
ERAプロジェクト調査報告

June 2013

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。

まえがき

2013. 6

バイオテクノロジー研究部会

今回で、ERA プロジェクト調査報告書は通算で10号となり、ご紹介してきた記事も100報となりました。本報告書も遺伝子組換え植物に関する最新の情報を様々な視点からお届け致します。

遺伝子組換え植物に関しましては、「新規手法による遺伝的改変植物について」、「GM 樹木の環境放出に関するヨーロッパでの討論」等をはじめとした6報が紹介されております。ILSI Research Foundation から発表された、Bt タンパク質の1つである Cry 1 Ab の環境安全性に関するレビューも取り上げています。また、遺伝子組換え植物に関することのみならず、「植物の多様性に関する生態学的研究」や、「温暖化による水循環に関する研究」といった植物を取り巻く幅広い分野の論文もご紹介しております。100報目には、国際アグリバイオ事業団（ISAAA）が発表した2012年の世界の遺伝子組み換え作物の商業栽培に関する状況をご紹介致します。

目次

No.91	生産力による植物種豊富性の予測の不完全性 Productivity is a poor predictor of plant species richness	1
No.92	農業をめぐる不可知論 Agnostic about agriculture	2
No.93	遺伝的改変をめぐる爪先歩き（待望の動き） Tiptoeing around transgenic	3
No.94	Cry 1 Ab タンパク質の環境安全性に関するレビュー A review of the environmental safety of the Cry 1 Ab protein	4
No.95	次世代の農業バイテク Agbiotech 2.0	5
No.96	温室効果によりさらに深刻化する水不足 The greenhouse is making the water-poor even poorer	6
No.97	カルタヘナ議定書の批准以降の開発途上経済におけるバイオセーフティー 諸規制の状況と影響 The status and impact of biosafety regulation in developing economies since ratification of the Cartagena Protocol	7
No.98	栄養性向上作物と食料安全保証：科学的成果 vs 政治的便宜主義 Nutritionally enhanced crops and food security : scientific achievements versus political expediency	8
No.99	組換え樹木のバイオセーフティに関する欧州討議フォーラム European discussion forum on transgenic tree biosafety	9
No.100	世界のバイテク /GM 作物の商業栽培に関する状況：2012年 Global status of commercialized Biotech/GM/crops : 2012.....	10

生産力による植物種豊富性の予測の不完全性

Productivity is a poor predictor of plant species richness

Adler PB, *et al.*

Science 333 : 1750-1753, 2011

米国、ドイツ、スイス、オーストラリア、中国、英国、南アフリカ、カナダの8ヶ国58名の研究グループが表題の調査・解析結果を報告した。植物の純生産力（乾物重/m²）と地域の種の豊富さとの関係（productivity-richness relationship; PRR）は、生態系における局所的な生物多様性を制御する要因に関する30年以上の論点であった。現在までの通説はPRRはhump-shaped（こぶ型）の関係にあり種の豊富さは、低-中レベルの生産力増加につれて増加し、高レベルの生産力では減少するにあるとされていた。しかしこのPRRには、サンプリングの単位面積と実施面積との不均衡、生産力の推定値（実測値ではない）の導入が2大欠点とされており、またPRRにそぐわない解析例の報告もある。このため著者らは、サンプリング手法を標準化し、5大陸48植物集団を解析した。その結果、植物生産力と種の豊富さの間には、地点、地域、世界を通じて、明確な関係は存在せず、PRR説が不完全なことを示した。これに対し2つの反対コメントが提出された。米国・中国チームはサンプル数の地域による大差を是正して、正の直線的関係を、また米国、英国、フランス、イタリアのチームは、高生産力の補充、リター（茎葉残渣）の加算、人的影響地点の加算などによる旧来のPRRへの復帰を、それぞれ主張した。著者らはこれらコメントが「理論追従性」に由来すると反論し、著者らの「理論考究型」のアプローチの正当性を主張した。結語として、多様性を制御する科学的メカニズム（結果のパターンではない）の追求が今後の重要目標となるとしている。（注：本報告は相対的 biosafety とは異なる分野であるが、生態学的新知見として注目される）。

農業をめぐる不可知論

Agnostic about agriculture

Editorial

Nature Biotechnology 30 : 197, 2012

ネイチャーバイオテクノロジーが表題の社説を発表した。国連宣言によると、70億の世界人口のうち10億は慢性的に栄養不良、10億は栄養失調であり、なお今後50年で総人口は90億に達するという。人口増加率は主要作物の増収率を上回っており、人類の食料危機が予測されている。これに対処するためには、かつてない知的・資金的・資材的な投資が必須であり、その一環として、組換え技術を含む作物育種の大きな発展が要求される。さらに重要なのは、革新技術の推進、農芸化学・農業バイテク産業の展開、規制的監督の合理化・調和、農業バイテク論争に係わる政治的対立の終結、である。しかし、問題は人口増だけではない。各種の農業環境要因の劣化・気候変動などの影響も大きい。これらに対処する一環として「新しい育種技術」が期待されており、本誌もいくつかの紹介記事を今後予定している。GM作物の市場化は数十年前のバイテク技術に依存しており、新規品種の開発速度は遅い。不十分な資金投入が一因であるが、最大の障害は、GM産物を特別に差別し、予防的原則を固執する欧州の規制制度である。GM品種が従来型の非GM品種よりリスクが大きいとする科学的根拠は存在していない。従って、規制は統制されるべきであり、強化されるべきではない。過剰規制はGM品種の開発時間・経費を増大させるだけでなく、途上国での公正な規制制度の確立やGM産物の導入の障害となっている。政治家は、官民両面における技術革新への意欲の消失が、食料不足に対する世界の戦力能力を弱体化していることに目覚めるべきである。

(注：世界的科学誌の本誌が、世界的食料不足に備えるGM品種開発推進のなかで、欧州規制制度の是正を提言をしていることが注目される。)

遺伝的改変をめぐる爪先歩き（待望の動き）

Tiptoeing around transgenic

Walts E

Nature Biotechnology 30 : 215-217, 2012

最近米国農務省は、特定の新規手法による遺伝的改変植物は規制的監督を必要としない旨の通達を一部の開発者に対して非公開に行った。これらには、次の例が含まれる i) Dow AgroSciences 社の zinc-finger nuclease (ZFN) 手法による低フィチン酸トウモロコシ、ii) Cibus Genetics 社の DNA/RNA キメラオリゴヌクレオチドによる遺伝子改変手法 (Rapid Trait Development System (RTDS) による除草剤耐性カノーラ、iii) Scotts Miracle-Gro 社の全て植物由来の遺伝子・因子による遺伝子構造物とパーティクルガン手法による除草剤耐性ブルーグラス、iv) Pioneer Hi-Bred 社の雄性不稔系統及び同系統を組換えによって稔性回復させた系統の交配による雄性不稔トウモロコシおよびこれを種子親とした F1 雑種 (稔性回復に関して規制対象外)、v) 米国農務省農業研究局のポプラ FT (flowering locus T1) 遺伝子導入による超早咲き開花プラムを使った交配育種 (後代のうち FT 遺伝子を持たないものは規制対象外)、vi) Clemson 大学の GM 台木に接木された非 GM プラム接穂の果実、vii) J. R. Simplot 社の cisgenics 利用の低アクリルアミドバレイショ (USDA は保留、EPA は検討中)。これらの事例に関連して以下の反応があった。1) 開発者側では作出産物が非 GM であることへの自信の増加、2) 開発業界全体では、新育種法利用の展望の拡大、3) 規制者側 (USDA・EPA) では、新手法の理解及び対応の再検討の必要性の増加、4) 一部開発者への書面通達という情報公開原則違反への非難の発生、5) 観念的反対 (論) (例: 予防原則) の持続、6) EU への影響不明、などである。以上のように、新しい手法は非 GM であるとうたわれる植物を作出しつつある。これが規制の重荷を除去・軽減できるように爪先歩き (待望の動き) が始まっている。

Cry1Ab タンパク質の環境安全性に関するレビュー

A review of the environmental safety of the Cry1Ab protein

Center for Environmental Risk Assessment (CERA) ,
ILSI Research Foundation

CERA Protein Monograph, 2011

(http://cera-gmc.org/docs/protein_monographs/cry1ab_en.pdf)

本論文は既報の他の CERA モノグラフに続いて、*Bt* タンパク質の一つである Cry1Ab タンパク質に関する広範囲な論文・資料（87編）に基づいて、その環境安全性を例証したものである。Cry タンパク質の I 類はチョウ目、II 類はチョウ目及びハエ目、III 類はコウチュウ目、IV 類はハエ目に対して毒性を有する。Cry1A には85% 以上のアミノ酸配列の相同性を有する Cry1Aa、Cry1Ab、Cry1Ac がある。Cry1Ab には6 イベント17系統があり、10ヶ国（含 EU）での承認が取得されている。ついで、Cry1Ab タンパク質の由来、特性及び殺虫機作、植物体中の発現、非標的チョウ目（含オオカバマダラ）への影響、非標的非チョウ目生物（ミツバチ、ウスバカゲロウ、テントウムシ、コレンホラ、ミミズ、マウス）に対する生態毒性学的影響、Cry1Ab 導入作物の表現型、雑草性、侵入性、近縁種への遺伝子伝播、構成成分、などの多くの領域について詳述されている。さらに Cry1Ab 導入トウモロコシにおける Cry1Ab の発現量（14表）、植物体の構成成分（9表）が添付されている。以上に基づいて、Cry1Ab はチョウ目昆虫に特異的な殺虫毒性を有することを、通常の10倍以上の高濃度でも広範囲の非標的生物に対する障害は観測されず、広範囲な圃場テストでも非標的節足動物の集団に対して障害を与えず、表現型、構成成分、雑草性、侵入性にも有意な変化を生ぜず、他の慣行農業技術と比較して、新しいリスクを生ずる可能性は極めて低いと、総括されている。（註：本モノグラフは、Environmental Biosafety Research 10（3）：51-71へ掲載されている）。

次世代の農業バイテク

Agbiotech 2.0

Gruskin D

Nature Biotechnology 30 : 211-214, 2012

Nature Biotechnology 誌の論説委員による記事である。世界食料を2050年までに70%増産する必要性や気候変動による悲観的予測などの世界的食料不足に対しては新しい農業バイテク技術とその適用が解決の鍵となると考えられている。大企業に加えて新規企業も各種の新規開発を推進中であり、次世代の農業バイテクが形成されている。定着していた従来の産物に加えて途上国の新規 GM 作物の市場化が開始された。加えて2014年には現在の重要特許（例：ラウンドアップ耐性ダイズ）が失効するため、中国による非商品登録品種の市場への参入が予測されている。このため大企業は従来の雑草防除や害虫駆除を越えた新しい領域－収量増加及び非生物的ストレス耐性－の新品種を開発中である。また、遺伝子型（遺伝子）と表現型（特性）との関係の解明、あるいは、分子マーカーの利用や選択、などの新品種開発への適用も開始されている（例：zinc-finger nucleases (ZFNs) による低フィチン酸トウモロコシ）。しかし同時に、米国では、新手法に対する従来の GM 規制の適用の可否に関する提訴が多発し、商業化が大幅に遅延している。従来の GM 特性に関しては、除草剤耐性雑草対策（複数除草剤耐性の導入）や *Bt* 抵抗性害虫対策（RNAi による新害虫防除法）などが開発されている。地球規模の将来的な課題として認識されている収量増加とストレス耐性向上に関しては、光合成や水利用に関する作物の形態的・生理的特性の追求及び開発例（トウモロコシ・イネなど）がある。栄養成分向上でも成果がある（イネ、ダイズ）。さらに燃料や医薬品の原料用の GM 植物の開発も開始されており、食料生産地に加えて非食糧原材料生産地としての新しい価値が農耕地に与えられつつある。

温室効果によりさらに深刻化する水不足

The greenhouse is making the water-poor even poorer

Kerr RA

Science 336 : 405, 2012

サイエンス誌の記者の記事である。植物界によって重要なのは、「温暖化によりどれだけ暑くなるのか？」よりも「どれだけ水循環が加速するか？」である。学説やモデル計算は温室効果の増加により、熱帯雨林のような既存の多雨地帯ではさらに雨量が増加し、亜熱帯のような既存の少雨地帯はさらに雨量が減少することを予測している。この傾向は既往の海水塩分濃度の研究でも確認された。最近、米国とオーストラリアの研究者が海洋の研究を深化させた。その結果海洋は地球面積の71%、地球の水の97%を保ち、雨量の80%を受けており、海水塩分濃度の変化の計測は、大気と海洋との間の水循環の追跡方法となることが示された。彼等は20世紀後半に170万点の海水塩分を測定し、多雨によりすでに表面海水塩分濃度が低い高緯度及び赤道域の海水は塩分濃度がより低くなるのに対し、海盆の中央体のように蒸発が多く塩分濃度が高いところは、さらに高くなることを示した。海洋が全雨量の80%を占め、大陸の雨量の大部分は海洋由来であるため、地表の水循環も海洋と同じ傾向をたどる。海水1℃上昇により水循環速度は8%増加する。大気的水分保持量が増加するにつれて水循環速度も増加し、実際に気候モデルの2倍の速さで増速している。その結果、湿地はより過湿となり、乾地はより乾燥化する。予測されるように今世紀末までに気温が2～3℃上昇すると、水循環速度も16～24%増速する。その結果、地表から大気へ伝達される熱エネルギーも増大し、竜巻をサイクロンへと嵐の巨大化をもたらす。水循環が速くなるほどこれらの嵐の頻度や猛威が増大する。湿地の過湿化は洪水の頻度を増大し、乾地のさらなる乾燥化は長期化・深刻化する早ばつをもたらす。小グループの研究ではあるが、来るべき時代における関心事を告げているのである。

カルタヘナ議定書の批准以降の開発途上経済における バイオセーフティー諸規制の状況と影響

The status and impact of biosafety regulation in developing economies since ratification of the Cartagena Protocol

McLean M, *et al.*

Joint Departmental Discussion Paper 3, Agriculture and Rural Development & Environment Department, World Bank, (全 25 頁) ,
2012

環境リスク評価センター（CERA、ILSI RF）と世界銀行農業・農村開発部・環境部との共同執筆資料である。カルタヘナ議定書（CP）は GM 産物に関する唯一の国際的拘束力を有する合意文書であり、各国、特に途上国の規制面に大きな影響を与えている。CP の大義名分のもとに多くの国際機関などから多大な資金・人材の支援がなされている。CP の批准により、類型的な全方位型の規制制度の構築が開始され、さらに国内体制の整備（BCH、ガイドラインなど）も義務付けられ、多くの途上国には過大な負担となっている。CP 発効の2003年以来延べ130ヶ国以上への支援がなされてきたが、機能的—一貫性、透明性、計画性—な規制制度を確立している途上国は極めて少ない。CP は隔離圃場試験と一般圃場試験との区別が不明確であり、類似試験の繰返しや不必要な多量のデータ要求などの弊害を生じている。実際には、社会・経済的な分野安全性領域への介入も少なくない。途上国全般において、資金・技術・人材の不足、制度の不備、為政者の理解不足などの障害が多い。しかし改善の可能性として次の諸点がある。i) 発展の目標を環境領域の保護目標（protection goal）に限定せずに、農業生産性の向上、食料安全保障、農村振興、などの領域を含ませる、ii) リスク評価に直結する情報・データの収集・作成によるリスク評価の合理化と経費削減、iii) リスク評価に加えて環境・保健への便益の明確な提示、iv) 国際的協調の促進、v) リスク評価の科学的基盤を強化するための人的・技術的能力の強化、などである。（註：CERA は世界銀行資金により、とくに v) に関するプロジェクトを実施中である）。

栄養性向上作物と食料安全保証：科学的成果 vs 政治的便宜主義

Nutritionally enhanced crops and food security : scientific achievements versus political expediency

Farre G, *et al.*

Current Opinion in Biotechnology 22 : 245-251, 2011

スペイン・英国の研究者により表題のレビューが報告された。食料安全保障は食料の供給量と品質の充足が必要である。世界の貧困層が依存する主食作物のほとんどはビタミン、ミネラル、必須アミノ酸などが不足しており、これを主食とする貧困層に栄養不良・失調をもたらしている。これを改善する遺伝子組換え作物の作出が最近の2年間で急速に発展した。査読された科学文献によると、最近の重要な傾向は、multigene engineering 手法による、単一栄養素から多重栄養素への改良・向上である。すでにカロテノイド（トウモロコシ、カノーラ、カリフラワー、バレイショ）、ビタミン（レタス、トウモロコシ、タバコ）、必須アミノ酸（トウモロコシ、タバコ、カノーラ）、無機養分（イネ、ニンジン、レタス）の多重的向上について、多くの査読された科学文献が報告されている。しかし、これらの成果が貧困層に真に役立つためには、メディア・政治家・公衆の3者が相関連する負の影響が大きな障害となっている。特にEU圏及びEUの影響を受けたアフリカ途上国において。この障害を除去するためには次の解決法が考えられる。i) 規制当局を不適当な政治的圧力から保護する、ii) 政治家は科学的根拠（例：行政官庁を持っている独立した組織の提言）を尊重する、iii) 公衆への科学教育を強化する、iv) メディアは正確な報道を責務とし、バイオテク反対活動家に対して科学者と同様な科学的証拠を要求する、v) EUはEUの規制を強化し、GM作物の栽培を希望する農家に、慣行／有機作物を栽培している農家と同様の支援をおこなう、vi) EUのGM作物に対する規制は医薬に対する規制と同様とし、安全性確認後は速やかに全EU加盟国で承認されるべきである。また各国の政治的便宜主義による独自の介入を排除すべきである。

組換え樹木のバイオセーフティに関する欧州討議フォーラム

European discussion forum on transgenic tree biosafety

Fladung M, *et al.*

Nature Biotechnology 30 : 37-38, 2012

ドイツ、カナダ、ベルギー、イタリア、スペイン、フィンランド、ノルウェー、米国の13名の研究者・行政官グループによる報告である。1987年のGM ポプラの公表以来、GM 樹木の環境放出に関して、とくに市場化を背景に世界的論議が生じていた。論点は、圃場テスト、公共的資金、バイオセーフティの規制要求、などである。その結果25年間に広範囲・断片的な知識がえられた。今や、これらの知識を集合、編集、解析し、GM 樹木に関する一元化された情報体制を確立し、とくにGM 問題で合意が必要な欧州諸国に貢献する時機が到来している。このため、「GM 森林樹木のバイオセーフティ」を表題とする EU-COST (Cooperation in Science and Technology) Action FP0905が2009年に発足した。この COST Action FP0905は、COST に加入している EU26ヶ国、COST 非加入国によって受け入れられ、加えて、ラテンアメリカ、アジア、国際研究機関も加入への関心を示している。COST の目的は、GM 樹木のバイオセーフティに関連する科学的データの評価及び実証である。統合された情報は、現有知識を充実、将来領域を明確化し、GM 樹木に関する EU 政策の科学的基盤の構築に活用されるべきである。このため、COST 情報を EFSA、各国の環境省やバイオセーフティ委員会に提供することが重要である。COST は燃料、繊維、エネルギーといった増加しているニーズにこたえる新しい領域のための科学的な評価も志向している。GM 植物の商業化に関する現在の欧州圏での議論に関しても、COST の発足は時宜を得ている。COST 加入照会先は、議長の Cristina Vettori <crisrina.vettori@cnn.it> である。

世界のバイテク /GM 作物の商業栽培に関する状況：2012年

Global status of commercialized Biotech/GM/crops : 2012

James. C
ISAAA Brief 44, 2012

GM 作物の栽培総面積は1億7000万 ha（面積比率：先進国48%、途上国52%）で、栽培国は28ヶ国（うち途上国20ヶ国）である、上位10ヶ国（米国、ブラジル、アルゼンチン、カナダ、インド、中国、パラグアイ、南アフリカ、パキスタン、ウルグアイ）は100万 ha 以上で、GM 作物の栽培農家1,700万人中90% 以上は途上国の小規模農家である。全 GM 作物栽培面積に占める作物別の割合は、ダイズ47%、トウモロコシ32%、ワタ14%、カノーラ5%、サトウダイコン・アルファルファ・パパイヤはそれぞれ1% 以上で、作物別の GM 作物の占有率は、ダイズ81%、ワタ81%、トウモロコシ35%、カノーラ30% である。導入特性別の面積比率は、除草剤耐性59%、スタック26%、害虫抵抗性15% である。上位18ヶ国については、農業情勢、GM 関係（市場化作物、面積比率、生産物収入など）の詳述、それ以下の国については GM 関係の概況、また EU 及びアフリカについては別途に詳述されている。認可国総数は59、総認可数は2,497件（栽培555、食用1,129、飼料813）、国別認可数は米国（196）、日本（182）、カナダ（131）、メキシコ（122）、オーストラリア（92）、韓国（86）、ニュージーランド（81）、EU（67）などである。2012年の主要点：引き続き米国の GM 栽培面積が世界で最も多く、GM 作物の平均国内占有率は90%；ブラジルの躍進継続（対2011年21%増）；*Bt*ワタ高占有率（インド93%、パキスタン82%、中国80%、オーストラリア99%）；スーダン（*Bt*ワタ）が栽培を始めアフリカ GM 栽培第4番国誕生；キューバ（*Bt*トウモロコシ）も新 GM 栽培国；EU 5ヶ国での GM トウモロコシ栽培増加；アフリカ7ヶ国における7 GM 作物の圃場試験の進展、などである。研究面では、コムギ（オーストラリア〔早ばつ耐性・粒質向上〕・英国〔アブラムシ抵抗性〕）；バレイショ（英国〔線虫抵抗性・疫病抵抗性〕）などがある。以上から、農業生産の持続的増大、環境保護（土壌保全及び農薬削減）、農業収益の増加、気候変動への対応、などによる GM 作物の世界食料安全保障への貢献が実証されていると結論できる。加えて本報告書には、①早ばつとその損害、②早ばつ耐性トウモロコシに関する成長と展望（特別寄稿）の特集記事がある。（注：②は別途後報の予定）。

ERA プロジェクト調査報告

2013年 6 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)

