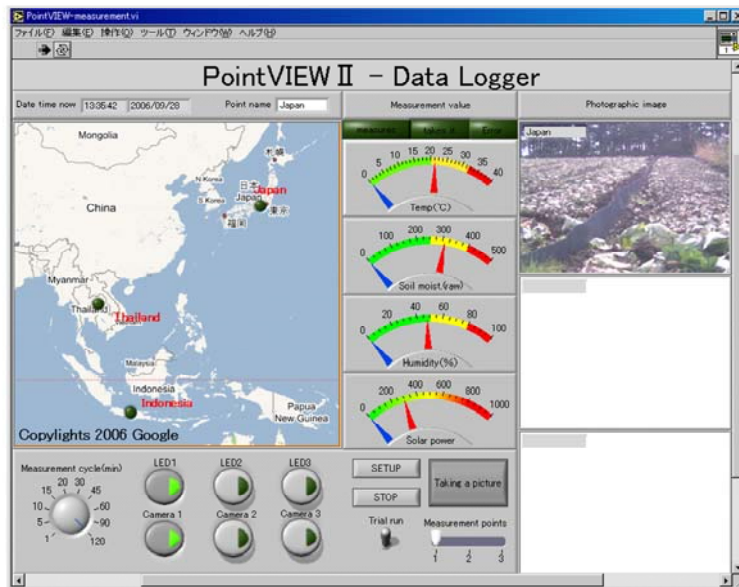
この六月にはじめたのが、新城市のSRI水田モニタリングです。SRIというのはまた後で説明しますが、今、東南アジア、特にインドネシアを中心に、新しい稲作技術が普及し始めています。水田というのは水を張っているから水田とお思いでしょうが、SRIは、8日とか10日ぐらいの小さい苗を、水をかなり減らした水田に植えます。その後、少しひびが入るぐらい水田を乾かすのです。数日間乾かした後に水をかけてやる。数日間水をかけた後に、また水を抜いて、泥に亀裂が入るまで乾かす。それを繰り返すことによって、根が「自分は死んではいけない」と思って伸びてくる。そうすると干ばつに強い稲になるということで、東南アジアを中心に今爆発的に普及し始めている方法です。

それを日本のある農家の方がやってみたいといって突然われわれの研究会に来たものですから、「ぜひそれを観察させてください」といって、ここに機械を設置して、例えば、これは6月30日のデータですが、このように田んぼを見ながら、あるいは、そのときの土の乾き方がどうかということが見えるようにしています。そのようなことを、「地べたモニタリング」と称してやっているわけです。

つまり、今僕がやろうとしているのは、画像も含めた農地の状況を、気象や土壌情報も含めて、そういうものをリアルタイムにモニタリングするような仕組みを作ることです。まだ提案しているわけではないのですが、実はその農地情報モニタリングというのは、このように気象や何かは学術的には面白いのかもしれませんが、もしこの仕組みがもっと認知されるようになってくると、今の耕作放棄地をずっと見ようとか。あるいは、脱サラして農業をやりたいのだけれども、あそこで農業ができるのだろうかと思ったときに、こういった情報を取ってきて、自分の作っている田んぼがどうなっているのだろうかということ

アジア地域からの土壌情報を集める計画 Plan to collect soil information from Asia

A user-friendly interface is being developed by a venture in Japan

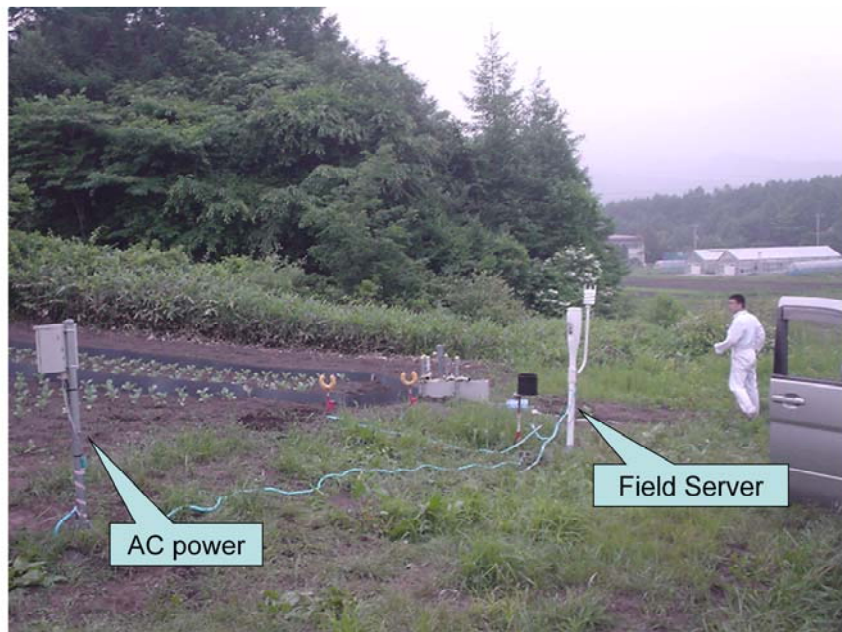


34

スライド34

そういったことを、原理的には近くだろうが、遠くだろうが、インターネットと電気さえあれば何とかなるわけですから、今それを日本とタイとインドネシアで続けています。

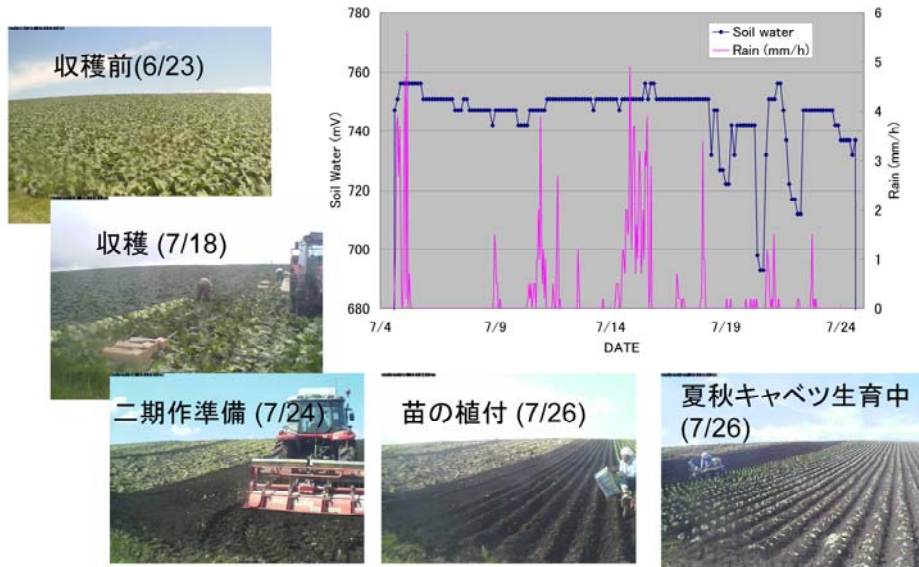
事例1－孺恋キャベツ畑のモニタリング



35

事例一 孺恋キャベツ畑のモニタリング

農地情報観測データと土壌・植生モデルのリンク (群馬県嬬恋村キャベツ畑)



36

スライド35-36

一例ですが、これは先ほどの嬬恋キャベツ畑の土壌水分の動きです。これが雨です。7月19日ぐらいに土壌水分がぐっと下がっているなということは、データ側から分かります。何が起きているのかということで画像側の方を見てやると、18日に収穫していた。地表面に植わっていたキャベツを取ることによって、そこに植生がなくなって裸地になって、どんどん土から蒸発が起こって、水分が減っていっているという様子が分かります。7月24日には、取れていたはずの水分センサーの値がかくんと落ちてしまっている。何が起ったのかと思ったら、キャベツを収穫した後にトラクターが入って耕運して、センサーを切ってしまったのです。それも困ったものですが、そのようなことが見える。農作業に合わせて、農地で起きていることを、画像と実際のデータを突き合わせることで、よりいろいろな情報をこの中から引き出すことができるようになるわけです。

キャベツの生長モニタリング

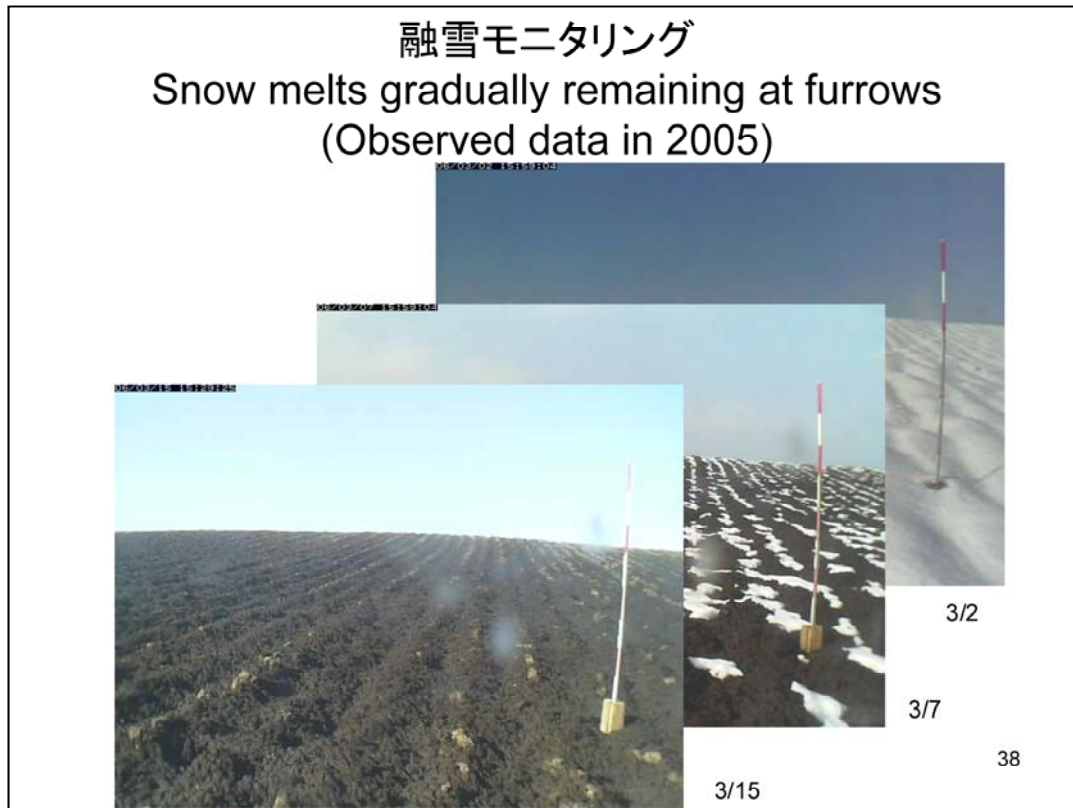
Images of cabbage growth obtained by a web-camera of Field Server



37

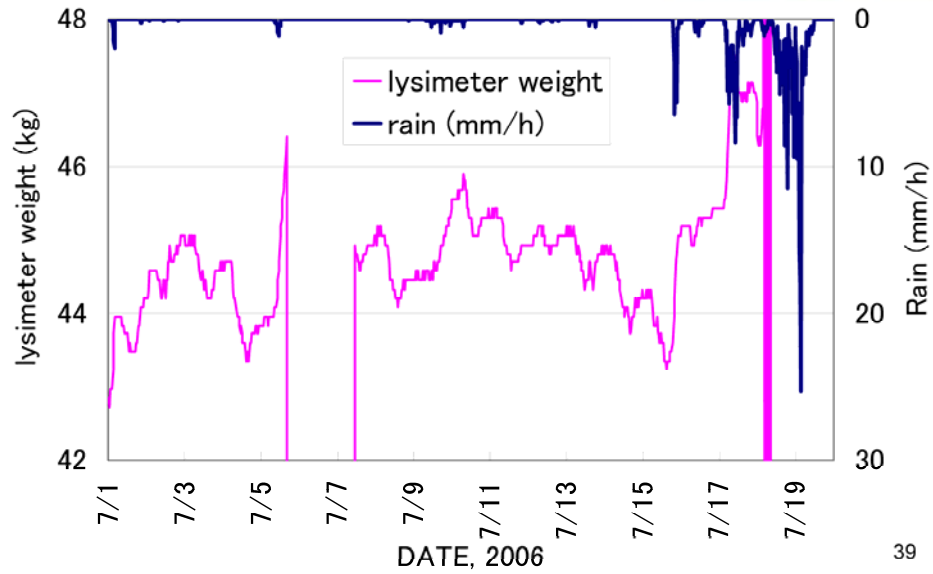
スライド37-39

画像だけを見ても、作物の生育の状況が遠くに居ながらにして分かりますし、



例えば冬場だと、畝の間に雪を残しながら徐々に雪が解けていく様子なども分かりますし、このときには実際に土の中の温度や水分がどのように変わっているかということも同時に取っています。このようなことが一例としてあります。

天秤で土の重さを計測 Changes in lysimeter weight and precipitation from July 1-19, 2006



39

事例2－畑の土埃モニタリング

北総中央地区における風食防止 のための農業用水の利用法の検討 －「やちぼこり」モニタリング－



事例二 畑の土埃モニタリング

スライド40-42

ほかにも、農地の問題で先ほど千葉県のパナツ畑の話をしてきましたが、そこにもこういうものを入れています。

住民参加型の農業用水管理への展開

- 住民の土埃対策意識を高める
- 「土埃目撃情報サイト」を仮構築
 - 住民情報を共有するBlog形式のシステム
 - ・ いつ・どこで土埃が舞い上がったか
- 将来的に、土埃飛散防止のための農業用水散水計画立案に役立てる

リアルタイムデモ

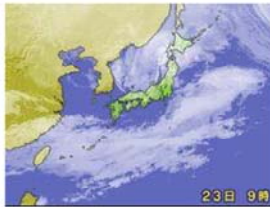
41

なぜこれをそこに入れたかというと、今は農村地帯にいわゆる新住民といわれるサラリーマン家庭がどんどん入ってきています。あるいは、昔は農業をやっていたせがれが結局農業をやらずにサラリーマン化していったとか、昔は農村部には農業をする人たちがばかり住んでいたのですが、そうではない人たちとの混住化が起こっています。そうすると、例えば、農家の人にとっては許せても一般の住民にとっては許せないことというのがその地域ではいろいろあるわけです。それがここで言う土埃なのです。昔から住んでいる人は、土埃は春先の名物だからしょうがないと思っているのだけれども、新しく来た人にとってみるとそれは許せないということで、何とかできないだろうかと。

2008年度の春一番



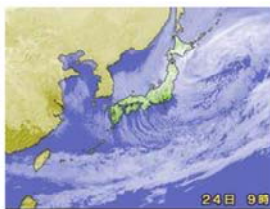
2008年2月23日(土)



23日 9時



2008年2月24日(日)



24日 9時

午前中を中心に等圧線が混み合い、大荒れの天気が続く。

『春一番 & 北風の応酬』

22日21時に日本海西部で発生した低気圧が
23日には急速に発達しながら夕方、津軽海峡付近に達した。
中心気圧は22日21時から24時間で28hPa低下。

関東南部は昼過ぎにかけて、低気圧に吹き込む南風が強まった。
東京は午後2時に最大風速SW8m/s(最大瞬間風速は15.9m/s)、
昨年より9日遅い「春一番」、13:06には最高気温17℃を記録。
ところがその後、にわかには空が曇り、風向きが北寄りに変わった。
寒冷前線の通過に伴い、14:47にはNW27.9m/sの突風、
都心の街中は砂ぼこりやゴミが舞い上がり、
一時は景色が黄色(茶色)っぽく変色したほど。気温も急降下。

Copyright(C) 気象人 より引用
<http://www.weathermap.co.jp/kishoan/>

スライド43-46

これがその一例ですが、八街市の2008年2月23日です。畑を広げたはいいいけれども、春先に春一番などが吹くと、土埃で前も見えないというすごい状況になります。その所に先ほどのカメラ付きのセンサーを置いて、観察する装置を入れているわけです。

2008年2月23日
春一番

千葉県八街市



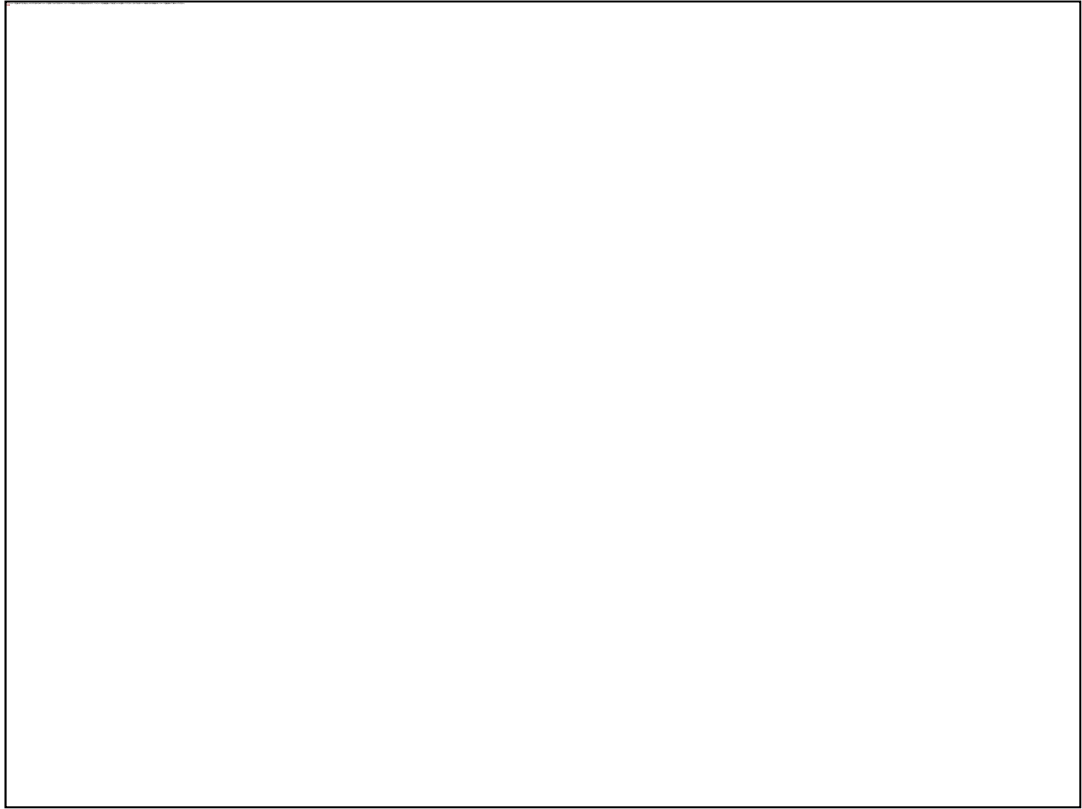
2008. 2. 23 1:52 PM

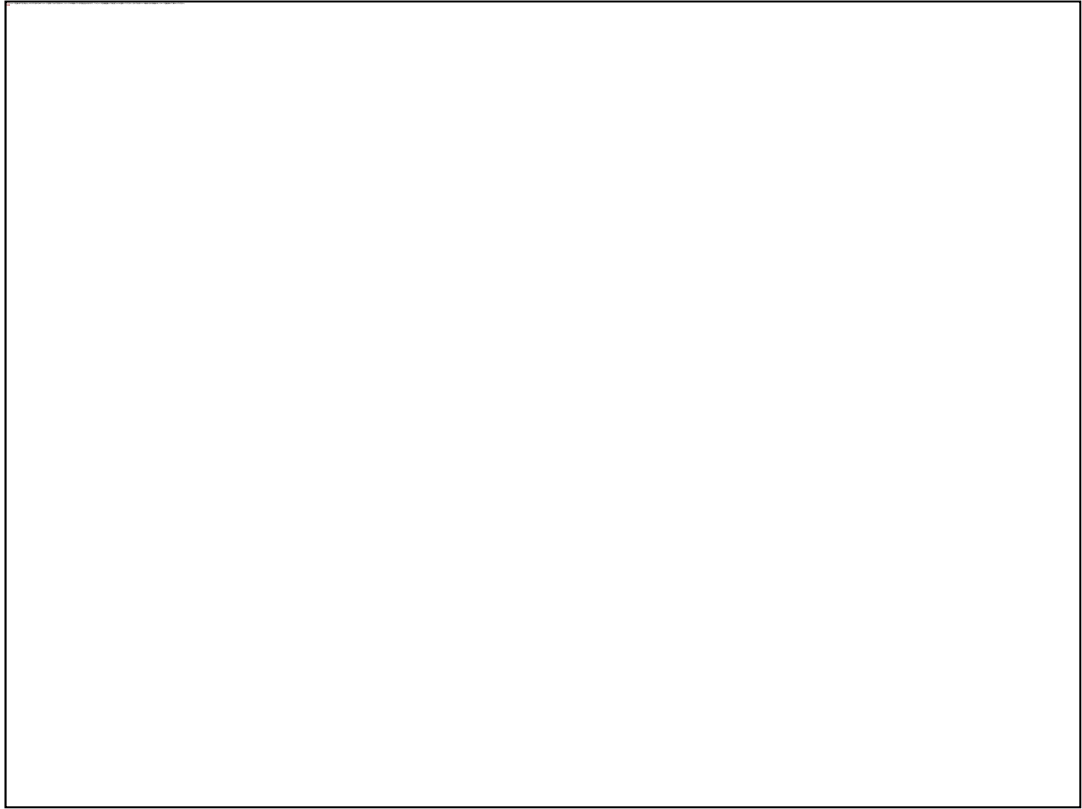
北総中央農業水利事業所
本多氏撮影

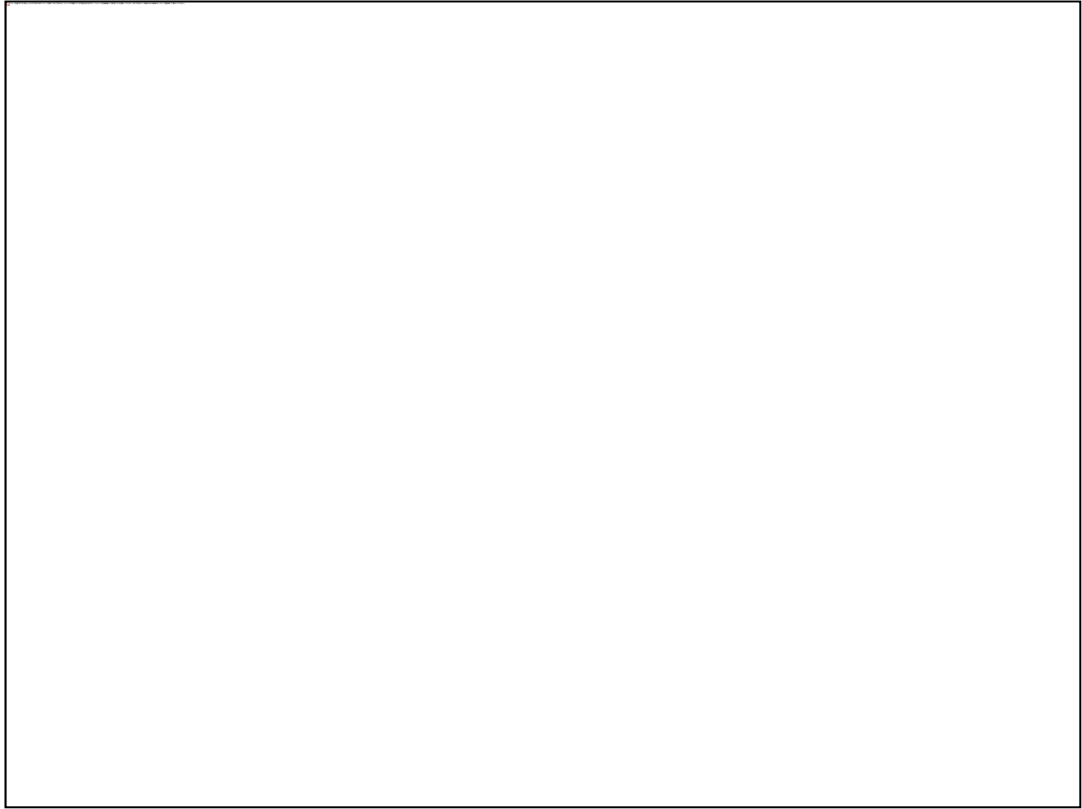


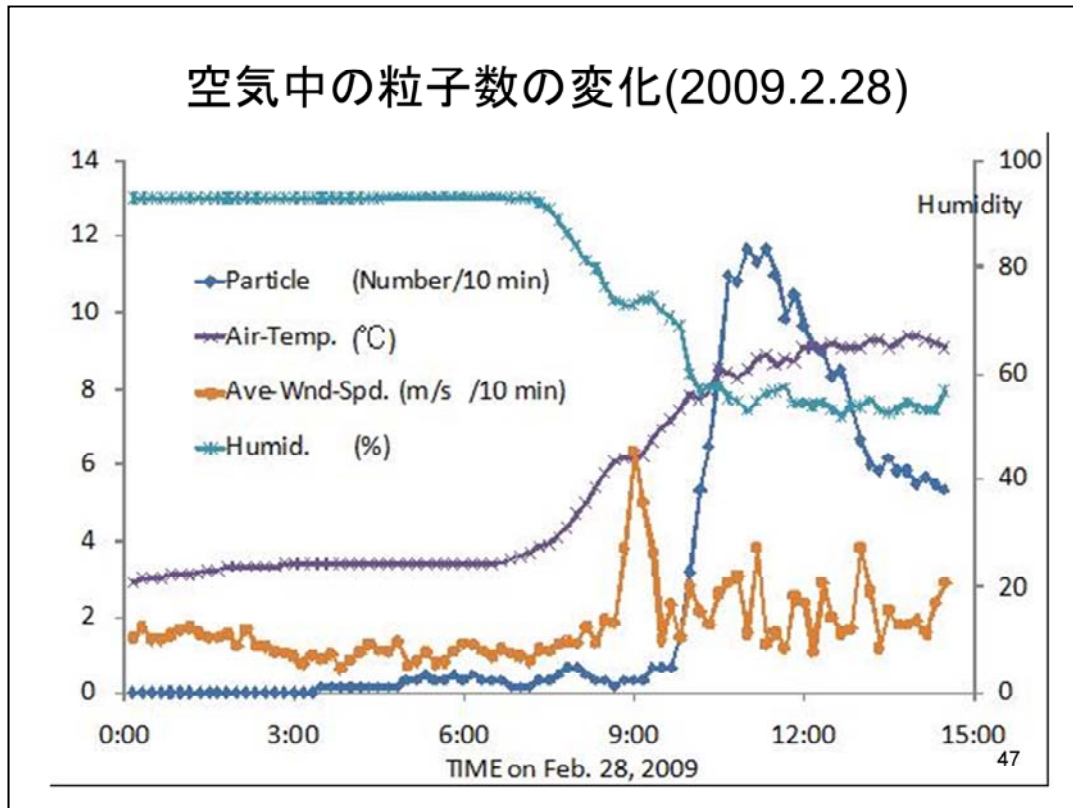
2008. 2. 23 1:54 PM

43



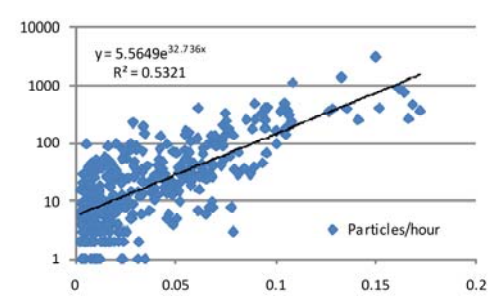
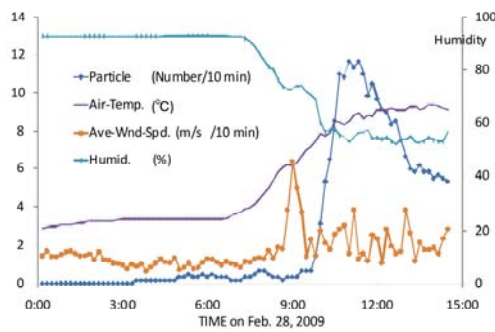




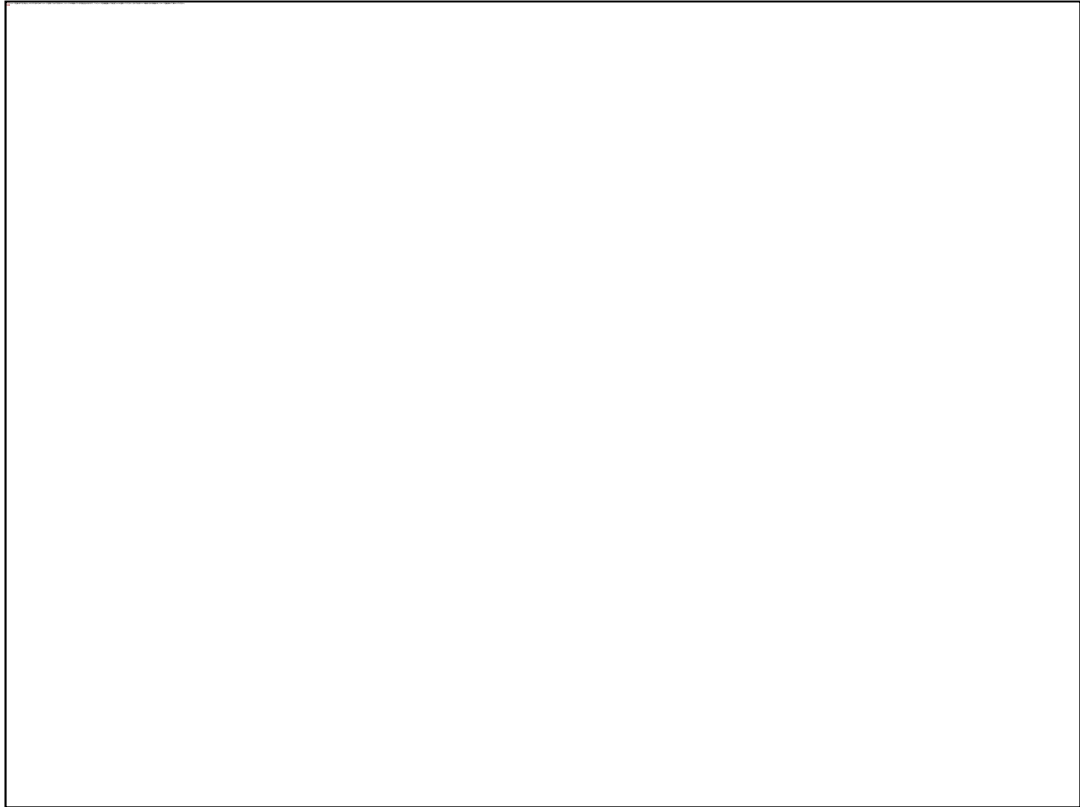


スライド47-48

そこに今度新たに、例えば花粉センサーを付けてやって、花粉センサーといっても実際には空気中の微粒子をカウントするのですが、それを付けてやると、風の強いときにそういうものが舞うのかということ必ずしもそうではなくて、湿度が下がって風が強いようなときに一番飛びやすいのだということも、このモニタリングロボットで現地観測ができて、実際に湿度と風の強さをパラメーターにして、空気中に飛んでいる粒子の数をプロットしてやると、結構きれいな関係式が出てくるわけです。



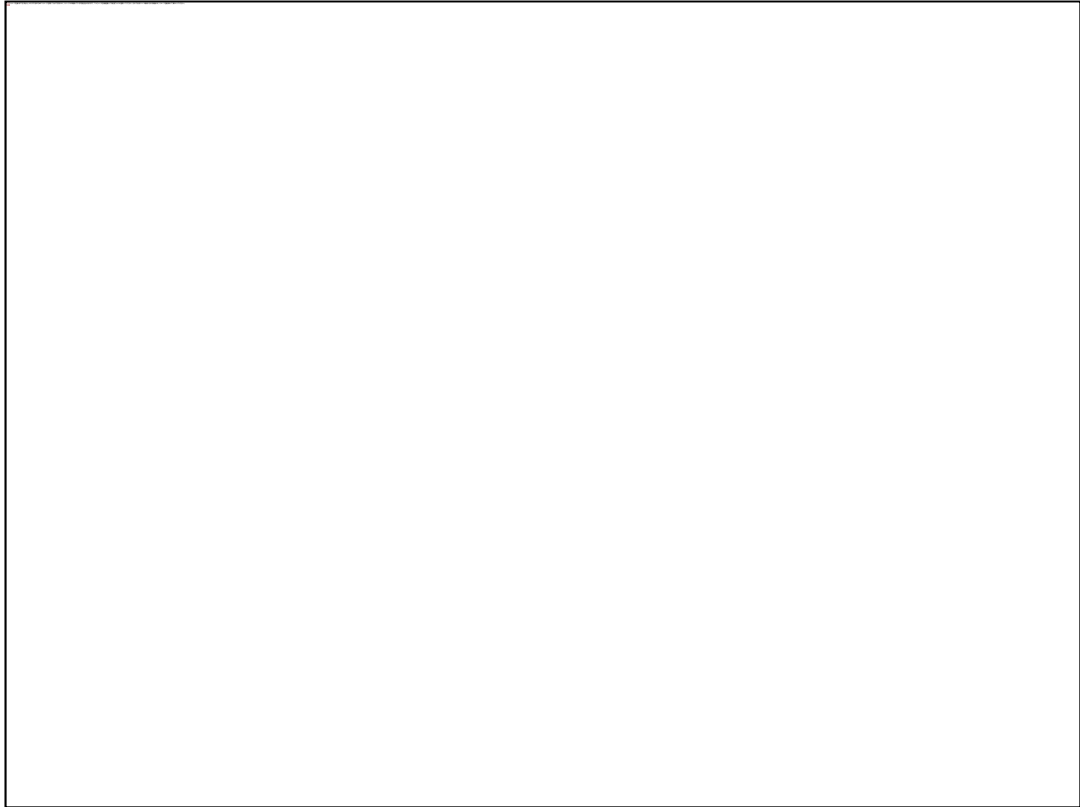
http://www.aric.or.jp/03_book/91_100/no94/topics/094-1.pdf より抜粋⁴⁸



事例三 東北タイ天水田の土壌情報モニタリング

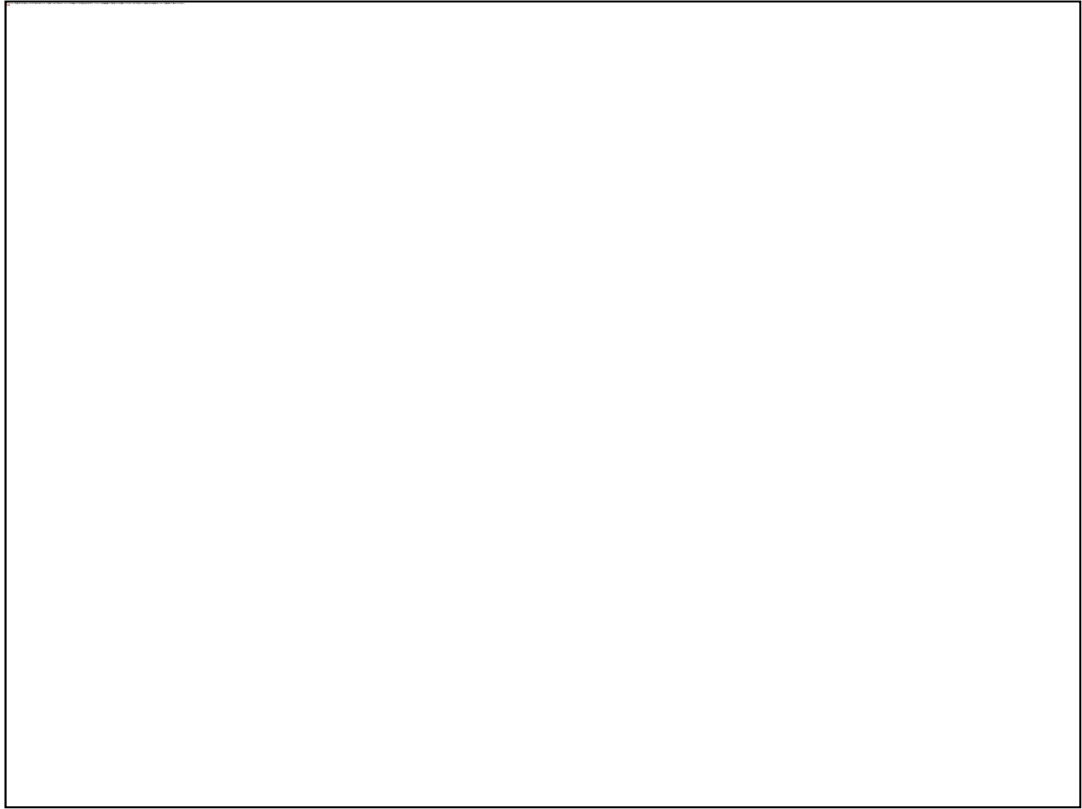
スライド49

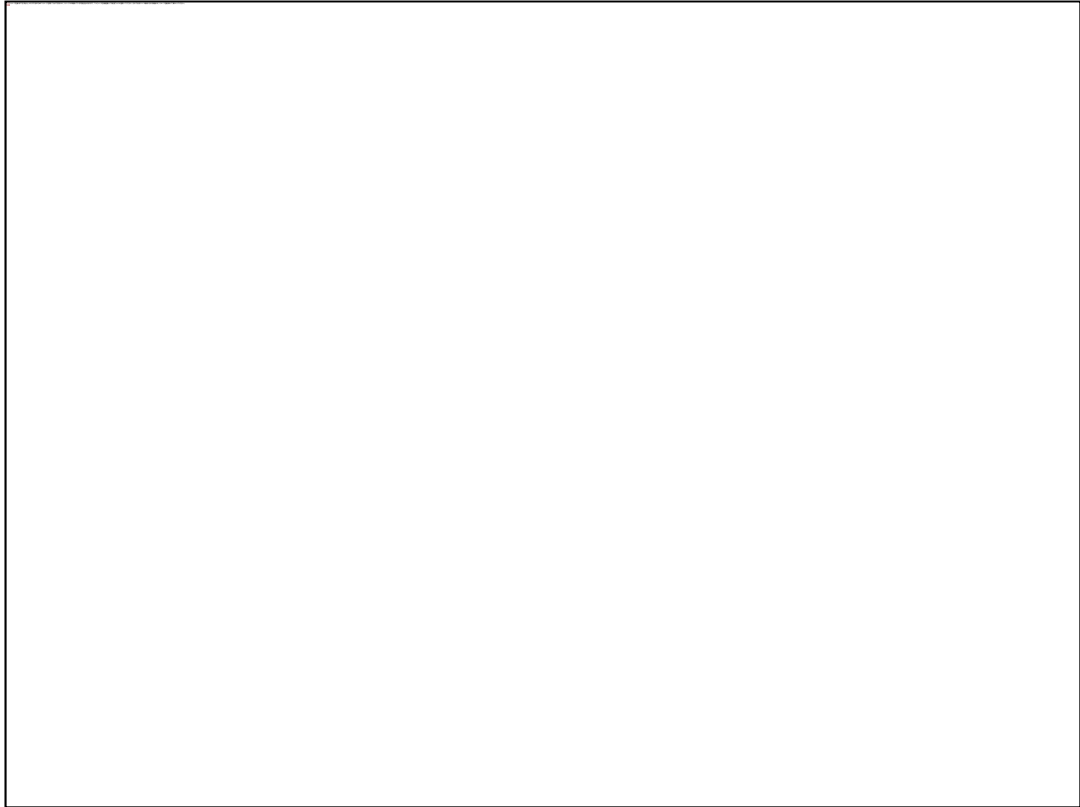
これは先ほどお見せしたタイのコンケンですが、タイの水田というのは、特に東北タイは、かんがいなどはせずに、雨だけを頼りにして水田をやっています。左が乾期で、右が雨期です。同じサイトですが、季節によってこんなに様子が違います。



スライド50-51

そういう所に先ほどのフィールドサーバを入れて観察するとどうなっているかということですが、今、そういうものを大体1キロぐらいのところに幾つも置いて、この水田全体の土壌水分の動きを観察しようとしています。でも、導入したはいいのですが、実際のところはこの辺の機械が壊れてしまっていて、まだこの広域の土壌水分変動はうまくとらえられていません。

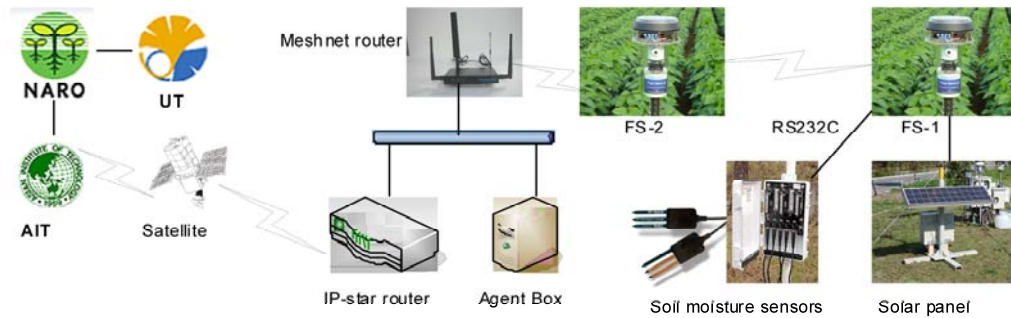




スライド52

いずれにしても地べたモニタリングでは、穴を掘って、センサーを入れるという作業をしています。

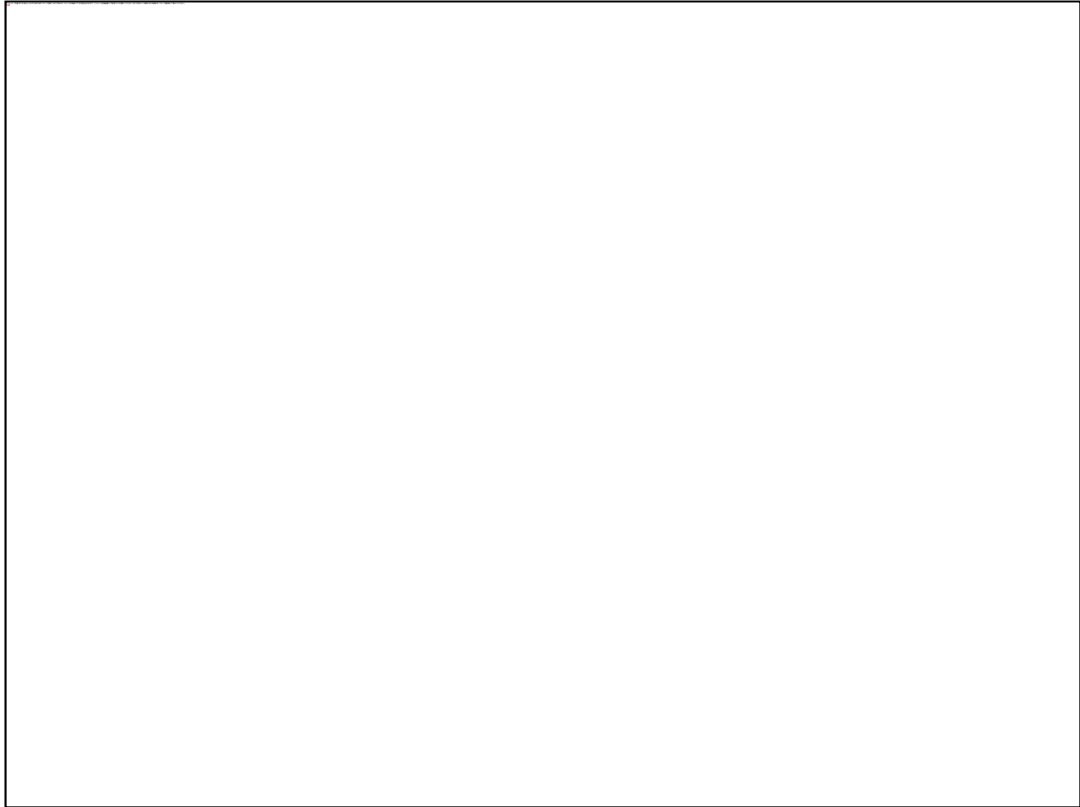
Diagram of real-time soil information monitoring system



53

スライド53

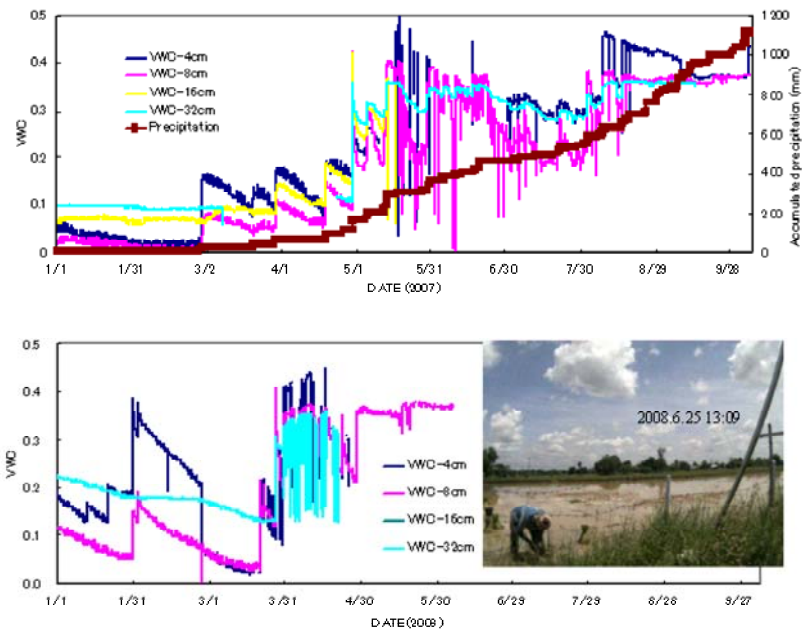
その仕組みは、土壌水分センサーがあって、先ほどのワイファイ通信のできるフィールドサーバを経由して、衛星回線を使ったインターネットでデータを運ぶというような方式です。



スライド54

一回入ってきたデータはウェブ経由で利用できますので、それをいろいろ加工すると、気温がどうか、湿度がどうか、そのときの画像がどうかというものをさかのぼって見られるようになっています。

土壌水分の変化(2007-2008)

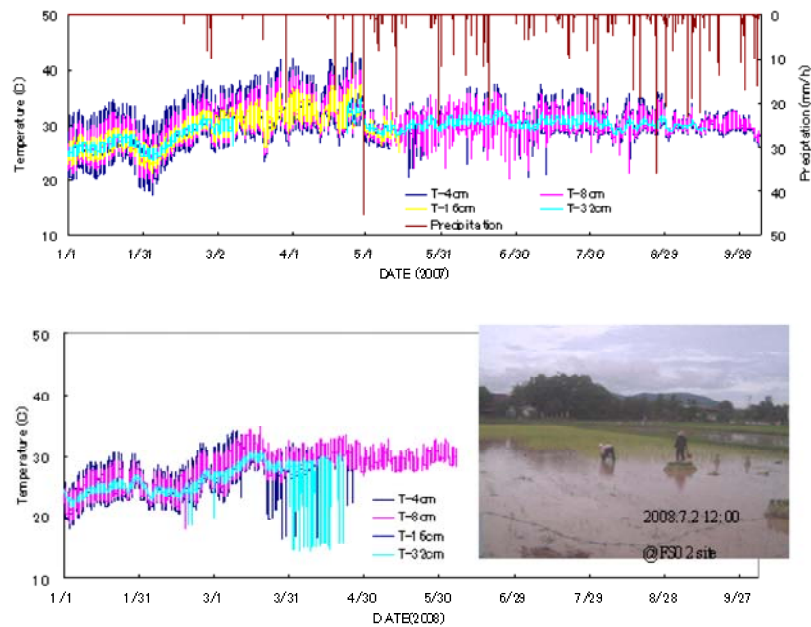


55

スライド55-56

例えば、実際に先ほどの水田の土壌水分の変化ですが、例えば2007年の乾期だと、雨が降るとぴっと跳ね上がるということを三月ぐらいから繰り返しているのですが、2008年の場合には、実はもう一月ぐらいから雨があって、一カ月ぐらい早く雨期に入りました。

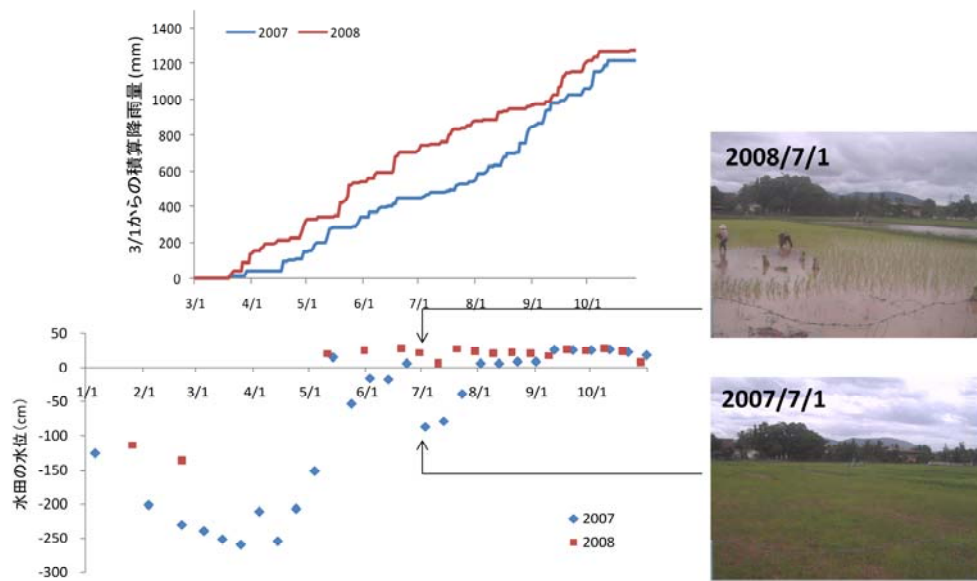
地温の変化(2007-2008)



56

これも2年間モニタリングしていて分かったことなのですが、現地の人たちは保険を掛けておくのです。天水田の農民は、取りあえず種をまいておく。生えてきたらそれでもうけもの。しかし、先ほどのように早く雨期を迎えられて水が豊富な年は、これを一回耕運して今度は田植え用の水田にしてしまうのです。天水田も水田といえば水田なのですが、これはじかまきの駄目もとの田んぼなのです。

年変動に順応した現地の農作業



水田の水位と降雨量の特徴およびフィールドサーバによる水田モニタリング
(2007年と2008年の比較; 農業環境技術研究所; 未発表)

57

スライド57

だから、確実に収量が上がるということで、例えば2007年の7月1日はまだじかまきの状態です。しかし、雨の多い年の2008年の7月は、確実に収量上げるために水田にしている様子が、現地のモニタリングロボットから分かったことです。

その辺、現地の農家の人たちが何を頼りに、いつどの段階でそういう判断をしているのかというあたりがもう少し突き詰められると面白いなと思っています。いずれにしろ、これは長年の知恵なのでしょう。何かを見て、今年は水田にするぞと判断しているようです。

2007年:5月半ば(積算雨量約280mm)に1度湛水するが、その後落水、8月上旬(約580mm)に本格的に湛水が開始。

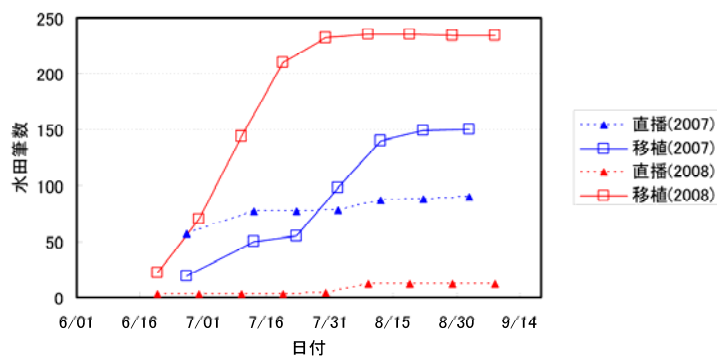
2008年:5月上旬(約350mm)に既に湛水が始まり、その後も落水しなかった。



コンケン郊外の調査圃場の概要
全240筆, 約10日毎に調査

調査項目:

水稻作付タイプ
(移植, 直播, 苗床, 放棄地)
湛水状況
(全湛水, 部分湛水, 無湛水)



コンケン調査圃場における, 2007,2008年の水稻作付状況の推移
(農業環境技術研究所; 未発表)

コンケン郊外の調査圃場において, 調査対象240筆の水田の水稻作付タイプと湛水状況の目視調査を, 2007年と同様に実施した。

2007年より湛水開始時期が早かった2008年は, 殆どが移植による作付が実施された(移植を実施するためには, 湛水していることが必要)。

また, 作付開始時期も2007年よりも早い。

東北タイにおける 持続可能な農業のあり方



農民は畦をタイミングよく崩しながら、
溜池の水を上手に使っている

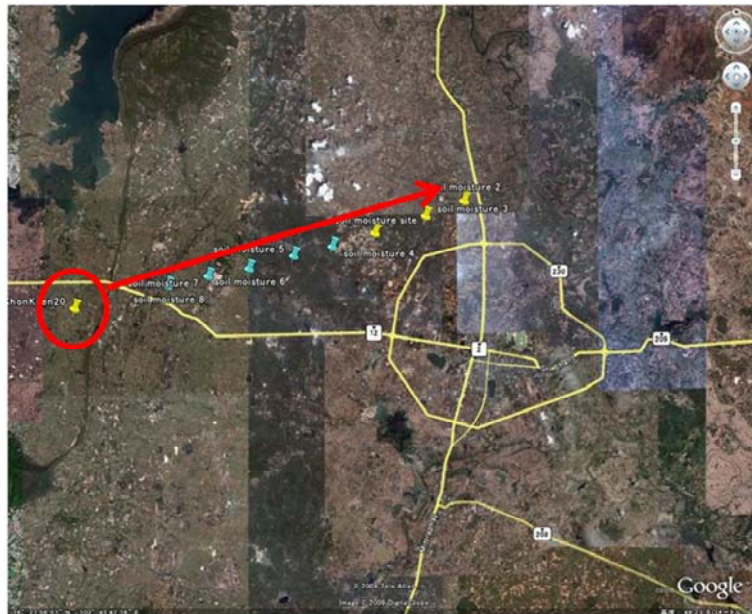


59

スライド59

このように遠い所にもフィールドサーバを設置することによって、アジアの持続的な農業というものがどうあるべきなのだろうかというあたりを考察しています。

10kmスケールの土壌水分測定



60

スライド60

今、フィールドサーバを置いているのはこの地域だけなのですが、もっと大きなスケールで土壌水分計をばらまいて、衛星とリンクさせようという計画を進めています。ここに湖があるので、この方向ではなくて、この辺に何とかならないかという話を今日聞きまして、また交渉しますが、このようなことをやっています。

食育にも展開(タイ・コンケン)



スライド61

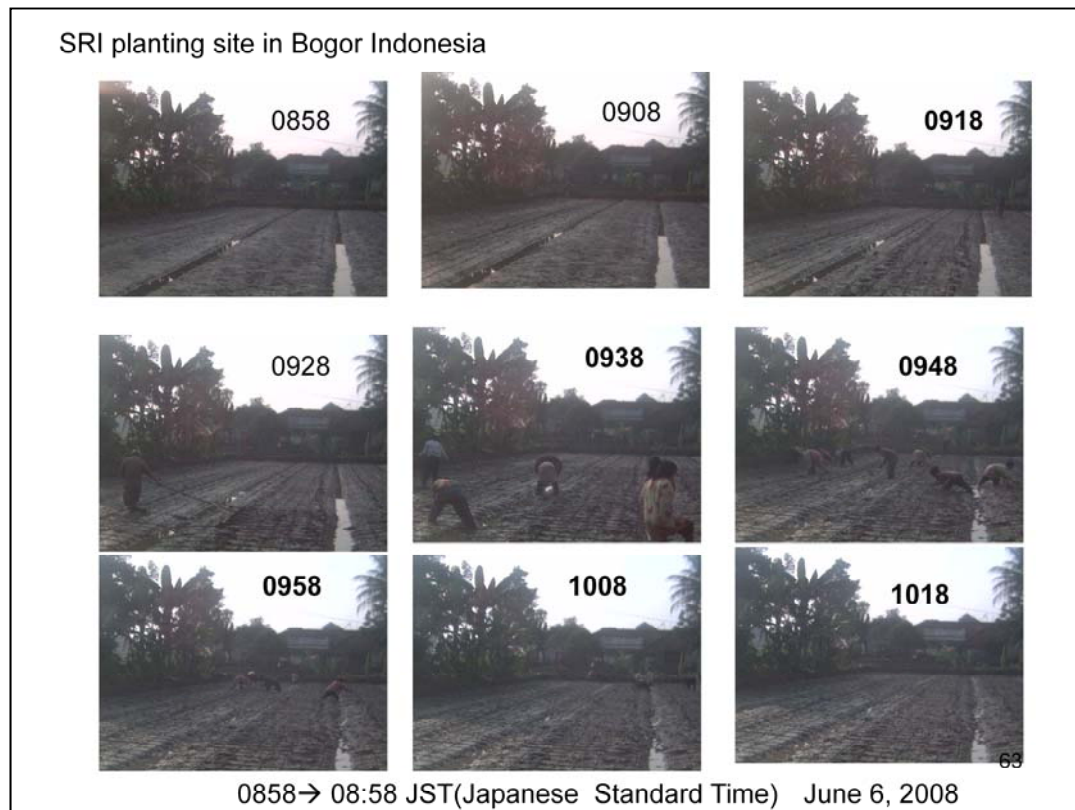
ほかにも、フィールドサーバを近くの小学校にも置いて、もう少し理科の観察など、近くの小学生たちにも興味を持ってもらおうということをしています。



SRI水田モニタリング～インドネシア・ボゴール水田

スライド62

先ほどのSRI水田の話です。これはインドネシアのボゴールですが、面白いのは、水田の水をうまくコントロールするために、現地の人たちは水田にわざわざこうやって溝を切っているのです。この幅が四～五メートルあるのですが、この水位をコントロールして、あるときには土の水分を落として、あるときにはこれを高くすることによって、全体を水につけるというように、極めて現場的なというか、上手に水をコントロールしています。



スライド63

これはフィールドサーバがとらえた現地の田植え風景です。おもむろにやってきて、みんながこうやって植えているというあたりも画像に写っています。

結論

- 農地情報リアルタイムモニタリング
 - 画像を含むデータの自動収集システム
 - 生産現場の気象・土壌環境のモニタリング
- 農地の管理システムとして使える可能性
- 農民参加型ツールとしても展開可能

64

五. 結論

スライド64

まとめると、今、僕がやっている農地情報リアルタイムモニタリングというのは、画像を含むデータの自動収集システムで、生産現場の気象や土壌環境をモニタリングできるものです。農地の管理システムとして使える可能性があります。インターネットに集まったデータをウェブ上に公開しながら、例えば、風の強いピーナツ畑の近くではないですが、農民も一緒に参加しながら、うまく展開できないかということを今考えているところです。

おまけ



東京大学
大学院情報学環
教授 溝口 勝

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



ジャストインタイム農業をめざして

- 農業では工業的な生産はできないのか？
 - ジャストインタイム生産システム(Just In Time:JIT)
 - 経済効率を高めるための技術体系(生産技術)
 - トヨタ自動車の生産方式(カンバン方式)
 - 必要な物を、必要な時に、必要なだけ適切に生産
- DIASによる**ジャストインタイム農業**システム
 - 農業における新しい生産システム
 - 生産性・安全性・収益性に留意した農作物生産方式
 - 地上観測・気象予測・作物栽培データベースの活用
- Glocal思想で農業**現場**の問題を解決
 - 野菜の産地破棄を軽減
 - 食料への農薬混入を防止
 - 食料自給率を向上
 - 農地を効率的に利用等



価格維持のため産地廃棄
YOMIURI ONLINE より



畑の農薬散布作業
千葉県ホームページ より

Glocal:
地球規模で考えながら、自分の地域で活動すること
Think globally, act locally

66

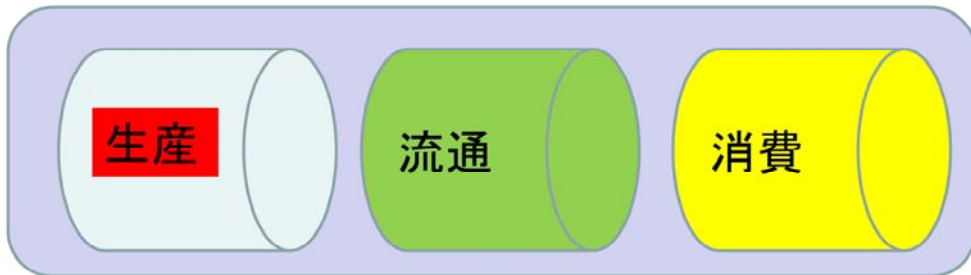
六. おまけ

(一)ジャストインタイム農業をめざして

スライド65-66

正式の講義の話は以上なのですが、おまけの話です。ジャストインタイム農業についてです。それは何かというと、農業で工業的な生産ができないだろうかということです。トヨタのカンバン方式ー必要な物を必要な時に必要なだけ適切に生産するという方式がありますが、それがなぜ農業でできないのだろうか。農業でそれができたらもう少しみんな苦勞しなくて済むのにと考えています。そこで私がどうしようとしているかというと、地上観測・気象予測・作物栽培データベースなどの情報をもっと上手に活用して、できるだけ現場の問題にこたえ得るようにできるのではないかと。そして、グローカル思想で農業現場の問題を解決といっていますが、いろいろな農業問題を、グローカルというのは地球規模でのいろいろな変動を考えながら、でも、実際には地域レベルで活動できる、農民レベルで活動できる、実際にできてなんぼの世界だということで、そういう情報を上手に使いながら、このようにできないかということを考えています。

ジャストインタイム (JIT; Just In Time)

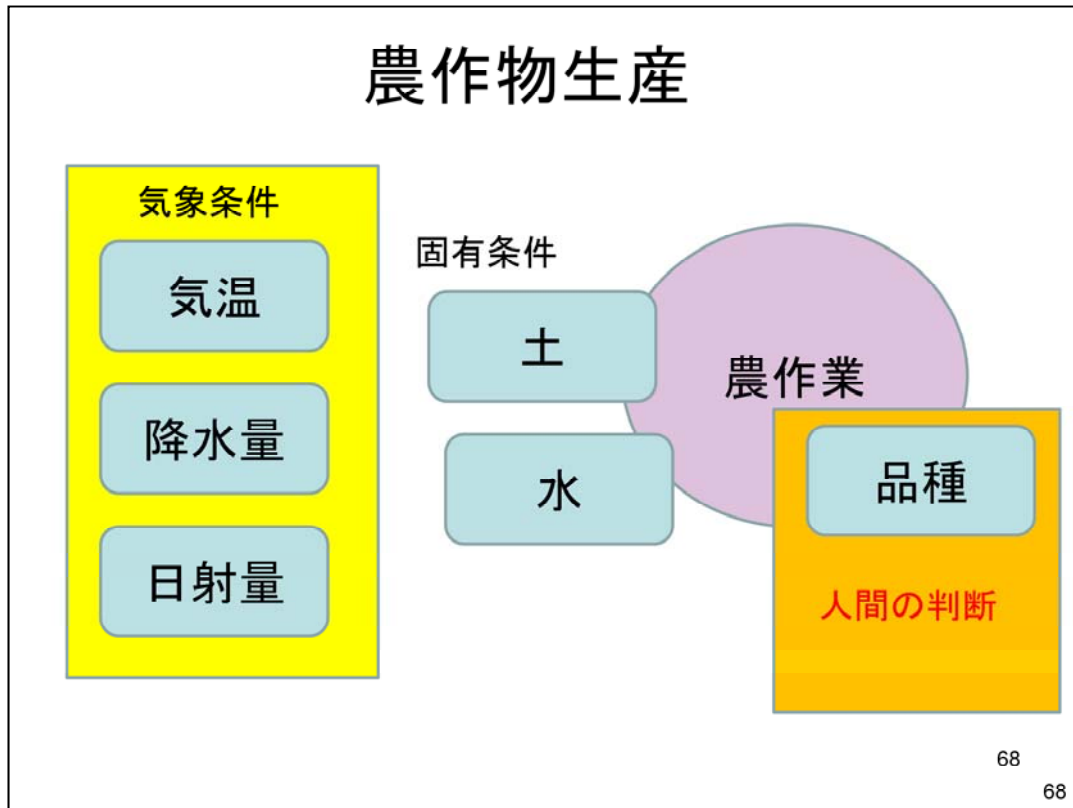


- ジャストインタイム生産システム
 - 経済効率を高めるための技術体系(生産技術)
 - トヨタ自動車の生産方式(カンバン方式)
 - **必要な物を、必要な時に、必要なだけ適切に生産**

67

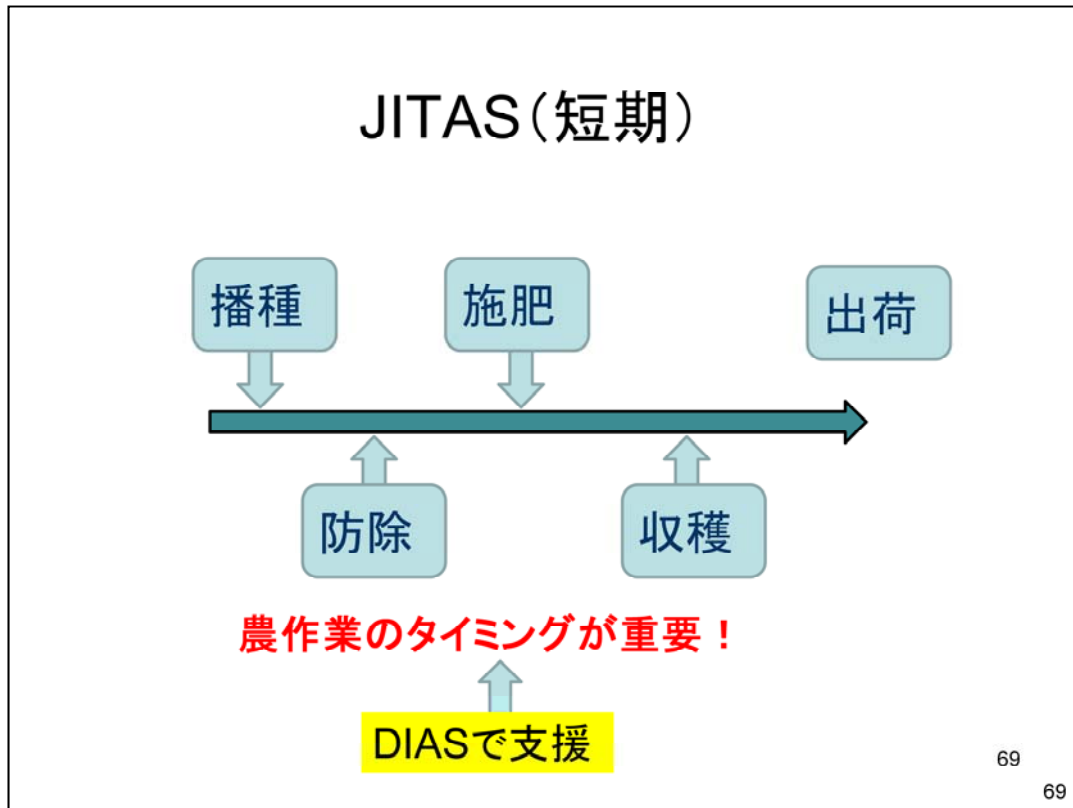
スライド67

普通、ジャストインタイムというのは、生産・流通・消費までの一連の流れがあるのですが、よくよく見るとトヨタのやっているのは本当に生産システムなのです。だからジャストインタイム農業といったときも、生産だけにこだわれば、生産だけにすれば、何かできそうな気がするのですが、実は農業、農学の抱えている問題というのは消費まで、口に運ぶまでをとらえていますので、そこまでカバーできるような仕組みができないだろうかということを考えています。



スライド68

ただ、工業製品と農作物の大きな違いは何かというと、やはり不確定要素が多いということです。例えば気象条件、気温、降水量、日射量などは、毎年の天気がよく分からないですし、固有の条件、土が非常にいい所とそうではない所、水当たりのいい所とそうではない所、そこに農作業という人間が介在して、何を植えたらいいか、どの品種を植えたらいいかという人間の判断が入ってきて、それをうまく組み合わせることによって、農業生産ができるわけです。



スライド69

JITAS (ジャストインタイム・アグリカルチャー・システム)と勝手に名前を付けていますが、そういう情報をきちんと使いこなせると、いつ種をまいて、いつ消毒して、いつ肥料をまいて、いつ収穫したらいいかというようなことをやれる。そのようなことが情報を使うことによって農業分野で展開できたら面白いだろうということを今考えていて、DIAS (データ・インテグレーション・アナリシス・システム) という、地球観測データ統融合連携研究機構の一つのサブジェクトとして、これを進めているところです。

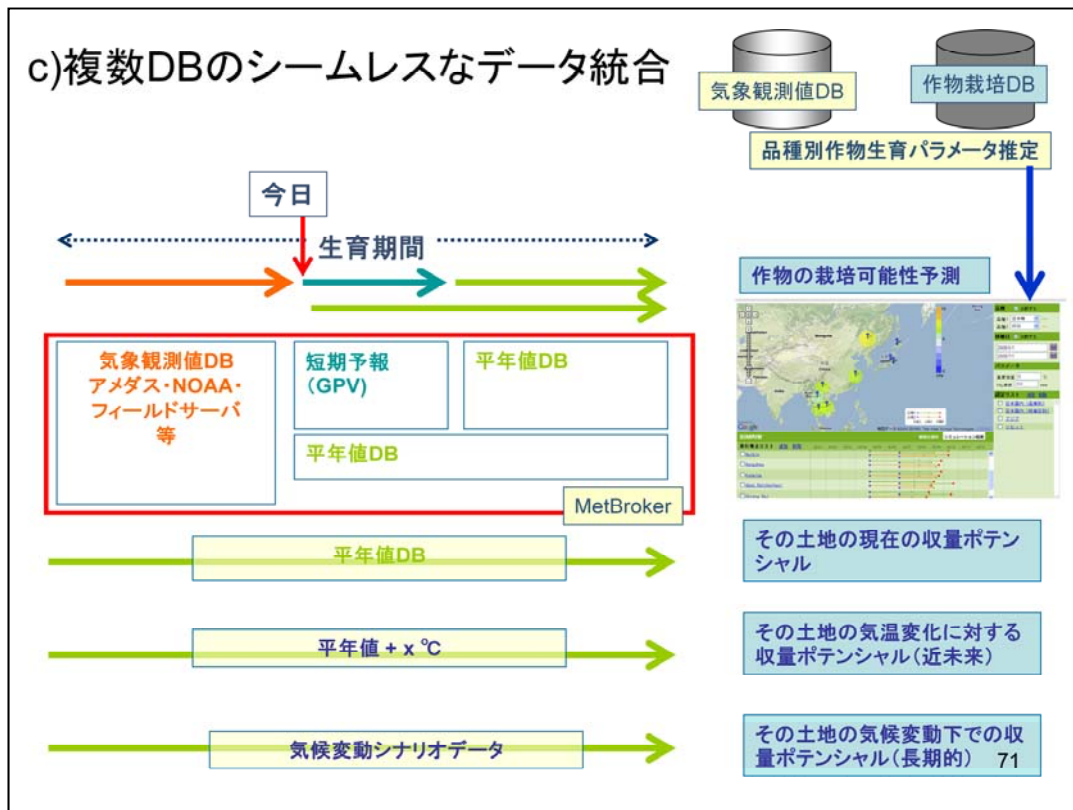
Glocal農業生産モデルの開発 グローバルスケール・ボトムアップアプローチ

- Global + Local
 - グローバルに考え、ローカルに対応する
- 栽培可能性(水稻適地適作)検証ツール
 - 全球の好きな地点で、任意の水稻品種の栽培可能性を検証
 - 任意の水稻品種の栽培可能性をマップ表示

70

スライド70

その中の一つの例ですが、今そういう中で、つくばにある中央農業総合研究センターのグループの人たちと栽培可能性(水稻適地適作)検証ツールというものを作っています。



スライド71

作物というのは面白くて、品種を決めてやると、もう持って生まれた性質というか、あとはそこに気温がどのくらいで、日射量がどのくらいでという情報を入れてやると、大体どのように育つかということは、その品種で決まっていってしまうのです。

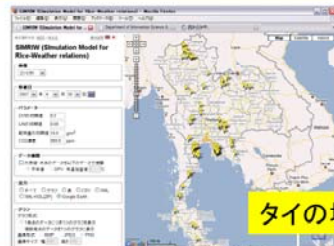
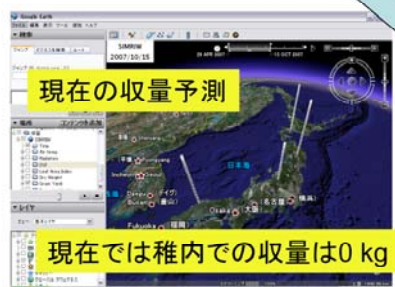
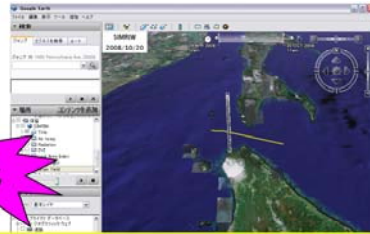
グローバル視点でのWeb版水稻収量予測ツール (2007年度)

Web水稻適地適作 & 収量予測
多様な作物・品種の生育パラメータ推定を簡便化するツール

全球レベルでイネの適地適作予測が可能
任意の品種の収量予測値をマップ表示



平均気温が5度上昇すれば稚内でも栽培可能



このツールにより、温暖化の影響を考慮した任意の地域の水稲収量予測が可能

スライド72

そういうモデルをうまく組み合わせてやると、例えば、現在の気象条件では北海道の稚内では米は全然取れないのに、五度も上がることがあるかどうか分かりませんが、もし気温が五度上がったとすると、稚内あたりでも取れなかった品種が取れるようになるという予測ができるようになっていきます。タイの場合には、それをタイの気象条件に合わせて、そこでどの品種が作れるかというようなことも、一応このような中では予測するようにしています。

Web版水稻栽培予測支援ツール

(2008年度)



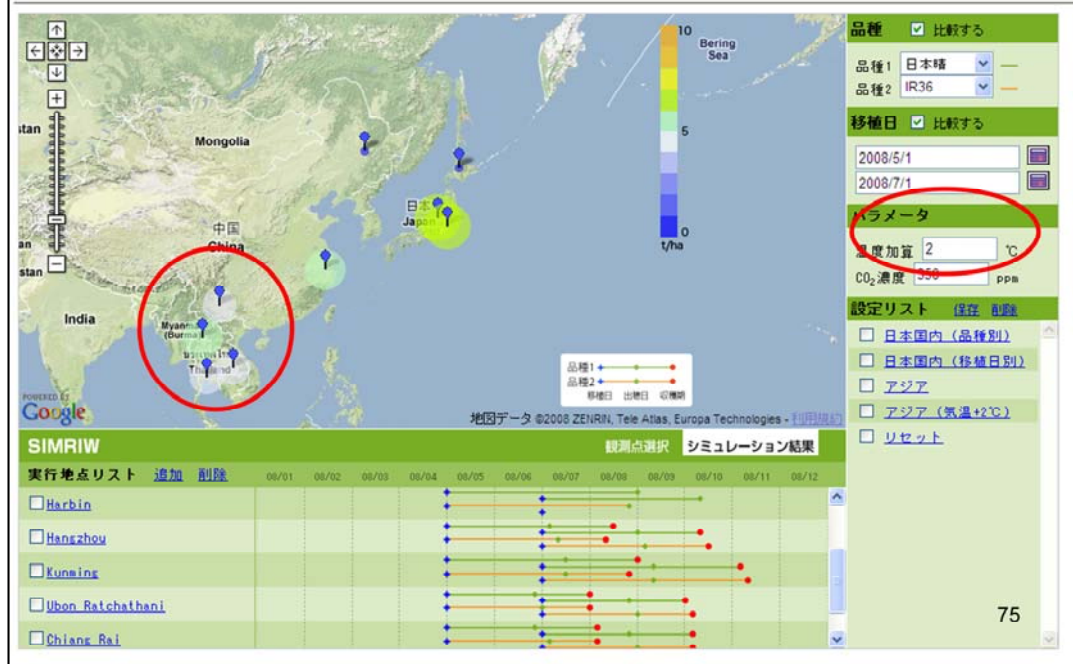
スライド73-75

これが昨年度やった一つの研究成果の例ですが、コシヒカリやいしかりなど、品種を選んでやって、田植えを5月1日にしたパターンと、5月20日にしたパターンです。



温暖化の影響などを例えばパラメーターとして入れてやると、そのことによって、どの地域で収量がどうだというような、ウェブ版の栽培可能性ツールを開発しています。これは色別に、取れているときは緑だとか、赤っぽいのがより取れているというようなことが出てくるわけです。これをもう少し、世界中の気温や日射量などのデータを集めてきて、世界地図上にこれが落ちるようになったらいいなということを考えています。

アジアにおける水稻栽培可能性



ちょっと地べたモニタリングとは矛盾するようなことをやっているのですが、これはこれで一方でやっていて、実は地球観測データベースの中では、日射量がきちんと整理されていないのです。しかし、一方で稲の収量予測のためには日射量は不可欠でして、その整理されていない日射量のデータを、沖先生にお願いして地表面環境データベースを使って推定するような仕組みを今作っています。それとこれを合わせると、アフリカなど世界中の所で、例えばコシヒカリは取れるのか取れないかという判断ができるようになります。

ただ、そのまま正しいのかといわれると、それを検証するためにまた別のデータが必要ですし、もう一つ大事なことは、この講義では水の話をしているのですが、実はこのモデルの中には、まだ水のパラメーターを入れていないのです。水は十分にあるものとして、気温と日射量によってどうなのかという状況でしかないので、水の情報を入れたときにどうなのかというように、さらにこれは補強していかないといけない状況です。

多国間農産物トレーサビリティシステム構築

- 輸入野菜の生育・加工の現場と流通過程をモニタリングする手法の検討
- 国民に安全な輸入農産物を提供するプロトタイプモデル開発基盤
- タイのホウレンソウ栽培現場をモニタリング
- 2007年12月2日現地予備視察
- 2007年12月20日にフィールドサーバ設置
- 2008年12月21日に機器メンテナンス



- <http://www.cooplif.jp/horenso/>

76

スライド76

それから、次は「多国間農産物トレーサビリティシステム構築」です。これは皆さんご存じかどうか分かりませんが、東大の生協で、サイドディッシュでホウレンソウを食べていますか。あのホウレンソウはどこから来ているか知っていますか。答えが書いてありますが、100パーセント、タイから来ています。中国ではありません。それは2001年だか2002年に中国の農産物から残留農薬が見つかって、輸入がストップしてしまったのです。それで大学生協側は中国に頼れない、自分たち独自でどこか生産地を確保しようということで、なぜかタイに目を付けたのです。タイのチェンマイからさらに西の奥地に行った所にチェンダオという所があるのですが、その山にホウレンソウ畑を持っています。実際にはタイのスィフトという会社が持っているのですが、そこと契約をして、契約栽培しています。

タイのホウレンソウ栽培現場 モニタリング

2007年12月20日にFS設置



スライド77

その契約栽培している場所に、実は先ほど紹介したフィールドサーバのセットを置いて、この写真のように、現地の映像と土壌の状態、あるいは気象の状況をリアルタイムで取っています。



Spinach Field Monitoring for bridging Thai Producer and Japanese Consumer using Field Sever

Honda, K.; Shrestha, A.; Chinnachodteeranun, R.; Mizoguchi, M.
Proceeding of SICE Annual Conference, The University Electro-Communications,
Japan, 2582, (2008)

79

スライド79-84

これはタイの人たちに説明するということもあるし、タイトルだけ言うと「スピナッチ・フィールド・モニタリング・フォー・ブリッジング・タイ・プロデューサー・アンド・ジャパニーズ・コンシューマー・ユージング・フィールド・サーバ」、要するに、タイの生産者は、自分たちが作ったものが日本の東大の食堂で食べられているとは知らないわけです。一方、消費者であるわれわれも、このハウレンソウがどこから来ているのかを知らないまま食べているわけです。一方で、今、食の安全・安心の問題があります。原点に返って、自分たちの食べている物がどこから来たのか、現地を見える化することによって、より消費者に安心感を持ってもらうような仕組みができないかということでやっているのが、このプロジェクトです。

Spinach Field Monitoring using FS For Food Safety

- Agriculture, Food Safety, Disaster, Environment...
 - Pesticide Residue
- Shift spinach supply to Thailand
- SWFIT Co., Ltd. – University COOP
 - Follow Euro GAP (Good Agricultural Practice)
 - Deliver real time image to Consumer (Univ. COOP' Restaurants)
 - Promote products and contribute income generation
 - Foster confidence among farmers/students on ICT
 - Bridge between Japan and Thailand
- DIAS
 - Data Integration and Analysis System Project, www.diasjp.org

80

Spinach Field Location

- Chaing Dao, Chaing Mai
- 3 hours from Chaing Mai
- Elevation
 - 1200m



Overview of Spinach Field



Places	Location
The School	19° 30'56.94"N 98° 48'9.96"E
Research Center	19° 30'51.12"N 98° 47'58.50"E
Spinach Field Server	19° 30'54.23"N 98° 47'59.11"E

[Link to KML File](#)

UT-AIT Spinach Field Monitoring team

2007.12.19-22

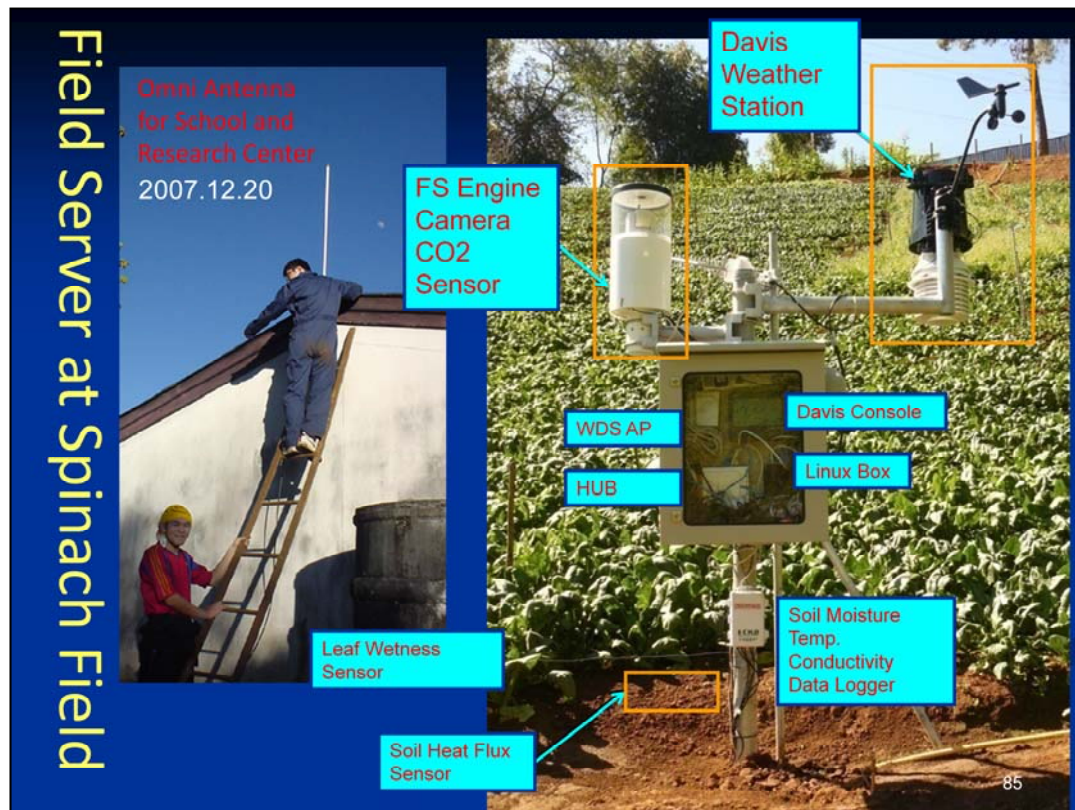


83

Internet in elementary school

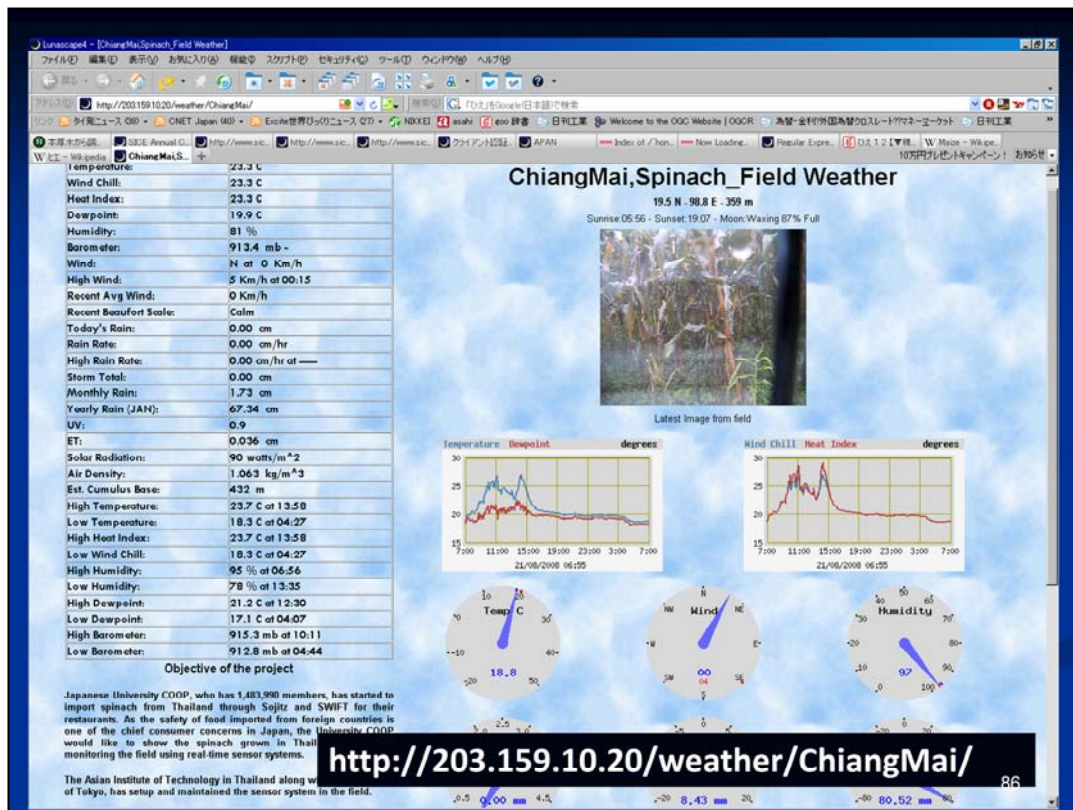


84



スライド85-86

結局、ほとんどがフィールドのインターネット・インフラ整備に終始しているような感じなのですが、このようにアンテナ工事までやって、フィールドにこのような物を設置して、その取ったデータは右側のような所に、気象情報など、画像と一緒に見られるようになっています。



安全な輸入農産物に関する情報利用実験

生産者と消費者がデータを共有



モニタリングセンサー
(タイほうれん草畑)



Calendar Month (Dec. 2008)
SITED ChiangMai ChiangMai.com

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20

情報発見・統合ツール
(喜連川研)



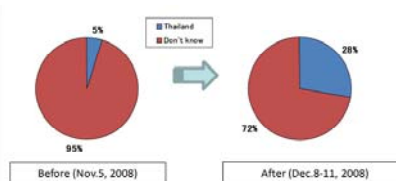
ディスプレイ
(東大農学部食堂)



東大生協食堂の
ほうれん草は
100%タイ産



コンテンツの制作と実証実験(溝口研)



利用者の認知度が向上

Food communication 87

スライド87-90

昨年の12月に東大の農学部食堂で、この情報を見せる前と見せた後で、消費者である学生たち、あるいは利用者にどういう意識変化があったかというアンケート調査をしています。それを見せるに当たっては、「農場から食卓まで×ICT」というようなパネルを、実名を出すと富士通デザインさんとの共同研究でやっています。

前後で、認知度が五倍以上上がったと。ほうれん草がタイから来ていると知っているのが5パーセント程度だったのが、食堂にそういうものを置いておけば目立つからということもあるのですが、その後、二週間後ぐらいにアンケートをしたら、28パーセントぐらいの人がタイから来ているのだということを認識してくれるようになりました。

SWIFT factory tour by Univ. COOP
December 22, 2008
Chiang Mai, Thailand

2009.5.11
The 2nd Korea Japan u-agriculture Workshop
Suncheon National University, Korea

Farm to Table Experiment with
Information and Communication
Technology
@University of Tokyo
Co-op Cafeteria

Ayumi Arakawa¹ , Masaru Mizoguchi²

1. Graduate School of Agriculture and Life Sciences
2. Graduate School of Interfaculty Initiative in information Studies,
The University of Tokyo

Connecting Farm with Table

Monitor and the cube (Media Top) is set at University Cafeteria to introduce "Spinach made in Chang Mai, Thailand."



เชื่อมระหว่างแปลงและโต๊ะกับข้าว

จอภาพและลูกบาศก์ (สื่อ)

ได้ติดตั้งที่โรงอาหาร

เพื่อแนะนำ ป้ายเลี้ยงที่ผลิตจากเชียงใหม่





スライド91-93

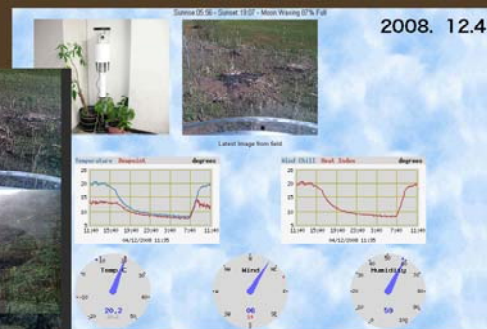
現地の映像をただ見ただけでは、やはり伝える情報としては不足しているだろうということで、実はさいころのような、これもある会社がかかわっているのですが、六つのカテゴリー、六つのテーマに分けて、どういう土でできているのか、どういう人たちが作っているのか、どういう育て方をしているのか。実は知られていない情報としては、皆さんが毎日食べているハウレンソウは、例えば80円のハウレンソウを取ると、一元ずつ募金されているのです。その募金された集まったものをまとめて、毎年12月にこの生産者の子供たちに奨学金として渡しにしているのです。実はそういうCSRもやっています、そういう情報もこの六つのカテゴリーの中には入れ込んでいます。

そうすると、実際、食堂を利用している人たちが何に関心があるのかというと、実は意外にそのように貢献しているのだ、自分たちが食べることによって生産者の子供たちを支援しているのだ、それが面白いというような意見が出てくるとか。僕が最初予想していた現地のリアルタイム映像だとか何とかというのは、テレビに慣れている世代にとっては大したインパクトはなくて、むしろ民族衣装のようなものを着ている人たちが作っているのかとか、意外に消費者はそういうことに関心を持っているのだなということが、この一連のプロジェクトを通して分かったことです。

これはこれで、今度は双方向で、せっかく現地から消費者の方の情報が分かるようになっているので、今度は逆にこちらの食べている情報を現地の人に伝える、あるいは間に入っているスィフトという向こうの会社の人たちに見てもらって、互いにウィンーウインの関係をより強固にしていきたいということを今考えています。

Information from Field Server

Real time information from Field Server in spinach field in Chiang Mai is provided as one of Media Top contents.



Recognition that “Spinach is from Thailand”.



First Survey (Nov. 5, 2008)

Second Survey (Dec. 8-11, 2008)

おまけーその2

農業をめぐる最近の動き

農業・農村の潜在力を活かした新たな挑戦

平成21年3月10日
農林水産大臣 石破 茂

農林水産省

94

(二) 農業をめぐる最近の動き

スライド94

おまけのその二ですが、農業をめぐる最近の動きということで、少し書いてあるものが、ホームページを探すと出てきます。

最初、イントロのところでも言いましたように、今は何だかんだ農業問題に関して、日本の一般国民も随分意識してくれるようになってきています。これはある意味、農学部系の教員にとってはチャンスですから、頑張ってもっと農業のことをやりましょうというか、頑張ってもっと研究成果を出していきましょうということを言っているのですが、なかなかそこら辺はうまくいっていない部分もあります。

農業・農村の潜在力

○ 耕作放棄地

- ・我が国の耕作放棄地面積 **39万ha**
- ・我が国農地1haあたりの農業総生産額(H18) **102万円**
- ・仮に**10万ha**の耕作放棄地で営農を再開したと仮定すると
⇒ 新たに**約1,000億円**の農業生産が見込まれる

○ エネルギー

- ・農地利用が困難な耕作放棄地のうち、仮に**4万ha**(全耕作放棄地の1割に相当)に太陽光パネルを設置した場合
約240億kwh/年の発電量 (約650万世帯分)
- ・今後、開発可能な水力発電所・・・約**2,700地点**
⇒ **458億kwh/年の発電量** (約1,250万世帯分)
- ・その他、農業用水路等に未利用の水力エネルギーが存在

○ バイオマス資源

- ・我が国では年間**3億2千万トン**の未利用バイオマスが発生(稲わら、家畜排せつ物、食品廃棄物、林地残材等)
- ・これらを全て発電に利用した場合の電力量 **約600億kwh**
⇒ **約1,600万世帯**の年間電力消費量に相当
- ・さらに、原油に換算すると **1,600万kl**
⇒ 我が国の原油輸入量(2億4千万kl)の**6.5%**に相当

○ バイオテクノロジー

- ・我が国のスギ花粉症患者は**約3,800万人**と推定
これらの人々が医療費や医療関連費(マスク・目薬等)として
約2,300億円を毎年支出
⇒ 発症を抑制する花粉症緩和剤には、市場から大きな期待
- ・民間企業の推計では2009年の世界の医薬品の市場規模は**8,200億ドル(約82兆円)**(成長率:**4.5~5.5%**)

○ 情報・通信インフラ

- ・ブロードバンドの普及状況
サービスエリアの **98.3%** ⇔ 利用率 { (町村) **24.5%**
世帯カバー率(全国) } (都市部) **47.9%**
- ・携帯電話エリア内人口(全国) **99.8%**
⇒ 農山漁村では情報・通信インフラが未利用

○ 食品廃棄物

- ・我が国の食品廃棄物**約1,900万トン**のうち、**約1,400万トン**が未利用で焼却又は埋立により処理。これらを全て焼却したと仮定すると、**約3,500億円**の焼却費用
⇒ 肥料・飼料利用の拡大による焼却・埋立費用の大幅な削減が可能

95

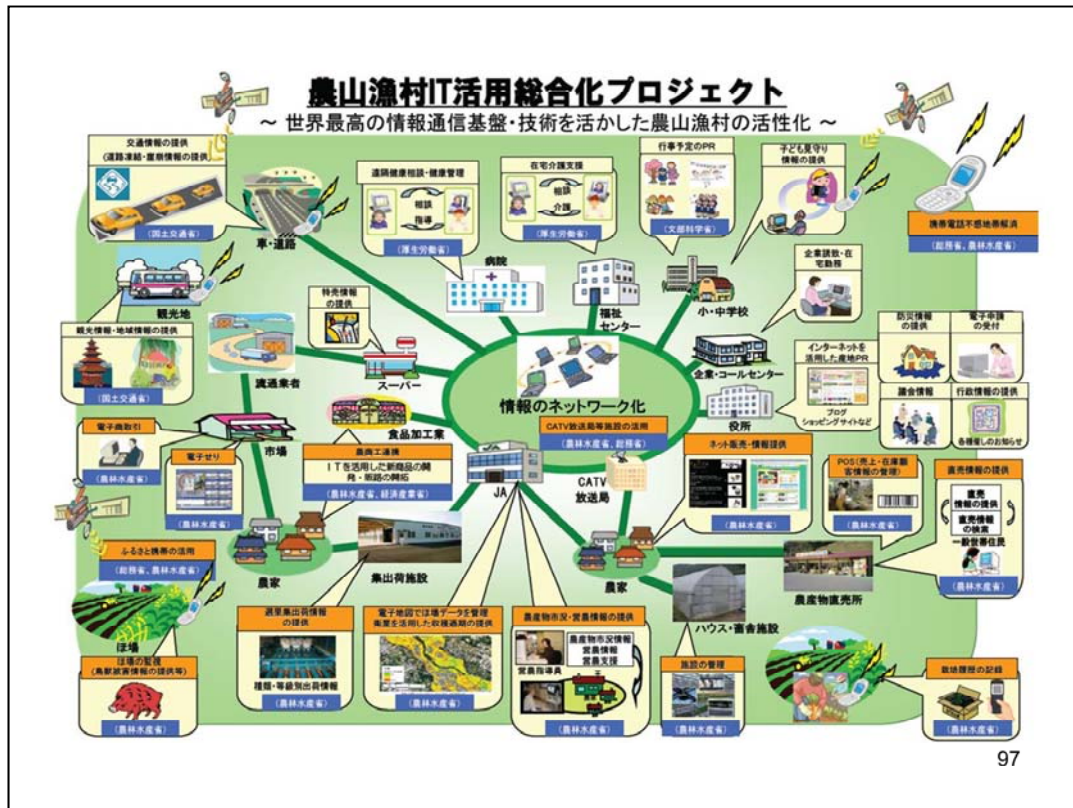
スライド95

農林水産省も今年度から力を入れるということで、六つの力を入れるべき項目を挙げてくれています。農業・農村の潜在力を生かそうということで、耕作放棄地の問題、農村のエネルギー問題、バイオマス資源、バイオテクノロジー、情報・通信インフラ、食品廃棄物の問題と、六つのカテゴリーに分けています。



スライド96-97

その中でも特に僕が着目しているのは、耕作放棄地解消プロジェクトです。最初に言いましたが、なぜ耕作が放棄されてしまうのか。確かに割に合わないわけです。しかし、その割に合わない部分を今本当に捨てていいのかどうか。実は知られていない事実として、耕作放棄地になってしまっている所というのは、長年かけて大量の税金を投入して、そこで例えば水田ができるような仕組みを作ってきた所なのです。日本の国土、日本の農地というのは、われわれの指の先まで血液が行くように、隅々まで水が行くようにできていて、水田ができるのです。さらに、行った水を今度は返すための静脈もできているのです。まるで工場だと思うくらい、本当に素晴らしいと僕は思っているのですが、そこまで造った、投資してできた農地を、今のいつときの感情で放棄していいのだろうか。末端だけではないのです。途中を放棄してしまうということは、そこに動脈瘤ができて水が行かなくなるのです。水が行かなくなるということは、そこから先の農地はもう使えなくなってしまうということなのです。



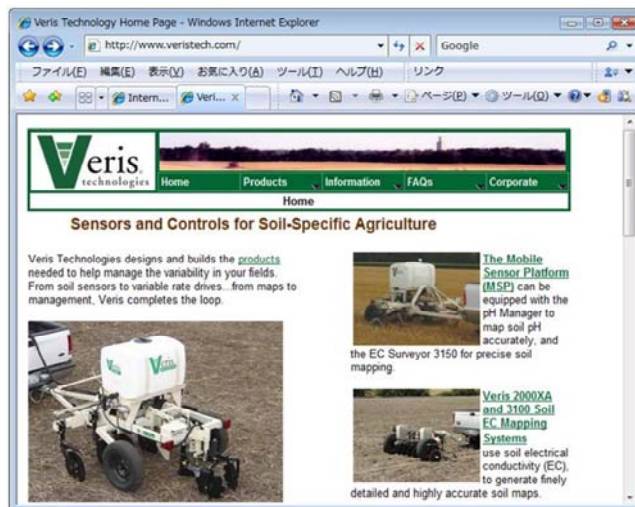
だから日本の農地に張り巡らせている用水路や排水路を、どうやってこれから維持管理していくかということが、実は非常に今、重要な問題です。そのことについては、ほとんどマスコミの報道などには出てこない。しかし、農林水産省が一番頭を悩ませているのはそこです。過去にすごい税金を使ってそこまで整備した綿密な農地が、詰まらせて使えなくなってしまうのです。今、新しい公共事業として、新しいダムを造って水を引くようなことはほとんどできなくなっていますが、血管なり、動脈も静脈も、もうがたが来ているのです。しかし、たくさんあるので、すべてをいっぺんに直すわけにはいかないから、どの順番で直していくか。今、直すのが得なのか、後で直すのが得なのかという、その技術開発が、今、農業基盤整備の中で一番求められているところです。

そういう意味では、この耕作放棄地解消プロジェクトというのは非常に重要だし、そういうところに、僕が開発してきているこういったツールなども使えるようになってくれたらいいなと思っています。

1. 精密農業



<http://www.digitalsoilmapping.org/>



• <http://www.veristech.com/>



98

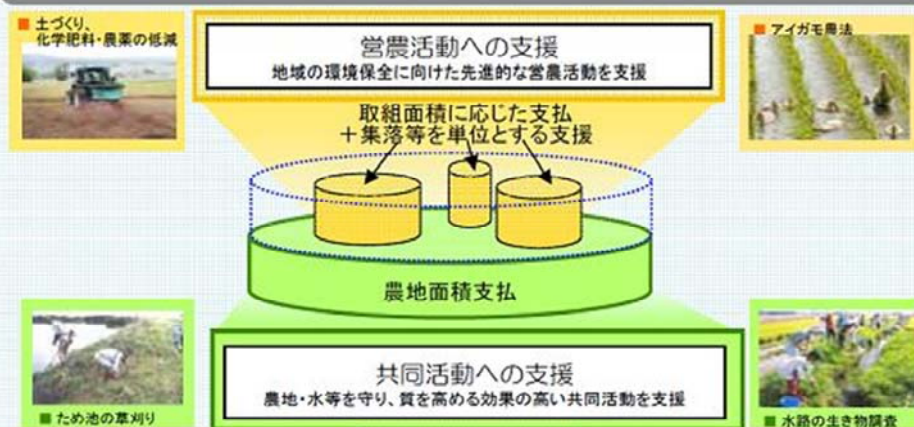
スライド98

それから精密農業と書いてありますが、一方で、世界に目を転じると、オーストラリアやアメリカなど、大きな農場を持っているところは、情報技術を駆使して、ただっ広い畑一枚の土壌水分管理をしています。例えば、小麦を作るときに、ある所は水当たりがよくて、ある所は水があまり当たらない。肥料をまいたときにも、ある所には肥料が抜けてしまって、ある所は抜けないというようなアンバランスがあると、品質のいい均一な作物ができないので、広い所をよりきちんと管理したがつているのです。それを管理するための一つの方法として、精密農業という概念があります。これはプレジジョン・アグリカルチャーといわれているものですが、写真にあるように、ちょっとしたトラクターに土壌センサーなどをくっつけてGPSセンサーと組み合わせ、それが動いていくと、そのポイントの水分がどのくらいで、その位置がどうでということが、勝手にマッピングできてしまうのです。そのマップを逆に利用して、肥料をまくときにはそのデータを基にして肥料の量をコントロールするとか、そういった動きが、今、世界の大規模農業の中では展開されつつあります。それが一つの動きです。

2. 農地・水・環境保全向上対策

Ⅱ 農地・水・環境保全向上対策の仕組み

営農活動への支援は、地域ぐるみでの農地や水を守る効果の高い共同活動とあわせて取り組む場合に支援を受けることができます。



環境にやさしい農業を地域で進めよう～農地・水・環境保全向上対策の紹介⁹⁹
～(リーフレット) http://www.maff.go.jp/nouti_mizu/yasashii_reaf_a.pdf

スライド99-100

それから、二番目の「農地・水・環境保全向上対策」というのは、先ほど血管の話をしました。日本の中でどうやったら静脈、動脈をみんなが管理できるだろうか、地域に住んでいる人たちみんなが管理しようというような仕組みを作って、今、何とか生き永らえているという状況があります。これは農水省の対策事業です。

農地・水・環境保全向上対策の現場



まとめ

安全な農作物生産管理のための課題

- 観測機器の開発(テクノロジー)
 - 悪条件下でも動作するコンピュータ
 - ユビキタスな電源と通信の確保
- FSの設置と維持管理(エンジニアリング)
 - 迅速な設置法の確立
 - 安定稼働のためのメンテナンス
- 生産者－消費者間のコミュニケーション(ソシオロジー)
 - わかりやすいコンテンツ作成
 - 伝達者(マスコミ)の正しい理解
- 学の融合
 - 分野間の壁を取り払う
 - 真の連携：異分野を理解する

101

七. まとめ

スライド101

ということで、いろいろ話してきましたが、最初の二つは、かなりオタッキーなセンシングロボットの話ですが、三番目がタイのホウレンソウの話で、生産者と消費者間のコミュニケーションをもう少し大事にしていきたい。最後に学の融合と書いてありますが、例えば、沖先生からこの授業を引き受けた一つの理由は、やはり学の融合が大切だからということがあります。今までだと、工学系の人たちや理学系の人たちは、自分たちの分野だけしか語っていなかった。しかし、違う分野の人たち向けに自分たちの分野を語る、あるいはその逆をやることによって、実は自分たちのやっていることが、ほかの分野にもいろいろかわっているし、波及効果もあるし、あるいは、それを面白いと思った人が増えていくこともあるだろうし、そうしたスクランブル的な学の融合が、本当の意味での現場的な問題を解決する、何か新しいアイデアを生み出す源なのではないかと思います。

ということで、「水の知」に良かったのかどうか、お門違いだったかもしれませんが、今日の「農地は水のコントロールが命」という話を終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました(拍手)。

参考文献等

- ニューズレター『学環学府』No.22 2008: <http://www.iii.u-tokyo.ac.jp/archives/nl/nl22-ebook.pdf>
- 溝口勝: 土は地球の皮膚, 農学・21世紀への挑戦〜地球を救う50の提案〜, 世界文化社, 182-183(2000): <http://www.a.u-tokyo.ac.jp/21cpdf/a182.pdf>
- 農林水産省・気象庁: 地中温度等に関する資料, 農業気象資料第3号, p.18(1982)
- 溝口勝・矢吹裕伯: 積雪寒冷地における地温変化と土壌の凍結融解過程, 農業土木学会誌, 70(4), 321-324(2002): <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/papers/JSIDRE027004321.pdf>
- 溝口勝・三上正洋・石井悟: 携帯電話を利用した土壌情報モニタリングシステム, 土壌の物理性, 92, 25-30(2003): <http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/jssp/db/pdf/092025.pdf>
- 溝口勝: フィールドサーバによる農地情報モニタリング, 農業農村工学分野における情報化, 社団法人農業農村情報工学会 農業農村情報研究部会編, 農業農村整備情報センター発行, 127-134(2008): http://www.aric.or.jp/jyouhoubukai/jyouhouka/nn_jouhouka.html
- Masaru Mizoguchi, Shoichi Mitsuishi, Tetsu Ito, Seishi Ninomiya, Masayuki Hirafuji, Tokihiro Fukatsu, Takuji Kiura, Kei Tanaka, Hitoshi Toritani, Hiromasa Hamada, and Kiyoshi Honda: Real-time monitoring of soil information in Asia using Field server, Proceedings of International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 179, Hanoi(2008): http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/papers/vietnam_mizo_.pdf
- Real-time Monitoring of Farmland using Field Server : <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/research/fieldinfomatics/index.html>
- 農林水産省: 農業・農村の潜在力を活かした新たな挑戦
:http://www.maff.go.jp/j/nousei_kaikaku/n_kaigou/06/pdf/data2.pdf
- 関東農政局: 農業水利施設のストックマネジメント,
<http://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/stock/index.html>
- 農林水産省: 農地・水・環境保全向上対策, http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/nouti_mizu/index.html



質疑応答

(司会) ありがとうございます。それでは、時間を取っていただいたので、質疑をやっていきしたいと思います。今までの先生方は割と研究の成果とか、ご自身に引きつけられていたのですが、「水で生きる」というタイトルを一番真摯に受け止めていただいて、いかにしてわれわれは水で生きているかということをお感じいただけたのではないかと思います。何かコメント、ご質問、あるいは、先生の研究だったらこんなことをしたら面白いのではないかというような。

(溝口) そういうのはウェルカムです。

(質問者A) 最初の方にあつたリアルタイムモニタリングの装置は、一般に市販されているのですか。

(溝口) 日本では三重県のベンチャー企業が売っています。フィールドサーバとグーグルか何かで検索すると、かなりヒットします。一台の価格は、カメラ付きのもので、気温、湿度、日射量、それからほかのセンサーを一本付けられるというタイプで一台四〇万円です。もっといろいろオプションで広げていけます。最初はそれでいいかなと思っていたのですが、やっていくうちに自分自身ではもう少し工夫したくなって、先ほど紹介した新城市などではもう少し違ったタイプに自分で組み換えて使っています。

(質問者A) 森林などにも使っている事例はあるのですか。

(溝口) フィールドサーバを森林で使っている事例というのは、まだちょっと聞いていないですね。そういう所に使ってみたいのですか。

(溝口) 日本では三重県のベンチャー企業が売っています。フィールドサーバとグーグルか何かで検索すると、かなりヒットします。一台の価格は、カメラ付きのもので、気温、湿度、日射量、それからほかのセンサーを一本付けられるというタイプで一台四〇万円です。もっといろいろオプションで広げていけます。最初はそれでいいかなと思っていたのですが、やっていくうちに自分自身ではもう少し工夫したくなって、先ほど紹介した新城市などではもう少し違ったタイプに自分で組み換えて使っています。

(質問者A) 森林などにも使っている事例はあるのですか。

(溝口) フィールドサーバを森林で使っている事例というのは、まだちょっと聞いていないですね。そういう所に使ってみたいのですか。

(質問者A) そういう所に使ったら、そういうものがモニタリングできて、涵養林とか、ああいう所の様子とか。

(溝口) 涵養林の何を知りたいのですか。

(質問者A) 土の中の水分とか、そういうものがどうなっているのかとか。

(溝口) それはできると思いますよ。あと、実はもう一つ僕が結構使えるだろうなと思っているのは、耕作放棄地の問題もあるのですが、山あいの所に畑を作ったら、猿が出てきて、せっかく作った物を盗んでいってしまうとか、シカがよく食べるとか、そういう鳥獣害の被害が結構頻発しています。田舎に行けば行くほど、そういう所は電柵、針金に電気を流しておいて、近寄ったらびりびりとしびれるような装置で守るような工夫をしているので、それに合わせたような形で、その代わりにフィールドサーバを置いておいて、シカが来たら鹿脅しではないけれども、ぶいっと何かが出るような仕組みにしてみるとか、そういった使い方もできますね。一応、出力も持っているのです。何かの条件に応じて、もともとは、例えば水分量が足りなくなったら水をやろうという仕組みにするとか、コントロールするための出力の部分を持っているので、使い方次第でいろいろなことができる

と思います。

（質問者A） それはある条件があれば、いちいち操作しなくてもロボットみたいにできるという。

（溝口） はい。例えばそれでやりたがっているというか、試験的にやっているのが和歌山県のカキの農家で、実はカキの甘みというのは本当に水のコントロールではないですが、枯れる寸前ぎりぎりまで水を切って、もう駄目かなというときにぽたっとやると、一気に甘くなるのです。そのタイミングを土壌水分センサーで取れないかということで、フィールドサーバを置きながら実験している農家があります。

恐らく日本の農業技術はやはり世界一だと思っているのですが、例えばリンゴ一つ、これも幾つかマスコミ報道でご存じかと思いますが、青森県のあるリンゴ農家のリンゴというのは、上海あたりで売ると何千円で売れるわけです。そんなものを買う人がいるのかというぐらいの値段なのですが、世界は広いですから、裕福層はそういうものを喜んで買うわけです。日本のリンゴというのは、ほかの国のものとは比べ物にならないくらいおいしいのです。タイなどへ行くときにリンゴを持っていくと、大喜びされます。そのリンゴ農家の所にもフィールドサーバが一応入っていて、何かそういうものに貢献していきたいと思っています。

（質問者A） あと、タイのスイフト社でハウレンソウを栽培されているというお話で、われわれも時々そういう外国産の原料の農産物を使うときは、特に残留農薬とか、どういう農薬を使っているのかとかということを、トレーサビリティで調べたりするのですが、そういう情報が東大のキャンパスの人たちも欲しいのではないのでしょうか。食の安全というところから見ると、残留農薬とかそういう情報は。

（溝口） 知りたいでしょうね。だから、それは出すか出さないかの問題です。私は、スイフト社さんに実際に現地に連れて行ってもらい、生産農場を見せてもらいました。実はあの畑から一時間ぐらいの所にスイフトの冷凍加工工場がありまして、そこでどのような加工をしているかを全部見せてもらったのですが、少なくともタイを出るまでの間はかなり完ぺきに管理されていることがわかりました。

実は食品のトレーサビリティの難しいところは、間にいろいろな中間業者が入ることです。中間業者が入ると、本当にその人たちの倫理観の問題もあって、どこで何があったか、そんなものはどうせ分からないから、ここでするしてもいいやという感じでやっている人も結構いると思うのですよ。僕がなぜ生産者と消費者にこだわるかというと、自分が農家のせがれだということもあるのかも知れませんが、少なくともまじめに生産している生産者を守りたい。そのためには、生産の現場で「ああやってちゃんとやっている」ということを、何かあったときに、「いや、ここはちゃんとやっているじゃないですか」というようなものを残してあげたい。あとの中間の部分に関しては、例えば情報学環にいる坂村健先生のグループなどが、いろいろな市場とかそういうところにＩＣタグみたいなものを置いて、それを一手に分かるようにする仕組みなどの実験をしていますので、それはそれで任せておけばいいやと思っています。僕はむしろそれよりも、消費者と生産者の部分に関しては、いい関係をつくりたいと思っています。

（質問者Ｂ） 先ほどタイのハウレンソウということでしたが、日本の学校で日本の産地の物を使うというのは駄目なのでしょうか。

（溝口） なぜなのでしょうね。それを判断したのは、いわゆる大学生協を管轄している事業連合なのですが。多分、日本のものでも構わなかったのだと思います。ただ、意外に日本のものが、値段の問題などもあるのかもしれない。それから必ずしもハウレンソウが生のまま来るものではなくて、取ったらすぐゆでて、その場で冷凍して持ってきていますから、年中必要な生協としては、安定供給できる所がいいということなのではないかと思っています。

（質問者Ｃ） 二つあるのですが、一つは土壤水分などをモニタリングする上で、場の不均一性というのが気になるところで、それは大丈夫なのかなと思うのですが、それに対して先生はどのようなお考えをお持ちかということと、もう一つは、適応性、雨が降ったりとかそういうことに対して、いろいろ適応させようという話があったかと思うのですが、人ができる適応というのはある程度限界があるので、人が適応できない部分に対して大きなスケールで対応する仕組みということで、研究レベルでどのようなことを考えるべきなのでしょうか。

(溝口) まず、最初の場の不均一性の問題ですが、これはまだ解決できていません。実は今までにみんな気付いていることですが、それを実証できないのです。なぜかという、土壌水分を取っても、ここで採った土と、ここで採った土、二つ比べて一緒かという絶対には違う。しかも、畑の中で畝などを作ったら、畝のこことここでもうどうなのですかといったら、違うのです。それでどうするか。昔から土壌物理の世界ではその空間変動性の問題というのは取り上げられていて、それを統計学的に処理する方法や、幾つかサンプリングして何らかに推定する方法などが検討はされているのですが、何分それをきちんと、例えばグリッド上で細かくどれだけ水分データを取ったかという例が、あまりないのです。

今僕がやっている、明日またちょっとある所に行って、土壌水分センサーを五〇本設置してくる予定なのですが、それは五〇本のデータを全部、一時間に一回ずつ取って、雨が降ったときにどこが染み込みやすいかというのを実際に取って、その上で畑全体、土地全体の水分量がどうなのかということを検証しようかと思っています。不均一性の問題は、まだ解決できていません。おっしゃるとおりです。

だから、逆に言うと、僕が心配しているのは、どこかで、AWS（総合気象観測システム）というか、気象ステーションで土の水分量を測りますね。あれは点でしかないのです。そのどこかの一カ所の点で測った土壌水分データを基にして、一〇×一〇キロの所にエイヤット当てはめて、本当にそのモデルは正しいのですかと、そこはいつも疑問なのです。だから、先ほど言いましたが、地べたモニタリングという言い方をして、少なくとも自分が立って歩ける範囲内の所だけはもう少し細かく取って、衛星データのワンピクセルでもいいから、そのワンピクセルの持っている意味が何なのかということ、この手法でもって確認したいのです。それが不均一性の問題に対する私の回答です。

それから、農民の適応策の問題ですが、これについても、では大それたことを農学者が言って解決するような問題なのかという、結論を申し上げれば、学者が言ったところで僕は解決しないと思っています。やはりそれは長年の知恵の結果、長年の経験に基づいて、その地域ごとにあるやり方があるわけで、むしろなぜそれが理にかなっているのか、何でそうやっているのだろうかということ、一方でもう少し研究していく必要があると思います。それは単純な技術の問題ではなくて、農法であるとか、農業の文化的な側面です。なぜそこでこんな一見大したことがなさそうなことを長年繰り返しているのだろうかというように調べていくと、それなりの理由が必ずあるのです。それをサポートしてあげ

るという、慣行的な農業に対する意味付けのようなものは、ある意味、文化人類学的な研究のアプローチになるのかもしれませんが、そういった面から今の農業のやり方を見直すのは面白いのではないかと思います。

(質問者D) そのときに、モニタリングで集めたデータなどは、産業界向けやコンサルなどには使えないのですかね。例えばサイゼリヤなどは、自分のレストランで売る生産物は、全部自社の農場で作っています。そのように、全部自社の農場でやっている会社などにとっては一番必要なデータの一つだと思うのですが、そういった一つ一つの農家へのアプローチとともに、会社単位へのアプローチは行っていらっしゃらないのですか。

(溝口) 考えています。だから、むしろこの仕組みに一番関心を示すのは、そういうところですよ。例えば、ある北海道の農業法人、先ほど小麦の話をしましたけれども、やはりそういうところは大掛かりに、例えば北海道なら北海道のある農場を管理していますから、先ほどの不均一の問題ではないですが、そこをいかに均一に農地管理するか、その技術が欲しくてしょうがないのです。そのためにこういったツールができれば使いたいのです。ただ、それをまだ、研究者サイドも悪いのですが、面白いからやっているようなところがあって、本当にそういうニーズに応えるような研究レベルには、まだなっていないのです。しかし、そういう意味では、僕は農業ICTにはチャンスがあると思います。本心から言うと、あまりそういうもうかる農業に特化するのには、僕は気分的には嫌なのだけれども、でも、やはりそこは企業が一番目を付けるところだし、そういうニーズを利用しながらやっていくということは、戦略としては悪くないと思います。

(司会) ほかにいかがでしょうか。では、そろそろ時間になりましたので、本日はどうもありがとうございました。