



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 (2) 2019.6.4

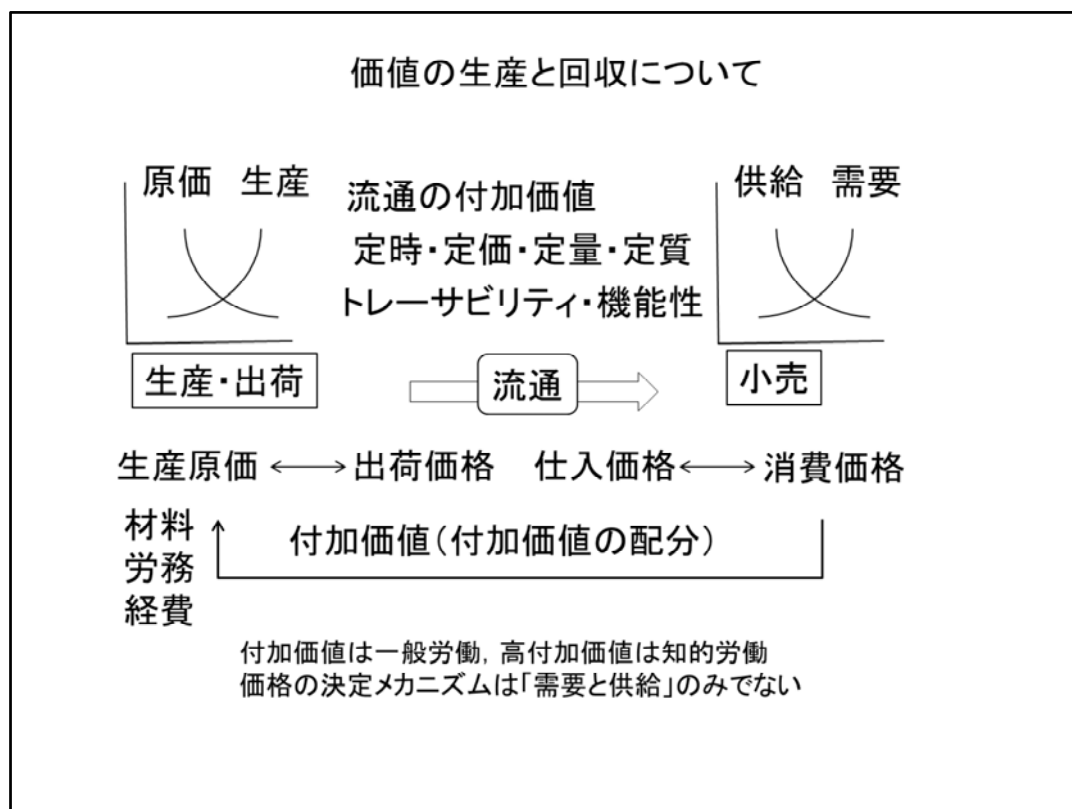
1. 考え方と担い手
2. **精密農業の経済性**
3. 精密農業技術
4. 意志決定支援システム
5. 農業知財と地域ブランド
6. 農業情報の創成と標準化
7. GLOBAL G.A.P.と安全保障
8. アグロメディカルフーズ

(背景は北海道十勝地方の畑地でのリアルタイム土壌センサ観測)

本講では、精密農業の経済性について少し検討する。本来は、農業経済の専門家が検討すべき課題であろうと思うが、近年の急速な技術革新に直面して、我々のような技術者に「精密農業(技術)は経済的か?」という問題をよく投げかけるのである。非専門分野ではあるものの、技術運用の課題も含まれるので、試行錯誤の対話を繰り返し、現場目線の経済性談義ができた。

本稿の内容は、まず「経済性」とは何かという疑問を整理してみた。その回答は難しくできていない。続いて、可変作業技術を素材にした農作業コストの低減について紹介する。さらに精密農業を導入した法人の例、地域レベルの導入の試み、そして自給率向上と都市農業の役割について検討した。

本来、マネジメントと組織の変更が経済性の課題になるはずだが、この点は、後日、専門家が補強してくれることを期待する。



まず経済活動についての基礎知識を整理する。

経済活動における価値とは財の価格のことであり、販売価格から材料経費を差し引いたものを利益、利益と労務費を併せて付加価値、すなわち、生産活動によって原材料に新たに付加した経済価値のことである。製造原価は材料費と労務費と経費からなる。高付加価値化とは、販売価格の向上と製造原価管理により付加価値を高めることである。

生産原価は生産規模や技術革新により変動し、また販売価格は需要と供給の関係により変動する。それによって利益や付加価値も変動する。一方、農産物の流通を見ると、生産者の出荷価格、卸や小売の仕入れ価格あるいは流通経費が計上され、最終的には消費者が商品の対価を支払うことによりはじめて利益の回収が可能になる。従って、農産物流通システムから見ると、生産原価と消費価格の差が利益となり、付加価値の配分額が関係者の利益に強く関与する。

精密農業の導入がこの価値生産システムにどのように影響するのかが、経済性を考えるときの基本枠組みである。

経済性＝利益(速度)＝売上－経費

会計簿には計上しづらい  
経済性(収益性, 持続可能性)に關与する要因

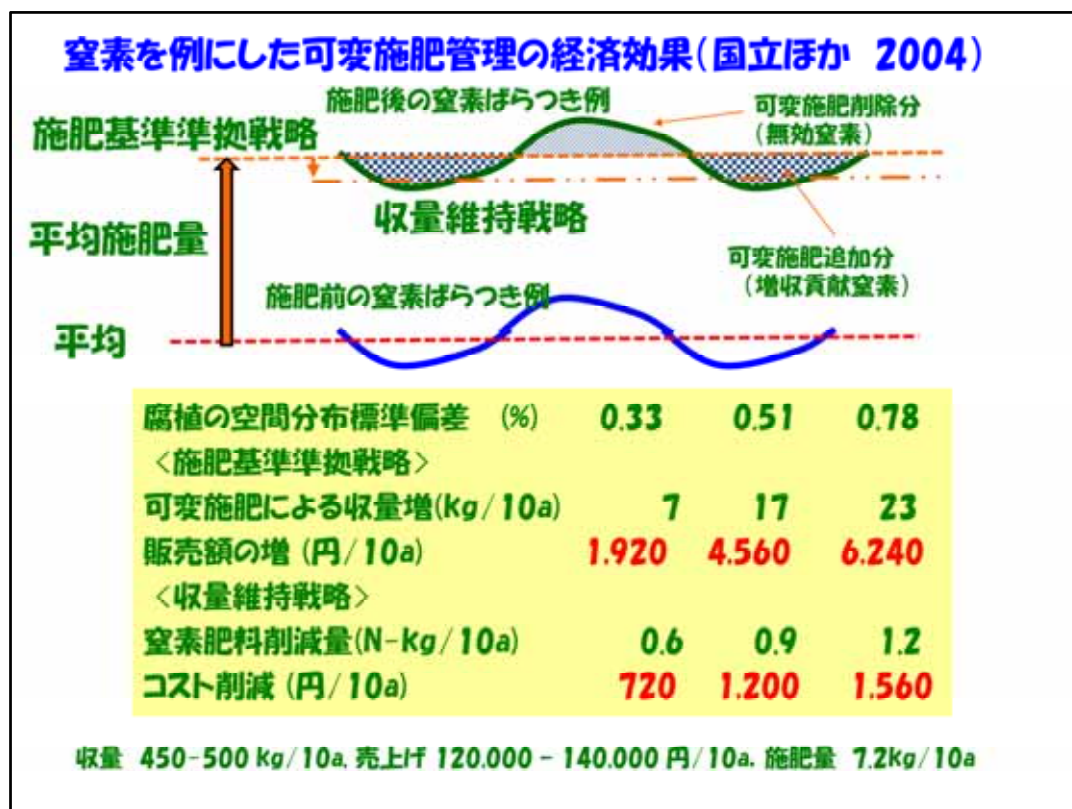
- 農家の経済性: 家族の健康、近所つきあい、後継養成
- 法人の経済性: 人材プール(外部)、知財管理、顧客管理
- 農協の経済性: 社会貢献、持続性、組合員のばらつき
- 地域の経済性: 雇用、賑わい(街づくり), 防災
- 社会の経済性: 雇用、税金、経済・社会リスク

節密農業に限った話ではないが、誰が精密農業を導入するのかにより、収益(利益)の構造も異なってくる。

基本的には、農産物の販売額が売上げになり、家族経営の場合、材料費と自家労働が経費になる。法人では雇用労働や保険料などが経費に加わる。農産物出荷における農協収益は売上げマージン(10%程度)であり、経費は集出荷費用と従業員賃金などである。地域行政では、税金や事業収入が売り上げに相当し、内訳は予算決算をみればよい。

帳簿上には載らない重要な経済行為として、農家では近所つきあいや後継者養成教育(農業大学校など)などがあり、法人では新規採用のための人材プール(新採転職サービスなど)の構築がある。農協では、そのステータス向上のための産地ブランディングや地域貢献活動がある。これらは、いずれも経営の継続に必須の項目だが、従来から外部経済などとよばれて会計の俎上にのりにくい。環境会計などの仕組みは注視すべきである。

精密農業の特性からして、日本では農協あるいはそれと同等の組織が導入する場合に最も効果が高いと思われる。



図の結果は、国立卓生らが実施した研究例である。精密農業の代表的技術である可変施肥を実施した場合に、どれほどのメリットがあるのか試算した。

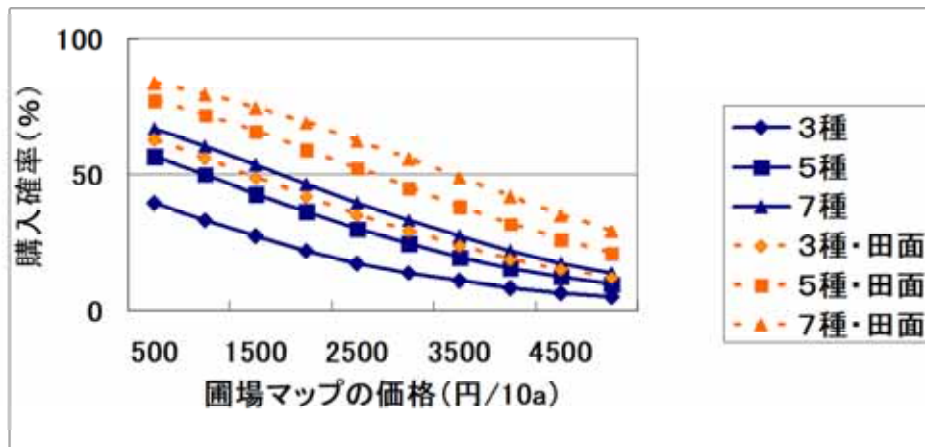
2000年当時、石川県において水稻収量500kg/10a、販売額14万円、窒素施肥量7.2kg/10aが上位平均の水準であった。

ほ場内の窒素ばらつきとして標準偏差にして33%、51%、78%を想定し、施肥量は同じで過不足を均した場合の収量増加による売上げ増加分を計算した。せいぜい1-2%の増分である。次に、過剰部分の施肥をカットしたことにより肥料代削減分を計算した。10%-20%の削減量だが、金額ベースでは収量増分売上げの三分の一程度のコスト削減である。

農家の手取りを考えると、施肥削減より収量増の導入動機が高いといえる。しかし増分が期待より一桁低いので、導入は無理である。

ところが数年後、肥料価格が2倍以上に高騰し、コスト削減動機が高まり、可変施肥による施肥削減の基調が続いている。

注：3種（窒素・腐食・pH），5種（+リン酸，カリウム），  
7種（+ケイ酸，微量元素），田面高低差は水田面の凹凸



参考：時速4 km/h（約1m/s），1m×10mのデータサンプリングの場合  
1ha（100m×100m）で10本 → 15分+巡回時間 約1時間500点データ

水田用土壌マップに対する支払い意志価格  
（国立卓生・工藤卓雄，2002，私信をもとに作成）

石川県の水稲農家300軒ほどに、精密農業の導入についてアンケート調査をした。土壌マップサービスの対価はいくらか、という質問である。半数の農家が購入意思を表名するには、7種の土壌成分で2千円、5種の土壌成分で千円が10aあたりの対価である。3成分では興味なしといったところだ。

精度の高いGPSによる田面均平の程度を加えると、3成分でも2千円、5成分で3千円、7成分では4千円が対価になるという。田面均平の程度が収量および収入に直結するほ場情報であることがわかる。

さらに追跡ヒアリングの結果、少数だが収量変動の緩和を期待する意見があった。おおざっぱに言って、10年くらいをみると、2割くらいの収量変動がある。金額にして±3万円くらいである。土壌マップの利用によって、マイナス側が半分になると、1.5万円の売上げプラスが期待でき、その2割を保険として毎年投資しても元は取れる、という考え方である。話は10aが単位である。

このように、農家サイドに経営のシナリオがあれば、導入技術の経済性が現場で判定できる。



愛媛県松前(まさき)町の農業法人「あぐり」は、2004年以来、リアルタイム土壌センサーを活用した精密農業を導入している。3名の従業員で近隣農家から借用した水田500枚、40haを管理している。近隣農家は高齢で耕作依頼を申し出るのだが、将来のために所有は維持したいとのこと。数十軒分の農地を3人の法人で管理しているので、労働生産性からすれば10倍以上を達成している。新規技術は、土壌マップサービスの導入のみである。化学資材購入はなく、生ゴミなどを自家発酵して堆肥をつくり、完全な有機栽培をしている。水田1枚ごとの生産履歴を蓄積しており、市販有機肥料の違法が摘発された際にも、水田ごとの有機栽培の適否を判断し、有機JAS認証が継続された。この事件では、多くの有機栽培農家が認証を取り消されている。

土壌マップサービスは、年間に約百枚の分析で80万円程度の経費、水稻の売上げが4千万円程度なので、売上げのおよそ2%が土壌マップサービスの経費である。経営体は特別な補助金をうけないで活動している。

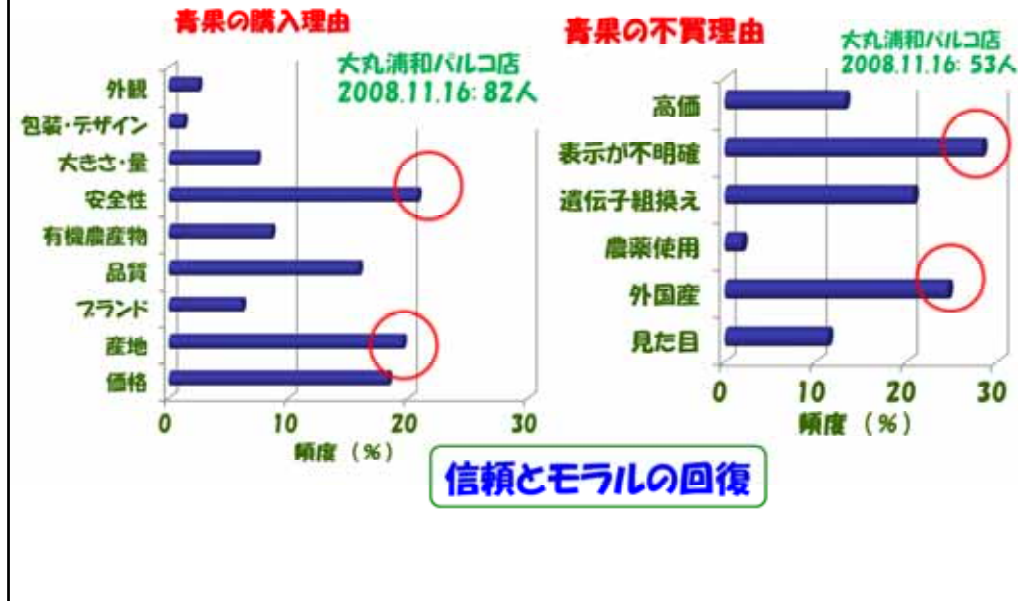


埼玉県本庄市の農家が本庄精密農法研究会をつくり、地域で精密農業導入のための学習を進めている。精密農業のコンセプトを学習し、情報つきほ場と情報つき農産物の生産の仕組みや運用方法、独自ブランドの開発方法や農業知財の保護などについて学習と社会実験を実施した。

農地のサイズは変更できないので、新規技術の導入は困難だが、情報つき農産物の生産は可能である。「本庄のトキメキ」の商標をとり、店頭と生産現場をQRコードを介してICTで接続し、消費者との直接対話を試みた。借用したスーパー店内の棚1台2メートル四方で年間3千万円の売上げを得た。販売価格は他の市販品の2割高く設定した。売上げの1%でシール代などの材料費を捻出している。JA事務局やスーパー店員などの無償協力も無視できない。

新たな投資は、情報つき農産物を生産するためのシールや情報編集およびホームページ運用の経費である。

## デパ地下の顧客の判断はいかに スーパーマーケットとは異なる？



本庄精密農法研究会が浦和駅北口の大丸デパ地下で実施した情報つき農産物の販売実験に際して、東京農工大学農学部  
の学生が店頭でアンケート調査を実施した。学生は農学基礎ゼミ「顔の見える農産物」に参加した1年生である。質問は生鮮果  
菜類の購入動機であり、国産と輸入の農産物比較を念頭に置い  
たものであった。

購入動機に強く影響する要因は、安全性と産地の証明および  
価格と品質であった。品質は、鮮度とか味覚あるいは生体調節  
機能などの食品機能を意図している。そのための対価として10  
~20%高くてもよい。

不買の動機は、産地や品質保証等の表示が不明瞭なもの、外  
国産、そして遺伝子組換え農産物である。遺伝子組換え作物は  
科学的に問題ないのだが、日本では高い拒否反応がある。

全体として、精密農業の導入による情報つき農産物は、店頭で  
は20%増しの値段で販売可能であることがわかった。また、出荷  
から店頭までの農産物導線をスムーズに運用するためには、既  
存の人材配置や組織の価値観などを変える必要がある。



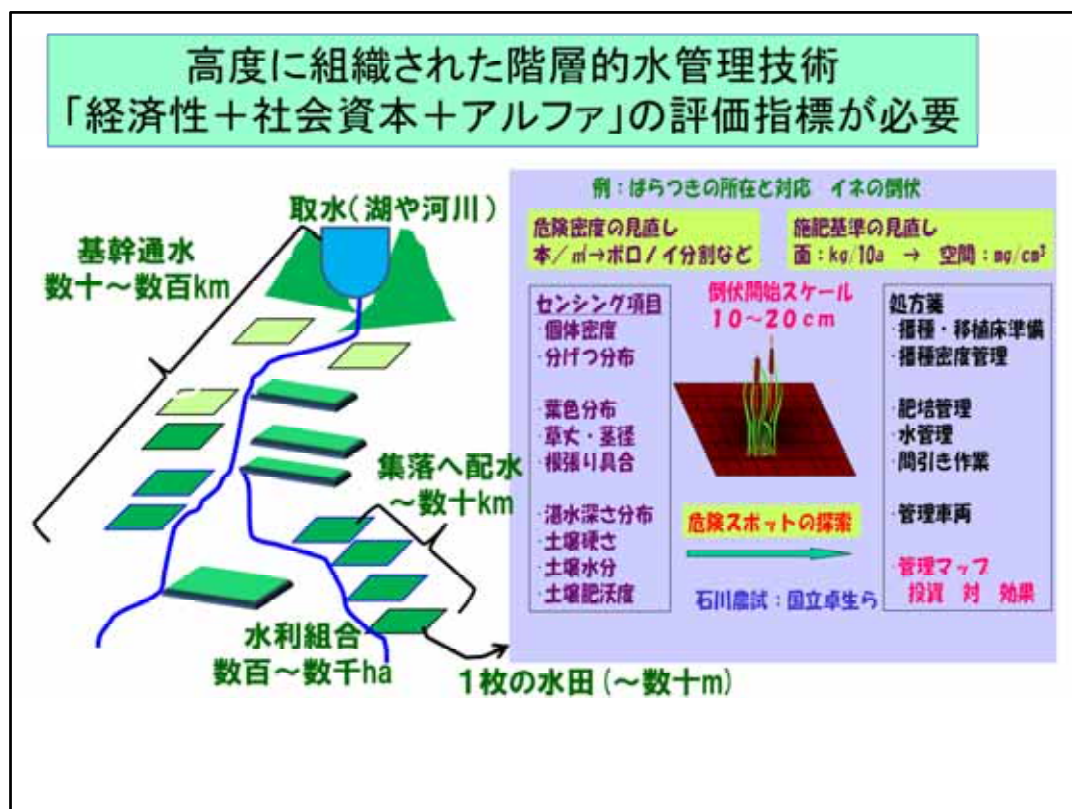
<p><b>精密農業に対する農家の意識</b></p> <p>(2000年代)土地収益性は約10倍の差          米国では800haで1億円の売上げ(ミネソタ)          日本では100haで8千万円の売上げ(北海道)          野菜農家では10haで7千万円の売上げ(埼玉)          大規模農家の土壌診断は          米国で3千円/ha, 日本で3千円/10a          毎年50~100万円くらいの出費(米国と日本で大差なし)          注:日本農家は米国・オーストラリアに発注している</p> <p>日本では          農協3000支所で10兆円の生産額→平均30億円/支所          例:S園芸農協の売上げ 30億円(果樹)</p> <p>農産物売上げへの効果が新技術導入のポイント</p>	<p><b>新技術導入に対する農家の意識</b></p> <p>(1990年代)K社のアドバイザーとして甘藷収穫機ボディを開発し販売するときの定価200万円の設定については、次のようにした。甘藷売上げは50万円/10a, 2ha栽培で売上げが1千万円/年, このような農家は全国で200戸を下らない。効果のある機械ならば売上げの2割で購入する。200万円の設定で4億円以上の市場が見込める。Kの売上げは80億円なので, 新規市場開拓により5%の売上げ増が期待できる。</p> <p>K社は, 甘藷以外にニンジンやキャベツの収穫機とバリエーションを拡大し, 営業収益を上げた。</p> <p>このように, 補助金なしで農家が機械等を購入する場合は, 価格は売上げの2割以下に設定すべきである。</p>
<p><b>土壌診断に対する支払い意思価格</b></p> <p>(2000年代)石川の水田農家が, 10アール当たり千円を支払っても良いと判断している。これは, 次のように解釈できる。10アール当たりの所得平均は約10万円, 収量=所得に2割程度の経年変動があるから, ±2万円が変動リスクの対象になる。この変動の5%である千円の投資で損失側変動が1万円になれば, 平均所得は1万円増になる。投資効果は10倍。北海道畑作では8万円売上げで3千円を土壌診断に出費の例もある。この場合, 変動の30%, 環境保全効果重視の農家。このようなサービスに対する対価は, 変動リスクの1割程度, さらに環境保全等の付加価値の見積もりで投資は変化。</p> <p>&lt;参考&gt;          産直あるいは食品会社との契約栽培では, 契約収量の2割増しで作付けするのが一般的になっている。</p>	<p><b>新技術導入に対する農協の意識</b></p> <p>(2000年代)S農協に販売した社の選果機は約12億円と聞いている。これも, 上記の価格設定に準ずる。S農協は, 約30億円の売上げであるから, 補助金なしで購入する場合は6億円が限度になる。国の補助金が半額もらえたので, 12億円は決断価格となった。さらに果などから残りの半額を補助されたので, 3億円の出費となった。さらに選果機導入で出荷果実が1割程度高値に引き上げられたので, 3億円程度の売上げ増となったはずである。1年で選果機の固定費を償却してしまったことになる。</p> <p>ここでも売上げの2割以下で新技術の購入という購入動機がある。</p>

あらためて、精密農業の導入に対する経済的あるいは心理的な抵抗感について、数多くの対話の中からいくつか抜粋した。

左上は、経営規模を比較したいので、農家から売上げを聞き出した例である。なかなか本当のことはいわないが、比較の目安がわかる。米国中西部の穀物農家は千ヘクタールで1億円、帯広の農家は百ヘクタールで1億円、関東の露地野菜農家では十ヘクタールで1億円、施設園芸では1ヘクタールで1億円の売上げが相場である。比較すべきはこのような経営規模であろう。

左下は、土壌診断に対する対価の目安を聞いている。収量あるいは売上げの年変動に対する30%程度が土壌診断の対価であると考えている。収量変動リスクに対する保険料の感覚である。

右上は農機新機種種の販売価格の検討、右下も新規選果施設の販売価格の検討例で、いずれも売上げの2割が妥当な設備投資の金額であるという成功事例である。既存組織のまま新技術の導入をするには、売上げに対する適切なコスト設定が重要である。



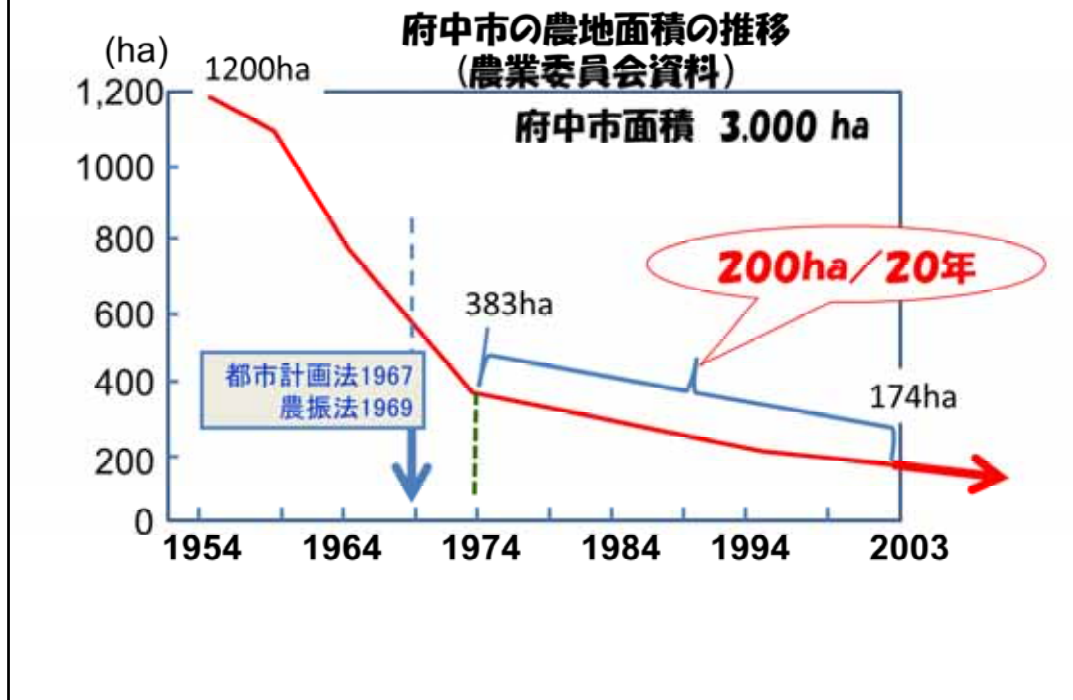
水稲作への精密農業の導入を考えてみる。

水稲あるいは水田は、その名の通り、貯水池や河川から個々の水田まで水を運ぶ水耕栽培の体系であり、水の集排水の地域システム技術である。ダムや貯水池の貯水量と個々の水田需要の両極をにらみながらの配水、その間を接続する基幹通水や支川配水が主だった管理対象である。これらは時間的にも空間的にも無視できないばらつきがあり、さらに気候・気象による降水変動も加わる。ばらつきを記録し、変動リスクを見積もり、水の集配水管理を効率化することは、精密農業の絶好の対象である。

経済性の問題では、過剰な施設機能や過剰な灌漑水量などが節約の対象になる。水利用マップにもとづいて統合的な水利権管理の仕組みが俎上にのるであろう。個々の水田では、倒伏防止(減収防止)の株管理作業が期待される。

課題は、新しい事態に即して、これらの事業の担い手が誰であるのか、あまりわかってないことである。実効的な当事者(組織)が登場する時期である。もちろん農家は核になるべきである。

## 問題の発端：都市から農地がなくなる



研究室が府中キャンパスにあったせいか、都市農業へ精密農業が利用できないかという質問を多く受けた。もちろん、個々の小さなほ場での管理の問題もあるが、主として、近い将来、都市農業がなくなるのではないかという心配からの質問が多かった。そこで、都市農業の展望について検討した。

まず事実確認である。上の図は、府中市の農業委員会が2000年頃に作成したグラフである。戦後の1950年以降、都市化と高度経済成長で急速に農地が減少するが、1974年に制定された生産緑地法で減少率は低くなった。しかしそれから4半世紀を過ぎてみると、年間十ヘクタールの減少が一貫して続き、2020年には府中から農地が消える予測がだされた。

この事態に、農家のみならず商工会や市民までが都市農業の存在意義を考えるに至った。直売所や農業祭りや農業支援の様々なイベントが取り組まれて、現在に至る。事実の共有が、現実を動かすよい事例である。

2016年には新たに都市農業基本法が制定され、局面が変化した。

## 思考実験 自給率の考察

### ○一人あたりの必要な耕地面積

→耕地密度**5a/人**(カロリー自給**70%**)

水田**2a**→米**100kg/年**(収量**500kg/10a**)

畑地**2a**→野菜**400kg/年**(収量 **2ton/10a**)

他 **1a**→果樹・雑穀・飼料など

### ○理想的な食事(館本, 現代の農業 9, 2007)

穀物:野菜:肉 = **5:2:1**(量にして)

都市農業不要論への反論にはならなくても、改めて都市農業の重みを考えるために、食料自給率の思考実験をしてみた。

まず、平均的な日本人が(とは言い過ぎかもしれないが)必要とする耕地面積を概算してみた。水田2aあれば100kgの米が獲れる。いまの年間消費量の2倍である。畑地2aで野菜400kg獲れる。いまの年間消費量の4倍である。1aで果樹や雑穀や飼料を生産して鶏や豚などを飼い、魚介類を食すれば動物タンパクが摂取可能である。牛肉などは超高価扱いになる。

すると一人あたり5aの農地があれば、健康な食生活が担保されると想定しても、あながち無理ではない。必要ならば、詳細を検討する必要があるが、ここでは都市農業が食料自給率に貢献できるのかを問題にするので、とりあえず暫定値の5aを使う。

## 自給率向上への作業仮説：土地利用の転換

○市街地人口地域：耕地密度 2a/人以下(人口で53%をしめる)  
埼玉(1.18)、東京(0.06)、神奈川(0.24)、静岡(1.94)、愛知(1.14)、京都(1.23)、  
大阪(0.16)、兵庫(1.38)、奈良(1.62)、福岡(1.75)

○食料自給率(カロリー)の人口別仮配分(現状分析)  
自給率(40%) = 市街人口(50%) × 市街自給率(0%)  
+ 田園人口(50%) × 田園自給率(80%)



市街地農業と田園農業が相互協力による土地利用により  
自給率向上の生産戦略を分担(分離と協働)

自給率(70%) = 市街人口(50%) × 市街自給率(20%)  
+ 田園人口(50%) × 田園自給率(120%)

課題：国土設計 + 経営体 + 新市場

食料自給率向上の机上計算である。

一人あたり必要な農地が5a, 2a未満の農地しかない地域は、  
穀物か野菜のいずれかが不足する。この地域を市街地域と仮定  
し、他所に食料を依存する従属地域とみなす。

すると市街地域の都府県が図のように計算され、人口の50%  
を占める。そこで現在の自給率40%を市街人口の自給率0%と  
田園人口の自給率80%に仮に配分してみた。これを思考の出  
発点にする。

市街地農業と田園農業が協力して全体の自給率70%を達成  
するためには、市街自給率20%と田園自給率120%の役割分  
担が可能であろうか？

田園自給率は50%増の目標なので、耕地利用率90%→130%  
で40%増、耕作放棄40万ha解消で8%増、精密農業導入で  
20%収量増、などを勘案すれば、机上では可能になる。


150 ha/25万人=0.6 a/人      **府中市の場合**      5a/人→70%  
0.6a/人→8%→20%(3倍)

○方策(3倍の収穫面積, 500ha相当への拡大)

1) 耕地150haは年3作をめざす→**2倍化(300ha)**  
課題: **地力維持** / 病虫害 / 担い手 / 市場

2) **植物工場(生産力10倍)10ha→100ha生産力相当**  
課題: 用地確保 / 余剰電力, 水 / 有機残渣処理 / 市場

3) **緑地700haの有効利用→200ha相当の生産力**  
課題: CDM / 土壌保全 / 担い手 / 循環型市場

 **コア技術の評価**

○市街地「堆肥」  
○地力維持  
○市街地農法開発

今回はここまで

市街自給率20%を見積もるのは、難儀なことである。身近な府中市の場合を考えてみた。

府中市の人口25万人で農地が150ha, 耕地密度0.6a/人, 5a/人で70%自給率だから, 現状で8%の自給になる。これを20%に増やすには2.5倍相当の農地拡大が必要である。

現在の農地で年三作を目指して2倍化の300ha, 単収10倍の植物工場10haをつくれれば100ha, 緑地700haの30%を農地に利用することで200ha, このように計算すると机上では600haが算出できるので, 府中市の自給率20%は努力目標というより現実の目標として考えてもよいと思う。

精密農業の経済性を問題にすると, 地域の農業のあり方や農業の存続の問題まで扱わなければならなくなった。農業は地域や社会と密接に接続しており, 農業や農家だけを取り上げて経済性や効率性を議論すると, 全体の方向性を見失う可能性が高く、蛸壺の科学技術になってしまう。

今回はここまで。