

中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況の分析

—産業セクター融合による地域イノベーションの可能性—

Analysis of Application Status of SMEs Basic Technologies to Smart Agricultural Sector: Potentialities of Regional Innovation by Industry Sector Fusion

北嶋 守*

Mamoru Kitajima

***** 目 次 *****

1. 問題の所在
2. スマート農業に関する先行研究レビュー
3. 「スマート農業」の考え方の普及プロセスと定義
4. 中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況の分析
5. 考察：産業セクター融合による地域イノベーションの可能性
6. 結論にかえて

1. 問題の所在

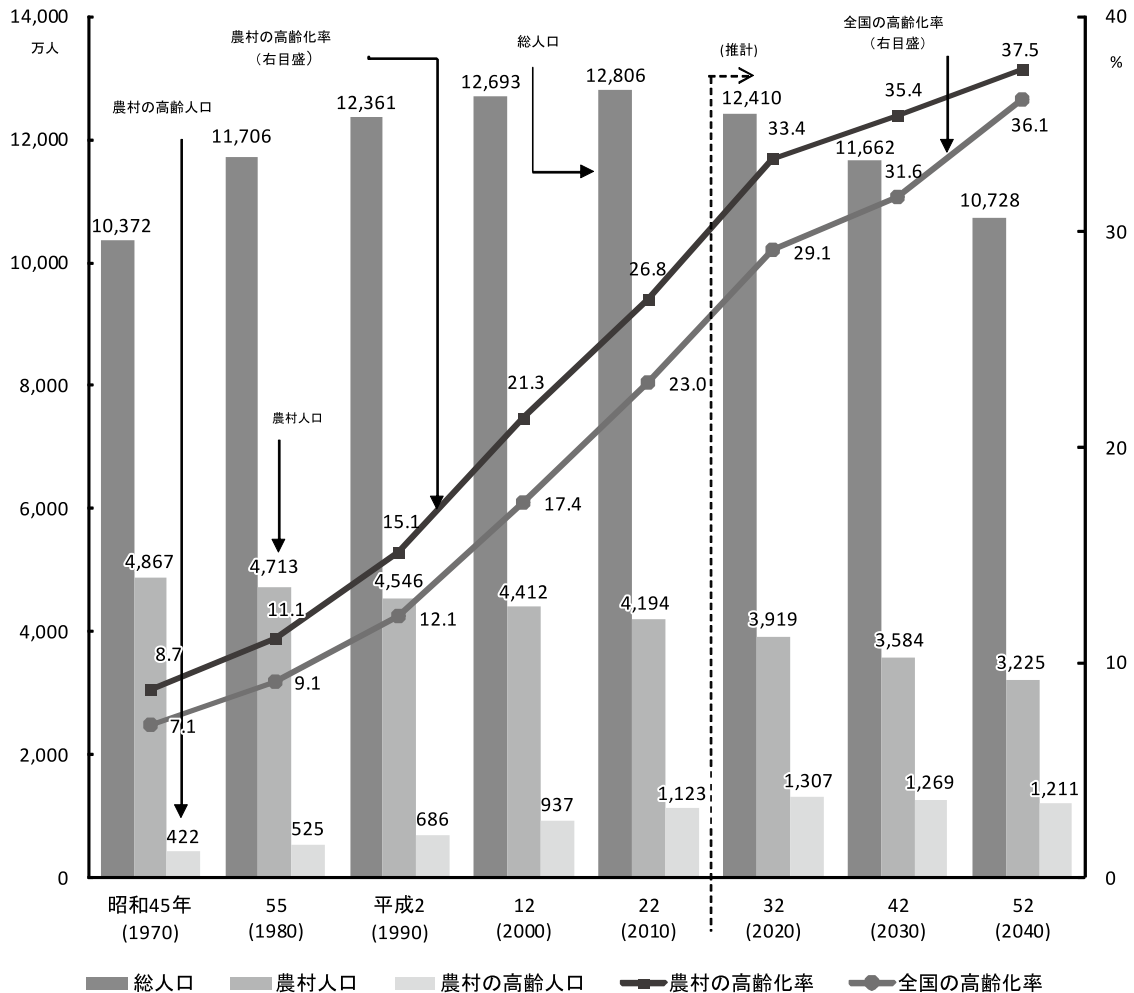
日本農業の産出額は、1984年の11兆7,000億円をピークに長期に亘り低下傾向にある。高度経済成長の中で労働力や土地が第2次産業や第3次産業へと流出し、農業産出額、農業従事者ともに大きく低下した。農業から工業等への人材移行が経済発展を下支えするという現象は世界中で見られる傾向であるが、その後は農業が低迷するか、それとも米国などの農業大国や欧州のようにある程度盛り返すことができるか、道は分かれているとされる¹。加えて、日本の人口は2008年をピークに減少傾向に入り、特に、農村地域の人口減少及び高齢化の進行は顕著で、2010年の農村の高齢化率は26.8%に達し、2020年には33.4%に達すると推計されている（図表1参照）。こうした状況だけを見ると日本農業の未来に明るさを見出すことは難しいが、近年、曙光となる現象が起きている。それは、40歳以下の新規就農者数の増加である（図表2参照）。2014年に40歳以下の新規就農者数は2万1,860人となり、就農形態別で見ると新規自営農業就農者が1万3,240人で最も多く、次いで新規雇用就農者の5,960人、新規参入者の2,650人となっている。勿論、新規自営農業就業者、新規参入者共の殆どが「営農技術の習得」を課題としており、非農家出

* 一般財団法人 機械振興協会 経済研究所 次長 兼 調査研究部長

¹ この分析については、三輪他（2016）pp. 3-4を参照。

身者を中心とする新規参入者では、「資金の確保」や「農地の確保」が大きな課題となっていることも事実である²。しかし、日本農業が危機的状況にある中であって、40歳以下の新規就農者数の増加は、日本農業の新たな展開を予感させるものである。

図表 1 農村における人口・高齢化の推移と見通し



注：1) 国勢調査における人口集中地区を都市、それ以外を農村としている。

2) 高齢化率とは、総人口に占める65歳以上の高齢者の割合である。

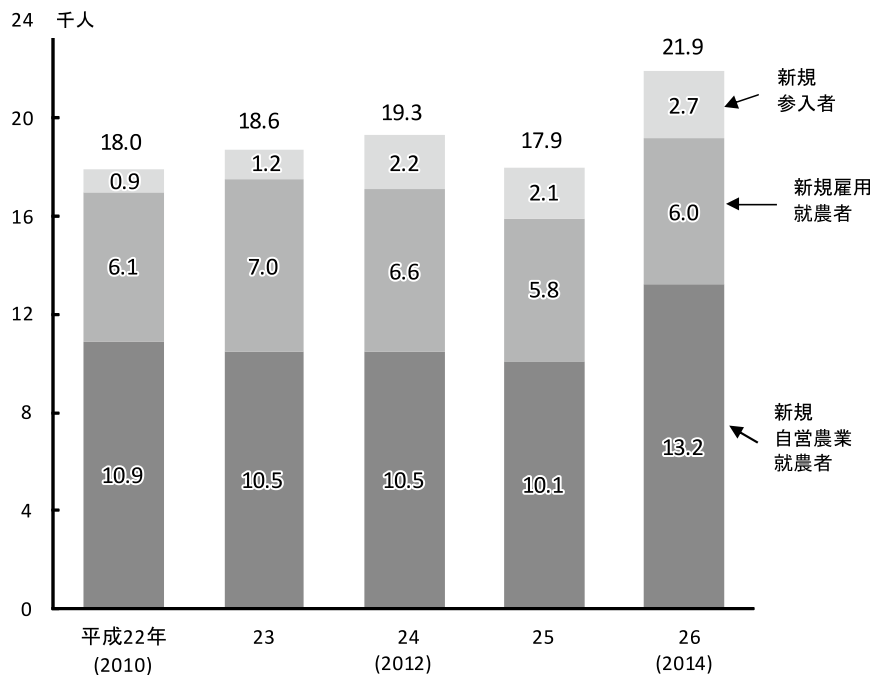
出所：総務省「国勢調査」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」(平成25(2013)年3月推計)に基づく農林水産省の推計。

さらに、日本農業にとってのもう1つの曙光としては、スマート農業³への期待の高まりを指摘することができる。近年、ICT(情報通信技術)やRT(ロボット技術)を活用したスマート農業が注目を集めており、その国内市場規模は、2020年には約300億円になると予想され、スマート農業には、生産性の向上や農作物の高品質化、高付加価値化をもたらす次世代型農業として高い期待が寄せられている⁴。さらに、スマート農業は、農業

² この分析については、「平成27年度食料・農業・農村の動向、平成28年度食料・農業・農村施策(第190回国会(常会)提出)」p.103を参照。

³ 「スマート農業」については、本稿第3節で定義する。

図表2 40歳以下の新規就農者数の推移



注：1) 平成 22 (2010) 年の新規参加者は、東日本大震災の影響で調査不能となった岩手県、宮城県、福島県の全域及び青森県の一部を除いた集計。
 2) 平成 23 (2011) 年以降の調査結果は、東日本大震災の影響で調査不能となった福島県の一部地域を除いた集計。
 3) 平成 26 (2014) 年調査より、新規参加者については、従来の「経営の責任者」に加え、新たに「共同経営者」を含む数値。
 出所：農林水産省「新規就農者調査」。

分野における急進的イノベーション (radical innovation) を可能にするだけでなく、機械関連中小企業にとっても、新事業展開におけるターゲット市場としての意味を持ち始めている。特に、2008年のリーマンショック以降、電子産業を中心に国内受注量が減少傾向にある機械関連中小企業にとって、スマート農業分野は新たな部品供給先として捉えられ始めている。そこで、本稿では、機械振興協会経済研究所が実施した実態調査に基づいて、中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況について分析した上で、産業セクター融合による地域イノベーションの可能性と課題について考察する。

2. スマート農業に関する先行研究レビュー

日本において、「スマート農業」という分野に関する研究論文や調査レポートの発表は、ここ数年で発生している現象と言える⁵。まず、スマート農業に関する最新研究を纏めた論文集としては、農業情報学会 (2014) の『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—』が挙げられる。この論集は4つの章で構成されており、第1章では、スマート農業の展開と方向、第2章では、農業農村の再生と方向、第3章では、ス

⁴ この分析については、川野 (2016) を参照。

スマート化技術について各分野の専門家による論文が掲載されている。そして、最終章となる第4章では、分野別スマート農業について、①圃場、精密農業のスマート化、②野菜作のスマート化、③果樹作のスマート化、④稲作のスマート化、⑤畜産のスマート化、⑥施設園芸・植物工場のスマート化、⑦水産業のスマート化、⑧林業のスマート化、⑨センシングとモニタリングのスマート化、⑩農業機械のスマート化、⑪ロボテックスの応用と農作業のスマート化、⑫農作業管理のスマート化、⑬食の安全確保のスマート化、⑭経営システムのスマート化、⑮農産物流通のスマート化、⑯気象リスクのスマート化、⑰農村エネルギー利用のスマート化、以上17分野に関する論文が掲載されており、理科系以外の人間でも理解し易い内容となっており、この論集は、一般的に入手可能なスマート農業に関する日本で最初の啓蒙書であると考えられる。また、天野（2014）の「スマートの農業の推進」に関する論文は、スマート農業の取り組みの必要性を簡潔に纏めたものであり、スマート農業の普及促進を図る論文と言える。農業分野におけるICT（情報通信技術）の活用に関連する研究やレポートについては、南石・藤井（2015）の『農業新時代の技術・技能伝承—ICTによる営農可視化と人材育成—』、北海道協同組合通信社（2015）の『ICTを活用した営農システム』、南石・藤井（2015）の『農業新時代の技術・技能伝承—ICTによる営農可視化と人材育成—』、南石・長命他（2016）の『TPP時代の稲作経営革新とスマート農業—営農技術パッケージとICT活用—』、三輪他（2016）の『IoTが拓く次世代農業・アグリカルチャー4.0の時代』などがある。なお、三輪は、1990年代以降の農業ICTの長期トレンドを整理した上で、2010年頃から農業ICTの普及が促進されたと分析している⁶。さらに、企業の農業参入の視点からスマート農業の動向を分析したレポートとしては、川野（2016）の「期待が集まるスマート農業の新展開—増加する企業の農業参入とビジネス展望—」がある。一方、農業政策の専門家の視点から日本農業の工業化の必要性を説いた論文としては、山下（2015）の「新たな農業の展開方向」、アグリカルチャーとICTなどのテクノロジーを融合した「アグリテック」という分野に関する最新動向を纏めたレポートについては、橘（2016）の「農家の農家による農家のための農業への転換」などがある。このように、スマート農業については、技術分野、政策分野、ビジネス分野など多岐に亘る論文やレポートが登場してきている。しかし、本稿で示すスマート農業分野への中小企業基盤技術の適用に関する研究は未だ存在していない。

⁵ 後述するように「スマート農業」には農業の機械化が含まれている。日本農業の機械化に関する研究は古く、1つの端緒として、細野（1949）を指摘することができる。彼は論文の中で「農業の機械化なる用語の中には農業機械（farm machinery）の農業への利用の展開過程をふくむ。機械化の展開過程などということは、おかしな言葉であるが、機械化はまさに展開過程に外ならぬ。機械の採用が農業近代化に即應して、互に影響を与えつつ進歩する過程であって、農業市場の展開、経営の専門化、農村階層の分化、農機具工業の発達などの関連なしには、考察できない。その意味で農業機械の採用、生産等の観点からみた農業技術史の一分野とも言えるだろう」（p.82）と示唆に富む指摘をしている。

⁶ この分析については、内閣府（2017）「第4回農林水産戦略協議会資料3・スマート農業が実現する新たな農業の姿—社会実装が始まった農業ICT・IoT技術（2017年1月）」を参照。

3. 「スマート農業」の考え方の普及プロセスと定義

3.1 「スマート農業」の考え方の普及プロセス

では、日本国内で「スマート農業」という考え方は、いつ頃から普及し始めたのだろうか。そこで、本節では、スマート農業の定義、機能（目的）及び中小企業基盤技術適用の規定の説明に入る前に、「スマート農業」の考え方の普及プロセスについて確認する。図表3は、「スマート農業」という言葉が、初めて日本のメディアに登場した2011年から現在（2017年11月9日現在）までの検索結果とスマート農業に関連する施策及び閣議決定等をプロットしたものである⁷。この図表が示すように、検索により「スマート農業」という言葉が最初に登場したのは2011年で、「スマート農業」の考え方が、経済産業省(2011)の「産業構造審議会情報経済分科会中間とりまとめ」において示されている。この「中間とりまとめ」のタイトルは、『『融合新産業』の創出に向けて—スマート・コンバージェンスの下でのシステム型ビジネス展開—』となっており、6つの重点分野の中の「分野5」として、「スマートアグリシステム」に関するアクションプランが提示されている⁸。そして、この分科会に関する記事として、『ガスエネルギー新聞』（2011年8月17日付）において、「スマート農業」という言葉が使用されている⁹。しかし、その後、2013年までは「スマート農業」の検索件数は殆ど増加せず、検索件数が急激に増加し始めるのは、2014年から2015年にかけてである（図表3のグレーゾーン部分）。この背景には、図表3にプロットしたように、2013年6月の「世界最先端IT国家創造宣言」、成長戦略「日本再興戦略」及び12月の「農林水産業・地域の活力創造プラン」の策定を指摘することができる。つまり、これらの宣言及び策定により、翌年の2014年以降から、「スマート農業」の検索件数が増加傾向を示し始めたものと考えられる。また、2014年3月に農林水産省が発表した『『スマート農業の実現に向けた研究会』検討結果の中間取りまとめ』によって、「スマート農業」の概念が整理され、この発表によって、「スマート農業」の考え方がより広く普及し始めたものと考えられる¹⁰。

3.2 「スマート農業」の定義及び中小企業基盤技術適用の規定

本稿では、「スマート農業」の定義及び機能について、農林水産省「スマート農業の実現に向けた取組と今後の展開方向について」（平成28年7月）に準拠し、以下のように定義する。すなわち、スマート農業とは、「ロボット技術、ICTを活用して、超省力・高品質生産を実現する新たな農業である」¹¹。また、その機能（目的）については、同様に農

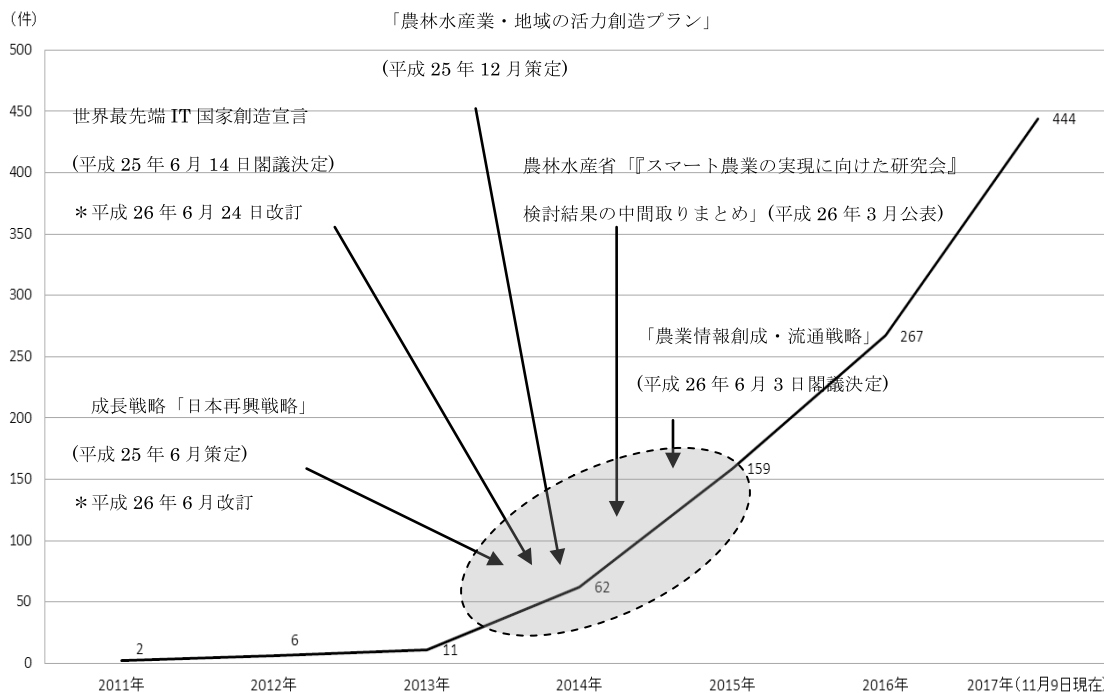
⁷ これは「日経テレコン」において「すべての媒体」（新聞、雑誌、ニュース等々）を設定して検索した結果による。

⁸ この「中間とりまとめ」の中では「スマート農業」ではなく「スマートアグリシステム」という用語が使用されている。「分野5」の内容については、「中間とりまとめ」p.17を参照。

⁹ 2011年の検索結果のもう1件は2月26日に『月刊中国NEWS』に掲載された「中国国務院戦略性新興産業育成と発展に関する決定」の記事であるが、その中で中国移動（チャイナ・モバイル）によるモノのインターネットスーパーマーケットの体験モデルとスマート農業モデルの展示に関する記事で「スマート農業」という言葉が使用されている。記事の詳細については、楊正蓮（2011）pp.76-77を参照。

¹⁰ この傾向は、前述のスマート農業に関する先行研究の登場時期と概ね一致している。

図表3 「スマート農業」の考え方の普及プロセス



出所：「日経テレコン」の検索結果に基づいて筆者作成。スマート農業関連施策については、天野（2014）を参照。

林水産省「スマート農業の実現に向けた取組と今後の展開方向について」（平成 28 年 7 月）に従い、①超省力・大規模生産を実現、②作物の能力を最大限に発揮、③きつい作業、危険な作業からの解放、④誰もが取り組みやすい農業を実現、⑤消費者・実需者に安心と信頼を提供、以上の5つとする。さらに、本稿の分析対象である中小企業基盤技術の適用については、「農業における省力・大規模生産の実現、作物能力の最大限の発揮、きつい作業、危険な作業の緩和、誰もが取り組み易い農業の実現、消費者・実需者への安心の提供、信頼の獲得に向けた中小企業基盤技術の適用」と定義し、具体的には、「農業で必要とされているセンシング技術やクラウドシステム関連などの ICT 分野及び農作業を支援する機器・器具などの RT 関連分野における材料、部品、半製品、完成品の製造あるいは販売活動」と規定する¹²。

4. 中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況の分析

4.1 分析フレーム

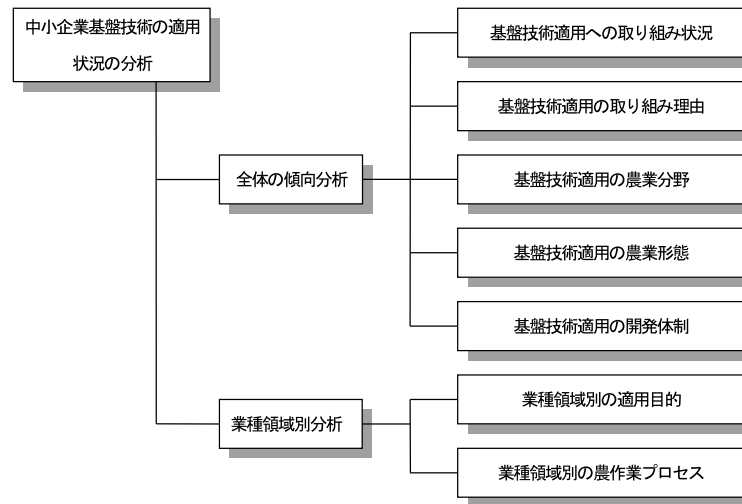
本稿では、中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況について、機械関連中小企業を対象に機械振興協会経済研究所が実施したアンケート調査¹³から得られたデータに

¹¹ http://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/h_event/attach/pdf/smaforum-28.pdf（2017年2月14日閲覧）

¹² この定義及び規定が示すように、本稿の分析では中小企業が自ら農業者として本格的に農業ビジネスを実践する活動は対象としていない。

対して、簡単な分析フレームを設定している（図表4参照）。すなわち、本稿では、中小企業基盤技術の適用状況について、全体の傾向を分析した上で、業種領域別の分析を行っている。そこで、以下では、この分析フレームに基づいて、各分析結果について検討する。

図表4 中小企業基盤技術適用の分析フレーム



出所：筆者作成。

4.2 分析結果

(1) 中小企業基盤技術適用への取り組み

中小企業基盤技術のスマート農業への適用への取り組みについては、予定を含めると2割以上の企業が取り組んでいる状況にある（図表5参照）。この数値は、一見すると低く捉えられがちであるが、既述したように、「スマート農業」という考え方が2015年以降から一般に普及し始めたことを考慮すると決して低い数値とみなすことはできない。寧ろ、中小企業は、スマート農業の可能性に対して敏感に反応している傾向の現れであると推察される。

また、今後も取り組む予定はないとする企業が、全体の7割以上と非常に高い数値を示しているが、今後、スマート農業の考え方がより広範囲に普及することで、中小企業基盤技術をスマート農業分野に適用する動きは活発化するものと予想される。

例えば、中小企業基盤整備機構北海道本部は、道内のスマート農商工連携を支援する取り組みを2018年1月から開始する。道内の農業者とIT関連企業、研究機関とのマッチングを図るため、参加交流型サイト（SNS）や運営する北大ビジネス・スプリング（北大BS、北海道大学連携型起業家育成施設）も活用し、関連セミナー等の開催により、道内の農業やITの産業活性化に繋げたいとしている。さらに、中小企業基盤整備機構北海道

¹³ この調査は、2016年11月下旬から2017年1月上旬にかけて機械振興協会経済研究所が実施した「中小製造業のスマート農業（ロボット技術や情報通信などを活用した農業）分野への参入状況に関する調査」である。対象は国内の機械関連中小製造業1,000社で有効回答数は269件（回収率：26.9%）である。調査の詳細については、機械振興協会経済研究所（2017）を参照。

本部では、「スマート農商工連携 SNS 倶楽部」、「スマート農商工連携カフェ」、「スマート農商工マッチングセミナー」（いずれも仮称）を活用して、情報発信と交流を図りたいとしており、こうした中小企業と農業者の連携を促進する動きは、今後、全国的に拡大するものと考えられる¹⁴。

図表 5 中小企業基盤技術適用への取り組み状況（N=269、SA）

取り組み状況	回答結果 (%)
5年以上前から取り組んでいる	4.8
3年以上前から取り組んでいる	4.5
1年以上前から取り組んでいる	1.9
今年度から取り組みを開始している	2.2
今後1年以内に取り組む予定である	1.5
今後3年以内に取り組む予定である	8.6
今後も取り組む予定はない	74.0
NA	2.6

注：「今年度」とは平成 28（2016）年度のことである。

出所：機械振興協会経済研究所（2017）に基づいて筆者作成。

(2) 中小企業基盤技術適用への取り組み理由

図表 6 に示すように、中小企業基盤技術の適用への取り組み理由（要因）については、受注型企業からの脱却、すなわち「脱下請化指向」が基盤技術をスマート農業分野に適用する最大の要因となっていることが分かる。また、当該分野の国内市場の拡大と既存市場の縮小・競争激化といった自社を取り巻く事業環境の変化への対応も要因となっていることが窺える。換言すると、中小企業では、脱下請化といった自社の経営戦略といった内部

図表 6 中小企業基盤技術適用への取り組み理由（N=63、MA）

取り組み理由（要因）	回答結果 (%)
既存市場の縮小	25.4
既存市場の競争激化	14.3
受注型企業からの脱却	41.3
主要取引先企業からの要請	9.5
当該分野の国内市場の拡大	34.9
当該分野のグローバル市場の拡大	6.3
政府の成長戦略の影響	12.7
自治体・公的機関のセミナー等の影響	1.6
関連業界のセミナー等の影響	0.0
その他	7.9

出所：図表 5 と同じ。

¹⁴ この北海道におけるスマート農業の活性化については、『日刊工業新聞』2017年9月6日掲載記事を参照。また、北海道において、情報を利活用し効率的な営農作業をサポートする具体的な取り組み事例としては、(株)スマートリンク北海道の活動が注目される。この活動の詳細については、機械振興協会経済研究所（2017）pp. 60-63を参照。

環境要因とこれまでの事業を取り巻くビジネス環境の変化といった外部環境要因の2つの要因が作用して、自社の基盤技術のスマート農業への適用を考えているものと推察される。

(3) 中小企業基盤技術適用の農業分野

中小企業基盤技術はどのような農業分野への適用を考えているのか、この点について、機械振興協会経済研究所のアンケート調査では13分野を設定して調査を実施し、図表7のような回答結果を得ている¹⁵。図表が示すように、基盤技術適用の農業分野については野菜の比率が最も高く、次いで果樹、水稲といった順になっており、この3分野に適用分野が集中する傾向が顕著であることが窺える。野菜、所謂「葉物」の比率が高い背景には、植物工場の導入が影響を与えているものと推察され、また、果樹については施設栽培（施設園芸）における温度、湿度等のモニタリングシステムなどの導入が影響しているものと推察される。

一方、水稲については、フィールドセンサーシステムやカメラの設置などICT（情報通信技術）の活用による生育状況の遠隔監視、アシストスーツなど作業支援機器の開発に伴うRT（ロボット技術）、自動走行型農機における準天頂衛星システム（QZSS：Quasi-Zenith Satellite System）の活用といった様々な動きが影響しているものと推察される¹⁶。

図表7 中小企業基盤技術適用の農業分野（N=63、MA）

農業分野（大分類）	回答結果(%)
水 稲	25.4
陸 稲	7.9
麦 類	7.9
雑 穀	7.9
豆 類	6.3
野 菜	49.2
果 樹	38.1
工芸農業	11.1
飼料用作物	4.8
花 き	7.9
薬用作物	9.5
採種用作物	6.3
桑	0.0

出所：図表5と同じ。

(4) 中小企業基盤技術適用の農業形態

図表8は、中小企業基盤技術適用の農業形態の傾向を示したものである。図表から分かるように、農業形態は、露地栽培と施設栽培（施設園芸）に集中している。また、植物工場については、完全閉鎖型植物工場と太陽光併用型植物工場の比率が、ほぼ拮抗してい

¹⁵ この調査では、『日本標準産業分類』「大分類 A 農業、林業」「耕種農業」（ア）の13分野を対象にしている。詳細については、『日本標準産業分類』（平成26年4月1日施行）を参照。

¹⁶ これらの具体的な適用事例については、機械振興協会経済研究所（2017）pp. 9-69を参照。

る¹⁷。

ここで、露地栽培と施設栽培（施設園芸）への基盤技術適用が、特に多くなっている要因について検討してみよう。まず、露地栽培については、農業形態の中でも天候に左右されることが非常に多いこと、農作業が相対的にきつく、危険もあること、農業者が長年蓄積してきた経験知、すなわち暗黙知（tacit knowledge）に依存する傾向が強いといったように、多くの課題が存在していることが考えられる。

これに対して、施設栽培（施設園芸）については、作業の機械化、システム化、自動化の可能性が高い作業形態であることから、特に、各種センサーを活用した生育状況のモニタリング、ICTを活用した遠隔監視・管理システムの構築、RTの応用による採取ロボットやアシストスーツといった作業支援用の機器の導入が期待される作業分野であることなどが考えられる。

図表 8 中小企業基盤技術適用の農業形態（N=63、MA）

農業形態	回答結果 (%)
露地栽培	46.0
施設栽培（施設園芸）	39.7
完全閉鎖型植物工場	25.4
太陽光併用型植物工場	23.8

出所：図表5と同じ。

(5) 中小企業基盤技術適用の開発体制

中小企業基盤技術適用によって、スマート農業で使用される製品や部品の開発体制については、図表9のような結果となっており、自社の既存技術を応用した独自開発を指向している傾向が強い。また、国内の大学・高専との共同開発や農業事業者との共同開発を指向する傾向も見受けられるが、この結果から、開発体制におけるクラスター形成の状況を窺い知ることができる。さらに、特徴的な結果と思われるのが、農業技術センターとの共同開発の比率が比較的高い点である。これまで、機械関連中小企業が製品、部品、材料等の開発や技術相談として活用する公的機関は、工業技術センターであるケースが殆どであったと考えられるが、スマート農業分野への基盤技術適用では、これまであまり接触することがなかった農業技術センターを活用するケースが、この集計結果から確認されたからである。以上から、中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用では、独自開発の傾向が強いものの、一方で、多様なアクターによりスマート農業に向けたクラスターが形成され始めているものと推察される。

¹⁷ 機械振興協会技術研究所では、スマート農業向けの機器・システム開発を中小企業とのコンソーシアム（コンシューマーアグリ研究会）により実践的な製品開発を実施している。例えば、ベビーリーフ栽培の生産管理システムや太陽光併用型植物工場向け生産管理システムなどを開発している。以上の詳細については、木村（2017）を参照。なお、機械振興協会技術研究所のコンシューマーアグリ研究会の概要については、同ホームページ、http://www.jspmi.or.jp/tri/consumer_agri/index.htmlを参照。

図表 9 中小企業基盤技術適用の開発体制 (N=63、MA)

取り組み理由 (要因)	回答結果 (%)
自社既存技術にいる独自開発	50.8
国内主要取引先との共同開発	14.3
同業他社との共同開発	14.3
国内農業事業者との共同開発	30.2
国内大学・高専との共同開発	33.3
工業技術センターとの共同開発	22.2
農業技術センターとの共同開発	25.4
海外主要取引先との共同開発	0.0
海外大学・研究機関との共同開発	0.0
海外農業事業者との共同開発	0.0

出所：図表 5 と同じ。

(6) 業種領域別の適用目的

中小企業基盤技術適用の業種領域別分析として、適用目的の傾向については、以下のようになる。すなわち、図表 10 に示すように、業種領域によってスマート農業への基盤技術の適用目的に違いが見受けられる。金属機械製造業では、特にきつい危険への適用比率が高く、一般機械器具製造業では、省力・大規模及び容易さの比率が比較的高くなっている。また、電気機械器具製造業では、特に農作物能力の比率が高いが、他の適用目的もある程度の比率を示している。一方、輸送機械器具製造業では、省力・大規模ときつい危険のみに回答が集中しており、精密機械器具製造業では、省力・大規模の比率が非常に高く、農作物能力の比率も高くなっている¹⁸。このように、業種領域別では、適用目的の傾向に違いがあることを確認することができるが、その中でも、特に、金属製品製造業では、き

図表 10 業種領域別の適用目的 (N=63,MA)

業種領域	適用目的				
	省力・大規模	農作物能力	きつい危険	容易さ	安心安全
金属製品製造業 (N=16)	37.5	6.3	68.8	31.3	0.0
一般機械器具製造業 (N=8)	37.9	0.0	25.0	37.5	25.0
電気機械器具製造業 (N=19)	31.6	47.4	21.1	36.8	15.8
輸送機械器具製造業 (N=5)	40.0	0.0	40.0	0.0	0.0
精密機械器具製造業 (N=7)	85.7	57.1	14.3	14.3	0.0

補足：「省力・大規模」とは、農業における省力・大規模生産の実現を意味する（応用事例：GPS 自動走行）。「農作物能力」とは、農作物の能力（味、大きさ、形状など）の最大限の発揮を意味する（応用事例：センシング技術）。「きつい危険」とは、きつい農作業、危険な農作業からの解放・緩和（応用事例：アシストスーツ、作業支援ロボット）。「容易さ」とは、誰もが取り組み易い農業の実現を意味する（応用事例：アシスト装置、データ化、支援サービス）。「安心安全」とは、消費者・実需者への安心・安全の提供、信頼の獲得（応用事例：クラスドシステム）。

出所：図表 5 と同じ。

¹⁸ これらの比率は回答数が少数であるため統計的には参考程度に留まるが、業種領域別適用目的の傾向を知る手掛かりとしての意味はあるものと考えられる。

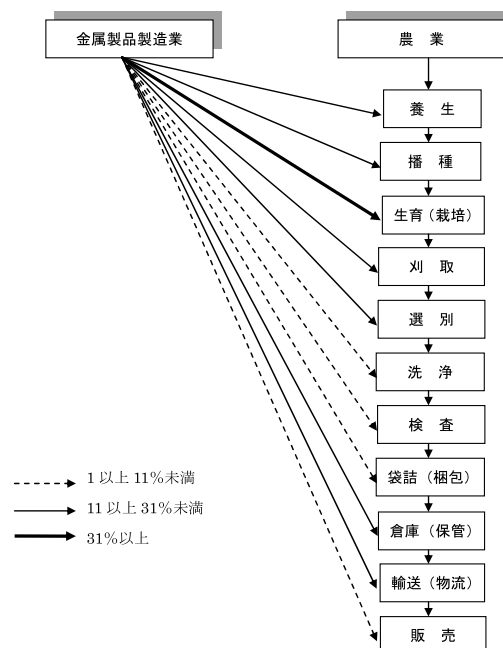
つい危険、精密機械器具製造業では、省力・大規模に対して基盤技術を適用する傾向が顕著であること、また、電気機械器具製造業では、適用目的の幅が広いことなどが窺える。

(7) 業種領域別の農作業プロセスへの適用状況

業種領域別に、農作業プロセスへの適用状況の傾向を示すと図表 11 から図表 15 のようになる。まず、金属製品製造業については、農作業プロセス全体への適用状況を確認することができるが、特に生育（栽培）の比率が最も高く、養生、播種、刈取、選別、倉庫（保管）及び輸送（物流）への適用も比較的高い比率を示している（図表 11 参照）。一般機械器具製造業については、選別の比率が最も高く、生育（栽培）、洗浄、検査、袋詰（梱包）、倉庫（保管）及び輸送（物流）も比較的高い比率になっているものの、金属製品製造業と比較すると適用範囲は限定的である（図表 12 参照）。電気機械器具製造業については、生育（栽培）の比率が最も高く、選別及び検査も比較的高い比率となっており、農作業プロセス全体への適用傾向が見られる点は、金属製品製造業と類似している（図表 13 参照）。輸送機械器具製造業については、刈取及び選別への適用に集中する傾向が見られ、播種、洗浄、袋詰（梱包）及び輸送（物流）も比較的高い比率になっているが、適用範囲はかなり限定的であることが窺える（図表 14 参照）。最後に、精密機械器具製造業については、選別及び袋詰（梱包）への適用に集中する傾向が見られ、播種、生育（栽培）及び検査も比較的高い比率になっているものの、適用範囲が限定的になっている点は、輸送機械器具製造業と類似している（図表 15 参照）。

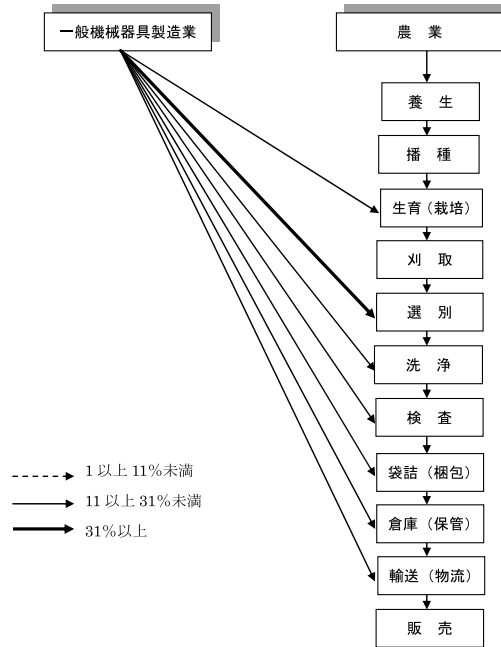
このように、業種領域別では、農作業プロセスへの適用範囲に違いがあることが分かる。つまり、金属製品製造業及び電気機械器具製造業では、農作業プロセス全体に基盤技術を

図表 11 金属製品製造業の農作業プロセスへの適用状況



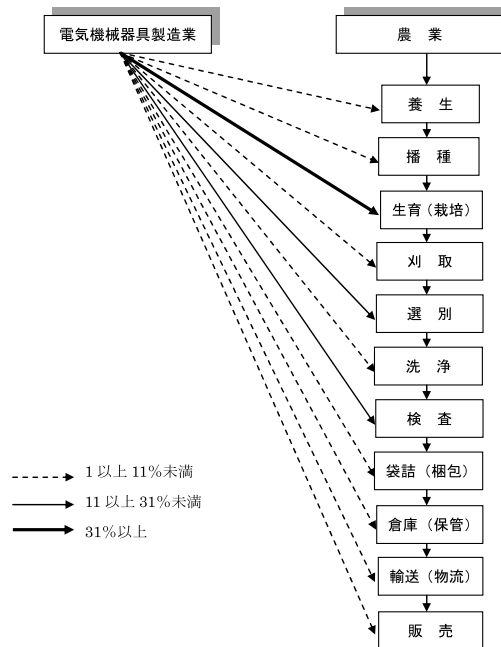
図表 5 と同じ。

図表 12 一般機械器具製造業の農作業プロセスへの適用状況



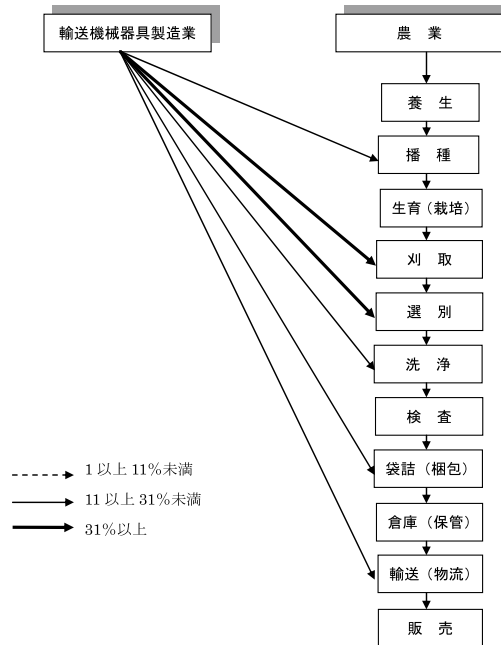
図表5と同じ。

図表 13 電気機械器具製造業の農作業プロセスへの適用状況



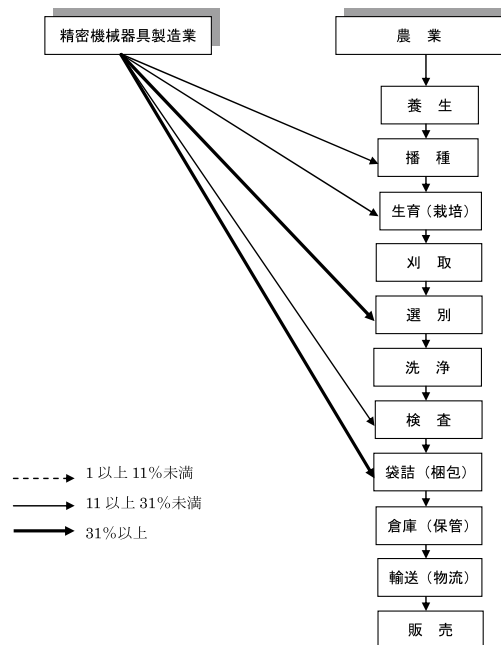
図表5と同じ。

図表 14 輸送機械器具製造業の農作業プロセスへの適用状況



図表 5 と同じ。

図表 15 精密機械器具製造業の農作業プロセスへの適用状況



図表 5 と同じ。

適用する傾向が見られるのに対して、一般機械器具製造業、輸送機械器具製造業及び精密機械器具製造業では、農作業プロセスへの基盤技術の適用範囲は限定的なものになっているのである。

5. 考察：産業セクター融合による地域イノベーションの可能性

5.1 中小企業基盤技術適用の傾向

中小企業基盤技術の農業分野への適用状況に関するアンケート調査から得られたファンディングスを整理すると以下ようになる。まず、全体的な傾向としては、第一に、中小企業基盤技術適用の取り組みについては、予定を含めると2割以上の企業が取り組みを開始している、第二に、取り組む理由については、受注型企業からの脱却、スマート農業分野の国内市場の拡大への期待、中小企業にとっての既存市場の縮小などが挙げられる、第三に、基盤技術適用の農業分野は、野菜、果樹、水稻に集中する傾向にある、第四に、基盤技術適用の農業形態については、路地栽培と施設栽培（施設園芸）の比率が高い、第五に、基盤技術適用の開発体制については、自社既存技術による独自開発の傾向が強いが、国内大学・高専との共同開発、国内農業事業者との共同開発及び農業技術センターとの共同開発の比率も比較的高くなっている、以上である。

次に、基盤技術適用の業種領域別の傾向としては、第一に、適用目的については、金属製品製造業では、きつい危険低減への適用、一般機械器具製造業では、省力・大規模農業への適用及び農作業の容易さ実現への適用、電気機械器具製造業では、農作物能力発揮への適用、輸送機械器具製造業では、省力・大規模農業への適用及びきつい危険低減への適用、精密機械器具製造業では、省力・大規模農業への適用及び農作物能力発揮への適用といったように、業種領域によって異なる傾向が見受けられる、第二に、農業作業プロセスへの適用については、金属製品製造業及び電気機械器具製造業では、生育（栽培）を中心に農作業プロセス全体への適用傾向がみられるのに対して、一般機械器具製造業では、選別、輸送機械器具製造業では、刈取及び選別、精密機械器具製造業では、選別及び袋詰（梱包）といったように適用範囲は限定的になっている、以上である。

こうした傾向から窺えることは、中小企業は、スマート農業に対して自社の基盤技術を予想以上に積極的に適用しようとしていることである。その背景は、上述したように、国内スマート農業市場への高い期待によるものであるが、中小企業自身の経営環境要因としては、受注型企業からの脱却や既存市場の縮小が挙げられており、この傾向は、北嶋(2016)による中小企業の医療機器分野への参入状況に関する分析結果とも共通性を持っており、中小企業のスマート農業への参入は、経営環境の悪化に伴う強い危機意識に根差しているものと推察される。一方、既述したように、開発体制については、自社独自とする傾向が強いものの、国内農業事業者や農業技術センターとの共同開発といった機械関連産業とは異なる産業セクターとの共同開発の傾向が確認されたことから、これは、本稿のテーマである「産業セクター融合」が発生し始めていることを示唆する結果であると考えられる。

5.2 産業セクター融合の定義とタイプ

このように、中小企業基盤技術の農業分野への適用では、国内農業事業者や農業技術センターとの共同開発の傾向が確認され、機械関連産業と農業との「産業セクター融合」が発生しているものと推察されるが、北嶋（2012）は、「産業セクター融合」を次のように定義した上で、そのタイプを3つに分類している。すなわち、産業セクター融合とは、「2つ以上の異なる産業セクターが、各々の産業セクターを取り巻く社会経済的变化の影響を受け、また、各々の産業セクター内でのイノベーションによって、相互の関係性を深める状態を意味する。さらに、産学官連携のように、大学・高専、公設試験施設・公的支援機関といったパブリックセクターとの連携も産業セクター融合の範囲に含む」と定義され、そのタイプは、第一に、複数の産業セクターに水平的（横断的）に跨るような水平型融合（horizontal fusion）、第二に、ビジネスプロセスの各フェーズに跨る垂直型融合（vertical fusion）、第三に、第一のタイプと第二のタイプを組み合わせたクロス型融合（cross fusion）、以上の3つに分類される¹⁹。

以上の定義及びタイプによれば、中小企業基盤技術のスマート農業への適用は、明らかに産業セクター融合の現象を意味しており、そのタイプは、現時点では、水平型融合とみなすことができる。但し、今後、スマート農業の進展に伴って、例えば、倉庫（保管）、輸送（物流）、販売といった農業のビジネスプロセスの川下部分とのプロセス間の融合、すなわち、垂直型融合がICTの活用などにより活発化し、さらに、それと並行して、機械関連産業と農業とのクロス型融合も発生するものと予想される。

5.3 産業セクター融合による地域イノベーション

産業セクター融合の視点から見た中小企業基盤技術のスマート農業への適用は、新たなビジネス創造に繋がるものと期待されるが、同時に、中小企業と農業との融合は、地域イノベーションの可能性を持っている。なぜならば、機械関連中小企業の多くは、産業集積の構成要素であると同時に地域社会に根差した地場企業が多く、その点は、地域社会と共に活動している農業事業者と同じであり、中小企業と農業は「地域産業」という共通の準拠枠に属しているため、異なる産業である両者が同じ地域社会の中で、異種交配（heterogeneous）、すなわち、融合することで、地域イノベーションが発生する確率が高まるものと考えられるからである。さらに、図表2に示したように、近年、農業分野では40歳以下の新規就農者数が増加傾向にあることから、こうした若手農業事業者は、中小企業基盤技術適用によるスマート農業の推進者となる可能性が高い。換言すると、産業セクター融合による地域イノベーションは、多様なアクター間の相互作用によるイノベーションであり、一種のクラスターとしての性質をもっていることから、スマート農業の実現において、若手農業従事者は、クラスター促進者（cluster facilitator）の役割を果

¹⁹ 産業セクター融合の概念は、企業行動において、技術融合と市場融合の2つの側面を持っているものと考えられる。以上の産業セクター融合の定義とタイプについては、北嶋（2012）pp.192-195を参照。また、産業セクターの概念と関連する先行研究については、宮沢（1988）の「業際化」などがある。

たすものと考えられる²⁰。

5.4 基盤技術適用における情報の粘着性とイノベーションの場所

von Hippel (1994) によれば、「ある所与の場合の、所与の単位の情報の『粘着性』とは逡増的な費用であり、当該情報の所与の受け手が、その単位の情報を使用可能な形で特定の場所へ移転するのに必要とされる費用である」と定義され、この費用が低い時は、情報の粘着性は低いとされ、その費用が高い時は、情報の粘着性が高いとされる²¹。また、これと関連して、小川 (2000) は、製品イノベーションと情報の粘着性について、以下のように説明している。すなわち、「製品イノベーションは技術情報やニーズ情報といった2つ以上の種類の情報を結合することによって生まれる。そして、それらの情報は物理的に異なる場所で生成・存在することがあり、しかもそれらの粘着性が高い場合がある。例えば、イノベーターはニーズに関する情報を必要とし、そのニーズ情報はユーザーの活動場所で最初に発生する。また、イノベーターは技術的解決案に関する情報も必要とする。このような技術情報はしばしば製品メーカーによって生み出され、最初は製品メーカーの活動場所にある。そして製品開発で成功するにはこれらのニーズ情報と技術情報を結合する必要がある」²²。

こうした情報の粘着性の概念は、中小企業と農業従事者等によるスマート農業に対応した製品及びシステムの開発・普及というイノベーションを検討する上で役に立つものと考えられるが、その場合、中小企業基盤技術の適用目的の違いや適用される農作業プロセスの違いが、情報の粘着性とイノベーションの場所に影響を与えるものと考えられる。

そこで、農業の一般的な流通経路に基づいて、地域イノベーションの主要アクターを単純化すると図表 16 のようになる²³。この図表に示したように、地域イノベーションの主要アクターは、中小企業基盤技術のスマート農業への適用目的によって異なる。すなわち、地域イノベーションの主要アクター①では、適用目的が省力、大規模、きつい危険及び容易さであるため、この場合の製品及びシステムの開発における技術情報は、中小企業を中心とする製造技術を有したアクターによって生み出され、ニーズ情報は、農業従事者から提供されることになるが、ここで重要なことは、開発される製品やシステムのユーザーは誰かという点である。つまり、地域イノベーションの主要アクター①の適用目的から明らかかなことは、この場合のユーザーは、農業従事者自身（スマート農業の作業現場で使用される製品やシステムの利用者）ということになる。一方、地域イノベーションの主要アクター②では、適用目的が作物能力及び安心安全であることから、技術情報は、農業従事者によって生み出され、ニーズ情報は、流通経路の構成メンバーから収集されることになるが、特に最終消費者のニーズ情報が重要となるため、開発される製品及びシステムのユーザーは

²⁰ クラスタ促進者の機能については、Igstrup and Damgaard (2011) を参照。

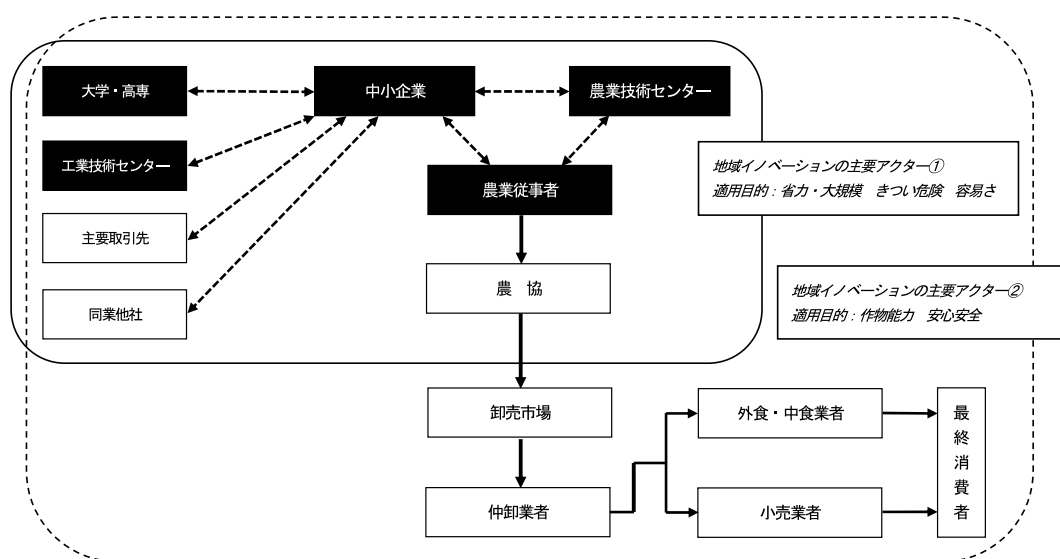
²¹ この定義の翻訳及び情報の粘着性の解説については、小川 (2000) p. 27 を参照。

²² この説明は、以下の論文に基づいている。Rothwell 他 (1974) 及び Cooper (1979)。

²³ 実際には、農業の流通経路は多種多様であり、それらは農業従事者のビジネスモデルと関係している。他の通流経路のパターンについては、北林他 (2012) を参照。

多岐に亘ることになる。さらに、この地域イノベーションの主要アクター②によって生み出される「製品」には、農作物自体が含まれることになる。このように、中小企業基盤技術のスマート農業への適用目的によって、技術情報及びユーザー・ニーズ情報の粘着性を決定する主要アクターは異なり、その結果、新たな製品、システム、あるいは農作物を生み出すイノベーションの場所もそれと連動して移動することになる。さらに、情報の粘着性の高さによって、情報が移転されるコストに差が生じることになる。特に、機械関連中小企業と農業といった異なる産業セクターでは、各々の情報の粘着性が高いほど移転コストも高くなるため、このコストを誰が、どのような方法で負担するかが重要な課題となる。

図表 16 農業の一般的な流通経路と地域イノベーションの主要アクター



出所：本稿図表9及び北林他（2012）、p.7を参考に筆者作成。

6. 結論にかえて

以上、本稿では、中小企業基盤技術のスマート農業への適用を産業セクター融合として捉え、地域イノベーションの可能性について検討した。その結果、異なる産業間における情報の粘着性と地域イノベーションの関係性が提示されたが、同時に、産業セクター融合では情報の移転に掛かるコスト（融合コスト）の問題が浮上した。そのため、スマート農業への中小企業基盤技術適用では、新たな情報の粘着性を生み出す仕組みづくりとそれに掛かる情報の移転コストの課題に対しては、中小企業関連支援機関と農業関連支援機関の両者が、組織的に連携することでスマート農業の推進をサポートすることが必要となる。

ところで、吉川（2016）は、人口減少が進行し、働き手が減っていく日本における経済成長の鍵は、イノベーション（新機軸）にあり、日本が世界有数の長寿国であることこそチャンスであると主張しているが、本稿で取り上げた農業分野を含む第1次産業は、特に、このイノベーションによる労働生産性の向上が必要な分野であることは言うまでもない。しかしながら、既述したように、農業分野におけるイノベーションの推進では、「地域産業」の視点を忘れてはならない。なぜならば、中小企業基盤技術適用によって、スマート農業

向けに開発される機器及びシステムの一部は、輸出産業に成長する潜在力を持っているが、それらの機器及びシステムの安易な輸出（国際移転）は、結果的に日本の農業全体の弱体化・空洞化に繋がる危険性を孕んでいるからである。人口減少・超高齢社会では、イノベーションが重要であることは確かであるが、それは、地域の産業を維持・成長させるためのビジネスモデルに裏付けられたものでなくてはならない。つまり、スマート農業は、地域資源と地域学習に根ざした模倣困難性、移転困難性の高いビジネスモデルの構築によって推進されなければならない²⁴。

翻って、中小企業と農業を取り巻く事業環境及び労働環境は、どちらも「マイナス」のイメージが強いが、「マイナス」の足し算ではなく、「マイナス」の掛け算、つまり、産業セクター融合により、両者の事業・労働環境を「プラス」に転換することが、スマート農業の目的と言えるだろう。そして、そのためのビジネスモデルの構築とそれを促進するための支援体制を「地域産業」の枠組みにおいて確立するためには、これまでの省庁間の垣根を越えた“政策的融合”が不可欠なのである。

謝辞

本稿で使用したアンケート調査は、公益財団法人 JKA 平成 28 年度機械工業振興補助事業の補助金を受け実施したものである。アンケート調査にご協力頂いた企業の方々を含め、記して御礼を申し上げます。記して御礼を申し上げます。

参考文献

- 天野英二郎(2014)「スマート農業の推進—ICT・ロボット等を活用した農業の取組—」『立法と調査』No. 359、pp. 44-57.
- 小川 進 (2000)『イノベーションの発生論理』千倉書房
- 川野茉莉子 (2016)「期待が集まるスマート農業の新展開—増加する企業の農業参入とビジネス展望—」『経営センサー』2016年3月号、pp. 24-32.
- 機械振興協会経済研究所 (2017)『中小企業の基盤技術を活用したスマート農業の推進—スマート農業の取り組み状況と中小企業の可能性—』
- 北嶋 守 (2012)「産業セクター融合の時代とものづくり企業の新事業展開」小川正博・西岡 正・北嶋 守編『ネットワークの再編とイノベーション』同友館、pp. 191-215.
- 北嶋 守 (2016)「日本の医療機器クラスターの特質と中小企業の成長条件—クラスターとサプライチェーンの共存—」『機械経済研究』第 47 号、pp. 1-27.
- 北林孝顕・条謙太郎・清水敬一・山田真彦・青木 慶・山本智佳子・楨下伸一郎 (2012)

²⁴ こうしたスマート農業による地域イノベーションでは、中小企業経営者と農業従事者及び他のアクター間の地理的近接性 (geographical proximity) が重要になるものと考えられる。地理的近接性の概念については、例えば、Knoben and Oerlemans (2006) を参照。

- 「儲かる農家の3つの類型—事例研究に基づくマーケティング戦略の分析—」
神戸大学大学院経営研究科ワーキングペーパー2012-6b、pp. 1-16.
- 木村利明 (2017) 「農工連携によるベビーリーフ栽培向け生産管理システムの開発と導入事例」『施設と園芸』No. 176、pp. 24-29.
- 経済産業省 (2011) 「産業構造審議会情報経済分科会中間とりまとめ」
- 橘 昌男 (2016) 「農家の農家による農家のための農業への転換」『JC 総研レポート』Vol. 38、pp. 34-41.
- 細野重雄 (1949) 「日本農業の機械化(1)」『農業総合研究』第3巻第1号、pp. 81-117.
- 北海道協同組合通信社・野口伸監修 (2015) 『ICTを活用した営農システム—次世代農業を引き寄せる—』(ニューカントリー—2015年秋季臨時増刊号)
- 南石晃明・藤井吉隆 (2015) 『農業新時代の技術・技能伝承—ICTによる営農可視化と人材育成—』農林統計出版
- 南石晃明・長命洋佑・松江勇次 (2016) 『TPP時代の稲作経営革新とスマート農業—営農技術パッケージとICT活用—』養賢堂
- 三輪泰史・井熊 均・木通秀樹 (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
- 農業情報学会 (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
- 宮沢健一 (1988) 『業際化と情報化 産業社会へのインパクト』有斐閣
- 山下一仁 (2015) 「新たな農業の展開方向」『RIET Policy Discussion Paper Series』15-P-006、pp. 1-32
- 楊 正蓮 (2011) 「インターネットの新たな可能性—ネットで物を管理、中国は先手を打てるか」(翻訳・杉浦佳代子)『月刊中国NEWS』pp. 76-77.
- 吉川 洋 (2016) 『人口と日本経済』中央公論新社
- Cooper, R.G. (1979) Identifying Industrial new Product Success: Project NewProd, *Industrial Marketing Management*, 8, pp. 124-135.
- Igstrup, M.B. and Damgaard, T. (2011) Cluster facilitation on a cluster life cycle perspective, Competitive research paper, Submitted for the IMP 2011 Conference at University of Strathclyde UK.
- Knoben, J. and Oerlemans, L.A.G. (2006) Proximity and Inter-organizational Collaboration: A literature review, *International Journal of Management Reviews* 8-2, pp. 71-89.
- Rothwell, R., C. Freeman, A. Horlsey, V.T.P. Jevis, A.B. Robertson and J. Townsend. (1974) SAPPHO update-project SAPPHO phase II, *Research Policy*, 3, pp. 258-291.
- von Hippel, E. (1994), "Sticky information" and the locus of problem solving: Implications for Innovation, *Management Science*, 40 (April), pp. 429-439.