

大学院農学府 農業環境工学専攻  
「精密農業特論」

TAT 東京農工大学

## コミュニティベース精密農業 の理解のために (8)

湯澤 俊  
東京農工大学大学院 農学研究院  
農業環境工学部門

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. アグロメティカルフーズ

(ギリシャのスキアトス島、施設園芸のprecision horticulture登場、6thECPA, 2009)

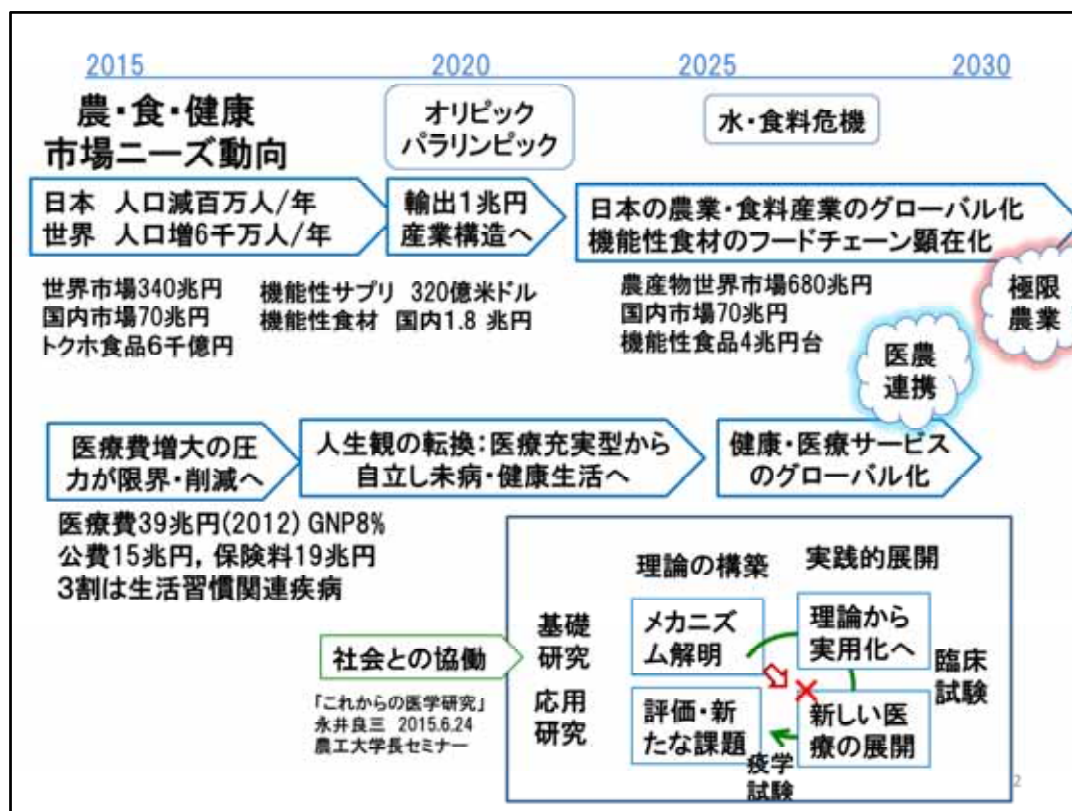
コミュニティベース精密農業の講義シリーズの最後に、農産物の機能を取り上げる。高機能な農産物の生産は、農作業のゴールの一つであり、ゴールから個々の農作業の意味を考えてみるのも、農業理解の重要な作業である。

食品には、次の三つの基本的な機能がある：栄養機能(一次機能)、感覚・嗜好機能(二次機能)、生体調節機能(三次機能)。

食品を農産物と置き換え、生産者の立場から考えてみよう。

一次機能に着目すると、収量を高くすることが目標になる。二次機能の場合はどうだろうか。一つの農産物のみで感覚や嗜好を満たすには限度があり、食卓を豊かにする複数の多様な農産物の供給が生産側の役割になるだろう。三次機能では、血圧を下げたり、などの機能を発揮する物質が一定量含まれる農産物を生産することが期待される。機能性物質を蓄積する品種や栽培方法の選択が課題になる。また、機能性物質をサプリメントにすれば薬品との差が少なくなるので、薬事法の管理対象になる可能性もある。

三つの機能を同時に高める栽培法はいまだ未解明である。



食品市場の動向からみると、日本では、現在の1億2600万人から2030年には1億1600万人、2060年には8000万人と毎年100万人の規模で人口減少が続き、人口減少に対応して毎年6000億円規模の食料品市場の縮小が予想される。国産食品と輸入食品の激しい市場競争になるだろう。一方、世界人口の増に伴い、食料品市場は現在の340兆円から2020年には680兆円になる見込みである。農業をはじめとする日本の食品産業が国際市場に活路を求めることが必至になっている。

国民医療費が国民総生産の8%である39兆円(2012年)に達し、そのうち30%が生活習慣に関連する疾病の支出である。国民医療費は限界に達しており、医療サービスを低下させずに医療費を削減することが緊急課題になっている。すなわち、疾患人口の大幅な減少が課題である。健康維持や未病対策の生活習慣改善が関心を高め、健康志向食品へのニーズも高まりつつある。さらに、食品選択が感覚や風評による判断から、明瞭なエビデンスに基づく判断へと変化しつつある。

ここに農業分野と医療分野の連携協力を促進する背景がある。

## アグロメディカルフーズとは

アグロメディカルフーズは以下の要件をすべて満たす農林水産物をいう。

### 1. 科学的エビデンスの存在

農林水産物が有する特定の機能性成分の摂取による疾病予防と健康の維持増進効果について、

(1) ヒト介入試験による科学的エビデンスが存在していること

または

(2) 疫学調査により長年にわたる疾病予防・健康増進の効果が認められていること

### 2. 機能性成分の摂取可能性

ヒト介入試験または疫学調査から導かれる疾病予防と健康の維持増進効果の発現に必要な特定の機能性成分の摂取量(機能性成分必要摂取量)が明らかにされており、日常の食生活の中で農林水産物を通して必要摂取が可能と見込まれること

### 3. 生産段階の含有量の確保と証明

出荷段階における農林水産物の機能性成分含有量が、出荷後の保管、流通、加工、調理段階での変動と必要摂取量を勘案して設定されていること

2016.05.20 一般社団法人アグロメディカルフーズ研究機構(AMFO)設立

2009年、医農連携をめざすアグロメディカルイニシアチブ(AMI)が発足し(理事長 吉川、事務局長 澁澤)、「健康増進のための機能性が科学的エビデンスにより明らかとなり、生産プロセスから計画的に設計されて産出された農産物」とアグロメディカルフーズ(Agro-medical Foods: AMF)と名付けた。

それから、2015年にはAMF研究会を発足させ、表記の定義をした。すなわち、疾病予防や健康維持増進効果が、ヒト介入試験あるいは長年にわたる地域食文化の経験事実(広い意味での疫学調査に相当)などにより、科学的事実として証明された機能性成分を含む食材をいう。内閣府外局の消費者庁が認める機能性表示食品や特定保健用食品(トクホ)などもAMFの範疇に含まれる。特にAMFでは、医と農の連携を重視している。

2016年には(一社)AMF研究機構を立ち上げ、アグロメディカルフーズ推奨農産物の認証制度を準備している。特に、生産段階ではグローバルGAP認証による安全管理を重視し、付加価値として健康維持の機能性が期待できる農産物を奨励する。また、機能性の働きの科学的理解が日進月歩していることも重視している。AMFの活動も10年を経て、いよいよ実用段階に入った。



「機能性を持つ農林水産物・食品開発プロジェクト」18課題①			
I 機能性を持つ農林水産物やその加工品の開発			
区分	採択課題名	研究グループ	研究代表者
直轄	高アミロース米等の抗高血糖性等の機能性の医学的解明及び調理・加工技術の開発	○新潟大/慈恵医科大/女子栄養大/新潟県農業総合研究所食品研究センター	大坪 研一
直轄	高β-グルカン大麦および小麦全粒粉を用いた食品開発と健康機能性の検証	○大妻女子大/横浜市東部病院/日清製粉グループ/みたけ食品工業	青江誠一郎
直轄	表面研削玄米のヒト介入試験による有効性検証および新たな主食産業の事業化実現	○筑波大/茨城県農業総合センター/大和産業	橋本 幸一
直轄	「満天さらり」含有食品のヒト試験での脂質代謝改善効果の検証と、良食味麺・ルチン含量を最大限高める加工法・他品種混入比率検定法の開発	○北海道大/北海道情報大/小林食品	藤野 介延
直轄	β-コングリシニン高含有大豆の新たな活用技術の開発	○近畿大/長野県野菜花き試験場/北海道情報大/旭松食品/ミナミ産業	森山 達哉
直轄	クルセチン高含有タマネギの認知機能の評価と高機能化栽培技術・加工食品の開発	○徳島大/岐阜大/岐阜県農業技術センター/鹿児島県農業開発総合センター/植物育種研究所	寺尾 純二
直轄	β-クリプトキサンチンの抗メタボ効果等に着眼した柑橘及びその加工食品の開発	○金沢大/愛媛大/京都大/浜松医科大/スひめ飲料	太田 嗣人
直轄	脂質代謝改善効果を持つ高力テキン緑茶及びその加工品の開発	○大阪医科大/九州大/千葉大/アサヒ飲料/森永製菓	花房 俊昭
外部	カロテノイド類の生体調節機能に着目した抗メタボ食品提供技術の開発とその効果の実証研究	○京都府立医科大/東京大/NKアグリ/日本製粉	高木 哲久
外部	日本の伝統健康野菜ゴーヤのエビデンスとサイエンスを根拠とする適正商品化技術の開発	○サントリーグローバルイノベーションセンター/サントリー生命科学財団/慶應大	阿部 圭一
外部	抗酸化物質高含有食品による睡眠改善を介した抗メタボ効果検証と商品開発	○東京医科大/富士フィルム/神奈川科学技術アカデミー/筑波大/マルハニチロ食品	井上 雄一

H24補正

平成24年(2014年)、農林水産省の補正予算およそ20億円を基金にして、3年間の機能性食品開発プロジェクトが開始された。従来、補正予算は、その名の通り、本予算ではまかないきれない案件が発生した場合の緊急避難として使用されるのがつねであり、景気対策などの当該年度使い切りであった。それを研究開発費に投入し、しかも3年間の基金として活用することは、異例な扱いであった。東日本大震災直後でもあり、農産物の付加価値を高めることで農業支援することが緊急課題として意識されたのである。その後も、数億円規模の開発研究が継続されている。

アグロメディカルフーズに総じて期待される機能は、①トレーサビリティ機能：農場生産から医学的機能性検証までの生産プロセスに亘る情報共有機能、②疾病予防・健康増進機能：抗酸化・代謝・循環・脳機能・運動機能などの改善による疾病予防・健康増進機能、③リハビリテーション促進機能：術後などの体力・体調回復を促進する機能で病院食や療養食などが対象、④地域特産食材・郷土料理：地域の風土と食材および郷土料理と調和する機能、などである。表記課題リストは、これらの機能開発をめざす医療と農業の異分野融合研究なのである。

研究成果整理の例(2012.11.29)

機能性成分研究の現状(農産物ごとに整理)



農産物	機能性の確認				分析法の確立		農産物の供給		
	ヒト(疫学調査)	ヒト(介入試験)	動物	細胞	農産物・食品	生体試料	育種	栽培	加工・調理
タマネギ	△メタボ	△脂肪肝 △メタボ △認知症 ○ドライマウス ○ドライアイ	○メタボ ○認知症 ○黄斑変 ○ドライアイ	○メタボ ○認知症 ○ドライアイ	○ケルセチン	○ケルセチン	○ケルセチン	○ケルセチン	○ケルセチン
大豆	○メタボ	△脂肪肝 ○骨粗鬆 ○更年期 ○ドライマウス ○ドライアイ ○黄斑変	○メタボ ○骨粗鬆 ○ドライマウス ○ドライアイ	○骨粗鬆 ○ドライマウス	○イソフラボン		○イソフラボン	○イソフラボン	
茶		○免疫賦活 ○抗アレルギー	○免疫賦活 ○抗アレルギー	○免疫賦活 ○抗アレルギー	○ストリクチニン・ エビガロカテキン	○ストリクチニン・ エビガロカテキン	○ストリクチニン・ エビガロカテキン	○ストリクチニン・ エビガロカテキン	○ストリクチニン・ エビガロカテキン
リンゴ	○メタボ ○糖尿病 ○動脈硬化症 ○骨粗鬆	△メタボ	○糖尿病 ○動脈硬化症 ○認知症	○糖尿病 ○動脈硬化症 ○認知症	○プロシアニジン	○プロシアニジン	○プロシアニジン	○プロシアニジン	○プロシアニジン
ミカン・ミカン果汁	○メタボ ○骨粗鬆 ○糖尿病 ○肝疾患 ○動脈硬化症	○脂肪肝	○メタボ ○骨粗鬆 ○脂肪肝 ○糖尿病 ○動脈硬化症	○脂肪肝			○β-クリプトキサンチン	○β-クリプトキサンチン	○β-クリプトキサンチン
ホウレンソウ	○黄斑変	△黄斑変	○ドライアイ △黄斑変		○ルテイン				
トマト・ナス			△メタボ △脂肪肝 △糖尿病	○メタボ ○糖尿病			○オスモチン	○オスモチン	

6

上記は、アグロメディカルフーズの開発に向けたロードマップの例(AMF開発マップ)である。まず、機能性物質あるいは機能性を有する農産物の候補を選択するところから始まる。農産物や食品に含まれる機能性物質の分析法、および人体に浸入した機能性物質の分析法が標準化されることが必要である。標準化とは、科学的な再現性が保証されることであり、上記の開発マップ作成が標準化にむけた最初の作業になるであろう。

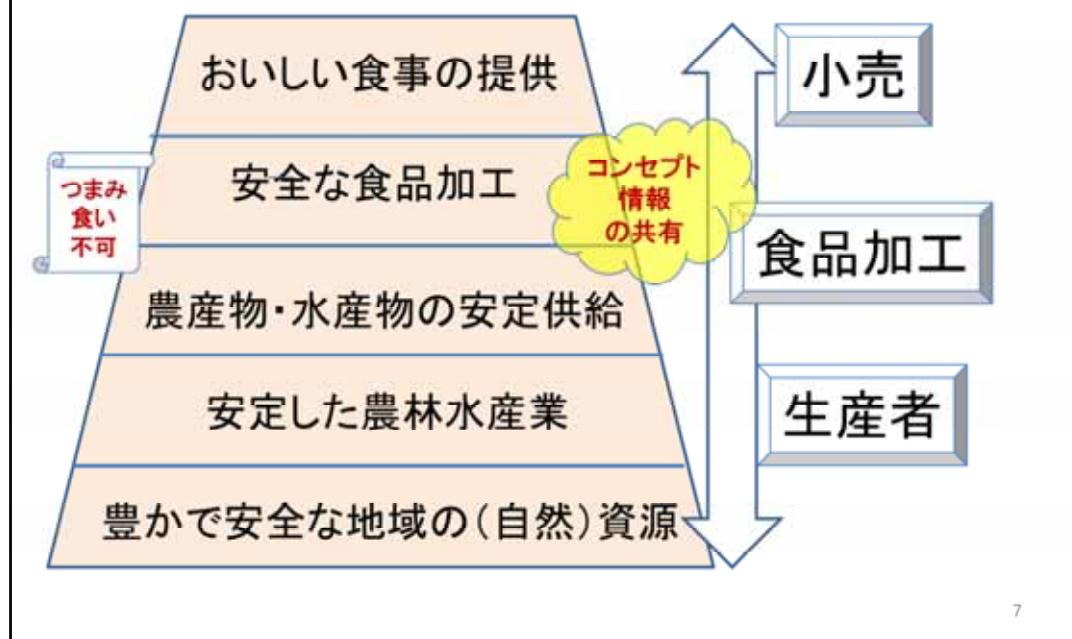
続いて、人体の調節機能への効果は、細胞レベル、動物レベル、人体介入、疫学の医学的方法で確認されていることが必要だ。

農業生産の分野では、機能性物質の高含有な作物品種が特定され、また栽培技術が確立していること、そして機能性を保持する食材調理方法が確立していることが求められる。食材に含まれる機能性成分は通常の食事として摂取するものであり、出荷段階や調理段階で効果の期待される必要量を超えていることが期待される。食材とは、農林水産物などの料理に利用される材料をいい、サプリメント(栄養補助剤)とは区別している。

AMF開発マップのマトリクス一行が完成すれば、アグリメディカルフーズがひとつ作出されたことになる。

## 新しいAMFロードマップについて

食料の生産・流通・消費の強靱な仕組み(文化)が基礎にある



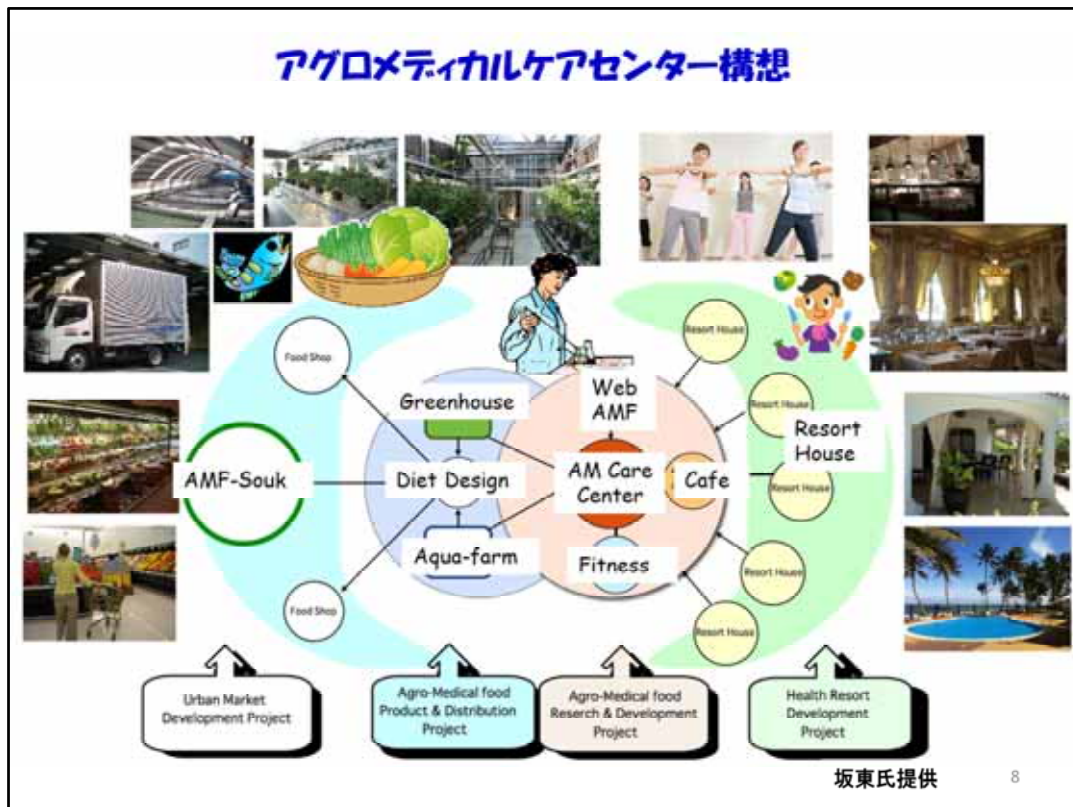
上記に、食材供給(農業生産)の基本的な考え方を示した。

まず豊かで安全な地域の自然と資源の管理が基盤として必須である。野生動物や外来種の生態系攪乱などの管理は公共資本財である自然・生態系の維持管理として求められる。

その上に、安定した農林水産業が取り組まれる必要があり、結果として生産物の安定供給が担保される。この生産活動は生産者や食品加工業者によって担われる。農産物の安定供給が担保されてはじめて、食材が安全であることや高品質であることが人々の生活にとって意味をもつ。

最終消費者に近い領域である安全な食品加工食材の供給およびおいしい食事の提供は、小売や食品サービス業者の役割になる。

アグリメディカルフーズの生産と供給も同じ基盤のうえに成立するものである。機能性食材のみを切り出して特別扱いするようなビジネスモデルは、(自分のことだけしか考えないから)地域農業の安定や農業生産における安全性の欠損が発生しやすいので、厳に戒めるべきである。地域の農業や社会発展への効果もアグリメディカルフーズの評価指標に必要な時代が到来するであろう。



2014年、アブダビの有力な部族長へアグロメディカルケアセンター構想を提案した。建築家の板東道代氏との合作である。板東氏は、かつてドバイの都市設計に係わった人物で、アブダビの部族長であるシェイクとの人脈があり、彼らのニーズを的確につかんでいた。その一つが健康と農業と食事であった。

構想では、アグロメディカルフーズの生産プロセスをすべて組み込んだオールインワン施設を砂漠の一角に建設するというものである。機能性を評価する医師団の施設、作物を栽培する植物工場施設、食材を提供するサーク(マーケットプレイス)、調理法を提供するダイエット企画施設とカフェ、身体機能回復のためのフィットネスなどである。アブダビにも温泉の候補地があることを見つけ、設置場所の提案もした。

また、各国首脳などが集う国際会議開催の誘致や、次世代若者のための農業(植物工場)の経営実習などの機能も加えた。学際的な専門家の協力や業際的な企業群の協力が同時に求められる。この構想は国王の交代により中断されたが、国土の半分が洪水被災に遭遇したロシア・アムール州への提案など、地域やコミュニティの災害復興のアイデアとして注目されている。

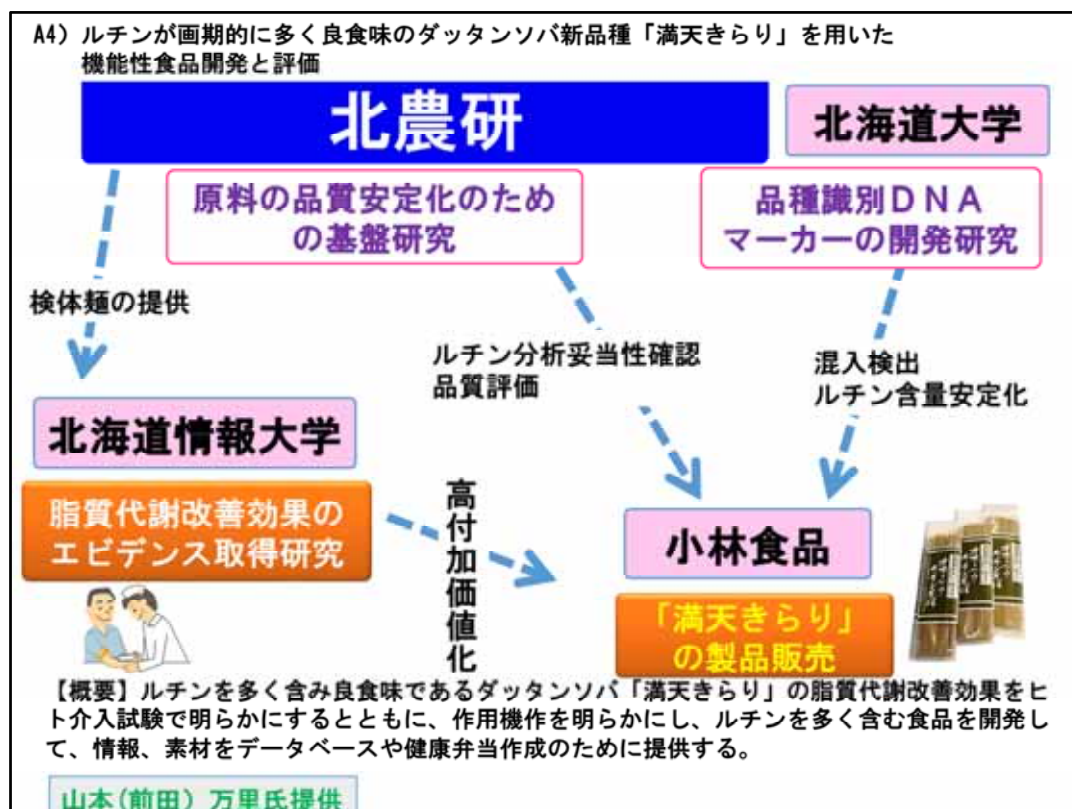




農水省の食総研(当時)が進めた機能性農産物(アグロメディカルフーズ)の開発プロジェクトでどんな農産物がつくられたのか、数例を紹介する。この取り組みは、国民の多くがメタボリックシンドロームに患い、食と健康への関心が高くなっていることを背景にしている。また、近年の健康医療調査では、メタボリックシンドロームが進行し悪化すると、癌などに罹患する割合が高まることも明らかになってきた。

開発目標は、「個人の健康状態に応じた」機能性農産物・食品である。個人の健康状態を、誰が客観的に評価するのか、は課題として残りつつ、一般に健康増進効果のあると認められる機能性物質を多く含んだ農林水産物の発見や開発を狙いとした。

生産プロセスから加工調理までを対象にし、医学的知見や検証を伴う開発研究である。



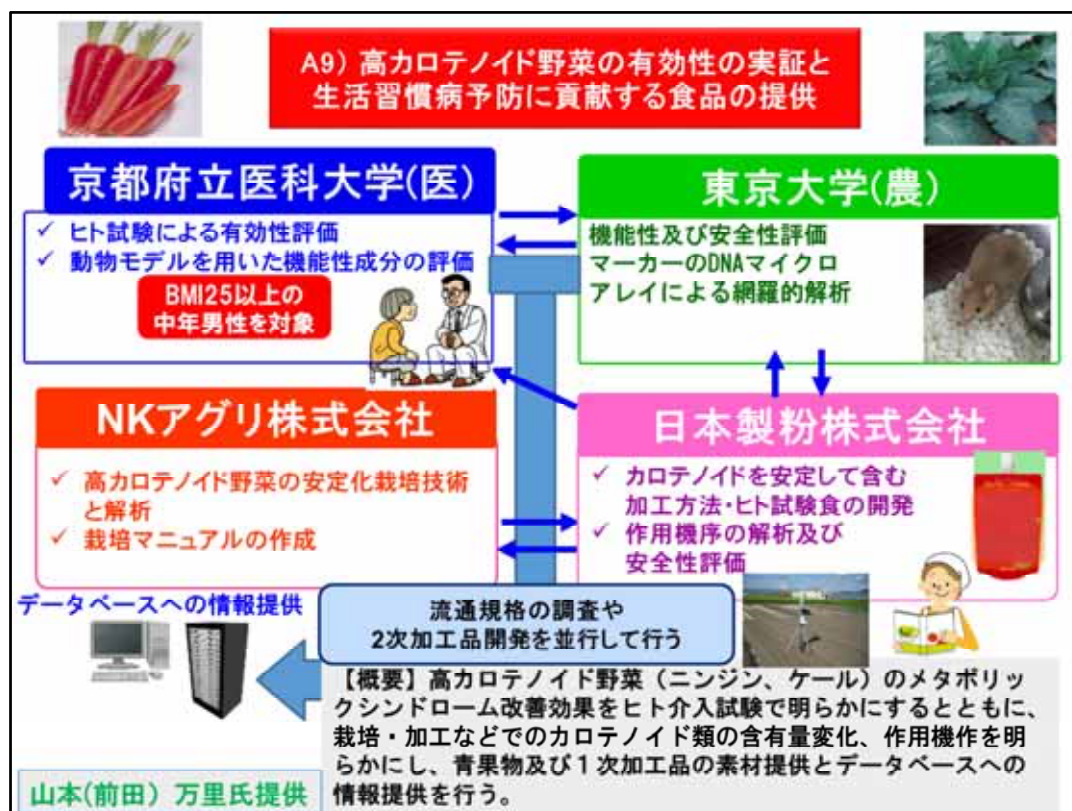
北海道農業研究センターのチームが開発した機能性農産物が韃靼(ダツタン)そば「満点きらり」で、いまでは市販化されている。

ダツタンソバは、抗酸化能や毛細血管強化効果等を有するとされるルチンの含有量が多いという特徴があり、自殖性作物のため、北海道のオホーツク沿海など、寒さで訪花昆虫の活動が制限される畑作北限地域での導入が期待できる。しかし、従来品種はルチン分解活性が強くて、利用は限られていた。

「満点きらり」は、ソバが栽培できない畑作北限地域でも栽培可能であり、従来品種と比較して苦味が弱く良食味で、また加工食品のルチン含有量が極めて多いため、新規食品開発による地域産業の活性化につながる品種として期待されている。

ルチンとは:ポリフェノールの一種で、ソバの有する代表的な機能性物質のひとつである。穀物ではソバのみが含有するとされている。ヒト介入試験にて一日20-30mgの摂取により毛細血管を強化する効果や、また360mgの摂取により脂質代謝の改善効果が報告されている。詳細は下記URLを参照のこと。

[https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/harc/046880.html](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/harc/046880.html)



京都府立医科大のチームが開発した機能性農産物は、機能性ケール「こいあおな」と機能性ニンジン「こいくれない」である。

「こいあおな」は、カロテノイド類とグルコラファニンを高含有し、苦味、辛味が少ない。「こいくれない」はリコピンとβカロテンを高含有し、栽培適性や加工適性に優れる。さらに、腸内フローラに着目した大規模ヒト臨床試験の実施とその解析も行い、標準パネルを開発した。

カロテノイド(カロチノイド、carotenoid)は黄、橙、赤色などを示す天然色素の一群であり、βカロテンやリコピンも含まれる。βカロテンは体内でビタミンAになるが、リコピンはそのままで強い抗酸化力を発揮するとされている。

詳細は下記URLを参照。

[http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/knowledge/files/adopted\\_subject\\_summary\\_6.pdf#search=%27%E9%AB%98%E3%82%AB%E3%83%AD%E3%83%86%E3%83%8E%E3%82%A4%E3%83%89%E9%87%8E%E8%8F%9C+%E4%BA%AC%E9%83%BD%E5%BA%9C%E7%AB%8B%E5%8C%BB%E5%A4%A7%27](http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/brain/knowledge/files/adopted_subject_summary_6.pdf#search=%27%E9%AB%98%E3%82%AB%E3%83%AD%E3%83%86%E3%83%8E%E3%82%A4%E3%83%89%E9%87%8E%E8%8F%9C+%E4%BA%AC%E9%83%BD%E5%BA%9C%E7%AB%8B%E5%8C%BB%E5%A4%A7%27)

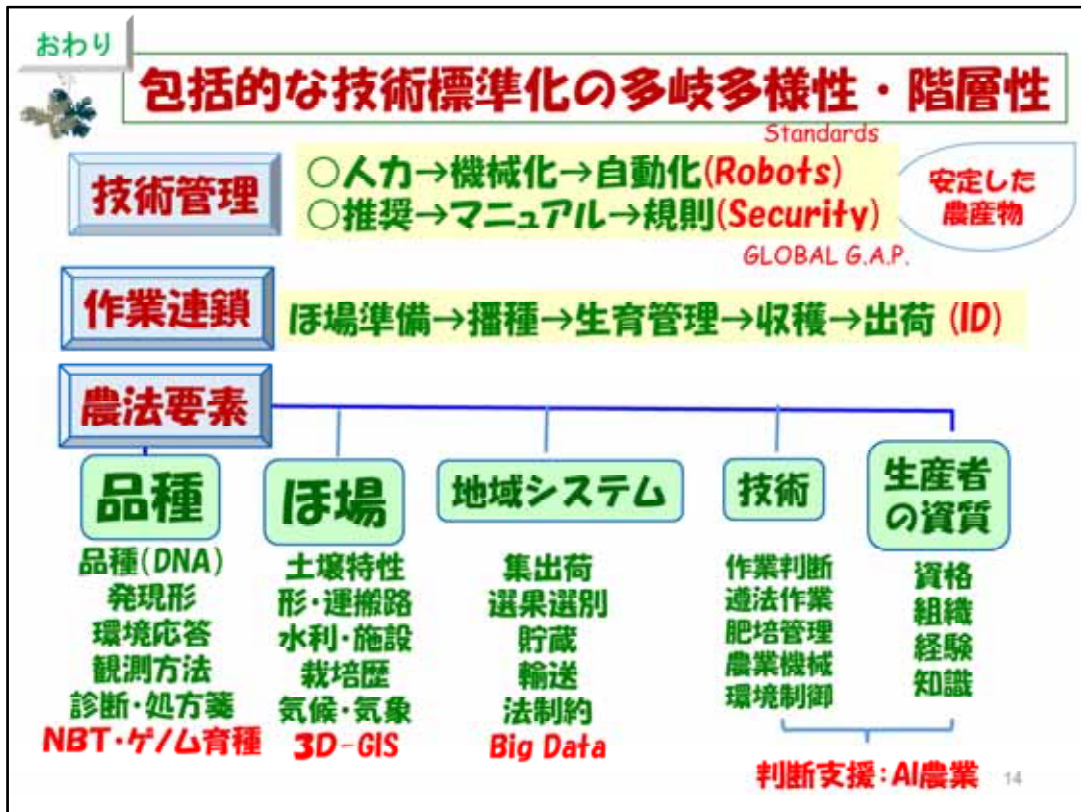




全急性心血管疾患患者数(心臓疾患手術)で都内一を誇る榊原記念病院のチームが、農林水産政策科学研究委託事業で「病院を拠点とした医食農連携による機能性農産物の生産・流通・消費システムの実証的研究」を実施した。手術後の心臓リハビリの効果を高めるために統合医療を取り入れ、農業にリハビリ効果を求めた。そこで病院内に植物工場を設置運営することによる病院食の改善と患者の精神安定を目指す試みが行われた。

実際、受付フロアにディスプレイ型植物工場を設置し、植物工場産野菜の清浄度を調査すると、午前測定値の平均は11CFU/500L、午後に測定したものでは浮遊細菌数が一時的に増加するものの、全測定値の平均は、20CUF/500Lであり、全体的にもクリーンな環境といえる。病院内に設置しても、管理を綿密にすれば、病院内衛生基準を満たすことを確認した。

植物の育つ姿を身近に鑑賞することにより、病院内職員や患者への癒やしやリラクゼーション効果が認められ、生産した野菜の試食会も好評であった。画一的な病院食に比べて食欲改善などの効果も期待された。しかし、病院経営に農業生産を付加することには、収益率やリスク管理および専属スタッフの配置などの様々なハードルがあり、本構想の実現には距離がある。



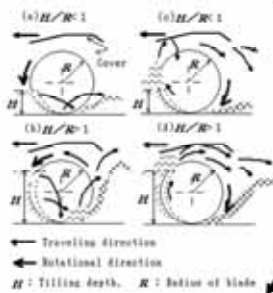
本講義シリーズの最後に、あらためて農法のまとめをする。  
 精密農業(スマート農業)は農法および農作業に大幅な変更を迫る技術・思想革命である。農法は、地力維持と良質で安定した農産物を提供するため、作物品種の選択、ほ場条件に適応、地域システムに適応、技術の選択と活用、生産者の適正と意思、という五つの要素を統合したシステム技術である。それぞれの要素は、例えば、育種のNBT、3D-GISによるほ場記録、地域システムのビッグデータ、などの新技術が導入されれば、要素の接続方法が変更され、農法の全体像も柔軟に動的変化するものである。

農法の五大要素は個々の農作業として実体化される。農作業は、天候および作物の成長に対応して、カスケード(滝のように一方向に進み、逆流しない)に接続するものであり、前作業の結果と情報とリスクが次々と伝達される。農作業の記録は「時間の矢」を強く意識した重要な管理作業に位置づけられる。

また、農作業に活用する技術に着目すると、人力から機械化、自動化、ロボットと作業主体が変化するにつれ、効率と自由度が高まる。同時に、作業管理については、推奨からマニュアルおよび規則へと、遵守義務のレベルが高くなる。

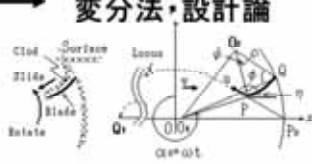
講義シリーズのおわりに:大学院時代の基礎研究が時代の思想を変える  
20馬力30cm深耕ロータリ:不可能性証明の探求(川村研1977-1981,1985に市販機)

耕うんパターンの発見



← Traveling direction  
← Rotational direction  
H: Tillage depth, R: Rotation of blade

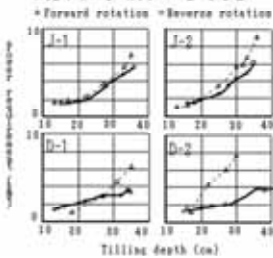
土塊の投てきモデル  
変分法・設計論



投てき理論の実証



動力半減の実現



企業から依頼→市販化  
在庫・既存機種との競合  
「常識」「風評」との戦い

新たな問題  
深耕の作物への影響  
反転ロータリの非受容



本講が大学院修士1年生を対象にしていたので、私の大学院時代の一端を紹介する。深耕ロータリ耕うんの研究である。

・・・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。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・・・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

・・・ロータリ耕うんでは1850年にイングランドのジーメンス社が初めて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・・・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。・・・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。「インタビュー:児童から科学者へ」(岡崎、2016) 澁澤記念シンポジウム資料2019.3.9