

ILSI Japan
Report Series

遺伝子組換え食品を理解する II

September 2010

バイオテクノロジー研究部会



特定非営利活動法人

国際生命科学研究機構

International Life Sciences Institute Japan

ILSI (International Life Sciences Institute) は、1978年にアメリカで設立された非営利の団体です。

ILSIは、健康・栄養・安全性・環境に関わる問題の解決および正しい理解を目指すとともに、今後発生する恐れのある問題を事前に予測して対応していくなど、活発な活動を行っています。現在、世界中の300社以上の企業が会員となって、その活動を支えています。

多くの人々にとって重大な関心事であるこれらの問題の解決には、しっかりとした科学的アプローチが不可欠です。ILSIはこれらに関連する科学研究を行い、あるいは支援し、その成果を会合や出版物を通じて公表し、啓蒙に役立てています。その活動の内容は世界の各方面から高く評価されています。

また、ILSIは、非政府機関（NGO）の一つとして、世界保健機関（WHO）とも密接な関係にあり、国連食糧農業機関（FAO）に対しては特別アドバイザーの立場にあります。アメリカ、ヨーロッパをはじめ各国で、国際協調を目指した政策を決定する際には、科学的データの提供者としても国際的に高い信頼を得ています。

特定非営利活動法人国際生命科学研究機構（ILSI Japan）は、ILSIの日本支部として1981年に設立されました。ILSIの一員として世界的な活動の一翼を担うとともに、日本独自の問題にも積極的に取り組んでいます。

遺伝子組換え食品を理解する II

特定非営利活動法人 国際生命科学研究機構 (ILSI Japan)
バイオテクノロジー研究部会

September 2010

目 次

はじめに	1
1. 遺伝子組み換え食品の安全性評価の仕組み	2
(1) 安全性評価の内容	2
(2) 公表して意見を募集する	3
(3) 現在審査済みの遺伝子組み換え食品	4
2. 遺伝子組み換え食品の安全性に関する懸念	4
2-1. 遺伝子組み換え食品の安全性に問題があるか？	4
(1) Finamore らイタリアの研究グループが、「遺伝子組み換え Bt トウモロコシ「MON810」をマウスに与えた給餌実験において、Bt トウモロコシの方の免疫パラメーターに有意な差がみられたことを発表した」とする指摘について	5
(2) 「Malatesta の研究グループは、遺伝子組み換えダイズを与えた動物実験で、肝臓の影響や、老化を早め、活性酸素の増加を導くとする結果を発表した」とする指摘について	6
(3) 「ウィーン大学の Zentek らの遺伝子組み換えトウモロコシ (NK603 × MON810) を用いた実験で、不妊や子孫への影響が報告された (2008)」とする指摘について	7
(4) 「ロウエット研究所の Pusztai がレクチンを含む遺伝子組み換えジャガイモをラットに食べさせる実験を行ったところ、免疫力が低下した (1998)」との指摘について	9
(5) 「Kilic らが発表した動物実験において、組み換えトウモロコシの摂取によって、肝臓、腎臓、すい臓、脾臓の機能の変化が記録されている」との指摘について	10
(6) 「生物学的傾向を見るために行った Kroghsbo らの実験では、Bt 米を食べたラットで、Bt タンパク質に特異的に反応する IgA が見られた」とする指摘について	11
(7) 「1998 年にロシア医科学アカデミー栄養学研究所が行った実験で、モンサント社の殺虫性 (Bt) ジャガイモ「ニューリーフ」を与えたラットの臓器や組織に損傷が生じていることが分かった。この実験結果は 8 年間隠されてきたが、グリーンピース、消費者団体による法廷闘争の結果 2007 年に公開された」とロシアの消費者団体が主張している件について	13
(8) 「2003 年、カナダ・オンタリオ州のゲルフ大学の研究者が実施した動物実験で、除草剤耐性の遺伝子組み換えトウモロコシを摂取した鶏の死亡率が、42 日間の飼育で 2 倍になるという結果であった」とする指摘について	13
(9) 「モンサント社が開発した害虫抵抗性遺伝子組み換えトウモロコシ「MON863」	

に関する同社で行った動物実験について、フランスの統計専門家が再評価したところ、モンサント社は問題がないとしていたのにもかかわらず、体重、肝臓、腎臓等に悪影響がみられた」とする指摘について……………	14
(10) 「Bt ワタを運ぶ労働者の皮膚が黒く変色したり、吹き出物や水膨れ等の事例が示された」との指摘について……………	17
(11) 「インドでは Bt ワタを収穫した後の畑を利用した牧草地で、草や葉を食べたヒツジが死亡するケースが相次いだ」との指摘について……………	17
(12) 「ドイツでも Bt トウモロコシを飼料とした 12 頭の牛が死んでいる」との指摘について……………	18
(13) 「米国では Bt トウモロコシを食餌に用いた豚の繁殖率が激減することが報告されている」との指摘について……………	19
(14) 「2004 年、フィリピン・ミンダナオ島で Bt トウモロコシを栽培している農場の近くに住む農家の間で発熱等の症状が広がり、検査したところ 3 種類の抗体の異常な増加が見られ、この抗体がいずれも Bt トウモロコシにかかわることがわかった」とする指摘について……………	20
(15) 「ロシアの Ermakova が、『遺伝子組み換えダイズを投与したラットでは、生まれた仔ラットの死亡率が高く、成長阻害が見られた』という研究結果を発表した」との指摘について……………	21
2-2. 米国環境医学会 (AAEM) と『GENETIC ROULETTE』について……………	24
(1) 米国環境医学会 (AAEM) について……………	24
(2) AAEM の主張について……………	25
(3) 『Genetic Roulette』について……………	25
3. 遺伝子組み換え作物の環境影響評価の仕組み……………	28
3-1. 生物多様性、生物多様性条約とは……………	28
(1) 生物多様性とは……………	28
(2) 生物多様性条約とは……………	28
(3) カルタヘナ議定書……………	29
4. 遺伝子組み換え作物の生物多様性に関する懸念……………	29
4-1. 害虫抵抗性の遺伝子組み換え作物の使用拡大によって、抵抗性害虫の発達等が起きているか?……………	29
(1) 「中国の Bt ワタ栽培の拡大で、Bt 抵抗性の割合が増え続けることを明らかにしたと、2002 年 6 月 11 日付ガーディアン誌が報道した」との指摘について…	30
(2) 「米国で 2 種類の Bt 作物を食べるガで、抵抗性を発達しやすいことが確認された (2002 年 12 月 12 日付 Nature BioNews)」とする指摘について……………	32
(3) 「スペインでも抵抗性を持った昆虫が広がり、環境に有害な強い殺虫剤の使用量	

	が増えている。また Bt トウモロコシに隣接した有機生産者の認証が取り消されたという事態も起きている (2003 年 8 月 27 日付 Farmers Weekly Interactive)」という指摘について……………	33
(4)	「アリゾナ大学の研究チームが、Bt ワタを食べると死ぬはずの昆虫 (ワタキバガ) が、耐性を獲得して死なないものが増えたとする研究報告を発表した (2008 年 2 月 8 日付 Tucson Citizen)」との指摘について……………	34
(5)	「インドでは、Bt ワタを導入したところ、コナカイガラムシが異常発生し多量の殺虫剤を撒く等経済的損失は莫大になったというのである (2007 年 9 月 19 日付 The Financial Express)」とする指摘について……………	34
(6)	「農業生産者の 25% が緩衝帯の設定を守っていないことが判明した (2009 年 11 月 5 日付 The New York Times)」とする指摘について……………	35
(7)	「米国では Bt ワタが原因と見られる悪臭を放つ害虫が増加し、他の作物へも被害が広がっている。これは、Bt ワタによって害虫のワタミゾウムシが減少したことが原因だと考えられている。(2009 年 8 月 10 日付 Foster Folly News)」とする指摘について……………	36
(8)	「アリゾナ大学の昆虫学者 Tabashnik が、殺虫性 (Bt) トウモロコシがもたらす抵抗性害虫の拡大を指摘する論文 (Journal of Economic Entomology) を発表した」との指摘について……………	37
4.2.	除草剤に抵抗性を獲得した雑草 (抵抗性雑草) と遺伝子組み換え作物……………	38
4.3.	遺伝子組み換え作物と生物多様性……………	41
(1)	メキシコのトウモロコシ在来種から、遺伝子組み換え品種の遺伝子やタンパク質が検出されたとの指摘について……………	41
(2)	「除草剤耐性の遺伝子組み換え作物の栽培により生物多様性が失われ、生物数が減少」と指摘した 2003 年の英国王立協会の発表について……………	43
(3)	遺伝子組み換え作物、非遺伝子組み換え作物間の交雑、および隔離距離について……………	44
(4)	日本における輸入港周辺のコナネのこぼれ落ちに対する懸念……………	46
(5)	2010 年 8 月に開催された米国生態学会の年次総会のポスターセッションで「遺伝子組み換えコナネが農地以外で在来種のように自生し、定着している可能性を確認した」と発表された件について……………	46
4.4.	昆虫の寿命等に悪影響を与えるか?……………	48
(1)	「インディアナ大学の研究者が Bt トウモロコシが水系の生態系に有害だとする研究成果をまとめた。水生昆虫のトビケラの成長率が半減以下となる成長障害が起き、死亡率が高くなる。(2007 年 10 月 8 日付 The Proceedings of the National Academy of Science オンライン)」との指摘について……………	48

- (2) 「スイス連邦農業・農業生態学研究所の Hilbeck らが、ノバルティス社が開発した Bt コーンを用いて実験を行った結果、トウモロコシを食べたオオカバマダラの幼虫を食べたクサカゲロウの幼虫は、死亡率が2倍近く高くなることがわかった」とする指摘について 49
- (3) 「コーネル大学の Losey らは、チョウの幼虫を用いて、殺虫性作物の花粉が飛び散った際の影響を実験するため、トウワタの葉に Bt コーンの花粉を振りかけ、幼虫に食べさせたところ、大量死が確認された。(1999年5月20日付 Nature)」との指摘について…………… 50
- (4) 「カンザス大学の Taylor によると、除草剤耐性作物に用いる除草剤が、チョウの幼虫が好んで食べるトウワタを枯らし激減させたため、チョウが大幅に減少している (2010年1月19日付 The Globe and Mail)」との指摘について …… 50
- (5) 「スコットランド作物研究所の Birch らによる、殺虫毒素をもったジャガイモについていたアブラムシを食べたテントウムシの寿命が短くなった (2002年6月2日付 New Scientist)」との指摘について …………… 50
- (6) 「遺伝子組み換え作物が栽培された畑の土壤に生息する生物体内に、高い割合で取り込まれる (2009年12月4日付 Ecological Farming Association)」との指摘について…………… 51

4.5. ミツバチが一夜にして集団失踪する現象 (CCD、蜂群崩壊症候群) が増えてきたのは、遺伝子組み換え作物のせいかな? …………… 52

- (1) ミツバチが一夜にして集団失踪する現象 (CCD、蜂群崩壊症候群) の原因については、ネオニコチノイド系農薬がクローズアップされているものの、電磁波や Bt トウモロコシもミツバチが忌避することから、複合的な影響が有力視されている (2007年4月24日付 New York Times)」との指摘について …………… 52
- (2) 「ドイツの養蜂家6人が、Bt トウモロコシを栽培している地域から、汚染を嫌ってミツバチを移動させた (2008年8月14日付 Inter Press Service News Agency)」との指摘について …………… 52
- (3) 「殺虫毒素をもったナタネのミツを吸ったミツバチの寿命が短くなり学習障害が見られた」との指摘について…………… 53
- (4) 「Bt 毒素をもつ遺伝子組み換え作物によって、ハチ (特にミツバチ) が学ぶ行動に悪い影響が起きることが分かった。(2008年10月21日付 The Bioscience Resource Project)」との指摘について …………… 53

はじめに

遺伝子組み換え作物は2009年には世界規模で1億3千4百万 ha に栽培されている。特にダイズでは、遺伝子組み換えの品種の作付けは、世界全体の作付面積の2/3を超える状況となっている。また日本には大量の遺伝子組み換え作物（ダイズ、トウモロコシ、ナタネ）が輸入され、家畜飼料や植物油等として消費され、わが国の消費生活にとっても欠かせないものとなっている。（*主な日本の農産物として米882万t、野菜1,265万tに対し、輸入大豆395万t・輸入トウモロコシ1,630万t・輸入ナタネ220万tのうち1,680万tは遺伝子組み換えと推定される。）

ILSI Japan では1988年のバイオテクノロジー国際セミナーの開催以来バイオテクノロジー応用食品の安全性の実証と、その科学的情報の適切な伝達の重要性を認識しバイオテクノロジー研究部会を組織し、勉強会、シンポジウム、国のプロジェクトへの参画、報告書の作製等を通じて活動を行ってきた。

特に、「組換えDNA技術応用食品・食品添加物の安全性評価指針」に基づき最初の遺伝子組み換え作物が厚生省に申請された1996年以降、「遺伝子組換え食品Q&A」「遺伝子組換え食品を理解する」の発行、2000年3月から8年間にわたって日本で開催されたコーデックス・バイオテクノロジー応用特別部会にあわせ、「特別部会参加者を対象とした国際シンポジウム」の開催、ILSI本部からの国際標準策定へむけた各種提案、国内の情報データベース化の国のプロジェクトへの参画、大学等での講演等遺伝子組み換え生物に関する科学情報の発信に努めてきた。

しかしながら、この新規技術は、いまひとつ国民の理解の行き届かないところがあり、食品としての安全性や環境への懸念が叫ばれているのも事実である。社会・経済、倫理等に基づき多くの議論がなされることは好ましいことではあるが、科学的な基礎知識から乖離したり、事実がまげられた議論は決して社会に好結果を生まないと考えられる。

当部会では、現在議論されている各種の懸念について情報を整理しそれぞれの懸念に対し我々の見解を出した。事実と反する懸念もあるが、解決にむけて努力している懸念もあり見解を公開させていただく。これは決して結論を普及させようとするものではなく、各位が原著にあたって納得のいく理解をしていただきたいと思います、参考文献（ウェブサイトURL）をできるだけ提示するものである。文章もコミュニケーションを目的とするものではなく、あくまでも各位の判断の材料を提供するものとして作成していることをご理解いただきたい。

2010年9月

特定非営利活動法人 国際生命科学研究機構（ILSI Japan）
バイオテクノロジー研究部会

1. 遺伝子組み換え食品の安全性評価の仕組み

遺伝子組み換え食品の安全性の国際基準はコーデックスの基準として2000年3月の第1回特別部会から2007年9月までの7回の特別部会でグリーンピース等の市民団体も参加の上、参加者の総意で基準案が策定され、2003年と2008年の総会で採択された^{1,2,3,4}。

この特別部会は日本が初めて議長国となった部会であり、市民団体（子孫基金＝現食品と暮らしの安全基金）が初めてインターネット中継を行った会合でもある。

日本では、遺伝子組み換え食品は品目ごとにコーデックスの基準に則った安全性評価を受けることが食品衛生法で義務付けられており、安全性の評価は内閣府の食品安全委員会が行っている。安全性評価の手続きとしては、遺伝子組み換え食品の開発者等が、厚生労働省に対して審査を申請し、厚生労働省から食品安全委員会に対して安全性の評価を要請する。安全性が厳しく審議され、従来の食品と同じように食べても安全であることが確認された遺伝子組み換え食品だけが、日本での販売や輸入ができるという仕組みになっているのである。

また、実用化に当たっては食品の安全性だけでなく、用途に応じて生物多様性の環境影響や家畜の飼料としての安全性も確認が求められている（詳細は「3. 遺伝子組み換え作物の環境影響評価の仕組み」の項を参照のこと）。日本では、一つひとつの遺伝子組み換え作物ごとに、用途に応じてこれらの安全性について、最新の科学的知見により評価を行い、安全性が確認されたものだけが使用を認められる^{5,6,7}。

（1）安全性評価の内容

遺伝子組み換え食品の安全性評価では、主として、遺伝子組み換えによって新たに付け加えられた性質と、遺伝子組み換えによって他の悪影響が生じる可能性がないかという点

- 1 PRINCIPLES FOR THE RISK ANALYSIS OF FOODS DERIVED FROM MODERN BIOTECHNOLOGY, (http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10007/CXG_044e.pdf)
- 2 GUIDELINE FOR THE CONDUCT OF FOOD SAFETY ASSESSMENT OF FOODS DERIVED FROM RECOMBINANT-DNA PLANTS, (http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10021/CXG_045e.pdf)
- 3 PRINCIPLES FOR THE RISK ANALYSIS OF FOODS DERIVED FROM MODERN BIOTECHNOLOGY, (http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10025/CXG_046e.pdf)
- 4 GUIDELINE FOR THE CONDUCT OF FOOD SAFETY ASSESSMENT OF FOODS DERIVED FROM RECOMBINANT-DNA ANIMALS, (http://www.codexalimentarius.net/download/standards/11023/CXG_068e.pdf)
- 5 食品安全委員会「遺伝子組換え食品（種子植物）の安全性評価基準」(http://www.fsc.go.jp/senmon/identsi/gm_kijun.pdf)
- 6 厚生労働省医薬食品局食品安全部「遺伝子組換え食品ホームページ」(<http://www.mhlw.go.jp/topics/identsi/index.html>)
- 7 農林水産省農林水産技術会議「遺伝子組換え技術の情報サイト」(<http://www.s.affrc.go.jp/docs/anzenka/information/anzenhyoka.htm>)

について、審議される。

評価は、これまでに食べてきた従来の食品（非遺伝子組み換え食品）と比較するという方法で行われる。例えば、遺伝子組み換えトウモロコシの安全性評価を行う場合は、遺伝子組み換えではない従来品種のトウモロコシと比較し、同じように食べても問題がないかについて、さまざまな観点から確認が行われる。

また、評価の基準は食品安全委員会の安全性評価基準に基づいている。具体的な安全性評価のポイントは、

- 組み込まれた遺伝子は安全か
- 組み込まれた遺伝子が作り出すタンパク質に有害性はないか
- 組み込まれた遺伝子が作り出すタンパク質にアレルギーを誘発するおそれはないか
- 組み込まれた遺伝子が間接的に作用し、他の有害物質を作る可能性はないか
- 栄養素や栄養を阻害する物質等の構成成分やその量が大きく変化していないか

等である。

これらについて、科学的なデータをもとに評価が行われる。科学的なデータは、遺伝子組み換え食品を開発した企業等の申請者から提出されるが、安全性について疑問が生じる場合には、追加のデータを求め、審議を行う。こうした評価の方法は、医薬品や農薬、食品添加物等の評価でも同様である。

上述の5つの安全性評価ポイントの中で特にアレルギーについては、小麦、そば、落花生等のように、人によってアレルギーを引き起こす物質（アレルゲン）が知られ、そのアレルギー症状は軽微なものから重度、さらには生命を脅かすものまで幅広いため慎重に対応する必要がある。遺伝子組み換え食品の安全性評価の場合では、新たに産生されるタンパク質によって、従来の食品に比べてアレルギー誘発性が増す心配がないか検証が行われている。

アレルギー誘発性は、一つの試験結果で結論されることはなく、複数の試験を行った結果が総合的に評価・判断されている。例えば、遺伝子組み換え作物で新たに産生されるタンパク質の配列が既知のアレルゲンと類似していないか、また人工胃液や人工腸液等ですみやかに消化されるか等の確認が行われている。

（2）公表して意見を募集する

遺伝子組み換え食品の安全性評価は、食品安全委員会の下に設けられた遺伝子組換え食品等専門調査会で厳しく審議される。審議結果の案がまとまると食品安全委員会で報告され、検討されてから、国民に広く公表し、意見・情報（パブリックコメント）の募集が行われる。ここで意見や情報が寄せられると、これについても検討した上で評価結果が決定され、食品安全委員会から厚生労働省へ通知される。

このようにして、安全性に問題がないと判断された遺伝子組み換え食品は、安全性評価を経た旨が公表される。

(3) 現在審査済みの遺伝子組み換え食品

2010年7月5日現在、安全性評価を経た遺伝子組み換え食品は、ジャガイモ8品種、ダイズ7品種、てんさい3品種、トウモロコシ70品種、ナタネ15品種、ワタ20品種、アルファルファ3品種の合計126品種である⁸。これら以外の食品、つまり安全性評価を受けていない遺伝子組み換え食品やこれを原材料に用いた食品については、食品衛生法で輸入・販売等が禁止されている。

輸入食品については、全国に31か所ある厚生労働省の検疫所で監視を行っており、許可されていない遺伝子組み換え食品についてもチェックを行っている。万が一、わが国で許可されていない遺伝子組み換え食品が市場に出回った場合は、国や保健所等により廃棄や回収、積み戻しの命令等が行われる。

2. 遺伝子組み換え食品の安全性に関する懸念

2-1. 遺伝子組み換え食品の安全性に問題があるか？

米国環境医学会 (AAEM) は2009年5月8日、遺伝子組み換え食品に関する意見書 (American Academy of Environmental Medicine Report) を発表し、遺伝子組み換え食品の安全性について懸念を表明した⁹。

この意見書は「複数の動物実験により、遺伝子組み換え食品と関連のある重篤な健康リスクが示唆される」と主張するもので、遺伝子組み換え食品の一時使用禁止と独立機関による長期安全性検査、および表示等を要求している。ここでは「遺伝子組み換え食品が有害である」とAAEMが主張する根拠とした参考文献をいくつか引用しているが、既に様々な分野の専門家によってそれらの参考文献の内容は反証されており、その多くは閲覧可能となっている。また、欧米の公的な主流派機関は、「遺伝子組み換え食品の安全性に問題があるということは認められない」という立場をとっている。

- 米国毒性学会 (Society of Toxicology)

「バイオテクノロジーを通じた食糧生産のプロセスの中に、毒性専門家にとってまったくなじみのない性質や植物、動物、微生物に関する従来の品種改良では作りだせない性質を生む危険が存在する、と推定する根拠はない。ゆえに、安全性を評価する際に注目すべきであるのは食品それ自体であって、食品が作られるプロセスではないという点を認識することが重要である」

- 米国医師会 (American Medical Association)

8 厚生労働省「安全性審査の手続きを経た遺伝子組換え食品及び添加物一覧」
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/idsenshi/dl/list.pdf>)

9 AAEM, American Academy of Environmental Medicine Report, (<http://www.aaemonline.org/gmopost.html>)

「組み換え DNA 技術を用いて生産された作物および食品が入手可能になって 10 年程になるが、今日までに長期的な影響は何ら発見されていない。これらの食物は、従来の食物と実質上変わらない」

- 米国栄養学会 (American College of Nutrition)

「有効な科学的証拠は多く存在しており、バイオテクノロジーにより開発された作物の安全性を裏付けている。これらの証拠は、多数の国および国際組織の科学機関や規制機関が検討し、従来の品種改良により開発された作物と比べた場合に、バイオテクノロジーにより開発された作物が特別な安全性問題を呈することはないという結論を下した。さらに、バイオテクノロジーにより開発された作物に由来する原料を含有する食物が 7 年前に初めて導入されて以来、こうした作物は世界各地の農家に幅広く採用されるに至っており、実践現場における安全な使用の歴史が確立されている」

- フランス国立医学アカデミー (The French Academy of Medicine)¹⁰

「遺伝子組み換え作物に対するあらゆる批判は、厳格な科学的基準に照らせばその大半を退けることができるということが示されている。また、科学的な厳密性とは個別分析からしか生まれないものであり、したがって GMO と関連づけられた潜在リスクを一般化することは不可能である」

AAEM による本意見書は、その根拠の大半を書籍『Genetic Roulette』(2007) に置いている (AAEM と Genetic Roulette については 2-2 で述べる。)。以下に AAEM の主張、およびその根拠としている「Genetic Roulette」が主張している食の安全性に関する問題点について「Genetic Roulette」の反証を行っている Academics Review (後述) を参照にしながら検証する。

- (1) Finamore らイタリアの研究グループが、「遺伝子組み換え Bt トウモロコシ「MON810」をマウスに与えた給餌実験において、Bt トウモロコシの方の免疫パラメーターに有意な差がみられたことを発表した」¹¹ とする指摘について

検証

- ① Finamore らの研究グループは、この実験結果について「有意差が小さく、これをもって免疫機能障害があるとはいえない」としている。
 - Finamore らは、広範にわたる免疫応答およびサイトカインのパラメーターに着目し、非遺伝子組み換えトウモロコシ含有の標準的な食餌 (コントロール群)、害虫抵抗性 (Bt) トウモロコシ (試験群)、同系統の非遺伝子組み換えトウモロコシ (対照群非遺伝子組み換え) のいずれかを摂取した若年および老年のラットを比較検討した。その結果、試験群で対照群に対して、T 細胞、B 細胞等の割合で有意差

10 Lavoisier, (http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/pdf/RST13_summary.pdf)

11 Finamore A. et al. (2008) Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(23): 11533-11539

がみられ、Bt トウモロコシ摂取後、IL-6、IL-13 等が増加した。このように免疫パラメーターでは、統計学的に有意な変化は複数あったが、その差は小さいものである。著者ら自らが述べているように「これらのデータの意義については、こうした変化が重要な免疫機能障害を反映したものであるということを確認するためには、さらに検討する必要がある」と発表している。しかし、この点について、『Genetic Roulette』では紹介していない。

- ② 実験方法に不備があり、コントロール群の標準的な食餌に関するデータがないため判断できない。
 - 同論文について最も懸念すべき問題は、標準的なマウスの食餌に関して著者らが何らデータを報告していない点である。著者が、対照とする一群のデータを全面的に省略するというのは極めて奇妙なことであり、特に、こうしたさまざまな免疫パラメーターに食餌の構成が及ぼす影響を示す場合には、この試験設計の不備が指摘されよう。コントロール群であるトウモロコシ含有食餌との比較ができないため、Bt トウモロコシ群に示された生物学的重要性について統計学的な差を認めただけであり、その差異が安全性上の影響が「あった」のか「なかった」のかについては判断できない。
- ③ 観察された影響は、各々の食餌のトウモロコシに含まれるマイコトキシン（カビ類が産生する毒素の総称）類の含有量における差が原因である可能性もあることを、著者自身が指摘している。
- ④ 作物の安全性に関してわずかな臨床学的有意性の意義は不明であり、また食餌の影響とも断定できない。著者はこの論文で、遺伝子組み換え食品の安全性については何ら結論を出しておらず、出すこともできないとしている。

(2) 「Malatesta の研究グループは、遺伝子組み換えダイズを与えた動物実験で、肝臓の影響や、老化を早め、活性酸素の増加を導くとする結果を発表した」¹² とする指摘について

検証

- ① Malatesta らが 2008 年行った一連の論文は、専門家によるピアレビューの結果、統計学的有意差に関して、否定されている。早期老化はダイズに含まれる植物エストロゲンの既知の影響と説明できる。
 - Malatesta らの動物実験は、遺伝子組み換えダイズを与えたマウスの肝臓等への影響を調べたもので、2002～2006 年に発表された遺伝子組み換えダイズを与えたマ

12 Manuela Malatesta et al. (2008) A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochemistry and Cell Biology*, 130(5): 967-977

ウスの肝臓、膵臓、または精巣細胞における病理組織学的変化を主張した一連の論文のひとつである。これまでの論文は専門家による検討の対象となり、膵臓、精巣細胞への影響はすでに統計学的有意差は否定されている。さらに、病理組織病理学的観察の結果、食餌に加えられたダイズに含まれる植物エストロゲンの既知の影響によるものと説明され、遺伝子組み換え食品の安全性とは無関係である可能性が高いとされている^{13,14}。

② 試験方法が不適切であり、結果が導き出せない。

- 専門家によるピアレビューの結果、「試験設計において各々のマウスが摂取した食餌量や使用されたダイズの品種などが未報告であった」、「食餌中のダイズイソフラボンが測定されていない」「得られたデータに統計学的有意差および生物学的に重要な変化はなかった」ことが明らかになった。これまでの試験においても、内容不明の組成の食餌材料が使用されており、今回も不明であった。また著者も健康影響について明確に主張しておらず、さらなる研究の必要性を言及している。
- Malatesta らの 2008 年の試験は、プロテオーム解析、プロテオミクス分析等を通して肝臓への病理組織学的影響に言及しているが、遺伝子組み換えダイズの組成分析がされていないこと、対照系統の異なる従来ダイズを使用していること等不適切な試験設計であるため、ここから「遺伝子組み換えダイズが早期老化を引き起こす」とは言えない。
- 細胞代謝の変化に関する著者らの推測を裏付けるための代謝データを提示しておらず、また遺伝子組み換え食物を摂取した動物における重要な臨床毒性についての生化学的または臨床学的な証拠も提示していない。

(3) 「ウィーン大学の Zentek らの遺伝子組み換えトウモロコシ (NK603 × MON810) を用いた実験で、不妊や子孫への影響が報告された (2008)」¹⁵ とする指摘について

検証

- ① オーストリア政府が遺伝子組み換えトウモロコシの長期影響について、Zentek らの調査報告をリリースしたが、この報告書には実験方法や結果の統計方法に欠陥があると、豪州・ニュージーランド食品基準機関 (FSANZ) が発表している^{16,17}。

13 Thigpen JE. et al. (2004) Selecting the appropriate rodent diet for endocrine disruptor research and testing studies, ILAR Journal, 45: 401-416

14 Brown NM. et al. (2001) Animal models impacted by phytoestrogens in commercial chow: implications for pathways influenced by hormones. Laboratory Investigation 81: 735-747

15 A. Velimirov et al. (2008) Biological effects of transgenic maize NK603 x MON810 fed in long term reproduction studies in mice (http://www.biosicherheit.de/pdf/aktuell/zentek_studie_2008.pdf)

16 Food Standards Australia New Zealand (2009) Impact of Austrian reproduction study on the safety of GM corn lines MON810 and NK603 (<http://www.foodstandards.gov.au/newsroom/factsheets/factsheets2009/updateimpactofaustri4157.cfm>)

- 2008年11月、オーストリア健康・家族・青少年担当省（Austrian Federal Ministry of Health, Family and Youth）が、繁殖に対する遺伝子組み換えトウモロコシ NK603 × MON810 の影響評価を行ったマウスを用いた研究の調査報告をリリースした。この調査は、オーストリア政府が、遺伝子組み換えトウモロコシを含む食餌を継続的に与えたマウスへの長期影響について調べるよう、科学者に依頼して行われたものである。その結果、継続して遺伝子組み換え食餌を与えた第三世代と第四世代の仔にのみ僅かな生殖影響が見られたとしている。
- 報告書には、生涯にわたる長期毒性試験、一般的な多世代繁殖試験（MG）、連続的な出産における繁殖性の評価（RACB）の3つの試験がされている。生涯試験、多世代試験において、「遺伝子組み換えトウモロコシ NK603 × MON 810 の穀粒を食餌として与えられたマウス群」と、「対照の非組み換えトウモロコシを食餌として与えられたマウス群」との間の繁殖特性に、統計学的有意差は認められなかった。3つめの継続的給餌（RACB）調査では、化学物質試験用の米国国家毒性プログラム（NTP）が開発した継続的給餌（RACB）調査用プロトコルを改変したものが用いられ、オスとメスのマウスを繁殖のつがいとして約20週間飼育し、この期間を通じて継続的に出産させた影響を調べた。その結果、「遺伝子組み換えトウモロコシを食餌として与えられたマウスの出生率」と「非組み換えトウモロコシを食餌として与えられたマウスの出生率」の間に差異が認められたとしている。第三世代および第四世代の出生で生まれた仔の数は「遺伝子組み換えトウモロコシを食餌として与えられたグループ」の方が少なく、また、第四世代の出生で産まれた仔は、離乳期の時点では「遺伝子組み換えトウモロコシを食餌として与えられたグループ」の方が少なく、統計学的有意差が認められたと報告した。
- しかし、この結果に対してFSANZの科学者は、「オーストリアの報告書を精査すると多数の実験方法や結果の解釈における欠陥がある」と指摘している。いくつかの計算ミスにより著者らが間違っただけで通常食餌と遺伝子組み換え食餌を与えたマウスの生殖能に有意差があると結論したものもある。オーストリア研究にはいくつかの大きな不備があるため、FSANZはこの報告書の結論は支持されないとみなした。実際、食餌による生殖や寿命への生物学的に意味のある差は見られなかった。

② 欧州食品安全機関（EFSA）のGMOパネルも、オーストリア研究の評価を強く批判している。オーストリア政府は結局、このレポートを取り下げた¹⁸。

17 Food Standards Australia New Zealand (2009) Review of the report by Velimirov et al (2008) : "Biological effects of transgenic maize NK603 x MON810 fed in long term reproduction studies in mice" (http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/FSANZ%20Review%20of%20Austrian%20Report%20AB%20cleared%20Jan09.pdf)

18 Minutes of the 46th Plenary Meeting of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms (http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Event_Meeting/gmo_statement_austrianstudy_en/events/event/gmo081203-m.pdf?ssbinary=true)

- EFSA もこのオーストリア研究の結果を精査しており、その方法と著者による結果の評価を強く批判している。EFSA も FSANZ 同様の結論に達し、この研究の見聞の科学的価値はほとんどないと否定している。
- 2008 年 12 月、EFSA の GMO パネルにおいて、オーストリアでの研究報告に関する審議が行われ、以下の結論に至った。
- オーストリア研究の連続的繁殖試験（RACB）において、表 59 のサマリーは計算間違いを含んでおり、第三世代と第四世代の一腹の仔の数についてデータの処理が矛盾している。加えて、著者は、つがいごとに生まれた仔の出生時の数は計算しているものの、通常は行われる、出産していないつがいについては計算していない。また、データの解析において統計的方法に問題がある。以上の理由で、個々のデータについて適切な評価が必要であるとしている。さらに、報告書中の繁殖方法についてもさらなる情報が求められるとしている。特に、第三世代と第四世代で繁殖に失敗したつがいと同じつがいなのか、または異なるつがいなのか、明確にするべきである。繁殖能力において考えられる変化について何かしらの結論を導き出す前に、使用されたマウス系統の種々パラメーターに関する歴史的背景データが必要である。繁殖量の低下を主張するのであれば、発情期のサイクルと精子形成を含む組織病理学のパラメーターに関する追加的な情報、および袋果と卵母細胞の計数が不可欠である。
- また、GMO パネルでは、試験された試料の遺伝学的な同一性や特性についての情報が不十分であることにも言及している。GMO パネルが提示したデータに基づく、レポートは結論を全く得ることができない見解となる。

(4) 「ロウエット研究所の Pusztai がレクチンを含む遺伝子組み換えジャガイモをラットに食べさせる実験を行ったところ、免疫力が低下した (1998)」との指摘について

検証

- ① 実験のジャガイモは研究用で安全性が確認されたものではなかった。商品化もされていない。
- このジャガイモは、レクチンという成分を含む研究用の特殊なジャガイモで、商品化されたものではない。Pusztai の報告を受けて、Pusztai の所属していた英国のロウエット研究所や、英国新規食品・加工諮問委員会（Advisory Committee on Novel Foods and Processes : ACNFP）が、実験結果の検証を行った結果、実験そのものや使用されたジャガイモに問題があったことが明らかとなり、ラットの免疫力が低下したと言うことはできないと結論づけられている。なお、このジャガイモの研究は中止されたので、市場に出回ることはない。
- さらにその翌年には、アバディーン大学の Ewen（Pusztai の共同研究者）が、同様の遺伝子組み換えジャガイモをラットに食べさせる実験を行ったところ、ラットの胃の内壁や小腸等に異常が見られたとランセット誌に発表した^{19,20}。

- ② Pusztai、Ewen とも実験方法にも問題がある。
- Pusztai が所属するロウエット研究所が提出した報告書を検証した結果、この実験には以下の点で問題があり、このジャガイモを食べたことが原因であると結論付けることは出来ないとされている²¹。
 - ラットに与えた食餌中のタンパク質量が少なく、飼料の栄養バランスが悪いため、ラットの健康上の問題がある。実験で用いたレクチンを含む遺伝子組み換えジャガイモは、対照実験で用いた非組み換えジャガイモとは品種が異なっているので、科学的に正確な比較ができない。
 - ラットに生のジャガイモを食べさせた結果と、加熱して食べさせた結果を同じように評価する等、分析・考察の方法に問題がある。研究所では、本研究発表は研究途中の段階で行われたものであり、遺伝子組み換え作物の安全性に対する誤解を招いたとして、Pusztai を免職処分とした。
 - この研究結果については、Ewen 自身が実験の設計や統計分析については不十分な点が多いと認めており、免疫力の低下が、遺伝子組み換えジャガイモが原因かどうかは特定できないとしている。
- ③ 英国食品基準庁（FSA）も、二人の実験結果を否定している。
- 英国食品基準庁の新規食品・加工諮問委員会（Advisory Committee on Novel Foods and Processes：ACNFP）が、Pusztai と Ewen の実験について検証を行った結果、最終的に、「彼らの実験設計とデータからは、このレクチンを含む遺伝子組み換えジャガイモがラットの免疫力を低下させるという結論は引き出せない」²²と分析している。
- (5) 「Kilic らが発表した動物実験において、組み換えトウモロコシの摂取によって、肝臓、腎臓、すい臓、脾臓の機能の変化が記録されている」²³との指摘について

検証

- ① 食餌に用いられたトウモロコシそのものが変化の原因になっている可能性がある。
- Kilic らが発表した実験は、ラットの3世代試験で、第I群に標準的ラット食餌、

19 R. Horton et al. (1999) Genetically modified foods: “absurd” concern of welcome dialogue?, The Lancet, 354(9187): 1314-1315

20 S.W.B. Ewen et al. (1999) Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine, The Lancet, 354(9187): 1353-1355

21 Arpad Pusztai (1998) SOAEFD flexible Fund Project RO 818, Report of Project Coordinator on data produced at the Rowett Research Institute (RRI)(<http://www.rowett.ac.uk/gmo/ajp.htm>)

22 Food Standards Agency, ACNFP statement of the studies conducted at the Rowett Research Institute of potatoes genetically modified to produce the snowdrop(*Galanthus nivalis*) lectin(<http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/novel/galant.htm>)

23 Aysun Kilic et al. (2008) A three generational study with genetically modified Bt corn in rats: biochemical and histopathological investigation, Food and Chemical Toxicology, 46(3):1164-1170

第Ⅱ群に非組み換えトウモロコシ 20% 含有食餌、第Ⅲ群に組み換えトウモロコシ 20% 含有食餌を与え、第3世代における臨床検査による評価、臓器重量、組織病理学的検査結果を調べたもので、この結果から組み換えトウモロコシの子孫への影響を懸念したものである。

- 実験結果では、すべての群で個体重に差はなかったが第Ⅱ群およびⅢ群の雌ラットで相対的肝重量、さらに第Ⅱ群で相対的腎重量に第Ⅰ群に対して統計学的有意差が認められた。第Ⅱ群の雄ラットの相対的腎重量においても、同様に統計学的に有意な低下が認められた。この結果から、トウモロコシ含有食餌そのものが、変化の原因となっている可能性があることが示唆された。
 - 生物学的検査および肝組織病理学的検査の結果は、組み換えトウモロコシの影響ではなくむしろ（仮に有意なものであったとしても）食餌中のトウモロコシの影響を示唆するものである。第Ⅱ群の動物において、コントロール群よりも高いとみられる（統計学的に有意ではない）頻度で異常が生じており、こうした肝検査結果はトウモロコシそのものの影響も原因となっている可能性がある。
- ② 著者自ら「組み換えトウモロコシを長期摂取しても重大な健康問題は引き起こされない」と、結論付けている。
- 血清生化学的指標については、第Ⅱ群の雌ではクレアチニン量が増加したが、第Ⅱ群の雄では減少し、他の指標については統計学的有意差が認められなかった。ここでもやはり、従来型トウモロコシと比べた場合の組み換えトウモロコシの特異的な影響とはならない。
 - 生殖については、著者らは「本試験を通して、F1、F2、F3の動物において有害な行動的または臨床的な影響は何も認められなかった。さらに、子孫の出生率および生存率には群間差は認めなかった」としている。
 - 全体的に見て、著者らは「本試験から得られた結果は、Bt トウモロコシを与えたラットにおける小規模の病理組織学および生化学的な影響にも関わらず、3世代にわたる組み換え Bt トウモロコシの長期的な摂取は、ラットにおいて重大な健康問題を引き起こさなかった」と結論付けている。

(6) 「生物学的傾向を見るために行った Kroghsbo らの実験では、Bt 米を食べたラットで、Bt タンパク質に特異的に反応する IgA が見られた」²⁴ とする指摘について

検証

- ① 本論文において、Bt タンパク質摂取後の免疫毒性または免疫調節は何も認められていない。
- Kroghsbo らは、ラットにインゲン豆のレクチン (PHA-E) もしくは Bt タンパク

24 Stin Kroghsbo et al. (2008) Immunotoxicological studies of genetically modified rice expression PHA-E lectin or Bt toxin in Wistar rats, *Toxicology*, 245(1-2): 24-34

質 (Cry1Ab) を与えた試験を実施した。レクチン (PHA-E) については、①食餌 (非組み換え米) に精製レクチンを添加した試験 (28 日試験)、②レクチンを発現する組み換え米およびその組み換え米に精製レクチンを添加した試験 (90 日試験)、の 2 種類の投与試験を行い、非組み換え米を投与した場合との比較を行った。Bt タンパク質 (Cry1Ab) については、① Bt タンパク質を発現する組み換え米およびその組み換え米に精製 Bt タンパク質を添加した試験 (28 日試験)、② Bt タンパク質を発現する組み換え米の試験 (90 日試験)、の 2 種類の投与試験を行い、非組み換え米を投与した場合との比較を行った。

- レクチン (PHA-E) がラットの免疫系に影響を及ぼすことは既に知られており、試験ではポジティブコントロールとして使用された。PHA-E が免疫系に引き起こす影響は予測されるものであり、実際に、PHA-E が組み換え米として投与されたか、精製タンパク質として投与されたかに関わりなく、発生した。このことは、遺伝子組み換え食物に関する問題を提起するものではない。
 - Bt タンパク質については、組み換え米、精製タンパク質として投与した場合のどちらにおいても、摂取後の免疫毒性または免疫調節は何も認められていない。
- ② 本論文には、遺伝子組み換え作物全般または試験対象となった Bt タンパク質 (Cry1Ab) が有害な影響を示すことは何ら提示されておらず、著者らは Bt タンパク質には有害作用が見られないことを実証している。AAEM がこの論文を懸念材料として取り上げたことは適切ではない。
- IgG および IgA 型の抗体反応は、レクチンおよび Bt タンパク質の双方により、吸入と経口摂取・吸入の複合暴露のいずれによっても誘発された。しかし、食物アレルギー／アナフィラキシーは IgE 抗体によってのみもたらされるものであり、IgG および IgA 型は関係していない。IgG および IgA 型の免疫応答は、食餌または吸入による暴露に続いて生じることが予測されており、著者らも、免疫応答の試験に乾燥した非ペレット状の食餌を使用する際には、試験に使う動物が吸入による暴露をしないよう注意を払うべきであると述べている。
 - この論文が、遺伝子組み換え作物に関する問題を提起する文書に取り入れられたのは理解しがたい。なぜならば、著者らは実際のところ、Bt タンパク質には有害作用が見られないことを実証しているからである。
 - 著者らは、Bt タンパク質に特異的な反応を示した過去の研究として、農業労働者における皮膚プリックテストでのポジティブな反応の増加および IgE の上昇を示した Bernstein らの研究に言及している。しかし、これらの労働者は Bt タンパク質のみならず、吸入によって完全な Bt 菌 (Bt 殺虫剤) に暴露されており、また、IgE の測定値が低かったことから、Bt タンパク質に対する特異性は疑わしいものであった。すなわち、Bernstein らが示したのは、Bt タンパク質に対する IgE 応答ではなく、Bt 菌全体からの抽出物に対する IgE 応答であった。さらに、被験者が職業性アレルギーもしくは食物／消化管アレルギーとして、Bt 殺虫剤もしくは

Cry タンパク質に臨床学的反応を示したかどうかの記録はない。

- (7) 「1998年にロシア医科学アカデミー栄養学研究所が行った実験で、モンサント社の殺虫性 (Bt) ジャガイモ「ニューリーフ」を与えたラットの臓器や組織に損傷が生じていることが分かった。この実験結果は8年間隠されてきたが、グリーンピース、消費者団体による法廷闘争の結果2007年に公開された」とロシアの消費者団体が主張している件について

検証

- ① Jeffery Smith の著書「Genetic Roulette」にモンサント社の害虫抵抗性ジャガイモ「ニューリーフ・ジャガイモ」に関する記述はない。なお、ロシア医科学アカデミーは2007年に、過去にロシアで遺伝子組み換え作物が認可を取得する際に行われた、各種毒性試験の結果を書籍として発行している²⁵。その中で著者らは、「Colorado potato beetle (コロラド・ポテト・ビートル) 抵抗性遺伝子組み換えジャガイモ (ニューリーフ・ジャガイモ) に関する各種安全性評価を行った結果、このジャガイモ品種には毒性、遺伝毒性、免疫変調作用 (immunity modulating)、アレルギー性がないことが証明され、また組成分析の結果、遺伝子組み換えおよび従来のジャガイモ品種は同等であった」と結論付けている。これらの実験の結果、ロシア連邦厚生省は2000年5月、ニューリーフ・ジャガイモ品種の食品産業での利用、および市場での流通を認可している。

- (8) 「2003年、カナダ・オンタリオ州のゲルフ大学の研究者が実施した動物実験で、除草剤耐性の遺伝子組み換えトウモロコシを摂取した鶏の死亡率が、42日間の飼育で2倍になるという結果であった」とする指摘について

検証²⁶

- ① この報告における死亡率は、家禽類の研究施設では正常な範囲であり、遺伝子組み換えトウモロコシを給餌した群とコントロール群の死亡率に生物学的有意差が存在しないことは、専門家によって検証済みである。
- 『Genetic Roulette』のSmithによる主張は、動物実験で除草剤耐性遺伝子組み換えトウモロコシ「リバティリンク」を42日間給餌した鶏の死亡率は7%であったのに対し、コントロール群では3.5%であったというものである。
 - 報告された死亡率は、当該家禽類研究施設では通常の状態が生じる範囲である。「成長の早い鳥におけるこの死亡率は正常な範囲であり、本研究所では通常、プロ

25 Russian Academy of Medical Sciences (2007), Genetically modified food recourses: safety estimation and control, 338-357, (<http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?sessionId=90FA3FEF0B21143E060CEAD78F90E40C?f=2008/RU/RU0802.xml;RU2008000069>)

26 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-17-liberty-link-gm-maize-is-safe/>)

イラーの雄で5～8%の値となっている」という、同科学報告書に書かれていた重要な記述を Smith は紹介していない。

② この研究結果について、豪州・ニュージーランド食品基準機関 (FSANZ) は、「遺伝子組み換えと非組み換え品種間に、差が存在しないことを示している」と解釈した。

- Smith が取り上げたこの科学的研究を FSANZ が評価した結果、リバティリンクの遺伝子組み換えトウモロコシ系統と非組み換えトウモロコシ系統間に、生物学的有意差は存在しないという本研究の結論を支持している²⁷。

③ Smith は引用していないが、このトウモロコシに関する科学的研究や飼育試験も行われており、有害な影響は示されていない。

- 他の研究グループにより、同じ遺伝子組み換えトウモロコシに関する動物給餌試験が3件以上発表されており^{28,29,30}、いずれも遺伝子組み換えトウモロコシが従来種と同等の安全性と栄養性を備えていることを確認しているが、これらの試験を Smith はまったく言及していない。また、最近報告された鶏の研究では、遺伝子組み換えトウモロコシと非遺伝子組み換えトウモロコシの間で鶏の生育反応に差は認められなかった³⁰。
- Smith は結局、安全性の証拠である観察結果を「問題」へとすり替えているだけである。この遺伝子組み換え品種が登録されてから10年間に、他にリバティリンクトウモロコシ系統の品種がいくつか商品化されている。これらに関して規制当局が実施した厳しい審査では、給餌試験（ラットと家畜の双方について）の追加実施が求められたが、そのことについて Smith は言及していない。実験室での広範な試験とともに、10年を超える畜産業界の実践的経験によって、リバティリンクトウモロコシの安全性がさらに確証されている。

(9) 「モンサント社が開発した害虫抵抗性遺伝子組み換えトウモロコシ「MON863」に関する同社で行った動物実験について、フランスの統計専門家が再評価したところ、モンサント社は問題がないとしていたのにもかかわらず、体重、肝臓、腎臓等に悪影響

27 Food Standards Australia New Zealand (2003), Food derived from glufosinate-ammonium tolerance corn line T 25 . A safety assessment. Technical Report Series, Number 23

28 X.Y.He et al.(2008) Comparison of grain from corn rootworm resistant transgenic DAS-59122-7 maize with non-transgenic maize grain in a 90-day feeding study in Sprague-Dawley rats, Food and Chemical Toxicology, 46(6): 1994-2002

29 Courinne Hérouet et al. (2005) Safety evaluation of the phosphinothricin acetyltransferase proteins encoded by the pat and bar sequences that confer tolerance to glufosinate-ammonium herbicide in transgenic plants, Regulatory and Toxicological Pharmacology, 41(2): 134-149

30 Jacobs CM. et al. (2008) Performance of laying hens fed diets containing DAS-59122-7 maize grain compared with diets containing nontransgenic maize grain. Poultry Science 87(3): 475-479

がみられた」とする指摘について

検証

- ① 2007年3月、フランスの Séralini ら民間研究グループが、モンサント社が安全性審査のために提出したデータの再解析を行い、悪影響が見られたと発表した³¹、データ解析は恣意的なものであった。
 - Séralini は、モンサント社のデータから、対照群と MON863 を与えた群との間に統計的に有意差が示されると訴えているが、データを解析する際の重要な点として、多くの比較を行うと、有意差があるように見えるものが必ず見つかる。統計学者は統計評価を行う際に「有意差」を定義しなければならないが、当然のことながら、定義する範囲が狭ければ狭いほど、有意差が多く確認されることになる。Séralini は、遺伝子組み換えトウモロコシで得られた結果と従来のトウモロコシで得られた結果との差が（モンサント社が出した結果より）大きく見えるように数値を恣意的に解析した。
 - 有意差が偽であるかを検定する方法の一つに、試験対象のトウモロコシを異なる量で複数群に与え、与えた量と有意差が比例するかどうかを確認する方法がある。11%のトウモロコシを含む食餌を与えた群では有意差が認められたが、33%の群では認められなかったため、この有意差は当然ながら真ではない。さらに重要な点は、専門家たちが一貫して生物学的有意差は一切ないと結論づけていることである。動物実験の専門家たちは、モンサント社による解析に賛同し、Séralini の統計解析の手法を否定している。
 - 『Genetic Roulette』の中で Smith が引用した、Séralini の発表については、世界中の科学者と規制当局が再検討を行った。これらの専門家は、ピアレビューを受けた科学論文の中で、MON863 トウモロコシが安全であることを再確認した³²。また、Smith は、MON863 が安全であることを立証したその他多くの実験報告^{33,34}については一切言及していない³⁵。

31 Séralini G-E. et al.(2007) New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 52(4): 596-602

32 Doull J. et al. (2007) Report of an Expert Panel on the reanalysis by Séralini et al. (2007) of a 90-day study conducted by Monsanto in support of the safety of a genetically modified corn variety (MON 863), Food and Chemical Toxicology, 45(11): 2073-2085

33 Grant R. et al.(2003) Influence of glyphosate-tolerant-event NK603-and corn rootworm protected-event Mon863-corn silage and grain on feed consumption and milk production in Holstein cattle, Journal of Dairy Science, 86(5): 1707 -1715

34 Taylor M. et al. (2003) Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard Rootworm(-MON863), YieldGard Plus (-MON810 x MON863), Nontransgenic Control, or Commercial Reference Corn Hybrids. Poultry Science. 82: 1948-1956 (<http://ps.fass.org/cgi/reprint/82/12/1948?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=taylor&searchid=1&FIRSTINDEX=10&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>)

35 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-3-bt-corn-is-safe/>)

- ② 世界のリスク評価機関、独連邦リスク評価研究所 (BfR)、欧州食品安全機関 (EFSA)、豪州・ニュージーランド食品基準機関 (FSANZ)、日本の食品安全委員会等の安全評価機関等が、再検討を行い、安全性に問題がないことを確認した。
- Séralini の発表があった翌月、BfR は「統計的有意差から毒性があるとは結論づけられず、健康リスクはない」とする声明を発表した³⁶。2007年6月、EFSA も「MON863の安全性に関して疑義を呈する科学的妥当性を提起しているとは考えない」と結論付けた³⁷。日本の食品安全委員会も同年8月、「用いた統計解析方法は個体差と反復測定における相関を考慮しておらず適当ではないこと等から妥当な指摘ではなくヒトへの新たな懸念はない」と確認した³⁸。
- ③ その後2009年12月にも、Séralini らは安全性に懸念があるとする論文を発表したが³⁹、日本の食品安全委員会は2010年2月にこの議題を取り上げ、安全性に問題がないことを再度確認した⁴⁰。
- 2009年12月、フランスのSéralini らは再度、モンサント社が提出した遺伝子組み換えトウモロコシ飼料に関するラットの毒性試験について、異なる統計手法を用いて再解析を行ったところ、試験結果に有意差が認められたと発表した。この内容が、同系統の遺伝子組み換えトウモロコシの安全性に係る審議結果に影響するかどうか、食品安全委員会遺伝子組換え食品等専門調査会において検討を行った結果、「この論文の指摘は妥当ではなく、ヒトの健康に悪影響を及ぼすことを示す新たな懸念はないと考えられる」とした。
 - 今回の論文中で指摘されたのは、除草剤耐性トウモロコシ NK603 系統、害虫抵抗性トウモロコシ MON810 系統および MON863 系統である。また、これらの系統を用いた掛け合わせ品種の9品種について、食品安全委員会では改めて安全性の確認を必要とするものではないと判断した。
 - 今回の論文も、前回と同様の手法でデータ解析を行ったもので、食品安全委員会は検討結果については「用量相関性がなく、腎臓・肝臓に認められたとする統計学的

36 90-Ttudie an Ratten mit MON863-Mais: Keine Hinweise auf gesundheitliches Risiko (http://www.bfr.bund.de/cm/208/90_tage_studie_an_ratten_mit_mon863_mais.pdf)

37 EFSA reaffirms its risk assessment of genetically modified maize MON 863 (2007) (http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178621165358.htm)

38 食品安全委員会遺伝子組換え食品等専門調査会 (2007) 「鞘翅目害虫抵抗性トウモロコシ MON863 系統の90日間反復投与毒性試験で得られたデータの再解析に係わる見解について」 (<http://www.fsc.go.jp/fscis/meetingMaterial/show/kai20070830sfc>)

39 de Vendomois J S. et al. (2009) A Comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *International Journal of Biological Sciences*, 5(7): 706-726

40 食品安全委員会遺伝子組換え食品等専門調査会 (2010) 「除草剤グリホサート耐性トウモロコシ NK603 系統、チョウ目害虫抵抗性トウモロコシ MON810 系統及びコウチュウ目害虫抵抗性トウモロコシ MON863 系統の90日間反復投与毒性試験で得られたデータの解析に係る見解について」 (<http://www.fsc.go.jp/iinkai/i-dai320/dai320kai-siryou7.pdf>)

有意差は毒性学的意義に乏しいものと考えられるとして、3系統の摂取が血液、肝臓および腎臓に毒性を示すことを示唆する新しい証拠を提示しているとは言えないとした。さらに、安全性評価指針に基づく審議結果を考慮すると、これら3系統のラット90日間反復投与毒性試験データがヒトの健康に悪影響を示唆する、というSéraliniらの指摘は妥当ではないと考えられるとして、ヒトの健康に悪影響を及ぼすことを示す新たな懸念はないと考えられる」と結論づけた。

(10) 「Btワタを運ぶ労働者の皮膚が黒く変色したり、吹き出物や水膨れ等の事例が示された」との指摘について

検証⁴¹

- ① 遺伝子組み換え害虫抵抗性ワタ (Btワタ) を扱う数百万の人たちから、アレルギー等の健康問題の報告はない。
 - Btワタは、インドでは380万人、中国では710万人の小規模生産者によって栽培されている(2007年)。これほど広範囲で使用されていても、こうした農家の間でアレルギーとBtワタとの関連性に関する報告はない。
- ② 農業労働者にとっては、非遺伝子組み換え作物の栽培よりも遺伝子組み換えBtワタ栽培の方が安全性は高い。
 - Btワタの品種は、生産者に対して殺虫剤への暴露を低減させることを可能にし、中国の小規模生産者で生じる殺虫剤中毒の症例を減らしているということが十分に立証されている。Btワタにより殺虫剤の使用量が80%以上減少している⁴²。
- ③ Smithが引用した報告は、遺伝子組み換え反対の組織が出したものである。この団体は自分たちの報告書を予備的なものとして、ごく少数の人を対象とした聞き取り調査に基づいているに過ぎないと記述しているが、『Genetic Roulette』ではそのことに触れていない。
 - Btワタがこれらのアレルギーを引き起こしたという医学的証拠は、全く示されていない。また、労働者たちが非遺伝子組み換えワタを扱っているときや、遺伝子組み換えワタが開発される前にもこれらの症状が現れたかどうかにも触れられていない。この団体は自分たちの報告書を予備的なものとして、ごく少数の人を対象とした聞き取り調査に基づいたものに過ぎないと記述しており、この主張の展開には慎重な姿勢を見せている。

(11) 「インドではBtワタを収穫した後の畑を利用した牧草地で、草や葉を食べたヒツジ

41 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-5-bt-cotton-is-safe-1/>)

42 Brookes G. et al. (2008) Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects, 1996-2006. *AgBioForum*, 11(1): 21-38 (<http://www.agbioforum.org/v11n1/v11n1a03-brookes.pdf>)

が死亡するケースが相次いだ」との指摘について

検証⁴³

- ① Bt ワタの導入以前も、綿花農地に放牧されたヒツジからは死亡例が報告されている。
 - Bt ワタの農地に放牧されたヒツジの死亡例が報告されているのは事実である。ただ、なぜヒツジが死んだのかを説明する科学的な観察はほとんどない。Smith が記述しているこれらの報告は、遺伝子組み換え反対の組織が情報源であり、彼らは、このような現象を指摘して、より詳しい調査を求めているものである。農地で放牧されたヒツジの死亡例は Bt ワタが導入されるずっと前から報告されており、また Bt ワタが栽培されていない放牧地でもヒツジの死亡例がある。
 - Bt ワタが栽培されていない放牧地でのヒツジの死亡については、植物由来の化学物質（シアン化合物、シュウ酸塩、硝酸塩等）や、飼料汚染（殺虫剤、真菌毒素等）による中毒が概ね一般的である^{44,45}。
- ② ヒツジは殺虫剤または硝酸塩による急性中毒で死亡した可能性が高い。
 - 現時点で分かっているのは、ヒツジが死んだのは殺虫剤または硝酸塩の中毒によるものであり、Bt ワタによるものではないようだということである。室内動物実験で多量の Bt タンパク質が食餌として与えられているが、有害な作用は全く認められていない。むしろ、Bt ワタにより殺虫剤の使用量が 80% 以上減少するため、生産者やヒツジにとって安全であるといえる。死亡した一部のヒツジを検査した獣医師らは、毒素への暴露の症状が見られると語っている（Smith もこのことには触れている）。獣医らは、最も可能性の高い原因は殺虫剤中毒であると結論している。また、硝酸塩またはゴシポール（ワタの自然の毒性成分）が毒物であった可能性も排除できなかった⁴⁶。

(12) 「ドイツでも Bt トウモロコシを飼料とした 12 頭の牛が死んでいる」との指摘について

検証⁴⁷

- ① 12 頭の牛が死んだと指摘されている Bt176 トウモロコシは、牛の死因ではないと

43 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-6bt-cotton-is-safe-2/>)

44 Mayland et al.(1995) Forage-induced Animal Disorders, Forages, Volume II: The Science of Grassland Agriculture Fifth Edition, 121-135 (<http://eprints.nwisrlars.usda.gov/787/1/875.pdf>)

45 Jian Wang et al. (1996) Food deprivation affects preference of sheep for foods varying in nutrients and a toxin, *Journal of Chemical Ecology*, 22(11):2011-2021 (<http://www.springerlink.com/content/w7815q746r47nl08/fulltext.pdf>)

46 J.L.Karihaloo et al. (2009) Bt cotton in India - A status report (Second Edition). Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB) (http://www.apcoab.org/documents/Bt_cotton2.pdf)

断定されている。

- ロベルト・コッホ研究所 (Robert Koch Institute) の調査担当者らは、Bt176 トウモロコシは死因ではないと結論づけており、死因は、動物の死因として一般的なものである慢性ボツリヌス中毒症である可能性を示唆している。

② 報告は不完全であり、未発表である。

- 本件に関しては証言や情報がほとんどなく、Bt176 トウモロコシと牛の死の関連について証拠は何も示されていない。科学的な追跡解析も発表されていない。

③ Bt176 およびその他の Bt トウモロコシは動物が食べても安全であることが知られている。

- 専門家による検証を受けた学術文献で発表されているが、さまざまな動物実験において何ら有害な影響を認めていない^{48,49}。Bt176 トウモロコシは、長年にわたり栽培され、利用されてきた実績があるが、その間、有害影響があったという主張は他にはなされていない。

(13) 「米国では Bt トウモロコシを食餌に用いた豚の繁殖率が激減することが報告されている」との指摘について

検証

- ① 論文の原著等が明確ではないが、『Genetic Roulette』の中で Smith の主張を検証する「Academic Review」において、食餌となるトウモロコシに含まれるカビ毒によって生殖障害が起きることによるものとされている⁵⁰。
- ② 遺伝子組み換え飼料の安全性については、遺伝子組み換え食品の安全性と同様で、新たに作られたタンパク質が体内で消化されることが確認されている。このため家畜や家禽に悪影響を及ぼすことはない。
 - 遺伝子組み換え作物の飼料としての安全性は、食品の安全性審査と考え方の基本は同じで、従来のものと同様に安全かどうか評価される。動物の場合も人間の場合と同様、新たに作られたタンパク質は、他の飼料中の成分と同様に消化されるかどうか確認される。組み換えによって新たに作られたタンパク質が家畜の肉等に蓄積し

47 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-9-bt-corn-is-safe-2/>)

48 Gerhard Flachowsky et al. (2005) Animal nutritional with feeds from genetically modified plants., Archives of Animal Nutrition, 59(1): 1-40

49 Gerhard Flachowsky et al. (2007) Studies on feeds from genetically modified plants (GMP)-Contributions to nutritional and safety assessment, Animal Feed Science and Technology, 133(1-2): 2-30

50 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-8-gm-corn-is-safe-for-cows-and-pigs/>)

たり、乳や卵に移行することはなく、家畜の健康に何ら影響を及ぼすことはない。これまでも様々な試験によって安全性が実証されている。

- 欧州食品安全機関（EFSA）も、遺伝子組み換え飼料を与えられた家畜の乳、肉、卵に関する文献調査を行い、摂取したタンパク質はヒトや動物の体内で素早く分解され、家畜の乳、肉、卵にも変化がないことを確認している。

(14) 「2004年、フィリピン・ミンダナオ島で Bt トウモロコシを栽培している農場の近くに住む農家の間で発熱等の症状が広がり、検査したところ 3 種類の抗体の異常な増加が見られ、この抗体がいずれも Bt トウモロコシにかかわることがわかった」とする指摘について

検証⁵¹

- ① この主張は論文等になったものではなく、科学的根拠がない。
 - この主張はノルウェーの科学者 Terje Traavik によるもので、同氏は遺伝子組み換え作物に反対であるということを認めている。同氏の主張を裏付ける科学的根拠は提示されていない。その報告は、論文審査のある学術誌で発表されていない。また、データを閲覧可能にするよう求める他の科学者からの要求を Traavik は無視している⁵²。
- ② Bt トウモロコシ畑に近接していない村の住民も、Bt トウモロコシ畑の近隣住民と同じ健康問題を抱えていた。
 - フィリピンの監察医らの結論では、被験者は風邪、インフルエンザ、その他 Bt トウモロコシまたはその花粉に無関係の広範な疾病および症状を患っていた。トウモロコシ畑近隣でない住民も、全く同じ健康問題を抱えていたと結論づけた。Bt トウモロコシは広範に栽培されているが、これまでに他の地域で同様の主張がなされたことはない。実際に、Bt トウモロコシは世界各地の何億エーカーもの土地で数百万世帯規模の農家が栽培しているという事実にも関わらず、同様の主張は他地域では出ていない⁵³。吸入された Bt トウモロコシの花粉が、人間に病気を引き起こしたという根拠はない。
- ③ トウモロコシ花粉への暴露が何らかの健康被害を引き起こした可能性は極めて低い。
 - Bt トウモロコシ花粉に含まれる Bt タンパク質は微量であり、またトウモロコシ

51 Academic Review (<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-7-bt-corn-pollen-is-safe/>)

52 Rick Roush (2004) Open Letter to Terje Traavik a, AgBioWorld, (<http://www.agbioworld.org/biotech-info/pr/traavik.html>)

53 G.Brookes et al. (2008) Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects, 1996-2006., AgBioForum, 11(1): 21-38. (<http://www.agbioforum.org/v11n1/v11n1a03-brookes.pdf>)

花粉は非常に重く、99%以上はトウモロコシ畑から5メートル以内の地面に落下する。加えて、トウモロコシは1週間という短い期間で受粉する⁵⁴。

- ④ 人間の血液には、アレルギーを引き起こさないタンパク質抗体が数多く含まれている。
- この主張で取り上げられている抗体 (IgG) の存在は、アレルギーとは無関係である。食物アレルギー反応はIgE抗体と関係があるので、たとえその種の抗体 (IgG型抗体) の存在が確認されても、食物アレルギー反応とは関係ない。

(15) 「ロシアの Ermakova が、『遺伝子組み換えダイズを投与したラットでは、生まれた仔ラットの死亡率が高く、成長阻害が見られた』という研究結果を発表した」との指摘について

検証

- ① 『Genetic Roulette』の中で Smith が引用した Ermakova の論文は、その実験方法に問題があることがわかっており、英国食品基準庁でも「この実験から結論を出せない」と結論づけている。
- ロシア科学アカデミー高次機能・神経行動学研究所所属（当時）の Ermakova は2005年10月、ロシアの反遺伝子組み換えシンポジウムにおいて、「除草剤耐性の遺伝子組み換えダイズをラットに食べさせたところ、生まれた仔ラットは生後3週間で過半数（55.6%）が死亡し、成長も遅かった」と発表した⁵⁵。「通常の食餌を与えた場合（死亡率6.8%）や、普通のダイズ（非遺伝子組み換え）を与えた場合（死亡率9%）と比べて、ラットの死亡率が高まった」として、この報告を知った消費者団体等から、遺伝子組み換えダイズは次世代へ重大な影響を与えるのではないかと懸念の声があがった。
 - この報告に対しては、英国食品基準庁「新規食品と製造工程に関する諮問委員会 (ACNFP)」は『報告の中で多くの重要な情報がない以上、この実験からいかなる結論も引き出すことはできない』との声明を発表している⁵⁶。その他にも問題点として、「死亡したラットの死因に関するデータがない。」「マイコトキシン等、混入物の存在を否定する情報がない。」こと等を指摘している。
- ② 複数の機関や専門家から実験方法について、下記のような様々な問題点が指摘され

54 John M. Pleasants et al.(2001) Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields., PNAS 98(21):11919-11924 (<http://www.pnas.org/content/98/21/11919.full.pdf+html>)

55 Irina Ermakova (2006) Influence of genetically modified soya on the birth-weight and survival of rat pups, Proceedings of the Conference “Epigenetics, Transgenic Plants & Risk Assessment”, 41-48 (<http://www.oeko.de/oekodoc/277/2006-002-en.pdf>)

56 The Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNFP) “Statement on the Effect of GM Soya on Newborn Rats” (http://food.gov.uk/multimedia/pdfs/acnfp_gmsoya.pdf)

ている。

- 遺伝子組み換えダイズを与えていないグループでもラットの発育が悪い。

注目すべきは、今回の試験結果では、遺伝子組み換えダイズを与えていないグループでも仔ラットの発育が悪いことである（表1）。通常の食餌のみを与えた対照群では、大きい仔ラットは40～50gであるが、30g以下が半数もいる。通常、対照群の体重のばらつきは、せいぜい10%以内に抑えられているものであり、そうでなければ信頼度の高い結果とはみなされない。また、普通のダイズを与えた群では、30g以下の仔ラットが実に8割も占めている。遺伝子組み換えダイズを与えていないグループでも、これだけ発育不良がみられるということは、栄養状態や飼育管理そのものに問題があった可能性をうかがわせる。

表1：各グループの仔ラットの体重分布（2週間後）

与えた食餌	50～40g	40～30g	30～20g	20～10g
通常の食餌（対照群）	12.5%	37.5%	44%	6%
通常の食餌+遺伝子組み換えダイズ	0%	23%	41%	36%
通常の食餌+普通のダイズ	0%	20%	73.3%	6.7%

Irina Ermakova: Influence of genetically modified soya on the birth-weight and survival of rat pups

- 安全性を評価する国際的なガイドライン等に沿った試験方法ではない。

生まれてくる仔への影響を調べるために行われる動物試験には、繁殖毒性試験や催奇形性試験（奇形の仔が生まれないかどうか調べる）があり、国際的に確立された方法がガイドライン等に定められている。安全性を評価するための動物試験は、まずガイドラインに則って実施されることが必要であり、このガイドラインに従って行われていれば、結果も信頼度が高いデータであるとみなされている。しかし、今回の試験は、国際的な動物試験のガイドラインに沿ったものではなかった。

- 実験に用いられる動物の数が少なすぎる。

標準的な2世代繁殖毒性試験では、1群につき親世代で最低20組の雌雄のラットを用いるが^{57,58}、今回の試験では、遺伝子組み換えダイズを与えた群は6組、普通のダイズを与えた群は3組、通常の食餌のみを与えた対照群は6組しか用意していない。傾向をつかむために行うような予備的な実験でも最低8組程度は用意するのが一般的なので、それより少ない場合は、科学的に何か導き出せるような実験結果とみなされないと専門家は指摘している。

- 仔ラットを適切に選抜しておらず、発育不良の原因になった可能性がある。

57 農林水産省農産園芸局長通知「農薬の登録申請時に提出される試験成績の作成に係る指針」(http://www.env.go.jp/council/10dojo/y100-16/mat_05-2.pdf)

58 厚生省生活衛生局長通知「食品添加物の指定及び使用基準改正に関する指針」(<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syokuten/960322/betu.html>)

通常、ラットの親1組からは、10匹以上の仔ラットが生まれるが、このままでは母ラットのミルクが仔ラットに十分にいきわたらずに、発育不良となってしまうので、一般的な2世代繁殖試験では、生後4日に雌雄各4匹になるよう余分な新生児を取り除き、母ラットが育てる仔ラットの数进行そろえる。ところが、Ermakovaはそのような処理を行っていないので、仔ラットに栄養がいきわたらず、これが発育不良の原因となった可能性がある。

- 食餌の成分自体に問題があり、発育不良となった可能性がある。

実験結果をみると、普通のダイズを与えたグループでも低体重が多く見られることから、原因は遺伝子を組み換えたことではなく、栄養バランス不良による影響も考えられる。今回の実験では、通常の食餌と、遺伝子組み換えダイズを別々に置いて、ラットに自由摂取させ、ラットがそれぞれをどれくらい食べたのかが明らかにされていない。これではラットが健康な成育に必要な量の通常の食餌を食べて、ビタミンやミネラルをきちんと摂取できていたかどうかを判断できない。遺伝子組み換えダイズの摂取量も不明であり、食餌自体に問題がなかったかを判断するための情報すら明確にされていないという、決定的な問題点がある。

- 実験の条件に不明な点が多すぎるため、再現性がないと考えられる。

実験結果が科学的に信頼できるものであるかを判断するうえで、最も重要なことは、「再現性」である。同じように試験を繰り返してみても、結果を再現できないのであれば、単なる偶然の産物か、あるいは実験ミスである可能性が高いといわざるを得ない。実験を再現するためには、実験の方法や条件が明らかにされていることが大前提だが、Ermakovaの実験報告には、通常の食餌の組成や摂取量、遺伝子組み換えダイズの割合や摂取量等の重要な情報についての記載がなく不明で、この実験を再現することができない。

- ③ この遺伝子組み換えダイズの安全性は、以下の多くの試験によって確認されている。

- 日本の厚生労働省⁵⁹、農林水産省も、ACNFPの声明を紹介してこの報告の問題点を明らかにするとともに、『わが国では、全ての遺伝子組み換え食品について、食品安全委員会において安全性評価が行われており、遺伝子組み換えダイズを食する場合でも問題はありませ』と結論づけている。
- 東京都でもマウスを用いて、遺伝子組み換えダイズを含む食餌を13週間摂取させた親から生まれた子を交配させ子供を産ませて、2世代にわたり影響を確認したところ、交配率、妊娠率、出産率、出生仔の数や発育状態に問題はなく、遺伝子組み換えダイズの次世代への影響はないものと考えられると報告している⁶⁰。

59 厚生労働省医薬食品局食品安全部「遺伝子組換え食品 Q&A」(<http://www.mhlw.go.jp/topics/idsenshi/qa/qa.html#D-17>)

60 東京都健康安全研究センター「遺伝子組み換え大豆の投与試験」(<http://www.tokyo-eiken.go.jp/issue/health/08/2-3.html#anchor1>)

- サウスダコタ州立大学の Brake らの研究グループは、マウス 4 世代にわたる試験で、遺伝子組み換えダイズは死亡率や成長に影響を与えないことを報告している⁶¹。また、ラット、ニワトリ、ナマズ、乳牛への給餌試験も多数行われているが、安全性の問題は指摘されていない^{62,63,64}。これらの論文は、専門家による査読を経て認められたうえで掲載されているものであり、より信頼度が高い報告であるといえる。

2-2. 米国環境医学会 (AAEM) と『Genetic Roulette』について

(1) 米国環境医学会 (AAEM) について

- AAEM は、1965 年に設立されたが、米国において正式に認められた機関ではなく、米国専門認定機構の認定を受けていない。環境医学分野における米国の公的な医療機関は、米国労働環境医学学会 (ACOEM) である。
- AAEM の会員は、臨床生態学者およびその他個人から構成されており、会員資格を得るための正規の基準も備えていない。AAEM は、医学界が全般として著しく疑問視し、しばしば否定するような各種の医療的見解を支持している。医療および科学の主流から遠く離れていると言うのが、その特徴を最も的確にとらえている。一例として、多種化学物質過敏症、イースト菌過敏性、食物依存症、慢性疲労症候群、有効性がまったく認められていない種々の負荷試験、効果が証明されていない各種の治療法、等があげられる。これらは AAEM のウェブサイトに報告されている⁶⁵。
- AAEM は、さまざまな医療テーマについて立場を表明しているが、広範囲の専門家から一致した意見を得られているわけではない。AAEM による声明および結論は、各種試験の選択的な解釈に基づくものであり、そうした試験は広く反証されており、高い信頼性は認め得ない。AAEM が参照している遺伝子組み換え作物に関する論文等は、試験設計や結果の解釈に不十分さが認められ、有害性が存在する証拠は得られなかった。

61 Denise G. Brake et al. (2004) A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development, *Food and Chemical Toxicology*, 42(1): 29-36

62 Bruce G Hammond et al. (1996) The Feeding Value of Soybeans Fed to Rats, Chickens, Catfish and Dairy Cattle Is not Altered by Genetic Incorporation of Glyphosate Tolerance., *Journal of Nutrition*, 126 (3): 717 - 727 (<http://jn.nutrition.org/cgi/reprint/126/3/717>)

63 手島玲子ら (2000) 遺伝子組換え、非組換え大豆のマウス、ラットへの混餌投与による免疫系への影響、「食品衛生学会誌」、日本食品衛生学会、41(3): 188-193

64 Yuanzhao Zhu et al. (2004) Nutritional assessment and fate of dna of soybean meal from roundup ready or conventional soybeans using rats., *Animal Nutrition*, 58(4): 295-310

65 米国環境医学会 (<http://www.aeonline.org/index.html>)

(2) AAEM の主張について

AAEM が選んで引用した動物実験6種類と一冊の書籍は、遺伝子組み換え食品の安全性を裏付ける科学的根拠の重要性とは相容れないものである。これらは、各種試験の選択的な解釈に基づくものであり、またそうした試験は広く反証され、高い信頼性は認め得ない。また、試験設計や結果の解釈に不十分さが認められ、有害であるという証拠は得られなかった。

一方、遺伝子組み換え食品の安全性を検証した試験は多数閲覧可能である。遺伝子組み換え作物に関しては多くの研究所により多数の試験が実施されてきており、動物の健康に悪影響を及ぼさないことが報告されている。

(3) 『Genetic Roulette』 について

『Genetic Roulette (遺伝子のルーレット) (Smith, JM. Fairfield: Yes Books. 2007)』は、植物バイオテクノロジーに関して申立をした一連の自費出版書である。Smith は、農学または生命科学のいずれについても正規の教育を受けていない。

また、Smith と米国のヒンズーカルトとの関連を指摘するサイトがあるのも事実だ。Smith がヒンズーカルトだからといって、全く彼を信用できないと断言することはもちろんできない。しかし、このカルト教団から上院議員選挙に立候補し落選していること、教団に関連する組織に遺伝子組み換え食品の検査会社が存在することを知れば、なぜ遺伝子組み換え食品を誹謗し、消費者や食品メーカーの不信や不振や恐怖を煽っているのかという疑問に対する一つの答えにはなるかもしれない。

また、空中浮遊術を実践してみせたり、ヘッドギアを装着した超瞑想法を推奨する Smith が、時にはジャンクサイエンスに区分されるような証拠を振りかざして、遺伝子組み換え食品の仮想リスクを騒ぎ立てても、米国の一流メディアは一切取り上げない。なぜなら、政府や開発企業からの圧力に屈しているからだとして Smith は主張するが、それはもはや妄想の領域だろう。

日本の遺伝子組み換え食品反対組織の中にも、こういった背景を知らずに Smith の言説を盲信し、広めているサイエンスリテラシーを欠くとしか思えない方がいるのは、反対運動全体にとっても憂慮すべきことだろう。

同書は、一部の文献によって裏付けられたとして、一連の主張として展開しているが、これらは遺伝子組み換え作物、食物、飼料の安全性に関する科学的根拠の重要性とは相容れない。『Genetic Roulette』 の主張について、科学的に欠陥が多数あることは、Academics Review のウェブサイト⁶⁶ において逐一指摘されている。

同サイトは、遺伝子組み換え食品の安全性に関する専門家として認められている Bruce M.Chassy (イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校、食品微生物学および栄養学教授) および David Tribe (豪州、メルボルン大学微生物学・免疫学部、食品化学、食品安全性、

66 Academics Review(<http://academicsreview.org/>)

バイオテクノロジー、微生物学上級講師)の両名により創設されたものである。現時点では英語でのみ公開されている。この内容を逐一全て、本稿に組み入れるには規模が大き過ぎるが、以下の主要トピックに関する信頼できる情報は Academics Review のウェブサイトで閲覧が可能である。トップページの目次を以下に示す。

目次：ACADEMICS REVIEW

セクション 1—遺伝子組み換え作物に関する都市神話トップ 20

- 1.1—Pusztai の欠陥のある主張
- 1.2—遺伝子組み換えトマトの安全性は証明済み
- 1.3—Bt トウモロコシの統計はウソをつかず
- 1.4—これらは遺伝子組み換えジャガイモにあらす!
- 1.5—作業者にとって Bt ワタは殺虫剤より安全
- 1.6—羊にとって Bt ワタは殺虫剤より安全
- 1.7—花粉が病気を起こす証拠はない
- 1.8—マイコトキシン類は生殖障害を引き起こす
- 1.9—Bt トウモロコシに関する典型的な論理的誤り
- 1.10—ラウンドアップレディサイズを与えたラット—肝臓に影響なし
- 1.11—ラウンドアップレディサイズを与えたラット—膵臓に影響なし
- 1.12—ラウンドアップレディサイズを与えたラット—精巣細胞に影響なし
- 1.13—ウサギもラウンドアップレディサイズを食べることが可能
- 1.14—Ermakova の所見は論理を無視
- 1.15—サイズを食べるとサイズ特異的 IgG 抗体が増える
- 1.16—ラウンドアップレディサイズを与えたラットも健全な肝臓をもちうる
- 1.17—育ち盛りの鳥もリバティリンクトウモロコシを食べられる
- 1.18—遺伝子組み換えエンドウ豆は生産中止
- 1.19—動物は飼料のあるところに放牧される
- 1.20—高用量のトリプトファンは EM を引き起こす

セクション 2—DNA の中の悪魔

- 2.1—どんな DNA 導入でも突然変異を引き起こす可能性
- 2.2—植物育種に組織培養を用いることは新しいことにあらず
- 2.3—育種では遺伝子組み換え技術のほうが他の方法より正確
- 2.4—プロモーターは正確なツール
- 2.5—自然界でもプロモーターは DNA に遺伝子導入することがある
- 2.6—育種家は遺伝子的に安定した作物を開発
- 2.7—可動性 DNA が進化を促す
- 2.8—食物は新規 RNA を大量に含有
- 2.9—植物育種はすべて DNA スクランプリングを伴う

- 2.10 —作物の化学組成は非常に多様
- 2.11 —生物学的多様性は作物に品種が存在するという特徴をよく表している

セクション 3 —アレルギー評価作業は予定通り

- 3.1 —遺伝子組み換えダイズが従来のダイズよりアレルギー誘発性が強いわけではない
- 3.2 —現在の植物アレルギー基準はもっと正確
- 3.3 —Bt トウモロコシがアレルギーや病気を引き起こす可能性は低い
- 3.4 —Bt 細菌はすべて安全（したがって有機栽培者が使用！）
- 3.5 —スターリンクトウモロコシは首尾よくリコール、アレルギーも起こさない
- 3.6 —遺伝子組み換え作物中のバーナーゼは腎障害を引き起こさず
- 3.7 —高リシントウモロコシは従来型よりも優れていることが示された
- 3.8 —高リシントウモロコシの調理で毒素は産生しない
- 3.9 —病気に強い作物は人間の病気の原因にはならず

セクション 4 —新しいタンパク質は入念に検査されている

- 4.1 —遺伝子組み換えタンパク質は検査を受けている
- 4.2 —導入遺伝子は安全、自然界に広く存在
- 4.3 —遺伝子は悪影響なしにいつでも自然に再構成している
- 4.4 —タンパク質は慎重に同定されている
- 4.5 —遺伝子組み換え植物は無害の新しいタンパク質を微量に含有
- 4.6 —植物生物学の理解は Smith が考えているよりも進んでいる

セクション 5 —DNA の導入は一般的かつ広く自然に存在

- 5.1 —腸内に DNA 断片は豊富に存在するが問題は引き起こさない
- 5.2 —遺伝子組み換えは細菌への遺伝子の移動に影響なし
- 5.3 —導入遺伝子は腸内で破壊される
- 5.4 —導入遺伝子は人間の体内に取り込まれない
- 5.5 —遺伝子組み換え食品は抗生物質耐性菌の増加には無関係
- 5.6 —35S プロモーターは徹底的に研究されている
- 5.7 —Bt 遺伝子は植物から細菌へ移動しない
- 5.8 —DNA は口と喉の微生物の間で移動する
- 5.9 —植物の遺伝子は腸内の微生物には移動しない

セクション 6 —遺伝子組み換え作物は食物連鎖を保護

- 6.1 —除草剤グルホシネート耐性作物の安全性
- 6.2 —新たな除草剤耐性作物は環境保護に役立ち農業影響を低減
- 6.3 —多くの食物は植物エストロゲンを含む
- 6.4 —遺伝子組み換え作物は非遺伝子組み換え作物よりも毒素が少ない

- 6.5 —病気に強い作物は人間にも安全

セクション7—遺伝子組み換え食物添加物は安全であることが知られている

- 7.1 — rBST 処理牛乳は従来型の牛乳と同じ
- 7.2 — rBST は双子の出産とはまったく無関係
- 7.3 — FDA 認可済み食物添加物は安全であることが知られている

セクション8—よりよい栄養摂取は母親と赤ちゃんを助ける

- 8.1 — 遺伝子組み換え食物は母親になる女性にも安全
- 8.2 — カビのない食物は赤ちゃんにとってより好ましい

3. 遺伝子組み換え作物の環境影響評価の仕組み

3-1. 生物多様性、生物多様性条約とは

(1) 生物多様性とは⁶⁷

生物多様性とは、地球上の様々な生き物と、それらがつながってバランスが保たれている生態系、さらに生物が過去から未来へと伝える遺伝子の個性までを含めた生命の豊かさ・つながりのことで、「生態系」「種」「遺伝子」の3つのレベルの多様性が考えられている。

- 生態系の多様性：森林、河川、湿原、サンゴ礁等の自然環境
- 種の多様性：動植物から微生物まで、様々な生き物が存在する
- 遺伝子の多様性：同じ種でも異なる遺伝子によって、形、模様、生態が異なる

人間を含む生き物は、生物多様性によって、酸素や栄養の供給・気温の調節・自然災害の軽減等、生命の基盤が支えられ豊かな暮らしを営むことができる。しかし近年、開発や乱獲による種の減少または絶滅・生育地の減少・手入れ不足による自然の質の低下・外来種等によるかく乱・さらには地球温暖化によって生物多様性が脅かされ、日本でも野生動物の約3割が絶滅の危機に瀕しているといわれている。

(2) 生物多様性条約とは⁶⁸

生物多様性の問題は、ある国だけが取り組んでも解決できる問題ではない。そこで、1992年5月に「生物多様性条約」がつくられ、2009年12月10日現在、日本を含む192ヶ国とECがこの条約に入り、世界の生物多様性を保全するための具体的な取組が検

67 環境省「BioDiversity」(<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/>)

68 外務省「地球に生きる生命の条約～生物多様性条約と日本の取組」(<http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol46/index.html>)

討されている（米国は未締結）。

生物多様性条約の目的は、以下の3つである。

- 生物多様性の保全
- 生物多様性の構成要素の持続可能な利用
- 遺伝資源の利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分

生物多様性を単に保全・持続させるだけでなく、構成要素や遺伝資源から生ずる利益の公正な配分までを課題とし、先進国も開発途上国も協力して情報交換や調査研究を行うことになっている。2年に1度、締約国会議（Conference of the Parties : COP）が行われ、条約の実施に関する報告、意思決定が行われている。

（3）カルタヘナ議定書

2001年には、遺伝子組み換え生物の使用による、生物多様性の保全と持続可能な利用に及ぼす可能性のある悪影響を防ぐため「生物多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書」が国連で採択された。日本ではその実施のために2003年「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」が成立、2004年より施行されている。

4. 遺伝子組み換え作物の生物多様性に関する懸念

4-1. 害虫抵抗性の遺伝子組み換え作物の使用拡大によって、抵抗性害虫の発達等が起きているか？

現在商品化されている害虫抵抗性の遺伝子組み換え作物は、土壌細菌であるバチルス・チューリンゲンシス（*Bacillus thuringiensis* ; Bt 菌）が持つ、特定の害虫に殺虫効果をもつタンパク質（Bt タンパク質）を発現させ、植物自体に害虫抵抗性を持たせたものである。1996年より商業栽培が行われるようになり、トウモロコシ、ワタ等で実用化されている。害虫の食害による植物の被害を防ぐことにより収穫量が増すと同時に、通常は殺虫剤の散布量又は散布回数、およびそれに伴う労力を減らすことができるため、商業栽培が拡大したが、その一方で、Bt タンパク質に抵抗性を持つ害虫の発生を不安視する声もある。しかし、これまでにBt タンパク質に対して害虫が抵抗性を発達させ、Bt 作物の殺虫効果がなくなる事態は起きていない。実際に、1961年以來、米国で非組み換え作物栽培時に、Bt 剤（Bt タンパク質を有効成分とする生物農薬の1つ）が使用されているが、Bt 剤抵抗性害虫は発生しにくいことが知られている。また、害虫の抵抗性発達は、非組み換え作物栽培時に散布される一般の殺虫剤（化学農薬等）によって誘発されることが広く知られていることから、Bt 作物に限った問題でない。

Bt 作物に対する害虫の抵抗性発達を防ぐために、非 Bt 作物を栽培する緩衝帯（refuge）を設置することと、害虫の発生を定期的に調査するモニタリング等の防御策が重要であ

る。緩衝帯を設置することで、仮に圃場で Bt タンパク質に抵抗力を持つ害虫が出現したとしても、緩衝帯で生まれた抵抗力を持たない通常の害虫と交尾することで、抵抗力を持った害虫の出現頻度を低下させることが可能である。抵抗性は劣性遺伝するため、両方の親からその原因遺伝子を受け継いだ害虫だけが抵抗性を獲得する。このため、米国では、早い時期から緩衝帯設置策を含むいくつかの対策が環境保護庁（EPA）によって義務付けられている。また、同一の作物に作用機作用の異なる複数種の Bt タンパク質を発現するスタック（掛け合わせ）品種を用いることで、単一種の Bt タンパク質を発現させた場合と比較し、抵抗性害虫の発生リスクをより一層抑えることができる。これは、複数種の Bt タンパク質全てに抵抗性を持つ害虫の発生確率が、一つの Bt タンパク質に抵抗性を有する害虫が発生する確率の乗数となるため、スタック品種が抵抗性害虫の発生抑制に有効と考えられている。

一方、Bt 作物に対する抵抗性害虫発達の問題として、Bt タンパク質の標的外害虫による被害が論じられることがある。Bt タンパク質は、特定の標的害虫以外の害虫には殺虫効果を持たないため、Bt 作物栽培で殺虫剤散布量を減らした場合、標的外の害虫による食害の被害を受けることがある。しかし、この問題は Bt 作物に対する抵抗性害虫の発達とは全く無関係で、Bt 作物栽培に必要な管理（モニタリング等）についての知識不足が原因である。また、年度別におこる特定の害虫数の増減は、遺伝子組み換え作物の導入以前から自然界で見られる現象であり、天候等を含む複数の要因により引き起こされるため、Bt 作物および非組み換え作物に共通した問題である。

Bt 作物の栽培が開始されてから 10 年以上経過する中で、害虫に抵抗性が発達して管理ができなくなるような事態は起きていないが、以下に、この問題について指摘された事項を検証した。

- (1) 「中国の Bt ワタ栽培の拡大で、Bt 抵抗性の割合が増え続けることを明らかにしたと、2002 年 6 月 11 日付ガーディアン誌が報道した」⁶⁹ との指摘について

検証

- ① 上記報道の 2002 年時点で、中国において Bt ワタで発現する Bt タンパク質に抵抗性を示す害虫は確認されていない。
- 中国で Bt ワタの栽培は 1997 年に始まり、年々普及して 2009 年には栽培面積が 370 万ヘクタールに達している。主な生産地は中国北部地域の河北省、山東省等で、Bt ワタの栽培は標的昆虫であるオオタバコガ等の害虫に殺虫効果があり、殺虫剤散布量の大幅削減と収量の増加をもたらしている。2002 年時点で、中国で Bt タンパク質に抵抗性を示す害虫が確認された、又は増えているといった論文等の発表はない。

69 The Guardian (2002) 'GM damages environment but not pests' says study. (<http://www.guardian.co.uk/science/2002/jun/08/gm.food>)

- 2008年2月、米国アリゾナ大学の Tabashnik らのグループが、米国、スペイン、豪州、中国等、Bt 作物が商業栽培されている地域の主要害虫6種（ワタ害虫4種、トウモロコシ害虫2種）について、Bt 作物に抵抗性を示す害虫が確認されたかどうかについて41本の論文データを分析し、米国昆虫学会誌に「Bt 作物に対する野外における害虫の抵抗性発達」と題した論文を発表している⁷⁰。この中で、中国において、ほとんど抵抗性が認められていないと報告している。これまで公表された論文情報をもとに、Bt 作物の導入前と導入後（2002～2005年）の抵抗性発達程度を比較したところ、中国の Bt ワタでは主要害虫であるオオタバコガの Cry1Ac タンパク質（Bt タンパク質）に対する抵抗性比^(*)は 0.01 以下であり、抵抗性発達はほとんど認められなかった。

(*) 抵抗性比とは、組み換え Bt 作物が発現する Bt タンパク質に対して害虫側に抵抗性が発達したかどうかを調べる指標である。室内実験でさまざまな濃度の Bt タンパク質を人工飼料に混ぜて幼虫に与え、半数の個体が死亡する濃度（LC₅₀：半数致死濃度）を求め、野外から採取した集団の LC₅₀ との比率とする。「抵抗性比 = (野外から採取した集団の LC₅₀) ÷ (室内飼育で維持された集団の LC₅₀)」となる。室内飼育集団は、殺虫剤（成分）に曝（さら）されずに長期間、研究施設で世代更新してきた集団で、この集団と比べることで、抵抗性が発達したかどうかを確認できる。この数値が大きいほど抵抗性が発達したことになり、Tabashnik らは抵抗性比が 10 以上になった場合を1つの目安としている。

- ② その後、Bt 作物の栽培拡大によって、標的害虫であるオオタバコガの抵抗性が上昇している傾向を示唆する論文も出てきたが、2009年時点で防除困難な状態にはなっていない。
 - 中国は小規模農家が多いことから、ダイズ、落花生、トウモロコシ等の作物が周囲に栽培されていることが多く、これらが緩衝帯として機能しているため、抵抗性があまり問題にならない一面もある。中国では現在まで緩衝帯を設置するような対策は行われていない。
 - 中国農業科学院の Li らは 2007年、Bt ワタの栽培割合が低い河北省と、ワタ栽培が集中している山東省の2か所において、主要害虫であるオオタバコガの Bt タンパク質に対する抵抗性発達程度の比較調査結果をまとめている。調査では、両地域とも 2002～2005年にかけて、オオタバコガの抵抗性比が年々上昇傾向にあること報告されているが、抵抗性の数値は依然低いレベルにある。Li らは今後の対策として、Cry1Ac タンパク質以外に複数の Bt タンパク質をもつ Bt ワタを開発するこ

70 Tabashnik, Bruce E. et al. (2009) Field-Evolved Insect Resistance to *Bt* Crops: Definition, Theory, and Data. *Journal of Economic Entomology*, 102(6): 2011-2025

とと、緩衝帯の設置を提案している⁷¹。

- また、南京農業大学の Liu らは 2010 年、抵抗性害虫発達の問題について、栽培地域の野外調査とともに効果的な管理手法について報告している⁷²。この中で、現在のところ中国北部の Bt ワタ栽培地域において抵抗性を示すオオタバコガの急増が近い将来起こるとい証拠は何もないが、今後 Bt ワタの栽培を将来的にも持続させるためには前倒しで予防策を講じることの必要性を論じている。

(2) 「米国で 2 種類の Bt 作物を食べるガで、抵抗性を発達しやすいことが確認された (2002 年 12 月 12 日付 Nature BioNews)」⁷³ とする指摘について

検証

- ① 上記の Nature BioNews の報道内容は「Bt 作物の割合が増えれば、ガが将来 Bt 作物に抵抗性を持つことになるだろう」と示唆しているものであり、「抵抗性発達を確認した」とは書かれていない。
- ② 米国では緩衝帯を設置する等、抵抗性発達抑制対策をとっているため、抵抗性を発達させた害虫が米国の野外で防除困難になったケースはない。
 - 米国では 1996 年に遺伝子組み換え Bt トウモロコシの商業栽培が始まり、当初から米国環境保護庁 (EPA) により、Bt タンパク質に抵抗性を発達させた害虫が出現して Bt 作物のメリットが損なわれないよう検討が行われた。この結果、EPA は 2001 年から、Bt 作物栽培に法的拘束力を持つ「害虫抵抗性発達管理対策」を義務付けている。この対策は、緩衝帯の設置と定期モニタリング等を基本としたものだが、コーンベルトでは緩衝帯として、Bt 作物圃場の周辺に非 Bt 品種を 20% の割合で栽培することを基本としている (ただし米国南部の州は 50%)。現在までに、抵抗性を発達させた害虫が防除困難になったケースはない。
 - アリゾナ大学の Tabashnik らは 2009 年、「Bt 作物に対する野外における害虫の抵抗性発達」に関する論文を発表した。北米だけでなく、スペイン、南アフリカ共和国、豪州、中国の Bt トウモロコシとワタ栽培で抵抗性害虫の発達を調査し、北米では、米国南部の州のアメリカタバコガで、Bt ワタが発現する Bt タンパク質に対する抵抗性発達が認められたが、この 1 例を除いて抵抗性を持つ害虫は認められな

71 Guo-Ping Li et al.(2007) Increasing tolerance to Cry1Ac cotton from cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, was confirmed in Bt cotton farming area of China, *Ecological Entomology*, 32: (4): 366-375

72 Fengyi Liu et al. (2010) Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac-expressing *Bt cotton* in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China, *Pest Management Science*, 66: (2): 155-161

73 Nature News (2002) Corn could make cotton pests *Bt* resistant. (<http://www.nature.com/news/2002/021204/full/news021202-3.html>)

かった。Tabashnikらは、上述のアメリカタバコガでの抵抗性発達について、同様な報告を2008年にもしている⁷⁴。しかし、実際に野外での防除効果の低下は実証されておらず、反論や疑問視する研究者も多い。Moarらは、Tabashnikらのデータを再検討した結果、Btワタの導入以来、アメリカタバコガの抵抗性発達を示す証拠は何もないとしている⁷⁵。

- 米国南部の州では、2005年頃から複数種のBtタンパク質成分を含む系統が主流になり、1種類のBtタンパク質(Cry1Ac)を含む系統の商業栽培は2009年で終了したので、抵抗性発達は栽培現場では深刻な問題になっていない。また、この地域では緩衝帯(非Bt作物栽培区域)の栽培面積割合を50%にする等(北部、中西部では20%)、抵抗性発達抑制対策を強化していることから、現時点で害虫がBtタンパク質に対して抵抗性を発達させて、防除が困難な事態は起きていない。
- ニューヨークタイムズの記事(2009年11月6日付)によると、害虫がBtトウモロコシ抵抗性を獲得した兆候はほとんど見られないことが記述されている⁷⁶。

(3) 「スペインでも抵抗性を持った昆虫が広がり、環境に有害な強い殺虫剤の使用量が増えている。またBtトウモロコシに隣接した有機生産者の認証が取り消されたという事態も起きている(2003年8月27日付Farmers Weekly Interactive)」という指摘について

検証

- ① 根拠となる原著論文は不明だが、2003年時点でスペインにおける抵抗性発達の報告はなく、2009年時点でも報告はない。
 - アリゾナ大学のTabashnikらは2009年、「Bt作物に対する野外における害虫の抵抗性発達」に関する論文を発表し、北米、スペイン、南アフリカ共和国、豪州、中国のBtトウモロコシとワタ栽培で抵抗性発達を分析した。この中で、スペインについて、抵抗性をもつ害虫は報告されていない。
- ② 殺虫剤の使用はむしろ減少している。
 - スペインは1998年からBtトウモロコシの商業栽培を行っており、EUの中でBtトウモロコシの栽培面積が最も多い。Btトウモロコシ栽培では、非組み換えトウモロコシの場合と比較し、殺虫剤の使用量が減少し、またBtトウモロコシ栽培農

74 Bruce E. Tabashnik et al. (2008) Insect resistance to *Bt* crops: evidence versus theory, *Nature Biotechnology*, 26(2):199-202

75 William Moar et al. (2008) Field-evolved resistance to *Bt* toxins., *Nature Biotechnology*, 26: (10): 1072-1076

76 The New York Times (2009) Rules on Modified Corn Skirted, Study Says. (http://www.nytimes.com/2009/11/06/business/06corn.html?_r=1&scp=1&sq=Bt%20corn&st=cse)

家の70%では殺虫剤を使用していないことが Gomez-Barbero らによって Nature Biotechnology 誌 (2008 年) に報告されている⁷⁷。

- ③ スペインにおいて花粉飛散による「有機認証取り消し」の真偽は不明だが、これは生態系や環境への安全性の問題ではないため、経済・市場価値の問題として扱うべきものである。
- ④ スペインでは、非組み換え品種との距離を 50 メートルとしており、このように隔離距離を定めることで交雑を防ぎ、この 10 年間で生産現場や市場に大きな混乱は起きていない。

(4) 「アリゾナ大学の研究チームが、Bt ワタを食べると死ぬはずの昆虫 (ワタキバガ) が、耐性を獲得して死なないものが増えたとする研究報告を発表した (2008 年 2 月 8 日付 Tucson Citizen)」⁷⁸ との指摘について

検証

- ① アリゾナ大学の Tabashnik ら (2008) が報告したのは、ワタキバガ (別名ワタアカミムシ) (学名 *Pectinophora gossypiella*) ではなく、別の種のアメリカタバコガ (学名 *Helicoverpa zea*) である⁷⁹。ワタキバガの抵抗性増加の報告はない。
- ② アメリカタバコガに対しても、米国南部州の野外で実際に防除困難になっている実例はなく、専門家の間でも Tabashnik ら (2008) の実験結果に反論が出されている。
 - Tabashnik らの論文に対し、Moar らが反論の論文を出している⁸⁰。Moar らは、米国南部の州において、野外で防除困難になっているとの報告はないとし、さらに Tabashnik らの使用したデータを再検討した結果、Bt タンパク質に抵抗性を持つアメリカタバコガが、少なくとも Bt ワタ市販前の 1992-1993 年には存在しており、その後、抵抗性の有意な増加を示唆する証拠はないとしている。

(5) 「インドでは、Bt ワタを導入したところ、コナカイガラムシが異常発生し多量の殺虫剤を撒く等経済的損失は莫大になったというのである (2007 年 9 月 19 日付 The Financial Express)」とする指摘について

77 Manuel Gomez-Barbero et al. (2008) *Bt* corn in Spain—the performance of the EU’s first GM crop., Nature Biotechnology, 26: (4): 384-386
78 Tucson Citizen (2008) Team Finds Tough Bollworms. (<http://tucsoncitizen.com/morgue/2008/02/08/76330-team-finds-tough-bollworms/>)
79 Bruce E. Tabashnik et al. (2008) Insect resistance to *Bt* crops: evidence versus theory, Nature Biotechnology, 26(2): 199-202
80 William Moar et al. (2008) Field-evolved resistance to *Bt* toxins., Nature Biotechnology, 26(10):1072-1076

検証

- ① Bt タンパク質は、特定の標的害虫以外の害虫には殺虫効果を持たないため、Bt ワタの栽培で殺虫剤散布量を減らした場合、標的外の害虫による食害の被害を受けることがある。したがって、この問題は害虫の Bt 抵抗性発達とは無関係である。
 - ② インドではコナカイガラムシの発生により、ワタの生産量が減少し、経済的損失があったのは事実だが、原因は Bt ワタを導入後、適切な害虫管理がされていなかったためと考えられる。また、「大量の殺虫剤をまく」は必ずしも事実でない。
 - Goswami (2007) によると、Bt ワタの導入後に殺虫剤散布が減ったため、適切な害虫管理をしていない場合、畑ではコナカイガラムシを含む (Bt タンパク質による殺虫効果の) 対象外害虫が問題になることもあるという⁸¹。この結果、農家は Bt ワタ導入前と同量の殺虫剤を散布することが必要になったというものである。Nagrare ら (2009) は殺虫剤散布等、生産者の栽培管理に対する教育によって、防ぐことができるとして、適切な管理法についてまとめている⁸²。
 - ③ コナカイガラムシの多発は Bt ワタ導入による殺虫剤散布減少のみが原因ではなく、2000 年頃、海外から侵入した害虫種による影響も大きい。
 - Nagrare ら (2009) はインドでのコナカイガラムシの多発は、海外から侵入した害虫種による影響が大きいとしている。コナカイガラムシは元来インドの在来種でなく、米国起源の外来種が持ち込まれた結果と考えられる。インドでは、最近までコナカイガラムシの発生に関する記録はなかった。
- (6) 「農業生産者の 25% が緩衝帯の設定を守っていないことが判明した (2009 年 11 月 5 日付 The New York Times)」⁸³ とする指摘について

検証

- ① 米国で商業栽培されている遺伝子組み換え Bt トウモロコシは、2001 年から害虫抵抗性発達管理対策が義務付けられているが、最近、その遵守率が低下傾向にある。
 - 米国では米国環境保護庁 (EPA) は、2001 年から Bt 作物に「害虫抵抗性発達管理対策」を義務付けている。EPA の定めた緩衝帯ルールが守られているかどうか、2009 年 11 月、米国の民間研究団体、公益科学センターは「米国トウモロコシ栽培

81 Bhaskar Goswami (2007) Making a meal of *Bt* cotton., InfoChange News & Features (<http://infochangeindia.org/200709026463/Other/Features/Making-a-meal-of-Bt-cotton.html>)

82 V. S. Nagrare et al. (2009) Widespread infestation of the exotic mealybug species *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton in India., *Bulletin of Entomological Research*, 99(5): 537-541

83 The New York Times (2009) Rules on Modified Corn Skirted, Study Says. (<http://www.nytimes.com/2009/11/06/business/06corn.html>)

における生産者の緩衝帯ルール遵守割合」を発表した。

- 上の発表で「2005年まで緩衝帯の遵守率は90%以上だったが、2006年以降年々低下しており、これはチョウ目とコウチュウ目の両方の害虫に抵抗性をもつスタック品種が導入され普及した時期と一致している」等が指摘されている。2001年当初は、アワノメイガ等のチョウ目害虫の抵抗性品種だけだったが、2003年にはネクハムシに効果のあるコウチュウ目害虫の抵抗性品種が開発され、その後両方の性質を持ったスタック（掛け合わせ）品種も加わった。2006年以降に栽培されるようになったスタック品種の緩衝帯設置ルールは、実行するのが難しい面がある。従来チョウ目用の緩衝帯ルールでは、トウモロコシの全栽培面積の20%を緩衝帯とし、Btトウモロコシ圃場から半マイル（約800m）以内に自由に設置可能だが、コウチュウ目用とそのスタック品種の場合、面積割合は20%と変わらないが、設置場所はBtトウモロコシ圃場に直接隣接するか、Bt品種圃場内に設置しなければならないため、制限が大きい。このことが、緩衝帯ルール遵守割合の低下原因の1つと考えられている。

- ② 現在のところ、Btタンパク質に対して害虫が抵抗性を発達させ、Bt品種の効果がなくなるような事態は起きていないが、今後、管理対策の強化が求められる。
- 米国の民間研究団体と公益科学センターがまとめた「米国トウモロコシ栽培における生産者の緩衝帯ルール遵守割合」では、「緩衝帯ルールを守ることはBtタンパク質に対する抵抗性発達を抑制し、Bt作物によるメリットを維持するために必須である」としている^{84,85}。

(7) 「米国ではBtワタが原因と見られる悪臭を放つ害虫が増加し、他の作物へも被害が広がっている。これは、Btワタによって害虫のワタミゾウムシが減少したことが原因だと考えられている。(2009年8月10日付Foster Folly News)」とする指摘について

検証

- ① 「悪臭を放つ害虫」とは数種のカメムシ類のことである。最近、南部のワタ栽培地域においてBtワタで防除できないカメムシ類が増加して問題になっているのは事実だが、この原因はBtワタの普及が直接の原因でなく、ワタの主要害虫であるワタミハナゾウムシの広域根絶の成功により殺虫剤散布量が減少した結果と考えられる。したがって、この件は害虫のBtタンパク質に対する抵抗性発達とは無関係である。

84 Center for Science in the Public Interest (2009), Too Many Farmers Growing Genetically Engineered Corn Not Complying with Key Environmental Requirements. (<http://www.cspinet.org/new/200911051.html>)

85 Syngenta, “Your Role in Growing ATTRIBUTE[®] Sweet Corn”. (<http://www.rogersadvantage.com/pdf/AttributeGrowerGuide1.pdf>)

- ワタミハナゾウムシは米国本土に分布していなかったが、1892年に隣国のメキシコから侵入して拡大し、ワタ栽培の大害虫となった。米国農務省（USDA）とワタ生産組合は1978年から、残株の処理や殺虫剤等防除策を組み合わせ、様々な方法で広域根絶作戦を開始して2003年、ワタミハナゾウムシの根絶を成功させた⁸⁶。しかし、ワタミハナゾウムシの根絶後、殺虫剤散布量が1/10以下と大幅に減ったため、カメムシ類の発生が報告されるようになった。
- USDAでは、カメムシの発生が遺伝子組み換えBtワタが原因かどうか、「組み換えBtワタとカメムシ類大発生との関係解明」について3年間（2009～2011年）のプロジェクト研究を行っている⁸⁷。カメムシ類はBt作物の標的外害虫であり、Bt作物による防除はできないため、化学農薬の散布が減るとカメムシ類の被害は増加するという懸念が以前からあった。加えて、ワタミハナゾウムシの広域根絶成功後に農薬使用量が激減したことから、その関係について研究が行われている。

② カメムシ類の発生量と被害は年により大きく変動するため、USDAを中心に効果的な防除対策を検討している。

- 年度別におこるカメムシ等の特定の害虫数の増減は、遺伝子組み換え作物の導入前から自然界で見られる現象であり、複数の要因により引き起こされるため原因の特定は容易ではない。USDAのMedranoら研究プロジェクトは、カメムシ類防除のために最も効果的な時期に最小限の殺虫剤散布を行う防除方法の確立を目指すとしている⁸⁶。

(8) 「アリゾナ大学の昆虫学者 Tabashnik が、殺虫性 (Bt) トウモロコシがもたらす抵抗性害虫の拡大を指摘する論文 (Journal of Economic Entomology) を発表した」⁸⁸との指摘について

検証

- ① アリゾナ大学の Tabashnik らが2009年発表した「Bt作物に対する野外における害虫の抵抗性発達」という論文の中で、これまで害虫の抵抗性発達を3例発表しているが、同論文ではBt作物導入後10年以上経過する中で、ほとんどの昆虫はBtタンパク質に対する抵抗性を獲得していないことが確認されている⁸⁹。
- 発表は、北米、スペイン、南アフリカ共和国、豪州、中国のBtトウモロコシとワ

86 Enrique Gino Medrano et al. (2009) Temporal Analysis of Cotton Boll Symptoms Resulting From Southern Green Stink Bug Feeding and Transmission of a Bacterial Pathogen, Journal of Economic Entomology, 102(1): 36-42

87 United States Department of Agriculture "ARS Research Explains Link between Stink Bug, Cotton Disease". (<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2009/090121.htm>)

88 Arizona Daily Star (2009) UA researcher says crop pests abroad resistant to controls. (http://azstarnet.com/news/science/environment/article_d664a1c8-32af-53a7-bd02-ffa16ce0ce79.html)

89 Tabashnik, Bruce E. et al. (2009) Field-Evolved Insect Resistance to *Bt* Crops: Definition, Theory, and Data. Journal of Economic Entomology, 102: (6): 2011-2025

タ栽培で抵抗性発達を調査した41本の論文データを分析したものである。この中で、これまでにBt作物で抵抗性発達が認められた事例は3例で、抵抗性害虫はi) Btトウモロコシに対するツマジロクサヨトウ（プエルトリコ）、ii) Btトウモロコシに対するヤガ科害虫（南アフリカ共和国）、iii) Btワタに対するアメリカタバコガ（米国）としている。i)のBtトウモロコシ品種はすぐに栽培中止となり、ii)は現在、すべてのBtトウモロコシ栽培者に緩衝帯の設置等の対策が義務付けられている。iii)については、野外での防除効果の低下が実証されておらず、栽培現場では深刻な問題になっていない。

- 同論文ではBt作物導入後10年以上経過しているが、ほとんどの昆虫はBtタンパク質に対して抵抗性を獲得していないことが確認されている、と記載されている。

4-2. 除草剤に抵抗性を獲得した雑草（抵抗性雑草）と遺伝子組み換え作物

現在では農業生産のほとんどの場面において農作業の効率化のため、除草剤を用いた雑草防除が行われている。

除草剤耐性の性質を持たせた遺伝子組み換え作物（除草剤耐性作物）は特定の除草剤の影響を受けないため、作物に害を与えずに効果の良い除草剤を用い、雑草を防除することができるため、1996年の商業化以来、全世界で普及している。除草剤耐性作物の普及によって農業生産者の収益増大、農薬使用量の削減、二酸化炭素排出量の抑制、土壌浸食の防止等多くの生産者メリット、消費者メリット、環境メリットが実現している。

例えば除草剤耐性作物の導入によって減・不耕起栽培（播種前耕起を削減、或いは省略した栽培法）が広く普及したため、化石燃料使用量が抑制されたほか、土壌流亡（土壌流出）が防止されるといったベネフィットが実現している⁹⁰。除草剤耐性作物と除草剤を用いた栽培体系は、不耕起栽培を推進するための中核技術として、環境負荷の低い環境保全型農業の促進に大きく貢献している。

一方で「除草剤耐性作物の普及によって、除草剤への抵抗性を獲得した雑草が発生・拡大するのでは？」との指摘や、これを取り上げた新聞報道が存在する。除草剤への抵抗性を獲得した雑草（抵抗性雑草）は、遺伝子組み換え作物が商品化される以前からの課題であるが、非遺伝子組み換え作物、遺伝子組み換え作物を問わず、適切な対策を講じることにより防除されてきている。

（1）【除草剤抵抗性雑草の発生とその管理について】

検証

- ① 除草剤に対する抵抗性雑草の問題は1950年代から報告されており、遺伝子組み換え

90 Brooks G. et al. (2009) GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996– 2007, PG Economics Ltd, UK. (http://biologs.bfllu.lv/grozs/Mikrobiologijas/Uzturzinatne/2009_global_impactstudy.pdf)

除草剤耐性作物に限った問題ではなく、適切な管理によって防除がなされてきている。

- 除草剤に抵抗性を示す雑草（以下、抵抗性雑草）は、特定の除草剤だけを長い間、継続的に使用する事が原因で発生すると考えられている。現在までに多くの種類の除草剤で抵抗性雑草の発生が報告されているが、世界で初めて抵抗性雑草が確認されたのは1950年代に2,4-Dという除草剤への抵抗性を持つ *Daucus carota*（ノラニンジン）であり、これは遺伝子組み換え作物が開発される40年以上前のことである⁹¹。日本でも1980年代からパラコート等ピリジウム系およびスルホニルウレア等ALS（アセト乳酸合成酵素）阻害剤系除草剤への抵抗性をもつ個体群の出現が水田等で多く報告されている。
- 「グリホサート抵抗性の雑草が米国等で拡大し米国の農業生産が脅かされているのではないか？」との指摘について、グリホサートは非選択性除草剤（ほぼ全ての雑草を防除できる）の成分として1970年代後半から広く用いられており、グリホサートの抵抗性雑草が最初に確認されたのは1997年である。2010年8月8日現在、19種類の雑草種で確認されている⁹²。抵抗性雑草の出現はグリホサートに限った事象ではなく、全ての種類の除草剤で起こる事象である。グリホサート抵抗性雑草についても、従来の他の除草剤に対する抵抗性雑草と同様に適切な管理手法で対応されてきている。
- 適切な対策とは、抵抗性雑草の発生が確認された地域において、i) 輪作の実施（耕種的防除：栽培方法を変えることによる防除）、ii) 作用機作（効果の出るしくみ）の異なる他の種類の除草剤の使用（化学的防除）、iii) 播種前もしくは収穫後の鋤き込み・耕起（機械的防除）、iv) 作用機作が異なる複数除草剤の現地混用（農薬散布機のタンク内で複数除草剤を混合して用いること、別名タンクミックス）、である。中でも輪作は効果的とされ、イネ科作物と広葉作物の輪作では作用機作の異なる除草剤を使用できることもあり、効果的な防除が出来ることが報告されている。
- 現在使われている除草剤には、作用機作の違いによって様々な種類がある。植物の生長や体の維持に欠かせない光合成を阻害するタイプ、植物の成長ホルモンを攪乱するタイプ、光の存在下で活性酸素を生成させるタイプ、タンパク質を構成するアミノ酸の生合成を阻害するタイプ等があり、使用方法に関しても、生長した雑草に散布して枯らすもの、雑草が芽を出さないうちに土壌表面に散布して雑草を生長させないもの等がある。生産者はこのうち目的に応じて除草剤の種類を選択して栽培管理に用いる。これら作用機作の異なる種類の除草剤を用いることで、ある特定の除草剤に抵抗性を獲得した雑草が発生した場合も、異なる種類の除草剤を単独、も

91 WeedScience.org, International Survey of Herbicide Resistant Weeds (<http://www.weedscience.org/In.asp>)

92 WeedScience.org, International Survey of Herbicide Resistant Weeds (<http://www.weedscience.org/In.asp>)

しくは現地混用することで管理されてきている。

(2) 【抵抗性雑草の管理と除草剤耐性作物メリットの維持】

検証

- ① 除草剤耐性作物がもたらす経済的メリットを維持するためには、多角的な雑草防除プログラムが重要である。
 - 米国雑草学会（WSSA）は2010年5月の声明において、除草剤耐性作物を栽培する際に主に用いるグリホサート、グルホシネートへの雑草の抵抗性抵抗獲得を遅らせるためには、先に述べた機械的、耕種的、化学的防除等、各種の防除法を組み合わせた多角的な雑草防除プログラムが重要であると強調した上で、除草剤耐性作物がもたらす環境保全への貢献と経済的利点は大きいのでこれを維持するために、抵抗性雑草の増加拡大に対処することが必要としている⁹³。
 - 米国では除草剤メーカー、農業生産者団体、米国雑草学会等が Web 上で抵抗性雑草の管理手法や情報を広く公開し、農業生産者が抵抗性雑草管理に関する情報を容易に入手・共有できるようになっている。除草剤メーカーと農業生産者が協力することで、既に利用されている雑草防除技術をより持続的、効果的に利用するためのネットワークが構築されている^{94, 95, 96, 97}。近年実施された農業生産者の意識調査では、抵抗性雑草の防除に関する農業生産者の意識の高まりが確認され、企業や学識者が推奨する抵抗性雑草管理を実践する農業生産者が増加している⁹⁸。
- ② 米国で作付された除草剤耐性の遺伝子組み換え作物のダイズ、トウモロコシ、ワタについて、栽培比率は現在まで増加し続けている。このデータからも、農業生産者の除草剤耐性作物に対する作付意欲が損われていない。
 - 2010年6月に発表された米国農務省（USDA）のレポートによると、2010年に米国で作付けされたダイズ、トウモロコシ、ワタについて、除草剤耐性の性質を持った遺伝子組み換え品種を作付けた面積の割合が、ダイズで93%（前年比2%増）、トウモロコシが70%（同2%増）、ワタで78%（同7%増）と、いずれも過去最高

93 Weed Science Society of America (WSSA) Supports NRC Findings on Weed Control (<http://www.wssa.net/WSSA/Information/WSSA%20position%20paper%20on%20herbicide%20resistance%205-27-2010.pdf>)

94 WeedScience.org, International Survey of Herbicide Resistant Weeds (<http://www.weedscience.org/In.asp>)

95 Weed Resistance Risk Assessment (<http://www.weedtool.com/resources.html>)

96 Weed resistance management (<http://www.weedresistancemanagement.com/>)

97 The Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) (<http://www.hracglobal.com/>)

98 Weed Science Society of America (WSSA) Supports NRC Findings on Weed Control (<http://www.wssa.net/WSSA/Information/WSSA%20position%20paper%20on%20herbicide%20resistance%205-27-2010.pdf>)

の比率となった⁹⁹。除草剤耐性作物の栽培比率は依然として増加傾向にあり、抵抗性雑草の問題が農業生産者の作付意欲を損なっていないことを示している。

- 各種の技術を組み合わせることによってそれぞれの持つ不足部分を補完し、利点を最大限活用することが重要であり、除草剤耐性の遺伝子組み換え作物についても、抵抗性雑草の各種防除法を組み合わせながら生産者メリット、環境メリットを最大化し、この技術を持続的に活用するための取り組みが重要である。

4-3. 遺伝子組み換え作物と生物多様性

2010年10月に「生物多様性条約第10回締約国会議／カルタヘナ議定書第5回締約国会議（COP10／MOP5）」が名古屋で開かれるため、「生物多様性」という言葉を1つのキーワードとして、様々な議論や報道がなされている。前の項で取り上げた様に、遺伝子組み換え作物を野外で利用する際には野外放出の前に環境影響評価、生物多様性への影響評価がなされており、評価を経て認可された遺伝子組み換え作物を栽培することによって生物多様性や貴重な遺伝資源が脅かされる可能性は、極めて低いと考えられる。

- (1) 「メキシコのトウモロコシ在来種から、遺伝子組み換え品種の遺伝子やタンパク質が検出された」との指摘について

検証

- ① 2001年にカリフォルニア大学の二人の研究者が、在来種のトウモロコシから組み換えトウモロコシの導入遺伝子を検出したとする論文をNature誌に発表したのが、翌年Nature誌は、「この研究結果には、発表するに値する十分な証拠がなかった」と結論付けた。
- メキシコはトウモロコシの原産地であり、トウモロコシの遺伝資源が多く残っている。このため、メキシコにおけるトウモロコシ野生種（作物としてのトウモロコシの祖先と考えられる品種）や在来種（これまでメキシコで栽培されてきた品種）の保全と、遺伝子組み換え作物の影響について議論されてきた。2001年11月、カリフォルニア大学の二人の研究者（Quist、Chapela）は、科学雑誌Nature誌において、「メキシコのオアハカ州の在来種トウモロコシを調査したところ、遺伝子組み換え作物由来の遺伝子（プロモーター）を検出した」と発表した¹⁰⁰。
- この調査結果について、花粉の飛散によるものではないとの指摘が多くの科学者から寄せられ^{101, 102, 103}、その後Quist、Chapelaが行った調査には実験方法、解析方法

99 National Agricultural Statistics Service (NASS), "Acreage" (<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/Acre/Acre-06-30-2010.pdf>)

100 David Quist et al. (2001) Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico, Nature, 414:541-543 (<http://www.nature.com/nature/journal/v414/n6863/full/414541a.html>)

に多くの問題が見つかったことから、Quist、Chapela の調査結果は、何らかの原因で遺伝子組み換え作物由来の遺伝子を持つ穀粒が調査サンプルへ混入したためと結論付けられた。

- 結果、Nature 誌は「Quist、Chapela の研究結果には、発表するに値する十分な証拠がなかった」との短評を 2002 年 4 月 11 日号にて発表した¹⁰⁴。
- メキシコ政府も国内で自生するトウモロコシにおいて、遺伝子組み換え作物由来の遺伝子が交雑によって浸透している事実は確認されなかったと結論付けた¹⁰⁵。

② 2009 年にカリフォルニア大学の研究者が、メキシコのトウモロコシの種子について調査を行い、組み換え導入遺伝子由来のタンパク質が検出されたと報告した件について。

- 2009 年には、カリフォルニア大学の Dyer らによって、遺伝子組み換え品種由来の遺伝子の拡散について調査が行われ、その結果が「Public Library of Science オンライン」に報告された。この調査は花粉飛散による遺伝子拡散に関するものではなく、農家が購入・所有する種子を通じた遺伝子拡散を調査したものである。調査の結果、メキシコ南東部、中央西部において遺伝子組み換えトウモロコシ由来のタンパク質が確認されたが、花粉交雑によるものと特定されていない。調査に携わった研究者はこの結果について、米国から輸入された遺伝子組み換えの作物種子（栽培種子）や穀物として輸入されたトウモロコシ種子が栽培用に用いられ、混入した等の可能性を挙げている¹⁰⁶。
- メキシコでは過去 100 年以上にわたって、メキシコ以外の様々な地域からトウモロコシ品種が導入され、交配育種の材料や栽培品種として利用されてきた。1950 年代以降にはハイブリッド品種（一代雑種品種）も導入されてきたが、これらメキシコへ新たに導入された品種の遺伝子やそれに由来するタンパク質が、花粉飛散等を通じてメキシコの野生種、在来種に浸透・拡散したケースは報告されていない。遺伝子組み換え作物については、「3. 遺伝子組み換え作物の環境影響評価の仕組み」の項で説明したとおり、輸入や商業栽培の際には、生物多様性への影響が従来の作

101 Paul Christou (2002) No Credible Scientific Evidence is Presented to Support Claims that Transgenic DNA was Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico, *Transgenic Research*, 11(1): 3-5
(<http://www.springerlink.com/content/w3367640g611u136/>)

102 Juan Pablo Ricardo Martínez-Soriano et al. (2002) Transgenes in Mexican Maize, *Nature Biotechnology*, 20(1): 19

103 Nick Kaplinsky et al.(2002) Maize transgene results in Mexico are artefacts, *Nature*, 416: 601-602
(<http://www.nature.com/nature/journal/v416/n6881/full/nature739.html>)

104 Matthew Metz et al.(2002) Biodiversity(Communications arising):Suspect evidence of transgenic contamination, *Nature*, 416(6881): 600-601

105 Commission for Environmental Cooperation, *Maize and Biodiversity* (http://www.cec.org/Storage/56/4837_Maize-and-Biodiversity_en.pdf)

106 George A. Dyer et al.(2009) Dispersal of Transgenes through Maize Seed Systems in Mexico, *PLoS One*, 4(5):1-9 (<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0005734>)

物と同等であることが評価・確認されている。このため従来品種と比べて遺伝子組み換え品種由来の遺伝子や形質が野生種へと拡大する可能性は低く、メキシコのトウモロコシ野生種、在来種に与える影響は、従来の栽培品種と同等程度と考えられている。

(2) 「除草剤耐性の遺伝子組み換え作物の栽培により生物多様性が失われ、生物数が減少」と指摘した2003年の英国王立協会の発表について

検証

- ① 英国王立協会の行った調査は、組み換え作物の畑、非組み換え作物の畑の雑草防除において、異なる種類の除草剤を用いて雑草防除を行っている。確認された生物量の差は除草剤の効果の大小、雑草防除の成功、失敗の違いに起因するものであり、栽培した作物が遺伝子組み換え作物かどうかという問題ではない。
- 農業生産が人間にとって必要な作物をできるだけ単一的に栽培する生産活動であることを理解する必要がある。例えば水田を見ればイネだけ、キャベツ畑を見ればキャベツだけが植わっている様に、他の植物はあまり生えておらず、害虫もあまり見かけない。これは人が除草（雑草防除）や害虫防除を行っているからであり、もし作物以外の植物（雑草）や害虫が多く生息すると、作物の収量や品質が落ちてしまう。このため人間が雑草・害虫等を人為的に排除し、作物に害をなす生物の量・種類を意図的に減らして農業生産が行われている。
- 2003年、英国王立協会から、除草剤耐性遺伝子組み換えナタネ品種と非遺伝子組み換えナタネ品種を比較栽培した際の農場規模評価試験（Field Scale Evaluation）の途中結果が発表された。この評価試験は、65ヶ所に及ぶ大規模な圃場試験を比較調査したものである。試験の結果、「遺伝子組み換えナタネの畑と非遺伝子組み換えナタネの畑を比較した所、大多数の無脊椎動物の生物数において、両者の間に一貫した差は見られなかった」ものの、単子葉植物と双子葉植物の雑草、少数の無脊椎動物において影響が確認された。この原因は、遺伝子組み換えナタネ畑の方が雑草量や昆虫数が少なかったためであるが¹⁰⁷、この結果を受けて「除草剤耐性作物（遺伝子組み換え作物）を栽培することにより生物多様性に大きな影響を与えるのではないか？」と報道したメディアがあった。
- この試験では遺伝子組み換えナタネ、非遺伝子組み換えナタネの圃場で、異なる種類の除草剤を用いて雑草防除が行われた。また双方の畑に発生した雑草量、雑草に飛来する昆虫等の数から生物多様性への影響を評価している。
- 双方の畑を比較したところ、使用した除草剤が適切な効果を発揮して雑草防除が成功した畑では雑草のバイオマス量や生物数が少なく（生物多様性に乏しい）、逆に

107 The UK Royal Society.(2003) The Farm-Scale Evaluations of Spring-Sown Genetically Modified Crops, Philosophical Transactions of the Royal Society, 358 (1439) (<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/358/1439.toc>)

除草剤が十分に効果を発揮せず雑草防除が失敗した畑では雑草バイオマス量や生物数が多い（生物多様性に富む）と結論付けられている¹⁰⁷。しかしながらこれは除草剤の効果の大小や、雑草防除の成功、失敗の違いに起因するものであり、栽培した作物が遺伝子組み換え作物かどうかという問題ではない。農業生産に必須である雑草防除が適切に行なわれた結果として「生物多様性が損われた」とするのは、一面的な捉え方といえる。

- ② その後、評価試験の最終結果が発表され、結果の差は除草剤の使われ方によるものであり、作物が遺伝子組み換えであるかどうかによるものではないと結論付けられた。
- 2005年には、この評価試験の最終的な結果が発表された。試験に関わった科学者は「農場規模評価試験（Field Scale Evaluation）の結果を全て合わせて考察したところ、農地の野生生物に与える影響の差は、種類が同じ作物の遺伝子組み換え作物と非遺伝子組み換え作物とで比較する場合（例えば遺伝子組み換えナタネと非遺伝子組み換えナタネの比較）に比べ、種類が異なる作物を比較する場合（例えばナタネとトウモロコシやナタネとテンサイの比較）の差の方がはるかに大きい」とした上で、「調査結果の差は除草剤の効果によるものであり、作物が遺伝子組み換えであるかどうかによるものではない」と結論付けた¹⁰⁸。
- ③ 遺伝子組み換え作物の栽培によって、生態系に及ぼす環境リスクは軽減できるという研究も報告されている。
- 英国王立協会の調査とは別に「遺伝子組み換え品種の栽培によって殺虫剤の総使用量が減り、殺虫剤の使用に伴う環境へのリスクを軽減し、耕起の回数が減るために農業生産者、消費者および生態系に及ぼす環境リスクを軽減する」と結論付けた発表も多くなされている。これは農業がもつ多面的な側面を考慮して環境影響を評価したものである^{109, 110}。

（3）遺伝子組み換え作物、非遺伝子組み換え作物間の交雑、および隔離距離について

検証

- ① 遺伝子組み換え作物に限らず、作物の交雑は自然なことである。

108 Alan M. Dewar et al. (2005) THE UK FARM SCALE EVALUATIONS OF GM CROPS – A POST SCRIPT, Outlooks on Pest Management, (http://www.unine.ch/nccr/pages/education/gs/courses2006_2007/AD_outlooks_on_pest_management2005.pdf)

109 Theresa A Brimner et al. (2004). Influence of herbicide resistant canola on the environmental impact of weed management., Pest Management Science, 61(1): 47-52 (<http://www3.interscience.wiley.com/journal/109671743/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>)

110 Graham Brookes et al. (2009) GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007, PG Economics Ltd, UK. (http://biologs.bf.lu.lv/grozs/Mikrobiologijas/Uzturzinatne/2009_global_impactstudy.pdf)

- 遺伝子組み換え作物を栽培するに当たり、周囲の作物と交雑することは自然な事象である。日本でもイネやダイズ等、作物の交雑率と隔離距離との関係を調査した研究が過去に行なわれている¹¹¹。
 - 同種作物間での交雑はごく自然なことであり、遺伝子組み換え作物か否かに関係なく交雑が生じる。日本でも、最近ブームの有色米（赤米や黒米）を栽培した際にこの花粉が飛び、周囲の一般のイネと交雑し、有色米が一般米に混入する事例が報告されている¹¹²。こうした交雑は遺伝子組み換え作物でも同様であり、周辺の同じ種類の作物との交雑が起こりうる。
 - 商品の純度を担保するという商業上の目的から、農作物同士の交雑を出来る限り少なくする取り組みが求められることがある。
- ② 遺伝子組み換え作物、非遺伝子組み換え作物間の交雑、および隔離距離に関して、欧州委員会（European Commission）は、GM栽培農家、慣行栽培農家、有機農業農家がそれぞれ共存するためのルールを作成している。
- 遺伝子組み換え作物の混入許容量を設定して対処している代表的な例は、EUにおける共存ルールである。EUでは遺伝子組み換え作物栽培に関する共存ルールを維持、改善するための研究が行なわれ、花粉を通した作物の交雑に関する研究が行われている。EUは遺伝子組み換え作物、慣行農業、有機農業を選択するそれぞれの農業生産者が共存して農業を行うルール（共存ルール）の策定が進んでいる地域のひとつで、各国は欧州委員会が2003年に発表したガイドライン（2003/556/EC）に基づいた法制度を独自に策定することが可能である^{113,114}。
 - 遺伝子組み換え作物、非遺伝子組み換え作物間の交雑、および隔離距離について2008年12月に欧州委員会が発表した論文「地形を越えた遺伝子組み換え作物の交雑・混入（The landscape contamination）」も、共存ルールを維持、改善するための研究のひとつである¹¹⁵。作物の交雑率に影響する要因は開花時期、気温等の気象条件、圃場の配置等様々だが、この調査は圃場配置や栽培規模が交雑に与える影響を調査している。これは遺伝子組み換え作物は従来の作物と同様に交雑することを前提として、先ほど述べた共存ルールや、閾値（混入許容量：EUの場合0.9%）を守るための調査であり、作物が交雑すること自体を問題視した調査ではない。

111 農林水産省技術会議事務局技術安全課（2008）「交雑に関する新たな科学的知見とその考察」（http://www.jba.or.jp/report/industry/document/pdf/080716_hybrid.pdf）

112 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター（2006）「主要有色米品種と一般米品種との交雑個体の識別指標」

113 2003/556/EC (http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2003/l_189/l_18920030729en00360047.pdf)

114 Questions and Answers on the Regulation of GMOs in the European Union (http://ec.europa.eu/agriculture/publi/reports/coexistence2/guide_en.pdf)

115 The bigger picture: GM contamination across the landscape (http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/archive/biotech_08.htm)

(4) 日本における輸入港周辺のナタネのこぼれ落ちに対する懸念

検証

- ① 遺伝子組み換えナタネ（セイヨウナタネ：*Brassica napus*, n=19）は、在来ナタネ（*Brassica rapa*, n=10）やセイヨウカラシナ（*Brassica juncea*, n=18）など他のアブラナ科の植物と交雑する事があるが、これらは日本の固有種ではなく生物多様性影響を及ぼす対象植物とみなされていない。またイヌガラシ（*Rorippa indica*, n=16）は、セイヨウナタネと属が異なることもあって交雑の可能性は低く、これまでセイヨウナタネとイヌガラシの交雑個体が国内で報告された例はない。
- ② ナタネだけではなく遺伝子組み換え作物の環境に対する安全性は、法律（カルタヘナ法）に基づく調査審議を経て確認され、国による承認を得たうえで商業利用されている。
 - 日本ではカルタヘナ法において、遺伝子組み換えナタネが従来のナタネと比較して交雑性や種子の生産量を高めることはないこと、仮に交雑した場合でも、日本の生物多様性に影響を及ぼさないこと等、実際の利用方法等を踏まえ、万が一にも日本の環境に影響を及ぼさないようあらゆる可能性を想定した生物多様性評価が事前に厳しく行われている。
 - 生物多様性評価において、繁殖力は変わらないことが確認されており、遺伝子組み換えナタネが在来のナタネやカラシナを駆逐し、繁殖範囲を広げるということはない。また、交雑は起こりうるが、その結果できた交雑種が優占化したり、組み込まれた遺伝子が拡がることもなく、日本の環境を脅かすようなことはない。
- ③ 流通後の管理についても、取扱企業はこぼれ落ちをふせぐ対策を講じたり、輸入港や工場周辺等で自生しているナタネがないか監視し、除草を徹底する等、いっそうの強化を図っている。また、農林水産省では、状況の把握のために輸入港周辺のモニタリング調査を行っているが、遺伝子組み換えナタネが生育したとしても、競合により周辺の種を駆逐し、生育域を拡大する可能性は考えにくいとの結論が出されている¹¹⁶。

(5) 2010年8月に開催された米国生態学会の年次総会のポスターセッションで「遺伝子組み換えナタネが農地以外で在来種のように自生し、定着している可能性を確認した」と発表された件について

検証

- ① アーカンソー大学の Schafer らは、米国ノースダコタ州を走る州間道路、州内道路および郡道の延べ5,400km から406点のナタネを採取して、調査したところ、試

116 独立行政法人農業環境技術研究所 「輸入港周辺におけるセイヨウナタネ個体群の調査結果」(2009) (http://www.saffrc.go.jp/docs/press/pdf/090304_1-01.pdf)

料のうち 86%が、除草剤耐性を付与するタンパク質に陽性を示したと発表した¹¹⁷。米国生態学会における研究発表は「野生化した (feral)」とか「永続的である (persistent)」という用語を使用していない、あるいは「永続的である」とは言っていない。

- ② ナタネが道ばたにこぼれ落ちた場合、発芽して成長する可能性もあるが、実際にナタネの個体群を十分確立できるほど他の植物と競合できないと予想される。したがってこの個体群が複数世代繁殖し、重大な遺伝子浸透が生じる可能性は低い。自生（人間が意図して植えたのではなく、自然に成長した）ナタネは、種子が風や鳥に運ばれたり、運搬中にこぼれたりした結果、発生したと考えられる。この現象は在来種にも起こり得るもので、遺伝子組み換えナタネに限定されるものではない。また自生ナタネは初めて観察されるものでもない。
- ③ 米国農務省 (USDA) およびカナダ食品検査庁 (CFIA) が遺伝子組み換えナタネの環境影響を評価した際には、遺伝子組み換えナタネが非遺伝子組み換えナタネと同様、自生する可能性が認識されていた。このため USDA 及び CFIA が、認可プロセスにおいてこれを考慮しており、結果 USDA は従来品種のナタネと比較して遺伝子組み換えナタネが他種の植物との競合における優位性を持つ可能性は低いと結論付けた^{118, 119}。CFIA も、遺伝子組み換えナタネから近縁種への遺伝子浸透は可能性として起こりうるものの、これら近縁種の競合性を増大させるものではなく、現在の栽培法を実践することで管理可能であると結論付けている¹¹⁹。
- ④ アーカンソー大学の Schafer の発表に対し、ノースダコタ州のナタネ生産者協会 (Northern Canola Growers Association) は「自生するナタネを確認した研究は驚きに値せず、懸念も不要」とするコメントを発表している¹²⁰。また同協会の専務理事でノースダコタ州のナタネ生産者 Coleman は「米国やカナダのナタネの 85 ~ 90%は遺伝子組み換え種子から生育しているため、自生種のナタネでも同じ率が反映されると予測している」と述べ、「在来種のナタネ生産と同じく、輸送や収穫中に偶然種子が落ちて、遺伝子組み換えナタネが道路脇で自生するのが見つかるのは特別なことではなく、心配も不要である」と補足している¹²⁰。
- ⑤ 米国ナタネ協会 (U.S. Canola Association) の副理事でノースダコタ州の元ナタネ生産者 Thorenson は「自生する遺伝子組み換えナタネは刈り取ったり、耕起する

117 Ecological society of America(www.esa.org)(<http://eco.confex.com/eco/2010/techprogram/P27199.HTM>)

118 USDA-APHIS (http://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs2/98_21601p_com.pdf)

119 CFIA DD95 - 02 (<http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/dd/dd9502e.shtml>)

120 Northern Canola Growers Association, Research Confirming Volunteer Canola Not Surprising or Concerning. (<http://www.northerncanola.com/news/viewarticle.asp?ID=293>)

ほかに、このナタネが耐性を有する有効成分（グリホサートまたはグルホシネート）以外の除草剤を用いることで容易に管理できる」とコメントしている。ナタネの種類を問わず、ナタネを作付けした後に栽培する小麦、大麦、エンドウ豆等の畑に自生のナタネは見出されるため、ナタネ農家はナタネの栽培後に畑を見回り、自生ナタネの存在を確認する。Thorenson は「自生ナタネが確認された場合、畑を耕すか、これを管理するために現在登録されている除草剤を使用することになっており、これは日常的な作物管理の一環である」とコメントしている¹²¹。

4-4. 昆虫の寿命等に悪影響を与えるか？

遺伝子組み換え作物の実用化にあたっては、「3. 遺伝子組み換え生物の環境影響評価の仕組み」の項で述べたように、生物多様性への影響の面で問題を生じることがないように、事前に評価項目が設定されている。この中に、昆虫等の他の生物の生育に影響を及ぼすかどうか、事前に確認が行われ、環境に与える影響が従来の作物と同程度かどうか確認が行われる。ここで、問題のあるものは実用化されない。

害虫抵抗性作物の栽培の場合は、標的害虫以外の昆虫に影響を与えないかどうか、事前に確認が行われる。たとえば標的害虫がアワノメイガのようなチョウ目（鱗翅目）の場合、同じチョウ目に属するチョウやガにも同様の効果を示す。そこで、花粉中に含まれる Bt タンパク質の量、花粉が飛ぶ時期や量等を調べ、特に絶滅危惧種のチョウ等の生態系に影響がないか事前に調査が行われる。こうしたチョウの生育域は、栽培に適した土地とは異なることや、作物の栽培時期と幼虫の生育時期が重ならない等の影響も調べられる。

一方で、Bt 作物がもたらす標的昆虫以外の昆虫への影響について懸念する声も聞かれる。以下、その内容について検証する。

- (1) 「インディアナ大学の研究者が Bt トウモロコシが水系の生態系に有害だとする研究成果をまとめた。水生昆虫のトビケラの成長率が半減以下となる成長阻害が起き、死亡率が高くなる。(2007年10月8日付 The Proceedings of the National Academy of Science オンライン)」との指摘について

検証

- ① この論文では、実験室でトビケラ (*Helicopsyche borealis*) に河川に流入する平均花粉量を与えた場合、トビケラの死亡率は Bt トウモロコシと通常のトウモロコシとの間に差はなく、河川に流入する最大花粉量の 2～3 倍量の花粉（河川に流入する平均花粉量の 50 倍）を与えた場合に、Bt トウモロコシの方が死亡率が高くなると報告している。また、別のトビケラ (*Lepidostoma liba*) に実験室で Bt トウモ

121 U.S. Canola Association, Volunteer Canola of All Types Expected and Controllable, (http://uscanola.com/index.asp?Type=B_PR&SEC=%7B36EE8899-EE86-4B44-8141-13745052D3E9%7D&DE=%7BAB534B2B-AE63-4F3E-A436-5B122BDE792C%7D)

ロコシの葉を与えた場合に、トビケラの成長率が半減以下となることが報告されている¹²²。

- ② その後、他の研究者によって、河川において Bt タンパク質は分解されることから、トビケラの生存率に影響しない報告が出されている。
- メリーランド大学の研究者によって、河川では Bt タンパク質は短期間で分解して無毒化すること、実験室で Bt トウモロコシの葉を与えた場合にトビケラ (*Lepidostoma* ssp. と *Pycnopsyche scabripennis*) の成長には影響しないという報告が出された¹²³。さらに、河川で行われた研究では、トビケラを含む無脊椎動物数に Bt トウモロコシは影響を与えないことが明らかになった¹²⁴。

- (2) 「スイス連邦農業・農業生態学研究所の Hilbeck らが、ノバルティス社が開発した Bt コーンを用いて実験を行った結果、トウモロコシを食べたオオカバマダラの幼虫を食べたクサカゲロウの幼虫は、死亡率が2倍近く高くなることがわかった」とする指摘について

検証

- ① この実験は10年以上前に行われた実験で¹²⁵、室内試験で弱ったガの幼虫を用いて実験したことから死亡率が高くなったことが指摘されている。
- スイス連邦農業・農業生態学研究所の研究者は、Hilbeck らが用いた Bt トウモロコシが発現する Cry1Ab タンパク質 (Bt タンパク質) は高濃度でもクサカゲロウに毒性を示さないことを報告しており、Hilbeck らの実験でクサカゲロウの死亡率が上昇した原因は Cry1Ab タンパク質ではなく、餌となったガの幼虫の質の問題であると指摘している¹²⁶。
- ② また、クサカゲロウ幼虫は、餌としてアブラムシやハダニを好み、ガの幼虫は好まない。Bt トウモロコシを食べたハダニを食べたクサカゲロウには全く影響がない

122 E. J. Rosi-Marshall et al. (2007) Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems, (<http://www.pnas.org/content/104/41/16204>)

123 Jensen, Peter D. et al.(2010) Exposure and Nontarget Effects of Transgenic *Bt* Corn Debris in Streams, *Environmental Entomology*, 39(2): 707-714

124 Christopher M. Swan et al.(2009) Processing of transgenic crop residues in stream ecosystems, *Journal of Applied Ecology*, 46(6):1304-1313

125 Angelika Hilbeck et al. (1998) Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), *Biological Control*, 27(2): 480-487

126 Jörg Romeis et al. (2004) *Bacillus thuringiensis* toxin (Cry1Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), *Journal of Insect Physiology*, 50(2-3): 175-183

127 Anna Dutton et al. (2003) Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study, *BioControl*, 48(6):611-636 (<http://www.springerlink.com/content/hv1x911137r3kr2w/fulltext.pdf>)

ことも報告されており、野外では実際には問題にならないとされている¹²⁷。

- ③ 懸念情報では、「トウモロコシを食べたオオカバマダラの幼虫」とされているが、Hilbeck らが実験に用いたのはヨーロッパアワノメイガやヨトウガ類のガの幼虫である。ちなみに、オオカバマダラはトウモロコシを食べない。

- (3) 「コーネル大学の Losey らは、チョウの幼虫を用いて、殺虫性作物の花粉が飛び散った際の影響を実験するため、トウワタの葉に Bt コーンの花粉を振りかけ、幼虫に食べさせたところ、大量死が確認された。(1999 年 5 月 20 日付 Nature)」との指摘¹²⁸について

検証

Losey らの実験は野外では実際に生じない大量の花粉をオオカバマダラの幼虫に強制的に食べさせたものである。オオカバマダラが米国国民に人気のあるチョウということで大きな話題となったが、室内の仮想条件での実験結果と野外で実際に起こりうる可能性を区別して判断するべきと指摘され、その後の研究への教訓となった。その後、Losey らの結果を否定する研究が多数発表されており、それらは一覧表としてまとめられている¹²⁹。

- (4) 「カンザス大学の Taylor によると、除草剤耐性作物に用いる除草剤が、チョウの幼虫が好んで食べるトウワタを枯らし激減させたため、チョウが大幅に減少している(2010 年 1 月 19 日付 The Globe and Mail)」との指摘について

検証

このインターネット記事では、オオカバマダラの大幅減少の最大の理由は異常気象（乾燥と極端な低温または高温）と書かれている。その他の原因として、農地の開発・宅地化や除草剤耐性作物による影響も指摘されているが、除草剤耐性作物・除草剤使用が主たる原因とは書かれていない。

- (5) 「スコットランド作物研究所の Birch らによる、殺虫毒素をもったジャガイモについていたアブラムシを食べたテントウムシの寿命が短くなった(2002 年 6 月 2 日付 New Scientist)」との指摘について

検証

- ① 実験では、生育が抑制されたアブラムシを強制的に与えていたための結果で、遺伝子組み換え技術でジャガイモに導入されたレクチンの直接的な影響はない。
- Birch らは、スノードロップレクチンというアブラムシの生育や繁殖力を抑制する

128 John E. Losey et al. (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae, Nature, 399: 219

129 白井 洋一 (2007) 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による非標的生物への影響、現在までの研究事例と今後の課題「日本応用動物昆虫学会誌」、51(3):165-186 (http://www.jstage.jst.go.jp/article/jjaez/51/3/165/_pdf/-char/ja/)

タンパクを導入した組換えジャガイモについてアブラムシをフタモンテントウムシに食べさせた結果、テントウムシの寿命が短くなったと報告している¹³⁰。その後、Birch の共同研究者が同様の実験を行ったが、テントウムシの寿命への影響は認められなかった。Birch らの結果は、スノードロップレクチンを摂取し生育が抑制されたアブラムシを強制的にテントウムシに与えたため生残率や産卵数が低下したものと考えられ、スノードロップレクチンの直接的な影響はないと結論付けられた^{131, 132}。

② なお、このジャガイモは研究開発段階のもので、商業栽培品種ではない。

(6) 「遺伝子組み換え作物が栽培された畑の土壤に生息する生物体内に、高い割合で取り込まれる (2009年12月4日付 Ecological Farming Association)」との指摘について

検証

- ① 調査した節足動物、センチウ、ミミズ類は、トウモロコシの葉や茎の残渣（ざんさ）を摂食するので、除草剤耐性トウモロコシの持つ導入遺伝子がこれらの小動物体内から検出されるのは当然である。この調査を行った Hart らは、「検出された遺伝子が機能をもつ遺伝子であるかどうかはわからないし、すでに機能をもたないレベルまで分解されているかもわからない」と、述べている¹³³。
- ② さらに、小動物体内に存在する微生物や土壤微生物に伝播（いわゆる水平伝播）するかを検証する必要があると述べているが、この論文では調査していない。今までの知見では、除草剤耐性トウモロコシの持つ導入遺伝子が土壤微生物に伝播し活性を示した例は報告されていない。

130 A. Nicholas E. Birch et al. (1999) Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance, *Molecular Breeding*, 5(1): 75-83

131 Rachel E. Down et al. (2000) Snowdrop lectin (GNA) has no acute toxic effects on a beneficial insect predator, the 2-spot ladybird (*Adalia bipunctata* L.), *Journal of Insect Physiology*, 46(4): 379-391

132 Rachel E. Down et al. (2003) Tritrophic interactions between transgenic potato expressing snowdrop lectin (GNA), an aphid pest (peach-potato aphid; *Myzus persicae* (Sulz.) and a beneficial predator (2-spot ladybird; *Adalia bipunctata* L.), *Transgenic Research*, 12(2): 229-241

133 Miranda M. Hart et al. (2009) Detection of transgenic cp4 epsps genes in the soil food web, *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4): 497-501

4-5. ミツバチが一夜にして集団失踪する現象（CCD、蜂群崩壊症候群）が増えてきたのは、遺伝子組み換え作物のせいかな？

【ミツバチの集団失踪の影響】

- (1) ミツバチが一夜にして集団失踪する現象（CCD、蜂群崩壊症候群）の原因については、ネオニコチノイド系農薬がクローズアップされているものの、電磁波やBt トウモロコシもミツバチが忌避することから、複合的な影響が有力視されている（2007年4月24日付 New York Times）」¹³⁴との指摘について
- (2) 「ドイツの養蜂家6人が、Bt トウモロコシを栽培している地域から、汚染を嫌ってミツバチを移動させた（2008年8月14日付 Inter Press Service News Agency）」との指摘について

検証

- ① 2007年4月24日付 New York Times の記事では、集団失踪の有力な原因として、ミツバチへの悪影響の懸念からフランスで禁止されている農薬が挙げられているが、この農薬と遺伝子組み換え作物との関連性については全く論じられていない。Bt トウモロコシは、数多くあるミツバチの集団失踪を引き起こす可能性の1つとして列挙されているにすぎず、その根拠も示されていない。また本記事では、ミツバチがBt トウモロコシを忌避するという記述もない。
- ② Bt トウモロコシが、ミツバチの集団失踪に関与している証拠は現時点でない。
 - Bt トウモロコシが導入される前から、ミツバチの集団失踪例が複数報告されている。特に1904年夏に発生した、イギリスの Isle of Wight での集団失踪は有名であり、大部分の養蜂家が全てのミツバチのコロニーを失ったことが知られている。一方、Bt トウモロコシが大規模に栽培されている米国イリノイ州で、ミツバチの集団失踪の報告はされていない¹³⁵。
 - Bt 作物の摂取試験において、ミツバチに明らかな毒性症状は認められていない¹³⁵。
 - トウモロコシの場合、花粉飛散量は多いが花蜜は少なく、ハチ類の蜜源としてあまり適していない。したがって、ミツバチの集団失踪に組み換えトウモロコシが関与している可能性は低いと考えられている。
- ③ ミツバチはBt 作物の標的昆虫でないため、Bt トウモロコシにより影響を受ける可能性は低い。

134 The New York Times (2007) Bees Vanish, and Scientists Race for Reasons. (http://www.nytimes.com/2007/04/24/science/24bees.html?_r=1&scp=1&sq=bees%20vanish%20and%20scientists%20race%20for%20reasons&st=cse)

135 Oldroyd et al. (2007) What's Killing American Honey Bees?, PLoS Biology, 5(6): 1195-1199

【害虫抵抗性作物によるミツバチへの影響】

- (3) 「殺虫毒素をもったナタネのミツを吸ったミツバチの寿命が短くなり学習障害が見られた」との指摘について
- (4) 「Bt 毒素をもつ遺伝子組み換え作物によって、ハチ（特にミツバチ）が学ぶ行動に悪い影響が起きることが分かった。（2008年10月21日付 The Bioscience Resource Project）」¹³⁶ との指摘について

検証

- ① Bt タンパク質（Bt 毒素）を発現する遺伝子組み換え作物を使用した結果ではなく、高濃度（5,000ppb）の Bt タンパク質を含む蜜をミツバチに投与した結果、学習行動に悪影響が認められたものである。以下の理由から、現実問題としては起こり得ない。
- Ramirez-Romero らは論文中で、高濃度（5,000ppb）の Bt タンパク質（Cry1Ab）を長期間摂取するとミツバチ成虫の学習行動に悪影響を及ぼす可能性があるとの指摘している¹³⁷。しかし、現在商業栽培されている Bt トウモロコシでこのような高濃度（5,000ppb 以上）を発現する品種はないので、現実問題として起こりえない。
 - また、同様に 3ppb の Bt タンパク質を含む蜜を投与した場合、悪影響は認められていない。
- ② Duan らの論文（2008）では、ミツバチと Bt 作物に関する 25 本の論文を検証したが、Bt タンパク質の摂取が、ミツバチの幼虫と成虫に悪影響を及ぼす例は1つもなかった。
- ミツバチは Bt 作物の標的昆虫でないため、Bt 作物により影響を受ける可能性は低い。米国の農業においてミツバチが持つ経済的影響の大きさから、新規 Bt 作物の環境影響評価を行う際のモニター対象となってきた。今回ミツバチへの影響について、25 の研究所から過去に出された報告書をもとに分析を行ったところ、現在使用されている Bt タンパク質が、ミツバチの生存に対し悪影響を及ぼす可能性は低いと判断された¹³⁸。

136 The Bioscience Resource Project News Service (2008) Bee learning behaviour affected by consumption of Bt Cry1Ab toxin. (<http://www.bioscienceresource.org/news/article.php?id=35>)

137 Ramirez-Romero, R. et al. (2008) Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)?, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(2): 327-33

138 Jian J. Duan et al. (2008) A Meta-Analysis of Effects of Bt Crops on Honey Bees (Hymenoptera: Apidae), *PLoS ONE*, 3(1): e1415

ILSI イルシー

2010年9月 印刷発行

特定非営利活動法人

国際生命科学研究機構 (ILSI JAPAN)

理事長 木村修一

〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-6-7

麹町R・Kビル 1階

TEL 03-5215-3535

FAX 03-5215-3537

<http://www.ilsijapan.org>

印刷：藤原印刷株式会社

(無断複製・転載を禁じます)