

遺伝子組換え作物の安全性について

農業生物資源研究所生物工学部 大澤勝次

はじめに

遺伝子組換え作物とそれを利用した食品が広く人々に関心を持たれるようになったのは、1996年の秋に、ダイズやトウモロコシ、ナタネなど7品目の遺伝子組換え作物が、厚生省の認可を受けてアメリカやカナダから我が国に入ってくるようになってからである。1997年5月には8品目、同12月3日には更に5品目が認可され、わが国で利用可能の作物は、6作物20品種となっている(後述、表-1)。現在審議中の品種や申請準備中の品種も多く、今後とも増加の一途をたどるに違いない。

そして、これらの作物や食品について不安や疑問の声が消費者団体を中心に高まっている。さし当たりその不安は輸入されるダイズやトウモロコシ、ナタネ等に向けられているが、我が国でも10数年前からこの分野の技術開発に取り組み、イネやメロン、トマト、キュウリなどで、独自の長所を持つ有望な育種素材を誕生させている。これら国産の遺伝子組換え作物は、厚生省に食品安全性審査を申請する段階に至っていないが、それも時間の問題であり、これら作物の安全性についての国民的な理解を進めておくことは緊急を要する課題となっている。

1. 植物の改良は長年月をかけたDNAの組換え作業

私達が今食べているほとんどすべての作物が、野生の植物からは想像を絶する、人間の都合の

よい部分だけを肥大化した奇形植物であることは作物の改良に携わってきた者なら誰でも認識している。トマトやイチゴなど、そのルーツをたどると実に奥が深く、何冊もの本が書かれているくらいだが、いずれも、原種(野生種)とされるそれらの植物の果実は小指の先ほどもない小さなものであり、現在のような果実になるまでには何千年にもわたる突然変異や自然交雑、更には人為的な淘汰と交雑・選抜が繰り返された結果なのである。現在私たちが食べている作物は有史以前からの人類の努力の結晶なのであり、「自然のままの植物」ではない。主食としているイネでさえ、その野生種はたわわに穂をつける今のイネとはほど遠く、貧弱な穂しかつせず、しかもポロポロと穂は地上に落下してしまう脱粒性の草だったのである¹⁾。つまり、作物の改良の基本は気の遠くなるほど長い年月をかけた、人類にとっての優良な遺伝子(DNA)の集積作業だったのである。DNAの何の変化もなしに生物の改良は一步も進まなかったにちがいないのだ。本来なら、そこに自分の希望する遺伝子だけを取り入れて、速やかに植物を改良したかったわけだが、そんな都合のよい方法はこれまでどこにもなかったのである。

2. 先輩生物バクテリアが遺伝子組換えの先生

ところが、植物の根にコブのできる病氣(根頭がん腫病)を研究していたベルギーの植物病

表-1 商品化されている遺伝子組換え作物と商品化された国及び年次

	農作物名	商品化された国（開発企業）	年次
1. △	日持ちの良いトマト ‘フレーバー セイバー’	アメリカ (Calgene社)	1994
2.	ペクチンを多く含むトマト (ピューレ)	アメリカ, メキシコ, アメリカ (Zeneca社)	1995
3.	日持ちの良いトマト ‘エンドレスサマー’	アメリカ (DNAP社)	1995
○4.	除草剤の影響を受けないダイズ	アメリカ (Monsanto社)	1995
○5. *△	除草剤の影響を受けないナタネ	カナダ (AgrEvo社)	1995
○6.	除草剤の影響を受けないナタネ	カナダ (Monsanto社)	1995
○7. *	害虫 (甲虫類) に強いジャガイモ	アメリカ (Monsanto社)	1995
8.	ラウリン酸高生産性ナタネ	アメリカ (Calgene社)	1995
9.	ウイルス病に強いスクワッシュ (カボチャの仲間)	アメリカ (Asgrow社)	1995
10.	除草剤の影響を受けないトウモロコシ	アメリカ (DeKalb社)	1996
11. *	除草剤の影響を受けないトウモロコシ	アメリカ (AgrEvo社)	1996
○12. *	害虫 (鱗翅目) に強いトウモロコシ	アメリカ (Northrup King社)	1996
○13.	害虫 (鱗翅目) に強いトウモロコシ	アメリカ (Ciba Seeds社)	1996
14.	害虫に強く除草剤の影響を受けないトウモロコシ	アメリカ (Monsanto社)	1996
○15. ***△	除草剤の影響を受けないナタネ	カナダ (Plant Genetic System社)	1996
16.	雄性不稔性を付与したナタネ	カナダ (Plant Genetic System社)	1996
17. △△	除草剤の影響を受けないワタ	アメリカ (Calgene社)	1996
18. *	害虫 (鱗翅目) に強いワタ	アメリカ, オーストラリア (Monsanto社)	1996
19.	色変わりカーネーション	オーストラリア (Florigene社)	1997
20.	日持ちの良いカーネーション	オーストラリア (Florigene社)	1997
21.	ウイルス病に強いパパイヤ	アメリカ (Cornell大学 他)	1997

○印：1996年8月26日 厚生省（食品衛生調査会）で安全性評価を受けた7品種

*印：1997年5月13日 厚生省（食品衛生調査会）で安全性評価を受けた8品種

△印：1997年12月3日 厚生省（食品衛生調査会）で安全性評価を受けた5品種

1998年2月の農水省先端課資料等を用いて作成（文責 大澤）

理学者ヴァン・ラルベックが、アグロバクテリウム・ツメファシエンス (*Agrobacterium tumefaciens*) という土壌バクテリアの不思議な働きに気づいたときから、植物への遺伝子組換え技術はスタートした。1974年のことである²⁾。その発見のきっかけは、植物の組織培養だった。このコブのできた組織が他の植物の組織と異なり、植物ホルモンのない培地上でいつまでも増殖を続けられる事実は長い間「ナゾ」とされていた。そのナゾ解きに10年経っても何の回答も用意できなかった組織培養の研究者に代わって、

回答を出したのが細菌を扱う病理学者ラルベックだったのである。彼は植物に感染してもコブを作らないアグロバクテリウムの存在に目をつけ、コブを作るバクテリアには細胞質に独得の環状プラスミドDNAがあり、これがコブ（腫瘍＝Tumor）を誘導 (induce) する本体であることを突き止め、その頭文字をとって、Tiプラスミドと呼ぶことにしたのである。この発見が契機となってTiプラスミドの植物細胞へ移行する仕組みの解明が進み、1982年にはその全体像がわかった。このバクテリアは自分の生存のために、

自分のDNAの一部を切断して巧みに植物の染色体にもぐり込ませ、自分達に必要な栄養源（オパインと呼ぶ特殊なアミノ酸の一群で、彼らしか利用することができない）を植物につくらせていたのであった。このようにして、自然界で数億年間にわたって営まれていた遺伝子を組み換える仕組みの一端がわかり、1983年以降、その仕組みを生かした遺伝子組換え作物が相次いで誕生することになったのである³⁾。

つまり、人類に植物への遺伝子組換えを教えてくれたのは、地球上の大先輩の生物、バクテリアだったのである。そして、それは植物に限った話ではなく、現在の分子生物学を支えている制限酵素の発見をはじめ、遺伝子研究のすべての情報は大腸菌をはじめとするバクテリア達から学んだものなのである。そして、最少のDNA量で最大の効果をもたらす可能性のある品種改良の方法として、作物への遺伝子組換え技術の開発が鋭意取り組まれてきた。

3. 商品化している遺伝子組換え食品の安全性

この知見の応用はすぐに始まり、1983年には遺伝子組換え植物第1号のタバコが誕生し⁴⁾、1986年には実用的に価値のあるウイルス病抵抗性の遺伝子を用いた組換え植物がアメリカで誕生したのであった⁵⁾、それからまだ15年経っていないが、作物の改良に用いられた遺伝子組換えの事例はアメリカやカナダを中心に急増し、1998年1月時点の調査で、すでに1万件を超える組換え植物の野外試験例があるという⁶⁾。それらの遺伝子組換え作物のうち、現在までに商品化されている作物は9作物21品目にすぎないが（表-1）、今後続々と誕生するのは必至の状況である。その代表的な事例から、安全性がどのように判断されたのかを見てみよう。

1 日持ちを良くしたトマト（カルジーン社の例）

遺伝子組換え作物の商品化第1号となったのは「日持ちを良くしたトマト」であった。1994年5月、日持ちを良くした‘フレーバーセイバー’トマト（商品名 MacGregor's）がカリフォルニア州のスーパーマーケットの店頭に並んだ折のアメリカからのテレビニュースの画面には感慨深いものがあった。

成熟した果実に特異的に合成される酵素ポリガラクトナーゼ（PG）の発生が押えられれば、トマトの日持ちを向上させられるのではないかと考えたカルジーンの研究陣は、アグロバクテリウムを用いてPGのアンチセンス配列をトマトの細胞に導入し、実際に果実中のPG合成を抑制させたのである⁷⁾。これは育種戦略の見事な勝利であったが、このトマトの商品化の道のりは容易ではなかった。

その理由はこのトマトには選抜マーカーとして抗生物質カナマイシン耐性遺伝子（Km^Rと略記、ネオマイシンホスホトランスフェラーゼ（NPT II）遺伝子）が使われていたからである。FDA（アメリカ食品医薬品局）はカルジーン社に対して、Km^R遺伝子の人体への影響を明らかにする実験データとベクター（遺伝子の運び屋）に使われたアグロバクテリウムのTiプラスミドの人体への影響等について詳細なデータを要求したのである。カルジーン社は3年半にわたって膨大な実験を重ね、①ラット等を用いた動物実験で毒性反応が全く表れなかったこと、②NPT II タンパク質は人工胃液、人工腸液で急速に分解され、10分以内にその酵素活性が失われたこと、③NPT II タンパク質のトマト果実での発現量は1.75 $\mu\text{g/g}$ 以下であり、カナマイシン又はネオマイシンの経口投与治療の効力を損なうとは考えられないこと等のデータを提出し、FDAはそれを受けて1994年5月18日、遺伝子組換

え食品の第1号としてこのトマトの商品化を認可したのであった。

このフレーパーセイバートマトを片親に用いた、日本人好みのトマト品種の開発にキリンビールとトキタ種苗が取り組んでおり、筆者も何度か食べたが、完熟して収穫できるためか、実に美味しいトマトであった(写真-1)。このト

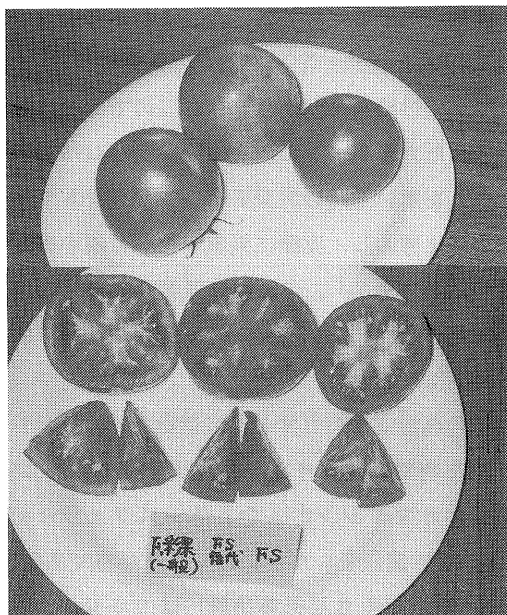


写真-1 日本人向けに改良された日持ちを良くしたトマト

右: フレーパーセイバー, 中: その血を受けついだ新品種「はなまる」(1997年7月撮影: 大澤, トキタ種苗にて)

マトは1997年12月3日の厚生省の安全性審査をパスしているが、消費者の理解が得られるまで販売は自粛し、試食会などで積極的に食べてもらうことで国民の理解を得る方針と聞いている。また、この日持ちを良くしたトマトから作ったトマトピューレは、すでにイギリスで3年前から市販され、明確な表示をして販売されることによって、広く国民に支持されてシェアを拡大している(写真-2)。

2 除草剤耐性ダイズ(モンサント社の例)

農作業の中心が雑草や病害虫との戦いである



写真-2 遺伝子組換えトマトで作ったトマトピューレ
明確な表示(左)をして、そのシェアを伸ばしている
(1997年8月撮影: 大澤)

ことは、やったことのある人にはすぐに納得できる。耕種的防除による除草の時代を経て、現在は草種別除草剤を利用する栽培体系ができあがっている。そして、1980年代前半にモンサント社がラウンドアップという非選択性除草剤を開発してから、除草剤の世界は一変した。この除草剤の主成分グリホサート ($\text{H}_2\text{PO}_3\text{-CH}_2\text{-NH-C H}_2\text{-COOH}$) は植物のアミノ酸合成経路の一つ、シキミ酸経路のエノールピルビルシキミ酸リン酸合成酵素 (EPSPS) に結合し、その作用を阻害することにより、アミノ酸の合成(この場合は主としてフェニルアラニンの合成)をストップさせて植物を枯らすのである。また、この主成分は土壤に接触したあと、水と炭酸ガスに分解されやすく、土壤に残留しにくいので除草剤耐性の植物が発生しにくいという点でも評価が高かったのである⁸⁾。

このように除草剤としては優れていたが、接触したすべての植物を枯らすので作物栽培には利用できなかった。そこでモンサントの研究陣はグリホサート耐性遺伝子さがしに取り組み、膨大な数の微生物の中からグリホサート耐性のバクテリア (*Agrobacterium* の一系統の CP4 株) を発見した。そして、この CP4 株の持つ CP4-EP

SPSはグリホサートとの結合力が弱く、アミノ酸の合成をストップせず、このCP4-EPSPS遺伝子を導入したダイズやナタネからラウンドアップ耐性作物を作出したのである。

問題はこのCP4-EPSPS遺伝子が生むタンパク質が他の生物に毒性があるか否かである。モンサント社は①ラット、ニワトリ、ナマズ、乳牛、ウズラでの飼育試験や飼料効率のパラメーターをとり、すべてに異常がなかったこと、②人口胃液や人工腸液で速やかに分解されたこと、③1935の既知毒性物質、219の既知アレルゲン物質との相関性がないこと、④この遺伝子は野菜に付着する土壌微生物由来であり、すでに人間はイチゴやトマトなどの青果物と共に長年月にわたって食べてきたと考えられること等のデータを出し認可を受けたのであった。

3 害虫抵抗性トウモロコシ（ノースラップキング社の例）

この害虫抵抗性を付与したBtタンパク質は天敵微生物利用の生物農薬としてすでに30年にわたって利用されているBt剤の有効成分である。Bt剤は*Bacillus thuringiensis*というバクテリアが産出する結晶毒素（ δ -endotoxin）を利用するものである。Bt菌が生物農薬としてだけでなく耐虫性遺伝子の遺伝資源として注目されたのはBtタンパク質を導入した害虫抵抗性タバコ作出の報告からであり⁹⁾、その延長線上に害虫抵抗性トウモロコシの作出があった。今ではBt-kurstaki由来のBt-kタンパク質はトウモロコシのアワノメイガなどの鱗翅目の昆虫に、Bt-tenebrionis由来のBt-tタンパク質はジャガイモのコロラドハムシなどの鞘翅目の昆虫に特異的に毒性を発揮することがわかっている¹⁰⁾。

これらの虫がなぜBtタンパク質によって死に至るのかの解明も進んでいる。Btの産出する結

晶タンパク質はこれら昆虫の消化液のアルカリ性に反応して部分的分解を受け、このペプチドタンパクが昆虫中腸の上皮細胞にある特殊な受容体に結合して反応を起こし、消化管に穴をあけることにより、該当昆虫は消化不良となり死に至るのである。該当昆虫以外の生物にはこのペプチドタンパクと結合する受容体がないので無害なのである。更に人間などの哺乳類の胃は強酸性（pH 1～2）なので、このBtタンパク質はほぼ完全にアミノ酸に分解され、アレルゲンにもなりようがない。天敵微生物農薬であるBt剤は化学農薬と違って生態系を傷めない防除体系としてすでに長年にわたって評価が定着しているものなのだ。

このトウモロコシを栽培したアメリカの農家が、殺虫剤の利用量を1/3以上減らせたことと、防除の困難だったアワノメイガをほぼシャットアウトできて喜んでいるとの話は、作付面積が年々拡大している事実からもうなづけるのである。

4. 我が国で開発中の遺伝子組換え作物と食品

我が国における有用遺伝子を導入した遺伝子組換え作物作りは、植物ウイルスのコータンパク質（Cp）遺伝子の導入によるウイルス病抵抗性作りからスタートした。現在までに安全性評価試験が終了したもの13点、進行中のものが24点ある（表-2）。半年前の調査時点に比べて圃場試験中のものが倍増しており、わが国における実用化のための研究が急速に進展しつつあることを物語っている。残念ながら、いまだに品種改良の素材としての利用にとどまっているが、21世紀の初頭には我が国独自の価値ある実用品種が誕生することになるだろう。

1 ウイルス病抵抗性メロン（生物研、農研センター、北大の共同研究の例）

表一 我が国における遺伝子組換え作物の実用化研究の現状

(1998年6月1日 文責 生物工学部長 大澤)

作物名 (品種名)	導入遺伝子	導入法	組換え作物の特徴等	(研究機関)	備考
[1] 安全性評価試験の終了しているもの (1998年5月までに)					
1) トマト (種間雑種)	TMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	〔生物研・農環研〕 〔農研センター〕	わが国の組換え作物 第1号
2) イネ (日本晴)	縹葉枯ウイルス-CP	エレクトロポレーション	イネ縹葉枯ウイルス抵抗性	〔生物研〕 〔農研センター〕	○
3) イネ (ササカ)	縹葉枯ウイルス-CP	エレクトロポレーション	イネ縹葉枯ウイルス抵抗性	〔植工研〕 〔農環研〕	
4) ハチマキ (ササカ)	CMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	サントリー	○
5) イネ (ササカ)	低アレルゲン遺伝子	エレクトロポレーション	低アレルゲン米	〔三井東圧化学〕 〔農環研〕	
6) メロン (アリスメロン)	CMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	〔生物研〕 〔農研センター〕	○
7) トマト (405)(707)	CMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	野菜茶試	○
8) トマト (IC19, IC113)	高ベクチン含有	アグロバクテリウム	高ベクチン含有	カゴメ	○
9) トマト (はなまる)	日持ち性改良	アグロバクテリウム	日持ち性改良	〔キリンビール〕 トキタ種苗	○ (P Aを優先)
10) カネシヨウ (A-127)	ACC合成酵素 (3-ヒドロキシサリチン酸)	アグロバクテリウム	日持ち性改良	〔サントリー〕 〔ロリアン(オーストラリア)〕	○
11) カネシヨウ (ムンタスト)	デルフィニジン (フロロ-ΔP450)	アグロバクテリウム	色変わり (青紫系)	〔サントリー〕 〔ロリアン(オーストラリア)〕	○ 1997年10月 商品化
12) トマト (117他3系統)	CMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	野菜茶試	○
13) イネ (月の光, H39, H75)	グロブリン遺伝子 (アノチン)	アグロバクテリウム	醸造米用低タンパク質米	日本タバコ	○
[2] 安全性評価試験の進行中のもの					
1) 酒米 (ササカ)	グルテン遺伝子 (アノチン)	エレクトロポレーション	醸造用低タンパク米	〔加工米育種研〕 日本タバコ	(圃場)
2) イネ (日本晴)	ウイルス抵抗性 (アノチン)	エレクトロポレーション	高品質米	三井東圧化学	(圃場)
3) ハチマキ (メグ)	葉巻ウイルス-CP	アグロバクテリウム	葉巻ウイルス抵抗性	北海道グリーンバグ研	(圃場)
4) イチゴ (とよのか)	キチナーゼ遺伝子	アグロバクテリウム	ウドンコ病抵抗性	奈良農試, 生物研	(圃場)
5) キュウリ (霜しらず)	キチナーゼ遺伝子	アグロバクテリウム	灰色カビ病抵抗性	生物研, 農研センター	(圃場)
6) アズキ	α-マンナーゼ遺伝子	アグロバクテリウム	アミラーゼ抵抗性	農研センター	(圃場)
7) アロハ	雄性不稔遺伝子	アグロバクテリウム	雄性不稔性	タキ+PGS社(ベルギー)	(圃場)
8) アロハ	雄性不稔遺伝子	アグロバクテリウム	雄性不稔性	タキ+PGS社(ベルギー)	(圃場)
9) ハンダナス4系統	キチナーゼ遺伝子	エレクトロポレーション	糸状菌病抵抗性	ジャハナナス	(圃場)
10) ハンダ2系統	グルカナーゼ遺伝子	エレクトロポレーション	菌類病抵抗性	ジャハナナス	(圃場)
11) トルネ (サマウエ)	デルフィニジン (フロロ-ΔP450)	アグロバクテリウム	色変わり	サントリー	(圃場)
12) イネ (系統4)	bar遺伝子	アグロバクテリウム	除草剤抵抗性	岩手生工研	(圃場)
13) トマト	サテライトRNA	アグロバクテリウム	ウイルス病抵抗性	北海道農試	(圃場)
14) キク (レガ)	PacI遺伝子	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	キリンビール	(非閉鎖温室)
15) ハンダナス	B T 遺伝子	エレクトロポレーション	耐虫性	千葉農試	
16) ユーカリ	リグニン合成酵素 (アノチン)	アグロバクテリウム	パルプ化適性の向上	新王子製紙	
17) ポプラ (ササカ)	リグニン合成酵素 (アノチン)	アグロバクテリウム	パルプ化適性の向上	東京農工大	
18) イネ	B T 遺伝子	エレクトロポレーション	耐虫性イネ	滋賀農試	
19) サマエ (千系682)	斑紋ウイルス-CP	エレクトロポレーション	ウイルス抵抗性	九農試, 九州東海大	
20) キハチ	雄性不稔遺伝子	アグロバクテリウム	雄性不稔性	タキ+PGS社(ベルギー)	
21) メロン	WMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	協和種苗, 九州農試	
22) ナス (加茂ナス)	スーパーストレス遺伝子	アグロバクテリウム	活性酸素の除去, ストレス耐性向上	〔京都農資セ〕 京都府大	
23) トルネ	キチナーゼ遺伝子	アグロバクテリウム	灰色カビ病抵抗性	長野農試, 生物研	
24) メロン (アノチン)	CMV-C P	アグロバクテリウム	ウイルス抵抗性	茨城生工研	

* ○印: 実用化のための育種利用が始まっているもの; 隔離圃場試験中及び非閉鎖系温室試験中とわかっているものは明記した。

** 有用な遺伝子の導入が確認されているものはこの表の他にも数多くある。

例えば①抗菌性ペプチド (ザルコトキシン) を導入して複数病害抵抗性を付与した (生物研ら)、②グリシンベタイン関連酵素コリンオキシダーゼ遺伝子を導入して耐塩性イネを作った (岡崎基礎生研や名大など)、③C₄光合成関連遺伝子を導入してC₄タイプのイネを育成中 (生物研ら)、④生分解プラスチックの合成酵素を導入して高生産ラン藻を育成中 (生命研とRITEら) ⑤リグニン分解酵素遺伝子を導入してダイオキシン類似物質分解能のあるタバコを育成 (JR総研と農工大) ⑥カタラーゼ遺伝子の導入により、活性酸素分解能を高めて乾燥に強いタバコの育成 (RITEと近畿大) ⑦ワサビからとったチオオニオン遺伝子で灰色カビ病に強いタバコを育成 (岩手生工研) などである。それらの素材が実用化素材として利用されるようになるのを期待している。

表-3 形質転換メロンの各試験段階での評価項目

(1997. 12. 1 文責 大澤)

調査項目	調査方法	閉鎖系	非閉鎖系	模擬的環境
I. 組換えメロンの特性				
1. 導入遺伝子の存在様式、発現および遺伝				
1) 選抜マーカー遺伝子 (NPT II)				
カナマイシン耐性 (Km ^r)	Km 100mg/l培地での発根の有無	○		
2) CMV外被蛋白質 (CP) 遺伝子				
CMV-CP遺伝子の導入確認	PCR-サザン解析	○		
転換体上における遺伝子の発現 (CP蛋白質の産生)	ウェスタン解析	○		
3) ウイルス抵抗性				
CMVに対する抵抗性	純化ウイルス接種	○	○	○
		人工接種	虫媒接種	自然発病
2. 形態および生育特性 (非転換体との比較調査)				
1) 形態調査				
一般形態 (草姿、葉形、果形など)	観察	○		
花器 (花弁、雌蕊、雄蕊)	肉眼および実体顕微鏡	○		
2) 生育特性				
開花特性 (雌雄着花性特性)	観察	○		
成熟迄日数	観察		○	
3. 生殖および稔性特性 (遺伝子の拡散調査)				
花粉の形状	顕微鏡	○		
花粉の稔性	顕微鏡、コットンブルー染色法	○		
花粉の飛散性・他家受粉性	観察+文献調査	○		○
花粉の寿命	観察+文献調査	○		○
種子の稔性	観察	○	○	
種子の発芽率	観察		○	
虫媒性	文献調査+観察		○	
近縁種との交雑可能性	文献調査+観察	○	○	
繁殖様式の調査	自然交雑率と自殖率			○
花粉飛散距離の調査	テスターとの交雑率			○
媒介昆虫相の調査	観察			○
4. 雑草性				
越年性 (耐寒性)	母株および種子			○
種子の休眠性・発芽性	観察		○	
5. 有毒物質産生能 (非転換体との比較調査)				
1) 産生物質の分析				
生体内での有毒物質産生	HPLC (フェノール酸)		○	
根からの根圏への有毒物質排出	HPLC (フェノール酸)	○	○	
大気中への有毒物質の放出	ガスクロマト	○	○	
2) 生育阻害効果				
植物遺体の鋤込み試験	アブラナ科		○	○
栽培土壌での残留効果	アブラナ科		○	○
II. 環境 (生態系) への影響				
1. 植物相への影響				
雑草フローラ	観察			○
2. 微生物相への影響				
土壌微生物フローラ	顕微鏡観察		○	○
III. 組換えメロンにおける				
Agrobacterium tumefaciens残存性		○		

(1996. 3. 13. 遺伝子組換えメロン開放系利用に係わる安全性評価最終報告書添付資料より)

筆者が育成メンバーの一人であるメロンをまず紹介したい。ウイルス病は作物の世界でも難敵中の難敵で、防除薬はなく、発生株を早期に抜き取るしか方法がない。ウイルス病にかかっていない苗 (ウイルスフリー苗) を利用する方

法によって、イチゴやサツマイモなどの生産力を向上させてきたが、それらは抵抗性がつくわけではないので栽培中に再感染してしまう。

1986年のウイルス外被タンパク質 (CP) 遺伝子を導入してTMV抵抗性のタバコを育成したア

アメリカの報告⁵⁾は作物の改良に大きな夢を与えた。1988年から筆者らのチームはこの方法によるキュウリモザイクウイルス (CMV) 抵抗性メロンの作出実験を開始し、1990年の秋、最初のCP遺伝子導入メロンが誕生した^{11), 12)}。その後、科技庁及び農水省の安全性評価試験を重ね¹³⁾、1996年5月に最終報告書を提出したが、その折の調査項目は膨大なものであった(表-3)。現在、このメロンは野菜茶業試験場等においてウイルス病抵抗性素材として普通のメロンの育種親に利用されている。このことは遺伝子組換えメロンが品種改良のシステムに乗ったということであり、数年後のウイルス病抵抗性新品種誕生に期待が膨らむのである。

2 灰色カビ病抵抗性キュウリ (生物研, 農研センター, 茨城大の共同研究の例)

キュウリの灰色カビ病は湿度の高いハウス内で発生しやすく、しかも薬剤耐性菌が生じやすいので難防除病害となっているが、抵抗性の育種素材は皆無である。そのような背景があるので、1995年の秋に灰色カビ病抵抗性のキュウリ (品種‘霜しらず’) 作出の育種学会での報告¹⁴⁾は種苗会社や農家から大変注目された。

導入遺伝子として用いたキチナーゼというキチン質を分解する酵素は、外敵から身を守る植物の免疫反応の一つとして多くの植物がもっている抗菌性物質である。今回のキュウリに用いたイネから単離したキチナーゼ遺伝子¹⁵⁾は、イチゴに導入した場合にはうどんこ病抵抗性が高まり、キュウリではうどんこ病よりも灰色カビ病に対してより明確な抵抗性を示す個体が見出された¹⁶⁾。この抵抗性は次代にも安定して伝わることを確認しており、本年5月から実用化に向かって隔離圃場試験が始まっている(写真-3)。この試験が終了すれば可能な限り速

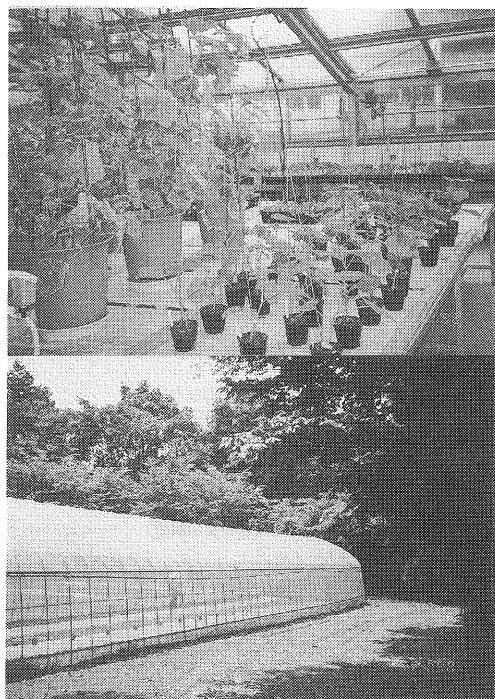


写真-3 灰色かび病抵抗性キュウリの苗(上)と隔離圃場における定植(下)
(1998年5月21日撮影: 大澤)

やかに素材を公開して、わが国の種苗会社の実用品種作りの片親として利用できるようにしたいと考えている。

3 低アレルギーイネ (三井東圧化学の例)

コメの主要なアレルギーでありアトピー性皮膚炎の原因の1つとされる穀粒中の16kDaアルブミンタンパク質に着目し、このアンチセンス配列をイネ (品種キヌヒカリ) に導入した三井東圧の研究陣は、1991年に16kDaアルブミンの含量が約20%に減少した系統, K51を選抜した¹⁷⁾。その系統の自殖後代を用いて1991~1993年まで閉鎖系, 非閉鎖系実験を行い、1994年5月~12月まで農業環境技術研究所の隔離水田で実験を行い、組換えイネの特性や茎葉からの揮発成分の分析、根からのフェノール酸の比較、土壤微生物層などのすべてについて元品種のキヌヒカリに比べて特記すべき差異のないことを明らか

にした¹⁸⁾。

しかし、当初キヌヒカリの20%に減少していた16kDaアルブミンの含量が、自殖後代では80%にまで高まっていることが判明し、実用化の大きなネックになったのである。この原因としてはメチル化等による導入遺伝子の不活化が考えられているが未解明のままである。実用化の過程で生起するこのような一つ一つの困難に打ち克ってはじめて、この技術は役立つのであり、粘り強い取り組みが必要なのである。

5. 遺伝子組換え食品の安全性は個別具体的

遺伝子組換え作物の安全性が大きな問題になっている。遺伝子組換え作物の開発者達はこの10年間いろいろとデータを蓄積してきたが、残念ながらほとんど知られていない。例えば筆者らがウイルス病抵抗性メロンを用いて実施した閉鎖系、非閉鎖系及び模擬的環境における安全性評価試験は、全部で40項目の○印についてデータを出し、そのうえではじめて先に進むことができるものなのである(前出、表-3)。もちろん遺伝子組換え作物はまだ世界的にも15年ほどの経験しかないから、わかっていないことも多く、そのことに人々が不安や心配を持つのは当然だと思う。しかし、一つ一つの組換え体ごとに厳密にデータを出して、そのデータに基づいて論議を進めることはできると伝えたい。遺伝子組換え作物の安全性論議は一般論ではなく、個々の遺伝子を導入した作物ごとに、個別具体的に判定されることなのである¹⁹⁾。

アレルギー物質が出るとか、出ないとかの論議も、発ガン性物質を生む生まないの論議も、これはわからないことではなく、少なくとも現在わかっているアレルゲン物質や、既知毒物(この中に発ガン物質が含まれる)を生むか生まないかははっきりとさせることができること

なのである。つまり、外から導入した遺伝子DNAによって、どんなアミノ酸ができ、どんな蛋白質ができ、どんな新しい形質が発現するかを把握することが大切なのである。その上で、もともと在る遺伝子に何らかの影響を及ぼすことがあるかないかについて、遺伝子を組換えた作物と組換えていない作物との比較データをもとに判断することが大切なのである。その判断に必要なデータが集積され、作物の特性が把握でき、これまでの親作物と同程度に扱ってよいと判断された遺伝子組換え作物だけが商品化される仕組みになっているのである。その仕組みがきちんと機能していることが重要なのである。なぜなら、塩や砂糖でさえ、摂取しすぎたら危険な食品になることでわかるように、食べ物に絶対的な安全を保証する術はないからである。人類は長年の経験と知恵で多くの食品を利用し

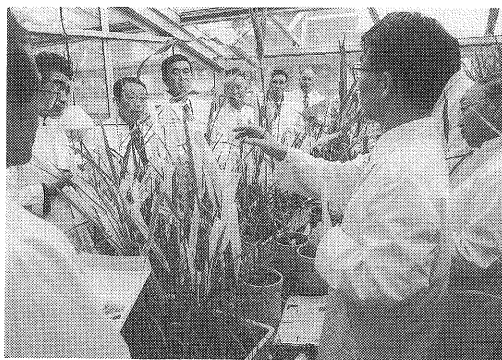


写真-4 研究所の温室内で、光合成能力を高めたイネの前で視察者に説明する筆者
(1997年8月27日撮影：日本農業新聞、木村)

て来たが、その中に今、遺伝子組換え食品を仲間入りさせたのである。

この作物の開発者の一人として筆者は、安全性に対する多くの疑問や不安に対する、研究者の目から見た率直な一問一答を「農林水産研究ジャーナル」(1998年3月号)²⁰⁾誌上で行っているのでぜひ参考にしていただきたい。そして、

まず何よりも遺伝子を組換えた作物を御自分の目で見て、さわって、確かめてから判断していただきたいと思うのである(写真-4)。

おわりに ～遺伝子組換え作物の将来～

考えてみると、地球上の生物の中で「農耕」という文明を持ったことによって、人類だけが異常に繁栄しすぎたことが根本的な問題なのだと思う。地球環境の問題も2020年の食料危機の問題も、人類の現在の生き方に反省を促す警鐘であることは明かである。21世紀が、地球に負荷を与え続けて来た20世紀の延長であって良いはずがない。とはいえ、人類が狩猟時代に戻れない以上、自然と文明との調和に知恵を働かせなければならないのだ。そして、その知恵は地球上の人類以外の生物達の生存戦略に学ぶことにあとと考える。

それはもう目前に迫った現実なのである。病気や虫にかかりにくい作物をつくることや、光合成能力を高め、低温や乾燥、塩害などのストレスに耐えられる作物をつくることは、これ以上地球に負荷を与えない技術として、地球環境の保全や食糧確保に欠かせない技術になるにちがいない。また16kDaアルブミンなどのアレレゲンタンパクの少ないお米や大豆を作り、アレルギーから身を守ることや、コレステロールや血圧を下げるのに効果のある食品を開発することは、高齢化時代の人々の健康保持に欠かせない技術となるものである。また本年2月27日の新聞は、リグニン分解性バクテリアの遺伝子を組み込んだ植物によるダイオキシン分解の可能性を報じていたが、21世紀の遺伝子組換え作物が環境問題解決のためのカギになることを予感させる報道である。

地球上の生物は36億年の進化を背景に実に多彩な生存戦略を身につけており、その奥は深い。

生命現象についてはわかっていないことがあまりにも多く、人類は他の生物の知恵をまだわずかしから学んでいない。すぐそこまで来た21世紀に、緑豊かな地球を守り、人類の飢餓と立ち向かうには、まわりの生物達が日夜営んでいる見事な生存戦略に学んだ、より一層知恵のあるバイオテクノロジーの開発がカギになるにちがいない。

(更に詳しく調べたい人に)

1. 「遺伝子工学入門」～組換えDNA実験は何を明らかにしたか～

(高野利也著 南山堂, 1985)

2. 「あなたの中のDNA」

(中村桂子著 ハヤカワ文庫, 1994)

3. 「図集 植物バイオテックの基礎知識」

(大澤勝次著 農文協, 1994)

4. 「Oh!生きもの」(マロン・オ・グランド)ら著

中村桂子ら訳, 三田出版, 1996)

5. 「遺伝子組換え技術のルーツとその未来」

(大澤勝次, 「食品工業」3.30号, 1998)

6. 「遺伝子組換え作物と食品」

(大澤勝次, 「遺伝子医学」Vol.No1.1998)

【引用文献】

- 1) 中川原捷洋: 「稲と稲作のふるさと」

古今書院 (1985)

- 2) Larebeke, N. Van. et al.: Nature, 252.

169-170. (1974)

- 3) 大澤勝次: 技術の進歩とバイオテクノロジーの源流「バイオテクノロジーの農業哲学」

(農文協) 57-128. (1996)

- 4) Zambryski, P. et al.: EMBO Journal, 2.

2143-2150. (1983)

- 5) Powell, P. A. et al.: Science, 232.

738-743. (1986)

- 6) 農林水産省農林水産技術会議先端産業技術

- 研究課：「農林水産・食品バイオテクノロジーをめぐる最近の動向と農林水産省の主な施策」1-9. (1998)
- 7) Sheehy, R. E. et al.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85. 8805-8809. (1988)
- 8) 與語靖洋：除草剤耐性作物の開発 植物防疫, 50. 200-204. (1996)
- 9) Vaeck, M. et al.: Nature, 328, 33-37. (1987)
- 10) 安田 誠：B T 剤の現状と問題点 植物防疫, 45. 498-501. (1991)
- 11) Yoshioka, K. et al.: Japan. J. Breed. 42. 277-285. (1992)
- 12) Yoshioka, K. et al.: Japan. J. Breed. 43. 629-634. (1993)
- 13) 田部井豊ら：育種学雑誌, 44. 207-211. (1994)
- 14) 田部井豊ら：育種学雑誌, 45(別2), p125. (1995)
- 15) Nishizawa, Y. et al.: Plant Science, 76. 211-218. (1991)
- 16) Tabei, Y. et al.: Plant Cell Rept, (in press) (1998)
- 17) 多田雄一・藤村達人：組織培養, 19. 36-39. (1993)
- 18) 多田雄一ら：育種学雑誌, 47, 77-81. (1997)
- 19) 大澤勝次・渡辺雄二：遺伝子組換え作物は必要か 「世界」11月号, 70-87. (1997)
- 20) 大澤勝次：遺伝子組換え作物への不安と疑問 ～わたしはこう考える～ 「農林水産研究ジャーナル」21(3), 79-88. (1998)

この草はなんだろう？ 手軽に調べたい。

三二雑草図鑑

—— 耕地雑草ハンドブック ——

A5判 本体2,200円

耕地には主要なものだけで150種を超える雑草が生えてきます。これら雑草の防除の第一歩は草を知ることです。本書は、農耕地や樹園地などによく見られる雑草397種を写真とともに紹介した、草を知るための野帳版雑草図鑑です。

原色図鑑 芽ばえとたね

浅野 貞夫／著

A4判 本体9,800円

芽ばえの姿はどうなんだろう。本書は、植物の芽ばえのようすを克明に表した精密図版と、種・成植物の写真による植物の一生図鑑です。成植物のみの図鑑と異なり、芽ばえのようすから紹介しているため、植生などの調査にたいへん役に立つとの声が寄せられています。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6
TEL. 03-3833-1821 FAX. 03-3833-1665