

## 研究史の視座からみたスマート農業の概念と技術革新

芳 賀 普 隆<sup>†</sup>  
石 田 聖<sup>††</sup>  
畑 岡 孝 哉<sup>†††</sup>  
下 岡 玲央奈<sup>††††</sup>

## Abstract

In today's human society, ICT (information and communication technology) and AI (artificial intelligence) technologies are making remarkable progress. Applying these technologies to human society is expected to bring about changes in the structure of society. In the field of agriculture as well, the once-pictured, near-future agricultural concept is gradually moving toward reality. There are many people who expect the possibility of smart-agriculture as a method to overcome the problems of Japanese agriculture (for example, lack of successors, labor saving, stable productivity, etc.). In particular, it gives an attractive impression in terms of technological innovation in agriculture. On the other hand, it should be noted that there are concerns as well as those expectations. This article gives an overview of the concept and history of "smart-agriculture" in Japan. On that basis, it is necessary to think about what technological innovation can bring in agriculture and how it can contribute to human society, centering on technological innovation, which is also attracting attention in smart-agriculture. This paper attempts to set up and examine several perspectives on how smart-agriculture should be in the future.

キーワード：研究史、スマート農業、技術革新、農学

**Key Words** : History on Studies, Smart-Agriculture, Innovation, Agricultural Science

---

† 長崎県立大学地域創造学部実践経済学科 講師  
†† 長崎県立大学地域創造学部公共政策学科 講師  
††† 長崎県立大学地域創造学部実践経済学科 4年生  
†††† 長崎県立大学地域創造学部実践経済学科 3年生

## I. 問題意識と背景——なぜ今、スマート農業なのか

今日の人間社会において、ICT（情報通信技術）やAI（人工知能）の技術は格段に進展しつつある。こうした技術を人間社会に応用することは、私たちの日常生活を含めた社会の仕組みまで変化をもたらすことが期待されている。農業分野において、ロボットがすべての農作業を行うことが当たり前の社会へと移行する。あるいは、電子端末ひとつで農家が家にいながら、農作業を遠隔操作で操ることが可能になる。例えば、大手農業機械メーカーが揃って遠隔操作可能な農業機械の開発に注力している。それゆえ、新聞やニュースなどのマスメディア、コマーシャルをはじめとした販売促進などの広告媒体を通じて、見聞する機会も多くなった。今後さらに、そうした機会はより身近なものへとなることが見込まれる。それゆえ、かつては絵に描いたような、近未来的な農業の構想が少しずつ現実たるものへと動き始めている。例えば、農林水産省では、2019年度より「スマート農業実証プロジェクト」を展開している。同プロジェクトは、スマート農業を社会実装するための実証段階として計画と実行が行われている。

スマート農業については、日本の農業が抱える課題（例えば、後継者不足、省力化、安定した生産性など）を克服する手法としての可能性を期待する声も多いであろう。特に、農業における技術革新の面では魅力的な印象を与えてくれる。一方、そうした期待だけでなく、懸念も存在することには留意すべきである。具体的な実証として、スマート農業は始動したばかりという状況にある。実証が進んでいく中で、課題や改善点、今後のスマートへの展望など、検討の余地は大いにあると考えられる。とりわけ、社会科学的な視点からの学術的な研究の必要があると思われる。

本稿では、わが国での「スマート農業」についての概念や歴史を概観する。その上で、スマート農業でも注目されている技術革新を軸に、農業における技術革新のもたらすもの、人間社会において農業が貢献したことを考察していく。それらをふまえ、スマート農業のあり方をいくつかの視座を設定し、検討を行うことにしたい。

---

1 「農」と「農業」は同一のものとして用いられることが多い。しかし、厳密に言うと、両者は異なるものである。しばしば混同される「農」と「農業」について、それらの考え方を確認しておく必要がある。農業史研究者の野田公夫氏によれば、農業は「農業という産業」の意味で「産業的自立をめざす」ことを示す言葉であるという。しかし、このように農業をとらえることには批判もある。自然にかかわり、生き物を相手にした営みとして環境や文化などを育むものを「農」で表すという。

（出所）野田公夫（2020）『未来を語る日本農業史』昭和堂、38頁。

## II. スマート農業とは——概念の整理

### 2-1. スマート農業とは

スマート農業とは何か。例えば、「スマート農業実証プロジェクト」を推進する立場である農林水産省では、以下のように定義づけている。「ロボット、AI、IoT (Internet of Things) など先端技術を活用する農業」をスマート農業としている。より明快なフレーズとして「農業」×「先端技術」＝「スマート農業」<sup>2)</sup>を打ち出している。一方で、スマート農業の定義はひとつに定まっているわけではない。農業経済学者である池上甲一(1952-)によると、スマート農業はICT(情報通信技術)とロボット、高度なデータ解析にもとづく高生産性高品質農業であるという(池上 2015: 5)。また、(農業情報学会 2014)ではやや専門的(情報工学、システム工学など)な視座より以下のように定義されている。

スマート農業とは「農業の生産から販売までの各分野がICTをベースとしたインテリジェンスなシステムで構成され、高い農業生産性やコスト削減、食の安全性や労働の安全等を実現させる農業である。それぞれのシステムが有機的に連携・統合化され、農業の最終目標である持続的農業や低投入農業を強く意識してシステムされた農業である」(農業情報学会2014)

これまでいくつか挙げた定義を考察する。農林水産省が公にしているものは、人々にとってスマート農業のイメージが容易である。その一方で、やや具体性に欠ける。農学分野からのいくつかは、専門的な知見によるもので具体的な言及もされている。ただ、人々にとっては専門用語などへの理解が進まない部分も存在する。このように農学分野でも細かな専門的視点によって、スマート農業の定義は相違がみられる。つまり、スマート農業についての定義は、組織あるいは個人によって見解がさまざまである。ゆえに、統一的に明確な定義がなされていない。

補論として、スマート農業の「スマート」について、言葉としての意味を確認しておきたい。スマート (smart) は、「①からだつきや物の形が細くすらりとして恰好がよいさま。②身なりや動作などが洗練されているさま。③装置・機器などが

2 農林水産省(2020)「スマート農業の展開について」(2020年8月)

URL: <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-161.pdf>

(最終閲覧日2021年5月18日)より引用。

情報処理機能を具えること。」<sup>3</sup>、「洗練されている。気の利いた。」<sup>4</sup>などの意味がある。さらに、英単語の **smart** は「頭や身なり、動きの切れがよい」<sup>5</sup>といった意味がある。このように、「スマート」のもつ意味さえも実にさまざまである。スマート農業における「スマート」とは、動作の切れがよく、洗練されていて俊敏に情報処理を行うことが中心的な意味であるといえよう。

このように、スマート農業についての定義および解釈はさまざまである。ただ、先述した農林水産省や農業情報学会による、それぞれの観点に基づく定義は、近年進展のある社会実装の面では肝要である。なぜなら、まずはスマート農業について社会で認知される必要がある。そのため、何よりも1人でも多くの人々に認識してもらうためには、一定の明確な定義を示すことが求められる。とりわけ、スマート農業についてどのような方向性やビジョンがあるのかを打ち出すことは、幅広い社会の周知において重要といえる。そして、農業に携わる各ステークホルダーにおいて、スマート農業の実現に向けた主体的な参画が行われていく段階へと進展させていく。

## 2-2. スマート農業の歴史——構想から実現へ

ここで、わが国の「スマート農業」の歴史を紐解くことにしたい。①言葉あるいは構想としての「スマート農業」、②「スマート農業」の実現に向けた動向の2点の視座よりみていく。

もとより、「スマート農業」がいわゆるようになったのはいつからなのだろうか。池上甲一によると、「スマート農業」という言葉が日本で登場したのは2011年であり、当時の経済産業省が公表したIT融合による新産業育成行動計画の一部として、「日経MJ（流通新聞）」で紹介されたという（池上 2015：7）。さらに、「スマート農業」へとつながるICTの活用やデータに基づく農業といった類似の用語として「精密農業」<sup>6</sup>、「IT農業」<sup>7</sup>が比較的早い段階にあったという（表1）。こうした農業とスマート農業の関係について（永木 2019）によると、スマート農業は“Data-Driven”を軸とした精密農業を発展させたものであるという（永木 2019：6）。

3 新村出編（2018）『広辞苑』第7版、岩波書店、1582頁。

4 学研辞典編集部（2015）『類語辞典』第2版、学研教育出版、785頁。

5 野村恵造編（2011）『コアレックス英和辞典』第2版、旺文社、1546頁。

6 精密農業が初出された『日本経済新聞』1988年3月27日朝刊では、精密な科学的分析の上に立った作物の栽培管理、家畜の飼育管理の農業という解説がある。

7 はじめてIT農業が掲載された『日本経済新聞』2000年7月1日夕刊によると、情報技術（IT）を駆使した農業であるという。当時、大学や民間企業における先端的な研究のいくつかも紹介がある。

すなわち、今日のスマート農業に至るまでの過程は精密農業に始まっている。そして、精密農業が発展することにより、従来の農業がスマート農業として、新たな局面を迎えたといえる。

表1 「スマート農業」関連の用語をめぐる変遷

精密農業	『日本経済新聞』1988年3月27日、朝刊に掲載。
IT農業	『日本経済新聞』2000年7月1日、夕刊に掲載。
スマート農業	『日経MJ（流通新聞）』2011年8月24日に掲載。

[出所] 池上甲一（2015）「スマート農業の生み出す世界——その得失をどう評価するか」『農業と経済』第81巻3号、7頁をもとに筆者作成。

「スマート農業」が言葉として初出してから、すでに10年近くを経た。そして注目すべきは、日本における「スマート農業」を経済産業省が新産業としてその可能性を検討していた点である。つまり、新たな産業として「スマート農業」を国としても早期での実現を目指していた。国でのこうした姿勢は、実現に向けた局面でも引き継がれていくことになる。国の機関としてスマート農業を農林水産省ではなく、経済産業省が関心を寄せていた点は留意しておくべきである。また歴史的にも、昭和末期の時点でも近未来的な農業を目指す言葉や構想が存在していた経緯は興味深い。こうした先駆的な構想をふまえ、今日では実現に向けた具体的な動きが始まっている。つまり、「スマート農業」という言葉や構想そのものはわが国でも比較的、早い段階で存在していた。しかし、具体的な動きに向けては技術面や社会的な関心の面より、さほど進展しなかったと考えられる。

その後、スマート農業の実現に向けた動きに関しては、先述のように、スマート農業は2019年より2年間の実証段階に入った。そうした過程においては、農林水産省をはじめとした国の動きに注目し、整理しておく必要がある。

まず、国としてスマート農業を議論する段階についてである。農林水産省は、スマート農業を日本の農業における新たな可能性への期待を込め、2013年11月に「スマート農業の実現に向けた研究会」を設立した。同研究会が創設された趣旨を以下に引用しつつ、どのような経緯でスマート農業の検討が進展したのかを考察する。

我が国農業の現場では、担い手の高齢化が急速に進み、労働力不足が深刻となっており、農作業における省力・軽労化を更に進めるとともに、新規就農者への栽培技術力の継承等が重要な課題となっています。他方、異業種では、ロボット技



術や人工衛星を活用したりリモートセンシング技術、クラウドシステムをはじめとしたICTの活用が進展しており、農業分野への活用が期待されています。このため、ロボット技術やICTを活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業（スマート農業）を実現するため、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップやこれら技術の農業現場への速やかな導入に必要な方策を検討する「スマート農業の実現に向けた研究会」を設置します。（農林水産省 HP「スマート農業の実現に向けた研究会」）

スマート農業の検討においては、わが国における少子高齢化の影響による、担い手の高齢化と不足に伴う農業分野の労働力不足という課題の解決に向けた重点がおかれている。加えて、農業分野についても、他産業における先端技術の利用の推進に後れをとることなく、積極的な活用を目指していることがうかがえる。すなわち、国としても農業分野における課題についてICTをはじめとした新技術で克服し、



図1 スマート農業の将来像

〔出所〕農林水産省（2014）「「スマート農業の実現に向けた研究会」 検討結果の中間とりまとめ」 URL： [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/pdf/cmatome.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf) より転載。

「スマート農業」を新たな農業として推進していくことを打ち出した。また、わが国におけるスマート農業については、他産業との競争意識から産業としての農業に重きが置かれているといえる。そして2014年、同研究会は「検討結果の中間とりまとめ」を公表した。この報告では、スマート農業について「①将来像（ロボット技術やICT導入による新たな農業の姿）、②ロードマップ（段階別の実現目標と実現のための取組）、③取組上の留意事項を概略的に整理し、今後、関係者一体となって必要な取組に着手するとともに、さらに具体的な検討を深化させていく」ことを明らかにした。とくに①将来像では、農業者をはじめとした各関係者にもスマート農業の目指す姿を5つ示した（図1）。

いずれの将来像にも、より具体的な実現のためにはロボット技術やICT技術の駆使を必要としている。さらに生産過程における省力化や品質の向上は、消費者にも影響することで、産業のひとつとして成長させていく戦略がうかがえる。

そして2018年には、より具体的なスマート農業の展開のために、国をあげた政策面において、動きを見せることになる。当時、安倍晋三首相が率いる自民党と、公明党を与党とした連立政権であり、今日に至る。同年5月9日に自民党が「スマート農業」の勉強会の初会合を実施した。同会の座長を務めた小泉進次郎筆頭副幹事長（当時）は、「日本のIT技術は農業分野には十分に取り入れられていない」と指摘した<sup>8</sup>。そうした動きも影響し、同年8月には、2019年度の組織・定員要求にスマート農業を推進するための生産現場への導入を促進する専用ポストを設ける方針を固めた。同時に、2019年夏までに計画をまとめる方針を打ち出した。つまり、農林水産省をはじめとした各関係省庁がスマート農業をどう推進していくかを模索しているさなか、国が政策として本腰を入れたことにより、スマート農業の実現に向けた動きが加速したといえる。なぜ、政策面でスマート農業が加速したのだろうか。こうした政策面では大まかに2つの潮流があると池上は指摘している<sup>9</sup>。ひとつは、農業情報（データ）に重点をおいた「農業IT戦略<sup>10</sup>」（2001年にとりまとめ）である。この点は、上述のように2011年に経済産業省がスマート農業を先駆けて検討していたことに通じる。もうひとつは「攻めの農林水産業<sup>11</sup>」を具現化する策

8 『日本経済新聞』2018年5月10日、第4面。

9 池上甲一（2019）「ICT/AI技術は農法たりえているか——農業技術と農法論の観点から」『農業と経済』第85巻、第3号、74頁。

10 農業IT戦略は、2000年設置の情報通信技術（IT）戦略本部IT戦略会議にて打ち出され、同年に成立した高度情報通信ネットワーク社会形成基本法と関連している。なお、同戦略は2013年に「世界最先端IT国家創造宣言」、2017年に「世界最先端IT国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」、2018年に「IT宣言・官民データ活用計画」という変遷を経た。だが、いずれも戦略の性格や目的などに大きな変化はない。

11 「攻めの農林水産業」とは、農林水産業を強くする「産業政策」と農林水産業の多面的機能の発揮を図

としてAIやロボットなどの機械化技術にやや傾斜している未来投資会議<sup>12</sup>（2016年に発足）である。つまり、スマート農業を推進する政策においては、情報技術や機械化技術の進展を重視しつつ、農業の成長産業化を目指す傾向がみられる。そのため、スマート農業において、実際に現場にかかわる生産者の立場が十分に考慮された政策であるとは言い難い。むしろ、情報産業や機械工業などの業界を取り込んだ政策といえる。さらに、スマート農業を推進している農業政策は、第2次安倍政権（2012年12月）以降において、産業競争力や規制改革、TPPへの参加などをふまえた政策になっており、「アベノミクス農政」ともいわれてきた<sup>13</sup>。スマート農業は、農業政策のみならず、ほかの産業政策（特に、情報技術産業や機械産業など）との兼ね合いで政策に盛り込まれた背景がある。

ここで、日本のスマート農業の流れを小括する。わが国におけるスマート農業は、実現に向けた動きとしては比較的最近のことで歴史的には浅い。しかし、構想およびスマート農業につながる農業が約30年前から検討され続けてきた経緯があり、スマート農業につながっている要素もある。そうした構想をふまえ、わが国でもスマート農業を実現させる動向が近年、高まりつつある。ただ、わが国のスマート農業は、産業としての農業を成長させること、国の政策として情報技術および機械化技術を優先させること、などに注力する傾向にある。そうした事情には農業分野における、かかわる技術革新の存在が重要な要素であることを意味している。技術革新についてスマート農業とのかかわりを中心にみていく。

### 2-3. スマート農業の学術的アプローチ

スマート農業をどう捉えるかにあたり、学術的アプローチを検討することも必要である。その手がかりのひとつとして、日本国内の学術論文を検索できるサイト「CiNii Articles」を利用した。「スマート農業」をキーワードに論文検索にかけると599件該当した（2021年8月23日）。掲載された論文のうち、古いものは2012年であった（2021年7月15日時点）。ここでは、2011年にスマート農業が言葉として登場したことを踏まえ、同サイトにおける論文件数の推移をまとめた（図2）。

---

る「地域政策」を両輪として取り組む政策のことである。農林水産省が同政策の推進本部として責任を持つという。詳細は、谷口信和「アベノミクス農政の全体像——財界主導型農政への転換」谷口信和編（2015）『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会、2-11頁参照。

12 2013年1月に発足した「産業競争力会議」と2015年に設置された「未来投資に向けた官民対話」が、2016年9月に統合されて「未来投資会議」になった。

13 第2次安倍政権における農業政策の過程や背景については、谷口信和編（2015）『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会に詳しい。



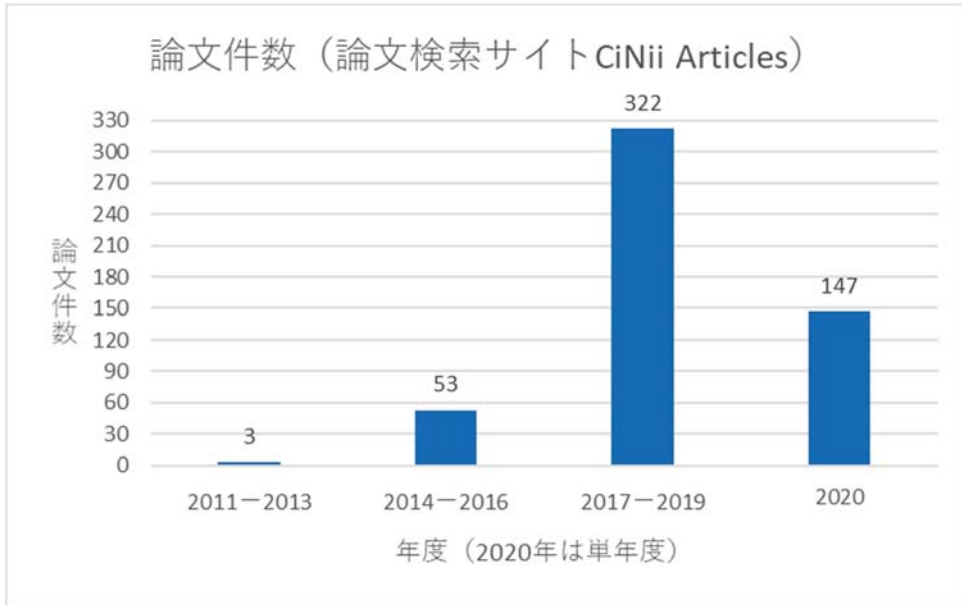


図2 論文件数の推移 (2011年から2020年)

[出所] 論文検索サイト CiNii Articles をもとに筆者作成。

「スマート農業」が言葉として登場した2011年以降、学術的な「スマート農業」へのアプローチが次第に注目されていったことがうかがえる。特に、実証に向けた動きがみられた2017年から2019年にかけて論文数も飛躍的に増えている。2020年度については、単年度にもかかわらず147件の論文が存在した。つまり、スマート農業にかかわる学術的な論文は着実に増えている状況にある。特に、スマート農業における技術開発や応用に関する研究が情報系、工学系などの分野で盛んである。もちろん、同サイトに収蔵されていない情報、あるいは、文献（特に関連する専門書）などの存在についても十分に考えられる。ただ、本稿ではそれらの情報と文献を網羅的に扱うことは筆者の能力を考慮して、行わないことをご容赦願いたい。本稿では、全体的な動きと、着目すべき点を踏まえた学術的動向の検討を行うにとどめた。

学術的な動向において、見逃せないひとつにスマート農業の定義の一例に取りあげた「農業情報学会」がある。同学会は2014年に『スマート農業——農業・農村のイノベーションとサステナビリティ』を出版し、学術的なスマート農業の研究書としては先駆的なものである。同書は、同学会の前身である農業情報利用研究会の設立25周年として出版された。構成としては全4章であり、第1章「スマート

農業の展開と方向」、第2章「農業農村の再生と方向」、第3章「スマート化技術」、第4章「分野別スマート農業」となっている。スマート農業の概念と目指す姿を整理した上で、技術面について分野別にそれぞれの専門家が解説している。さらに、同学会では2019年に『新スマート農業——進化する農業情報利用』が刊行され、学術的にもスマート農業の実現に向けた研究が加速している。

さらに、農業情報学会編（2019）では、スマート農業の実現に向けた課題として、①過信してはならない、②経済性を保証していない、③まだある農業者と行政、それぞれの取り組み課題を挙げている（農業情報学会編 2019）。①では、農業が動植物を相手にするために、それらが何を要求しているかをくみ取ることや外部環境の変動への対応など、農業技術は画一的ではなく、人間の適切な管理が欠かせない。②について、2017年に日本施設園芸協会の調査を事例に、人工光植物工場の6割弱が不採算経営であり、スマート農業イコール高収益ではない。ゆえに、「儲かる経営」を構築する必要がある。③においては、農業者側のICTリテラシー教育やスマート農業の技術がブラックボックス化しないための営農技術学習などがある。さらに行政側には、中立的で誰もが自由にアクセス可能なビッグデータ・プラットフォームの構築や各種ガイドラインの策定などが求められる。技術開発や実用化を専門とした学会が手掛ける学術書において、こうした指摘がされていることはわが国のスマート農業のあり方を検討するにあたり、示唆に富んでいる。

わが国におけるスマート農業に関する学術的な研究の現状として、技術開発や実用化などに注目がおかれている傾向にある。もちろん、日本の技術力については高度かつ精微な特性があり、スマート農業の進展のためには必要不可欠な部分もある。そのため、学術的にも技術面での研究が進展することは望ましい。一方、スマート農業は人間社会にかかわりをもっている。もっとも、農業のひとつとして人間の生存に不可欠な食糧（食料）<sup>14</sup>を生産し、人間社会を根底から支えている。さらに、人間社会における複雑な諸課題の解決に向けたひとつであるスマート農業について、単純に技術開発や実用化だけではカバーできない部分が出てくる。農業情報学会（2019）が指摘する課題からも、スマート農業が人間とかがかわるゆえに複雑なものであり、技術開発や実用化の側面だけではなく、社会科学分野からの検討も必要である。

14 本稿では、「食糧」と「食料」について両方の意味・定義を含むものとしている。なお、「食糧(provisions)」は、米や麦などの主食の意や、人数・日数に合わせた必要な分の食べ物の意であり、「食料 (supplies)」は、肉・野菜・果物・調味料など主食以外の食品の意である。詳細は、山口ら編（2013）『国語辞典』第11版、旺文社参照。

### Ⅲ. 農業の技術革新——スマート農業がもたらすもの

#### 3-1. 技術革新（innovation）の意味とその発生原理

近年は、AIやIoT技術が普及し、至る所で「技術革新」という言葉が使われている。この言葉を考えるにあたり経済学者であるシュムペーター（Schumpeter, J. A, 1883-1950）の『経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究（上）』は非常に参考になる。この著書の中で、「技術革新」と同値の意味で用いられる「イノベーション」という言葉が、「新結合」という言葉で翻訳されている。以下、（シュムペーター 1926=2021：183）<sup>15</sup>から引用する。

生産物および生産方法の変更とは、われわれの利用するいろいろな物や力の結合を変更することである。…また、新結合が非連続的にのみ現れることができ、また、事実そのように現われる限り、発展に特有な現象が成立するのである。

ここで述べられている「生産物および生産方法の変更」は、「新結合」のことである。さらに「新結合」は非連続的にのみ現れることから、既存のものとは全く違う新しい事象であることが読み取れる。つまり、「新結合」とは、新たな物の組み合わせ方のことを指し、その組み合わせは以前にはなかった全く新しいものである。また、同書で、「新結合」は、5つの発生原理に分類される（シュムペーター 同上書：183）。

- 一 新しい財貨、すなわち消費者の間でまだ知られていない財貨、あるいは品質の財貨の生産。
- 二 新しい生産方法、すなわち当該産業部門において實際上未知な生産方法の導入。
- 三 新しい販路開拓、すなわち当該国の当該産業部門が従来参加していなかった市場の開拓。
- 四 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得。

15 Schumpeter, J.A.,の原著である *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, は原著第1版は1912年に刊行され、1926年に第2版（2. Aufl）が出版されている。なお本稿では、〈邦訳〉J.A. シュムペーター（著）、Joseph A. Schumpeter（原著）、塩野谷 祐一、東畑 精一、中山 伊知郎（訳）『シュムペーター 経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究（上）』岩波書店。の冒頭の記載に沿い、第2版を参考文献の原典として挙げている。また、上記の邦訳は1977年に第1刷が刊行されているが、本稿では2021年の第37刷を用いているため、参考文献においてもそのように記載した。

## 五 新しい組織の実現、すなわち独占的地位（たとえばトラスト化による）の形成あるいは独占の打破。

そのうち、スマート農業は2番目に相当すると考える。人が鋤をついて畑を耕す時代から馬・牛へと畑を耕す主体が変化し、今や無人のトラクターが畑を耕す時代である。このように、生産方法が今までにない全く新しいものへと変化している。また、同書で「新結合」の発生に関する記述があるので、再び引用する。

経済における革新は、新しい欲望がまず消費者の間に自発的に現われ、その圧力によって生産機構の方向が変えられるというふうに行われるのではなく、…むしろ新しい欲望が生産の側から消費者に教え込まれ、したがってイニシアティブは生産の側にあるというふうにおこなわれるのがつねである（シュムペーター 同上書：181）。

このことから、「新結合」は、消費者側の需要によって発生するのではなく、生産者側から生まれることがわかる。生産者は常に現場と向き合い、収穫量を増やすための創意・工夫をおこなっている。このような創意・工夫が重なることによって革新的な生産方法が生まれるのである。

### 3-2. 農業での技術——BC技術とM技術

土地係数は、土地面積/付加価値額によって定義されているが、現在の農業の土地係数は製造業の576倍（生源寺 2013）。同額の付加価値を生産するのに製造業の500倍以上の土地を使用していることを意味している。この土地係数を小さく抑え、土地面積を効率的に利用するには、土地当たりの生産物をいかに多く生産するか、限られた農業従事者のもとで、どれほどの広さの土地を耕すことができるか、つまり農業における労働生産性の向上という2つの側面から考える必要がある。（速水・神門 2002）によると、農業の労働生産性は、以下の式によって導かれる。

$$\frac{Y}{L} = \frac{Y}{A} * \frac{A}{L}$$

ただし、Y：生産物 A：土地面積 L：労働力（投入量）

$$\frac{Y}{L} = \text{農業の労働生産性}$$

$$\frac{Y}{A} = \text{土地面積当たりの農産物（土地生産性）}$$

$$\frac{A}{Y} = \text{労働力当たりの土地面積（土地装備率）}$$

上式から、労働生産性は土地生産性と土地装備率の二つの要素で決まる。そのうち、BC(Biological and Chemical)技術とは、土地生産に関する技術であり品種、栽培方法がこれに該当する技術である。また、M (Mechanical) 技術とは、土地装備率に関する技術で、耕耘機、トラクターのような農業機械がこれに該当する。なお、農業の技術に関するBC技術とM技術の区別は、アメリカの農業経済学者E. O.ヘディが先駆的である<sup>16</sup>。

BC技術に関する技術革新の歴史的背景は、戦後の食糧不足が一つきっかけとなった。組織的な研究開発により、品種改良がすすみ、高収量品種の作出に成功した。それから、日本の食文化の変化、労働環境の変化が起こり、BC技術より労働節約型M技術への期待が高まった。

そのM技術の技術革新の歩みについては、1960年以前は、畜力（馬・牛）が土地装備率に関する技術の重要な要素であったが、1960年以後は、耕耘機、トラクターのような農業機械にとって代わった。

BC・M技術は以上のような変遷を辿って発展を遂げてきた。いずれの技術革新も3-1.で説明した原理に基づいて行われている。今日では、デジタル技術という新たな生産手段が生まれ、それが既存の技術と新たな結合をすることで、BC・M技術の更なる発展が期待されている。これは、冒頭で述べた土地係数を小さくする革新的な技術になりうる。

### 3-3. スマート農業がもたらすもの——技術革新の可能性

現代の農業は3-2.での土地係数の問題に加え、高齢農業者の離農が原因となって、残りの少数の農業従事者によって、これまでの農地を営農していかなければならない問題を抱えている。営農規模の拡大とともに広域に分散した圃場(ほじょう)を効率よく管理する必要が生まれ、以前の経験則に頼った生産管理では困難になってきている。また、経営・生産を担う人材や後継者の育成も課題である。

スマート農業は、このような課題に新しい風穴を開けようとしている。ICTを活用することにより経営や生産の可視化を進め、以前の経験則に頼った農業者の技術

16 Earl O. Heady, 'Basic Economic and Welfare Aspects of Farm Technological Advance', *Journal of Farm Economics*, Vol. 31, No. 2, Oxford University Press, pp. 293-316を参照されたい。



や経営ノウハウをデータ化、マニュアル化し、人材確保・育成の形成に役立てることが期待されている。また、自動走行の田植え機等の新たなM技術の発展により、農業者の労力を軽減し労働生産性を高める効果が期待される。

ICTを農業の分野に取り込み安定した食料生産を達成するためには、気象情報や土壌情報、作物生育情報、生産履歴情報および農作業情報等のデータが必要不可欠である。ただ、そのような農業に関する情報はそれぞれ独立した運営主体により運営されているため、情報の一元的管理を進め、使用者の利便性を高める試みが必要である。そこで、2019年4月より農研機構を運営主体として、データの一元的管理を可能にするプラットフォームWAGRIの運営が開始された。また、2019年度に農林水産省から「スマート農業技術を実際に生産現場に導入し、技術実証を行うとともに、技術の導入による経営への効果を明らかにする」ことを目的としたスマート農業実証プロジェクトが始まった。そのプロジェクトでは、M技術を主とするスマート農業（トラクター、田植え機、ドローン等）による水田作の実証成果の中間報告が発表された。特に目を見張る効果が慣行からの労働削減率が30%であったことであった（農林水産省他 2020）。M技術の発展に支えられ、新規就農者でも熟練者並みの精度・時間で作業を遂行できるようになったことが大きな要因であった。

また、同じく同省の中間報告では、露地栽培での収益改善を図る農業法人の事例が紹介されている。こうした法人が抱える課題は、経営規模の拡大により圃場が分散したため、経営管理の効率化であった。そのような課題に対し、農業者がパソコンやスマホを用いて、圃場や農作業などの営農に関する情報を記録・集計・出力できる営農支援ツールであるICT技術を導入した。これにより、広範囲にわたる圃場を度々往復することなく、管理状況を把握できるようになった結果、露地栽培に関して、例えば、施設園芸（ピーマン）の事例の場合、慣行区と比較して、実証区は統合環境制御装置や極細霧発生装置等の導入により、高温期の飽差管理（光合成を促進するための温度管理・湿度管理）が改善し、特に、秋と春の増収によって収量は21%増加した、という。また露地野菜（すいか）の事例の場合、全体の労働時間は10a（アール）当たり41%削減する可能性があることが分かった（農林水産省他 2021）。

以上、これまで見てきた事例からICTを用いることにより、どちらも労働生産性を高めており、さらに作物の生産性も向上していることが共通している。そのため、スマート農業が今後の農業界を席卷していく可能性が高い。しかし、すべての問題にICTが応用できるというわけでもなく、それぞれの生産者側からの創意・

工夫が大切になってくる。そこから、ICTを生産技術体系の一つの選択肢として活用し、それぞれの課題に向き合うことが必要である。また、ICTは最先端であるだけに、先導役となる指導者を必要とする。まだ、ICTが生産技術体系の選択肢に入っていない生産者にどう普及・啓蒙していくことは今後の課題として考えるべきである。

## IV. 人間社会における農業の貢献

### 4-1. 人間社会の発展を担った農業

まず何よりも農業は、今日でもなお、人間にとっての食糧（食料）を生産する基盤としてきわめて重要である。地理学者のルース・ドフリース（Ruth DeFries, 1956-）は、人間社会における食べ物の存在意義を以下のように考察している。

なにをやるにしても、人間にとっての究極のエネルギー源は食べ物だ。石炭やガスは機械を動かすための燃料となるが、食べものがなければなにも始まらない。都市、交易、料理、言語、偉大な芸術作品、交響曲、小説、劇場、それ以外にもヒトという種の存在の証となるようなものはいっさい存在していないだろう。狩猟採集者が口にした野生植物も、都市生活者が買う箱入りシリアルも、あらゆる食料はこれまでも、そしてこれからもつねに文明を動かすエンジンでありつづけるだろう。（Ruth DeFries 2014=2016：20）

つまり、人間社会の原動力は食べ物であり、人間社会を取り巻く技術や社会が変化してもそうした本質は変わらない。一概に食べ物といっても、生鮮食品や加工食品など幅広い。人間が食べているほとんどの食べ物について、原料となる農林水産物を供給しているのは農業（水産業、林業なども含む）である。農業は食糧（食料）生産を通じて、人間社会の発展のための原動力として揺るがない存在であるといえよう。

さらに、人間社会の発展段階においても、農業が果たした役割は大きい。経済学において、人間社会の発展段階を分析した代表的な研究のひとつにW.W.ロストウ（1916-2003）『経済成長の諸段階——一つの非共産党宣言』がある。ロストウによると、すべての社会は、その経済的状况では、伝統的社会、離陸のための先行条件期、離陸（テイクオフ）、成熟への前進、高度大衆消費時代、5つの段階のいずれかの範疇にあるという（W.W. Rostow 1960=1961、木村ら訳：7）。なお、伝

統的社会的状況において、社会や経済が静止しているわけではないことは留意しておく必要がある。ロストウは、伝統的社会的社会でも時として技術革新が生じて生産性の向上がみられたものの、その水準に上限があり、そうした上限は近代科学および技術における潜在的可能性が当時は利用できる形でなかったこと、ないしは規則的かつ組織的な応用には至らなかったこと、以上の事実によってもたらされたという（W.W. Rostow前掲書：8）。つまり、伝統的社会的社会においても社会や経済の変化は生じており、そうした変化が社会全体としての普及までには及ばなかった。そのため、社会全体として新たな局面へと変化が生じることによって、人間社会の発展がもたらされるという。

ロストウが論じた5つの諸段階は、それぞれにおいて重要な指摘をしている。本

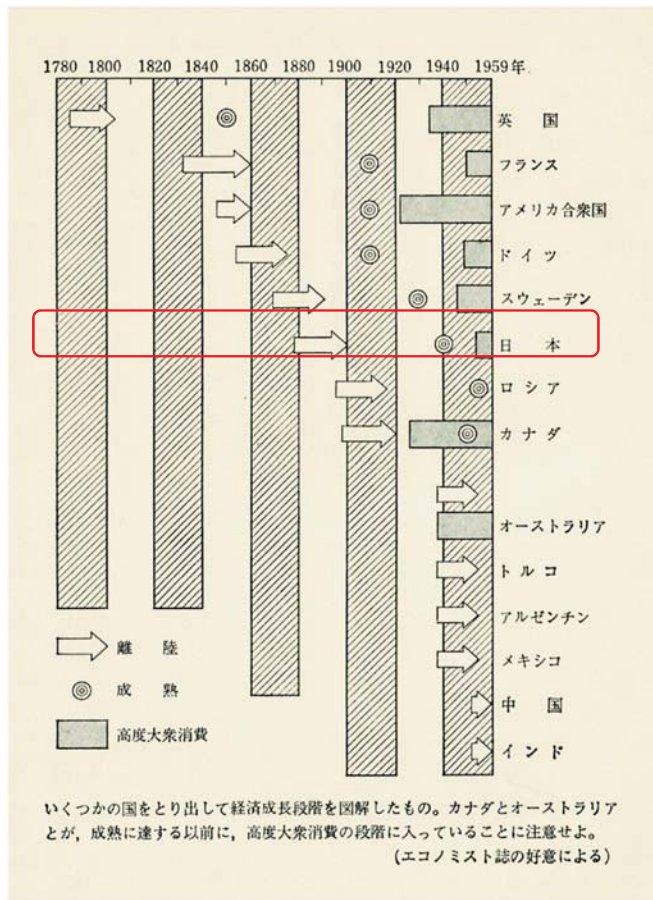


図3 主要国における経済成長の諸段階

[出所] Walt Whitman Rostow 1960=1974、木村・久保・村上訳『増補・経済成長の諸段階—一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社、29頁より一部加筆の上で転載。

節の論点である人間社会の発展段階を担った農業をみていくにあたり、5つの段階のなかでも、とくに離陸期が焦点となる。離陸期とは、着実な成長に対する古い妨害物や抵抗が最終的に克服された期間であり、新たな変化が社会全体を支配し、成長が社会の正常な状態となる期間であるという（W.W. Rostow 前掲書：12）。すなわち、人間社会全体として、新たな段階への発展に向けた準備が整った段階である。日本の離陸期は、1880年代から1900年初頭にかけてである（図3）。

さらに、ロストウは日本における社会発展の諸段階についても分析しており、「日本の離陸を可能にしたものは、それに先行しかつ離陸時にもつづいていた一連の農業発展の継起であった<sup>17</sup>」と考察している。では、そうした農業発展にかかわる動向にはどのようなものがあったのだろうか。彼の指摘するところでは、①供給面での増大する人口や加速する都市化、外国為替の獲得のための農産物の供給、②需要面として農村地域の生産性向上が、日本国内の工業に対して市場を拡大し、国内工業に刺激をもたらした、③資本供給における封建地代の現金化する諸制度と、その現金が政府を通じて近代部門（工業）へと再投資され、近代化に向けた資本の源泉となったこと、の3つがある。

より詳細な考察として農学者の生源寺眞一は、③について、農産物またはその加工品の輸出と、農業が生んだ余剰（あるいは、従来から蓄積してきたもの）を新たな産業への投資に振り向けることの2つを指摘する（生源寺 2013：56-58）。前者は、日本の1880年代初頭における生糸や茶の海外輸出が具体的である。後者については、1873年の地租改正がその役割を果たした。農業史研究者の野田公夫（1948-）によると、地租改正が資本主義へ“離陸”出来る条件（①安定した流通システム、②潤沢な資本、③多数の労働者）を整えるものであったという（野田 2020：66）。なかでも②については、明治政府の初年度予算の約8割が地租であったことから、初期投資のために農業における土地への課税が必要不可欠であったことを示している。すなわち、農業部門は土地への課税を通じて、ロストウのいう伝統的社会でのそれまでの蓄積を、新たな産業（明治期の殖産興業）の初期投資へと移行させたのである。つまり、人間社会の発展段階において、ロストウのいう「離陸期」にあたる日本の明治期には、農業が歴史上での近代化を大きく支えたのである。

農業は人間社会における食糧（食料）生産の基盤を担うことで人間社会を支えるとともに、さらなる社会の発展段階においても、新たな社会の段階へと牽引する重要な要素であった。

17 Walt Whitman Rostow 1960=1974、木村・久保・村上訳『増補・経済成長の諸段階——一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社、87頁。

#### 4-2. 農業の成長について——技術革新による貢献

前節では、農業が人間社会にどのように影響してきたかを、食糧（食料）生産の基盤と、社会の新たな発展段階のそれぞれにおける原動力であることをみてきた。ところで、農業自体が成長することもまた、歴史的に人間社会の発展を牽引してきた。つまり、農業の成長、そして成長の要因を確認しておく必要がある。生源寺によれば、農業分野における成長をいくつかの要因に分解することで、技術革新の寄与を数量的に把握する研究アプローチは、米国の経済学者ロバート・ソロー（Robert Solow, 1924-）<sup>18</sup>による先駆的な経済成長の要因分析を契機に、次第に主流になったという（生源寺 前掲書：111）。つまり、人間社会の発展を経済成長という指標で捉えるに際して、農業における技術革新の貢献を数量的に考察する分野が発展したといえる。ここで、ソローの代表的な研究成果をみってみる。1957年に米国の学術雑誌である“*The Review of Economics and Statistics*”で公表された研究成果は当時、画期的であった。内容は、経済成長の要因を明らかにするとともに、そうした要因の経済成長への寄与を計量的に分析したものである。ソローは、経済成長の要因を技術革新による産出量当たりの変化と利用可能な資本（資本の蓄積）の変化に分けられると示した（Robert M. Solow 1957：312）。さらに具体的な実証として、米国の非農業部門における1909年から1949年の40年間、それぞれの要因の寄与について考察が行われた。得られた結果において注目したいのは、国民総生産<sup>19</sup>が40年間で2倍になった要因として、87.5%が技術革新によるもの、12.5%が資本の利用によるものだと示されたことである。つまり、ソローが経済成長の要因として分析した技術革新と利用可能な資本では、技術革新が経済成長に寄与した面が大きいことが明らかとなった。

そして、農業の成長についても技術革新による産出量当たりの変化と利用可能な資本（資本の蓄積）の変化を考察できる。前者は、品種改良や農業機械（器具も含む）の高度化である。先述したBC技術やM技術において、技術革新が起こることによって産出量当たりの変化に影響している。後者は、土地や農業用機械（設備）の蓄積が相当する。土地は、農業において必要不可欠な生産要素である。よって、土地を

18 経済学者の本間祥介氏によると、ソロー氏の研究業績については『経済成長理論への一寄与』（*Quarterly Journal of Economics*, 1956）、『技術の変化と集計的生産関数』（*Review of Economics and Statistics*, 1957）、『投資と技術進歩』（in K. Arrow et al. eds., *Mathematical Methods in the Social Sciences*, 1959）に代表されるという。詳細は、経済学史学会編（2000）『経済思想史辞典』丸善参照。

19 国民総生産（GNP）とは、国民概念に基づく集計生産物概念であり、国内総生産に海外からの要素所得を加え、海外への要素所得を控除したものである。かつて（1990年代頃まで）はよく用いられていたものの、現在では所得概念である国民総所得（GNI）に取って代わられている。詳細は、金森久雄・荒憲治郎・森口親司【編】（2013）『有斐閣 経済学辞典』（第5版）、有斐閣参照。



農業に適した状態に維持するための農業機械や設備など、農業を行う基盤となるインフラストラクチャー<sup>20</sup>の累積である。わが国でも先述した農業の成長について、理論的かつ計量的な優れた研究がある。代表的なものとしては、速水佑次郎（1932-2012）と山口三十四（1943-）の研究がある。ここでは、そうした研究に基づく農業の成長に関する詳細を部分的ではあるものの、みていくことにする。

速水の研究は、本格的な農業経済論の展開において特定の視座から農業経済を捉え、その断面図を描くことにあり、特定の視角として国際的比較と歴史的比較の2点を軸に現代日本農業の位置づけを明らかにした<sup>21</sup>。わが国における農業の成長についての研究のひとつに、速水氏は農業における労働生産力に着目した分析を行っている。先行して第2章で示した労働生産力（ $Y/L$ ）と同様に、土地生産性（ $Y/A$ ）と土地装備率（ $A/L$ ）を要素として考える。すると、以下の恒等式が成立する。ここで、 $Y$ は農業の総産出、 $L$ は有業者数、 $A$ は農用地面積を表している<sup>22</sup>。

$$\frac{Y}{L} = \frac{A}{L} \frac{Y}{A}$$

つまり、農業の労働生産力を向上させるためには土地生産性と土地装備率のいずれか、あるいは両方に依存していることが考察できる。このことをふまえた国際的比較として、相対的に労働よりも土地が豊富な国では土地装備率（ $A/L$ ）による労働生産力（ $Y/L$ ）の増大、労働よりも土地が相対的に希少な国においては土地生産性（ $Y/A$ ）による労働生産力（ $Y/L$ ）の増大が傾向としてみられた（速水・神門 2002：86）。そして、それぞれの状況下において、土地生産性（ $Y/A$ ）と土地装備率（ $A/L$ ）が全体として農業の労働生産力（ $Y/L$ ）を向上させるためには技術的な要因がかかわってくる。先述のとおり、農業における技術的な要因にはBC技術とM技術の2つがある。土地生産性（ $Y/A$ ）の上昇は、肥料などの土地への代替的な投入の増加による土地節約的・肥料利用的な技術革新、すなわち、BC技術の向上が欠かせない。一方で、土地装備率（ $A/L$ ）を上昇させるには、農業機械など労働の代替的な資本の装備率を増加させることを通じた労働節約的・機械利用的な技術革新、つまり、M技術の向上が必要とされる。なお、機械の装備を単純に増やせばよいわけではなく、機械自体の技術革新も求められる。以上のような農業における労働生産力の要素にかかわる技術的要因をもとに、日本の農業を成長可能なものにした特徴

20 産業や社会生活の基盤となる施設。道路・鉄道・港湾・ダムなど産業基盤の社会資本、および学校・病院・公園・社会福祉施設等の生活関連の社会資本など。インフラ。詳細は、新村出編（2018）『広辞苑』第7版、岩波書店、234頁参照。

21 Hayami and Ruttan（1985）や速水・神門（2002）などの著作が代表的である。

22 速水・神門（2002）『農業経済論 新版』岩波書店、82頁。

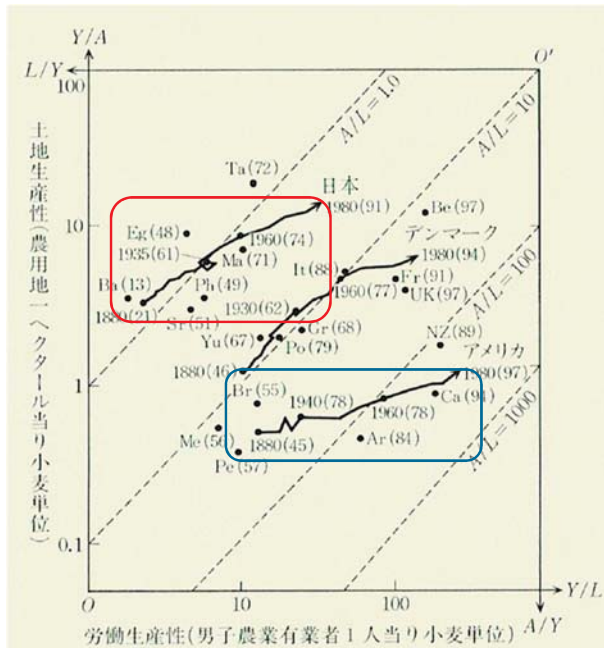


図4 各国における農業の成長過程

[出所] 速水・神門（2002）「農業成長と食料問題の克服」『農業経済論 新版』岩波書店、90頁より一部加筆の上で転載。

を主に米国と比較しつつ、考察が行われた。さらに（速水・神門 2002）によると、比較可能な期間（1880年から1980年）では、農業における総産出の平均成長率はともに1.6%であったという（速水・神門 2002：91）。ところが、日本と米国では農業の成長過程における要素が、ずいぶんと対照的である（図4）。

こうした背景として、日本では不利な土地・労働比率において高い土地生産性を、米国は有利な土地・労働比率のもとで世界最高水準の土地装備率をそれぞれ実現してきたためである。そして、日本での土地生産性と米国の土地装備率はいずれも技術革新が大きく貢献してきたといえる。両国での技術革新の格差はほとんどみられなかったものの、技術革新の性格が異なっていたのである。日本では高い土地生産性を目指すための土地節約的・肥料利用的な技術革新（BC技術）、米国では高度な土地装備率を目的とした労働節約的・機械利用的な技術革新（M技術）がそれぞれの中心であった。すなわち、日本の農業における労働生産力は、土地生産性の向上およびかわる技術革新が大きく貢献してきたのである。

つづいて、山口の研究では、歴史と抽象的な成長理論、農業と非農業、人口と経済の3つの分野について、従来はそれぞれ個別で展開してきた研究の関連づけが行

われた。スマート農業を軸に技術革新をみてきたこともあり、山口の日本経済についての分析のひとつである技術進歩<sup>23</sup>がもたらす労働者人口との関係性についての考察は興味深い。山口（1982）では、経済全体を農業部門と非農業部門に分割し、

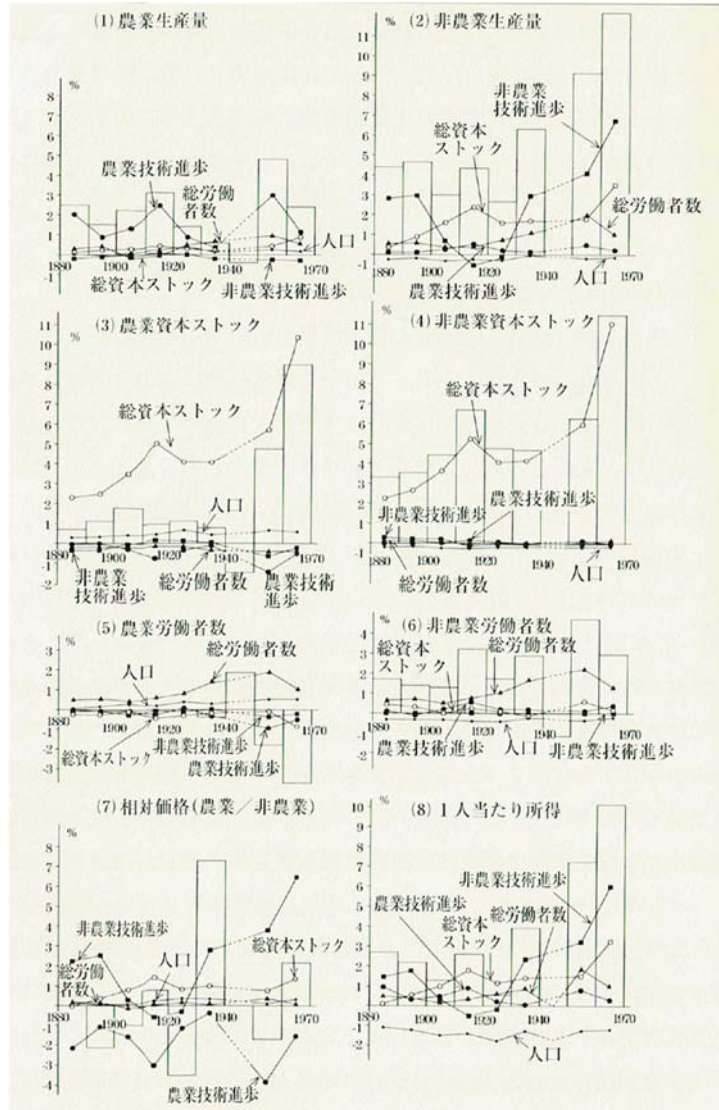


図5 5つの外生変数による8つの内生変数への寄与

[出所] 山口・衣笠・中川（2020）『新しい農業経済論〔新版〕—マクロ・ミクロ経済学とその応用』有斐閣、78頁より転載。（山口 1982）による分析・考察と同じものである。本稿では、掲載における鮮明さを考慮し、（山口・衣笠・中川 2020）を参照した。

<sup>23</sup> 技術革新と技術進歩が混在しているが、本稿において技術進歩は技術革新のひとつに含む意味として解釈している。山口氏の考察では、「技術進歩」を用いており、そのまま表記している。

両者にかかわる要素を変数として設定したモデルを仮定した。そうしたモデルにおいて、変数を外生変数と内生変数<sup>24</sup>に分別した上で、外生変数が内生変数にもたらす影響を分析している。（山口 前掲書）では、複雑化しないように外生変数を、農業技術進歩、非農業技術進歩、総労働量、総資本ストック、人口の5つに絞っている。そして内生変数を、農業生産量、非農業生産量、農業資本ストック、非農業資本ストック、農業労働者数、非農業労働者数、相対価格（農業／非農業）、1人当たり所得の8つを設定している。そうした条件設定のもとで、内生変数への外生変数の影響とそれらの関係性の分析を行っている（図5）。

以上の分析を通じた考察として、技術進歩（外生変数の農業技術進歩、非農業技術進歩）と労働力人口（内生変数である農業労働者数、非農業労働者数）の関係性に着目する（図5における（5）と（6）の項目）。まず、農業労働者数における農業技術進歩と非農業技術進歩による影響である。農業労働者数は、農業部門の技術進歩によって非農業部門へと労働力人口を押し出す傾向（プッシュ効果）が強い。このことは、農業技術進歩が労働生産力を低減し、非農業労働力を生み出すからである。そして、非農業技術進歩は農業労働者数を非農業部門へと労働力人口を移動させる傾向（プル効果）がある。非農業技術進歩によって非農業部門での雇用が生じ、労働者はより高賃金な労働を求める傾向があるためである。一方で、非農業労働者数においては農業技術進歩によって農業部門から労働者人口が移動してくる。さらに、非農業技術進歩が農業部門からの労働力人口を引っ張るために、非農業労働者数での農業技術進歩と非農業技術進歩の影響は、農業労働者数の変動に対応したものとなっている。以上のような相互作用を、山口氏は「技術進歩の非対称性」と捉えており、その後も研究対象としての分析と考察が重ねられている<sup>25</sup>。さらに（山口ら 2020）によると、経済成長において、農業部門が縮小している経験的な現象の要因のひとつとして、技術進歩の非対称性があるという（山口・衣笠・中川 2020：79）下図は、技術進歩の非対称性について、図式化したものである（図6）。

技術進歩と労働力人口についての山口の分析より、農業部門においては技術進歩によって、農業労働者が非農業部門へと移動し、非農業部門の労働生産力へと貢献する。非農業部門では、技術進歩が農業部門の労働者人口を引き出す。つまり、農業の成長について労働力人口の視座からの考察においては、技術進歩による農業の

24 外生変数と内生変数について、経済学視点より説明を加えておく。外生変数は経済分析における対象ではなく、あらかじめ与えられた変数である。そして内生変数は、経済分析での対象として、そのモデルの中で決定する変数である。

25 例えば、山口（1994 a）や山口（1994 b）、山口・衣笠・中川（2020）がある。

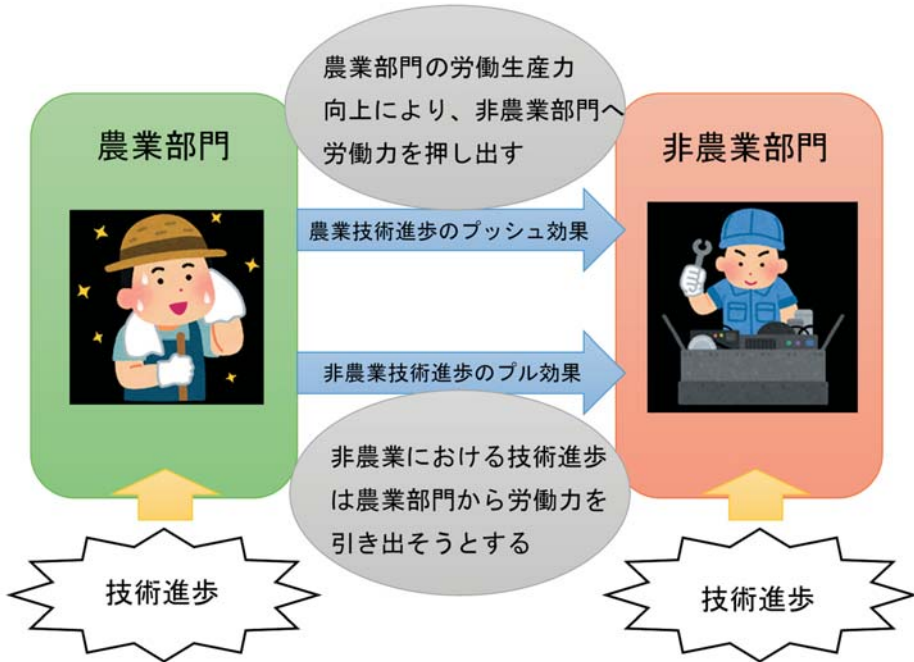


図6 技術進歩の非対称性

[出所] 山口三十四 (1982)『日本経済の成長会計分析—人口・農業・経済発展』有斐閣、121-125頁をもとに筆者作成。

成長が非農業の成長にも寄与していることが明らかになった。

#### 4-3. 人間社会における農業の重要性

農業は食糧（食料）生産の基層、人間社会の発展に向けた準備段階、さらには技術革新によって生産性の向上による農業の成長などを通じた人間社会への貢献において、なくてはならない存在であった。こうした農業の存在感を生源寺は、「農業が経済の成長および発展を支えた縁の下の力持ちであった」と表現している<sup>26</sup>。例えば、日本の近代化（明治期）においては、西欧に倣った手工業などが人間社会や経済成長に大きく貢献したと思われがちである。だが、そうした原動力を担ったのが農業であり、さらに農業の成長が近代化を牽引したのである。さらに、農業の成長については技術革新が要因としてかかわっている。そして、農業が成長することは、他の部門における新たな段階へとつながることになる。

人間社会では農業それ自体、あるいは農業の新たな段階への発展へと、農業にか

26 生源寺眞一 (2013)『農業と人間—食と農の未来を考える』岩波書店、111頁。



かわる技術革新がそれぞれ重要な役割を果たしてきた。スマート農業でも、そうした役割を果たす可能性がある。

## V. スマート農業のあり方

### 5-1. はじめに——検討の方向性

日本のスマート農業は、少子高齢化を前提とした担い手不足と労働力不足などを見据え、それらの諸課題を解決する糸口として期待されている面もある。とくに、スマート農業がもたらす省力的、かつ効率的な動作は、人間社会の発展において魅力的にさえ感じてしまう。一方で、スマート農業を期待される面だけで受け入れることはいささか尚早である。スマート農業が万能薬であるという保証はなく、留意しながら向き合うものではないだろうか。そこで、①スマート農業における「産業化」への問い、②農業の特性とは、2点の視座よりスマート農業のあり方を検討していくことにしたい。前者については、2-2. から明らかになったように産業としてのスマート農業が色濃い政策である。政策として、単純にスマート農業を産業化することによって、わが国の農業における課題の克服や安定した食糧（食料）の生産などにつながるのか懐疑的である。また後者は、農業について、他の産業にはない特性を有しているためである。先述のように、IV. では農業が人間社会にどのように貢献してきたかをみてきた。とくに、日本の場合は土地の規模についての地理的な制約により、土地生産性の向上を目指す技術革新に重点がおかれてきた経緯がある。つまり、どれほど最先端な農業であっても自然の存在を忘れてはならないのである。

### 5-2. スマート農業における「産業化」への問い

スマート農業の「産業化」については、先述のようにわが国の政策としてもひとつの指針である。ところで、「産業化」を前提にしたスマート農業は望ましいものなのであろうか。本節では、スマート農業の「産業化」を問うことでスマート農業のあり方を検討することにつながる。

まずは、「産業化」とは何であるか。実のところ、一般的に明確な定義づけがされているわけではない。日本人の間でもっとも広く知られている辞書である『広辞苑』において、「産業化」の辞書的意味として記載がない<sup>27</sup>。つまり、「産業化」は

27 岩波書店より2018年に刊行された『広辞苑 第7版』を参照にした。

多くの人々にとって馴染みのある言葉であるにもかかわらず、その意味が一般的な定義（ここでは、辞書による定義）として明確には存在していない。それゆえ、「産業化」そのものについての再考が必要となる。

そこで、「産業化」を再考するにあたり、社会学者のブルーマー(Herbert Blumer, 1900-87)の『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』が示唆に富んでいる。彼は、同書を通じて社会変動の原因としての産業化の役割を批判的に分析する立場をとっている<sup>28</sup>。産業化によって社会そのものが変容したという理解は人々にとって普遍的な考えかもしれない。だが、ブルーマーは産業化の概念の多義性をふまえ、「産業化と他の諸過程との混同」を指摘している<sup>29</sup>。つまり、産業化が人間社会の変化とあたかも同一のようであるとみなされることが多いという。本節では、産業化が人間社会の他の諸過程と混同していることを念頭に、スマート農業における産業化への問いかけをしていく。「産業化と他の諸過程との混同」についてより具体的にみていくと、「1 産業化と経済成長」、「2 産業化と技術発展」、「3 産業化と産業発展」、「4 産業化と都市化」、「5 産業化と近代化」が混同の例として挙げられる。確かに、いずれの混同についても私たちは何気なく理解し、考え方として用いている。わが国のスマート農業では、産業化を目指す上で、さらなる技術革新や経済成長を念頭においている。そのため、「1 産業化と経済成長」「2 産業化と技術発展」の観点より、スマート農業の産業化を問うことにする。

「1 産業化と経済成長」では、一般的に産業化が経済成長の一形態であるとし、両者が同じではないことをブルーマーは論じている<sup>30</sup>。そして、産業化と経済成長の関係について、以下のような考察を行っている。

（再び、経済成長の基準に照らして）産業化が経済成長なしに生ずるかもしれないと言ってもよい。産業化されることになると、国あるいは地域はその経済的幸福をより悪化させるかもしれない。すなわち、その1人当たりの収入は低下し、そして、その経済的製品の供給は減少するかもしれない(Herbert Blumer 1990=1995: 46)。

すなわち、産業化が経済成長に寄与する側面もある一方で、逆に経済成長の低下

28 Herbert Blumer 1990=1995、片桐ら訳『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』勁草書房、25頁。

29 Herbert Blumer 前掲書、45-46頁。

30 Herbert Blumer 前掲書、46頁。

につながる可能性も否定できないのである。この点において、スマート農業が産業化されることでわが国の経済成長に寄与するという、絶対的な断言はできない。さらに、経済成長は非常に多様かつ複雑であり、その要因に具体的なシンボルを確定させることが困難であるという<sup>31</sup>。スマート農業の産業化について、それらが今後のわが国における経済成長の表面的なシンボルになることは懸念すべきである。すでに確認したように、農業分野は経済成長においては農業それ自体、あるいは農業における技術革新などが貢献してきた。ただ、そうした農業分野がすべてにおいて産業化されたわけではなく、産業化の性質をもたない事例が経済成長に寄与したこともある。

産業化と経済成長を混同することは、それぞれをより曖昧なものにしてしまう。そして、産業化が経済成長をもたらすという理解は表面的なものに過ぎないのである。スマート農業においても、単純に産業化することで経済成長につながるという理解ではなく、もっと本質的な意義を検討していく余地がある。

「2 産業化と技術発展」について、ブルーマーは研究者の間でも産業化が技術発展のひとつの形態として捉える傾向を指摘し、産業化が必ずしも技術発展のみに帰結しないという<sup>32</sup>。スマート農業においても、同様のことが考えられる。確かに、スマート農業の産業化では技術発展は重要な要素のひとつである。しかし、技術発展以外にもスマート農業では、省力化による農業者の雇用形態や関連する法律の整備などに影響を与える可能性がある。つまり、産業化は社会的にも幅広い影響があり、技術発展だけにとどまらない。さらに、産業の技術的変動のもつ社会的意義が、直接的に社会に影響することよりも、産業のパターンにどう影響するかを理解する必要があると指摘する<sup>33</sup>。確かに、私たちは魅力ある技術的変動と出会ったとき、それらが社会的にどのような変化をもたらすのかを考えがちである。ゆえに、産業における技術的変動が産業のパターンにどう影響するかの考察が看過されている。スマート農業でも、技術的な変動がやがては社会的な変化へとつながり、農業の新たな段階への飛躍が期待されている面もある。しかし、スマート農業の技術的変動がもたらす農業への影響について、冷静な見解もある。梅本（2019）によると、スマート農業の技術そのものが技術体系の変革や農法転換を意味するものではないことに留意する必要があるといい、例えば自動運転によるトラクターや田植機による作業では、従来と比べてそうした作業の本質が根本的に変わるものではないと指

31 Herbert Blumer 前掲書、47頁。

32 Herbert Blumer 前掲書、48頁。

33 Herbert Blumer 前掲書、49頁。



図7 自動運転トラクター（株式会社クボタ）

[出所] 株式会社クボタホームページ、(URL：[https://www.kubota.co.jp/news/2017/17-23\\_j.html](https://www.kubota.co.jp/news/2017/17-23_j.html), 最終閲覧日2021年7月21日)より転載。

摘している（梅本 2019：218）。

すなわち、スマート農業においても技術的変動が直ちに社会的な変化に帰結することに期待しがちであるものの、泰然と農業への影響を考察することでスマート農業の技術的変動が社会的に大きな変化をもたらすわけではない。

本節では、スマート農業の「産業化」を問うために、社会学者のブルーマー氏の産業化に対する批評の一部を紐解くとともに、スマート農業での「産業化」について検討してきた。スマート農業では、現在進行中の政策において成長産業化やAI・ICT分野の技術開発とその向上などに焦点がおかれがちである。政策面では、政策の実効性や具現性を考慮し、スマート農業を誰もが理解しやすい、かつ魅力的なものであることを打ち出すことの必要性は否定できない。しかし、それらを産業化として単純に内包することは曖昧さや誤謬を生じることを留意しておくべきである。

### 5-3. 農業の特性とは——自然とかかわる農業

まず、農業とは何であるかを問うことにしたい。農学者の柏祐賢（かしわ すけかた、1907-2007）は『農学原論』において、農業とは「有機的生命体の経済的な獲得という人間の目的的な営為の秩序あるいは体系<sup>34</sup>」であると見解している。注

34 柏祐賢（1974）『農学原論』第8版、養賢堂、125頁。

目すべきは、有機生命体に人間がかかわるという本質である。つまり、人間が自然とかかわることによって、人間が恩恵を享受する営みが農業といえる。そこで本節では、自然にかかわるという視点から、農業の特性について、いくつかの思想をもとに考察を深めていく。

哲学者のハイデガー（Martin Heidegger, 1889-1976）は、技術への問い<sup>35</sup>において、ドイツ語の耕すこと〔bestellen〕はかつて、世話すること、あるいは面倒をみることの意味であったことをふまえ、農業は人間が自然を見守るという立場を示した<sup>36</sup>。そのうえで、今日の農業は、自然をかり立てる別の種類のベシュテレン〔Bestellen〕、すなわち挑発するという意味で自然をかり立てるものになってしまったという。つまり、今日では農業が人間中心的になっていることを鋭く考察している。自然を基盤として、必要に応じて人間が自然の手入れを行うことこそが元来の農業であると主張した。

つづいて、経済学とかかわる農業の考え方を取りあげる。アダム・スミス（Adam Smith, 1723-90）と並んで、経済学の先駆的な存在であるフランソワ・ケネー（François Quesnay, 1694-1774）は、主著『経済表』において農業こそが富の源泉であると主張した。

同書では、経済活動における生産的支出と不生産的支出に区別したモデルを用い



フランソワ・ケネー（François Quesnay, 1694-1774）

35 本論文で参照している森一郎の邦訳書は、1985年にネスケ社から出版された『講演と論文』（Martin Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*, Neske, 1985）における技術に関する部分である。なお、『講演と論文』は1954年に刊行された。

36 Martin Heidegger 1954=2019、森一郎編訳『技術とは何だろうか——三つの講演』講談社、113頁。



て、経済の先駆的な理論を構築した。以下に、ケネーの記述を引用しておく（傍点は原文ママ）。

生産的支出は、農家、草原、牧野、森林、鉱山、漁業などに用いられ、その目的としては、穀物、飲料、木材、家畜、手工加工品の原料などのかたちで、富を永續させるものである。

不生産的支出は、手工業商品、居宅、衣装、金利、奴婢、商業経費、外国産製品などのかたちでなされる<sup>37</sup> (François Quesnay, 1759=2013, 平田・井上訳：37)。

前者に含まれる農業は、自然と人間が共同でかかわって新たな富が生産される。一方で、後者の工業や商業などは農業などのように新たな富を生産しないという。なぜなら、工業や商業は農業で生産されたものを加工、販売した財・サービスに過ぎないためである。そして、それらは人々に消費されることで、生産と消費で相殺するために新たな富を生まない。また、農業を富の源泉と考えることは、土地もまた富の源泉であることを明快に論じた。こうしたケネーの思想は重農主義として知られている。すなわち、農業は自然と人間がかかわることで自然の生産した分だけ、新たな富が創出されるという。そうした富の創出には、土地が基盤である。農業における要素としての土地は、他の産業（ケネーの考える不生産的なもの）よりも、きわめて重要である特性を有している。ケネーは、経済に自然の果たす役割を明確にした理論を構築したのである。そのうえで、農業が自然と人間の共同で行われることをふまえ、ほかの工業や商業とは異なる特性（＝新たな富の生産）をもっていると理論づけたのである。

さらには「農本主義」という思想がある。農業史研究者である藤原辰史(1976-)は、農学者の横井時敬(よこい ときよし、1860-1927)が日本ではじめて「農本主義」という言葉を用いたという<sup>38</sup> (藤原 2021：107)。「農本主義」は字面のとおり、農は一国の本として基盤であると解釈されている。社会学者の菅野正は、農本主義について、ひとつの思想として確立され、完結しているものではなく、各人

37 なお、ケネーの *Tableau économique* (「経済表」)の初版は1758年12月に印刷されたといわれているが、この「生産的支出」及び「不生産的支出」は、ケネーの経済表第三版(1759年秋から冬にかけて第二版よりも数多く印刷されたといわれる)の「経済表の説明」において言及されている。そのため、本文及び脚注、参考文献では1759年を出版年として記載している。(Quesnay, F., (1759)., *Tableau économique*, (邦訳)ケネー(著)、平田清明・井上泰夫訳(2013)『ケネー 経済表』岩波書店、37頁及び293頁参照。)

38 横井時敬の農本主義思想については、藤原辰史(2021)『農の原理の史的研究——「農学栄えて農業亡ぶ」再考』創元社に詳しい。

がそれぞれ重点のおき方を異にしているという（菅野 1996：4）。つまり、個人によって農本主義の捉え方はさまざまである。しかし、農業を重んじるという根底の思想はおおよそ共通しているのではないだろうか。そこで、菅野が指摘している農本主義における4つの共通項を整理しておく。

第一に、農は国の本であり、土台であるという考え方である。菅野は、何人かの思想<sup>39</sup>を列挙しつつ、それぞれ重点が異なっても農は国の本であり、土台という思想はおおよそ一致すると見解している。

そして第二に、農を通じて自然とともに生き、自然に帰るのが人間本来の生き方とする思想である。自然という超越的な存在（超人間的な論理性と化育性）に対して、自然のもつ窮極的な価値を見出すことで、人間の生活の目的を自然と一体化させることを目指すものである。

第三には、大地を耕して額に汗する勤労こそが、人間の一番美しい生き方であり、人間的価値の根源とする価値観<sup>40</sup>である。この思想は、近現代の資本主義に基づく生産の合理性に対立するものである。農業における労働を単なる生産としてではなく、労働それ自体が人間的価値の根源である。人間が汗水を垂らして土を耕すことは、人間の「心を耕すこと」である。農業労働は勤労であり、人間の生き方の本質なのである。

第四に、農本主義の本質として、家族主義的小農経営を前提とし、それを維持、あるいは強化するための思想として成立し展開してきたというものである。家族は、農本主義思想と深くかかわりがあるという。家族について、農本主義者であった橘孝三郎（1893-1974）は「人間の人間たるゆえんである人道的結合の形成母体であるとともに、人間の生活体の基礎である<sup>41</sup>」と主張している。すなわち、農本主義が農業の単なる擁護論として展開されてきたわけではない。農業の本来的な経営形態として、家族主義的小農経営であることが国の本であるとし、そのためには家族が重要な要素であった。

さて、農本主義について根底にある思想の考察からは、農業を国、あるいは人間社会と自然のかかわりにおける基盤としていることが明らかとなった。農本主義は、農業を重んじる根底は共通しており、それらを何と関係づけて思想を深めていったかのところでさまざまな解釈がなされたといえよう。

39 菅野は、同論文において品川弥二郎氏、加藤完治氏の三者それぞれの思想について細やかな考察を行っている。

40 菅野によると、こうした思想をもっとも示しているのが橘孝三郎であるという。

41 菅野正（1996）「農本主義について考える」『村落社会研究』第3巻、第1号、6頁。

以上のように、ハイデガーの農業観、ケネーの重農主義、農本主義を挙げつつ、いくつかの視座から、農業がもつ特性をみてきた。いずれも、自然とかかわることによってもたらされる農業の持ち味を重要視している。つまり、農業は人間と自然がかかわりをもつものといえる。このことは、他の産業にはあまりみられない農業ならではの特性である。そのため、こうした農業の特性を考慮することはスマート農業においても看過することはできない。

#### 5-4. スマート農業のあり方

本章における、①スマート農業における「産業化」への問い、②農業の特性とは、という2つの論点をふまえ、本稿の論題かつ真髄となるスマート農業のあり方を論じていく。①自然とかかわることを肝に銘じておく必要性、②スマート農業は、農業分野の諸課題を解決する万能薬ではないこと、③技術がもたらす魅力に信奉することなく、農業の本質と目的を見失わないこと、以上の3つをスマート農業のあり方として結論づける。

まずは「自然とかかわることを肝に銘じておく必要性」である。今後も農業が自然とかかわりを有することはおおよそ不変である。一方で、スマート農業では先端技術の駆使により、より人間中心的な農業へと進む懸念がある。無論、人間中心的な考え方は私たちも含めて今日の社会で息づいている面もある。しかし、人間中心的な面が行き過ぎてしまうことは、自然の摂理との矛盾をもちたらす。そして、自然の摂理を軽視して人間中心的な考え方を追求するなかで、自然は人間に対して牙をむいてきたことは歴史においても数多なる史実がある。ハイデガーやケネーの農業観、農本主義といった思想をふまえると、農業はそれ自身だけではなく、自然と共にあってこそ成立するといえる。

つづいて「スマート農業は、農業分野の諸課題を解決する万能薬ではないこと」である。特に、スマート農業のもたらす魅力的な面が日本農業にとって有望なものとして強調されていることへの懸念がある。確かに、わが国の農業を取り巻く現状は依然と厳しい。「令和元年度 食料・農業・農村白書」によると、前回(2015年)の食料・農業・農村基本計画の策定以降、生産農業所得の増加、農林水産物・食品における7年連続の輸出額の最高値の更新、49歳以下の新規就農者数の2万人の水準を維持したこと、これらを成果として挙げている。しかし、本格的な少子高齢化・人口減少を背景とした、農地面積や農業就業者数が減少し続けており、生産現場は厳しい状況であるという(農林水産省 編 2020:8)。そのため、政策として課題の解決に向けた打開策が求められるなかでスマート農業はひとつの可能性とし

て脚光を浴びているといえる。ところで、政策としてスマート農業が「産業化」の名目で加速することによって、日本農業の現状への万能薬になるという誤解は避けるべきである。

そして最後に、「技術がもたらす魅力に信奉することなく、農業の本質と目的を見失わないこと」である。ここで、スマート農業につながる精密農業が初出した頃に農業にかかわる技術革新の将来性を洞察した興味深いものを紹介する。

バイオテクノロジーやメカトロニクスなどの先端技術は、あくまでこれら諸技術の開発のための手法にすぎない。手法ばかりをふりまわし、それにおどらされて、目的を見失っては、「バイテク栄えて農業衰う」という事態を招きかねない（楠淵 1987：4）。

上述の見解は、当時の農業研究センター所長であった楠淵欽也によるものである。歴史の中でも、新たな技術は魅力的なものとして多くの人々を引きつけた。しかし、冷静かつ客観的に捉えると、それらは手法のひとつである。新たな技術を農業へと応用するに際して、仮に技術ばかりが先行して農業の本質と目的が置き去りにされる状況は、まさに本末転倒である。農業の技術革新にかかわる将来に向けて、こうした展望があったことは、スマート農業においても通じるものであり、訓戒のひとつといえよう。スマート農業が「バイテク栄えて農業衰う」という状況に陥らないためにも、技術的な魅力と手法に信奉せず、農業が人間社会にとってどのような目的と意義があるかを問い続ける必要がある。そのためには、技術革新が何をもたらすのかを検討し、農業が人間社会にとってどのような存在であり、役割を担っているのか（あるいは、担ってきたのか）を再考していくことが私たちに求められる。

## VI. 今後の展望——スマート農業が描く未来

今後の展望として、スマート農業の未来を<sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup>考え続けることの意義をもって本稿のむすびとしたい。

本稿の全体像を今一度、確認しておく。まずは、スマート農業の概念や歴史について概観した。そのうえで、スマート農業で注目される技術革新とは何か、そして農業が人間社会にもたらす影響と技術革新のかかわりを考察した。それらをふまえ、スマート農業のあり方について、いくつかの視点から検討を試みた。これまで

の考察を鑑みると、今後も多角的な分野から、スマート農業の未来を考え続けることが肝要ではないか。スマート農業によって未来の社会、とりわけ未来の農業をどのようなものにしたいのか、こうした構想をひとつのユートピアとして描いておくことは、期待されるスマート農業が実現のためにも大きな原動力になる。もちろん、ユートピアを語るだけでは現実から乖離した状況を生じかねない。さらに、ユートピアが実現する確固たる保証は断言できない。だからこそ、スマート農業が描く未来のユートピアを抱きつつも、スマート農業について考え続けることが必要となる。スマート農業にかかわる農業者をはじめとした関係者はもちろん、私たちも無縁ではない。人々の日常生活に必要不可欠な食べ物は誰しもにとって身近である。農業が人間社会や経済などにもたらしてきた影響は歴史的にも意義深いものであった。それゆえ、スマート農業が描く未来像としてのユートピアは社会全体であらゆる人々が考えていく姿勢が大事といえる。

そして、考え続けることについて少しばかり補足を行いたい。今日の人間社会は、さまざまな危機や課題に直面している。いな、それらから目を背けることはもはやできない状況である。容易に解決できない危機や課題があるからこそ、私たちが考え続けることには大きな意義がある。さらに、考え続けることを1人でも多くの人々と「対話」を通じて共有していくのである。本稿のテーマであるスマート農業における日本の動きについても、こうした動きが活発になることを期待するとともに、本稿がその一助になれば幸いである。

#### 参考文献・参考URL

##### (和文)

- 池上甲一(2015)「スマート農業の生み出す世界——その得失をどう評価するか」『農業と経済』第81巻第3号、2015年、5-18頁。
- 池上甲一(2019)「ICT/AI技術は農法たりえているか——農業技術と農法論の観点から」『農業と経済』第85巻第3号、72-86頁。
- 植田和弘・大塚直(2015)『新訂 環境と社会』放送大学教育振興会。
- 梅本雅(2019)「日本農業における技術革新——経過と展望」『農業経済研究』第91巻第2号、207-220頁。
- 柏祐賢(1974)『農学原論』(第8版)、養賢堂。
- 菅野正(1996)「農本主義について考える」『村落社会研究』第3巻第1号、1-8頁。
- 櫛淵欽也(1987)「農業技術革新への道」『農業技術』第42巻第1号、1-4頁。
- 生源寺眞一(2013)『農業と人間——食と農の未来を考える』岩波書店。
- 谷口信和編(2015)『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会。
- 農業情報学会編(2014)『スマート農業——農業・農村のイノベーションとサステナビリティ』農林統計出版。



- 農業情報学会編（2019）『新スマート農業——進化する農業情報利用』農林統計出版。  
野田公夫（2020）『未来を語る日本農業史』昭和堂。  
速水佑次郎・神門善久（2002）『農業経済論 新版』岩波書店。  
藤原辰史（2021）『農の原理の史的研究——「農学栄えて農業亡ぶ」再考』創元社。  
山口三十四（1982）『日本経済の成長会計分析——人口・農業・経済発展』有斐閣。  
山口三十四（1994 a）『産業構造の変化と農業——人口と農業と経済発展』有斐閣。  
山口三十四（1994 b）『新しい農業経済論』有斐閣。  
山口三十四，衣笠智子，中川雅嗣著（2020）『新しい農業経済論〔新版〕マクロ・ミクロ経済学とその応用』有斐閣。

（邦訳）

- Blumer, H., Maines, D.R., and Morrione, T.J., (ed.), (1990), *Industrialization as an Agent of Social Change*, Walter de Gruyter, Inc., New York. (〈邦訳〉ハーバート ブルーマー (著), デヴィッド・R. メインズ (編集), トマス・J. モリオーネ (編集), 片桐 雅隆, 土肥 豊, 上田 裕, 野田 浩資, 山田 重樹 (翻訳) (1995)『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』勁草書房。)
- DeFries. R., (2014), *The Big Ratchet: How Humanity Thrives in the Face of Natural Crisis*, Basic Books (〈邦訳〉ルース・ドフリース (著), 小川 敏子 (翻訳) (2021)『食糧と人類——飢餓を克服した大増産の文明史』日経BP、日本経済新聞出版本部。)
- Heidegger, M., (1954), *Die Frage nach der Technik* in, Martin Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*, Neske, 1985. (〈邦訳〉マルティン・ハイデガー (著), 森 一郎 (編集, 翻訳) (2019)『技術とは何だろうか——三つの講演』(第1刷発行) 講談社。)
- Quesnay, F., (1759), *Tableau économique*, (〈邦訳〉ケネー (著), 平田清明・井上泰夫訳 (2013)『ケネー 経済表』(第1刷発行), 岩波書店。)
- Rostow. W.W., (1960), *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*, Cambridge University Press, (〈邦訳〉W.W.ロストウ (著), 木村 健康 (翻訳), 久保 まち子 (翻訳), 村上 泰亮 (翻訳) (1974)『増補・経済成長の諸段階——一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社。)
- Schumpeter, J.A., (1926), *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, 2. Aufl., (〈邦訳〉J.A. シュムペーター (著), Joseph A. Schumpeter (原著), 塩野谷 祐一, 東畑 精一, 中山 伊知郎 (訳) (2021)『シュムペーター 経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究 (上)』(第37刷発行), 岩波書店。)

（欧文）

- Hayami, Y. and Ruttan, V.W., (1985), *AGRICULTURAL DEVELOPMENT: An International Perspective*, revised edition, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Earl O. Heady, 'Basic Economic and Welfare Aspects of Farm Technological Advance', *Journal of Farm Economics*, Vol. 31, No. 2, Oxford University Press, pp. 293-316.
- Solow, R.M. (1957), 'Technical Change and the Aggregate Production', *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3, The MIT Press.

（URL）

農林水産省HP「スマート農業の実現に向けた研究会」

URL : [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/index.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/index.html)

(最終閲覧日 2021年5月21日)

農林水産省 (2014) 「スマート農業の実現に向けた研究会」 検討結果の中間とりまとめ (平成26年3月28日公表)

URL : [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/pdf/cmatome.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月21日)

農林水産省 編 (2020) 「令和元年度 食料・農業・農村白書」 (令和2年6月16日公表)

URL : [http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/r1/attach/pdf/zenbun-2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r1/attach/pdf/zenbun-2.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

農林水産省 (2020) 「スマート農業の展開について」 (2020年8月)

URL : [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/pdf/smart\\_agri\\_tenkai.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/pdf/smart_agri_tenkai.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月18日)

農林水産省、農業・食品産業技術総合研究機構 (2020) 「スマート農業実証プロジェクトによる水田作の実証成果 (中間報告)」 (令和2年10月)、農林水産省 (MAFF)、農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO)

URL : [https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart\\_agri\\_pro/pdf/jissho\\_data/r1/chukan\\_houkoku\\_suidensaku.pdf](https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/pdf/jissho_data/r1/chukan_houkoku_suidensaku.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

農林水産省、農業・食品産業技術総合研究機構 (2021) 「スマート農業実証プロジェクトによる実証成果 (中間報告) 【畑作、露地野菜、施設園芸、果樹、地域作物等】」 (令和3年3月)、農林水産省 (MAFF)、農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO)

URL : [https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart\\_agri\\_pro/pdf/jissho\\_data/r1/chukan\\_houkoku\\_suidensakuigai.pdf](https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/pdf/jissho_data/r1/chukan_houkoku_suidensakuigai.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

## 付記

本稿は、2020年度から始まった、教員及び学生有志の勉強会である長崎県立大学古典勉強会の議論の中で出てきたトピックが農業や技術、交通、都市、エネルギー、まちづくりなど、個々の参加者の問題関心ともつながっていった。それで、「スマートシティ」「スマート農業」関連の本や論文、最新の研究動向についても読んで議論しようということで、2020年8月~10月にかけて実施したのが長崎県立大学 スマートシティ勉強会である。本稿は、スマートシティ勉強会の成果の一部である。



## I. 問題意識と背景——なぜ今、スマート農業なのか

今日の人間社会において、ICT（情報通信技術）やAI（人工知能）の技術は格段に進展しつつある。こうした技術を人間社会に応用することは、私たちの日常生活を含めた社会の仕組みまで変化をもたらすことが期待されている。農業分野において、ロボットがすべての農作業を行うことが当たり前の社会へと移行する。あるいは、電子端末ひとつで農家が家にいながら、農作業を遠隔操作で操ることが可能になる。例えば、大手農業機械メーカーが揃って遠隔操作可能な農業機械の開発に注力している。それゆえ、新聞やニュースなどのマスメディア、コマーシャルをはじめとした販売促進などの広告媒体を通じて、見聞する機会も多くなった。今後さらに、そうした機会はより身近なものへとなることが見込まれる。それゆえ、かつては絵に描いたような、近未来的な農業の構想が少しずつ現実たるものへと動き始めている。例えば、農林水産省では、2019年度より「スマート農業実証プロジェクト」を展開している。同プロジェクトは、スマート農業を社会実装するための実証段階として計画と実行が行われている。

スマート農業については、日本の農業が抱える課題（例えば、後継者不足、省力化、安定した生産性など）を克服する手法としての可能性を期待する声も多いであろう。特に、農業における技術革新の面では魅力的な印象を与えてくれる。一方、そうした期待だけでなく、懸念も存在することには留意すべきである。具体的な実証として、スマート農業は始動したばかりという状況にある。実証が進んでいく中で、課題や改善点、今後のスマートへの展望など、検討の余地は大いにあると考えられる。とりわけ、社会科学的な視点からの学術的な研究の必要があると思われる。

本稿では、わが国での「スマート農業」についての概念や歴史を概観する。その上で、スマート農業でも注目されている技術革新を軸に、農業における技術革新のもたらすもの、人間社会において農業が貢献したことを考察していく。それらをふまえ、スマート農業のあり方をいくつかの視座を設定し、検討を行うことにしたい。

---

1 「農」と「農業」は同一のものとして用いられることが多い。しかし、厳密に言うと、両者は異なるものである。しばしば混同される「農」と「農業」について、それらの考え方を確認しておく必要がある。農業史研究者の野田公夫氏によれば、農業は「農業という産業」の意味で「産業的自立をめざす」ことを示す言葉であるという。しかし、このように農業をとらえることには批判もある。自然にかかわり、生き物を相手にした営みとして環境や文化などを育むものを「農」で表すという。

（出所）野田公夫（2020）『未来を語る日本農業史』昭和堂、38頁。

## II. スマート農業とは——概念の整理

### 2-1. スマート農業とは

スマート農業とは何か。例えば、「スマート農業実証プロジェクト」を推進する立場である農林水産省では、以下のように定義づけている。「ロボット、AI、IoT (Internet of Things) など先端技術を活用する農業」をスマート農業としている。より明快なフレーズとして「農業」×「先端技術」＝「スマート農業」<sup>2)</sup>を打ち出している。一方で、スマート農業の定義はひとつに定まっているわけではない。農業経済学者である池上甲一(1952-)によると、スマート農業はICT(情報通信技術)とロボット、高度なデータ解析にもとづく高生産性高品質農業であるという(池上 2015: 5)。また、(農業情報学会 2014)ではやや専門的(情報工学、システム工学など)な視座より以下のように定義されている。

スマート農業とは「農業の生産から販売までの各分野がICTをベースとしたインテリジェンスなシステムで構成され、高い農業生産性やコスト削減、食の安全性や労働の安全等を実現させる農業である。それぞれのシステムが有機的に連携・統合化され、農業の最終目標である持続的農業や低投入農業を強く意識してシステムされた農業である」(農業情報学会2014)

これまでいくつか挙げた定義を考察する。農林水産省が公にしているものは、人々にとってスマート農業のイメージが容易である。その一方で、やや具体性に欠ける。農学分野からのいくつかは、専門的な知見によるもので具体的な言及もされている。ただ、人々にとっては専門用語などへの理解が進まない部分も存在する。このように農学分野でも細かな専門的視点によって、スマート農業の定義は相違がみられる。つまり、スマート農業についての定義は、組織あるいは個人によって見解がさまざまである。ゆえに、統一的に明確な定義がなされていない。

補論として、スマート農業の「スマート」について、言葉としての意味を確認しておきたい。スマート (smart) は、「①からだつきや物の形が細くすらりとして恰好がよいさま。②身なりや動作などが洗練されているさま。③装置・機器などが

2 農林水産省(2020)「スマート農業の展開について」(2020年8月)

URL: <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-161.pdf>

(最終閲覧日2021年5月18日)より引用。



情報処理機能を具えること。」<sup>3</sup>、「洗練されている。気の利いた。」<sup>4</sup>などの意味がある。さらに、英単語の **smart** は「頭や身なり、動きの切れがよい」<sup>5</sup>といった意味がある。このように、「スマート」のもつ意味さえも実にさまざまである。スマート農業における「スマート」とは、動作の切れがよく、洗練されていて俊敏に情報処理を行うことが中心的な意味であるといえよう。

このように、スマート農業についての定義および解釈はさまざまである。ただ、先述した農林水産省や農業情報学会による、それぞれの観点に基づく定義は、近年進展のある社会実装の面では肝要である。なぜなら、まずはスマート農業について社会で認知される必要がある。そのため、何よりも1人でも多くの人々に認識してもらうためには、一定の明確な定義を示すことが求められる。とりわけ、スマート農業についてどのような方向性やビジョンがあるのかを打ち出すことは、幅広い社会の周知において重要といえる。そして、農業に携わる各ステークホルダーにおいて、スマート農業の実現に向けた主体的な参画が行われていく段階へと進展させていく。

## 2-2. スマート農業の歴史——構想から実現へ

ここで、わが国の「スマート農業」の歴史を紐解くことにしたい。①言葉あるいは構想としての「スマート農業」、②「スマート農業」の実現に向けた動向の2点の視座よりみていく。

もとより、「スマート農業」がいわゆるようになったのはいつからなのだろうか。池上甲一によると、「スマート農業」という言葉が日本で登場したのは2011年であり、当時の経済産業省が公表したIT融合による新産業育成行動計画の一部として、「日経MJ（流通新聞）」で紹介されたという（池上 2015：7）。さらに、「スマート農業」へとつながるICTの活用やデータに基づく農業といった類似の用語として「精密農業」<sup>6</sup>、「IT農業」<sup>7</sup>が比較的早い段階にあったという（表1）。こうした農業とスマート農業の関係について（永木 2019）によると、スマート農業は“Data-Driven”を軸とした精密農業を発展させたものであるという（永木 2019：6）。

3 新村出編（2018）『広辞苑』第7版、岩波書店、1582頁。

4 学研辞典編集部（2015）『類語辞典』第2版、学研教育出版、785頁。

5 野村恵造編（2011）『コアレックス英和辞典』第2版、旺文社、1546頁。

6 精密農業が初出された『日本経済新聞』1988年3月27日朝刊では、精密な科学的分析の上に立った作物の栽培管理、家畜の飼育管理の農業という解説がある。

7 はじめてIT農業が掲載された『日本経済新聞』2000年7月1日夕刊によると、情報技術（IT）を駆使した農業であるという。当時、大学や民間企業における先端的な研究のいくつかも紹介がある。

すなわち、今日のスマート農業に至るまでの過程は精密農業に始まっている。そして、精密農業が発展することにより、従来の農業がスマート農業として、新たな局面を迎えたといえる。

表1 「スマート農業」関連の用語をめぐる変遷

精密農業	『日本経済新聞』1988年3月27日、朝刊に掲載。
IT農業	『日本経済新聞』2000年7月1日、夕刊に掲載。
スマート農業	『日経MJ（流通新聞）』2011年8月24日に掲載。

[出所] 池上甲一（2015）「スマート農業の生み出す世界——その得失をどう評価するか」『農業と経済』第81巻3号、7頁をもとに筆者作成。

「スマート農業」が言葉として初出してから、すでに10年近くを経た。そして注目すべきは、日本における「スマート農業」を経済産業省が新産業としてその可能性を検討していた点である。つまり、新たな産業として「スマート農業」を国としても早期での実現を目指していた。国でのこうした姿勢は、実現に向けた局面でも引き継がれていくことになる。国の機関としてスマート農業を農林水産省ではなく、経済産業省が関心を寄せていた点は留意しておくべきである。また歴史的にも、昭和末期の時点でも近未来的な農業を目指す言葉や構想が存在していた経緯は興味深い。こうした先駆的な構想をふまえ、今日では実現に向けた具体的な動きが始まっている。つまり、「スマート農業」という言葉や構想そのものはわが国でも比較的、早い段階で存在していた。しかし、具体的な動きに向けては技術面や社会的な関心の面より、さほど進展しなかったと考えられる。

その後、スマート農業の実現に向けた動きに関しては、先述のように、スマート農業は2019年より2年間の実証段階に入った。そうした過程においては、農林水産省をはじめとした国の動きに注目し、整理しておく必要がある。

まず、国としてスマート農業を議論する段階についてである。農林水産省は、スマート農業を日本の農業における新たな可能性への期待を込め、2013年11月に「スマート農業の実現に向けた研究会」を設立した。同研究会が創設された趣旨を以下に引用しつつ、どのような経緯でスマート農業の検討が進展したのかを考察する。

我が国農業の現場では、担い手の高齢化が急速に進み、労働力不足が深刻となっており、農作業における省力・軽労化を更に進めるとともに、新規就農者への栽培技術力の継承等が重要な課題となっています。他方、異業種では、ロボット技

術や人工衛星を活用したりリモートセンシング技術、クラウドシステムをはじめとしたICTの活用が進展しており、農業分野への活用が期待されています。このため、ロボット技術やICTを活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業（スマート農業）を実現するため、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップやこれら技術の農業現場への速やかな導入に必要な方策を検討する「スマート農業の実現に向けた研究会」を設置します。（農林水産省 HP「スマート農業の実現に向けた研究会」）

スマート農業の検討においては、わが国における少子高齢化の影響による、担い手の高齢化と不足に伴う農業分野の労働力不足という課題の解決に向けた重点がおかれている。加えて、農業分野についても、他産業における先端技術の利用の推進に後れをとることなく、積極的な活用を目指していることがうかがえる。すなわち、国としても農業分野における課題についてICTをはじめとした新技術で克服し、



図1 スマート農業の将来像

〔出所〕農林水産省（2014）「「スマート農業の実現に向けた研究会」 検討結果の中間とりまとめ」 URL：[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/pdf/cmatome.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf) より転載。

「スマート農業」を新たな農業として推進していくことを打ち出した。また、わが国におけるスマート農業については、他産業との競争意識から産業としての農業に重きが置かれているといえる。そして2014年、同研究会は「検討結果の中間とりまとめ」を公表した。この報告では、スマート農業について「①将来像（ロボット技術やICT導入による新たな農業の姿）、②ロードマップ（段階別の実現目標と実現のための取組）、③取組上の留意事項を概略的に整理し、今後、関係者一体となって必要な取組に着手するとともに、さらに具体的な検討を深化させていく」ことを明らかにした。とくに①将来像では、農業者をはじめとした各関係者にもスマート農業の目指す姿を5つ示した（図1）。

いずれの将来像にも、より具体的な実現のためにはロボット技術やICT技術の駆使を必要としている。さらに生産過程における省力化や品質の向上は、消費者にも影響することで、産業のひとつとして成長させていく戦略がうかがえる。

そして2018年には、より具体的なスマート農業の展開のために、国をあげた政策面において、動きを見せることになる。当時、安倍晋三首相が率いる自民党と、公明党を与党とした連立政権であり、今日に至る。同年5月9日に自民党が「スマート農業」の勉強会の初会合を実施した。同会の座長を務めた小泉進次郎筆頭副幹事長（当時）は、「日本のIT技術は農業分野には十分に取り入れられていない」と指摘した<sup>8</sup>。そうした動きも影響し、同年8月には、2019年度の組織・定員要求にスマート農業を推進するための生産現場への導入を促進する専用ポストを設ける方針を固めた。同時に、2019年夏までに計画をまとめる方針を打ち出した。つまり、農林水産省をはじめとした各関係省庁がスマート農業をどう推進していくかを模索しているさなか、国が政策として本腰を入れたことにより、スマート農業の実現に向けた動きが加速したといえる。なぜ、政策面でスマート農業が加速したのだろうか。こうした政策面では大まかに2つの潮流があると池上は指摘している<sup>9</sup>。ひとつは、農業情報（データ）に重点をおいた「農業IT戦略<sup>10</sup>」（2001年にとりまとめ）である。この点は、上述のように2011年に経済産業省がスマート農業を先駆けて検討していたことに通じる。もうひとつは「攻めの農林水産業<sup>11</sup>」を具現化する策

8 『日本経済新聞』2018年5月10日、第4面。

9 池上甲一（2019）「ICT/AI技術は農法たりえているか——農業技術と農法論の観点から」『農業と経済』第85巻、第3号、74頁。

10 農業IT戦略は、2000年設置の情報通信技術（IT）戦略本部IT戦略会議にて打ち出され、同年に成立した高度情報通信ネットワーク社会形成基本法と関連している。なお、同戦略は2013年に「世界最先端IT国家創造宣言」、2017年に「世界最先端IT国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」、2018年に「IT宣言・官民データ活用計画」という変遷を経た。だが、いずれも戦略の性格や目的などに大きな変化はない。

11 「攻めの農林水産業」とは、農林水産業を強くする「産業政策」と農林水産業の多面的機能の発揮を図



としてAIやロボットなどの機械化技術にやや傾斜している未来投資会議<sup>12</sup>（2016年に発足）である。つまり、スマート農業を推進する政策においては、情報技術や機械化技術の進展を重視しつつ、農業の成長産業化を目指す傾向がみられる。そのため、スマート農業において、実際に現場にかかわる生産者の立場が十分に考慮された政策であるとは言い難い。むしろ、情報産業や機械工業などの業界を取り込んだ政策といえる。さらに、スマート農業を推進している農業政策は、第2次安倍政権（2012年12月）以降において、産業競争力や規制改革、TPPへの参加などをふまえた政策になっており、「アベノミクス農政」ともいわれてきた<sup>13</sup>。スマート農業は、農業政策のみならず、ほかの産業政策（特に、情報技術産業や機械産業など）との兼ね合いで政策に盛り込まれた背景がある。

ここで、日本のスマート農業の流れを小括する。わが国におけるスマート農業は、実現に向けた動きとしては比較的最近のことで歴史的には浅い。しかし、構想およびスマート農業につながる農業が約30年前から検討され続けてきた経緯があり、スマート農業につながっている要素もある。そうした構想をふまえ、わが国でもスマート農業を実現させる動向が近年、高まりつつある。ただ、わが国のスマート農業は、産業としての農業を成長させること、国の政策として情報技術および機械化技術を優先させること、などに注力する傾向にある。そうした事情には農業分野における、かかわる技術革新の存在が重要な要素であることを意味している。技術革新についてスマート農業とのかかわりを中心にみていく。

### 2-3. スマート農業の学術的アプローチ

スマート農業をどう捉えるかにあたり、学術的アプローチを検討することも必要である。その手がかりのひとつとして、日本国内の学術論文を検索できるサイト「CiNii Articles」を利用した。「スマート農業」をキーワードに論文検索にかけると599件該当した（2021年8月23日）。掲載された論文のうち、古いものは2012年であった（2021年7月15日時点）。ここでは、2011年にスマート農業が言葉として登場したことを踏まえ、同サイトにおける論文件数の推移をまとめた（図2）。

---

る「地域政策」を両輪として取り組む政策のことである。農林水産省が同政策の推進本部として責任を持つという。詳細は、谷口信和「アベノミクス農政の全体像——財界主導型農政への転換」谷口信和編（2015）『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会、2-11頁参照。

12 2013年1月に発足した「産業競争力会議」と2015年に設置された「未来投資に向けた官民対話」が、2016年9月に統合されて「未来投資会議」になった。

13 第2次安倍政権における農業政策の過程や背景については、谷口信和編（2015）『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会に詳しい。



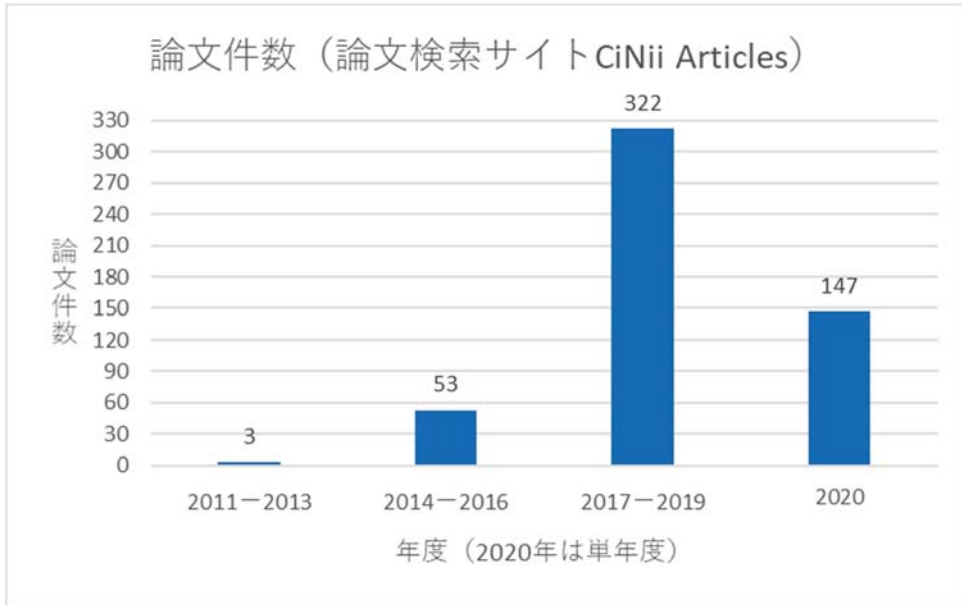


図2 論文件数の推移（2011年から2020年）

[出所] 論文検索サイト CiNii Articles をもとに筆者作成。

「スマート農業」が言葉として登場した2011年以降、学術的な「スマート農業」へのアプローチが次第に注目されていったことがうかがえる。特に、実証に向けた動きがみられた2017年から2019年にかけて論文数も飛躍的に増えている。2020年度については、単年度にもかかわらず147件の論文が存在した。つまり、スマート農業にかかわる学術的な論文は着実に増えている状況にある。特に、スマート農業における技術開発や応用に関する研究が情報系、工学系などの分野で盛んである。もちろん、同サイトに収蔵されていない情報、あるいは、文献（特に関連する専門書）などの存在についても十分に考えられる。ただ、本稿ではそれらの情報と文献を網羅的に扱うことは筆者の能力を考慮して、行わないことをご容赦願いたい。本稿では、全体的な動きと、着目すべき点を踏まえた学術的動向の検討を行うにとどめた。

学術的な動向において、見逃せないひとつにスマート農業の定義の一例に取りあげた「農業情報学会」がある。同学会は2014年に『スマート農業——農業・農村のイノベーションとサステナビリティ』を出版し、学術的なスマート農業の研究書としては先駆的なものである。同書は、同学会の前身である農業情報利用研究会の設立25周年として出版された。構成としては全4章であり、第1章「スマート

農業の展開と方向」、第2章「農業農村の再生と方向」、第3章「スマート化技術」、第4章「分野別スマート農業」となっている。スマート農業の概念と目指す姿を整理した上で、技術面について分野別にそれぞれの専門家が解説している。さらに、同学会では2019年に『新スマート農業——進化する農業情報利用』が刊行され、学術的にもスマート農業の実現に向けた研究が加速している。

さらに、農業情報学会編（2019）では、スマート農業の実現に向けた課題として、①過信してはならない、②経済性を保証していない、③まだある農業者と行政、それぞれの取り組み課題を挙げている（農業情報学会編 2019）。①では、農業が動植物を相手にするために、それらが何を要求しているかをくみ取ることや外部環境の変動への対応など、農業技術は画一的ではなく、人間の適切な管理が欠かせない。②について、2017年に日本施設園芸協会の調査を事例に、人工光植物工場の6割弱が不採算経営であり、スマート農業イコール高収益ではない。ゆえに、「儲かる経営」を構築する必要がある。③においては、農業者側のICTリテラシー教育やスマート農業の技術がブラックボックス化しないための営農技術学習などがある。さらに行政側には、中立的で誰もが自由にアクセス可能なビッグデータ・プラットフォームの構築や各種ガイドラインの策定などが求められる。技術開発や実用化を専門とした学会が手掛ける学術書において、こうした指摘がされていることはわが国のスマート農業のあり方を検討するにあたり、示唆に富んでいる。

わが国におけるスマート農業に関する学術的な研究の現状として、技術開発や実用化などに注目がおかれている傾向にある。もちろん、日本の技術力については高度かつ精微な特性があり、スマート農業の進展のためには必要不可欠な部分もある。そのため、学術的にも技術面での研究が進展することは望ましい。一方、スマート農業は人間社会にかかわりをもっている。もっとも、農業のひとつとして人間の生存に不可欠な食糧（食料）<sup>14</sup>を生産し、人間社会を根底から支えている。さらに、人間社会における複雑な諸課題の解決に向けたひとつであるスマート農業について、単純に技術開発や実用化だけではカバーできない部分が出てくる。農業情報学会（2019）が指摘する課題からも、スマート農業が人間とかわるゆえに複雑なものであり、技術開発や実用化の側面だけではなく、社会科学分野からの検討も必要である。

14 本稿では、「食糧」と「食料」について両方の意味・定義を含むものとしている。なお、「食糧(provisions)」は、米や麦などの主食の意や、人数・日数に合わせた必要な分の食べ物の意であり、「食料(supplies)」は、肉・野菜・果物・調味料など主食以外の食品の意である。詳細は、山口ら編（2013）『国語辞典』第11版、旺文社参照。

### Ⅲ. 農業の技術革新——スマート農業がもたらすもの

#### 3-1. 技術革新（innovation）の意味とその発生原理

近年は、AIやIoT技術が普及し、至る所で「技術革新」という言葉が使われている。この言葉を考えるにあたり経済学者であるシュムペーター（Schumpeter, J. A, 1883-1950）の『経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究（上）』は非常に参考になる。この著書の中で、「技術革新」と同値の意味で用いられる「イノベーション」という言葉が、「新結合」という言葉で翻訳されている。以下、（シュムペーター 1926=2021：183）<sup>15</sup>から引用する。

生産物および生産方法の変更とは、われわれの利用するいろいろな物や力の結合を変更することである。…また、新結合が非連続的にのみ現れることができ、また、事実そのように現われる限り、発展に特有な現象が成立するのである。

ここで述べられている「生産物および生産方法の変更」は、「新結合」のことである。さらに「新結合」は非連続的にのみ現れることから、既存のものとは全く違う新しい事象であることが読み取れる。つまり、「新結合」とは、新たな物の組み合わせ方のことを指し、その組み合わせは以前にはなかった全く新しいものである。また、同書で、「新結合」は、5つの発生原理に分類される（シュムペーター 同上書：183）。

- 一 新しい財貨、すなわち消費者の間でまだ知られていない財貨、あるいは品質の財貨の生産。
- 二 新しい生産方法、すなわち当該産業部門において實際上未知な生産方法の導入。
- 三 新しい販路開拓、すなわち当該国の当該産業部門が従来参加していなかった市場の開拓。
- 四 原料あるいは半製品の新しい供給源の獲得。

15 Schumpeter, J.A.,の原著である *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, は原著第1版は1912年に刊行され、1926年に第2版（2. Aufl）が出版されている。なお本稿では、〈邦訳〉J.A. シュムペーター（著）、Joseph A. Schumpeter（原著）、塩野谷 祐一、東畑 精一、中山 伊知郎（訳）『シュムペーター 経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究（上）』岩波書店。の冒頭の記載に沿い、第2版を参考文献の原典として挙げている。また、上記の邦訳は1977年に第1刷が刊行されているが、本稿では2021年の第37刷を用いているため、参考文献においてもそのように記載した。

## 五 新しい組織の実現、すなわち独占的地位（たとえばトラスト化による）の形成あるいは独占の打破。

そのうち、スマート農業は2番目に相当すると考える。人が鋤をついて畑を耕す時代から馬・牛へと畑を耕す主体が変化し、今や無人のトラクターが畑を耕す時代である。このように、生産方法が今までにない全く新しいものへと変化している。また、同書で「新結合」の発生に関する記述があるので、再び引用する。

経済における革新は、新しい欲望がまず消費者の間に自発的に現われ、その圧力によって生産機構の方向が変えられるというふうに行われるのではなく、…むしろ新しい欲望が生産の側から消費者に教え込まれ、したがってイニシアティブは生産の側にあるというふうにおこなわれるのがつねである（シュムペーター 同上書：181）。

このことから、「新結合」は、消費者側の需要によって発生するのではなく、生産者側から生まれることがわかる。生産者は常に現場と向き合い、収穫量を増やすための創意・工夫をおこなっている。このような創意・工夫が重なることによって革新的な生産方法が生まれるのである。

### 3-2. 農業での技術——BC技術とM技術

土地係数は、土地面積/付加価値額によって定義されているが、現在の農業の土地係数は製造業の576倍（生源寺 2013）。同額の付加価値を生産するのに製造業の500倍以上の土地を使用していることを意味している。この土地係数を小さく抑え、土地面積を効率的に利用するには、土地当たりの生産物をいかに多く生産するか、限られた農業従事者のもとで、どれほどの広さの土地を耕すことができるか、つまり農業における労働生産性の向上という2つの側面から考える必要がある。（速水・神門 2002）によると、農業の労働生産性は、以下の式によって導かれる。

$$\frac{Y}{L} = \frac{Y}{A} * \frac{A}{L}$$

ただし、Y：生産物 A：土地面積 L：労働力（投入量）

$$\frac{Y}{L} = \text{農業の労働生産性}$$

$$\frac{Y}{A} = \text{土地面積当たりの農産物 (土地生産性)}$$

$$\frac{A}{Y} = \text{労働力当たりの土地面積 (土地装備率)}$$

上式から、労働生産性は土地生産性と土地装備率の二つの要素で決まる。そのうち、BC(Biological and Chemical)技術とは、土地生産に関する技術であり品種、栽培方法がこれに該当する技術である。また、M(Mechanical)技術とは、土地装備率に関する技術で、耕耘機、トラクターのような農業機械がこれに該当する。なお、農業の技術に関するBC 技術とM 技術の区別は、アメリカの農業経済学者E. O.ヘディが先駆的である<sup>16</sup>。

BC 技術に関する技術革新の歴史的背景は、戦後の食糧不足が一つきっかけとなった。組織的な研究開発により、品種改良がすすみ、高収量品種の作出に成功した。それから、日本の食文化の変化、労働環境の変化が起こり、BC 技術より労働 節約型 M 技術への期待が高まった。

そのM 技術の技術革新の歩みについては、1960年以前は、畜力(馬・牛)が土地 装備率に関する技術の重要な要素であったが、1960年以後は、耕耘機、トラク ターのような農業機械にとって代わった。

BC・M 技術は以上のような変遷を辿って発展を遂げてきた。いずれの技術革新も3-1.で説明した原理に基づいて行われている。今日では、デジタル技術という新たな生産手段が生まれ、それが既存の技術と新たな結合をすることで、BC・M 技術の更なる発展が期待されている。これは、冒頭で述べた土地係数を小さくする 革新的な技術になりうる。

### 3-3. スマート農業がもたらすもの—技術革新の可能性

現代の農業は3-2.での土地係数の問題に加え、高齢農業者の離農が原因となつて、残りの少数の農業従事者によって、これまでの農地を営農していかなければならない問題を抱えている。営農規模の拡大とともに広域に分散した圃場(ほじょう)を効率よく管理する必要が生まれ、以前の経験則に頼った生産管理では困難になってきている。また、経営・生産を担う人材や後継者の育成も課題である。

スマート農業は、このような課題に新しい風穴を開けようとしている。ICT を活用することにより経営や生産の可視化を進め、以前の経験則に頼った農業者の技術

16 Earl O. Heady(1949), 'Basic Economic and Welfare Aspects of Farm Technological Advance', *Journal of Farm Economics*, Vol. 31, No. 2, May 1949, Oxford University Press, pp. 293-316を参照されたい。



や経営ノウハウをデータ化、マニュアル化し、人材確保・育成の形成に役立てることが期待されている。また、自動走行の田植え機等の新たなM技術の発展により、農業者の労力を軽減し労働生産性を高める効果が期待される。

ICTを農業の分野に取り込み安定した食料生産を達成するためには、気象情報や土壌情報、作物生育情報、生産履歴情報および農作業情報等のデータが必要不可欠である。ただ、そのような農業に関する情報はそれぞれ独立した運営主体により運営されているため、情報の一元的管理を進め、使用者の利便性を高める試みが必要である。そこで、2019年4月より農研機構を運営主体として、データの一元的管理を可能にするプラットフォームWAGRIの運営が開始された。また、2019年度に農林水産省から「スマート農業技術を実際に生産現場に導入し、技術実証を行うとともに、技術の導入による経営への効果を明らかにする」ことを目的としたスマート農業実証プロジェクトが始まった。そのプロジェクトでは、M技術を主とするスマート農業（トラクター、田植え機、ドローン等）による水田作の実証成果の中間報告が発表された。特に目を見張る効果が慣行からの労働削減率が30%であったことであった（農林水産省他 2020）。M技術の発展に支えられ、新規就農者でも熟練者並みの精度・時間で作業を遂行できるようになったことが大きな要因であった。

また、同じく同省の中間報告では、露地栽培での収益改善を図る農業法人の事例が紹介されている。こうした法人が抱える課題は、経営規模の拡大により圃場が分散したため、経営管理の効率化であった。そのような課題に対し、農業者がパソコンやスマホを用いて、圃場や農作業などの営農に関する情報を記録・集計・出力できる営農支援ツールであるICT技術を導入した。これにより、広範囲にわたる圃場を度々往復することなく、管理状況を把握できるようになった結果、露地栽培に関して、例えば、施設園芸（ピーマン）の事例の場合、慣行区と比較して、実証区は統合環境制御装置や極細霧発生装置等の導入により、高温期の飽差管理（光合成を促進するための温度管理・湿度管理）が改善し、特に、秋と春の増収によって収量は21%増加した、という。また露地野菜（すいか）の事例の場合、全体の労働時間は10a（アール）当たり41%削減する可能性があることが分かった（農林水産省他 2021）。

以上、これまで見てきた事例からICTを用いることにより、どちらも労働生産性を高めており、さらに作物の生産性も向上していることが共通している。そのため、スマート農業が今後の農業界を席卷していく可能性が高い。しかし、すべての問題にICTが応用できるというわけでもなく、それぞれの生産者側からの創意・

工夫が大切になってくる。そこから、ICTを生産技術体系の一つの選択肢として活用し、それぞれの課題に向き合うことが必要である。また、ICTは最先端であるだけに、先導役となる指導者を必要とする。まだ、ICTが生産技術体系の選択肢に入っていない生産者にどう普及・啓蒙していくことは今後の課題として考えるべきである。

## IV. 人間社会における農業の貢献

### 4-1. 人間社会の発展を担った農業

まず何よりも農業は、今日でもなお、人間にとっての食糧（食料）を生産する基盤としてきわめて重要である。地理学者のルース・ドフリース（Ruth DeFries, 1956-）は、人間社会における食べ物の存在意義を以下のように考察している。

なにをやるにしても、人間にとっての究極のエネルギー源は食べ物だ。石炭やガスは機械を動かすための燃料となるが、食べものがなければなにも始まらない。都市、交易、料理、言語、偉大な芸術作品、交響曲、小説、劇場、それ以外にもヒトという種の存在の証となるようなものはいっさい存在していないだろう。狩猟採集者が口にした野生植物も、都市生活者が買う箱入りシリアルも、あらゆる食料はこれまでも、そしてこれからもつねに文明を動かすエンジンでありつづけるだろう。（Ruth DeFries 2014=2016：20）

つまり、人間社会の原動力は食べ物であり、人間社会を取り巻く技術や社会が変化してもそうした本質は変わらない。一概に食べ物といっても、生鮮食品や加工食品など幅広い。人間が食べているほとんどの食べ物について、原料となる農林水産物を供給しているのは農業（水産業、林業なども含む）である。農業は食糧（食料）生産を通じて、人間社会の発展のための原動力として揺るがない存在であるといえよう。

さらに、人間社会の発展段階においても、農業が果たした役割は大きい。経済学において、人間社会の発展段階を分析した代表的な研究のひとつにW.W.ロストウ（1916-2003）『経済成長の諸段階——一つの非共産党宣言』がある。ロストウによると、すべての社会は、その経済的状况では、伝統的社会、離陸のための先行条件期、離陸（テイクオフ）、成熟への前進、高度大衆消費時代、5つの段階のいずれかの範疇にあるという（W.W. Rostow 1960=1961、木村ら訳：7）。なお、伝

統制社会の状況において、社会や経済が静止しているわけではないことは留意しておく必要がある。ロストウは、伝統的社会でも時として技術革新が生じて生産性の向上がみられたものの、その水準に上限があり、そうした上限は近代科学および技術における潜在的可能性が当時は利用できる形でなかったこと、ないしは規則的かつ組織的な応用には至らなかったこと、以上の事実によってもたらされたという（W.W. Rostow前掲書：8）。つまり、伝統的社会においても社会や経済の変化は生じており、そうした変化が社会全体としての普及までには及ばなかった。そのため、社会全体として新たな局面へと変化が生じることによって、人間社会の発展がもたらされるという。

ロストウが論じた5つの諸段階は、それぞれにおいて重要な指摘をしている。本

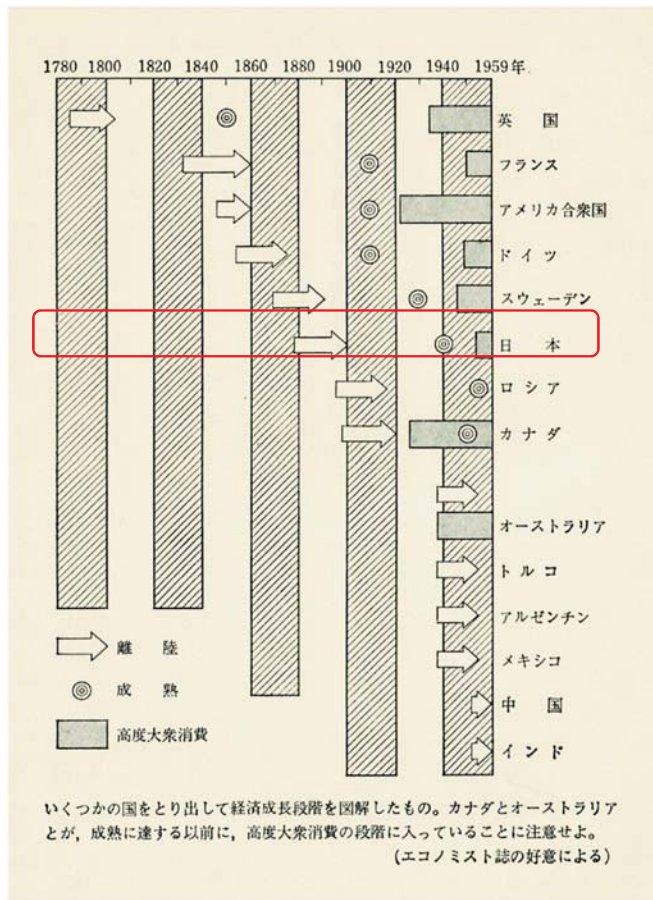


図3 主要国における経済成長の諸段階

[出所] Walt Whitman Rostow 1960=1974、木村・久保・村上訳『増補・経済成長の諸段階—一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社、29頁より一部加筆の上で転載。

節の論点である人間社会の発展段階を担った農業をみていくにあたり、5つの段階のなかでも、とくに離陸期が焦点となる。離陸期とは、着実な成長に対する古い妨害物や抵抗が最終的に克服された期間であり、新たな変化が社会全体を支配し、成長が社会の正常な状態となる期間であるという（W.W. Rostow 前掲書：12）。すなわち、人間社会全体として、新たな段階への発展に向けた準備が整った段階である。日本の離陸期は、1880年代から1900年初頭にかけてである（図3）。

さらに、ロストウは日本における社会発展の諸段階についても分析しており、「日本の離陸を可能にしたものは、それに先行しかつ離陸時にもつづいていた一連の農業発展の継起であった<sup>17</sup>」と考察している。では、そうした農業発展にかかわる動向にはどのようなものがあつたのだろうか。彼の指摘するところでは、①供給面での増大する人口や加速する都市化、外国為替の獲得のための農産物の供給、②需要面として農村地域の生産性向上が、日本国内の工業に対して市場を拡大し、国内工業に刺激をもたらした、③資本供給における封建地代の現金化する諸制度と、その現金が政府を通じて近代部門（工業）へと再投資され、近代化に向けた資本の源泉となったこと、の3つがある。

より詳細な考察として農学者の生源寺眞一は、③について、農産物またはその加工品の輸出と、農業が生んだ余剰（あるいは、従来から蓄積してきたもの）を新たな産業への投資に振り向けることの2つを指摘する（生源寺 2013：56-58）。前者は、日本の1880年代初頭における生糸や茶の海外輸出が具体的である。後者については、1873年の地租改正がその役割を果たした。農業史研究者の野田公夫（1948-）によると、地租改正が資本主義へ“離陸”出来る条件（①安定した流通システム、②潤沢な資本、③多数の労働者）を整えるものであつたという（野田 2020：66）。なかでも②については、明治政府の初年度予算の約8割が地租であつたことから、初期投資のために農業における土地への課税が必要不可欠であつたことを示している。すなわち、農業部門は土地への課税を通じて、ロストウのいう伝統的社会でのそれまでの蓄積を、新たな産業（明治期の殖産興業）の初期投資へと移行させたのである。つまり、人間社会の発展段階において、ロストウのいう「離陸期」にあたる日本の明治期には、農業が歴史上での近代化を大きく支えたのである。

農業は人間社会における食糧（食料）生産の基盤を担うことで人間社会を支えるとともに、さらなる社会の発展段階においても、新たな社会の段階へと牽引する重要な要素であつた。

17 Walt Whitman Rostow 1960=1974、木村・久保・村上訳『増補・経済成長の諸段階——一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社、87頁。

#### 4-2. 農業の成長について——技術革新による貢献

前節では、農業が人間社会にどのように影響してきたかを、食糧（食料）生産の基盤と、社会の新たな発展段階のそれぞれにおける原動力であることをみてきた。ところで、農業自体が成長することもまた、歴史的に人間社会の発展を牽引してきた。つまり、農業の成長、そして成長の要因を確認しておく必要がある。生源寺によれば、農業分野における成長をいくつかの要因に分解することで、技術革新の寄与を数量的に把握する研究アプローチは、米国の経済学者ロバート・ソロー（Robert Solow, 1924-）<sup>18</sup>による先駆的な経済成長の要因分析を契機に、次第に主流になったという（生源寺 前掲書：111）。つまり、人間社会の発展を経済成長という指標で捉えるに際して、農業における技術革新の貢献を数量的に考察する分野が発展したといえる。ここで、ソローの代表的な研究成果をみってみる。1957年に米国の学術雑誌である“*The Review of Economics and Statistics*”で公表された研究成果は当時、画期的であった。内容は、経済成長の要因を明らかにするとともに、そうした要因の経済成長への寄与を計量的に分析したものである。ソローは、経済成長の要因を技術革新による産出量当たりの変化と利用可能な資本（資本の蓄積）の変化に分けられると示した（Robert M. Solow 1957：312）。さらに具体的な実証として、米国の非農業部門における1909年から1949年の40年間、それぞれの要因の寄与について考察が行われた。得られた結果において注目したいのは、国民総生産<sup>19</sup>が40年間で2倍になった要因として、87.5%が技術革新によるもの、12.5%が資本の利用によるものだと示されたことである。つまり、ソローが経済成長の要因として分析した技術革新と利用可能な資本では、技術革新が経済成長に寄与した面が大きいことが明らかとなった。

そして、農業の成長についても技術革新による産出量当たりの変化と利用可能な資本（資本の蓄積）の変化を考察できる。前者は、品種改良や農業機械（器具も含む）の高度化である。先述したBC技術やM技術において、技術革新が起こることによって産出量当たりの変化に影響している。後者は、土地や農業用機械（設備）の蓄積が相当する。土地は、農業において必要不可欠な生産要素である。よって、土地を

18 経済学者の本間祥介氏によると、ソロー氏の研究業績については『経済成長理論への一寄与』（*Quarterly Journal of Economics*, 1956）、『技術の変化と集計的生産関数』（*Review of Economics and Statistics*, 1957）、『投資と技術進歩』（in K. Arrow et al. eds., *Mathematical Methods in the Social Sciences*, 1959）に代表されるという。詳細は、経済学史学会編（2000）『経済思想史辞典』丸善参照。

19 国民総生産（GNP）とは、国民概念に基づく集計生産物概念であり、国内総生産に海外からの要素所得を加え、海外への要素所得を控除したものである。かつて（1990年代頃まで）はよく用いられていたものの、現在では所得概念である国民総所得（GNI）に取って代わられている。詳細は、金森久雄・荒憲治郎・森口親司【編】（2013）『有斐閣 経済学辞典』（第5版）、有斐閣参照。



農業に適した状態に維持するための農業機械や設備など、農業を行う基盤となるインフラストラクチャー<sup>20</sup>の累積である。わが国でも先述した農業の成長について、理論的かつ計量的な優れた研究がある。代表的なものとしては、速水佑次郎（1932-2012）と山口三十四（1943-）の研究がある。ここでは、そうした研究に基づく農業の成長に関する詳細を部分的ではあるものの、みていくことにする。

速水の研究は、本格的な農業経済論の展開において特定の視座から農業経済を捉え、その断面図を描くことにあり、特定の視角として国際的比較と歴史的比較の2点を軸に現代日本農業の位置づけを明らかにした<sup>21</sup>。わが国における農業の成長についての研究のひとつに、速水氏は農業における労働生産力に着目した分析を行っている。先行して第2章で示した労働生産力（ $Y/L$ ）と同様に、土地生産性（ $Y/A$ ）と土地装備率（ $A/L$ ）を要素として考える。すると、以下の恒等式が成立する。ここで、 $Y$ は農業の総産出、 $L$ は有業者数、 $A$ は農用地面積を表している<sup>22</sup>。

$$\frac{Y}{L} = \frac{A}{L} \frac{Y}{A}$$

つまり、農業の労働生産力を向上させるためには土地生産性と土地装備率のいずれか、あるいは両方に依存していることが考察できる。このことをふまえた国際的比較として、相対的に労働よりも土地が豊富な国では土地装備率（ $A/L$ ）による労働生産力（ $Y/L$ ）の増大、労働よりも土地が相対的に希少な国においては土地生産性（ $Y/A$ ）による労働生産力（ $Y/L$ ）の増大が傾向としてみられた（速水・神門 2002：86）。そして、それぞれの状況下において、土地生産性（ $Y/A$ ）と土地装備率（ $A/L$ ）が全体として農業の労働生産力（ $Y/L$ ）を向上させるためには技術的な要因がかかわってくる。先述のとおり、農業における技術的な要因にはBC技術とM技術の2つがある。土地生産性（ $Y/A$ ）の上昇は、肥料などの土地への代替的な投入の増加による土地節約的・肥料利用的な技術革新、すなわち、BC技術の向上が欠かせない。一方で、土地装備率（ $A/L$ ）を上昇させるには、農業機械など労働の代替的な資本の装備率を増加させることを通じた労働節約的・機械利用的な技術革新、つまり、M技術の向上が必要とされる。なお、機械の装備を単純に増やせばよいわけではなく、機械自体の技術革新も求められる。以上のような農業における労働生産力の要素にかかわる技術的要因をもとに、日本の農業を成長可能なものにした特徴

20 産業や社会生活の基盤となる施設。道路・鉄道・港湾・ダムなど産業基盤の社会資本、および学校・病院・公園・社会福祉施設等の生活関連の社会資本など。インフラ。詳細は、新村出編（2018）『広辞苑』第7版、岩波書店、234頁参照。

21 Hayami and Ruttan（1985）や速水・神門（2002）などの著作が代表的である。

22 速水・神門（2002）『農業経済論 新版』岩波書店、82頁。

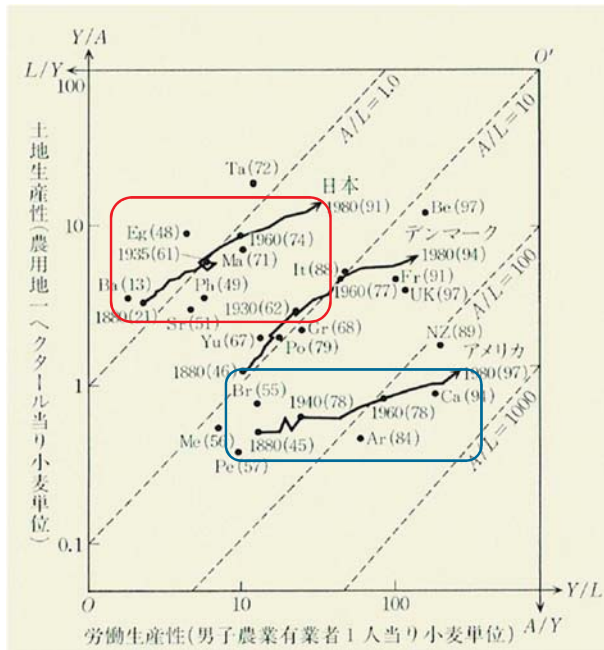


図4 各国における農業の成長過程

[出所] 速水・神門（2002）「農業成長と食料問題の克服」『農業経済論 新版』岩波書店、90頁より一部加筆の上で転載。

を主に米国と比較しつつ、考察が行われた。さらに（速水・神門 2002）によると、比較可能な期間（1880年から1980年）では、農業における総産出の平均成長率はともに1.6%であったという（速水・神門 2002：91）。ところが、日本と米国では農業の成長過程における要素が、ずいぶんと対照的である（図4）。

こうした背景として、日本では不利な土地・労働比率において高い土地生産性を、米国は有利な土地・労働比率のもとで世界最高水準の土地装備率をそれぞれ実現してきたためである。そして、日本での土地生産性と米国の土地装備率はいずれも技術革新が大きく貢献してきたといえる。両国での技術革新の格差はほとんどみられなかったものの、技術革新の性格が異なっていたのである。日本では高い土地生産性を目指すための土地節約的・肥料利用的な技術革新（BC技術）、米国では高度な土地装備率を目的とした労働節約的・機械利用的な技術革新（M技術）がそれぞれの中心であった。すなわち、日本の農業における労働生産力は、土地生産性の向上およびかわる技術革新が大きく貢献してきたのである。

つづいて、山口の研究では、歴史と抽象的な成長理論、農業と非農業、人口と経済の3つの分野について、従来はそれぞれ個別で展開してきた研究の関連づけが行

われた。スマート農業を軸に技術革新をみてきたこともあり、山口の日本経済についての分析のひとつである技術進歩<sup>23</sup>がもたらす労働者人口との関係性についての考察は興味深い。山口（1982）では、経済全体を農業部門と非農業部門に分割し、

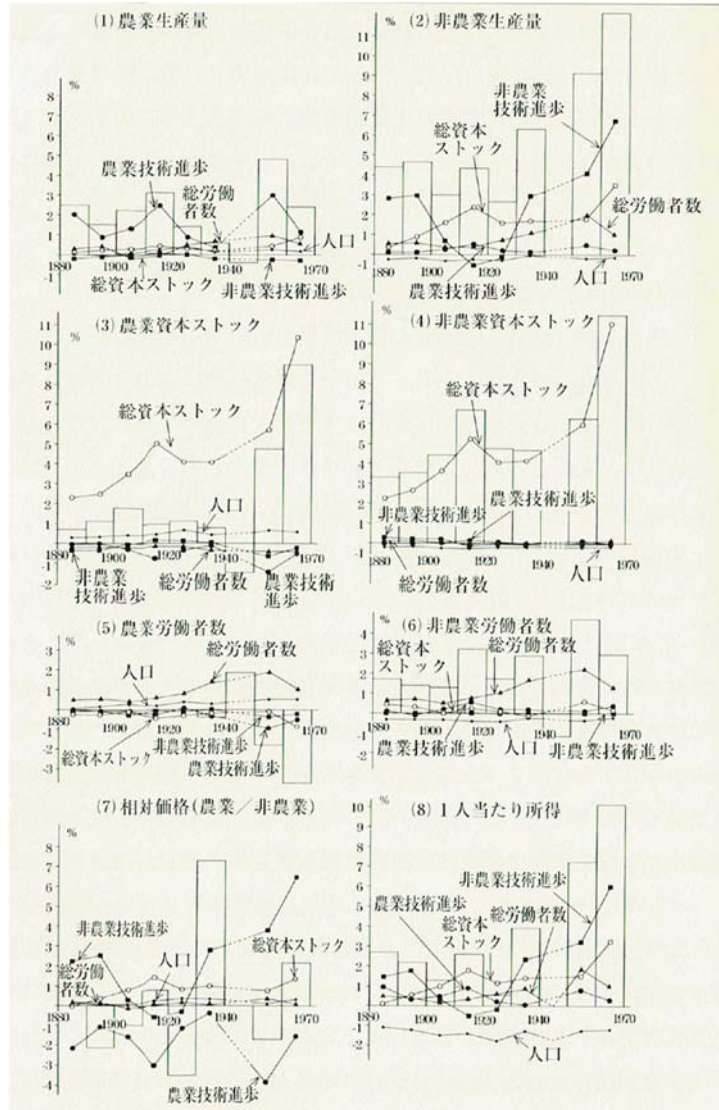


図5 5つの外生変数による8つの内生変数への寄与

[出所] 山口・衣笠・中川（2020）『新しい農業経済論〔新版〕—マクロ・ミクロ経済学とその応用』有斐閣、78頁より転載。（山口 1982）による分析・考察と同じものである。本稿では、掲載における鮮明さを考慮し、（山口・衣笠・中川 2020）を参照した。

<sup>23</sup> 技術革新と技術進歩が混在しているが、本稿において技術進歩は技術革新のひとつに含む意味として解釈している。山口氏の考察では、「技術進歩」を用いており、そのまま表記している。

両者にかかわる要素を変数として設定したモデルを仮定した。そうしたモデルにおいて、変数を外生変数と内生変数<sup>24</sup>に分別した上で、外生変数が内生変数にもたらす影響を分析している。（山口 前掲書）では、複雑化しないように外生変数を、農業技術進歩、非農業技術進歩、総労働量、総資本ストック、人口の5つに絞っている。そして内生変数を、農業生産量、非農業生産量、農業資本ストック、非農業資本ストック、農業労働者数、非農業労働者数、相対価格（農業／非農業）、1人当たり所得の8つを設定している。そうした条件設定のもとで、内生変数への外生変数の影響とそれらの関係性の分析を行っている（図5）。

以上の分析を通じた考察として、技術進歩（外生変数の農業技術進歩、非農業技術進歩）と労働力人口（内生変数である農業労働者数、非農業労働者数）の関係性に着目する（図5における（5）と（6）の項目）。まず、農業労働者数における農業技術進歩と非農業技術進歩による影響である。農業労働者数は、農業部門の技術進歩によって非農業部門へと労働力人口を押し出す傾向（プッシュ効果）が強い。このことは、農業技術進歩が労働生産力を低減し、非農業労働力を生み出すからである。そして、非農業技術進歩は農業労働者数を非農業部門へと労働力人口を移動させる傾向（プル効果）がある。非農業技術進歩によって非農業部門での雇用が生じ、労働者はより高賃金な労働を求める傾向があるためである。一方で、非農業労働者数においては農業技術進歩によって農業部門から労働者人口が移動してくる。さらに、非農業技術進歩が農業部門からの労働力人口を引っ張るために、非農業労働者数での農業技術進歩と非農業技術進歩の影響は、農業労働者数の変動に対応したものとなっている。以上のような相互作用を、山口氏は「技術進歩の非対称性」と捉えており、その後も研究対象としての分析と考察が重ねられている<sup>25</sup>。さらに（山口ら 2020）によると、経済成長において、農業部門が縮小している経験的な現象の要因のひとつとして、技術進歩の非対称性があるという（山口・衣笠・中川 2020：79）下図は、技術進歩の非対称性について、図式化したものである（図6）。

技術進歩と労働力人口についての山口の分析より、農業部門においては技術進歩によって、農業労働者が非農業部門へと移動し、非農業部門の労働生産力へと貢献する。非農業部門では、技術進歩が農業部門の労働者人口を引き出す。つまり、農業の成長について労働力人口の視座からの考察においては、技術進歩による農業の

24 外生変数と内生変数について、経済学視点より説明を加えておく。外生変数は経済分析における対象ではなく、あらかじめ与えられた変数である。そして内生変数は、経済分析での対象として、そのモデルの中で決定する変数である。

25 例えば、山口（1994 a）や山口（1994 b）、山口・衣笠・中川（2020）がある。

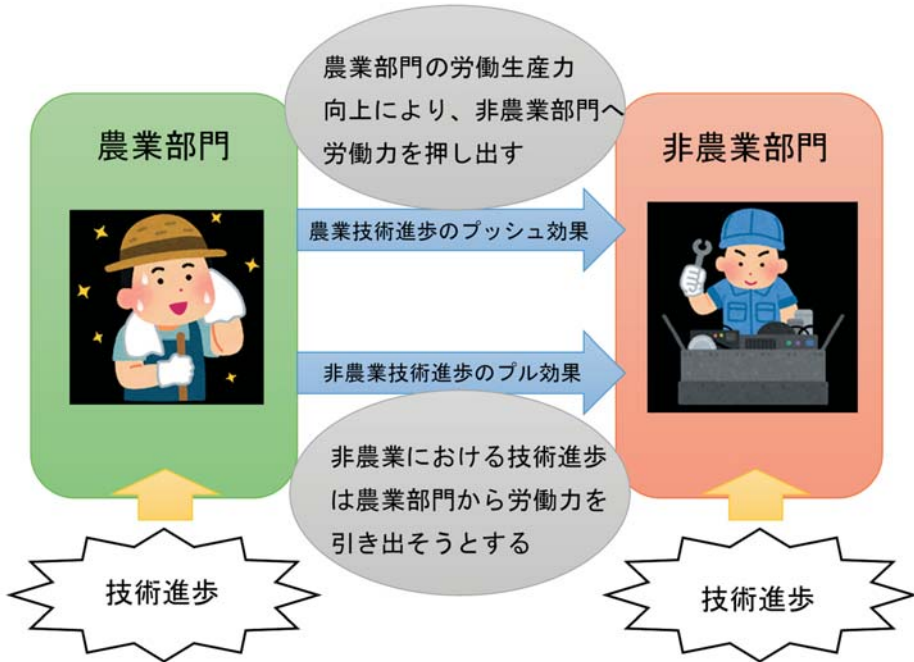


図6 技術進歩の非対称性

[出所] 山口三十四 (1982)『日本経済の成長会計分析—人口・農業・経済発展』有斐閣、121-125頁をもとに筆者作成。

成長が非農業の成長にも寄与していることが明らかになった。

#### 4-3. 人間社会における農業の重要性

農業は食糧（食料）生産の基層、人間社会の発展に向けた準備段階、さらには技術革新によって生産性の向上による農業の成長などを通じた人間社会への貢献において、なくてはならない存在であった。こうした農業の存在感を生源寺は、「農業が経済の成長および発展を支えた縁の下の力持ちであった」と表現している<sup>26</sup>。例えば、日本の近代化（明治期）においては、西欧に倣った手工業などが人間社会や経済成長に大きく貢献したと思われがちである。だが、そうした原動力を担ったのが農業であり、さらに農業の成長が近代化を牽引したのである。さらに、農業の成長については技術革新が要因としてかかわっている。そして、農業が成長することは、他の部門における新たな段階へとつながることになる。

人間社会では農業それ自体、あるいは農業の新たな段階への発展へと、農業にか

26 生源寺眞一 (2013)『農業と人間—食と農の未来を考える』岩波書店、111頁。



かわる技術革新がそれぞれ重要な役割を果たしてきた。スマート農業でも、そうした役割を果たす可能性がある。

## V. スマート農業のあり方

### 5-1. はじめに——検討の方向性

日本のスマート農業は、少子高齢化を前提とした担い手不足と労働力不足などを見据え、それらの諸課題を解決する糸口として期待されている面もある。とくに、スマート農業がもたらす省力的、かつ効率的な動作は、人間社会の発展において魅力的にさえ感じてしまう。一方で、スマート農業を期待される面だけで受け入れることはいささか尚早である。スマート農業が万能薬であるという保証はなく、留意しながら向き合うものではないだろうか。そこで、①スマート農業における「産業化」への問い、②農業の特性とは、2点の視座よりスマート農業のあり方を検討していくことにしたい。前者については、2-2. から明らかになったように産業としてのスマート農業が色濃い政策である。政策として、単純にスマート農業を産業化することによって、わが国の農業における課題の克服や安定した食糧（食料）の生産などにつながるのか懐疑的である。また後者は、農業について、他の産業にはない特性を有しているためである。先述のように、IV. では農業が人間社会にどのように貢献してきたかをみてきた。とくに、日本の場合は土地の規模についての地理的な制約により、土地生産性の向上を目指す技術革新に重点がおかれてきた経緯がある。つまり、どれほど最先端な農業であっても自然の存在を忘れてはならないのである。

### 5-2. スマート農業における「産業化」への問い

スマート農業の「産業化」については、先述のようにわが国の政策としてもひとつの指針である。ところで、「産業化」を前提にしたスマート農業は望ましいものなのであろうか。本節では、スマート農業の「産業化」を問うことでスマート農業のあり方を検討することにつながる。

まずは、「産業化」とは何であるか。実のところ、一般的に明確な定義づけがされているわけではない。日本人の間でもっとも広く知られている辞書である『広辞苑』において、「産業化」の辞書的意味として記載がない<sup>27</sup>。つまり、「産業化」は

27 岩波書店より2018年に刊行された『広辞苑 第7版』を参照にした。

多くの人々にとって馴染みのある言葉であるにもかかわらず、その意味が一般的な定義（ここでは、辞書による定義）として明確には存在していない。それゆえ、「産業化」そのものについての再考が必要となる。

そこで、「産業化」を再考するにあたり、社会学者のブルーマー(Herbert Blumer, 1900-87)の『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』が示唆に富んでいる。彼は、同書を通じて社会変動の原因としての産業化の役割を批判的に分析する立場をとっている<sup>28</sup>。産業化によって社会そのものが変容したという理解は人々にとって普遍的な考えかもしれない。だが、ブルーマーは産業化の概念の多義性をふまえ、「産業化と他の諸過程との混同」を指摘している<sup>29</sup>。つまり、産業化が人間社会の変化とあたかも同一のようであるとみなされることが多いという。本節では、産業化が人間社会の他の諸過程と混同していることを念頭に、スマート農業における産業化への問いかけをしていく。「産業化と他の諸過程との混同」についてより具体的にみていくと、「1 産業化と経済成長」、「2 産業化と技術発展」、「3 産業化と産業発展」、「4 産業化と都市化」、「5 産業化と近代化」が混同の例として挙げられる。確かに、いずれの混同についても私たちは何気なく理解し、考え方として用いている。わが国のスマート農業では、産業化を目指す上で、さらなる技術革新や経済成長を念頭においている。そのため、「1 産業化と経済成長」「2 産業化と技術発展」の観点より、スマート農業の産業化を問うことにする。

「1 産業化と経済成長」では、一般的に産業化が経済成長の一形態であるとし、両者が同じではないことをブルーマーは論じている<sup>30</sup>。そして、産業化と経済成長の関係について、以下のような考察を行っている。

（再び、経済成長の基準に照らして）産業化が経済成長なしに生ずるかもしれないと言ってもよい。産業化されることになると、国あるいは地域はその経済的幸福をより悪化させるかもしれない。すなわち、その1人当たりの収入は低下し、そして、その経済的製品の供給は減少するかもしれない(Herbert Blumer 1990=1995: 46)。

すなわち、産業化が経済成長に寄与する側面もある一方で、逆に経済成長の低下

28 Herbert Blumer 1990=1995、片桐ら訳『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』勁草書房、25頁。

29 Herbert Blumer 前掲書、45-46頁。

30 Herbert Blumer 前掲書、46頁。

につながる可能性も否定できないのである。この点において、スマート農業が産業化されることでわが国の経済成長に寄与するという、絶対的な断言はできない。さらに、経済成長は非常に多様かつ複雑であり、その要因に具体的なシンボルを確定させることが困難であるという<sup>31</sup>。スマート農業の産業化について、それらが今後のわが国における経済成長の表面的なシンボルになることは懸念すべきである。すでに確認したように、農業分野は経済成長においては農業それ自体、あるいは農業における技術革新などが貢献してきた。ただ、そうした農業分野がすべてにおいて産業化されたわけではなく、産業化の性質をもたない事例が経済成長に寄与したこともある。

産業化と経済成長を混同することは、それぞれをより曖昧なものにしてしまう。そして、産業化が経済成長をもたらすという理解は表面的なものに過ぎないのである。スマート農業においても、単純に産業化することで経済成長につながるという理解ではなく、もっと本質的な意義を検討していく余地がある。

「2 産業化と技術発展」について、ブルーマーは研究者の間でも産業化が技術発展のひとつの形態として捉える傾向を指摘し、産業化が必ずしも技術発展のみに帰結しないという<sup>32</sup>。スマート農業においても、同様のことが考えられる。確かに、スマート農業の産業化では技術発展は重要な要素のひとつである。しかし、技術発展以外にもスマート農業では、省力化による農業者の雇用形態や関連する法律の整備などに影響を与える可能性がある。つまり、産業化は社会的にも幅広い影響があり、技術発展だけにとどまらない。さらに、産業の技術的変動のもつ社会的意義が、直接的に社会に影響することよりも、産業のパターンにどう影響するかを理解する必要があると指摘する<sup>33</sup>。確かに、私たちは魅力ある技術的変動と出会ったとき、それらが社会的にどのような変化をもたらすのかを考えがちである。ゆえに、産業における技術的変動が産業のパターンにどう影響するかの考察が看過されている。スマート農業でも、技術的な変動がやがては社会的な変化へとつながり、農業の新たな段階への飛躍が期待されている面もある。しかし、スマート農業の技術的変動がもたらす農業への影響について、冷静な見解もある。梅本（2019）によると、スマート農業の技術そのものが技術体系の変革や農法転換を意味するものではないことに留意する必要があるといい、例えば自動運転によるトラクターや田植機による作業では、従来と比べてそうした作業の本質が根本的に変わるものではないと指

31 Herbert Blumer 前掲書、47頁。

32 Herbert Blumer 前掲書、48頁。

33 Herbert Blumer 前掲書、49頁。



図7 自動運転トラクター（株式会社クボタ）

[出所] 株式会社クボタホームページ、(URL：[https://www.kubota.co.jp/news/2017/17-23\\_j.html](https://www.kubota.co.jp/news/2017/17-23_j.html), 最終閲覧日2021年7月21日)より転載。

摘している（梅本 2019：218）。

すなわち、スマート農業においても技術的変動が直ちに社会的な変化に帰結することに期待しがちであるものの、泰然と農業への影響を考察することでスマート農業の技術的変動が社会的に大きな変化をもたらすわけではない。

本節では、スマート農業の「産業化」を問うために、社会学者のブルーマー氏の産業化に対する批評の一部を紐解くとともに、スマート農業での「産業化」について検討してきた。スマート農業では、現在進行中の政策において成長産業化やAI・ICT分野の技術開発とその向上などに焦点がおかれがちである。政策面では、政策の実効性や具現性を考慮し、スマート農業を誰もが理解しやすい、かつ魅力的なものであることを打ち出すことの必要性は否定できない。しかし、それらを産業化として単純に内包することは曖昧さや誤謬を生じることを留意しておくべきである。

### 5-3. 農業の特性とは——自然とかかわる農業

まず、農業とは何であるかを問うことにしたい。農学者の柏祐賢（かしわ すけかた、1907-2007）は『農学原論』において、農業とは「有機的生命体の経済的な獲得という人間の目的的な営為の秩序あるいは体系<sup>34</sup>」であると見解している。注

34 柏祐賢（1974）『農学原論』第8版、養賢堂、125頁。

目すべきは、有機生命体に人間がかかわるという本質である。つまり、人間が自然とかかわることによって、人間が恩恵を享受する営みが農業といえる。そこで本節では、自然にかかわるという視点から、農業の特性について、いくつかの思想をもとに考察を深めていく。

哲学者のハイデガー（Martin Heidegger, 1889-1976）は、技術への問い<sup>35</sup>において、ドイツ語の耕すこと〔bestellen〕はかつて、世話すること、あるいは面倒をみることの意味であったことをふまえ、農業は人間が自然を見守るという立場を示した<sup>36</sup>。そのうえで、今日の農業は、自然をかり立てる別の種類のベシュテレン〔Bestellen〕、すなわち挑発するという意味で自然をかり立てるものになってしまったという。つまり、今日では農業が人間中心的になっていることを鋭く考察している。自然を基盤として、必要に応じて人間が自然の手入れを行うことこそが元来の農業であると主張した。

つづいて、経済学とかかわる農業の考え方を取りあげる。アダム・スミス（Adam Smith, 1723-90）と並んで、経済学の先駆的な存在であるフランソワ・ケネー（François Quesnay, 1694-1774）は、主著『経済表』において農業こそが富の源泉であると主張した。

同書では、経済活動における生産的支出と不生産的支出に区別したモデルを用い



フランソワ・ケネー（François Quesnay, 1694-1774）

35 本論文で参照している森一郎の邦訳書は、1985年にネスケ社から出版された『講演と論文』（Martin Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*, Neske, 1985）における技術に関する部分である。なお、『講演と論文』は1954年に刊行された。

36 Martin Heidegger 1954=2019、森一郎編訳『技術とは何だろうか——三つの講演』講談社、113頁。



て、経済の先駆的な理論を構築した。以下に、ケネーの記述を引用しておく（傍点は原文ママ）。

生産的支出は、農家、草原、牧野、森林、鉱山、漁業などに用いられ、その目的としては、穀物、飲料、木材、家畜、手工加工品の原料などのかたちで、富を永續させるものである。

不生産的支出は、手工業商品、居宅、衣装、金利、奴婢、商業経費、外国産製品などのかたちでなされる<sup>37</sup> (François Quesnay, 1759=2013, 平田・井上訳：37)。

前者に含まれる農業は、自然と人間が共同でかかわって新たな富が生産される。一方で、後者の工業や商業などは農業などのように新たな富を生産しないという。なぜなら、工業や商業は農業で生産されたものを加工、販売した財・サービスに過ぎないためである。そして、それらは人々に消費されることで、生産と消費で相殺するために新たな富を生まない。また、農業を富の源泉と考えることは、土地もまた富の源泉であることを明快に論じた。こうしたケネーの思想は重農主義として知られている。すなわち、農業は自然と人間がかかわることで自然の生産した分だけ、新たな富が創出されるという。そうした富の創出には、土地が基盤である。農業における要素としての土地は、他の産業（ケネーの考える不生産的なもの）よりも、きわめて重要である特性を有している。ケネーは、経済に自然の果たす役割を明確にした理論を構築したのである。そのうえで、農業が自然と人間の共同で行われることをふまえ、ほかの工業や商業とは異なる特性（＝新たな富の生産）をもっていると理論づけたのである。

さらには「農本主義」という思想がある。農業史研究者である藤原辰史(1976-)は、農学者の横井時敬(よこい ときよし、1860-1927)が日本ではじめて「農本主義」という言葉を用いたという<sup>38</sup> (藤原 2021：107)。「農本主義」は字面のとおり、農は一国の本として基盤であると解釈されている。社会学者の菅野正は、農本主義について、ひとつの思想として確立され、完結しているものではなく、各人

37 なお、ケネーの *Tableau économique* (「経済表」)の初版は1758年12月に印刷されたといわれているが、この「生産的支出」及び「不生産的支出」は、ケネーの経済表第三版(1759年秋から冬にかけて第二版よりも数多く印刷されたといわれる)の「経済表の説明」において言及されている。そのため、本文及び脚注、参考文献では1759年を出版年として記載している。(Quesnay, F., (1759)., *Tableau économique*, (邦訳)ケネー(著)、平田清明・井上泰夫訳(2013)『ケネー 経済表』岩波書店、37頁及び293頁参照。)

38 横井時敬の農本主義思想については、藤原辰史(2021)『農の原理の史的研究——「農学栄えて農業亡ぶ」再考』創元社に詳しい。

がそれぞれ重点のおき方を異にしているという（菅野 1996：4）。つまり、個人によって農本主義の捉え方はさまざまである。しかし、農業を重んじるという根底の思想はおおよそ共通しているのではないだろうか。そこで、菅野が指摘している農本主義における4つの共通項を整理しておく。

第一に、農は国の本であり、土台であるという考え方である。菅野は、何人かの思想<sup>39</sup>を列挙しつつ、それぞれ重点が異なっても農は国の本であり、土台という思想はおおよそ一致すると見解している。

そして第二に、農を通じて自然とともに生き、自然に帰るのが人間本来の生き方とする思想である。自然という超越的な存在（超人間的な論理性と化育性）に対して、自然のもつ窮極的な価値を見出すことで、人間の生活の目的を自然と一体化させることを目指すものである。

第三には、大地を耕して額に汗する勤労こそが、人間の一番美しい生き方であり、人間的価値の根源とする価値観<sup>40</sup>である。この思想は、近現代の資本主義に基づく生産の合理性に対立するものである。農業における労働を単なる生産としてではなく、労働それ自体が人間的価値の根源である。人間が汗水を垂らして土を耕すことは、人間の「心を耕すこと」である。農業労働は勤労であり、人間の生き方の本質なのである。

第四に、農本主義の本質として、家族主義的小農経営を前提とし、それを維持、あるいは強化するための思想として成立し展開してきたというものである。家族は、農本主義思想と深くかかわりがあるという。家族について、農本主義者であった橘孝三郎（1893-1974）は「人間の人間たるゆえんである人道的結合の形成母体であるとともに、人間の生活体の基礎である<sup>41</sup>」と主張している。すなわち、農本主義が農業の単なる擁護論として展開されてきたわけではない。農業の本来的な経営形態として、家族主義的小農経営であることが国の本であるとし、そのためには家族が重要な要素であった。

さて、農本主義について根底にある思想の考察からは、農業を国、あるいは人間社会と自然のかかわりにおける基盤としていることが明らかとなった。農本主義は、農業を重んじる根底は共通しており、それらを何と関係づけて思想を深めていったかのところでさまざまな解釈がなされたといえよう。

39 菅野は、同論文において品川弥二郎氏、加藤完治氏の三者それぞれの思想について細やかな考察を行っている。

40 菅野によると、こうした思想をもっとも示しているのが橘孝三郎であるという。

41 菅野正（1996）「農本主義について考える」『村落社会研究』第3巻、第1号、6頁。

以上のように、ハイデガーの農業観、ケネーの重農主義、農本主義を挙げつつ、いくつかの視座から、農業がもつ特性をみてきた。いずれも、自然とかかわることによってもたらされる農業の持ち味を重要視している。つまり、農業は人間と自然がかかわりをもつものといえる。このことは、他の産業にはあまりみられない農業ならではの特性である。そのため、こうした農業の特性を考慮することはスマート農業においても看過することはできない。

#### 5-4. スマート農業のあり方

本章における、①スマート農業における「産業化」への問い、②農業の特性とは、という2つの論点をふまえ、本稿の論題かつ真髄となるスマート農業のあり方を論じていく。①自然とかかわることを肝に銘じておく必要性、②スマート農業は、農業分野の諸課題を解決する万能薬ではないこと、③技術がもたらす魅力に信奉することなく、農業の本質と目的を見失わないこと、以上の3つをスマート農業のあり方として結論づける。

まずは「自然とかかわることを肝に銘じておく必要性」である。今後も農業が自然とかかわりを有することはおおよそ不変である。一方で、スマート農業では先端技術の駆使により、より人間中心的な農業へと進む懸念がある。無論、人間中心的な考え方は私たちも含めて今日の社会で息づいている面もある。しかし、人間中心的な面が行き過ぎてしまうことは、自然の摂理との矛盾をもたらし。そして、自然の摂理を軽視して人間中心的な考え方を追求するなかで、自然は人間に対して牙をむいてきたことは歴史においても数多なる史実がある。ハイデガーやケネーの農業観、農本主義といった思想をふまえると、農業はそれ自身だけではなく、自然と共にあってこそ成立するといえる。

つづいて「スマート農業は、農業分野の諸課題を解決する万能薬ではないこと」である。特に、スマート農業のもたらす魅力的な面が日本農業にとって有望なものとして強調されていることへの懸念がある。確かに、わが国の農業を取り巻く現状は依然と厳しい。「令和元年度 食料・農業・農村白書」によると、前回(2015年)の食料・農業・農村基本計画の策定以降、生産農業所得の増加、農林水産物・食品における7年連続の輸出額の最高値の更新、49歳以下の新規就農者数の2万人の水準を維持したこと、これらを成果として挙げている。しかし、本格的な少子高齢化・人口減少を背景とした、農地面積や農業就業者数が減少し続けており、生産現場は厳しい状況であるという(農林水産省 編 2020:8)。そのため、政策として課題の解決に向けた打開策が求められるなかでスマート農業はひとつの可能性とし

て脚光を浴びているといえる。ところで、政策としてスマート農業が「産業化」の名目で加速することによって、日本農業の現状への万能薬になるという誤解は避けるべきである。

そして最後に、「技術がもたらす魅力に信奉することなく、農業の本質と目的を見失わないこと」である。ここで、スマート農業につながる精密農業が初出した頃に農業にかかわる技術革新の将来性を洞察した興味深いものを紹介する。

バイオテクノロジーやメカトロニクスなどの先端技術は、あくまでこれら諸技術の開発のための手法にすぎない。手法ばかりをふりまわし、それにおどらされて、目的を見失っては、「バイテク栄えて農業衰う」という事態を招きかねない（楠淵 1987：4）。

上述の見解は、当時の農業研究センター所長であった楠淵欽也によるものである。歴史の中でも、新たな技術は魅力的なものとして多くの人々を引きつけた。しかし、冷静かつ客観的に捉えると、それらは手法のひとつである。新たな技術を農業へと応用するに際して、仮に技術ばかりが先行して農業の本質と目的が置き去りにされる状況は、まさに本末転倒である。農業の技術革新にかかわる将来に向けて、こうした展望があったことは、スマート農業においても通じるものであり、訓戒のひとつといえよう。スマート農業が「バイテク栄えて農業衰う」という状況に陥らないためにも、技術的な魅力と手法に信奉せず、農業が人間社会にとってどのような目的と意義があるかを問い続ける必要がある。そのためには、技術革新が何をもたらすのかを検討し、農業が人間社会にとってどのような存在であり、役割を担っているのか（あるいは、担ってきたのか）を再考していくことが私たちに求められる。

## VI. 今後の展望——スマート農業が描く未来

今後の展望として、スマート農業の未来を<sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup><sup>・</sup>考え続けることの意義をもって本稿のむすびとしたい。

本稿の全体像を今一度、確認しておく。まずは、スマート農業の概念や歴史について概観した。そのうえで、スマート農業で注目される技術革新とは何か、そして農業が人間社会にもたらす影響と技術革新のかかわりを考察した。それらをふまえ、スマート農業のあり方について、いくつかの視点から検討を試みた。これまで

の考察を鑑みると、今後も多角的な分野から、スマート農業の未来を考え続けることが肝要ではないか。スマート農業によって未来の社会、とりわけ未来の農業をどのようなものにしたいのか、こうした構想をひとつのユートピアとして描いておくことは、期待されるスマート農業が実現のためにも大きな原動力になる。もちろん、ユートピアを語るだけでは現実から乖離した状況を生じかねない。さらに、ユートピアが実現する確固たる保証は断言できない。だからこそ、スマート農業が描く未来のユートピアを抱きつつも、スマート農業について考え続けることが必要となる。スマート農業にかかわる農業者をはじめとした関係者はもちろん、私たちも無縁ではない。人々の日常生活に必要不可欠な食べ物は誰しもにとって身近である。農業が人間社会や経済などにもたらしてきた影響は歴史的にも意義深いものであった。それゆえ、スマート農業が描く未来像としてのユートピアは社会全体であらゆる人々が考えていく姿勢が大事といえる。

そして、考え続けることについて少しばかり補足を行いたい。今日の人間社会は、さまざまな危機や課題に直面している。いな、それらから目を背けることはもはやできない状況である。容易に解決できない危機や課題があるからこそ、私たちが考え続けることには大きな意義がある。さらに、考え続けることを1人でも多くの人々と「対話」を通じて共有していくのである。本稿のテーマであるスマート農業における日本の動きについても、こうした動きが活発になることを期待するとともに、本稿がその一助になれば幸いである。

#### 参考文献・参考URL

##### (和文)

- 池上甲一 (2015) 「スマート農業の生み出す世界——その得失をどう評価するか」『農業と経済』第81巻第3号、2015年、5-18頁。
- 池上甲一 (2019) 「ICT/AI技術は農法たりえているか——農業技術と農法論の観点から」『農業と経済』第85巻第3号、72-86頁。
- 植田和弘・大塚直 (2015) 『新訂 環境と社会』放送大学教育振興会。
- 梅本雅 (2019) 「日本農業における技術革新——経過と展望」『農業経済研究』第91巻第2号、207-220頁。
- 柏祐賢 (1974) 『農学原論』(第8版)、養賢堂。
- 菅野正 (1996) 「農本主義について考える」『村落社会研究』第3巻第1号、1-8頁。
- 櫛淵欽也 (1987) 「農業技術革新への道」『農業技術』第42巻第1号、1-4頁。
- 生源寺眞一 (2013) 『農業と人間——食と農の未来を考える』岩波書店。
- 谷口信和編 (2015) 『アベノミクス農政の行方——農政の基本方針と見直しの論点』農林統計協会。
- 農業情報学会編 (2014) 『スマート農業——農業・農村のイノベーションとサステナビリティ』農林統計出版。



- 農業情報学会編（2019）『新スマート農業——進化する農業情報利用』農林統計出版。  
野田公夫（2020）『未来を語る日本農業史』昭和堂。  
速水佑次郎・神門善久（2002）『農業経済論 新版』岩波書店。  
藤原辰史（2021）『農の原理の史的研究——「農学栄えて農業亡ぶ」再考』創元社。  
山口三十四（1982）『日本経済の成長会計分析——人口・農業・経済発展』有斐閣。  
山口三十四（1994 a）『産業構造の変化と農業——人口と農業と経済発展』有斐閣。  
山口三十四（1994 b）『新しい農業経済論』有斐閣。  
山口三十四，衣笠智子，中川雅嗣著（2020）『新しい農業経済論（新版）マクロ・ミクロ経済学とその応用』有斐閣。

（邦訳）

- Blumer, H., Maines, D.R., and Morrione, T.J., (ed.), (1990), *Industrialization as an Agent of Social Change*, Walter de Gruyter, Inc., New York. (〈邦訳〉ハーバート ブルーマー (著), デヴィッド・R. メインズ (編集), トマス・J. モリオオーネ (編集), 片桐 雅隆, 土肥 豊, 上田 裕, 野田 浩資, 山田 重樹 (翻訳) (1995)『産業化論再考——シンボリック相互作用論の視点から』勁草書房。)
- DeFries. R., (2014), *The Big Ratchet: How Humanity Thrives in the Face of Natural Crisis*, Basic Books (〈邦訳〉ルース・ドフリース (著), 小川 敏子 (翻訳) (2021)『食糧と人類——飢餓を克服した大增産の文明史』日経BP、日本経済新聞出版本部。)
- Heidegger, M., (1954), *Die Frage nach der Technik* in, Martin Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*, Neske, 1985. (〈邦訳〉マルティン・ハイデガー (著), 森 一郎 (編集, 翻訳) (2019)『技術とは何だろうか——三つの講演』(第1刷発行)講談社。)
- Quesnay, F., (1759), *Tableau économique*, (〈邦訳〉ケネー (著), 平田清明・井上泰夫訳 (2013)『ケネー 経済表』(第1刷発行)、岩波書店。)
- Rostow. W.W., (1960), *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*, Cambridge University Press, (〈邦訳〉W.W.ロストウ (著), 木村 健康 (翻訳), 久保 まち子 (翻訳), 村上 泰亮 (翻訳) (1974)『増補・経済成長の諸段階——一つの非共産主義宣言』第2版、ダイヤモンド社。)
- Schumpeter, J.A., (1926), *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, 2. Aufl., (〈邦訳〉J.A. シュムペーター (著), Joseph A. Schumpeter (原著), 塩野谷 祐一, 東畑 精一, 中山 伊知郎 (訳) (2021)『シュムペーター 経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究(上)』(第37刷発行)、岩波書店。)

（欧文）

- Hayami, Y. and Ruttan, V.W., (1985), *AGRICULTURAL DEVELOPMENT: An International Perspective*, revised edition, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Earl O. Heady (1949), 'Basic Economic and Welfare Aspects of Farm Technological Advance', *Journal of Farm Economics*, Vol.31, No.2, May 1949, Oxford University Press, pp.293-316.
- Solow, R.M (1957), 'Technical Change and the Aggregate Production', *The Review of Economics and Statistics*, Vol.39, No. 3, The MIT Press.

（URL）

- 農林水産省HP「スマート農業の実現に向けた研究会」URL:  
[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/index.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/index.html)

(最終閲覧日 2021年5月21日)

農林水産省 (2014) 「スマート農業の実現に向けた研究会」 検討結果の中間とりまとめ (平成26年3月28日公表)

URL : [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g\\_smart\\_nougyo/pdf/cmatome.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月21日)

農林水産省 編 (2020) 「令和元年度 食料・農業・農村白書」 (令和2年6月16日公表)

URL : [http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/r1/attach/pdf/zenbun-2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r1/attach/pdf/zenbun-2.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

農林水産省 (2020) 「スマート農業の展開について」 (2020年8月)

URL : [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/pdf/smart\\_agri\\_tenkai.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/pdf/smart_agri_tenkai.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月18日)

農林水産省、農業・食品産業技術総合研究機構 (2020) 「スマート農業実証プロジェクトによる水田作の実証成果 (中間報告)」 (令和2年10月)、農林水産省 (MAFF)、農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO)

URL : [https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart\\_agri\\_pro/pdf/jissho\\_data/r1/chukan\\_houkoku\\_suidensaku.pdf](https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/pdf/jissho_data/r1/chukan_houkoku_suidensaku.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

農林水産省、農業・食品産業技術総合研究機構 (2021) 「スマート農業実証プロジェクトによる実証成果 (中間報告) 【畑作、露地野菜、施設園芸、果樹、地域作物等】」 (令和3年3月)、農林水産省 (MAFF)、農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO)

URL : [https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart\\_agri\\_pro/pdf/jissho\\_data/r1/chukan\\_houkoku\\_suidensakuigai.pdf](https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/pdf/jissho_data/r1/chukan_houkoku_suidensakuigai.pdf)

(最終閲覧日 2021年5月22日)

## 付記

本稿は、2020年度から始まった、教員及び学生有志の勉強会である長崎県立大学古典勉強会の議論の中で出てきたトピックが農業や技術、交通、都市、エネルギー、まちづくりなど、個々の参加者の問題関心ともつながっていった。それで、「スマートシティ」「スマート農業」関連の本や論文、最新の研究動向についても読んで議論しようということで、2020年8月~10月にかけて実施したのが長崎県立大学 スマートシティ勉強会である。本稿は、スマートシティ勉強会の成果の一部である。