

遺伝子組換え作物・食品編



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. 栽培のメリット → p6

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、28 カ国（2015 年）で栽培されています。その栽培面積は約 1 億 7,970 万ヘクタールで、日本の国土のおよそ 4.8 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 → p9

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る、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 → p10

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 → p12

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 → p12

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 → p17

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 → p19

GM 作物が普及しても、従来 of 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 → p22

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、人間の手が加わらない限り、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 → p23

除草剤を散布しても枯れない GM サイズの普及で、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 → p25

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。



写真：除草剤散布により雑草防除した除草剤耐性ダイズ畑（右）と、無除草のダイズ畑（左）

遺伝子組換え作物・食品編 解説

遺伝子組換え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. 栽培のメリット

GM 作物は 1996 年から 2015 年にかけて、その栽培面積は約 100 倍に拡大し、28 カ国（2015 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、2015 年の世界の GM 作物作付面積は約 1 億 7,970 万ヘクタールと日本の国土の約 4.7 倍にまで拡大しています（図 1-1）。栽培面積の多い国の上位 5 カ国は、米国、ブラジル、アルゼンチン、インド、カナダで、1,000 万ヘクタール以上です。続く中国、パラグアイ、パキスタン、南アフリカも、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 2,900 万トン（2015 年）で、そのうち、トウモロコシは 1,471 万トンでおおよそ半分にあたります。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 1,270 万トンの GM トウモロコシが

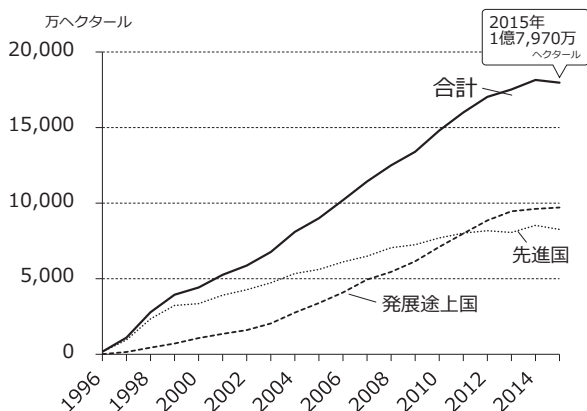


図 1-1 世界の遺伝子組換え作物作付面積の推移
(国際アグリバイオ事業団年次報告書 (2015) より作成)

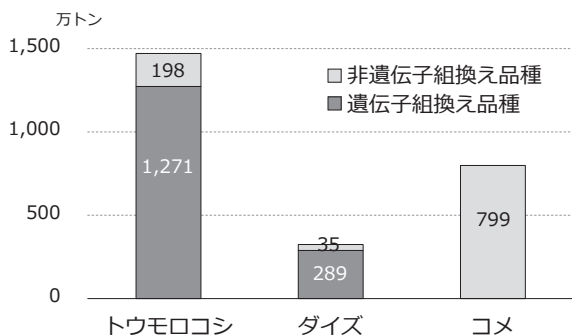


図 1-2 日本の年間穀物輸入量と遺伝子組換え作物の比率の試算および日本のコメの生産量
(財務省貿易統計、アメリカ農務省 Acreage(2015)、国際アグリバイオ事業団年次報告書 (2015)、農林水産省 作物統計より作成)

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になります。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9割が遺伝子組換え作物であると推定されました（図1-2）。

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、多くの人々が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。

(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。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。

参考：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

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る、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、モンサント社（米）、シンジェンタ社（スイス）、デュポン社（米）、BASF 社（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での種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. 遺伝子組換え技術とは

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。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。

参考：ジョン・F・ロス『リスクセンス』集英社新書,2001

(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（p33 コラム スタック品種 参照）

(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

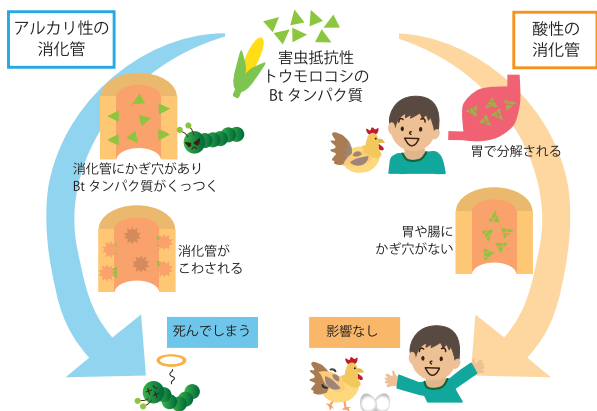


図 1-3 害虫抵抗性遺伝子組換え作物の作用

(出典：バイオテック情報普及会ホームページ <http://www.cbijapan.com/> を参考に作成)

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、アレルギー誘発性等を調べます。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。(p19 7. 遺伝子組換え作物は生物多様性を失わせるのか 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 食品の食経験は約 20 年ですが、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。

参考：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。

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 1-3、p24 参考：害虫抵抗性の GM 作物による環境影響 参照)

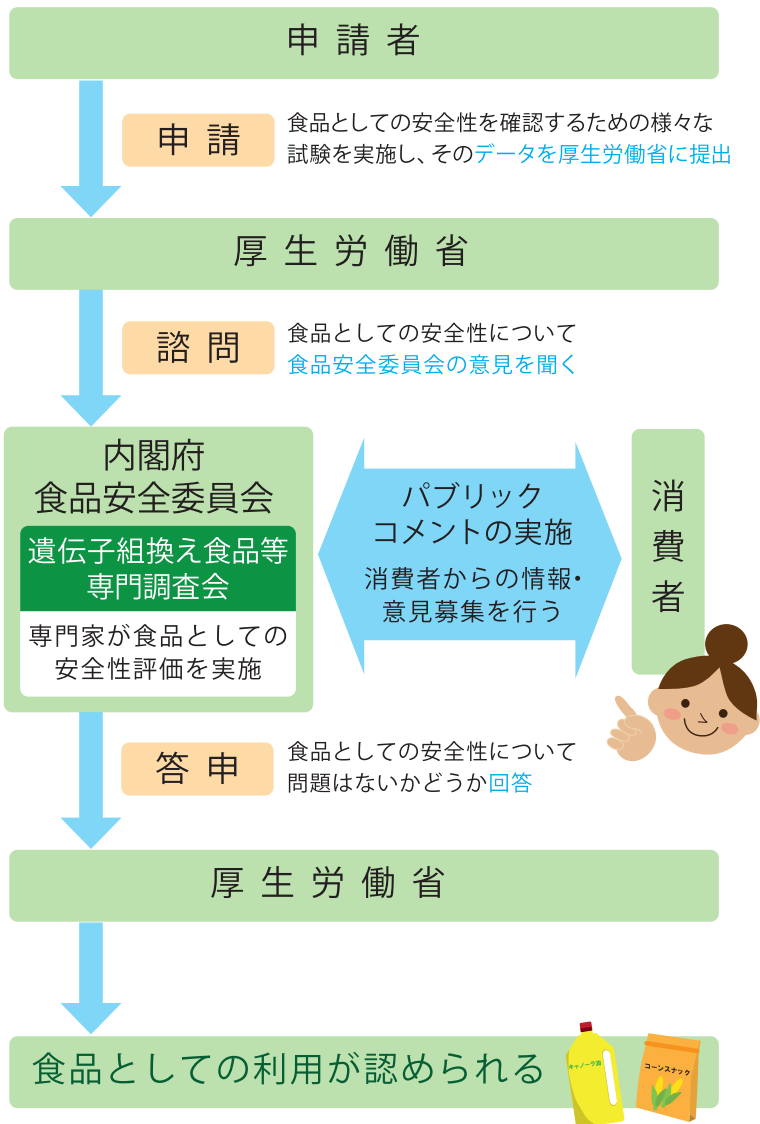
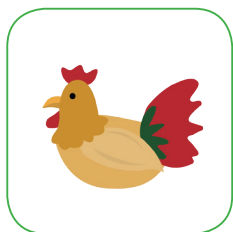


図 1-4 食品の安全性審査
 (出典：バイテク情報普及会ホームページ <http://www.cbijapan.com/>
 「遺伝子組換え Q&A」を参考に作成)

(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 1-4）。「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、2017 年 2 月現在、安全性審査を経た GM 食品は 309 品種、添加物は 25 品目あります。

参考：厚生労働省医薬食品局食品安全部「安全性審査の手続きを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/identshi/index.html



6. 遺伝子組換え食品の表示

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、表 1 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。



表 1-1 GM 食品の表示が必要な食品の一覧

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 | |
| 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>）

7. 遺伝子組換え作物は生物多様性を失わせない

(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 1-5）
- ・ 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。

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・生育場所などをめぐって競い合い、在来生態系へ進入し、影響を及ぼすおそれ

・ 成育の仕方や特性は、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 など



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

在来の野生種ろの交雑により、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が存在するか

・ 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 など



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、周辺の生息する他の植物や昆虫などに影響を及ぼすおそれ

・ 有害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 など



図 1-5 生物多様性への影響の評価

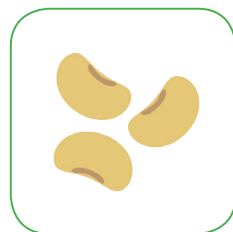
(環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室「ご存知ですか？カルタヘナ法」http://www.bch.biodic.go.jp/cartagena/s_05.htmlを参考に作成)

(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、遺伝子組換え生物等の第一種使用等（遺伝子組換え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。



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になります。

9. 除草剤耐性を持つ雑草

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事ができます。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。

・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。

・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帯を設置することと、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、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。

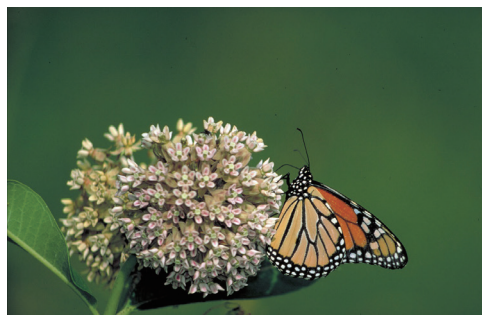
(3) 流通後の管理

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、競合の結果、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。



写真：トウワタの蜜を吸うオオカバマダラ

<寄稿> New Plant Breeding Techniques (NBT) をめぐる国際動向

品種改良において、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月に開かれた学会会議
(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会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 遺伝子実験センター長(2012年当時)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ますが、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 のメチル化によって新しい形質を導き出す手法

(5) Grafting (on GM rootstock)

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, 2012;1-(2)(33pp.)

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,pp1-6,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ない。

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、セルフクロー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、異種生物由来の外来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、異種生物由来の外来（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、外来（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る。

※ 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ア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

Deployment of new biotechnologies in plants breeding

<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 Toatoeing around transgenics

・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/efsajournal/pub/2561.htm>

コラム 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 2016 年 6 月 30 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。トウモロコシの作付面積の 92% が遺伝子組換え品種でした。内訳は害虫抵抗性のみの品種が 3%、除草剤耐性のみの品種が 13%、スタック品種が 77% で、スタック品種の割合が約 3 分の 2 となっています。ワタについては、作付面積の 93% が遺伝子組換え品種で、内訳は害虫抵抗性のみの品種が 4%、除草剤耐性のみの品種が 9%、

スタック品種が80%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約8割となりました。

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。

