

話題の
PRODUCT

プロダクト

**遺伝子
組み換え作物**

CR3 (9DAT)

FS (9DAT)



まもなく食卓にも登場する 遺伝子組み換え作物 食糧問題解決の切り札となるか

1980年代初めにブームとなったバイオテクノロジー。一般の目につく形で成果を上げることなくブームは去ったが、最近ようやく農作物の品種改良の分野で成果を上げ、市場に登場するようになってきた。消費者が知らないうちに日本にも輸入されている遺伝子組み換え作物の現状をレポートする。

アメリカ・カルージン社が実用化した遺伝子組み換えトマト「フレーバー・セーバー」。従来のトマトは未熟の段階で収穫し集荷されるが、この品種ではほぼ完熟してから収穫しても、約2週間日持ちするという(写真上)。収穫後9日目における従来種のトマト(左)とフレーバー・セーバー(右)の比較。従来種では果皮にしわが出始めている(写真下)。

日本の食卓には1999年登場予定の 遺伝子組み換えトマト

1994年5月、スーパーマーケットの店頭には、世界で初めて遺伝子組み換え作物が売り出された。米国カルジーン (Calgene) 社が1985年から開発していたフレーバー・セーバー (FLAVR SAVR) という名前のトマトがそれだ。このトマトは、果実を柔らかくする酵素の働きを抑える遺伝子を組み込むことで、完熟してから収穫しても日持ちがよく、長距離輸送によっても痛みが少ないという特徴を持っている。

農産物の品種は、人間が長い年月をかけて作り出してきたものがほとんどだ。育種とか品種改良と呼ばれるこうした行為は、交配によって人為的に作り出されたり、突然変異体を固定することで実現されてきた。

1865年に発表されたメンデル (G.J.Mendel) の法則の再発見を機に、遺伝学は大きく発展した。しかしながら、遺伝子の存在が確認され、DNAの分子構造が明らかになっても、品種改良の方法は、昔ながらの方法に頼っていた。バクテリオファージやプラスミドを利用した遺伝子工学の発展は、こうした育種の方法に革命的な変革をもたらすものとの期待が大きかった。

1980年代初めには、それまで何万頭ものウシやブタから抽出していた成長ホルモンやインシュリンといった医薬品を、大腸菌に遺伝子を組み込むことで大量に生産する技術が実用化される。この時期、さまざまな企業がバイオテクノロジー分野に進出したが、バイオテクノロジーは基礎研究に膨大な時間と資金を必要とし、なかなか最終商品に結びつかなかった。企業のバイオテクブームは影を潜め、食品や発酵、医薬品といった商品開発に取り組みやすい企業のみが現在も研究を続けている。

キリンビールは、赤血球を特異的に増加させる薬理作用を持つエスポーなどの医薬品事業、キクやカーネーションといった花卉などを生産するアグリバイオ事業などで、組み換えDNA技術を開発・利用してきた。同社は、カルジーン社との間で、フレーバー・セーバーの技術と、自社が開発したカロチノイド合成遺伝子の商業利用を認めるクロスライセンス契約を結び、フレーバー・セーバー・トマトを利用した日本市場向けのトマト新品種の開発・販売を目指している。

遺伝子組み換えを行うには、何段階かの手続きをふむ必要がある。遺伝子組み換え実験に関しては科学技術庁「組換えDNA実験指針」、環境に対する安全性評価に関しては農林水産省「農林水産分野等における組換え体の利用のための指針」、さらに食品として販売するためには、厚生省「組換えDNA技術応用食品・食品添加物の安全性評価指針」に従って実験・販売を進める必要がある。もちろん各段階ごとに申請が必要だ。フレーバー・セーバーは現在、一般圃場での栽培まで進んでおり、厚生省への食品安全性評価を申請してい

る段階だ。

しかし、日本でフレーバー・セーバーを販売するには、いくつか解決すべき問題がある。アメリカではトマトを調理して利用することが多い。そのためあっさりとした味のものが多く、甘味も抑えられている。これに対して日本では生食されることが多いため、強いにおいを抑え、甘味の強い品種が好まれる。また色もフレーバー・セーバーが濃い赤色なのに対し、日本ではピンク系が好まれるという違いがある。

このためキリンビールでは、関連会社であるトキタ種苗が持つトマトの品種のいくつかにフレーバー・セーバーの形質を持たせることで、日本市場に受け入れられやすい品種の開発に取り組んでいる。

また市民グループなど消費者の反応も、重要なファクターとなる。遺伝子組み換え作物については、OECD (経済協力開発機構) が定めた安全基準に従って評価されている。その考え方の基本は「実質的同等性」というものだ。

遺伝子の働きは、それに対応したタンパク質が合成されることで発現する。新たに遺伝子が組み込まれることによって、それ以外の遺伝形質に有意な差が発生しないこと、新たな遺伝子によって産生されるタンパク質が、既知の毒素タンパク質と構造上の相同性を持たないことやアレルギーを誘発しないことが確認されれば、その作物は安全であると評価される。

少しわかりにくいのが、たとえば現在食卓に上っている従来のトマトであっても、含まれる成分がすべて解明されているわけではない。まだ人間の知らない成分が数多く含まれていると考えたほうが、より正確だろう。組み換えDNA技術によって生み出された作物が、従来の品種と比較して特別な変化が認められない以上、その作物は実質的に従来品種と同等であるとみなすというのが実質的同等性である。

この考え方は世界中で受け入れられているものだが、未知のものに対する情緒的な不安感を抱くのは仕方のないことだろう。遺伝子組み換え作物に対する消費者のPA (Public Acceptance: 社会的受容) を助けるために、正確な情報の提供が望まれる。また現在、農林水産省食品表示問題懇談会の遺伝子組み換え食品部会において、遺伝子組み換え作物の表示に関する問題が議論されており、1997年度中には結論が出される予定になっている。

増収と低農薬を実現する新しい栽培方法も可能に

キリンビールがフレーバー・セーバー・トマトを日本市場に出荷する目標時期は1999年の予定だ。しかし、すでに日本に入っている遺伝子組み換え作物が存在する。アメリカの農薬メーカーMonsanto社が開発した除草剤耐性ダイズだ。

日本は大量の農産物を輸入しているが、その大部分は家畜の飼料と食品加工用原料だ。油脂抽出用ダイズの輸出国であ



除草剤耐性ダイズの比較実験

グリホサートを有効成分とする除草剤（商品名ラウンドアップ）は、雑草が生長した段階で葉や茎に散布することで、植物が生長するために必要なEPSP合成酵素の発生を阻害し、植物全体を枯らす特性を持っている。また有効成分はアミノ酸とリン酸の化合物であるため、容易に分解され安全性も高い。しかし、ダイズなどの作物も枯らしてしまう（非選択性）ため、使用時期が限られるという難点があった。

Monsanto社では、グリホサートに耐性を持つEPSP合成酵素遺伝子を作物に組み込むことで、作物が生長した段階でもグリホサートが使用できないかと考えた。細菌でそのような遺伝子をもつものがないかスクリーニングを行ったところ、アグロバクテリウムのなかにグリホサート耐性EPSP合成酵素遺伝子を持つものが見つかった。この遺伝子を組み換えDNA技術を使ってダイズに組み込んだのが、ラウンドアップ・レディー（ラウンドアップに準備ができた）・ダイズだ。このダイズと従来種のダイズを圃場で比較栽培した結果が、上の写真である。

写真左は、除草を行わない圃場に従来種のダイズを播種した状態。ダイズは雑草に覆われてしまい、収量が大きく落ち込んでしまう。

写真中は、従来種のダイズが生育しているところへ除草剤を散布した場合。雑草とともにダイズも枯れてしまった。

写真右は、除草剤耐性を持たせたラウンドアップ・レディー・ダイズを栽培しているところへ除草剤を散布した状態。雑草は赤く枯れてしまっているが、ダイズは影響を受けずに生長している。（いずれも1995年7月、農林水産省農業環境技術研究所隔離圃場で撮影）

ラウンドアップ・レディー・ダイズは、1996年アメリカで市販され栽培が開始されている。ダイズ全体に占めるシェア（栽培面積）は約2%と少なかったが、約5%の増収が見られたため農家の栽培意欲は高く、今後1997年にはシェアがおおよそ15%程度に達すると見込まれている。

農家が実際に播種する種子は、Monsanto社と契約した種子メーカーが、自社の商品であるダイズ種子に遺伝子を組み込み供給している。種子代は従来種とほとんど変わらない。ただラウンドアップ・レディー・ダイズを栽培したい農家は、Monsanto社との間で、収穫されたダイズはすべて出荷する、除草剤としてラウンドアップを使用する、栽培面積1エーカー（約4000m²）当たり5ドルのロイヤリティを支払うといった契約書を交わす必要がある。

るアメリカで1996年、除草剤抵抗性遺伝子を組み込まれたダイズが市販され、一般農家の農場で栽培されている。アメリカでは気候や風土などを考慮して複数のダイズ品種が栽培されている。味噌・醤油などの原料となる特定ダイズと呼ばれるものを除き、流通段階ではすべてが同一に扱われる。昨年農家が試験的に導入した遺伝子組み換えダイズも、ほかのダイズと一緒に集荷され、販売されている。日本に輸出されたダイズのなかにも、当然含まれていると見るのが自然だろう。

日本で品種改良というと、米や果物によく見られるように食味を中心としたものと考えられがちだが、世界規模で見れば、増収に直接結びつくもののほうが多い。1994年から1996年ま

で14品種の遺伝子組み換え作物が商品化されているが、そのうち10種が除草剤抵抗性や害虫抵抗性を持たせた品種で占められているのだ。こうした背景には、現在55億人といわれる世界の人口が、2050年には約2倍の100億人に達すると推計されているように、食糧危機を念頭においているからだろう。

一方、現在耕作されている農地は都市化などによって転用が進み、より条件の悪い地域で耕作せざるをえなくなる。またアメリカ、欧州などでは、エロージョンと呼ばれる耕作地の土壌流亡が深刻になっている。エロージョンは、耕作ができなくなるだけでなく、蓄積されていた肥料などの化学物質や農薬などが河川に流出し、環境汚染を招くといった問題も発生して



害虫抵抗性作物

農作物に被害を与えるものはいろいろあるが、害虫被害も一つの大きな要素だ。従来は、殺虫剤を散布する以外に作物を守る方法がなかった。

バチルス・チューリンゲンシスという微生物が作るあるタンパク質は、特定の害虫にのみ殺虫効果を示すことが知られている。自然条件下では簡単にアミノ酸に分解されるこの物質は、以前からB.t農薬として利用されてきた。このタンパク質を合成する遺伝子(B.tタンパク質遺伝子)を作物の遺伝子に組み込んで、食害から守ろうというのが、組み換えDNA技術を利用した害虫抵抗性作物である。

アメリカでジャガイモに大きな被害をもたらす害虫として、コロラドハムシがある。ジャガイモの葉を食害するこの虫を防除しないと、およそ85%も収穫量が減少してしまうといわれている。

ジャガイモの遺伝子にB.tタンパク質遺伝子を組み込むと、ジャガイモ自体がB.tタンパク質を合成するため、食害したコロラドハムシは食欲が落ち、やがて死んでいく。このため農薬の散布回数を大幅に減らすことが可能になった。

害虫を駆除する際、種類に合わせて複数の薬剤を数回に分けて散

布する。ジャガイモの場合、コロラドハムシを駆除した後に、アブラムシを駆除する必要がある。これはアブラムシ自体による被害が大きいというより、コロラドハムシを駆除するため散布した殺虫剤によって、アブラムシを食べる益虫が死んでしまうことが原因だ。ニューリーフ・ジャガイモと名づけられた害虫抵抗性ジャガイモでは、B.t農薬の散布量を大幅に減らせるため益虫が増加し、それがさらに害虫を捕食するため、さらに農薬の散布量を減らすことが可能になるという好循環を生み出す。

また、トウモロコシの茎に侵入し食害するアワノメイガという害虫による被害は、年間1600万haにも達していると推計されている。この害虫がいったん作物内部に侵入してしまうと、殺虫剤による駆除が不可能なため、手の打ちようがない。作物自体にB.tタンパク質合成能力を付与することで、効果的な防除が可能になる。

写真左：コロラドハムシがジャガイモの葉を食害している様子。

写真右上：ジャガイモを食害するコロラドハムシの成虫。

写真右下：周囲のジャガイモがコロラドハムシに食害され茎だけになっているなか、ニューリーフ・ジャガイモだけは被害を受けずに生育している。

いる。

エロージョンを防ぐ方法の一つに、不耕起栽培がある。通常、畑や水田に新たに作物を栽培する際には、上にあった表土と下の土壌を反転させる(耕起)。これの最大の目的は雑草の防除にある。同時に雑草を鋤込むことで有機質肥料として利用するという目的もある。

不耕起栽培は、耕起を行わずそのまま作物を栽培する方法だ。耕起の手間がかからずコストダウンにつながると同時に、エロージョンも防げるという利点を持つが、効果的な雑草の防除方法がなく、先進国ではあまり普及していない。作物自体に除草剤抵抗性を持たせることで、効果的な雑草防除と薬

剤使用量の減少、環境インパクトの低減といった効果が期待される不耕起栽培法を実用化するためにも、組み換えDNA技術を利用した品種改良に大きな期待が集まっている。

組み換えDNA技術は農業面での利用にとどまらず、米のアレルギー物質であるアルブミン系タンパク質の合成を阻害する遺伝子を組み込むことで、米アレルギーを起こさない稲の開発や、より高カロリーで多くの栄養素を含む食料の開発、バイオ燃料の開発など、より広範囲への応用が見込まれている。今後ますます遺伝子組み換え作物が身近な存在になることは間違いないだろう。

[取材協力・写真提供：日本モンサント株式会社・キリンビール株式会社]