

海外での害虫・病害抵抗性遺伝子組換え作物の商業栽培の情勢

農業環境技術研究所 ^{しら}白 ^い井 ^{よう}洋 ^{いち}一

はじめに

1996年に北米(米国, カナダ)と南米(アルゼンチン)で始まった遺伝子組換え作物(以下, 組換え作物)の商業栽培は, その後両大陸を中心に栽培面積が増加し, 2006年には世界で1億haを超えた。現在商業栽培されている組換え作物は除草剤耐性と害虫抵抗性の形質をもつ4作物(ダイズ, トウモロコシ, ワタ, カノーラ(セイヨウナタネ))で全体の99.9%以上(面積比)を占め, ほかに病害抵抗性果菜類が小面積で栽培されている。主要4作物のうち, ダイズとカノーラはすべて除草剤耐性品種であり, トウモロコシとワタに害虫抵抗性系統が用いられている(面積比で約37%:表-1)。日本では主要4作物の組換え品種が飼料や食品原料として輸入されており, 一部の作物(系統)では, 環境(生態系)安全性の承認も得ており, 国内での「栽培」も可能である。しかし, 除草剤耐性ダイズやトウモロコシに使用できる除草剤の農業登録が行われていないなど, 実際の商業栽培に当たっては未整備の課題も多い。また, 消費者の懸念や自治体の規制によって, 生産者による試験的栽培も行えない状況にある。「米国ではダイズの90%以上, トウモロコシも80%が組換え品種になり, 非組換え品種の輸入確保が困難になりつつある」といった報道はよく聞かれるが, 日本の病虫害防除関係者にとって「使える防除手段」としての組換え作物への関心・期待はほとんどないというのが現実である。

現在, 海外で商業栽培されている害虫抵抗性品種はBT剤(生物農薬)として利用されている土壌細菌, *Bacillus thuringiensis* (Bt)由来のトキシンを発現するBtトウモロコシとワタであり, 殺虫剤散布(量と回数)の減少, 土壌・水域への環境負荷低減, 虫害被害減少による収量増と高品質など多くのメリットが報告されている。また, 非標的(殺虫対象外)昆虫への影響や抵抗性発達に関しても, 防除面から見て興味深い事例が報告されている。病害抵抗性の組換え作物は外皮タンパク質

(コートプロテイン, CP)の発現を制御するウイルス病抵抗性パパイヤとズッキーニ(カボチャ類)が米国で栽培されているが, 商業栽培の実態は日本ではあまり知られていない。害虫・病害抵抗性作物とも, BtやCP以外にも多くの形質を導入した組換え植物の研究開発が進められているが, 本報では現在商業栽培されている系統と商業化直前段階の系統について, 最近の知見を中心に紹介する。

I 害虫抵抗性作物の環境・生態系への影響

本誌の読者にとって, 「Btトキシンの殺虫範囲は限られており, Cry1系トキシンは鱗翅目幼虫にしか作用せず, すべての鱗翅目に効果があるわけではない」ことや「Btトキシンは相対的に分解速度が速く, 土壌や水域中に長期間高濃度で残存することはない」ことはよく知られた事実である。しかし, 北米でBtトウモロコシの栽培が急増した1998~99年に, Bt作物による非標的生物への影響を懸念する動きが急速に高まった。主な懸念は三つ, ①トウモロコシ花粉の飛散によるオオカバマダラ(蝶類)への影響, ②Bt作物を加害する害虫を摂食した天敵昆虫(クサカゲロウなど)への食物連鎖を介した影響, ③収穫後の茎葉すき込みによるBtトキシンの土壌生物相への影響である。いずれの懸念についても米国, 欧州を中心に多くの論文が発表され, 論文数は250報を超えている(2008年末現在)。筆者は4年前, 本誌で「害虫抵抗性遺伝子組換え作物の環境影響に関する最近の動向」(白井, 2005)を報告し, 2007年には応動誌(白井, 2007)で06年までに報告された全論文の内容を集約した。結果は三つの懸念に関して, 室内の限られた条件で示唆された悪影響が, 網室や野外試験でも実証された例は一つもなかった。①の花粉飛散による影響については, Cry1Abトキシンの発現量が花粉中で極めて高い1系統(Bt176)に限り, トウモロコシ畑周辺数m以内で蝶類幼虫に対し, 悪影響を与える可能性が示唆された。しかし, このような影響も殺虫剤散布による蝶類集団への影響と比較して, リスクははるかに小さいと考えられている。

筆者は2007年8月発行の応動誌で「現在商業栽培

Current Status of Commercialized Insect and Disease Resistant Transgenic Crops. By Yoichi SHIRAI

(キーワード: 遺伝子組換え, 商業栽培, 抵抗性管理, 安全性審査)

表-1 世界の遺伝子組換え作物の商業栽培面積の推移 (単位: 万 ha)

| | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 | 2006 | 2008 |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 作物別 | | | | | | | |
| ダイズ | 50 | 1,500 | 2,600 | 3,700 | 4,800 | 5,900 | 6,600 |
| トウモロコシ | 30 | 800 | 1,000 | 1,200 | 1,900 | 2,500 | 3,700 |
| ワタ | 80 | 300 | 500 | 700 | 900 | 1,300 | 1,600 |
| カノーラ | 10 | 200 | 300 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| 計 | 170 | 2,800 | 4,400 | 5,900 | 8,000 | 10,200 | 12,500 |
| 形質別 | | | | | | | |
| 除草剤耐性 (HT) | 70 | 2,000 | 3,300 | 4,400 | 5,900 | 7,000 | 7,900 |
| 害虫抵抗性 (IR) | 100 | 800 | 800 | 1,000 | 1,600 | 1,900 | 1,900 |
| 両形質 (HT + IR) | 0 | 30 | 300 | 400 | 700 | 1,300 | 2,700 |

国際アグリバイオ事業団 (www.isaaa.org) の年次報告書から作成。

されている Bt 作物が非標的生物に著しい悪影響を示すことはないだろう」と結論した (白井, 2007)。しかし, 同年 10 月に全米科学アカデミー紀要 (PNAS) に「Bt トウモロコシが水棲昆虫 (トビケラ類) に影響する可能性」という論文 (ROSI-MARSHALL et al., 2007) が掲載された。水棲昆虫など河川生態系の非標的生物への影響を指摘したのは初めてであり, その点では意義があるが, この論文は Cry トキシンの種類を特定せず, トキシン濃度とトビケラ生存率の関係を定量評価していない, 殺虫対象外の Cry トキシンによる殺虫機構が説明されていない, 河川中にトキシンの毒性が残っているかを確認していないなど, 多くの問題点が指摘され, 現時点で彼らの結果を支持する報告は出されていない。Bt 作物による非標的生物 (天敵や訪花昆虫) への有害影響は 1 例も実証されていないにもかかわらず, 現在でも欧州を中心に, Bt トウモロコシの栽培承認に当たり, 天敵生物やミツバチへの影響も詳しく調査すべきだと指摘が強く, ドイツやフランスなどの大学・公立機関で多くの生態影響評価が行われている。生物農薬 (BT 剤) を含め殺虫剤による非標的影響研究では考えられない規模であるが, これも組換え作物への関心・懸念の特異性を示しており, 今後も「Bt 作物による非標的生物への影響」に関して多くの論文が発表され続けるだろう。

II 抵抗性発達と管理対策

Bt 作物の大面积での商業栽培に当たり, 最も懸念されたのは Bt トキシンに対する害虫側の抵抗性発達であり, Bt トキシンに感受性の害虫個体群を供給するため, 一定割合の面積で非 Bt 作物 (緩衝区, refuge) を栽培するなどの抵抗性管理対策が実施されている。Bt 作物の商業栽培開始はトウモロコシでは 1996 年 (北米), 98 年 (スペイン), ワタでは 96 年 (米国・豪州), 97 年

(中国), 98 年 (南アフリカ) であり, それぞれ 10 年が経過した。2007 年段階では, トウモロコシ, ワタともいずれの地域からも抵抗性発達の顕在化は報告されていなかったが, 08 年 2 月, TABASHNIK et al. (2008) は米国の一部地域 (ミシシッピーとアーカンソー州) の Bt ワタで, アメリカタバコガ (*Helicoverpa zea*) 個体群中の Cry1Ac トキシンに対する抵抗性遺伝子頻度が有意に増加していると報告した。TABASHNIK et al. は他の害虫種の抵抗性発達頻度も比較したが, 米国の Bt ワタでのワタアカミムシ (*Pectinophora gossypiella*) とニセアメリカタバコガ (*Heliothis virescens*), Bt トウモロコシでの欧米のアワノメイガ (*Ostrinia nubilalis*) とスペインの Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides*) ではいずれも顕著な抵抗性発達は認められなかった。

アメリカタバコガの例は, 「Bt 作物に対する抵抗性発達の初報告」として欧米のメディアに取り上げられたが, 米国の Bt ワタ地帯で本種の防除が特に困難になっているわけではない。*Helicoverpa* 属や *Heliothis* 属のヤガ科幼虫に対して Cry1Ac トキシン 1 成分では十分な殺虫効果が得られないことは以前から知られており, 他の成分も導入した 2 成分トキシン系の Bt ワタに転換しつつある (表-2)。2 成分系 Bt ワタへの転換は, アメリカタバコガの防除対策だけではなく, 抵抗性発達管理のために米国環境保護庁 (EPA) が義務付けた緩衝区設置の免除を主な目的としている。ワタアカミムシはワタに特化した害虫であるが, タバコガ類はワタ以外の作物 (トウモロコシ, ピーナツ, ソルガム, ダイズ等) も加害し, これらの作物を合わせるとワタでの発生量よりも多く, 非 Bt 作物として「自然緩衝区 (natural refuge)」の役割を果たしている (JACKSON et al., 2008)。このため, 米国ではワタアカミムシの発生量が少ないテキサス州以東の 15 州で 2010 年から 2 成分トキシン Bt ワタを使う場

表-2 米国における Bt ワタの開発状況

| 系統名 | 開発者 | 導入トキシン | 栽培認可年 | 備考 |
|----------------------|--------|-----------------|-------|-----------|
| MON531 | モンサント | Cry1Ac | 1995 | 2009年登録失効 |
| MON15985 | モンサント | Cry1Ac + Cry2Ab | 2002 | |
| 281/3006 | ダウ | Cry1Ac + Cry1F | 2005 | |
| COT102 ^{a)} | シンジェンタ | Vip3A | 2005 | |
| COT67B ^{a)} | シンジェンタ | Cry1Ab | 申請中 | |

^{a)} 両系統を掛け合わせた。スタック品種として販売。

合に限り、緩衝区の設置義務を免除する予定である。EPAの定めた緩衝区設置基準では、20%の面積で緩衝区を設ける場合、Bt種子と非Bt種子を「8対2」に混合して一括播種することは認められず、Bt作物区の近隣に別に非Bt作物を播種しなければならない。これは生産者にとって農作業上、煩雑で大きな負担となっている。複数トキシン系品種の採用によって、緩衝区の免除を求める動きは鱗翅目害虫や鞘翅目害虫抵抗性Btトウモロコシでも出されており、種子開発業者と監督するEPAとの間で試行錯誤的な取り組みが続けられている。

III 対象外害虫の顕在化

抵抗性発達とともに、当初から想定されていた懸念は化学農薬散布の減少による殺虫対象外害虫の顕在化であり、このような事例は中国とインドのBtワタ栽培地域の一部で報告されている。中国のBtワタは二つの系統(Cry1Ac, Cry1Ac + CpTI (カウピートリプシンインヒビター)が1997年から栽培され、2007年には380万haと中国のワタ栽培総面積の約80%に達している。Btワタの導入により、殺虫剤散布の大幅な減少効果が認められたが、2002年ごろから殺虫対象外のハダニ類やカスミカメムシ類の被害が報告されはじめ、最近特にカスミカメムシ類の被害が深刻化している(Lu et al., 2008)。そのため、化学農薬散布量が再び増加し、経費や労働時間でBtワタ採用によるメリットが大きく減少した地域も出ている(Wang, S. et al., 2008)。Btワタの主な殺虫対象害虫はオオタバコガ(*Helicoverpa armigera*)であるが、ハスモンヨトウ(*Spodoptera litura*)は現在使用しているBtワタでは十分に防除できないため、化学農薬散布が減ったBtワタでは、ハスモンヨトウによる被害が顕在化する可能性も指摘されている(Wang, P. et al., 2008)。

インドのBtワタ(Cry1Ac)は2002年から商業栽培が始まり、07年には620万haに急増した。中国同様、Btワタの導入で化学農薬散布量が減少したが、2006年に殺虫対象外のカイガラムシ類の被害顕在化が一部地域

で報告されている。インドでは2008年から2成分トキシン系(Cry1Ac + Cry2Ab)のBtワタも導入され、対象害虫のオオタバコガへの防除効果はさらに高まっている。RAMASUNDARAM et al. (2007)は対象外害虫の防除対策として最も重要なのは「Btワタ導入によってすべての害虫が防除されるのではなく、対象外害虫用の農薬散布も回数必要であること」を農民に理解させることだと述べている。Btワタ品種の特性について十分知識のある生産者の畑では、カイガラムシなど2次害虫の問題は深刻化していない。「化学農薬が減った分、土着天敵が増えるので対象外害虫を防除できるだろう」という楽観的な予測は必ずしもすべての地域で実証されているわけではない。中国とインドのBtワタの場合、米国や豪州と比べて小規模農家が多く、Btワタや殺虫剤についての知識習得など、生産者への適切な指導が重要であることを示唆している。

米国のコーンベルト地帯では、Btトウモロコシ(Cry1Ab)で過去ほとんど問題になっていなかったwestern bean cutworm (WBC) (*Striacosta albicosta*) (ヤガ科)の被害が2000年ごろから顕在化してきた(CATANGUI and BERG, 2006)。Btトウモロコシによってアワノメイガ(ECB)による被害がほとんどなくなったため、Cry1Abに対してもともと感受性の低いWBCが茎内や穂軸部で優占種となった。ECBとWBCはトウモロコシの同じ部位を加害する競争関係にあり、非BtトウモロコシではECBの密度が高いためWBCの被害はほとんどなく、両者が競合した場合はECBのほうが優占種となる。しかし、ECBの激減により生じた隙間ではWBCが生存可能になり重要害虫化した。WBCはCry1Fトキシンには感受性が高いため、米国ではCry1AbとともにCry1Fを導入したBt品種への転換が進んでいる。WBCの顕在化については米国でも当初ほとんど予測されていなかった。BtワタやBtトウモロコシのように、単一の防除手段を長期間かつ広範囲に渡り使用した例は今までになかったことであり、今後もBt作物を有効な防除手段として活用し続けるためには、継

統的な監視と適切な管理対策が必須であることを WBC の例は示している。

IV ワタ・トウモロコシ以外の Bt 作物

主要 4 作物以外の組換え作物の商業栽培面積は公式には発表されていない。ウイルス病抵抗性作物を含め、表-3 に示した数値は複数の情報源から筆者がまとめたものである。

(1) ジャガイモ

コロラドハムシ抵抗性の Cry3Aa トキシンを発現する系統 (SBT02) と Cry3A とともに葉巻病・Y モザイク病抵抗性を示す系統 (RBMT15, RBMT22) が開発され、1996 年から米国で商業栽培が始まった。害虫抵抗性とともに入アラムシが媒介するウイルス病にも抵抗性を示す初の組換え品種であり、化学農薬散布量を大幅に減少させたことから、1999 年には 2 万 3,000 ha まで増加したが、2001 年に栽培を中断し現在に至っている。中断の最大の理由は、1999 年ごろから消費者団体や環境団体による組織的な「反組換え食品運動」が強まり、食品産業に対し不買運動を展開したため、マクドナルドやキングバーガーなどの大手ファストフード業界やアイダホポテト協会などが組換えポテトの使用中止を宣言したためである (ROMEIS et al., 2008)。南ア共和国では、2008 年に鱗翅目害虫 (ジャガイモガ) 抵抗性 Bt ジャガイモ (Cry2A) の商業栽培申請が出され現在審議中であるが、現時点で商業栽培されている組換えジャガイモはない。

(2) スイートコーン

Bt11 (Cry1Ab) 1 系統のみが開発され、1997 年から米国とカナダで商業栽培が始まった。1999 年には 1 万 2,400 ha まで栽培面積が増加したが 2000 年に 10 分の 1 に減少した。ジャガイモと同様、北米での「反組換え食品運動」の激化による影響が大きい。欧州やアジアなど輸出向けにも使われる缶詰用加工品種での栽培を完全に中止したため大幅な面積減となった (ROMEIS et al., 2008)。2000 年以降は生食用品種のみが商業栽培されているが、04 年から栽培面積は増加傾向にあり、その理

由が興味深い。Bt スイートコーンもデントコーンと同様に抵抗性発達管理対策が EPA によって義務付けられているが、デントコーンのような緩衝区の設置は求められていない (表-4)。しかし、収穫後の残株処理や契約同意書の提出など非組換え品種にはない手続きが要求される。種子開発業者は生産者の法令遵守を徹底するため、小規模生産者への販売を制限し販売対象を限定した。このため「Bt スイートコーンを栽培したい、試してみたい」と希望する小規模農家は、試験的に栽培する機会も得られなかった。種子業者は 2004 年から栽培面積制限を廃止し、10 万粒単位だけでなく 2 万 5 千粒単位の品種も販売したことから、採用農家数が増加し栽培面積の増加につながった。非組換えのスイートコーン品種は 2,500 粒や 1 万粒単位で販売されているので、2 万 5 千粒袋でも大口販売であり、小分け再販を禁止しているため、Bt スイートコーンを栽培できない小規模農家はまだまだ多い (PLAISTED, D., 私信)。Bt スイートコーンで緩衝区を義務付けなかったのは、デントコーンより栽培・収穫時期がかなり早い。収穫直後に残茎を処理すれば畑から羽化する鱗翅目害虫 (主にヨーロッパアワノメイガ) を駆除でき、栽培面積もデントコーンの 1% 以下と小面積であるためだ (EPA, 2001)。しかし、緩衝区設置以外の要件だけでも小規模生産者にとっては Bt 品種の採用を阻む大きな制約になっているようだ。

(3) ナス

インドで 2008 年にナスノメイガ (*Leucinodes orbonalis*) 抵抗性の Bt ナス (Cry1Ac) の商業栽培申請が提出され現在審議中である。Bt ワタの成功で組換え作物への期待が高まっているが、一方で「食用作物」ということでの懸念もあり、承認動向が注目されている (<http://www.isaaa.org/kc>)。

(4) イネ

2006 年の国際アグリバイオ事業団 (ISAAA) の年次報告書で「2005 年からイランで組換えイネの商業栽培開始」と報じられたが、実際には商業栽培は行われていない。生物多様性条約カルタヘナ議定書を批准したイラ

表-3 米国における組換え野菜・果樹の商業栽培面積の推移 (単位: ha)

| 作物 (導入形質) | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| ジャガイモ (IR + VR) | 4,000 | 20,000 | 12,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| スイートコーン (IR) | 0 | 5,400 | 1,200 | 1,600 | 3,400 | 6,000 | + |
| パパイヤ (VR) | 0 | 0 | 500 | 400 | 500 | 500 | 800 |
| ズッキーニ (VR) | 0 | 0 | 0 | + | 2,400 | 2,700 | 3,200 |

IR: 害虫抵抗性, VR: ウイルス病抵抗性, +: 栽培面積不明。米国食糧農業政策センター (www.ncfap.org), ROMEIS et al. (2008) などから作成。

表-4 米国における Bt トウモロコシ (デントとスイート) の抵抗性管理対策要件

デントコーン

1. 生産者は種子会社に契約同意書を提出
2. EPA の総合害虫管理対策に従う
3. アワノメイガとタバコガ類の抵抗性発達モニタリング
4. 緩衝区 (refuge) として、20%の面積に非 Bt コーンを栽培する

スイートコーン

1. 生産者は種子会社に契約同意書を提出
2. EPA の総合害虫管理対策に従う
3. アワノメイガとタバコガ類の抵抗性発達モニタリング
4. 緩衝区 (refuge) は不要
5. 収穫後 14 日以内 (遅くとも 30 日以内) に畑内の残茎を破砕処理する
6. 同じ畑で年 2 回栽培しない
7. 生産者に対して種子会社が独自に定めた要件
 - ① 20 エーカー (約 8 ha) 以上の栽培農家にのみ販売 (2004 年から廃止)
 - ② 10 万粒袋単位で販売, 小分けにした再販禁止 (2004 年から 2 万 5 千粒袋も販売)

PLAISTED (2003, 米国昆虫学会講演資料), PLAISTED, D. (私信), ROMES et al. (2008) から作成。

ン政府は、Bt イネ (Cry1Ab) に対してさらなる環境・食品安全性の評価を要求しており、要件を満たし次第、商業化の再申請が行われる予定である (MOUSAVI et al., 2007)。

中国ではニカメイガ、コブノメイガなど鱗翅目害虫抵抗性の Bt イネ (Cry1Ab, Cry1Ac) が開発され 2005 年ごろまでかなり広域で試験栽培が行われていたが (WANG, Y. et al., 2005), 現時点で商業栽培の時期は明確にされていない。理由は明らかではないが、2005 年春に試験栽培の Bt イネを原料としたビーフンなど米製品が海外の輸出市場で検出され、「安全性未承認」として回収・返品になったことも影響していると考えられる。完全に国内消費される場合は自国での安全性承認のみで済むが、輸出製品にも使用する場合は輸出対象国での食品安全性承認が必要となり、微量混入の場合も「輸入国側では未承認」となり貿易上のトラブルとなる。組換え作物の商業栽培化にはこのような課題も大きな制約となっている。

(5) ダイズ

鱗翅目害虫抵抗性の Bt ダイズ (Cry1Ac) が米国で開発されていたが、現在商業栽培は具体化していない。2008 年に米国のダイズの 92% は除草剤耐性の組換え品種となっているが、これらの品種には緩衝区の設置など栽培に当たっての義務的要件はない。しかし、Bt ダイ

ズを導入する場合、Bt トウモロコシやワタと同様の煩雑な害虫抵抗性管理対策を伴うため、生産者から Bt ダイズの要望が小さくなっていると米国の農業紙は伝えている。

V 病害抵抗性作物

(1) パパイヤ

病害抵抗性作物で商品化されているのは、IV 章で述べたジャガイモを含めいずれも CP (外皮タンパク質) の発現を制御するウイルス病抵抗性品種で、米国のみで栽培されている。リングスポットウイルス病抵抗性パパイヤ (55-1 系統) が 1999 年からハワイで栽培され、フロリダ州での栽培を目的とした同病抵抗性の X17-2 系統も商業栽培申請中である (2009 年中に承認予定)。ハワイのパパイヤは 1999 年には 480 ha で全栽培面積の約 30% だったが、2006 年には 800 ha を超え、ハワイ全体の約 90% が組換え品種になっている。輸入を認めているのは米国本土とカナダだけであり、日本には非組換え品種が輸入されている (日本では 55-1 系統について現在食品安全性を審査中)。ハワイでは 1990 年代前半に発生したリングスポットウイルス病によってパパイヤ産業が大きな打撃を受けたが、組換え品種の導入によって生産が回復に向かった。日本向けに非組換え品種を栽培できるのは、組換え品種の栽培によってウイルス病をほぼ征圧できたためと言われている (FUCHS and GONSALVES, 2007)。タイやフィリピンでも同病抵抗性品種の商品化に向けた開発が最終段階まで進んでいる。

(2) ズッキーニ

モザイクウイルス病 (ZYMV, WMV) 抵抗性のズッキーニ (ZW-20, CZW-3 系統) が 2001 年から商品化され、06 年には約 3,200 ha (全米の約 13%) が組換え品種となっている。導入率の高いのはニュージャージー州 (25%), フロリダ州 (22%), ジョージア州 (20%), サウスカロライナ州 (20%), テネシー州 (20%) で東部 (大西洋岸) に集中している。本系統はアブラムシ媒介ウイルス病にのみ抵抗性を示し、他の病虫害の被害が大きい地域ではほとんど採用されないため、米国全体では最大でも 20% 程度の普及に留まるものと予測されている (FUCHS and GONSALVES, 2007)。

(3) プラム

米国農務省果樹研究所が開発したプラムボックスウイルス病抵抗性品種 (C5 系統) が 2007 年 7 月に米国本土初の組換え果樹として商業栽培が認められた。現時点で、商業栽培面積、販売量に関する報告はない。

おわりに

IV章で述べたように、食用油やコーンスターチと異なり、目に見える形で食卓に上がる組換え作物に対しては北米でも消費者や食品業界の懸念は大きいと言える。化学農薬散布量を減らし、高品質の作物が得られるメリットを生産者だけでなく、消費者にももっと理解してもらう必要があるだろう。組換え作物の場合、たとえ消費者や食品業界の懸念、抵抗感が解消されても、商業栽培化するためには食品・飼料としての安全性承認を得なければならない。豪州では α アマラーゼインヒビターを導入したゾウムシ抵抗性エンドウマメが開発されたが、マウスを用いた給餌試験で免疫反応の一部に異常が生じる例が検出され、商業栽培は断念された(PRESCOTT et al., 2005)。スノードロップ・レクチン(糖鎖認識タンパク質)を発現するトビロウカ抵抗性イネでは、欧州連合(EU)の研究資金によって、商業化を想定した食品安全性評価の先行研究が行われている(POULSEN et al., 2008)。組換え食品の安全性評価で求められる食品成分組成比較やラット給餌試験で、この組換えイネは対照の非組換えイネと比べて特に有害な影響を示す結果は得られなかった。しかし、EUの研究チームはこのデータだけでは安全性に結論を出すことはできないとし、有意差のあったいくつかの項目について、レクチンそのものによる影響か、レクチンを導入した組換えイネの代謝変化によるものかを明らかにする試験も必要であると指摘している。組換え食品の安全性審査は系統ごとに個別に評価され、開発者に要求されるデータは年々増加する傾向にある。放射線照射による突然変異誘導で育成された除

草剤耐性品種や病害抵抗性品種には、このような安全性審査は義務付けられておらず組換え作物開発側にとっての負担は大きい。しかし、食品安全性の審査は組換え作物の商業化にとって避けては通れない。病害虫に対して安定した抵抗性を発現する系統を探索し開発することは当然であるが、並行して食品の安全性審査をクリアできる系統かどうかを早期に見極める必要がある。

なお、組換え作物に関する海外の情勢について筆者の所属する研究所のホームページから、毎月1回最新情報を発信しているのであわせてご覧いただきたい。

引用文献

- 1) CATANGUI, M. A. and R. K. BERG (2006): *Environ. Entomol.* **35**: 1439 ~ 1452.
- 2) FUCHS, M. and D. GONSALVES (2007): *Annu. Rev. Phytopathol.* **45**: 173 ~ 202.
- 3) JACKSON, R. E. et al. (2008): *Entomol. Exp. Appl.* **126**: 89 ~ 106.
- 4) LU, Y. H. et al. (2008): *Crop Protect.* **27**: 465 ~ 472.
- 5) MOUSAVI, A. et al. (2008): *J. AOAC Intnl.* **90**: 1513 ~ 1516.
- 6) 農環研:「情報:農業と環境」, GMO情報, <http://www.niaes.affrc.go.jp>
- 7) POULSEN, M. et al. (2008): *Food Chem. Toxicol.* **45**: 350 ~ 363.
- 8) PRESCOTT, V. E. et al. (2005): *J. Agric Food Chem.* **53**: 9023 ~ 9030.
- 9) RAMASUNDARAM, P. et al. (2007): *Outlook on Agric.* **36**: 175 ~ 180.
- 10) ROMEIS, J. et al. (2008): *Integration of Insect-Resistant Genetically Modified Crops within IPM Programs*, Springer, 441 pp. (7章:ジャガイモ, 8章:イネ, 9章:野菜・果実).
- 11) ROSI-MARSHALL, E. J. et al. (2007): *PNAS USA* **104**: 16204 ~ 16208.
- 12) 白井洋一 (2005): *植物防疫* **59**: 19 ~ 24.
- 13) ——— (2007): *応動昆* **51**: 165 ~ 186.
- 14) TABASHNIK, B. E. et al. (2008): *Nature Biotechnol.* **26**: 199 ~ 202.
- 15) WANG, Y. et al. (2005): *Trends Plant Science* **10**: 610 ~ 614.
- 16) WANG, P. et al. (2008): *Environ. Entomol.* **37**: 1043 ~ 1048.
- 17) WANG, S. et al. (2008): *Intnl. J. Biotechnol.* **10**: 113 ~ 121.

(新しく登録された農薬 25 ページからの続き)

オキサジクロメホン: 30.0%, ヨードスルフロメチルナトリウム塩: 2.0%

日本芝: 一年生雑草及び多年生広葉雑草

●ペントキサゾン水和剤

22322: サインヨシフロアブル(科研製薬) 09/01/21

ペントキサゾン: 8.6%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ

●グリホサートイソプロピルアミン塩・2,4-PA イソプロピルアミン塩液剤

22324: クサトロー(インテック) 09/01/21

グリホサートイソプロピルアミン塩: 10.0%, 2,4-PA イソプロピルアミン塩: 5.0%

樹木等(公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地のり面, 鉄道等): 一年生及び多年生雑草(ススキ, オギを除く)

●ピリブチカルブ・プレチラクロール乳剤

22326: 北海三共シング乳剤(北海三共) 09/01/21

ピリブチカルブ: 12.0%, プレチラクロール: 8.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ヘラオモダカ(北海道)

●MDBA 粒剤

22328: 日曹バンベルーD粒剤(日本曹達) 09/01/21

MDBA: 2.5%

日本芝: クローバー, オオバコ, ヤハズソウ等畑地一年生及び多年生広葉雑草

樹木等(公園, 庭園, 堤とう, 駐車場, 道路, 運動場, 宅地のり面, 鉄道等): 一年生広葉雑草, 多年生広葉雑草, スギナ

「その他」

●全卵粉末水和剤

22312: ランテクター(日本グリーン&ガーデン) 09/01/21

全卵粉末: 80.0%

すぎ: ニホンジカによる食害防止: 食害発生前

ひのき: ニホンジカによる食害防止: 食害発生前