

遺伝子組換え食品に関する2000年の動向と 除草剤耐性ダイズの検定

神田真奈・堀川 洋

(受理: 2001年5月31日)

Trend of 2000 year for genetical modified foods
and detection of herbicide tolerant soybean
Mana KANDA and Yoh HORIKAWA

摘要

遺伝子組換え食品が実際に食卓に上ってくるようになって以来、それに対する消費者の反発は日増しに強くなっている。現在のバイオテクノロジーや遺伝子組換え食品に関する報道を新聞・インターネットなどで調査したところ、世界各国で遺伝子組換え食品に対する消費者の懸念が広がり、排除される傾向にあった。また本研究において、遺伝子組換えと非遺伝子組換えを厳密に分別していない外国産ダイズを検定した結果、遺伝子組換えダイズが高頻度で混入していることが明らかになった。

一方、バイオテクノロジーは将来の大きな可能性を秘めているため、機能性成分や工業原料・医薬品の大量生産・環境浄化などの機能を導入した新しい観点からの遺伝子組換え植物の研究開発が、現在、急速に進展している。今後、消費者に広く受け入れられる次世代の遺伝子組換え植物の作出が期待される。

緒言

現在、様々な遺伝子組換え（以下GM）作物が開発され、GM食品が実際に食卓に上るようになった。しかしながら、消費者のGMに対する不安と反発が広がり、消費者団体による反対運動や、未承認のGM作物の食品混入問題などにより、GM作物やGM食品に対する規制や制度が急速に変化し続けている。そこで、日本だけでなく世界のGMに対する動きを、新聞やインター

ーネットを中心としたメディアから調査し、GM技術が今後どのように展開していくかを考察した。

一方、わが国では味噌、醤油、食用油、豆腐、納豆などダイズ製品が大量に消費されているが、平成11年度のダイズの自給率はわずか4%である。そこで、輸入されているGM無分別ダイズ（流通の過程で、GMダイズと非GMダイズを厳密に分別していないもの）について、GMダイズの混入の割合をGM検出キットと除草剤散布実験によって調査を行った。また、GM食品

に対する消費者の不安要因の一つに、GMタンパクの身体への影響が挙げられている。そこで、除草剤耐性ダイズを実際に加熱調理した場合を想定し、短時間であればどの程度の加熱によってGM産生タンパクが変性するかを調査した。

I. GM食品及びGM作物に対する世界の動向調査

〈調査方法〉

○調査対象：新聞記事（朝日新聞・十勝毎日新聞・日本農業新聞・北海道新聞）、インターネット、書籍など

○調査期間：1999年10月～2000年12月

○調査方法：上記の期間、GM食品に関する記事および、バイオテクノロジーに関する記事（以下に示す）をスクラップし、毎月にその内容と量を調査した。

○調査項目

- ・遺伝子組換えまたはGMという語が含まれるもの
- ・食品表示
- ・食の安全性
- ・食料安全保障
- ・有機食品または有機栽培
- ・食料自給率
- ・ダイズ生産または国産ダイズ
- ・植物バイオテクノロジー

〈結果〉

①遺伝子組換え関連の新聞記事掲載数の推移

1999年10月～2000年12月までのGMに関する新聞記事の掲載数の推移を図1に示した。調査開始以後、記事の掲載数は徐々に減少していたが、飼料用の組換えトウモロコシ・スターリンクの食品混入事件以後、再び急増した。また、スターリンクの飼料混入事件後と食品混入事件後の変化を比較すると、食品混入後の方が圧倒的に掲載数が増加していることがわかる。

②安全性と危険性に関する記事の比較

遺伝子組換えに関する記事について、全般的に、危険性を報じる記事は大きく目立つように掲載され、それに対して安全性に関する記事は小さく目立たない傾向にあった。その一例を図2に示した。

③GM作物の作付面積の変化

(i) 世界のGM作物の作付面積

1996年～2000年のGM作物作付面積の推移を図3-1に示した。GM作物の世界の作付面積は1996年を始めに毎年増加していたが、1999年から2000年にかけて、初めて約25%の減少を示した。

(ii) 米国のGM作物別作付け率の変化

GM作物作付け量世界一の米国では、食用作物であるGM大豆とGMトウモロコシが前年に比べてそれぞれ約5%、13%減少している。一方、主に工業用として用いられるGMワタは前年と比べ、約5%の増加を示している（図3-2）。

(iii) 中国におけるGM作物の栽培面積の推移

中国ではGM作物の栽培が急増しており、2000年にはGM作物栽培面積が148万エーカーで、世界第4位（1位米国、2位アルゼンチン、3位カナダ）に達した。今後5～10年以内に、全作付面積の約半分にGMイネ、トマト、スイートペパー、ジャガイモ等を増やす予定がある。

(iv) その他のGM作物の栽培状況

1999年；ポルトガル、ルーマニア、ウクライナでGM作物栽培開始。

2000年7月；オーストラリアのタスマニア州でGM作物の栽培を一時禁止。

2000年11月；米国穀物商社が農家に対して海外で未承認のGM品種の作付けを控えるよう求めの動きが出始める。

④近年のGM植物などの研究・開発状況

近年のGM技術利用について表1-1に示した。

傾向としては、第一世代と呼ばれる、従来の作物に病害虫耐性形質を組込むことに加えて、第二世代と呼ばれる「うまみ」、「健康」を目的とした形質を組んだ作物の研究・開発が盛んに行われている。このように、消費者のGM食品に対する抵抗や反発が急増しているために、従来のような農家の利益を中心とした第一世代のGM作物に換り、消費者が受け入れ易い次世代のGM作物に切り替えようとする動きがある。

一方、GMイネの研究・開発も進んでおり、日本人の主食であるということから、国内で様々な議論を生み出している。イネの研究・開発状況を表1-2、1-3に示した。

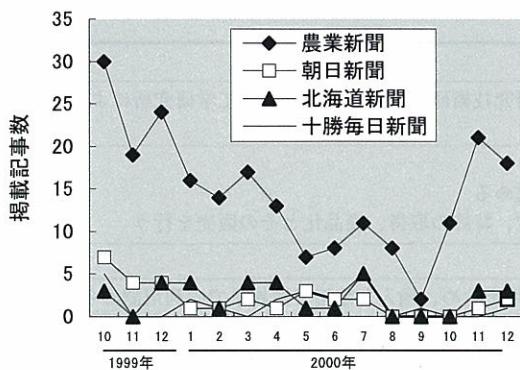


図1 遺伝子組換え関連の新聞記事掲載数の推移（1999.10—2000.12）



図2 GMトウモロコシ「スターインク」の危険性と安全性に関する新聞記事の比較

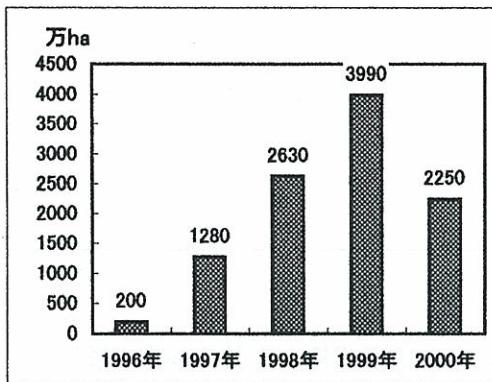


図3-1 世界のGM作付け面積の推移（農業新聞などによる）

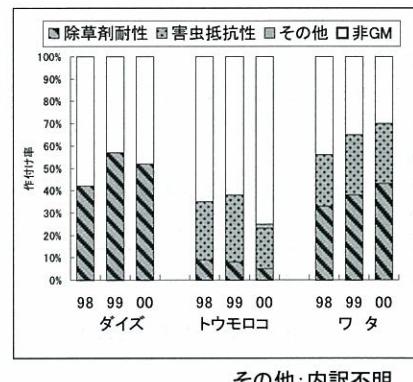
図3-2 米国のGM作物別作付け率の推移
(1998-2000 農業新聞、
北海道新聞などによる)

表1-1 GM技術の研究・開発

第一世代のGM作物		【医薬品生成】		【工業成分生成】		【その他】	
【病虫害耐性】		ワクチン		ナタネ		ジャガイモ・タバコ・ササゲ	
縞葉枯病耐性	イネ	抗体		ナタネ		タバコ・トウモロコシ・ダイズ	
白葉病・かさ病耐性	イネ	鎮痛剤成分		ナタネ		ナタネ	
赤カビ病耐性	コムギ	【工業成分生成】		ナタネ		ナタネ	
モザイクウイルス抵抗性	フェイジョア	ラウリン酸		ナタネ		ナタネ	
白紋羽病抵抗性	マンシュウマメナシ	ステアリン酸		ナタネ		ナタネ	
灰色カビ病抵抗性	キク	ホホバオイル		ナタネ		ナタネ	
第二世代のGM作物		オレイン酸		ダイズ		ダイズ	
【栄養添加】		タンパク質弾性ポリマー		タバコ		タバコ	
ビタミンAリッチ	イネ (ゴールデンライス)	ポリエチステル樹脂		ワタ		ワタ	
鉄分蓄積機能タンパク	イネ	ポリヒドロキシブチレン		ワタ・ナタネ・ダイズ		ワタ・ナタネ・ダイズ	
フェリチン生成	イネ	工業用ポリマー		ヒマワリ		ヒマワリ	
【不要成分抑制】		その他					
コレステロール抑制	イネ	不穀花粉				シロイスナズナ	
低カロリーフルクタン	ビート	成長速度2倍				サケ	
		水質汚染調査				ゼブラフィッシュ	

(2000年12月現在 農業新聞などによる)

表1-2 近年の遺伝子組換えイネの研究・開発

2000年1月
キヌヒカリに縞葉枯病耐性遺伝子導入（農水省農業科学研究技術研究と三菱科学の植物工学研究所による共同開発）
いもち病耐性イネ（農水省）～現在開発中
除草剤耐性イネ（モンサント・アベンティス）～商品化進める
イネ遺伝子事業で会社設立（茨城県）～有用遺伝子の特定、特許の取得、商品化とその販売を行う
2000年3月
除草剤グリホサート耐性イネ（モンサント）～6系統で食用を含め、輸入と栽培で解放系での利用認められる
2000年6月
除草剤グリホシネット耐性イネ（アベンティス）～解放系利用が認められた初めてのグリホシネット耐性GMイネ
2000年7月
イネゲノム（農水省）～2004年までにイネゲノムの重要な部分の解読終了目指す。同時に、「イネゲノムの全塩基配列の決定」、「200個以上の稻の有用遺伝子を単離し、特許化」、「スーパー光合成イネ、スーパー耐性イネの作出」を公約
2000年8月
ゴールデンライス（モンサント）～ビタミンAを生産する遺伝子を組込んだ「ゴールデンライス」技術特許を無償提供することを発表
2000年9月
イネに蚕の遺伝子導入（農水省）～蚕のセクロピン生産遺伝子導入。白葉枯病・かさ病耐性。今後、いもち病などの糸状菌耐性イネ作成予定

(農業新聞などによる)

表1-3 日本の遺伝子組換えイネの開発状況

農水省の安全確認済み
●縞葉枯病耐性「日本晴」3系統（農水省）
○縞葉枯病耐性「キヌヒカリ」（農水省・三菱化学）
●低アレルゲン性「キヌヒカリ」（三井東圧科学）
●酒造用低タンパク質「月の光り」2系統（JT）
○良食味低たんぱく質「こしひかり」（オリノバ）
○除草剤耐性米国中粒種（アベンティス）
○除草剤耐性米国中粒種6系統（日本モンサント）
試験中及び手続き中
●酒造用低タンパク質「アキヒカリ」（JT）
●除草剤耐性「かけはし」（岩手県）
○除草剤耐性「祭り晴」（日本モンサント・愛知県）
○抗菌機能を持つ「コシヒカリ」（JA全農）

(2000年10月末、農水省調べ)

※ カッコ内は開発機関及び企業

※ ○開発中

※ ●開発中止か商品化を見送ったもの

II. 遺伝子組換え大豆の検定実験

【材料および方法】

1. 無分別ダイズにおける遺伝子組換え粒の検出

・実験材料

《無分別大豆》流通の過程でGMダイズ（除草剤グリフオサート耐性）と非GMダイズを厳密に分別していないもの（なお、現在帯広市内では無分別ダイズは流通していないので、サンプルとして米国オハイオ州から取り寄せた）。

《検出キット》Trait Crop & Grain Testing Kit (SDI社)；除草剤耐性タンパクをエライザ法によって検定する。

・実験手順

無分別ダイズからランダムに1粒取り出し、粉碎機にかけ粉碎する。ダイズ粉末の約3倍程度の蒸留水を加え攪拌し、10分後上清を3 ml抽出し、マイクロチューブに移す。それにキットに内封されているバッファーを3滴加え、試験

紙を挿入する。約3分後、試験紙に赤いラインが現れる（ライン2本→除草剤耐性タンパク陰性反応／ライン3本→除草剤耐性タンパク陽性反応）。これを合計30粒行った。

2. 後代における除草剤耐性

・実験材料

《GM後代ダイズ》無分別ダイズをランダムに10粒播種し発芽させた後、除草剤グリフォサート散布により除草剤耐性ダイズを選抜した。その植物体から得た後代種子を使用した。

《非GMダイズ》カナダ産白目ダイズ

《除草剤》除草剤グリフォサート

(200倍希釈液)

《検出キット》(1)と同じ

・実験手順

コントロールとして非GMダイズを使用し、除草剤の効力を確認した。実験材料で述べたように、選抜された2個体の除草剤耐性ダイズ植物をインキュベーターで育成し、結実させた。種子を乾燥後、検出キットを使用して1粒毎の除草剤耐性タンパクの有無を検定した。

3. 除草剤耐性タンパクの熱変成

・実験材料

《除草剤耐性大豆》(1)と同様の無分別ダイズからランダムに60粒ずつ選び、検出キットで除草剤耐性タンパクの混入が検出されたものを使用した。

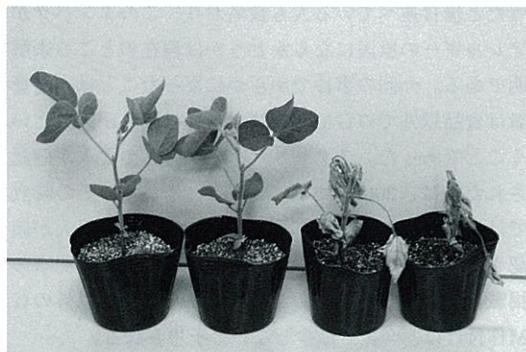


図4 除草剤散布一週間後の耐性比較

《検査キット》(1)と同じ

・実験手順

60粒ランダムに選び出した無分別ダイズを粉碎機にかけ、粉末をビーカーに移し蒸留水（大豆重量の約3倍）を加えた。10分後、その抽出液をキットで検定し、除草剤耐性タンパクが含まれることを確認した。ビーカーごと熱し、40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75℃に達した直後の抽出液と、沸騰直後（約80℃）、5分後の抽出液をそれぞれ5ml取り出し、10分間放置して室温に戻した後、キットで除草剤耐性タンパクの有無を検定した。これを3回繰り返した。

《結果》

1. 無分別大豆における遺伝子組換え粒の検出

米国オハイオ州の無分別ダイズを除草剤耐性タンパク検出キットで調査した結果、約70%（30粒中22粒）のダイズ粒から除草剤耐性タンパクが検出された。

2. 後代の除草剤耐性

無分別ダイズの植物体に除草剤グリフォサートを散布したところ、1週間程度で耐性、非耐性が明確に区分できた。除草剤耐性ダイズと非GMダイズの除草剤散布後の写真を図4に示した。耐性を示した個体から得られた50粒の種子をキットで検定したところ、50粒全てから除草剤耐性タンパクが検出され、後代に組換え形質が遺伝することが確認された。

3. 除草剤耐性タンパクの熱変性

加熱処理の結果を図5に示した。75℃以上でタンパクが変性して検出されなくなったことから、短時間でも高温で加熱処理することで、除草剤耐性タンパクは変性することが確認された。

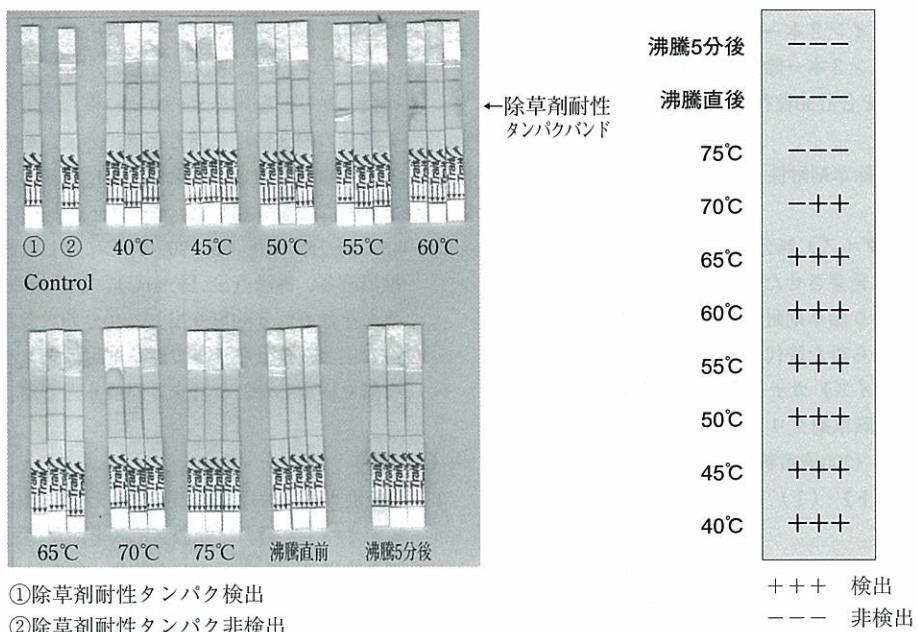


図5 除草剤耐性タンパクの加熱処理による検定

III. 総合考察

今回のGM食品やバイオテクノロジーに関する調査によって、メディアの「情報の伝え方の温度差」が明らかになった。実際に「危険情報は発言者から新聞社に持ち込まれるが、安全情報は自ら足で探さなくてはならない」¹⁾という記事も掲載されている。このことは、GM食品やGM作物に対する危険性についての情報が、安全性の情報よりも報道されやすいことを示唆するものである。また、読者の興味や関心を引くためには、危険情報の方が効果的であるということも片寄った情報提供の一因になっていると思われる。このような傾向と、消費者団体などの反対運動も相俟って、世界的にGM食品やGM作物ばかりでなく、遺伝子組換え技術それ自体をも排除しようという動きもある。

GM食品やGM作物に対する具体的な制度や規制については、1999年から現在に至るまで活発に論議されているにも関わらず、新聞記事の掲載数から推察すると、国民のGMに対する意識は徐々に薄れていく傾向があった。ところが、2000年10月に未承認の組換えト

ウモロコシ「スターリンク」の食品混入が発覚²⁾して以来、再び関心が呼び起こされた。このことは、GM食品やGM作物への一般的な関心度は大きな事件によって喚起されることを示唆するものである。スターリンクの除草剤耐性タンパク「Cry 9 C」は、従来の除草剤耐性タンパクに比べてより熱変性に強い特性がある。米国で44人がアレルギーを引き起こしたと報告された³⁾が、その中には体质的にトウモロコシアレルギーであったと後日述べている人も数名おり、このタンパクがアレルギーの原因になるかどうかは現在のところ未解明である。今回の事件で明らかになったことは、消費者は食品以外でのGM作物に対しては関心が薄いということであった。スターリンクの飼料への混入が確認されたのは、2000年5月である²⁾。しかし、その時点ではさほど取り沙汰されず、10月に食品への混入が確認された後から、急激に注目され始めたことが記事の掲載数からうかがえる。この事件から、食用以外のGM作付けは、今後も減少しないと予想される。

本研究において実際に無分別ダイズを検定した結果

果、無分別ダイズの中に除草剤耐性ダイズの混入が実際に確認され、後代にもその形質が遺伝することが明らかになった。GM食品に対する消費者の不安から、各国で非GMダイズの争奪が激しくなりつつあるが、今後さらにその傾向が大きくなる事によって、非GMダイズの栽培量が増加し、将来的に除草剤耐性ダイズの栽培は激減すると思われる。国内でも、自給率向上とともにダイズの増産意識が高まり、国産志向が強まっている。GM作物の作付けに関しては、現在の第一世代のGM作物は今後も世界的に減少し続けていくであろうと予想される。一方、中国では現在は増加傾向にある^{3,17)}が、他国の例から判断して、このままGM作物の栽培を増加させてもおそらく貿易面でのリスクを背負うこと、また国内での反発も今後増加していくであろうことから、将来は作付けを減少せざるを得なくなると予想される。

さて、今後のGM技術の利用方向については、食用作物に関しては、現在流通している生産者のメリットを中心としたものではなく、健康食品ブームを背景とした、低カロリーや特定の機能性成分などの特性を組込んだ消費者にも受け入れられる新規作物へと変化していくことが予想される。例えば、ビタミンAを豊富に产生する遺伝子を組込んだゴールデンライス⁸⁾が栄養不足による失明から南米の人々を救うだろうとも言われている。このようにGMイネに限っても、国内外で次世代の研究開発が急速に進んでいるが、国内では研究段階にとどまり、商品化はまだ先のようである⁴⁾。しかし、米国では2002年の商品化を目指にしており^{5,6)}、今後米国からの米の輸入に関しても規制が加えられることになりそうである。輸入大国日本にとって、GM作物の輸入を拒否しつづけることは貿易摩擦を生み出す可能性が大きいが、その対策として、国内での自給率を向上させる重要な性がより増していくと思われる。

一方、工業用GM作物であるワタについて米国の作付け率の変化から推察すると、工業用GM作物への消費者の懸念は一般に低いため、今後は食用以外の分野におけるGM作物の利用が増加するであろうと考えられる。次世代の遺伝子組換え植物として、汚染物質の分解・吸収機能を導入した環境浄化植物、石油エネルギーに換わる工業用バイオマスの高生産植物、高齢化社会に対応した医薬品の大量生産植物などが考えられてお

り、実用化に向けた研究開発が熾烈に展開している。

今後、消費者に広く受け入れられる遺伝子組換え植物の作出が期待される。

引用・参考文献

1. GM食品の危険と安全の情報のアンバランス
2000.9.1 日本農業新聞
2. スターリング混入事件の経緯 2000.11.23 日本農業新聞
3. 中国が組換え作物生産へ 2000.6.17 日本農業新聞
4. GMイネ適合 2000.7.4 日本農業新聞
5. 米国GMイネ2002年の商品化めざす 1999.12.20
日本農業新聞
6. 食卓の安全保障 大論争 1999.12.14 朝日新聞
7. スターリングアレルギー発症の恐れ 2000.11.30
日本農業新聞
8. ゴールデンライスの技術特許を無償提供 2000.8.9
日本農業新聞
9. David,S.M.,W.R.Hiatt and L.Comai (1985) A Single Amino Acid Substitution in the Enzyme 5-Enopyruvylshikimate-3-phosphate Synthase Confers Resistance to the Herbicide Glyphosate. *J. Biol.Chem.* 260, 4724-4728
9. Goto, F. and T. Yoshihara (1999) Iron fortification of rice seed by the soybean ferritin gene. *Nature Biotech.* 17,282-285
10. Kasuga M., Q. Liu and S. Miura et al. (1999) Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. *Nature Biotech.* 17,287-291
11. Tim, K., Qi-Wen Niu and Yang-Sun et al. (1999) Inducible isopentenyl transferase as a high-efficiency marker for plant transformation. *Nature Biotech.* 17,916-919
12. Union of Concerned Scientists (1994) Herbicide-tolerant crops. *Gene Exchange* 5(1) 6-8
13. Goldburg, R.J. (1994) Environmental concerns with the development of herbicide-tolerant plants. *Weed Tech.* 6, 647-652
14. 農林水産省HP <http://www.maff.go.jp/>
15. 厚生労働省HP <http://www.mhlw.go.jp/>
16. 遺伝子組換えに関する安全性と展望に関する情報

- 提供<http://web-mcb.agr.ehime-u.ac.jp/gmo1/>
17. 最近の組換え農作物について
<http://ss.abr.affrc.go.jp/QandA/E01/index.html>
18. 遺伝子組換え食品の分析検査
<http://www.pure-foods.co.jp/TEST/Testindex.html>
19. 組換え農作物早わかり
<http://ss.s.affrc.go.jp/docs/sentan/pa/mokujii.htm>
20. 組換え農作物開発状況
<http://ss.s.affrc.go.jp/docs/sentan/guide/develop.htm>