

知っておきたいこと
～遺伝子組換え作物・食品～

2013年2月



NPO 法人 くらしとバイオプラザ 21

目次

はじめに	2
1. 遺伝子組換え作物・食品をめぐる重要な10項目	4
2. 遺伝子組換え食品編	7
3. 遺伝子組換え農作物環境評価編	20
4. コラム1 「痕跡を残さぬ技術～New Plant Breeding Techniques」	28
5. コラム2 「スタック品種」	35
6. 科学的な情報の読み方と伝え方	36
7. 詳しく知りたい方のために	44
8. ご質問のある方へ	45
あとがき	46

表表紙の写真

左：「従来のトウモロコシ（左）と遺伝子組換え害虫抵抗性トウモロコシ（右）」

右：「ウイルス耐性遺伝子組換えパパイヤ」

裏表紙の写真

「従来のダイズ（左）と遺伝子組換え除草剤耐性ダイズ（右）」

写真提供 筑波大学遺伝子実験センター 鎌田博氏ほか

はじめに

遺伝子組換え (Genetically Modified :GM) 作物の商業栽培は、1996年に米国で始まって以来、世界各国に広がっています。2011年には、米国、カナダ、ブラジル、スペインなど29カ国で栽培され、その栽培面積は約1億6000万²になりました。これは日本の国土の約4.2倍です。

GM作物の輸出入も拡大しました。日本は米国やカナダなどから大量のGM作物を輸入しています。すでに日本の家畜飼料の大部分はGM作物で、食用油や甘味料などの原料に多くのGM作物が使われています。しかし、これほど広まっていながら、日本の消費者の間ではその全体像がなかなか理解できていないのが現状です。

GM作物には、いろいろな機能をもった作物があります。特定の除草剤をまいても枯れないダイズやナタネ、殺虫剤をまかなくても害虫に強いワタ、干ばつに強いトウモロコシ、栄養分の窒素が少なくても育つトウモロコシ、複数の除草剤への耐性と害虫抵抗性を持つなど複数の性質を持つ作物など、さまざまな有用な性質を持った作物が開発され、商業栽培されています。最近では、健康により成分や医薬品の原料を植物に作らせる研究も進んでいます。

その一方で、「GM作物は食べても大丈夫なの?」「安全性は確かめられているの?」「農薬の使用量は本当に減っているの?」「遺伝子を組み換えるなんて、自然の摂理に反するのでは?」「GM作物の花粉が飛んで近縁の植物との交雑種が生まれたら、生態系に悪影響が及ぶのでは?」「表示はどうなっているの!」など、いろいろな疑問や不安が聞こえてきます。私たちは、その答えを新聞やテレビに求めますが、必ずしも常に正確なわけではありません。

一方、世界の研究者は、最終製品で遺伝子組換え技術を用いた痕跡が残らないような技術を使って、新しい品種改良を始めています。これらの技術については2010年3月、「New Plant Breeding Techniques (NBT)」という報告書にまとめられています。この技術を用いた農作物や微生物などの扱いについて、議論が始まりました。

私たちは、NBTを含めて遺伝子組換え技術をめぐる状況について知り、自ら考える

助けにするために、GM 作物の栽培状況に関する基本的な事実、これまでの科学的な検証で分かったこと、よく見られる誤解などを含めて、「知っておきたいこと～遺伝子組換え作物・食品」を作成しました。2011 年 3 月末、「メディアの方に知っていただきたいこと～遺伝子組換え作物・食品」を作成しましたが、タイトルを「知っておきたいこと」と変更したのは、このような情報はメディアの方だけでなく、私たち消費者を含めた関係者が共に学び、考えることが重要だと考えたからです。巻末には、研究者のリストや関連 Web サイトも載せ、もっと知りたい人が自ら学べるようにしました。ご活用いただけますと幸いです。

この冊子は初版と同様に、皆様のご意見、話し合いの中で、これからも進化させていきたいと考えております。どうぞよろしく願いいたします。

この冊子は、くらしとバイオプラザ 21 のホームページからもダウンロードできます

<http://www.life-bio.or.jp>

2013 年 2 月

NPO 法人 くらしとバイオプラザ 21

遺伝子組換え作物・食品をめぐる重要な10項目

遺伝子組換え（Genetically Modified :GM）作物・食品の主な説明と、どんな問題が指摘され議論されているかをまとめました。

1. 栽培される理由

GM作物は1996年に米国で栽培が始まって以来、世界的に拡大しており、29カ国（2011年）で栽培されています。その栽培面積は約1億6000万^{ヘクタール}で、日本の国土のおよそ4.2倍です。

GM作物の栽培によって、世界的に農薬の使用量が減り、GM作物を栽培する農家にとってメリットのひとつとなっています。

2. 企業の種子支配はあり得るのか

巨大企業が種子を支配するとよくいわれますが、企業間の種子開発競争は激しく、各社が地域に合わせた品種の開発を行っていて、1社が種子を独占することは容易ではありません。たとえば、害虫抵抗性GMトウモロコシは、5社以上の企業が種子を開発しています。また、GM作物の開発が進んでも、生産者も次々に開発されるよい品種を選ぶので、各社のシェアは拮抗しており、GM作物が1品種だけになることはありません。

3. 遺伝子組換え技術とは

GM作物作出のための遺伝子を導入する技術は、自然界で微生物が植物に対して引き起こしている遺伝子導入の現象を応用してつくられた技術です。

4. 医薬品では既に使われている遺伝子組換え技術

インターフェロンやインスリンなどの医薬品では、すでにその多くがGM技術で製造されています。

5. 遺伝子組換え食品の安全性

GM 食品の安全性審査は実質的同等性という考え方によって行われています。例えば、「害虫を殺す農作物を人が食べても大丈夫なのか」という声が聞かれますが、害虫抵抗性 GM トウモロコシの茎や葉でつくられる「害虫を殺すタンパク質」(Bt タンパク質) は、有機農業で生物農薬として使われているもので、人には悪い影響はありません。

6. 遺伝子組換え食品の表示

豆腐や納豆などに「組換えでない」という表示があったり、食用油やしょう油などは義務表示の対象外となったりしていますが、これは安全性とは関係なく、消費者の選択のために行われているものです。「組換えでない」から安全だという意味ではありません。

7. 遺伝子組換え作物は生物多様性を失わせない

GM 作物が普及しても、従来の農業以上に野生の生物の多様性に影響を与えることはありません。イギリスでは、2000-2003 年、テンサイ、トウモロコシ、春播きナタネ、冬播きナタネなど多数の GM 作物を農場で栽培して調査しました。その結果から、GM 作物の導入が野生の生物の多様性を失わせないことが示唆されています (Natural Environment Research Council による調査、2003 年)。

8. 従来の品種改良と遺伝子組換え技術による品種改良の違い

従来の品種改良は、人が意図的に作物と作物を交配させています。この交配によって、結果的に遺伝子は組み換わっています。意図的な交配ですから、人間の手加わらない限り、自然には決して起こらない現象です。種を超えて交配することもあります。意図的に品種改良をするという意味では遺伝子組換えも従来の交配も同じ範疇だと言えます。

9. 除草剤耐性を持つ雑草

除草剤を散布しても枯れない GM ダイズの普及で、どんな除草剤も効かない「スーパー雑草」が現れたという人がいますが、そもそも「スーパー雑草」というものは存在しません。ある除草剤に耐性を持つ作物ができて、他の種類の除草剤で枯らすことができます。

雑草が除草剤への耐性を獲得することは、GM 作物ができる前から起こっていました。

10. 生態系への影響

GM 作物は、導入する場所に生息する植物や昆虫に対する影響を評価し、生態系に悪影響を与えないような管理ができると確認されたものだけが、輸入や栽培を許されます。

日本の各地の輸入港周辺に GM ナタネの種がこぼれ落ちて、自生し各地に広がっているかのように時々報道されます。しかし、西洋ナタネは、人の手の加えられない自然条件下では、繁殖が難しいことが知られており生態系に影響を及ぼす種類とはみなされていません。

過去 60 年間、カナダから大量に西洋ナタネが輸入されており、GM ナタネが輸入される前から種がこぼれ落ち、芽が出たことがあったと考えられています。しかし、それが繁殖し、生態系に悪影響を与えたということはありません。また、GM ナタネの繁殖力が特に強いということはなく、普通の西洋ナタネと同じです。

複数の形質を付与した品種をスタックといいます。異なる害虫への抵抗性と除草剤耐性を備えているような作物です。ここでも従来の遺伝子組換え作物と同じように、環境への影響評価と食品としての安全性評価が行われています。

遺伝子組換え食品編

遺伝子組換え（Genetically Modified :GM）作物の栽培はどのように拡大し、私たちの食卓に届けられるようになったのでしょうか。GM 食品と安全性を含めた、その周囲の情報を整理しました。

1. 栽培される理由

GM 作物は 1996 年から 2011 年にかけて、その栽培面積は約 94 倍に拡大し、29 カ国（2011 年）で栽培されています。GM 作物の栽培により世界的に農薬の使用量が減り、GM 作物を栽培する農家にとって、メリットのひとつとなっています。

(1) 遺伝子組換え作物作付面積の拡大

世界の穀物生産量が上昇しています。これは、収穫面積（利用できる耕地面積）が増えているからではなく、単収（面積当たりの収量）が伸びているためで、世界全体の収穫面積は頭打ちの状態です。一方、GM 作物の作付面積は増加の一途で、2011 年の世界の GM 作物作付面積は約 1 億 6000 万^{ヘクタール}と日本の国土の約 4.2 倍にまで拡大しています（図 1）。栽培面積の多い国の上位 9 カ国は、米国、ブラジル、アルゼンチン、インド、カナダ、中国、パラグアイ、パキスタン、南アフリカで、その面積はいずれも 200 万^{ヘクタール}を超えています。

(2) 日本の穀物輸入量と遺伝子組換え作物の推定割合

日本の穀物輸入量は約 3,100 万トン（2011 年）で、そのうち、トウモロコシは 1,528 万トンで半分にあたります。そこで、輸入先の輸入量全体に占める割合とその国の GM 作物の作付け割合から、GM 作物の割合を算出したところ、輸入量が一番多いトウモロコシでは、約 1,269 万トンの GM トウモロコシが輸入されていると推定されました。同じように、GM ダイズ・ナタネの輸入が認められており、GM 作物と非遺伝子組換え（非 GM）作物の両方が輸入されていることとなります。これらについても作付け割合から、

遺伝子組換え作物の占める比率を試算したところ、輸入されるダイズの約76%、輸入されるナタネの約92%が遺伝子組換え作物であると推定されました（図2）。

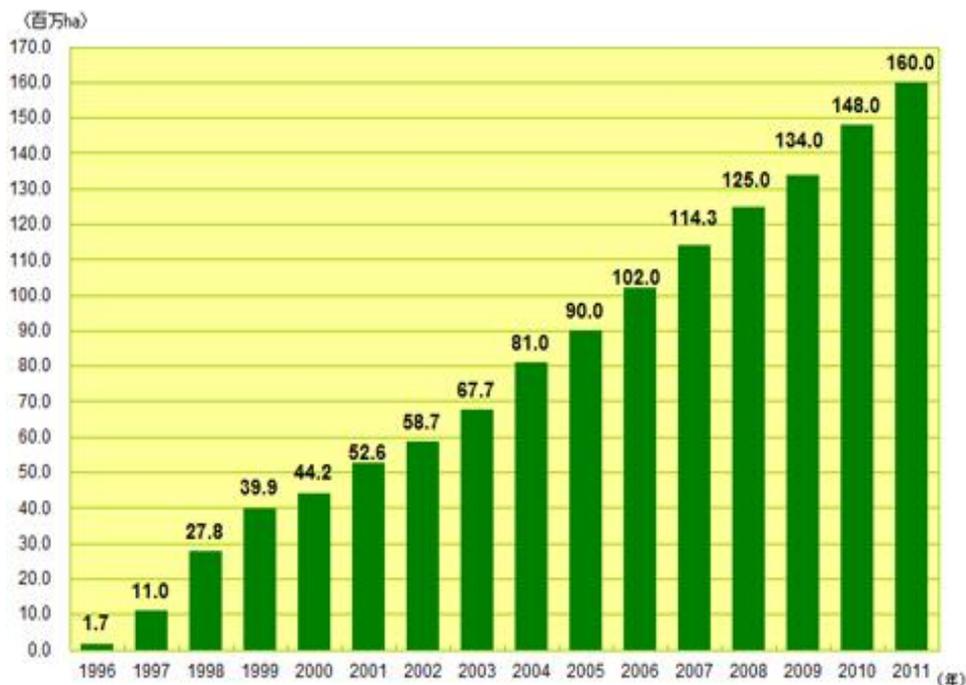


図1 世界の遺伝子組換え作物作付面積

（出典：バイテク情報普及会ホームページ <http://www.cbijapan.com/> 「データ集」）

輸入された GM 作物の大半は表示義務のない食用油や飼料として利用されているので、多くの方が GM 作物の輸入の現状を認識していません。しかし、飼料を輸入穀物に依存している日本では、GM 作物の輸入が途絶えれば畜産業はたちまち窮地に追い込まれる状況にあります。GM 作物がなければ、日本の食卓は成り立たないと考えられています。

日本の年間穀物輸入量とうちGMの比率の試算
(GM作物が商業利用されているトウモロコシ、ダイズ、ナタネに限る)

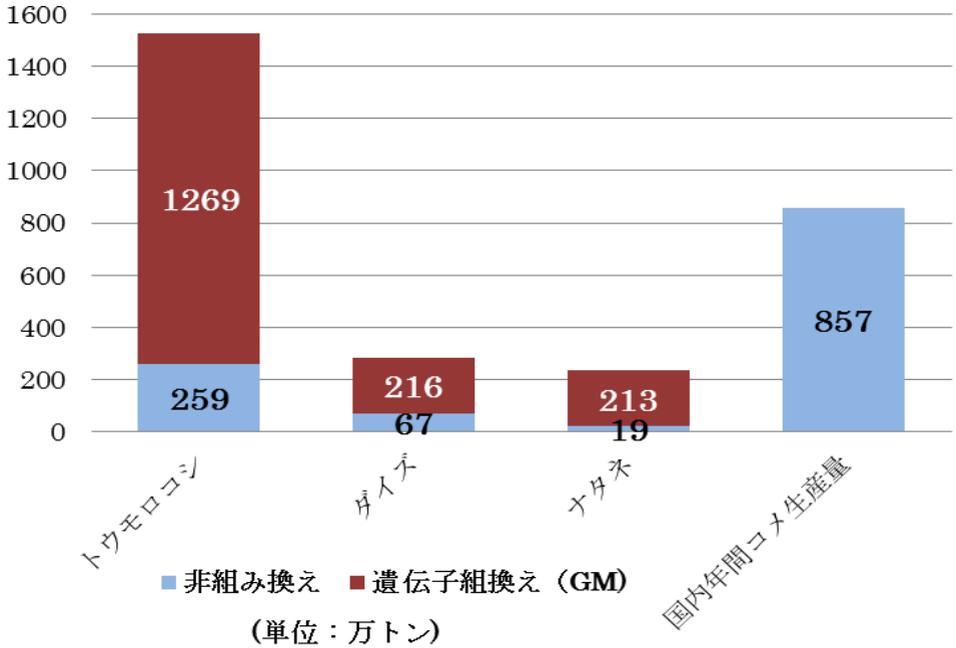


図2 日本の年間穀物輸入量と遺伝子組換え作物の比率の試算

(遺伝子組換え作物が商業利用されているトウモロコシ、ダイズ、ナタネに限る)

(財務省貿易統計(2011)、アメリカ農務省「Acreage(2010)」、国際アグリバイオ事業団 (ISAAA) 年次報告書(2011)、農林水産省「食料需給表 (平成 23 年度速報)」より田部井豊氏作成) 出典 「みんなで考えよう 遺伝子組換え農作物・食品」

(3) 日本に輸入されるトウモロコシとダイズ

トウモロコシやダイズは多くの国が生産していますが、そのうち十分な量を輸出できる国は、トウモロコシではアメリカとアルゼンチン、ダイズではアメリカ、ブラジル、アルゼンチンです。これらの国々はいずれも GM 作物の主要栽培国です (日本学術

会議「我が国における遺伝子組換え植物研究とその実用化に関する現状と問題点」(2010年)。したがって、非 GM 作物を輸出する国を探したとしても、日本の必要量をまかなえる国はないと考えられます。しかも、トウモロコシは、多くの国々で圧倒的に不足しています。ダイズも中国や EU で大量に不足し、GM 作物の主要栽培国である一部の国々が世界全体の食糧をまかなっています。

このような現状をふまえると、消費者が GM 作物は安全かつ十分に生産・供給されることや安全性が保証されている点を含めて GM 作物を正しく理解することが重要だといえます。

2. 企業の種子支配はあり得るのか

巨大企業が種子を支配するとよくいわれますが、企業間の種子開発競争は激しく、各社が地域に合わせた品種の開発を行っていて、1社が種子を独占することは容易ではありません。たとえば、害虫抵抗性 GM トウモロコシは、5社以上の企業が種子を開発しています。また、GM 作物の開発が進んでも、生産者も次々に開発されるよい品種を選ぶので、各社のシェアは拮抗しており、GM 作物の1品種だけになることはありません。

(1) 激しい競争

巨大企業が種子を支配するとよくいわれますが、1社が独占することは容易ではありません。世界では、モンサント(米)、シンジェンタ(スイス)、デュポン(米)、BASF(独)などが種子を開発する巨大企業としてよく知られています。このような企業の間の子開発競争は激しく、それぞれが地域に合わせた品種の開発を行っています。たとえば、害虫抵抗性 GM トウモロコシでは、5社以上の企業が種子を開発しており、1社による独占支配が続いているという状況ではありません。

(2) 品種の多様性は失われない

特定の企業が開発したひとつの品種ばかりが広範囲に栽培されて、品種の多様性が失われるように報道されることがあります。GM 作物はある特定の形質を作物に導入しただけのもので、GM 作物が作出されたからといって、ある作物がすべて一つの品種に置き換わることはありません。作物の品種は、より栽培しやすいもの、おいしいものへと絶えず新しく作出され、生産者に選択されます。これは GM 作物に限ったことではありません。種子を開発する企業は、地域に適した品種を地域の会社と共同で開発します。品種改良が続く限り、品種の多様性が失われることはありません。

3. 食を生み出す遺伝子組換え技術について

GM 作物作出のための遺伝子導入技術は、自然界で微生物が植物に対して引き起こしている遺伝子導入の現象を応用してつくられました。

(1) 遺伝子組換え技術は、自然現象に学んで開発された

GM 作物とは、遺伝子を改変して品種改良したもので、「アグロバクテリウム」という植物に寄生する細菌を利用してつくります。求める形質の遺伝子をアグロバクテリウムの DNA に組み込み、それを作物に感染させます。すると、目的の遺伝子が作物に導入されます。

種を超えた遺伝子の移動は自然界でも頻繁に起きていて、GM 技術による品種改良はこの現象に学んで開発されたものです。アグロバクテリウムは、接触した植物の細胞に自分の遺伝子の一部を送り込み、その遺伝子により生存に必要な栄養素を植物につくらせます。GM 技術は、このようなアグロバクテリウムの性質を利用したものです。

(2) 天然なら安全？

「天然の食品なら安全」と思っている消費者も多いのですが、天然由来か遺伝子組換えか、というのは安全性の指標にはなりません。どのように作られたかではなく、できた食品が安全かを科学的に確認することが大事です。

「天然であれば安全」が成り立たない事例に自然毒があります。植物は動物と違っ

て、外敵から逃げることができない代わりに、体内に毒物をつくって害虫を防いでいます。カリフォルニア大学教授エイムズ博士によれば、人間は一生のうちに 5,000 から 1 万種類の自然毒を野菜や果物から摂取しているといいます。しかも、その量は人工の殺虫剤からの摂取量の 1 万倍にも及ぶのだそうです（ジョン・F・ロス『リスクセンス』集英社新書, 2001）。それでも、私たちがいろいろな食べ物を利用してこられたのは、調理方法などを工夫してきたからです。このことから「天然であれば安全」とは言えません。物質が人体に毒性を持つかどうかは、摂取量や頻度によります（科学的な文章の読み方と伝え方⁵を参照）。

（3）遺伝子組換え作物の展望

食料危機などの問題や環境問題を解決するキーテクノロジーとして GM 技術が注目されています。

近年、オーストラリアやロシアの干ばつによる小麦の不足がクローズアップされましたが、GM 技術を用いると気候変動に対しても安定して収穫できる品種を作出できる可能性があります。また、食料安定供給のため、干ばつ、塩害、冷害などに強い GM 作物の研究開発が進められています。

環境浄化への応用も期待されています。土壌中の重金属を吸い上げ、葉に蓄積する性質をもつ植物を利用して汚染土壌を改良する「ファイトリメディエーション」の研究も進んでいます。

GM 技術によりダイズやコメなどに含まれるアレルギーを引き起こすタンパク質（アレルゲン）を少なくした低アレルゲン食品をつくることができます。低アレルゲン食品は、アレルギー疾患の人でも安心して食べられます。これらのほかにも以下のような、食べることを目的としない植物が開発されています。

（開発事例）

- ・除草剤耐性作物（ダイズ、トウモロコシ、ナタネ、ワタ、テンサイ）
- ・害虫耐性作物（トウモロコシ、ワタ）
- ・ウイルス耐性作物（パパイヤ） など

- ・ 複数の除草剤耐性と害虫抵抗性を併せ持つなどのスタック品種
(開発中の事例)
- ・ ゴールデンライス (β カロチンを含むコメ)
- ・ 乾燥耐性トウモロコシ
- ・ 食べるワクチン (食べて効果を発揮するワクチン成分をつくる作物)
- ・ 干ばつ耐性小麦
- ・ 寒冷、塩害などに耐性を持つ作物
- ・ 低アレルギー作物
- ・ カドミウムなど土壌中有害物質を吸収する作物 (ファイトレメディエーション: 植物を使って環境浄化を行う) など

4. 医薬品では既に使われている遺伝子組換え技術

GM 技術により、人や動物の生体内でしか合成できないホルモンなどを、微生物や培養細胞などを使って大量につくることができるようになりました。具体的には、インターフェロンやインスリン、成長ホルモンなどの医薬品が、GM 技術で製造され、広く使われています。

5. 遺伝子組換え食品の安全性

GM 食品の安全性審査は実質的同等性という考え方によって行われています。害虫抵抗性 GM 作物も、除草剤耐性 GM 作物も、安全性審査を通過したものだけが、実用化されます。

(1) 実質的同等性による安全性審査

GM 食品の安全性審査は、「実質的同等性」の考え方に基づいて行います。実質的同等性の考え方は 1993 年に OECD によって示され、日本だけでなく世界各国で採用されています。

従来の作物（遺伝子を組み換える前の作物）と、GM 作物を比較して、組み換えた成分以外に相違がないか、新しく生じた変化は安全であるかを確認します。まず、遺伝子を組み込む前の作物が、長い間食用にされてきて、安全性に関する経験的知見が十分であることを確認します。次に、導入した遺伝子の由来や機能、挿入方法、遺伝子の発現部位や発現時期・発現量、目的以外のタンパク質を作らないか、遺伝的安定性や発現の安定性はどうかなどを調べます。さらに、導入した遺伝子が産生するタンパク質の性質や機能、有害性の有無、アレルギー誘発性などを調べます。また、作物に元々含まれていた有害物質や栄養素に大きな変化が起こっていないかも調べます。GM 作物には、環境影響や飼料についての安全性審査も義務付けられています（遺伝子組換え作物環境評価編⁷参照）。

(2) 遺伝子組換え食品の安全性審査で調べること

GM で新しく生じる変化とは、導入した遺伝子やその遺伝子がつくるタンパク質のことをいいます。そこで、GM 食品の安全性は、それらが速やかに分解・吸収（消化）されるかどうかをまず調べます。遺伝子やタンパク質が消化され、体内に蓄積されないことが確認できれば、長期の動物試験を行う必要はないとされています。これまで安全性審査を行った GM 作物で、長期試験が必要だと判断された例はありません。

GM 作物はすべて市場に出回る前に安全性が確認されており、今まで安全性に関する事故は一度も起こっていません。GM 食品の食経験は 10 数年とまだ浅いのですが、子孫に伝わる遺伝子に影響を及ぼすことはないと考えられています。

東京都は 3 世代にわたって、マウスに GM ダイズを与え、健康への影響を調べましたが、悪影響は一切ありませんでした（東京都健康安全研究センター「くらしの健康（第 8 号）」）。

(3) 害虫抵抗性遺伝子組換え作物は特定の害虫のみに作用する

害虫抵抗性とは特定の害虫に対して被害を受けないようにしたものです。害虫抵抗性 GM 作物と聞くと、「虫が食べて死ぬ作物を人間が食べても大丈夫だろうか」と多くの人が懸念をいただきます。しかし、害虫抵抗性 GM 作物の影響は、特定の害虫に対して

のみであって、人や普通の動物には影響しません。

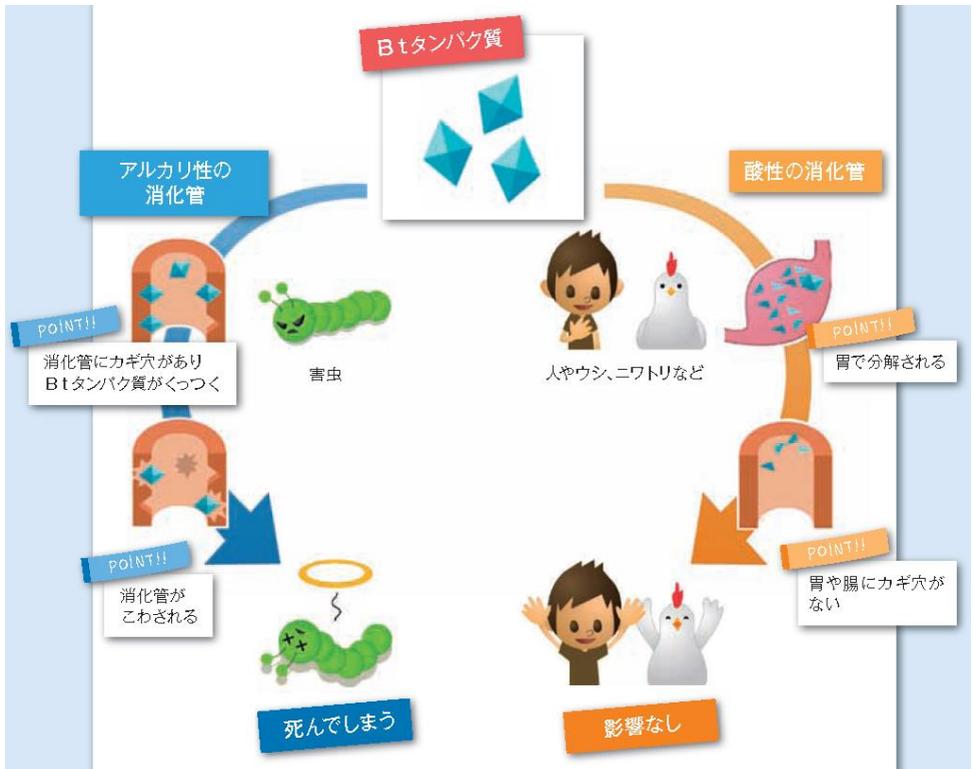


図3 害虫抵抗性遺伝子組換え作物の作用

(出典：バイオテック情報普及会ホームページ <http://www.cbijapan.com/> 「遺伝子組換えQ&A」)

害虫抵抗性 GM 作物は、Bt タンパク質というチョウやガなどの昆虫に対する殺虫成分をつくります。これは、有機農業でも使用が認められた生物農薬でもあります。その毒性は、昆虫のみに作用し、人やウシ、ニワトリなどには作用しません。昆虫の消化管の中はアルカリ性なので、Bt タンパク質は活性化され消化管内の受容体と呼ばれる部位にくっつきます。すると、消化管の細胞が壊されて、栄養素を消化できなくなり、昆虫は餓死してしまいます。一方、人やウシなどの消化管の中は、酸性でBt タン

パク質は分解されてしまいます。しかも、受容体もないので、Bt タンパク質がくっつくこともできません（図 3）。（遺伝子組換え作物の環境評価編⁹を参照）

（4）食品の安全性審査の信頼性

GM 食品など食品の安全性審査は、食品衛生法によって義務付けられています。法的な安全性審査の手続きを経て、厚生労働大臣によって許可されたものだけが、輸入や国内での販売等が認められています。開発企業（申請者）は前述のような安全性試験の結果を厚生労働省に提出し、厚生労働省から諮問を受けた食品安全委員会の GM 食品専門調査会が安全性評価を実施します（図 4）。「申請業者が作成した資料のみに基づいて審査を行っても大丈夫なのか」という声もありますが、この審査は「食品の安全性の確保は、それを取り扱う者が責任を持って行う必要がある」という考えに基づいています。このため、安全性評価を開発企業が行い、その詳細な資料をデータの信頼性も含めて、GM 食品専門調査会が適切に評価しています。審査に必要なデータや資料が不足している場合は、開発企業に追加の資料を求め、安全性が十分に確認されるまで審査を続けます。医薬品や農薬、食品添加物などでも同様な方法で審査が行われています。安全性審査を通過した食品や食品添加物はすべて公開されており、2012 年 12 月 4 日現在、安全性審査を経た GM 食品は 191 品種、添加物は 16 品目あります。

（厚生労働省医薬食品局食品安全部「安全性審査の経た遺伝子組換え食品及び添加物一覧」より

http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/idenshi/index.html

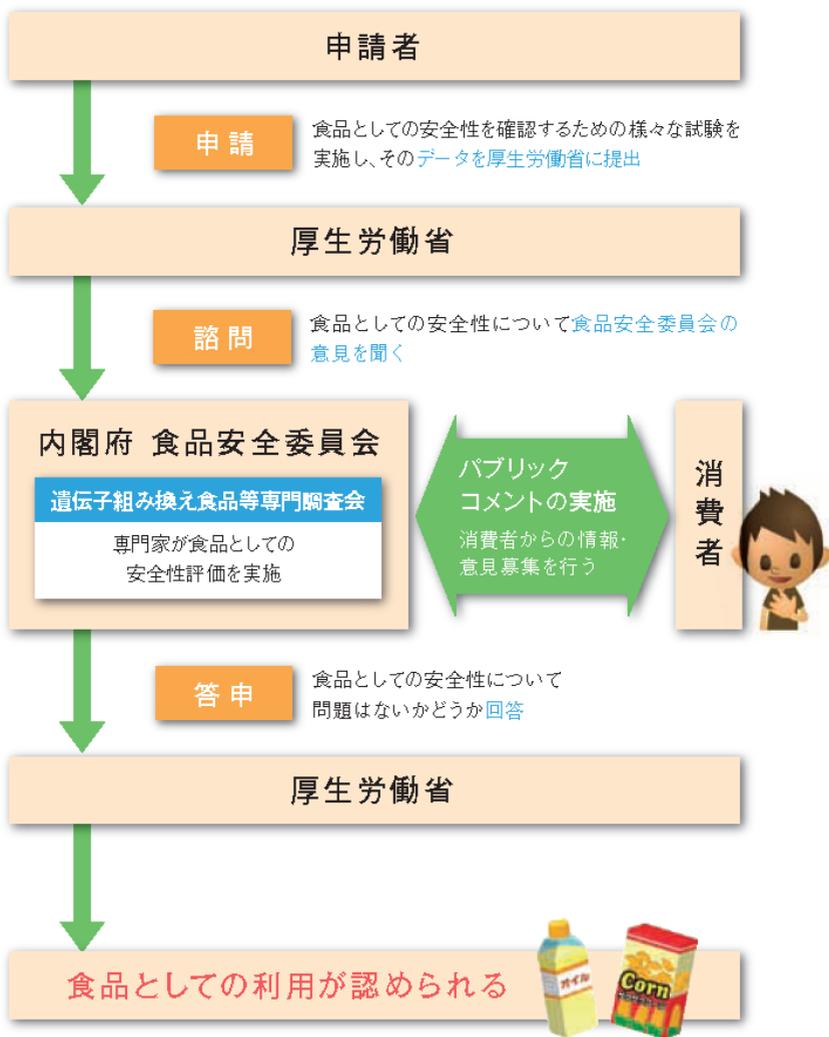


図4 食品の安全性審査

(出典：バイオテック情報普及会ホームページ <http://www.cbijapan.com/> 「遺伝子組換えQ&A」)

6. 遺伝子組換え食品の表示について

GM 食品の表示は、安全性とは関係なく、消費者の選択のために行われているものです。「組換えでない」から安全だという意味ではありません。

(1) 表示の義務

GM 表示とは、安全が確認された GM 食品を対象とし、消費者が商品を選択するための情報です。安全性を見分けるためのものではありません。GM 表示には「遺伝子組換え」「遺伝子組換え不分別」「遺伝子組換えでない」の3種類があります。このうち「遺伝子組換え」「遺伝子組換え不分別」は義務表示、「遺伝子組換えでない」は任意表示です。

食品衛生法に基づく GM 食品に関する品質表示基準では、以下に示すように、6種類の GM 作物（ダイズ、トウモロコシ、バレイショ、アルファルファ、テンサイ、パパイヤ）とその加工食品 33 品目を義務表示の対象としています。食用油やしょう油などは、ダイズやトウモロコシなどの加工食品であっても表示の義務はありません。これらの加工品は、精製や発酵など加工の過程で、タンパク質や遺伝子が分解、除去されるためです。食用油でも、非 GM 作物と脂質の組成が違う高オレイン酸ダイズ油などは、表示義務の対象となります。

だいず

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1) 豆腐、油揚げ類 | 2) 凍り豆腐、おから、ゆば |
| 3) 納豆 | 4) 豆乳類 |
| 5) みそ | 6) 大豆煮豆 |
| 7) 大豆缶詰・瓶詰め | 8) きな粉 |
| 9) 大豆いり豆 | 10) 1)～9)を主な原材料とするもの |
| 11) 大豆（調理用）を主な原材料とするもの | |
| 12) 大豆粉を主な原材料とするもの | |
| 13) 大豆たんぱくを主な原材料とするもの | |
| 14) 枝豆を主な原材料とするもの | |

15)大豆もやしを主な原材料とするもの

とうもろこし

16)コーンスナック菓子

17)コーンスターチ

18)ポップコーン

19)冷凍とうもろこし

20)トウモロコシ缶詰及・瓶詰

21)コーンフラワーを主な原材料とするもの

22)コーングリッツを主な原材料とするもの（除コーンフレーク）

23)調理用のとうもろこしを主な原材料とするもの

24) 16)～20)を主な原材料とするもの

ばれいしょ

25)冷凍ばれいしょ

26)乾燥ばれいしょ

27)ばれいしょでん粉

28)ポテトチップ菓子

29)25)～28)を主な原材料とするもの

30)ばれいしょ（調理用）を主な原材料とするもの

アルファルファ

31)アルファルファを主な原材料とするもの

てん菜

32)てん菜（調理用）を主な原材料とするもの

パパイヤ

33)パパイヤを主な原材料とするもの

（出典：消費者庁「食品表示に関する共通 Q&A（第3集 遺伝子組換え食品について）」

<http://www.caa.go.jp/foods/pdf/syokuhin737.pdf>

遺伝子組換え農作物環境評価編

遺伝子組換え (Genetically Modified :GM) 作物は生物多様性に影響を与えるのか、除草剤耐性を持つ雑草を作り出すのか、輸入された GM ナタネが輸送中にこぼれてはびこるのかなど、GM 作物の環境影響と、環境に悪影響を及ぼさないためにどのような評価を行っているかについて整理しました。

7. 遺伝子組換え作物は生物多様性を失わせるのか

(1) GM 作物の普及は、野生の生物の多様性を失わせるのか

GM 作物はある特定の形質 (特徴) を作物に導入しただけのもので、その作物に取って替わるものではありません。GM 作物が普及すると品種の多様性が失われるかのように報道されることがありますが、それは間違いです。

GM 作物は事前に環境影響が評価されており、問題のあるものは実用化されません。

(2) 環境への影響の評価

日本国内では、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」(カルタヘナ法) において定められた方法に基づいて、環境影響評価が実施されています。開発企業 (申請者) は利用する作物や遺伝子の性質を明らかにした上で、生育特性や生殖特性、交雑性などに関するデータを収集し、環境に対する影響について事前に調べます。

環境影響評価の審査項目は

- 在来の植物との競合における優位性、有害物質産生性、交雑性など生物多様性影響を生じさせる可能性のある性質はあるか (図 5)
- 影響をうける可能性のある野生生物等が国内にいるか
- 具体的にどのような影響を、どの程度受ける可能性があるのか
- 特定された種や個体群の維持に支障をきたすおそれはあるか

などです。もし、特定された種や個体群の維持に何らかの支障をきたすおそれがある場合には、その作物の野外での利用は認められません。

(3) 生物多様性影響評価の手順

カルタヘナ法の生物多様性影響評価の具体的な評価の手順は、GM 生物等の第一種使用等（GM 生物等が環境中に拡散することを防止する措置をとらないで行う使用等）について、承認を申請する者が評価書を作成し、その内容の妥当性等を学識経験者が最新の科学的知見から検討します（野外で栽培する場合は第一種使用に該当します）。このように開発企業（申請者）にデータ等を提出させる方法は、EU をはじめ世界中のどの国の安全性審査においても同様に行われています。

(4) 問題が生じたときの措置

評価時点で予測できなかった生物多様性影響が生じた場合に備えて、開発企業（申請者）に対しては、「生物多様性影響が生ずるおそれがあると認められるに至った場合の緊急措置に関する計画書」が定められています。また、もし影響が生じた場合は、迅速に必要な措置をとることが求められます。現時点では、問題が起きて措置が講じられたことはありません。

1 在来の生物と競合する場合の影響

評価の観点

在来の野生種と栄養分・日照・生育場所などを巡って競い合い、在来生態系へ侵入し、影響を及ぼすおそれ

- ・生育のしかたや特性は、非組換え農作物と比べて違いがあるか(草丈、種子をつける数、種子の発芽率など)
- ・違いがある場合は、在来の野生種の生育に影響を及ぼさないか



2 遺伝子組換え生物が在来種と交雑する場合の影響

評価の観点

在来の野生種との交雑により、在来の野生種の集団に影響を及ぼすおそれ

- ・交雑可能な近縁の在来種は存在するか
- ・存在する場合は、どの程度交雑するのか(交雑率)
- ・交雑したものと在来の野生種との性質に違いはあるか



3 遺伝子組換え生物が有害物質を生み出す場合の影響

評価の観点

有害な物質を生み出すことによって、周辺に生息する他の植物や昆虫などに影響を及ぼすおそれ

- ・有毒物質がつくられているか
- ・つくられている場合は、遺伝子組換え生物を食べる昆虫などはいないか
- ・土壌微生物相に影響を及ぼさないか



図5 生物多様性への影響の評価

出典 環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室「ご存知ですか？カルタヘナ法」

9-10 ページ http://www.bch.biodic.go.jp/cartagena/s_05.html

8. 従来の品種改良と遺伝子組換え技術による品種改良の違い

従来の品種改良は、人が意図的に作物と作物を交配させるものです。これらの作物において、結果的には遺伝子が組み換わっています。従来の品種改良も意図的な交配ですから、自然には決して起こらない現象です。自然には決して起らない現象で、遺伝子が組み換わっているという意味では、遺伝子組換えも従来の交配も同じ技術領域だといえます。

(1) GM 技術による品種改良は、より確実に目的の作物を作ることができる

品種改良とは作物の形質を変化させてより良い作物を作り出すことをいいますが、形質が変化したということは遺伝子が変化したということです。つまり、かけあわせで親同士の遺伝子をすべて混ぜ合わせるのが従来の品種改良（交配）であるのに対して、あらかじめ機能が分かっている特定の遺伝子を組み入れるのが GM 技術です。

交配による品種改良も GM 技術による新品種作成も、遺伝子を変化させたという点は同じです。良い品種ができるかどうかは偶然に頼る部分が多い交配に比べて、GM 技術では、変化をもたらした遺伝子が何か分かっていることや、目的の作物をより確実に作れることが特徴といえます。

(2) 遺伝子組換え技術による品種改良にかかる時間

GM 技術を利用することで、目的とする品種を短期間で作ることができます。しかし、実用品種にその形質を持たせるための戻し交配の期間が別にかかることや、GM 作物には安全性審査が義務付けられており、その審査が時間をかけて行われるので、実際には交配による品種改良よりも短期間で開発できるということではありません。

(3) 遺伝子組換え技術による品種改良の可能性

従来の品種改良に比べて GM 技術による品種改良は、異なる種の遺伝資源を利用できる利点があります。さらに、種にとらわれない有用な遺伝子を幅広い生物の中から選んで利用することができるので、品種改良の可能性が大きく広がることとなります。

9. 除草剤耐性を持つ GM 作物による環境影響

どんな除草剤を散布しても枯れない「スーパー雑草」というものはそもそも存在しません。ある除草剤に耐性を持つ作物ができて、他の種類の除草剤で枯らすことができます。また、除草剤耐性を持つ雑草は、GM 作物ができる前から生えていました。

(1) 除草剤への耐性について

除草剤耐性の GM 作物の栽培面積が拡大している地域では、雑草の抵抗性が強まり、除草剤をまいても枯れない雑草が繁殖してしまうことが懸念されています。しかし、除草剤への抵抗性を獲得した雑草は、GM 作物が商品化される以前からあった課題です。この問題は、非 GM 作物、GM 作物を問わず、適切な管理を行うことによって解決できます。また、他の除草剤をまけば、雑草は枯れてしまうので、どんな除草剤も効かないような雑草ができることはありません。

(2) 除草剤耐性遺伝子組換え作物のメリット

除草剤耐性を持つ GM 作物は、特定の除草剤の影響を受けないため、作物に害を与えずに除草剤を用いて雑草だけを防除することができます。このため 1996 年の商業化以来、全世界で急速に普及してきた除草剤耐性作物の普及により、除草作業の低減、収益の増大、農薬使用量の削減、二酸化炭素排出量の抑制、土壌浸食の防止など多くの生産者メリット、環境メリットが実現しています。

参考：害虫抵抗性の GM 作物による環境影響

害虫抵抗性の GM 作物の拡大によって、抵抗力の強い虫の出現が懸念されていますが、こちらでも適切な管理によってその拡大を抑えることができます。

(1) 害虫抵抗性遺伝子組換え作物とは

現在商品化されている主な害虫抵抗性の GM 農作物は、もともと土壌に生息しているバチルスチューリンゲンシス (Bt 菌) が持つ、特定の害虫に対して毒となるタンパク質を作る遺伝子を導入して、植物自体に特定の害虫に抵抗性を持たせたものです。1996 年より商業栽培が行われるようになりました。散布する殺虫剤の量を大幅に減らすことができ、商業栽培が拡大しましたが、害虫の Bt タンパク質に対する抵抗性を発達させることが懸念されています。しかし、害虫における抵抗性の発達は、Bt ワタや Bt トウモロコシ等の GM 農作物のみに起因するのではなく、非 GM 作物栽培時に散布される殺虫剤によっても誘発されています。たとえば GM 作物の導入前に行われていた Bt 農薬のスプレー散布によって、Bt タンパク抵抗性害虫が発生することが知られています。Bt 農薬は有機農業にも用いられているもので、害虫抵抗性は GM 作物だけの問題ではありません。

(2) 害虫における抵抗性発達の防御策

害虫抵抗性の GM 作物の栽培にあたって重要なことは、確実な抵抗性発達の防御策をとることです。非 Bt 作物を栽培する緩衝区を設置することと、抵抗性害虫を定期的に調査するモニタリング調査によって管理することが重要です。緩衝帯を設置することで、仮に抵抗力を持った害虫が出現したとしても、緩衝帯で生まれた通常の害虫と交尾し、抵抗力を持った害虫の出現頻度の低下が可能となります。米国では、早い時期から緩衝帯設置策などいくつかの対策が環境保護庁 (EPA) によって義務付けられています。現時点で、Bt タンパク質に対して害虫が抵抗性を発達させ、Bt 品種の効果がなくなるような事態は起きていません。

10. 生態系への影響

日本の各地の港周辺に種子がこぼれ落ちて、GM 自生ナタネが生態系に広がっているかのように、時々、報道されています。いまのところ、生態系に悪影響を与えているという事実はありません。過去 60 年間、西洋ナタネがカナダから大量に輸入され、種子がこぼれ落ちて芽が出たという経過はあったかもしれませんが、それが繁殖したということはありません。また、GM ナタネだからといって、繁殖力が強いということもありません。

(1) 在来ナタネについて

GM ナタネ（西洋ナタネ）と交雑可能で、しかも日本の自然環境下で自生している種としては、在来ナタネやカラシナなどがあります。しかし、もともとこれらは全て外来種で、生物多様性影響を受ける可能性のある野生植物とはみなされていません。

(2) GM 作物の環境影響評価

GM 作物の環境に対する安全性は、法律（カルタヘナ法）に基づく調査審議を経て事前に確認され、国による承認を得たうえで商業利用されています。輸入ナタネがこぼれ落ちて自生しても、はびこったりしないことは事前に確認されています。

(3) 流通後の管理

流通後の管理についても、取り扱い企業はこぼれ落ちをふせぐ対策を講じています。さらに、輸入港や工場周辺などで自生しているナタネがないか監視し、除草を徹底するなど、いっそうの強化を図っています。実際には、農林水産省と環境省では、状況の把握のために輸入港周辺のモニタリング調査を行っていますが、GM ナタネが生育したとしても、競争の結果、周辺の種を駆逐し、生育域を拡大する可能性は考えにくいとする結論が出されています。

参考：オオカバマダラチョウへの影響

GM トウモロコシ(Bt コーン)が、オオカバマダラというチョウの生息に悪影響を及ぼすことはありません。

1999年にコーネル大学の研究者が Nature 誌に掲載した論文で「トウワタはトウモロコシ畑の近くに生息する植物で、オオカバマダラの幼虫はトウワタの葉を餌にしている。トウワタの葉に Bt 毒素を発現する GM トウモロコシの花粉をまぶしてオオカバマダラの幼虫に与えたところ、生存率が減少した。トウワタはトウモロコシ畑の近くに生息し、オオカバマダラの生息地域がトウモロコシの生息地域と重なり、幼虫の成育時期が花粉の飛ぶ時期と一致することから、GM トウモロコシはオオカバマダラに有害な悪影響を及ぼす」と結論づけましたが、実験は自然界では想定できない環境下のものでした。その後の調査研究の結果「実験室レベルでは影響はみられるが、自然環境においてはオオカバマダラ個体群の存続に与える影響は無視できる」と結論づけられました。

コラム 1 New Plant Breeding Techniques (NBT)をめぐる国際動向

品集改良において、NBT (New Plant Breeding Techniques) と呼ばれる、いくつかの技術が注目されています。NBT とは、遺伝子組換え技術を使って DNA レベルで改変を行っても、最終製品に外来遺伝子が残らないような技術であり、「消える痕跡」(2012年8月22日朝日新聞)という記事が出て、世間でも認知されるようになってきています。生物の遺伝子をほんの数塩基だけ変化させたりして品種を改良することができるので、最終段階で DNA 配列を調べても、自然に起ったものなのかどうか判断できません。

これまでの NBT をめぐる日本の動きとしては、2011年6月に開かれた安全研修会、

(<http://www.life-bio.or.jp/topics/topics476.html>)、

2012年5月に開かれた学術会議

(http://www.foodwatch.jp/column/sienrls/ymkknw013_120529.php)、において、研究者を中心とした情報提供と議論が行われています。

消費者にとっては、NBT によって作られた作物を食品として利用する場合、遺伝子組換え食品と捉えるのか、遺伝子組換え技術を用いた痕跡が残らないから遺伝子組換え食品ではないと考えるのかが、関心事になるでしょう。そして表示が必要なのかどうかの議論が必要と考えられます。

以下は 2012年5月14日に行われた日本学術会議公開シンポジウム「新しい遺伝子組換え技術の開発と植物研究・植物育種への利用～研究開発と規制を巡る国内外の動向～」予稿集の中の筑波大学生命環境系 遺伝子実験センター長 鎌田 博教授の論文を、鎌田教授のご指導のもと、改変・作成したものです。

遺伝子組換え技術をはじめとする多様な分子生物学技術は現在の生命科学の研究遂行に必須なものとなっており、基礎研究ばかりでなく、応用研究・実用研究においても多様な分子生物学技術が使われており、一部は産業利用も活

発に行われている。21世紀に入り、新しい技術開発は益々活発化しており、最近では、多様な分子生物学技術を用いることで、各種生物におけるゲノムの人為的編集が可能となりつつあり、ゲノムの人工創製をめざす研究も進められている。

このような技術開発の中で、人工ヌクレアーゼをはじめとする数種の新技术（New Plant Breeding Techniques :NBT）では、宿主ゲノムの小規模人為的編集や単一世代のみでの外来遺伝子発現を可能とし、後代世代において外来遺伝子を除去しつつ新品種・系統を育成することが可能となってきた。このような技術開発に伴い、欧米諸国では、このような技術を用いて育成された植物（基本的に、異種由来の外来遺伝子が除かれている物）について、遺伝子組換え体としての規制の対象になるかどうかについて議論が進められている。わが国においても、関連する技術開発やわが国独自の技術開発が進められており、基礎研究から実用研究にいたる多様な研究場面での利・活用が強く望まれている。そこで、わが国および世界における NBT に関する議論の現状と規制に関する考え方について概説する。

EU では、以下に記す技術を「NBT」と定め、関連する技術開発や特許の状況、植物品種改良に向けた多様な取り組みを数年間にわたって調査し、2011年初めに報告書を公開した（※1）。

EU が NBT としてまとめた技術は以下のとおりである。

(1) Zinc finger nuclease (ZFN) technology

DNA の特定の部位を切ったり、統合したりできるタンパク質（人工ヌクレアーゼ）を使う技術

(2) Oligonucleotide directed mutagenesis (ODM)

人為的に改善をしたい遺伝子の塩基配列を用いてゲノム中の塩基配列を改変し、最終的には次世代に受け継がれるような数塩基の変異を植物ゲノムにもたすが、ODM 自身は消滅する技術

(3) Cisgenesis and Integration

同種の遺伝子を同種に導入する技術。遺伝子を発現させる調節領域も含めて

遺伝子をそのまま使う場合を cisgenesis、調節領域は同種由来だが別の遺伝子に由来するものを用いる場合を intragenesis という。

(4) RNA-dependent DNA methylation (RdDM)

DNA 配列を変えずに、DNA のチル化によって新しい形質を導き出す手法

(5) Grafting

遺伝子組換え植物を台木あるいは穂木にした接ぎ木

(6) Reverse Breeding

染色体を 2 組持つ植物 (2 倍体) において、外来遺伝子によって、染色体間相同組換えを抑制した上で、交配や花粉培養等によって、目的遺伝子をホモに持つ個体を効率的に作成する技術等。育成された品種には、外来遺伝子は残っていない。

(7) Agro-infiltration (agro-infiltration "sensu stricto", agro-inoculation, floral dip)

植物の葉に *Agrobacterium* 菌や植物ウイルス等を接種し、一過的に目的遺伝子を発現させる技術。floral dip 法を除いて、次の世代に、外来遺伝子は伝わらない。

(8) Synthetic Genomics

DNA 配列を人工的に合成して、新生物を作る手法

これらの技術のうち、(8) をのぞくと、既に技術開発はかなり進んでおり、基礎研究で使う研究材料の育成ばかりでなく、種苗会社における実際の品種改良に使われ始めているものもある。現在、EU では、この方向性をもとに、このような技術を用いて開発された生物が遺伝子組換え作物として規制対象となるかどうかの議論を進めており、Cisgenesis に関しては今年に入って、EFSA (European Food Safety Authority : 欧州食品安全局) としての意見が提示された。

Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis, EFSA Journal,

一方、米国においては、技術開発ばかりでなく、植物品種改良への利用も活発に行われており、遺伝子組換え生物には該当しないと既に判断された事例もある。どのような事例があるのかは巻末のwebサイトを参照していただきたい。また、このような技術の今後の利用に関する意見を表明した論文が最近見られるようになってきた（EMBO reports, 2011, ppl-6, Renegotiating GM crop regulation.）（Nature Biotechnology, Vol. 30, No. 3; 2012）。

わが国における現状については、技術開発の現状をまとめた報告書はあいにく見当たらず、その規制に対する考え方についても、明確な議論が行われたとの情報は無い。

このような状況の中、2011年、秋、EU、オーストラリア、カナダ、日本、アルゼンチン、南アフリカの研究者（米国はオブザーバーとしての参加）がスペインに集まり、各国における関連する技術の開発の現状と遺伝子組換えに関する各国の規制の現状・基本的考え方などの情報共有と意見交換のためのワークショップが開催された。このワークショップは、NBTに関する規制について議論するのではなく、現状把握と科学的議論をすることを掲げ、活発な議論が行われた。このワークショップの報告書は2012年2月に報告された（※2）。

このワークショップにおける重要な議論は2点である。

第一は、そもそも各国が規制の対象としている Genetically Modified Organisms (GMO) の定義は何なのか、また、セルフクロニングやナチュラルオカレンスは規制の対象外なのかどうかである。

第二は検知可能かどうか、また、同定可能かどうかである。最終的に育成された生物において、異種生物由来の外來遺伝子が除去されており、意図的に小規模ゲノム編集（数塩基の除去、数塩基の置換、数アミノ酸残基の置換、塩基配列を変えないDNAのメチル化の変更など）を行った場合には（変更された箇所を検知はできるかもしれないが）、自然突然変異と区別がつかない（遺伝子組換え技術を途中で使ったことを同定できない）場合の考え方・取り扱い方を

考える必要がある。また、異種生物由来の外來 (FT) 遺伝子が除去されており、ゲノム編集すら行われていない場合 (異種生物由来の FT 遺伝子を導入・発現させ、早期開花性のみを付与し、開花を早めて非組換え体と交配し、外來 (FT) 遺伝子を持たない有用な交雑系統を育成するような事例) では、検知も同定もできないので、どのように扱うべきかをあらかじめ決めておかないと、品種改良に活用した際のその後代植物 (検知も同定もできない) の取り扱いで混乱が生じると考えられる。

遺伝子組換えに関する各国の規制は生物多様性条約カルタヘナ議定書を担保するものであり、カルタヘナ議定書で定めている Modern Biotechnology を使って作成された Living Modified Organisms (LMO) を規制する対象とするはずであるが、実際には言葉の定義の違いや運用、解釈の違いもある。NBT をどのように位置づけるか、規制の運用の問題として捉えるのかなど、国ごとの違いを考える必要がある。しかし、このような技術を用いて開発された実験材料や新品種としての農作物、農産物などが国境をこえて国際的に取引されることを考えると、その考え方や規制における取り扱いなどを世界的に統一されたものとしておかなければ、国際的な混乱が起るのではないかと懸念される。基礎研究の段階で NBT を用いて育成された植物材料が品種改良の中で使われていくことも考えられるため、もし規制の対象外とする場合には、どの段階で誰がどのように、それを確認するのかなども議論しておく必要があろう。

※1 EU (JRC: Join Research Institute) の報告書 技術の解説や論文・特許などが記載されている。

New Plant Breeding Techniques : State-of-the-art and prospects for commercial development

<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC63971.pdf>

※2 2011年9月にスペインのセビリヤで行われた会合の報告書
JRC Scientific and Technical Reports ” Comparative regulatory approaches

for new plant breeding techniques (Proceedings of September 2011 workshop)”

<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC68986.pdf>

※ 3 米国において、GMO としての規制を受けるかどうかの各種問い合わせに対して、回答した文書

http://www.aphis.usda.gov/biotechnology/reg_loi.shtml

参考文献

・European Molecular Biology Organization (EMBO) が出している学術誌
“Renegotiating GM crop regulation ~ Targeted gene-modification technology raises new issues for the oversight of genetically modified crops” (米国における GM 植物の規制の歴史や今回の NBT に関する議論について解説されている)

<http://www.nature.com/embor/journal/v12/n9/full/embor2011160a.html>

・Nature Biotechnology, Vol. 30, No. 3, March 2012

<http://www.nature.com/nbt/journal/v30/n3/abs/nbt.2142.html>

EU から出された NBT に関する最初の報告書に関連する論文や NBT に関する科学者の意見 (規制についても) 等が数報の論文の形で掲載されている。NBT に関する特集号的な扱いになっている。関係するタイトルは次の通り

Agnostic about agriculture

Exciting agbiotech traits continue global march

Confronting the Gordian Knot

Agbiotech 2.0

Tightening around transgenics

Deployment of new biotechnologies in plants breeding

・EU の EFSA (European Food Safety Authority から出された cisgenesis と intragenesis に関する考え方の報告

Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis

EFSA Journal, 2012;10(2) : 2561(33pp.)

http://www.efsa.europa.eu/en/efsa_journal/pub/2561.htm

コラム2 スタック品種

スタック/Stack(掛け合わせ)とは、2つ以上の異なる性質を導入した組換え作物を掛け合わせることによって、それら2つの性質を併せ持つように育種した組換え作物の総称です。害虫抵抗性遺伝子組換え作物と除草剤耐性遺伝子組換え作物を掛け合わせて得られ、これら複数の性質を備えた遺伝子組換え作物がスタック品種です。

米国農務省 (USDA) は 2012 年 7 月 3 日、全米農業統計局 (USDA-NASS) が調査した同年の米国の農作物の作付け状況を発表しました。そのうちスタック作物の占める割合をみると、2012 年度、トウモロコシの作付け面積全体の 15%は害虫抵抗性品種、21%が除草剤耐性品種、52%がスタック品種で、全体の約半分を占めました。ワタについては、14%が害虫抵抗性品種、17%が除草剤耐性品種、63%がスタック品種でした。ワタにおいても、スタック品種が作付け面積全体の半分以上となりました。

2010 年と 2011 年の大豆、トウモロコシ、ナタネ、ワタ、テンサイ、アルファルファの作付け面積を、付加された形質ごとに比較すると、スタック品種が 31%と最も高い増加率を示しています。スタック品種は遺伝子組換え作物の中で益々重要性を増しており、2011 年、スタック品種を栽培した国は 12 カ国で、そのうち 9 カ国が発展途上国での栽培でした。

スタック品種の環境影響評価は、掛け合わせる前の遺伝子組換え作物それぞれの審査に用いられた知見を基に行われます。相互作用といって、遺伝子を組換える前のそれぞれの作物の性質がより強く働くか (相乗作用)、妨げ合うか (拮抗作用) 等を検討し、掛け合わせる前の単一の作物と同程度の環境影響であることを確認しています。

食品としての安全性も同様に、それぞれの単一の作物と同程度であるかどうかを確認しています。

科学的な情報の読み方と伝え方

科学では、事実を正しく伝えることがとても重要です。そのため、科学的な文章では、内容を誤りなく伝えるためのルールや方法があります。ここでは、その基本やデータの見方を紹介します。

1. 科学的な文章の読み方

論文や報告書など科学的な文章の表現の基本を知っておくと、内容の理解に役立ちます。

(1) 科学的な文章とは、事実と意見を述べたもの

科学的な文章は、得られた事実や理論とこれらについての意見を述べたものです。この文章の特徴は、内容が事実と意見に限られていて、心情的要素を含まないということです。

科学的文章の条件に、①事実を正確に書くこと、②事実と意見を区別して書くこと、③自分の成果と他人の成果を区別して書くこと、があります。事実は客観的に認められるもの、意見は事実に基づく個人の見解で、個人の意見には、推論や判断や仮説などがあります。事実を正確に伝えるためには、範囲を限定したり、種々の条件をつけたりします。事実と意見を区別するために、意見は、語尾に「～と考える」、「～と推察する」のように書くのが基本です。また、事実や意見を裏付けるため、他人の成果を引用することも多いのですが、そのときには必ずその出所を明示します。

(2) 専門用語の扱い

科学では、多くの専門用語が出てきます。その用語を取り扱うときの注意点を以下にあげます。

①専門用語では、略語が頻繁に使われます。特に、医学用語に多いのですが、一般に

は通じません。例) 論文中の「GCA」はグルコキナーゼ(酵素の名前)の略。BSAは「ウシ血清アルブミン」。

②化学物質の名前には、国際的に定められた(IUPACの命名法)名前およびその日本語訳に加え、慣用名や一般名(商品名)も使います。聞き慣れた名前でも、使われないものもあります。

例) ナトリウム化合物をソーダと呼ぶが、使うのはカセイソーダ(水酸化ナトリウム)と炭酸ソーダ(炭酸ナトリウム)のみ。グルタミン酸ソーダ(グルタミン酸ナトリウム)は使わない。

③同じ専門用語でも、分野によって定義が多少異なることがあります。また、新しい用語では、定義が定まっていないものもあります。

例)「抗菌」という用語は、学術的に定義されておらず、業界ごとに基準を定めている。

2. 情報の信頼性の見極め方

資料や情報を集めるためには、インターネットによる検索、文献、インタビューなどがあります。いずれも、情報提供者の信頼性に十分配慮することが必要です。

(1) 情報の信頼性の判断

インターネットは、あらゆる情報を短時間で集めることができるため、頻繁に使われますが、内容の間違ひも多いので要注意。官公庁(ドメインが go.jp)や大学(ドメインが ac.jp)のものが比較的信頼できますが、すべてを鵜呑みにはできません(巻末の「詳しく知りたい方のために」を参照してください)。また、科学者がすべて正しいことを言っているわけではありません。専門外のことには詳しくない人や不正確な情報を信じて意見を述べる科学者もいます。極端な意見には注意し、複数の科学者から肯定意見や否定意見も聞いてから、総合的に考え、適切に判断することが必要です。

(2) 論文と学会発表は性質が違う

研究成果は、学会や論文で発表されますが、学会発表と論文発表は性質が異なりま

す。研究の成果は、論文にまとめ、雑誌に掲載されてはじめて認められます。多くの論文は査読されたのちに掲載されます。査読とは、掲載される論文の質を高めるために、編集者やその分野に詳しい査読者が、論文を読んで評価し、その論文の掲載が適当かどうかを判断することです。雑誌にはいろいろな種類があり、査読の厳しくないものや実質的には査読を行わないものもあります。研究内容の信頼性を判断するためには、雑誌の質への注意が必要です。学会誌なら基本的には問題がないでしょう。

研究成果を論文にする前後に多く行われるのが、学会などでの講演発表です。これは、成果を早く公表して最新の情報を提供することや広く研究成果の批判を仰ぎ、多くの研究者と交流して研究を進めることが目的です。学会発表の内容には、速報性はありますが、まだ研究途中のものも含まれます。

3. データの表し方

科学的文章には、事実を具体的に伝えるために数値や図表が使われます。これらには、客観的に正確に表すためのルールがあります。

(1) 数値には誤差がある

データを示す数値には、計算や測定の誤りやばらつきによる誤差が含まれます。数値を正しく表すために、計算や測定の誤りは検算や補正などを行います。また、データ数が少ないケースやばらつきの大きいデータは信頼できないので、複数のデータを集めて統計的処理を行い、最確値（もつとも確からしい値）と信頼度で示します。統計では、データの数をはっきりさせることが必要です。

(2) 検出限界以下は、ゼロではない

分析化学では、データを「検出限界以下 (N. D.: Not detected)」で示すことがありますが、これは「ゼロ」を意味するわけではありません。「検出限界」とは、検出できるかできないかの限界をいいます。検出限界以下とは、データが検出限界より小さく、分析できないということです。同様に、「定量限界」もよく使われます。これは、ある

分析においてデータが小さすぎたり大きすぎたりして、定量できない限界をいいます。

(3) 単位の表し方もいろいろ

科学的文章では、数値と同様、単位が頻繁に出てきます。単位は国際単位系 (SI) を使います。これは、7 つの基本単位とふたつの補助単位を組み合わせるものです。普段の生活では、SI 単位以外の単位も使われていて、こちらのほうがわかりやすいこともあります。たとえば、SI 単位では、温度は K (ケルビン) ですが、° C (摂氏) や ° F (華氏) も例外的に認められています。

かなり大きな値や小さい値には M (メガ:10⁶) や G (ギガ:10⁹) あるいは μ (マイクロ:10⁻⁶) や n (ナノ:10⁻⁹) といった接頭辞がつけられます。日常生活とかけ離れた値でも、科学では大きな意味を持つこともあります。

(4) ppm は割合を示す

農薬や食品添加物の濃度などを表すときによく使う ppm (ピーピーエム) とは、割合や比率を表す用語で、Parts per million の略です。ある量が全体の 100 万分のいくつかを示します。そのほか、ppb (ピーピービー:10 億分の 1) や ppt (ピーピーティー:1 兆分の 1) もあります。これらは、微量成分の分析などに使います。1 ppm は、長さでいえば 1 km のうちのわずか 1mm とごく少ない量を示します。少し大げさに ppm の数字が表現されていることもあります。使い方には要注意 (表 1)。

(5) 図表のルール

図 (グラフ) や表 (テーブル) は、結果を直接示し、科学的な文章では重要なものです。図表の書き方には、①縦軸や横軸など軸の説明をすること、②単位を統一すること、③対照のデータを忘れずに入れること、などのルールがあります。図表に示されるデータの総数や散らばりは、そのデータの信頼性を示します。

表1 単位の比較

ppm (100 万分の 1)	ppb (10 億分の 1)	ppt (1 兆分の 1)
1km の行程の 1mm	東京～下関の距離の 1mm	地球 24 周のうちの 1mm
甲子園球場のなかの	東京渋谷区の中	岩手県の中
1 枚の官製はがき	1 枚の官製はがき	1 枚の官製はがき
1 トン積みの小型トラ ックの中の 1g	10 トン積みの大型トラック 100 台に対しての 1g	10 万トン積みの大型タンカ ー10 隻に対しての 1g
1m ³ の家庭用風呂の中の 1ml	タテ 20m、ヨコ 50m、深さ 1m のプールの中の 1ml	同プール 1000 個に対する 1ml

農林水産省http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_tisiki/tisiki.html#kisol_1

4. リスクの示し方

食品や環境の安全性を考える上で、「リスク」という考えが重要視されています。

(1) リスクは悪影響のおこる確率

リスクとは、「ある行動に伴って、危険に遭う可能性や損をする可能性を意味する概念」と理解されています。どんな食品でも、食べ方や量が適切でなければ健康に悪影響を及ぼすことがあるし、有害な物質が含まれている可能性もあります。食の安全におけるリスクとは、食品を食べて悪影響の起る確率とその深刻さの程度をいいます。たとえば、毒性の低いものでも、量を摂りすぎればリスクは大きくなるし、毒性の高いものであっても摂取量がごく微量であればリスクは小さいといえます。リスクが小さいということは、安全性が高いことを意味します。

(2) リスクの考え方と示し方

リスクには、以下のような考え方や示し方があります。

① リスクとハザードは違う

ハザード（危険）は危害が存在するのかもしれないのかということ。リスク（危険性）

とは、ハザードにあう可能性です。いくら大きなハザードであっても、それが起こり得ないようなものであれば、リスクは小さくなります。

例) 毒キノコ：いくら毒性が強いといっても、食べなければリスクはない。

②リスクは相対的な概念である

リスクが大きいとかリスクが小さいというのは、相対的な概念です。リスクの大きさをわかりやすい数字などで示し、その事柄がどこにあるかを比較し、検討できるようにするとよいでしょう。

例) コンニャクゼリー：1億回、口に入れた場合に窒息する頻度を推計したところ、コンニャクゼリーは0.16～0.33、餅では6.8～7.6、飴類では1.0～2.7だった。食品安全委員会はコンニャクゼリーのリスクは飴玉程度と判断した。

③ゼロリスクは存在しない

ゼロリスクとは、全くリスクのないことです。食品添加物や農薬などで、しばしばゼロリスクを求められますが、ゼロリスクは存在しません。リスクのないことを科学的に証明することもできません。また、あるリスクを小さくすれば、別のリスクが大きくなることもあります。

例) 食塩：ふだん食べている食塩は、生体にも必要な物質。しかし、体重70kgの人が一度に200gも食べれば命を落としかねない。

④リスクとベネフィット

リスクがあっても、ベネフィット（利益）が大きければ、役立つことがあります。ある物質のリスクをクローズアップすると、そのベネフィットを享受している人に、不都合を負わせることにもなります。

例) サッカリン：約50年前、発がん性があるとメディアなどで大きく報道された甘味料。しかし、糖尿病患者にとっては、砂糖に替わる大切な甘味料だった。その後の調査で、安全性が認められた。

5. ADI (1日許容摂取量) の考え方

ADI (1日許容摂取量) は、食品や農薬の安全性などを評価するのに使われる値です。食品の安全を考える上で、とても重要です。

(1) 安全性の評価

食品の安全性の評価は、動物実験の値から人への影響を予測する「リスク」に基づいて行われ、「リスク分析」により安全性を判断しています。「リスク分析」は「リスク評価」、「リスク管理」および「リスクコミュニケーション」からなります。リスク評価とは、食品の安全性を科学的に評価することで、ADI を設定するのも、そのひとつです。食品添加物や農薬の使用基準は、ADI を超えないよう定められています。

(2) ADI は、食品添加物や農薬の使用基準

ADI とは、食品添加物や農薬などの物質について、毎日、一生涯とり続けても健康への悪影響が出ないと考えられる1日あたりの摂取量をいいます。一日あたりの量を、体重1kgあたりで示します(単位はmg/kg/day)。例えば、ADIが0.02mg/kg/dayとは、体重1kgあたり毎日0.02mgまでなら、一生涯摂取しても大丈夫であろうということです。

ADI は、それぞれの物質についてラットやマウスを用いて行った動物実験の結果から求めます。まず、最も感受性の高い実験動物に対して有害影響の生じない量、すなわち無毒性量 (NOEL) を求めます (図 6)。さらに、その数値に安全係数をかけて、ADI を求めます。通常は、安全係数を100分の1とします。これは、動物と人との種の違いを考慮して10分の1、さらに個人差を考慮して10分の1を乗じたものです。化学物質によっては、1000分の1とすることもあります。

ADI : 1日許容摂取量 = 無毒性量 × 安全係数 (1/100)

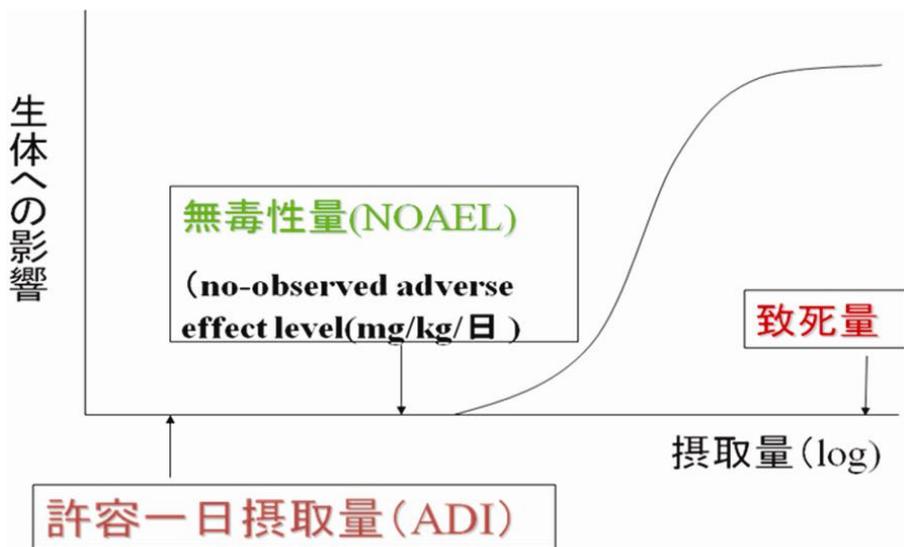


図6 摂取量と生体への影響の一般的な関係

詳しく知りたい方のために

参考サイト

- 遺伝子組換え技術について
 - もっと知りたい人のためのバイオテクノロジーQ&A
http://www.jba.or.jp/top/bioschool/seminar/q-and-a/motto_01.html
 - バイオテク情報普及会 遺伝子組換え技術の安全性
http://www.cbijapan.com/basicinformation/gm_safety.html

- 遺伝子組換え食品について
 - 厚生労働省 遺伝子組換え食品 Q&A
<http://www.mhlw.go.jp/topics/identshi/qa/qa.html>
 - 厚生労働省 遺伝子組換え食品の安全性 パンフレット
<http://www.mhlw.go.jp/topics/identshi/dl/h22-00.pdf>
 - 安全性審査の経路を経た遺伝子組換え食品及び添加物一覧
<http://www.mhlw.go.jp/topics/identshi/dl/list.pdf>

- 世界の研究開発の状況
 - バイオテク情報普及会
http://www.cbijapan.com/worldcontext/research_and_development.html

- 環境影響評価
 - 承認された遺伝子組換え生物一覧（農林水産省関係）
http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/c_list/index.html
 - バイオセーフティクリアリングハウス
<http://www.bch.biodic.go.jp/>
 - 環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室パンフレット
<http://www.bch.biodic.go.jp/cartagena/images/cartagena.pdf>

ご質問のある方へ

直接、専門家にご質問されたい方は、

筑波大学遺伝子実験センター長

鎌田博氏 (hkamada@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

大阪府立大学生命環境科学研究科 教授

小泉望氏 (nkoizumi@plant.osakafu-u.ac.jp)

独立行政法人農業生物資源研究所 遺伝子組換え研究推進室長

田部井豊氏 (tabei@nias.affrc.go.jp)

にご連絡ください。

NPO 法人くらしとバイオプラザ 21 に、ご連絡いただければ、専門家をご紹介します (bio@life-bio.or.jp)。

あとがき

2010年度、私たちは「メディアの方に知っていただきたいこと～遺伝子組換え作物・食品」(初版)を作成しました。小島正美氏(毎日新聞社)がメディアの立場から「“メディアガイドライン”のようなものがあると、誤った報道を繰り返さないで済んだり、専門家に確認しやすくなったりして便利だ」と言われたことにヒントを得て、自分たちで勉強したり調べたりしたことをメディアの方にも利用していただきたいと考え、作ったものでした。初版は増刷されたり、またホームページからダウンロードされたりして、メディアの方だけでなく、高等学校や大学の教材、学会のシンポジウムや生協の勉強会の資料、見学会の参考資料などとして広くご利用いただきました。増刷にご支援くださったり、この冊子を広く紹介して下さったりした企業、学会、メディアの方々のお陰でした。しかし、在庫もわずかとなり、改訂版を作成した次第です。

初版と改訂版の作成の過程で、私たちはいろいろなことを学びました。たとえば、除草剤耐性を持つ雑草や殺虫剤に抵抗性を持つ害虫の発生は、GM作物に特有のものではなく、従来の作物栽培と農薬の利用にも共通していること。生産者、研究者、開発者は、耐性や抵抗性の発生を遅らせるようにしながら、いかに栽培を進めるか、そのようなことを念頭におきながら、遺伝子組換え作物の開発、農薬や品種の研究を続けてきていたかを知りました。遺伝子組換え食品の安全性評価の考え方は、ヒトへの影響を前提としている医薬品、使用量(濃度)を限定して安全域を大きくとって効果があってもヒトには影響を与えてはいけない食品添加物、食べる人・使う人・環境・作物と4つの安全性を確認しなければならない農薬と、それぞれに異なっていること。

遺伝子組換え食品の安全性の考え方は、食経験を基にした「食品の安全とは何か」という議論が始まった歴史があり、その道のりにおいて整理されたもので、安全性評価の方法もこれらの工夫と努力を経て開発されてきたものです。

日本が世界で最も長寿の国のひとつとなっていることから、私たちが安全な食品を安定的に得ていることは明らかなのに、どのように農作物の品種がどのように開発され、栽培され、加工され、やがて私たちの食卓に届いているのかという、食や農業

の実態をほとんど知らずにいることも強く認識しました。

今回はそういう思いを込めて、「知っておきたいこと」とタイトルをつけました。私たちはこれからも、自らも調べ、専門家に尋ね、食材を選べる環境の豊かさに感謝しながら、私たちの食と農業について自分の問題として向き合っていきたいと思います。

この冊子の作成にあたり、多くの方々のご協力をいただきました。

ことに、

鎌田博氏（筑波大学遺伝子実験センター長）

田部井豊氏（独立行政法人農業生物資源研究所 遺伝子組換え研究推進室長）

には、何度も原稿を読んで頂きました。心から御礼申し上げます。

この冊子は皆様にご利用いただきながら、ご意見・お知恵をお寄せいただいて、育てていくものだと考えております。どんなに小さくても、お気づきのことがありましたら、お知らせいただきたく存じます。

～本冊子は、筑波大学形質転換植物デザイン研究拠点共同研究によって作成されました～

発行年月日 2013年2月17日

発行元

NPO 法人くらしとバイオプラザ 21

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-5-3 鈴屋ビル 8階

TEL 03-5651-5810 FAX 03-3669-7810

E-mail bio@life-bio.or.jp URL <http://www.life-bio.or.jp>



©NPO 法人 くらしとバイオプラザ 21 2013-02