

---

# ERAプロジェクト調査報告

---

August 2012

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

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

ILSI は、科学的な視点で、健康・栄養・安全・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400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ています。そして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。

# ERA プロジェクト調査報告

2012. 8

バイオテクノロジー研究部会

2011年12月に発刊した ERA プロジェクト調査報告の第5号です。

2～4号では環境安全性評価手法の確立にあたっての重要な指針になるものと考えられる Problem Formulation に関する説明やその応用を中心として採録してきましたが、本号では第1号にあった EU の総合的な報告の部分を構成する、それぞれの性質を遺伝子組換えにより導入した作物の安全性の検討の報告と、遺伝子組換え作物が必要なバックグラウンドの解説や共存の論文を掲載しています。9月に第12回 ISBGMO の会合があり、この会合で Problem Formulation に関するディスカッションも進み、新しい情報も得られると思いますのでまた今後報告できると考えています。

# 目次

No.41	非標的昆虫（授粉昆虫、植食性昆虫とその天敵）の生物多様性に対する <i>Bt</i> 遺伝子の影響及び機作 Effects and mechanisms of <i>Bt</i> transgenes on biodiversity of non-target insects : pollinators, herbivores and their natural enemies ……	1
No.42	バチルス・チューリゲンシス由来の害虫防除タンパク質を発現する組換え植物の安全性に関するコンセンサス・ドキュメント Consensus document on safety information on transgenic plants expressing <i>Bacillus thuringiensis</i> -derived insect control proteins ……	2
No.43	グリフォサート耐性 GM ダイズ ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.) 品種の栽培による圃場内の節足動物集団に対する影響の評価 Assessing the effects of cultivating genetically modified glyphosate-tolerant varieties of soybeans ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.) on populations of field arthropods. ……	3
No.44	バイオテク Specialty Crops に対する規制的障害 The regulatory bottleneck for biotech specialty crops ……	4
No.45	中国における GM イネ及び GM トウモロコシへの青信号（認可）に即応した反対運動 Chinese green light for GM rice and maize prompts outcry ……	5
No.46	地球の過去からの教訓 Lessons from earth's past ……	6
No.47	21世紀のための農業の根本的再考慮 Radically rethinking agriculture for the 21 <sup>st</sup> century ……	7
No.48	ウルグアイにおける遺伝子組換えトウモロコシと非遺伝子組換えトウモロコシとの間の交配 Cross-fertilization between genetically modified and non-genetically modified maize crops in Uruguay ……	8
No.49	理知的・合目的なバイオセーフティ規制へ向けて：ケニアの事例 Towards a smart biosafety regulation : The case of Kenya ……	9
No.50	輸入から飼料加工までの GM 及び非 GM ダイズの共存のための戦略 Strategies for coexistence of GM and non-GM soy from import to feed processing ……	10



No.41

## 非標的昆虫（授粉昆虫、植食性昆虫とその天敵）の生物多様性に対する *Bt* 遺伝子の影響及び機作

Effects and mechanisms of *Bt* transgenes on biodiversity of non-target insects : pollinators, herbivores and their natural enemies

De Maagd R (コーディネータ)

A decade of EU-funded GMO research, European Commission : 52-57, 2010

本報告は既報の EC 報告書（本調査報告 No.1 参照）の一部であり、オランダ、ドイツ、スイス、イタリア、ハンガリーの研究グループの3年間（2000～2003）のプロジェクト研究の成果である。Cry1Ab トウモロコシ、Cry3B ナス、Cry1Ab バレイショ、Cry1Ac カノーラの4種類の *Bt* 作物を、実験室、温室、圃場の各段階で試験し、次の結果を得た。

i) 作用機作の解析では、Cry1Ab および Cry1Ac は、非標的捕食性昆虫クサカゲロウ幼虫の腸間膜に直接的結合せず、また植食性昆虫（cotton leafworm）の捕食を介したクサカゲロウ幼虫の Cry1Ab タンパク質の摂取も無害なレベルであった、ii) *Bt* トウモロコシ、*Bt* カノーラ、*Bt* ナスのどれも、非標的捕食寄生昆虫（寄生蜂など）に負の影響を与えなかった、iii) *Bt* 作物の授粉昆虫に対する影響は現地の環境要因の影響が大きかった、iv) 実験室レベルの実験では、*Bt* 作物を直接摂取させると植食性昆虫及び捕食昆虫の一部に成長の遅延等の負の影響が見られる。このため、*Bt* 作物のリスク評価においては、毒性の特異性及び暴露について慎重な考慮が必要である。v) 圃場レベルでは *Bt* 作物は非標的の植食性昆虫全般の生物多様性に影響を与えることはないので、植食性昆虫を捕食する上位捕食者を含めた植物連鎖に影響しない（ただ一点例外として、3年間の *Bt* (Cry1Ac) トウモロコシの圃場試験の3年目に節足動物の多様性の減少が見られた）。

以上の結果から捕食寄生や寄生の割合、成虫の寿命の影響に、*Bt* 作物とその準同質遺伝子系統との間に大きな差はない（例外1件）と結論された。本プロジェクトの成果の主要成果は、6報の Peer-review 文献として発表されている。

No.42

## バチルス・チューリンゲンシス由来の害虫防除タンパク質を発現する組換え植物の安全性に関するコンセンサス・ドキュメント

Consensus document on safety information on transgenic plants expressing *Bacillus thuringiensis*-derived insect control proteins

OECD

OECD Consensus Document, ENV/JM/MONO (2007) 14 No.42, 2007

OECD 作業部会は、*Bt* 作物の安全性に関する包括的資料の作成を計画し、6年間の入念な検討を経て、本コンセンサス・ドキュメントを出版した（リード国 米国）。膨大な文献（459、うち8割以上は最近15年間）に基づいて、科学的・技術的視点から、 $\delta$ -エンドトキシンの特性、作用機作、植物中の発現、リスク評価（ヒトの健康、非標的種、生態系）などが記述されている。特に非標的昆虫及び非標的生物（食物連鎖試験を含む）に関しては、*Bt* 作物の相対的安全性が記述されている。一方、若干の負の影響例もその原因を含めて公正に記述されている。加えて、チョウ目を標的とする Cry タンパク質（Cry1Ab、1Ac、9C、1F、2Ab2）及びコウチュウ目を標的とする Cry タンパク質（Cry3A、3Bb1、34Ab1/35Ab1）の計8種類それぞれについて、非標的生物（ネズミ、ウズラ、ミツバチ、テントウムシ、クサカゲロウ、寄生蜂、ミジンコ、トビムシ、ミミズ、淡水魚など）への実質的な無害を示す8種類の付表がある。さらに、表中のデータにはすべて出典が示されている。本コンセンサス・ドキュメントは、度々の改訂を経て作成された国際的合意文書であり、前報の EC 報告とともに、関係各分野で幅広く活用されることが期待されている。

No.43

## グリフォサート耐性 GM ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) 品種の栽培による圃場内の節足動物集団に対する影響の評価

Assessing the effects of cultivating genetically modified glyphosate-tolerant varieties of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) on populations of field arthropods.

Imura O, *et al.*

Environ. Biosafety Res. 9 : 101-112, 2010

除草剤耐性 GM 作物は全 GM 作物の83%を占めている。また、世界で栽培されるダイズの72%が GM 品種であり、これは全 GM 作物の52%に相当する。Bt 作物の非標的生物に対する影響は広範囲に研究されているが、除草剤耐性作物の非標的生物に対する影響の研究は少ない。このため、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所の研究グループが2004～2005年に圃場試験を行い、表題の研究を実施した。グリフォサート耐性ダイズ2品種（いずれもイベント40-3-2の後代品種であり、2004年と2005年で使用した品種を分けている）と非組換え対照ダイズ1品種及びグリフォサート耐性ダイズと非組換え対照ダイズそれぞれにグリフォサート散布（播種1ヶ月後）と無散布の処理区に分け、合計4区を、3反覆完全乱塊法で配置した。調査対象の節足動物は9目（クモ、ダニ、アザミウマ、ヨコバイ、カメムシ、コウチュウ、ハエ、チョウ、ハチ）。栄養生長期、開花期、稔実期の3時期に、植物体（茎と葉、花）上およびポット中の節足動物の生息数を調査した。また、ポット中の土壌表層5cmを採取し、ツルグレン法での微細土壌生物を採取した。以上の結果から、次の主要結果を得た。

i) 全体をプールした解析では、茎と葉の節足動物の数に GM と非 GM ダイズとの間に有意差は無かった、ii) 雑草管理の違いによって茎と葉の節足動物数に有意差は生じなかった、iii) 花の優占種であるアザミウマの数も、GM と非 GM ダイズとの間に有意差は無かった、iv) ポット中の土壌生物の数に、GM と非 GM ダイズ間あるいは雑草管理の違いによって有意差は生じなかった、v) 畦間のヨコバイ、カメムシ、コウチュウ、チョウ目は、除草剤散布後に減少したが、これは除草剤の直接の影響ではなく、散布により減少した雑草量に起因する間接的影響によるものであった。



## バイオテク Specialty Crops に対する規制的障害

### The regulatory bottleneck for biotech specialty crops

Miller JK, Bradford KJ

Nature Biotechnology 28 : 1012-1014, 2010

米国カリフォルニア大学の研究者が、増加を続ける GM 普通作物に比べて、Specialty Crops の停滞の原因を調査・分析した。本論文での Specialty Crops (SC) とは、果樹、野菜、堅実 (ナッツ)、観賞植物を含んでいる。米国では2007年の農業総収入に占める SC の割合は40%にのぼるが、占有耕地面積は4%にすぎない。現在国際的に市場化されているのは、ウイルス抵抗性パパイヤ、害虫抵抗性スイートコーンおよびスカッシュ、青色カーネーションのみである。2003-2008年の GM・SC に関する文献総数は313、対象種は46、うちタバコ、バレイショ、トマトが59% (組換え実験用の利便性が主因) である。米国について、EU、インド、日本、中国の文献が多い。付与特性は、直接的な便益の対象が消費者 (output traits) と生産者 (input traits) とに分類して評価している。前者は栄養成分改変や付与、品質向上など、後者はストレス耐性や害虫抵抗性、除草剤耐性、窒素利用効率や収量向上などである。1992-2002年に各国政府が認可した GM・SC は GM 普通作物の48%であったが、2003年以降は5%に低下した。このような GM・SC の2000年初頭以降の市場化の低迷は、各種の統計量において顕著である。その原因は、開発のコスト高、需要の限界 (例外: ウイルス抵抗性パパイヤ)、消費者の GM・SC へのアクセスの不在、GM を理由とする過剰規制・データ要求、申請のコスト高、などである。今後 GM・SC の研究が進展する一方で、その市場化を促進するためには、潜在的リスクと既往の便益とのバランスの再検討及びこれに基づく規制要求の調整が必要と思われる。

No.45

## 中国におけるGMイネ及びGMトウモロコシへの青信号（認可）に即応した反対運動

Chinese green light for GM rice and maize prompts outcry

Jia H

Nature Biotechnology 28, 390-391, 2010

中国農業省は2009年11月に、2つのGM作物－*Bt* イネ及びフィターゼトウモロコシ－の圃場試験を認可した。これに対し2010年3月に、120人の主として人文及び社会学者がこの認可の却下を中国農業省に陳情した。この陳情は、全国人民代表大会でも取り上げられ、中国上院はGM作物の開発への慎重な対応を主張した。従来、中国はGM作物を支持し、巨費を投じてGM作物の開発を積極的に推進し、GMワタは全栽培面積の68%、トウガラシ、パパイヤ、ポプラなどのGM品種の市場化、開発中のGMイネ系統（*Bt* 及び除草剤耐性）は20以上に達している。

反対者は、i) 試験栽培認可を、通常数年後の市場化と誤認、ii) 非GMイネへのジーンフローを危惧、iii) 小規模農家への圧迫、iv) 市販コメ（含欧州市場）へのGMコメの混入（中国グリーンピース）、v) 規制当局の不徹底、不透明、などを根拠としている。一方、国が実施した安全性評価では、食品及び環境に対する危害要因は実証されていない。iv) に関しては、*Bt* イネの開発者は、初期は規制が徹底せず、試験圃場からのGM種子の盗難、盗作による結果とみている。研究・開発側では、今回の前例のない厳しい反対運動に当惑している。中国農業省は、今回の反対で一時的な遅延はあるが、GMイネ市場化の基本方針に変更はないと述べている。主食としてのコメの重要性から、中国以外のコメを主食とする国家も、GMイネの動向を注視している現状である。

## 地球の過去からの教訓

### Lessons from earth's past

Kiehl J

Science 331 : 158-159, 2011

米国・国立大気研究センターの研究者が、表題の論説を行った。地球気候を理解する一つの手段として気候モデルがあるが、これとは別に、温室ガス（CO<sub>2</sub>）の影響を精査することにより、地球気候の変動の眞因を理解することができる。現在390ppmの大気CO<sub>2</sub>濃度は、もし化石燃料を主因とする現在の上昇率が続けば、今世紀末には1,000ppmに到達する。このような高濃度は3,000万～1億年前に経験しており、その後数千万年を経て旧年のレベルへと低下した。1,000ppmであった3,500万年前の海水表面温度は、亜熱帯～熱帯で35～40℃（現在は30℃）、極地で20～25℃（現代は5℃）であった。一方、太陽放射は0.4%減少していた。CO<sub>2</sub>増加と太陽放射減少による放射強制力は、3,000～4,000万年前、平均8 Wm<sup>-2</sup>であり、これは気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による2100年予測値に相当する。当時の地球平均気温は31℃であり、産業革命前の地球平均気温15℃と比較すると、約16℃高かったのである。近年の地球温度の上昇速度は、古代の気温あるいは太陽放射に基づく推定値を上廻るものであり、大陸での氷河形成、植生、炭素循環などの変化による影響と考えられている。以上に基づく総合的結論は、地球のCO<sub>2</sub>濃度は過去に例のない速さで上昇中であり、今世紀末には、人類及び地球生態系には、その進化の過程では経験したことのない高温時代に遭遇するということである。この結論は、特定の気候モデルによるものではなく、実際の過去の地球の観察に基づくことに留意すべきである。「人類は一つの生物種として、歴史のくり返しを避けるために、このメッセージを傾聴しようとしているのであろうか？」これが著者の最終の言葉である。

## 21世紀のための農業の根本的再考慮

Radically rethinking agriculture for the 21<sup>st</sup> century

Fedoroff NV, *et al.*

Science 327 : 833-834, 2010

国際シンポジウム「気候変動に対する農業の適応」の講演者16名（米国農務省・大学、国際農業研究センター、中東乾燥国、民間研究所など）が、連名で表題の展望を論述した。21世紀半ばまでに世界人口はさらに30億人増加する。これを支える農耕地面積の増加は期待できない。水不足はすでに深刻である。気候変動により上昇する気温は熱帯作物の光合成最適温度（20-25℃）を越え、重要作物は30℃以上では収量維持が困難となる。このため、従来育種及び分子育種（GM）を活用して、気温上昇、水不足、病虫害被害などへの対応が重要となる。とくにバイオテクに対する偏見をのりこえ、科学的証拠に基づく将来志向の規制枠組みの構築が肝要である。4大GM作物を中心としたこれまでの成果にもかかわらず、規制枠組みは旧態依然であり、その厳格な見直しが必要である。重要データは、タンパク質の安全性、導入遺伝子の安定性、急性毒性、成分、栄養価、アレルギー性、遺伝子伝播、非標的生物への影響などである。このことにより、安全性評価の本質を損なうことなく、現行の規制の複雑さを減少することができる。このような規制枠組みの革新をもしも米国が行えば、世界的先達ともなりうるであろう。しかし、これだけでは将来の気候変動への適応としては不十分である。当然、新しい手法・技術、新しい作物さえ必要となるであろう。対応の一つに、完全閉鎖内陸型アクアカルチャー（水産養殖）がある。さらに、農業とアクアカルチャーを統合するシステム（乾燥地沿岸内陸海水利用型）も研究されている。今後、これらの革新的な取り組みが重要となると考えられている。

No.48

## ウルグアイにおける遺伝子組換えトウモロコシと非遺伝子組換えトウモロコシとの間の交配

Cross-fertilization between genetically modified and non-genetically modified maize crops in Uruguay

Galeano P, *et al.*

Environ. Biosafety Res. 9 : 147-154, 2010

ウルグアイの国立大学の研究グループが表題の事例研究を報告した。ウルグアイでは、*CryIAb* 遺伝子を有する鱗翅目害虫抵抗性 GM トウモロコシ MON810が2003年から、Bt11が2004年から商業栽培が認可されている。これら GM トウモロコシの作付率は増加を続け、2007/2008年は66%、2008/2009年は80%と推定されている。ウルグアイ政府は、GM-非GM間の交配を予防するため、GM トウモロコシ作付面積の10%相当の保護区（非GM栽培区）を設けること、250mの隔離距離を設けることを一律に義務づけているが、科学的なデータに基づくものではない。このため、2007-2008年に国内農家圃場40から5圃場を選定し、GM トウモロコシから非GM トウモロコシへの交配を調査した。GM-非GM間交配率交配は、次代幼植物における *CryIAb* 遺伝子発現の有無により判定した。*CryIAb* 遺伝子発現の検出には、DAS-ELISA法を用いた（PCRにより追認）。その結果、非GM圃場面積・GM圃場面積・圃場外縁間の隔離距離・他家受精率に関し、次の3例が実証された。1) 9.0ha・60.0ha・40 m・0.56%、2) 9.5ha・30.0ha・100m・0.83%、3) 4.5 ha・30.5 ha・330m・0.13%。この報告は、実際の農家栽培圃場におけるGM-非GM間交配率に関する、ウルグアイで最初の事例研究である。上述の結果は、有機農業、遺伝資源の現地保存、優良種子の生産、などの適切な実施に対して重要な情報を与える。さらに、ウルグアイにおける「規制的共存政策」の制定にも貢献するものである。

## 理知的・合目的的なバイオセーフティ規制へ向けて：ケニアの事例

Towards a smart biosafety regulation : The case of Kenya

Kingiri A, Ayele S

Environ. Biosafety Res. 8 : 133-139, 2009

英国大学の研究者及びケニアにある国際家畜研究所（ILRI, CGIAR センターの 1 機関）の研究者が、ケニアにおけるバイオセーフティ規制の理知的・合目的改善の必要性について論述した。農業はケニアの主幹産業であり、国内生産額の25%、雇用の80%、輸出額の60%を占める。農業バイオテクノロジーの研究及び開発も活発に推進されてきている。開発中の GM 作物には、耐病性カンショ、害虫抵抗性トウモロコシ、害虫抵抗性ワタ、ウイルス抵抗性キャッサバ、寄生雑草（striga）抵抗性ソルガムなどがある。前 4 者は遺伝子または技術の提供を開発企業から受けており、また前 3 者は隔離圃場試験中である。これらの試験は、国立ケニア農業研究所（KARI）が主体となって、民間機関との協力により実施されている。過去20年間に、バイオテク及びバイオセーフティに関する幅広い活動が推進され、能力・施設も向上した。一方、2006年の国家バイオテク政策の採択、2009年のバイオセーフティ法の制定により、バイオテクノロジーの開発・利用に関する法的・制度的基盤が確立した。しかしながら、今後の改革に関しては、いくつかの重大な障害が存在している。規制的・技術的な体制・能力の不足・不均衡、研究及び規制面における資金不足、政策・戦略における合意の欠如と論争、などである。これらはケニアだけでなくアフリカ諸国における問題点でもある。これらの問題点を改善し、理知的・合目的な規制へ向けての勧告は、i) バイオセーフティ政策における多分野の見識の反映、ii) 科学者及び政策決定者における自立・自存意識の推進、iii) 政治・社会面における当面の合意のバイオテク推進政策への統合、などである。

## 輸入から飼料加工までの GM 及び非 GM ダイズの共存のための戦略

### Strategies for coexistence of GM and non-GM soy from import to feed processing

Gryson N, *et al.*  
Environ. Biosafety Res. 8 : 153-159, 2009

ダイズ油粕はタンパク質含量が高く、家畜飼料として世界的に大きな需要がある。1996年に EU が GM ダイズの輸入を許可して以来、GM ダイズと非 GM ダイズの両者を区別しつつ利用するための共存 (coexistence) の戦略と手段が重要となり、ダイズの流通に関連するベルギーの 8 会社、フランスの 15 企業を対象にインタビューを行い、両国の研究者が事例研究を行った。非 GM ダイズには Identity Preserved (IP) プログラムが適用され、船舶輸送、荷降ろし、運送を通じて、GM ダイズの混入域値 0.1% 以下の保持が図られている。加工場では、粉碎、油抽出 (hexane 使用)、油粕分解、油精製などの過程をへて、油粕 (74%)、油 (20%)、残渣 (6%) が生産される。各工程は GM と非 GM とが分別処理されている。油粕を原料とする飼料の生産においても GM と非 GM は分別されている。EU の規制では、圃場から最終産物 (飼料) まで、トレーサビリティと表示 (最終産物の混入域値 0.9% 以下) が要求されている。非 GM 原料の飼料は GMO controlled と称され、一定の書面資料 (book of change) により非 GM 性が保証されている。しかし、GM 飼料で肥育された肉にはラベルは不必要となっている。さらに市場価格でも、GM 飼料と非 GM 飼料との間に差はない。非 GM 産物への GM 産物の混入の増加及び非 GM 分別のコスト増などから、最近 book of change は廃止された。予想される非 GM ダイズの減少、GM ダイズの増加、認可 GMO の食品・飼料安全性の定着、飼料価格における GM・非 GM の差額の不在、原料ダイズの生産・輸出国の影響、などへの対応を考慮して、現行の共存は EU 内で、より現実的な調整が必要となると考えられている。





## ERA プロジェクト調査報告

2012年 8 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 西山徹

〒102-0083東京都千代田区麹町 3-5-19

にしかわビル 5F

TEL 03-5215-3535

FAX 03-5215-3537

[http:// www.ilsijapan.org](http://www.ilsijapan.org)

