

---

# ERAプロジェクト調査報告

---

February 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. 2

バイオテクノロジー研究部会

2013年の最初の調査報告書をお届けします。今回のトピックスはすでにご存知の方も多いと思いますが、昨年12月に OECD から *Brassica* のコンセンサスドキュメントが刊行されたことです。シリーズ54作目のドキュメントは No.71 に説明されているとおり広い情報を網羅した大作です。是非一度目を通していただけたらと思います。さて、それ以外の内容はヨーロッパでの圃場試験コストの話、白井氏の *Bt* 作物の環境への影響のまとめ、除草剤耐性作物の環境安全性に関する報告で占められていますが、気候変動下の生物多様性の保全や寄生植物による遺伝子水平転移の内容もあります。

# 目次

No.71	<i>Brassica</i> 作物 ( <i>Brassica</i> spp.) の生物学に関する OECD コンセンサスドキュメント OECD Consensus Document on the Biology of the Brassica Crops ( <i>Brassica</i> spp.)	1
No.72	圃場試験とその苦難—欧州における組換え作物の圃場試験に対する 規制制度の意義向上へむけて Field trials and tribulations – making sense of the regulations for experimental field trials of transgenic crops in Europe	2
No.73	政府規制及び反対派活動に起因するスイス国 GM 作物圃場試験に付随する 追加的経費の高騰 Government regulation and public opposition create high additional costs for field trials with GM crops in Switzerland	3
No.74	害虫抵抗性遺伝子組換え作物による環境・生態系への影響：2010年までの研究事例 Effects of transgenic insecticidal crops on environments and ecosystems : literature until 2010	4
No.75	食料不安の評定 Measuring Food Insecurity	5
No.76	PAT 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 PAT protein	6
No.77	除草剤耐性 GM トウモロコシ栽培における除草体系の環境影響 Environmental impact of herbicide regimes used with genetically modified herbicide-resistant maize	7
No.78	カナダ西部における除草剤耐性カノーラ生産に由来する環境インパクト Environmental impacts from herbicide tolerant canola production in Western Canada	8
No.79	寄生植物 <i>Striga hermonthica</i> による遺伝子水平伝播 Horizontal gene transfer by the parasitic plant <i>Striga hermonthica</i>	9
No.80	予測を越えて：気候変動下の生物多様性の保全 Beyond predictions : biodiversity conservation in a changing climate	10

No.71

## **Brassica 作物 (*Brassica* spp.) の生物学に関する OECD コンセンサスドキュメント**

OECD Consensus Document on the Biology of the Brassica Crops (*Brassica* spp.)

OECD 環境局バイオテク規制的監督調和作業グループ (WG)  
OECD コンセンサスドキュメント (CD)  
WG シリーズ No.54, 2012

本コンセンサスドキュメント (CD) はカナダが執筆担当のリード国となり、関係専門家・メンバー国の協力・努力及び入念な改定をくり返して2012年に公刊された。その内容は、I.Species or Taxonomic Group、II.Reproductive Biology、III.Genetics、IV.Interspecific Hybridisation and Introgression、V.Ecology、VI.Breeding Improved Varieties、References など表20点、図47点、文献628報、全142頁（通常の CD の約 4 倍）の大作である。特に I では多数のカラー写真、IV では *B.napus* を中心とした多数例、VI では育種関連バイオテク技術などが表示・記述され、References では近年の広範囲な文献が網羅されており、*Brassica* 属のベースライン情報としての利用価値が極めて高い。このため、中核的著者でナタネの世界的権威である Dr.R.K.Downey に対して、OECD から異例の謝辞が記述されている。本 CD により、既刊の *B. napus* CD (No.7, 1997) は廃刊となった。

(註：*Brassica* 属総合資料である本 CD は、日本が提唱しカナダがリード国（執筆）に同意して作業を進め、2005年以来7年の労作である。日本野菜としての特殊性 (*B. rapa* 及び *B. juncea*) も記述されている。本 CD は下記によりダウンロード可能である。)

[www.oecd.org/biotrack](http://www.oecd.org/biotrack)

下記の項目におすすみください。

Biosafety Series, Brassica crops

No.72

## 圃場試験とその苦難—欧州における組換え作物の圃場試験に対する規制制度の意義向上へむけて

Field trials and tribulations — making sense of the regulations for experimental field trials of transgenic crops in Europe

Gómez - Galera S, *et al.*

Plant Biotechnology Journal 10 : 511-523, 2012

スペイン、英国、ベルギーの大学・研究所の研究者が連名で表題のレビュー論説を行った。EU圏では予防原則が固持された市場栽培承認制度により、世界中で最も広範・厳格な圃場試験の規制が実施されている。このためEU各国の圃場試験は、EU・国または、地域・国内の複数レベルの規制（科学的一貫性の保証がない）の承認をうけることが要求されている。1991～2011年（20年間）の圃場試験申請数（承認数ではない）合計は2,581件（対応する米国件数は15,845件）、主要国件数はフランス（590）、スペイン（569）、イタリア（295）、英国（238）、ドイツ（183）、ベルギー（135）、スウェーデン（110）である。しかし2005年以降は、EUの規制強化、反対派の激化、開発者の意欲低下などにより、スペイン以外は激減している。EUによる規則：EU域内全体に適用する規制制度とこれに基づくEFSAによるリスク評価、さらに常設委員会及び閣僚会議が関与している。国・地域における規則：申請をEUへ提出する前段階の国内圃場試験の実施と評価、さらに近年のEU改訂による各国独自の承認権の行使。加盟各国における国内規則：複数レベル（スペイン、ベルギー）あるいは単一レベル（英国、ドイツ）の規制組織、テスト圃場所在地の公表（各国）、反対派による破壊活動と保護のためのコスト増（英国、ドイツ、ベルギー）、GM政策の減連（英国、ドイツ）、研究者の意欲低下（各国）、開発者のEU圏外への逃避（ドイツ）など、種々の問題が存在している。結語：以上の問題点を改善し開発者の負担を増加することなく、現行制度内での規制の効率向上（重複回避及び単純化）の対策が必要である。

No.73

## 政府規制及び反対派活動に起因するスイス国 GM 作物圃場試験に付随する追加的経費の高騰

Government regulation and public opposition create high additional costs for field trials with GM crops in Switzerland

Bernauer T, *et al.*  
Transgenic Res. 20 : 1227-1234, 2011

スイスの民間研究グループが表題の論述を行った。スイスでは2005～2013年まで GM 作物市場化禁止令が施行されている。しかし、圃場試験を含む科学研究は除外されている。スイス政府はスイス科学財団に対し、GM 作物圃場試験国家研究プロジェクト（正規の法令・義務を遂行、2007～2012年）の実施を要請した。対象はうどんこ病抵抗性 GM コムギとし、国内2ヶ所で実施されている。本論文はこの圃場試験の経費を、開発研究の直接的経費と、追加的経費（政府規制及び反対派対策）に分けて、両者を比較・解析したものである。結論的には、研究経費1ユーロ当たり追加経費1.26ユーロ支出が推計された。内訳は、1）保護対策（反対派破壊活動に対する保護：フェンス、ガードマン、警告犬、センサーなど）に0.78ユーロ、2）バイオセーフティ（周辺環境の非意図的変換、他殖（ゴートグラス）の防止）に0.31ユーロ、3）規制監督（申請業務、試験遂行、終結など）に0.17ユーロである。試験2地点の年間経費は、1）に138万4000、2）に58万4000、3）に39万9000、合計236万7000ユーロである。本論文の目的は、これらの追加経費の多寡、合理性の追求ではなく、法令遵守に起因する経費の客観的解析にある。一つの対策は、公的資金圃場試験を実施するすべての研究グループに開放される保護地区の設定がある。問題は政府及び財団がこれらの追加経費を負担する意志の有無、研究者が研究・試験を国内で続行する意欲の有無である。現在の状況では将来の展望はひらけないであろう。

No.74

## 害虫抵抗性遺伝子組換え作物による環境・生態系への影響：2010年までの研究事例

Effects of transgenic insecticidal crops on environments and ecosystems : literature until 2010

白井 洋一

農業環境技術研究所報告第 30 号：1-38, 2012

著名な元農業環境技術研究所の研究者白井洋一氏が表題の総括を公表した。*Bt* 品種はトウモロコシ・ワタを主体に、今後さらに増加すると予想される。一方、*Bt* 品種に対しては、1) 花粉飛散による蝶類への影響、2) 非標的生物への影響（食物連鎖を含む）、3) 難分解性 *Bt* タンパク質による土壤生態系への影響、などを主体とする懸念があった。本報告では、これらの懸念に関する2010年までに刊行された海外文献434編（和文4編を含む）を対象に、有意な悪影響なし、悪影響あり、追試必要で判定不可能、の3つの結果について、慎重に検証・考察を行った。その結果、1) に対しては多くの室内・野外試験により蝶類幼虫に影響する花粉堆積は野外では起こらないこと、また影響の程度をトキシン量と関連付けずに論じることは科学的に信頼できない、2) に対しては実際の *Bt* トキシンの暴露量、暴露経路の検証や多くの室内・野外試験の結果、実際に野外で実証された例はない、3) でも多くの追跡試験の結果、有意な悪影響が実証された例はない。関連事項として、4) 欧州（フランス・ドイツ）の近年のGM作物栽培中止は、文献を政治的に歪曲して利用したもので科学的根拠はない、5) 抵抗性発達については、現行の高濃度・緩衝区戦略の実効性を継続し、一方 *Bt* トキシン発現濃度の劣る不良種子の排除（特に途上国）が必要である、6) 殺虫対象外害虫（吸汁性害虫など）の顕在化に対しては、継続的な監視と適切な *Bt* 品種使用管理法の遵守が必須である、などの記述がなされている。結論として、すでに商業栽培が認可されている *Bt* 作物が野外で有意な悪影響を与えるおそれは無いであろう。しかし、導入形質の異なる新たな組換え作物については、室内及び野外における安全性評価が必要であると総括される。



## 食料不安の評定

### Measuring Food Insecurity

Barnett C B

Science 327 : 825-828, 2010

米国コーネル大学の研究者が表題の論説を行った。1996年食料サミットでは、食料安全保障（Food Security：FS）を次のように定義した。「活動的・健康的な生活のための食餌と嗜好を満たし、十分で、安全な、栄養のある食料の物理的、社会的、経済的な入手をすべての人が常時行える状況」。これは現在及び将来のFSのレベルをはるかに越えている。FSは段階的な次の3つの柱に基づいている。a) 供給可能性、b) 入手・確保、c) 利用、である。a) は必要であるが、世界的なb) を保持するものではない。b) は個人あるいは家庭の福利に関する社会科学的概念と関係がある。c) は個人あるいは家庭が入手・確保した食料の効果的利用に関する懸念を反映している。現在多用されているFSの推定値は全世界的な数値であり、地域・国・公衆の間の重要な違いは不鮮明である。例えば1990～2008年の①災害被災者人口、②栄養不良者人口、③絶対貧困者（2ドル/日）人口、④1人当り食料生産量の4項目の比較では、①及び②に比べて③ははるかに多いが3者とも調査機関内の増減は少ない。一方④は右肩上がりの増加が継続している。このような内題を是正するために、近年は実態調査に基づくFSの推定値の実効性が認識されてきている。前記の3本の柱について、個人あるいは家庭レベルの継続的モニタリングが信頼すべきFSの基礎を与えると考えられている。FSの向上には、食料供給計画などではなく、貧困の減少、雇用の促進などの貧者の保護政策の推進が実効性が高い。同時に、作物生産力増強向上への継続的努力も重要と考えられる。

## PAT 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 PAT protein

Center for Environmental Risk Assessment (CERA) ,  
ILSI Research Foundation  
CERA Monograph, 2011

本論文は既報の CP4 EPSPS、Cry 1 Ac に続いて、除草剤グルホシネート耐性タンパク質 PAT に関して、広範囲な科学的文献、資料（150編）に基づき、その環境安全性を例証したものである。なお PAT タンパク質は、*pat* 遺伝子あるいは *bar* 遺伝子により産生されるが、本論文では両者を区別せず一括して PAT タンパク質として取り扱っている。内容は、PAT 発現 GM 作物（8種、11ヶ国）の認可状況、PAT タンパク質の由来と作用機作、植物体中の発現、環境中での定着・存続、雑草性、近縁種への伝播、他生物へのインパクト、PAT 発現 GM 作物の構成成分などの相対的環境安全性に関する記述である。また、末尾には56件の付表により PAT の発現量が、作物別（西洋ナタネ、ダイズ、ワタ、トウモロコシ、テンサイ）、部位別（花粉、種子、茎葉、根など）、生育時期別（幼植物、開花期、成熟期）などの数値例により提示されている。以上から、PAT タンパク質の発現は当該 GM 作物の環境中における、存続あるいは拡散の可能性並びに生殖生理あるいは遺伝子拡散の可能性を変更することなく、また他生物への負の影響を与えるリスクも増加していない、と総括される。これは、GM 作物中の PAT タンパク質による環境に対する有意な負の影響は存在しないとする結論を支持するものである。

## 除草剤耐性 GM トウモロコシ栽培における除草体系の環境影響

### Environmental impact of herbicide regimes used with genetically modified herbicide-resistant maize

Devos Y, *et al.*

Transgenic Res. 17 : 1059-1077, 2008

ベルギーにおいて将来予想される除草剤耐性 GM 作物の一般栽培に備えて、同国のゲント大学の研究グループが表題の比較研究を行った。対象除草体系は、同国の慣行体系（非 GMHR 体系）と除草剤耐性トウモロコシ（グリホサート及びグリホシネート）を用いる GMHR 体系の 2 種類であった。環境要因は、対人体 3、対環境 7、計 10 要因を対象とした。インパクトは同大学が同国の状況に基づいて作成した、pesticide occupational and environmental risk (POCER) 指数として算出した。その結果、人体（作業員、近隣者）に対する健康へのリスクには差異が算出されない；土壌中の残留及び地下水汚染にも差がない；水棲生物への急性毒性では対照の非 GMHR 体系より低い；鳥類、蜂類、ミミズへの急性毒性および有用昆虫への毒性は非 GMHR 体系と同程度に低い。以上から、GMHR 体系の非 GMHR 体系に対する一般的優位性が認識された。これらの結果により、ベルギー農家は、GMHR 体系が有する作業の順応性、簡便性、低雑草害、不耕起栽培による土壌の保全、などの利点により、バイオテクノロジーに基づく除草体系を志向する可能性があると考えられる。しかし、新除草体系のコスト高、共存政策適用による負担増、特定除草剤偏重への危惧、新技術向き国内品種の未開発などが、停滞要因となることも考えられる。（注：筆頭著者は現在 EFSA（欧州食品安全機関）に所属している）

## カナダ西部における除草剤耐性カノーラ生産に由来する環境インパクト

### Environmental impacts from herbicide tolerant canola production in Western Canada

Smyth SJ, *et al.*

Agricultural Systems 104 : 403-410, 2011

カナダでは除草剤耐性西洋ナタネ（HT カノーラ）の農家栽培が1997年以来10年以上続いており、環境影響に関する知識・経験が蓄積されている。このためカナダ・サスカチュワン大学の研究者が主体となって、包括的な実態調査を行い、本論文に報告した。カノーラ主産地のカナダ西部3州（アルバータ州、マニトバ州、サスカチュワン州）の571戸を対象に、主要6分野（雑草防除、自生実生駆除、栽培、経歴、連・輪作のための特別管理、責任保険）合計80項目の質問状への回答を解析した。回答者のHTカノーラ面積 / （一般統計）経営面積平均値は190 ha/473ha、年齢45～54才、HTカノーラ栽培歴10年以上であった。調査結果：（1）農薬減量による便益：3種類のHTカノーラ（Roundup Ready™、LibertyLink™、Clearfield®）の採用率は2004年以降95%以上を維持し、除草剤の散布回数及び散布量は減少し、環境及び人体への負のインパクトの減少、（2）不耕起あるいは減耕起栽培による便益：約2/3の農家を実施している本耕起法により、土壌侵蝕の防止、土壌水分の確保、直播栽培の安定化など、（3）土壌炭素の蓄積による便益：作物残渣の増加、土壌表面攪拌の減少などにより土壌炭素蓄積量が増加し、一方CO<sub>2</sub>ガスの放出は減少している（削減量は排出権取引市場価格で500万カナダドルに相当）。これらの便益は、多数の都市居住者には即座には理解されないかもしれない。しかし、農業の環境へのインパクト、HTカノーラが実証した種々の便益などへの理解が深まり、作物バイオテク技術への賛同が増加すると考えられる。

## 寄生植物 *Striga hermonthica* による遺伝子水平伝播

### Horizontal gene transfer by the parasitic plant *Striga hermonthica*

Yoshida S, *et al.*  
Science 328 : 1128, 2010

日本の理化学研究所植物科学研究センター及び東京大学の研究グループが表題の短報を報告した。遺伝子水平伝播 (HGT) は、植物のゲノム進化に重要な役割を課している。寄生植物はミトコンドリアゲノムコード遺伝子の HGT のベクターとして知られているが、核ゲノムコード遺伝子の HGT (核 HGT) に介在するか否かは不明であった。ストライガ\*\* (*Striga hermonthica*) は、ソルガム・イネなどの主要作物を含むイネ科植物を猛烈に侵害する寄生植物である。ストライガはシソ目ハマウツボ科の真双子葉植物であるが、単子葉植物だけに寄生する。このためストライガのゲノム中にある単子葉特異的な遺伝子は、核 HGT により存在していることが推測された。ストライガの広範囲な遺伝子配列解析の結果、ソルガムやイネとは高い類似性を有するが、真双子葉類とは相同性がない一つの遺伝子、ShContig9483が検出された。サザンブロットにより、本遺伝子はソルガムとの交雑履歴を有するが、(イネとの交雑履歴は低い)、他の近縁ハマウツボ科あるいは非寄生性真双子葉類との交雑履歴は検出されなかった。それゆえ、本遺伝子がストライガへ伝播する以前には、単子葉植物に起源していたと考えられる。進化系統樹では、ストライガとソルガムは同じ群に属している。ゲノム配列解析から、ShContig9483の取り込みは、ストライガ属中の種分化の以前、ストライガ属とハマウツボ属との分化の以後に、発生したと推定された。寄生植物は吸器を形成してその維管束を寄生の維管束と結合し、養分、水、mRNA さえも取り込むことができる。本論文は真双子葉寄生植物への、単子葉植物からの核 HGT を示すものである。(注：本論文は進化の過程における核 HGT を示すもので、現在のイネ科 GM 作物からの HGT を実証するものではない。ストライガが多発する南アフリカでは、GM トウモロコシが12年間栽培されているが、ストライガへの HGT は報告されていない。(James 2009) (ISAAA 2010, 2011))

## 予測を越えて：気候変動下の生物多様性の保全

Beyond predictions : biodiversity conservation in a changing climate

Dawson TP, *et al.*  
Science 332 : 53-58, 2011

英国、米国、オーストラリアの大学研究グループが表題の論述を行った。気候変動は21世紀における生物多様性に対する大きな脅威となると予測されている。この警告的予測は、現在の気候変動と種の地理的分布様相との間の統計的関係と、その関係の将来の気候変動への適用に基づいている。その結果、生物多様性の急激な喪失を警告している。しかし、気候変動による生物多様性の推移は、種の脆弱性（vulnerability）に關与する多面的關係に基づく解析が必要であり、これは3大要因…すなわち種の生息地における地理的な要因である A：暴露（exposure）及び種の生物学的要因である B：感受性（sensitivity）並びに C：適応能力（adaptive capacity）で構成されている。現行の将来予測は、主として A だけの推定に有効であるという欠陥を有している。このため近年、A、B、C を考慮した新しい手法と取組みが台頭してきている。これは、直接的観測、古生物学的記録（例：氷河期にも生存した多くの種）、気候変動の統計的モデル、集団・生理生態的モデル、試験研究、などを総合的に集積するものである。具体例として、X 軸に A を少から多へ、Y 軸に B を低から高へ、並びに C を高から低へと配置する図を作成し、対象種の図上の相対的位置からその脆弱性と対策の設定を考察している。例えば左上隅に位置する種は、B は高いが A が少ないため脅威が軽く、緊急対策の必要性は低い。右下隅の種は、C が高いため A が多くても気候変動に適応しうるであろう。右上隅の種は A が多くかつ B も高いため、緊急対策が必要であり、これには生育現地での管理・保護から、遺伝資源の長期貯蔵施設への収容までの範囲を含む。以上から、新しい手法と取組みにより、気候変動の影響を、予測の段階を越えて、解析、立案、効果的対策の実施へと展開して、生物多様性の保全を期する時代の到来を指摘することができる。

## ERA プロジェクト調査報告

2013年 2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)

