

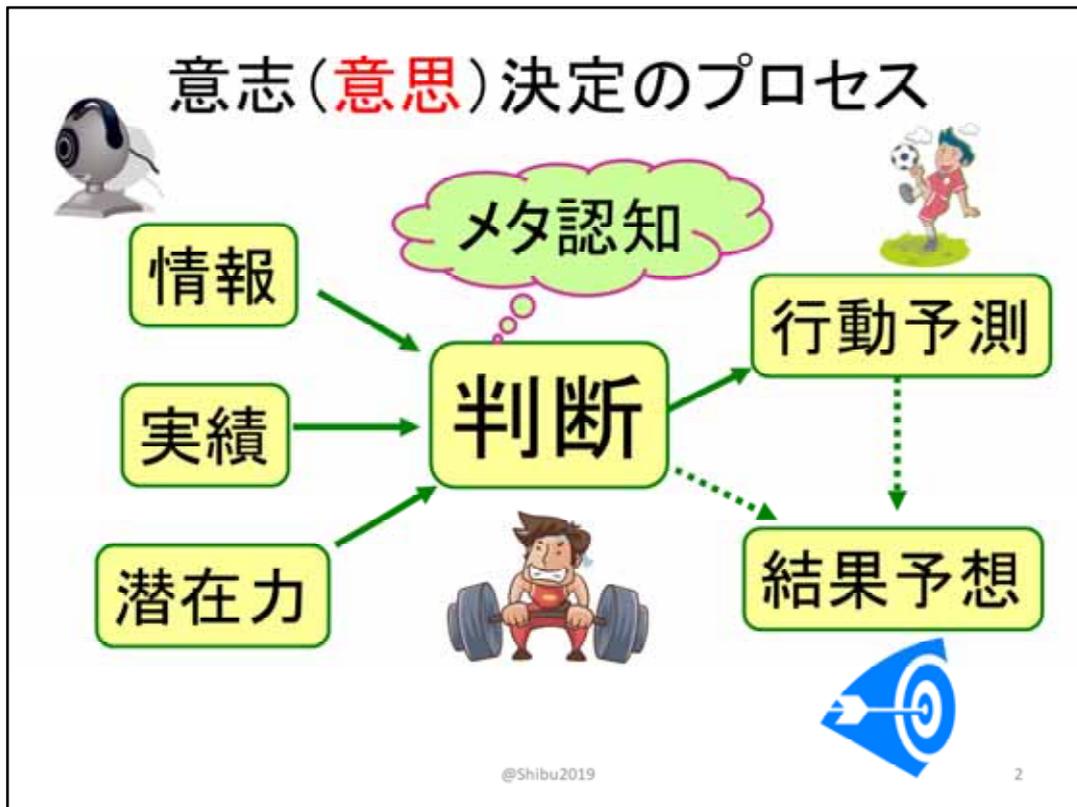
第5回精密農業ヨーロッパ会議の晩餐会、ウプサラ大学・スウェーデン、2005

意思決定支援システム、あるいは判断支援システムは精密農業で中核をなす技術要素である。なぜならば、精密農業とは判断支援のマネジメント戦略だからである。しかし、残念ながら、私はマネジメントの専門家ではないので、周辺散策しかできない。

本講で検討するのは、作業者の判断内容と判断に至るプロセスである。その背景には価値観や哲学が絡み、不確実性と迷いや戸惑いがある。その解決(妥協)が判断なのである。

既存の農業支援ソフトでよく見るのは、制約条件やパラメーターを入力したら肥料の投入量を表示してくれるサービスである。これらは、科学的事実や経験値あるいは准法則や公式で導かれる回答で、提示内容に対して迷う余地はない。ルーチンワークなので、一度慣れてしまえば、次から判断(迷い)は不要なのである。これを意思決定支援システムというのは、誇大広告ではないか？

これとは別に、常に判断が求められる事象が存在する。しかも正解のない問題である。こんな事象を考えてみたい。



自分の体験を振り返ってみよう。

意志決定あるいは意思決定は、英語でdecision-makingが対応する。意思は思いや考え、意志は名の通り方向性の強い志のことである。25年くらい前は「意志」を用いていたが、15年くらい前から新聞用語で一般的な「意思」を用いるようになった。

本講では、思いを決める、迷いを解決する、という意味で意思を用いることにする。意思決定は判断と同じである。

例えば、あるスポーツ選手権に参加するかどうか迷っているときを想像する。試合の戦績を振り返り、競り合って勝った試合と負けた試合を思い出す。十分な間合いをとるとか、天に向かって大きな声をだすなどすれば、緊張がほぐれ、潜在的な力を引き出すことができると思い込む。選手権の過去の情報や天候など情報を集め、勝算の見込み、あるいは次のステップへの経験値の向上などの考えを巡らし、コーチや友人などに相談して、決断する。

判断している自分を見ているもう一人の自分がいて評価する。自己のメタ認知です。こんなことをしながら、判断が決まる。

例題1 「播種」するときの判断

例題2 「施肥」するときの判断

例題3 「収穫」するときの判断

@Shibu2019

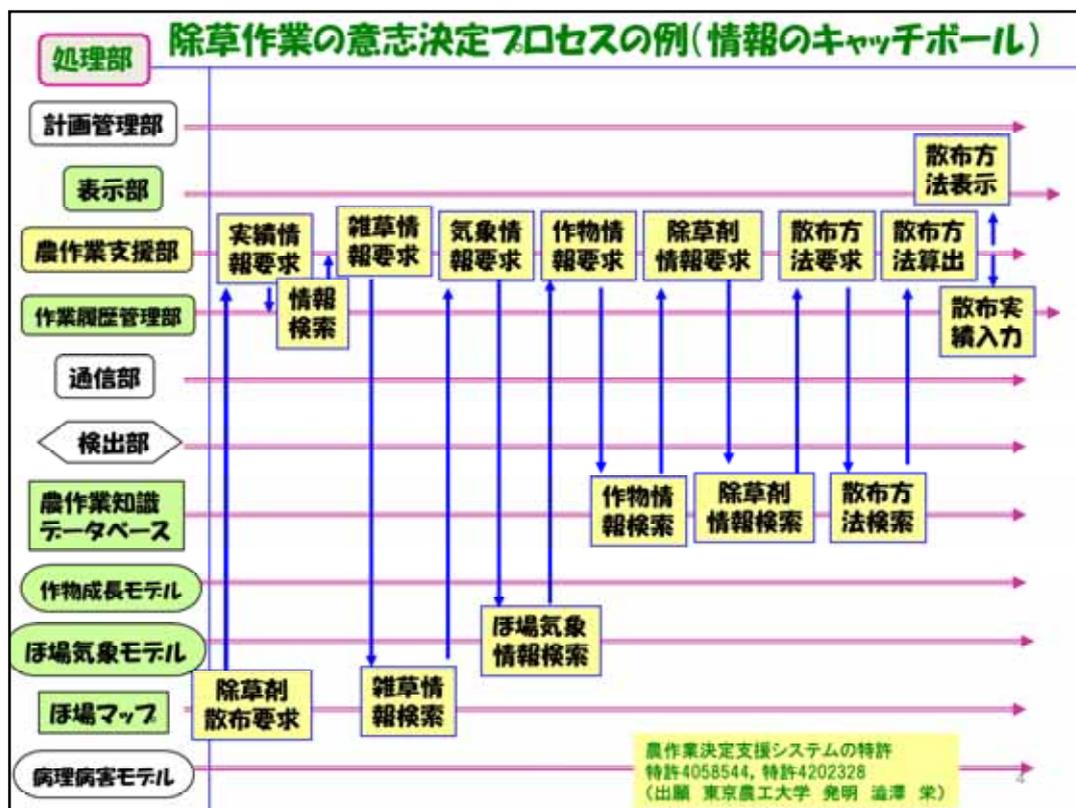
3

これは、読者への宿題です。考えてみてください。

参考までに、例題1について、完成していない回答例を紹介する。まず冒頭の判断が作物品種の選択である。高い売り上げをめざすのか、緑肥などで地力増進をめざすのか、センチュウなどの病虫害抑制をめざすのか、などにより選択すべき作物と品種が異なる。次に、どの畑に播くのか決める。輪作の組み合わせや栽培施設により、可能な栽培期間が想定できます。続いて、作業段取りと道具の選択である。作業段取りでは、誰が参加するのか、天候予測と適期の作業時間、播種床の準備、農薬の利用、農機具の利用、などの計画が必要になる。

播種精度は、その後の生育や収穫に強い影響を与える。どうしますか。通常、男性より女性の方が播種作業が丁寧で精度も高い、と経験的に語られてきた。かつての我が家でもそうでした。播種機は、このような経験値の機械化なのか、それともサイエンスにもとづく機械化なのか、気になるところでうる。

種子の価格も気になる。収量と売り上げの予想を信じていいのかも気になる。このような探索から瞬時に判断文脈をつくります。



判断のプロセスを、もう少し立ち入って見てみる。

熟練農家との懇談の中で整理した農薬除草の判断プロセスである。農作業判断プロセスには、記憶や推論などの11の知識処理部が必要であった。除草では6つの処理部が働いたようだ。

まず、「ほ場マップ」から、無視できない雑草の繁茂が気になるという警告が「農作業支援部」に寄せられる。そこで過去の作業履歴を調べ、農薬除草の経験があることを確認する。それから、作物と雑草の競争状態を「ほ場マップ」にリクエストし、農薬除草の妥当性を確認する。さらにほ場気象情報から、作業適期の予想を立てる。続いて、作物品種を調べ、使用可能な農薬リストおよび散布方法を決定する。必要な機関への農薬散布情報の告知を行い、どの記録を残すか確認する。図のフローチャートによると15ステップの判断があり、可否2通りの判断の組み合わせの場合、 $2^{15} = 3 \times 10^4$ 、およそ3万通りの組み合わせから一つのシナリオを選択する作業になる。これを数秒で決断する。

しかも、そもそも農薬を使うかどうかの判断が必要だ。このような作業が無数に連続しているのが農作業判断である。

Objective Knowledge

Context Making 事物説明の知識
Understanding, Textbook, Systematic

Subjective Knowledge

Information Mining 主体決断の知識
Action, Choice, Piece of Information

McCown R. L. (2005). New thinking about farmer decision makers.
In "The Farmer's Decision", 251 pp., Ed. J. L. Hatfield, Soil and
Water Conservation Society: pp.11-44.

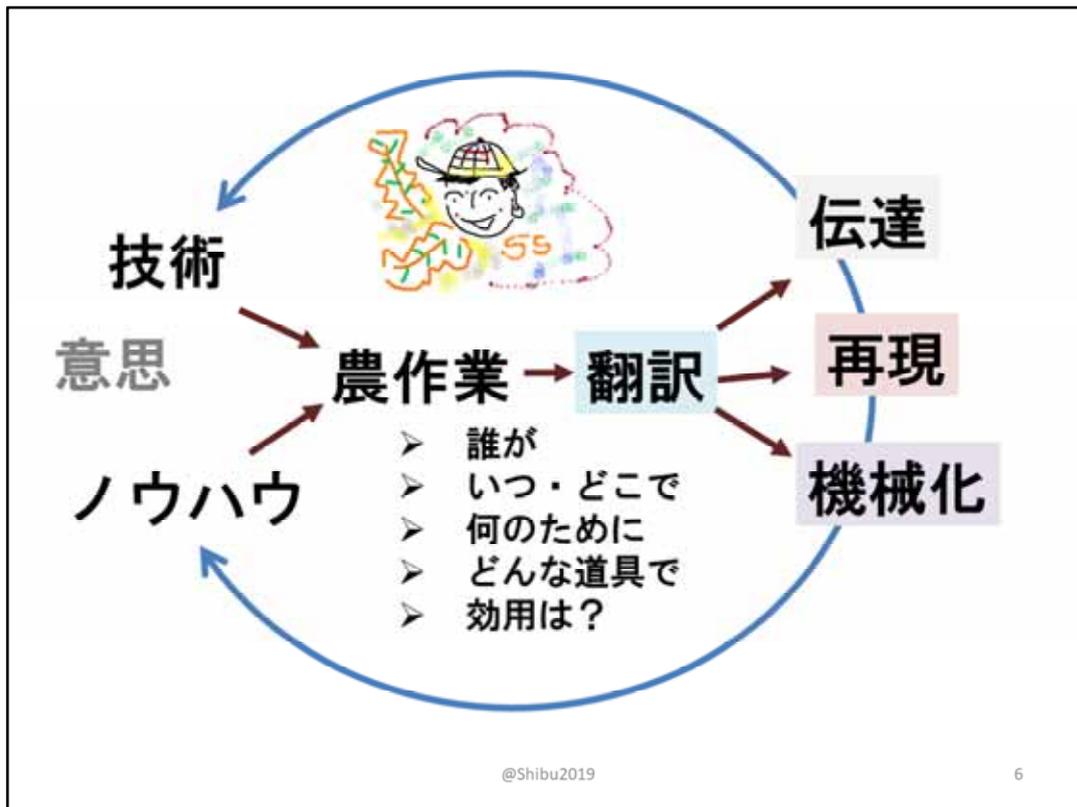
@Shibu2019

5

判断には知識処理が必要だ。熟練者(エキスパート)の知識処理を真似ることが出来れば、同等な判断をコンピュータが出来るだろうという仮説のもとに、1970年代からエキスパートシステムの開発が進められた。医療分野では、患者と医者および症状と処方箋のデータベースを利用し、診断支援システムが発達した。

しかし農業分野では成功していない。その理由として、不確実な農業環境の中で不特定の農業者を相手にした多様な判断プロセスをプログラムすることは困難であるという議論と、そもそも知識のとらえ方が間違っているという議論も現れた。上図は後者の典型的な議論である。

知識には目的知識(objective knowledge)と主体的知識(subjective knowledge)があり、目的知識は事物の説明に用いられるもので、辞書や教科書の記載が相当する。目的知識は知識の学習や整理には使えても、判断には使えない。主体的知識は判断文脈を構成するための知識で、欠落情報を含む。外部から見ると脈絡のない知識断片の塊と見えるが、本人の中ではすっきりと判断文脈が構成されている。可視化が困難な知識もある。



主体的知識を本当に可視化できないのだろうか。熟練した職人の知識や技能を伝達するには、有能な人材を弟子入りさせ、寝食ともにして修行させることを耳にする。日本の有能な農家も、若いときには優れた熟練農家に「研修」(弟子入り)して栽培技能を習得している。体験知とでも言おうか。

まず、農家の内面である意思は、難しいので、はじめから諦めることにする。一方、目に見える動作である農作業に着目する。農作業は技術とその運用(ノウハウ)が形に現れたもので、誰が、いつ、どんな道具で行い、どんな効果があったのかを詳しく観察することは可能である。この観察結果を農作業の翻訳とよぶ。翻訳が成功したかどうかは、第三者が翻訳に基づいて作業を再現できるのかどうかを確かめたらよい。似たものはできても、本物はなかなか難しいものである。

第三者が農作業の再現を実現できたら、同じように他者に伝達することができ(教育)、効率を高めるための機械化(技術開発)へと展開可能である。これは一つの農作業の場合である。

熟練技術はこれら一連の農作業の塊であり、さらに高い立場から農作業の体系を自在に組み合わせて運用する技術である。

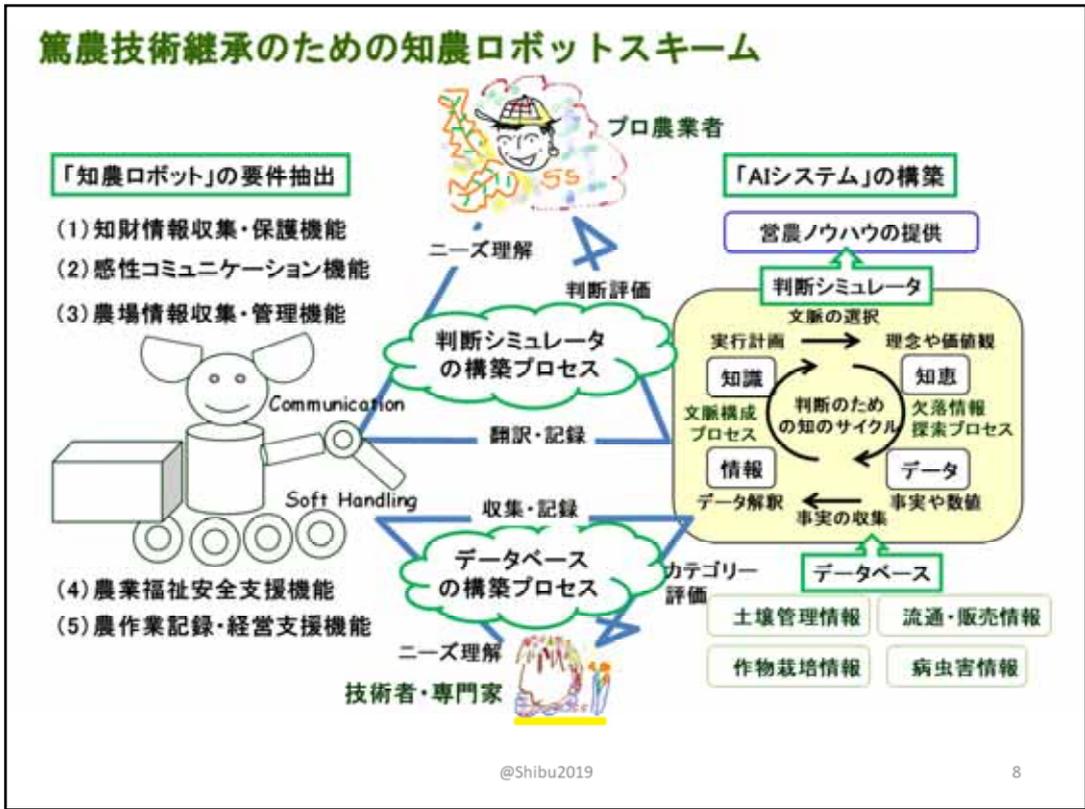


ICT(情報通信技術)が農業に利用されると、農作業の機能が一変する可能性がある。

精密農業とは、データに基づく農作業判断支援のマネジメント戦略である。農作業と同時に「時間＋場所＋事実」のデータが大量に生産され、また蓄積されたデータに基づいて農作業が行われる仕組みが用意される。

あらためて、何のための農作業なのかを問う時がきた。持続的な収益管理のためにデータを運用して農作業を計画する場合を精密農業といった。農場リスク管理のためにデータを運用して農作業を計画する場合をグローバルGAPといった。では、このデータと農作業は違うものなのか？ 答えは、「同一」である。

もともと、1990年代に精密農業とグローバルGAPはICTの農業利用という同じ土俵の上で構成されたものであり、人脈も企業群も重複しているところが多い。日本では、二つの機能が別々に輸入され、あらためて接合した農作業を意識することになった。技術ができてからその運用を考えると、結構、重たい宿題になる。



熟練農家の農作業を模倣するのにどんな仕掛けが必要なのか考えてみた。その仕掛けを知農ロボットと名付けた。

農作業の実働を考えると、ノウハウなどの知財を創造して維持する機能、言葉によらない体感知(感性)を形にする機能、農場情報を収集整理して形にする機能、遵法と安全を担保する機能、プロセスと結果を記録して経営判断要素を構成する機能、の五つの機能を含んでいる。仮にロボットが農作業を行うならば、五つの機能が担保されているのかが評価の視点になる。

農作業判断のプロセスを考えると、判断文脈を構成するために、データ、情報、知識、知恵の各ステージにわたる知の断片の組織化が必要である。土壌や作物や病虫害などのデータベースの入れ物、農作業のたびにデータを追記して整理する作業、判断文脈を構成するための判断シミュレータの併設が必須となる。ここには農家や専門家が介在しないと機能しない。

このような農作業実働のロボット、データ・知識処理システム、データベースの管理と判断シミュレータの組み合わせの三つを合わせて、知農ロボットスキームと呼ぶ。まだ未完のままである。

知の相 Academic Carrier Map for Instruction			
Phase of Intelligence	Bsc Program 学士	Msc Program 修士	PhD Program 博士
Dataデータ Collect evidence Facts, Digits Do experiment	Training訓練	Originality Experimental design 実験計画法	Originality
Information情報 Understand evidence Meaning of data Review	Originality独創 Critical thinking 論理的思考法	Originality	Originality
Knowledge知識 Make context Recommendation Logic	Training	Training	Originality Decision make 提言・判断支援
Wisdom知恵 Create solution Concept, paradigm Philosophy	Training	Training	Originality Principle, law 原理・法則

@Shibu2019 9

知識処理の内容を学生の学習を例にとって整理しよう。

知識あるいは情報のレベルは、データ、情報、知識、知恵の4段階である。20年ほど前に、英国のサイモン・ブラックモア(当時、シルソーカレッジの講師)と議論しながら整理した。データとは事実の集まり、情報はデータに意味を与えたもの、知識はデータと情報を利用して構成した論理、知恵は価値観や哲学から産み出される解決策、という具合である。

学士、修士、博士の学生の学習レベルを見てみる。信頼できるデータは実験計画法を習得しないと創造できないので、オリジナルデータの獲得は修士レベルになる。情報はデータの解釈なので、文献を読んで比較考察できれば可能であり、学部学生の学習活動になる。解決策の文脈を構成する知識の活動や、経験や価値観が産み出す知恵の活動は、高度な専門的知識活動になり、博士の学習活動になる。少し単純化しすぎたので、この論理をそのまま応用するのは注意が必要である。

判断や意思決定を扱うのは、知識ないし知恵の情報処理レベルになるので、博士の研究対象になる。



判断プロセスは、断片的な情報処理ないしは知識処理を接続して統合したシステム全体の機能に相当する。

これは、日本学術会議の大型プロジェクト募集に2014年に提案し採択された構想の一節である。予算化はできていません。本構想は「知の蓄積」、「知の統合」、「知の活用」から構成されている。

(知の蓄積) 知の蓄積では、農業生産に必要な土壌管理情報、作物栽培管理情報、病虫害情報、流通・販売情報など、農場管理を目的にした情報集積である。

(知の統合) 知の統合は、農場管理のからみた技術評価、農作業決定に必要な文脈構成、農業ノウハウの現場利活用方法、農業知財の発掘や保護、などの判断論理を構成する仕組みである。

(統合知の活用) 体験に基づいて知識や技能を獲得する体験知、災害リスクや収穫量の年次変動についての知識や技能を獲得する統計知、疑問を発し対話を通じて知識や技能を獲得する対話知が、主な知の活用スタイルである。

これらの活用には、双方向対話システムが必要になる。



10年あまりの研究プロジェクトの中で、深刻な判断の局面を体験したので紹介する。

プロジェクトは府中市の農家と企業の希望をとりまとめる形で提起された。NEC府中事業所ではゼロエMISSIONの循環型企業活動をめざしていたが、食堂の食品残渣のみ循環できず、産廃業者に処理を依頼していた。府中市の有機農業研究会では、街路樹や境内の落ち葉など、植物性廃物で堆肥を作っていたが、量が足らず、またカロリー不足であり、市内での堆肥の発酵生産を期待していた。そこに、ある事業者が堆肥発酵施設の補助金プロジェクトがあると、学部長を通じて私に申し入れがあった。

堆肥発酵施設の最大の問題は臭いであり、適切な通風攪拌装置の導入(アップカット深耕ロータリの利用、私が発明した)により、悪臭レベルを大幅に削減した経験があったので、事業を受け入れることにした。食品残渣と事務廃棄紙を混ぜて攪拌混合し、農工大の発酵施設で「紙堆肥」を府中の生産農家に生産配給した。しかし、私の提案した通風攪拌装置の開発費用が用意できず、研究予算が滞る一方、悪臭の発生に住民が苦情を発し、結局、プロジェクトを中止することになった。

再出発

- ◎問題解決ツリー
- ◎装置の開発（新技術）
- ◎リスク管理の体制

府中市のためのNon-smell-composting System(無臭堆肥化システム)
 社会実験の構想(東京農工大学 滋養研究室 090113)

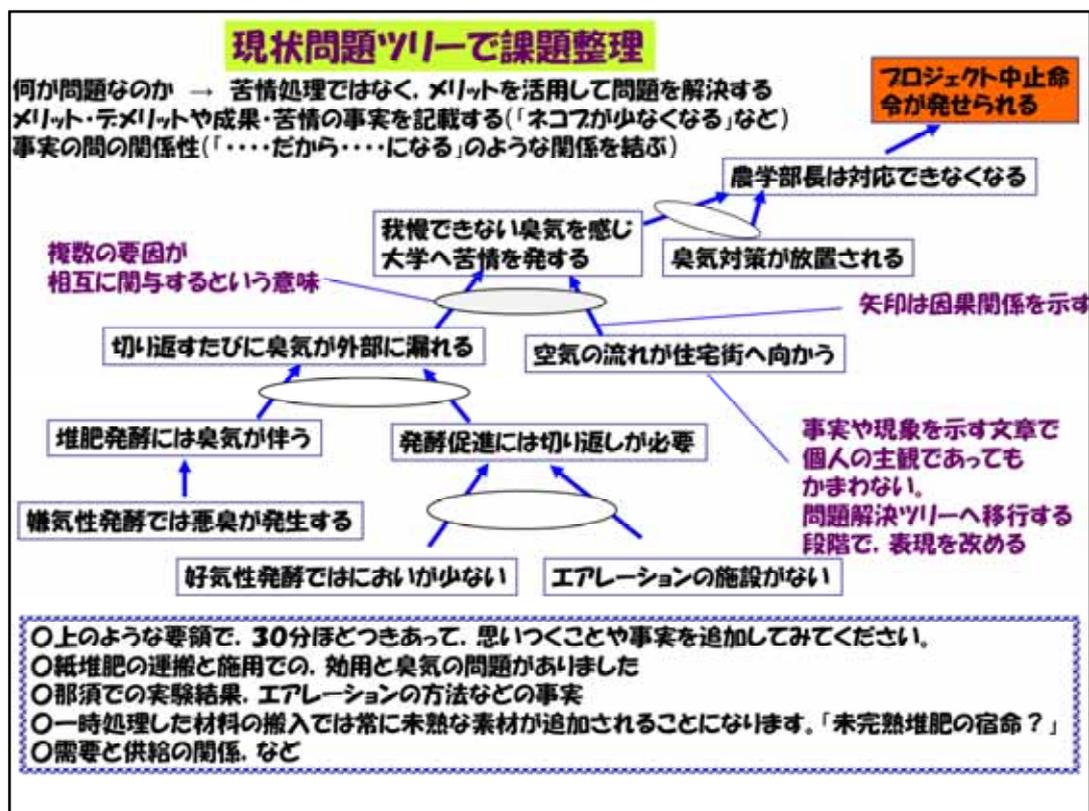
@Shibu2019
12

プロジェクトの中断、失敗の原因ははっきりしている。無責任体制のまま、ボトルネックの悪臭対策を放置したからである。事業費を農水省からだまし取ったコンサル経営者と農水省OB、そのプロジェクトを仲介した学部長は、堆肥発酵では悪臭対策がボトルネックであることを意識的に無視した。地元の事業所が出した食品残渣を地元の大学で発酵堆肥化し、地元の農家が利用して作物を生産し、その食材を事業所の食堂で利用するという「地域循環」の形が見え始めたところでもあった。地元の口コミ紙も絶賛した。プロジェクトの関係者は都合のよいことばかり見ていて、問題の「くさいところ」をないことにしたかったのだ。

当該コンサル経営者は詐欺罪で逮捕され、農工大は発酵施設を廃止し、学生達の研究は中断した。被害は深刻であった。

しかし、地元農家のリベンジの要望が強く、農水OBの地道な協力もあり、研究プロジェクトの再構成を決意した。問題発見ツリーによる冷静な分析、悪臭対策を最重点にした技術開発、協力企業の探索など、すべて私の責任で進めることにした。

※誰が意思決定するのか曖昧なシステムは、迷走しながら、最後は崩壊するものである。



研究室や農家および関係者(府中市、企業など)の状況認識を共有するため、問題解決ツリーを作成した。研究室メンバーの必読書の一つである「ザ・ゴール2 思考のプロセス」(エリヤフ・ゴールドラット、邦訳、ダイヤモンド社、2000)の中で紹介されているので、是非、一読して欲しい。

思いつく限りの問題点を短冊に書き上げ、あとでそれらを机の上を広げて相互関係を整理する作業が基本である。技術や組織そして環境制約に関する課題群を列挙し、なぜプロジェクト中断に至ったのかの全体構図を理解することにした。プロジェクト中断を指示した学部長は前任者とは異なることも重要である。学部長判断は組織の判断であることを十分に尊重する必要がある。

これらの思考実験の結果、①地元農家の要望は全うであり、実現すべき課題である、②大学でなく、現場に根ざした推進主体が必要である、③推進主体はJA、市役所、大学、企業、市民などから構成されるべきである、④ボトルネックである無臭堆肥化装置の開発が前提である、⑤プロジェクト改廃の決裁権者(私)を明示してとりくむ、などが抽出された。

おわり

— 府中市生ごみ資源循環型モデル事業報告 (案) —



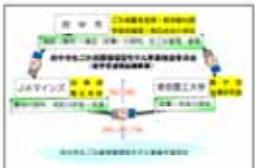
平成27年5月
府中市生ごみ資源循環型モデル事業推進委員会

生ごみ資源循環型モデル事業の概要

(1) モデル事業の目的について

府中市生ごみ資源循環型モデル事業(以下、モデル事業)は、生ごみの資源化を促進するとともに、市民に広く定着した資源循環の構築に、市民参加の仕組みとして、農地で利用可能な堆肥の生産を目的として開始した。

モデル事業の組織は、主としてJAマインズ(東京農工大学・府中市)で構成されている。生ごみなどの有機性廃棄物の資源化の仕組みを作ることは、自治体間の連携体制の確立・促進に資することを目指して、本題のように府中市・東京農工大学・マインズ農業協会の連携・協同して事業の推進の運営・検討を目的として開始した。



【委員会】

推進委員は、各機関が円滑に連携して事業を進め、モデル事業の推進を目的として設置された。推進委員は、毎月1回開会している。

【作業部会】

作業部会は、自治体の人員から構成された。モデル事業では推進委員を担い、事業の進捗に合わせて調整する作業部会は、5名で17回開催された。

【総務部(議)】

府中市の小学校で実施される給食残飯の回収は、従来の業務に即して、主に給食残飯の回収作業を担当するボランティアで実施した。

【㈱エコアドバンス】

㈱エコアドバンスは、農業技術者や経営者による。主に資源化事業の推進、事業遂行の支援の役割を担った。

府中市のための無臭堆肥化システム社会実験
(滋養分・有機質研究委員会・特設所)



府中市立南白糸台小学校
JAマインズ
東京農工大学
給食の残飯
給食センター
堆肥の提供
給食センター
給食センター

府中市立南白糸台小学校
JAマインズ
東京農工大学
給食の残飯
給食センター
堆肥の提供
給食センター
給食センター

エコアドバンス(株)と協力して無臭堆肥化システムを開発した。発酵槽を密封し、適切な通風攪拌と発酵菌をもちいて悪臭レベルの低い好気性発酵を実現した。発酵槽の臭いを誘引して落ち葉堆肥による脱臭、続いて水中脱臭で、外からは臭いを体感できないくらいまで制御することに成功した。

府中市の南白糸台小学校の校長先生が手を挙げ、給食の残飯を小学校校庭で発酵することになった。給食係の炊婦さんの協力と担任の先生の協力で給食残飯の水切りと発酵槽への搬入が実現することになった。発酵槽の運用管理は企業技術者と私の研究室の学生が担当した。

発酵後の堆肥(一次発酵堆肥)はPTA会長(農家)の同僚が受け取り、自前の畑地で二次発酵および農地還元を行った。生産した野菜を給食センターに届け、子供達の給食に提供された。

府中市がプロジェクト予算を組み、市長発令の推進委員会と作業部会(府中市、JAマインズ、東京農工大学)が運営を仕切った。5年後、臭いの苦情もなしに、無事にプロジェクトを終了した。

第4回の講義はここで終わり。