

作物保護技術のイノベーション

廣岡 卓（ひろおか・たかし）



JCPA 農薬工業会 事務局長

はじめに

世界の食用作物の20～40%が病害虫の被害によって失われ、何億人もの人々が十分な食料を入手できずに苦しんでいる。国連でも、植物病害虫まん延防止に向け、それへの世界的認識を高めるため、2020年を国際植物防疫年とすることが採択された¹⁾。2020年初頭以降の新型コロナウイルス感染症パンデミックは、気候変動や病害虫などの既存の危機と相まって複合的な脅威となり、フードシステムを逼迫させ、世界中の食料不安の引き金を引いている²⁾。

ここでは、コロナ禍での作物保護（農薬）市場動

向、各国の新農業政策、持続可能な食料生産に貢献するための現在から将来に向けての技術イノベーションについて紹介する。

1. 作物保護市場動向

新型コロナパンデミックの第1波に対して、生産から消費に至るフードシステムは著しい強靱性を示した。作物保護産業はフードシステムの中で食料生産に必要な資材を供給している。そのグローバル作物保護市場は、2019年は横ばいで推移し、2020年は暫定数値であるが4.3%増の62,429百万ドルと推測されている³⁾（表1）。アジアにおけるサバクトビバ

表1 地域別作物保護（農薬）市場

（単位：米国ドル）

地域	2019年（\$m.）	2020年*（\$m.）	2020年*/2019年（%）
アジア	18,323	19,074	+4.1
中南米	15,915	17,283	+8.6
欧州	12,042	12,235	+1.6
北米	11,160	11,394	+2.1
中東・アフリカ	2,388	2,443	+2.3
世界	59,827	62,429	+4.3

*暫定値

出典：Phillips McDougall AgriFutura No.258, Nov. 2020

ツタやツマジロクサヨトウなどの越境性害虫の被害拡大による殺虫剤需要の増加、インドでは気象要因に加えてコロナ禍での労働者の移動制限により手取り除草から除草剤使用にシフトしたこと、ブラジルでの主要作物（大豆、トウモロコシ）の耕作面積拡大、気象要因や通貨変動などが要因とされている。

一方、国内では、昨年の水稲の作況指数は、全国平均99と「平年並み」となった。しかし、西日本では中国大陸から飛来してくるトビイロウンカによる被害⁴⁾が猛威を振るい、「不良」となった地域も多かった。このような状況下で、2020 農薬年度の総出荷額は、水稲分野の殺虫剤及び殺虫殺菌剤、その他分野の除草剤の伸びがあったものの、前年比0.3%の微減となった⁵⁾。

2. 新農業政策

温室効果ガス排出の低減に向けて、米国、EU、日本において新農業政策の取組が開始された。

米国では、2020年2月に「農業イノベーションアジェンダ」が公表された⁶⁾。農業者・消費者・環境のためのソリューションとしての農業イノベーションであり、米国農務省がコミットすることとして、研究環境を整備し包括的な米国の農業イノベーション戦略を作成すること、最新の革新的な保全技術と手法を米国農務省プログラムに統合することを挙げている。検討する項目として、農業生産性、森林管理、食品ロスと廃棄、炭素隔離と温室効果ガス、水質（栄養流出を削減）、再生可能エネルギーが記載されている。

EUでは、2020年5月に新しい「Farm to Fork（農場から食卓まで）」並びに「生物多様性」戦略が公表された。「Farm to Fork」戦略は、生産者から消費者に至る農業・食料チェーン全体を網羅するもので、「生物多様性」戦略と並んで、直接・間接的に作物保護分野とも関連している⁷⁾。

「Farm to Fork」の戦略的目的は、食料の安全保障、生産物の公正取引、環境・気候変動へのプラスの影響、生物多様性の回復である。これらを達成するため、作物保護分野について次の具体的目標が挙げられ、2022年～2025年の立法化が計画されている。

- ・2030年までに化学農薬全体の使用と潜在的リスクを50%まで削減
- ・2030年までに有機農業を農業全体の25%に引き上げる（2018年現在：7.5%）

「Farm to Fork」の戦略的目的そのものに異議を

唱える者はいないが、それらの目的と達成すべき目標の間にある矛盾も指摘されている⁸⁾。例えば、化学農薬の急激な使用削減は農業生産性低下を招き、食料保障や農業者収入に負の影響をもたらす可能性がある。有機農業は化学肥料・化学農薬を使う農業に比べて収率が30%程度低いいため、同じく食料保障への影響が考えられる。有機農産物は一般農産物より価格が高く、需要を無視した生産拡大は農産物価格を破壊し、離農に繋がる可能性が否定できない。また、輸入農産物が増えるにつれ、それらがEU基準に照らした安全性を満たしているのか、確かめることがより難しくなるであろう、などである。

日本では、農林水産省が2020年12月に、食料の安定供給・農林水産業の持続的発展と地球環境の両立を実現させる「みどりの食料システム戦略」の検討を開始した⁹⁾。2050年のカーボンニュートラルの実現、生物多様性目標への貢献のために、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションの実現で目指すものである。公表されている「策定に当たっての考え方」の中でも、温室効果ガス削減、化学農薬の使用低減、化学肥料の使用低減、有機農業の面積拡大が掲げられている。

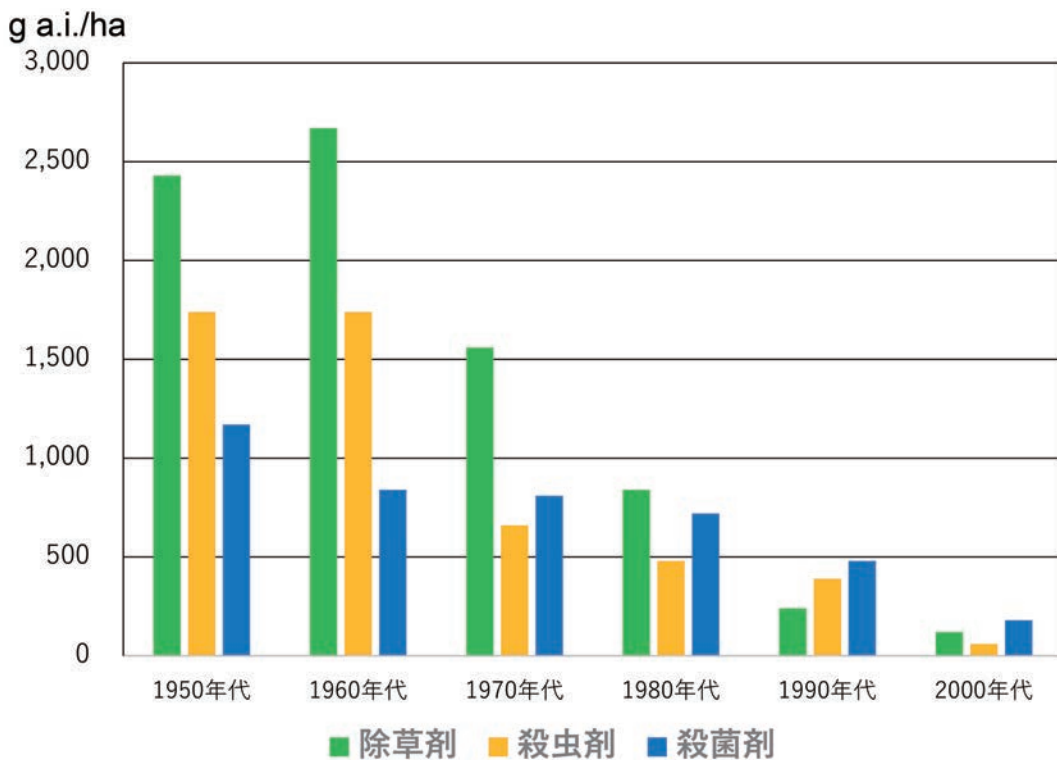
日本の気候は温暖湿潤であり、病害虫・雑草が発生しやすい栽培条件である。そのため、日本の気候条件下で高い農業生産性と両立する技術体系の確立と更なるイノベーションの創造が期待される。

3. 技術イノベーション

作物保護産業が検討しているグローバルな技術イノベーションについて、当会ホームページに動画を掲載している¹⁰⁾。以下に概要を記載した。

(1)有効成分

化学農薬の核となるのは有効成分であり、有効成分は害虫・病原菌・雑草を防除するように精密に設計された分子である。有効成分は偶然見つけられるのではなく設計される。それらは農薬使用者や消費者にとって安全でなければならず、環境にとっても安全であり、確実に効果があり、簡単に使え、費用対効果もなければ農業者に使われない。これを実現するため、化学者は、幅広い分野の科学技術による情報を基に、効果を発揮すべきターゲットを正確に狙うように、有効成分となる分子を設計する。その成果として、1960年代には、1haにつき数kgの有効成分が農場に散布されていたが、今日では数十g



出典：Phillips McDougall, April 2019

図1 年代別に上市された化学農薬有効成分の薬量

と、極めて低い数値になってきている（図1）¹¹⁾。現在、化学者が設計している化合物は、10年、20年先の農業、消費者が何を求めるかを考えて行われている。

(2)生物農薬

生物農薬は急速に成長している分野である。微生物には作物を保護し健康に保つ性質を持つものがある。これらの微生物は、自然の中から見つけることができる。有機農業者は生物農薬を使えるし、従来法を使う農業者も化学農薬と共に生物農薬を使うことができる。自然から得られる生物農薬が農業分野で重要なイノベーションになりうるだろう。

(3) RNAi

この技術は、ペチュニアの花色の研究中に、遺伝子が拒絶された箇所での色の変化が起こる現象に端を発したイノベーションである。RNAiは医療分野も含め幅広い適用範囲が考えられているが、農業分野でも環境に優しい方法で作物保護に役立つと期待されている。例えば、作物に散布されたRNAiを害虫が食べると、作物を食べようとする遺伝子が拒絶され、結果的に作物が保護される。また、蜜蜂の脅威

となっているダニを制御することにRNAiを適用する方法も検討されている。毎日の食事には、植物と動物由来のRNAiが含まれているが簡単に分解される。RNAiは、将来の農業生産性を高めるツールの一つとなるべく検討されている。

(4)コンピューター・ケミストリー

製品の安全性と効力を高めるため、強力で知的なコンピューターが使われる。かつて、化学者は、プラスチックモデルを使って分子を作り、標的蛋白質との相互作用について時間をかけて調べていた。現在、コンピューターは、高速かつ正確で、さらに容易にそれを実現させてくれる。研究者は、機械学習と人工知能を通じて、殺虫剤が標的または標的以外の昆虫とどのように相互作用するのか、また、環境にどのような影響を与えるのかについて、コンピューター・シミュレーションを実施している。

(5)製剤技術

化学農薬は多くの成分で構成されており、有効成分がその目的を達成するのを助ける補助成分を含む。様々な補助成分で構成された製剤は、有効成分の運

搬役となり、有効成分がその効力を最大限に発揮させるのに役立つ。例えば、ある製剤では有効成分が環境内でいつどのように放出されるかが補助成分により制御されている。また、すべての製剤で、補助成分を選択する際に、不燃性、生分解性及び再生可能な原材料由来のものが採られる。

(6)イノキュラント

土壌中にある根粒菌という細菌は作物を感知し、作物の根毛に付着し、根粒を形成する。根粒菌は空気中から窒素を取り込み、それを植物の内部に移動させる。窒素は植物の成長において重要な役割を果たす。その結果、根粒菌は作物がより大きく、丈夫に育つことを助ける。様々な根粒菌を精製・濃縮した製品がイノキュラントであり、有機農法でも従来型農法においても使用される。

(7)種子処理

種子処理の利点は、土壌中で種子を攻撃する病害虫から種子を守ることである。農業者は農場全体ではなく、種子だけに処理すればよいため、使用する化学農薬の量が少なくて済み、最終的に収量増につながる。米国ではこの技術が一般的になり、大豆の80%以上、トウモロコシの99%以上が種子処理されている。種子処理は、作物保護産業が生産性改善、使用者安全性の改善、そして環境影響を減らすために取り組む一例といえる。

(8)診断アプリ

多くの病害虫が発生する可能性が高まっている状況下で、消費者は農業者に化学農薬の使用を最小限に抑えるよう求めている。デジタル技術、例えばスマホ用アプリは、農業者の課題を助ける技術である。診断アプリを使用し、化学農薬が必要かどうか、必要な場合は最も適切な処理がいつかが示される。デジタル診断アプリは、農業者のもともと農業の専門知識をもたらし、作物保護産業が革新を続けている事例の一つといえる。

(9)ドローン

ドローン技術は多くの国々で農業のやり方を大きく変えようとしている。ドローンは、作物の生育状況、病害虫、雑草の発生など、農場における重要な情報を農業者にもたす。また、農業者や農業技術者は、化学農薬を、いつどこで、どれだけ使う必要

があるかを知ることができる。ドローンは農薬の散布にも使われている。ドローンを含む農業のデジタル化は、農業者の作業をサポートする革新的な技術となってきている。

(10)ビッグデータ

情報革命は農業のやり方を変えつつある。集められる情報は、播種、土壌管理から、生育期の天候条件にまで関わる。情報活用により、農業者は、自分の農場のどこで、いつ、どのように化学農薬を使うかを知る。情報は、正確かつ早期に病害虫を見つけ、警鐘を鳴らし、病害虫の被害の程度を予測することに役立つ。必要とされる化学農薬の散布量を最適化できる。また、環境に対する負荷を減らし、生産コストの低減に貢献する。情報は、個々の農業者のトラクターに搭載されたセンサーに送信される。情報は、分析、集計、匿名化され、クラウドストレージサービスにより提供される。また、モバイル通信技術の向上は、農業者がより簡単かつ安価に情報を得ることを可能にした。データと繋がることで、農業者は情報革命の恩恵を受けることができる。

おわりに

当会は、国際植物防疫年オフィシャルサポーターとして、国連で採択されたSDGsとも関連付けながら、農業への産業としての貢献を掲げたビジョン活動「JCPA VISION 2025」を推進し、植物病害虫や雑草による被害を防ぐ作物保護の重要性を周知することに努めている（図2）¹²⁾。

各種の作物保護技術を使い農作物の収量を確保し、SDGs目標2「飢餓をゼロに」につなげて行く必要がある。その中で、作物保護手段として農薬は欠かせないものとなっている。また、前項で紹介した技術イノベーションは、SDGs目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」につながる。

一方、国内を見れば、人口は漸減傾向で輸入食品も豊富にあり、食料不足という不満は生じていない。しかし、日本の食料自給率の向上を図っていく中で、農業者の高齢化、後継者不足などの課題があり、省力化が必須となってきている（図3）。例えば、田植同時防除等の既存技術に加えて、スマート農業を利用した効率的な防除が望まれている¹³⁾。農薬による作物保護は、少ない農業人口で産業としての農業生産を維持し、SDGs目標8「働きがいも経済成長も」につながり持続的な食料生産の維持・拡大に貢献し

● 作物保護（農薬）の役割は



【飢餓をゼロに】
農作物の収量・品質の確保で貢献する



【すべての人に健康と福祉を】
カビ毒リスクの軽減で健康に寄与する



【働きがいも経済成長も】
効率化・安定化により農業を成長産業に



【陸の豊かさを守ろう】
農耕地拡大を抑えることで緑を守る

● 当会活動の役割は



【産業と技術革新の基盤をつくろう】
新技術や製品の創出で基盤づくりに繋げる

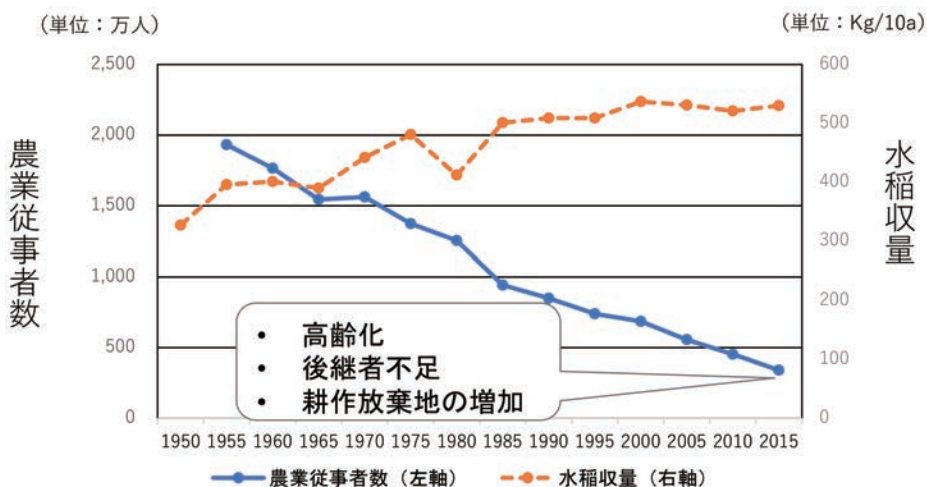


【つくる責任 つかう責任】
農薬の適正使用を通してサポートする



【パートナーシップで目標を達成しよう】
消費者への啓発を通じて達成を目指す

図2 食の未来のために



注：1985年以降、農業従事者数は販売農家のうちの農業従事者数を指す。
出典：農業従事者数は農水省「農林業センサス」、水稲収量は政府統計「e-Stat」

図3 農業従事者数と水稲収量の推移

ている。

農業については、作物保護資材として食料生産に大きく貢献しているにも関わらず、誤解あるいは誤った情報により一般的にネガティブなイメージが先行している報道が多い。食の安全を考える際に、科学的視点により、何に気をつけなければならないかを知ることが重要になる。そのため、当会は教育関係者セミナー「食育を科学的に考える」を実施している¹⁴⁾。2020年にはコロナ禍により数カ月の学校閉鎖となり、子供たちが給食減により栄養学的にどのような影響を受けたのかが注目されている。東大医

学部では、今後のパンデミック時の対応を検討するために栄養学的追跡調査を開始し¹⁵⁾、当会もこの研究を支援している。作物保護のための資材提供からさらに発展させ、得られた農産物、そしてそれを含む食生活全般に関わる「食の安全」について消費者の方々に考えていただける活動にも取り組んでいる。消費者への啓発を通じてSDGs目標17「パートナーシップで目標を達成しよう」を目指す。

SDGsとも連携し「ビジョン活動を通じて、よりよい社会をつくる」という当会の目標達成により、持続可能な社会への貢献に努める所存である。

参考文献

- 1) 国際連合食糧農業機関駐日連絡事務所：
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000021.000036027.html>
- 2) 国際連合食糧農業機関：
<http://www.fao.org/3/cb0439ja/CB0439JA.pdf>
- 3) Phillips McDougall; AgriFutura No.258, Nov. 2020
- 4) 農林水産省：
<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/attach/pdf/index-14.pdf>
- 5) 農薬工業会：<https://www.jcpa.or.jp/labo/data.html>
- 6) 米国農務省：
<https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/agriculture-innovation-agenda-vision-statement.pdf>
- 7) 欧州委員会：https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en
- 8) Phillips McDougall; AgriFutura No.252, July 2020
- 9) 農林水産省：
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/team1.html>
- 10) 農薬工業会：<https://www.jcpa.or.jp/labo/movie02/>
- 11) Phillips McDougall; Evolution of the Crop Protection Industry since 1960, April 2019
- 12) 農薬工業会：<https://www.jcpa.or.jp/about/vision.html>
- 13) 農林水産省：<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/index.html>
- 14) 農薬工業会：<https://www.jcpa.or.jp/labo/educator/>
- 15) 佐々木敏：<https://wedge.ismedia.jp/articles/-/19565>