

# 遺伝子組換え植物

## について知ってください

### 目 次

はじめに	2
安全と安心	3
人類と農業	4
品種改良	5
バイオテクノロジー	6
組換え植物の誕生	7
実用化	8
雑草との戦い	9
BTトキシン	10
規制について	11
国内消費	12
表示の実情	13
栽培上の問題点	14
不安の理由	15
今後	16



## はじめに ▶このパンフレットを作った理由

10年ほど前、ごく親しい人から「何と言わても遺伝子組換え食品は食べない」と言われ、複雑な気持ちになりました。なぜなら、その人（だけでなくおそらくすべての日本人）は、すでに日常的に遺伝子組換え食品を口にしていたからです。ここでいう遺伝子組換え食品とは、遺伝子組換え植物を原料に用いた食品です。現在（2015年）、日本が輸入している主要農作物の重量比にして半分程度が遺伝子組換え技術を利用して作られた品種です。これらの農作物は家畜飼料にも多く使われるので、すべて私たちが直接食べるわけではありませんが、日本の現在の食生活は遺伝子組換え植物抜きには成り立ちません。

大量に遺伝子組換え植物を消費している一方で、ある調査によれば日本では7割の人が遺伝子組換え植物に不安を抱いています。食品としての安全性を心配している人もいれば、環境への影響を心配している人もいます。私は学生時代から現在まで遺伝子組換え植物を研究に使ってています。その観点から言えば、私は遺伝子組換え植物についての専門家と言えるかもしれません。「遺伝子組換え食品は食べない」と言わされたとき、私はその理由を聞くことをしました。「嫌なものは、嫌」といった感情的な答えが返ってくると予想したからです。そして、世の中の見渡すと「嫌だ」、「不安だ」と一般の人（ここでは、遺伝子組換え植物の専門家でない人を指します）が感じるのは無理もないと思いました。同時に、大量に消費しておきながら、「嫌だ」、「不安だ」と多くの人が感じる社会に違和感を覚えました。すでに大量に食べているから安心だというつもりはありません。もし遺伝子組換え植物が健康や環境に悪いものなら、私たちは真剣に避ける努力をした方がよいでしょうし、悪いものでなければ、いたずらに不安を感じる必要はありません。

その後、私は一般の人に「遺伝子組換え植物」について知つてもらう試みを始めました。多くの場合、不安を抱く最大の原因是情報不足だと考えたからです。この10年ほどの間、私は多くの一般の人に「遺伝子組換え植物」について話をし、その人たちの考え方を聞くことができました。これらの機会は私にとっても非常にためになりました。専門家と一般の人では問題のとらえ方が大きく異なり、「遺伝子組換え植物」についての不安や疑問の多くは、私が専門とする科学的な問題に起因するのではないかと思いました。一言で答えるのが難しい疑問も少なくありませんでした。例えば、「絶対に安全なのか?」、「なぜ開発する必要があるのか?」、「自然への冒とくではないか?」、「食料が支配されるのではないか?」、「子孫への影響はないか?」、「遺伝子組換えは完成された技術か?」などといった疑問です。私は遺伝子組換え植物を実験に使いますが、食品や法律、経済の専門家ではないので、こうした疑問について自分でもよく考え、勉強しなければなりません。科学者の間でも議論しましたが、メディア、行政、消費者団体、生産者（農家）、開発企業、高校教員、遺伝子組換えに反対している人、など多くの人たちと対話する機会を多く持つことができました。こうした人たちの中には、遺伝子組換え植物のある側面については、私より「専門家」である人もたくさんいました。

私が提供する情報をもっと多くの人に伝えてほしいというご意見をいただくことが少なくありません。遺伝子組換え植物に関する詳しい情報はインターネットや書籍を調べれば知ることはできますが、わかりやすい情報は必ずしも多くありませんし、忙しい多くの人たちが、自分で調査し情報を整理することに時間を費やすのはたいへんと思いました。そこで、一般の人に知つていただきたい「遺伝子組換え植物」に関する情報のポイントをこのパンフレットにまとめました。少しでも「遺伝子組換え植物」に関心を持っていただききっかけになることを願っています。専門家から見ると、説明が不十分な点も多いと思いますが、一般の人とのコミュニケーションのツールに使っていただきたいと考えています。

ちなみに、10年前に遺伝子組換え食品は食べないといった知人は、現在では、どうすれば一般の人が遺伝子組換え植物に関する適切な情報にアクセスできるかについてアドバイスをくれます。

2013年に作成したものに微修正を加えました。 2015年3月 小泉 望

一般の人に知つていただきたいポイントをまとめました。平易な表現を心がけましたが、スペースが限られ、論点が多岐に渡るので、補足説明が必要かもしれません。もっと詳しく知りたい方は、最後に挙げたおすすめの本をご覧ください。補足と息抜きにコラムや写真を入れました（遺伝子組換え植物と直接関係ないものあります）。多くの方に原稿をチェックしていただきましたが、適切でない表現があれば、ご指摘いただければ幸いです。チェック、アドバイス、写真提供をいただいた方、レイアウト、グラフの作成を手伝っていただいた共同研究者の皆さんに深く感謝します。

### ❖ 問合せ先 ❖

〒599-8531 堺市中区学園町1番1号

公立大学法人 大阪府立大学

生命環境科学研究科 応用生命科学専攻

小泉 望

電話：072-252-1161（大学代表） 内線：4660

このパンフレットは筑波大学形質転換植物デザイン研究拠点共同研究により作成されました。

## 安全と安心、絶対安全（つまりゼロリスク）

### ▶ 本題に入る前に安全について少し考えてみましょう

安全・安心という言葉をよく耳にしますが、安全と安心は違う概念です。安全は客観的、科学的に評価できますが、安心は主観的な心の持ち方です。実際には安全なものであっても、安心できない、つまり不安を抱くことは少なくありません。特によく知らないものに、私たちは不安を感じます。「幽霊の正体見たり枯れ尾花」ということわざがありますが、正体がわからればこわくないのに、得体（えたい）の知れないものに不安を感じるのは本能として正しいそうです。危険「かもしれない」情報に注意しなければ、場合によっては命にかかるからです。一方で、枯れ尾花をいつまでもこわがる必要はないでしょう。

ここで、（なるべく答えを見ずに）以下の2つのクイズに挑戦してみてください。

### ❖ クイズ1

Aという物質は次のような性質を持っています。

酸性雨の主成分である。温室効果を引き起こす。ひどいやけどの原因となりえる。窒息死を引き起こすかもしれない。多くの物質の腐食やさびを進行させる。電気事故の原因となり、自動車のブレーキの効果を低下させる。工業用の溶媒、冷却材として使われる。原子力発電所で使われる。防火剤として使われる。末期がん患者の悪性腫瘍から検出される。各種の残酷な動物実験に使われる。農薬の散布に使われる。各種のジャンクフードに添加されている。地形の浸食を引き起こす。

さて、Aの使用を法律で禁止すべきでしょうか？

### ❖ クイズ2

Xという元素は次の性質を示します。

非常に反応性の高い金属で、水に固体を投げ込むと反応熱で溶融し爆発する。空気中で生じる酸化物は、アルカリ性が高く素手で触れると皮膚をおかす。

一方、Yという元素は次の性質を示します。

常温常圧では特有の臭いを有する黄緑色の気体で強い毒性を持ち、人類初の本格的な化学兵器として使われた。有機物と反応すると発がん性が疑われる多数の物質を生じる。

2つの元素からなる XY という化合物の食品への添加を認めて良いでしょうか？



### クイズの答え

2つのクイズは一種のジョークです。クイズ1はアメリカで考えられたものに少し変更を加えました。物質 A は水です。クイズ2の元素 X はナトリウム、元素 Y は塩素で、化合物 XY は塩化ナトリウムつまり食塩です。この2つのクイズは、問い合わせの方法（あるいは情報提供のあり方）によって、不安を感じる例です。

### 飛行機は安全な乗り物でしょうか？

飛行機が安全かと聞かれたら、どう答えますか？完全に安全とは言えないでしょうが、それでは飛行機は危険な乗り物でしょうか？飛行機が事故を起こすリスク（危険性）はゼロではありませんが、ベネフィット（利点）も多いので、多くの人が飛行機を利用します。つまり、リスクとベネフィットを考えながら私たちは生活しています。多くの人は安全かどうかを聞いたがりますが、絶対安全（つまりリスクがゼロ）と答えることは簡単ではありません。食品に関してもゼロリスクはありません。食塩も取りすぎると健康に良くありませんし、多くの食品に天然の発がん物質が含まれます。



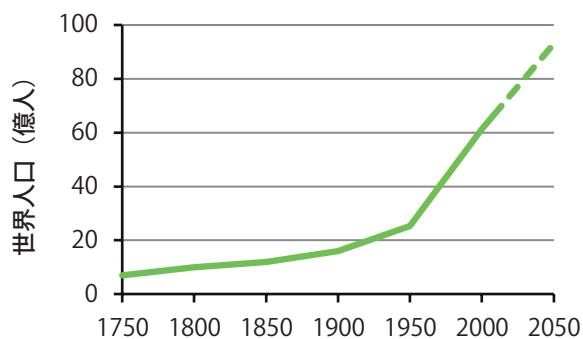
## 人類と農業のかかわり ▶人類の歴史と農業は非常に密接に関係しています

遺伝子組換え植物によって食料問題が全て解決できるというつもりはありません。遺伝子組換え植物が登場した背景を考える上で、人類の歴史と農業のかかわりについて知ってください。

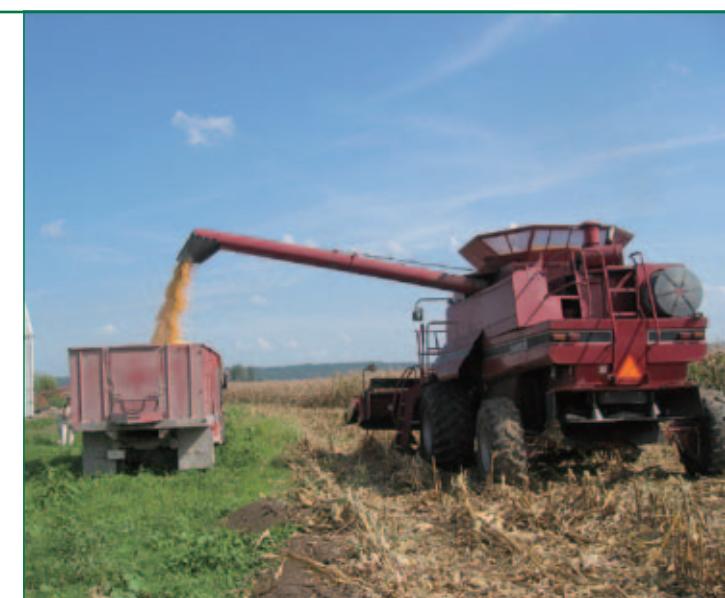
### 世界人口と穀物生産

世界の人口は、20世紀半ば以降急速に増え始め、2011年には70億人を超えるました。地球はすでに定員オーバーとも言われていますが、今後も人口は増えて2050年には90億人前後に達すると予想されています。現状で、十分な食料が生産できていって、食料問題は分配の問題だという人もいます。しかし、人口と穀物生産量が密接に関連していることは間違ひありません。世界の人口は、1960年には約30億人でしたから、50年間で2倍以上に増えました。この間、世界の穀物生産量も2倍以上に増加しました。人口増加が地球にとって良いことかどうかは議論の余地がありますが、穀物生産が人口増加を支えてきたのは間違いないでしょう。興味深いことに、この50年間、世界の農地の面積はほとんど変化していません。つまり穀物生産が増加したのは、単位面積当たりの生産量（単収）が増加したからです。それでは、なぜ、単収が増加したのでしょうか？

#### 世界人口の推移



国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集」に基づき作成



### 農業技術の進歩

穀物の単収が増加したのは、農業技術が進歩したからです。具体的には、機械化が進み効率的な農業が可能になったことや、灌漑設備が整い水の管理が進んだといった工学的な技術の進歩があります。また、化学肥料や農薬の開発も農業生産にはとても大きな役割を果たしました。特に1900年代の初めに、窒素肥料を化学的に合成できるようになったことは、穀物生産量の増加にたいへん大きな役割を果たしました。また、さまざまな農薬の開発も、害虫や病気の被害から農作物を守るに大きな役割を果たしました。一方で、これらの化学物質の過度な使用による環境への負荷が懸念されることから、最近では環境負荷を軽減した農法の取り組みも増えています。こうした、工学的、化学的な技術の進歩に加えて、生物学に基づく技術の進歩として品種改良が挙げられます。

### レンゲ畑と窒素固定

今では見かけることは少なくなったかもしれません、春になると田んぼにレンゲが咲く風景が見られます。レンゲは肥料（緑肥）として使うために栽培されます。窒素は植物の成長にとても重要な元素ですが、多くの植物は空気中の約80%を占める窒素ガスを直接利用することはできません。レンゲなどのマメ科植物は根粒菌という土壌中の細菌の助けを借りて空気中の窒素をアンモニア態として固定し、利用することができます。稻刈り前後の田んぼにレンゲの種をまき、田植えの前に鋤き込むことで、イネが利用できる窒素を田んぼに供給できます。1900年代初めに、化学的に空気中の窒素ガスをアンモニアに変換する技術（ハーバー・ボッシュ法）が開発され、化学窒素肥料が作られるようになりました。この技術の実用化により、作物生産量は劇的に増加しました。



## 品種改良（育種）

### ▶人類はその歴史の中で植物の性質を変えてきました

現在、私たちが目にする農作物や家畜のほとんどは自然にあったものではありません。人類は、植物や動物の性質を自分たちにとって都合のよいように変えてきました。そして、私たちの生活が豊かになりました。作物や家畜の性質を変えることを品種改良あるいは育種と呼びます。



### ■栽培化と品種改良

私たち日本人の食卓に欠かせないお米（イネ）にはさまざまな品種があります。コシヒカリやササニシキという品種名を多くの人がきいたことがあるでしょう。しかし、人類が農業を始めた時からコシヒカリやササニシキがあったわけではありません。おそらく8000年ほど前に今の中国で、イネの祖先（野生イネ）が栽培されるようになったと考えられています。現在、私たちが目にする栽培イネと野生イネには大きな違いがあります。例えば、野生イネの穂に実る種子（お米の粒）は、熟すると地面に落ちてしまいます。この性質を脱粒性といいます。野生の植物の多くにとって、種子を遠くにまで運び子孫を広げるために脱粒性は重要な性質ですが、種子がこぼれ落ちる脱粒性は人間が農業を行う上では都合の良くない性質です。脱粒性を失ったイネは突然変異の結果、偶然見つかったものと考えられます。数千年の農業の歴史において、品種改良は計画的に行われたのではなく、多くの場合、自然突然変異により農業生産に都合がよい性質を持つものを見つけ出し、それを伝えることだったと考えられます。

有名なメンデルの法則は1900年に広く認められました。つまり、今から100年少し前に遺伝の原理が明らかになり、それ以降メンデルの法則に基づいた計画的な品種改良（育種）が行われるようになりました。異なる性質を持つ品種どうしを交配（交雑）させることで、新しい性質をもつ品種や優れた性質をあわせ持つ品種を作り出すことが行われるようになりました。交配による品種改良は今もさかんに行われています。品種改良は高度な農業技術です。日本の品種改良のレベルは高く、おいしいお米や果物がたくさん開発されています。例えば、りんごの「ふじ」は世界的にもたいへん優れた品種です。

品種改良は生物の性質を決める遺伝子の組み合せを変えることとも言えます。品種改良の可能性を広げるには、多様な遺伝子を使うことが効果的です。メンデルの法則が発見された当時、遺伝子の本体は分かっていませんでしたが、1944年、エイブリーらの実験により遺伝子の本体がDNA（次ページ参照）であることが証明されました。つまり、DNAの多様性が重要であると考えられるようになりました。離れた場所に生えている植物間のDNAの多様性は大きいと考えられるので、DNAに多様性を与えるために自然には交雑しないような遠く離れた場所の植物を交雑させたり、植物に放射線を照射したり、変異剤を与えたとしてDNAに変異を与えることが行われるようになりました。例えば病気に強いなし品種の「ゴールド二十世紀」の育成には放射線照射が利用されました。

#### 緑の革命

1940年から1960年にかけて、収量の多い小麦やイネの品種改良が進みました。新しく開発された品種は、草丈が低いため多くの窒素肥料を与えることなく生育する性質をもつていて、窒素肥料の投入により多収が可能となりました。その結果、20世紀半ば過ぎから、メキシコや東南アジア等の国々で穀物生産が飛躍的に増加し、多くの国が穀物輸入国から輸出国へと転じました。この農業の変革は「緑の革命」と呼ばれ、中心的な役割を果たしたボーローゲは多くの人の命を救ったという理由で、1970年にノーベル平和賞を受賞しました（緑の革命については、従来の農業体系を破壊したといった批判も少なくありません。この議論は、郊外型のショッピングモールによって、昔ながらの商店街がさびれてしまうといった問題と似ているかもしれません）。

#### トマトとイタリア料理

トマトなしのイタリア料理を想像することは難しいかもしれません。しかし、トマトはジャガイモと同様、南米（アンデス）原産で、コロンブスの新大陸発見より前にヨーロッパにトマトはありませんでした。野生のトマトには毒性の強いアルカロイドが多く含まれていて、ヨーロッパでトマトが食べられるようになったのは18世紀以降とされています。少なくともレオナルド・ダ・ビンチやミケランジェロはトマトを食べてないでしょう。日本でもトマト（特にミニトマト）の品種改良はさかんで、次々と新しい品種が店頭に姿を見せています。



## バイオテクノロジー ▶ 21世紀はバイオテクノロジーの時代と言われます

遺伝子組換え植物はバイオテクノロジーの産物です。20世紀後半に発展した2つのバイオテクノロジー、植物組織培養技術と遺伝子工学が遺伝子組換え植物の誕生をもたらしました。

### ■ 植物組織培養と遺伝子工学

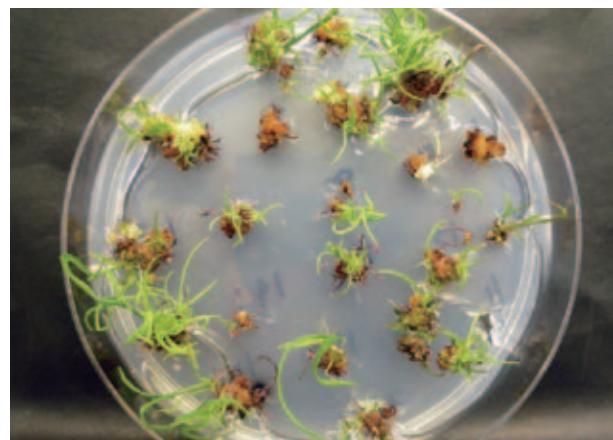
バイオテクノロジーを一口で説明することは簡単ではありません。古くから人間が行ってきた生物を使う技術はすべてバイオテクノロジーだという人もいます。日本でいえば、酒、味噌、しょう油などを作る発酵技術は一種のバイオテクノロジーといえるでしょう。ここでは、遺伝子組換え植物の誕生につながるもう少し新しい2つのバイオテクノロジーについて述べます。

1つ目は植物の組織培養です。1900年代半ばから盛んになったこの技術では、植物の組織の一部を試験管内で培養し、植物生長調節物質（あるいは植物ホルモン）と呼ばれる化学物質を加えることで、小さな苗を大量に作ること（クローニング）が可能になりました。この技術は種子での増殖が難しい植物の増殖やウイルスフリー苗を作るのに用いられ、ランやシクラメン、イチゴなどの苗の生産に今も使われています。2005年に歩道に生えていて「ど根性大根、大ちゃん」と呼ばれた大根のクローニングもこの技術により作されました。動物の場合、ノーベル賞を受賞した山中教授によるiPS細胞の開発で、さまざまな組織への分化が可能となりましたが、植物では1900年代の半ばには試験管内で培養した1つの細胞から個体に再生（再分化）することが可能となりました。もっとも、すべての植物で再分化が簡単にできたわけではなく、イネなどの穀類の再分化は当初、不可能と考えられていました。しかし、1960年代にはイネからの再分化も可能となりました。

遺伝子工学は、植物組織培養と独立して発展しました。1953年のDNAの二重らせん構造の解明をきっかけに、DNAに関する研究が進みました。1970年代には試験管内でDNAをつなぎかえ、DNAの配列を変化させることができました。変化させた遺伝子を増やすのに大腸菌が使われました。こうした技術は、遺伝子操作、組換えDNA技術などともよばれ、生命現象を分子（つまりDNA）のレベルで理解する分子生物学の発展に不可欠な役割を果たしました。1975年には、組換えDNA技術の扱いについて世界中の科学者が議論しました（アシロマ会議；コラム参照）。遺伝子工学（あるいは組換えDNA技術）は、医療分野におけるバイオテクノロジーにも大きく貢献しました。大腸菌などの細菌（バクテリア）でヒトのペプチドやタンパク質を作ることも可能になり、1980年代にはバクテリアで作らせたヒト型インスリンが医薬品として認可されました。その後、さまざまな医薬品が遺伝子組換え技術により生産され、日本でもバイオ医薬品とよばれ数多く使われています。iPS細胞も遺伝子組換え技術により作成されます。

### アシロマ会議

遺伝子組換え技術が誕生した当初、その利用に関する規制はありませんでした。しかし、この技術を無制限に利用することについて科学者が懸念を示し、1975年に危険性（バイオハザード）の可能性や規制（ガイドライン）について世界中から100名を超える科学者（法律家なども含む）が米国カリフォルニア州アシロマに集まり議論を行い、安全性を十分考慮して研究を進めることを確認しました。この時の議論に基づいて、多くの国で遺伝子組換え生物の取り扱いに関する規制が設けられました。日本でも、1979年に組換えDNA実験指針が定められ、科学者はこの指針に基づいて研究をすることが求められました。2004年以降は、生物多様性への影響の防止を目的に制定された法律（通称カルタヘナ法）による規制が行われています。



### 遺伝子の本体DNAとゲノム

遺伝子の本体はDNA（デオキシリボ核酸）と呼ばれる物質です。DNAは通常ATGCで表される4種類の塩基と呼ばれる化合物が長くつながった糸状の構造をしています。ワツンとクリックはDNAが、AとT、GとCがペアをつくる2重らせん構造をとっていることをつきとめ、ノーベル賞を受賞しました。遺伝子はATGCの文字からなる文章に例えることができます。すべてのATGCの並びはゲノムとも呼ばれます。ヒトゲノムは約30億文字、イネゲノムは約4億文字からなり、その並び方がそれぞれ2003年、2004年に決定されました。多くの場合、DNAの設計図をもとに作られるタンパク質が、生物の性質を決めます。タンパク質はアミノ酸が糸状につながってできていますが、ATGCが並んだ文章のうち、3文字で1つのアミノ酸が決まります。DNAからタンパク質ができるルールは、全ての生物で共通しています。ですから、ヒトのDNAの一部をバクテリアに導入すれば、ヒトのタンパク質をバクテリアに生産させることができます。



## 遺伝子組換え植物の誕生 ▶ アグロバクテリウムによる植物への遺伝子導入

自然界に存在する土壌細菌（アグロバクテリウム）は、自分の遺伝子を植物のゲノムに導入します。この細菌が植物の遺伝子組換えに使われます。

### ■ アグロバクテリウムと遺伝子組換え植物

植物の根や茎などが異常な形を示す病気が古くから知られていました。異常な形態は植物の腫瘍、クラウンゴール（根頭がんしゅ）とも呼ばれます。この病気を研究していた科学者は、クラウンゴールはアグロバクテリウムと呼ばれる土壌細菌の感染によって起こることを見つけました。さらに1970年代、アグロバクテリウムが植物の形態を変化させるために植物ホルモンを作る遺伝子と自身の栄養となる物質を作る遺伝子を植物のゲノムに導入することがわかりました。つまり、驚くべきことに、アグロバクテリウムは植物に感染し、生命の設計図であるDNAを宿主植物の遺伝子（ゲノム）に組み込み、植物に寄生します（植物ゲノムにATGCの少し余計な文章が付け加えられます）。1983年には、このアグロバクテリウムの性質を利用して、他の生物のDNAをゲノムに導入した植物（つまり遺伝子組換え植物）が作られました。また、DNAを直接胚に注入した動物（ネズミ）の遺伝子組換えは1982年に報告されました。



植物の遺伝子組換えが可能になったことは画期的でした。微生物や動物細胞を用いた研究でもそうですが、遺伝子の機能を調べるために遺伝子を意図的に変化させることはとても有効です。現在も国内外で非常にたくさんの遺伝子組換え生物が作られていますが、その多くは遺伝子の機能を調べることが目的です。こうした基礎研究においても、科学者はカルタヘナ法に従って、遺伝子組換え生物を扱います。

遺伝子組換え技術は植物の品種改良においても有効だと考えられました。実際、後で述べるように実用化された品種は革新的な効果を農業現場にもたらしました。しかし、交雑育種を行っていた人たちにとって、遺伝子組換え技術は馴染みの薄いものだったので、すぐに利用しようとする人は限られていましたし、今も遺伝子組換えは育種技術の主流とはいえません。組換え技術によって交雑育種が不要になるわけでもありません。遺伝子組換え技術を使うと遺伝子を計画通りに改変できるので、遺伝子の変化を偶然に頼る交雑や放射線照射と比べ、短期間に効率よく目的の品種が育種できると説明されることがあります。しかし、現状では働きの判っている遺伝子が限られていることや、非常に厳しい規制のため、交雑を中心とした従来育種の代替法としては使われません。遺伝子組換え技術を使う大きな利点は、従来の方法では不可能な新しい性質をもった品種を育種できることにあります。今後、さまざまな遺伝子の働きの解明が進み、遺伝子組換え技術を使える植物種が増えれば、新たな利用法の可能性も考えられます。

植物種によっては、遺伝子組換え植物を作るのはとても困難です。また、アグロバクテリウムを用いず、DNAを物理的に直接細胞に導入する方法も使われます。例えば、DNAを付着させた小さな金属粒子を高圧ガスで細胞に打ち込む遺伝子銃（パーティクルガン）を使う方法などがあります。

### 遺伝子組換え植物の作り方

ここではタバコの遺伝子組換え実験を紹介しましょう。タバコは再分化が容易なため、遺伝子組換えのモデル実験によく使われます。

- ① タバコの葉をメスで切って、1cm角程度の葉切片を作ります。
- ② 葉切片をアグロバクテリウムの培養液に浸した後、軽く洗い、寒天培地に置きます。
- ③ その後、抗生素質と植物生長調節物質の入った寒天培地に移植し、アグロバクテリウムを除去するとともに、遺伝子が導入された細胞を選抜します。
- ④ 3週間程で遺伝子組換え植物が再分化してきます。

植物ホルモンを含まない培地に移植するとやがて、根が出て遺伝子組換えタバコが完成します

このモデル実験は大阪府立大学生命環境科学部植物バイオサイエンス学科の学生実験で行っているものです。遺伝子組換え植物であることが判り易いようにアントシアニンという赤い色素を作るのに必要な酵素を働かせる遺伝子を導入しているため、普通は緑色のタバコの葉（左）が赤色（右）になります。学生実験も大学の委員会の承認のもとに行います。



### 遺伝子の水平移動

動物や植物では、遺伝子（DNA）は受精を介してのみ自身以外の細胞に移動すると一般に考えられています。つまり、親から子へ遺伝子（DNA）が伝わることはあっても、他人、ましてや他の生物と遺伝子を交換することは普通はありません。一方、大腸菌などのバクテリアは接合という仕組みやウイルスを介して、しばしばDNAのやりとりをしています。また、最近の研究から、動物や植物でも遠く離れた生物種において同じDNAの配列が見つかることがわかつきました。寄生やウイルスの介在などにより動物や植物でも、種を超えて遺伝子が移動することがあるのです。こうした生物種を超えた遺伝子の水平移動は、進化の過程で生物の多様性を生み出した原因の1つとも考えられます。

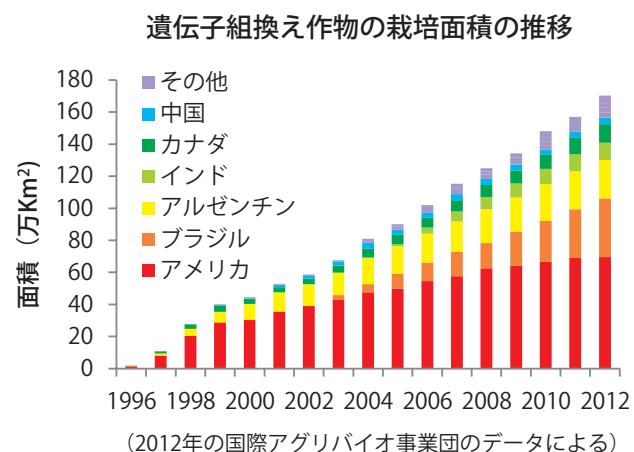
## 遺伝子組換え植物の実用化 ▶ 本格的な商業栽培は米国で1996年に始まりました

2014年の世界における遺伝子組換え農作物の栽培面積は、1996年の100倍以上に増加し、世界の耕地面積の10%以上までに広がっています。

### ■ 世界に広がる遺伝子組換え農作物

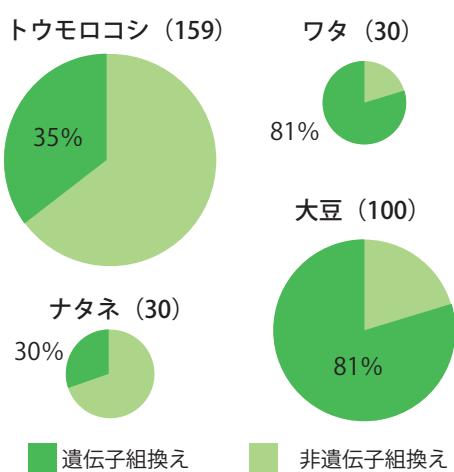
遺伝子組換え技術を使って品種改良された農作物の本格的な商業栽培は1996年に米国で始まりました。続いて、カナダやアルゼンチンそしてブラジルなどの主として南北アメリカ諸国を中心広がり、2014年には世界約30ヶ国、約180万Km<sup>2</sup>の耕地面積で栽培されました。この栽培面積は、日本の国土面積のおよそ5倍、世界の耕地面積の約13%に相当します。今のところ、広範囲に栽培されている植物は大豆、トウモロコシ、ナタネ、ワタの4種類に限られています。これら4種類の植物では、組換え技術を使った品種の割合が高く、大豆とワタは80%以上、トウモロコシやナタネも30%以上が遺伝子組換え品種となっています。大豆とナタネは主に植物油へ加工され、トウモロコシの多くは、家畜飼料をはじめ、デンプンその他の食品原料や最近では燃料としてのバイオエタノール生産の原料にも使われます。ワタは主に繊維を取るために栽培されますが、綿の実から作る綿実油は食品としても利用されます。これらの植物のほとんどが除草剤耐性、害虫抵抗性あるいはその両方の性質を持った品種です。

このように遺伝子組換え植物は世界中で広く栽培されていますが、そのまま口に入れて食べる植物は多くありません。ただし、ハワイでは1998年からウイルス抵抗性の遺伝子組換えパパイヤの商業栽培が始まり、2014年には80%程度が遺伝子組換え品種となっています。南北アメリカに限らず中国やインドでも遺伝子組換えワタは広範囲に栽培されていますが、食用目的の植物の栽培には慎重になっているようです。ヨーロッパやアフリカでは国によって違いますが、スペインや南アフリカでは、組換えトウモロコシの栽培を行っています。



### 代表的な作物が遺伝子組換えである割合

( ) 内は世界の総栽培面積 (万Km<sup>2</sup>)



### トウモロコシについて

トウモロコシは世界で年間7億トン程度生産され、その4割程度を米国が生産しています。多くの日本人はトウモロコシと言うと、そのまま食べるスイートコーン（スイート種）を思い浮かべるかもしれません。しかし、世界で栽培されている多くのトウモロコシは粒の固いデント種で、スイートコーンのようにそのまま食べるのには向きません（世界のスイートコーンの生産は1千万トンに届きません）。デント種は家畜飼料に多く使われますが、デンプン（コーンスター）、アルコール、甘味料（コンシロップ、異性化糖）、スナック菓子など様々な食品用途にも加工されます。

売られているトウモロコシの種子の多くはF1雑種（ハイブリッド）です。F1雑種は両親のどちらよりも優れた性質（雑種強勢）を示し、収量も増加します。しかし、次の世代は性質がばらばらになり優れた性質は失われる所以、生産者は多くの場合、毎年種子会社から種子を買います。



### フレーバー・セーバー（最初に商業化された遺伝子組換え植物）

1994年、米国カリフォルニア州にあったカルジーンというベンチャー企業が開発したフレーバー・セーバー(FLAVR SAVR)と名付けられたトマトが、世界で最初の遺伝子組換え農作物として店頭に並びました。トマトは熟すると果皮が柔らかくなり、傷みやすくなります。このトマトは果皮のペクチン成分を分解する酵素タンパク質の遺伝子の働きを抑えることで、軟化を防ぎ、日持ちを良くすることをねらって作られました。しかし、カルジーン社のトマトの生産や流通に関するノウハウが乏しかったことなどからビジネスとしては成功せず、生産されなくなりました。

## 農業は雑草との戦い？ ▶除草剤耐性作物は生産者に広く受け入れられました

世界で最も広く栽培されている遺伝子組換え作物は除草剤抵抗性を備えたものです。コストや労力の削減、環境負荷の軽減といった利点があるため使用が拡大しました。一方で、除草剤耐性雑草の出現などの問題も指摘されます。

### ■ 雜草と除草剤

小さな庭や畠でも雑草取り（除草）は大変な作業ですが、雑草を放置しておくと、大切な作物は十分に育ちません。そこで除草剤が広く使われるようになりました。日本の水田でも除草剤の使用は一般的です（使わない生産者もあります）。作物を枯らさず、雑草だけを枯らすように選択性（植物の種類によって除草剤の効果が異なること）を利用して除草剤を使用する必要がありますが、水田のイネ科雑草のように作物と雑草の性質が似ている場合、選択性を利用した除草剤による雑草の駆除は容易ではありません。一方、道路や運動場などの雑草（植物）を全て枯らしてしまう非選択性の除草剤もあります。非選択性の除草剤は、収穫が終わった後に、植物のいらない部分を枯らすのに使われることもあります。この種の除草剤は、次に作付けする作物に影響が出ないように、素早く分解される必要があります。その1つにグリホサートという化合物を主成分とするものがあります（商品名：ラウンドアップ）。

### ■ 除草剤耐性大豆

世界で最初に本格的に商業栽培された遺伝子組換え植物は、グリホサート（ラウンドアップ）耐性の大豆です。グリホサートは、植物が必要とするアミノ酸を作る酵素の働きを邪魔するので、植物は枯れてしまいます。しかし、グリホサートによって働きが邪魔をされない酵素が見つかり、その遺伝子を導入した大豆はラウンドアップ耐性になりました。つまり、ラウンドアップを散布すると雑草は枯れます（遺伝子組換え大豆は枯れません）。従来は、複数の除草剤を組み合わせて使わなければならなかったのが、多くの場合、ラウンドアップを1度散布することで、雑草を抑えることが可能となりました。ラウンドアップ耐性大豆の種子は割高でしたが、除草にかかる手間やコストの削減につながったため、多くの生産者に好まれ、その栽培は急速に広がりました。除草剤耐性の遺伝子はナタネにも導入され同様の効果を示しました。他にも、除草剤耐性のトウモロコシ、テンサイ、アルファルファ（牧草の一種）なども実用化されました。また、グリホサート以外の除草剤に耐性を持った遺伝子組換え植物も実用化されています。



グリホサート耐性の遺伝子組換え作物の登場により、グリホサートの使用も急速に増加しましたが、それまでに使われていた選択性除草剤の使用は減りました。グリホサートは動物へは毒性がほとんど無く、分解性が高いのでトータルで考えると除草剤による環境負荷が軽減したという調査結果があります。しかし、一部の地域では特定の除草剤を使い続けることにより、除草剤に抵抗性を持った雑草が広がり、除草剤がきかなくなるという問題も起こっています。抵抗性遺伝子が雑草に移動したためではなく、除草剤により抵抗性を持たない雑草が枯れるため、もともと特定の除草剤に抵抗性を持っていた雑草が広がったと考えられます。こうした抵抗性雑草が出現すると、異なる除草剤に耐性をもった品種を使うことになります（抵抗性雑草の出現は、抗生物質を多く使った結果起こったヒトに対する抗生物質耐性病原菌の出現と似ているかもしれません）。除草剤抵抗雑草の出現は、日本の水田でも問題となっており、遺伝子組換え作物に限って起こる現象ではありません。

### 不耕起栽培と除草剤耐性作物

畑は耕した方がよいと思う人が多いかもしれません。しかし、耕起（耕すこと）により、土壤成分が風や水によって流される土壤流出が米国では深刻な問題となっていました。肥沃な土壤が年々流出していき、農業生産が出来なくなるのではないかと心配されていました。そこで、1980年代から、トウモロコシの不耕起栽培が行われるようになってきました。不耕起栽培の導入により、土壤の流出を食い止めることができるようになりました。不耕起により、トラクター等の使用が減るため、化石燃料の使用も減りました。不耕起栽培の欠点に雑草の管理が難しいことが挙げられます。除草剤耐性作物はこの問題の解決にも役立ちました。除草剤耐性作物が飛躍的に普及した理由として、不耕起栽培との組合せがよかつたことも挙げられるでしょう。



## BTトキシンと害虫抵抗性作物 ▶害虫はBTトキシンを生産する植物を食べると死んでしまいます

農作物は放っておくと、鳥や動物あるいは昆虫などに食べられてしまいます。昆虫は小さくネットなどで物理的に防ぐことは現実的ではありません。そこで殺虫剤が多くの場合使われます。殺虫剤の多くは、農作物に被害をもたらす昆虫だけを殺すように工夫されていますが、人間を含め害虫以外の生物に影響をおよぼさないためには、注意深く使用する必要があります。

### ■ BTトキシン

BTトキシンとはバチルス・チューリンジエンシス (*Bacillus thuringiensis* : 以下 BT 菌) というバクテリアが生産するタンパク質です。BT 菌は、日本国内のさまざまな場所で（時には家の中でも）見つかるごくありふれたバクテリアで、ヒトや動物には感染しません。なぜ BT 菌が BT トキシンを作るのかよくわかっていますが、BT トキシンは鱗翅目（蝶や蛾の仲間）の昆虫に強い毒性をもっています。BT トキシンの研究の歴史は古く、日本でも BT 菌が付着したクワの葉を食べたカイコが死んでしまったこと（カイコの卒倒病）を発端に詳しい研究がなされました。BT トキシンが昆虫に毒性を示す理由はよくわかっています。昆虫が BT トキシンを食べると、昆虫の消化液がアルカリ性なため、BT トキシンは構造が変化します。構造が変化した BT トキシンは昆虫の消化管にあるタンパク質に結合して、昆虫の消化管に穴が開きます。そのため、昆虫は BT トキシンを食べると死んでしまいます。しかし、ヒトを含む動物や種類の異なる昆虫の消化管には BT トキシンが作用するタンパク質はないので、BT トキシンは他のタンパク質と同じように消化され、分解されるので毒性を示しません。BT トキシンは非常に高い選択性（コラム参照）を持っているため、人畜無害な生物農薬（BT 製剤）として、数十年前から利用されています。日本でも BT 製剤は園芸店などでも販売されています。BT 製剤は化学物質ではなく、生物由来という理由から有機農業への利用が許されていますが、BT 製剤は BT 菌を培養して作るため高価です。



### ■ BTトウモロコシとアワノメイガ

アワノメイガはトウモロコシの害虫です。卵から孵化した幼虫は、トウモロコシの葉の付け根から茎の中へ入り込み、茎の内部を食い荒らします。茎の中に入ってしまうと、殺虫剤を散布しても効果的で無く、アワノメイガの駆除は容易ではありません。BT 菌の持つ BT トキシン（タンパク質）の遺伝子を導入したトウモロコシは BT トキシンを作ります。つまり、自分自身で生物農薬の成分を生産するのです。こうした BT トウモロコシは、アワノメイガの幼虫に少しかじられることはありますが、トウモロコシをかじった幼虫は死んでしまうので、食い荒らされることはありません。BT トウモロコシの効果は絶大でした。生産者は、農薬散布をしなくてもトウモロコシをアワノメイガの被害から守ることができます（BT トキシンは選択性が高いため、BT トウモロコシは他の昆虫の被害を受けることがあります）。

### ■ さまざまなBT作物

現在商業栽培されている害虫抵抗性の遺伝子組換え植物はすべて BT トキシンの遺伝子を導入したものですが、異なる種類の昆虫に毒性を示す複数の BT トキシンがあります。例えば、トウモロコシの根をかじるネキリムシに対して有効な BT トキシンの遺伝子を導入した BT トウモロコシの品種もあります。世界各地で急速に広がりを見せている遺伝子組換えワタは、オオタバコガというワタの実を食い荒らす害虫に対して抵抗性を持った品種です。BT イネはイランで商業栽培されたという報告がありますし、中国でも栽培が承認されていますが、本格的な栽培には至っていません。インドで開発された BT ナスはインドでは栽培されていませんが、2014 年からお隣のバングラディッシュで試験的に栽培されています。



### 選択性

医薬品などに使われる抗生物質は細菌に毒性を示しますが、ヒトを含む動物には多くの場合、毒性を示しません（腸内細菌を殺すので、必要以上に服用することはよくありません）。また、蚊取り線香の有効成分ピレスロイドは、蚊などの昆虫に高い効果を示しますが、通常の使用ではヒトへの毒性は問題にはなりません。このように、抗生物質や農薬などの化合物の限られた生物種に対する毒性を選択性といいます。私たちが普通に食べているタマネギを猫が食べると中毒を起こします。



## 規制について ▶ 法律で認められた遺伝子組換え植物だけが利用されています

遺伝子組換え植物を栽培したり、輸入して食品として利用するには認可が必要です。規制の仕組みは国によって違っています。ここでは複雑な日本の規制のしくみについて、簡単に紹介しましょう。

### 規制の概要

大学や研究所の実験室で遺伝子組換え植物を作ったり、栽培したりする際も法律（通称カルタヘナ法）に従って、行う必要があります。遺伝子組換え微生物や動物についても同様です。実験室や閉鎖型の温室内で植物を栽培する場合には、大学や研究所が認可できますが、商業化を目的に屋外で栽培する際には環境大臣と農林水産大臣の認可が必要です。専門家の意見をきいて遺伝子組換え植物が環境によくない影響を与えないかどうかが判断されます。例えば、バラやカーネーションのように食品として利用しない場合には、環境への影響についての規制（つまりカルタヘナ法による規制）のみを受けます。

遺伝子組換え植物を食品として利用するには、食品衛生法に基づいた厚生労働大臣の認可が必要です。食品として利用した場合、健康によくない影響を与えないかどうかが国際基準に基づいて判断されます。例えば、遺伝子組換え大豆そのものの安全性を考えると大豆アレルギーを考慮しないといけませんが、これは遺伝子組換えとは無関係です。したがって、遺伝子組換え大豆であれば、遺伝子組換えでない大豆と比べて安全性に問題が無いかどうかが判断されます。こうした判断は、食品としての利用を求める団体（通常は遺伝子組換え植物を開発した企業等）が提出したデータに基づいて、内閣府の食品安全委員会が行います。

つまり、遺伝子組換え植物を日本国内で栽培し、食品として利用するためには、異なる法律に基づいて異なる省庁の規制を受けます。現在のところ、日本が輸入している遺伝子組換え植物は日本の農地で商業栽培することは想定されていません。しかし、運搬中に種子がこぼれて遺伝子組換え植物が自生したことなども考えて、多くの植物が国内で栽培した場合に環境へ影響を与えないことがカルタヘナ法の下で確認されています。

### 日本で使用が認められている遺伝子組換え植物（2015年3月現在）

#### 一般栽培（隔離しない屋外での栽培）が認められている植物

大豆、トウモロコシ、ナタネ、パパイヤ、アルファルファ、テンサイ、カーネーション、バラ

#### 食品としての利用が認められている植物

大豆、トウモロコシ、ナタネ、ワタ、パパイヤ、アルファルファ、ジャガイモ、テンサイ

### 規制のあり方

遺伝子組換え植物が、それ以外の方法で品種改良された植物と比べて安全でないという科学的根拠はありません。しかし、アシロマ会議での議論をきっかけに、多くの国で遺伝子組換え生物は規制されてきました。規制は社会に根付いて、多くの人が規制を必要と考えています。一方で、規制されているという理由で、遺伝子組換え植物が安全でないと感じる人もいるようです。

規制が非常に厳しいので（つまり、膨大なデータの提出を求められるため）、認可を受けるには莫大な費用がかかります。結果的に、資金力の豊かな企業や研究所でなければ遺伝子組換え植物の実用化ができないという問題点も指摘されています。厳しい規制を求める声は少なくありませんが、規制にかかるコストは最終的には消費者が負担することになります。

食品の安全性評価では、成分に変化が無いことが当初は求められましたが、栄養価を変化させることを目的とした遺伝子組換え植物が登場し、新しい評価方法が求められるようになりました。最近では、遺伝子組換え技術を使ったことがわからない（痕跡が残らない）技術も開発されています。技術の進歩や新しい知見に応じて、規制のあり方も考えていく必要があります。



### 青い花

遺伝子組換えにより作られた青いカーネーションは1997年から、青いバラは2009年から、日本国内で販売されています。従来の交雑による品種改良で作られたカーネーションやバラはデルフィニジンと呼ばれる青い色素を作りませんが、ペチュニアやパンジーの遺伝子を導入した遺伝子組換えのカーネーションやバラは青い色素を作ります。青いキク、青いコチョウラン、青いダリアなども作られていますが、商業栽培されるかどうかはわかりません。

## 国内消費の現状 ▶日本はたくさんの遺伝子組換え植物を輸入し、消費しています

日本は遺伝子組換え植物の世界最大の輸入国とも言われます。輸入している主要農作物の半分程度が遺伝子組換え品種です。多くの人が気づいていないかもしれません、日本の食は遺伝子組換え植物抜きには成り立たません。

### ■ 食料自給率と農作物の輸入

日本の食料自給率はカロリーベースで40%前後と言われます。つまり、60%を輸入に頼っています。年により異なりますが、ここ数年、日本はカロリー源になりやすい穀類（トウモロコシ、小麦、コメ）、豆類（主として大豆）、ナタネなどの農作物を合わせて3200万トン程度海外から輸入しています。このうち、世界的に遺伝子組換えが進んでいるトウモロコシ、大豆、ナタネについて輸入の現状とその使用について見てみましょう（データは2010年のものです）。

トウモロコシ（主としてデントコーン）は年間約1600万トンのほぼ全量を輸入し、約1200万トンが家畜の飼料、残りがスタークなどの食品や工業用に使われます。9割以上を米国から輸入していますが、米国での遺伝子組換えトウモロコシの作付け割合が90%近いことから単純に計算すると日本が輸入しているトウモロコシは少なめに見積もって1200万トン程度が遺伝子組換え品種と推定されます。大豆は350万トン程度を輸入し、国産は22万トンです。250万トンが搾油（植物油への加工）に使用され、残りが豆腐、味噌、納豆などの主に表示義務のある食品へ利用されます。米国、ブラジル、カナダの3カ国にほぼ輸入を依存しています。これらの国での遺伝子組換えの割合は90%前後です。組換え大豆は、ほぼ搾油用に限って輸入しているとすると、約220万トンが遺伝子組換え品種と計算されます。ナタネは230万トンほど全量を輸入し、そのほとんどが搾油に使われます。90%以上をカナダに依存し、カナダでのナタネの90%は遺伝子組換え品種であることから、190万トン程度が遺伝子組換えということになります。したがって、日本は、トウモロコシ、大豆、ナタネを合わせると年間約1600万トンの遺伝子組換え植物を輸入していることになり、日本が輸入している農作物の約半分を占めるという計算になります（内訳は異なりますが2012年も約1600万トンという試算があります）。カロリーベースでは約25%が遺伝子組換え植物という試算もありますが、米国産の牛肉の多くも遺伝子組換えトウモロコシによって育てられていることを考えれば、実際の数値はもっと大きくなるでしょう。

このように、日本の食は遺伝子組換え植物抜きには成り立たないのが実情ですが、多くは飼料に使われたり（家畜飼料の非常に多くが組換え植物と考えられます）、加工されて消費されるので、消費者には実感がないようです。それでは、どのような食品に加工されるのでしょうか？最も多いのは植物油でしょう。ナタネ油と大豆油を合わせると日本で消費される植物油の60%程度になります。それぞれの原料が遺伝子組換え品種である率は90%程度に達すると考えられるので、日本で消費される植物油の半分以上が遺伝子組換え植物に由来すると推定できます。植物油はてんぷらなどの揚げ物に使われるだけでなく、マヨネーズ、マーガリンを始めとするさまざまな食品原料に使われます。したがって、遺伝子組換え食品（遺伝子組換え植物を原料とした食品）を消費していない日本人はまずいないと考えられます。しかし、次に述べるように植物油には表示義務がないので多くの消費者はそのことに気づきません。



### 異性化糖（コーンシロップ）

清涼飲料水の原材料に、異性化糖あるいは果糖ブドウ糖液糖といった表示が見られます。これらの糖類は、砂糖とは異なり多くの場合、デンプンを原料に作ります。砂糖のように固体での保存が難しいこともあります。異性化糖そのものを店頭で見かけることはありませんが、砂糖より価格が安いこともあります。飲料などには良く利用されます。トウモロコシのデンプン（コーンスターク）は、異性化糖にも加工され、私たちは日常的に消費しています。



## 表示について ▶ 「遺伝子組換えでない」という表示を良く見かけますが、表示の実情は？

日本の遺伝子組換え食品の表示法は非常に複雑です。遺伝子組換え植物を原料に使っていても、表示しなくてよい食品がたくさんあります。「不使用」の表示はしなくとも良いのですが、多くの食品に表示されています。

### ■ 表示の仕組み

日本では、遺伝子組換え植物そのものあるいはそれを原料とした食品には、そのことを示す表示が法律で義務付けられています。1990年代に遺伝子組換え植物の輸入が始まった当初は、表示の義務はありませんでしたが、1990年代後半から表示を求める声が高まり、表示が法律で定められました。表示は2001年から始まり、現在では、2009年に発足した消費者庁が管轄しています。アレルギー表示は、例えば卵アレルギーの人が卵の入った食品を口にすると健康被害が出る恐れがあるのでその防止が目的ですが、遺伝子組換え食品の場合、安全性が確認されたものだけが輸入、流通を認められているので、健康被害の防止が目的ではありません。消費者の選ぶ権利の担保が目的とされていますが、表示をしなければならない品目は限られています。例えば、植物油や異性化糖などは表示の対象ではありません。加工段階でDNAやタンパク質が除去されるので、遺伝子組換え原料を使っているかどうかが判別できないという理由で、表示の対象となりませんでした。また、主原料の（重量比で）上位3品目に入っているければ表示する必要はありませんし、大豆、トウモロコシは5%未満混入していても、意図的でなければ「使用していない」と書いても法律上は問題となりません。

### ■ 表示の実際

私たちの身近な食品で表示義務のあるものとして、大豆を原料とするものには、豆腐、油揚げ、納豆、味噌などが挙げられます。しかし、これらの製品には「遺伝子組換えでない」という表示はあっても、「遺伝子組換えである」という表示は見られません。消費者が好まないとという理由で、遺伝子組換えでない（非組換え）大豆が原料に使われるからです。「遺伝子組換えでない」という表示は義務ではありませんが、ほとんどの商品にはこの表示があります。法律上は、表示の無い豆腐は、遺伝子組換え大豆を使ってないはず（使っていれば表示しなければなりません）ですが、表示しないと組換え大豆を使っていると誤解されることを恐れて、「遺伝子組換えでない」と表示されるようです。豆腐を植物油で揚げた油揚げは、遺伝子組換えナタネ由来の油を使っていても、豆腐原料に遺伝子組換え大豆を使っていないければ「遺伝子組換えでない」と表示することができます。

結局、日本は大量の遺伝子組換え植物を輸入、消費していますが、表示対象となる食品が限られているので、多くの消費者はそのことに気づきません。店頭での「遺伝子組換え原料は使っていません」という表示により、多くの人が遺伝子組換え食品に悪い印象をもつという調査結果もあります。小学生も「遺伝子組換えでない」という表示から、遺伝子組換えに悪いイメージをもつと言います。

### ハワイのウイルス抵抗性パパイヤ

ハワイのパパイヤはパイナップルに次ぐ重要な農産物です。ハワイでは、遺伝子組換え技術を使って開発されたウイルス抵抗性パパイヤが実用化されたことで、ウイルスによる壊滅的な被害を免れることができました。1998年からハワイで商業栽培されてきた遺伝子組換えパパイヤ（品種：レンボー）の日本での流通、消費が2011年12月より認められました。日本では、このパパイヤに「遺伝子組換え」というシールを1つ1つ貼ることが求められます。



### 不使用表示と分別生産流通管理

日本の遺伝子組換え食品の表示には、「使用」、「不使用」、「不分別」の3種類があります。米国などの生産国でも遺伝子組換え植物は規制を受けますが、一旦使用が認められると、多くの場合、遺伝子組換え品種とそうでない品種は区別されません。そこで、日本では、このような組換えと非組換えが混ざった原料は、不分別と表示することになっています。不分別の場合、組換え品種が入っている可能性が高いため、使用している場合と同様に表示義務があります。不使用（あるいは使用）の表示をするためには、農作物の生産現場（農場）から食品加工の現場（加工工場）まで、組換え作物あるいは非組換え作物を、それぞれが混ざらないように分けて管理することが求められます。この管理方法は、分別生産流通管理あるいはIPハンドリングと呼ばれます。非組換えの原料にはIPハンドリングのコストも上乗せされます。植物油やマーガリンに表示義務はありませんが、一部の生協などではあって、不分別、不使用の表示をしています。値段が安い不分別の植物油は不使用的ものよりも、よく売れるそうです。

## 栽培上の問題点 ▶日本では遺伝子組換え植物は大量に消費されますが、栽培はされません

日本国内で食用目的の遺伝子組換え植物の商業栽培は行われていません。消費者の懸念が理由に挙げられることが多いようですが、さまざまな要因があります。

### ■ 日本国内での栽培

日本で食品として流通している遺伝子組換え植物の多くは、国内での商業栽培も法律で認められています。しかし、2013年3月現在、日本で商業栽培されている遺伝子組換え植物は青いバラだけです。商業栽培されない大きな理由として、栽培が許可されている多くの品種が日本での栽培に適していないことが挙げられます。

除草剤グリホサート耐性を持つ大豆の品種は1種類ではありません。グリホサート耐性を持つ大豆はカーナビ（カーナビゲーション）を装着した自動車に例えることができるかもしれません。カーナビ付きの自動車と一口に言っても、たくさんの車種があるようにグリホサート耐性を持つ大豆品種は世界では数百種以上にのぼります（こうした品種の育成は交配により行われます）。しかし、それらは生産国である米国やアルゼンチンでの栽培を念頭においていたり、日本での栽培や豆腐、納豆作りには適しません。

もし、日本での栽培や豆腐作りに適した除草剤耐性の品種があればどうでしょう？高齢化が進んだ日本の農家にとって除草剤耐性大豆は農作業の軽減につながるので、歓迎されるかもしれません。日本の50%以上の農家が消費者が受け入れるなら遺伝子組換え農作物の栽培に関心があるという調査結果もあります。しかし、現状では消費者に受け入れられないだろうという理由で、日本での栽培に適した品種はできていません。それ以外にもいくつかのハードルがあります。例えば、現在、グリホサートを大豆の国内商業栽培へ利用することは法律で認められていないので、除草剤耐性のメリットを生かした栽培はできません。適した品種がないので、除草剤耐性大豆を用いた栽培体系も確立されていません。国内で商業栽培が行われれば「遺伝子組換えでない」大豆を確保するために分別生産流通管理が必要となり、そのシステムを構築するには膨大なコストがかかるでしょう。もっとも、多くの消費者が遺伝子組換えであることを気にしなければ、そのようなシステムは必要ではありません。

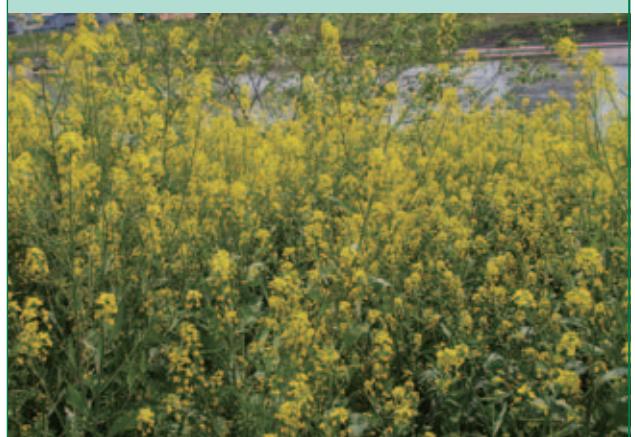
現実には複数の自治体で消費者の懸念等を理由に、遺伝子組換え植物の栽培に関して規制が設けられています。2003年に日本国内の3ヵ所の農地で、生産者団体による除草剤耐性大豆の試験栽培が行われました。除草剤耐性大豆の有効性を生産者自身の目で確認することが目的で、栽培が認可された品種が使われ、法的には問題ありませんでした。しかし、一部の遺伝子組換え植物に反対する人たちによって農地が破壊されました。その地域の農産物を購入しないと意見表明をする消費者団体もあり、風評被害を懸念した自治体による試験栽培の自粛要請が行われました。こうした経緯もあって、10年ほど前に、複数の自治体が栽培に関する独自の規制を設けました。このように日本では、大量の遺伝子組換え農作物が輸入、消費されていますが、商業栽培は行われていません（一部の企業や研究機関で除草剤耐性大豆や害虫抵抗性トウモロコシの展示栽培が行われています）。

### ■ 有機農法との共存

有機農法は、本来、環境負荷への軽減を目指した農法で、化学肥料や化学農薬の使用は認められません（BT製剤の使用は認められます）。有機農法だけに頼って現在の食料生産を維持することは現実的ではありませんが、持続的な農業生産のために環境負荷の少ない有機農法に取り組む人たちがいます。また、国内外で有機農産物を好む人も少なくありません。持続的な農業生産という観点では、有機農法と遺伝子組換え植物は、相容れない存在ではないはずです。しかし、国内外で両者はしばしば対立します。遺伝子組換え植物の利用が有機農法には認められていないことも原因の一つです。遺伝子組換え植物が混入すると、有機農産物として認められなくなるので、有機農家は遺伝子組換え植物の栽培を懸念します。遺伝子組換え植物と有機農作物が共存できている国も少なくありませんが、共存のルール作りに苦労している国もあります。

### 遺伝子組換え植物の自生

日本で遺伝子組換えナタネ（セイヨウナタネ）が自生していることが市民団体や国の研究機関の調査で明らかになっています。これらナタネの一般栽培はカルタヘナ法で認可されています。年間200万トン前後のナタネが種子として輸入されているので、搾油のために工場に運ばれる途中でそのごく一部がこぼれて発芽し、自生することは不思議ではありません。春になると河川敷などで見られる菜の花の群生はセイヨウナタネやカラシナが野生化したものと考えられています。野生化した（遺伝子組換えでない）菜の花（つまり外来種）が日本の野生生物や栽培種に与える影響については分かっていないこともありますが、遺伝子組換えナタネに限って自生が問題視されることがあります。



## どうして不安を感じるのでしょう？

多くの人が遺伝子組換え植物に不安を感じていますが、多くの場合、その理由は漠然としています。

### リスクを高く感じる要因

タバコに発がん性があることは良く知られていますし、アルコールの発がん性も認められています。遺伝子組換えにより食品の発がん性が高まるわけではありませんが、タバコやアルコールよりもリスクを感じる人が少なぬようです。一般的に「自分で選んだのでなく押し付けられた」、「馴染みがない」、「自然ではなく人為的」、「子孫への影響がある」などの要因があるとリスクを高く感じると言われています。交雑や放射線照射による品種改良が自然で、遺伝子組換えによる品種改良が人為的だとみなすことは余り論理的ではありませんが、組換え技術を人為的ととらえ、不安を感じる人も多いようです。



### 子孫への影響と誤った報道

子孫へ影響があると言われると多くの人が不安を抱きます。例えば、水俣病での有機水銀のように、重金属は体内に蓄積するので、長期毒性や次世代への影響が考慮されます。しかし、認可されている遺伝子組換え食品の場合、長期毒性を引き起こす原因物質は想定できません。これまで17年にわたり人間や家畜が大量の遺伝子組換え植物を食べてきましたが、健康被害や子孫への影響の報告例はありませんし、東京都によるネズミを使った実験でも問題ないことが確認されています。それでも、ネズミを使った実験によって、健康被害が見られたという発表が今もなされることがあります。例えば、2012年にフランスの大学の研究者が除草剤耐性トウモロコシを食べさせたネズミはガンの発症率が高いという論文を発表し、海外ではニュースとなりました。この研究者は、遺伝子組換え食品に反対する団体の代表です。2005年にはロシアの研究者が除草剤耐性大豆を食べさせたネズミの子供の死亡率が高く、成長も悪いという結果を発表し、日本でも複数のメディアが報じました。この実験で使われた遺伝子組換え大豆は日本を含む世界中で大量に消費されていましたが、健康被害は報告されていません。

こうした研究結果は公的機関により否定されていますし、このような結果を信じている科学者はほとんどいませんが、報道されると多くの人が不安を抱くようになります。

### 反対する理由

遺伝子組換え植物が世の中に登場した際、必ずしも否定的にとらえられませんでした。むしろ他の新しい技術と同様に、私たちの生活が豊かになるという期待を持って迎えられました。しかし、英國で発生したBSE（狂牛病）に対する政府の対応（食品行政）への不信感が引き金になったという人もいますが、1990年代にヨーロッパで遺伝子組換え植物に対する反対運動が始まりました。科学技術のスピードが速すぎることに警鐘を鳴らしたいという気持ちをもった人たちもいたでしょう。遺伝子組換え植物は反対運動のテーマとして格好の要素をもっていました。リスクを感じやすい要因を複数もっていましたし、遺伝子組換え植物の実用化のほとんどが多国籍企業によるものなので反グローバル化の象徴とするにも好都合でした。食料の独占が起る、生産者（農家）が搾取される、と言った批判がまことしやかに行われました。このような批判は遺伝子組換え植物の安全性とは無関係ですが、人々の不安を高めるのには効果的でした。結局、EUは1999年から5年間、遺伝子組換え植物の新たな承認を凍結しました。その後も、ヨーロッパでは遺伝子組換え植物はしばしば政治的、社会的問題の種になっています。反対運動を行っている人たちの一部は環境活動家、場合によってはエコテロリストと呼ばれこともあります。こうした人たちの中には、遺伝子組換え植物の試験栽培を行っている農場を破壊したりする人もいますが、その活動を支持する人も少なくありません。

このような反対運動の論理は日本にも持ち込まれ、遺伝子組換え植物や遺伝子組換え食品の危険性を論じる書籍も多く出版されました。食品の安全性を取りあげた書籍が、根拠を述べずに遺伝子組換え食品を避けるようにすすめていることも少なくありません。今でもインターネットで検索すれば不安を感じる情報はたくさん見つかります。中学校や高校の教員の多くも不安をもっていて、遺伝子組換え食品に否定的な教育を行うという調査結果もあります。不安に答えるための国や科学者からの情報発信が十分でないという意見もあります。

反対運動は日本だけでなく、世界中に広がりました。遺伝子組換え農作物だという理由で食糧支援を拒んだ国もあります。自国の農産物生産や輸出において混乱を招くことを恐れ、遺伝子組換え農作物の導入に慎重な国も少なくありません。

### 反対運動を謝罪した環境活動家

マーク・ライナス氏は、地球温暖化などの環境問題に詳しい著名な著作家です。環境活動家でもあるライナス氏は、2013年1月に英國オックスフォードで行われた農業に関する会合で講演し、遺伝子組換えに反対してきたことは間違っていたと謝罪し、遺伝子組換えが環境問題の解決に役立つ重要な技術であると述べました。講演の中で、遺伝子組換え植物に対する反対運動は非常に上手くいったと述べるとともに、そうした活動に関与したこと後悔していると話しました。また、フランケンシュタインは、遺伝子組換え技術ではなく、自分たちがおこなった反対活動だったとも述べました（反対する人たちは遺伝子組換え食品をフランケンシュタイン食品と呼ぶことがあります）。彼は、冷静に、科学的に考える遺伝子組換え植物をめぐるさまざまな批判は都市伝説に過ぎないことに気付いたとも述べました。

## 遺伝子組換え植物の今後

遺伝子組換え植物が食料問題や環境問題を直ちに解決できるわけではありません。緑の革命が多くの国の農業生産の増加に貢献する一方で従来の農業体系の破壊をもたらしたと批判されるように、遺伝子組換え植物の実用化がすべての人に恩恵を与える訳ではありません。新しい技術は、常に古い技術を駆逐する可能性をはらんでいます。CDが普及したこと、レコードは衰退しました。電子書籍が増えると、印刷業界は仕事が減ります。除草剤耐性雑草の出現のように、遺伝子組換え植物には問題点もあります。インターネットの普及により個人情報が簡単に流出するなど、新しい技術はしばしば新たな問題を引き起します。それでも、これらの技術は多くの人が便利だと思うので普及しました。

日本にいると遺伝子組換え植物の利便性を感じる人は少ないかもしれません、世界の多くの国の農業現場に遺伝子組換え植物は導入され、生産者の支持を得ています。現状では、除草剤耐性、害虫抵抗性の複数の遺伝子を持つ品種（スタック品種）が主流ですが、耐乾燥性品種などの商業栽培も始まります。栄養価を高めた遺伝子組換え植物も開発されていて、ビタミンA欠乏症の改善を目的としたゴールデンライス（コラム参照）の商業栽培も近いとされています。日本でも遺伝子組換え植物の可能性に関心を示す生産者（農家）はいますが、現状では栽培は困難です。日本のように、輸入や消費はしていても栽培に慎重な国は少なくありません。多くの場合、政治的、社会的混乱に対する懸念が理由です。EUは米国等の農作物を排除するために政治問題化しているという指摘もあります。日本では特に食品目的の遺伝子組換え植物のイメージが悪いので、国産農作物は（遺伝子組換えでないから）安心だというアピールにつながると考えている人も少なくないでしょうし、現時点ではそうかもしれません。

今では常識と思われていても過去には大きな論争があった発見や技術は、人類の歴史を見れば少なくありません。当初、地動説を信じる人はほとんどいなかったでしょうし、ワクチン接種も最初は受け入れられませんでした。「嫌なものは、嫌」と感じることを否定することはできませんし、今の社会で暮らしていれば自然にいだく感情かもしれません。遺伝子組換え植物をめぐる論争がどのような結末を迎えるかはわかりませんが、偏りのない客観的な情報が多くの人々に届く社会になることを願っています。

### ゴールデンライス

アフリカやアジアの一部の国々では、ビタミンA欠乏症は深刻な栄養失調の1つです。年間数十万人の子供が、ビタミンA欠乏症が原因で失明すると言われています。ビタミンAはニンジンなどのβカロチンを多く含む緑黄色野菜を食べることで摂取できますが、多くの国で十分に野菜が供給されていません。これらの国ではコメが主食であることから、βカロチンを作るコメ（ゴールデンライス）が遺伝子組換え技術により開発されました。このコメなら、1回の食事で1日に必要なビタミンAの半分程度が摂取可能です。ゴールデンライスの商業栽培は数年以内にフィリピンで始まると言われています。遺伝子組換え技術に対する反対活動が無ければ、ゴールデンライスは、もっと早くに商業栽培されていたでしょう。



### おすすめの本

遺伝子組換え植物についてもっと知りたいと思われたら、以下の書籍が参考になるかもしれません。

❖ **バイテクの支配者：遺伝子組換えはなぜ悪者になったのか（翻訳本）** 東洋経済新報社 2003年

米国のジャーナリストの視点から書かれたノンフィクション。反対運動の経緯が良くわかります。

❖ **遺伝子組換え作物 ー世界の飢餓とGM作物をめぐる論争（翻訳本）** 学会出版センター 2005年

国際農業機関の食糧問題の専門家による分析。反対運動が世界の食料問題に与える影響を考察しています。

❖ **救え！世界の食料危機 ここまできた遺伝子組換え作物** 化学同人 2009年

私も執筆しており手前味噌ですが、日本の科学者が個々の組換え作物について平易に解説しています。

❖ **有機農業と遺伝子組換え食品 明日の食卓（翻訳本）** 丸善 2011年

米国の有機農業の専門家と植物遺伝学者の夫妻による共著。日常生活を通してさまざまな論点が分析されています。

❖ **食卓のメンタル 科学者が考える遺伝子組換え食品（翻訳本）** 日本評論社 2013年

著名な植物科学者とサイエンスライターの共著。内容が専門的ですが充実しています。