

論壇

有機農業の拡大のための次世代有機農業技術を考える

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
理事 (研究推進担当IV)
中島 隆

はじめに

農林水産省が本年 5 月に策定した「みどりの食料システム戦略」で掲げる有機農業の大幅な拡大 (面積率 25% : 100 万 ha) には既存技術の改良と体系化による横展開を早急に進めるとともに次世代型の有機農業技術を開発するための破壊的イノベーションを起こす必要があります。また、有機農産物の市場を拡大して行くには国民の理解を促進するとともに制度改正も必要と考えます。本稿では、筆者が農研機構における有機農業の技術開発と普及を推進する立場と植物病理およびかび毒の研究者として関与してきた部分も含め、問題提起を行うことといたします。

なぜ有機農業が必要なのか

有機農業は、生物の多様性、生物的循環及び土壌の生物活性等、農業生態系の健全性を促進し強化する全体的な生産管理システムとされ、コーデックス委員会が作成した「ガイドライン」に、その「生産の原則」が規定されています。また、「有機農業の推進に関する法律」によると有機農業は i) 化学的に合成された肥料及び農薬を使用しない、ii) 遺伝子組換え技術を利用しない、iii) 農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減する、農業生産の方法を用いて行われる農業と定義されています。その背景には、化学合成農薬・肥料の不適切な使用が原因の一つとされている生物多様性の減少と窒素、リンの過剰が地球の限界“プラネタリーバウンダリー”(図 1) を超えていると指摘されています。これを解消するためには、生物的循環の究極の形である有機農業を普及拡大していくことが必要であるとしています。つまり、有機農業の目的はあくまで環境負荷低減であり、食品の安全性の確保や向上については規定されていないのが実情です。しかしながら、無農薬・無化学肥料で栽培された有機農産物に対する一般消費者のイメージでは慣行栽培に

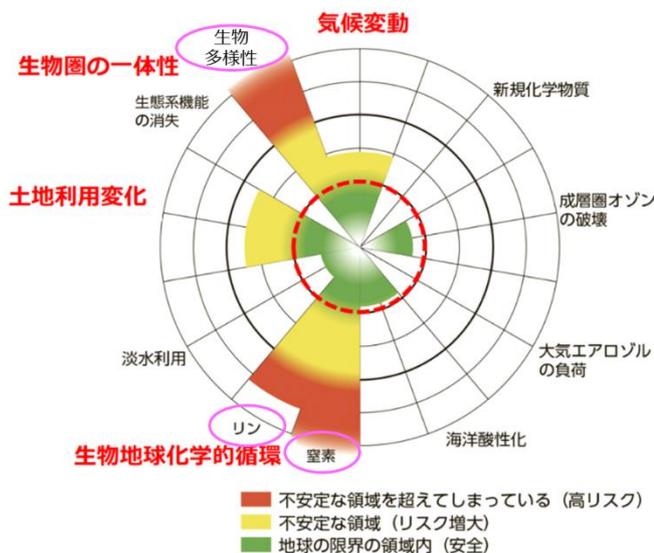


図 1 地球の限界「プラネタリー・バウンダリー」

比べて安全性が高いと考えるのが普通だと思います。この認識の違いは有機農産物を普及する際の障害となり得ると考え、溝を埋める研究開発や有機農産物に関する制度の見直しの提言を含めてアカデミアがコミットしていく必要があると考えます。

麦類赤かび病によるかび毒汚染リスクと農薬の比較

筆者が研究してきた麦類の赤かび病 (図 2) は小麦の品質の悪化や減収の原因となるだけでなく、その原因となるフザリウム属の病原菌がデオキシニバレノール (DON)、ニバレノール (NIV) 等の人畜に健康被害を及ぼすかび毒 (図 3) を作ります。

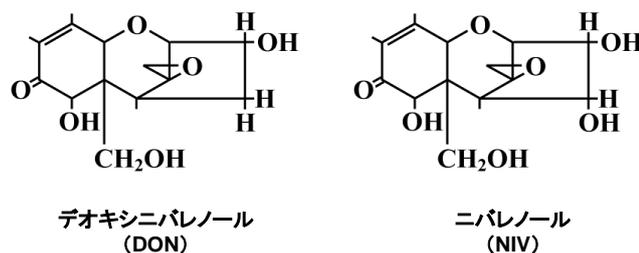
我が国では 2002 年に厚生労働省が小麦の DON に関する暫定基準を 1.1 ppm に設定し、この基準値を超える小麦を市場流通させないように指導されています。

筆者は、この問題を解決するためプロジェクト研究を組織し、農薬散布を主体とする生産工程管理技術体系を構築しました。「農薬」というと、一般には「人の健康に害を及ぼす悪いもの」というイメージを持たれることが多いですが、赤かび病の防除に用いられる薬剤は毒性の低いものがほとんどで、許容一日摂取量: ADI (TDI と実質的に同義) は DON の TDI の 29-120 倍です (表 1)。つまり、これら薬剤は DON よりはるかに毒性が低いと評価されていることとなります。

またこれら薬剤の小麦中の残留基準値は、かび毒に比べ、耐容摂取量から見て相対的に小さく設定されています (表 1)。さらに、実際に栽培された小麦中の残留農薬濃度は基準値に比



図 2 麦類赤かび病の病徴 (左: 小麦、右: 六条大麦)



急性毒性: 嘔吐、腹痛、下痢等
慢性毒性: 成長抑制、免疫機能抑制等

図 3 麦類赤かび病で問題となるかび毒

表 1 主な赤かび病防除薬剤とかび毒の許容摂取量と残留基準値の比較

薬剤	許容一日摂取量 (ADI) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日)	小麦中の残留基準値 (mg/kg)
チオファネートメチル	120	0.6
テブコナゾール	29	2
メトコナゾール	40	0.2

赤かび病かび毒	耐容一日摂取量 (TDI) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/日)	小麦中の暫定的な基準値 (mg/kg)
デオキシニバレノール (DON)	1.0 ^{a,b)}	1.1
ニバレノール (NIV)	0.4 ^{b)}	未設定

注: a: FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA) による評価 (2001年)

b: 内閣府食品安全委員会による評価 (2010年11月)

べ著しく低いことが農林水産省の実態調査の結果で明らかです。このように、使用する農薬の毒性や残留実態からみて、赤かび病防除のための農薬使用による健康影響のリスクはほとんどないと考えられます。よって、赤かび病の防除を適切に行いかび毒汚染を防止・低減することが食品の安全性を確保する上で重要であると結論しました。我々の研究成果は農林水産省の指針や技術情報およびコーデックスの実施規範に反映されています。

以上のことから、食品の安全性の面から有機農産物を考えると、無農薬栽培となる有機の麦類はかび毒汚染リスクが高くなります。したがって、麦類を有機農産物の作付体系に加えることは避けるべきで、水田作で有機を目指すならば水稻と大豆の輪作体系が望ましいです。麦類(大麦、小麦)に関しては、かび毒汚染リスクの高い無農薬栽培は避けて農薬を適切に使用した生産工程管理のもとに栽培されるべきと考えます。

有機農業で使える防除資材の安全性

有機農業では化学合成農薬は使えませんが、天然物や生物農薬等は使えます。有機農業といっても「有機物」か「無機物」かという概念は全く関係がないので注意が必要です。具体的には同じ「炭酸カルシウム」でも[化学的に合成]されたものは使えませんが、天然物または化学的処理を行っていない天然物質に由来するものに限り使えるということです。また、生物農薬が化学農薬に比べてヒトに対するリスクが低いとは言えません。たとえば、土壌から採取した放線菌を培養して作られた有機で使用可能な殺ダニ剤であるミルベメクチンは、ADI(一日摂取許容量)が0.03 mg/kg 体重/日であり、一般的な化学農薬と大差ありません。さらに、有機農業(有機JAS)では、銅や硫黄も天然物であることを根拠にして農作物への散布を認められています。とくに銅剤は、殺菌スペクトラムが広く広範囲な病害に有効ですが、ヒトへの毒性リスクが低いとは言えず、魚毒性も無視できないため環境負荷低減に寄与するものではありません。

次世代有機農業技術の必要性

世界の食料総生産の42%が病害虫・雑草により損失し、このうち病害虫が28.9%を占めています(図4)。また、高温多湿な日本では、防除しないと出荷金額の30%(水稻)~99%(りんご)が損失することが報告されています(図5)。さらに、近年の地球温暖化の進行に加え、ヒトの移動、

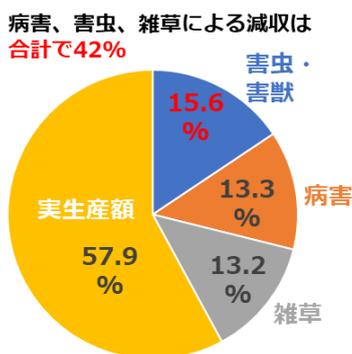


図4 植物病による世界の農産物の減収

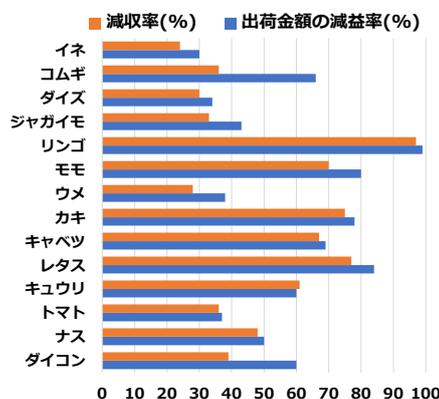


図5 日本で農薬防除をしない場合の減収

物流のグローバル化などにより、これまでにない越境性の作物病害虫の発生・蔓延とそれによる巨額の被害が懸念されています。このような極めて厳しい状況にありながら有機農業の面積を大幅に拡大するには破壊的イノベーションが必要です。

みどりの食料システム戦略で減農薬の次世代防除技術として例示されている RNA 農薬は、二本鎖 RNA を害虫に投与し RNA 干渉 (RNAi) を誘導することで、害虫内の遺伝子の機能を阻害して駆除を目指すものです。RNA 農薬で使われる人工遺伝子は体内の RNA と同等で、RNAi を引き起こすかどうかは生物の種類によって異なります。つまり、狙った害虫だけに効果があり、分解も速いため他の動植物に影響を与えにくい特徴があります。また、従来の化学農薬に比べて安全性が高いことに加え、薬剤耐性をもった害虫が現れにくいと言われています。しかしながら、そのネーミングから遺伝子組換えを起こす危険な農薬と誤解され、敬遠されてしまうリスクがあります。現在、世界的に猛威を振るっている新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に対する RNA ワクチンがその開発の早さと効果の高さから市民に受け入れられたことは画期的と感じています。これを契機に RNA 農薬についてもしっかりとしたリスクコミュニケーションを行い一般市民の理解を得る活動を進める必要があると思います。

また、化学農薬に代わる次世代型防除技術として、ムーンショット型農林水産研究開発事業「害虫被害ゼロコンソーシアム(先端的な物理手法と未利用の生物機能を駆使した害虫被害ゼロ農業の実現)」では、レーザー狙撃による物理的防除方法を開発中です(図 6)。これは飛行中の害虫を検知・追尾し、レーザー光によって狙撃する技術であり、化学農薬のように効果が低下する心配がなく、環境への負荷も少ないことが期待されます。本成果は、空中を飛行する害虫の 3 次元における位置を昼夜問わずに予測可能とします。これに駆除技術を組み合わせることで、リアルタイムでのピンポイントの駆除を実現し、環境保全と駆除・防除の両立を加速させることができます。害虫被害ゼロコンソーシアムでは、2025 年までに、本手法で予測した位置にレーザーを照射して害虫を駆除する技術の実用化を目指しています。将来的には、車両やドローンなどの無人移動ロボットなどに搭載し、人的労力ゼロで害虫などによる被害を抑制するための基盤技術となることが期待されます。

これらの技術を社会が受容し
かつ実装していくには国民への
情報発信と理解の促進を得るた
めの努力を継続的に行っていく
必要があると思います。

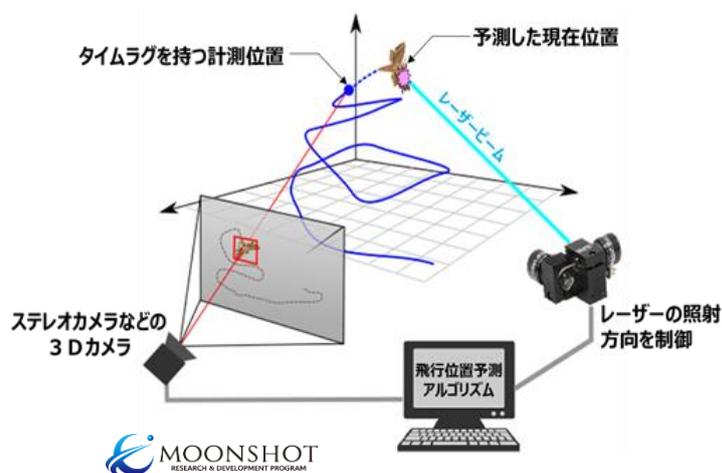


図 6 飛行する害虫を検知・追尾しレーザーで狙撃する防除技術

引用文献

- 図 1 Will Steffen et al. (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet より環境省作成, 出典:平成 29 年度版環境白書
- 図 2, 図 3, 表-1 中島隆 (2011) 食品の安全性を確保するための麦類赤かび病の防除, 植物防疫 65(12), 39-42.
- 図 4 Sharma et al. (2017) Insect Pests and Crop Losses in book: Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture, pp. 46-66.
- 図 5 藤田俊一:シンポジウム「病害虫と雑草による影響を考える」講演要旨, (社)日本植物防疫協会 (2007 年 9 月)
- 図 6 プレスリリース (研究成果) 害虫の飛行パターンをモデル化し 3 次元位置を予測——害虫を高出力レーザー等で駆除する技術開発に貢献,
https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nipp/144889.html