

第23回報農会シンポジウム「植物保護ハイビジョン—2008」

— 遺伝子組換え作物の現状と課題 —

遺伝子組換え作物の行政の推進方向

農林水産省農林水産技術会議事務局 横田 敏恭

本年のテーマ「遺伝子組換え作物の現状と課題」の一番目の講演として、最近急激に栽培面積の拡大している遺伝子組換え（GM）作物の現状を踏まえた上で、わが国の行政として対処すべき方向について述べられた。内容は七つのパートからなっている。

1. 海外の動向：最近の10年間に世界のGM作物栽培面積は4倍近くに拡大し、商業的栽培国数23で計1億1430万haになっており、日本の耕地面積の25倍に匹敵する。

2. 輸入の状況：わが国にとって飼料用として重要なトウモロコシと加工用食品原料として重要なダイズの輸入について見ると、米国からが圧倒的に多く、輸入量のそれぞれ93.5%、79.9%となっている。そして、米国でのGMトウモロコシ、GMダイズの栽培面積に占める割合は73%、91%である。このような状況からわが国に相当量のGM作物が輸入されて、何らかの形で国民が実際に消費しているのが現状である。さらに、人口増加などによる世界の食料逼迫を考えて、国民のGM作物に対する認識が変化しつつある。その例として、一部生活協同組合のGM作物容認への方針転換が挙げられる。

3. アンケート結果：GM作物の研究開発目的の実験栽培および商業栽培に対する年代別アンケート調査では、全国在住調査モニターによる結果はどちらの栽培に対しても類似しており、トータルで4割が容認、1割強が反対であった。そして、20代、30代の人で容認の割合が高かった。一方、GM作物に関するコミュニケーションに参加した人に対するアンケート結果ではGM作物商業栽培容認が6割であり、反対は1割強であった。GM作物に関心の高い人では容認率が高いが、反対する人は常に1割強存在することがわかる。

4. 遺伝子組換え農作物等の研究開発の進め方：安全性は世界的ルールによって担保することを前提に、GMを品種改良の一技術として消費者及び生産者のニーズにあった重点分野の研究開発を積極的に支援する。それには、産官学を結集した研究推進と開発への円滑・迅速な橋渡しシステムを構築する必要があり、また、研究課題ごとの工程管理を実施する必要がある。研究課題としては、わが国でのイネゲノム研究成果を踏まえた、複合病害抵抗・多収イネ、乾燥耐性イネ、機能成分高蓄積イネの研究開発が挙げられる。

5. 新農業展開ゲノムプロジェクト：イネゲノム研究をさらに深化させ、GM技術によって将来の食料、環境、エネルギー問題解決に結び付く画期的作物開発に取り組む。そのために5年間に200億円の予算を考えている。視野に入れている作物は、食料に関しては複数の病害虫に抵抗性を備えたイネと劣悪環境でも生育可能な作物であり、環境に関してはバイオリメディエーションに使用できるカドミウム高吸収イネなどであり、エネルギーに関しては超多収やエタノールへの転換成分の含有量の高いバイオマス作物である。

6. 農林水産省において取り組むコミュニケーション活動：GM農作物に対する正確な

情報をステイクホルダー間で共有してもらおうことが、GM作物に対する不安を取り除き、GM作物が広く受け入れられるために不可欠であることを認識し、大規模、小規模のコミュニケーション活動を継続する。

7. 我が国のバイオテクノロジー（BT）の推進について：現在、地球規模で問題となっている課題に直面しているが、わが国ではBT分野における実用化が国際的に遅れている。諸問題解決に貢献できるBTの活用を進めるべく、BT戦略推進官民会議を開催して「ドリームBTジャパン」を取りまとめた。その中の3つの柱は、創造的研究開発によるフロンティア開拓の加速化、新技術の開発の加速と社会への迅速な普及、国民理解の促進である。（抄録：河野義明）

遺伝子組換え作物の栽培の現状と研究開発

農業生物資源研究所・遺伝子組換え研究推進室 田部井 豊

講師は農水省において遺伝子組換え作物の開発研究に最も早くから携わり、環境安全性評価についても豊富な経験をつまれ、本分野全体を総括・展望できる専門家である。

遺伝子組換え作物が最初に米国で実用化されてから15年になる現在、その世界栽培面積は増加の一途をたどり、今日では日本の国土の3倍に相当する面積で栽培されているのが現実である。医薬品および食品加工の分野では遺伝子組換え微生物が実用的に広く利用されており、近年は人工多能性幹細胞への開発の見通しも得られ、今後さらに順調な発展が期待されている。しかし、遺伝子組換え農作物についてはこのように利用が激増している現実にもかかわらず、消費者の安全性にたいする不安から根強い慎重論がある。本講演では、これら組換え作物開発・利用の国際情勢を総括し、その問題点と今後の方向について解説がなされた。

① 遺伝子組換え作物栽培の世界の動向

作物別栽培面積では、ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネの4作物で組換え農作物栽培面積のほぼ100%を占めている。なお、各国における遺伝子組換え作物の栽培面積等については、講演要旨集の中に示されているのでここでは割愛する。

また、商品化された組換え作物の特性は、ダイズでは除草剤耐性、トウモロコシおよびワタでは除草剤耐性＋害虫抵抗性の複合特性であり、近年はこのように複合特性を備えた組換え作物が増加する傾向にある。米国では組換え作物の栽培比率が現在すでにダイズで92%、トウモロコシで80%、ワタでは86%に達していることに注目せねばならない。

② 遺伝子組換え作物をめぐる日本の現状

日本における組換え作物利用の要件は、まず食品または飼料としての安全性が食品衛生法および飼料安全法をそれぞれ満たし、このほか生物多様性影響の確認である。生物多様性については2004年以降いわゆるカルタヘナ法に準拠して影響評価が行われている。現在これらの要件を備えて商業利用可能な組換え作物はダイズ、トウモロコシなど8作物がある。

現在日本では組換え作物の商業栽培は行われていないが、大量の飼料などは分別されな
いまま海外から輸入されている。輸出国での組換え作物の栽培比率による 2007 年の推定で
は、すでに米国から 293 万トン、ブラジルから 26 万トンの組換えダイズがわが国に輸入さ
れている。同様な推定では組換え作物として 949 万トンのトウモロコシ、166 万トンのナ
タネ、4.8 万トンのワタが輸入されていることになる。

③ 遺伝子組換え技術にかかわる研究開発の今後の方向

近年の新しい遺伝子組換え技術としては、ウイルス病抵抗性パパイヤ、抵抗性誘導機構
を利用した複合病害抵抗性イネなどに見られる耐病性作物の作出があげられる。

このほか機能性作物としてのねらいで特定の有用成分含量を高めた高オレイン酸ダイズ、
高リジントウモロコシ、高ビタミン A コメ（ゴールデンライス）も注目されている。経口
摂取できるワクチン成分を生産させた組換え作物、高血圧症、高コレステロール症、高血
糖症および花粉アレルギー症に対する健康機能性をもつ遺伝子組換え作物のほか医薬成分
を組換え作物で効率的に生産する技術開発がさかんである。

さらに耐乾性、耐塩性などいわゆる環境ストレスに耐性をもつ作物を遺伝子組換えで作
ることも急がれている。また過度の化石燃料へのエネルギー依存を脱却するべく植物バイ
オマスの生産効率を高める遺伝子組換えも期待されている。

④ おわりに

組換え作物栽培の急速な拡大は否定できない世界の潮流となった。しかし、これら先端
的農業技術の適用による生産性向上にもかかわらず、昨今は世界の食糧確保の将来にかげ
りが生じている。とりわけ食糧自給率の極度に低い日本にあつては、組換え作物の利用に
関してさらに十分な論議と理解が迫られている。 (抄録：永田 徹)

輸入港周辺におけるセイヨウナタネ個体群の生態調査の結果について

農業環境技術研究所 松尾 和人

セイヨウナタネ陸揚げ港である日本の鹿島港周辺において 2004 年 4 月から 2005 年 12
月にわたって除草剤耐性遺伝子組換え (GM) セイヨウナタネを含む雑草化したセイヨウ
ナタネの分布調査を継続的に行い、鹿島港周辺における個体群の発消長やその開花の実
態を明らかにするため、生物多様性影響について検討した。

我が国では、ナタネ(菜種)は種子からナタネ油をとる *Brassica* (アブラナ属) 植物の総
称として呼ばれるが、大きく在来ナタネとセイヨウナタネの二つの植物から成っている。
セイヨウナタネは、明治時代から搾油のため輸入され広く栽培されたが、その後需要は減
少し、急激に減少したものの、全国に雑草化して分布し、特に河原や一部の線路沿いに群
生していると言われている。鹿島港を含む日本各地のナタネ輸入港では、雑草化したセイ
ヨウナタネの生育が報告され、油の成分分析の結果から殆どのがカノーラ型 (低エル
シン酸・低グルコシノレート) であり、遺伝子分析により導入遺伝子が同定されている。
これらは原材料用としての種子の輸入時におけるこぼれ落ち由来のものであると推測され

ている。これまでナタネについては、日本及びカナダにおいて野生化が確認されているが、その分布は限定的で今の所広く蔓延していない。

演者は、鹿島港周辺でセイヨウナタネ個体群が観察された場所に定点調査地を設け、そこでの個体数の変動、生育状況を継続的に調査し、生育地の景観や個体群の分布状況の植生写真を紹介しながら具体的に説明された。本研究では、カルタヘナ法における組換え作物の生物多様性影響の観点から考え、具体的な輸入港において雑草化しているセイヨウナタネ個体群を対象に、二つの研究アプローチに基づいて分布調査研究と動態調査研究を行い、その個体群が今後、拡大してゆくのかどうかについて考察された。

調査の結果、GMセイヨウナタネは 19 カ所中 12 カ所で発見されたが、その 12 カ所全てに除草剤耐性を持たない非GMセイヨウナタネも存在していた。これよりGMセイヨウナタネ、非GMセイヨウナタネの生育地の特徴に差異はなく、生育地嗜好性に影響を与えることはないと考えられた。調査対象とした鹿島港周辺に生育するセイヨウナタネは、日本の耕地周辺で雑草化したセイヨウナタネと発消長及びフェノロジー（開花状況の推移）が異なり、調査した個体のうち多くの個体が開花、種子形成前に枯死、あるいは人間の手によって除草されるなど人為的攪乱が生じるため、世代更新につながる種子形成に至る個体が少ないことが明らかになった。このことは、鹿島港周辺のセイヨウナタネ個体は、世代更新というよりも、こぼれ落ち種子に由来する短期的な発生の繰り返しであり、長期的に個体群が維持される可能性は低いと考えられる。今後、これらの現象とそのメカニズムを明らかにするために、条件を設定した圃場における試験栽培などを行う必要がある。

(抄録：重野武夫)

遺伝子組換えによる花の新開発について

サントリー株式会社植物科学研究所 田中 良和

花きの中で、遺伝子組換えにより作製され実用化されているのは、サントリー（株）が開発した色変わりカーネーションだけである。このカーネーションと 2009 年に販売予定の青いバラの研究成果を中心に報告があった。

花きには除草剤抵抗性や害虫抵抗性といった形質の導入はあまりメリットがないこと、これら以外の形質を操作することはまだ技術的に困難なことが多いこと、また、花きは多品種が生産されている上、品種の入れ替わりも厳しいため、一品種当たりの売り上げも小さく、遺伝子組換えという高価な技術を適用する経済性が低いこと、などの要因が実用化を阻んでいる。

花には常に新奇な形質が求められ、花の色、花や植物体の形態、日持ち、開花特性（花数や開花期間）、耐病性等が挙げられる。植物科学の進展によりそれぞれの形質について遺伝子レベルでの理解が進んでいる。最も応用が進んでいる花の色について例を挙げながら他の形質導入についても紹介された。青色を出すには相当の苦勞もされているようで大変な作出課程の状況が伺えた。

日持ちを向上させるには、エチレンが植物の老化を促進するホルモンであり、花や果実の熟成・老化はエチレンにより制御されていることが多い。エチレンは、S-アデノシルメチオニンから2段階の酵素反応を経て合成されるため、この酵素の遺伝子のいずれかを制御した場合にエチレン合成が抑制され、花の老化が抑えられる。組換えカーネーションでは、そのエチレンの生成が抑制され、切花の寿命も2倍程度になった。しかしながら現状では、チオ硫酸銀による処理が安上がりで強力な効果があるため、この遺伝子組換えカーネーションは商品化には至らなかったようである。

形態の変化で花の器官（ガク、花弁、雌蕊、雄蕊）は3種類の遺伝子の組み合わせにより決定されている。キクやペチュニアなどでは、ジベレリン非感受性となる遺伝子で発現させると矮化した植物を得ることができる。

花の香りで、香りのよい花は往々にして寿命が短いことが知られている。香りの成分には、テルペノイド、ベンゼノイドなどがあり、近年これらの生合成に関わる酵素の遺伝子が続々と取得されている。しかしこれらの遺伝子を発現させても、花にその基質がなかったり、産物が細胞内で他の化合物に変換されてしまうなどして、花の香りを変えることに成功した例は少ないのが現状のようである。

開花抑制では、アラビドプシスやイネを中心に、開花抑制の仕組みが遺伝子レベルで理解されるようになった。幻の開花制御ホルモンとされていたフロリジェンに相当する蛋白質が同定されている。これらの遺伝子の発現をうまく制御すれば、電照を当てなくても周年生産ができるキクなどが開発できるかもしれない。

おわりに植物の様々な形質が分子生物学的に理解できるようになり、有用な形質を持つ花きを遺伝子組換え技術で開発できる可能性が広がってきた。今後は導入遺伝子を適切な時期・組織・強度で発現させる制御技術が必要であろう。そこで、産官学が知恵を絞って、消費者が歓迎する品種を開発していく必要がある。

演者は、遺伝子導入が成功した花きの販売は、おもに営業部門がおこなうので、新しい形質を持った花きの開発に取り組んでいるとのことである。（抄録：塩澤宏康）

世界における遺伝子組換え作物による農業生産の現状と将来について

日本モンサント株式会社 山根 精一郎

遺伝子組換え作物が主要穀物で商業栽培されるようになってすでに12年が経ち、その栽培面積は、1996年の170万haから2007年には1億1430万haへと大きく増加した。ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネが主要な組換え産品であり、米国、アルゼンチン、ブラジルが世界のトップ3、アジアではインド、中国、フィリピンでの栽培が多い。

これまでに商品化された組換え作物の多くは、「害虫抵抗性」あるいは「除草剤耐性」のいずれかの性状を導入したものである。害虫や雑草は病害と並び農作物栽培の大きな障害であり、このような組換え作物は、農薬使用の削減に伴う労働力および経費の軽減をもたらすことで農業生産者のニーズと合致しただけでなく、農薬削減や不耕起栽培が可能に

なることによって農業生産が環境に与える負荷の低減を達成できたため、社会に受け入れられ、栽培面積が大きく伸びていると考えられる。

ハワイでは、パパイヤリングスポットウイルスのコートプロテイン遺伝子を導入した組換え体がパパイヤ生産のウイルス病による危機を救うことができた等、病害防除面においても組換え技術が大いに貢献している。

このように、今後作出される組換え作物にも、農業上のニーズに応えるもの、および、消費者へのメリットを持つものであることが求められる。

農業上のニーズを満たすため、例えば、複数の Bt 遺伝子を導入することによって広範な害虫に対する抵抗性を持つ組換え体、多くの病害に対する抵抗性を保持する組換え体の作出に関する研究が進められている。また、人口の増加が予想されるものの良好な耕地の増加は望めないため、乾燥耐性が高い作物の開発も進められている。

消費者へのメリットとしては、油糧作物の改変によって健康に良く加工特性に優れた油分を含有する作物を作出すること等が試みられている。バイオエタノール生産の高効率化に結びつくような組換え体の作出も社会に大きく貢献すると考えられる。

今後は、ハイブリッドの利用によって、2 つ以上の組換え形質を併せ持つ作物の利用も可能になると考えられ、組換え体の有効性はさらに増すものと想定される。

このように、将来の組換え作物の商業開発では、人口増加に伴う食料危機や地球環境の保護を念頭に、開発途上国における食糧生産を支援できる組換え技術の確立、および、組換え技術を利用した収量増加による食糧とバイオ燃料原料両者の確保、など、地球規模の貢献を目指す必要がある。
(抄録：有江 力)

遺伝子組換え作物 —世界の動向と今後の日本の展望—

宮城大学食産業部 三石 誠司

世界の遺伝子組換え作物 (GM 作物) の栽培面積は年々拡大しており、商業化 12 年目となった 2007 年には世界全体の耕地面積の 8% に達している。栽培国はアメリカ・カナダ・ブラジル・アルゼンチンなど 23 か国にのぼっている。大量の穀物を輸入しているわが国にとって、GM 作物への対応は、エネルギー問題や人口問題も絡んでわが国の将来にとって真剣な議論をすべき段階に来ている。

遺伝子組換え作物に関して考慮すべき点は、GM 作物の世界的な栽培面積の増加とわが国の穀物輸入割合の増加という現実である。これまで客観的な情報提供が行われてこなかったが、すでに遺伝子組換え作物はわが国に多く輸入されており、今後も増えると思われる。世界の穀物総生産量は約 26 億トンで、わが国は年間 3,200 万トンの穀物を輸入している。アメリカの農務省の分類では、穀物は、小麦・コメ・粗粒穀物・油糧種子などに分けられ、粗粒穀物としてのトウモロコシと油糧種子として的大豆が GM 作物の主なものである。これらの GM 作物はわが国の主要輸入国であるアメリカでは高い比率で栽培されている。穀物輸入量に対する輸入国の GM 栽培割合からわが国への輸入量を推定すると、総輸入量の

約半分（1,600 万トン）が GM 作物であると考えられる。これらの GM 作物は飼料用が中心ではあるが、この輸入実態を踏まえ、遺伝子組換え作物に対する対応については、今後より客観的な情報提供と議論を行うことが必要であろう。

穀物の輸入だけでなく、数十年前までは自給できていた魚介類や果実も、いまでは約半分が輸入に頼っている。わが国ではエネルギー自給率も極めて低い。国の競争力は、食料とエネルギーの双方が自給できたとき確固たるものになるが、この2つの要素は両者の「積（かけ算）」で考える必要がある。この事実の認識の上に立って、将来への「戦略」を考えることが必要となる。

新しい科学技術が導入された場合、技術そのものの安全性だけでなく、その技術の導入における社会的な影響も踏まえることが重要である。学問における「Arts（人文科学）」と「Science（自然科学）」という観点から見ると、大雑把に前者は人為的に作られたものを扱っており、後者は自然現象のルールを扱っていると言える。GM 作物に関していえば、これはいわば人為的に作られたものであるにも係わらず、自然科学だけのロジックで議論されている。わが国の GM 作物導入に対する対応に関して、食料・エネルギー・人口問題と同様に、今後真正面から取り組んでいく段階に来ている。 （抄録 : 野田博明）