



学生や大学院生および実務者のための特別講義
(東京農工大学大学院農学府修士課程の講義を元に編集)

コミュニティベース精密農業 の理解のために (1)

2019.5.21

澁澤 栄

東京農工大学 卓越リーダー養成機構 特任教授

1. 考え方と担い手
2. 精密農業の経済性
3. 精密農業技術
4. 意志決定支援システム
5. 農業知財と地域ブランド
6. 農業情報の創成と標準化
7. GLOBAL G.A.P.と安全保障
8. アグロメディカルフーズ

この講義ノートは、東京農工大学の農学府修士課程1年に所属した大学院生に対して、2010年から2018年まで開講した「精密農業特論」の講義スライドを整理して、解説を加えたものである。

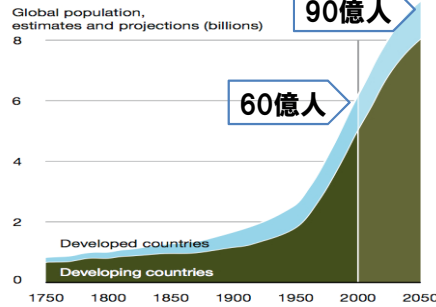
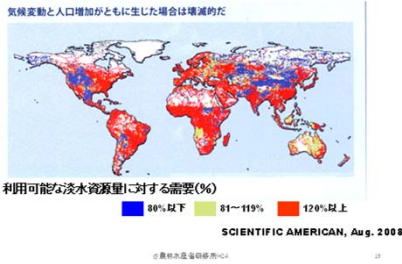
最近、ICTやAIあるいはIoTの先端技術を利用したスマート農業やスマートフードチェーンがマスコミを騒がせている。とかく、農業は無人化して効率化できるとか、逆に、コスト高で成り立たない、という論調が目立つ。しかし、誰が農作業をするのかとか、誰が判断するのか、といった農業実務者の声が弱く、また農業や農作業の抱える問題を正面から取り上げた議論も少ない。

そこで、改めて、スマート農業の源流である精密農業について解説を試みた次第である。精密農業の考え方と仕組み、およびその担い手について説明し、農業知財やリスク管理などについても触れる予定である。

注:ICT=Information and Communication Technology (情報通信技術), AI: Artificial Intelligence (人工知能), IoT= Internet of Things (モノのインターネット)

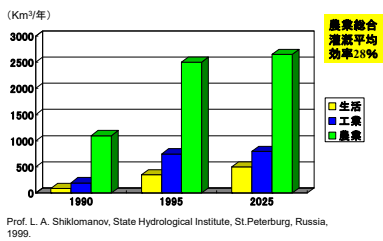
水と食料と人口

2025年 水危機の予測

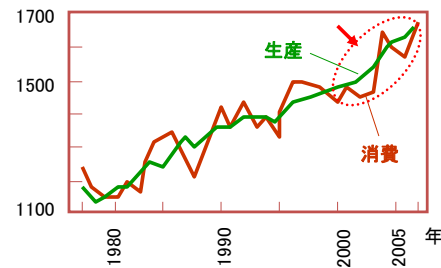


世界人口の急増 (UN Population Division, 2007)

世界の水消費の7割が農業用水



百万トン 世界の小麦・穀物生産と消費需要



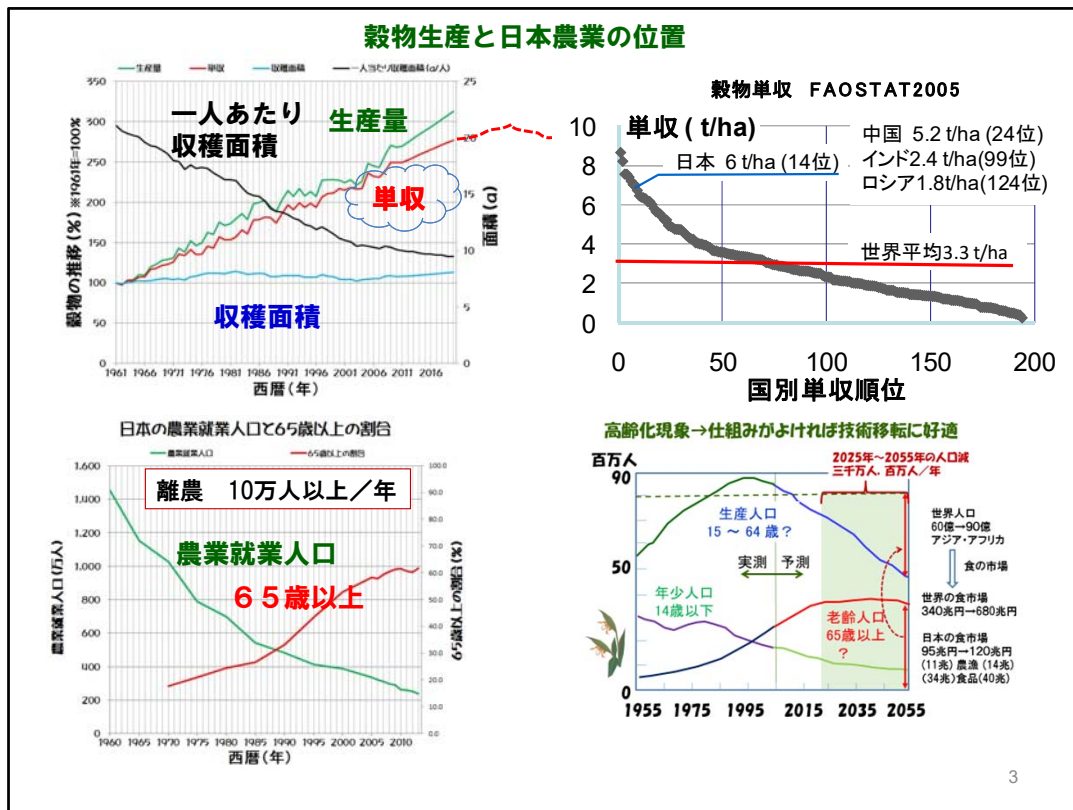
まず、農業を取り巻く背景を見てみよう。

農業は、植物の営みを利用して人々に有用な物質やシステムを提供する業である。近年では、人口増と産業構造の変化により、地球規模の気候変動や食料と水資源およびエネルギーの危機が同時に進行する差し迫った事態に直面している。

世界の水資源の需給予測は、少し古いデータだが左上図のように予想されている。地球上の水の量が短期間に変化することはないので、図の結果は需要の増大がもたらす結果と考えられる。水需要の増大は、人口の増加(右上図)に伴う生活用水の増加のほかに、産業用や農業用の増加(左下図)が大きく貢献している。特に農業用は水消費全体の70%を占めている。

灌漑などによる農業用水の確保とともに、品種改良や化学資材の投入および機械化により、穀物生産は消費増に対応して増大している(右下図)。

しかし、地球の環境容量(Planetary Boundary)に限りがあるので、このような右肩上がりの状態はいつまでも続かないだろう。

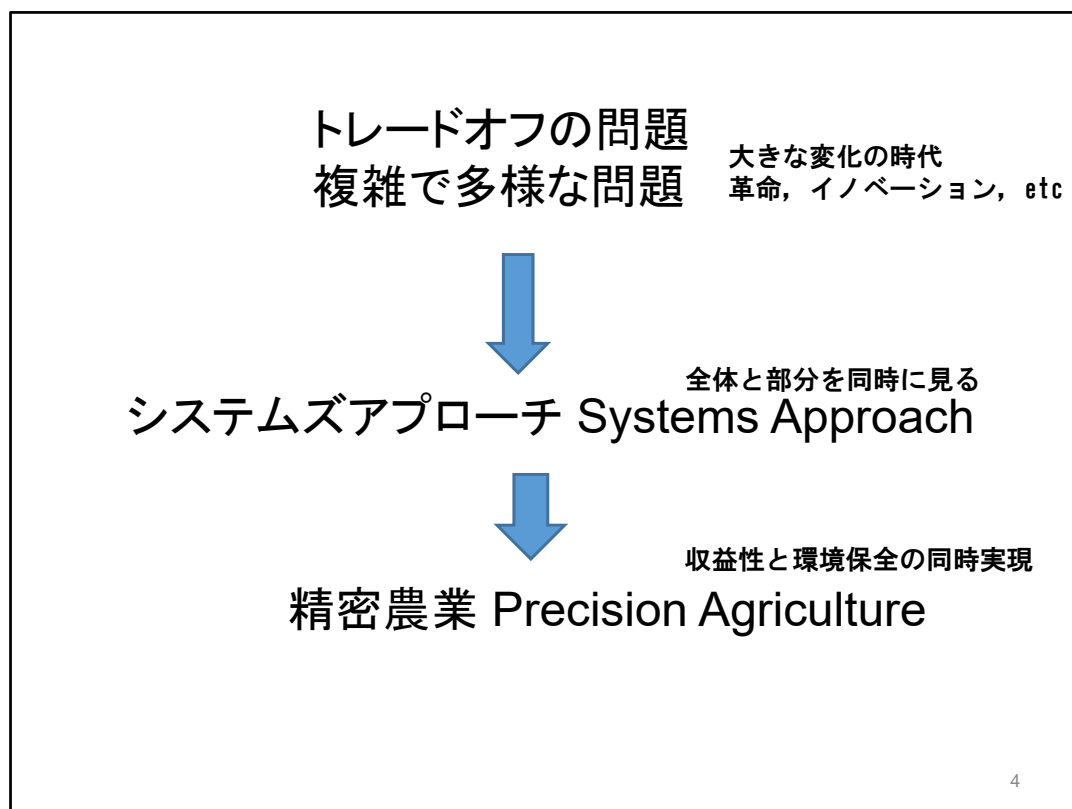


農業を取り巻く背景で無視できない強烈な動きは、2016年に国連で採択された持続可能な開発のための2030アジェンダである。貧困や飢餓の撲滅、健全な生産と消費、などの17目標を掲げ、科学技術イノベーションの力を借りて短期間に達成しようと、世界中の政府や産業界が取り組んでいる。しかし従来の延長線では達成不可能な課題である。

そこまで人類は追い詰められていると感じてのことである。

左上図は、世界の人口増に比例して穀物生産量が増えているが、これは単収増の技術革新によるものである。しかし単収増の向上率が低下しており、近い将来、生産増が消費増に追いつかない事態が予想される。穀物単収では世界のトップクラスの日本ではあるが(右上図)、高単収技術を支えた農業者の多くが高齢のために離農する(左下図)。すでに、日本は人口減少時代に入っており(左下図)、農業に新たに参入する人口も限られている。急速な労働力不足が予想される。

2050年には、世界的な人口縮小社会の入り口に立つと予想されており、日本は世界に先駆けてこの課題に直面している。



レイチェル・カーソンが1962年に刊行した「沈黙の春」は世界の人々を震え上がらせた。農薬散布により生物たちが死滅し、春に咲く花を求める蝶や鳥たちの姿が消えてしまうのである。ことは重大で、食料増産を担った近代農業が生態系破壊の加害者になってしまったのである。1970年代には、「近代文明」による環境破壊や公害の告発が世界中で巻き起こった。

1980年代には、環境保全のための「代替農業」の様々な試みがみられた。農薬や化学肥料を使わない「無農薬栽培」や「有機栽培」、減農薬栽培、土壌保全をめざす「保全耕うん栽培」や「不耕起栽培」、などである。しかし、化学資材をふんだんに使う近代農業に比べ、代替農業は収量が落ち、病虫害被害の心配もある。

環境負荷軽減と収益向上は互いに相容れないトレードオフの問題であった。そこで、要因をすべて書き出して要因間の関係図を見ることにした。それぞれの要因もシステムなので、このようにシステム全体を見ながら解決策を探索する行為をシステムズアプローチという。そこに精密農業の考え方が登場した。



Precision Agriculture in the 21st Century
Geospatial and Information Technologies in Crop Management
NATIONAL RESEARCH COUNCIL

精密農業のインパクト: 第4の農業革命

- This report defines precision agriculture as a management strategy that uses information technologies to bring data from multiple sources to bear on decisions associated with crop production.
- 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.
- On-farm research, farmers to be transformed from research client to research partner, a systems approach, ... USDA and land grant universities should give increased priority to such new approaches by reallocating personnel and budget. Traditional plant and soil science research has not been designed to provide this kind of information...

National Research Council (NRC) (1997): *Precision Agriculture in the 21st Century*, National Academy Press, Washington, D. C.

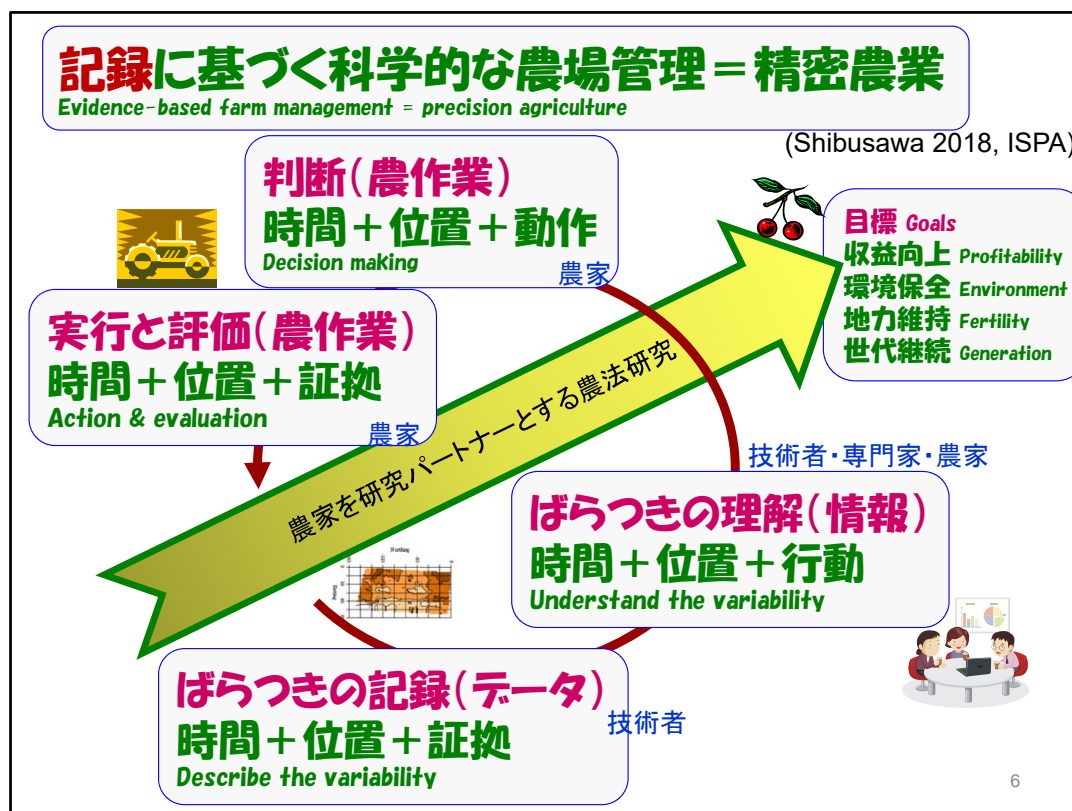
精密農業の発明は、第4の農業革命といわれている。

狩猟から農耕への転換、三圃式輪作の地力増進(土地生産性)、産業革命と連動した農業の機械化(労働生産性)、という三つの農業革命にたいして、膨大なデータ・情報を用いた経営革新(資本生産性)も農業革命と呼んでいる。「革命」は担い手が交代するものである。次の担い手は誰なのか？

上記図書は、1997年に全米科学協議会が連邦政府に提言した精密農業の推進構想である。精密農業とはマネジメント戦略を提供するものであり、テクノロジーではない。農業から時間的にも空間的にも高解像のデータを収集して処理解析し、農家の営農・農作業の判断を支援する取り組みである。情報通信技術(ICT)の発達でこのような取り組みが可能になった。

判断は農家がするので、農家を研究のパートナーにすることが必須の取り組みである。国の研究所や大学は組織改組すべきだし、古典的な土壌学や作物学は根本から改革すべきであると。

いまや、世界的な精密農業導入の取り組みが始まってすでに20年が経過した。

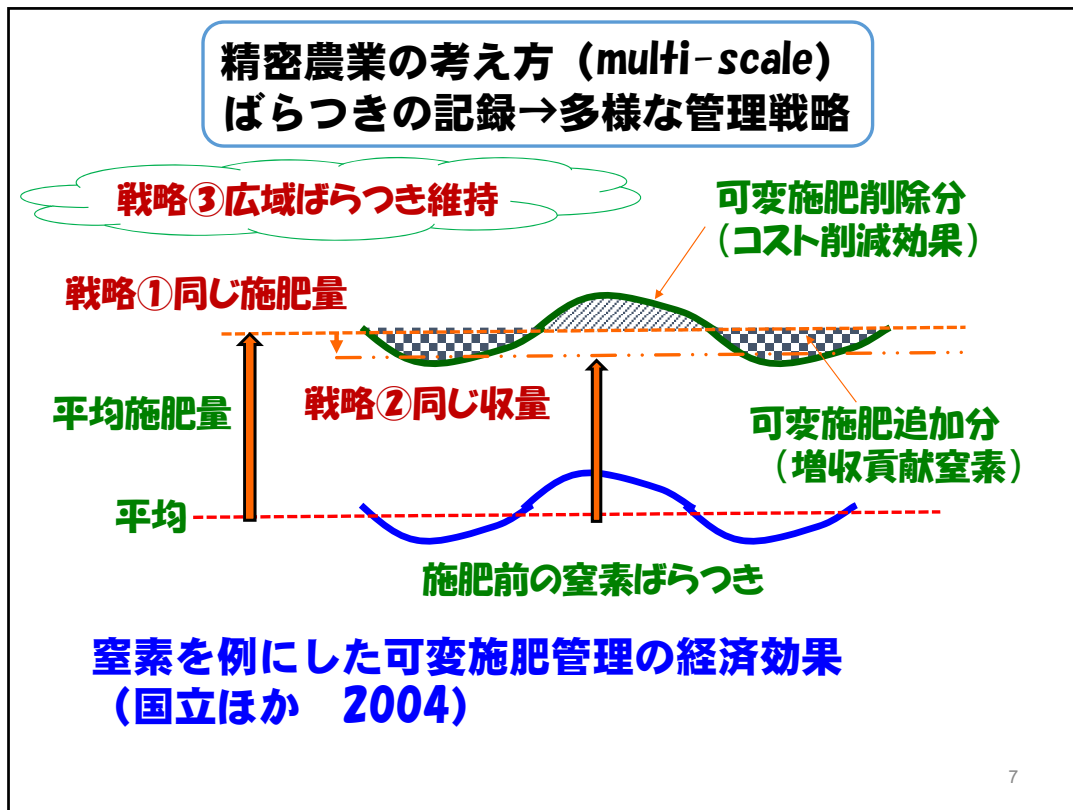


精密農業の核心は、精密管理(Precision Management)である。複数の目標(収益, 環境, 地力, 跡継ぎ, など)に向かって、実際には次の4つのステップに沿って行動する。

まずほ場にある作物や土壌の空間的・時間的ばらつきを克明に記録することである。その結果、ほ場データ地図ができる。続いて、なぜばらつきが現れたのかを解釈する。データに意味が加わり、情報になる。ばらつきを放置した方がよいのか、補正した方がよいのか、簡単な補正の方法があるのか、作業候補など検討する。ここまでは、技術者や専門家が活躍できる。

いくつかの作業候補から一つを選んで実行するステップは、農家が主役である。作業の結果を記録し、作業のしやすさや安全性, コスト, 売上げ, などを見ながら総合的に評価する。これも農家が主役である。

これら一連の判断と農作業が目標に接近したのかどうか、農家の興味のあるところである。一方、研究者や技術者は、偏見や固定観念(学説)を持ち込まず、客観的事実(エビデンス)を素直に受け入れることが基本となる。



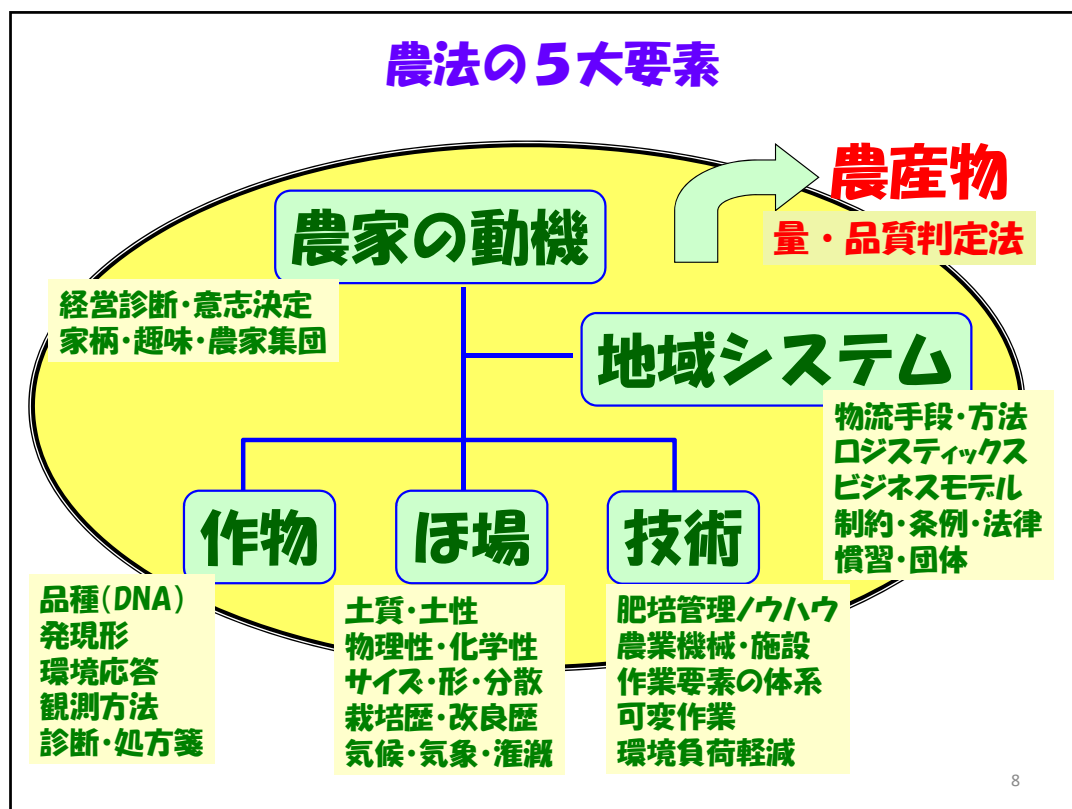
農作業判断の事例を施肥作業で説明しよう。

まず、施肥前には土壤中の栄養素、例えば窒素は空間的にばらついていることを受け入れることである。理想的な施肥機械がある場合、必要量を正確に均等施肥をすることができる。その結果、施肥前にあった空間的ばらつきがそのまま残ることになる。

このばらつきを処理できる技術が手元にあるとしよう。平均より高い窒素量は作物生育に無効である。削除して、平均より低い部分に回すことにする。すると、肥料の流亡による環境負荷は押さえられ、収量が(通常2割程度)向上する。コストが同じの戦略①である。平均より高い部分を削除した場合、収量は変わらず、施肥コストが(通常2割程度)低くなる。コスト削減の戦略②である。いずれの場合も、環境負荷軽減が図られる。

このようにして、ほ場のばらつきの情報をうまく利用して、環境負荷軽減、地力維持、収量増、コスト低減などを一つの作業の中に組み込むことが可能になる。

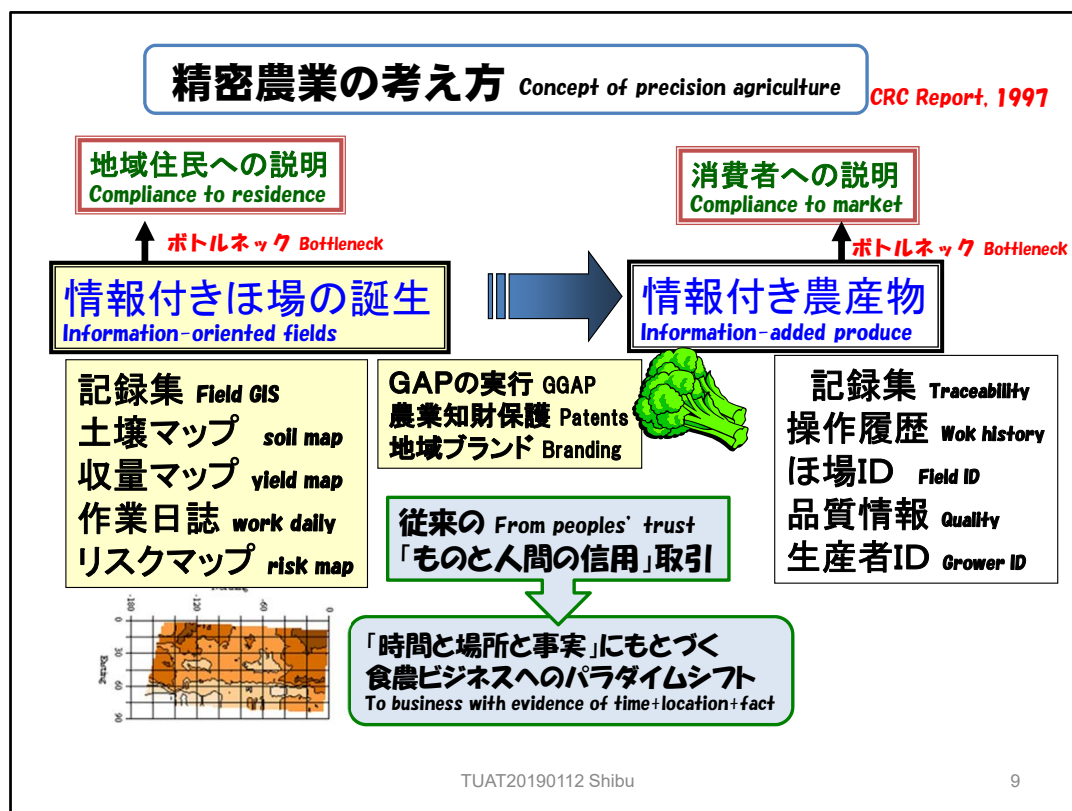
また数百枚のほ場を管理する場合、ばらつきは維持した方が多品種少量生産などによい場合もある。農家の判断が重要である。



農法とは、地力と収量・収益を考えた農作業の体系である。

農法を構成する要素は5つある。作物品種の選択，ほ場の管理，ハードとソフトの技術活用，協同出荷や条例などの地域システム，そして農家の動機である。できれば農法の5大要素を丁寧に書き出し，要素間の関係を理解しておくことが望ましい。高く売れそうな作物品種を導入したくとも，土壌条件や機械施設が合わなかったり，販売ルートがなかったりしたら，無理な話になる。集団で取り組む場合は，互いの5大要素を調整することが必要になる場合が多い。

精密農業の導入は，ほ場マッピング技術，可変作業技術，意思決定支援技術を伴うので，5大要素を同時に改編することになる。このような大きな変化は，機械化による農業革命以来のことである。

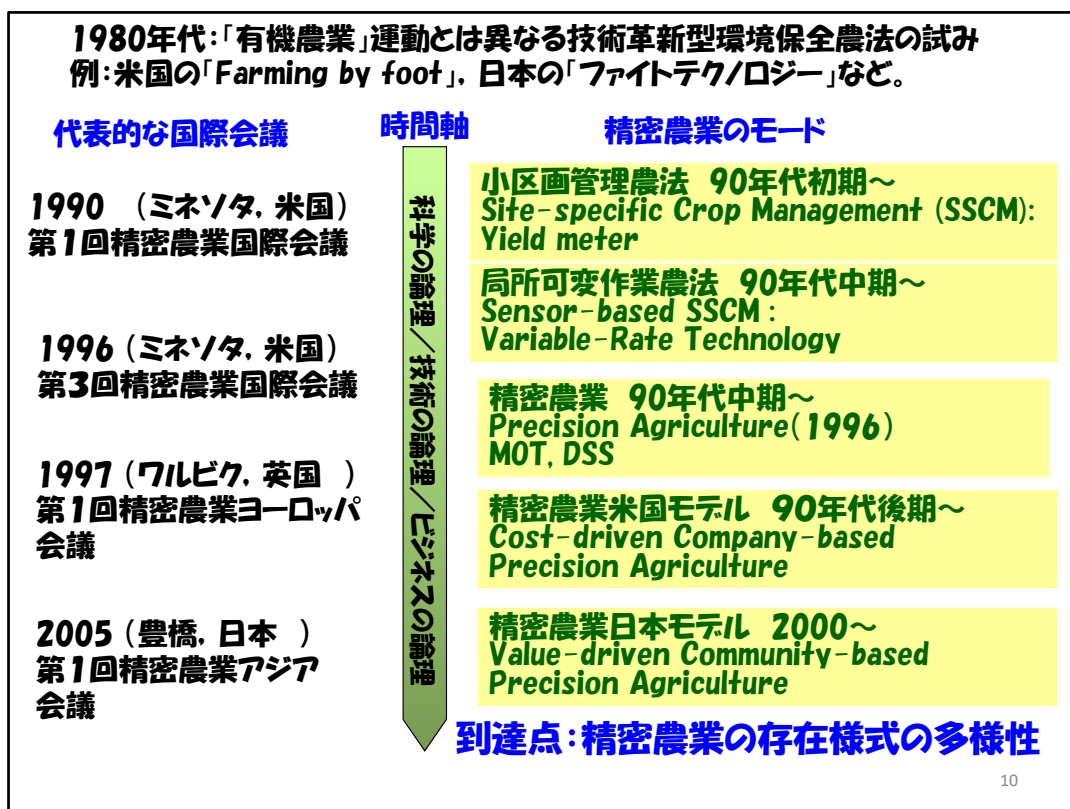


精密農業の導入はばらつきを記録し受けれることから始まる。

ほ場の土壌や収量，病虫害などの空間的時間的ばらつきを記録し，ほ場地図に落とすと，ほ場マップができあがる。ばらつきの可視化である。このほ場マップ一式をもって情報つきほ場を創造したという。ほ場地図をパソコンに格納し，あるいはクラウドのデータベースにおさめ，地理情報システムGISなどのソフトを利用すると，ほ場の全体像が一目瞭然になる。これで地域住民へほ場で何が起きているのか（農薬散布など）の説明が可能になる。

ほ場マップの情報を農産物に付加すると，情報つき農産物が誕生する。農産物は，収穫と同時に場所と履歴の情報を失うので，収穫作業でほ場情報を引き継ぐように仕組みばよい。情報つき農産物は，フードチェーンや消費者へ生産履歴を説明する場合に役に立つ。

注目すべきは，「時間＋場所＋事実」のデータセットが農場から食卓までのサプライチェーンで共有できるしくみが誕生したことである。しかもこれは農作業が生産するものなのである。



精密農業には、導入の経緯から5つモードが存在する。ひとつは小区画管理農法である。ほ場を細かい区画に区切り、区画の中は均一と仮定して作業を実行する方法で、精密農業のアイデアを直接表現したものである。ほ場や小区画のサイズはどの程度なのかが問題になり、欧米畑作では0.4-1haを目安にしていた。日本の1枚の畑のサイズになる。二つ目は、精密農業の機械化で、局所可変作業方式である。ばらつきに応じて灌漑や施肥、農薬散布などが作業対象になる。三つ目は、収益と環境負荷軽減（法令遵守）をバランスよく実行する技術管理経営で、精密農業と呼ばれる。4つめは、大規模農業を対象にしてコスト削減の効果を重視した精密農業モデルである。最後は、小規模で有りながら、付加価値を重視して売上げを伸ばす精密農業モデルである。5つの精密農業のモードが20年の間に登場したことは、19世紀から20世紀にわたり百年くらいかけて機械化農業革命が進行したことに比べれば、驚くべき早さである。

また時々の重要な時期に、精密農業の推進に関する国際会議が米国、ヨーロッパ、アジアで開催されている。

コミュニティベース精密農業の定義

The community-based precision farming (agriculture)
Is a new regional farming system
To get high profitability and reliability
under regional and environmental constraints,
promoted by wisdom farmers and technology platform,
through creating both information-oriented fields
and information-added products,
with supply chain management of field to table.

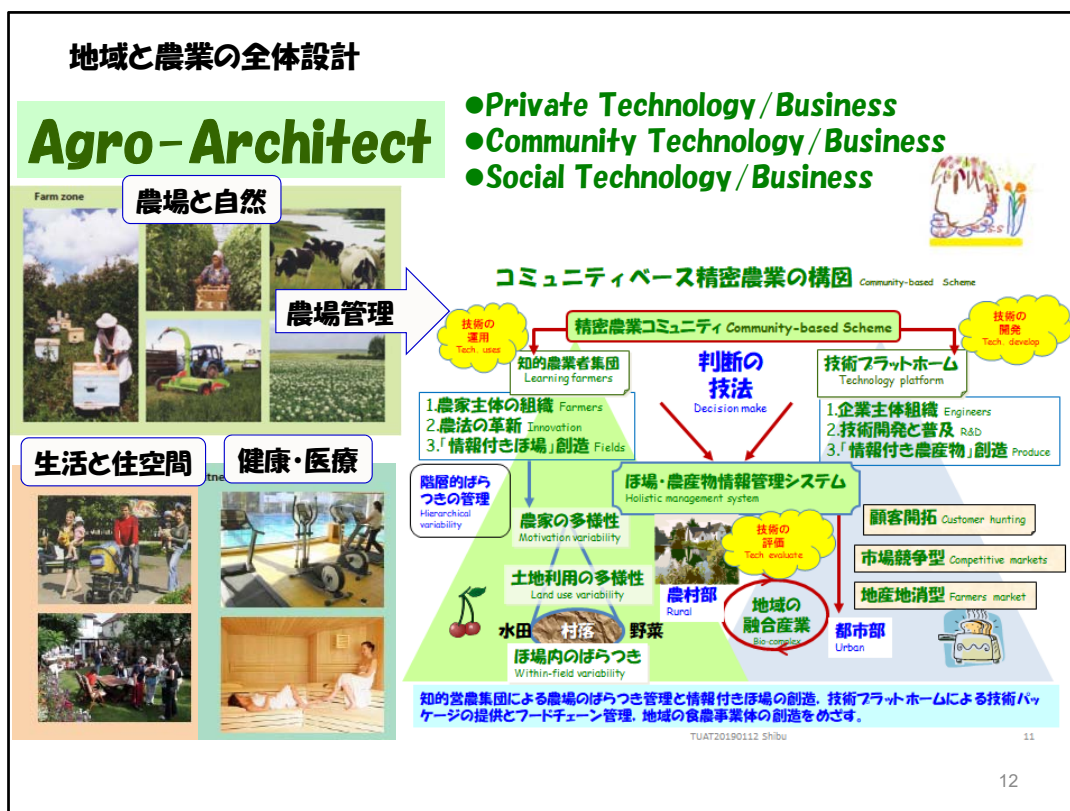
S. Shibusawa (2004) Paradigm of value-driven and community-based precision farming. Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology, Vol. 3, Nos. 3/4.

11

日本で始まったコミュニティベース精密農業の定義である。

農家を研究パートナーとする取り組みが、日本と米国と欧州でほぼ同時に開始されたが、日本の農家集団の動きが目立った。2000年代には欧米各国の研究者や技術者が日本の試みを見学に来た。英文を訳してみる。

コミュニティベース精密農業は
一つの新しい地域に根ざした農業システムである。
推進主体は知的農業者集団と技術プラットフォームであり、
情報つきほ場と情報つき農産物を創造し、
農場から食卓までのフードチェーン管理に関与し、
地域や環境の制約のもとでも、
高い収益性と信頼性を獲得できる農業である。



コミュニティベース精密農業の構図を示す。

知的農業者集団は、ほ場内あるいはほ場間のばらつきや所有者である農家の意見の違いなど記録して共有化し、情報つきほ場をもとにして地域の農地管理を実行する。もちろん、耕作放棄の対応も含まれる。企業が協力する技術プラットフォームは、地元に合う技術開発を行い、情報つき農産物の顧客獲得に協力する。農業生産と農産物販売を一体に行う小さな産業クラスターになっていることに注意してもらいたい。

コミュニティベース精密農業の構図は、東日本大震災からの農業復興を考える際にも役に立った。また、ロシアのアムール州では国土の1/3が水につかる大洪水に遭遇し、農地ばかりでなく村や都市、そして人々の住宅や暮らしが破壊されたのである。街の立て直しと農業の立て直しを同時に進める、Agro-Architectという考え方を披露し、復興の進め方について農家や州政府と懇談した。残念ながら、時間の制約で、その後の復興まで見届けることができなかった。



地域資源（農業知財）を活用する日本農業の主な担い手

「耕す市民」農業

商品：自然と調和し対話する暮らし

- ・健康寿命の重視
- ・作業対価を払う
- ・数百万の市民農園
- ・文化と人格涵養

課題

- ・リテラシー教育
- ・農園管理標準
- ・危害管理標準

「地産知商」農業

商品：生産と販売（直売）のしくみ

- ・生活の質を販売
- ・マーケットイン
- ・多角経営事業体
- ・数百万の都市農業

課題

- ・危害管理標準
- ・地域市場の再生
- ・次世代継承

「企業」農業

商品：価格と品質バランス農産物

- ・社会責任の自覚
- ・資金流動の管理
- ・数万の生産法人
- ・低コスト高効率化

課題

- ・国際競争力
- ・雇用管理
- ・資本蓄積

法令遵守・衛生管理(安全)と信頼・満足度(安心)の重視

地域コミュニティ維持・環境保全・生物多様性の重視

13

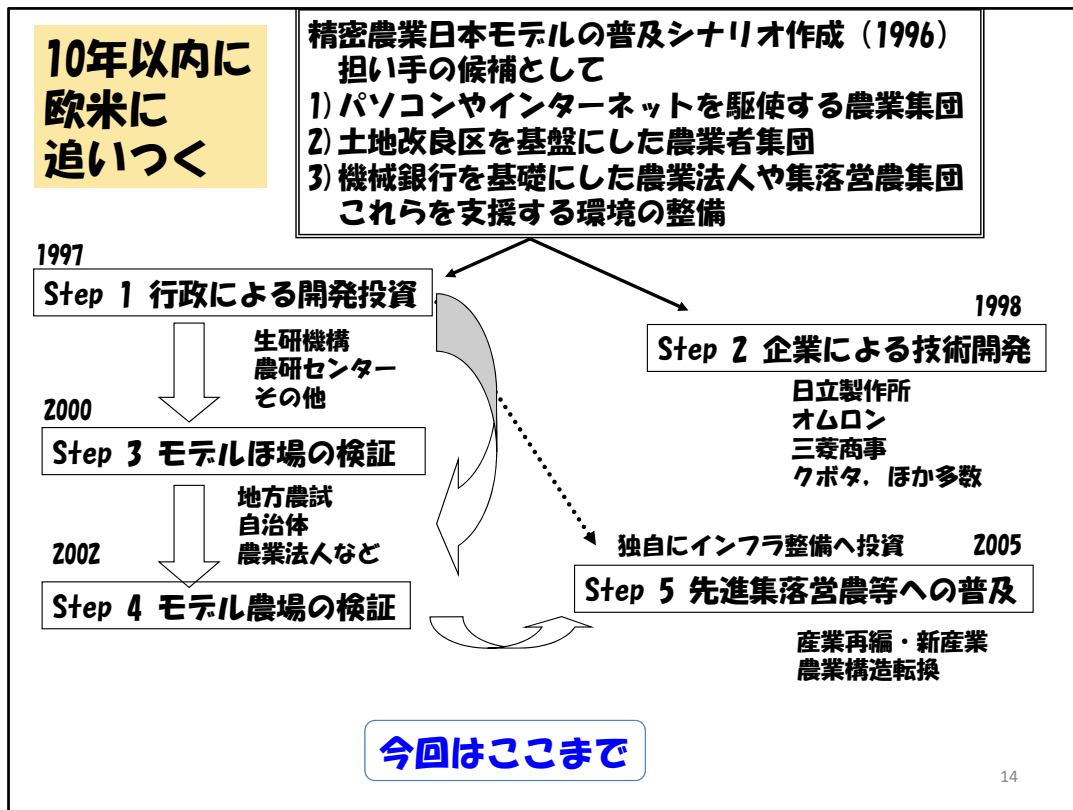
コミュニティベース精密農業の担い手は誰かという問題に答えておこう。地域に根ざした農業の再生・活性化が目標になるので担い手には三つのタイプが存在する。

ひとつは、比較的大規模な企業農家である。市場価格と供給品質が経済的にバランスした農産物の出荷が目標になる。資本や知財の蓄積やグローバル化した市場での顧客獲得に競り勝つ力が必要になる。売上げでは、数十億円～数百億円の経営規模になる。昔の単位農協が目安になるだろう。

もう一つは地産知商農家である。目に見える生産と販売の仕組みが商品価値の一つで、直売所や地方市場が顧客獲得の舞台になる。農業以外に宿泊やレストランなども営む多角的事業体が特徴である。数千万円から数億円の事業規模が想定され、農業のみの売上げを事業指標に考える必要はない。

もう一つが耕す市民である。生活手段は別途もっており、自然と調和し対話する暮らしに対する対価を支払う人々である。農作業のプロもいれば初級の農業体験者もいる。

人々が三つのタイプを自在に移動できることが大事である。



1996年、米国とヨーロッパを訪問して精密農業の開発現場を体験した。精密農業を実行するとトレーサビリティが担保された農産物が低価格で市場に出回ることになり、生産現場のリスク管理も標準化されることを直感した。農家の写真付きの農産物を店頭に並べて、「私が嘘をつきますか」のたぐいの日本の農業では全く相手にならない。日本の農業が生き残るためには、少なくとも欧米並の精密農業を日本で立ち上げねばならない。

そんな思いで、活動を開始した。まず、日本にも担い手の候補は存在していることを確認した。また、政府に大規模な精密農業プロジェクトを進言した。技術開発の実用化年限を定め、途中で無理なものはキャンセルして海外産を導入すればよい。企業にも独自に技術開発投資を呼びかけた。5年後には農家のほ場で実演し、精密農業に取り組む農家集団を組織することが目標であった。行政は3年以内の射程で予算を組み、企業は目先の利益しか追わないという、日本の技術文化の中での挑戦でもあった。

驚くべきことに、多くの人々の協力のもとに、この思い込みのシナリオが見事に実現したのである。