

米国におけるGM作物の登場による 除草剤使用動向の変化

日本モンサント株式会社 テクノロジー本部バイオ開発部 眞鍋忠久

1. はじめに

世界で最初に実用化された遺伝子組換え (Genetically Modified ; GM) 作物は、カルジーン社が開発した日持ちの良いトマト「FlavrSavr (フレーバーセーバー)」で、米国で販売が開始されたのは1994年であった。その後1999年までのわずか6年の間に、様々なGM作物が次々と実用化され、その栽培地域も北米から、南米、オーストラリア等へと広がり、約4千万ヘクタールで栽培されるに至った。こうした中、除草剤抵抗性作物は、このGM作物の黎明期における基幹技術のひとつとして、1996年から北米で販売が開始された。

本報告では、まず遺伝子組換え技術の特徴及びGM作物の全世界での普及状況について概説した後、除草剤抵抗性作物に話題を絞って、USDA (米国農務省) や民間調査機関のレポートをもとに米国での現状を紹介する。

2. 遺伝子組換え技術について

遺伝子組換え (GM) 技術とは、品種改良のための交配育種や突然変異育種を一步進め、有用な遺伝子を直接作物に導入し、短期間に確実に品種改良を行なうことを可能にする技術であり、既存の品種改良技術の延長線上にあるものと定義される。この技術の開発により、これまで10年以上もかかってきた品種の育成が半分以上

下の期間でもできるようになると同時に、品種改良に利用する有用遺伝子を幅広い生物から利用でき、品種改良の可能性を大幅に高めることができる。

遺伝子を作物に導入する方法としては、微生物の *Agrobacterium tumefaciens* を利用し、そのプラスミドに目的とする遺伝子をいれ、*Agrobacterium* を植物細胞に感染させ、目的とする遺伝子を植物細胞に導入する方法 (アグロバクテリウム法)、遺伝子銃と呼ばれる金属微粒子に目的とする遺伝子を付着させて植物細胞に物理的に打ち込む方法 (パーティクルガン法)、植物細胞の細胞壁をとりはずし、裸にし、この裸の細胞 (プロトプラスト) に電気的な処理を行って遺伝子を導入する方法 (エレクトロポレーション法) などがある。こうした方法の開発により、現在ではほぼ全ての作物で遺伝子組換え技術を利用した品種改良が可能になっている。

導入する遺伝子については多種多様な研究が進められているが大きく 1) 除草剤抵抗性や病害虫抵抗性の付与といった農業生産分野での利用 (Agronomic Trait)、2) 油脂や蛋白質など農作物由来産物の特性を改良する品質分野 (Quality Trait) での利用、3) 生分解性プラスチックやアルコール燃料を作物に生産させる工業分野利用における利用に分けられる。この他にも作物にワクチンを作らせるといった医療分野

での利用についても研究が進められている。現在のところ、以下に示すとおり、1) 除草剤抵抗性や病害虫抵抗性の付与といった農業生産分野での利用が主となっている。

3. GM作物の普及状況

GM作物の全世界での普及状況については、ISAAA(International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications)が毎年、作物別、国別、特性別の普及状況をまとめている。この最新版(1999年度版)によると、その普及状況は以下のとおりである⁽¹⁾。

1996年から1999年までの間に、GM作物の作付け面積は23.5倍増加した。1998年から1999年までの増加は44%に達する(表-1)。このような急速な普及の中心となっている国が米国である。1999年の国別作付け面積は、アメリカが全作付け面積の72%を占め、次いでアルゼンチン(17%)、カナダ(10%)の順となっている(表-2)。そして、作物別に見ると、大豆がも

表-1 GM作物の全世界での作付け面積の推移

年度	1996	1997	1998	1999
面積(100万Ha)	1.7	11.0	27.8	39.9

出典：(1)改変

表-2 GM作物の国別作付け面積(1999)

国	面積(100万Ha)	シェア(%)
アメリカ	28.7	72
アルゼンチン	6.7	17
カナダ	4.0	10
中国	0.3	1
オーストラリア	0.1	<1
南アフリカ	0.1	<1
その他*	<0.1	<1

出典：(1)改変

*メキシコ、スペイン、フランス、ポルトガル、ルーマニア、ウクライナ

っとも多く(54%)、次いでトウモロコシ、ワタ、ナタネ(カノーラ)の順となっている(表-3)。また、形質別に見ると、除草剤抵抗性(71%)が、2位の害虫抵抗性(22%)を大きく引き離して一位となっている(表-4)。以上の統計において、次に述べる米国でのラウンドアップ・レディー大豆の普及動向が最も大きな

表-3 GM作物の作物別作付け面積(1999)

作物	面積(100万Ha)	シェア(%)
大豆	21.6	54
トウモロコシ	11.1	28
ワタ	3.7	9
ナタネ	3.4	9
その他*	<0.1	<1

出典：(1)改変

*ジャガイモ、スクワッシュ、パパイヤ

表-4 GM作物の形質別作付け面積(1999)

作物	面積(100万Ha)	シェア(%)
除草剤抵抗性	21.6	71
害虫抵抗性	11.1	22
除草剤抵抗性・害虫抵抗性	3.7	7
ウイルス抵抗性など	3.4	<1

影響を与えている。

GM技術を利用した除草剤抵抗性作物には、1) ラウンドアップレディー(グリホサート抵抗性)大豆、トウモロコシ、ワタ、カノーラ(ナタネ)、2) リバティールink(グルホシネート抵抗性)トウモロコシ、カノーラ、3) B X N(プロモキシニル抵抗性)ワタがある。これらは、1996年ごろから主に北米で実用化がはじまった。ちなみに、遺伝子組換えを利用せず従来の育種法(突然変異育種)で育成された除草剤抵抗性作物には、IMIトウモロコシ(イミダゾリノン抵抗性)、SRトウモロコシ(セトキシジム抵抗性)及びSTS大豆(サルホニルウレア抵抗

性)がある。

これらの除草剤抵抗性作物のうち最も普及が進んでいる作物が、ラウンドアップレディー大豆である。ラウンドアップ・レディー大豆は、米国大豆生産者に急速に受け入れられ、1996年には米国大豆作付け面積の2%であったそのシェアは、1997年には13%、1998年には30%そして1999年には50%強に達している。USDAの1997年の生産者調査によれば、ラウンドアップ・レディー大豆を栽培した理由として、1)よりよい雑草管理による収量増、2)除草剤コストの削減、3)高いフレキシビリティ（輪作のしやすさ、土壌残留の解消、不耕起導入のしやすさなど）そして4)環境保全型農業の実施へのフィットが挙げられている⁽²⁾。これらの理由によってラウンドアップ・レディー大豆は生産者の支持を得て作付け面積を拡大した。

4. ラウンドアップ・レディー大豆の登場による除草剤使用動向の変化

表-5は、ラウンドアップ・レディー大豆の

表-5 米国大豆生産に用いられた除草剤
(処理面積中の%シェア)

有効成分	1995	1996	1997	1998
Actifluorfen	12	11	12	7
Alachlor	4	5	3	2
Bentazon	12	11	11	7
Chlorimuron	16	14	13	12
Fluazifop	10	7	7	5
Glyphosate	20	25	28	46
Imazaquin	15	15	13	8
Imazethapyr	44	43	38	17
Metolachlor	7	5	7	4
Metribuzin	11	9	10	6
Pendimethalin	26	27	25	18
Sethoxydim	7	9	7	5
Trifluralin	20	22	21	16
Thifensulfuron	12	10	9	5

出典：(3)

導入以降、米国で使用除草剤がどのように変化したかを示したものである。ラウンドアップ・レディー大豆が導入される以前の1995年でも播種前処理などでグリホサートは使用されているが、ラウンドアップレディー導入後の作付け面積が拡大することに伴って、当然のことながらグリホサートの使用量が増大している。その一方で、Imazethapyr, Pendimethalin, Trifluralin等の除草剤はそのシェアを軒並み減ずることとなった。

除草剤散布回数にも減少傾向が見られている。

表-6 米国大豆生産における除草剤散布回数の推移

	1995	1998
総作付け面積(百万エーカー)	62.5	72.3
除草剤使用面積(百万エーカー)	60.6	68.7
除草剤総使用面積(百万エーカー)	166.0	150.0
エーカーあたり散布回数	2.7	2.2

出典：(4)改変

表-6に見られるように、エーカーあたりの散布回数は、1995年には2.7回であったが、1998年には2.2回に減少している⁽⁴⁾。

また、除草剤使用量にも変化が見られる。Sparks社の1996年の調査によれば、ラウンドアップ・レディー大豆における除草剤の使用量は、従来の大豆と比較して調査4地域でいずれも減少した(図-1)。また、USDAは、1998年度の除草剤総使用量は1997年の使用量を約10%下回ったと報告している⁽²⁾。また、民間調査機関(Doane Market Research)も、1996年にはエーカーあたり1.2ポンドであった除草剤使用量が、1999年には1.05ポンドまで減少していることを報告している(図-2)。

さらに、同民間調査機関の報告では、EPA(米国環境保護庁)が地下水汚染の恐れがあるとしてラベル表示を通達した大豆除草剤の使用

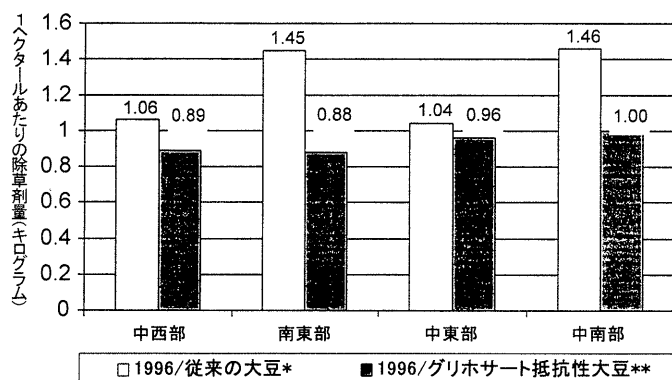


図-1 グリホサート抵抗性大豆における除草剤削減効果(1996年, 米国)
 * 7,100農家の調査に基づく(Maritz, Inc., Sparks Companies, Inc.による調査)
 ** 1,058農家の調査に基づく(Marketing Horizonsによる調査)

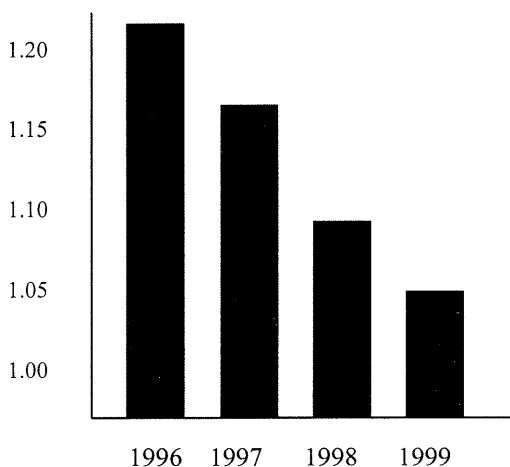


図-2 エーカーあたりの除草剤有効成分量(lb/ac)の推移

量が、1996年から1999年までの間に60% (1,700万ポンド) 減少したとしている。

以上のように、1995年以降の大豆除草剤の使用動向をみると、除草剤の面積あたりの散布量や散布回数は減少傾向にあり、また環境により好ましい特性を持つ除草剤へとシフトする動きがみられる。一般の除草剤においても、より低薬量高活性型で環境に好ましいタイプの除草剤が登場しているが、それらと合わせてラウンドアップ・レディー大豆の登場が、このような除草剤使用動向の変化をもたらしたものと考えら

れる。

また、不耕起栽培の普及面積が拡大していることも、除草剤の使用動向が変化していることの一つの理由であろう。1999年の調査では、従来大豆作付け面積での不耕起栽培の割合は37%に至っている。そして、ラウンドアップ・レディー大豆作付け圃場では、45%が不耕起栽培を実施している。不

耕起栽培では、一般に耕起法にくらべて雑草防除が難しく使用可能な除草剤も制限されるため、今後の不耕起栽培の普及動向は除草剤の使用動向の変化に影響を及ぼすことになるであろう。

5. おわりに

GM作物は、食品としての安全性や環境への影響についての懸念からヨーロッパや日本において多くの議論がなされているが、米国などの普及地域では、生産性の向上と環境保全型農業の推進を支持する技術として農家の支持を得て、その作付け面積を拡大している。除草剤抵抗性作物については、普及当初、農家への経済的メリットしかなく、除草剤の使用量を増加させ、抵抗性雑草を増やし、環境を汚染するとの懸念があったが、実用化されて4年が経過した現状を見ると、それらの懸念はなく、むしろ以上述べてきたように、環境に対してもプラスのメリットを提供しうることが実証されてきている。

50年後には現在の2倍とも推定される急速に増大する世界人口を支えるためには、飛躍的な農業生産性の向上が必要と予想される。そして、急増する人口を支えるべく農耕地が拡大するの

に伴い、環境保全に対してもより一層の配慮が必要となるであろう。除草剤の開発及び普及においても、こうした時代の要望にかなった製品や技術開発が重要であることは述べるまでもないが、除草剤抵抗性作物は、こうした要望に答える手段の一つとして今後も利用が進められるであろう。

引用文献

- (1) Clive James, ISAAA Briefs. No.12(1999)
- (2) Jorge Fernandez-Carnejo et al., Agricultural Economic Report No. 786(2000)
- (3) USDA, Agricultural Chemical Usage: Field Crops Summary 1990-1998 (separate volumes), National Agricultural Statistics Service. (2000)

質問コーナー

●セイトカアワダチソウは花粉公害雑草か？

(問) 秋になると川原や土手、あき地に大きな黄色の花を一面に咲かせるセイトカアワダチソウ、花がいっせいに咲くので花粉症に悩まされる私にとっては、花粉症の原因になるのではないかと心配ですが、花粉症との関係について教えてください。(茨城県・鈴木)

(答) 結論から先に申しますと、セイトカアワダチソウの花は虫媒花ですから、花粉は風で飛びません。従って、花粉症とは関係がありません。

セイトカアワダチソウは、今から55年前太平洋戦争後にアメリカから入ってきた外来(帰化)雑草で、はじめは九州北部で広がりましたが、現在では全国各地の川原やあき地、土手などに大群落をつくっています。この草がはびくると、他の草を寄せつけず、セイトカアワダチソウだけが群生し、秋遅くに茎先に大きな花穂をだし、各枝に黄色の小さな花を多数つけて群生地では一面黄色の花で埋まり、実に見事な景観をつくります。一面黄色の花が風になびきますと、花粉が飛散するのではないかと心配され

るのは無理からぬことです。

花粉症は植物の花粉が風で飛び、空気中に花粉がたどようことによって起こります。花粉を飛ばす植物の花は風媒花と呼ばれ、雄花の花粉が風によって運ばれ、雌花に達して交配する植物です。例えば春の杉、ネズミギヤカモガヤなどのイネ科の雑草。夏のブタクサやクワモドキなどが代表的なもので、これらの風媒花の植物は雄花が多数つき、軽くて大量の花粉が風で飛ばされ、空気中にたどようために花粉症が起きる訳です。

セイトカアワダチソウは虫媒花です。こちらはハチやチョウなどの昆虫が花の蜜を吸い、花から花へと移る際に花粉を運んで交配してくれます。従って花粉が風に乗って飛ぶ必要はありません。一般的に虫媒花の花粉は重くて風では飛びませんから花粉症の原因にはなりません。

セイトカアワダチソウが各地に広まりだした頃、花が余りにも多く咲くので花粉公害雑草とさわがれた時代がありましたが、その後虫媒花ということが理解され、今では花粉公害雑草とはんだ濡衣だったとされています。 (㊦)