

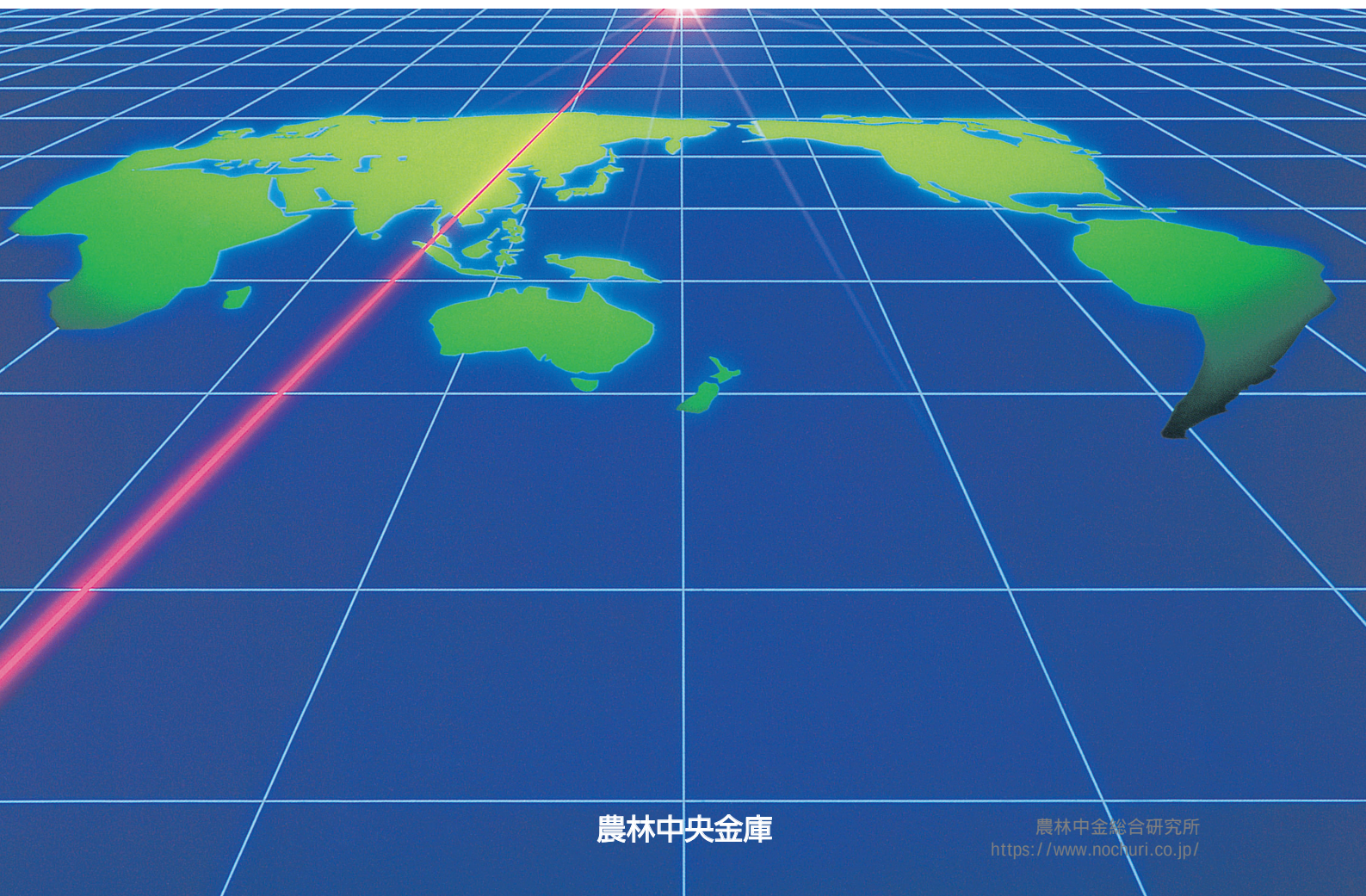
農林金融

THE NORIN KINYU
Monthly Review of Agriculture, Forestry and Fishery Finance

2025 **10** OCTOBER

農業の生産性と気候変動適応

- 日本における農業の長期経済統計と全要素生産性
- 気候変動適応を支えるデータ駆動型農業



本来の「秋」を取り戻そう

10月といえば、夏の残暑がようやく収まり、紅葉にはまだ早いけれど、空気は澄み、四季の中でももっとも過ごしやすい月とされてきた。日本の一次産業にとっても重要な月であり、稲刈りのラストスパート、サツマイモやサトイモの収穫、果樹園ではリンゴやブドウが彩りを増す。しかしながら、近年は異常気象の影響で、すっかり様変わりしてきていないだろうか。

昨年の10月の平均気温は平年より1度高く、各地で記録的な暖かさとなり、夏を思わせる暑さが続いたことから、稲の高温障害米が増えたとの声も聞かれた。一方で、急な冷え込みは作物の成熟を狂わせ、野菜の収穫量に影響を及ぼす。10月の常連に変わりつつある大型化した台風は、収穫目前の田畑や果樹園を直撃する。わずか数時間の暴風雨で、一年の努力が水泡に帰すこともある。

問題は、これが「一時的な異常」ではなく、地球温暖化がもたらす新たな常態だということだ。北極の氷は年々減少し、ジェット気流は蛇行。海水温の上昇は、台風をかつてないほどの力で育てる。これから先、10月が“安定した秋”に戻ることはあるのだろうか。

世界では、COP28において、パリ協定下（「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」）で初めてグローバル・ストックテイクに関する決定が行われ、1.5℃の気温上昇の維持には、緊急な行動が必要であること、また世界全体の温室効果ガス（GHG）の排出量を2030年までに43%、2035年までに60%削減する必要があることが改めて認識された。

日本においても、2030年度46%削減、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けるという1.5℃目標と整合した目標を掲げており、農林水産省は、農業分野においても地球温暖化の防止を図るための「緩和策」と、地球温暖化がもたらす現在および将来の気候変動の影響に対処する「適応策」を一体的に推進することとしている。農家の現場は、世界の気候政策と直結しているのだ。

農業現場でGHGを削減するには、生産性向上に加え、再生可能エネルギーの普及、省エネ技術の革新、持続可能な農業の導入、これらを本気で進めていくことが必要だ。例えば、稲作では中干期間を延長することにより、水田からのメタン排出を抑える取り組みや、果樹園では防風・防雨設備に再エネ電力（ヒートポンプ）を組み合わせる取り組みなどが進められている。

しかしながら、異常気象は農家だけの問題ではない。収穫の遅れや不作は、輸送や加工、小売までのサプライチェーン全体に影響を及ぼす。最終的には消費者の食卓に届く価格や供給量に跳ね返る。だからこそ、温暖化対策はサプライチェーン全体で取り組む必要がある。農業現場のみならず、輸送・加工・流通、さらには消費者がフードロス削減や季節の食材を選ぶことも、その一部を担っていることを忘れてはならない。

「10月が10月らしい季節であること」。それは単なる風情の問題ではなく、一次産業の安定、ひいては食卓を支える基盤そのものだ。パリ協定の約束は、遠い国際会議の話ではない。私たちがこの先も「実りの秋」を享受できるかどうかを左右する、現在進行形の挑戦なのである。

（株）農林中金総合研究所 理事研究員 波多信宏・はた のぶひろ）

今月のテーマ

農業の生産性と気候変動適応

今月の窓

本来の「秋」を取り戻そう

(株) 農林中金総合研究所 理事研究員 波多信宏

1963～2011年度

日本における農業の長期経済統計と全要素生産性

高山航希 — 2

日本での普及に向けた展望

気候変動適応を支えるデータ駆動型農業

宮田夏希 — 17

情
勢

農業を支える外国人の増加と地域人口の構成変化

——茨城県の2自治体（野菜生産額全国トップの鹿行・鉾田市
：はくさい生産量全国トップの県西・八千代町）にみる外
国人労働力の重み——

早稲田大学 名誉教授 堀口健治 — 33

談話室

「異常」にレジリエントな社会に向けて

——コメをめぐる常識の再点検——

拓殖大学 政経学部 教授 高橋大輔 — 44

本誌において個人名による掲載文のうち意見に
わたる部分は、筆者の個人見解である。

日本における農業の長期経済統計と 全要素生産性

—1963～2011年度—

主任研究員 高山航希

〔要 旨〕

日本における農業の長期経済統計と全要素生産性を1963～2011年度の期間において推計した。全要素生産性の推計にはトルンクビスト指数を用い、総合産出指数および総合投入指数の変化率の差として全要素生産性（TFP）の変化率を推計した。その結果、当該期間において、日本農業のTFPが平均年率1%強の水準で成長していることが示された。ただし、TFP成長の背景にあるメカニズムは、農業産出が増加していた1980年代半ばまでの前期と、農業生産が減少に転じた後期で異なると考えられる。前期のTFP成長は稲作から野菜・果樹生産や畜産への移行、および資本と経常財による労働と土地の代替を伴っているのに対し、後期のTFP成長は、生産性が相対的に低い生産者の退出と、生産性の高い生産者への集約化が要因として大きくなった可能性がある。

目 次

はじめに

1 生産性とは何か

2 生産要素の推計方法

(1) 労働

(2) 資本

(3) 土地

(4) 経常財および農業産出

3 推計結果

(1) 生産要素

(2) TFP

おわりに

はじめに

農業の生産性に対する注目が高まっている。「令和の米騒動」は、米を含む農作物の需給が微妙な均衡のうえに成り立っていることを改めて我々に示した。気候変動が収量減少や品質低下に繋がりうることや世界的な人口増大傾向を踏まえると、将来にわたって食料を安定的に供給していくためには、生産量の拡大を政策目標とすることが考慮されて良いであろう。ただし、その課題は少なくない。とりわけ、生産年齢人口の減少や農地の他産業への転用といった現象は、農業において利用可能な生産要素がますます希少になっていることを意味している。

そこで注目されるのが生産性である。農業生産の拡大は、生産要素の投入量を増やすことだけでなく、生産性を向上させることによって達成できるからである。さらに近年は、生産性が気候変動の緩和策と関連付けられて論じられるようになっていることも、生産性向上の重要性を高めている。生産性が向上することは、同じだけの生産量を得るために投入する生産要素がより少なく済むようになることと同義であり、それだけ温室効果ガスの排出量やその他の自然資本への悪影響が抑えられることを意味する。

それでは、過去を振り返ったとき、農業の生産性はどのようなであったのか。これまでの研究成果によれば、日本における農業

生産は、主に全要素生産性（Total Factor Productivity、TFP）によって支えられてきたことが分かっている。Yamada（1991）は自らも関わった『長期経済統計』等のデータを利用し、1880年から1985年までの100年以上におよぶ期間を対象に農業の生産性を分析し、同期間の農業産出拡大の大部分がTFP成長によることを示した。Yamada（1991）を延長推計した速水・神門（2002）も、1995年まで同様の傾向が継続していることを確認した。本稿はこれらの成果を踏まえつつ、推計対象期間をさらに将来方向に延ばして1963年度から2011年度までとし、農業部門のマクロレベルのTFPの長期的な推移を示すことを中心的な課題とする。2011年度までであるのは、後述するとおり、データの制約による。

TFPの測定のためには、前提として、農業部門の産出と生産要素の投入に関する統計データが推計されている必要がある。農業部門のマクロ統計のうち、生産については農林水産省が『農業・食料関連産業の経済計算』（以下『経済計算』）や『生産農業所得統計』といった統計を公開している。しかし、資本や労働の投入量、また生産要素ごとの費用シェアなどは、生産性分析にとどまらず、経済分析一般に有用であるにも関わらず、政府統計としては入手できない。このため既存研究では様々な統計を組み合わせてマクロ統計を推計してきた。例えば『長期経済統計』に含まれる梅村ら（1966）および山田（1966）は、多様なデータを組み合わせることで、1870年代から

1963年までの経済統計を推計した画期的な業績であり、農業を含む日本経済の長期的動向を考察するうえで現在でも貴重な基礎資料である。

戦後に焦点を当てた研究としては、泉田（1987）が挙げられる。泉田（1987）は、資本ストック等のマクロ経済統計の推計方法を中心に論じたものであり、農業部門における資本収益率と投資収益率について『経済計算』を利用するよりも厳密な議論を展開した。泉田（1987）の推計方法は、Kuroda（1995）における技術進歩の分析でも用いられている。

本稿は泉田（1987）等のデータ集計方法を参考にしながら、豊富に刊行されている政府統計を利用してデータの集計方法を既存研究から発展させることで、精度が高いマクロ統計をできるだけ近年まで整備することをもう一つの課題とする。

TFPを推計するための方法として、本稿は、指数法を用いる。Yamada（1991）と速水・神門（2002）はいずれも指数法を用いており、指数として連鎖ラスパイレース指数を採用している。これに対し、本稿では指数としてトルンクビスト指数を採用する。既存研究では土井（1985）、Kuroda（1989）、Rahmatullah and Kuroda（2005）などがトルンクビスト指数を使用した推計を行っているが、これらの研究は階層ごとの平均データを用いたTFP推計であり、マクロ統計を用いた推計とは意義が異なる。

農業部門の生産性分析に関して、マクロ統計の集計や指数法の使用に限定しなけれ

ば、多数の研究業績がある。近年の指数法による研究には、トルンクビスト指数やマルムキスト指数による稲作の地域別TFPを分析したものとして國光（2014）やKunimitsu et al.（2016）、マルムキスト指数による稲作の地域別TFPの動向を分析した山本ら（2007）や近藤ら（2010）、Kondo et al.（2017）などが挙げられる。また生産関数や費用関数の推計を通じて技術進歩や生産性の分析を行った研究には、Kawagoe et al.（1986）やKuroda（1995）などがある。なお、農業経済学分野における技術変化の研究蓄積については黒田（2005）が詳細なレビューを行っている。

海外では、米国農務省経済研究局（U.S. Department of Agriculture Economic Research Service、ERS）が農業部門の生産と労働、資本、土地、経常財を推計したうえで、TFPを測定し、結果を随時公表している（注1）。ERSによる推計は州別および全国単位で行っており、品質調整を幅広く行うなど、精緻な生産性測定フレームワークを構築している。これらの推計によれば、米国農業は、投入物の減少にもかかわらず、TFPの成長によって生産の増大を継続している。また、欧州委員会も各加盟国における農業のTFPを測定している（European Commission（2016））。この推計は、各加盟国で共通して把握できる統計量から生産性を推計し、比較しているため、緻密さには欠けるが、EU全体としてTFP成長が継続していることや、加盟国間でTFP成長に差異があることなどを明らかにして

いる。

別の取組みとしては、一国の生産性を産業別に計測するためのデータベースを構築する試みが挙げられる。生産性の国際比較についてはEU KLEMSプロジェクトが著名である。日本では経済産業研究所(RIETI)が「産業・企業の実産性と日本の経済成長プロジェクト」の一環として運営する生産性測定のための「日本産業生産性データベース」(Japan Industrial Productivity Database、JIP)や、慶應義塾大学産業研究所の「KEOデータベース」が知られている。これらは日本農業の実産性の動向を議論する際にも広く使われるようになっており、例えばEsteban-Pretel and Sawada (2014)はJIPを利用し、農業・非農業の2部門モデルで日本の構造変化と経済成長を分析している。

(注1) データはWebサイトで公開されている。
<https://www.ers.usda.gov/data-products/agricultural-productivity-in-the-united-states>
(2025年9月5日閲覧)

1 生産性とは何か

生産性とは投入に対する生産の比と定義される。数式で表現すると、次のようになる。

$$\text{生産性} = \frac{\text{生産}}{\text{投入}}$$

例えば稲作の労働生産性は、分子に米の収穫量、分母に労働投入時間を代入することで得られ、その単位は「kg/時間」になる。このように、1種類の生産要素のみを

使う生産性のことを、単一要素生産性という。

しかし生産要素は労働のみではない。機械や建物などの固定資本（以下では単に資本ということがある）や、土地（農地）、肥料や農薬、飼料といった経常財も生産要素に挙げられる。全ての生産要素の投入量から作成した指数を分母に使用して計算した生産性のことを、TFPという。

仮にそのような指数が計算できたとする。先の式の「生産性」項をTFPに置き換え、両辺対数を取って $t-1$ 期から t 期への変化率を表現する式に変形すると、次のようになる。なお「生産」は Q に、「投入」も X に置き換えている。

$$\ln \frac{Q_t}{Q_{t-1}} = \ln \frac{X_t}{X_{t-1}} + \ln \frac{TFP_t}{TFP_{t-1}}$$

左辺 $\ln(Q_t/Q_{t-1})$ は生産の変化率を表している（注2）。それが投入 X の変化率とTFPの変化率に分解できることをこの式は意味している。したがって、生産 Q と投入 X の変化率が分かれば、その差分としてTFPの変化率が分かる。生産と投入の変化率の差のことをソロー残差と言い、ソロー残差として測定されたTFPには、技術進歩だけでなく、規模の経済や、生産要素の投入量としては測れない品質の向上などの要素を含む。加えて、実際上は、統計のカバー率の変化や誤差などもソロー残差の変動要因に含まれうることは留意が必要である。

多種多様な生産要素を全て含めた総合的な投入量の指数の計算方法として、ラスパ

イレズ指数、パーシェ指数、フィッシャー指数など様々な指数が提案されている。本稿では経済理論的に望ましい性質を持ち、かつ計算が簡便なトルンクビスト指数（Törnqvist index）を採用する。トルンクビスト指数は、次のように計算される。

$$\ln \frac{X_t}{X_{t-1}} = \sum_i \frac{s_{i,t} + s_{i,t-1}}{2} \ln \frac{q_{i,t}}{q_{i,t-1}}$$

$$\text{ただし } s_{i,t} = \frac{p_{i,t} q_{i,t}}{\sum_k p_{k,t} q_{k,t}}$$

右辺の $s_{i,t}$ は、 t 年の生産要素の総費用に占める生産要素 i のシェア、 $\ln q_{i,t} / q_{i,t-1}$ は生産要素 i の投入量の変化率である。2 番目の式の $p_{i,t}$ は生産要素 i の価格を、 $q_{i,t}$ は投入量を表している。

総合投入指数は、生産要素が労働、資本、土地、経常財の 4 つのカテゴリーに分離可能であるという仮定をし、まずカテゴリーごとにトルンクビスト指数を集計したうえで、各カテゴリーの指数から総合投入指数を計算する 2 段階集計を行う。ラスパイレズ指数やパーシェ指数では 1 段階集計と 2 段階集計で全く同じ指数が得られるのに対し、トルンクビスト指数では全く同じにはならない。しかしカテゴリーごとの指数が分析に有用であることや、1 段階集計による指数と 2 段階集計の指数の差異は小さいため、ERS や JIP、野村（2004）など、2 段階集計はよく用いられている。また農産物の産出量についてもトルンクビスト指数（総合産出指数）を計算する。

（注 2） $\ln(A_t/A_{t-1})$ は対数変化率と呼ばれる。より一般的な変化率 $(A_t - A_{t-1})/A_{t-1}$ と近い値になるうえ、数学的に取り扱いやすい。

2 生産要素の推計方法

(1) 労働

a 労働投入量

労働投入量は、労働時間で捉える。データソースは、農林水産省の『農家経済調査』（注 3）の農業経営体 1 経営体あたりの平均労働時間である。これに農業経営体の数を乗じると、マクロの労働時間を得られる。最も単純には、全国の 1 経営体あたり平均値に全国の農業経営体数を乗じる方法が考えられ、泉田（1987）では「単純ふくらし法」と呼ばれている。しかし単純ふくらし法では、バイアス（データの偏り）が生じるおそれがあることが知られている。理由の 1 つは『農家経済調査』はサンプル調査であり、大規模経営体ほど抽出率や回答率が高い可能性があること、2 つ目は『農家経済調査』が調査母集団として定義した農家以外の農業事業体（以下「調査農家以外の農業事業体」）が推計結果に含まれない問題がある。

1 つ目のバイアスは「上層偏倚^{へんい}」と呼ばれている。これは、『農家経済調査』のサンプル農家に占める小規模農家の割合が実際よりも少なく、また大規模農家の割合がより大きいことにより、農家一戸あたり平均値が実際よりも大規模農家に偏ることである。『農家経済調査』では、直近の農林業センサスに基づいてサンプル配分を行っているものの、対象農家数が少ない地域の規模階層の調査数を 0 としないために、セン

サスに基づくサンプル配分よりも偏った調査が行われている。

泉田（1987）は、これらの問題に対処するため、次のような手順で労働投入量を集計している。まず、経営耕地規模階層別の平均値に対応する経営規模の戸数をかけあわせ、積み上げることで、農家の労働投入量を求める。次に、労働推計とは別の方法によって、農家に対する「調査農家以外の農業事業体の比率 k 」を求めておき、農家の労働投入量に $1+k$ を乗じることで、農業全体の労働投入量を得る。この方法を泉田（1987）は「積み上げ法」と呼んでいる。ただし、各階層内にも偏倚があると考えられるが、これは積み上げ法でも除去できない。

比率 k を求める方法としては、マクロレベルで集計された農業全体の生産額と、『農家経済調査』における「農家」の生産額の集計値について比率を取ることが考えられる。このような方法で比率 k を求めた研究としては、張・泉田（1997）がある。ただし、生産額から比率 k を求める際には、農家の労働生産性と農家以外の労働生産性が等しいことを仮定していることに留意する必要がある。

「農家」の生産額については、『農家経済調査』の調査農家一戸あたり「農業粗収益」を積み上げ法によって集計することにより推計できる。一方、農業の生産額については、『農家経済調査』における農業粗収益に最も近いデータとして、『生産農業所得統計』における「総産出」のデータを用

いる。『農家経済調査』における「農業粗収益」には農業機械を貸し出すことなどによる「農業雑収入」が含まれており、これは『生産農業所得統計』における「総産出」には含まれないため、「農家」の生産額を推計する際には「農業粗収益」から「農業雑収入」を差し引く必要がある。

『農家経済調査』においては、上層偏倚と同様の背景により、「地域偏倚」の存在も指摘できる。『農家経済調査』は日本の各地域における統計をまんべんなく得られるように調査サンプルを配分しているため、調査対象農家の単純平均である「都府県」や「全国」の平均値にバイアスが生じる。積み上げ法では地域偏倚に対処できないため、本稿ではYamada（1991）を参考に積み上げ法を発展させ、農業地域別かつ経営耕地規模階層別の平均値から農家の労働投入量を積み上げる「二段階積み上げ法」を採用する。

この方法の利点としては、『農家経済調査』や『農業センサス』等の統計における調査対象農家の定義が変更されても、推計値には大きな影響を与えないことがある。例えば、1991年以降の『農家経済調査』や『農林業センサス』では調査対象が販売農家に限定されており、これによって積み上げ法による労働投入量の集計値は小さくなるが、その分だけ「調査農家以外の農業事業体の比率 k 」が上昇するため、推計値には結果的に大きな不連続は生じない。一方で、この方法では、張・泉田（1997）のように全期間において k を「農家以外の事業

体」の比率として解釈することは不可能になる。

本稿の推計作業は、地域区分を「北海道・東北・北陸・北関東・南関東・東山・東海・近畿・山陰・山陽・四国・北九州・南九州」の13の農区に分けて行う。経営規模区分は『農家経済調査』に合わせる。この際、各種統計の経営規模区分と調査時点が必ずしも一致していないため、調整する。集計された農家生産額と農業全体の生産額は、3年移動平均を取ってから「調査農家以外の農業事業体比率 k 」の計算に使用する。集計された農家労働投入量についても、 $1+k$ 倍する前に3年移動平均をとる。ただし、1992年には『農家経済調査』の調査対象が総農家から販売農家に限定されるという大きな変更があったため、この前後では平均値ではなくそのままの値を利用する。

(注3)『農家経済調査』は過去の名称である。現在『経営形態別経営統計』と呼ばれている統計に繋がっているものの、『農家経済調査』の時代から内容が大きく変更されている。本稿は『農家経済調査』の時代のデータを使っているため、本稿では過去の名前を用いる。

b 賃金

農業労働の時給は、泉田（1987）を参考に、1994年までは『農家経済調査』の全国の家族労働時間を家族労働日数で除して1日当たり平均労働時間を計算しておき、次に農林水産省『農業物価統計』の1日当たり臨時雇賃金を平均労働時間で除して時給を求める。1995年に労働日数の掲載が打ち切られたため1日当たり平均労働時間を得

られなくなったが、1980年代半ば以降1994年まで1日当たり平均労働時間が横ばいであるため、1995年以降は値が特に安定した1991～1994年の平均値を採用する。また、『農業物価統計』の臨時雇賃金は2008年に掲載が打ち切られたため、以降は全国農業会議所『農作業料金・農業労賃に関する調査結果』の農業臨時雇賃金（1日当たり、農作業一般、男女別）の推移を元に延長する。

(2) 資本

a 考え方の整理

資本投入に関して、農業経営体等が保有している資本の年間あたりの農業生産への貢献度合いを想定することができる。これを一般に資本サービスと呼ぶ。資本サービスの量や価格は直接観測ができないため、様々な仮定をおいて推計する。

資本サービスの量は、資本ストックの量に比例すると考えるのが一般的である。比例定数は一定であることが想定されるため、TFPの推計に必要となる資本サービスの量の変化率は、資本ストックの変化率と一致する。

資本ストックを推計する方法にはPS法（Physical Stock Value Method）、PI法（Perpetual Inventory Method）、BY法（Benchmark Year Method）がある（荏開津（1985）、野村（2004）など）。PI法は、過去の資本形成の総和を資本ストックとして推計する方法、BY法は基準時点の資本ストックと各時点の資本形成から他の時点

の資本ストックを求めていく方法、PS法は各時点において生産者が所有している資本ストックを直接調査して計上する方法である。

資本は新製品として生産活動に投入されると、設備年齢を重ねることに伴って少しずつ、期待される生産能力が低下していく。このことを減耗と呼ぶ。生産能力低下過程は、除却を免れている確率の分布と、除却を免れている条件の下で設備年齢の上昇に伴って効率性が低下する過程である経齡的効率性プロファイルとの積と考えられ、これをOECD（2009）は経齡的効率性・除却プロファイル（age-efficiency/retirement profile）と呼んでいる。PI法やBY法では資本形成の和を計算する際に経齡的効率性・除却プロファイルが考慮されるが、その際に減耗率や耐用年数が一定であるという仮定をおく必要があり、それがバイアスの要因になりうる。

PS法はこの点においてバイアスが小さいと考えられる。生産者が所有している資本ストックは、その時点まで除却を免れているものであるため、PS法では残存確率分布を定める必要がない。欠点はデータを揃えることの難しさであるが、農業資本の大部分を占める農業機械について『農業センサス』に農業経営体が保有する台数が掲載されているほか、かなりの品目で数量を把握できる。したがって、本稿ではPS法を基本として資本ストックを推計する。経齡的効率性プロファイルはone-hoss shayを採用する。一部の農業機械はデータが手に入ら

ないためPI法で推計するが、パラメーター固定によるバイアスを緩和するため、毎年の耐用年数を推計してPI法に用いる。

資本サービスの価格は、資本の使用者費用等とも呼ばれ、例えばトラクター1台を1年間借りた場合の料金と考えると分かりやすい。資本の使用者費用の推計には、Ball et al.（2016）の資本サービスモデルをone-hoss shayに適用する。

$$c_{i,t} = \frac{r_{i,t-1} p_{i,t-1}}{1 - (1 + r_{i,t-1})^{-T_{i,t-1}}}$$

$c_{i,t}$ は資本*i*の*t*年における使用者費用、 r は実質資本収益率、 p は価格、 T は耐用年数である。実質資本収益率は資本の機会費用であり、本稿では名目収益率として日本銀行が算出する貸出約定平均金利を用い、資本財別の期待価格変化率で実質化する。期待価格変化率はAR（1）モデルを用い、資本財別にパラメーターを全期間の価格から推計し算出する。

以上より、資本投入のトルンクビスト指数を計算するためには品目別の資本ストックの物量と価格が必要となる。

b データソース

農業の固定資本としては、農業機械、農用建物、動物、植物が挙げられる（注4）。それぞれにおいてデータソースが異なる。

農業機械のうち、『農林業センサス』に農業事業体の所有台数が継続的に掲載されている物（以下、主要農業機械と呼ぶ）については、PS法を用いる。具体的には、30PS未満のトラクターおよび耕耘機、30PS

以上のトラクター、動力防除機、コンバイン、田植機、米麦用乾燥機である。それ以外の農業機械は、経済産業省『生産動態統計』（注5）や財務省『日本貿易月表』から国内向け供給台数を求め、PI法で物量を推計する。耐用年数は、泉田（1987）を参考に、主要農業機械の所有台数と国内向け供給台数を比較して推計する。農業機械の価格は、国内向け供給台数と同様の方法で推計した国内向け供給金額を国内向け供給台数で割り、経済産業省『産業連関表』の運賃・マージン比率を乗じて推計する。

なお『2020年農林業センサス』以降は調査票から農業用機械の保有台数に関する問いが無くなった。このため、本稿で採用したPS法を主体とする農業機械資本ストックの推計方法が適用できるのは『2015年農林業センサス』までであり、これにより本稿の推計対象期間が2011年度までとなっている。

農用建物には温室（ガラス室およびハウス）と畜舎を採用した。温室の物量は、農林水産省『園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況』から設置面積として得る。畜舎の面積は、『農家経済調査』から二段階積み上げ法で推計する。面積あたり価格は農林水産省『農畜産業用固定資産評価標準』から得る。

植物の物量は、農林水産省『面積調査』（注6）の成園と未成園別の面積を用いた。未成園面積は0.5倍して成園換算する。面積あたり価格は『農畜産業用固定資産評価標準』から得る。

動物は乳牛のみを対象とし、役畜は含めない。その物量は農林水産省『畜産統計』から得た成牛と未成牛別の頭数を用いる。未成牛頭数は0.5倍を成牛換算頭数とする。価格は『農業物価統計』に掲載されている乳用牛成牛の農家平均購入価格を用いる。

（注4）固定資本とは、生産のために使われる財であって、それ自体が生産された物であり、かつ複数年にわたって利用されるものを指す。例として、農業機械ではトラクター、農用建物は温室、動物は乳牛、植物は果樹といった物が挙げられる。土地は自然に存在している物であって生産された物ではないため、固定資本とは別の生産要素とされる。

（注5）現在の名称。かつては「機械統計年報」と呼ばれていた。

（注6）現在の名称。かつては「耕地及び作付面積統計」等と呼ばれていた。

（3）土地

土地の投入量は、都道府県別の種類別耕地面積、つまり田は普通田と特殊田の面積、畑は普通畑、樹園地、牧草地の面積として把握する。土地の投入量を作付面積ではなく耕地面積によって把握するのは、土地について得られる地代の統計は土地を1年間借りることへの対価だと考えられるためである。

耕地面積のデータは、農林水産省の『面積調査』から得る。生産調整により稲以外の品目が作付けられている水田は、泉田（1987）と同様、田の面積から控除する。生産調整面積は、同省の『転作の現状と今後の方向』『水田利用再編対策実績調査結果表』等から得る。2004年以降はデータがなくなるため、『面積調査』の「米以外の作物のみを作付けた面積」を使って延長す

る。

地代は、普通田と普通畑については、毎年の安定したデータが得られる不動産研究所『田畑売買価格及び小作料調』を利用する。牧草地については、畑の種類別データが豊富な全国農業会議所『畑小作料の実態に関する調査結果』を利用して普通畑と牧草地の小作料の比率を計算し、『田畑売買価格及び小作料調』の普通畑の地代に乘じる。樹園地の小作料は普通畑よりも高いが、これは土地に定着している果樹等を利用する代価が含まれているためである。植物資本との二重計上を避けるため、普通畑に対する樹園地の比率は1とする。

(4) 経常財および農業産出

経常財と農業産出の価格については、農林水産省の『農業物価統計』を用いる。経常財の投入量と農業産出量は、農林水産省

の『農業・食料関連産業の経済計算』の品目別名目額を『農業物価統計』の価格指数で実質化する。

3 推計結果

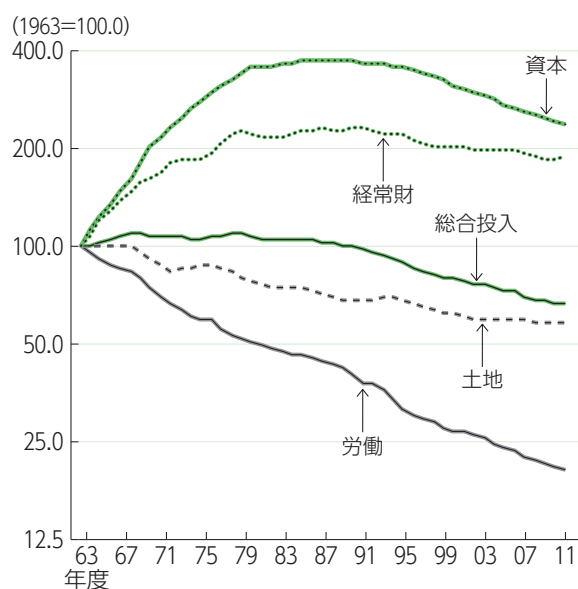
(1) 生産要素

要素投入指数と要素シェアの推移を第1図に示す。

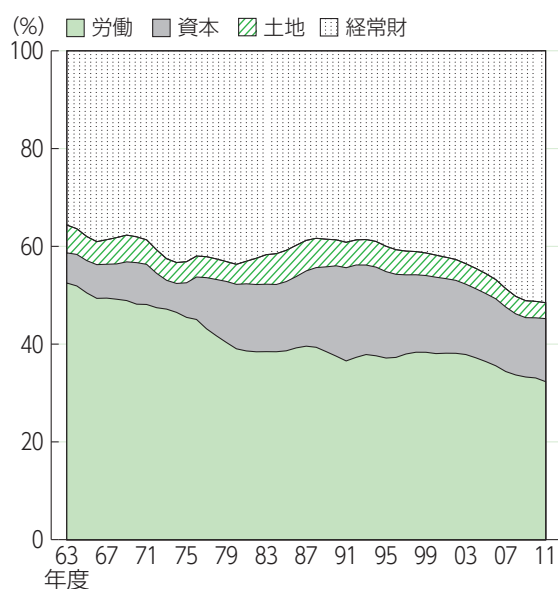
総合投入指数は、1963年度から1980年代半ばまで横ばいであり、それ以降は減少している。1963年度から最も大きく投入量が伸びたのは資本であるが、1990年頃からは減少傾向にある。経常財も増加したが、やはり1990年頃からは減少している。労働と土地は投入量が一貫して減少している。労働は特に大きく減少しており、2011年度の投入量は1963年度の5分の1であった。

要素シェアをみると、1963年に50%以上

第1図 要素投入指数と要素シェア



(注) 推計方法やデータの出典は本文参照。



を占めていた労働のシェアが2011年までに大きく低下した。代わりにシェアを拡大しているのは経常財で、1963年には35%であったが、2011年には50%を越えている。資本もシェアを拡大したが、1990年頃以降は低下している。

(2) TFP

総合投入指数、総合産出指数、TFPの推計結果を第2図に示す。

図から、総合産出指数は1963年度から1980年代後半にかけて成長したが、以降は減少傾向にあることが分かる。総合投入指数は、当初横ばい傾向だったが、総合産出が減少を始めるより少し早い1980年ごろに減少に転じた。TFPは、期間を区切ると停滞ないし低下している時期もあるが、ほぼ上昇傾向にある。

次に、総合産出の成長会計を第1表に、総合産出の成長率の内訳を第2表にまとめる。

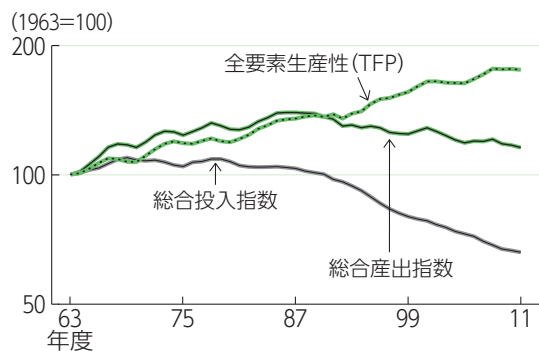
総合産出は全期間平均で年0.30%成長した。総合投入の寄与は年率 $\Delta 0.87\%$ 、TFP

成長の寄与は年率1.17%であるため、TFP成長が総合産出を支えていたと言える。生産要素ごとの内訳をみると、経常財の寄与が0.49%で最も大きい。資本は0.08%で、経常財に比べると大きくはないが、総合産出成長率の4分の1強にあたる。土地は $\Delta 0.06\%$ で負の寄与、労働投入は $\Delta 1.38\%$ と大きな負の寄与であった。

より詳しく、総合産出が拡大していた1985年までの前期と、それ以降の後期に分けて見る。前期においては総合投入がほぼ横ばいを保つなか、TFPの成長が総合産出の増加を支えた。投入側の変化として、労働の減少を代替する形で資本や経常財が増加した。こうした要素代替によるTFP成長の過程は、Hayami and Ruttan (1985) が主張したような偏向的技術進歩（等量曲線の資本使用的・労働節約的な方向への偏ったシフト）の存在に関する議論とも整合的である。また、産出側の変化として、米が生産調整政策の影響などによって減少する一方で、果実、野菜、畜産物が大きく増加したが、黒田（2017）は生産物構成変化も技術進歩を促しうることを示している。以上から、前期のTFP成長は技術進歩、すなわち生産可能性フロンティアの外側へのシフトに伴うものと解釈することができるだろう。

1985年以降の後期においては、それまでの技術進歩を通じたTFPの上昇とは異なる過程を示唆する。後期においては、労働の減少が続いていることに加えて、資本や経常財も減少に転じた結果、総合投入が急激

第2図 総合産出指数、総合投入指数と全要素生産性



(注) 推計方法やデータの出典は本文参照。

第1表 総合産出の成長会計(年平均)

(単位 %))

	年度	総合産出	総合投入				TFP	
			労働	土地	資本	経常財		
全期間	1963-2011	0.30	△0.87	△1.38	△0.06	0.08	0.49	1.17
前期	1963-1985	1.49	0.19	△1.65	△0.07	0.47	1.44	1.30
後期	1985-2011	△0.71	△1.76	△1.15	△0.05	△0.25	△0.30	1.05
前期	1963-1970	2.07	1.12	△2.14	△0.07	0.70	2.61	0.95
	1970-1975	1.30	△0.71	△2.19	△0.06	0.46	1.08	2.02
	1975-1980	0.62	0.53	△1.36	△0.10	0.50	1.49	0.09
	1980-1985	1.76	△0.54	△0.72	△0.04	0.12	0.10	2.30
後期	1985-1990	△0.39	△0.80	△0.90	△0.11	0.00	0.21	0.41
	1990-1995	△1.02	△2.42	△1.89	0.01	△0.15	△0.40	1.40
	1995-2000	△0.51	△2.38	△1.22	△0.11	△0.41	△0.65	1.87
	2000-2005	△1.27	△1.59	△0.89	△0.03	△0.40	△0.28	0.32
	2005-2011	△0.42	△1.63	△0.92	△0.02	△0.30	△0.38	1.21

(注) 推計方法やデータの出典は本文参照。

第2表 総合産出成長への寄与(年平均成長率)

(単位 %)

	年度	総合産出						
			米	野菜	果実	その他の 耕種	畜産	農業 サービス
全期間	1963-2011	0.30	△0.22	0.01	0.03	△0.06	0.49	0.05
前期	1963-1985	1.49	△0.21	0.29	0.19	0.06	1.14	0.02
後期	1985-2011	△0.71	△0.22	△0.22	△0.11	△0.16	△0.06	0.07
前期	1963-1970	2.07	△0.31	0.45	0.34	△0.22	1.69	0.12
	1970-1975	1.30	0.21	0.16	0.35	△0.07	0.74	△0.09
	1975-1980	0.62	△1.09	0.15	△0.07	0.33	1.30	△0.01
	1980-1985	1.76	0.41	0.34	0.08	0.31	0.61	0.02
後期	1985-1990	△0.39	△0.66	△0.31	△0.09	0.06	0.49	0.11
	1990-1995	△1.02	0.40	△0.29	△0.38	△0.35	△0.43	0.03
	1995-2000	△0.51	△0.61	△0.13	0.12	0.17	△0.13	0.07
	2000-2005	△1.27	△0.47	△0.41	△0.08	△0.32	△0.10	0.11
	2005-2011	△0.42	0.15	△0.03	△0.13	△0.33	△0.11	0.03

(注) 推計方法やデータの出典は本文参照。

に減少したことが特徴である。費用シェアは経常財のみ上昇し、その他の生産要素のシェアは資本を含めて低下した。TFPの成長が総合投入の減少を補ったものの、総合産出は減少に転じた。産出の内容を見ると、米の減少傾向が継続しているのに加え

て、前期の産出増加を支えていた野菜、果実、畜産が減少に転じた。概して農業生産の縮小過程と捉えることができる。したがって断定はできないものの、後期のTFP成長は、小規模な経営体など生産性が相対的に低い生産者が退出し、生産性の高い経営

体が残って生産要素を集約したことなどが影響していると考えられる。つまり、生産可能性フロンティアの内側から境界に向かった移動が要因として大きくなったと言える。後期におけるTFP成長を、既存研究で論じられてきたような技術進歩として捉えていいのかには、更なる議論が必要と思われる。

おわりに

本稿では、泉田（1987）などの既存研究をベースに、労働や資本について独自の改善を加えたマクロ経済統計の集計手法を提案し、日本農業の産出、労働、資本、土地、経常財のデータを推計した。そのうえで、総合産出および総合投入のトルンクビスト指数を集計し、それらの成長率の差分としてTFP成長率を推計した。

本稿の推計結果からは、TFPの上昇が1963年から2011年にかけて継続していることがわかるとともに、その背景にあるメカニズムが変化していることを示唆している。仮説として、前期では技術進歩がTFP成長の主な源泉となっていたが、後期では相対的に生産性の低い生産者が退出し、生産性の高い生産者に集約されたことの影響が大きくなっていることを提示した。

今後の課題は、TFP成長として計測された生産性向上に貢献している要素を定量的に明らかにすることである。指数法を用いる場合、生産要素の品質向上を測定し、成長会計分析に利用することが挙げられる。

ERSやJIPは労働の品質を調整した推計を行っている。本稿の推計では、年齢については『農家経済調査』で考慮されているが、これに加えて教育水準や雇用形態などの影響を取り込むことが必要である。資本の質としては、農業機械の性能向上や果樹の品種改良などが挙げられる。高山（2009）はトラクター・耕耘機こううんきに限定して品質調整を行ったものであるが、これを他の資本財にも拡大する必要がある。土地の品質に関しても、ERSは土壌の特性や大都市へのアクセスで調整しているほか、公共事業投資を通じて向上している可能性もある。また、生産関数分析による既存研究の知見を、本稿によって集計された長期経済統計に基づいて検証することも必要である。技術研究と普及（R&E）が農業の生産性について与えた影響について、Kuroda（1997）はKuroda（1995）と同様の方法で集計したマクロ統計を用いて、またKuroda and Abdullah（2003）は『農家経済調査』の平均データを用いて分析している。土地改良事業が農業産出成長に与えた影響を論じた研究としてはAkino（1979）がある。こうした要因が農業の生産性向上にどのように結びついているかは、実証分析としての意義にとどまらず、農業の生産性を向上させるための政策を検討するうえでも重要な意義を持つだろう。

【謝辞】

本研究は拓殖大学政経学部高橋大輔教授と共同で行ったものである。本稿は国際農業経済学会

(International Association of Agricultural Economists) の第31回世界大会 (31st International Conference of Agricultural Economists) において、2021年8月30日に学会報告した論文 (Takayama and Takahashi, 2021) に基づいている。高橋教授にはこの場を借りて感謝を申し上げる。ただし、本稿の誤りや不十分な点等は全て筆者の責に帰すべきものである。

<参考文献>

- ・ 泉田洋一 (1987) 「資本及び投資の収益率に関する理論的・実証的研究」『宇都宮大学農学部学術報告特輯』44
- ・ 梅村又次ほか (1966) 『農林業』、大川一司・篠原三代平・梅村又次編『長期経済統計：推計と分析』第9巻、東洋経済新報社
- ・ 荏開津典生 (1985) 『農業統計学』明文書房
- ・ 國光洋二 (2014) 「日本の稲作総合生産性における地域間格差の動向——空間経量経済分析による知見——」『農林業問題研究』49 (4)、501-510頁
<https://doi.org/10.7310/arfe.49.501>
- ・ 黒田誼 (2005) 「日本農業における技術変化の研究：展望」、泉田洋一編『近代経済学的農業・農村分析の50年』第6章、農林統計協会、121-158頁
- ・ 黒田誼 (2017) 『日本農業の生産構造と生産性』慶應義塾大学出版会
- ・ 近藤功庸・笹木潤・山本康貴 (2010) 「日本における『稲作生産性停滞仮説』の再検証」『農林業問題研究』46 (1)、14-22頁
<https://doi.org/10.7310/arfe.46.14>
- ・ 高山航希・高橋大輔 (2008) 『「農家経済調査」を用いた長期経済統計の推計方法——労働投入量の推計を事例として——』「2008年度日本農業経済学会論文集 (農業経済研究別冊)」、129-136頁
- ・ 高山航希 (2009) 「製造年を考慮した日本農業の資本ストック推計——耕耘機・農用トラクターを対象に——」『農業経済研究』81 (3)、167-178頁
<https://doi.org/10.11472/nokei.81.167>
- ・ 張文・泉田洋一 (1997) 「農家以外の農業事業体の産出シェアの推計」『1997年度日本農業経済学会論文集 (農業経済研究別冊)』、145-147頁
- ・ 土井時久 (1985) 「稲作労働生産性の上昇とその要因分解」崎浦誠治編『経済発展と農業開発』農林統計協会、174-192頁
- ・ 野村浩二 (2004) 『資本の測定——日本経済の資本深化と生産性——』慶應義塾大学出版会
- ・ 速水佑次郎・神門善久 (2002) 『農業経済論 新版』岩波書店
- ・ 深尾京司・宮川努編 (2008) 『生産性と日本の経済成長 JIPデータベースによる産業・企業レベルの実証分析』東京大学出版会
- ・ 山田三郎 (1966) 「1次産業資本ストック」、『資本ストック』、大川一司・篠原三代平・梅村又次編『長期経済統計：推計と分析』第3巻、東洋経済新報社、90-121頁
- ・ 山本康貴・近藤功庸・笹木潤 (2007) 「わが国稲作生産性の伸びはゼロとなるか？——総合生産性、技術変化およびキャッチ・アップ効果の計測を通じて——」『農業経済研究』79 (3)、154-165頁
<https://doi.org/10.11472/nokei.79.154>
- ・ Akino, M. (1979) Land Infrastructure Improvement in Agricultural Development: the Japanese Case, 1900-1965, *Economic Development and Cultural Change*, 28 (1), pp.97-117.
<https://doi.org/10.1086/451155>
- ・ Ball, E.V., S.L. Wang, R. Nehring and R. Mosheim (2016) Productivity and Economic Growth in U.S. Agriculture: A New Look, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 38 (1), pp.30-49.
<https://doi.org/10.1093/aep/pep031>
- ・ Esteban-Pretel, J. and Sawada, Y. (2014). On the Role of Policy Interventions in Structural Change and Economic Development: The Case of Postwar Japan, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 40, pp.67-83.
<https://doi.org/10.1016/j.jedc.2013.12.009>
- ・ European Commission (2016) Productivity in EU Agriculture—slowly but steadily growing, EU Agricultural Markets Briefs, No.10.
- ・ Hayami Y. and Ruttan V.W. (1985) Agricultural Development: An International Perspective, Johns Hopkins University.
- ・ Kawagoe, T., K. Otsuka and Y. Hayami (1986) Induced Bias of Technical Change in Agriculture: The United States and Japan, 1880-1980, *Journal of Political Economy*, 94 (3), pp.523-544.
<https://doi.org/10.1086/261388>
- ・ Kondo, K., Y. Yamamoto and J. Sasaki (2017) Total Factor Productivity of the Japanese Rice Industry, *Asian Economic Journal*, 31 (4), pp.331-353.
<https://doi.org/10.1111/asej.12134>
- ・ Kunimitsu, Y., R. Kudo, T. Iizumi and M. Yokozawa (2016) Technological Spillover in

Japanese Rice Productivity under Long-Term Climate Change:Evidence from the Spatial Econometric Model, *Paddy and Water Environment*, 14 (1), pp.131-144.

<https://doi.org/10.1007/s10333-015-0485-z>

- Kuroda, Y. (1989) Impacts of Economies of Scale and Technological Change on Agricultural Productivity in Japan, *Journal of the Japanese and International Economies*, 3 (2), pp.145-173.

[https://doi.org/10.1016/0889-1583\(89\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0889-1583(89)90002-6)

- Kuroda, Y. (1995) Labor Productivity Measurement in Japanese Agriculture, 1956-90, *Agricultural Economics*, 12 (1), pp.55-68.
- Kuroda, Y. (1997) Research and Extension Expenditures and Productivity in Japanese Agriculture, 1960-1990, *Agricultural Economics*, 16 (2), pp.111-124.
- OECD (2009) Measuring Capital-OECD Manual 2009:Second Edition, OECD Publishing, Paris,
<https://doi.org/10.1787/9789264068476-en>

- Rahmatullah, A.B. Md and Y. Kuroda (2005) Causality between Capital Investment and Productivity in Japanese Agriculture, 1957-97, *Japanese Journal of Rural Economics*, 7, pp.78-87.

<https://doi.org/10.18480/jjre.7.78>

- Takayama, Koki and D. Takahashi (2021) Estimating Long-Term Economic Statistics of Japanese Agriculture:1963-2011, Conference Paper/Presentation, the 31st International Conference of Agricultural Economists, International Association of Agricultural Economists,
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.315333>
- Yamada, S. (1991) Quantitative Aspects of Agricultural Development, in Y. Hayami and S. Yamada eds., *The Agricultural Development of Japan:A Century's Perspective*, Tokyo:University of Tokyo Press.

(たかやま こうき)

気候変動適応を支えるデータ駆動型農業

—日本での普及に向けた展望—

研究員 宮田夏希

〔要 旨〕

気候変動への適応を目的としたデータ駆動型農業は、多くの農業者にとって有意義と考えられる。しかし日本では小規模農家を中心にデータ活用の普及が進まず、課題の一つとして地域の支援体制が指摘されている。そこで本稿では、県単位でデータ駆動型農業に取り組む2事例を分析し、成果と普及に向けたポイントを検討した。その結果、地域の関係者を中心とした役割分担により、データ駆動型農業が気候変動適応の成果につながっていることが確認できた。地域の体制に関しては、開発・検証・活用促進・フィードバックといった役割を、県・農協系統・民間企業などで分担しながら連携することが重要である。また政策面では、国の適応計画にデータ駆動型農業を位置付け、導入支援や人材育成を後押しする意義があると考えられる。

目 次

はじめに

1 国内動向と課題整理

- (1) 国内の動向
- (2) 普及課題に関する先行研究

2 国内の事例

- (1) 静岡県のレタス
- (2) 山形県の米

3 事例の考察

- (1) 気候変動適応の成果
- (2) 成果を支えた仕組みや工夫
- (3) 今後の課題

おわりに

はじめに

地球温暖化が進行しており、気候変動対策の重要性がますます高まっている。環境省（2020）によると、農業は気候変動による影響の重大性や緊急性が高いと評価されている。農業では既に様々な影響が出ているとの報告があり、具体的には、水稻の一等米比率の低下、野菜の生育不良、果樹の生理障害などがある。全国的に、多くの品目で品質や収量の低下、収穫時期の変化などが生じている。

そのため、農業分野において、気候変動による影響の防止・軽減を図るための対策、いわゆる「適応策」を打つことが喫緊の課題となっている。農業分野の気候変動適応の方針は、「農林水産省気候変動適応計画」（2023年8月改定）として取りまとめられている。それによると、農業全般の基本的な施策としては、「高温等の影響を回避・軽減する適応技術」「高温耐性品種等の導入」「品目転換」などが挙げられている。

しかし現行の計画では、データ駆動型農業（注1）のようなデジタル技術活用は明確に位置づけられていない。今後の適応策を考えるにあたっては、適応計画にデータ駆動型農業を位置付けることが有効となり得る。その理由は、農業では長年の経験や勘を頼りにする栽培管理が一般的だが、気候変動が問題となるなかでは、従来の気候条件と新たに直面する気候条件の差が大き

くなるためである。さらに、気候変動によって新たな栽培適地が生じる場合には、地域に蓄積された知見が乏しいため、データに基づく判断支援が重要となる。このような状況においては、経験や勘だけでなく、気象などのデータや動植物の生理メカニズムを踏まえた予測をもとにして、作業時期などを判断する体制を整えることが有効になると考えられる。

そこで本稿では、気候変動適応を支えるデータ駆動型農業に注目し、国内動向と普及上の課題を整理したうえで事例を分析し、普及に向けた方向性を検討することを目的とする。

構成は、まず第1節で国内動向と普及上の課題を整理する。そのなかで、特に小規模農家での普及に課題があることや、集団的な取組みの有効性、国内事例の分析の必要性を提示する。それを踏まえて第2節では二つの国内事例を紹介し、第3節で事例をもとにした考察を行う。そして最後に、今後の展望について方向性を示す。

（注1）データ駆動型農業の定義については文献によって多少の違いがあるが、Mehrabi et al. (2021) では「農業システムにおける意思決定を支援するためにデータを活用し、生産量や収益、環境の持続可能性、食料安全保障などの成果を向上させる」ものとされている。

1 国内動向と課題整理

(1) 国内の動向

最初に、データ駆動型農業に関連する研究・政策・基盤整備・現場活用の実態について概観する。

a 作物の生育に関する研究

気象条件と作物の生育や収量の関係を定式化する研究は、古くから蓄積があり、様々な生育モデルが構築されてきた（鮫島（2020））。特に作物の生理的メカニズムを考慮したモデルは、異常気象など未経験の条件（外挿条件）のもとでも予測精度が良い傾向があるとされている。

そのほかには、病虫害や凍霜害の予測研究があり、さらに近年は情報通信技術の進展を背景に、リモートセンシング（衛星やドローンなどで上空から作物を観測する技術）やAI技術を使った画像解析による生育診断の研究も進んでいる（小林・神田（2021）、岩崎（2021）、佐久間ほか（2013）、藺部（2021）、高山（2021））。

こうした知見は、データ駆動型農業の基礎を成し、気候変動下での営農判断に役立つと考えられる。

b 政策の後押し

2024年の「食料・農業・農村基本法」改正や2025年の「基本計画」では、データ活用を含むスマート農業（注2）の推進が位置付けられた。他方で基本計画では、現状においてデータ活用の「普及は不十分」との記載がある。

こうした状況のもと、2024年には「スマート農業技術活用促進法」が施行された。同法に基づき認定を受けた農業者や事業者は、金融・税制面での支援を受けられる仕組みである。農業者の認定では、個別農家でのスマート農機の導入だけでなく、複数

農家での共同利用や事業体への作業委託も対象となっている。

c データ基盤整備とサービス開発

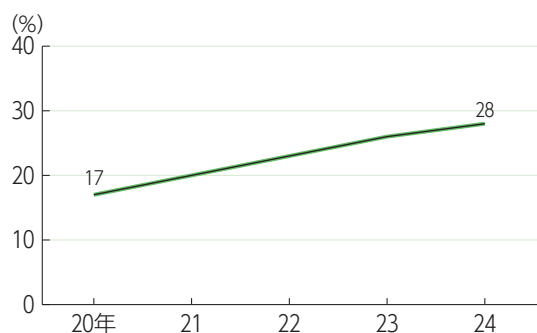
農業分野のデータ基盤に関しては、国家プロジェクトとして「WAGRI」が開発され、2019年から運用されている。WAGRIは、農業に関するデータやサービスを民間企業等に提供するプラットフォームである。具体的には、気象、農地、生育・収量予測、病虫害診断などのデータや機能をAPI（注3）として提供している。直近では220のAPIが公開されており、116の事業者が利用している（注4、注5）。

民間企業では、気象データなどをもとにした収穫適期予測や、リモートセンシングによる病害発生予測・生育診断のサービスが登場している。さらに地域レベルでも、県主導で予測システムを実用化する動きがみられる。例えば、本稿で紹介する静岡の「レタスのリアルタイム収穫生育予測システム」、山形の「やまがた米づくりナビ」などである。

d 普及状況

統計によると、データを活用する農業経営体の割合は徐々に増えているものの、2024年時点で28%にとどまっている（第1図）。統計上の定義を踏まえると、このなかには様々なレベルの活用が含まれていると考えられ、データの取得だけでなく一定の分析まで行っている経営体は、さらに少ないとみられる。

第1図 データを活用した農業を行っている経営体の割合



資料 農林水産省「農林業センサス」「農業構造動態調査」
(注) 2020年は全数調査、21～24年は標本調査。

経営規模別では、大規模経営では活用がある程度進んでいる一方、小規模経営では活用割合が低い(第1表)。日本農業では多くが小規模家族経営であることを踏まえると、小規模経営における普及支援の方法が大きな課題といえる。

こうした課題認識を踏まえ、次項では普及に関する先行研究を整理し、どのような要因が指摘されているかを確認する。

(注2)「スマート農業」とは、農林水産省の「スマート農業をめぐる情勢について(2025年7月)」によると、「ロボット、AI、IoT等の情報通信技

第1表 販売規模別のデータ活用状況

(単位 %)			
		データを活用した農業を行っている経営体の割合	(参考)経営体数の構成比
全体		17.0	100.0
農産物販売金額	1百万円未満	7.9	52.1
	1百～5百万円	17.3	27.5
	5百～1千万円	29.0	8.5
	1千～5千万円	44.8	9.9
	5千～1億円	59.2	1.2
	1億円以上	67.6	0.7

資料 農林水産省ウェブサイト(25年9月1日アクセス)
https://www.maff.go.jp/j/kanbo/dx/attach/pdf/nougyou_dxkousou-15.pdf

(注) 2020年農林業センサスをもとにした集計値。販売金額1百万円未満は、販売金額なしを含む。

術を活用」した農業とされている。

(注3) API(Application Programming Interface)とは、ソフトウェア同士がやり取りするためのルールや仕組みのこと。

(注4) API数は、2025年7月時点。
WAGRI運営事務局「WAGRIが提供する主なAPI」
<https://wagri.naro.go.jp/api-html/>
(2025年8月20日アクセス)

(注5) 利用事業者数は、2025年3月末時点。
農林水産省技術政策室「農業データの利活用の推進について(令和7年5月)」
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-276.pdf>
(2025年8月29日アクセス)

(2) 普及課題に関する先行研究

データ駆動型農業の普及に関しては、国内外でいくつかの課題が指摘されている。上西・梅本(2018)は、ICT技術は従来の農業普及研究の枠組みでは説明しきれず、新しい評価視点が必要と論じている。国際的なレビューでは、データ駆動型農業(注6)は先進国の大規模農家での導入が進む一方、小規模農家で普及するには支援が不可欠とされている(Finger et al., 2019)。

小規模農家への普及上の課題としては、土地面積の狭さや導入コストの高さ、専門家サポートや支援策の欠如、といった点が挙げられている。このうち、土地の狭さや導入コストが高いことへの解決策の例としては、農業者間での集団行動や共同利用が提示されている(Mizik, 2022)。そのほか、小規模農家の普及の意思決定に関しては、文化的な規範や伝統的な慣習といった社会的要因が大きく影響し、地域文化を踏まえた支援の重要性が指摘されている(John et al., 2023)。

日本においては、Ohashi (2024) が小規模畜産農家を対象に、導入には「技術の利用可能性」「デジタル・リテラシー」「支援体制」「効果の可視性」が重要であると分析している（注7）。そのほか、スマート農業実証プロジェクトの事例報告では、「スマート農業は農家だけでは実現できないので、外部の支援サービスが不可欠」との指摘がみられる（上野ほか、2021）。

こうした知見を踏まえると、データ駆動型農業の普及には地域性の考慮や地域の支援体制の検討が欠かせないが、日本では普及そのものに焦点を当てた研究がほとんどみられない。そこで本稿では、普及課題の解決策として提示されている「農業者の集団的な取り組み」に着目し、日本の事例を対象としたケーススタディを試みる。

（注6）データに基づく農業技術の活用に関して、海外の先行研究では「精密農業（Precision Agriculture）」について論じられることが多いため、ここでは精密農業の普及に関する論文を含めて引用している。精密農業の定義は、FAO ウェブサイトによると「作物の実際の必要に応じて投入物の管理を最適化するもの」とされている。

（注7）Ohashi (2024) は、M-GTAという手法によって事例をもとにした理論構築を行った研究であり、ケーススタディとは異なる。

2 国内の事例

本節では、農業現場でのデータ活用について県単位で取り組んでいる2事例を取り上げ、地域での活用体制や活用促進の方法、導入効果や課題を見ていく。内容は、2025年7月に実施した各事例の関係者（静

岡県、静岡県経済連（以下、経済連）、山形県）へのヒアリングに基づいている。

（1）静岡県のレタス

静岡県内では、レタスの収穫適期や出荷量を予測する「レタスのリアルタイム収穫生育予測システム」（以下、予測システム）が活用されている。

a 産地概要と気候変動の影響

レタスは静岡県の農業における主要な露地野菜である。2024年時点の県内のレタス生産状況は、農協出荷ベースで生産者数340人、面積350ha、生産量1万t程度である。全国的な傾向と同様に生産者の高齢化が進んでおり、経営は非法人の家族経営が大半である。作付け体系は、レタス専作はほとんどみられず、水稻などとの複合経営が多い。

最近の気候変動の影響としては、定植前後（10月頃）の高温や虫害による生産量の落ち込みが生じている。また全国的な気候変動の影響により、各産地で生産量や出荷時期の変動が起きており、市況変動の一層の拡大につながっている。

b 開発経緯

静岡県では、2017～19年度にかけて県の研究機関でIoT技術活用の検討を行い、そのなかで、レタスの収穫日予測のモデル化が行われた（注8）。その研究成果を踏まえ、県の事業として民間企業への委託のもと、2021年度に予測システム（ウェブアプ

り）が開発され、2022～23年度に試験的な利用を通じてシステムの改修が行われた。開発にあたっては、県と経済連での意見交換も複数回実施された。

そして2024年度からは、予測システムについて生産者等による現地実証を開始している。

c 主な機能

予測システムの主な機能は、「定植日に応じた収穫適期予測」「(収穫適期予測を踏まえた) 出荷量予測」である。

予測計算にあたっては、農研機構のメッシュ農業気象データと、地域内に設置した温度センサーから収集したデータを利用している。

d 利用体制と必要な作業

予測システムの保有主体は県であり、県が運用管理要領を定めている。経済連が県に利用申請を行い、経済連・県内のレタス生産者・農協・提携する市場関係者が予測システムを利用している。操作画面は利用者の属性によって異なっており、生産者は収穫適期予測、市場関係者は出荷量予測、農協と経済連は両方を閲覧できる仕様となっている。

収穫適期予測の利用にあたり、生産者によるデータの入力作業は特に発生しない。出荷量予測に関しては、予測で必要となる栽植密度や階級発生率について、必要に応じて農協が妥当な値に設定変更することができる。

e 活用促進の方法

予測システムの説明に関しては、基本的には経済連が県内農協に説明し、各農協から生産者に説明する、という流れであった。そのほか、生産者を含む会議の場で経済連が説明をする機会もあった。

県内農協を通じた集計によると、24年度に予測システムのウェブアプリを閲覧した生産者は、レタス生産者全体の3割弱であった。経済連では、ウェブアプリの利用者と非利用者の違いを把握し、さらなる活用促進を進めることを検討している。

なお、農協では予測結果についてFAXなどの紙媒体を通じた情報提供を行っている場合があり、予測システムの結果を参考にしている生産者は、実際にはウェブアプリ閲覧者以外にも多くいることが想定される。

また経済連においては、収穫日・出荷量予測について、レタスに関する情報を取りまとめた週次の情報誌に掲載し、産地や市場関係者と共有する、という取り組みを行っている。

f 活用方法と効果

予測システムは、生産面と出荷面で活用されている。

生産面では、生産者が収穫適期予測を参照して収穫遅れを防ぐ、というのが主な活用方法である。県内のレタスは、定植日から収穫までおおむね1か月半～3か月を要するが、定植日時点での予測と実際の収穫適期の乖離は、2024年度において、ほと

んど±2日に収まっていた。最大でも4日の誤差であり、予測値は実務上十分に参考になる精度であった。

出荷面では、出荷量予測が産地側と市場が対話する際の材料となっている。出荷量の見通しが得られることで、市場への安定供給の見通しが立ち、産地と市場の信頼関係の強化にもつながりうる。

さらに経済連では、出荷戦略を検討する際の基礎情報として、出荷量予測を活用している。例えば、予測結果をもとにして小売店向けの販売促進キャンペーン施策を企画する取組みにつながっている。

出荷量予測の精度に関しては、2024年度においては時期によって誤差にばらつきがあった。経済連による農協職員や市場関係者へのアンケートによると、「おおむね良かった」という意見がある一方で、精度向上に対するさらなる期待の声も寄せられている。

また生産者からの意見については、経済連が会議などの場で意見交換を行うほか、農協を通じた意見収集の仕組みもあり、生産者の意見を把握する体制が整っている。

g 今後の課題

今後の課題としては、以下が挙げられている。

一点目は、費用負担のあり方である。現状は試験的な利用段階ということもあり、運用費用は助成金で賄われている。しかし、助成金の支給期間には限りがあるため、継続的な運用にあたっては、関係者間

でどのように費用を負担するかを検討する必要がある。また、昨今はクラウドサービス利用料が高騰しており、今後の運用にかかる費用が予測しづらいことも懸念点となっている。

二点目は、予測精度の向上などの機能改善である。特に、出荷量予測の精度向上について関係者から期待が寄せられており、検討が進められている。さらに、新たな機能拡充のアイデアも出ている。例えば、レタスの結球時に高温が予想される際にアラート通知を出し、高温対策につなげるなどである。

(注8) モデルの概要としては、有効積算温度が一定の値に達した時点が収穫適期になる、というものである。なお有効積算温度は、植物の生育が停止する温度(基準温度)を超えた部分の気温を積算した値である。研究の詳細は、静岡県ウェブサイト「成果情報名：有効積算温度を用いたレタス生育予測技術の開発」
https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/058/823/02-retasuseiikuyosoku.pdf
(2025年8月25日アクセス)

(2) 山形県の米

山形県内では、圃場単位で追肥診断や作業適期を確認できる「やまがた米づくりナビ」が活用されている。

a 産地概要と気候変動の影響

山形県は全国でも有数の米どころであり、2023年産の水稻作付面積は6.1万haで、全国4位である(農林水産省「作物統計調査」)。主要品種は「つや姫」「はえぬき」のほか、最近は高温に強い「雪若丸」が県

の新たなブランド米として推進されている。

気候変動の影響としては、特に2023年の高温時の影響が大きく、米の白未熟粒が多発して品質低下が顕著であった。山形県産米は高品質を特徴としているが、2023年の1等米比率は「はえぬき」が35.1%（過去5年平均95.1%）、「つや姫」が51.7%（同98.1%）と壊滅的な被害を受けた。そのほか、高温により収穫適期が従来よりも大きく前進し、営農スケジュールにも影響が出ている。

b 開発経緯

県は、以前からリモートセンシング技術の研究に取り組んでおり、衛星画像から得られるデータを解析して生育診断に活用することで、圃場単位の細やかな管理・指導を実現したいとの思いがあった。そのようななか、「通信環境の向上」「衛星の分解能の向上」「衛星画像サービスの価格低下」といった情勢の変化があり、研究の実用化に向けた検討が始まった。

実用化にあたっては、県のブランド米である「つや姫」に焦点を当ててシステム開発を行うこととなった。つや姫は付加価値が高く、生産の安定や品質向上によるメリットが大きいためである。

実用化に向け、県では生育診断の結果をWebGIS上（注9）で表示できるサービスを探していたところ、縁あってビジョンテック社のAgriLook®という営農支援システムに行き当たった。使い勝手のよいシステ

ムであったため、その機能をカスタマイズし、社会実装に向け、「やまがた米づくりナビ」（ウェブアプリ）として実証している。

なおAgriLook®は、気象情報や圃場図についてWAGRIのAPIを活用している（注10）。またビジョンテック社は、水稻・小麦・大豆の発育予測や、水稻の病害診断などについて、WAGRI上でAPIを提供している（注11）。

やまがた米づくりナビの対応品種については、現在は「つや姫」だけでなく、「はえぬき」「雪若丸」も対象に加わっている。

c 主な機能

ビジョンテック社のシステムをベースに、県の研究成果や生産者のニーズを踏まえ、大きく3つの機能「生育診断マップ（追肥診断）」「作業適期カレンダー」「刈取適期マップ」を備えている。

「生育診断マップ（追肥診断）」については、県でNDVI（植物の生育度合を示す指標）と稲の窒素吸収量との関係性を推定する計算式の研究成果があり、それを活用して実装している。やまがた米づくりナビの画面では、地図上で圃場ごとに「追肥可」「地上調査で再診断」「減肥が必要」の3種類の診断結果が色別で表示される。

「作業適期カレンダー」についても、県で研究していた山形県の水稲生育モデルを組み入れている。生育モデルは、気温から水稻の生育ステージを予測するモデルで、生産者から正確性が高いとの評判がある。

システム上の機能としては、選択した圃場について「中干」「穂肥」「カメムシ防除」「収穫」などの作業適期が表示される。

「刈取適期マップ」は、地図上で圃場ごとの収穫適期の早晩が色別で表示される。こちら、県が作成した計算式を活用した機能である。

さらに、システムのさらなる機能改善も重ねられている。山形県では県職員と生産者の距離が近く、生産者からの意見を収集する体制が整っており、県が改善の要望を調査し改善点を検証して、やまがた米づくりナビに反映している。

d 利用体制と必要な作業

県がやまがた米づくりナビの管理主体であり、県・農協の担当者と生産者が利用できる仕組みとなっている。

運用にあたっての作業として、県では、衛星画像データから得られる解析データと地域での実際の稲の生育状況を毎年照合し、解析結果の精度を高く維持している。これは、衛星が年々更新される影響で、衛星画像のデータ値に変動が生じることがあるためである。

生産者自身の作業としては、作業適期カレンダーを使う場合、品種・移植日・移植時の葉の枚数を入力することで、より高い精度で生育予測が表示される。

e 活用促進の方法

県では、県内の4地域（庄内・村山・最上・置賜）について、各地域でモデル地区

を定めて活用を促している。モデル地区では、県の普及指導員と農協の営農指導員が、生産者に対して活用方法を丁寧に周知している。

なお庄内地域については、地域内の農協からの要望もあり、最初から地域内全体で利用が進んだ。庄内地域では、やまがた米づくりナビの活用に関して、地域内の県の普及課・農協・市町村による研究会も立ち上がっており、生産者向けの研修会や農協営農指導員向けの講習会が実施されている。

f 活用方法と効果

活用方法については、生産者自身では①生育診断マップを見て追肥が必要な圃場や、追肥の量の調整が必要な圃場を確認する、②作業適期カレンダーを見て営農計画を立てる、③刈取適期マップを見て刈取計画を立て、適期に刈取って刈遅れを防ぐ、などの活用をしている。

県の普及指導員や農協の営農指導員では、生育診断マップをみて、現地確認をして追肥量を決める必要がある圃場を把握している。そして、そのような圃場を優先して回することで、効率的な指導につなげている。従来は、代表的な圃場で講習会を実施し、生産者に穂肥の時期と量を指導する方法であった。

そのほか、一部地域では、地域内の収穫予測をもとにライスセンターの搬入計画を立てる、という活用方法もみられる。

やまがた米づくりナビの活用による具体

的な効果について、県では「改善事例集」として取りまとめ、ウェブアプリ内に掲載している。事例集には、実際の農業経営の取り組み事例が複数掲載されており、作業適期カレンダーを参照した中干の開始時期の適正化や、生育診断マップを参照した適期適量の穂肥などによって、収量・食味（玄米粗タンパク質含有量）が改善したことが紹介されている。例えば、収量では10a当たり半俵～1俵半（30～90kg）程度の増加につながった例が複数ある。

運用費用に関しては、対象品種（つや姫・はえぬき・雪若丸）の県全体の水田面積が4万haほどあることから、面積当たりの運用費用で考えると低コストに抑えることができている。

g 今後の課題

今後の課題としては、以下が挙げられている。

一点目は、費用負担のあり方である。現状は県の予算で当該システムを実証しているが、継続的な運用にあたっては、受益者（生産者・農協系統）での費用負担について検討する必要があるとされている。

二点目は、システムの統合についてである。規模が大きい農家を中心に、やまがた米づくりナビ以外にも複数の営農支援システムを活用している場合があり、そのような生産者からは「様々なシステムを使い分けて閲覧するのは手間がかかる」との声がある。仮に一つのシステム内で一括して閲覧ができるような仕組みができれば、生産

者にとっての利便性が高まる。

三点目は、現時点では県内全域での活用には至っていない点である。現状、県内のうち庄内地域では地域全体でやまがた米づくりナビが活用されているが、ほかの3地域ではモデル地区での活用が中心となっている。県では、改善事例集を活用した生産者・農協への説明や、庄内地域での取り組み方の横展開を進めることを検討している。また、機能が複数あるなかで、まず使うとよい機能として「作業適期カレンダー」を勧めることで、生産者の利用ハードルを下げる工夫も行われている。

（注9）WebGISとは、GIS（地理情報システム）の機能をウェブブラウザ経由で利用し、地図情報を表示・共有できる仕組みである。

（注10）株式会社ビジョンテック「AgriLook®農業情報サービス」（2025年8月20日アクセス）
<https://www.vti.co.jp/agrilook.html>

（注11）WAGRI運営事務局のウェブサイトによる（注4と同様）。

3 事例の考察

本節では、前節で紹介した2事例をもとに考察を行う。

（1）気候変動適応の成果

気候変動により、農業現場では従来の作付けや肥料管理が難しくなっている。具体的には、高温によって作物の生育時期が従来よりも前倒しになったり、年ごとの変動が大きくなったりするため、適期作業の判断が困難になっている。また高温下では、生育途中で肥料が不足することが増え、一

発肥料だけでは対応しきれないなど、追肥を適切に判断する必要性が高まっている。

こうした課題に対して、事例では、データ分析の結果をもとに適期作業や追肥の判断を行っており、その結果として、収量や品質の向上につながっていた。

静岡県のレタスの事例では、収穫適期予測は実務上十分に活用できる精度であった。生産者は予測結果を参照し、刈遅れ防止に役立てていた。

山形県の米の事例では、適期作業の表示と追肥診断の精度が非常に高く、予測が外れることはほとんどないとされている。生産者は予測結果を参照することで、営農計画の作成、刈遅れ防止、追肥が必要な圃場の効率的な把握などに活用していた。また、複数の農業経営における実証では、予測システムの活用により収量や品質が向上したことも確認されている。

ただし、山形県の予測精度の高さには留意点がある。精度の高さの背景として、山形県の「つや姫」では栽培マニュアルに沿った栽培が普及しており、生産者間で栽培方法の違いが少ないことが挙げられる。したがって、地域内の生産者によって栽培方法に差がある場合には、予測精度に一定のばらつきが生じる可能性が示唆される。

(2) 成果を支えた仕組みや工夫

これらの成果の発揮は、「地域の体制」が土台となっていた。さらに、「集団での取り組みによる効果」や「生産者にとっての使いやすさ」も重要な要因である。以下

では、この3点について順に考察する。

a 地域の体制

2つの事例をもとにすると、県レベルで集団的にデータ活用を進める場合には、大きく「開発」「検証」「活用促進」「フィードバック」の4つの工程が生じると整理できる。各工程を誰が担うかは、地域の事情によって様々な形が想定されるが、今回の事例をもとにすると、おおよそ次のような分担方法が確認できた（第2図）。

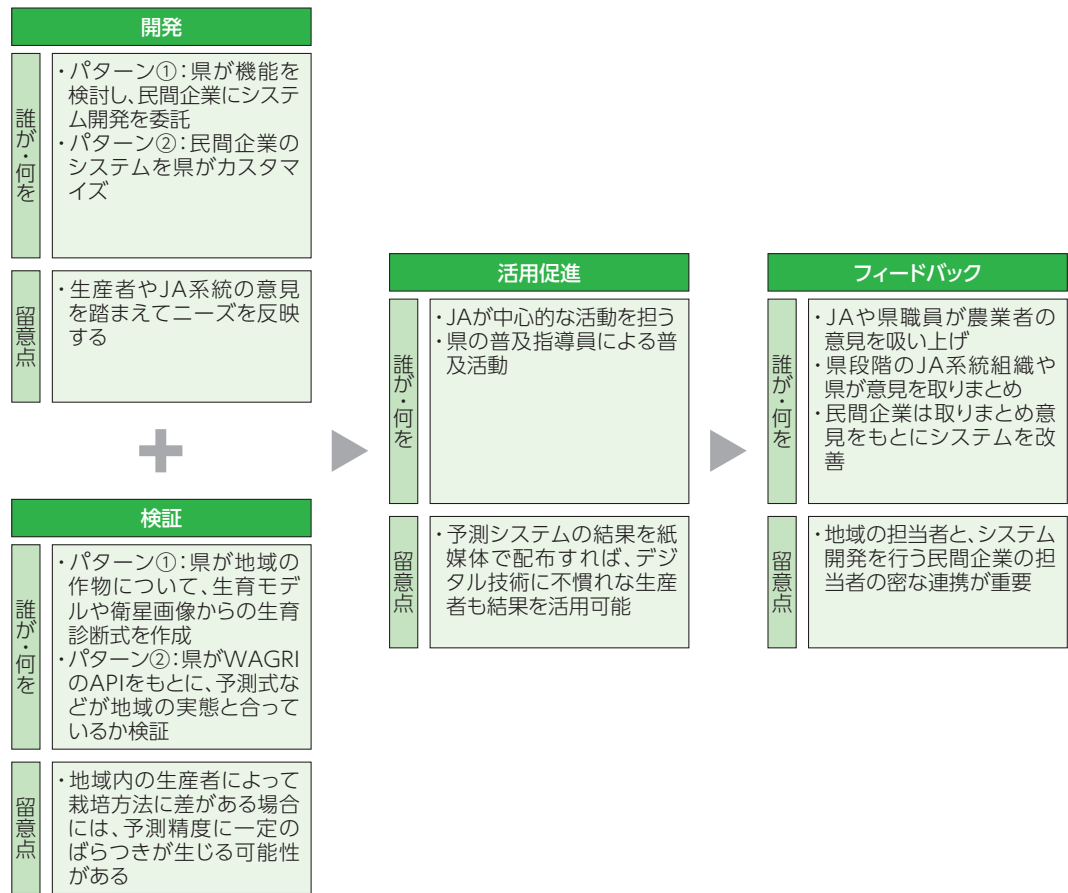
「開発」とは、予測システムの機能設計や、アプリケーション開発を行う工程である。この工程では、いずれの事例も県が主導的な役割を担いつつ、民間企業と協力していた。

静岡県では、県が経済連との意見交換も踏まえて必要な仕様を設計し、その実装を民間企業に委託していた。山形県では、民間企業が提供する衛星画像技術を活用した営農支援システムを基盤としつつも、主要な機能は県の依頼に基づいて追加されており、県の研究成果や生産者のニーズが反映されていた。

「検証」は、生育予測モデルや衛星画像データの解析による生育診断の妥当性を検証する工程であり、ここでも県が中心的な役割を担っていた。

生育予測モデルについては、両事例ともに、県の研究機関が開発したモデル式を活用していた。モデルは、WAGRIで提供されるAPIを活用することも可能だが、当該地域の品種や栽培方法を前提としていない

第2図 データ駆動型農業の普及を支える地域の体制



資料 筆者作成

モデルを用いる場合には、地域での精度検証が不可欠になるであろう。

衛星画像を基にした生育診断においても、衛星画像データから得られる解析結果と、地域での実際の生育状況を照合する作業が必要となる。山形県においては、県がその作業を担っていた。また、衛星は年々更新され、その影響で衛星画像のデータ値に変動が生じることから、県では毎年の確認作業も行っていた。

以上を踏まえると、検証段階では県が役割を担い、地域に適した生育モデルや生育診断の検証を行うことが重要と考えられ

る。

「活用促進」は、生産者が予測システムを実際の営農活動に取り入れられるよう支援する工程である。この点では、県の普及指導員による活動のほか、両事例とも農協が中心的な役割を担っていた。とりわけ、広く生産者に利用を広げるには、生産部会などを通じて農業者と日常的に接点を持つ農協の関与が重要と言えよう。また両事例とも、農協が予測システムに基づく収穫適期や栽培スケジュールを紙媒体で配布する取組みがみられ、デジタル技術に不慣れな生産者も予測結果を活用することが可能と

なっていた。

「フィードバック」は、予測システムの運用後に生産者の意見を収集し、改善に反映させる工程である。静岡県では、経済連が会議などの場で生産者との意見交換を行うほか、農協を通じて経済連に意見が寄せられる仕組みとなっていた。一方、山形県では、県が直接農業者の意見を吸い上げ、改善点を検証したうえでシステムの機能改善に反映する体制が整えられていた。フィードバックにあたっては、地域の担当者と開発元の民間企業との密な連携が重要と考えられる。

b 集団での取組みによる効果

同一地域の生産者が共通の予測システムを利用することは、システムの開発・運用コストを地域全体で分担し、一経営体当たりの負担を軽減する効果がある。さらに事例からは、集団的にデータ活用に取り組むことによる効果として、「出荷戦略への活用による有利販売」「営農指導の効率化」「集出荷施設の利用効率化」が確認できた。

静岡県では、経済連が出荷量予測をもとにした出荷戦略を立てることにより有利販売につながっていた。山形県では、県の普及指導員や農協の営農指導員が生育診断マップを活用し、現地確認が必要な圃場を把握して優先的に回るなど、営農指導の効率化が図られていた。また、地域内の収穫予測をもとに集出荷施設への搬入計画を立てるという活用方法もみられた。

c 生産者にとっての使いやすさ

普及にあたっては、生産者にとっての使いやすさも重要なポイントである。

両事例とも、スマホからウェブサイト経由で予測システムを利用できるようになっており、日常の営農活動のなかでもアクセスしやすい点が利便性につながっていた。また静岡県の事例では、生産者向けの画面をシンプルで見やすく設計しており、必要な情報が把握しやすいように工夫されていた。一方で山形県の事例では、機能が複数あるなかで「まず使うとよい機能」を提示することで、利用開始のハードルを下げていた。

さらに、両事例とも生産者の意見を踏まえた改善が進められており、山形県では利便性向上につながる機能改善が行われ、静岡県でも予測の精度向上に向けた検討が行われている。

(3) 今後の課題

事例からは、一定の成果や有効性が確認された一方で、今後の持続的な運用やさらなる発展に向けて、検討すべき点も見えてきた。以下では、「費用負担のあり方」「システムの機能向上や他システムとの連携」「さらなる活用促進」の3点について整理する。

a 費用負担のあり方

現状、両事例とも試行的な段階であることから、予測システムの運用費用は主に県の予算や助成金に依拠している。今後の継

続的な運用にあたっては、受益者（生産者や農協系統など）を含めた費用負担のあり方を整理することが検討事項となっている。

その検討に際しては、予測システムの具体的な効果を明らかにし、受益者が納得感をもって受け入れられる仕組みとすることが一案となりうる。例えば山形県では、実際の農業経営において、予測システムの活用が収量・品質の改善にどの程度つながったかを整理しており、このようなエビデンスは受益者の理解を得るうえで有効となりうる。

b システムの機能向上や他システムとの連携

静岡県においては、特に出荷量予測のさらなる精度向上に対して関係者から期待が寄せられており、今後の課題となっている。さらに、予測システムの活用の幅を広げるような、新たな機能追加のアイデアもみられる。

一方、山形県のシステムは既に多様な機能が実装されている。山形県においては、複数の営農支援システムを併用している生産者がみられ、確認すべきシステムが分散することで利便性に課題がある点が指摘されている。そのため、異なるシステム間のデータや情報が統合され、一元的に確認できるようになることが理想とされている。

このように、静岡県では「精度向上・新機能追加」、山形県では「システム連携」が課題として提示されており、いずれも予

測システムの費用対効果や利便性を高めるうえで重要と考えられる。

c さらなる活用促進

両県とも、現時点では県内のすべての生産者が予測システムを利用しているわけではなく、利用者の拡大が課題となっている。

静岡県では、経済連が利用者数を集計しており、今後は非利用者の特徴を把握したうえで、利用を後押しする方策を検討する必要があるとされている。山形県では、活用が進んでいない地域の生産者や農協に対して、具体的な活用事例を提示することで、システム利用の意義を実感してもらうことが重要との認識がある。

おわりに

本稿では、県単位の取り組み事例をもとに、データ駆動型農業による気候変動適応の成果を確認し、その普及に向けたポイントと課題を整理した。そのうえで得られた含意として、以下の3点を提示する。

第一に、農林水産省の気候変動適応計画において、適応の手段としてデータ駆動型農業を明示的に位置付けることを検討する余地があるだろう。データ駆動型農業は、従来は生産性の向上や経営の高度化といった文脈で推進されることが多かったが、気候変動適応を目的に据えることで、経営規模や年齢層を問わず幅広い生産者にとって取り組む意義が大きくなる。

国際的にも、FAOが「気候スマート農業」(CSA: Climate-Smart Agriculture)を提唱しており、「農業生産性の向上」「気候変動への適応」「温室効果ガス削減」の三つを同時に追求するアプローチとして位置付けている (FAO (2013))。またオーストラリアでは、長期的な気候リスクを前提に、気象・土壌データを統合した営農支援システム (APSIM) を整備し、気候変動下での農業者の意思決定に役立てている (Keating (2024))。こうした国際的潮流も踏まえると、日本においても適応策の一環としてデータ駆動型農業を位置付け、その普及を後押しすることが求められよう。

第二に、集団的な活用を支えるには、地域の体制づくりが不可欠である。開発・検証・活用促進・フィードバックといった役割を、県・農協系統・民間企業などで分担しながら連携する必要がある。このように多主体が役割を分担・連携することで、予測システムは地域ぐるみの気候変動適応策として機能しうる。

そのための政策として、県レベルでのコーディネート役の配置や、県の普及目標にデータ駆動型農業を組み込むことが考えられる。ただし、普及指導員の人員減少や業務負荷の増大が課題であり、持続可能な普及体制の整備も併せて求められる。またデータ駆動型農業に関する研修については、国の仕組みとして生産者や実証プログラム参加者向けの研修は存在しているものの、農協営農指導員のように、生産者を伴走支援する人材向けの研修は十分ではない。地

域ごとに予測システムの対象作物や利用場面は異なるため、県や農協系統が中心となり、地域ニーズに応じた研修プログラムを設計・実施することが望ましいと思われる。そしてそのために必要な費用について、国が政策的に支援する方法が考えられる。

第三に、課題の一つとして、予測システムの機能向上や他システムとの連携が挙がっていた。これに関しては、民間企業が導入地域からのフィードバックを反映し、予測システムやWAGRIに提供するAPIを高度化させることで、他地域においても利便性が高まるだろう。全国的な普及とともに予測システムの高度化・連携が進むことは、農業分野での気候変動適応の強化につながり、持続可能な農業への移行を後押しするものと期待される。

このような普及促進にあたり、政策的には初期導入費用の支援や、システム間連携を後押しする仕組みを整備することが期待される。さらに、農業データの公正な取扱いや農業者のデータ所有権の保護について、ルール策定だけでなく、実効的な運用を担保する仕組みを検討することが併せて必要となっている (小田 (2022))。

最後に、本稿の限界と今後の検討課題を示す。本稿は2事例の分析に基づく考察にとどまるため、さらなる事例の蓄積により、地域の体制のあり方を検討する必要がある。また、システムの高度化や農業者による活用の高度化を進める際の体制と役割分担も、今後の重要な検討課題である。

<参考文献>

- ・岩崎暁生（2021）「害虫の発生と気象」、鮫島良次編『農業気象学入門』文永堂出版、140～145頁
- ・上西良廣・梅本雅（2018）「農業における開発技術の普及に関する研究の動向と展望」『農研機構研究報告 食農ビジネス推進センター』1号、1～26頁
- ・上野正実・川満芳信・渡邊健太（2021）「ウフスマ・プロジェクトで見えてきたさとうきびスマート農業の課題と普及に向けた対応策」『砂糖類・でん粉情報』108号、45～59頁
- ・小田志保（2022）「スマート農業で広がる農業データの活用についての論点」『農林金融』4月号、2～16頁
- ・環境省（2020）「気候変動影響評価報告書 総説」
- ・小林隆・神田英司（2021）「病害の発生と気象」、鮫島良次編『農業気象学入門』文永堂出版、145～151頁
- ・佐久間宣昭・斎藤祐一・永山宏一（2013）「落葉果樹4樹種の凍霜害危険度予測モデル」『園芸学研究』第12巻4号、403～409頁
- ・鮫島良次（2020）「作物の収量予測」、大政謙次ら編『農業気象・環境学 第3版』朝倉書店、83～87頁
- ・園部礼（2021）「衛星リモートセンシング」、鮫島良次編『農業気象学入門』文永堂出版、187～191頁
- ・高山弘太郎（2021）「画像計測」、鮫島良次編『農業気象学入門』文永堂出版、191～195頁
- ・FAO（2013）. *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*
- ・Finger, R. et al. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 11, pp.313-335.
- ・John, D. et al. (2023). A systematic review

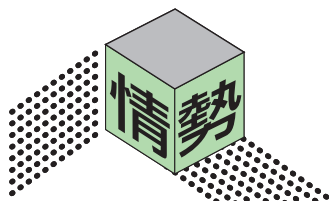
on the factors governing precision agriculture adoption among small-scale farmers. *Outlook on Agriculture*, 52 (1), pp.3-15.

- ・Keating, Brian Anthony (2024). APSIM's origins and the forces shaping its first 30 years of evolution: A review and reflections. *Agronomy for Sustainable Development*, 44:24.
- ・Mehrabi, Z. et al. (2021). The global divide in data-driven farming. *Nature Sustainability*, 4, pp.154-160.
- ・Mizik, T. (2022). How can precision farming work on a small scale? A systematic literature review. *Precision Agric*, 24, pp.384-406.
- ・Ohashi, T. et al. (2024). From conservatism to innovation: the sequential and iterative process of smart livestock technology adoption in Japanese small-farm systems. *Technological Forecasting and Social Change*, pp.208.

<参考webサイト>

- ・農林水産省「スマート農業を巡る情勢について」（2025年7月）
https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/smart_meguji.pdf
（2025年8月27日アクセス）
- ・FAOウェブサイト
https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/340600/?utm_source=chatgpt.com
（2025年8月27日アクセス）

（みやた なつき）



農業を支える外国人の増加と地域人口の構成変化

——茨城県の2自治体（野菜生産額全国トップの鹿行^{ろっこう}・鉾田市：はくさい生産量全国トップの県西・八千代町）にみる外国人労働力の重み——

早稲田大学 名誉教授 堀口健治

1 外国人を受け入れた 日本農業の調査・研究

農業に入ってきた外国人労働力を組織的に調査したのは、安藤氏（当時茨城大学）が最初であろう。安藤（2003）で茨城県鹿島郡旭村を、安藤著『北関東農業の構造』（2005年筑波書房）で八千代町を述べている。

堀口は八千代町で学生の農作業支援を兼ねた調査を行っていたが、組織的調査は2013年が最初になる。成果は軍司・堀口（2014）、堀口（2015）である。

鉾田市（旧旭村を含む）と八千代町は、コロナ後も外国人労働力が増加し、農業、関連産業に貢献している。増加の仕方は全国でトップクラスである。

本稿は両自治体の動向を最近まで追うが、外国人に加え、個人事業では家族員従事者が増え、法人では幹部・準幹部の日本人増加が顕著なことを指摘しておきたい。日本人常雇やパートタイマーが外国人に置き換わるのは広くみられるが、家族員や日本人労働力が従業員組織の中で改めて重要な役割を持つものとして位置づけられている。注目すべきである。

2 鉾田市と八千代町の人口、 日本人・外国人の推移

第1図で、住民基本台帳の15年以降を追った（いずれも1月初日）。鉾田市と八千代町は長らく総人口（図中の「人口計」、すなわち日本人と外国人の計）の減少が続いたが、コロナ（20～22年）後は23、24、25年とほぼ横ばいに転じている。23年以降一段と外国人の増加が高まり、人口増に貢献している。ただ日本人の若者の域外流出、出生率低下、高齢化で出生数を上回る自然減等の傾向は両自治体とも変わりがなく、総人口は横ばいで増加に転じる様子は見られない。

縦軸は人数を表すが、波線で図を区別し、3枚のそれぞれの区間単位幅は異なっている。横軸は年次である。

最下欄の外国人は、鉾田市と八千代町、いずれも増加（注1：鉾田市の17年は若干の減少）だが、23年以降はともに急増である。ただし内容は異なり、鉾田市は戸当り農業雇用外国人が一段と増している。規模拡大だけでなく、施設園芸等、作付けがより集約的になった結果でもある。農業センサスで同市の15、20年の3ha以上経営耕地

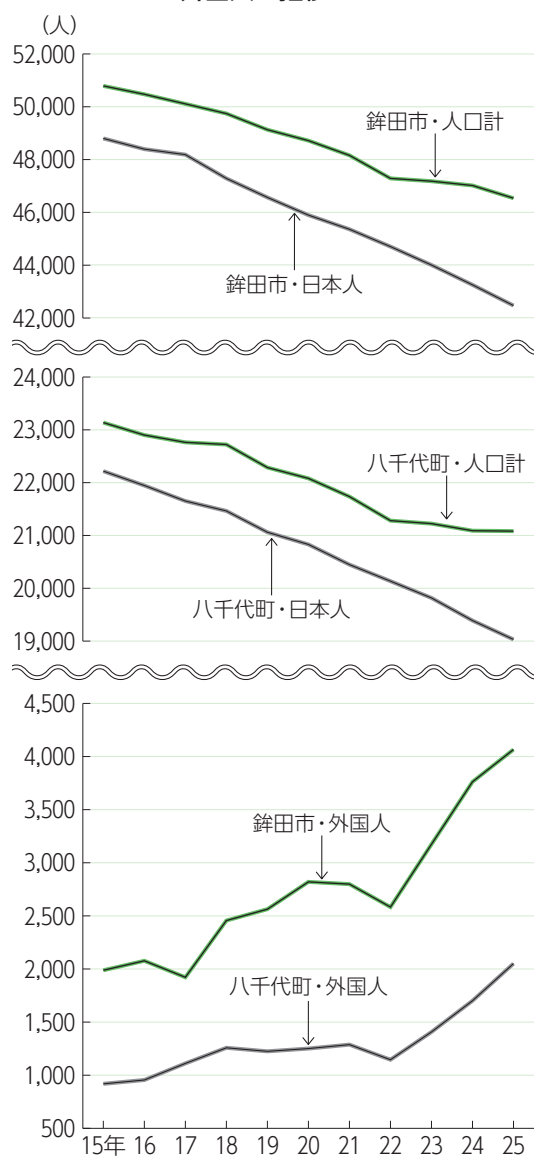
規模経営体数をみると、632から594に減少しているが、戸当りの外国人のさらなる雇用増加（および3haを下回る経営体にも外国人雇用が入ってきた）があった。八千代町は277から279と横ばいだが、農業以外で大規模な食品製造業の進出により従業員の外国人急増という事情が大きい。

なお銚田市と八千代町は、地理的位置が異なるだけでなく、土地条件が異なり生産物に違いがある。

銚田市は23年耕地面積調査で、田1,720haだが畑は6,800haある。田は谷津田が多く耕作放棄がみられる。20年センサスによると2,200の農業経営体があり、野菜を営む経営体が1,685と最大だが、次いで米991、いも類685とある。米を営む経営体は多いが販売はわずかである。市町村別農業産出額の野菜はいも類を含むが、14年から23年まで10年連続、同市は全国一位である。23年は野菜358億円、いも類157億円で、メロン、いちご、トマト、ほうれんそう、いも、にんじん等、多様である。

八千代町は20年センサスで877の経営体だが、それぞれの作目を営む経営体数は、米606、野菜480、果実57となる。面積は田1,740ha、畑1,770haとほぼ同じである。産出額は野菜170億円、米10億円、果実4億円となる。野菜は、はくさい1,169ha、レタス704ha、キャベツ658ha、メロン119ha、と重量野菜が大きい。23年野菜生産出荷統計だと、はくさいの市町村別収穫量で同町は全国トップである。

第1図 銚田市と八千代町の人口計、うち日本人および外国人の推移



資料 銚田市および八千代町資料

3 農業・関連産業を拡大させた外国人労働力

第1表は、農業センサスで常雇（あらかじめ年間7か月以上の契約で雇った者）がいる農家、雇った常雇の実人数そして戸当り常雇数を、県、銚田市（05年以前は旭村、

第1表 農業センサスにみる常雇のいる農家・常雇の実人数・戸当り常雇実人数の推移

(単位 戸、人)

	1990年	95	00	05		10	15
・常雇のいる販売農家	237.0	488.0(1.0)	1,122.0(2.3)	1,267.0(2.6)	茨城県	2,430.0(5.0)	2,976.0(6.1)
・実人数	575.0	1,143.0(1.0)	2,958.0(2.6)	3,415.0(3.0)		7,680.0(6.7)	10,983.0(9.6)
・戸当り数	2.4	2.3	2.6	2.7		3.2	3.7
・常雇のいる販売農家	14.0	47.0(1.0)	161.0(3.4)	183.0(3.9)	銚田市	497.0(12.1)	630.0(15.4)
・実人数	21.0	88.0(1.0)	383.0(4.5)	501.0(5.6)		1,413.0(18.1)	2,471.0(31.7)
・戸当り数	1.5	1.9	2.4	2.7		2.8	3.9
・常雇のいる販売農家	5.0	13.0(1.0)	82.0(6.3)	140.0(10.8)	八千代町	189.0(14.5)	232.0(17.9)
・実人数	10.0	28.0(1.0)	201.0(7.2)	296.0(10.6)		525.0(18.8)	830.0(29.6)
・戸当り数	2.0	2.2	2.5	2.1		2.8	3.6

資料 農業センサス

(注) 1 中段の銚田市は、2005年以前は、旭村、銚田町及び大洋村の合計である。

2 2010年以降は常雇のいる農業経営体数である。

3 ()は1995年のそれを1.0として各年の指数を示した。

銚田町および大洋村の計)、八千代町で示した。90年は常雇は少なくしかも日本人が大半だったが、90年代後半だと農協が技能実習生の監理団体になり外国人を組織的に受け入れるようになって、00年代以降の常雇は大半が外国人で占められることとなった。銚田市と八千代町は県下で外国人雇用がトップクラスで、常雇を持つ農家や常雇の増加指数(95年を1.0として)は県のそれを大きく上回る。10年以降は一段と雇用農家も常雇も増加し、15年で戸当り3人後半から4人の外国人を雇っている。なお20年センサスは常雇への質問が細かく、雇用者数が多い農家は補助用紙が必要になり、それを避けた農家が多くあったとみられる。そのために戸数、常雇、ともに15年と比べ減っている。増加するとみられていたので20年センサスの常雇数は載せていない。

常雇が増えれば農家は経営面積を拡大でき、生産や販売金額は増える。

3ha以上の経営耕地面積規模農家数は以下である。00年センサスで、銚田市462戸(販売農家の14%)、八千代町188戸(8%)であり、県全体6,708戸(5%)と比べ両自治体はその割合が大きい。10年は、632戸(21%)、240戸(19%)、7,785戸(11%)、15年632戸(25%)、277戸(25%)、7,816戸(14%)、20年594戸(27%)、279戸(32%)、7,209戸(16%)と、両自治体の3ha以上層の拡大テンポは県と比べ速い。農産物販売金額別経営体数は3千万円以上層が、20年、銚田市546戸(市全体の25%)、八千代町193戸(22%)と県の2,030戸(5%)の比率を大きく上回っている。

15年で3ha以上の大規模農家は銚田市632戸、八千代町277戸だが、この数は同センサスの常雇雇い入れ農家数の銚田市630戸、八千代町232戸に近い。大規模農家はどの家にも常雇、すなわち外国人が多くいると理解される。なお、八千代町は大規模農

家数が常雇の雇い入れ農家数を40戸以上も上回るのは、水田普通作農家で常雇を持たず自家労働力のみで3ha以上を経営する農家がそれなりにあるからである。ただ、延べ経営耕地規模が50haから100haを超える大規模経営は八千代町でかなり見られ、ここには大型機械を扱う日本人が常雇として雇われている（堀口2015）。なお、経営耕地規模の拡大は、町内での離農者からの農地受け入れに拠るだけでなく、町外への借地等の進出でなされていることも強調しておきたい（堀口・軍司2023）。センサスのたびごとに八千代町の農家の総経営耕地面積の増加が見られたのである。

第2表は、銚田市で、住民登録から就労資格のある外国人で農業に関係するビザを有するものを数えた。ただし、農業だけでなく、技能実習や特定技能がカバーする産業分野で雇われている人もこの数に入る。しかし同市は大部分が農業従事とみてよい。というのは、出入国在留管理庁（以下、入管）「特定技能在留外国人数」を見ると、銚田市24年12月の特定技能1号は1,513人、

うち農業1,455人なのでほぼ農業とみられる。1年前の23年12月も1,264人のうち、農業1,217人で、以下も同様だから、銚田市は、技能実習を含めほとんどの外国人は農業従事とみてよい。なお20年センサス3ha以上の大規模経営594に外国人がみな雇われているとすると、第2表の19年12月の外国人2,376人をそれで割ると、経営体当たり4.0人になる。

20年センサスで銚田市の基幹的農業従事者（農業就業人口のうち、普段の主な仕事として自営農業に主に従事している人）数を農業経営体で割ると経営体当たり2.2人になるので、経営体の主たる農業従事者は日本人と外国人の計6.6人となる。

25年3月の外国人3,529人を、同じ594経営体で割ると5.9人なので、家族員の農業従事者として上記の2.2人を利用すれば、直近の経営体はおよそ8.1人になる。コロナ禍以降の急増で、銚田市の3ha以上層はみな雇用型大規模経営の域にある。

19年12月はコロナ禍前で技能実習1号口（口とは監理団体経由の技能実習生：1号

は1年生）として送り出し国の送り出し団体からこちらの事業協同組合に890人が来て、各農家に分かれる。大半は1年後、同2号口（2、3年生）に上がり、3年終了で帰国する形をとっていた。毎年この規模で受け入れてきたが、コロナで来日も帰国もできなくなった。21年12月の1号口103

第2表 銚田市の在留資格別外国人住民数

区分	19年12月	21年12月	24年7月	24年12月	25年3月
技能実習1号口	890	103	607	476	552
技能実習2号口	1,403	1,153	1,131	1,363	1,414
技能実習3号口	58	238	164	89	61
技能実習計	2,351	1,494	1,902	1,928	2,027
特定活動	17	258	31	68	58
特定技能1号	8	384	1,396	1,472	1,431
特定技能2号	0	0	0	6	13
合計	2,376	2,136	3,329	3,474	3,529

資料 銚田市資料

人は、コロナの最中だが短期間の来日可能な日程を利用してきた人である。しかし予定より極めて少ないので、帰国予定の人を、技能実習3号口（4、5年生）か、特定技能1号で残ることを農家は要請した。また、臨時的措置として他業種から農業への移動が認められ、特定活動で農業に入ってきた人がいる。これらを合わせて21年末は2.2千人弱を確保した。

24年7月は、コロナが終わり、従来の方式で607人の技能実習1号口を確保したが、注目すべきは特定技能1号が1,396人もいることである。以降も1.4千人強受け入れるのは、特定技能1号が最長5年間滞日可能で、多くの若者が技能実習を終え帰国するのではなく、より長く日本に残る選択をした結果である。また他地域からの特定技能1号の流入者もいる。コロナは若者の長期滞在傾向を定着させ、特定技能1号は給与も上がるので、若者は1号で働き続けることを選んだといえよう。農家もそれを歓迎した。

なお技能実習の仕組みはこれを選択する海外の若者、またそれを受け入れる日本の農家が今も多くあるので、横ばい気味だが継続している。なお技能実習は27年までに、育成を強調し特定技能1号へのスムーズな移行を前提とした、育成就労の仕組みに変わることが決まっている。

こうしてコロナ後はより多

くの若者がより長く銚田に滞在し、地域農業を支えている。

八千代町は第3表だが、19年12月はコロナ直前で、技能実習1号口の294人が入国している。また2号口の2、3年生がおり、全体9百人強の若者が働いていた。これがコロナ禍により来日できず、また帰国もできず技能実習3号口で残った。19年から制度が出来た特定技能1号を使う動きも出てきた。この結果が22年5月で、特定活動の人とともに、コロナ前の人数に近づくよう、日本に残ることを農家が要請した。

コロナ後の23年5月は、技能実習1号口でコロナ以前より多い408人がおり、また特定技能1号も313人と前年より増えている。これは八千代町への食品製造業の工場進出が大きく影響している。入管の特定技能在留外国人数をみると、八千代町には24年12月末に特定技能1号が525人おり、うち農業245人、飲食料品製造業226人となっている。23年は373人で、169、168、22年は253人で、112、102である。

特定技能は技能実習から八千代町内で上

第3表 茨城県八千代町の在留資格別外国人住民数

区分	19年12月	22年5月	23年5月	24年5月	25年5月
技能実習1号口	294	42	408	282	167
技能実習2号口	536	393	234	480	645
技能実習3号口	27	109	123	93	64
技能実習計	857	544	765	855	876
特定活動	65	160	24	79	100
特定技能1号	1	158	313	415	525
特定技能2号	0	0	0	0	2
合計	923	862	1,102	1,349	1,503

資料 八千代町資料

がってきたものが農業の場合は主であろうが、飲食物品製造業は多くが他地域からの移動だとみられる。それも一気に採用するのではなく、毎年、60人単位で増やしている。大手コンビニの全国の店に冷凍食品を送り出すこの工場は、特定技能だけでなく、技能実習生も採用している。工場の従業員規模は、住民登録に記載される若者を、同工場の寮の住所で数えることで、わかる。24年5月で、技能実習生は156人（男76、女80）、特定技能1号は、わずかな特定活動の人を含め、141人（男62、女79）、総計297人であることがわかった。技能実習生855人から156人を引くと、699人（男657、女42）であり、この大半は農業従事とみられる。特定技能1号は特定活動を含め494人、これから141人を引くと353人（男268、女85）で、これが農業を主とする特定技能1号と特定活動の数とみられる。コロナ前の19年12月の技能実習生は857人だったから、この24年5月の農業を主とする技能実習生は699人なので、技能実習生は減っている。しかし、特定技能1号および特定活動からいうと、19年12月は66人に対して、353人になり、農業を主とする特定技能1号の増加が大きい。この699人、353人を合計すると1,052人、19年12月では923人が農業を主としていたとみられるが、それを上回る数に回復したことになる。15年センサスで常雇を雇う農家数が232戸なので、これで割ると戸当たり4.5人の外国人になる。これに20年センサスの同町の基幹的農業従事者数を販売農家数で割ると1.8人となる

ので、合計すると6.3人となる。八千代町もコロナ以後も常雇を持つ農家は、雇用型大規模経営の域にあることがわかる。

なお八千代町は、進出した食品製造工場の外国人従業員はほぼ男女半々だが、残りの技能実習生、特定技能1号は、従来と同じく男が多く、重量野菜の生産が多い事情を反映している。鉾田市をみると、25年3月、技能実習は男72%、女28%、特定活動を含む特定技能1号は68%、32%なので、男7割、女3割である。施設園芸を含め作物が八千代町に比し多様なので、女性がそれなりにいる。

なお外国人雇用は、事業協同組合や農協による監理団体を經由しての技能実習生と、登録支援機関や自ら探すなどの多様な方法による特定技能1号、とがあり、この点を説明しておきたい。

鉾田市の場合、初期の頃は就労資格のない違法滞在者や他の就労資格のある人をアルバイトとして農家が受け入れ始めたが、これをあらためるため、当時の農協が90年代後半監理団体になり、正規の技能実習生として受け入れるようになった。このことが広く周知され、受け入れる仕組みを安定させるとともに、農協に出荷しない農家は民間の事業協同組合に参加し技能実習生を受け入れた。域内の事業協同組合だけでなく、例えば大都市で農業以外の技能実習生を扱う事業協同組合も農家は利用するようになった。なお17年鉾田市の両農協が監理団体をやめたので、さらにいろいろな

事業協同組合が監理団体として農家に技能実習生を入れることになった。

八千代町は農協の影響力があり、技能実習生を受け入れたい農家は送り出し国まで出かけて集団面接をし、3年間受け入れる実習生を決める。監理団体の農協は送り出し国の送り出し団体と緊密に情報を交換し、日本に来る若者、受け入れ農家に十分な説明を行っている。農協の送り出し国は、中国から今はインドネシアに移っているが、現地面接をはじめ、従来と同じ仕組みを維持している（堀口2023および堀口2025）。ただし民間の監理団体を使う農家も多く、コロナでは現地面接ができずネット面接に移っていたが、コロナ後も経費節約でネット面接が民間では主である。民間は特定技能1号の登録支援機関も兼ね、1号の希望者を紹介し、ネット面接等を行っている。八千代町の外国人は、農協経由3割、民間の事業協同組合経由7割とみられる。

今後は、特定技能1号か、あるいは従来のように技能実習に依存するか、どの方向に進むか、注目される場所である。

4 外国人雇用の農業経営体の多様な事例

上記までは両自治体における平均的な外国人受入れ農家を述べてきたが、実際は多様な形で農家、法人は外国人を受け入れ、そこには日本人も働いていることがわかる。これらを、耕地規模の大きい経営から

順に並べ、紹介したい。なお聞き取り対象が大規模な経営にやや多い傾向がある。

経営は、法人、個人経営、（法人化していない）家族経営の3種である。両自治体とも法人は少ないが、その法人は家族経営から出発したものが多く、外国人を多数雇う規模の大きい事業体が主である。個人経営は、家族経営で出発し今も世帯主が経営権を持っているが、従業員の数が多いので個人経営とした。家族経営は、外国人を雇用するが、今も家族員が主力なので家族経営とした。なお八千代町は進出してきた食品加工業の従業員構成を最後に述べる。

(1) 銚田市の事例

i 42haの大規模いも専業法人A：

90年代半ばに旧銚田町で初の外国人受入れと地方紙に報道された、古い歴史を持つ、いも専業経営だが、従業員90人のうち60人強を外国人（半数強が女性）が占める。キュアリングを早くから入れ、貯蔵庫、加工場等多くの施設を設け、他の農家からも買い入れての、青果出荷および焼き芋等の加工販売のビジネスである。コロナ禍を契機に特定技能1号を増やして工場規模を拡大し、今は技能実習は少なく50人強が特定技能1号である。最近では5年の帰国期限が迫ってきた人でさらに仕事をしたい人が特定技能2号を受験している。合格者が出ており家族がいる人は呼び寄せている。経営者は彼らにチームリーダーとして長期に働いてくれることを期待している。日本人は、選果や加工・販売部門に多いが、洗浄・調

整、栽培・生産の部門では幹部として外国人をまとめている。

ii 露地野菜と施設園芸が主の大規模

個人経営B：

34haのうち30haはいも、ネギ等の露地、4haにはハウスを設け、小松菜、ほうれんそう、パセリを栽培している。家族員が多く家族経営そのものだったが、外国人を05年前後から導入し耕地規模を積極的に拡大した。今でも家族員は3世代の5人と多いが、これに11人の外国人（技能実習と特定技能1号の半々：女性が9人）が加わり、大規模経営になっている。

iii 多種の栽培と加工・販売・観光にも力を入れる法人C：

露地10ha（いも、にんじん等）、ハウス敷地5ha（イチゴ、メロン等）を、20haを超える敷地で展開している。家族員2人は経営者として、栽培は19人（17人が外国人：技能実習と特定技能1号は半々、2人は日本人幹部）、加工・販売・観光は日本人14人、計33人の従業員である。いちご狩りの案内、加工と販売を兼ねたカフェや見学できるスイーツの生産・販売等は、日本人女性で対応している。接客の仕事は若い女性に人気で、募集に苦労しない。

iv 水菜と小松菜の施設が主力の

個人経営D：

連作障害等でメロンから水菜への転換が00年代前半から地域で始まり、D経営は

そのころ農業に参入し、他と同じように外国人を入れた大規模化を進めた。経営面積は10ha、その6割を使い250棟のハウスを設けている。2世代の家族員2人の共同経営で、雇用は日本人7人、外国人18人（技能実習生のみで女性が16人）だが、日本人の役割は収穫した野菜のパッキング施設への運搬である。外国人は、今までは技能実習の採用・3年後の帰国という方式だったが、希望する者は技能実習3号を経由した特定技能1号の採用を考えている。というのは運転できる日本人募集が難しい中で、特定技能1号の外国人に免許証を取らせることが期待できる。ここができればさらなる規模拡大が可能である。

v メロン、トマトの施設で維持する

家族経営E：

地域の主力であるメロン栽培を主にし、露地栽培はやらず、2haの敷地に設置した施設内の作物の回転で収益を上げている。2世代家族員の3人に04年から導入した外国人は3人（重いメロンを扱うので男性のみ）、という組み合わせだが、メロン、トマトとダブらない季節には、彼らの収入のため、ほうれん草を導入している。技能実習生は3年間働くと結婚適齢期なので帰国し、新しい技能実習生に来てもらうという従来型の採用方式をとっている。

vi イチゴ栽培に特化した個人経営F：

2.06haを所有するが、1.45haの敷地に65棟のイチゴハウスを設ける、いちご専業経

営である。家族員は2人だが、正社員扱いの日系フィリピン1人（男性・身分に基づく在留資格で在日期間に制限はない）がいる。90年代半ばに導入した研修生から始まる外国人は、今は技能実習生の外国人（ベトナム男性）6人を雇用している。ハウス内での高さを考え、背丈が高い人は雇用せず、比較的背丈が低いベトナム人を教育し、良品質のいちごを高収量でとれる経営にしている。他に日本人パートの女性2人が繁忙期に雇われる。



写真1 工場内に販売店を設け施設への来客を期待



写真2 スイーツのカフェがあることを宣伝

(2) 八千代町の事例

vii 農業機械も外国人に依存する大規模

普通作の個人経営M：

八千代町には水稲に加え麦大豆等を栽培する大規模経営がかなりおり、家族員に加え、数人の日本人常雇が普通である。技能実習生は稲作に従事できず、また車の運転等を認めない雇用主が多いので、普通作には外国人が見られず今もそれが多い。しかしM経営は、堀口著『大規模営農の形成史』（堀口2015）の第2章（2）でSK経営として紹介されているが、すでに技能実習生を雇用していた。10年時点で経営面積105.2ha、これに受託44.0haが加わる。これらを経営者夫婦、日本人常雇3人、技能実習生3人の計8人で管理していた。3台のコンバインを同時に動かすには3人の日本人常雇が必要だった。技能実習生は、稲作では除草等に限られ、ネギや施設内の仕事等、多様な仕事に従事していた。

その後、3人の日本人常雇がそれぞれの事情で退職した。今ではこの大規模経営（水稲・後作の麦あわせて121ha、大豆37ha、そば20ha、計178ha）を、経営者、弟夫婦、娘1人、梨農家出身の高齢の常雇1人、これに技能実習生4人と特定技能1号1人で担っているが、無人で動く田植え機2台、無人の装置は付いていないコンバイン2台、トラクター等、機械を動かすのに、上記のうち、技能実習生1人、特定技能1人が加わっている。数年前から機械の扱い方を教え、今では日本人常雇と同じ能力を発揮している。教育すれば、また無人でも動

く機械があるので、意欲を持つ外国人は興味を持ち機械を扱う。大規模普通作での新たな動きである。このやり方をまね、周辺市町村の大規模普通作で機械操作を外国人に認める経営が出て来ている。

viii 市場出荷に依存する大規模露地野菜の個人経営N：

畑40ha（すべて借地）で、長男が代表者になっているが、父、長男の妻、さらに兄弟の3男が加わり、これに技能実習生が12人（他の経営から移籍の3人が加わり15人になる：すべて男性でインドネシア9人、ベトナム6人）の陣容で、はくさいを主に葉物を、自らトラックを動かし市場に直接出すビジネスを行っている。

ix 葉物野菜20haとメロンが主の施設0.7haを経営する個人経営O：

2世代夫婦4人およびインドネシアの男性7人を技能実習で雇用する。1号1人、2号3人、3号3人である。派遣で季節雇用できる特定技能1号に関心がある。

x 葉物野菜の畑と40年の歴史がある施設を経営する個人経営P：

16.5haの敷地で、レタス延べ20ha、キャベツ延べ10haを露地で、キュウリ、トマトの施設を1.5haに120棟建て、経営を行っている。労働力は、2世代の家族員4人、外国人10人（技能実習5人、特定技能1号5人：ベトナムと中国半々）、これに日本人パート6人が農繁期に加わる。出荷は農協で

はなく契約販売等による。

xi 畑8ha（うち借入5ha）で露地と施設（メロン）を経営する個人経営Q：

2世代家族が技能実習生のインドネシア人7人（全員男）とともに、従事している。技能実習は1号1人、2号の3年生2人、3号は4年生2人、5年生が2人であり、特定技能への切り替えは考えていない。

xii 冷凍食品を生産し全国に送る食品製造業大手の茨城工場R：

22年に進出した食品加工会社は、大手コンビニ店におにぎり、サンドイッチ、弁当等を供給するが、八千代町の工場は冷凍食品を全国に送り出す役割である。従業員は500人を超えるが、内訳は、社員64人（なお5人が外国人）、パートナーと呼ばれる人が321人（うち外国人は特定技能1号の191人）、その下に技能実習生が155人いる。従業員全体の66%が外国人（すべてベトナム）で残りの34%が日本人である。

このほかに同時期に進出したキムチ関連の漬物会社の工場があり、地元の白菜を使う。社員は8人（日本人）、パートが28人（ベトナム25人、残り日本人）、日本人アルバイト5人の編成である。

5 最後に

外国人を多く導入することが地域農業を発展・展開させ、家族経営の拡大だけでなく、雇用規模の大きな経営を多く生み出



写真3 町内に増えてきた企業が用意する従業員・外国人の寮



写真4 町内に点在するエスニック料理店・在留の外国人も楽しむ

している。生産・出荷にとどまらず、加工、販売にも広げることで雇う人材が広がり、日本人を雇用する動きも目立ってきている。外国人の雇用の仕方は、技能実習生だけでなく、より長期に残る特定技能1号に期待する経営も増え始め、同2号の試験をパスさせ企業に定着する従業員を増やそうとする経営も出てきている。技能実習が27年までに育成就労に変わる中で、今後はその仕組みでの採用が増えていくのか、注目されるところである。

日本独特の現地面接等による慎重な採用の仕組みが今後はどう維持されるか、また長期に勤めた外国人がチームリーダーにとどまらず、幹部や正職員として日本人と並び今後は増えてくるのか、引き続き調査・研究が求められるところである。

(注1) 一部の組合員の残業代未払等による東京出入管理局からの実習生受入れ停止処分を契機に、JAほこたは監理団体を17年にやめ、隣のJA茨城旭村もそれになったことが影響しているようだ。なお八千代町が主力のJA常総ひかりは98年に監理団体になり今も事業を継続しているが、現在、農協経由は外国人の3割とみられる。

<参考文献>

- ・安藤光義 (2003) 「茨城県鹿島郡旭村」『生産政策の展開と流動化施策の効果的推進に関する調査報告書』、全国農地保有合理化協会、2003年3月。
- ・安藤光義 (2005) 「第4章茨城県旭村(鹿行台地畑作地帯)」『第5章茨城県八千代町(県西猿島台地畑作・田畑複合陸田地帯)』『北関東農業の構造』筑波書房
- ・堀口健治 (2015) 「第2章大規模層の集積・進出と総耕地面積の拡大——茨城県八千代町——」、『第5章茨城県八千代町大規模野菜経営の借地拡大と支える外国人労働力』堀口・梅本編『大規模営農の形成史』農林統計協会
- ・堀口健治 (2023) 「茨城農業を支える外国人労働力の募集・定着に貢献する農協の役割と実状」全農林『農村と都市をむすぶ』2023年11月号
- ・堀口健治 (2025) 「円安下でも増加する農業雇われ外国人と受け入れの特徴——国内最大の受け入れ数を持つ茨城農業と監理団体の農協——」『農業経済研究』96巻4号
<https://doi.org/10.11472/nokei.96.445>
- ・堀口健治・軍司聖詞 (2023) 「家族経営の規模拡大を支えてきた外国人労働力」堀口・澤田編著『増加する雇用労働と日本農業の構造』筑波書房
- ・軍司聖詞・堀口健治 (2014) 「外国人技能実習制度活用の現況とJAおよび事業協同組合の役割——茨城県八千代町認定農業者に対するアンケート調査——」『日本農業経済学会論文集2014』190頁～195頁

(ほりぐち けんじ)



「異常」にレジリエントな社会に向けて ——コメをめぐる常識の再点検——

本稿の執筆時点(2025年8月)で、「暑い」としか考えられない日々が続いています。エアコンの効いた教室にいる大学教員でも堪える暑さですから、炎天下で農作業をされている方々には頭が下がります。こうした暑さはもはや「異常気象」ではなく、気候変動下では繰り返し起こるものとして受け止めなければなりません。しかも、気候変動は平均気温の上昇にとどまらず、渇水や豪雨、台風などの極端な気象を引き起こします。これらは農業生産をはじめ、経済活動全体に幅広い影響を及ぼしています。

近年の研究では、気候変動によってコメの収量が減少するだけでなく、品質も低下することが指摘されています。私が関わった研究(注1)では、気温が産業革命前に比べて4℃上昇した場合、従来の主要な品種を栽培したときの年間生産額は、東北で約6%、九州で約24%低下する可能性が示されました。さらに、現在はごくまれにしか起きていないような大幅な生産額の低下が、将来的にはより頻繁に発生すると見込まれています。

最近の米価をはじめとする農産物価格の上昇には、気候変動の影響があると考えられます。特に、気温の上昇によって玄米の品質が劣化すると、玄米の収量が維持されていても、実際に消費者に供給できる精米の量は減っていきます。農業経済学の教科書にあるように、コメは需要の価格弾力性が小さいため、需給のわずかな変動が価格を大きく動かします。実際、2024年から2025年にかけて、平均小売米価は前年の約2倍に上昇しました。本稿の執筆時点では、スーパーに輸入米が並び、消費者が国産米と輸入米を比べて選ぶ姿も日常的に見られます。こうした農産物価格の上昇は、食品にとどまらず物価全体を押し上げ、マクロ経済にも影響を及ぼしています。

一方で人間には、従来と異なる事態でも「いつも通りだろう」と考え、状況を過小評価してしまう「正常性バイアス」が働きがちです。気候変動に日々直面している農業関係者は、すでにこうしたバイアスを乗り越え、高温耐性品種の導入などの適応策に取り組んでいるかもしれません。しかし、消費者や政策

担当者の判断や対応には、「従来のトレンドが続く」という前提に基づいた正常性バイアスが、なお影響しているようにも見受けられます。

たとえば、政府によるコメの需要予測は、過去の消費トレンドと人口予測に基づく比較的単純な手法で行われています。供給面でも、生産量の目安は「平年収量」を前提とする仕組みになっており、気候変動を始めとする構造的な変化を十分に織り込んだものとは言えません。コメの備蓄水準も「10年に一度の不作」への対応を目安にしてきましたが、今後は不作の発生頻度が高まる可能性を考慮すべきです。備蓄米の放出によって米価を安定させることには合理性がありますが、「平年並み」まで下げようとする発想には慎重さが求められます。消費者の側にも、米価の上昇や変動を、ある程度は受け入れる姿勢が求められるかもしれません。

気候変動だけでなく、政治や経済の領域でも、「常識」が大きく揺らぐような事態が現実になっており、「異常」が頻発することを織り込んだ対応が求められます。今回の「令和の米騒動」は、一時的な品薄状態はあったものの、「平成の米騒動」とは異なり、全国的に店頭からコメが姿を消すような事態には至りませんでした。しかし、同様の事態が今後も頻発し、適切な対応が講じられなければ、いずれは深刻な食料安全保障問題へ発展する可能性があります。今回の「米騒動」は、異常が常態化しつつある社会に対する警鐘と受け止めるべきでしょう。これを契機に、これまでの「常識」が正常性バイアスにとらわれたものではなかったかを振り返り、「異常」に対してレジリエント(頑健)な社会を構築していくことが重要ではないでしょうか。

(注1) Yoshida, R., Nishihara, Y., & Takahashi, D. (2024). "Climate-induced risk assessment of future rice production value in the Tohoku and Kyushu regions, Japan." *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol. 80, No. 4, pp. 99-110.

日本語での解説は以下のプレスリリースを参照のこと。

「東北と九州のコメの生産額が気候変動によって受ける影響を推定」(2024年10月10日)

https://www.fukushima-u.ac.jp/news/Files/2024/10/241010kome_1.pdf

(拓殖大学 政経学部 教授 高橋大輔・たかはし だいすけ)

発刊のお知らせ



地域を支える農協と農家

村田武・高武孝充 編著
(河原林孝由基 著)

2025年6月2日発行 四六判178頁 定価（本体2,000円＋税）（株）筑波書房

第Ⅰ部では気候災害に直面した農協と農家がどのように被災者の救済と復旧・復興に取り組んでいるかを紹介し、第Ⅱ部では地域農業の再生にボトムアップから取り組む農協と農家さらに農協女性部のがんばりを紹介。第Ⅲ部では「農協時論」・提言とともに、基本的に新自由主義農政からの脱却に動くEU農政と気候変動のもとにあって有機農業で環境適合型農業をめざすドイツを現地取材したものである。

目 次

はじめに

第Ⅰ部 災害復旧に全力

第Ⅱ部 地域農業活性化に全力

第Ⅲ部 「農協時論」・提言

22 ドイツの有機農業を訪ねて

(分担執筆：河原林 孝由基)

購入申込先……………（株）筑波書房

TEL 03-3267-8599

問合せ先……………（株）農林中金総合研究所

TEL 03-6362-7700

ホームページ「東日本大震災アーカイブズ(現在進行形)」データ寄贈のお知らせ

農中総研では、全中・全漁連・全森連と連携し、東日本大震災からの復旧・復興に農林漁業協同組合（農協・漁協・森林組合）が各地域においてどのように取り組んでいるかの情報をデータベース化し、2012年3月より、ホームページ「農林漁業協同組合の復興への取り組み記録～東日本大震災アーカイブズ（現在進行形）～」で公開してまいりました。

発災後10年を迎え、この取り組みを風化させないため、関係団体と協議のうえ、このホームページに掲載した全国から提供いただいた情報を国立国会図書館へ寄贈することとし、国立国会図書館ホームページ「東日本大震災アーカイブ（ひなぎく）」からの閲覧が可能となりましたので、ご案内申し上げます。

（株）農林中金総合研究所

<寄贈先：国立国会図書館ホームページ>

国立国会図書館
東日本大震災アーカイブ（ひなぎく）
[URL: <https://kn.ndl.go.jp/>]



※

国立国会図書館
インターネット資料収集保存事業
(WARP)
[URL: <https://warp.da.ndl.go.jp/>]



「農林漁業協同組合の復興への取り組み記録 東日本大震災アーカイブズ（農林中金総合研究所）（承継）」のデータ一覧 ([https://kn.ndl.go.jp/#/list?searchPattern=category&fq=\(repository_id:R200200057\)&lang=ja_JP](https://kn.ndl.go.jp/#/list?searchPattern=category&fq=(repository_id:R200200057)&lang=ja_JP))
閲覧いただくページは国立国会図書館インターネット資料収集保存事業（WARP）で保存したものととなります。

※検索手順：①（ひなぎく）HPから「詳細検索」タブを選択。
②「詳細検索ページ」が開いたら「全ての提供元を表示」ボタンを押下。
③ページ下部の「全て選択/解除」ボタンで一旦✓を外してから、提供元「農林漁業協同組合の復興への取り組み記録 東日本大震災アーカイブズ（農林中金総合研究所）」を選択のうえ、キーワードをいれて検索してください。
→「（詳細情報を見る）」をクリックすると、テキスト情報が掲載されます。

2025年6月号をもって巻末統計を廃止しました。

本誌に対するご意見・ご感想をお寄せください。

送り先 〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5-27-11 農林中金総合研究所
FAX 03-3351-1159
Eメール norinkinyu@nochuri.co.jp

本誌に掲載の論文、資料、データ等の無断転載を禁止いたします。



農 林 金 融

THE NORIN KINYU
Monthly Review of Agriculture, Forestry and Fishery Finance

2025年10月号第78巻第10号〈通巻956号〉10月 1 日発行

編 集

株式会社 農林中金総合研究所／〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5-27-11 代表TEL 03-6362-7700 FAX 03-3351-1159
URL : <https://www.nochuri.co.jp/>

発 行

農林中央金庫／〒100-8155 東京都千代田区大手町1-2-1

印刷所

ナガイビジネスソリューションズ株式会社

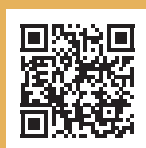
農中総研のホームページ・YouTube公式チャンネルのご案内

『農林金融』などの農林中金総合研究所論文、『農林漁業金融統計』の最新統計データや「農中総研Webセミナー」などの当社動画がいつでもご覧になれます。

<ホームページ>



<YouTube>



よろしければチャンネル登録よろしくお願いします