2017 年 7 月 5 日

第 115 号　スマート農業への期待と課題

主任研究員　岡村　克彦

【要旨】

ICT 等の先端技術や、進歩が著しいロボット技術を活用して超省力化や高品質生産などを目指す農業はスマート農業といわれ、近年日本で急速に開発が進んできている。米国では自動運転できるトラクターやコンバインは既に実用化され、ドローンの農業利用も進んでいる。米国の土地利用型農業の事例では、平均的なコーン農場のスマート農機導入による利益増は数%に留まっているとの研究もあり、スマート農業は利益増加の特効薬ではないかもしれない。

しかしながらベテラン農業者のリタイアによる農業就業人口の減少の中で、農業の大型化と品質の標準化を目指す日本農業にとって、スマート農業はうまく使えば広範囲で効果を発揮する常備薬になりうる。

そのためには、産官学のオールジャパンでスマート農業の開発と普及を後押しする一方で、農地の集積と大区画化、新規就農者の拡大策、スマート農業以外の農業技術など従来からの課題にも対処しながら、大型農業法人や単位農協がリスクを取ってスマート農業を率先して導入していくことが求められる。

【目次】

1. はじめに.....2

2. スマート農業の概要

2－1. スマート農業とは.....2

2－2. 米国の動向.....5

2－3. スマート農業でできること.....8

3. スマート農業への期待

3－1. 予想される効果.....9

3－2．日本の動向.....12

本稿中に記載したデータ･数値等は、筆者が信頼できると判断した各種データに基づき作成･加工したものですが、その正確性･確実性を保証するものではありません。

4. スマート農業の課題

4－1. 開発における課題.....13

4－2. ユーザー支援の強化.....16

5. 農業改革への期待

5－1. 農業支援サービスの展開.....19

5－2. 関連分野での活用.....21

6. おわりに.....22

● コラム：農業最前線　訪問記.....25

1. はじめに

ICT 等の先端技術や進歩が著しいロボット技術を農業でも活用して、超省力化や高品質生産などを目指す農業はスマート農業と呼ばれ、近年日本で急速に開発が進んできている。スマート農業は米国では Precision Agriculture（精密農業）や Digital Agriculture（デジタル農業）などといわれている。大型農機を使ってとうもろこしや大豆、小麦などを大規模農地で作る米国では、自動運転のトラクターやコンバインは既に実用化され、ドローンの農業利用も進んでいる。

日本の農業は就業者の高齢化や人手不足を抱えるが、スマート農業を開発し普及させていくことで、農業生産の省力化を図りながら同時に生産規模の拡大や高品質化を進めて行くべきである。一方で、スマート農業の普及のためには様々な課題がある。

本稿ではスマート農業の概要と期待、および課題を整理、検討した。スマート農業の課題に関係者が柔軟に対応し、大型農業法人や単位農協がスマート農業を率先して導入していくことで、日本の農業生産を変えていくべきである。論旨を分かりやすくするため、畜産と集落単位でのエネルギー利用に関するスマート農業を割愛して構成していることをお許し願いたい。

2. スマート農業の概要

2－1. スマート農業とは

農林水産省（以下、農水省）の「スマート農業の実現に向けた検討会」は、スマート農業を「ロボット技術や ICT 等の先端技術を活用し、超省力化や高品質生産等を可能にする新たな農業」と位置付けている。

スマート農業とは ICT による最新技術を備えたフィールドサーバ[1]などの各種農業機器やロボット技術や自動運転技術などを取り入れた先進的な農業機械（以下、農機）を用いて行う農業であり、スマート農業で用いられる農業機器や農機は、図表 1 の①から③の技術が単独または複数組み合わされて搭載されている。

図表 **1.** スマート農業の核となる **3** つの技術

[1] フィールドサーバ：圃場の気象環境や作物の生育状況などのモニタリングや監視を行う各種センサーを内蔵しているモニタリングデバイス。各種センサーが観測したデータは無線 LAN を通じて遠隔地にあるコンピュータに送信可能

②自動運転農機・ドローン・ロボット技術

機能例　　：農作業者の手足に代わって、耕す、播く、穫り入れ、運ぶなどを正確、安全、効率的に機械化する

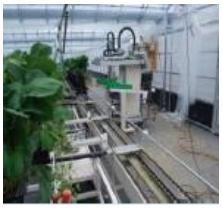
プロダクト例：自動運転トラクター、ドローン、アシストスーツ、除草ロボット各種収穫ロボット

自動走行・協調走行トラクター

GPSによる運転アシスト装置

ドローン

農作業アシストスーツ



いちご収穫ロボット

除草ロボット

(画像:農水省「スマート農業の実現に向けた研究会」会議資料,http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/index.html)

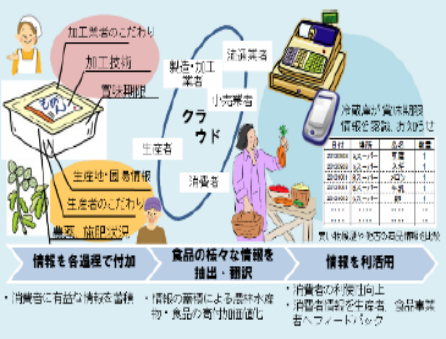
③クラウド化・ビッグデータ解析応用・AI化技術

機能例　　：農作業の手順や行程を記録し、生育状況や環境その他データを収集蓄積、予測し、農作業を支援、熟練農業者の作業ノウハウを組み入れAI化、実需者システムとのデータ送受信や請求、精算、会計処理実施

プロダクト例：生産管理システム、精算会計処理システム、トマト収穫ロボット等での摘果判断システム、販売流通システムなどとのデータ送受信活用

収穫ロボットにおける
AI応用の摘果判断

フィールドセンサーや農機とも接続できる
生産管理システム



販売流通面での外部システムとのデータ送受信

(画像:農水省「スマート農業の実現に向けた研究会」会議資料,http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/index.html)

2－2. 米国の動向

①ICT 技術応用の農機と農業用システム

米国においては、とうもろこしや小麦など広大な農地を使う土地利用型農業の機械化がもともと進んでいたところに、ICT 技術を応用したドローン、農業用クラウドサービス、自動運転トラクターなどが開発され、それらは既に実用化されている。その先進的な取り組みは日本でも参考にできるところがあるため、本稿において以下の通り紹介する。

ドローンを中心とする米国の無人航空機は 2015 年に 4 万機弱だったものが、2025 年には約 16 万機に拡大し、その 8 割以上は農業用に使われると予測されている[2]。とうもろこしや小麦などの広大な農地を使う土地利用型農業では、ドローンにマルチスペクトルカメラ[3]を搭載し、農作物の生育や病害虫の状況、栄養分（窒素）の確認、地形や土壌の分析を行って、施肥や防除、水やり、収穫時期などの判断に活用されている。

農業用クラウドサービスの分野には多くの会社が参入している。このうち Farmlog 社はモバイル端末を利用して農場マップ、降水量履歴、土壌肥沃度、作物の健康状況、農機の稼働状況、農作業管理など GPS やその他データを駆使したアプリを提供し、2011 年創業のベンチャー企業ながら全米の 3 分の 1 の農家が 6500 万エーカー（≒2600 万 ha）で利用している（無料データ利用分も含むと思われる）。 また後述するが大手農薬会社も農業用クラウドサービスに乗り出している。

米国では有人運転の農機と協調作業が可能な自動運転トラクターが既に販売されている。この農機は GPS や車両間通信で有人運転農機との位置を自動制御しながら走行するもので、1 人のドライバーで 2 台の農機を使った播種や収穫の作業が可能になっている。このほか米国では GPS ベースの収量マッピングや土壌マッピングシステム付き農機、GPS ガイダンスによる自動ステアリングの農機、収量の GPS データに連動して施肥量を自動調整する農機なども既に販売されている。

②メジャー農薬・種子メーカーの動向

世界の農薬・種子のメジャー企業は 10 年以上ビッグ 6 と呼ばれる大手企業が市場を寡占する状況が続いて来たが、デュポン（米国）とダウ・ケミカル（米国）が 2015 年 12 月に経営統合に合意したのを皮切りに、2016 年 2 月には中国化工集団（中国）がシンジェンタ（スイス）を買収することで合意、2016 年 9 月にはバイエル（ドイツ）がモンサント（米国）を買収することで合意し、世界の種子市場シ

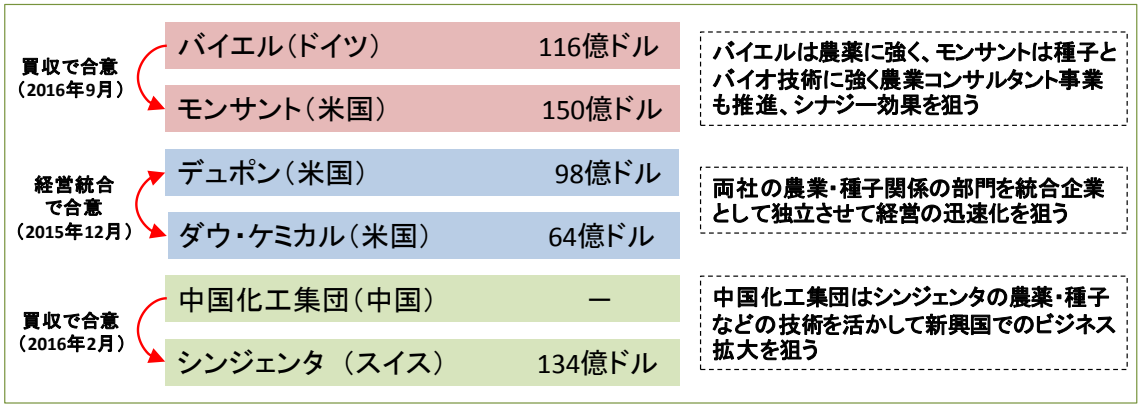
---

[2] 出所：「ドローンの現状について」総務省 2016 年から引用
[3] マルチスペクトルカメラによって人間の眼では認識できない、近赤外線や中間赤外線、遠赤外線等の波長帯の画像をセンサーで集めて演算処理を行うことで、植物や土壌の状況を表す指数に使える

ェアの 6 割以上を占める巨大な 3 つの企業集団となった。

巨大 M&A の背景には、遺伝子組み換え種子や除草剤・殺虫剤耐性種子などの研究開発の競争が進み、一方では環境や安全配慮への声も大きくなり、研究開発の投資効率の低下への対応策として、企業規模の拡大が必要になったことがあるといわれている。

図表 3.　メジャー農薬・種子メーカーの M&A



（日経新聞から引用：数値は 2015 年度の部門売上高）

このうちモンサント社は 2013 年に Climate 社というデジタル農業機器により、農業支援サービスを手掛ける会社を買収した。Climate 社は包括的な農業用デジタルデータのプラットフォームとして Climate Field View[4]を開発し、耕耘～播種～栽培～収穫までの一連の農作業に関する土壌や天候、農機、農作物の生育状況、収穫状況などの農業関連データの蓄積と分析を行う農業支援サービスを行っている。

2016 年には John Deere ブランドの Deere & Company 社、マッセイ・ファーガソンブランドの AGCO 社、ニューホランドブランドの CHN-Industrial 社など欧米のメジャー農機メーカーと提携して農機に搭載するセンサーや農業機器を開発した。また、総合的な農協の無い米国で農業資材などの小売りや農業支援サービスを行う Winfield solution 社、Agrium-CPS 社、Helena Chemical 社などと Climate Field View の販売提携契約を結んで販売力を強化し、全米で有料のプレミアムサービスは 1200 万エーカー（≒480 万 ha）以上で利用されている。

Climate 社は 2025 年までに米国、カナダ、ブラジル、アルゼンチン、欧州で 6 億エーカー農地での販売機会を見込んで 3～4 億ドルを販売目標としている[5]。

4　農作物の生育状況や気候などのデータをもとに、圃場の状況を総合的に分析することができるアプリ
5　‘Digital Agriculture ‘（Climate CEO　Mike Stern 2015 年 11 月）から引用

③米国有識者の分析

米国農務省　経済調査サービスセンター所属の農業経済の専門家 David Schimmelpfennig 博士の米国における精密農機の利用状況に関する論文を紹介したい。博士は、トラクターやコンバインなどの精密農機を 1）GPS ベースのマッピングシステム（収量モニター、収量マッピング、土壌マッピングのいずれか）搭載、2）ガイダンスまたは自動ステアリングシステム搭載、3）肥料などの可変量投入技術（VRT）搭載、の 3 つに分類してその採用動向と、採用した農場の状況、採用によって農業収益が向上したかなどを調査した論文"Farm Profits and Adoption Precision Agriculture"を発表している。その要点は以下の通りである。

・精密農機の採用状況は、精密農業技術の違いで大きく異なる

GPS ベースのマッピングシステムは全米のコーン農場（2010 年）、大豆農場（2012 年）の約 50%で使われている。GPS ガイダンスまたは自動ステアリングシステムは約 33%の農場で使われ、GPS と連動した土壌マッピングと VRT は 16～26%の農場で使われている。

・2900 エーカー（≒1160ha）を超える大きなコーン農場では精密農機の採用率は全農場の 2 倍になる

全米のコーン農場と大豆農場のうち、収量マッピングは約 40%、GPS 土壌マップは約 30%、ガイダンスシステムは 50%以上、VRT は 28～34%の農場で使われている。

コーン農場と大豆農場の精密農機が使用される「面積」の比率は、それが使われている「農場数」の比率より高い傾向がある。大きな農場は精密農機の採用傾向が高いからである。2900 エーカー超の大きなコーン農場だけで見ると、マッピングシステムは 70～80%、ガイダンスシステムは約 80%、VRT は 30～40%の農場で使われている。

・精密農機の採用で、雇用人件費は小さな農場では低下、大規模農場では増加する

圃場面積 140～400 エーカー（≒56ha~160ha）の小さな農場では、精密農機を導入すると雇用者の人件費は 60~70%低下するが、大きな農場でマッピングやガイダンスの精密技術を導入すると雇用者の人件費は上昇する。大きい農場では、精密農機の運用のための専門オペレーターの追加雇用が必要になるからである。

・前ページ 1）~3）の精密農機は、平均的な米国のコーン農場にとって、（固定費を踏まえての）純利益と業務収益に少しだけポジティブな影響を持つ

GPS マッピングシステムの採用でコーン農場の業務収益は 3%程度、純利益は 2%程度増加する。同様にガイダンスシステム採用では業務収益は約 2.5%、純利益は 1.5%増加する。また、VRT の採用では業務収益と純利益は約 1.1%増加する。

Schimmelpfennig 博士は、大きな農場ほど精密農機の効果が出るので精密農機の採用傾向が高いが、精密農機の運用のための専門オペレーターの追加雇用や高額な精密農機の償却により、利益の押し上げは数%に留まることを指摘している。

日本のスマート農業を進める際にもスマート農機の費用対効果については、冷静に見ていくべきであろう。

2－3. スマート農業でできること

農水省の「スマート農業の実現に向けた検討会」は、スマート農業による将来像としての 5 つの方向性を示している。

①超省力・大規模生産を実現

トラクター等の農機の自動走行の実現により、生産性を上げて大規模耕作を可能にする

②作物の能力を最大限に発揮

センシング技術や過去データを活用した精緻な栽培で、多収・高品質生産を実現する

③きつい作業、危険な作業から解放

収穫物の積み下ろし等重労働をアシストスーツにより軽労化、負担が大きい畦(けい)畔(はん)等の除草作業を自動化する

④誰もが取り組みやすい農業を実現

農機の運転アシスト装置、栽培ノウハウのデータ化等により、経験の少ない作業者でも対処できる農業にする

⑤消費者・実需者 に安心と信頼を提供

生産情報をクラウドシステムで販売者側システムと接続し、産地と消費者・流通事業者を直結する

図表 2. スマート農業の将来像

日本の農業は就業者の高齢化と人手不足の課題を抱える中で、大型化、高付加価値化を進めて競争力を高めて行く必要がある。スマート農業は、日本の農業の競争力を高めることにかなりの効果を発揮すると期待されている。農業へのプラスの導入効果もさることながら、スマート農業の普及が進むと農業の関連分野へのプラスの波及効果も大きくなっていくものと考えられる。

3. スマート農業への期待

3－1. 予想される効果

①農業における導入効果

スマート農業の導入効果について、順に考えてみたい。超省力化・大規模生産(2－2 ①)については、農業経営体当たりの平均耕地面積が 25ha を超える北海道においては、自動走行や協調

走行トラクター[6]の導入で生産性は大きく伸びるものと思われる。その他の都府県においては、農業経営体当たりの平均耕地面積は 2ha 程度と狭く、分散錯圃[7]の問題もあり自動運転による生産性向上の効果は限定的となる。したがって、スマート農機を複数の農業法人で使う工夫[8]をするなどで、農機の利用コストを下げて導入効果を高める必要がある。

作物の能力を最大限に発揮（2－2 ②）については、土壌や気候などのデータセンシングとそれらのデータ蓄積を栽培に活かすことができれば収量増加が期待できる。一方で、フィールドサーバなどの農業機器の設置と運用や生産管理システムとの接続運用、センサー付きスマート農機[9]などは、一式揃えると高額な投資となり、また運用にはICTリテラシーも必要になるため、大型農業法人での利用や専門家による運用支援が求められる。

きつい作業、危険な作業からの解放（2－2 ③）については、日本の基幹的農業従事者[10]の平均年齢は 66 歳を超えており高齢者が多いことから、収穫物や肥料、農具を圃場から輸送する時の重量物の上げ下ろしや炎天下で危険を伴う畦道の草刈などを手助けする農業用パワーアシストスーツや除草ロボットは、効果に見合う価格で操作が簡便ならば、重宝されるであろう。

誰もが取り組みやすい農業を実現（2－2 ④）については、農機の運転アシスト装置や作物の生育判断の機能など、マニュアル化が難しい農業ノウハウをデータ化して農作業に活用できれば、新規就農者の早期慣熟化や農作物品質の標準化に寄与する近道になる。

消費者と実需者に安心と信頼を提供（2－2 ⑤）については、生産管理システムをクラウド化して、他の生産者のシステムとの接続で農産物の産地リレー[11]が簡便化でき、流通事業者の販売システムとの接続で請求精算会計処理が迅速化され、消費者へのトレーサビリティ情報の開示や流通の効率化につなげられる。

---

6 協調走行トラクター：有人運転のトラクターとの通信機能や各種センサーにより、有人トラクターに随行して無人の自動運転ができるトラクター

7 農業者が所有する農地があちこちに分散し、他者の農地と混在していること

8 例えば、同じ米や大豆でも収穫時期の異なる複数の品種を作ることや、南北差や高低差を利用して収穫時期が異なる複数の農業法人で農機貸し借りを行い稼働日数を増やすなど

9 センサー付きスマート農機：収量センサーで GPS と連動して細かいエリア毎の収穫量を地図データで管理できるコンバインや前回収穫量の地理データを GPS と連動させて肥料散布量を走行中に自動調節して可変撒布できるトラクター装置などもある

10 基幹的農業従事者：自営農業のみに従事、または兼業でも自営農業が主業

11 生産の旬の時期に差がある産地間をつないで、ある農産物を長期にリレー方式で出荷すること

②関連分野への波及効果

これまで農業では、需要や供給（生産）の情報の収集や精度向上が技術的に難しく、情報収集コストが高かったこともあり、農業関連の需要側と供給側の各種情報、特に需要と供給の予測に関する情報は十分なマッチングが行われてこなかった。

スマート農業の普及によって農業の情報ネットワーク化を進めることができるようになれば、農業の生産、販売、流通で生じる様々な「情報の非対称」のハードルが下がるので、生産情報を上手に活用・開示していくことで、生産・流通コストの削減や販売力向上につなげていくことができる。もっとも、どのような生産情報をどこまで開示していくかについては、生産ノウハウの秘匿ニーズや販売上での駆け引きなど情報開示の限度もある。

生産・流通コストの削減としては、生産に関する各種情報を集約させた農業の生産管理システムを活用することで、生産・流通の川上・川下でそれぞれへ効果が期待できる。川上側は農業資材・農機の販売管理システムと情報交換させることで、農業資材の需要と供給のスムースなマッチング、農機の稼働状況に応じたサービス向上などにつなげることが可能となる。また川下側は大型小売事業者や仲卸事業者の調達管理システムと情報交換することで、農産物の需要と供給のスムースなマッチングが可能になる。これにより、請求精算会計処理の効率化や長期購入契約による計画生産、大口事業者への直接配送による流通効率化を進めることができれば、流通費の削減と流通日数減による品質向上を同時に進められる可能性が出てくる。

エンドユーザーにとっては農産物生産情報の開示によって、農産物の品質が価格に見合っているかを判断しやすくなり、トレーサビリティ情報の確認も容易になるので、いわゆる「レモン問題[12]」発生の可能性の低下にもつなげられる。

販売力向上としては、例えば同種の野菜生産者間で生産管理システムの情報を交換して、生産出荷計画を調整し産地リレーを行って、出荷対応期間の延長と出荷ロットの拡大により販売量増加と販売単価向上につなげていくことが考えられる。

またスマート農業で農業の省力化や大型化を進めることで、農産物加工などの 6 次産業化に人員や農業生産物を活用しやすくなるという効果が考えられる。

[12] レモン問題：米国の俗語で、購入して乗った後で初めて品質が良くないと分かる中古車のこと、売り手は取引する財の品質をよく知っているが、買い手は財を購入するまでその財の品質を知ることはできないため、品質の良くない財（レモン）が良い品質の財として販売される危険性が生じる

3－2. 日本の動向

日本では 2010 年頃からクラウドサービス、センサーやネットワーク、ロボットや自動運転などの技術が進展し、農業以外の産業で幅広く使われ始めた。農水省は、2013 年に関係省庁も含めた産官学の有識者を集めて「スマート農業の実現に向けた研究会」を立ち上げて調査、検討を開始し、2014 年にはスマート農業の中間とりまとめ（将来像とロードマップなど）を発表している。

また内閣府に設置されている日本経済再生本部は、2015 年に「ロボット新戦略」を策定して農業におけるロボットの利活用を打ち出し、「日本再興戦略 2016」においては農業における革新的技術の導入による生産性の抜本的改善を掲げた。この中では、自動運転トラクターの有人監視下での無人走行システムを2018年までに市販化すること、遠隔監視での無人走行システムを2020年までに実現すること、及び IT システムやビッグデータ利活用のための各種標準化と AI や IoT の活用についても打ち出されている。そしてこれらの実現を図るため、内閣府の総合科学技術・イノベーション会議が司令塔となって作ったオールジャパンプロジェクトである「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」において、11 ある課題の 1 つとして次世代農林水産業創造技術が選ばれ、スマート農業モデルの実現に向けて産官学連携によるコンソーシアムが組織されている。

研究機関としては、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構(以下 農研機構)が、農業の革新的な機械化技術などの調査、研究をリードする一方で、産学官連携の拠点として、農業の革新的技術の基礎から応用・実用化までの研究開発の支援も行っている。大学の農学部においては、産官学連携も含めて ICT やロボット技術の農業への応用研究や開発が多数行われている。

2015 年度のスマート農業の国内市場規模 97.2 億円が 2022 年度には 331.8 億円に拡大すると株式会社矢野経済研究所は予測している。このようなスマート農業の開発への機運の高まりの中で、農業以外をフィールドとしていた企業も ICT 活用の農業機器や生産管理システムに新規参入し、一方で大手農機メーカーはシステムソリューションの企業と連携してスマート農機とセットになった生産管理システム開発を進める[13]など、スマート農業の開発に活気と競争が起きている。

[13] 富士通と井関農機は、富士通が進める食・農クラウド「Akisai」をベースに「ISEKI スマートファーマーズサポート」の農業生産者向けサービス提供で協業、ヤンマーは農業ソフト開発のソリマチと農業の ICT サービスで提携、クボタ、NTT、NTT コミュニケーションズ(NTT Com)の 3 社は農業・水・環境インフラ分野での共同開発などで提携を行っている

4. スマート農業の課題

4－1. 開発における課題

①データやシステム接続のオープン化

日本では、スマート農業用の農業機器、農機は開発が進行段階であり、フィールドサーバなどの農業機器、ドローンや芝刈りロボットなどの農機、生産管理システムなどには、多くの企業が開発に参入している。当然、各開発企業は自社が得意とするデータ様式や通信プロトコル（通信手順）を使って開発するため、ある会社の農業機器やシステムが別の会社の農業機器やシステムと接続できないということも起こりえる。

内閣府は「農業情報創成・流通促進戦略」（2014 年 6 月）の中で、公的データのオープン化を含む農業関連情報のインターオペラビリティ（相互運用性/移植性）とデータポータビリティ（可搬性/自主運用性）の確保の原則を打ち出している。

また農水省は「スマート農業の実現に向けた検討会」の検討結果の中間とりまとめで、標準化を通じた個別システムの統合・発展のためのデータ交換規格、通信規格等の標準化や農作業、資材、飼料、農産物等に付与するコードの共通化に向けた検討を課題として打ち出している。

農業者が、異なるメーカーのスマート農業の農機、農業機器、システムの間であってもネットワークを構築して農業関連データをスムースに利活用できるよう、産学官が連携してデータやシステム接続のオープン化の地ならしを速やかに進めて行くべきである。

②自動運転農機の安全性の担保

農水省は、農業用機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインを 2017 年 3 月に出した。この中で、自動運転農機に運転者が搭乗しない無人自動走行に関して、「製造者等が行う訓練の受講、使用者以外が立ち入らない圃場内作業に限定、道路で自動走行させない、リスクアセスメントと保護方策（停止装置等）、監視可能な気象条件や安全走行可能な圃場条件、使用者が圃場内や周辺から監視すること、サイバーセキュリティ対応など」を前提とした自動走行のガイドラインを示した。

道路での農機の自動運転を禁止していることは安全性の確保の観点からは当然ではあるが、分散している圃場の往来に道路を通らざるを得ないため、自動運転農機の効果を狭い圃場内に限定させ生産効率の向上を弱めてしまう。

また、ドローンの飛行については国土交通省が十分に安全性に配慮した内容で航空法を改正[14]して対応している。さらにドローンを使った農薬、肥料、種子の空中散布については、農水省が2015年12月にガイドラインを出しており、無人ヘリコプター利用と同等の飛行許可条件に加えて、農薬使用への安全配慮なども含む内容となっている。

ドローンは無人ヘリに比べて機体価格が極めて安価[15]で、機体の制御や位置把握に GPS 信号を利用するため、後述する準天頂衛星「みちびき」の増機によって自律飛行の位置精度の向上が見込める。今後はドローンに搭載するマルチスペクトルカメラの画像の受信や、それを分析・判断する AI を組み込んだ生産管理システムが出来れば、農薬・肥料散布や圃場の撮影・監視などでの需要が大きく増加すると思われる。

③自動運転の精度向上

自動運転農機やドローンは正確な位置情報を得るため、カーナビゲーションシステムやスマートフォンなどと同様に GPS 衛星からの衛星測位サービスの信号を受信している。正確な 3 次元の位置情報を得るには 4 つの人工衛星からの信号を受信する必要がある。米国の GPS 衛星は 31 機体制であるが、常に日本の上空を周回しているわけでないため、受信できる衛星数が少ない場合や建物等による電波の反射などで正確な位置情報が得られない場合があった。

政府はGPS衛星と互換性のある信号を発信し、GPS信号と併用して衛星測位サービスを利用できる衛星「みちびき」を計画、2010 年 9 月に初号機を打ち上げ運用中で、2017 年中に 3 機を追加で打ち上げ、2018 年度から 4 機体制（静止軌道 1 機、準天頂軌道 3 機）で運用する予定である。GPS 衛星と合わせて、8 機以上の衛星が常に日本の上空に位置するため、ビルの谷間や谷合などの一部を除き、正確な位置計測のための信号を安定して受信できるとしている。衛星測位サービスの信号精度が向上することで、カーナビゲーションシステムやスマートフォンなどの位置情報の精度向上が期待されている。

みちびきの増機によって、地上の電子基準点を使って位置補正情報の信号（GPS 信号とは異なる）を出す cm 級測位補強サービスが予定されている。スマート農業、測量、土木などで誤差数 cm での測位が可能になり、位置測定精度の飛躍的な向上による各種作業の精緻化、自動運転の農機・建設機械の利用増加が期待されている。

---

14 空港周辺などの空域、人口集中地区の上空、150m以上の空域を原則飛行禁止として、それ以外の空域で日中かつ常時監視して、人や物件と 30mの距離を保ち、物件投下をしないことが飛行条件、条件外の飛行は国交大臣の許可が必要

15 農業用無人ヘリは 1000 万円程度であるが、農業用ドローンは 100～200 万円程度

④省エネルギー技術との組み合わせ利用

スマート農業が実現できれば、作物の生育環境を制御しやすくなるが、環境制御を十分に行うほど加温や冷房で熱エネルギーを多く使うため、農産物の生産コストが高くなってしまう。スマート農業は万能ではないので生産コストを抑制するためには、リモートセンシングなどのスマート農業の技術と併用して優れた省エネルギー技術を使っていく必要がある。例えば、園芸農業のハウスの省エネルギー技術では、以下のものが既に実用化されている。

a)太陽光の利用度向上

ハウスを光線透過度が高いフッ素樹脂フィルムで被覆、しかも梨地柄にすることで温室内に広く散乱光を届けられる

b)潜熱[16]利用による省エネ推進

液体が気化する時に周囲から熱を奪う細霧噴霧[17]による吸熱冷房、液体が固体に凝固する時に周囲に熱を放出するエネバンク[18]（潜熱蓄熱材、別添：農業最前線　参照）による蓄熱加温で、ヒートポンプ冷房やボイラー加温を減らして省エネルギーを推進できる

c)温室内 2 重カーテン化による蓄熱向上

温室内を2重のカーテンで全面的に覆うことで、ハウス内の空気の蓄熱性を高めて保温効果を上げられる

この他にも園芸作物の溶液栽培方式は、施肥量節減や栽培促進などの省エネルギー効果がある。これらの省エネルギー技術をスマート農業技術と併用していくべきである。

⑤スマート農機・農業機器の廉価化

日本の農業の機械化は、1953 年の農業機械化促進法と 1961 年の農業基本法から進んできたといわれ、1980 年代には乗用トラクター、自脱型コンバイン[19]、動力田植機を使った稲作が当たり

16 熱をやり取りするときに相変化し、一定の温度において熱を加えても温度が上がらず、物質の状態が固体から液体、液体から気体に変化するとき蓄えられる熱
17 温室内に微細水滴を噴霧し、その水滴が気化する際に奪う熱で冷やす
18 昼間は太陽熱を吸収することでハウス内の温度上昇を抑制し、夜間は外気温低下に伴い昼間に蓄熱した太陽熱を放出することで暖房費を節約する蓄熱材（別添の農業最前線を参照）
19 刈取り機（バインダー）で稲刈りし、その後脱穀機で脱穀していた作業が、自脱型コバインでは稲を刈

前になっていった。力仕事であった代かき、田植え、稲刈りが機械化されることで米作の生産性は大きく向上し、2015 年には米作 10a 当りの年間作業時間は平均 24 時間に減少した。機械化による農作業時間の減少と折からの工場の地方展開などによる兼業収入の増加によって、中小の農家であっても年間で何日も使わない自前の田植機やコンバインなどの農機をセットで所有して、兼業で農業を行う第 2 種兼業農家が主流になっていった。

スマート農機は ICT やロボット技術を取り入れる分だけ従来の農機より高額になる。スマート農機のコスト上昇分に対応するためには、法人化で圃場を大型化することや、米の品種を多様化して収穫時期をずらし、農機 1 台当たりの稼働率を上げることに加えて、農機の共同リースやレンタルも考えるべきである。

一方メーカーも圃場が狭い日本の農業向けに、必要な機能に絞った廉価でコストパフォーマンスの高い中型スマート農機を開発して、従来型農機からの買い替え需要を誘発して、早期の市場浸透を目指すべきであろう。

同じことはフィールドサーバなどのスマート農業機器にもいえる。日本の園芸ハウスは 1 棟の面積が狭い小型のビニールハウスが大多数である。日本の園芸作物用のハウス約 4 万 7 千 ha のうち複合環境制御ができるものはわずか 700ha 弱の 1.4%しかない[20]。園芸ハウスを 1 棟建てるのには多額の初期投資がかかる。そこにスマート農業機器や制御システムを導入すると更に投資がかさむため、スマート農業を施設園芸で早期に浸透させていくためには、できるだけ農業機器や生産管理システムを廉価にして市場浸透を図るべきであろう。

廉価なスマート農機、農業機器、生産管理システムはアジア新興国の農業をターゲットに販売していくことで市場を広げていくことができる。

4－2. ユーザー支援の強化

①運用支援

スマート農業は、フィールドサーバなどの農業機器、ドローンや芝刈りロボットなどの農機、生産管理システムの大きく 3 つの系統で、多数の企業が参入して開発されている段階にあるが、3 系統で求められる機能や製品が全く違うため、大手農機メーカーも自前で 3 系統全てを開発せず、他の業界の企業とアライアンスを組んでフィールドサーバ・自動農機・生産管理システムのラインナップを整えている。

り取りながら脱穀を行い一台の農機で完結できる

20 「施設園芸をめぐる情勢」（農水省　2016 年 6 月）

農業者にスマート農業の普及を促すためには、どのようなスマート農業をどうやって取り入れて、今実施している在来農法から変えていくのが適切かを説明指導し、実際にスマート農業を導入した後は、安定するまでの運用アドバイスを（有償または無償で）行えるワンストップ型の支援組織があると望ましい。

戦後の農業の機械化において、米麦などの土地利用型農業では手作業の営農指導から農機を使った営農指導に変えていったように、スマート農業の普及状況に合わせて、在来農法だけの営農指導から少しずつスマート農業を含んだ営農指導に変えていくことが必要になっていく。そのためには営農指導をする指導員が、率先してスマート農業を教えられるレベルになっていく必要がある。

②導入資金支援

農機購入のための融資制度は、新規就農者向け、行政が地域の農業の担い手と認めた個人・法人である認定農業者向け、認定農業者でない農業者向けなど、農業を営む者であれば何らかの融資制度が、高い限度額を設定した制度や利子補給される制度などを含めて、日本政策金融公庫や JA 系統で手厚く準備されている。そのため農機を購入するための資金準備で困っている例はあまり聞かない。

近隣で同じ作物品種を取り扱っている例が多く、農機の利用が同じ時期に集中することから、各農家単位で農機を購入して所有しており、農機の共同所有は少ない。また農機のリースやレンタルは、リースによる資金返済メリットがほとんどないこと、レンタルは悪天時や雑な使用による故障の可能性での貸借調整が敬遠されていることにより、利用が少ないといわれている。

スマート農機は自動化や ICT システム装備のため、これまでの農機より高額になる。また農業用ドローンも利用頻度の割に高額である。スマート農機や農業用ドローンは、個人や中小の農業法人が所有して年間に数日操作するよりも、操作に慣熟した専門のオペレーターが作業する方が、精密で確実な作業を効率的に実施できる。

スマート農機の導入資金の支援は、個人向けの融資制度拡充よりも、法人向けのスマート農機リースの優遇策や、専門のオペレーターがスマート農機を使って行う農業サービスの利用促進につながる支援策を検討すべきである。リース優遇策により高額なスマート農機は導入初期費用を抑えることができるので、スマート農機やシステムの導入が少しは促進されよう。またオペレーター付きレンタルサービス利用促進策は、ドローンや自動農機を使った農業サービスの請負事業（畜産で行

われているコントラクター[21]のような）の起業と競争、専門化による技術やサービスの向上が期待できるであろう。

③規制緩和

自動運転農機の道路での自動運転が一切できないことは、離れた圃場間を行き来するためだけに自動運転農機に追加の作業者が必要になり、自動運転農機の生産性向上を弱めてしまう。

今後、貨物用自動車の隊列自動走行[22]が実用化された後には、安全性が確認された一部の自動運転農機に限定して、農道での追随自動運転を検討するべきである。その際は、安全システム装備の農機かつ農用地区域内の農道での追随自動走行（有人トラクターのすぐ後を無人トラクターが走行など）に限定する安全対策が検討の前提になる。

また、ドローンについては、内閣府主催の「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」において、小型無人機による「空の産業革命」に向けて、2018 年頃に無人地帯での目視外飛行、2020 年代頃以降に有人地帯（第三者上空）での目視外飛行を目指し、小型無人機の利活用を本格化させるための技術開発と環境整備を、国際連携を行いながら、官民一体で進めるとしている[23]。

ドローンについてはメーカー間の競争により技術進歩も急であり、GPS 信号が受信可能な環境であれば、現時点の技術でもドローンの自律飛行による目視外飛行（操縦なし）は十分に可能といわれている。今後、ドローンの安全性が確認できれば、現在は自律飛行で禁止されている「補助者を配置しないで無人地帯や第三者土地の上空で目視外飛行を行う」目視外飛行のレベル 3.4 の緩和を検討すべきである。これが可能になれば、中山間地や大区画圃場における生育管理や監視、農薬や肥料の散布などでの農業用ドローン利用時の生産性を上げることができる。ドローンの飛行安全技術の進歩やそのための環境整備の進捗を期待したい。

---

21 経営規模が拡大した畜産農家に代わって、飼料用の牧草や穀物の栽培や収穫作業を大型農機などを使って請負う事業者

22 トラックの隊列自動走行や乗用自動車のラストマイル自動走行は 2020 年から公道実証実験を行い、2022 年からの導入が目標となっている

23 「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」協では小型無人機の飛行レベルを以下 4 つに区分している
レベル 1：目視内での操縦飛行
レベル 2：目視内飛行（操縦なし）
レベル 3：無人地帯での目視外飛行（補助者の配置なし）
レベル 4：有人地帯（第三者上空）での目視外飛行（補助者の配置なし）

④新人への教育と技術支援

スマート農業については、多くの大学の農学部で各種研究が進められているが、各県の農業大学校や農業高校では取り上げているところは少ない。今後スマート農業の普及が進み始める段階までには農業教育の内容に、スマート農業の理論面の座学と実際のスマート農機を使った農作業実習を組み込むことで、高齢者に比べて ICT リテラシーが高い若者に最初からスマート農業に触れて慣れてもらい、スマート農業の裾野を広げる一助にすべきである。教育計画や指導内容の設定は、スマート農業に通じた外部人材の力を借りて、段階的に整えていくべきであろう。

また、スマート農機の開発には、内閣府の総合科学技術・イノベーション会議による「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」など、多くの産官学連携のコンソーシアムが組織されている。これらのコンソーシアムについては、今後の普及段階においても現場のニーズを汲み上げた改修や応用開発など技術的な支援を行う観点で、その活動を継続していくべきである。将来日本のいくつかの地域で、オランダのワーゲニンゲンのように産学官が緊密に連携したスマート農業クラスターが生まれることを期待したい。

5. 農業改革への期待

5－1. 農業支援サービスの展開

①包括的な農業支援サービス

これまで日本では農薬、肥料、農機具メーカーなどの農業関連企業はそれぞれのカテゴリーを専業として事業を行ってきた。スマート農業では農業以外を主たるフィールドとしていた企業も新規参入して競争が進む中で、大手農機メーカーとシステムソリューション企業との連携なども始まっている。既存の農業関連企業も、耕耘～播種～栽培～収穫までの一連の農作業に関するスマート農業支援サービスを実施する企業アライアンスに早期に取り組んで、先行者利益を得ていくべきである。日本国内で組んだ企業アライアンスのスキームを基軸にして、次はアジア新興国でのスマート農業支援サービスの展開や現地資本との共同農場を検討していくこともできる。農産物の輸出だけでなく、農業支援サービスや投資の形で農業の輸出をしていくことも検討すべきである。

②コントラクター農業法人

現在、コントラクター農業法人は、北海道やそれ以外の畜産が盛んな県で、専用大型農機を使って牧草や飼料用穀物の栽培や収穫を請負う形で業務を行っている。今後スマート農機が広がっていけば、高齢化による離農拡大で集積された農地を中心に、畜産関係以外の土地利用型作物

についても広い面積を少人数で請負う形で農作業を行う、いわゆるコントラクター農業法人のビジネスの可能性が広がってくる。

区画の大きな圃場であれば、中山間地域など一部の条件不利地でもスマート農機による生産性向上のメリットが得られるので、耕作放棄地であっても圃場の区画を広げることができれば耕作再開の可能性が広がる。2018 年からは米の減反政策が廃止になるので、ゆるやかな傾斜地の細かい区画の水田は耕作放棄を考えるのであれば、緩い傾斜をそのまま利用した広大な畑作地や放牧地にすることで、スマート農機による耕作の持続性を模索すべきである。

中山間地域は水源涵養、洪水防止、土壌浸食防止などの多面的な機能を持ち下流域や平野部の農村に外部経済効果を持つので、スマート農機を導入しやすくするための圃場の区画整理やコントラクター農業法人への支援などの施策を検討すべきである。

③単位農協への期待

スマート農業の実現は日本の農業のやり方を変えていくビジネスチャンスなので、農業生産や農業支援サービスへの新規参入企業は今後も増加していくと思う。スマート農業の実現は JA（農協）にとってチャンスでもあるが、何もしなければピンチを招くことになる。

JA グループの理念は、農業者の所得の増大、農業生産の拡大、地域の活性化の 3 つである。地域に拠って立つ単位農協は、リスクを取ってスマート農業を活用した農業支援サービスやコントラクター農業法人事業、6 次産業化事業などへ進出していくことで、事業化が成功すれば地域に持続的な経済効果をもたらすことができる。単位農協はスマート農業をテコに、外部人材や若手を登用して、リスクを取ってこれらの事業化に乗り出していくべきである。

ある単位農協がリスクを避けるためにスマート農業を活用した事業を何も行わないとしても、大型農業法人や新規参入企業又はやる気のある周囲の農協が、スマート農業を活用した事業を興し、ビジネスチャンスを奪っていくこともあり得る。農産物販売の委託、共済金融の代理業務など仲介ビジネスだけでは、地域の農業の付加価値向上につながって行かない。地域の農業振興と活性化のためにも、地域の農業者にとって一番身近な存在である単位農協はスマート農業を活用した事業にリスクを取って乗り出していくべきだと考える。

5－2. 関連分野での活用

①6 次産業化や農産物輸出の推進

スマート農業を行うことで、リモートセンシング技術を活用し、熟練農業者のノウハウを AI 化技術などで利用できれば、味や収量など農産物の品質が向上し、標準的な品質の農産物の収量割合の増加や収穫量の増加が期待される。このことは農産物の生産効率の向上につながるといえる。しかもスマート農業では、生産計画や人員計画をシステム化できるので、時期毎の収量予測や人員稼働予定も「見える化」できる。収穫量が増加した農産物は卸売市場にそのまま出荷して安く買われるよりも、余裕が出た人員を使って食品加工の原料や農家レストランの食材などに回し、付加価値の向上や地産の活用を進めるべきである。

また 6 次産業化はスケールメリットが働くし、事業のリスクもあるので、中小農家が単独で実施するのでなく、集団で農業法人化して段階的に取り組んでいくべきである。

収穫量が増加した農産物や加工品は、品目によっては海外市場への輸出も進めるべきである。既に政府は農林水産物と食品の輸出額を 2019 年までに年間 1 兆円以上にしようと輸出促進策に力を入れ、海外各地での農産品の販売促進に加えて農林水産物・食品のブランディングやプロモーション、 輸出事業者へのサポートを担う新たな組織として、 JETRO 内に「日本食品海外プロモーションセンター（JFOODO）」を設置し、輸出手続きのワンストップ化、グローバル GAP や HACCP など輸出先の規制や国際認証への対応強化を図ってきている。

農産物輸出は、輸出に係る輸送や通関、輸出国規制対応などのコスト負担や、輸出先販路次第では小ロットになるなどの課題はあるが、国内市場が細っていく将来への先行投資と割り切って進めていくべきである。日本の農産物（加工品を除く）で輸出 1 位の品目はりんごであるが、りんごの輸出は 1899 年（明治 32 年）に青森県からロシア・ウラジオストック向けに行われたのが初めて（青森県りんご輸出協会）で、今年で 118 年もの歴史がある。安定した輸出体制と信頼される販路を築くには長い時間と関係者の努力が必要である。

②産地リレーと流通効率化

せっかく作った農産物は誰でも高く売りたい。そのためにはなるべく流通を介せずに直売所または大口小売事業者への販売を行う方法が効果的である。大口小売事業者は、欠品を避けるため鮮度の高い農産物を一定程度まとまった量で安定的に仕入れたいニーズがある。遠隔地の農業法人同士でもスマート農業によって生産管理システムをクラウド化して情報共有できるので、出荷時期を調整しやすくなり、共同の販売戦略で産地リレーによる出荷量拡大がしやすくなる。卸売市

場を仲介しない分だけ流通効率化につながり、農産物の鮮度向上と買い取り価格を高めることにつなげられる。消費者にとっても流通の効率化は、少し高くても地元中心に新鮮な農産物が入手できるメリットがある。

農産物の貯蔵に適した温度は 0℃から 15℃位、貯蔵に適した湿度は 65%から 100%で、農産物の種類によってまちまちである。高い品質を維持したまま出荷時期を調整しようとすると、農産物によっては、冷蔵貯蔵設備や保冷運搬車などのコールドチェーンや、CA 貯蔵[24]設備や、MA 包装[25]設備への投資が必要になるので、大型農業法人などの方が対応しやすい。高品質の農産物を高く売っていくためには、スマート農業による生産への投資だけでなく、収穫後の農産物の品質管理のための投資にも目を向けなければならない。

③食の安心・安全のサポート

農業生産者の生産管理システムを流通事業者の販売管理システムと接続させることで、牛肉や米で行われているような農産物のトレーサビリティ情報を伝達することができる。産地情報や流通段階での取引履歴を明確にでき、流通事業者や消費者に価格以外で農産物を評価する手段を提供することで、農産物の安心・安全をサポートできる。

一方で、生産と流通のどちらにおいても開示する情報量と利用負荷、すなわち生産者単位、農産物の品目単位ではトレースすべき情報量が膨大になりすぎ利用に負荷がかかること、また生産管理システムも持たないような中小零細農家のデータ入力をどうするかなど、実現に向けての課題はかなり大きい。

6. おわりに

政府のスマート農業の振興方針によって、スマート農業は日本の農業を大きく変えるものとして注目され、期待されている。米国の土地利用型農業の事例では、平均的なコーン農場のスマート農機導入による利益増は数%に留まっているという研究もあり、スマート農業は特効薬ではないかもしれない。

しかしながら、ベテラン農業者のリタイアによる農業就業人口の減少の中で、農業の大型化と品質の標準化を目指す日本農業にとって、スマート農業はうまく使えば広範囲で効果を発揮する常

[24] CA(=Controlled Atmosphere)貯蔵：貯蔵庫の酸素、窒素、二酸化炭素濃度を調整することで貯蔵される青果物の呼吸を抑制して鮮度の低下をおさえる貯蔵設備

[25] MA（＝Modified Atmosphere）包装：メロン、完熟トマト、ヤマイモなどエチレンガスを多く出す農産物用のエチレンガス吸着用の特殊フィルム包装。野菜はエチレンガスの影響で成熟・老化しやすい

備薬になりうる。

そのためには、産官学のオールジャパンでスマート農業の開発と普及を後押しする一方で、農地の集積と大区画化、新規就農者の拡大策、スマート農業以外の農業技術など従来からの課題にも対処しながら、大型農業法人や単位農協がリスクを取ってスマート農業を率先して導入していくことが求められる。

以上

●参考文献

芦田　裕介（2016）「農業機械の社会学」昭和堂 2016.03

天野　英二郎（2014）「スマート農業の推進」調査と立法　第 359 号　2014.12

映像情報　編（2016）「スマート農業バイブル」産業開発機構 2016.10

小田　滋晃　他（2016）「「農企業」のアントレプレナーシップ」昭和堂 2016.12

川野　茉莉子（2016）「期待が集まるスマート農業の新展開」東レ経営研究所　経営センサー 2016.03

窪田　新之助（2017）「日本発「ロボット AI 農業」の凄い未来」講談社 2017.02

国土交通省、農林水産省（2014）「農林水産物・食品輸出の物流に係る課題と現状の補足」2014.02

国土交通省「航空機、無人航空機相互間の安全確保と調和に向けた検討会の中間とりまとめに関する報告等」2017.05

Syngenta 社　ホームページ

鈴木　真二（2017）「ドローンが拓く未来の空」化学同人社 2017.03

総務省（2014）「スマート・ジャパン ICT 戦略骨子」2014.06

総務省（2016）「ドローンの現状について」2016.02

David Schimmelpfennig and Robert Ebel「Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture」Journal of Agricultural and Resource Economics　2015.10

David Schimmelpfennig「Farm Profis and Adoption of Precision Agriculture」United States Department of Agriculture　2016.10

DuPont 社　ホームページ

東レリサーチセンター（2016）「農業技術革新　スマート農業」東レリサーチセンター2016.09

内閣府　ホームページ「みちびき（準天頂衛星システム）」

内閣府（2014）「農業情報創成・流通促進戦略」2014.06

内閣府（2016）「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）　次世代農林水産業創造技術　研究開発計画」2016.10

内閣府（2017）「SIP 生産システムコンソーシアム　マッチングフォーラム」資料 2017.03

南石　晃明（2016.02）「TPP 時代の稲作経営革新とスマート農業」養賢堂 2016.02

日経ビジネス編（2017）「稼げる農業」日経 BP 社 2017.05

21 世紀政策研究所　編（2017）「2025 年　日本の農業ビジネス」講談社 2017.03

農業情報学会　編（2014）「スマート農業」農林統計出版 2014.08

農林水産省（2011）「平成 22 年度農業白書」

農林水産省（2015）「農業機械をめぐる情勢」2015.05

農林水産省（2016）「人工知能や IoT によるスマート農業の加速化について」2016.11

農林水産省　ホームページ　「スマート農業の実現に向けた研究会」会議資料 2013.11～

八山　幸司（2016）「米国における農業とITに関する取り組みの現状」JETRO　2016.04

Farmlog 社　ホームページ

本田　伸彰（2012）「食品のトレーサビリティ制度」調査と情報　第 764 号 2012.12

三輪　泰史　他（2016）「IoT が拓く次世代農業　アグリカルチャー4.0 の時代」日刊工業新聞社 2016.10

Monsant 社　ホームページ

矢野経済研究所（2016）　プレスリリース資料「スマート農業に関する調査を実施」2016.11

以上

@@@　コラム：農業最前線　訪問記　@@@

株式会社ヤノ技研	矢野社長
兵庫県立農林水産技術総合センター	農産園芸部　（兵庫県　加西市）
兵庫県ハウストマト研究会	畠会長　（兵庫県　稲美町）
同	岡田農産　岡田社長（兵庫県　加西市）

スマート農業で園芸ハウスの環境制御を行えば、ハウス内の温度を一定に保つことができるが、一方でハウス内を加温するための暖房費の出費もかさむ。スマート農業と組み合わせた省エネの新技術を探していたところ、関西農業ワールド（2017 年 5 月）でエネバンクを見つけた。

エネバンク開発・製造のヤノ技研は、神戸に拠点を置くベンチャー企業。エネバンクを園芸ハウス内に設置することで､暖房費を 17～26%削減できることが実証されている。

【ヤノ技研　矢野社長】

・エネバンクは吸熱と放熱に優れた潜熱蓄熱材[26]であり、物質の相変化（固体⇔液体）に伴う潜熱[27]を利用する。エネバンクは昼間は太陽熱を吸収することでハウス内の温度上昇を抑制し、夜間は外気温低下に伴い昼間に蓄熱した太陽熱を放出することができ、

26 潜熱蓄熱材とは、冷熱・温熱を蓄えておける素材のことで、身近な例では保冷剤がある
27 熱をやり取りするときに相変化し、一定の温度においては、熱を加えても温度が上がらず、物質の状態が固体から液体、液体から気体に変化するが、このとき蓄えられる熱を潜熱という

暖房費を節約できる。

・エネバンクは電気などのエネルギーを使用しない蓄熱材で、耐久性のあるカプセルでどのような温室にも簡単に取り付け可能であり、15 年位使用できる。

・エネバンクは 2002 年に製品を市場化して以来、温室用途以外にもスペース効率の良いコンパクトな蓄熱性を活用して深夜電力利用の冷暖房システムや、太陽冷暖房給油システムなどにも多く利用されてきた。

・放熱を開始する温度はカプセル内の潜熱蓄熱材素材の配合割合により－20℃～+80℃まで 1℃刻みで自由に設定可能である。

・エネバンクを施設農業に使えば、省エネによる低コスト化と環境への低炭素化に貢献でき、夜間の加温による作物の生育促進効果よる収量増加や初物出荷も期待できる。

・今年度の終わりに量産体制の準備ができる。量産化すれば生産コストを 4 割近く下げられると考えている。価格を下げて、低エネルギー省エネの補助金（5 割補助）が適用されれば 4 年で償却できるであろう。

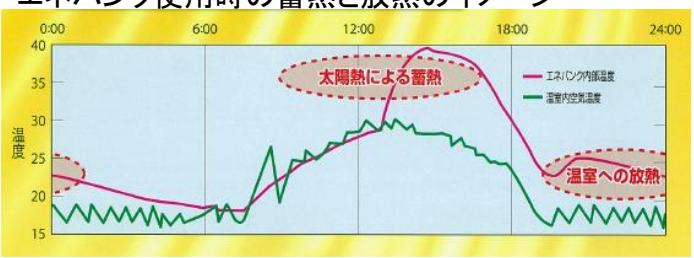
エネバンク
耐久力に優れた
ポリエチレン製の
塩化カルシウムが
主成分の蓄熱材
入りカプセル
（特許取得済み）

**1坪5枚を目安に
に温室内に配置**

**17～26%の暖房
費節減効果がある**

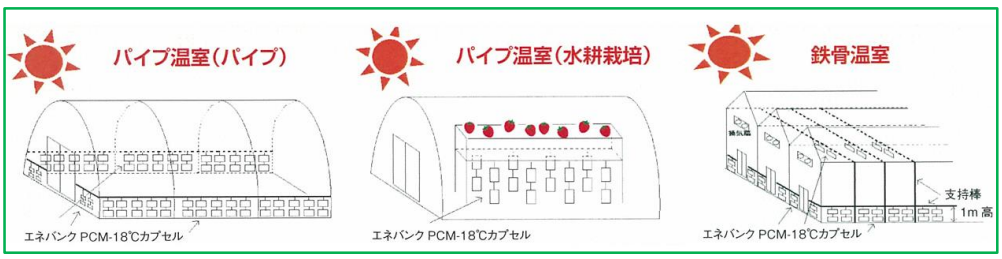
**農業用プラスチック
コンテナ入る大きさ**

エネバンク使用時の蓄熱と放熱のイメージ



エネバンク　カプセル内部のイメージ

矢野社長



【兵庫県立農林水産技術総合センター　農産園芸部　藤原様　青山様　渡邉様】

・エネバンクによる施設野菜の暖房費節減効果の実証実験状況を聞く。

・兵庫県加西市の岡田農産内の園芸用ビニールハウス、1 棟はエネバンクを設置、もう 1 棟はエネバンクを設置せず、両方を同一温度になるように夜間温風ボイラーで加温して燃料消費量を比較した。

・結果は、エネバンクを使用したハウスは期間中（1~4 月）の暖房費削減率が 16.9%であった。

・また農業技術センター内のガラスハウス（内張り 1 重被覆カーテン）でも実証実験を実施し、1 棟はエネバンク未設置、もう 1 棟はエネバンクのみ設置、もう 1 棟はエネバンクの他に被覆カーテンをつけて追加して内張り 2 重被覆とし、3 棟が同一温度になるように夜間電熱暖房機で加温して暖房器稼働の積算時間を比較して節減率を出した。

・結果はエネバンクのみ設置のガラスハウスが 26.4%、2 重被覆のガラスハウスは 55.7%とかなり大きい節減率であった。

・栽培期間が長い作物、高めの栽培温度を必要とする作物（花卉など）の方が暖房費の削減効果が大きいと思う。

【兵庫県ハウストマト研究会　畠会長】

・1500 ㎡（15a）の高軒高ハウス 2 棟を中心に 40a 近くのハウストマトを生産。

・園芸トマトの栽培は、収穫の手間が大きく作業量全体の半分近くを占める。私の圃場ではパート雇用者の手も借りながら毎日収穫している。

・出荷は 100%直売（道の駅や地元スーパー）、稲美町内や高砂市で指名買いをしていただける消費者多い。

・環境測定装置で主に地温とハウス内の気温を測定して、設定温度より低ければボイラーで加温するが、エネバンク導入で 2 割位は暖房費が減っている。減少分はコストカットに回さず、環境測定装置で確認しながら早朝加温に使っている。早朝加温をすることで光合成を高めて成長促進や病気になりにくいなどの効果があり、トマトの品質が向上。

・ハウスはフッ素樹脂フィルムで覆い、光を散乱させてハウス内に万遍無く届くよう梨地のフィルムを用いている。夏場の高温抑制効果もある。カーテンの使い方次第で季節によっては、暖房費が 2 割位違ってくる。

・当初はトマト畝の培土の温度だけでも高められれば良いと思って導入したが、培土の他にハウス内の気温の保温効果もあり、1 棟で試している。購入時の初期費用は高いが、ランニングコストは不要で、農作業の邪魔にはならなし、長持ちするので良い物だと思っている。

右上：兵庫県ハウストマト研究会　畠会長
2重被覆、環境測定装置、空調ファンとボイラーで制御された大型の高軒高ハウス

左上：ハウス内
ハウス内のトマトの畝の周囲やハウスの壁面にエネバンクを設置して温度調節

左下：ハウス内
ハウス内の空調ファン、トマト栽培の肥料液タンクとポンプ、2重被覆の制御装置

【岡田農産　岡田社長】

・260 ㎡のビニールハウス 10 棟でハウストマトを生産、年間 11 段のトマトが出来、多い日は 1 日に 1 トン近いトマトが収穫できる。家族と雇い人 2 名の計 5 名で生産、そのほかに近所の水田の耕作依頼もあり酒米も栽培している。

・道の駅に 1 割ほど出荷し、後は自分の直売所で販売、近隣や阪神から買いに来て売り切れる。

・エネバンクは誰が使っても燃料費の節減効果が出る。農作業の邪魔にならないので良い。

・園芸農家は温室内の暖かい空気を何とかして夜間まで維持したいと考える人が多い。エネバンクはその考えを一歩前に実現させてくれる農業用資材。

・トマトは暑くなってくると味が落ちるので 6 月末で栽培を中止する。またトマトだけ作っていると連作障害が起きるので、夏の間はハウスのビニールの覆いを取り去り、ハウス内を耕起して水を張り、ミニ水田にしてひえを播く。秋以降にトマト作りを再開する際にはミネラル分豊富な土壌に変わっていて、トマトの栄養にもなる。

・隣の小学校の生徒を圃場のハウスに招いて、トマトの観察や収穫、試食を体験することをかれこれ 10 年近く行っている。大事な食育の教育だし、トマトファンも増える。

・今年の冬にもう 1 棟のハウスにエネバンクを利用することを予定している。

左上：岡田農産　岡田社長
10棟のビニールハウスでトマトを栽培

右上：岡田農産ビニールハウス内
ハウスの側面にエネバンクを設置。兵庫県立農林水産技術総合センターの現地実証試験で16.9%の燃油削減率が報告されている

左下：兵庫県立農林水産技術総合センターハウス内
温度センサーとボイラーで空調温度制御可能な園芸ハウスにエネバンクを設置して実証実験

以上

国際公共政策研究センター
〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2-1-1 三井本館5階
TEL：03-6809-1601 / FAX：03-3242-5810
URL:http://www.cipps.org

Center for International Public Policy Studies
Mitsui Main Building 5th Floor 2-1-1, Nihonbashi Muromachi, Chuo-ku, Tokyo 103-0022
TEL：+81-3-6809-1601 / FAX：+81-3-3242-5810
URL:http://www.cipps.org