

澁澤記念シンポジウム資料



「篤農技術を科学する」



東京農工大学大学院農学研究院農業環境工学部門

2019年3月9日 15:00-17:10
東京農工大学農学部大講堂

15:00 開会あいさつ 斎藤部門長
15:05 来賓あいさつ
15:10-15:30
 ファイトテクノロジーと精密農業 近藤 直
15:30-15:50
 ファイトテクノロジーと循環型農業 荒木 肇
15:50-17:10
 コミュニティベース精密農業の展開 澁澤 栄
閉会

記念パーティ
農工大50周年記念会館
17:30-19:30

趣 旨

澁澤先生は、反転型深耕ロータリ耕うん装置の研究により、これまで不可能とされていた、ロータリ耕うん装置による深耕技術を実現されました。それ以降、1980年代後半からファイトテクノロジーを提唱され、農業機械学だけではなく農業工学関連分野、園芸学、土壌物理学、情報科学などを糾合した研究者運動を先頭に立って展開されてきました。草創期には、多くの同僚研究者によって「篤農技術を科学する」を合言葉に、澁澤スクールとも言える研究者コミュニティが形成され、その後、今日に至るまで、大学や国を越えて後進に与えた影響の広がりには、計り知れないものがあります。日本における精密農業の導入だけではなく、日本独自のコミュニティベース精密農業の方法論は広く世界にフィードバックされています。澁澤先生の学問の航跡は、京都、北海道、東京の3つの時期に区分されます。近藤先生と荒木先生には京都時代と北海道時代をご紹介いただきます。そして、澁澤先生には東京農工大学を拠点として展開された教育研究だけにとどまらない広範な社会貢献についてもご講演頂くこととしております。

資料目次

1. 講演要旨-----	4
(1) ファイトテクノロジーと精密農業 近藤 直 (京都大学教授) -----	4
(2) ファイトテクノロジーと循環型農業 荒木 肇 (北海道大学教授) ---	6
(3) コミュニティベース精密農業の展開 澁澤 栄 (東京農工大学教授) --	8
2. 「澁澤 栄」の農学遍歴-----	10
(1) インタビュー：児童から科学者へ-----	10
(2) 情報化社会の中の非情報科社会：阪神大震災支援-----	39
(3) A Systems Approach to Community-based Precision Agriculture----	45
(4) ICTで農業はどうなるか、ある農家の一日-----	62
(5) 略歴（職歴と教育歴）-----	67
(6) 研究業績-----	71

ファイトテクノロジーと精密農業

近藤 直 (京都大学)

農業食料工学会

農業食料工学会は農業機械、農業施設、及び農業機械化に関する学術進歩を図ることを目的に「農業機械学会」として1937年に設立された。これまでの学会の活動は、トラクタや田植機、コンバインといったいわゆる「農業機械」に関わる研究開発から、センシング技術や電子制御、ICTの活用さらには環境やエネルギー、食料生産・流通に関わる技術分野の領域まで活動範囲を拡大してきた。このような対象領域における学術発展と学会活動の更なる活性化をねらいとして、2013年9月より「農業食料工学会」と学会名を改称した¹⁾。ファイトテクノロジー、精密農業、農業ロボット、スマート農業等を推進する中心メンバーが所属する学会の一つである。図1に筆者の目から見たこれまでの当学会の足跡を示す。

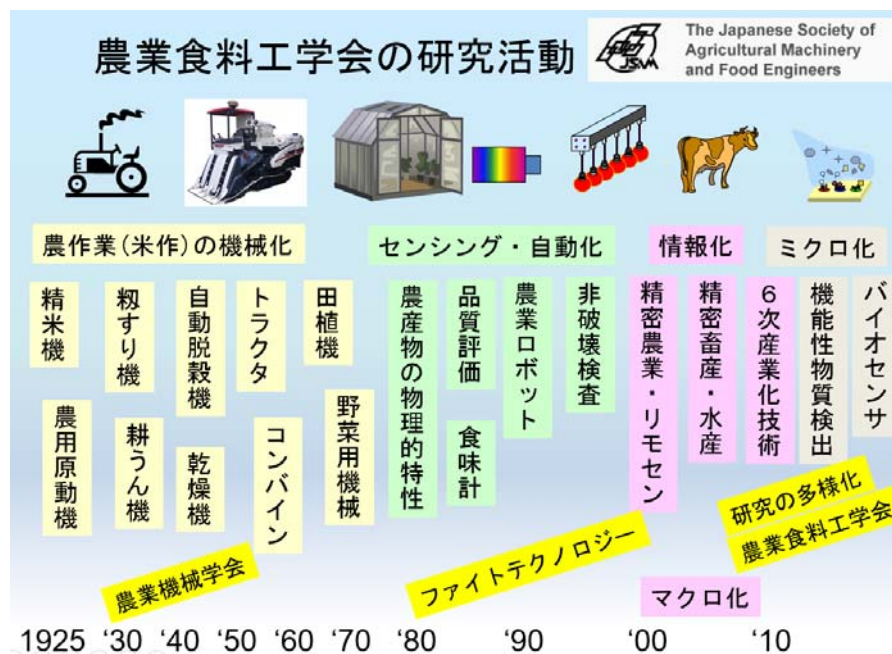


図1 農業食料工学会の研究活動

ファイトテクノロジー研究会

ファイトテクノロジー研究会は1986年秋に農業機械学と園芸学の研究者が中心となり発足した。わずか10名余りのこじんまりした研究会であった。農芸化学等の分野ではバイオテクノロジーが、工学の分野では急速にパソコンが普及し、研究においてもコンピュータが普通に使われる頃であった²⁾。筆者の理解では植物を対象とする学際領域で、工学的手法を用いて植物の有する階層性や自己組織化システムの解明を真摯に行おうとする研究者運動だっ

た言いたい。当時の農業機械学研究者にとっては知的好奇心をそそられる活動であったことは今でも記憶に新しい。図2には、ファイトテクノロジー研究会として出版した啓蒙書²⁾を示す。

精密農業

渋沢教授の編著である「精密農業」³⁾によれば、1997年に全米研究協議会（NRC: National

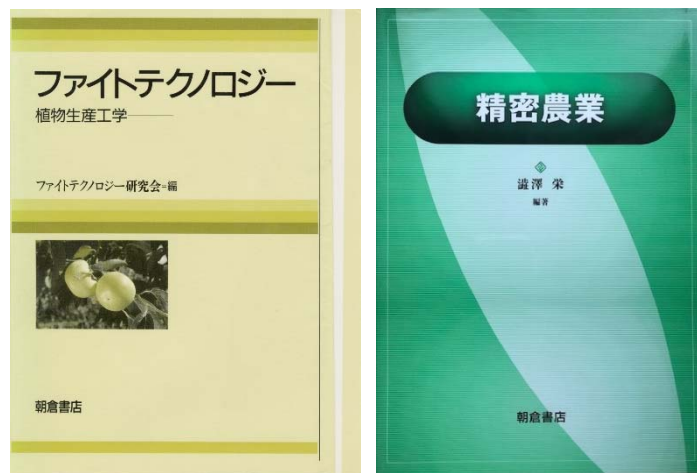


図2 澁澤 栄教授の著書^{2,3)}

Research Council) では、精密農業はほ場内のばらつきを科学的に理解し、技術革新による生産性・収益性の向上と環境負荷軽減の同時実現をめざすイノベーション型のアプローチを特徴としており、「情報技術を駆使して作物生産に関わる多数の要因から空間的にも時間的にも高精度なデータを取得・解析し複雑な要因間の関係性を科学的に解明しながら意思決定を支援する営農戦略体系である」との定義を述べている。その定義に至るまでの流れは、欧米を中心に議論されていた SSCM (Site-Specific Crop management, 小区画管理農法) にセンサーが導入され、可変作業の技術が論じられて上記の定義がなされた。その後、アメリカでは大規模農業を対象にした精密農業が展開され、日本では澁澤教授の提唱するコミュニティベースの精密農業が2000年頃より各地で実証され始めた。これらの流れが、AI, IOC, ICT 技術等と相俟って現在のスマート農業ブームを生み出したことは言うまでもない。

文献

- 1) 農業機械学会：ホームページ, <http://j-sam.org/outline.html>
- 2) ファイトテクノロジー研究会：ファイトテクノロジー—植物生産工学—, 全199ページ, 朝倉書店（東京）, ISBN: 4-254-44015-4 C3061(1994)
- 3) 澁澤 栄：精密農業, 全197ページ, 朝倉書店（東京）, ISBN: 4-254-40015-2 C3061(2006)



近藤 直, 京都大学

京都大学大学院農学研究科教授, 農業食料工学会会長。
農業ロボット, 農産物に含まれる蛍光物質のデータベース化, 精密畜産, 精密水産の研究ならびに社会実装を進めている。学会の国際化を推進。

ファイトテクノロジーと循環型農業

荒木 肇 (北海道大学)

本稿では、農業生産の持続性の視点から。カバークロップを活用した循環体系と苗移植作業でのアップカッターロータリの普及について概説する。

積極的な除草作業

ファイトテクノロジー研究会で話題となった格言の1つは「上農は草を見ずして草をとり」であった。「適期作業が効率的」の意味である。新潟大学農学部附属農場には1991年5月から赴任したが、麦稈マルチと穂発芽を組み合わせることで抑草してスイカを栽培することに関心をもった。それはムギ類の生態系の中でのスイカ栽培であった。乾燥させた稲わらでは効果が小さいことも体感できた。新潟大農場での除草作業時間は作物種により異なる。スイカの麦稈マルチも含めて、マルチや培土等は除草作業をかねる作物では短くなる。除草作業はしたくないが、培土作業は能動的な作業であり、積極的な除草作業になる。

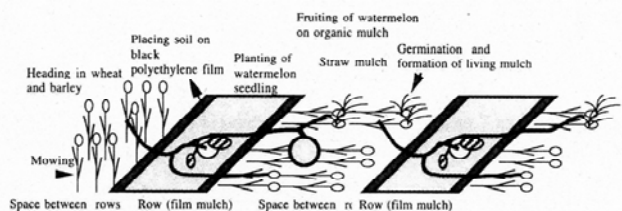


図1 ムギ類の生態系を活用したスイカ栽培

カバークロップとは

緑肥というと緑植物体をすきこんで有機物投入や肥料的効果を連想しがちである。カバークロップは欧米で1980年代から使用されてきたが、広く土壌環境を改善する植物と考えられている。前述の有機物・肥料的効果以外にも降雨による土壌流亡防止や雑草抑制等が効果に上げられる(表)

2014年国際園芸学会議(京都市)で「無除草トマト栽培」との研究がアメリカUSDAの研究者に報告された。ヘアリーベッチ(以下HV)というマメ科牧草の有機質マルチによる

トマト栽培で、除草せずにプラスチックマルチにより高収量になるとのことであった。この報告を参考に施設トマト栽培でのカバークロップ利用研究が開始されたが、有機質マルチを維持して栽培するには「有機質マルチ+不耕起」との新たな農地環境が創出される。USAにおける乾燥地域における表土の飛散・減少の植生やマルチによる抑制という持続性に特徴はあるが、他方、多年にわたって比較データを収集し、経営面でも評価していたことが重要である。

ヘアリーベッチを導入した施設トマト生産

前述の報告を参考に施設トマト栽培でのカバークロップ利用研究が開始されたが、新潟

カバークロップの効果

1. 土壌エロージョン防止
 2. 土壌への有機物供給
 3. 土壌-作物間で窒素循環
 4. 硝酸態窒素のリーチング減少
 5. 雑草抑制
 6. 圃場における生物多様化
 7. 地温の低下・安定化
 8. 土壌水分保持
 9. 雨水のrun-offの減少
- Cremer(1999)を改編

では①HV 利用により窒素肥料を減じても一定のトマト収量確保 ②他方、窒素肥料を増加させてもトマト収量はあまり増加しない ことを認めた。HV の有機態窒素は約 4%で、乾物が 500kg/10a 生産されると、20kg の有機態窒素が投入されることになり、代替肥料効果も期待される。北海道に移動し、2007-12 年に数種カバークロープを導入したトマト栽培を繰り返し、①HV の増収効果はマルチよりすき込みで大きい ②HV をすき込むと 4 週間で有機態窒素の約 50%が無機化され、トマトに吸収される (HV は速効的肥料 トマトの生育後半には追肥必要) ③残り 50%の有機態窒素は翌年以降 5%ずつ無機化される ④カバークロープ導入体系では土壌表層近傍での炭素蓄積、マルチでは土壌動物増加 ⑤「有機質マルチ+不耕起」を継続すると土壌硬度が増加するので、適当に耕起が必要 等を認めた。

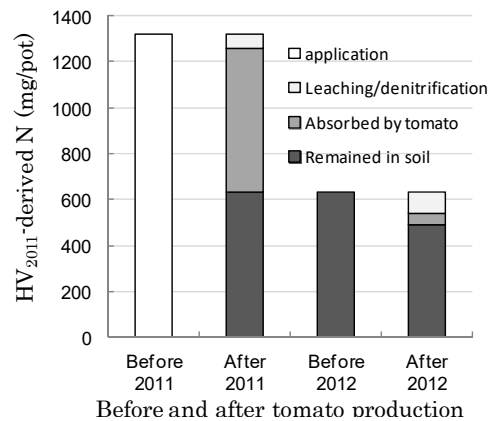


図2 土壌にすきこまれたHVの動態

アップ (アッパー) カットロータリの普及

アップカットロータリは2層構造(表層は細かく下層は粗い)や深耕性に特徴があるが、作業速度や燃料消費量に課題があった。移植作物に活用されており、1980年代以降、約25000台が生産されている。北海道ではタマネギ移植やニンジン播種に利用され、ジャガイモ圃場でも増えている。タマネギ移植苗の根域土量は1cm³と少量で、確実に活着させるにはアップカットロータリで仕上げ耕起が必須作業となる。

春播きタマネギでのアップカットロータリの耕起作業は、作業当日の定植面積のみである。耕起後の降雨は長期の作業中断を招くからである。よってタマネギ移植圃場成型には複数の業者が必要である。北海道の主要タマネギ産地では移植時の不安定な気象(断続降雨等)による移植遅延・減収が近年認められる。不安定気象や業者問題の克服として、圃場準備のロボット化もあるだろうし、セット栽培(タマネギ小球の定植)も考えられる。

表 春播きタマネギの育苗と移植作業

作業	作業機等
播種	全自動播種機
育苗	ハウス内トンネル
整地	ツースハロー
施肥	ブロードキャスター
荒耕	パーティカルハロー
清耕	反転ロータリ
移植	乗用移植機



荒木 肇 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授
北海道の地域課題を研究テーマに教育研究を展開。自然エネルギーを活用した野菜生産等。全学教育で「地域と大学のかかわり」「科学を通して社会をみる」。イタリア・トリノ大学やタイ・カセサート大学との連携活動。北海道養液栽培研究会会長等

コミュニティベース精密農業とは

日本のような小規模分散の家族農業を対象にし、ほ場内あるいは地域的ばらつきを管理する知的農業者の学習集団と、必要な技術を開発導入する技術者の集団が協働してすすめる取り組みをコミュニティベース精密農業という。「情報付きほ場」と「情動的農産物」が新たな創造物になり、「情報」を結節点にして生産と流通の仕組みが同時に変化するシステムイノベーションが駆動される。付録（3）参照。

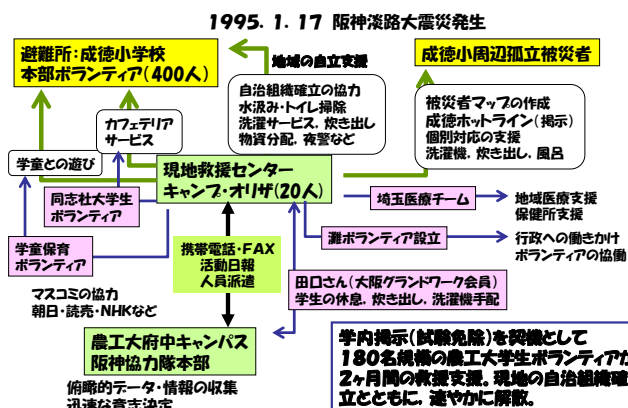
キャンプ・オリザの活動

阪神淡路大震災の最，農工大を中心とする30大学以上の学生およそ180名が農工大学生ボランティア「阪神協力隊」に登録し、被災現地拠点「キャンプ・オリザ」で毎日20～30名規模の支援活動を展開した。延べ人数でいくと1500名規模になる。まず被災者マップを作成し、被災者ひとりひとりのニーズを地図上に記載、ニーズに瞬時に対応する仕組みを構築した。ゴールは被災者が自立して復興を提案する状態になることである。付録（2）参照。



図3 コミュニティベース精密農業の模索

精密農業技術の機能や効用は理解できるが、経営導入になるとうまくいかない。その理由に収益性と農家連携の問題がある。そこで埼玉県本庄市の農家は「情報付き農産物」の消費者受容を研究するため、地元小売店やJAおよび関連企業店頭販売実験を開始した。すでに15年経過し、若手世代への交代もはじまった。この経験は国内外のボトムアップ活動や学術・行政施策にも影響している。



参考: <http://www.lib.kobe.ac.jp/directory/eqb/book/7-59/index.html>

図4 阪神大震災支援のための学習する集団

阪神大震災救援の農工大学生ボランティアは、現場活動として「キャンプ・オリザ」、全体戦略に「阪神協力隊本部」を自己組織的に発展させ、2ヶ月で活動を終了した。



澁澤 栄 (しぶさわ さかえ)

東京農工大学大学院農学研究院教授，日本学会会議員。

ICTを活用したコミュニティベース精密農業の社会展開を進めている。リアルタイム土壌センサの開発，循環型農業の社会実験，学習する知的農業者集団の支援を進める。内閣官房政府IT総合戦略新戦略推進専門委員，グローバルギャップ国別技術委員会議長など。

2. 「澁澤 栄」の農学遍歴

(1) インタビュー：児童から科学者へ

定年退職にあたって「科学者としての取りまとめ」をしばらく思索してみた。教員時代、大学院時代、大学時代、高校時代、中学時代とさかのぼっていくと、小学校時代に形成したものの見方や行動様式がそれぞれの時代に即して屈折しながら変容してきたように思えてきた。35歳の時に一度振り返り、小学校時代の恩師に手紙を書いたことがある。恩師は1933年生まれだから、20歳年上である。まだ現役で児童や教師に講義をしているそうだが、数年前、小学校の授業設計の考え方と実践例を著書*にまとめられ、その中に「栄ちゃんの手紙」の一節があり、そこに「現在の私の研究思想などはそのような幼児体験に基づいているかもしれない・・・」とあった。

編集に当たっていた教育学者（九州大学大学院人間環境学府修士課程修了生）の岡崎明子さんが、その手紙に興味をもち、当の本人の私とその後の人生が知りたいと、私にヒアリングを申し入れてきた。本手稿はその際の面談記録である。岡崎さんが差し向けた質問や対話のやりとりが、私の思索をうまく整理してリードし、結果として、私が何者であったのかを記す文書になった。本稿は覚え書きの私的メモであったが、岡崎さんの了解をとり、校正して公表することにした。

その後、岡崎さんはベルギーのルーベンに長期滞在されたとのこと、ルーベンは私にも強い影響を与えた場所なので、思い出話もはずんだ。4月からは、九州大学大学院の博士課程の学生となる予定だそうだ。
*川嶋環著、岡崎明子編、創造する授業Ⅰ、一莖書房（2016）

（澁澤 栄 2019.2.4）

澁澤栄先生インタビュー

2016年6月12日

聞き手 岡崎明子（九州大学大学院人間環境学府教育システム専攻修士課程修了）

於 東京農工大学3号館 澁澤研究室

1 島村のこと

岡崎 川嶋先生の本の編者を務めさせていただいた岡崎です。澁澤先生は、生徒であり村の一員でもあるという立場でしたが、今回はそうした子ども、そして村人の1人でもある澁澤先生にお話しをお伺いしたいと思います。

澁澤 ぼくのことをヒアリングしたいということですね。環先生の夫の（川島）浩さんはこんな人物（小繋事件の取材）でした。島小は特別な被写体ではなかったと思います。小繋が一番大きいのではなかったでしょうか。つまり、滅び去っていくもののなかに新しいものの萌芽が見えたということだと思います。島村も結局、島村蚕種で大変栄えて明治維新の産業を担いました。しかし、世界戦争が終わって産業構造が変わっていくなかで皆が落ちぶれていくわけです。かつての大地主も農地解放で没落します。そうした混乱のなかで、島村はもともと教育熱心だったわけですが、そこに斎藤喜博がきた。そして革命を起こすわけですね。

岡崎 革命を起こしたというのはどういうことですか。斎藤さんの革命というのは、そういう構造のなかの解放されてきた小作人の側の革命になるということでしょうか。

澁澤 いや、そうではないです。斎藤さん

や環先生たちを支えていたのは、村の地主や富裕層です。新興層というわけではないのですよね。お蚕で儲けた富裕な人たちが、島小の支えになっていたと思います。たとえば、先生たちがよくお話ししていたお母さん方は、郵便局長の家や開業医あるいは大農家の若い人々で、その子どもたちの家は小学校だけでなく家庭でも読みたい蔵書があります。

岡崎 文化資本が充実しているわけですね。

澁澤 単純には言い切れませんが、そういう文化的な人たちがいたのですね。

澁澤 一方、富岡製糸工場が近くにあったように、村には繊維業の技術や教養が蓄積されています。お蚕で儲けたお金で軍艦を買ってロシアと戦争をした、と村のある人は語っていました。村の人たちは明治政府の戦争資金を稼いだというような感覚を持っていました。日常の会話の端々にそういう話題が出てきました。そうした村に今度は小学校の校長先生が来たぞと。戦争中とは違って代用教員ではない。群馬大を出た資格のある先生もきたと。そして授業参観が始まると世界中から人々が見に来るし、群馬交響楽団もやって来て演奏をしてくれて、教育大からも先生が来て村に泊まり込んでいろいろやっている。

岡崎 富裕層の親御さんたちの心をぐっとつかんでいたと。

澁澤 そういことですね。

澁澤 それでぼくの立場を言うと、ちょっとぼくは屈折してしまして。ぼくの家は、江戸末期か明治の初期まではお蚕で儲けた庄屋のような家だったのですけれど、これが何らかのことで没落して、非常に貧しい水呑み百姓になりました。ぼくの祖父にあたる栄吉じいさんが、稚蚕飼育の技術を習得して細々と農家を続けていました。ぼくが島小に入る

頃になると、実家は稚蚕飼育を依頼する多くの養蚕農家が顧客になりました。野菜も作るようになっていました。島村蚕種組合とは距離をとった個人営業でした。祖父が血洗島にある親の実家に預けられたときに稚蚕飼育の難しい技術を習得してきて、本当に何もない状態から細々とお蚕を始めたのです。それで、商売のお得意先が殆ど深谷の養蚕農家でした。島村蚕種は、群馬の養蚕農家にお蚕のタネ（タマゴ）を配布し、いまの伊勢崎市地域を得意先としていた。環先生はそういう人たちと仲がよかったのです。うちは島村蚕種とは距離を置いて……。深谷のほうに根拠地があるわけですから。同級生同士は仲がいいですけど、ぼくの親が仕事で村の人と一緒にいるということはなかった。環先生が来て婦人会などで集まっても、うちの母はそこには出ていなかったと思います。

岡崎 なるほど。ちょっと意外なのは、蚕種の人たちのほうが「島小」支持者だったということなのですが。喜博さんは「古い」島村蚕種組合は自分に批判的だと書いていますよね。

澁澤 そうですね。まあ、喜博さんにたいしていいこと言う人、誰もいないでしょう。しかし、島村蚕種があったから島小教育というのはできたのです。お金は彼らが払うわけですから。スポンサーですよ。何が喜博先生の気に入らなかったのかは分かりません。きっと、喜博先生の思うようにならない誰かがいるのだらうね。どうも島小は、田舎の学校でありながら境町とか都会の学校よりも非常にレベルが高くて、注目を浴びすぎてけしからんというのがあるのじゃないですか。

澁澤 斎藤喜博の時代というのは、高度経済成長によって村が解体していく時代でした。明らかに目に見えて、土地から麦や米が

なくなっていき、野菜などの換金作物に取って代わられました。伊勢崎あたりには工業団地ができて「金の卵」じゃないですけど、そこに働きに行けるようになっていきました。

岡崎 村の解体ですね。当時の史料では島村は「斜陽の村」だなどとありましたけれど。

澁澤 そうですよ。そういう自覚は、リーダーになる立場の人たちは分かっているのですよね。そういうなかで1つの文化の華を咲かせた。世界中から専門家の注目を集め、高い教育が行われているということは、村の人たちは、まあ、関心はあったのでしょうか。島村の蚕種業が復活できるとまでは思わないけれど、次の時代を担う人材が生まれて欲しいという感覚があったのではないのでしょうか。

島村の場合、ヨーロッパの蚕種業が病気（蚕ウィルス）で没落した時に、島村の蚕種を提供して復興に協力したという言い伝えがあります。かつて、島村蚕種あるいは田島弥平のノウハウや技術が日本の技術のフロンティアとなったように、村がこじんまりと固まっているのではなく、村が動いてこれからの産業や社会の仕組みができていくのではないかという意味で「島小教育」への期待はあったのではないですか。

岡崎 そういう意味での島小への村の支持があったのですね。

2 川嶋学級のこと

澁澤 当時は、教科書はあってないようなものでしたね。

岡崎 こういった教科書でしょうか。「溶解」はこの部分ですか。

澁澤 「溶解」にはテキストはないですよ。後で環先生から聞きましたが、東北大学化学

専攻の高橋金三郎さんの助言で計画したようです。だから、環先生もどこまで飲み込んでいるのだから。子どもたちも沢山疑問を出して楽しかった。歌もそうですよね。音楽家が来て自作の歌を作り、それを私たちは歌いました。

岡崎 丸山亜季先生ですね。

澁澤 丸山先生でした。ぼくらと遊びながら歌を創ってくれました。それで、楽しそうだったらそれがそのまま音楽の教科になっていきました。

岡崎 斎藤さんがいなくなった後、学校は大きく変わったのでしょうか。

澁澤 ……記憶にないのですよね。

岡崎 川嶋先生も記憶にないようなのですね。川嶋先生はだいぶやる気をなくしてしまっただけですが。がっかりして。

澁澤 もしかしたら映画じゃないでしょうか。

岡崎 映画ですか？

澁澤 映画が中止になったでしょう。

岡崎 「芽をふく子ら」の映画ですか。

澁澤 ええ。「芽をふく子ら」は第1弾で、斎藤喜博と武田先生とか、あの1つ上のHちゃんね。個人のキャラが中心ですよ。

岡崎 つまり、とにかく赤坂さんの学級で「作り上げる」という性質を持つというか。

澁澤 そうそう、そう。個人プレーなのだけど、それが普遍的な意味を持つというような映像を作りましたよね。けれど、ぼくらの、川嶋先生の学年というのはそうじゃない。集団なのですね。

岡崎 集団ですか？

澁澤 誰か特別にリーダーがいるというわけじゃない。Hちゃんのような輝く存在はいない。小さな集団が、変化し動いていくのです。それが斎藤喜博にとっては非常に興味があったみたいです。次の（島小の）主人

公は川嶋先生のクラスよと言われていたようなのですね。

岡崎 川嶋先生も(斎藤に)そういわれていたとおっしゃっていました。次は環さんのところに入ると。

澁澤 そう。きっと、そうだと思います。なぜあのような学級になったのかは分かりませんが、クラスのなかにはできる子できない子がもちろんいるのですが、集団で一緒に問題を解いていって、集団行動のなかだれひとり落ちこぼれをぜったいに出さないということが先生にだけじゃなくて、そのクラスの生徒のなかに共有されていた。そしてそれができた。先生が休みの時は、みんなでその日に何をやりたいかと話し合っ、授業時間を過ごしました。先生の出産休暇のときもそういう集団行動でした。

あの「芽をふく子ら」の映画の中にぼくらの授業が1コマだけ出ているのです。それは次の映画の予行演習だったのらしいですね。

岡崎 まだ撮る積りだったということですか。

澁澤 そういう約束と聞きました。次はぼくらのクラスが中心になって映画を撮ることでした。そうしたら、喜博先生が異動になってしまって。武田先生も異動してしまったのです。

でも、どうなのでしょう。斎藤喜博がいたところで、ぼくらの学級と同じものはできないと思います。

岡崎 同じものはできないとはどういうことですか。島小にまた違うものが出てくるということですか。

澁澤 全く違うものができたと思います。ぼくらの上の世代というのは、Hちゃんをはじめスターがいましてね。武田先生とか(金井)栄子先生とかがいました。そこでひ

とつの世界をつくった。上の世代の子どもの間では、(斎藤が)えこひいきしているとか、意味がわからなくて疲れるとか受け止めていました。でも、親たちはすごいことをやっているのだと受け止めていました。ぼくらのクラスだけは他と違って、クラスのなかでの差別意識もないし、誰が目立つというものもない。やる時は集団でやる。特に先生が引っ張って指導しているというわけではない。先生が問題提起をすると、子どもたちの間で自己発展するような、そういうクラスだったのです。だからといって、みんなできないかということもそうでもなく、みんながそこそこやればよいと。でも、1番を取ることにたいしての価値観は持っていない。そういう集団だったし、親もそういうものを分かっていたのです。

岡崎 親御さんは富裕な層というよりも？

澁澤 そうではないです。うちのように、貧乏な百姓だったのが、少しずつお金を稼げるようになってきたというようなものです。

岡崎 公務員や郵便局長、お勤めの方だったのですね。

澁澤 そうそう。1つ上の学年とはまた違っていました。ぼくらよりも1つ下のクラスもまた違っていました。今でいう「ゆとり」といいますか。先生が何を言ってもどうも動かない。ぼくらの学年は先輩たちが作ってきたものを受け止めながら、新しく冬の「火の用心」の村内見回りなども始めました。

岡崎 授業記録を読んでも、誰が何を言ってもよいという雰囲気を感じます。

澁澤 先生は一生懸命説明をするのですが、こちらはこちらで別の話をしていて、「こちらを見な」と言われて、はじめて先生の方を見ます。見て解ったら、ああそうかと納得して、そしてまた元の話し合いに戻っていき

ます。今度は窓の方に誰かが行くと、「何見てんない」といって集まってきて、あ、ちょうちょうがきれいだねと。授業中にです。漢字のテストもやりました。先生に要求して、みんなが満点を取るまで何度でもやりましたね。

岡崎 満点を取るまでみんな一緒にやるのですか。どうやってですか？

澁澤 出来た子が、間違っただ子に対して、なんで間違っただよと聞いて、本人がわかったら、じゃあ、書いてみてよと書いて書かせます。それから、先生、できそうだからもう1度テストやろうよと。それでみんなで同じテストをして満点を取って終わり。漢字は漢字の得意な子がいます。幾何学や映像が得意な子、算数が得意な子がいます。そういう子たちが20人もいれば、それぞれ得意な子が教えます。できるまでみんな待ってやります。

岡崎 一般的には、できる子はできない子を教えるという発想はなかなか持てないと思うのですが。

澁澤 そうですよね……。そういう教え合いが当たり前だと思っていたのですが。

澁澤 ぼくは算数が得意でしたね。

岡崎 先生は「ひきざん」などでも、いろいろな考え方を工夫されていましたね。

澁澤 そうですね。授業中、暇だったので。答えが解ってしまっ。「栄ちゃん、黙って！」と先生の指示があり、時間をもてあました。なぜ、こんな問題を先生は作ったのか。なぜ、こんな分かりきったことをやるのか。あるとき、先生のテキストをぬすみ見たら、赤い字で全部の答えを書いてありました。「先生ずるいよ。これ、見ていたんだろう」と。環先生は相当、ぼくのことを嫌だったと思いますよ。

岡崎 それでは、つまらなくなかったです

か。できる子どもはつまらなくなるかもしれないですね。

澁澤 それで待っていますと、クラスは、わかんないなあということになる。それじゃあ、栄ちゃん出番だよ。誰々に教えなと言われます。それで教えてやります。先生と同じに赤鉛筆でマルくれていいかいと訊いて、先生から赤鉛筆を借りてマルをつけてやりました。それなら面白いというような子だったので。そのときは2年か3年でしたか、少しずつ学習が体系的になってきたときです。暇だから、教科書の先まで読んでしまって、理科や算数はその学年での内容を読み終わってしまいました。2年生のときに環先生から3年生の算数の教科書をもらいました。

3年生のときには4年生の教科書を読み終わってしまいました。4年生になったときには全部終わってしまっつまらない。ぼくの仕事は先生をサポートすることなのですが、その代わりに職員室の棚にある次の学年のものを読んでいいよと言われました。みんなが授業で4年生をやっているときに、ぼくは5年、6年の教科書をやっていました。だからべつに、(斎藤が異動して)環先生に元気がなくても気になりませんでした。ぼくのやりたいことは、できましたから。そろばんで何級を取るとか、本をいろいろ読むこともできましたし。インド人の零の発見とかです。けっこうレベルの高い本を読んでいて。そういうふうにしていたので、知的な空白はなかったような気がします。何かをやっていました。

岡崎 環先生のほうも与えてはくれたわけですね。

澁澤 どこまで考えているかは知らないけれど、ここ読んで来とか。親も小学校しか出ていないので、いろいろと助言をしてくれと言われたみたいです。

澁澤 結果的には、ぼくがクラス全体のとりまとめ役になりましたね。

岡崎 授業のとりまとめ役であり、クラスのとりのまとめ役でもありますか。

澁澤 ええ。けんかの仲裁とかね。その頃は男の子よりも女の子のほうが強くてね。身体も大きいし口も悪い。そういうときには中に入ってね。「上から」じゃなくて。泣いている子がいるときには、そんな言い方はないんじゃないか。それじゃ、みんな泣いてしまうよとか。そうやっているうちにみんなにこにこしてしまう。だから「仲裁」というのもないですよ。環先生がいなくなった後も、授業を……。小学校5、6年の担任の先生はやりにくかったと思いますよ。授業のやり方が違うと言って団交したのです。こうじゃないんだと言ったのですよ。

岡崎 どういうことですか？

澁澤 国語の授業などですね。5、6年の担任の先生は、この文章はこういうふう解釈するのだと説明するのですね。中学もそうでしたが。でも、私たちは違うのですと言いました。この文章を書いた人はそうだったかもしれないけれど、読んでいる人はいろいろと「感じ」を持っている。だから、それぞれどういうふうと思うかを言い合って、ああそうかと（納得していく）。それで、正解はないのだと。これが正解だというように先生がやるのはおかしい。間違っている。だから、授業のやり方を変えてくれ。そういうふうに団交したのです。ぼくがそういうものの中心でした。算数もそうでした。

岡崎 正解なんてないのだという意識はかなりありましたか。

澁澤 ありましたね。

岡崎 それは、決まった正解はない。いろいろな正解がありうるということですか。

澁澤 そうですね。そのなかから、自分に

合ったものをチョイスするという選択の問題です。農業が「米麦から野菜になった」というのは、集団技術が個人技術になったということです。そうすると、野菜作りでは失敗したりする。マニュアル通りにやってもうまくいきません。

岡崎 そのときどきの正しさが出てくるということですね。

澁澤 そうです。どのくらい自然を読めるかということです。また、販売も相場を読むわけです。ですから、農業にとっても正解はありません。正解はないけれども、よりよいシナリオを選択するということはあります。そういう意味では、たくさんのシナリオを知っておかなくてはなりません。理論的な解き方を、いろいろな解き方をたくさん持っていないと、実際の問題は解けないのですね。

岡崎 その通りですね。学校の教育だけが、1つの正解を教えようとしているわけですね。

澁澤 ええ。そうですね。県や教育委員会は、おそらく、そんな（島小の）やり方だと、学力がつかないのだということで批判してきたみたいです。それで、島小では学力テストや知能テストをやったのですよ。それについて先生方はもめていたのではないのでしょうか。（教職員）組合は学力テストに反対していたでしょう。でもやってみたら、うちのクラスはすごく成績がよかったです。

岡崎 何年生でしたか。川嶋先生によると、なんで授業がうまくないのにそんなにより結果だったのだろうと斎藤さんに言われたとのことですが。

澁澤 3年生のときでした。先生はいつも授業でつかえていました。

岡崎 子どもは力をつけているのですね。

澁澤 あのう、その試験のために全員満点

とれるよう勉強しています。

岡崎 そういうこともやっているのですね。

澁澤 ただし、個性があるので、ぼくが満点を取るやり方は隣の子には適用できません。満点を取るためのプロセスや方法がそれぞれ違うわけです。そこを皆で共有するのが授業です。共有して、いっしょに乗り越えてはじめて満点が取れる。23人がいたら23通りの満点の取り方があるわけです。これをみんなが共有する。乗り越える。すると、なかには教えるほうが泣いちゃう。

岡崎 Yちゃんの話ですね。

澁澤 そう。Yちゃんにはぶいというか、のろいというか、なんというか。本人はぜんぜん別のところに価値観があるのですよね。

岡崎 彼女の世界観があるのですかね。

澁澤 そうそう。なんで、そんなに算数やるの。なんで、みんなで満点を取ろう、なの？ 彼女が素直に口に出すと、ほかのみんなは答えられなくなります。いくら教えても本人にやる気がないのだから。それで教え方が悪いんじゃないかと泣いちゃう（笑）。

3 「溶解」

岡崎 「溶解」の授業を読みますと、Yちゃんはすごく鋭いなと思います。Yちゃんの発言で授業が発展するところがありますよね。

澁澤 そうですね。Yちゃんの家は、お父さんがクリスチャンでした。お子さんは、Aちゃんともう1人とYちゃん、Yちゃんは3人姉妹の末っ子です。彼女の家は農業の傍ら、羊毛の染物をしていました。お姉さんたちが羊毛を染めて編み物をしていました。そういうプロセスをYちゃんは知っていました。溶けて色が変わるということ。

岡崎 そういう経験から考えているわけですか。（硫酸銅が水に溶けて）「カスになる」というのは。

澁澤 そうです。毛糸が染まっていくという家の仕事を見て、溶かすと色がつくというのを体験しているのです。そして、ぼくもそういうYちゃんの体験を分かっている。Yちゃんは家の仕事を見てきた。だから、Yちゃんはああいうことを言うのだと。

岡崎 相手の立場を知ったうえで議論しているわけですね。

澁澤 そういことです。コンテキストがあるのです。Yちゃんのバックグラウンドや経験があるから、ああいう発言に結びつくのだと。

岡崎 なるほど。そうすると、頭ごなしに間違いだと決めつけるのではなく、彼女の立場ならば、そういう発言をするのも当然だと皆が了解しているのですね。

澁澤 その通りです。それから、硫酸銅というのは殺菌剤なのです。農家の人たちはみんな持っています。ですから、農業を実際にやっている人は硫酸銅がどういうものなのか分かるのです。あのクラスには、農業をやっている人は少なかったですね。クラスの半分はお勤めや公務員でしたから。比較的大きな農家で、小さいころから農業を手伝っているのは、クラスにはぼくぐらいしかいない。ほかは、農家のことをあまり知りません。ぼくは、硫酸銅を家で殺菌剤として使っていました。ですから、ぼくの発言もとても重たいのです。

岡崎 先生は「カスではない」という意見でした。硫酸銅とはそういうものではないということを知っていたのですね。

澁澤 ええ。理屈はわかっていますが、体験でわかっていました。溶かしてなくなるのだから、どこかに行っている。水と一緒に

のだから水の中だろう。ただ、どういう状態になっているのかまではわからなかったです。溶けるというのは、硫酸銅の粒子が水の粒子の間に挟まって出ていけないということではないかとは思いました。

岡崎 それでは、先生は「溶解」の結論の辺りまでを体験でわかっていたということなのですか。

澁澤 後から思えば、です。でも、そういう問題を出されて初めて直面したわけですから。そういえば、うちに硫酸銅があったな、と。百合子ちゃんも同じように、自分の体験を再発見していったと思います。「溶解実験」という土俵のなかで自分の生活や体験を再発見していったのですね。それらを知識として組み立て直していく。そういうのが「溶解」の授業だったと思うのです。

岡崎 それは、教科書の上だけの知識ではない。まさに学問ですね。

澁澤 そういうことです。アルコールランプを使ったときに、ぼくはそれに触って火傷しました。先生に触っちゃだめだよと言われていたのですが、言われれば言われるほどやりたくなる。それで触って、手を赤くしました。先生の言うことも聞かなきゃいけないんだと思いました（笑）。それで、特別にあの授業を憶えているのです。

岡崎 この授業はだいぶ長い間やっていたのですか。1学期の間ずっとですか。授業の予定としては、4時間くらいだったのですが。

澁澤 2日くらいじゃないですか。もういっぺん繰り返しの実験をやったかもしれない。実験がわからなくて。何か月もというものではないです。一過性のものでした。環先生が「溶解」の実験をそれほどまでに準備しているというのはわからなかったですね。

澁澤 結局、結論のない実験だったという

ことではありました。

岡崎 川嶋先生が解らせたいところまでは、到達できなかったということでした。ただ、川嶋先生が準備されていた「溶解という現象は粒になってばらばらになっているものだ」ということ以上の内容が子どもたちの発言には出てきたと思います。すなわち「なかよし」になって溶け込むというものですが、これは「溶解」の1つの性質を言い表している言葉だと思います。「粒になってまざる」という物理的变化ではなく「なかよし」という化学変化に到達できたという意味です。

澁澤 そうですね。分子同士の相互作用というところになってはじめて「溶解」ということがいえます。でも、そういうのは見えにくいですね。

岡崎 立証ができないということですね。

澁澤 そうです。ですから、化学の場合は色が変わることによって、どのくらいその変化を想像できるかということにかかっているのです。

岡崎 なるほど。ただ、この実験では立証ということにはこだわっているようですね。先生もやってみなければわからないよと言って硫酸銅を砕いています。

澁澤 そうですね。砕くと白くなりますし。小さくなれば乱反射します。硫酸銅は結晶になっていると光が入り、中の結晶に光が吸収されます。青い光だけは吸収されないので青く見えます。ところが、表面を削ってやると全ての光を乱反射して、今度は白く見えるのです。

岡崎 また、「カス」に見えてくるのですね。

澁澤 そうそう。オプティカル・サイエンスですかね。それと結晶の化学と溶液の相転移ですから、そのあたりの方法がわかっちはじめて理解できる授業なのです。それがごっ

ちゃになって実験をやっているから。環先生自身もわかっていないところもありますし。でも、いいじゃないですか。サイエンス・フィクションを創るということですよ。サイエンスはサイエンスの言葉で語らなければならないですけど。結果は見えていても、その過程がブラックボックスになっている場合にこれを埋めていくのは、推理小説の手法ですよ。推理小説や科学小説ですね。

岡崎 すべてを埋め尽くすことはできないけれども、ブラックボックスのいくつかのポイントは見えるということですか。

澁澤 そう。それらでストーリーを作ることです。そのときに、1つ1つの根拠がサイエンスの基礎原理で説明されない場合があります。それを仮説ないし作業仮説といいます。そもそもそこにサイエンスの言葉がなければ、サイエンス・フィクションとなります。「溶解」は、サイエンス・フィクションを創る共同作業をしたということです。そのストーリーは、仮説に基づくものですから、その通りに証明される場合もあれば、その逆もあります。そのこと自体が研究者としては大きな課題といえます。そういうことが新しい発見につながることもあるし、ノーベル・プライズにつながることもあるのです。

岡崎 やはり、「溶解」は、学問の基本をやっていたということで間違いないですね。

澁澤 そうです。間違いないです。

4 「溶解」と研究

岡崎 こういう授業は、今の先生のご研究の立場や態度というものに関係があるのでしょうか。

澁澤 ええ、関係が……。難しいのですが……。

岡崎 まあ、直結するわけでもないのでしょうが。

澁澤 いや。直結していますよ。

岡崎 え？

澁澤 ぼくは、たまたま島小で授業を受けて、大学院でサイエンスをやろうとしたときに、まったく同じ訓練をきびしく受けました。そのとき、島小の授業「溶解」の本を見たときに、ああ、まったく同じことを体験していたんだと思いました。ぼくは火傷したせいか、あの授業をよく憶えています。研究者になりますと、世界中のトップの研究者とお付き合いしますが、彼らはそのような初等中等教育を実際に受けています。階級社会でもあり、大学や学校が与える場合もあるし、家庭が与える場合もあります。みんなではないですが。おそらく、プライマリー・スクールのときにそういう体験をしている。そこで科学的問題意識が育つようになっているのです。

岡崎 その人たちは、将来科学者になることを本人、ないし親が決めて、英才教育を行っているということですか。

澁澤 その通りだと思います。ある学派の人たちはそういう体験をしています。

岡崎 それが、島小、群馬の村の小学校で行われていたということですか。

澁澤 はい、そうですね。こういう体験が特別なかどうかは分かりませんが、1つの解らない問題があるとします。それをどうやって解こうかというときに、どのくらいの解法を持っていて、どういうふうにかかめるのか。確かめるためには、どういうチームやスポンサーを持てるのか。それで結果が決まります。そのアイデアをたくさん出せないと世界のトップでは研究をやっていきません。そういう脳細胞を鍛えてないと、研究の世界でトップに立つのは無理なのです。

大学の研究室には先人の限られた文献が

ありますが、それだけでは不十分です。それ以上の新しいものがが必要です。そうすると、山が好きだとか、川が好きだとか、小説が好きだとか、お医者さんの子だとか.....、そういう出身とか立場とかが違うなかで、1つの問題を違う角度から見て、1つの仮のシナリオを子どもなりに作り上げるという体験をしたということは、そういう脳細胞を鍛えて底上げをしたことになったと思います。

岡崎 複眼的な思考を持つようになるということですか。

澁澤 こういうふうには話をされていてわかりますよね。まず、問いも大事ですよ。どういう問いを発するかは新発見に結びつくものです。そして、それにたいしてリアクションをできる人、できない人に分かれます。

岡崎 さらに、様々にリアクションできる必要があるわけですね。多くの解法持つこと。そして、それをどういう実現可能な方法でやるかを考える必要があるのですね。

澁澤 そうです。私は、農業機械、農業工学、農業情報、食品工学いくつかの分野で研究していますが。たとえば、農業情報や農業ロボットを扱う国際会議の場で「イチゴやキュウリの実を採ろう」と問題提起をすると、大半の研究者はどのようにしてグリーンの実を検出できるだろうかと高度な機械を考えます。ぼくの発した質問はこうです。なぜ、葉っぱとキュウリの実はその位置にあるのかと。キュウリの実は葉っぱに隠れてついていて、それを発見するのはプロの農家でも難しいのです。そう問いますと、農家がそのようにやっているからとか、伝統的な栽培方法だから、自分たちエンジニアには変えられない別の分野が決めているのだとか言って、与えられた問題設定のままで考えます。ぼくは、農家で実際にやっているものですから、たとえば斜めにつるを.....。キュウリは重たいか

らぶら下がる。ロボットを簡単に作れませんか、と。京都大学同窓の友人にその質問とアイデアを出したら、同じことを考えていて、おそらく世界で初めてキュウリ収穫ロボットを作りました。今では、農業ロボット研究が農業機械の最先端にあります。ぼく自身が発明したわけではないですが、そういうフロンティアのアイデアを共有する機会が多いです。

ぼくは、ロータリ耕うんで博士論文をとりました。ロータリ耕うんってわかりますかね。

岡崎 いいえ、わかりません。トラクタみたいなものですか。

澁澤 そうです。トラクタ作業です。従来は、10cm 位しか土を起こせませんでした。50馬力、100馬力にしても30cmも起こせません。それは、地表の土をたたき落として耕うんづめでかき回すような形で耕うんしていたので、大動力が必要だったのです。それを下から削り上げて切った土をロータリの外へ跳ばしてしまいますと、大変小さな抵抗で耕うんが可能になります。20馬力位で40cmの耕うんもできます。それがぼくの学位論文。当時、公表されていた何百本もの論文は、ロータリ耕うんによる深耕は不可能であると述べていましたので。結局、これらの論文を全部否定することになりました。中には、ドイツやイングランドの著名な研究者もいました。あるメーカーが私のアイデアを採用して商品化し、1つの決着がつかしました。

しかし当時、サイエンス・ソサエティーは私の考えは無理だと笑うだけでした。ロータリ耕うんでは1850年にイングランドのジーマンス社が初めて5cm耕しました。1950年に約10cm可能になったのだから、100年に5cmの進歩です。学生がわずか数年で15cmを40cmにするなどというのは所詮不可能だと言われました。しかし、ぼくは納得でき

ない。やりたい。すると、ぼくの指導教授は不可能性の証明というものも大学の研究としては許されると言いました。つまり、先行研究は不可能だということを証明してはいない。そういう意味での研究要素はありうると。それで研究室の予算を使って研究することができました。

科学研究の世界は「溶解」の授業と同じと言えば同じです。最後のゴールはまだ見えていないけれども、頭の中にはあるわけです。それにたいして何が邪魔をしているのか、ハードルを1つひとつ越えようとしています。そのためには膨大な過去の論文を読みます。しかしそこには不可能だということしか書いていないのですから、参考にはなりません。他の研究室にもそういうものはない。1つだけ、ロシア語の文献に示唆がありましたが、数式が間違っていました。実現可能かどうかはわからない。結局、解らないので自分で実験を組んで確認していきました。

岡崎 実証を進めたのですね。

澁澤 ええ。前向きに削り上げた土がなぜ後ろに跳ぶのか、運動力学や解析力学を使った運動モデルを作って実証しました。さらに、抵抗を最も少なくするための曲面を微分幾何学の測地線方程式を使って設計しました。

岡崎 様々な領域の知見を駆使しているわけですね。

澁澤 その通りです。土がばらばらになるのは粒状体ですが、連続体やまたあるときにはねばねばした粘性流体というように、振る舞います。工学部や理学部に授業を聴きについて、その先端ではどういう問題が解かれているのかを教えてくださいました。それらをわがものにして解いていくというやり方をしました。島小の「溶解」は自分が苦しんでいるときに読むと新鮮でしたね。

岡崎 新鮮に思うというのは、自分の原点

のようなものがあるということですか。

澁澤 あの授業の組み立て自体がです。あの授業の組み立てでなければ、ぼく自身もYちゃんもみんな発言できないでしょう。そういう発言のアイデアを吸収できないですよ。ああいうふうにして実験を組み立てて、そのなかで舞台芸術のようにみんなが知恵を出していく。それを共有できるかどうかはそれぞれのプレイヤーの問題ですが、ああいう組み立て自体は大事です。ぼくのように、常に先端の研究をいくつも持ってやっていくスタイルの場合、個人では限界がある。だから集団でやる。それぞれはトップを取りたいので、そういうなかでギブアンドテイクではないですが、どうそれぞれの舞台を作っていくかと。これが共生力なのです。すると、プレイヤーのバックグラウンドによって発想が変わる。数学が得意ならば、どのような発想をするのか、と。

岡崎 そういう意味で授業が関わるのですか。

澁澤 そうです。その人がどういう感性を持っているのか。どういうバックグラウンドを持ち、どういう問題設定をしているか。どういうレスポンスが来るのか。社会科学ならば、どういうバックグラウンドを持っていて、どういうレスポンスが来るのかと。彼にこういう問題を投げたらどういう知識を吸収できるのかと。これをマンツーマンでやるのか、数学や語学やそういうものも一緒にして、問題提起をしたときに、そこで創られるであろうプレイヤーのシナリオですね。ぼく自身だけでは解けないところを補完するのであれば、積極的にそういう土俵を作ります。

岡崎 なるほど。学習集団づくり、研究マネージメントに関わっているということですか。

澁澤 そう。リサーチ・マネージメントと

テクノロジー・マネジメントです。それが「溶解」というもののなかに見えたので、非常に新鮮に思えたのです。

今、ぼくがやっている研究もほとんどがそのようなのです。ぼく 1 人で解いた問題は殆どないですね。問題意識は、耕うんとか突拍子もないものを解きたいというのがありますが、どうやって解こうかという方法論の面でいろいろ路線を敷かなければなりません。たとえば、ぼくはドイツ語が解りませんでした。当該分野の最高峰にいる人はドイツ語で論文を書いています。4月に修士課程に入って、その7月に40ページの論文をゼミで発表することになったのです。3か月間で、ラジオ講座を聞いたり辞書の使い方を習ったり文法書を読んだりして、3か月後にドイツ語の論文の紹介をしました。当然、ドイツ語の得意な人とか、専門用語を知っている人に勉強会で教えてもらいました。

そういうときに……。あの「手紙」というのはいつでしたかね。

岡崎 川嶋先生への手紙ですか。北大にいらっしゃったところで、35歳になったとあります。

澁澤 35歳というのは、北大の助手になったときです。そうしたら、すごい時期ですよ。

岡崎 どういうことでしょうか。

澁澤 ぼくの人生にとって。ええ、だいたい思い出しました。博士論文は31、32歳で終わったのです。それで「ファイトテクノロジー研究会」を立ち上げたのが石川県の農業短大にいたときです。助手という職階で、もうドクターも取ったので研究室に縛られずに自由な立場になったということでファイトテク研究会を立ち上げました。それは、どの学会にも属さない境界領域の組織でした。「植物生産工学」という分野を私どもが作っ

て全国から有志が集まりました。企業技術者や、バイオテクノロジー研究者や工学分野からも来たのです。しかも、学会としての？組織にはしないで、タコツボ学問を変えようということで始めたのです。農学分野では、よく若手のみで何かをはじめると、老練の教授たちから有言無言の圧力が加わり若手は萎縮するのですが、このときは教授たちが好きなようにやってよいとの態度でした。

ちょうどその頃、北大への移籍の話がありました。ぼくはもともと北大出身なのです。別の研究室ではありましたが、北大に戻りました。ぼくには博士学生の指導をするというミッションがありました。それで、若手や大学院生を集めて研究力を強化するゼミを始めたのです。ぼくが教授にたいして間違いを指摘して学術討論を始めると、びっくりしたようです。京大の研究室と同じように振る舞ったのです。そうすると、指摘した学生本人は納得するのですが、教授は納得できないといい、もう私はゼミに参加しないぞと宣言したのです。じゃあ、ぼくらだけで勤務時間中ではなく6時からやりますと言いました。大学院生を集めて現代制御理論やファジー理論などを取り入れ、農業ロボット研究の萌芽を植え付けました。また、医学部や工学部の若手研究者を集めた「数理解析懇話会」やハーケンの「協同現象の数理」講読ゼミを作りました。そこで園芸の先生と共同実験をして、分枝しながら発達する根系成長モデルの研究をはじめました。

そうしたら、これらが当たり前で科研費も取れ、編集委員会の調整の末に農学部の紀要にも共同執筆論文が載ります。異なる講座の若手助手のみの論文投稿は前例がなく、却下すべきだとの意見もあったようですが、テニス仲間の編集委員長の判断で、講座長の両教授も共著者に加えるとのことで決着しまし

た。わずか3年しかいなかったのですけれども。経済、哲学の連中とは弁証法、ヘーゲル小論理学の勉強会をしました。

岡崎 弁証法ですか。

澁澤 弁証法は便利ですよ。弁証法は観念論だけれども。実証プロセスというものは唯物論なのですが。解釈するときの階層構造や相反するものを止揚するための新しいパラダイムの提案、いくつかの対立物のロジック自体の意味など。ただし、弁証法はヘーゲルもマルクスもそうですが、神の世界を持っているのです。予め神様が作った世界に向かって人類は進歩しているという進歩概念があります。それは必ずしも今日には一致しません。経済、哲学、教育、あとは理学部の若手研究者で回し読みし、また問題提起をしてパラダイム論なども議論しました。理学部の友人と学生が高温超電導の勉強会をやっていたので、定期的に参加しました。このように、3つか4つのことを同時にやっていました。博士の学生が学位論文を取れるようになってきたということで、京大の先生のお世話で島根大に移りました。博士の学生は北大に残って、今でも農業ロボットとスマート農業を専門にする教授になっています。

5 島小思想

岡崎 弁証法は島小授業の根本的な方法だと思います。

澁澤 そうですね。理論をちゃんと対立させながら深掘りしていく。アカデミックな議論を対立させながら知の質を高めていくアプローチですよ。ぼくらはクリティカル・ディスカッションといますが、同じものですよね。しかもデスクワークだけではなく、必ず媒介として何らかのブツがあります。

岡崎 証拠ですか。

澁澤 ええ。エビデンスをどのようにここに示すかということです。「溶解」は得体的に知れないものです。色が変わったというエビデンスが僅かにはある。しかし、そのなかの実態は解らない。ああいうのは、クリティカル・ディスカッションの題材として非常にいいですね。人それぞれに想像力を駆使できます。もちろん、親に聞いてもいい。解らないことをそれなりに自分で説明するためにいろいろと考えられます。そのプロセスが理論創発であるということ、知識なり問題意識なりをぶつけあって新しく知恵を創り出していくということは、サイエンスとかイノベーションの方法と全く同じことですよ。

岡崎 斎藤喜博さんの言われていることと通じ合いますね。斎藤さんは子どもと教師の知を対立させてさらに新しい知を創造するという授業を提唱されていたと思います。

澁澤 そうですね。意識的に矛盾を創り出すのです。子どもたちのままでは、なんというか自己完結しています。矛盾は表面化しないようになっているのです。そこで、矛盾を表面化させるために教師があえて子どもたちの間に矛盾を持ちこんでみんなを困らせる。その矛盾で、あるものを理解して止揚するプロセスでみんなの知識が確立されるし新しい知識も生まれるという弁証法的な発展があるのです。

岡崎 なるほど。ところで当時、斎藤さんにたいしてはどのような印象を持っていたのでしょうか。

澁澤 よく見かけましたね。廊下をコソコソと来るのですよね。

岡崎 授業に入ってくるのですか。

澁澤 入ってきたかなあ。ほかのクラスでは校長先生が入ってきたという話があったのですが、ぼくらのところでは校長先生は発

言しなかったのではないのでしょうか。代わりにぼくが発言していますから。ぼくがいつも環先生を困らせるのですよ。

岡崎 矛盾はもう起きているのですか？

澁澤 そうそう。斎藤さんの意図する授業は……。子ども同士が議論になっていますし。教師の計画した授業とは違うものになってしまっていますし。勝手に発展していますので、そこについていくのは大変なことなのです。だからといって、やめろともいえないですしね。校長先生は見に来て、にこっとして帰ってしまったですね。必要性がないのでしょうか。

岡崎 それでは、喜博先生の印象はあまりないのでしょうか。

澁澤 そうですね。みんなは怖い怖いと言っていました。ぼくは怖くはなかったです。いつも喜博先生にぶらさがって遊んでいる女の子がいました。Tちゃんは、職員会議などのときも入って行って、校長先生の膝の上に座りたいと言って平気で邪魔をします。そういうときに斎藤さんは何も言いませんでした。なすがままにされていました。でも、あまり面と向かってコンフリクトとかディスカッションをやった記憶はないですね。

岡崎 運動会や卒業式の指導は校長中心でしたか。

澁澤 そうですね。行進をやりました。

岡崎 島小の卒業生は行進が嫌いだったと口を揃えていました。裸足が嫌だとか。

澁澤 それは、なんで皆が揃わなければいけないの、という感覚だったのです。軍隊でもないのにと。でも、先生たちは揃うと綺麗だということです。でも、ぼくらは綺麗とは思わないのです。

岡崎 子どもとしては、なんでこんなことをやらせるんだろうと。

澁澤 だけど、褒められたら気持ちが良く

なるから、それでやったのではないのでしょうか。行進の意味はよくわからなかったです。意味はわからなかったけれど……。あのなかで一糸乱れずというのはチームワークの基礎ですよ。みんなが同じリズム、プレイヤーで同じ行動をする。しかも、それが1つの個ではなくて集団を創っている。そして、その集団が個を埋没させてはいない。それぞれの個が見えながら集団が生きていく。こういう行進だったのですよね。

岡崎 たとえば、どういう点でそのように感じるのですか。

澁澤 「誰々ちゃん、もっとがんばって」と言われるのです。「1年生がんばって」ではなく。そうしたら、全体がこんなふうに見えるよと。5年生、もういっぺんと言うのではなく、前列のある子にそんな難しい顔をしていないで、もっと……。

岡崎 もっと楽しそうに？

澁澤 うーん。視線かな。

岡崎 前を向いて、ですか？

澁澤 みんな同じところを見てと言われましたね。

岡崎 同じところを見るのですか。

澁澤 同じところを見たほうがよい。視線が大事だと言われました。きょろきょろしていたら……。

岡崎 美しくないのですか？

澁澤 いいえ。集団ではないと。

岡崎 集団というのは何なのでしょう。学習集団とは違いますか。

澁澤 コミュニティーです。利害関係を共有する集団ですよ。誰かがよそ見していると集団が乱れてしまう。みんなに利害関係があります。それで共同して同じ方向を見ていると全体が1つのもののように迫力を与えるものになると。1人ひとりが関わっていて1人でもずれたりすると全体は機能しない。そ

ういう利害関係を持ちこんだのではないで
しょうか。

岡崎 利害関係なのですか。斎藤さんとい
うのは美意識の高い人だと言われている
ので、たとえば、手を伸ばして歩かなければ
綺麗に見えないというような意識でやって
いたのかなと思いました。

澁澤 うーん。行進のなかの美意識という
ものもあったかもしれないですが。集団が 1
つのコミュニティーとして機能し、個は集団
に埋没しないものだ。個が 1 人ひとりあ
りながら、しかも集団が 1 つの生き物のよ
うに動いている。個と全体がうまく調和して
いるという意味で美意識といえ美意識が
ありますが。

岡崎 先ほど出てきた、軍隊の行進とい
うのは個が埋没しているという点で島小とは
異なっているということですか。

澁澤 そうです。軍隊では個が埋没しな
ければ作戦ができませんから。

岡崎 なるほど。上からの命令ですべて動
くものですね。

澁澤 そうです。結局、軍隊は命令に従っ
て命を落とすことも厭わない集団です。した
がって、個が人間として生きるなどという考
えが出てきたら軍隊という集団は成り立た
ないですよ。集団が 1 つの戦車や装甲車
になって初めて強い意味を持つというもの
です。一糸乱れずという形式を非常に重視す
るものです。それが軍隊の行進だと思います。
島小の行進は集団でありながら、個が 1 つ
ひとつ表に出てきているということで、個と
全体の調和が図られているものだと思います。

岡崎 そうしたなかで個は、それこそ、そ
れぞれが考えを持って生きているというこ
とですか。

澁澤 そうです。ばらばらの考えを持って

います。

岡崎 個がそれぞれのコンテキストを持
って自律して生きている、それが学問の創造
にもつながっているということですね。

澁澤 そうですね。だから、みんな嫌だっ
たと思うのです。

岡崎 嫌だったというのは？

澁澤 ええ。疲れる。辛いのです。

岡崎 精神的に疲れるのでしょうか。

澁澤 そうです。行進は、肉体的というよ
りも精神的に疲れるのです。

岡崎おそらく、やらされているもの
よりも疲れるのですね。

澁澤 そうです。単にそこへ行けばいいの
ではない。そこで自分たちを表現しなければ
ならないからです。自分たちを表現するこ
とにどういう意味があるのか。個と全体の関係
とは何か。なんで全体なのに、誰々ちゃん前
を向いてきょろきょろしないでと個別で名
前を挙げながら指導されるのか。子どもにと
って意味を理解するというか、悟るには自分
たちのレベルを超えたリクエストだったと
思うのです。たとえば、宝塚とか劇団四季だ
ったらできるのでしょうか。そういうプロの
やる行進をリクエストしたのだと思います。
でも、たぶん子どもたちは個どころか自我も
できていないのですよ。

岡崎 ええ。それで、そこで作ろうと考
えているのですかね。

澁澤 成長プロセスですから。ただ、リク
エストにたいして自分は非常に一生懸命や
っている積りなんだけれど、合格点がなかな
かもらえないという感じなのですよね。

岡崎 要求過多といえますか。

澁澤 さらに、要求の中身もみんなが一緒
に集団として動いているのだというように、
抽象的な評価をされるのです。

岡崎 それがいったい何を意味するのか

も、子どもとしては.....。

澁澤 分からない。集団が生き物だなんて言うけれど、おれだって生き物だよという感じですよ。

岡崎 狙っているものも軍隊とは違うといっても分からないですよ。結局、民主というものを狙っているのでしょうか。

澁澤 徹底した民主主義ですよ。個を自己実現しながら、しかも.....。運動会のときに演技ものをするのです。それぞれ跳び箱とか機械体操とかをやります。1つひとつで個人の最高のものを出すというミッションを与えられる。ぼくは、比較的体育が得意な方だったので難しいものを要求されます。体育が不得意な子は非常に簡単なものをやります。

岡崎 個々の子どもによって要求が違うわけですね。

澁澤 そうです。ばらばらといえば、ばらばらだけ。同じ跳び箱でもそれぞれ跳び方のリクエストがある。みんながそこで自分の決まったミッションを達成する跳び箱をやる。これが運動会の取り組みです。

岡崎 授業と同じですね。

澁澤 そうです。ある平均値があってそれができればよいというわけではありません。常に子どもの最大限のレベルを要求する。休みがない。

岡崎 とてもきびしいものがありますね。

澁澤 ええ。それで疲れると。

岡崎 自分の最大限を出すというのはとてもきついことです。

澁澤 それをいつも問いながら練習するのです。これが自分の最高のものだろうか。

岡崎 子どもとして、いつも問うていたのですか。

澁澤 そうです。子どもとしてです。もっとできるんじゃないか。どこまでできるのだろうか。それをみんなが見ているわけです。

よ。校長先生もね。その授業を。

岡崎 見られているからやるのではないですか。

澁澤 全然そういう気持ちはない。

岡崎 自分から進んで最大限のものを出したいと考えているのですか。やらなければならないのではなく、やりたいのですか。

澁澤 そういうふうに洗脳されたんだから。

岡崎 洗脳ですか。

澁澤 あれは洗脳ではないですか。それが美しいのだというのですから。

しかも、平均値ではなく、それぞれ1人ひとりを先生が見るわけだから。誰ちゃんはここまで。誰ちゃんはここまでという個別指導によってです。そういう個別指導をしながら、全体としてみんなができたなら美しいんだよとか、そういう、難しいことを言って。

岡崎 そう言うのは斎藤さんですか。

澁澤 いや。環先生も言っていました。

岡崎 環先生も洗脳しているわけですね。

澁澤 そう。洗脳。

まあ、そうだなと思うからやるのです。間違っていると思えばそこで手を挙げて先生おかしいよと言います。先生やりすぎというのはないです。子どもは嫌だったらやめて、遊びに行ってしまう。ただ、出来なかったものが出来るのは嬉しいのです。自分にこんな能力があったのかということ自分だけではなく周りも見てくれている。これは喜びです。

岡崎 それが徹底的な民主主義ですか。個が最大限に発揮されるということでしょうか。

澁澤 その通りです。野外劇でも個が違うので、たとえば、主人公になるというのは、主人公になれる才能があるということですよ。それは、えこひいきといえば、えこひいきになります。たしかに、親から見れば

気分は悪いですよ。

岡崎 うちの子は、あれしかやらせてもらえなかったというのですか。

澁澤 そう。なんであそこの子が主人公なのかとか。親たちだけでなく子どもの間でもよくより年上のところは噂話をしていました。校長先生のえこひいきだと。

岡崎 考え方としては、主人公になった子の最大限はその役であり、それぞれが自らの役割を果たし、演じ切るということが求められているということですね。

澁澤 そうです。そして全体も成り立っています。それぞれ必要な個の役割で。他の人には替えられないようなものを持っているから、そのようにしているのです。そういう斎藤さんのやり方は、親たちからすれば、えこひいきが激しくて一部の人ばかり目立って他は目立たない。あそこには何かあるのではないかとなるのです。

岡崎 面白いですね。学校の民主主義とか平等というのは、みんなに同じことをやらせることだと思いますが、ここの学校は違うわけですね。その子の最大限を引き出すことが平等ですか。

澁澤 それが、みんなが高まることだと。

岡崎 個人主義でもありますよね。

澁澤 個人主義なのだけど、個が伸びるということは全体が伸びることだということ、利害関係が一致した集団になっているのです。ステイクホルダーなのです。個は自分を伸ばそうとすると、他の人たちとの関わりが邪魔になるかもしれません。でも、その個が伸ばした成果を確認するためには集団が必要だということです。そういう意味での集団学習には意味があると。画一とか均一ということではないですね。多様性やばらつきがありながらも全体のレベルを高めていくと。

岡崎 むしろ、ばらつきはあったほうがいくらいですね。

澁澤 その通りですね。ばらつきを受け入れて評価し合う。

岡崎 ばらつきがあったほうが、全体が伸びるのでね。

澁澤 その通りです。自分にはないものがあるから。

澁澤 ……ぼくは今、精密農業というものをやっていますけれども。これはばらつきを対象としています。

岡崎 そうなのですか？

澁澤 ええ。土壌にはばらつきがあります。作物にもばらつきがあります。まず、そのばらつきを理解する。受け入れる。認めるのですね。認めたらうで、このばらつきに合うような形でマネジメントをします。農業ですから、収量を増やすにはどうすればよいかを考えるのですが、必ずしも均一にすればよいわけではありません。均一にするには物凄いコストが必要ですし、それに見合うだけの結果が出てくるわけではありません。すると、そのばらつきをどうやってコントロールするか。肥料をあげたり、あげなかったりします。これが世界的に取り組まれている精密農業です。

ぼくはそれにたいして、コミュニティーベースの精密農業という新しいパラダイムを提唱して展開しています。コミュニティーとは、その技術を運用する人々です。技術は人間がいて初めて意味を持ちます。どのような人々がそれを運用しているのか。会社の社長さんだったり農協だったりしますが、そういう人々の集まりや才能はばらばらですよ。ただ、全体の売上が伸びればそれぞれにメリットはあるという利害関係を共有している人々を、どうやって意見の食い違いや考え方の違いを理解しながら、全体としてその技術

を運用すればよいかを考える。それがコミュニティーベースの精密農業です。

日本では、本庄市などで実際にやっています。世界的にもこの考え方が提唱されてきています。『コミュニティーベースの精密農業』というテキストをこの間出したばかりなのですが、どこだったかな。

6 島小以後

澁澤 中学校に入っても、ぼくらの世代は点数競争とかではなく運動会とかと一緒に競争してやったりしました。中学3年生のときにマラソン大会がありまして、ぼくらはグラウンドでずっと練習をしていました。競争相手がいたので、それで新記録をつかったのですよ。20年くらいずっと破られなかったです。1番になれるような子たちが何人かいました。当日、ぼくはスタートが遅れて集団の真ん中にいた。混んでいて前に出られない。おい、空けると(笑)。みんな空けてくれます。ようやく、半分くらい走ったら競争仲間の近くにきました。そのトップ集団は10人くらい。みんな待っていてくれました。これから勝負しようと。3人が飛び出して最後のゴール間近でぼくが飛び出しました。普通、真中より後ろにいたらトップに行けないはずなのに。3,000m、9分27秒。競争仲間は3人とも新記録でした。

あるとき、君らの学年は模擬テストの点数が低い。いつまでマラソン大会で遊んでいるのかと担任の先生が言いました。トップのぼくらが勉強しないから、みんなも点数が下がってきたのではないかと呼びつけられました。トップがそんなていたらくでは困ると言うのです。ぼくは、去年のトップから何点低いのですかと訊きました。500点満点中420点になっていると。たかだか5点や10点では

ないですか。何点出したらいいですかと訊きました。先生は、450点くらい出してほしいと言います。ああ、でも1回だけね。それで、ぼくはその点数を取ったのですけれど、後は取らなくなってしまった(笑)。ああいう勉強は興味がないのです。

テストは答えが1つしかないのですね。プロセスが楽しいのに結果しか評価しないのはつまらない。そうすると、何点取ればいいですかと訊くことになります。先生は、やればできるんじゃないか、なんて言うのですが。いや、もうやらないよと言いました。

岡崎 進学校には行かれなかったですね。

澁澤 行かなかったです。農業をやりたいと思ったのです。これも澁澤家一族で洗脳されましたから。当時の農業高校は入学試験の「レベルが低い」ので、無理しなくても合格できるということで、学校では居眠りしたり。すると、今度は農業高校のことを馬鹿にされたのです。レベルが低いと。それで、そんなことはないよと。ぼくは我慢して受験勉強し、埼玉県の農業高校を受験してほぼ満点でした。そのとき、熊谷の受験高校のトップよりもぼくのほうが上でした。埼玉県で何番かでした。そういう生徒も農業高校で百姓をやりたいと思っている、百姓を馬鹿にするな、と言いたかったのです。でも、そういう伝わり方はしませんでした。「もったいない」ですよ。進学校に行けば東大に行けるのではないかと。医者になれるのではないかと。そういう積りは無いのに。中学校はそういう感じでした。なんというのでしょうか、小学校みたいに楽しくなかったです。

高校では途中から殆ど授業に行かなくなりました。農業も家でやっているから、自分のほうがよく知っていると思いました。先生の使うハンドブックを使ったら授業も分かっただけです。それで、その頃も続いて

いたのが小学校3、4年で始まった1、2年前倒しというものです。中3のときには高校1年の数学をやっていました。高校のときには、高校3年間でやる内容を終えて、大学で使う解析のテキストを読み始めていました。内容自体は難しくなかったですね。それで、18歳でこういう（農村の）古いコミュニティに入って一生、埋もれていくのはちょっと早いかかと（笑）。少しほかの世界も知っておきたいということで、ちょっと嘘ついて北大を受験したわけです。

岡崎 北大も「古い」世界だったのではないですか。

澁澤 古いですよ。だけど、ここからは離れます。京都か北海道か。九大というのもあります。北海道がいいかなと。北大の教育学の鈴木先生は島小に行ったことがあるという話をききました。逃げられないなと思いました。北大を終わった後、京都大学に行きました。博士を取って百姓をやろうと思いました。タイミングが悪かったのです。北大などもちょうど動乱期で改組の時期にあり、農学部はそれまでの古い体制から新しい体制へと変わりました。でも、新しい研究室を作っても人がいない。ぼくは何でもできましたので、重宝に使われることになりました。

岡崎 大学に入っても、やはり、村に帰って農業をやりたいという気持ちは変わらなかったのですか。

澁澤 変わらないです。大学ときは4年生までお蚕の時期に帰って手伝いをしました。農業を仕事の基盤にしようとは思っていませんでした。

澁澤 ぼくは北大の理類にいました。ここでは理学、工学、薬学、獣医学というように進学先の専門を選択できるのです。教養時代に成績が悪いと、ある専門へは行けない。ぼ

くはそういうシステムをよく知らないというか、あまり興味がありませんでした。殆ど勉強しないで、いろいろと勉強以外のことをやっていたのです。学部に移行するときもどこか旅行に行っていました。学部希望提出の締め切りに間に合わず、すでに殆どが埋まっていました。それなら、農業機械にしますと。でも、うちは農家ですから、農業機械のことはほとんどわかってしまつてつまらない。授業にも殆ど出ていませんでした。

岡崎 つまらないですか。

澁澤 つまらない。カタログみたいな授業でしたから。

岡崎 家で知っているからというだけですか。

澁澤 いいえ。家で知っているだけではなく、農業高校のときにテキストを読んでいたのもうわかっているのです。

岡崎 情報としては知っているのですね。

澁澤 そうです。農業高校のときには百年も専業で農家をやっている友達がいました。そのお米作りの天皇杯をもらった家で、おじいさんたちの話を聞きながら、作業日誌を見せてもらいました。「〇〇づくり日本一」などのネットワークができて、現場にそういう知を持った人たちがいるということを知っていたのです。大学では、農業を知らないような人が初めて習うようなテキストをやっているのであまりにも陳腐でした。教科書自体もカタログ的な知識を背にしたものでつまらない。すると、クラスの人たちもつまらないと言いました。それでは、授業を変えてもらおうと学科主任に団交しました。

岡崎 また団交ですか。

澁澤 団交です。カタログみたいでつまらないです。そうは言うけれども、そういう能力のある先生がいないのだからしょうがないだろうと言うのです。

岡崎 カタログしかできないと (笑)。

澁澤 まあ、それもそうかなあと。それで、それは終わりました (笑)。

そこまでは、食品関係のことをやっていましたが、どうしても土壤のことをやりたくありませんでした。しかし、それは北大ではできないということでした。指導教授から京都大学によい先生がいると教えてもらいました。大学院受験の知識も無く、殆ど勉強もしないで受験しました。そのときは 30 点位だったのでしょう。面接の教授は、おまえは一体何者だ、という顔をしていました。でも京都は面白そうだと思って来年は行こうと思いました。ところが京大の教授は、ぼくと指導教授宛てに 2 通の手紙を送ってきました。30、40 点しか取れない学生が 1 年かけたとしても合格点に至ったことはかつてない。進路を十分に考え直したほうがよいと言うのです。指導教授からこの手紙の意味はわかるかと訊かれました。ぼくは、70、80 点取ればいいのでしょうか、やりますと答えました。みんなは呆れました。就職難のなかで就職させてももらったのですが、不動産販売はつまらないから辞めてしまったのです。ぼくはドクターを取って百姓をやるのだと言って、久しぶりに受験勉強を始めました。

1 年後の受験では、殆ど満点だったのではないのでしょうか。ロシア語は辞書を使うことができましたし、文法はやっていました。ぼくは日ソ協会で勉強していたのです。戯曲やチェーホフなどは暗唱していました。ロシア語はほぼ満点だったと思います。英語も久しぶりにやりましたが、9 割方取っています。専門はすでに解っていました。すると、面接で教授が、にこっと笑って、勉強したかと訊きました。はい、合格するために勉強しましたと答えました。それで面接は終わりでした。奨学金も頂いたので成績はトップだったの

でしょう。

そういえば、奨学金が取れなかったらどうしますかと訊かれました。それなら大学院をやめまうと言いました。そうしたら、周りの先生方は、京大もなめられたものだという反応をしたらしいです。最初の年は京大だけを受験して北大を受験しなかったのです。けれども、自分の大学も受験したうえで、本人の都合で他の大学に行ったということにしないと北大のメンツが潰れてしまうらしいのです。それで、どうしても受けてくれということで今回は北大も受けました。北大の面接のときには、両方とも受かったらどうしますかと訊かれました。もちろん、京大に行きますと答えました。義理で受けたのですからとまでは言わないですが。そうしたら、合否判定会で問題になったようです。こういうときは嘘でも北大に行くというものだ。教授がガン首揃えて面接しているのに何を生意気なと (笑)。私の指導教授は、しつげがなっていないと、こっぴどく教授会で怒られたそうです。一言、言ってくれればいいのに (笑)。

岡崎 京大での研究が始まりましたが、研究にたいしては面白いと感じ始めましたか。

澁澤 ええ。ギャンブルより面白いですね。自分でどれが勝つかと宣言して、研究計画などという恥ずかしいものをみんなに見せまして。オリジナリティはこうだなどと、たいして文献も読んでいないのに。アホかといわれるようなものをやるのです。しかも、自分が走るわけです。だから、その緊張感といいますか、快感があるわけです。そのターゲットがドイツ、アメリカ、日本の世界的なトップスターです。農業機械でノーベル・プライズがあるとすれば彼らが取ってもおかしくありません。そういう人たちをターゲットにして、彼らの研究を切り崩すのですから。できなくてなんぼです。そのほうがいっそう面

白いのです。

ですから、ゼミでのディスカッションはきびしかったです。ドイツ語の文献を読んでいるのかと問われます。いえ、読んでいません。これからやりますと答えます。すると、ドイツ語というのは教養から2年やって、ようやく辞書を引いてどうにかというようなものだ。皆が苦勞しているというのに、ドイツ語のどの字も知らないような人が3か月で30頁の学術論文を訳せるわけがないだろう。そんな研究は無理だと言われて笑われるのです。

岡崎 でもそうなると、俄然、ドイツ語をやりますね。

澁澤 やりましたね。ドイツ語は音が独特なのでラジオ講座を朝晩2回聴く。初級者入門という本を1日何ページとやる。得意な人にどの辞書がいいかを訊いて辞書の引き方を習います。1日に2、3時間はドイツ語の勉強をしました。午前中はずっとドイツ語の文献と格闘します。ドイツ語の歌も覚えましたよ。「歓喜の歌」とか「エーデルワイス」とか。寝ても覚めてもドイツ語、ドイツ語でした。それで、3か月後にゼミで発表しました（笑）。

岡崎 すごいですね（笑）。

澁澤 翻訳ではありませんから。研究計画を書くためのもので、どこまで解明されているかを明らかにする作業です。20年も前の研究ですから、当然、当時よりも測定機械なども進んでいます。そこで、今だったら塗り替えられるのではないかと思いました。式の間違いを発見しましたが、論文には式の間違いくらいはあるものです。それを発見したからといってオリジナリティにはなりません。もとの計算自体は正しい式でやっている可能性もあります。大学の教科書や論文は式の間違が多いものですので、全て自分で

展開し直しました。同じ問題にして式を解析して最後まで解き、そうするとどうなるかを必ず確認するという研究ノートをつけるようにしました。追体験ですね。論文の追体験を必ずするという事です。

岡崎 なるほど。彼はどのように考えたのかということですね。ドイツ語文献を書いた人のコンテキストはわからないにしても？

澁澤 その人は、軍用産業などの研究者だったのではないのでしょうか。ぼくらの分野では軍事研究を民生用に転用したのが多いのですよ。直接本人と国際会議でもお会いしましたが、論文の中身よりも面白かったですよ。その人はミュンヘン工科大学で機械工学をやっている先生です。日本では、農業機械を工学部の先生がやることは滅多にないです。

岡崎 やはり、そういった背景なども考えていくわけですか。

澁澤 ええ、興味がありますね。ミュンヘンに行ってきた先生にその先生のことを聞いてみたりもしました。ミュンヘンというのはババリアンという地域で、牛肉を食べない習慣を持つ豊かな地域です。そこでは小規模な農業が進んでいます。ドイツの中では文化レベルが高く、知的で裕福な地域です。ナチスはそこから始まったようですが、機械工学もそこから始まっています。ドイツの、高い技術とイデオロギー、ババリアン・ミュンヘンという文化環境のなかで研究していたのかと。

岡崎 そのあたりも追体験していくのですね。

澁澤 そうそう。すると当然、いろいろな哲学がみえてきます。システムティックですよ。システムティックな数理工学やサイバネティクスというカラーが研究者の背景にみえてきます。そういうなかでこの論文が

書かれた。そういうバックグラウンドがみえてくるのです。それにたいして、ぼくは卒論でお米の乾燥をやっていました。これは無生物を対象としたものとはちょっと違います。熱力学という分野なのです。ぼくはこれに興味を持っていました。耕うんを勉強しながら複雑系を学んだのです。イングランドやベルギーに熱力学のブリュッセル学派というのがあります。生命誕生の科学、エントロピーの法則や自己組織化などによって何らかの形が作られていくメカニズムを説明しようとする学派、ぼくはこれが好きなのです。ドイツは、熱力学とは異なって、システムティックにスタートから始まって終わりまで直線的につながっていくシステムなのです。熱力学では、構造が作られるというのはエントロピーが減少する空間がたくさんあって、全体の秩序が形成されるという、システムティックなものなのです。システム全体が動いていて、その要素と要素の間の連携が機能をなすので、1つの要素が動いたら全部が変わります。システムティック・アプローチでは、全体の機能と個々の相互の関係を見ながら、ある要素が変わったときに全体がどう動くのかを見ようとするのです。これはそう簡単に数式には表せないのですが、熱を加えると渦ができるというような初歩的なところから形態形成を考察しようとしたのがブリュッセル学派でした。ぼくは大学院の研究しながら、そういう熱力学をずっと勉強していました。それで、耕うんの研究ではありましたが、なぜ、ああいう土の形ができるのかという形態形成を考えるようになったのです。

そうすると、ミュンヘンの先生の見方に限界がみえてきます。最大の限界は、農業を知らないということです。耕うんというのは、耕した後に種を蒔いて作物を育てるものですから、耕した後に土の形がどうなるかとい

うのが大事です。でも、ミュンヘンの先生は機械専門ですので、どうやったら少ない抵抗で作業を効率化できるかということが真理です。耕うん後の土がどうなるかという問題意識はあったとしても研究対象にはできません。

7 篤農技術を科学する

岡崎 アプローチも違うけれども目標にしている部分も違うということですね。

澁澤 博士論文では、そこまではできませんでしたが、耕うん後には、土塊が大きくなったり小さくなったり、熱が発生したりと新しい構造が作られます。そういうなかで作物が育ち、根が生えていきます。そのメカニズムはどうなっているのかということがもう一方のサブテーマになりました。その結果、土塊の形成メカニズムや根系成長モデルの研究展開につながりました。そうすると、農作業と作物生育が1つの研究ステージに上がりますので、これが篤農家との対話を可能にしたのです。今までは、土塊だけあるいは機械だけを研究対象にしていたので、農家の問題意識に対応できませんでした。しかし、土づくりから作物の成育までサイエンスの対象にしたことで、そういうものに興味を持つ若手の研究集団を組織できました。生活・ビジネス集団としてやっている農家の人たちと対話できるようになったのです。

そこで、農業者とサイエンティストが同じテーブルで議論できる研究会(ファイトテクノロジー研究会)を作りました。そこでは、農家の問題意識、経験、研究者のアイデアなどを出し合いました。なぜ作物は育つのか。なぜ土は固まるのか。いろいろな農作業への問いがありました。遺伝子で本当にすべてが決まってしまうのか。すると農家は、石川県

のコシヒカリと山口県のコシヒカリでは味が違うと言います。別の研究者は、これらは、遺伝子レベルでは 99%同じだけれども、遺伝子配列からすると石川と山口では違うと言いました。「コシヒカリ」というのは、あくまでも品種名なので遺伝子レベルでは異なるものなのです。ただ「コシヒカリ」という品種登録という法制度やビジネスの上で作られたものなのです。そうすると、同じ「コシヒカリ」でも味が違うのでは、コメ屋が困るのではないかと。そこで、食味計の開発が始まったのです。こういうプレイヤーを集めて、こういう場をどう作っていかうかと悩んでいた頃に書いたのがあの「手紙」です。

ファイトテクノロジー研究会ができたのは 1984 年ですから、ぼくが 31 歳のときでした。博士論文がパスした年に研究会を作りました。その組織をどうやっていかうかと模索しているときでした。今まで農業機械という 1 つのディシプリンの中なかでは、たしかに世界で初めての研究成果を出してドクターになったかもしれない。でも、そこから脱皮できるのだろうか。ドクターを取ったら大概は、その世界のなかで重鎮となっていくわけです。そういう道を行くのか、それとも、それを応用展開するのかということ、こう……。

岡崎 コミュニティーづくりなどをするということですか。

澁澤 いえ、研究ですから。研究というのは、対象と方法論があって初めて研究なのです。専門家になるというのは、対象はそのまま同じで、違う方法論を取り入れながら対象の深掘りをしていくというのが 1 つの方法です。新しい方法論を身につけるには頭が柔軟である必要があります。これは大方できないのです。それで、同じ方法論を持ちながら対象を変えるというやり方もあります。でも、

ぼくはパラダイムを転換したい。対象も方法も同時に変えたい。対象は耕うんではなくて植物の成育に変えよう。方法論は物理工学だったのを熱力学に変えて植物の非線形応答を扱おう。しかも、人間も要素として扱うような新しい学問を開拓したい。サイバネティクスや人間のディシジョン・メイキングまで。ブレインサイエンスのほうまでリーチを伸ばせるか。いずれも新しい方法論と対象で。ゼロからの出発を。学位論文があるからゼロではないにしても。これをコアにした研究会を作ろうというのが、ファイトテクノロジー研究会でした。と、言うのは簡単なのだけれども。

岡崎 たいへんなことですよ。

澁澤 ええ。ぼくは農業機械の実験をしました。ですが、作物を育てる実験器具もないので、そこから作らなくてはならない。

岡崎 方法論を変えるだけでも、ほんとうに難しいことだと思います。対象も変えてしまう。しかも、合わせれば全く新しい領域になるということですよ。

澁澤 そうです。ドクター論文がパスしたときに、今までやりたいなと思ったことを同時に始めました。それを実現する器、いわば「教室」が、ファイトテクノロジー研究会です。ぼく自身も勉強しますが、いろいろなバックグラウンドを持った人たちが加わって討論に参加してもらいたい。だから、手紙出しに始まり、会場の手配、事務局、世話役、会長兼世話役をやりました。そういうことを始めたわけです。

岡崎 では、この手紙の「私の現在の研究思想」というのも、そのあたりのこと含めて書かれていらっしゃるわけですかね。

澁澤 そうです。対象を変え、方法論を変え。

岡崎 そこで使おうとしている方法論は

「溶解」の授業ではないですが、根本には、様々な、ばらつきのある人たちが参加して、ばらつきを生かしながら創り上げていくというものです。

澁澤 そうです。しかも対象は、「溶解」も物理化学ですので、同じバックグラウンドにあります。さらに、植物に溶液が入ってからのなかで溶けていくわけですから……。

岡崎 対象の方も「溶解」と同じなのですね。

澁澤 そうです。土のなかの養分がどういう形で植物に入っていくのか。何 m もある高さをどうやって、なぜ上っていくのだろうか。プロトンポンプが大きなカルシウムイオンをどうやって輸送するのか。硫酸銅の溶液ではないですが、溶液の問題というのは非常に大きいですね。それを多くの研究者がずっと追っているわけですから。そこに、土壌や植物の連続系における水の動きや溶液の動きを眺めてみようとしたのです。土壌・植物・大気の連続系を貫く水の、溶液の挙動を研究対象にすると、きわめて陳腐な解析理論に終始しそうになったので、直接には研究対象にはしないで 1 つの作業仮説にしておきました。そのうえで、根っこの形がなんであんなふうに伸びていくのかと問います。

岡崎 溶液の挙動という大きな仮説の下に、「根っこの形はなぜあのような形か」という小さな問いがあるということですか。

澁澤 そうです。植物はその溶液を大気中、外界から取り入れて自分のからだを作っていきます。そのメカニズムのなかで生命活動をします。それでは、どういうふうにそれを取り込むのか。取り込んだ後にどういうふうにからだを作っていくのか。そこで、根系モデルをやるのです。

根っこにはいろいろな形がありますが、進

化の過程でどういうふうにああいうひげ根みたいなものを獲得したのだろうかとか。コケが地上に出るようになった 4 億年前、はじめて自分の体を固定するために根っこが出てきたのですが、そのあとにだいたい発達して 1 億年位前に、双子葉と単子葉という種子植物が現れました。双子葉の主根側根系は 1 本の大きな主根をもちますが、単子葉は、ムギのようにひげ根がたくさんでできます。進化のプロセスではどちらも同じ時期に出現したらしいです。ぼくはどちらかというより過酷な条件に対応できるひげ根系のほうが進化の後で出てきたのではないかと思っているのですが。根っこの先端にセンサーがついていて、養分や水があるかをチェックし、その信号を体中に送って条件のいいところが伸びる。こういうふうにして、健康な根系が作られていくのではないか。根っこの先端は分裂組織ですから、成長ホルモンがそこで生産されて体中に配分されているのではないか、という作業仮説を立てたのです。それが次の形態形成、つまり、1 次の分枝根を、もし小さな亀裂しかない場合は、2 次の分枝根を発生させるというように、新たな分裂組織を作って成長しているのではないかと。そういう作物生理と信号ネットワークを根っこに持っているのがひげ根系の単子葉植物ではないかと。こういうふうに作業仮説を設けました。

でも、植物だけの進化史を取り上げている文献は殆どありませんでした。いくつか拾い読みして、とりあえず植物根の進化モデルを作りました。一応、進化論を信じることにしまして。進化で捨てられた機能はおそらく遺伝子のなかに眠っていると想像しました。それを目覚めさせれば、古い形質が発現します。進化の進んだ段階のものは、古い段階のものの中を含みながら複雑化します。例えば、ひ

げ根の1本1本が主根側根の分枝を繰り返して成長するだろうと。単位長さだけ伸びる要素と、分枝を伴う要素という単純な4つか5つの伸張原理だけを用いて非常に複雑な根っこの形を再現してみました。25年前の当時は皆さんがびっくりしたのですよね。モデルを動かすと、パソコン画面に根っこがもこもこ、観察した根っこと殆ど同じ形が出てきたのです。横浜で開催された5,000人くらい集まる国際植物学会というところで紹介して、ファイトテクノロジーの発想が認知されたようでした。

これは、相似形の入れ子状になっているフラクタル構造といいます。しかし1本の植物の根系がうまく描けても、植物は群落で生育し、かつ、第3次元の現象ですので、描写が非常に難しくなります。そこでいったん打ち切って、今度は土の側の複雑でヘテロな構造をリアルタイムで観測する研究に入ったのです。あるフランスの研究者が根系モデルのソースプログラムがほしいと言ってきたので、そのままプレゼントしてしまいました。

岡崎 目的としては、やはり、畑、農業の問題があるわけですね。

澁澤 そうそう。

岡崎 木の根っこの話もそのなかの1つの問いとして位置づけられるということですね。

澁澤 そうです。根っこがああいう形を作っていくのは、形態的な原理があります。根っこ自身は太らないで自分が入っていく穴を探して入っていくのですね。転頭運動といいます。そして、ムシゲルを排出します。有機酸が含まれるので周囲を溶かして壊していくのです。そういう形で土のなかに発生した亀裂の中に根っこが入りながら世代を超えて展開していくのです。

岡崎 根っこの先から溶かすものが出て

くるのですか。

澁澤 そう、老廃物ですね。沁みてしまうとその分だけ穴が空きます。そこに次の根っこが進入します。

こうしたアイディアは実証されたものでなく、作業を進めるための仮説です。例の島小の「溶解」の実験ではないですけど、植物学の研究者からはげしい反発を受けました。植物の根っこなどというのは地上部に比べて下等だと言うのです。地上部は変幻自在だが品種を決める花の形は一定である。一番大事な進化の中核は花や実だと言うのです。根っこはどうでもよいと言う。根っこ自身の先端にセンサー機能があって情報を集めて自己組織的に形を作っているなどというのは、とんでもない話だ。植物学の世界ではいまだかつてそういうことを主張した専門家はいないし、これからもない、とすごい反発を喰らうのです。20年前の話です。

岡崎 植物学では花や実が主流なのですか。

澁澤 そうです。でも、農家は根っこを温めると地上部が冷えても作物の生育がいいことを経験的に知っています。根の研究者が根っこの先端を分析したところ、ホルモンが分泌されていると分かりました。すると、そこで作られた成長ホルモンはそこで消費されてしまうのだろうかという疑問がわきます。からだ全体に運ばれているというような仮説は誰も持たなかったようです。でも、そもそもホルモンがどこで作られているのかといえば、それは分裂組織でしかない。分裂組織は、植物には2つしかない。根っこの先端と茎のてっぺんです。単純化しすぎですが。茎のてっぺんは日照りとか気象変動に激しくさらされているので、あそこに個体の生命を預けてしまうのは危険だと考えられます。となると、環境が安定している土の中の根の先

端でホルモン生産を分担していると考えるのが、きわめて合理的ではないかと思うのです。最近では、そういう議論が少しなされるようになりました。

岡崎 これもやはり、農家との対話と経験知から生まれてきたのですね。また、成長ホルモンが出ているということも他の研究者が明らかにしてきたことですよね。そういうフィードバックを経て、先生の研究が成り立っているということですね。

澁澤 そうです。もちろん、根の研究者だけでは根の先端でもホルモンができたという発表だけで終わります。その個体なりその生命の全体にどういう役割を持っているのかという議論にはなりません。ぼくは、かりに地上部が過酷な環境にあったとしても、根の先端の部分の成長ホルモンをつくる部分が保護されていれば、その植物は再生できるという仮説をとったのです。レジリエントといいますか。それで、地下部を冷やす実験を久米島でやっていました。15、16°Cの深層水を海から汲みあげてハウレンソウの地下部に流すと枯れずに生きているのです。通常灌水のハウレンソウは、水温が高すぎて枯れていたのですが、おそらく、ハウレンソウの根っこの先端の成長ホルモンの生産がトラブルではないか。それを調べたらどうですかという問題を投げたのですね。

岡崎 で、そうしたら？

澁澤 いや、それっきり。通りすがりだったので。これもファイテック研究会のなかで分野の違う人たちがそれぞれ持ち寄ったものをテーブルに載せると、新しいストーリーができてくるという1例でした。

岡崎 ただ、いろいろと持ち寄ってもコーディネーターがいらないとまらないですよ。ばらばらな知識のままでは……。1つのミッションにたいして、たとえば、生命全体がど

うなっているというような大きな問いがないとならないのでしょうかね。

澁澤 そうですね。大きな問いとお金ですね。これは、たまたまチンザン(Qin Zhang)というワシントン州立大学の教授が編集した大学院生対象のテキストです(Precision Agricultural Technology for Crop Production, CRC Press, 2016)。4年くらい前に精密農業研究のトップ研究者20人程が米国ワシントン州に集まって、精密農業の現状と今後の展望の勉強会をしたのです。日本からはぼくと京大の近藤先生が参加しました。そのとき、みんなが未公表も含む豊富な材料を提供したので、このまま周知しないのはもったいないということになりました。既存ジャーナルの一般投稿では認めてくれないだろうと言いまして。では本を作るか、それともジャーナルに特集記事を提案するか。そうしたらこの本になりました。このテキストはアブノーマルです。このなかに異質なものが展開しています。ぼくは、コミュニティーベースの精密農業を著しましたが、これと同じものがドイツのミュンヘンでも行われているのです。もう1つはグローバル・ギャップ、わかりますか？

岡崎 いえ、わからないです。

澁澤 グッド・アグリカルチャル・プラクティス(Good Agricultural Practice: GAP)と言いまして、農作業のリスク管理にかかわるシステムティックな取り組みで、労働者の人権保護、環境負荷低減や生態系保全、食品安全、動物福祉などに関する法律やルールを守って農業をやっているという実践です。これを認証する国際組織GLOBALG.A.P.があります。GAPを進めるためには精密農業が必要なのですけれども、それはJosse(Josse de Baerdemaeker ベルギー)に書いてもらうことになりました。Jesseは

GLOBALG.A.P.の立ち上げから技術委員会
の中心として活躍し、ぼくは Josse から詳しく
教えてもらい、日本の技術委員会の責任者
にもなりました。GAP の実行では、自分の
畑の地図をつくって、ばらつきを記録して、
ばらつきに合うように肥料をやります。環境
負荷を考え、植物のリクエストを考え、雑草
のことも考え、行動を決めるのです。例えば、
雑草が作物の生育に影響を及ぼすときだけ
対策すればよいわけですから、雑草が小さい
うちは影響がありません。すると、雑草の年
齢を計測できれば、通常撒いている量の 2 割
の除草剤で同じ効果を得ることができるの
です。このような方法で環境負荷を減らしま
す。どの位の薬品を家畜動物に使っているか、
食品の安全に気を使っているか。その労働
者を不当に酷使していないか。労働者が自
分の仕事の使命を自覚しているか。これら
の項目を数え上げたら 234 項目になります。
これが GG.A.P.のグローバル・スタンダード
です。ICT を使って GAP を支援しようとい
うのが精密農業です。こういう指導者には
ベルギーの熱力学、ブリュッセル学派のよ
うな複雑なものを受け入れてサイエンスに
していく、柔軟性に富んだ思考、その洗礼
を受けないと、このような発想はできませ
ん。

岡崎 ブリュッセル学派というのは、多
様性を受け入れるという発想ですか。

澁澤 そう思います。4 か国語、5 か国
語を駆使する人たちです。ダッチ・ピー
プルとって、ベルギー人、スイス人、オ
ランダ人などはグローバル・スタンダード
をつくる人たちですね。こういうふう
に話していても、アイデアを出したり
するのはベルギーの人です。性格とい
うか、面白いですよ。

岡崎 培ってきたものが違うの
かもしれない。

澁澤 システムズ・アプローチのシ
ステム

ズというのは、単一のシステムでは
ないのです。システムックなの
ですね。いろいろなシステムが
たくさん集まって、さらに大きな
システムをつくる、システムのシ
ステム、こういうアプローチが発
達してきたのはベルギーとか
イングランドなのです。イング
ランドでは、ロンドン大学かな
.....、植民地経営をやって
いましたよね。東インド会社
とか。ああいうなかで、むしろ
植民地経営、システム全体が機
能を発揮するための個々の要素
「システム」でなければいけない
という考え方は、システムズ・ア
プローチ自身は、都市計画とか
合意形成とかにも使われています。
これはイングランドのオープン・
ユニバーシティの先生から教わ
りました。彼女はシステムズ・ア
プローチを合意形成やカリキュ
ラム作りなどに利用しています。
その旦那さんは私の友人で、そ
れを精密農業に導入して、ばら
つきをいかに管理するかという
ときには、システムックでなく
てはならないといっています。
ぼくもたまたま日本の農業現場
から同じように思っていたので、
それをこう、合体してやろうと
いうのがこの論文です (A
Systems Approach to Community-
based Precision Agriculture.)

.....島小の「溶解」はシ
ステムズ・アプローチですよ。

岡崎 多様な人間の合意形成
ですか。

澁澤 そうそう。そこでは、
個々のモチベーションも違っ
ている。その個自体が、かな
らずそこに文脈や意思や生活の
場を持っている。それらを反
映している、複数のシステム
が重層的になっていくなかで
1つの.....。

岡崎 合意を形成する過程
がある。

澁澤 その通りです。それを
どういうふうにしたら機能す
るのか、コントロールできる
のかというのが環先生の悩ん
だところだと思います。

岡崎 個々のシステム（システムズ）をインテグレートする、統合する役割ですか。

澁澤 そうですね。授業を平均点でいいとか、そういうふうにされると、あの仕組み自体があまり機能しないし評価されないです。

澁澤 こんなところでいいですか？

岡崎 あ、はい。ありがとうございました。

（了）

農学部地域生態システム学科
3年生の授業
機械基礎工学の配付資料より

「地域」の崩壊 1995.1.17 阪神淡路大震災



環境・資源学科
生産環境工学専修3年
キャンプ・オリザの発足

180名規模の学生ボラ
農工大+関東の各大学



撮影:農工大阪神協力隊
1995.2.3-3.15 ©RN 20120821

地域の再生

5

緊急掲示

1995.1.23

関西大地震に関する 期末テスト及び実習の特別措置について

生産環境システム学講座

澁澤 栄

関西大地震による被災者援助のため、各種ボランティアあるいは知人・近親者を通じて被災地に駆けつける学生は、被災援助活動レポートを提出することにより、以下のものを免除する。

1. 振動工学期末テスト
2. 振動工学第5回レポート (1/25出題予定)
3. 生産環境工学学生実験実習 (2/2, 2/6)
4. 大学院修士生産環境システム学特論II (ゼミ報告)

希望学生は、澁澤まで申し出ること。

カラスライドフィルムを1本提供するので、被災及び援助状況の写真記録を状況報告書に添付すること。4年生は2月28日、2・3年生は3月14日が成績提出日であることに留意すること。

東京農工大学阪神協力隊活動報告書所収（1995年4月15日）

情報化社会の中の「非情報化社会」

東京農工大学農学部 澁澤 栄

表記のタイトルは、阪神大震災の被災者救援にささやかながら関わった私の直観的なイメージを表現したものである。本稿では、農工大学生ボランティアの活動を通じて、表記のタイトルに迫りたい。

1.はじめに

2月3日以来、農工大を中心とする30大学以上の学生およそ180名が農工大学生ボランティア「阪神協力隊」に登録し、被災現地拠点「キャンプ・オリザ」で毎日20～30名規模の活動を展開してきた。延べ人数でいくと一千500名規模になる。3月15日に当初の目的を終了してキャンプ・オリザを解散したが、3月一杯はその後を見守るために、規模を小さくしつつ現地に駐留した。

私は、災害救援をしたことはなく素人考えではあるが、救援活動のステージは大略次の三段階に区別できると感じている。

1)スペシャリストによる救援 災害直後から数時間ないし数日の時間が勝負の救援で、消防隊などのスペシャリストによる被災者救命を目的とする。独自の情報ネットワークと組織をもって現地に入るため、救援活動は世界的規模で公知・支援される段階である。マスコミが最も注目する。

2)一般ボランティアによる救援 避難した被災者が、安全で健康な避難生活を送るための支援が要請される時期で、寸断・破壊された自治組織や情報ネットワークを再組織する過程である。被災者の自立促進のため、物質的精神的なあらゆる支援が要請され、いわゆる素人や初心者も協力に参加できるが、せいぜい2カ月程度である。

3)行政による対応 地域の復興がメインで、被災者が避難生活から解放され、通常の「市民」として自立する段階である。被災者の期待に応える行政の地域復興対策が、主要な救援活動となる。

私達の学生ボランティアが活躍したのは、救援の第2段階であった。それぞれの段階で独自の情報ネットワークと特別な救援組織が必要とされるが、マスコミ報道などをみると、第1段階に形成されたグローバル情報システムがそのまま長く続きすぎたきらいがある。

2.被災現地の状況と農工大学生ボランティアへの期待

マスコミ報道では、震災後1週間ばかりで神戸市がボランティア受付を一次中断とか、神

戸市全体が焼け跡とガレキの山と化したかのような印象をもたせた。行政の対応の遅れも当初から指摘された。

農工大農学部生産環境工学専修3年生のグループが阪神大震災の救援に出かけたいと活動を開始したのは、そのようなマスコミ報道の中の1月26日であった。素人のボランティアはお荷物になるとか、もはや現地でボランティア受付をしてくれないのでは、など学生達の不安と要望を聞きつけた。そこで同僚の千賀氏と私の方で神戸市農政局及び神戸市災害対策本部ボランティア受付係に連絡を付け、2月1日に神戸市灘区の成徳小学校避難所を活動の場所に決めた。連絡の過程で、小中学校や高校・大学などが全て避難所になっていること、避難所と周辺の状況が系統的につかめてないこと、状況把握するためには直接避難所と連絡をとるべきことが判明した。

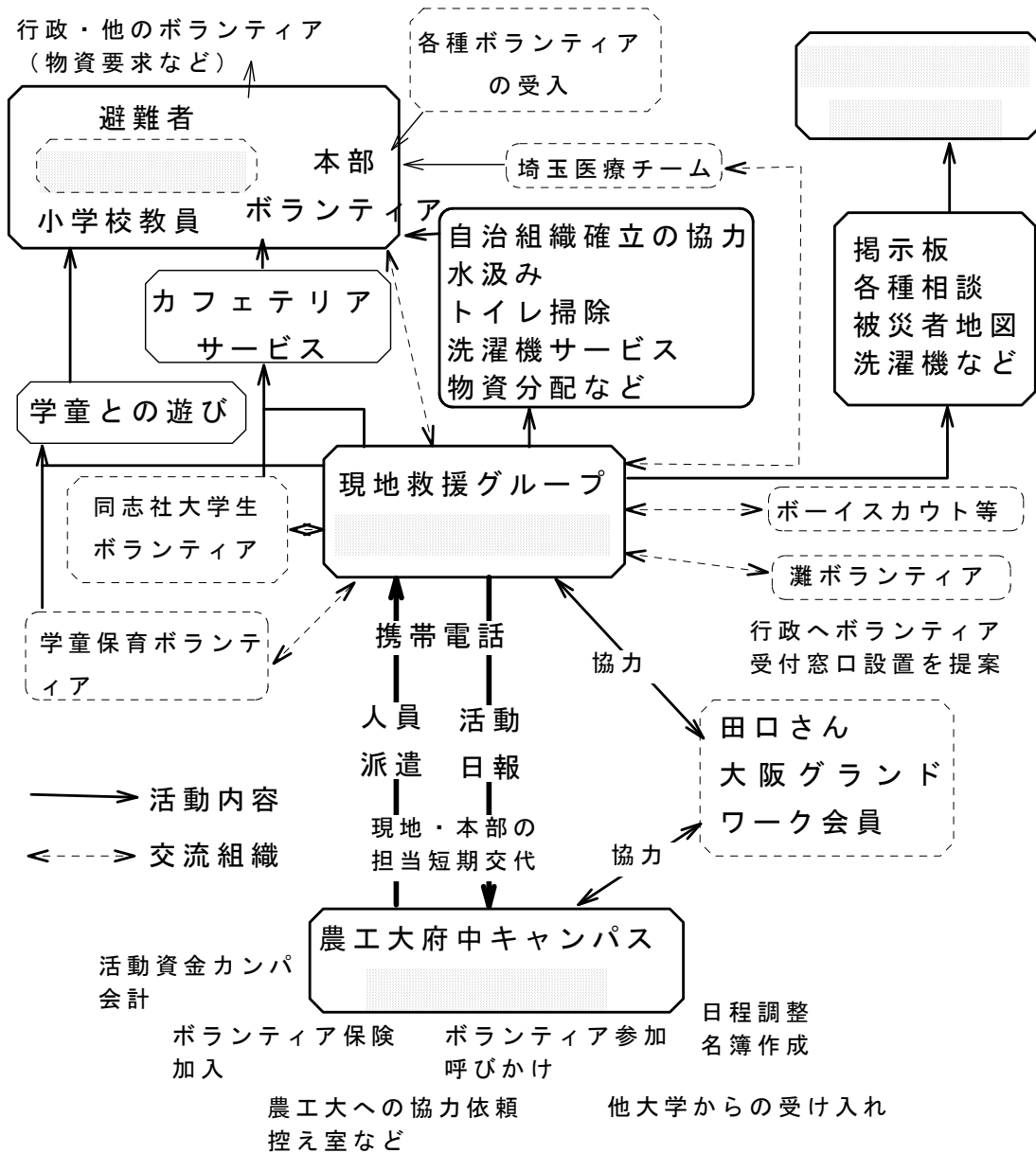
2月1日に成徳小の校長先生と電話連絡ができた。交通網が寸断された丁度中間地点に成徳小があり、物資の配給が最も遅く、いまだ組織的なボランティアが入っていないこと、避難者代表と教員が自主的にボランティアをしているが、疲労困憊で人間関係もピリピリしているとのことであった。行政やマスコミ報道は長田区などに集中しており、灘区の状況は全く知られていない。校長先生からの依頼は、朝晩にポリタンク百数十個分の水をトイレ用水として川から汲み上げること、公園の米軍テントに寝泊まりすること、長期間自前で引継のできるボランティアであって欲しいことであった。

これを学生達に話すと、積極的に応えようではないかということで、農工大府中キャンパスでは阪神協力隊本部が2月1日に30名程で結成された。19人の学生が2月3日現地にはいった。2月4日には、現地の活動グループを、稲の学名にちなんで「キャンプ・オリザ」と名づけた。学生達が直接避難所の中に泊まらず、近くの公園でテント暮らしの救援活動を強いられたことにより、逆に避難所とその周辺地域被災者の板挟みになりながらも地域全体の救援活動という独特な活動スタイルを創造する契機にもなった。

活動内容は大別して、日課としての水汲み、トイレ掃除、物資の仕分け、夜警など成徳小避難所の手伝いと、オリザが独自に発案しながら展開した周辺地域の孤立した被災者への救援であった。

3.活動内容

現地入り直後につかんだ状況は、大略次の通りであった。成徳小避難所では、震災で家屋を失った近在の被災者が避難しており、その数は500名とも1000名ともいわれた。暖房もままならない小学校の教室や廊下あるいは講堂に寝泊まりし、近接する大和公園にテントを張る人々も少なくない。避難者の中から配給物資の仕分けなどの世話人が自発的に「本部ボランティア」を構成していた。本部ボランティアは、対外的にボランティアであると同時に避難者代表でもあるという、二面性をもっていた。震災直後から2日間は物資配給がなく、また物資配給が開始されると毎回受給者の数が1000名から2000名の間で大変動



農工大学生ボランティアの組織と活動内容の概略

した。断水のため水洗トイレの流し水が使えず、衛生面でも危険な状態にあった。教員は、避難所の管理責任を負うと同時に学童の状況把握や授業再開のめどが立たずに焦燥感に駆られていた。埼玉医療チームが数日前に到着し、精神科も含めた総合医療の救援を開始したばかりだが、インフルエンザをはじめ流行感冒や伝染病の危険が指摘され、特にトイレの清掃と消毒が重要なポイントのひとつになっていた。

このような現地の状況の中に農工大学生ボランティアの第1陣が到着した。第1陣以降、徐々に形成された農工大学生ボランティアの活動スタイルの概略図を示す。阪神協力隊本部と現地キャンプ・オリザの綿密な連携のもとに、成徳小避難所への救援と周辺地域への救援

を継続した。

まず成徳小避難所においては、避難者による自治組織確立への協力を念頭におきながら、疲労困憊の避難者が最も困難に感じていたトイレ用水を川から汲み上げる作業とトイレ掃除に学生達は黙々と取り組んだ。学生達の呼びかけに応じて、徐々に避難者がその作業を手伝うようになった。次に困難な課題は洗濯であった。大阪の家電卸（中古家電製品を大量に取り扱っているとのこと）から田口さん（大阪グランドワーク会員、千賀氏の知人で、学童のホームステイ幹旋や炊き出しなどの救援活動を独自に展開していた）が数十台の洗濯機を調達した。洗濯サービスの運営方法を決め、学生が水汲みを手伝いながらの洗濯が開始された。更に、夜警や物資の仕分け、同志社大学生ボランティアに協力したカフェテリアの設置で、避難者に安堵の表情が見えはじめた。学童保育ボランティアと協力して、子供達と遊びはじめると、何処にいたのか多くの学童が集まりはじめ、被災者に笑顔が戻った。また小学校と本部ボランティアや他のボランティア団体とのミーティングの場を開設し、避難生活の改善やボランティア活動改善、あるいは避難者の自治組織の確立へむけて率直な意見交流が每晚定例化されていった。

一方、2月3日時点では、現地の地域情報ネットワークが完全に遮断され、救援物資の要求数すら不明であった。弁当や物資の配給に関連して、被災者同士がいがみ合う状況でもあった。成徳小より依頼された学生達が、地図を頼りに個別訪問してはじめて周辺被災者の数と成徳小避難所が必要とする救援物資の量が確定した。

この個別訪問が、オリザの位置づけを劇的に変えた。震災以来1度しか弁当をもらっていない人や、腰痛で水汲みできない老人、医者を探している人、などと次々対話することになった。初日で信頼されていないことを感じた学生は、翌日も次の日も訪問した。成徳小避難者からみると、地域に孤立した被災者は少なくとも住む家があって恵まれていると感じ、また地域の被災者からは、救援物資や炊き出しの時間すら教えてもらえず、成徳小では情報と物資の独り占めをしている、などの非難が学生達に浴びせられた。聞きだした不満や要求は、ほとんどマスコミで取り上げられておらず、放置されたままになっていた。そこで「成徳ホットライン」という掲示板を地域に張り巡らし、病院や風呂、あるいは炊き出し予定など、身近に要求される情報を学生自ら発掘しては地域に流した。学生の知恵と「足」を媒体とした情報ネットワークである。更に、前述の洗濯機の手配と配置、子供との遊び、他の避難所ボランティアグループとの交流など、名実共に地域の情報ネットワークセンターとなっていた。郵便配達屋が、配達先を尋ねに来るまでになった。また灘ボランティアとの交流や、行政などへ灘区ボランティア受付窓口開設の要望書も提出した。

埼玉医療チームからの要請で、オリザに参加していた看護学生が近隣の避難所の実態調査に協力し、また保健所の協力へも出かけた。その結果、流行感冒の心配はないことが確認され、避難者を安心させた。

ここで要請される情報は、極めて具体的で個別的なものだから、本人にとって決定的なもの

のであった。そのような情報は、既存の大規模なネットワークにのる術もない。学生のロコミネットワークしか、方法がないようであった。

4. 学生ボランティアを支えたもの

この活動を支えたものは、「ボランティア精神」などという崇高な理念や思想ではない。参加した学生は、被災現地の状況を見ていたたまれない気持ちになったとか、ちょっと手伝いにいってみたいになったとか、あるいは友達が誘ってくれたなど、ごく普通の感情を動機としている。また新聞を見て、これならできそうだったなどもある。このような動機を背景にして、「その気になれば誰でも気軽に参加できる（水汲み）ボランティア」を基本コンセプトにし、オリザが集団として自立することをめざしたことにある。連日オリザからの日報をもとに、阪神協力隊本部では要員確保や活動資金カンパ、ボランティア保険加入などの実務をこなした。携帯電話による交信も威力を発揮した。試験期間中で短期滞在しかできず、引継にことのほか労力をつぎ込んだ反面、オリザと阪神協力隊本部のメンバーが次々と入れ替わって、生々しい迫力有る系統的経験交流が可能になったのも、重要な特徴であった。

朝日新聞多摩版に掲載されて現地ルポシリーズ「農工大生救援日記」や読売新聞で紹介された活動内容は、学生や市民へ活動の輪を広げるのに重要な役割を果たした。特に救援日記では、具体的な事実を淡々と紹介するのみの記事でありながら、都内の学生や高校生の心を揺さぶった。「農工大のボランティアに参加したい」という電話が連日のように鳴り響き、50名以上の都内在住学生・高校生がこれに加わるようになった。農工大の学生が発行しているミニコミ誌「夢原」の号外が5回にわたって5千枚以上も学内や他大学に配布され、学生の目からみた救援活動内容が鋭い視座で報道された。

そして、市民の活動資金カンパ、中には年金生活者から5万円の寄付をいただいたり、病弱な方が自らの代わりに現地へ入ってくれと渡してくれた寄付など、様々な期待と思いが込められていた。その思いが学生達を神戸の地へ運んだ。大阪グランドワーク協会会員の田口さんの実践的で効果的な現場でのアドバイスが、オリザの活動を次々と発展させた。現地でオープンに様々な団体と交流を進め、互いに励ましあった。最後に、地域住民の理解と協力そして温かい支援を忘れることはできない。学生達は、「そんな大それたことをしたわけではない、ごく当たり前のことだよ、ちょっとお手伝いをしにいっただけなのに」と、マスコミの何かを引きだそうとする鋭い取材に閉口する。

農工大の学生ボランティア活動を支えたものを要約すると、以下の5点に絞られそうである。

- 1) かつての家族制を中心とした地域互助システムの崩壊により危機に瀕した日本社会が、震災を契機に新しいタイプの互助システムを要求し、その一つとしてボランティアが一種の社会現象になった。
- 2) ボランティアスペシャリストでなく、ごく通常の市民感覚でボランティアに参加する学生

達を組織し、また被災者と同じ釜の飯を食いつつ、共に悩みながらの活動を展開した。

3)被災現地の寸断された地域社会に対して、自治組織確立をめざした独自の地域住民情報ネットワーク形成を追求した。

4)マスコミが事実に基づく報道姿勢で協力してくれ、市民の幅広い共感と支援が約束された。

5)教官や大学の側面からの協力、田口さんの実践的な支援、更に本部ボランティアの指導や励ましが学生達の精神的支えともなった。

5.おわりに

3月上旬に水道が復旧し、水汲みの重労働から解放された。同時にオリザの当初の目的も完了した。トイレ掃除とか炊き出し、或いは成徳ホットラインや洗濯場の管理など、オリザの活動が次々と引き継がれるようになり、3月15日にオリザの解散を向かえた。オリザ解散式には、校長先生や被災者代表が心のこもった感謝の言葉を贈ってくれた。近在の住民は、幾度となく「ご苦労さんやったな、ありがとう」と声をかけてくれ、菓子折などの差し入れをしてくれた。地域の人々と共に悩み、共に考え、そして集団で困難を乗り越えてきたオリザの活動が、地域の人々の心に深く刻まれたことだろう。解散後はオリザOBとして、小学校の卒業式を講堂でとりおこなうための最後の活動に取り組みはじめた。

救援活動をするためには、少なくとも二種類の情報ネットワークが必要であった。ひとつは学生ボランティアが自立するための独自のネットワークであり、東京—大阪—神戸を結ぶラインであった。もうひとつは、被災者が要求する地域ネットワークであり、孤立者—避難所—区役所(行政)を編み目状に結ぶものである。学生達が形成した前者のネットワークは、後者のネットワーク形成を補助あるいは協力する形でつくられたものであり、被災者に対しても救援者に対してもオープンであった。ボランティアスペシャリストが形成するネットワークはその組織内やマスコミ・行政トップに対してオープンだが、被災者に対してとかくクローズドに見えるのは、単なる思い違いだろうか。

4月15日には、市民の協力への感謝を込めたオリザ活動報告会を府中キャンパスで開催する。

A Systems Approach to Community-based Precision Agriculture

Chapter 7 in *Precision Agriculture Technology for Crop Farming*. Ed. by Qin Zhang, CRC Press, 2015.

Sakae Shibusawa

7.1 Introduction

The term “precision agriculture” is widely known in Japan. For example, the term scores 120,000 hits on the BIGLOBE website and 1,001,000 hits on Yahoo-Japan in 2014, growing from a few hundred in 2000. The hits cover activities in industry and agriculture, as well as information technology for scientists, engineering, and administrators. In general, they expect that precision agriculture has the potential to offer future solutions to complicated issues in agriculture, like environment vs. productivity and globalization vs. localization. The articles [1-3] mention that precision agriculture is a management strategy based on advanced information technology, including describing and modeling soil and plant variability and integrating variable-rate field operations to meet site-specific requirements, all aiming at increasing economic returns as well as reducing energy input and environmental impacts.

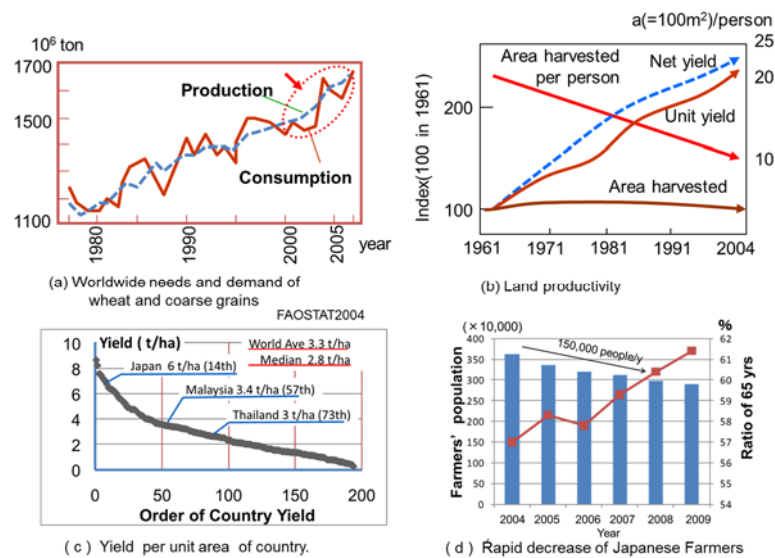


Figure 1. The position of Japanese agriculture in the world.

In the last decades, multiple concerns such as shortage of food and water, global warming, and energy crises have crept up on people. As for food supply, world food production has increased with food consumption of cereal crops in a half century although, in the last decade, production could not catch up with consumption, as shown in [Fig. 1a](#).

The demand for crops has increased due to increases in population, industrial needs, and meaty, fatty diets accompanying lifestyle changes. A major contribution to increases in the net yield of crops has been the increase in yield per unit area, that is, increased land productivity, while the area of harvest has not increased during the last 50 years, as shown in **Fig. 1b**. In general, land productivity depends on the crop variety, agricultural materials and facilities, and farm mechanization, as well as socio-economic factors such as the organization of growers.

Keeping land productivity higher is one of the advantages of Japanese agriculture, as shown in **Fig. 1c**, because of its well-organized community of growers but with small-scale farms. In spite of the high land productivity and top-20 net production in the world (FAOSTAT 2009), the population of Japanese growers has decreased by 150,000 per year during the last decade, resulting in a decrease to one-tenth of 2.5 million by the year 2030 (**Fig. 1d**). This is inducing rapid changes in the structure and system of Japanese agriculture, followed by some states in the world.

The statistics of the Japanese government in 2012 show that the number of growers was 2.5 million, the number of sale farmhouses or commercial farmers was 1.78 million, and the number of young farmers was 0.17 million (**Fig. 2b**). The same statistics show that there is 368 million ha of arable land with an average scale a 2.2 ha, and that 32% of the arable land belongs to 2% of farmers with a farm scale of more than 20 ha. On the other hand, the Japanese population is decreasing dramatically, by 260,000 per year in 2013 and by a million per year in 2025, which causes big changes in socio-economic systems. For example, the needs of consumers tend to shift from price and calories to the safety and functions of foods.

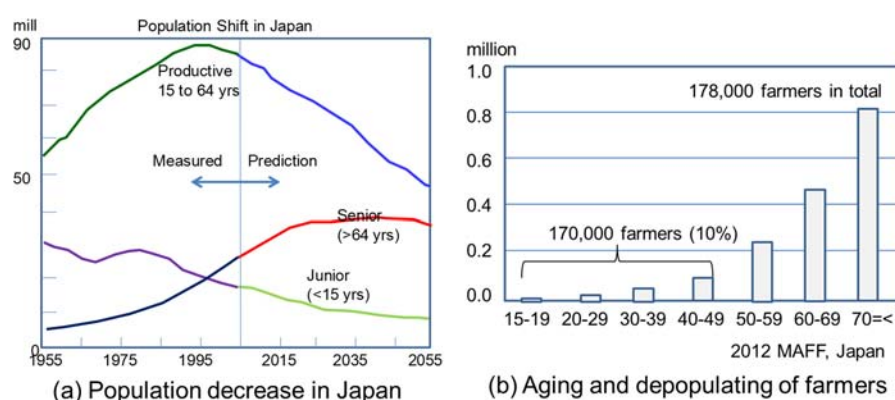


Figure 2. Rapid aging and depopulation in Japanese society and agriculture.

Not only land productivity but also consumers' needs have become targets of current farm management in Japan. Transfer of skills and technology has also become big business from generation to generation, from industry to agriculture, and from agriculture

to industry. That is why precision agriculture and its players has become the target of the investigation. The community-based approaches of this chapter will provide a hint to creating a way of thinking.

7.2 Community-based precision agriculture

In this chapter, “community” implies practitioners and/or players of precision agriculture, and precision agriculture implies management practice on the farm. The combination of players and management requires us to re-discover the story of precision agriculture as follows. Community-based precision agriculture is a new regional farming system to gain high profitability and reliability under regional and environmental constraints, promoted by wisdom farmers and technology platforms, by creating both information-oriented fields and information-added products, with supply chain management from field to table [4]. The definition brings us to a home ground where growers, engineers, and business people take action.

During the current quarter of a century, we have experienced five different phases in precision agriculture [4]. The first phase was site-specific crop management in early '90s. The second phase was mechanization as sensor-based site-specific crop management with variable-rate operation in mid-'90s. The third phase appeared in the latter part of the '90s with precision agriculture defined by “a management strategy that uses information technologies to bring data from multiple sources to bear on decisions associated with crop production” [1]. Furthermore, “a key difference between conventional management and precision agriculture is the application of modern information technologies to provide, process, and analyze multisource data of high spatial and temporal resolution for decision making and operations in the management of crop production” [1]. The fourth phase appeared in the latter part of the '90s as cost-driven company-based precision agriculture. And the fifth phase appeared in the early 2000s as value-driven community-based precision agriculture.

The structure of community-based precision agriculture is composed of two organizations, that is, farmers and industry, and five stakeholders to collaborate with, as shown in **Fig. 3**. On the side of the farmers, variable management focuses on within-field variability and between-field or regional variability. Within-field variability is embedded in a single field with a single plant variety in general. Between-field variability implies variability among fields in which different crops and farm works tend to be managed. When it comes to describing between-field variability, each field can be treated as a unit of mapping. Which variability should be managed for increased economic returns with reduced cost and how to tackle environmental concerns need consideration.

There are different stories regarding the practice of management in action when one

looks at field variability on different scales. On a single small farm, the farmer can better understand what is going on in each field, which enables variable-rate application for site-specific requirements with farmers' knowledge and skills. When it comes to covering an area of a few tens of hectares including lots of small fields for example, a farm work contractor or a farm company has to manage regional variability due to cropping diversity. They also have to coordinate the farmers with different motivations due to different cropping styles. Here, we have hierarchical variability: within field, between field, and between motivations with different scales and different cropping styles.

Managing hierarchical variability requires two organizations, wisdom farmers and a technology platform, as shown in Fig. 3. The groups of wisdom farmers play the role of top management of innovation in the regional farming system, such as re-arrangement of the five factors of the farming system (see Fig. 12) and development of scenarios for introducing approaches in precision agriculture. The technology platform develops and provides the technologies available with rural constraints as well as marketing channels for high-quality/traceable agro-products.

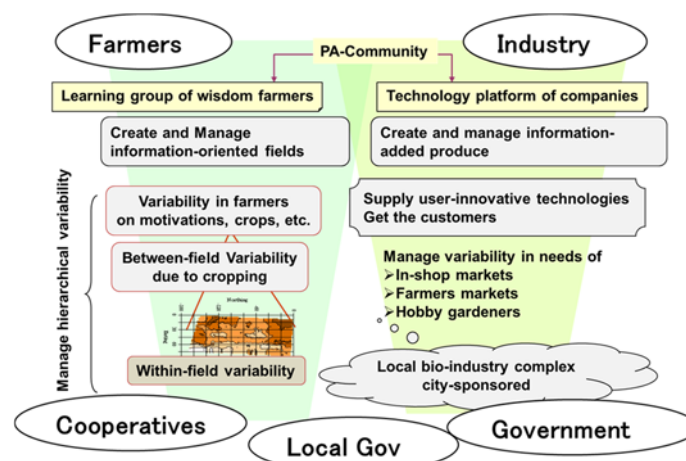


Figure 3. Structure of community-based precision agriculture.

A combination of the wisdom/experience of the farmers and the technologies of the platform will produce information-oriented fields and information-added products, as shown in Fig. 4, which can meet compliance as well as farmer's motivation, such as traceability, productivity and profitability, and environmental concerns.

Rural development by introducing precision agriculture is an attractive proposition in Japan because people face the serious concerns of depopulation, high aging, a downsizing economy, and exhausted infrastructure in rural villages and cities. The information-oriented fields produced by precision agriculture practices are easy to connect with the multi-functions of agriculture so as to manage environmental conservation and design landscape amenity if it merges with a geographical information

system (GIS) covering the whole space of a rural area, aiming at gaining the trust of local inhabitants. The information-added products make access to the market with direct communication with consumers easier.

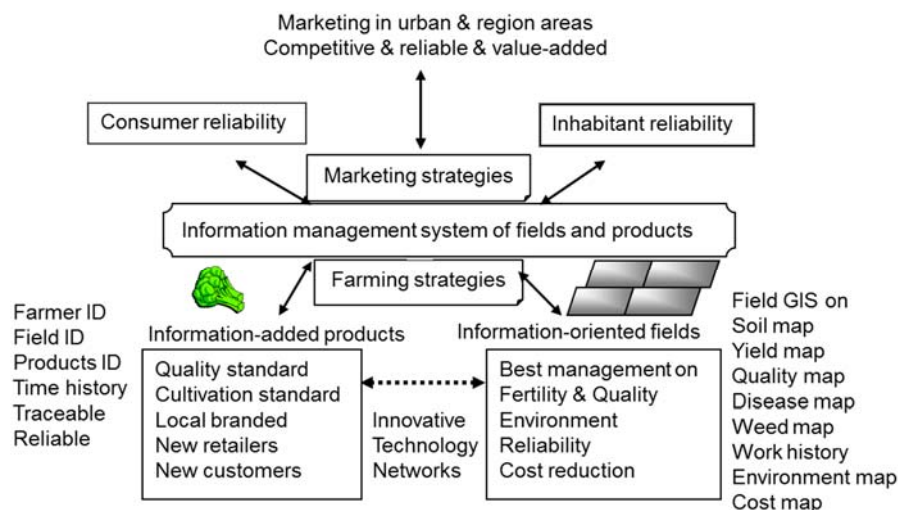


Figure 4. Strategy of community-based precision agriculture.

Shibusawa [1] discussed adoption of precision agriculture in the cases of US and Japan in the early 2000 in terms of scale merit and added value. Adoption of precision agriculture in the US followed a cost-driven scheme of big-farm management with reduced costs, and its profitability threshold was more than 500 ha in farm size [3]. Cost reduction was 20% for fertilizer and 50% for herbicide for example, but less or little increase appeared to occur in yield and total sales. Sales were about 1,000 US\$/ha for crop growers and 30% of that was expenses for fertilizer and chemicals. The cost reduction effect was around 100 US\$/ha. On the other hand, they paid about an extra 80 US\$/ha/year for precision agriculture service and purchased machines such as variable-rate fertilizing machines costing hundreds of thousands dollars. Big retailers pushed farmers for lower prices with the pressure of global food markets. The only avenue for commercial farmers was to obtain scale merit for cost reduction. Profitable farm sizes tended to be large in the mid-USA, for example 200 ha in the '90s, 500 ha in the 2000s, and 1000 ha in the 2010s (hearing from consultants).

On the other hand, a small farm in Japan had no scale merit. The expenses for machines and labor were relatively high, compared with the cost of fertilizer and chemicals; that is, over-equipment with machinery on a small farm was a fatal issue. Evidence-based collaboration was one avenue. Note that sales were about 10,000 US\$/ha for rice crop growers, which was about 10 times as high as the sales of US farmers. This motivated farmers to sell their products at high prices. If they could ensure the needs of

consumers and supply quality products to the market, they could be competitive in the food supply chain. The distance between growers and consumers might be very close in Japan, compared with the USA.

7.3 Learning group of farmers creating branded produce

One learning group was the Honjo Precision Farming Society (HPFS) organized by progressive farmers in April 2002, in collaboration with Waseda University, Tokyo University of Agriculture and Technology, industry people, and City Hall. The leader of the farmers recognized that City Hall had promoted zero-emission town planning and was awarded ISO 140001 certification in March 2002, and environment-friendly agriculture was one of the main city projects.

Honjo City is located 100 km north of Tokyo, having the longest daylight time and rich alluvial soil with rich irrigation water from the Tone River. The population of the city was 80,000, the farmed area was 1,300 ha, the population of farmers was 1,200, and 25% of these were professional farmers. The net sale of agricultural products accounted for more than 8 billion JPY, and the sale of vegetables occupied 65%. Around 130 professional farmers formed “New Farmer 21,” a society of entrepreneurial farmers, and their leaders organized the HPFS.

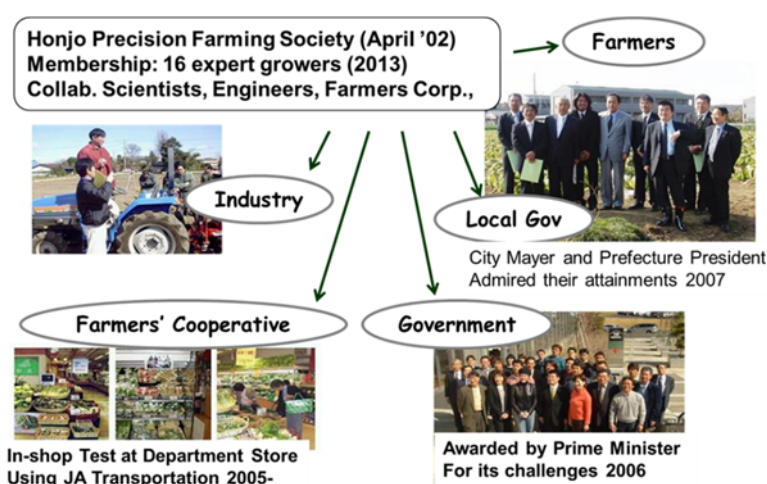


Figure 5. Activities of the Honjo Precision Farming Society (HPFS)

A membership qualification of the HPFS was to implement environment-friendly management as “eco-farmers” certified by the local government, creating a homepage of their own, and attending inter-net communications, as well as managing the qualified products with the highest price in the market. The next action was to organize seminars

and workshops on precision agriculture. They invited professionals and scientists to their evening seminars every month in 2003, with topics on the motivations of buyers, branded produce, emerging technology, agricultural policy of the government, and so on, including an international seminar inviting Marc Vanacht (Fig. 5). They then conducted a social experiment on in-shop sales of their information-added products.

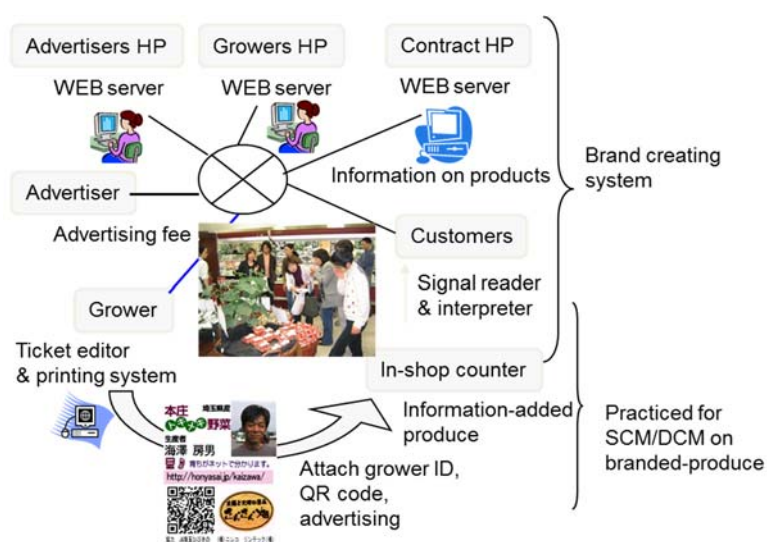


Figure 6. Scheme of the branded produce of HPFS.

During the social experiment on in-shop sales, they invented a technology package on creating an identification (ID) tag and its usage, as shown in Fig. 6. At the farm, a grower of HPFS edited and printed his small ID tags with a photograph of his face, and attached it to each package of vegetables in the packing process. At a department store and a wholesaler, high-quality vegetables with ID tags were put in the fresh vegetable corner at prices 20-30% higher compared with the normal. The farmers' cooperative to which they belonged transported the vegetables from the farm to in-shop. It was easy for customers to access the respective growers through their websites by mobile phone by clicking the two-dimensional code on the tag. The growers wrote a farm work diary on their homepages every day, which helped direct communication between growers and consumers. They put a simulator of retrieval action in the fresh vegetable corner in the department store. The growers stood at the corner and demonstrated using a mobile phone.

The cost of the ID tags was 3-5 JPY (0.03-0.05 US\$) per sheet and nobody was willing to pay for it. A solution was a scheme of voluntary advertisement. The vegetables produced were specialized by environmentally friendly management and quality taste, and the produce could consequently connect environment-oriented people across the food chain from growers to consumers. They asked companies and organizations for a chance

to advertise with them, and a couple of companies joined the scheme.

The activity of HPFS was awarded by the prime minister of Japan in 2005 for creating branded produce using information technology and specific patented skills.

Another precision agriculture learning group was the technology platform called the “Toyohashi Precision Farming Network (Toyohashi PF-net) Society” located in Toyohashi City, Aichi Prefecture, founded in May 2002 [5].

Toyohashi City is a middle-sized city with a population of 380,000, located in the middle of the main island along the coast of the Pacific Ocean, between the big cities of Tokyo and Nagoya. The net sale of agricultural products was more than 50 billion JPY in 2000, which was the top sale in the cities in terms of agricultural production. The Toyohashi-Atsumi area produced more than 100 billion JPY of agricultural products. The farmed area was about 15,000 ha, the population of farmers was about 10,000, the average farm size was about 1.5 ha, and 25% of the farmers were professional according to the statistics of 2000. People were motivated to maintain the top sale of agriculture in Japan by introducing a new system of precision agriculture.

The Toyohashi PF-net Society conducted workshops on precision agriculture every two months, extending information technology to farmers, and consulting on collaboration between companies and farmers. They also collaborated with the city halls and farmers’ cooperatives, which has resulted in many achievements during the last five years.

Atsumi Farmers’ Association had undertaken a workshop on real-time soil-sensing technologies and an in-shop test on information-added products. “JA Toyohashi,” a local agricultural cooperative, has conducted in-shop tests on information-added products through supermarkets in Osaka and Tokyo as well as the Toyohashi area. They also distributed and collected questionnaires and confirmed that consumers asked to know date of harvest, about safety and health, and about the environment as well as price.

Four city halls in the area also encouraged such grass-roots movements by promoting a master vision for introducing precision agriculture. The master plan addressed six missions: introducing precision farming, managing the traceability of products, enriching resources of by-products, opening a community market, inviting a conference on precision agriculture, and running agricultural information networks. They organized the national congress on agricultural information networks with thousands of attendants and the first Asian conference on precision agriculture (ACPA) on August 5-6, 2005.

The achievements of the two learning groups have taught us that the participating farmers (1) were familiar with internet communication, (2) had higher education levels, (3) grew high-quality produce, (4) had good sales and marketing experience, and (5) were greatly outgoing and sociable. The most important thing was that they have ambition to

become good-practice farmers enhancing local communities and industries. The experience above partly followed the aspects mentioned by Blackmore (2002).

Blackmore [6] identified eight principles in precision agriculture: that (1) precision agriculture is a management process, not a technology; (2) spatial and temporal variability must be measured; (3) the significance of variability in both economic and environmental terms should be assessed; (4) the required outcome for the crop and the farm must be stated; (5) the special requirements of the crop and the country should be considered; (6) ways to manage variability to achieve the stated outcome are to be established; (7) methods to reduce or redistribute the inputs and assess the risk of failure need to be considered; and (8) crops and soil must be treated selectively according to their needs. An attractive aspect is that the development of precision agriculture is characterized by continuous evolution based on independent thinking associated with multi-disciplinary collaboration under the crossover of new ideas from other areas.

7.4 Community-based approach in Indonesia

A unique approach that emerged in Indonesia, as a project of education for sustainable development (ESD) based on the concept of precision agriculture, is called the “community learning activity center as the medium for precision agriculture technology implementation with a decision support system to optimize food crop management” sponsored by the Indonesian government [7]. A strong motivation to embark on the project was a remaining shortage of stable food production against demand due to an increasing population and changes of lifestyle in spite of increases in primary food production. Bottlenecks recognized were biophysical factors such as exploitation of land and water resources, economic factors like shortage of fertilizer because of high cost and low income, social factors like habits of chemical fertilizer use or stereotypical professional farmers, and technological factors such as less knowledge and poor instrumentation of precision agriculture.

The project team was organized by the Faculties of Agrotechnology, Communication Science, Economics of Development, Agribusiness, and Informatics and Environmental Engineering of the University of Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia. The project covered the issues of sustainable economic growth through increased value-added food products, social justice through equal rights and opportunities for access to efficient technologies in food production systems, and preservation of natural resources by maintaining sustainable fertility. Action programs involved: mapping the diversity of agricultural land characteristics to build a database;

modifying the simulation model of the existing soil-plant-water system; producing precision agriculture technology adapted to local culture; and developing an ESD-based education system. Establishing the Center of Community Learning Activity for Precision Agriculture was a milestone of the project.

In 2010, the agricultural agency in Magelang District selected six sub-districts for a social experiment, i.e., Windusari, Tegalrejo, Secang, Salaman, Muntilan, and Salam. The activities were categorized by preliminary research, community service, and socialization program.

The preliminary research was composed of mapping soil variability, identifying the farming system, determining the economic aspects, identifying social aspects, developing a crop management model, and recognizing the requirements for structuring a decision support system. The community service provided six districts with 25 students from four faculties for 40 days of activities including collecting research data and supporting social activities for research and for local communities. The socialization program involved a field trip for professionals, open lecture for students, and workshop on precision agriculture.

Dr. Sakae Shibusawa was invited to join the field trip and workshop under the scheme (Fig. 7). They had organized learning groups of farmers in collaboration with local government and university people using ICT tools. Unfortunately, on October 26 in 2010, a great eruption of Merapi volcano attacked the Magelang District and the six sub-districts suffered serious damage. The project was halted by the disaster, but the people soon started restoration work.

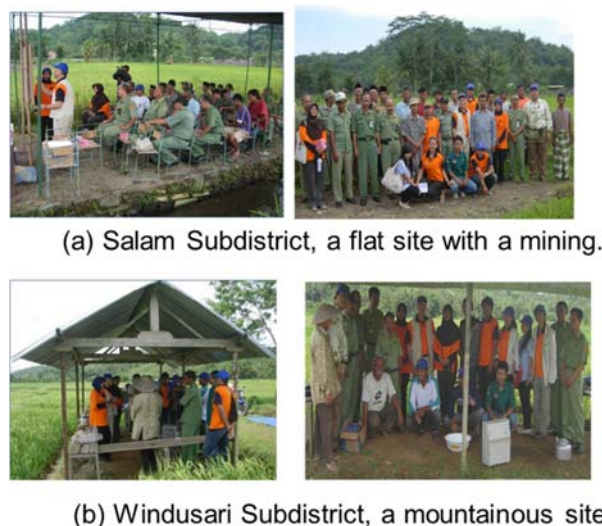


Figure 7. Community-based approach to education for sustainable development (ESD) in Magelang, Java.

7.5 Precision restoring approach

“3.11” in 2011 is the day that northeast Japan was attacked by a tri-disaster: a super earthquake measuring M 9.0, a huge tsunami of more than 10 m high, and explosion of nuclear power stations. Huge damage was confirmed across the cities and rural communities, including agricultural and industrial sectors. In the last three years, the restoration stage has rapidly changed. Fukushima Prefecture still has issues regarding measuring both radioactive contamination and tsunami damage, while Miyagi and Iwate Prefectures are focusing on recovery from tsunami damage.

The Japanese Society of Agricultural Machinery (JSAM (now the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers or JSAM)) provided help for recovery from the damage due to the disasters [8]. They had less experience of combating such a huge catastrophe of complex disasters. One useful approach was in precision agriculture that was applicable to not only agricultural sectors but also environment and construction fields [4, 9], which led to the evidence-based approaches with precision thinking.

On March 12, the first action started with a call for confirmation of the safety of the members of JSAM through e-mails, cellular phone, internet service, and so on. It took one week for the Kanto area and two weeks for the Tohoku area to be completed. Unfortunately, we received information that three student members had been killed by the tsunami at Sendai Airport.

Information through media and direct calls led us to organize the working team of JSAM on March 30, 2011. The missions of the team were: (1) to validate the facts and information on the disasters since there was confusion and complexity; (2) to investigate the damage in terms of agricultural machinery and farm management; and to (3) propose better solutions to reconstructing community-based agriculture. The working team reconfirmed the potential of Tohoku’s agriculture with references. The statistics compiled by the Tohoku regional agricultural administration office in Sendai in 2010 stated that agricultural production was worth 1,359 billion JPY with an occupation of 16% of the total production in Japan, including 496 billion JPY of rice, 383 billion JPY of livestock, and 228 billion JPY of vegetables. The number of growers was 463,000 with a ratio of 16% to all growers in Japan. The ratio of growers above 65 years of age was 30% and it was lower than the national average of 58% in Japan. Local self-sufficiency in food production in the Tohoku region was more than twice the national average. Apples of Aomori Prefecture occupied 53% of the entire production of Japan, cherries of Yamagata Prefecture accounted for 71%, and the share of peaches of Fukushima Prefecture was 20%.

On September 12 and 13, the working team visited paddy fields in Kitakami of

Ishinomaki City and fields of protected horticulture in Watari of Natori City in Miyagi Prefecture. One site that they visited was the Kitakami riverside around 10 km distant from the coast, as shown in **Fig. 8**. The people suffering from the tsunami emphasized the following: (1) The tsunami brought a large amount of rubble on a path of over 10 km distant from the coast and they still had not removed it (**Fig. 8c**). (2) They cut and removed the weeds in the paddy fields to prepare for the next cropping season (**Fig. 8a**). (3) They had less concern about salty sludge since the sludge used to be applied in the paddy for soil improvement. (4) They needed recovery of transportation, repair of drain pumps, and recovery of machines and facilities in order to restart farm work. A local dealer continued work on repairing machines flooded with seawater (**Fig. 8d**). It was difficult to repair them perfectly because of salt and sludge invading into spaces unseen.

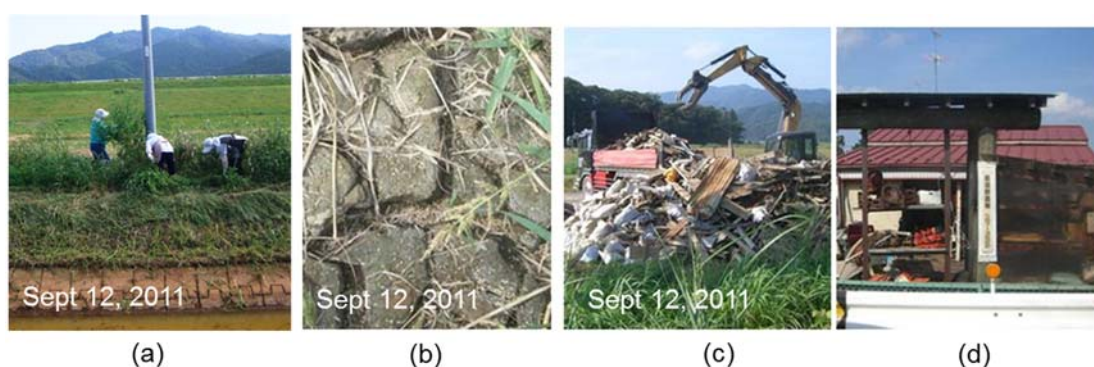


Figure 8. People's combat against tsunami disasters in Ishinomaki City, Miyagi.

- (a) Weed control of over-flooded paddy for the next cropping season.
- (b) Sludge of 10 cm thick fully covering the paddy field.
- (c) Dumped rubble produced by the tsunami at 7 km from the coastline.
- (d) On-service local dealer of agricultural machinery.

Based on the results of the survey, the JSAM proposed five recommendations: (1) to make a strategy for land consolidation and for management newcomers of agricultural professionals; (2) to protect the intellectual properties of farmers; (3) to repair the service network of agricultural mechanization; (4) to reconstruct the system for both producers and retailers at the same time; and (5) to maintain farm assurance and standard farm management such as GLOBAL G.A.P.

The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries has launched many national projects for recovery from disasters, such as intensive arable farming (**Fig. 9**), a highly automated greenhouse system, highly effective orchard cultivation, and an intensive system of aquaculture. A major target was a business development campaign of advanced technology for restoring agriculture accompanied by the local community. **Figure 9** shows a project of national institutes and private companies for arable farming employing cereal crop rotation using a technology package of precision agriculture, such as a field

mapping system and variable-rate technology, and then the agricultural corporation “KOYA” joined the project. KOYA Corporation was founded by five local growers in 2003, and 90% of its 100 ha paddy fields suffered damage from the tsunami; in addition, the machinery and facilities were flushed away. They restarted cultivation just after the catastrophe and the national project helped them.

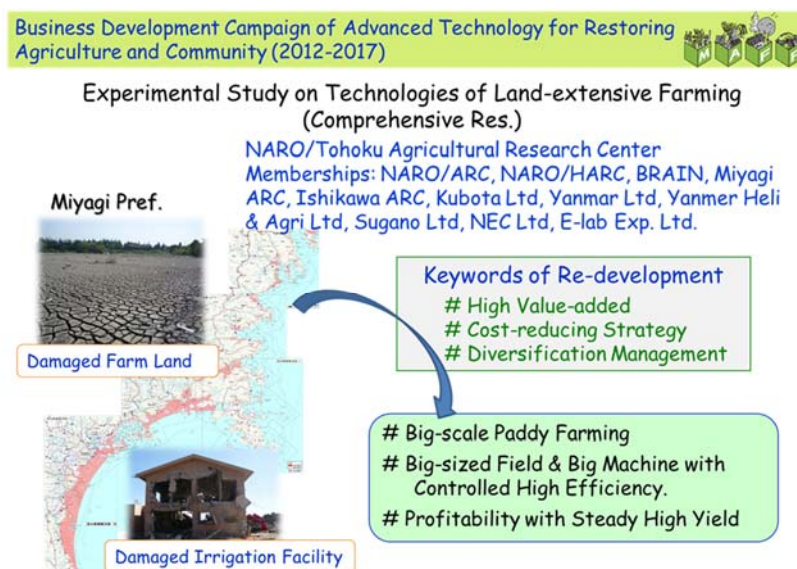


Figure 9. National project of arable cultivation, Koya Corp. in Miyagi Prefecture.

Goto et al. [10] have organized a JST (Japan Science and Technology Agency)-funded three-year project on precision restoring agriculture in the Fukushima area in 2012, as shown in **Fig. 10**. The project team is composed of organizations who had suffered from the tsunami: the agricultural corporation DENPATA, the manufacturing company KANDA Ltd., support organizations, ADS Ltd., the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and the Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT). They suffered serious damage by not only the East Japan earthquake disaster, but also rumors related to the collapse of the nuclear power plant, and they had rural issues of farmers’ aging, depopulation in the village, the “food desert” phenomenon, and so on. Therefore, they hungered to have a future vision as well as measures against rumor damage. One idea was an evidence-based farm management scheme.

The goal of the project is to create an information-oriented field to meet the request of consumers in the market. Within a limited budget, a real-time soil sensor was introduced to monitor the within-field soil condition, and sensor posts were set up in the field to monitor the dose of radiation, wind velocity, wind direction, rainfall, etc. Yanmar

Ltd. joined voluntarily to provide a combine harvester with a yield monitor in 2014. The project was still developing with community-based approaches.

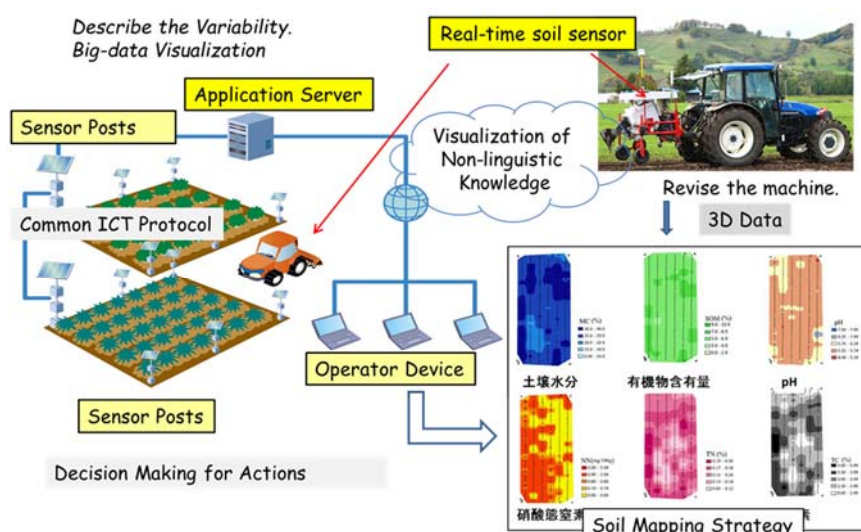


Figure 10. Precision restoring agriculture in Fukushima towards traceable management against rumor damage.

7.6 Agro-medical foods

The strategy of agro-medical foods was formed in 2009 when the concept of community-based precision agriculture encountered the concept of preventive medicine at the meeting of Dr. Sakae Shibusawa and Dr. Toshikazu Yoshikawa, and it then drove many collaborative projects in the fields of medicine, agricultural science, engineering, and industry, though it was not introduced in English [11]. This agro-medical approach promises to expand the fields of precision agriculture, and that is why its briefing is introduced.

“Agro-medical foods” are defined as agricultural products with a high content of functional materials with evidence of effects on health and wellness produced by precision agriculture, and they are created by the agro-medical initiative, as shown in Fig. 11. The agro-medical initiative is a research group of medical, agricultural, and engineering scientists, aiming at the cure of lifestyle-related disease by having agricultural products with a high content of functional materials.

Figure 11 shows a research cycle of agro-medical foods. The agricultural sector supplies fairly controlled products to the medical sector, which requires controlled protocols of production with traceable management. The medical sector confirms the evidence of effectiveness against disease prevention and wellness in medical science. The

nutrition and dietetics sector provides personalized diets using agro-medical foods. The business sector commercializes the agro-medical foods and diets. The engineering sector provides bio-sensing and control technology to manage the system and communicate beyond disciplines.

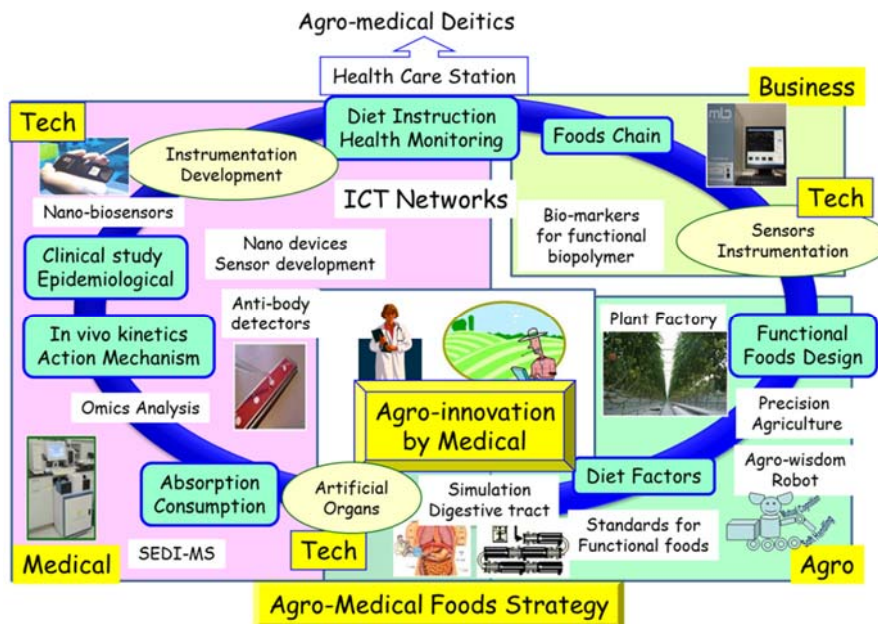


Figure 11. Concept of producing agro-medical foods (AMF).

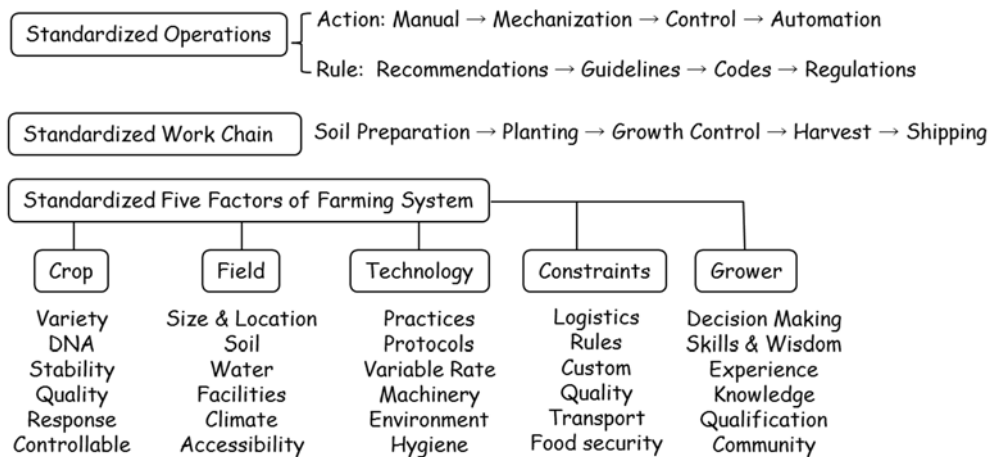


Figure 12. Needs for a standard in agricultural systems for AMF.

Figure 12 shows a standard scheme of production in the categories of operation, work chain, and farming system. The operation standard involves specification of mechanization and guidelines. The work chain requires protocol of process jobs from soil preparation to shipping. The farming system is composed of the five factors of crop, field,

technology, constraints, and motivation, and each factor has a sub-structure of farming elements such as crop variety and tillage machine. At least three production categories need clear description when they are put into practice in the shape of precision agriculture.

Table 1 shows a framework or roadmap of how to produce agro-medical foods. There are three control points and nine check items. The first control point is the target syndrome and medical examination with the four check items of cell culture, animals, intervention, and cohort. The second control point is the target material and analysis method with the two check items of food body base and bio-specimen base. The third control point is crop variety and management with the three check items of breeding, cultivation, and processing/cooking. The test crops were onion, green tea, orange, soybean, spinach, tomato, and eggplant in 2011. Many more crops and functional materials will be examined in a couple of years.

Table 1. A framework for standardizing research into the production of agro-medical foods.

AMI 2011.11.28

Crop	Syndromes under Medical Examination	Method of Analysis	Crop Variety & Management
	Cohort Intervention Animals Cell-culture	Foods base Bio-specimen base	Breeding Process/Cooking Cultivation
Onion	Metabolic Syndrome Dry mouse/eyes, Cognitive impatient	Quercetin	Quercetin rich crop
Green Tee	Immunopotentiative, Antiallergic	Strictinin, Epigallocatechin	Strictinin rich crop Epigallocatechin rich crop
Orange	Metabolic Syndrome Fatty liver/ Diabetes	Not yet	Beta-cryptoxanthin rich crop
Soybean	Metabolic Syndrome, Osteoporosis Dry mouse/eyes, Macular degeneration	Isoflavone	Isoflavone rich crop
Apple	Metabolic Syndrome, Diabetic Arteriosclerosis, Osteoporosis	Procyanidin	Procyanidin rich crop
Spinach	Macular degeneration, Dry eyes,	Lutein	Not yet
Tomato Egg plant	Metabolic Syndrome, Diabetic	Not yet	Osmotin rich crop

7.7 Summary

This chapter described the last 15-year experience of a Japanese model of community-based precision agriculture accompanied by a learning group of farmers and a technology platform of companies. Community-based precision agriculture aims at high profitability and reliability under regional and environmental constraints, promoted by the wisdom farmers and/or the technology platform, by creating both information-oriented fields and

information-added products, with aggressive access to food chains. The two participating local learning groups were the technology-driven “Precision Farming Network of Toyohashi-Atsumi (PFNET)” in Toyohashi City and the farmers’ learning group “Honjo Precision Farming Society (HPFS)” in Honjo City. The first action of the two groups was market research using information-added produce through in-shop experiments. The scheme of the community-based approach has been applied to a trial of education for sustainable development (ESD) on Java island of Indonesia, approaches to restoration from the catastrophe of the East Japan earthquake and tsunami in 2011, and production of agro-medical foods in collaboration with professionals in the fields of medicine, agriculture, engineering, dietetics, and business.

References

- [1] National Research Council (NRC) (1997). Precision Agriculture in the 21st Century. (Committee on Assessing Crop Yield: Site-Specific Farming, Information Systems, and Research Opportunities), National Academy Press, Washington DC, p. 149.
- [2] SKY-farm (1999) Opportunities for Precision Farming in Europe, updated report 1999, p. 126. Email: Tony@skyfarm.co.uk
- [3] Vanacht, M. (2001) The Business of Precision Farming, (private report), p.91. Email: marcvan8@att.net.
- [4] Shibusawa, S. (2004). Paradigm of Value-Driven and Community-Based Precision Farming. *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 3 (3/4): 299-309.
- [5] Shibusawa, S. (2006). Community-Based Precision Agriculture with Branded-Produce for Small Farms. Proceedings (on CD-ROM) of the 8th International Conference on Precision Agriculture, and Other Precision Resources Management. Minneapolis, MI, USA. July 23-26, ASA/ CSSA/ SSSA.
- [6] Blackmore, S. (2002). Precision Farming: A Dynamic Process. Proceedings (on CD-ROM) of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Minneapolis, MN USA, July 14-17, ASA/ CSSA/ SSSA.
- [7] Virgawati, S., Sumarsih, S., Choiriyati, W., Nuryadin, D., Murdiyanto, E., Kodong, F. R., Lukito, H. (2010) Community Learning Activity Center as the Media for Precision Farming Technology Implementation with Decision Support System to Optimize the Food Crop Management. Research Report Funded by Dp2m Dikti Ministry of National Education, Republic of Indonesia. p. 38.
- [8] Shibusawa, S. (2012). Precision Restoring Approach to the East Japan Catastrophe - Actions of JSAM -. Proceedings (on CD-ROM) of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB), 18-20 June 2012, Jeonju, Korea, pp.176-181.
- [9] Berry, J. K., Delgado, J. A., Pierce, F. J., Khosla, R. (2005). Applying Spatial Analysis for Precision Conservation across the Landscape. *J. Soil and Water Conservation*, 60(6): pp. 363-370.
- [10] Goto, H., Niitsuma, H., Noguchi, Y., Sashima, A., Kurumatani, K., Kodaira, M., Shibusawa, S. (2013). Precision Restoring Agriculture Using Spatial Visualization Technique. Proceedings (on CD-ROM) of the 5th Asian Conference on Precision Agriculture (ACPA). June 25-28, 2013, Jeju, Korea, pp.120-126.
- [11] Shibusawa, S. (2012) Agro-Medical Foods Strategy with Community-Based Precision Agriculture. *Kyo-sai-sogo-kenkyu*, 62: pp. 2-19 (in Japanese).

ICT利用で精密農業が身近になる

情報処理, 58巻9号(2017年9月号)(8/15発行)

澁澤 栄, 東京農工大学

農業へのICTの利用

農業は、植物の営みである光合成を利用して人々に有用な資材を生産する業である。また農業は、農場から食卓まで、また生産者から消費者までの生産供給の仕組みを対象にし、生産物では穀物や畜産製品から繊維や燃料まで多岐に亘る。ここにICT（情報通信技術）の技術革新が波及し農業が変貌しつつある。

ICTが農場管理の基本ツールとして位置づけられたのは精密農業(Precision Agriculture)である¹⁾。精密農業とは、情報技術を駆使して作物生産に関わる多数の要因から空間的にも時間的にも高解像のデータを取得・解析し、複雑な要因間の関係性を科学的に解明しながら意思決定を支援する営農戦略体系である。日本では、複雑で多様なばらつきのある農場に対し、事実の記録に基づくきめ細かなばらつき管理をして、地力維持や収量と品質の向上および環境負荷軽減などを総合的に達成しようという農場管理戦略と理解している²⁾。精密農業の技術要素は、ほ場センシング・マッピング技術、可変作業技術、意思決定支援システムであり³⁾、最近では、センシングと判断と作業の融合技術に着目して、精密農業の技術的側面をスマート農業やAI農業などと呼んでいる。

精密農業の様子を図1に示す。まず、ほ場の空間的ばらつきの克明な記録からはじまる。土壌や雑草あるいは病虫害発生のおぼつきである。続いて過去の蓄積されたデータを参照しながら、ほ場ばらつきに対応した栽培作物や管理法あるいは作業内容を決定する。作業サイクルの最後は農産物の収量と品質のおぼつきの観測である。収量モニタ付きコンバインや選果選別ロボットは作業をしながら収量マップや品質マップを提供する。このような管理作業が一巡すると、「情報付きほ場」と「情報付き農産物」を手にすることができる。これが、農業者同士や他産業あるいは市場関係者と会話するときの強力な道具になる。

では精密農業の役割を考えてみよう。

過去40年間の世界の穀物生産を見ると生産量は継続的に増加しているが、耕地面積は漸減なので、この間の食料増産は単収増大技術に支えられたものだった。単収増加の構成要素は、品種改良、肥料・植物保護、作業の機械化であり、増加率の飽和が危惧され始めている。一方、一人あたりの収穫面積が急速に減少し、限界面積といわ

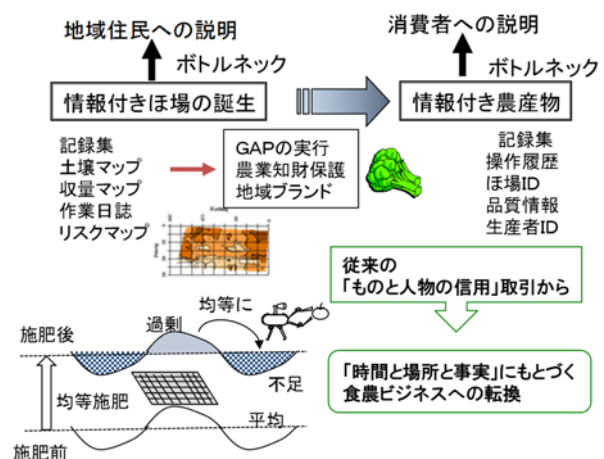


図1 精密農業の考え方

ほ場のばらつきを克明に記録し、ばらつきの理解、管理方針の決定、作業結果の記録と評価のサイクルを繰り返す。収益に直結する収量マップと違法性に関するリスクマップが重要である。

れる 10 アールに到達した。限界面積とは、一人の人間を養うに必要な食料を生産するための農地の広さである。試算方法により推定値は異なるものの、人口増の圧力が世界の食料需給バランスを急速に変えることが現実になりつつある。日本は、世界の中でも優れて単収増大技術が蓄積されてきた農業を抱えており、注目と期待が集まりつつある。

日本の農業技術を支えた農業者に着目すると、過去 10 年間に 150 万人が離農し、これからの 10 年間に 70%規模の離農が予想されている。すなわち、現在の 2 百万人規模の農業経営者が 10 分の 1 の 20 万人規模に減少することになる。事実、土地利用型農業では、農地の 32%が経営体シェア 2%である 20ha 以上耕作の経営体に集積しており、経営体数にしてみれば 140 万戸のうちの 3 万戸にあたる。しかし、日本の自然条件を生かすには小規模分散ほ場が適しており、一つ一つの経営体が大規模になってもこの自然条件に変化はない。従って、日本に適した小規模分散ほ場の農業を、現在の 10%の数の経営体で、単収を維持向上させながら継続するという歴史的事業に取り組まなければならない。ここに ICT を利用した精密農業への強い期待がある。

2016 年 1 月、政府は第 5 期科学技術基本計画を閣議決定し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取り組みによる、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会 Society 5.0」の創造を提起した。Society 5.0 は 11 のサブシステムから構成され、その中にスマート・フードチェーンシステムとスマート生産システムが位置づけられた。特に、スマート・フードチェーンシステムでは、育種・生産・加工・流通・外食・消費という農産物流通のシステム全体を対象にしたシステムイノベーションに資する基盤技術の強化を謳っており、政府全体で精密農業を推進する環境が整いつつある。

15 年前の予想：ある農業者の一日

2002 年に、架空の農業者達を想定して、精密農業を導入したらどうなるのか予想してみた³⁾。フィクションではあるが、現在ではかなり現実味をもちはじめたの、[図 2](#)を見ながら読んでください。

【場面設定】日本のある地域の精密農業を導入した農業者グループ（知的農業者集団）のリーダーが主人公である。知的農業者集団は 15 の農業法人から構成され、地域の農地 2,000ha を管理している。そのうちの 100ha を、市民農園や体験学習の場として提供し、500 人の市民や団体が利用している。小売や製造関係の地元企業からなる技術プラットフォームは、農業法人のための技術開発から物流と販売まで担当している。

【事件発生】フェロモントラップからの警報

ハルは精密農業を地域ぐるみで推進している知的農業者集団のリーダーである。ある大学の農学部を卒業後、就農を希望してアグリビジネスの専門職大学院に進み、農業法人「けやき」に就職して 5 年になる。農業法人の専務取締役として活躍している。

初夏のある夕刻、ほ場の異常を告げるアラームが携帯電話に入った。携帯電話の画面を覗くと、それは地域全体に張り巡らせたフェロモントラップネットワークからの警報であった。パソコンのスイッチを入れ、壁の大きな画面に注目した。

フェロモントラップとは、揮発性物質を利用して害虫のオスを誘因駆除するための仕掛けで、近年開発された害虫数の自動計測センサーを取り付け、そのセンサー群を無線ネット

ワークで接続してある。害虫発生数の地域分布が一目瞭然となり、最小限の農薬で効果的な害虫防除を行うことができる。

【対策】 ネット会議

ハルは、表示画面を覗きながら、害虫発生数が異常に増えたのは高速道路沿いの A 地区で、水田と路地野菜の畑があることを確認した。そこで知的農業者集団の事務窓口を担当しているナツに連絡を入れ、行動を開始した。ナツは大学の農学部を卒業したばかりで、農業法人「楓」に就職し、精密農業に意欲を燃やしている。

ハルはまず、技術プラットフォームの事務局長をしているアキの携帯端末にメールを入れ、翌日早朝に A 地区で発生している害虫の種類と農薬リストおよび可能な防除方法のリストを揃えるように指示した。続いて、A 地区に関する最近の行事などを地域ネットワークで調査した。すると、高速道路沿いの草刈りが 1 週間前に行われたこと、イネの分けつが盛んになりつつあること、野菜の移植が行われたこと、などがリストにあがった。また翌日と明後日は曇りで風速 1 メートル以下であり、居住区からも離れているので、空中散布が可能であることを確認し、これらの資料をナツにメールした。

一方、ナツは、A 地区で耕作している農業法人経営者のフユとユキに連絡を入れ、PF ネット会議をしていた。PF ネット会議は、パスワードを入れるだけで、参加する農業法人のデータベースを共有できる。現在成育中の作物マップ、土壌肥沃度マップ、過去の収量と品質のマップなどを調査しながら、害虫の異常発生したところは、昨年も同じ時期に異常発生したこと、作物の草丈が高くまた葉緑素含量が高いこと、土壌窒素が数年間常に高めであることなどをつきとめた。作物は徒長ぎみである。そこで、フユとユキは A 地区の追肥窒素を 50%減らすことなど、今後の作業計画を一部変更することにした。

【判断と実行】

翌日の昼前には、アキからハルに現地調査の結果がもたらされた。害虫はイネとキャベツに被害を与えていること、その規模は約 1 ヘクタールでは場 3 枚分であること、対応農薬リスト、必要ならば、農薬散布サービスと費用のリストも付けてあった。ハルはナツやほ場主であるフユとユキに連絡をいれ、意思決定を待った。ナツと二人の経営者は、近くに無農薬栽培ほ場はなく、また幼稚園や小学校の遠足もないことから、最も低コストの無人ヘリコプターによる農薬散布を決断した。さらに、害虫の数だけでなく、その種類と年齢まで計測できるセンサーが必要であることを確認した。

その決定を受け、ハルは無農薬散布サービス会社に農薬散布の発注をした。ほ場の緯度経度、農薬の種類と散布密度、また散布後のほ場写真を要求した。地域ネットワークのホームページには農薬散布の時間と場所を掲示し、アキにもこの決定を報告した。

【消費者への報告】

アキの所属する技術プラットフォームは、精密農業に必要な技術開発、営農情報サービス、流通・消費者サービスなどを行う企業集団の組織で、知的農業者集団と参加企業を結ぶ PF ネットの管理をしている。

報告を受けたアキは、A 地区から生産される農産物の履歴欄に農薬散布の項を設けた。翌日にはハルから結果報告があるので、履歴欄の空白を埋めて流通業者と消費者へ情報発信する。さらに流通業者や消費者から依頼があれば、農産物の栽培履歴も調べて、翌日には配信できる。同時に、ナツらから依頼のあったセンサー開発につき、技術プラットフォームに登

録されている技術者や研究者へ連絡し、研究開発プロジェクトの結成を促した。センサー開発企業の技術者であるキリが手を挙げ、研究開発計画書の作成に着手した。

【営農知識バンク】

フェロモントラップネットワークの警報から局所的な農薬散布の決断と実行およびその評価にかかわる一連の作業は、ナツらが管理する営農知識バンクに登録される。営農知識バンクのデータと情報は、知的農業者集団が共有して利用することができる。また、その一部は技術プラットフォームが管理する技術データバンクにも登録される。技術データバンクは、技術プラットフォームの参加企業が共有して利用できる。営農知識バンクが充実すると、ナツのような新卒であっても、技術普及の有力な専門職として活躍することができる。ナツとユキは手分けして初老の篤農家にこれら一連の意思決定に関するコメントをもらい、営農知識バンクを豊かにしている。

コミュニティベース精密農業

前出のフィクションは、コミュニティベース精密農業を担う人々を描いたものであった。

改めて日本の農業の特徴を眺めると、品質が価格に直結する食品需要の存在、大消費地に極めて近いところに生産の場が存在すること、生産の場は小規模で多様なほ場群を基礎に高品位で多彩な農産物を生産していること、大半の耕作者（所有者）はコストより売上を重視した経営志向であること、などである。このような、国際的にもまれな特徴を有利に活用するモデルとして、コミュニティベース精密農業が提案された⁴⁾ (図2)。

まず、「ほ場内のばらつき」と「ほ場間の地域的ばらつき」および「農家の間のばらつき」という「階層的ばらつき」を管理する主体として、知的農業者集団の組織化を求めている。知的農業者集団は、情報通信技術を駆使する農業者からなる学習集団であり、農法の5大要素（作物、ほ場、技術、地域システム、動機）を再編構成し、農家の組織化やJAあるいは自治体との共同作業の中核を担う。知的農業者集団は、精密農業の作業サイクルを実行す



図2 コミュニティベース精密農業

精密農業の担い手を地域に配置すると、地域社会と農業の全体設計に貢献することになる

ることにより、「情報付きほ場」を創造することができる。

もう一つは、技術プラットフォームである。技術プラットフォームは、精密農業の3要素技術（マッピング技術、可変作業技術、意思決定支援システム）を地域のニーズにあわせて開発導入する企業および農産物のマーケティングを担う企業などから構成される。知的農業者集団と協力することにより、「情報付きほ場」とリンクした「情報付き農産物」を供給する。知的農業者集団と技術プラットフォームにより形成される精密農業コミュニティが、現在進行している農業の構造変化の担い手として注目されるのはそう遅くないであろう

本稿の目的は農業ICTの現状を総括することにあつた。ICTの利活用場面をひもといて農業技術の核心に迫っていくと、「農作業判断」という技術要素に突き当たった。そこで判断プロセスがICTによりどのような変化するのかを描くのが良いだろうと、フィクションを交えて解説した次第である。読者の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) National Research Council (NRC), Precision Agriculture in the 21st Century, National Academy Press, Washington, D.C. p149 (1997)
- 2) 農林水産術会議, 農林水産研究開発レポート No.24 「日本型精密農業を目指した技術開発」, p18 (2008)
- 3) 澁澤 栄, 「精密農業」, 朝倉書店, p199 (2006)
- 4) 澁澤 栄, 第5世代の精密農業ー日本から発信するコミュニティベース精密農業, 特技懇, 256, 31-37 (2010)

(5) 略歴

1953年4月17日、群馬県佐波郡境町島村（現 伊勢崎市境島村）に生まれる

【学歴】

- 1960.4 境町立島村小学校入学
- 1966.3 境町立島村小学校卒業
- 1966.4 境町立島村中学校入学（1966.9 境町立南中学校に合併）
- 1969.3 境町立南中学校卒業
- 1969.4 埼玉県立熊谷農業高等学校入学
- 1972.3 埼玉県立熊谷農業高等学校卒業
- 1972.4 北海道大学教養部理類入学
- 1974.9 北海道大学農学部農業工学科進学
- 1976.3 北海道大学農学部農業工学科卒業
- 1977.4 京都大学大学院農学研究科修士課程農業工学専攻入学
- 1979.3 京都大学大学院農学研究科修士課程農業工学専攻修了
- 1979.4 京都大学大学院農学研究科博士後期課程農業工学専攻進学
- 1981.4 京都大学大学院農学研究科博士後期課程農業工学専攻中途退学
- 1984.9 京都大学農学博士、論文名：深耕ロータリ耕うんの研究

【職歴】

- 1981.5 石川県農業短期大学助手（農業工学科）
- 1985.4 附属経営農場兼務
- 1987.4 北海道大学助手 農学部（農業工学科）
- 1987.10 北海道大学大学院農学研究科学生指導
- 1989.10 島根大学助教授 農学部（地域開発学科）
- 1990.10 島根大学助教授 大学院農学研究科併任
- 1992.4 鳥取大学助教授 大学院連合農学研究科併任
- 1993.1 東京農工大学助教授 農学部（環境・資源学科）
- 1993.4 東京農工大学助教授 大学院農学研究科併任
- 1993.5 東京農工大学助教授 大学院連合農学研究科併任
- 1995.4 東京農工大学助教授 大学院生物システム応用学研究所
- 1996.4 カリフォルニア大学デービス校客員教員（同年8月まで）
- 2000.4 東京農工大学農学部地域生態システム学科 助教授
- 2001.2 東京農工大学農学部地域生態システム学科 教授
- 2004.4 国立大学法人東京農工大学大学院共生科学技術研究部 教授

(2010.4.1 組織名称「大学院農学研究院」に改称)

2019.3 同 退職

2003.4-2008.3 早稲田大学環境総合研究センター客員教授

2010.11 - 中国農業大学非常勤教授

2018.12 - 慶應義塾大学特任教授 大学院政策・メディア研究科

【教育実績】

主な講義

石川県農業短期大学農業工学科：農業機械実験実習

北海道大学農学部農業工学科：機械工作実習、農業機械実験実習

島根大学農学部地域開発学科：物質理工学、農産物性工学、システム機械設計

東京農工大学農学部地域生態システム学科：(現) 農業機械学、機械基礎工学

(旧) 環境の計測、機械振動工学

大学院農業環境工学専攻：実験計画法、精密農業特論

指導教員としての実績。

石川農業短期大学 卒業論文 5人

北海道大学 卒業論文 4人 修士論文 1人

島根大学 卒業論文 3人

東京農工大学 卒業論文 40人 修士論文 31人 博士論文 18人

【学内委員会】(農工大のみ)

1999 大学院生物システム応用科学研究科企画予算委員会委員長

2004-2005 留学生センター長

2006 農学府大学院入試実施委員会委員長

2007 農学府・農学部研究推進委員会委員長

2010 大学院連合農学研究科4号代議員(府中キャンパス担当)

2012 地域生態システム学科長

2012-2013 農学研究院農業環境工学部門長

2014 農学府大学院入試実施委員会委員長

2015 農学府・農学部研究推進委員会委員長

2015-2016 学術研究支援総合センター長, 遺伝子実験施設長

2017 農学研究院農業環境工学部門長

【学界】

- 2006.12 - 2014.9 日本学術会議 連携会員（農業情報システム学分会）
- 2014.10 - 2017.9 日本学術会議会員（第23期）第2部
農業情報システム学分会委員長
- 2017.10 - 2020.9 日本学術会議会員（第24期）第2部
食料科学委員会委員長，農業情報システム学分会委員長
東日本大震災に係る食料問題分会委員長
- 1985 - 1990 ファイトテクノロジー研究会（発起人、世話役）
- 2001 - 現在 本庄精密農法研究会会長（発起人）
- 2001 - 2010 豊橋IT農業研究会代表（発起人）
- 2003 - 2019 農業食料工学会（旧農業機械学会）
理事・庶務委員長 2003 - 2005，会長 2009 - 2010，理事 2011 - 2012
理事 2016 - 2019
- 2018 - 2019 日本生物環境工学会（理事，副会長）
- 2004 - 2009 農業情報学会（理事，編集委員長，副会長）
- 2003 - 現在 精密農業アジア会議（現精密農業アジア・オーストラリアン会議）
（発起人、理事、議長 2007-2009）
- 2004 - 2005 日本農業気象学会 監査

所属学会：食料農業工学会，日本生物環境工学会，農業情報学会，日本農業気象学会
土壌物理研究会，根研究学会，The International Society for Terrain-Vehicle Systems,
International Society of Precision Agriculture, International Commission of
Agricultural Engineering

【審議会など】

- 2003.4 - 2015.3 三鷹市環境保全審議会会長（三鷹市環境基本計画の作成等）
- 2010.7 - 2013.8 府中市生ごみ資源循環型モデル事業推進委員会委員長
（食品残渣利用の無臭化堆肥システム）
- 2008.4 - 2009.3 川口の農業を考える有識者会議座長
（都市農業サミット、全国都市農業推進協議会等の提案）
- 2014.9 - 現在 （埼玉県）S-GAP検討委員会委員長
- 2016.9 - 2017.3 埼玉農林業・農山村振興ビジョン策定に係る懇話会座長
- 1999.4 - 2001.3 農林水産省農業機械化審議会専門委員
- 2001.4 - 2006.3 農林水産省農業資材審議会農業機械分会検査部会委員

- 2006.7 – 2007.11 農林水産省知的財産戦略本部専門家会議構成員
- 2009.7 - 2012.3 農林水産省農業生産工程管理 (GAP) の共通の基盤作りに関する検討会座長 (農業に係わる法令等パッケージの整備)
- 2015.3 - 2016.11 農林水産省 GAP 戦略協議会座長
- 2012.4 - 現在 農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」に係る運営委員会委員 (福島、宮城、岩手の農業再生・復興)
- 2013.9 - 現在 (内閣官房) 政府 I T 総合戦略本部新戦略推進専門調査会専門委員 (2013-2015 農業分科会座長)
- 2017.4 – 現在 (内閣官房) 官民データ活用推進基本計画実行委員会委員
- 2013.11 - 2016.11 (内閣府) 総合科学技術・イノベーション戦略会議重要課題専門調査会地域資源戦略協議会構成員
- 2016.12 – 2018.4 (内閣府) 総合科学技術・イノベーション戦略会議重要課題専門調査会構成員 (農林水産戦略協議会副座長)

【その他】

- 2003.9 農業情報学会賞 (学術賞) 「精密農業コンセプト」
- 2016.9 日本生物環境工学会学術賞 「コミュニティベース精密農業に関する研究」
- 2018.9 農業食料工学会功績賞
- 2018.11 CIAM International Contribution Award

(6) 主な研究業績

博士論文「深耕ロータリ耕うんの研究」 pp. 224, 1984, 9月 (京都大学)

著書

1. ラップトップコンピュータによる科学計測入門 (共著), 八戸ファームウェアシステム (株), 1989.
2. 農業技術体系土壌・施肥編 第5巻 土壌管理・土壌病害 (分担), 農山漁村文化協会, 1990.
3. ファイトテクノロジー—植物生産工学— (編著), 朝倉書店, 1994.
4. 農業機械整備技能検定受検の手 (共著), 農業機械整備技能検定受検の手引編集委員会, 1994.
5. 生物生産機械ハンドブック (共著), コロナ社, 1996.
6. 地域生態システム学 (編著), 朝倉書店, 1998.
7. 根の事典 (分担), 朝倉書店, 1998.
8. ファイテク How to みる・きく・はかる (編著), 朝倉書店, 2002
9. 土壌物理用語事典 (分担), 土壌物理学会編, 養賢堂, 2002.
10. 形の科学 (分担), 朝倉書店, 2004.
11. Handbook of Precision Agriculture (Sharing Writing), Ed A. Srinivasan, The Haworth Press Inc., New York, 2006.
12. 精密農業 (編著), 朝倉書店, 2006.
13. 地域の生存と農業知財 (編著), 公人の友社, 2007
14. 農が拓く東アジア共同体 (分担)、日本経済評論社, 2007
15. Precision Agriculture Technology for Crop Farming (Sharing Writing), Ed. by Qin Zhang, CRC Press, 2015.
16. スマート農業 (分担), 農業情報学会編 p.398, 2015.
17. 農業食料工学ハンドブック (編著)、コロナ社、2019(予定).

学術論文

【耕うん・車両工学 Soil Dynamics and Machinery】

1. 川村 登・澁澤 栄:深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究 (第1報) 2本づめによる模型実験,農業機械学会誌,42(2), 211-219, 1980
2. 澁澤 栄・川村 登:深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究 (第2報) 実機による圃場実験(I)耕うんパターンおよび耕うん反力について, 農業機械学会誌, 43(2), 181-187, 1981
3. 澁澤 栄・川村 登:深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究 (第3報) 実機による圃場実験(II)負荷特性および切削土の後方投てきの解析, 農業

機械学会誌,44(1), 9-6, 1982

4. 澁澤 栄・川村 登:深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究(第4報) 土の投てきを考慮した耕うんづめすくい面の設計法, 農業機械学会誌, 45(1), 43-48, 1983
5. 澁澤 栄・川村 登:深耕用アップカットロータリ耕うんづめの研究(第1報) 耕うんづめの試作と土塊の後方投てき, 農業機械学会誌,46(3), 325-331, 1984
6. 澁澤 栄・川村 登:深耕用アップカットロータリ耕うんづめの研究(第2報) 模型実験(1)土塊の後方投てき特性, 農業機械学会誌, 46(4), 459-464, 1985
7. 澁澤 栄・川村 登:深耕用アップカットロータリ耕うんづめの研究(第3報) 模型実験(2)試作づめの耕うん抵抗特性, 農業機械学会誌, 47(1), 11-18, 1985
8. 澁澤 栄・川村 登:深耕用アップカットロータリ耕うんづめの研究(第4報) 試作づめの圃場実験, 農業機械学会誌, 47(2), 159-167, 1985
9. 澁澤 栄: 耕うんづめと土の力学的相互作用の基礎的研究—粘性土の動的挙動における協同現象と衝撃载荷実験システムの試作—, 農業機械学会誌, 50(1), 37-46, 1988
10. 澁澤 栄・片岡 崇・近江谷和彦・寺尾日出男:ロータリ耕うんにおける土塊の形成過程(第1報) 重粘土のアップカットロータリ耕うん実験, 農業機械学会誌, 52(1), 69-75, 1990
11. 澁澤 栄・片岡 崇・近江谷和彦・寺尾日出男:ロータリ耕うんにおける土塊の形成過程(第2報) 耕うん土塊のフラクタル性と形成要因について, 農業機械学会誌, 52(1), 69-75, 1990
12. Shibusawa, S.: Fractals in clods formed with rotary tillage, J. Terramechanics, 29(1), 107-115, 1992
13. Shibusawa, S. and A. Oida: Transient load system for evaluating dynamic soil behavior hierarchies by differences in the period of motion, J. Terramechanics, 29(2), 161-171, 1992
14. Shibusawa, S. and A. Oida: Dependency of observation parameters on soil dynamic parameters in unconfined impact compression tests. J. Terramechanics, 29(3), 289-306, 1992
15. Shibusawa, S.: Reverse-rotational rotary tiller for reduced power requirement in deep tillage. J. Terramechanics, 30(3), 205-217,1993
16. 彭 彦昆・笹尾 彰・澁澤 栄・吉田智一: 農業機械作業者耳元騒音の能動制御(第1報) 適応フィルタの検討, 農業機械学会誌, 57(2), 21-28, 1995
17. グエン リタン・笹尾 彰・澁澤 栄: 自脱形コンバイン振動乗心地改

- 善に関する研究(第1報) 上下・前後方向振動軽減座席懸架装置の試作, 農作業研究, 30(3), 215-221, 1995
18. 彭彦昆・笹尾 彰・澁澤 栄・吉田智一: 農業機械作業者耳元騒音の能動制御(第2報) 適応フィルタの検討, 農業機械学会誌, 58(1), 57-63, 1996
 19. Shibusawa, S. and A. Sasao: Traction data analysis with the traction prediction equation. J. Terramechanics, 33(1), 21-28, 1996
 20. 片岡崇・小野寺一宏・澁澤 栄・太田義信: アップカットロータリ耕うんの土塊投てき性(第1報) 1本づめの耕うん抵抗特性と土塊の後方投てき特性, 農業機械学会誌, 59(5), 13-19, 1997
 21. 片岡 崇・小野寺一宏・澁澤 栄・太田義信: アップカットロータリ耕うんの土塊投てき性(第2報) 切削土塊の剛体後方投てきモデル, 農業機械学会誌, 59(6), 29-34, 1997
 22. 片岡 崇・澁澤 栄・小野寺一宏・太田義信: アップカットロータリ耕うんの土塊投てき特性(第3報) 角運動量による土塊投てき性能評価, 農業機械学会誌, 60(5), 11-18, 1998
 23. Bukta, J., A. Sasao, K. Sakai and S. Shibusawa: Nonlinear dynamics of traveling tractor-implement system generated by free play in the linkage. J. JSAM, 60(4), 45-53, 1998
 24. Astika, I., A. Sasao, K. Sakai and S. Shibusawa: Stochastic farm work scheduling algorithm based on short range weather variation (Part 1) Development of the scheduling algorithm, J. JSAM, 61(2), 157-164, 1999
 25. 小野寺一宏・片岡 崇・太田義信・広間達夫・澁澤 栄: 深耕アップカットロータリ耕うんの土壌かく拌性(第2報) 耕うん実験との比較による土壌かく拌シミュレーションモデルの検証, 農業機械学会誌, 61(3), 95-104, 1999
 26. Astika, I., A. Sasao, K. Sakai and S. Shibusawa: Stochastic farm work scheduling algorithm based on short range weather variation (Part 2) Application on sugarcane harvesting scheduling problem, J. JSAM, 61(3), 83-94, 1999
 27. Astika, I., A. Sasao, S. Shibusawa and K. Sakai: Stochastic farm work scheduling algorithm based on short range weather variation (Part 3) Improvement of SFSW with considering of daily rainfall amount, J. JSAM, 61(4), 141-150, 1999
 28. Sakai, K., A. Sasao, S. Shibusawa and A. Bukuta: Experimental analysis on nonlinear dynamics and chaos in bouncing tractor. J. JSAM, 62(4), 63-70, 2000
 29. Kataoka, T., S. Shibusawa and Y. Ota: Physical properties of cracked clods produced by rotary tillage. Agricultural Engineering Journal, 9(3&4), 151-170, 2000
 30. Peng, Y., A. Sasao, S. Shibusawa: Active noise control in proximity of a tractor

operator's head. T. ASAE 44(2), 447-455, 2001.

【ファイトテクノロジー Phytotechnology】

31. 村瀬治比古・桶 敏・澁澤 栄・中村喜彰：農産物の力学特性値の同定（第2報）計測システム，農業機械学会誌，50(6)，69-76，1988
32. 澁澤 栄・荒木 肇：トウモロコシ根系の形状およびヤマイモの形状と品質—ファイトテクノロジー的アプローチ—，農業機械学会誌，52(3)，85-89，1990
33. 村瀬治比古・桶 敏・澁澤 栄・中村喜彰：農産物の力学特性値の同定（第3報）青果物の力学的特性値，農業機械学会誌 52(5)，67-77，1990
34. Shibusawa, S.: Hierarchical modeling of a branching growth root system based on L-system. *Acta Horticulturae*, 319, 659-664, 1992
35. 李 晓明・岩尾俊男・藤浦建史・澁澤 栄・毛利建太郎：画像処理による青果物の損傷果検出システム（第1報）モモ損傷果の分光反射特性，農業機械学会誌，55(4)，91-98，1993
36. 澁澤 栄・国立卓生・岩尾俊男・藤浦建史：土壌密度分布とトウモロコシ根系パターンとの関係，農業機械学会誌，55(5)，111-118，1993
37. 澁澤 栄・藤浦建史・岩尾俊男・竹山光一：トウモロコシ根系パターン形成の階層的モデリング，農業機械学会誌，55(2)，101-108，1993*
38. Shibusawa, S.: Modelling the branching growth fractal pattern of the maize root system. *Plant and Soil*, 165, 339-347, 1994
39. 李 晓明・岩尾俊男・藤浦建史・澁澤 栄・毛利建太郎：画像処理による青果物の損傷果検出システム（第2報）近赤外面像濃度差による傷抽出アルゴリズム，農業機械学会誌，56(1)，37-44，1994
40. Namba, K., A. Sasao and S. Shibusawa: Effect of magnetic field on germination and plant growth. *Acta Horticulturae*, 339, 143-147, 1995
41. 澁澤 栄・井上光弘・笹尾 彰・黒浜直子：間欠灌漑における土中水分変化の動特性，日本砂丘地学会誌，46(1)，7-14，1999
42. 国立卓生・澁澤 栄・宮下高夫・笹尾 彰：潤土直播水稻の株倒伏抵抗の評価法，農業機械学会誌，61(2)，111-118，1999
43. 国立卓生・澁澤 栄・宮下高夫・笹尾 彰：直播栽培水稻の播種法別株支持力，農業機械学会誌，61(4)，167-168，1999
44. 国立卓生・澁澤 栄・宮下高夫・笹尾 彰：潤土直播水稻の作溝による耐倒伏性の向上，農業機械学会誌，62(1)，83-88，2000
45. 酒井憲司・市村香織・笹尾 彰・澁澤 栄：シロクローバ雑草系の群落競争モデルの提案，農作業研究，35(1)，1-6，2000
46. 清水 浩・串田 恵・藤沼 渉・関根雅文・海宝幸一・新井秀雄・澁澤 栄：養液温度，光強度，光ダクトによる自然光併用光がリーフレタスの

- 成長に及ぼす影響, 植物工場学会誌, 16(3), 115-121, 2004
47. 小川雄一, 近藤 直, 澁澤 栄: 軟 X 線を用いた透過画像による果実の内部品質評価, 農業機械学会誌, 65(3), 114-121, 2005
 48. 松本恵子・多田雄一・清水 浩・澁澤 栄: カイワレダイコンの生育および抗酸化活性に与える気温の影響, 植物環境工学, 21(1), 29-34, 2009
 49. 松本恵子・多田雄一・清水 浩・澁澤 栄: カイワレダイコンの生育および抗酸化活性に与える給水量の影響, 植物環境工学, 21(2), 79-85, 2009
 50. 松本恵子・多田雄一・清水 浩・澁澤 栄: カイワレダイコンの生育および抗酸化活性に与える光強度の影響, 植物環境工学, 21(3), 117-122, 2009
 51. 飯野師・澁澤 栄・岡山 毅・梅田大 樹・小島陽一郎・小平正和: 長ネギの内部品質評価方法とその変動, 農業機械学会誌, 72(4), 333-338, 2010
 52. Tsuneyoshi Sugimoto, Yutaka Nakagawa, Takashi Shirakawa, Motoaki Sano, Motoyoshi Ohaba, and Sakae Shibusawa : Study on Water Distribution Imaging in the Sand Using Propagation Velocity of Sound with Scanning Laser Doppler Vibrometer, Jpn J Appl Phys Vol52, 07HC04 (DOI 107567), 2013
 53. Sano, M., Nakagawa, Y., Sugimoto, T., Shirakawa, T., Yamagishi, K., Sugihara, T., Ohaba, M. and Shibusawa, S., : Estimation of water stress of plant by vibration measurement of leaf using acoustic radiation force, Acoustic Science and Technology, 36(3), 248-253, DOI 10.1250/ast.36.248, 2015
 54. 杉原敏昭, 梅田大樹, 岩崎泰永, 澁澤 栄: 施設園芸における熱および湿度分布に関する計測ケーススタディ, 計測自動制御学会論文集 52(3), 195-204, 2016
 55. 有水賢吾・澁澤 栄・岩崎泰永: 高電気伝導度養液土耕における灌水頻度のコマツナへの影響, 植物環境工学, 30(1): 28-35, 2018
 56. 李奇辰, 杉原敏昭, 小平正和, 澁澤 栄: 農作物根域における水分分布の観察手法の開発と分析. 計測自動制御学会論文集, 54(1): 91-98, 2018

【環境・精密農法 Precision Agriculture and Environment】

57. 林 圭暁・岩尾俊男・藤浦建史・澁澤 栄・竹山光一: バイオマスペレット用燃焼機の燃焼制御特性 (第 1 報) 立型燃焼機の燃焼特性, 農業機械学会誌, 55(3), 97-104, 1993
58. 山口絵美・澁澤 栄・笹尾 彰・千賀裕太郎・上條雄喜・小林 久: 農地還元による有機性廃物循環利用型地域システムの評価手法, 農作業研究, 32(3), 179-190, 1997
59. 李 民贊・笹尾 彰・澁澤 栄・酒井憲司: 小規模圃場における土壌肥沃度パラメータの時空間変動, 農業機械学会誌, 61(1), 141-148, 1999
60. 澁澤 栄・平子進一・大友 篤・李 民贊: リアルタイム土中光センサ

- 一の開発, 農業機械学会誌, 61(3),131-133,1999
61. Bodun, P. O., S. Shibusawa, A. Sasao, K. Sakai and H. Nonaka: Dredged sludge moisture prediction by textural analysis of the surface image, *J. Terramechanics*, 37(1), 3-20, 2000
 62. Bodun, P. O., S. Shibusawa, A. Sasao and K. Sakai: Crack pattern analysis for moisture prediction in drying dredged material. *J. Jpn. Soc. Soil Phys.*, 83, 3-16, 2000
 63. Kataoka, T., S. Shibusawa and Y. Ota: Physical properties of cracked clods produced by rotary tillage. *Agricultural Engineering Journal*, 9(3&4), 151-170, 2000
 64. 澁澤 栄: 精密農業における GPS の利用, 農業土木学会誌, 70(3), 247-252, 2002
 65. I Made Anom S. W., S. Shibusawa, A. Sasao: A Sampling Strategy in Mapping of Soil Parameters of Paddy Field. *J. JSAM*, 64(3), 86-93, 2002.
 66. S. Shibusawa: Precision Farming Japan Model. *Agricultural Information Research*, 12(3), 125-133, 2003
 67. 澁澤 栄: 精密農業の研究構造と展望, 農業情報研究, 12(4), 259-274, 2003
 68. C. Hache, S. Shibusawa, A. Sasao: Effect of Soil Variability on Wheat Yield in a Field with Three Types of Management, *J. JSAM*, 66(4), 72-80, 2004.
 69. J. Qiao, A. Sasao, S. Shibusawa, N. Kondo, E. Morimoto: Mobile fruit grading robot (Part 1), *J. JSAM*, 62(2), 113-122, 2004.
 70. S. Shibusawa: Paradigm of value-driven and community-based precision farming. *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 3 (3/4), 299-309, 2004
 71. 下保敏和, 澁澤 栄, 森本英嗣, 平子進一: リアルタイム土壌スペクトル計測の作業精度評価, 農業機械学会誌, 66(6), 113-121, 2004
 72. 国立卓生, 工藤卓雄, 桶 敏, 澁澤 栄: 高品質米の省力安定生産のための局所施肥管理システム, 農業機械学会誌, 66(5): 154-163, 2004
 73. J. Qiao, A. Sasao, S. Shibusawa, N. Kondo, E. Morimoto: Mapping yield and quality using the mobile fruit grading robot. *Biosystems Engineering*, Elsevier, 90(2), 135-142, 2005.
 74. C. Hache, S. Shibusawa, A. Sasao: Discriminating conventional and conservation agricultural management practices with airborne multispectral imagery. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Elsevier, 111, 354-366, 2005.
 75. S. K. Roy, S. Shibusawa, T. Okayama. Textural analysis of soil images to quantify and characterize the spatial variation of soil properties using a real-time

- soil sensor. *Precision Agriculture*, 7, 419-436, 2006
76. 姜 虎, 笹尾 彰, 澁澤 栄, 八木 茂, 岡山 毅, 野田玲治: 業型ゴミ発生現場におけるコンポスト化前処理装置の意義と効果, *農業機械学会誌*, 67(4), 81-89, 2005
 77. 梅田大樹・澁澤 栄・高柳樹夫・岡山 毅・平子進一: 近赤外分光法を用いた土壌診断法の開発—偏光を利用した手法の検討—, *分光研究*, 55(4), 245-251, 2006
 78. 河合秀樹・澁澤 栄: 発電所取水設備で回収される海洋性厨芥のコンポスト処理システムにおける一次貯留装置の導入, *農作業研究*, 41(4), 153-162, 2006
 79. C. Hache, S. Shibusawa, A. Sasao, T. Suhama, B.P. Sah. Field-driven spectral characteristics to classify conventional and conservation agriculture. *Computer and Electronics in Agriculture*, 57:47-61, 2007.
 80. 小平正和・澁澤栄・二宮和則・加藤祐子: 大規模畑作地の効率的土壌管理のための圃場マッピング手法の構築, *農業情報研究*, 18(3):110-121, 2009
 81. 下保敏和・澁澤 栄・梅田大樹・平子進一: バンドパスフィルタによる分光と作業抵抗による土壌含水比推定, *農機誌*, 72(1), 37-45, 2010
 82. 下保敏和・澁澤 栄・梅田大樹・平子進一: リアルタイム土壌センサによる作業抵抗計測, *農業機械学会誌*, 72(6), 563-561, 2010
 83. 梅田大樹・澁澤 栄・岡山 毅・佐久間デニスユキオ・下保敏和・二宮和則: リアルタイム土壌センサによる環境負荷量を表す土壌マップを用いた精密ほ場管理の検討, *農機誌*, 73(1), 37-44, 2011
 84. 辰己 賢一, 澁澤 栄, 小平 正和, 山敷 庸亮,: 圃場における将来気候変動が水稻の収量と灌漑水量に与える影響に関する研究, *土木学会論文集 G (環境)*, Vol.69, No.5, p.I_171-I_176, 2013.
 85. M. Kodaira, S. Shibusawa. Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping. *Geoderma*, Vol.199, 64-79, 2013
 86. M. S. B. Zainal Abidin, S. Shibusawa, M. Ohaba, Q. Li, M. B. Khalid. Capillary Flow Responses in a Soil-Plant System for Modified Subsurface Precision Irrigation. *Precision Agriculture*, DOI 10.1007/s11119-013-9309-6, 2013
 87. Y. Li, S. Shibusawa, M. Kodaira. Carbon Sequestration Potential and Farming Income: Identifying the Optimal Carbon Farming Practices in Japanese Paddy Fields. *EAEF*, 6(2), 68-76, 2013
 88. S. N. Aliah Baharom, S. Shibusawa, M. Kodaira, R. Kanda. Multiple-depth Mapping of Soil Properties using a Visible and Near Infrared Real-time Soil Sensor for a Paddy Field. *EAEF (Engineering in Agriculture, Environment and*

- Food), 8, 13-17, 2015
89. Bintang MADRINI, Sakae SHIBUSAWA, Yoichiro KOJIMA and Shun HOSAKA. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on ammonia emissions of leftover foodrice hulls composting at the initial stage of the thermophilic process. *Journal of Agricultural Meteorology* 72 (1), 12-19, 2016
 90. 小平正和・澁澤 栄：土中反射スペクトルを用いた有効態ケイ酸と遊離酸化鉄および2 交換性ナトリウムの回帰モデル、*農業食料工学会論文誌*、80(2): 114-122. 2018
 91. Qichen LI, Kengo USUI, Masakazu KODAIRA, Hiroki UMEDA, Sakae SHIBUSAWA. Soil Parameter Mapping in Sloped Citrus Field Using a Portable Spectrophotometer. *J JSAM*、80(1): 43-56, 2018

特 許

1. 澁澤 栄，特許 4058544(1998.4.20 出願， 2007.12.28 登録).「作業決定支援装置および方法、並びに媒体」
2. 澁澤 栄，特許 4202328(1998.4.20 出願，2008.10.17 登録).「作業決定支援装置および方法、並びに記録媒体」
3. 澁澤 栄・河合秀樹，特願 2 0 0 8 - 2 4 3 3 5 0 「コンポスト装置及びコンポスト評価管理方法」
4. 澁澤 栄，ほか5名、特願 2001-509986・特許第 3831249 号、土壤測定装置，土壤測定支援装置及び方法並びにプログラムを記録した記録媒体及びデータを記録した記録媒体並びに土壤モデルデータベース管理システム
5. 澁澤 栄，ほか2名、特願 2006-59955 ・特許第 4627507 号、散布量制御装置及び方法並びに散布量決定装置並びにシステム並びに記録媒体
6. 澁澤 栄，特許 4551113 (2010.7.16)コード組込画像記録方法とその装置，及びそのシステム
7. 澁澤 栄，特許 4619032(2010.11.5) 情報記録方法とその装置，及び多層コード

報告・総説・解説など

1. 澁澤 栄：深耕用アップカッターロータリ耕うん装置の開発—20馬力級トラクタで30cm以上耕うん可能，*農業および園芸*，62,3, 1166-1170, 1987
2. 澁澤 栄：ファイトテクノロジー研究構想とその展望，*農業および園芸*，63, 5, 587-592, 1988
3. 澁澤 栄・寺尾日出男・荒木 肇・八鍬利郎：ヤマイモ交雑実生の優良株判別への画像解析の利用，*北海道大学農学部邦文紀要*，17(1)，94-106,

1990

4. 澁澤 栄：「制御技術」による精密農業は「経済性をもたらすか」，農業と経済，73(14):28-36, 2007
5. 澁澤 栄：リアルタイム土壌センサの活用技術．農業機械学会誌，69(6):11-13, 2007
6. 澁澤 栄：わが国における精密農業の動向と展望．農林水産技術研究ジャーナル，30(5):5-9, 2007
7. 澁澤 栄：農業情報学の再発見．農業情報研究，17(1), 1-2, 2008
8. 澁澤 栄：精密農法（プレシジョンファーミング）の考え方と現状，将来の姿，月刊 NOSAI, 61(10):16-25, 2009
9. 澁澤 栄：転換期の農業機械学，農業機械学会誌（論説），71(3):1-2, 2009
10. 澁澤 栄：精密農業による農業知財保護を提案する．農林経済，時事通信社：8-13. 2009
11. 澁澤 栄：栽培法から考える国産原料の高付加価値化－精密農業によるパラダイムシフト，食品と開発，44(10): 16-18, 2009
12. 澁澤 栄：精密農業におけるイノベーション，計測と制御，48(2): 151-156, 2009
13. 澁澤 栄：第5世代の精密農業-日本から発信するコミュニティベース精密農業-，特技懇，256:31-37, 2010
14. 澁澤 栄：離農する200万人のノウハウを次代へ，AFC フォーラム，日本政策金融公庫，10月号：11-14, 2010
15. 澁澤 栄：生産工程管理の標準化によるアグロメディカルフーズの生産構想、食品と機能、45(9): 9-12, 2010
16. 澁澤 栄：アグロメディカルイニシアチブの魅力，Food Style 21, 15(4): 27-30, 2011
17. 澁澤 栄：アジアにおける農業機械の規格化・標準化の必要性，ひまわり(日農工会報)，Vol.41:1-3, 2011
18. 澁澤 栄：精密農業の動向と今後の展望について，野菜情報，農畜機構情報誌，8月号：2-5, 2011
19. S. Shibusawa: New Stage of Agricultural Mechanization Research in Japan. AMA, 42(1):79-82, 2011
20. 澁澤 栄：アグロメディカルフーズの生産構想とコミュニティベース精密農業の新展開，共済総合研究，62:48-65, 2011
21. 澁澤 栄：リアルタイム土壌センサを用いた土壌施肥管理－農業法人あぐりのこころみ－，農業技術体系，土壌施肥編第4巻，追録第23号：基本298の2－9, 2012
22. 澁澤 栄・杉山隆夫：東日本大震災調査検討委員会の活動，農業機械学会誌，74(2):88-93, 2012

23. 澁澤 栄： I T活用の精密農業による日本農業の新機軸、アルミプロダクツ、146, 1-5, 2012
24. 澁澤 栄： I Tを活用した農業技術の新技术と展開、ブレインテクノニユース、農研機構・生研センター、150 :1-7, 2012
25. 澁澤 栄： (視界) 災害社会と復興農業、JATAFF ジャーナル, 1(5), 1-2, 2013
26. 澁澤 栄：「災害社会の中の地域と農業」、農機新聞 (4月16日), 2013
27. 澁澤 栄： 展望室 (巻頭言)「災害社会の中の農業」、J A金融法務 ‘14/1月号, No.515, 2014
28. 澁澤 栄： 展望室 (巻頭言)「トレーサビリティのジレンマ」、J A金融法務 ‘14/5月号, No.516, 2014
29. 澁澤 栄： 見えてきたスマート農業 (インタビュー), 農経新報, 新春号 1/1: 45-49, 2015
30. 澁澤 栄： 知農ロボットの探索, 人工知能, 30: 163-166, 2015
31. 澁澤 栄. アグロメディカルフーズ, テクノロジー・ロードマップ 2016-2025<医療健康・食農編>, 日経B P, 55-59, 2016
32. 澁澤 栄： ICT 利用で精密農業が身近になる, 情報処理, 58(9), 4-7, 2017
33. 澁澤 栄： ICT システムを活用した未来を創造するスマート農業、機能材料, 37(7), 1-8, 2017
34. 澁澤 栄： 精密農業の構想と課題、機能材料, 37(7), 9-16, 2017
35. 澁澤 栄： アグロメディカルフーズ, テクノロジー・ロードマップ 2017-2026 <医療健康食農編>, 日経BP社, 43-47, 2017
36. 澁澤 栄： 精密農業進化で医療問題へ迫る、AFC フォーラム、日本政策金融公庫、11月： 3-6, 2017

研究プロジェクト (最近5件)

1. 基盤研究 (A) 一般, 篤農技術継承のための知農ロボットスキーム, 平成 H23-H25, 3.7 千万円
2. 科学技術振興機構 CREST, 超節水精密農業技術の開発, H23-H27, 2 億円
3. JST SATREPS 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム、遺伝的改良と先端フィールド管理技術の活用によるラテンアメリカ型省資源稲作の開発と定着 (代表 岡田謙介)、2 億円、H25~H30、分担 (3 千万円)
4. NEDO バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業、ゲノム育種及び高効率林業によるバイオマス増産に関する研究開発、共同代表、H25~H28 (4.4 千万円)
5. 農林水産省 革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域戦略プロジェクト) , 農業 IoT による県特産野菜「サトイモ」の高品質安定多収技術の確立と地域への展開、代表、H28~H31 (9.3 千万円)