
ERAプロジェクト調査報告

May 2016

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）と協力関係にあり、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

2016. 5

バイオテクノロジー研究部会

2016年の調査報告書第2号（通算第27号）をお届けします。

本号では総説として、イネの研究開発が盛んな中国における *Bt* イネの現状についての解説、遺伝子組換え植物の非標的及び標的生物種への影響に関するデータの系統的解析及びデータベースの構築を目指す EU プロジェクト「GRACE」の解説、EU における GM 林木の開発・規制プロセスの解説を紹介いたします。その他、ERA に直接関る内容ではありませんが、最近特に米国において議論されている GM 表示についての解説も紹介いたします。

原著論文としては、生物多様性に関する一般的な懸念の一つである作物起源地域への遺伝子組換え作物の導入について、ペルーにおけるバレイショのジーンフローを例とした分析を紹介いたします。また、近年開発が進む RNAi を利用した GM 作物について、打撲黒斑の原因である PPO 遺伝子の転写を抑制したバレイショにおける代謝産物プロファイルの分析、RNAi を用いた害虫抵抗性のメカニズムの解説及びマイクロ RNA を用いたキチナーゼ遺伝子抑制による害虫防除の研究を紹介しております。さらに、今後活用されることが期待される遺伝子として、シロイヌナズナの *AtPLATI* 遺伝子及びソルガムのグルタミン酸合成酵素遺伝子を導入した作物の特性評価研究を取り上げました。

なお、これまでの調査報告でご紹介した文献抄訳は、以下の URL で閲覧可能です。

<https://ilsijapan.sakura.ne.jp/pnamazu/namazugi>

目次

No.261	地方品種の事後分析では、バレイショ起源地における商業栽培種から地方品種への遺伝子伝播は検出されなかった。 EX-post analysis of landraces sympatric to a commercial variety in the center of origin of the potato failed to detect gene flow	1
No.262	理由なき表示 Label without a cause	2
No.263	GRACE プロジェクトにおける GM 植物の環境インパクトに関する系統的レビュー及び根拠の総括 Systematic reviews and evidence synthesis of environmental impacts of GM plants in the GRACE project	3
No.264	シロイヌナズナ PLAT ドメインタンパク質 1 によるタバコの環境ストレス耐性及び生育促進 The <i>Arabidopsis</i> PLAT domain protein 1 promotes abiotic stress tolerance and growth in tobacco	4
No.265	グルタミン合成酵素遺伝子の過剰発現がソルガムの生育及び発育に及ぼす効果 Overexpression of a glutamine synthase gene affects growth and development in sorghum	5
No.266	バレイショ塊茎におけるポリフェノール酸化酵素の抑制が代謝産物群に与えるインパクト Impacts on the metabolome of down-regulating polyphenol oxidase in potato tubers	6
No.267	害虫特異的マイクロ RNA の過剰発現組換え植物による <i>Helicoverpa armigera</i> に対する殺虫性の獲得：Bt タンパク利用の代替法 Transgenic plants over-expressing insect-specific micro RNA acquire insecticidal activity against <i>Helicoverpa armigera</i> : an alternative to Bt-toxin technology	7
No.268	殺虫性RNA、その長鎖あるいは短鎖の特色 Insecticidal RNA, the long and short of it	8
No.269	EU 規制は、GM 林木市場導入を妨げている EU regulations impede market introduction of GM forest trees	9
No.270	中国における Bt イネの開発と現状 The development and status of Bt rice in China	10

No.261

地方品種の事後分析では、バレイショ起源地における商業栽培種から地方品種への遺伝子伝播は検出されなかった。

EX-post analysis of landraces sympatric to a commercial variety in the center of origin of the potato failed to detect gene flow

Ghislain M *et al.*

Transgenic Research 24: 519-528, 2015

国際農業研究協議グループ (CGIAR) 傘下の国際バレイショセンター (在ペルー) の研究グループによる原著論文である。バレイショは世界第4位の重要食用作物であり、150ヶ国以上で栽培されている。その起源はペルー南部アンデス山地とされている。これまで生物多様性に対する顕著な実害の証拠がないものの、作物起源地域への GM 作物の導入は一般的な懸念事項となっている。著者らはペルーにおける既成事実を科学的に解析し、以下の結果を得た。

[1. 材料及び方法] (1) 代表的商業栽培品種の選定: 30年以上広域に在来地方種 (landrace) と共存栽培され、雌雄両花稔性である品種「Yungay」を選定した。(2) 地方品種検体採取地: 一般的共存状況に加えて、開花期の同調性、受粉昆虫の豊富さと可動範囲の確認、種子活性などを指標に、ペルー国内3地域において在来地方種 (landrace) の400以上の個体から合計1,771葉を採取した。(3) 交雑種の判定: 1,671/1,771葉から DNA を抽出し、バレイショ遺伝型判定キットから23種の SSR (simple sequence repeat) マーカーを用い、品種「Yungay」と二つ以上の対立遺伝子を共有する検体を交雑種として判定する。

[2. 結果] 1,671検体全てが (3) の条件を満たさず、非交雑種と判定された。農家が「Yungay」とみなした25サンプル中、8サンプルだけが「Yungay」であり、残り17サンプルは「Yungay」でも交雑種でもない、在来地方種 (landrace) であると判断された。[3. 考察] (1) 種間交雑種が作出される条件: 少なくとも以下の7条件がある: 1) 栽培品種が稔性を有する、2) 栽培・在来品種の開花期の同調、3) 豊富な受粉昆虫、4) 受粉昆虫可動範囲内の両品種の共存、5) 漿果からの種子の発芽、6) 交雑種のフィットネス向上、7) 農家による交雑種の受け入れ。(2) 交雑種不在の既成事実の解釈: 1) 7つの条件が完全には満たされていなかった、2) 農家の役割: 農家は経験及び市場要求 (特定品質) から、栽培品種間あるいは在来種間の自殖系統を重視し、両者間の交雑種の実用性は低い。将来、傑出したフィットネスを有する GM 品種が導入されれば、これを受け入れ新しい在来種として、交雑種の発生を回避しつつ、維持してゆくであろう。

[4. 総括] 環境条件及び農家の選択により、バレイショ起源地中心地における遺伝子伝播は検出されなかった。

理由なき表示

Label without a cause

Nature Biotechnology 32: 1169, 2014

Nature biotechnology 誌の社説である。(1) 表示の動機：表示支持者は食品の理解向上及び選択拡大を動機としている。しかし真の狙いは、疑念的なバイテクへの反感・嫌悪から消費者に GM 食品への恐怖心を与え、GM 食品を市場から駆逐することにあった。米国では表示は任意選択であり法制義務ではなく、一貫した基準もなく、科学的意味・効果もない。しかし他の64ヶ国では、非科学的な EU 方式にならった表示の義務化を実施している。表示には手法に基づいた根拠（プロセスベース）と産物に基づいた根拠（プロダクトベース）とがあり、前者の最も厳格な採用者である EU では、義務表示の発動後まもなく GM 食品は市場から消え、「非 GM 成分」の流通への圧力が強まった。(2) 米国における現状：米国では食品の特性（産物）に基づく食品規制が実施されている。GM と非 GM を区別する科学的根拠の不在から、FDA は1992年以来一貫して表示の義務化に断固として反対の立場をとっている。このため表示支持者は、国ではなく州レベルの表示実施を画策している。少なくとも25州では表示計画中であり、すでにコネチカット州・メイン州では表示を求める法案が議会で制定された。酪農主体のバーモント州は利己的・矛盾した州令を定め、GM 作物由来の油脂・糖は GM 無痕跡でも表示を義務化し、一方 GM 飼料飼育牛からの牛乳や組換えキモシン使用のチーズは表示不要とした（訳者注：2016年7月施行予定）。このような国内の混乱から、GM 表示に関する国の統一的監視・規制の要望があるが、FDA は動いていない。結局、農務省は有機農産物資格の監督を開始したが欠陥がある。(3) 巨額な表示費用：最重要問題は表示にかかる巨額な費用である。主要作物の表示実施には栽培の収穫流通を通じ分別システムが必要となり、費用は巨額となる。試算では国全体で10億ドルを超える。末端価格は10%上昇し、すべて消費者の負担となる。(4) 総括：GM 表示が消費者に与える利益は実在していない。表示義務化の国々においても、「非 GM 食品」の表示は無意味になりつつある。EU 圏でさえ、「非 GM」は実際には0.9%までの GM 成分の存在を容認しており、日本では5%まで容認されている。表示はアレルギー性や栄養価などの科学的情報は示さず、「非 GM」信奉者の要求にも答えていない。GM 表示は巨費を要し、しかも消費者に利益を与えることはない理由なき差別である。

No.263

GRACE プロジェクトにおける GM 植物の環境インパクトに関する系統的レビュー及び根拠の総括

Systematic reviews and evidence synthesis of environmental impacts of GM plants in the GRACE project

Sweet J, *et al.*

13th ISBGMO Abstract: 55, 2014

EFSA 前主席研究者（現在は英国在住）の著者及びブルガリア、スイス、デンマーク、米国、ドイツの12名のグループが、EU プロジェクト GRACE（GMO Risk Assessment and Communication of Evidence）について表題にそった解説を行った。（1）緒言：非標的及び標的生物種に対するインパクトについての根拠に関するデータの質的評価を含めた系統的・包括的解析を行い、これを容易に検索可能な形で提供することを目的とする。引き続き系統的解析を行い、非 GM 作物栽培との対比における GM 作物の影響を判定する。（2）方法：害虫抵抗性 Bt 作物及び除草剤耐性 GM 作物を対象とする。環境影響評価と最終評価点の主対象は、非標的及び標的無脊椎動物、微生物、GM 作物種の集団並びにこれら生物により構成されるいくつかの生態学的機能群とする。（3）結果：現在、文献及びデータを上記の枠組みで収集・解析中である。加えて、抵抗性発生（Bt 耐性害虫及び除草剤耐性雑草）のデータも収集・解析されている。今後、利害関係者や専門家によるピアレビューを経て、例証に関する一般的に検索可能なデータベースの構築を目指している。

追記：GRACE プロジェクトに関して本稿以外にドイツのグループによる2編のアブストラクトがあり、以下の事項を追記している。i) 各国・EU・国際的研究成果を対象（注：レビュー文献対象は明記されていない）；ii) 環境・ヒトの健康・社会経済的分野（リスク及びベネフィット）を対象；iii) 利害関係者の積極的参画をはかる；iv) 政府職員・規制者・一般消費者・政策作参画者などへの情報提供を促進する。（訳者注：EC（2010）[本調査報告 No.1]、Carpenter（2010）[同 No.2]、Nicolia *et al.*（2013）[同 No.176]、Bennett *et al.*（2013）[同 No.241] などにおける GM 作物の相対的安全性の科学的総括とは異なり、本プロジェクトは非科学的・反 GM に偏した総括となる可能性が高いと予測される。）。

シロイヌナズナ PLAT ドメインタンパク質1によるタバコの 環境ストレス耐性及び生育促進

The *Arabidopsis* PLAT domain protein 1 promotes abiotic stress tolerance and growth in tobacco

Hyun TK *et al.*

Transgenic Research 24: 651-663 DOI 10.1007/s11248-015-9868-6, 2015

オーストラリア・韓国・スペイン・デンマーク・ドイツ・チェコの研究チームによる原著論文である。環境ストレス耐性に関する既往の研究では、耐性獲得とともに生育・収量などのバイオマス生産性の低下を伴う場合が多い。PLAT-plant-stress タンパク質は、PLAT (Polycystin, Lipoxygenase, Alpha-toxin and Triacylglycerol lipase) ドメインを有する。シロイヌナズナ由来の PLAT ドメインタンパク質 AtPLAT1は、トウガラシ (*Capsicum annuum*) においても、非生物学的ストレス耐性及び生育の両面を向上することが確認されている。そこで著者らは AtPLAT1 をタバコに導入し、機能評価を試みた。(1) 組換え系統の作出: AtPLAT1 をエレクトロポレーション法でタバコ品種 Samsun NN に導入し、T3世代において、同質接合系統を選抜し、以下の調査に用いた。(2) 非生物学的ストレス耐性の向上 (主として温室内で8週間生育させた植物体を供試)、1) 耐塩性: 採取した葉の葉柄部を100・250 mM 食塩水に浸す、又は植物体全体に14日間の200 mM 食塩水灌水処理した。対照区が葉色黄白化・萎凋・枯死したのに対し、組換え系統は、緑色及び膨潤性・活性を維持し、耐性向上を示した。2) 耐乾性: 6日間の断水処理により、対照区は萎凋したが組換え系統は正常であった。さらに6日間の断水と2日間の再灌水処理では、対照区は枯死したが、組換え系統は正常生育に復帰した。3) 耐冷性: 8℃ 21日間処理で対照区は生長停止し、若葉は黄白化した。組換え系統は緑葉を維持し、緩慢生長を維持した。以上から、組換え系統における非生物学的ストレス耐性の向上が明示された。(3) 生育促進: 生育4ヶ月後の生育量・草丈は組換え系統が対照区より大であり、また生育盛期4週間の1週間ごとの相対生長率も有意に高かった。葉身光合成率、塩水あるいは断水処理後の葉身含水率は組換え系統が対照区より有意に高かった。以上から、生育促進効果が確認された。(4) 組織化学的反応: 35S::AtPLAT1を含む *Agrobacterium tumefaciens* に浸潤させた野生タバコを15日間湿潤処理したところ AtPLAT1 を過剰発現している箇所において過敏感受性反応類似の葉身細胞死滅症状を示した。これは過酸化水素の蓄積によることが2種類の染色法により判明した。(5) 罹病性増加: *Pseudomonas syringae* を接種された組換え系統の葉身は、10日後に対照区より顕著に強い病斑を発生し、罹病性の増加を示した。(6) 総括: AtPLAT1タンパク質はタバコにおいても、非生物学的ストレス耐性及び生育の両面を向上させる機能を発現し、今後のバイオテクノロジーの農業的利用の新材料となる可能性がある。罹病性の増加は栽培手法により軽減・回避が可能と考えられる。(訳者注: 環境影響評価は今後の問題である。)

グルタミン合成酵素遺伝子の過剰発現がソルガムの生育及び 発育に及ぼす効果

Overexpression of a glutamine synthase gene affects growth
and development in sorghum

Urriola J & Rothore KS

Transgenic Research 24: 397-407, 2015

米国大学研究グループによる原著論文である。グルタミンは動植物窒素代謝に重要な役割をもつアミノ酸の一種である。グルタミン合成酵素 (GS) はアンモニアを ATP の存在下でグルタミン酸に結合し、グルタミンを合成する酵素である。既往研究では GS 遺伝子の過剰発現により、数種の植物の生育・バイオマスが向上することが示されている (タバコ・ポプラ・コムギ・イネ・トウモロコシ)。著者らはこの可能性をソルガムについて調査し、以下の結果を得た。(1) 組換え体の作出: ソルガムの細胞質型 GS には 2 種類のアイソフォームがある。その 1 つである *Gln1* をアグロバクテリウム法によりソルガム未成熟胚に導入した。T₂ 個体及び対応する null 個体を温室栽培 (冬期・春期) して各種の調査を行った。(2) 転写及び酵素活性: 5 葉期の葉及び根において、組換え体は転写レベル及び酵素活性ともに対照区より高かった。(3) 生育・バイオマス収量 (作期: 冬期・春期; 施肥レベル: 最適窒素量・低窒素量): 1) 冬期試験: 5 葉期では両窒素量区を通じて葉及び根の乾物重に有意差はなかった。成熟期では最適窒素量区において、茎葉バイオマス・莖数 (主莖+二次分げつ)・全粒数 (主莖+二次分げつ) は組換え体に対照より有意に高かった。組換え体の全粒数は、主莖の減少を著増した二次分げつ粒数が補って全体として増加していた。2) 春期試験について、組換え体は最適窒素量区で 1) と同様に二次分げつが増加し、分げつ総数及び茎葉乾物重は対照より有意に増加した。しかし開花期の短縮で二次分げつは生育不良、種子は不稔となり、この結果全粒数は対照より有意に低下した。(4) 窒素代謝関連形質: 栄養生長期では両窒素量区とも窒素レベルには組換え体と対照の間に有意差はなかったが、最適窒素量区におけるアンモニア含量は組換え体に対照より有意に低下した。成熟期では茎葉窒素濃度及びアンモニア濃度に組換え体と対照の間に有意差はなかった。この結果は、ソルガムの生育・発育に及ぼす GS 活性・可給態窒素・環境条件 (特に光条件) の間の複雑な相互作用に起因すると考察された。(5) 総括: グルタミン酸合成酵素遺伝子が導入されたソルガム組換え体は一定の条件下で生育及び発育 (バイオマス) を増加すると結語される。(訳者注: 不安定な結果 (春期試験) を含むが、代謝系改変組換え体試験の一環として位置づけられると考えられる。)

バレイショ塊茎におけるポリフェノール酸化酵素の抑制が代謝産物群に与えるインパクト

Impacts on the metabolome of down-regulating polyphenol oxidase in potato tubers

Shepherd LVT *et al.*

Transgenic Research 24: 447-461, 2015

EU・スコットランドの基金に基づく英国研究グループによる原著論文である。ポリフェノール酸化酵素（PPO）によるフェノール物質の酸化は、多くの果実・野菜の成熟・収穫・貯蔵・加工の過程における変色・褐変の原因であり、市場価値を大幅に低下させている。バレイショでは特に顕著で機械的損傷による打撲黒斑の発生は世界的に大損害を与えている。PPO 遺伝子を転写抑制した組換えバレイショでは、生育・収量は正常のままに褐変症が抑制されているが、主要代謝産物のレベルの変化が報告されている。著者らは褐変抑制組換えバレイショを作出し、代謝産物群における非意図的变化及び機械的損傷による代謝産物群への影響を調査して以下の結果を得た。（1）組換えバレイショの作出：褐変性従来品種 Estima にアグロバクテリウム法によりアンチセンス PPO 遺伝子を導入し、凍結融解後褐変しない 2 系統（ppo17、ppo39）を選出し、栄養繁殖 2 世代後に各種調査を行った。（2）塊茎損傷試験：機械的損傷として 1 cm×3 cm の塊茎薄切片を作出し、室温で開始（T0）、24時間（T1）、48時間（T2）後に以下の調査を行った。（3）PPO 酵素活性：非組換え対照（WT）の T0における分光光度計測定値を100%とした。T1における塊茎変色は WT では顕著であったが、組換え 2 系統は変色を示さなかった。組換え 2 系統の酵素濃度は T0で対照の 21%、14%、T1で21%、15%、T2で25%・19% であり、いずれも対照より有意に低かった。T0で 100% だった対照の値は、T1で82%、T2で81% を維持していた。（4）PPO 遺伝子の発現：アンチセンス遺伝子を有する両系統の T0における発現量は、対照より73% 及び87% 低く、T2では対照の 10% 及び 3% の低い値を維持した。（5）代謝産物の変化：液体及びガスクロマトグラフィにより T0で検出された合計134種類の代謝産物の中では、15種類の代謝産物のレベルに組換え系統と対照との間に差異があり、T2では63種類の代謝産物に差異があった。個々の代謝産物における組換え系統と対照との差異は、収穫時（T0：遺伝子導入効果）の方が、その後の機械的損傷（塊茎薄片）影響時より小であった。代謝産物の変化はランダムであり、組換え系統と対照との差異と一貫性がある関係は見出せなかった。（6）総括：アンチセンス PPO 遺伝子が導入されたバレイショ塊茎は、機械的損傷による褐変を抑制した。代謝産物プロファイルに与える影響は、機械的損傷の方が PPO 遺伝子の転写抑制よりも顕著に大であると結語される。

No.267

害虫特異的マイクロ RNA の過剰発現組換え植物による *Helicoverpa armigera* に対する殺虫性の獲得：Bt タンパク利用の代替法

Transgenic plants over-expressing insect-specific micro RNA acquire insecticidal activity against *Helicoverpa armigera*: an alternative to Bt-toxin technology

Agrawal A *et al.*

Transgenic Research 24: 791-801, 2015

インド国研・大学研究グループによる原著論文である。*Helicoverpa armigera* (和名：オオタバコガ) は農作物の食害虫であり、インドでは、マメ類・繊維作物・禾穀類・ナタネ・野菜など30種以上の農作物を食害し、大損害を与えている。化学農薬は環境保全、Bt 組換え作物は抵抗性出現により限界があった。著者らは RNAi 手法適用による同害虫の防除を試み、以下の結果を得た。(1) 組換え体の作出：対象害虫のキチナーゼ遺伝子を標的とした人工マイクロ RNA (*amiR-24*) あるいはその突然変異体 (*amiR-24C*) をアグロバクテリウム法により従来タバコ品種に導入、形態・生育が正常な15個体から最終的に4個体を選出し種々の調査を行った。(2) 対象害虫におけるキチナーゼの変化：*amiR-24*を有する組換え葉で飼育された害虫幼虫のキチナーゼ量は対照の1/10に激減し、脱皮が阻害されていた。一方、非組換え葉区での幼虫の生育は正常であった。(3) 害虫生物検定：標的害虫幼虫を用いて、組換え及び非組換え葉による5日間飼育試験を行った。非組換え及び *amiR-24C* (突然変異体) は組換え葉より3~4倍多い食害をうけた。組換え葉区の致死率は60~70%で非組換え葉の6~7倍高かった。5日後まで生存した幼虫は脱皮が阻害され、虫体は顕著に小さかった、*amiR-24C* は予期したとおりキチナーゼ阻害効果が低く、害虫防除効果も低かった。(4) 総括：*amiR-24*遺伝子を導入した組換えタバコは、対象害虫のキチナーゼ量を低下させて脱皮を阻害し、高い致死作用を発揮した。本手法により非 Bt タンパク質による標的害虫を特定した害虫防除の可能性が示されたと結語される。

殺虫性 RNA、その長鎖あるいは短鎖の特色

Insecticidal RNA, the long and short of it

Whyard S

Science 347: 950-951, 2015

カナダ大学研究者による Zhang *et al.* (2015) に対する解説記事である。Bt 作物は害虫防除・作物収量安定などによる貢献は大であるが、選択的殺虫効果・抵抗性害虫出現などの問題を有する。これらに対応するため、殺虫性 RNA の利用に関する論文を報告している。RNAi は、2 重鎖 RNA (dsRNA) の存在により遺伝子発現を抑制する手法である。真核生物細胞では dsRNA は酵素 Dicer により分割されて短鎖干渉 RNA (siRNA) を生ずる。siRNA は細胞内で相補的 RNA と結合して、これを破壊し当該遺伝子によるタンパク質生産を阻害する。これにより宿主害虫は死亡する。Zhang らはコロラドハムシ殺虫性 dsRNA を葉緑体ゲノム又は細胞核ゲノムに導入した 2 種類の組換えバレイショを作出した。葉緑体は酵素 Dicer がいないため dsRNA は siRNA へと分割されない。葉緑体ゲノム導入バレイショを摂食したコロラドハムシはもっぱら dsRNA を摂食し 5 日間以内に死亡した。一方、核ゲノム導入バレイショではもっぱら siRNA が摂食され、致死作用は受けなかった。siRNA より dsRNA が選択的に腸細胞内へ取り込まれることがコーンルートワームで報告されている。一方、トウモロコシ、ワタ、イネ、タバコでは、殺虫性 dsRNA の核ゲノムへの導入によって高い致死作用が認められたという報告もあり、これらの作物では dsRNA の siRNA 化の効率がバレイショより低い可能性がある。害虫の種類による dsRNA 選択の相異、植物の種類による dsRNA への選択的対応など、まだ統一的説明はなされていない。総括：以上のように、未解明の点は存在するが、RNAi による害虫防除は環境安全性の高い新しい害虫防除法として発展することが期待される。

EU 規制は、GM 林木市場導入を妨げている

EU regulations impede market introduction of GM forest trees

Custers R *et al.*

Trends in Plant Science 21: 283-285, 2016

欧州科学技術研究協力機構 (COST) FP0905部会メンバー及び元メンバーによる意見論述。2010年、COST は形質転換林木のバイオセーフティと表題する部会 (Action FP0905) を発足した。FP0905には EU27カ国及び非 EU 7カ国が参加し、GM 林木の開発・社会実装に向けての安全性評価に関する科学的知見の整備を目的としている。筆者らは、FP0905での4年以上に渡る会合や討議をふまえ、欧州の GM 林木の開発・規制プロセスについて、以下の意見を取りまとめた (部会メンバー134名中128名の同意を得ている)。

欧州の現行制度では、GM 林木や果樹の開発・認可は他の GM 作物と同一の規制枠組で扱われるが、現行の規制は一般的な作物を想定したものである。木本植物は、一般的な作物と比べて相互作用する生物・環境要因が多様かつ長寿命であるために、要求される評価データは膨大となる。このため、GM 林木のリスク評価は長期間、膨大なコストを要す。更に、リスク評価プロセスにおいて科学的に安全性が確認されたとしても、最終的な可否は政治的判断によるため予断は許さない。このような状況から欧州での GM 林木の実用化は、他地域から遅れをとっている。組換え林木は、天然林に植林するのではなく、あくまで管理された植林地での利用を想定している。また、効率的な植林や林産資源の利用は天然林等の保全にも大いに寄与することが期待されており、EU 以外の地域では組換え林木の承認や規制緩和が進んでいる。本質的な問題はこれが科学的観点から正当化されるかどうかである。GM 作物が商業的に利用されてから20年以上が経つが、本質的あるいは組換え技術固有の問題は生じていない。加えて、FP0905が EU13カ国の18~35歳の約2000人を対象とした調査では、60% 以上が植林地における GM 林木の利用承認に賛成と回答し、GM 林木由来の製品の購入にも肯定的であった。以上をふまえ、これまで20年の GM 作物の開発・規制によって培われた経験・知見を活かし、管理された植林地での利用を想定したより現実的な審査プロセスへの改善が必要であると結論している。

中国における *Bt* イネの開発と現状

The development and status of *Bt* rice in China

Li Y *et al.*

Plant Biotechnology Journal 14: 839-848, 2016

中国の公的研究機関と米国バージニア工科大学による総説。中国では、*Bt* イネの研究開発が盛んに行われてきたが、商業栽培には繋がっていない。筆者らは関連する129文献を精査し、中国の*Bt* イネの開発と現状を分析した。
[中国の稲作の課題]

イネは世界最重要作物であり中国は世界一の稲作国である。しかし今後の中国の人口増加に対応した食料供給には収量性改善が必須である。特に食害虫によるロスは大きい。このため、*Bt* イネの研究開発に盛んに研究費が投入されてきた。文献情報があるものだけで、19件の*Bt* イネが開発されている（最も古い報告は1989年）。
[中国における*Bt* イネの状況]

(1) 農業バイオテックのバイオセーフティ規制：バイオテックの農業利用に関する規制は、90年代前半に科学技術部、農業部がそれぞれ規制を定めたがあまり有効なものではなかった。そこで、2001年に国務院が現行規制枠組である Regulation on Safety Administration of Agricultural GMOs (RSAFGMOs) を定めた。RSAFGMOs は、GM 作物に係る実験室での研究、バイオセーフティ教育訓練、製造、加工、安全性試験、流通、輸出入を網羅する。食品利用に関しては、衛生部が Regulation on GM Food Hygiene を定めている。GM 農作物の規制部局として、農業部傘下に、Office of Agricultural Genetic Engineering Biosafety Administration、GM 作物の研究開発及び環境リスク評価機関として、National Agricultural GMO Biosafety Committee が設置されている。また、既存組織である National Health and Family Planning Commission が食品利用の規制、General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine が GM 作物の輸出入規制に関連する。2002年から2012年の10年に、2,775件のパイロットスケール圃場試験、459件の小規模圃場試験、317件の前栽培試験が認可されたが、商業栽培が認可されたのは7作物のみである。(2) *Bt* イネの安全性評価：非標的生物への影響：2種の非標的生物 (*Chrysoperla sinica*；クサカゲロウの一種；及び *Propylea japonica*；和名ヒメカメノコテントウ) に各種 *Bt* (Cry1Ab、Cry1C、Cry2A) イネ花粉を給餌した結果、いずれの *Bt* タンパク質も2昆虫の成虫に無影響であった。また、*Bt* イネの茎、根、葉中の *Bt* タンパク質は土壌中で速やかに分解される。土壌微生物や土棲性昆虫 (トビゲラ) の生息数調査の結果も各種 *Bt* イネと非組換えイネ栽培地で有意な差はない。このことから他の作物と同様、*Bt* タンパク質の非標的生物へ影響するリスクは十分に低いと結論される。(3) 遺伝子伝播：栽培イネは自家花粉を閉花受粉するため交雑率は低い。*Bt* イネと非組換えイネの交雑性を調査した試験でも、交雑率は最高0.875%であり、7 m 以上距離が離れると0%となる。しかしながら、中国では栽培イネと比べて他殖性が高い野生イネ (*Oryza rufipogon* Griff.) が自生するため考慮が必要である。非組換え栽培イネと野生イネの大規模混植試験では交雑率は1.21~2.19%で、他の調査でも43.2 m の隔離距離があると交雑はほぼないと報告されている。組換えイネを用いた同様の試験でも、野生イネとの交雑率はこれより低いものであった。また、大規模・長期間の圃場試験により GM 栽培イネと野生イネの F1 交雑種と野生イネを混植栽培した試験の結果、3-5年で組換え遺伝子は検出できなくなる。このことからジーンフローのリスクは低いと結論される。(4) 農家への利点：3年間に330軒の農家が参加した *Bt* イネ栽培の実証試験では非 *Bt* コメ比で60%の殺虫剤使用量の削減と収量の有意な増加が確認された。*Bt* Shanyou63の2年間の実証試験でも非 *Bt* イネ比で殺虫剤使用量50-60%減、収量60-65%増との結果が得られている。医学的な観点からも *Bt* イネ栽培は、殺虫剤使用量の抑制により農家の健康にも良いとの報告もある。以上のことから *Bt* イネ栽培の利点は大きいと考えられる。(5) 社会受容：*Bt* イネの実用化が遅れている最大の要因は社会受容の欠如と考えられている。2010年の大規模な意識調査 (30の省や都市から4,239人から回答) では、回答者の55%以上が GM 作物がヒトの健康や環境に悪影響をもたらす可能性があるとは回答する一方、技術を知っていると回答したのはたった21%で、半数は技術を殆どあるいは全く知らなかった。この原因として、i) 技術や規制の複雑さ、ii) 科学者間の GMO に対する意見の相違、iii) 組換え技術を誇張する一部の科学者による科学者への信頼喪失、iv) 科学者の一般市民との対話への低関心を挙げている。

[結論]

将来の食糧需要を賄う食料増産のために *Bt* イネは有効であり、その実用化への最大の障害は、消費者の GM 作物への理解の不足である。社会理解増進には、CropLife Asia 等 NGO との連携が重要と分析している。

ERA プロジェクト調査報告

2016年 5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 安川拓次

〒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)