

## 遺伝子組換え体利用飼料の評価とその利用

豊水正昭

東北大学 大学院農学研究科・動物栄養生化学分野

### はじめに

これまで遺伝子組換え飼料および飼料添加物の安全性についての検討は、「組換え体利用飼料の安全性評価指針」に基づき任意に行われていたが、農林水産省は2002年4月25日に農業資材審議会飼料分科会を開催し、遺伝子組換え体利用飼料の安全性審査を義務化することを認め、引き続き11月26日には「飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令」を改正した。これにより2003年4月1日より安全性審査の義務化が施行されるなど、遺伝子組換え体利用飼料原料に関する法規制は急速に整備された。今後、国内における遺伝子組換え体利用飼料の利用はますます拡大する方向にあると考えられる。本稿では、「遺伝子組換え体利用飼料は今後どう位置づけられていくか?」という問題について、「世界の遺伝子組換え農作物の栽培状況」、「遺伝子組換え飼料原料は必要か?」、「遺伝子組換え農作物とは」、「遺伝子組換え農作物の商品開発まで」、「遺伝子組換え体利用飼料の安全性はどのように確保されているのか?」等の角度から解説する。

#### (1) 世界の遺伝子組換え農作物の栽培状況 (図1)

遺伝子組換え農作物が本格的に販売された1996年における世界の遺伝子組換え農作物の作付け面積は170万ヘクタールであったが、2000年には4,420万ヘクタールと増えて、2002年には5,870万ヘクタールまで増加している(植物バイオテクノロジー・インフォメーションセンター, 2003)。この2002年の世界の遺伝子組換え農作物の作付け面積の内訳を農作物別のみと大豆が62%と最も多く、次いでトウモロコシが21%、ワタが12%、ナタネが5%である。国別内訳で見ると、米国が最も多く世界の作付け面積の67%、ついでアルゼンチンの23%、次にカナダ6%、中国4%である。飼料穀物の第1の輸入元である米国の作付け面積がいかに多いかがわかる。なお、米国農務省の農業統計部は、2003年における米国での遺伝子組換え大豆の作付け割合が、米国内で栽培される大豆の81%に達し、トウモロコシの場合40%とワタの場合

2003年11月25日受付, 2003年12月24日受理

73%にまでなったことを報告している(食品科学広報センター, 2003)。

では、わが国に輸入されている農作物のうち遺伝子組換え農作物の占める割合がどの程度であるか? これについてはまったく把握されていない状況にある。それは、米国では日本などからの要請がない限り遺伝子組換え農作物と非組換え農作物の区分流通管理を実施しておらず、食用油用の輸入穀物や飼料用の穀物にどの程度遺伝子組換え体が含まれているかが掌握できないからである。いずれにしても、今後さらに組換え農作物の割合は増加していくといわれている。そこで、まず遺伝子組換え農作物の必要性について論じる。

#### (2) 遺伝子組換え飼料原料は必要か?

##### 世界の穀物生産と食肉生産(豊水ら, 2002)(図2)

現在、世界人口は爆発的ともいえる増加を見せ、1999年に60億人を突破した人口は、今後50年でさらに30億人も増加が予測されている。総じて述べるなら、1950年から84年までの間の世界の穀物生産量は2.6倍に達し、この間の人口増(2倍弱)を上まわっていることになる。これまでの食糧増産は、一人当たりの耕地面積が減少したにもかかわらず、穀物の品種改良や化学肥料の使用、灌漑地の拡大などによる農業技術革新、いわゆる「緑の革命」によって成功を収めてきた。しかし、単収最大化のために開発されてきた技術による環境劣化も著しく、今では多くの点で限界近くに達しており、先進地域では一人当たりの耕地面積が減少しつづける分を相殺するだけの土地生産性の増加を維持することは極めて難しい状況にあるといわれている。それは、化学肥料、農薬の多投入、灌漑施設の増加によって環境の劣化が著しく、1980年代に入って先進国農業は単に生産量を増やすことよりも持続的な生産に切り換える方向に動いてきたからだ。

翻って食肉生産について考えてみると、家畜に給与している飼料作物は世界の穀物生産の約35%も占めており、世界の穀物生産の増加の年率を0.5%と仮定して、50年後の一人当りの食肉供給における充足率を計算すると、現時点の約70%程度になることが予想され、これ

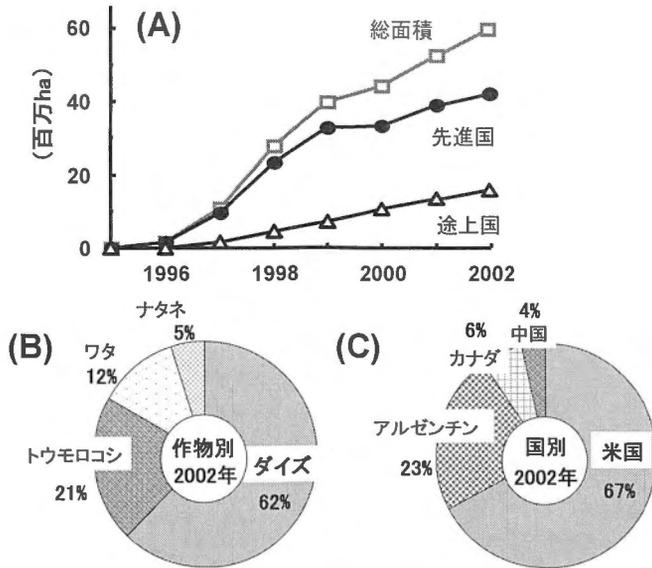


図 1. 遺伝子組換え作物の世界の作付け面積

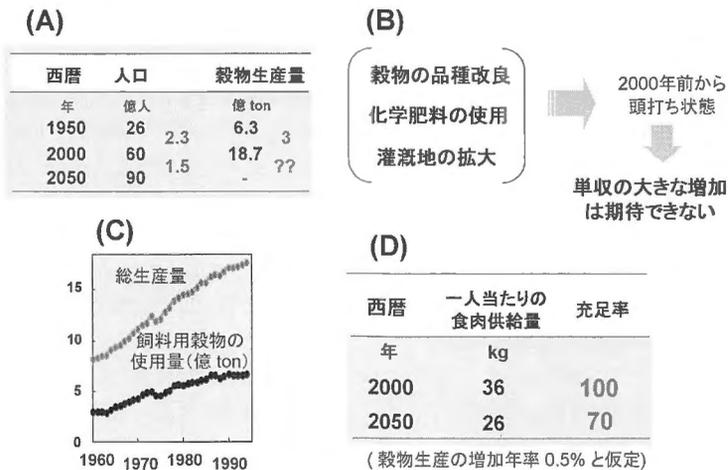


図 2. 飼料穀物と食肉生産の展望

までの技術とは異なる手法による穀物増産が必要である。

第二の緑の革命 (貝沼, 2002 ; 2003) (図 3)

現在、環境と生産の緑を守る「第二の緑の革命」が進行しており、その中心的技术がバイオテクノロジーと総合防除技術である。すなわち、耐病性、病害虫に対する抵抗性すなわち耐虫害性や、除草剤に対する耐性を持たせた第一世代の組換え植物、砂漠周縁部、塩類蓄積土壌、寒冷地域等の農業限界環境でも生育できる環境ストレス耐性を持たせた第二世代の組換え植物、さらには栄

養成分や機能を改良した第三世代の組換え植物を作ることにある。これらの技術は今後、地球規模での食糧供給に大きな役割を果たすことが期待されている。

遺伝子組換え農作物利用による環境に対する有効性

さらに、遺伝子組換え農作物の環境に対する有効性について、英国レディング大学の Phipps and Park (2002) は次のように強調している。通常、除草剤の使用にあたっては、作物への影響を避けるために、作物の発芽前に散布したり、生育中の作物にはかからないようにするなど、様々な制限がある。したがって、一度の散布で大

きな効果は期待できず、使用回数や種類は多くなりがちである。作物への影響を排除できる除草剤耐性作物では、最も効果的な時期に作物への影響を心配せずに散布できるため、除草剤の種類や回数は減少することになる。仮に、全世界レベルで除草剤耐性遺伝子組換え大豆を栽培すると除草剤の約10%を、トウモロコシでは30%を削減できる。欧州で栽培されるトウモロコシ、ナタネ、テンサイ、ワタの50%を遺伝子組換え品種に切り替えた場合、欧州での農薬の年間使用量は1,450万kg(有効成分に換算すると440万kg)削減でき、これにともなう農薬散布に要するディーゼル油の節減により、二酸化炭素の大気中への放出量を約73,000トン減らしうることになる。したがって、温暖化を招くと考えられているCO<sub>2</sub>濃度の上昇を、組換え農作物を利用することによって少しでも削減できる。このように穀物増産以外の

観点からも、遺伝子組換え農作物に対する期待は大きく、今後ますます普及されていくことが予想される。

(3) 遺伝子組換え農作物とは？

遺伝子組換え農作物のうち除草剤耐性が約7-8割を、害虫抵抗性が約1-2割を占めているといわれているが、その導入遺伝子の基本構成について簡単に解説し、合わせてこれまで組換え食品が問題となった事例とその顛末についても述べる。

a) 遺伝子組換え植物の作出法の原理(農林水産技術会議事務局, 2001)(図4)

1970年代後半に、アグロバクテリウム(植物の根っこにこぶを作ってしまう微生物)は自分の遺伝子を切り離して植物に送り込み、必要なアミノ酸を植物に合成させることが見い出され、この特性を利用した遺伝子導入法が初めて開発された。その後、確立された遺伝子導入法

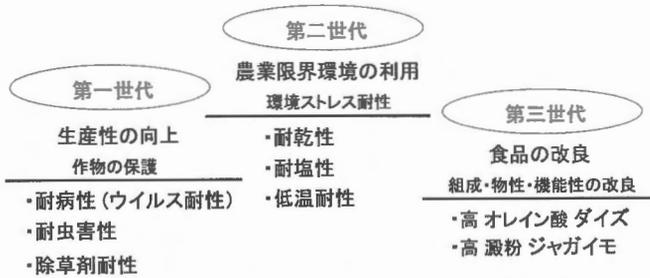


図3. 第二の緑の革命 —遺伝子組換え植物の誕生—

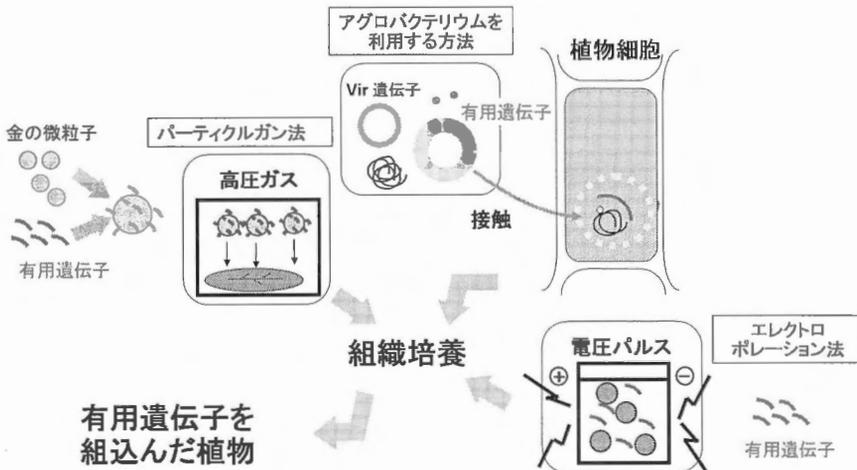


図4. 遺伝子組換え植物の作出法 —組換えDNA技術例—

として、有用遺伝子を金の微粒子にまぶして、高压ガスと火薬により組織に打ち込むパーティクルガン法、あるいはプロトプラストと有用遺伝子を浮かべた溶液に電流を流して遺伝子を移入するエレクトロポレーション法などがある。いずれも細胞や組織に目的の遺伝子を導入後、それを培養して遺伝子組換え植物を作出することになるが、目的遺伝子の発現制御にはカリフラワーモザイクウイルス (CaMV) 35S プロモーターなどが用いられる。なお、配合飼料の主原料であるトウモロコシや大豆はアグロバクテリウムに感染しにくく、遺伝子導入にはパーティクルガン法やエレクトロポレーション法が用いられている。

・害虫抵抗性植物 (Watson *et al.*, 1992) (図 5) : 導入された害虫抵抗性の Bt (*Bacillus thuringiensis*, バチルス・チューリンゲンシス) 毒素遺伝子が発現している植物は害虫の幼虫に対して殺虫性を示す。Bt 結晶性タンパク質は 1178 のアミノ酸からなる殺虫性の毒素で細菌のプラスミドにコードされている。完全長の結晶性タンパク質遺伝子は形質転換植物においてほとんど発現しないことから、殺虫性に関与するアミノ末端部分をコードする遺伝子を挿入対象として、アミノ酸をコードする遺伝子を植物の最適コドンにあわせるなどの工夫を加えた遺伝子を発現ベクターに組み込んで、害虫抵抗性植物を作出する。

・除草剤耐性 (Watson *et al.*, 1992) : EPSPS (5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase) は、植物における芳香族アミノ酸の合成酵素で除草剤ランドアップの有効成分グリホサートによって阻害される。グリホサート抵抗性の細菌の EPSPS をコードする遺伝子を発現ベクターに組み込んで除草剤耐性作物を作出する。なお、植物の EPSPS は細胞質で合成され葉緑体に運搬されるので、トランジットペプチドをコードする断片と細菌の EPSPS をコードする配列とを結合したキメラ遺伝

子が構築されている。

b) 遺伝子組換え食品が問題になった事例

・組換えジャガイモ (レクチン遺伝子) : 英国ロウェット研究所のバズタイ博士は 1998 年 8 月 10 日テレビの番組において、GNA レクチンタンパク質を作る遺伝子を導入した遺伝子組換えジャガイモをラットに食べさせた結果、一部のラットに免疫力の低下や発育阻害がみられたと公表した。その後、医学雑誌 *Lancet* (1999) にコメント付きで掲載された論文 (Ewen and Pusztai, 1999) では、GNA レクチン遺伝子導入ジャガイモを給与したラットの胃、小腸、大腸の各粘膜層の厚さが、非組換えジャガイモや GNA タンパク質を含む非組換えジャガイモ給与のものとは異なることが述べられている。しかし、各実験区のジャガイモ系統間の栄養組成の違いが不明な点、動物検体数が十分ではないことや実験の目的からタンパク質欠乏条件下は望ましくない、などといった批判が加えられており、公表された内容は科学的根拠に乏しいと結論されている (Enserink, 1999)。

・Bt トウモロコシ (害虫抵抗性) のオオカバマダラの幼虫への影響 : 米国コーネル大学の Losey *et al.* (1999) は、科学誌 *Nature* に遺伝子組換えトウモロコシがチョウに被害を及ぼす恐れがあることを報告した。彼らは、Bt 遺伝子を組み込んだトウモロコシの花粉を付けた 'とうわたの葉' を摂取したオオカバマダラの幼虫の生存率は、通常の花粉を付けた 'とうわたの葉' を摂取した幼虫より有意に低下することを例証し、オオカバマダラの種の保存に問題が生じることを示唆した。しかし、実験は、オオカバマダラの幼虫に選択の余地が無く、Bt トウモロコシの花粉を付けた葉のみの摂取実験であること、実際の自然環境下とも異なると批判された。というのは、自然条件下では、オオカバマダラの幼虫は主に 'とうわたの葉' を摂取しているが、'とうわた' は大量のトウモロコシの花粉に曝される距離には生育しないこ

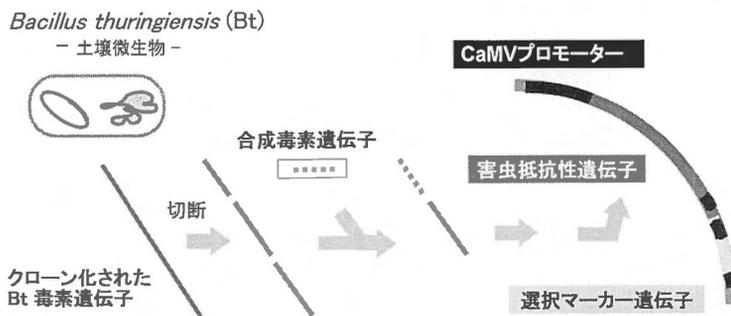


図 5. 害虫抵抗性植物の作出例

とや、さらに大半のオオカバマダラの幼虫はトウモロコシの花粉がまだ出現していない時期に‘とうわたの葉’を摂取すると考えられているからだ。その実験結果だけで野外のオオカバマダラの種の保存のリスクについて結論を導くのは不適切であるとの一定の見解が得られている。

・スターリンクトウモロコシが引き起こした混乱（石井宏一，2002；食品科学広報センター，2003；植物バイオテク・インフォメーションセンター，2003）：環境保護団体などの市民団体が、米国内で飼料として承認された害虫抵抗性（Bt）トウモロコシ品種（スターリンク）の組換え体がタコス・シェルから検出されたとし、2000年9月下旬に製造元と米食品医薬品局（FDA）に回収を求めた。米国内では、スターリンクに発現するCry9Cタンパク質は酸や酵素により分解しにくく、熱に安定であること等から、ヒトについてはアレルギー反応が未知であると判断され、食品用としては認可されていなかったからだ。そのほぼ一カ月後、日本国内においても市販トウモロコシ加工品からスターリンク（日本国内では食用・飼料用ともに未認可）由来の原料が含まれているとの消費者団体の調査結果が得られ、厚生省では、翌年4月に予定されていた「安全性審査の義務化」をにらみ当該製品の販売自粛を指導するとともに原料までの遡り調査の実施を指示した。その結果、当該加工品は国内で加工されたもので、原料はその1月に米国から輸入されたものであることが判明した。一方、農林水産省では、スターリンクトウモロコシの家畜への給与試験を行ない、その結果、例えばブロイラーでは、スターリンクを給与しても発育成績や健康状態に影響は認められず、また畜産物への組換えDNA及びCry9Cタンパク質の移行も認められなかったことを確認している。

(4) 遺伝子組換え農作物の商品開発と安全性評価 — 遺伝子組換え農作物が商品化されるまで—（食品科学広報センター，2002，2003；貝沼圭二・日野明寛，2000）

遺伝子組換え技術を利用した生産品は、国際的にほぼ同じ内容で、安全性評価の実施と国による安全性の確認が行われている。それは、遺伝子組換え技術の実験室における取扱を定めた「組換えDNA実験指針」（平成14年1月31日付け文部科学省告示第5号）から、国際的な検討を通して構築された遺伝子組換え技術を利用した生産品の商品化の際に必要な安全性評価のシステムまでが含まれる。農林水産省は2002年4月25日、農業資材審議会飼料分科会を開催し、遺伝子組換え飼料の安全性審査を義務化することを確かめ、2003年4月1日より安全性審査の義務化が施行されるにいたっている。これは、遺伝子組換え食品の安全性審査の法的義務化に呼応

した当然の措置と考えられる。実験室レベルから飼料原料になるまでの間に確認されるべき安全性のチェック項目は、実験室レベルから食品の場合にほぼ等しくあるべきであるからだ。近年、遺伝子組換え食品の開発や実用化は国際的にも急速に広がってきており、今後さらに新しい商品開発が飛躍的に進むことが予想される。ここでは、「食品や飼料の安全性審査や環境リスク評価」のための新規制を含めて、2003年11月時点における現状について述べる。

a) 遺伝子組換え食品の安全性評価：これまで、組換えDNA技術応用食品及び添加物については、2001年4月1日より安全性審査が義務化され、厚生労働省が、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品衛生バイオテクノロジー部会を開催して、組換えDNA技術応用食品・食品添加物の安全性審査基準に基づいて審査を行ってきた。なかでも「実質的同等性」は、食品の安全性評価の最も基本的な考え方となる概念で、「導入された遺伝子の特性が良く分かっていて、元の食品と実質的に同程度に無害であるという科学的な確信が持てる場合には、その組換え体の安全性は元の食品と同等と考えられる」というものである。さらに、当該植物が同等性を失っていないと判断したうえで、組換え体の利用法、宿主やベクター、挿入遺伝子や遺伝子産物、組換え体に関する各事項の基準に沿って、当該食品は審査される（図6）。なお、遺伝子組換え農作物に関する実験データの一例として、除草剤耐性大豆の詳細な分析結果が米国の科学誌Journal of Nutritionに掲載されているので、興味のある方はこれを参考にされたい（Padgett *et al.*, 1996；Hammond *et al.*, 1996；Harrison *et al.*, 1996）。2003年7月1日には、食品の安全性確保に関する新しい法律「食品安全基本法」が施行され、食品のリスク評価は、内閣府に設置された「食品安全委員会」が行うこととなり、リスク評価とリスク管理は明確に分けられた。これは、食品安全委員会は独立した立場で、科学的、客観的に

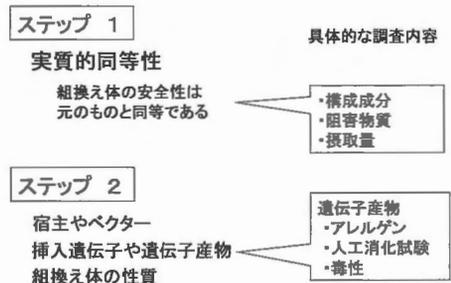


図6 遺伝子組換え農作物の安全性評価のステップ

スク評価を実施し、厚生労働省が、食品安全委員会のリスク評価に基づいて、必要な施策を策定し、リスク管理を行うためである。なお、そのリスク管理が適切か否かについて、食品安全委員会は監視することをも担う。したがって、これまでリスク評価を行ってきた食品衛生バイオテクノロジー部会や組換え DNA 技術応用食品安全評価調査会は、廃止され、食品衛生分科会組織は変更された。

b) 遺伝子組換え農作物の環境リスク評価：環境リスク評価は、これまでも「農林水産分野等における組換え体利用のための指針」に沿って行われ、まず開発者が環境に影響を与える可能性について科学的知見に基づいたリスク評価を行い、国がその内容の正当性を確認していたが、2003年6月18日に「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」が公布され、遺伝子組換え生物の利用にあたっては、この新法の下で法的に義務化されることになる。なお、この法律は、バイオセーフティに関するカルタヘナ議定書（生物の多様性を確保する目的で、遺伝子組換え生物が生物多様性へ与える影響への配慮とその管理ならびに輸出入の際の措置に関する国際的なルールなどを定めたもの）の実施にあたって必要な国内措置について定めたもので、日本がこの議定書に批准してから施行されことになる。

c) 遺伝子組換え体利用飼料の安全性審査（図7）：これまで遺伝子組換え体利用飼料および飼料添加物の安全性については、従来「組換え体利用飼料の安全性評価指針」に基づき任意で行われていたが、農林水産省は、2002年4月25日に農業資材審議会飼料分科会による遺

伝子組換え飼料の安全性審査の義務化を確認し、つづいて11月26日に「飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令」を改正した。これにより2003年4月1日より安全性審査の義務化が施行されるにいたった。これまで、遺伝子組換え飼料38品種および飼料添加物4品目について、審議され安全性が確認されている。なお、飼料の流通実態から意図せざる混入は避けられないことを考慮して、国内において安全性がまだ確認されていない遺伝子組換え体利用飼料でも、日本と同程度の安全性審査の制度を持っている外国の審査によって安全性が確認されていれば、混入率1%以下であれば許容するとしている。

## おわりに

遺伝子組換え体の検知技術の開発（食品科学広報センター、2002、2003）

遺伝子組換え食品や飼料の表示に関する法規制は、国によっては大きく異なる。日本においては、農水省では消費者に情報を提供する目的でJAS法に基づき、厚生労働省では食品衛生法に従い、2001年4月から安全性が確認された遺伝子組換え食品の表示を義務付けた。例えば、遺伝子組換え食品の表示には「遺伝子組換え」（表示義務）、「遺伝子組換え不分別」（表示義務）、および「遺伝子組換えでない」（任意表示）の三通りがあり（貝沼圭二・日野明寛、2000）、この遺伝子組換え食品の表示の監視及び検証は、「遺伝子組換えでない」（任意表示）または記載の無いもの場合、その原料となる大豆やトウモロコシの分別生産流通管理（IPハンドリング）がなされている旨の書類によって確認され、意図せざる混入の許容値を5%としている。なお、遺伝子組換え体利用飼料の場合、表示は義務化されていない（現在輸入されているトウモロコシや大豆などの飼料穀物の多くには遺伝子組換え体が含まれていると考えられる）。

一方、米国やカナダをはじめとする組換え農作物開発推進国では、遺伝子組換え体の栄養成分等が従来のものと比較して明らかに異なるなど、消費者にとって危険性が想定されたり、アレルゲンが含まれる場合に限って表示が義務付けられている。これに対して、EUの新規制（7月22日付け、プレリリース）下では、遺伝子組換えに由来するDNA、またはタンパク質が最終製品中に存在するか否かにかかわらず、遺伝子組換え体から生成されたすべての食品や飼料に表示が義務付けられることになり、これまでは表示する必要がなかった大豆油やトウモロコシ油のような加工食品や食品添加物、さらに遺伝子組換えトウモロコシや大豆粕、それらを含む配合飼料にその義務が課せられる。なお、承認済みの組換え体の

### 農林水産省

平成8年

「組換え体利用飼料の安全性評価指針」に基づく実質的同等性などの品種・飼料・添加物ごとの任意な審査

平成14年4月25日

農業資材審議会飼料分科会における「安全性審査の法的義務化」の確認

平成14年11月26日

「飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令」の改正

平成15年4月1日

「安全性審査の法的義務化」による未審査の遺伝子組換え飼料の輸入・販売の法的な禁止

図7. 遺伝子組換え体利用飼料の安全性審査に関するこれまでの経緯のポイント

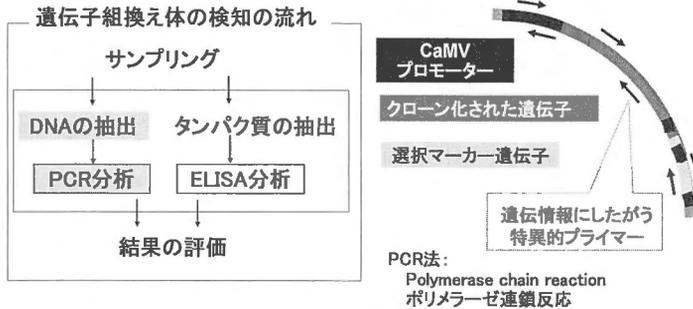


図 8. 食品・飼料原料，加工食品中の組換え作物の検知

「意図せざる混入」による表示不要範囲の上限は、0.9%である。また、EU 未承認の遺伝子組換え原料であっても、科学的なリスク評価により安全性が確認されている組換え体であれば、技術的にその混入が不可避的である場合に限り混入率 0.5% まで 3 年の猶予で流通が認められることになる。

このように、遺伝子組換え食品や飼料の表示や混入率の問題一つをとっても世界各国でさまざまな規制が布かれている。いずれにせよ、今後一層、分別生産流通管理の監査や、食品や飼料原料の品質保証のための科学的検証は重要になってくる。これまで国内では、DNA やタンパク質を PCR 法や ELISA 法による遺伝子組換え体の同定法や定量法が食品総合研究所・国立医薬品食品衛生研究所・民間分析機関などで開発され（松岡 猛・日野明寛，2001），その手法が「組換え DNA 技術応用食品の検査方法」として定められている（図 8）。

しかし、法的に利用が禁止されている（未認可の）遺伝子組換え体や現在開発途上にある組換え体の検知はきわめて難しく、それらの飼料原料への混入を円滑に検証していくためには、今後、さらに高度な分析技術の開発はもとより、遺伝子組換え農作物の開発者側から遺伝子配列などの情報公開が強く望まれる。現に、上述の EU 新法では検出方法を提出することを求めており、組換え農作物の流通実態をつかむための策は、幾重にも監視体制を整え、特に未認可の組換え体の排除に積極的であるべきである。

ワシントン州立大学の Von Wettstein *et al.* (2000) は  $\beta$  グルカナーゼ遺伝子を組み込んだ麦芽を大麦主体の飼料に添加した結果、大麦由来のグルカンによる粘性が緩和し、飼料の利用性が上がったことを報告している。また可食藍藻に多種の消化酵素遺伝子を組み込み、飼料の利用性を図るとの発想のもと、藍藻スピルリナへの安定した遺伝子導入法の開発が当分野研究室でも試みられている（Toyomizu *et al.*, 2001）。今後、商品化される組

換え体の種類も多様化し、消費者や家畜生産者のベネフィットや家畜の健康維持につながる、万人に等しく利用価値のある遺伝子組換え体利用飼料がさらに考案されていくことが予想されるが、ここで創製される遺伝子組換え体利用飼料の安全性審査やその管理体制が、より一層強化されることが必須である。

## 謝 辞

本稿は、日本家禽学会 2002 年度秋季大会（於：宇都宮大学）において講演した内容「遺伝子組換え飼料原料の評価と利用」に最新情報を付加してまとめたものである。講演にあたって、独立行政法人 食品総合研究所 日野明寛博士には全般的に多大なご助言と貴重な資料の提供を、また、東北大学大学院 農学研究科 金山喜則博士には遺伝子組換え農作物の作出技術に関するご意見や説明を、それぞれ頂きましたことに謝意を表します。また、本稿を審査いただいた審査委員には適切な助言を頂きましたことをここに明記し、感謝の意を表します。

## 引用文献

- Enserink M, The lancet scolded over Pusztai paper. *Science*, 286 (October 22) : 656. 1999.
- Ewen SWB and Pusztai A, Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet*, 354 : 1353-1354. 1999.
- Hammond BG, Vicini JL, Hartnell GF, Naylor MW, Knight CD, Robinson EH, Fuchs RL and Padgett SR. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and daily cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *Journal of Nutrition*, 126 : 717-727, 1996.
- Harrison LA, Bailey MR, Naylor MW, Ream JE, Hammond BG, Nida DL, Burnette BL, Nickson TE, Mitsky TA, Taylor ML, Fuchs RL and Padgett SR. The expressed protein in glyphosate-tolerant

- soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. Starin CP4, is rapidly digested in vitro and is not toxic to acutely gavaged mice. *Journal of Nutrition*, 126 : 728-740, 1996.
- 石井宏一. 図解バイオビジネスのしくみ. 182-187 頁, 東洋経済新報社. 東京. 2002. 食品科学広報センター, 2002, 2003.
- 貝沼圭二. 健やかさの創造を目指して先端科学・工学のフードデザイン戦略への展開 ①生命科学・工学とその応用. *フードデザイン* 21 : 412-418 頁. サイエンスフォーラム株式会社. 東京. 2002.
- 貝沼圭二. イネゲノムの解読と遺伝子組換え食品 *Food & Food Ingredients Journal of Japan*. 208 : 679-682, 2003.
- 貝沼圭二・日野明寛. 遺伝子組換え食品. *日本家政学会誌*, 51 : 81-90. 2000.
- Losey JE, Rayer LS and Carter ME, Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399 (May 20) : 214. 1999.
- 松岡 猛・日野明寛. 遺伝子組換え体の検知技術の開発の現状. *研究ジャーナル*, 24 : 28-33. 2001.
- 農林水産省 農林水産技術会議事務局. ぐらしのなかのバイオテクノロジー. 9-14 頁 農林水産省 農林水産技術会議事務局技術安全課. 2001.
- Padgett SR, Tayoar NB, Nida DL, Bailey MR, MacDonald J, Holden LR, Fuchs RL. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *Journal of Nutrition*, 126 : 702-716. 1996.
- Phipps RH and Park JR, Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 11 : 1-18. 2002.
- 植物バイオテク・インフォメーションセンター, 海外情報データ集, 2003. <http://www.pbic.jp/abroad/grow/data.html>
- 食品科学広報センター, ニュース, 2003. <http://www.fsic.co.jp/bio/index2.html>
- Toyomizu M, Suzuki K, Kawata Y, Kojima H and Akiba Y, Effective transformation of the cyanobacterium *Spirulina platensis* using electroporation. *Journal of Applied Phycology* 13 : 209-214. 2001.
- 豊水正昭・寺田文典・秋葉征夫. 世界の食肉生産の展望と限界—穀物資料資源の有効性の観点から—. *畜産の研究*, 56 : 373-380. 2002.
- Watson JD, Gilman M, Witkowski J and Zoller M. ワトソン・組換え DNA の分子生物学. 第 2 版. 丸善株式会社. 1992.
- von Wettstein D, Mikhaylenko G, Froseth JA and Kannangara CG, Improved barley broiler feed with transgenic malt containing heat-stable (1,3-1,4)-beta-glucanase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 97 : 13512-13517. 2000.