

## 特集 遺伝子組換え作物の生態的リスク評価

## 遺伝子組換え植物の導入遺伝子の拡散リスクと多様性影響評価

筑波大学生命環境系 下野綾子

## はじめに

遺伝子組換え作物の商業栽培が1996年に開始されてから19年、栽培面積は年々増加し、今や日本の国土面積の4.6倍(175万km<sup>2</sup>)にも及ぶ(Clive 2013)。世界で栽培されている主要な遺伝子組換え作物は多い順に、ダイズが84.5万km<sup>2</sup>(世界の遺伝子組換え作物総作付面積の48.3%)、トウモロコシが57.4万km<sup>2</sup>(32.8%)、ワタ23.9万km<sup>2</sup>(13.6%)、セイヨウナタネ8.2万km<sup>2</sup>(4.7%)であり、主な導入形質は除草剤耐性と害虫抵抗性である(Clive 2013)。

日本では食用に供される遺伝子組換え作物の商業栽培は行われていないものの、遺伝子組換え作物の輸入大国である。なかでもトウモロコシに関しては、世界最大の輸入国で、その量は年間約1,440万トン(2013年)。其々の輸入国での遺伝子組換え作物の栽培比率を考慮すると(Clive 2013)、輸入量の約80%が遺伝子組換え品種であると考えられている。大豆も年間約276万トン輸入されており、その約90%が遺伝子組換え品種であるとされている。

日本では遺伝子組換え生物等の利用において、環境中への拡散をとまなう場合には、「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」(略称：カルタヘナ法)に定められた手順ののっとり事前に生物多様性を損なうおそれを評価すること(生物多様性評価)が求められる。

ここで守るべき生物多様性は日本に従来から存在している動植物相(在来種)である。生物どうしは様々な相互作用(競争、捕食、寄生、相利、腐食など)を通じて関係し合っている。長年にわたる相互作用の結果、その環境に適応的な形質を

持つ個体や個体群が残る。このようなバランスを保っている生物のセットが在来生物相であり、それは歴史的かつ地域固有の存在だと考えられている。それに対して、持ち込まれた遺伝子組換え生物等がそれまでになかった種類や程度の相互作用をもたらした場合、その変化に対応が間に合わない在来種は減少あるいは絶滅する恐れがある。生物多様性評価ではその恐れについて評価することになる。具体的には、①競合における優位性(遺伝子組換え生物等が、野生動植物と栄養分、日照、生育場所等の資源を巡って競合し、それらの生育に支障を及ぼす性質)、②交雑性(遺伝子組換え生物等が近縁の野生種と交雑して、導入された核酸をそれらに伝達する性質)、③有害物質の産生性(遺伝子組換え生物等が、野生動植物や微生物の生息または生育に支障を及ぼす物質を産出する性質)、④その他の性質(上に掲げる性質以外で、生態系の基盤を改変させることを通じて間接的に野生動植物等に影響を与える性質等)について評価が行われる。

遺伝子組換え植物の導入遺伝子の環境拡散可能性については、遺伝子組換え植物そのものが農耕地以外で繁殖して拡大する可能性、あるいは近縁種との交雑を通じて導入遺伝子が拡散する可能性が考えられる。それらにより生じる生物多様性影響として、前者については上述した①競合における優位性、後者については②交雑性について評価が求められる。次節よりこの2つの評価について解説する。

## 遺伝子組換え植物の拡大による導入遺伝子の拡散

競合における優位性においては、遺伝子組換え植物や交雑によってできた後代の植物が農耕地

以外に広がって繁茂する性質、言い換えると雑草性 (weediness) および侵略性 (invasiveness) に関わる性質を評価する。「雑草性」とは、ヒトが改変した環境で自生できる種の内在的能力 (Zimdahl 2007)、「侵略性」とは、その種が農耕地以外で拡大する能力をいう (Raybould et al. 2012)。生物多様性影響評価で重視されるのは「侵略性」で、侵略性が増すことにより周辺野生動植物へ生態的悪影響を及ぼすかどうかの評価される。なお雑草性と侵略性は区別されずに使われている場合も多いが、雑草性があること自体が生物多様性に負の影響を及ぼすわけではないので、区別したほうが論点を明確にできるだろう。

雑草 (weed) については、様々な定義付けがなされているが、大きく2つに大別できる。第一の定義は「ヒトにより管理された立地あるいは自然立地に対して生態的、経済的に負の影響を与える植物」といったヒトの価値判断からみた定義である。第二の定義は「ヒトが改変した環境に自然に生えてくる植物」として、植物としての特性に着目した定義である。(伊藤 1989; Zimdahl 2007)。両方の定義とも草本に限らず、木本種も含まれる。雑草をリスク評価の対象として捉える

場合には、第一の定義で使われる場合が多いが、雑草の判定で使われる「雑草性」の「雑草」は第二の定義で使われていることに注意が必要である。

一般的に雑草性あるいは侵略性に関わる性質は栽培に適していないことから、栽培化の過程で淘汰される傾向がある (表-1)。主要な遺伝子組換え作物 (ダイズ、トウモロコシ、ワタ、セイヨウナタネ) のうちセイヨウナタネを除く3種については、雑草性および侵略性に関わる性質が淘汰されていることから、農耕地以外に拡大する可能性は低いと考えられている。

一方、セイヨウナタネは雑草性に関わる脱粒性および休眠性を有する。一次休眠はないとされているものの、二次休眠が誘導され、ときに10年以上も生きながらえる埋土種子集団を形成する場合がある (Lutman et al. 2003, 2005)。セイヨウナタネの主要な栽培国であるアメリカ、カナダ、オーストラリアでは農耕地や農耕地以外の攪乱地 (路傍や河原など) で普通に見られる雑草とされている (Groves et al. 2003; OECD 2012; OGR 2011)。我が国においても、セイヨウナタネは河原や路傍に自生している。また、主なセイヨウナ

表-1 栽培化および雑草性/侵略性に関わる要素 (Warwick et al. 2009 より改変)

栽培化形質	雑草性/侵略性に関わる形質
種子の休眠性の喪失	種子の休眠性
発芽の斉一性	発芽の不斉一性
発芽に必要な環境要求性が狭い	発芽に必要な環境要求が多要因
	幅広い条件での発芽特性
埋土種子の寿命が短い	埋土種子の寿命が長い (永続的シードバンクの形成)
開花や結実期の斉一性	開花の不斉一性
より限定成長	生育可能な限り長期にわたる種子生産
可食部 (果実や種子) の肥大化および数の減少	大量の種子生産
栄養の投入された一定環境条件における生産性	幅広い環境条件における生産性 (不良環境下でも幾らかの種子を生産することができる: 高い可塑性)
果実や種子のサイズの均一性	果実や種子のサイズの不均一性
脱粒性の喪失	脱粒性
分散に適した種子散布機構の喪失	分散に適した種子散布機構
1年草が多い	1年生である場合迅速な成長と繁殖。多年生である場合旺盛な栄養繁殖。
競合性の低下	強い競合性
自殖および/あるいは自家和合性	自家和合性であるが、絶対的な自殖性やアポミクティックではない
果実や種子の毒性成分の減少	果実や種子の毒性成分

タネの輸入港やその周辺で、こぼれ落ちに由来すると考えられる遺伝子組換えセイヨウナタネの生育が報告されている (Aono *et al.* 2011)。しかし、セイヨウナタネの侵略性は高くなく、これまで生物多様性へ負の影響を及ぼしたとする報告はされていない。EUにおけるこぼれ落ちに関しては、Devos *et al.* (2012) は、輸入国においてはこぼれ落ちが起きる可能性があるが、注意深い管理で減らすことができること、現在の遺伝子組換えセイヨウナタネは野生種に対して何らの優越性も持たないことから、非組換えナタネ以上の固有のリスクはないと述べている。

雑草性・侵略性のある植物の拡散リスク評価は遺伝子組換え植物に限った話題ではない。海外から持ち込まれる植物について、その影響を評価し必要に応じて持ち込みを制限する、あるいはすでに侵入した強害雑草を防除する優先順位を決定するといった制度が、すでにアメリカ合衆国、オーストラリアおよびニュージーランド等で運用されている。科学的な根拠に基づいた法律の運用を可能にする手段として開発されたのが、「雑草リスク評価 (WRA: Weed risk assessment)」である。WRA の制度は、遺伝子組換え植物のリスク評価にも適用可能な知見であり、他に詳しい解説があるのでそちらを参照されたい (西田 2007)。

### 近縁種との交雑を介した導入遺伝子の拡散

交雑を介した導入遺伝子の拡散リスク評価は、対象とする遺伝子組換え植物の花粉散布範囲内に生育する交雑可能な近縁種の特定期から始まる。実際に自然条件下で交雑が起こるかは、開花期、適正な花粉の散布 (ポリネーターの行動等)、交雑和合性など対象種の繁殖特性や環境条件に大きく依存する。交雑が生じたとしても、必ずしも遺伝子浸透 (introgression: 一方の種の遺伝子が他方の種のジーンプールに取り込まれる現象) につながるわけではない。例えば雑種が致死あるいは不稔となる場合、遺伝子浸透は生じない。従って遺伝子浸透が生じるかは、交雑程度だけではなく雑種およびその後代の適応度に大きく依存すると言

える。後代の適応度に関わる要因は、繁殖力、種子の休眠性、発芽率、生残率など様々で、かつこれらの要因は環境条件や導入遺伝子の特性によっても大きく変動する (Hails and Morley 2005)。組換え遺伝子の拡散可能性には色々な不確定要素が影響し、一般化できるほどの知見の蓄積もなく、ケースバイケースの対応が必要である。

遺伝子浸透に関する知見は限られているものの、導入遺伝子の拡散リスクへの関心の高まりから、栽培種と近縁野生種との交雑率や、雑種の適応度を推定する数多くの研究がなされるようになった。ここでは主要な遺伝子組換え作物 (ダイズ、トウモロコシ、ワタ、セイヨウナタネ) について近縁種との交雑および近縁種への遺伝子浸透の可能性について考えたい。

トウモロコシはアメリカ大陸原産の作物であり *Zea* 属 (トウモロコシ属) に属する。トウモロコシ以外の野生の *Zea* 属植物はテオシンテと総称され、メキシコと中米地域に分布する。*Z. mays* には、*ssp. mexicana*, *ssp. parviglumis*, *ssp. huehuetenangensis*, *ssp. mays* の4つの亜種があり、トウモロコシは *ssp. mays* と分類される。トウモロコシはこれらの亜種と容易に交雑して稔性のある雑種を生じる (松岡 2007)。そのほか、*Tripsacum* 属の種とトウモロコシが低頻度で交雑するとされているが、雑種は不稔となる場合が多い (OECD 2003)。現在のところ、日本においてはトウモロコシと交雑可能な種は分布しないことから、近縁種との交雑を通じて導入遺伝子が拡散する可能性はない。

ワタの栽培種としては4種 (学名 *Gossypium arboreum* L., *G. herbaceum* L., *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L.) が知られており前者2種が2倍体、後者2種が4倍体である。日本で古くから栽培されているのは *G. arboreum* L. であるが、世界の主要な栽培種は4倍体の種で、ワタ生産量の90%を *G. hirsutum* (Jenkins 2003) が、10%弱を *G. barbadense* (Wu *et al.* 2005) が占めている。遺伝子組換えワタも、この2種を用いて作出されている。これらは異質倍数体で AADD ゲノムを持ち、

同様のゲノム構成を持つ近縁野生種3種と交雑しF<sub>1</sub>が得られる (Andersson and Vicente 2009)。一方、遺伝的不和合により2倍体のワタと交雑することはほとんどなく、たとえ稀にF<sub>1</sub>が得られたとしても3倍体のため不稔となる (Andersson and Vicente 2009)。現在のところ、日本においては遺伝子組換えワタ2種と交雑可能な種は分布しないことから、近縁種との交雑を通じて導入遺伝子が拡散する可能性はない。

ダイズ (*Glycine max*) については、日本に祖先野生種と考えられているツルマメ (*G. soja*) が分布する。ダイズは開花前に受粉が完了する自動自家受粉様式を有する。ツルマメも同様に自動自家受粉を行うが、昆虫類の訪花により他家受粉も低頻度で生じている (Fujita *et al.* 1997)。ダイズとツルマメは、人工授粉などによって相互に交雑でき、稔性がある雑種が得られるが、両者を密植して栽培した場合でも自然交雑率は1%にも満たない (Nakayama and Yamaguchi 2004, Mizuguti *et al.* 2010)。ただし、両者の交雑率が低いといえども、野外では両者の交雑によると考えられる中間的な形質を持つ個体の存在が報告されており、ダイズ由来のゲノム断片が浸透していると考えられるツルマメが見つまっている (Kuroda *et al.* 2006, Kaga *et al.* 2011)。モデルによると、栽培化の過程で選抜されてきたダイズ由来の遺伝子の効果により、雑種個体の種子生産

量と種子越冬率が大幅に低下することから、ツルマメ個体群におけるダイズ遺伝子の浸透可能性は7~8割減少すると推定されている (Kitamoto *et al.* 2012)。なお、現在までに遺伝子組換えダイズの導入遺伝子がツルマメに浸透しているとする報告はされていない。

セイヨウナタネ (*Brassica napus*: AACG ゲノム) は、アブラナ科アブラナ属のナタネ (*B. rapa*: AA ゲノム) とキャベツ (*B. oleracea*: CC ゲノム) との交雑の結果できた複二倍体種とされている (生井 2010)。受精は通常自殖によって生じるが、部分的 (12-47%) に他殖も行われている (Andersson and Vicente 2009)。セイヨウナタネはアブラナ科アブラナ属や他属と交雑和合であることが知られており、人工交配により雑種が得られる交雑相手は20種以上にもなる (FitzJohn *et al.* 2007)。ただし雑種作出には胚培養などが必要な組み合わせも多く、現在のところ人手を介さない自然条件下において雑種形成が報告されているのは6種ほどである (表2)。その中でもナタネ、次いでカラシナ (*B. juncea*) との組み合わせで報告が多く、この2種はセイヨウナタネとの間で遺伝子浸透が生じる可能性が高いとされている (表-2)。生じた種間雑種F<sub>1</sub>の稔性は、概して両親より低い場合が多いが、戻し交雑の過程で回復していくことが報告されている (Ellstrand *et al.* 2013; Tsuda *et al.* 2014)。

表-2 セイヨウナタネとの間で自然交雑による雑種形成が報告されているアブラナ科植物との遺伝子浸透の可能性

交配相手	ゲノム	遺伝子浸透の可能性 (OECD 2012 より抜粋)
ナタネ <i>Brassica rapa</i>	AA	High
カラシナ <i>B. juncea</i>	AABB	High
クロガラシ <i>B. nigra</i>	BB	Low
(雄性不稔のセイヨウナタネとの交配例のみ)		
カンラン <i>B. oleracea</i>	CC	Very low
セイヨウノダイコン <i>Raphanus raphanistrum</i>	RrRr	Low
アレチガラシ <i>Hirschfeldia inacna</i>	AdAd	Low

日本において、表-2に挙げた6種は外来種であり、カルタヘナ法で守るべき在来種ではない。従って交雑性に起因する生物多様性影響が生ずるおそれはないと判断される。一方、これら近縁種との交雑に起因して、間接的に生物多様性影響が生じる可能性については評価が必要である。例えば交雑により生じた雑種が競合において優位になり、他の野生動植物に負の効果を与える可能性、交雑により浸透した導入遺伝子の影響により近縁種の個体群が縮小し、それらに依存して生息している昆虫等の野生動植物の個体群の維持に支障を及ぼす可能性等である。

遺伝子浸透が生じる可能性のあるナタネとカラシナについては日本全国に自生する雑草である。現在までに、除草剤耐性の遺伝子組換えセイヨウナタネとナタネの雑種の可能性がある種子試料が見つかっているものの(Aono *et al.* 2011)、遺伝子浸透が進んでいる様子は見られていない。カナダでは、遺伝子組換えセイヨウナタネの除草剤抵抗性遺伝子がナタネに浸透している例が報告されているが(Warwick *et al.* 2008)、生物多様性影響が生じたという例は報告されていない。

栽培種と近縁野生種との交雑は遺伝子組換え作物に限らず、多くの分類群で普遍的に生じている現象だと考えられる。Ellstrand (2003)は世界の25種の重要な栽培種のうち22種について近縁野生種と自然交雑が生じていると報告している。主要な栽培種であれば世界各地で長い年月大量に栽培されており、例えば確率が非常に低いとしても、交雑は何回も生じうる現象だと考えられる。

また、一般に花粉の散布距離は、距離とともに指数関数的に急激に減少するが、風向(風媒花の場合)、ポリネーターの種類や行動(虫媒花の場合)、景観構造によっても大きく変わる。低頻度ながらも遠距離の花散分布が生じうる。例えばセイヨウナタネにおいて商業スケールでの遺伝子流動を調べた研究では、花粉源からの距離が増すにつれ交雑率が指数関数的に減少するものではなく、低頻度ではあるが、3kmの距離まで交雑が観察された(Rieger *et al.* 2002)。従って、自然交

雑が可能な在来種が存在する場合には、物理的に交雑が起こらない仕組み(開花期が重ならない、雄性不稔の導入等)がない限り、交雑は生じうると考えるのが妥当であろう。交雑後の遺伝子浸透の可能性に関しては、上述したように雑種後代の適応度など様々な要因が影響することからケースバイケースでの判断が必要である。

なお、カルタヘナ法で守るべき対象は日本の在来種であるため、遺伝子組換え作物と同種の非遺伝子組換え作物との交雑は、生物多様性影響の評価対象ではない。ただし、商品の生産・流通上の混乱を避けるといったカルタヘナ法とは異なる観点から、農林水産省は「第一種使用規程承認組換え作物栽培実験指針」を定めている。この指針では農林水産省所管の研究機関を対象に、遺伝子組換え作物の野外栽培を実施する際の周辺作物との交雑防止措置と国民への情報提供を求めている。そのほか、地方自治体が独自に遺伝子組換え作物の栽培に関する条例やガイドラインによって交雑・混入防止措置などを定めている例もある。

## おわりに

最近では、環境ストレス耐性植物、窒素利用効率を向上させた植物、バイオ燃料用の高バイオマス植物といった、適応度を向上させた遺伝子組換え植物が開発されつつある。また多様な植物種において新たな形質の付与が試みられている。これまでにない適応度を大きく向上させた生物の野外への放出における生物多様性への影響は、有害な化学物質の放出などに比べると不確実要素が大きい。例えば、たとえ少数の個体の放出であっても生物が増殖することにより時間と共に影響が拡大する、生物の放出をやめても影響の拡大が止まらない、いったん広範囲に分布が拡大するとともに戻ることが難しい、といった事象が起こりうる(小池 2010)。従って、これまで知見の少ない新たな形質を持つ生物を野外に出す場合には、意図しない結果を生じさせる可能性について心に留めておくべきだろう。

## 参考文献

- Andersson, M. S. and M. C. Vicente 2009. Gene Flow Between Crops and Their Wild Relatives. Johns Hopkins University Press Baltimore.
- Aono, M., S. Wakiyama, M. Nagatsu, Y. Kaneko, T. Nishizawa, N. Nakajima, M. Tamaoki, A. Kubo, and H. Saji 2011. Seeds of a possible natural hybrid between herbicide-resistant *Brassica napus* and *Brassica rapa* detected on a riverbank in Japan. *GM Crops and Food* 2, 201-210.
- Clive, J. 2013. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013. ISAAA, Ithaca, NY.
- Devos, Y., R. S. Hails, A. Messean, J. N. Perry, and G. R. Squire 2012. Feral genetically modified herbicide tolerant oilseed rape from seed import spills: are concerns scientifically justified? *Transgenic Research* 21, 1-21
- Ellstrand, N. C. 2003. Dangerous liaisons? When cultivated plants mate with their wild relatives. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ellstrand, N. C., P. Meirmans, J. Rong, D. Bartsch, A. Ghosh, T. J. de Jong, P. Haccou, B.-R. Lu, A. A. Snow, C. N. Stewart, Jr., J. L. Strasburg, P. H. van Tienderen, K. Vrieling, and D. Hoofman, 2013. Introgression of crop alleles into wild or weedy populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 44, 325-345.
- FitzJohn, R. G., T. T. Armstrong, L. E. Newstrom-Lloyd, A. D. Wilton, and M. Cochrane 2007. Hybridisation within *Brassica* and allied genera: evaluation of potential for transgene escape. *Euphytica* 158, 209-230.
- Fujita, R., M. Ohara, K. Okazaki, and Y. Shimamoto 1997. The extent of natural cross-pollination in wild soybean (*Glycine soja*). *Journal of Heredity* 88, 124-128.
- Groves, R. H., J. H. Hosking, G. N. Batianoff, D. A. Cooke, I. D. Cowie, R. W. Johnson, G. J. Keighery, B. J. Lepschi, A. A. Mitchell, M. Moerkerk, R. P. Randall, A. C. Rozefelds, N. G. Walsh, and B. M. Waterhouse 2003. Weed categories for natural and agricultural ecosystem management. Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.
- Hails, R. S. and K. Morley 2005. Genes invading new populations: a risk assessment perspective. *Trends in Ecology & Evolution* 20, 245-252.
- 伊藤操子 1989. 雑草の生理と生態 [1]. 農業および園芸 64, 83-87.
- Jenkins, J. N. 2003. Cotton. Pages 61-70 Traditional crop breeding practices: an historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Kaga, A., T. Shimizu, S. Watanabe, Y. Tsubokura, Y. Katayose, K. Harada, D. A. Vaughan, and N. Tomooka 2011. Evaluation of soybean germplasm conserved in NIAS genebank and development of mini core collections. *Breeding Science* 61, 566-592.
- Kitamoto, N., A. Kaga, Y. Kuroda, and R. Ohsawa 2012. A model to predict the frequency of integration of fitness-related QTLs from cultivated to wild soybean. *Transgenic Research* 21, 131-138.
- 小池文人 2010. 外来植物のリスクアセスメントと新しい群集生態学. [外来生物の生態学 進化する脅威とその対策] (種生物学会編). 文一総合出版, pp.291-323.
- Kuroda, Y., A. Kaga, N. Tomooka, and D. A. Vaughan 2006. Population genetic structure of Japanese wild soybean (*Glycine soja*) based on microsatellite variation. *Molecular Ecology* 15, 959-974.
- Lutman, P. J. W., S. E. Freeman, and C. Pekrun 2003. The long-term persistence of seeds of oilseed rape (*Brassica napus*) in arable fields. *Journal of Agricultural Science* 141, 231-240.
- Lutman, P. J. W., K. Berry, R. W. Payne, E. Simpson, J. B. Sweet, G. T. Champion, M. J. May, P. Wightman, K. Walker, and M. Lainsbury 2005. Persistence of seeds from crops of conventional and herbicide tolerant oilseed rape (*Brassica napus*). *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 272, 1909-1915.
- 松岡由浩. 2007. 栽培植物進化遺伝学への招待—農業生態系における適応進化. 植物の進化 基本概念からモデル植物を活用した比較・進化ゲノム学まで (清水健太郎・長谷部光泰 監修). 秀潤社, pp 136 - 143.
- Mizuguti, A., K. Ohigashi, Y. Yoshimura, A. Kaga, Y. Kuroda, and K. Matsuo 2010. Hybridization between GM soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) and wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) under field conditions in Japan. *Environmental Biosafety Research* 9, 13-23.
- Nakayama, Y. and H. Yamaguchi 2004. Natural hybridization in wild soybean (*Glycine max* ssp. *soja*) by pollen flow from cultivated soybean (*Glycine max* ssp. *max*) in a designed population. *Weed Biology and Management*. 2, 25-30.
- 生井兵治 2010. アブラナ科作物 (ブラシカ). 品種改良

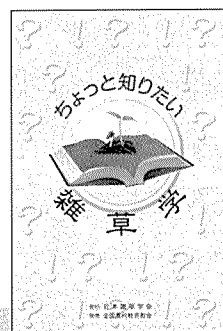
- の世界史 (鶴飼保雄・大澤良編著). 悠書館, pp.355-382.
- 西田智子. 2007. 雑草リスク評価—オーストラリアとニュージーランドの事例を中心として. 農業と雑草の生態学 侵入植物から遺伝子組換え作物まで (種生物学会編). 文一総合出版, pp.121-136.
- OECD 2003. Consensus document on the biology of *Zea mays* subsp. *mays* (maize). ENV/JM/MONO(2003)11. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No.27. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- OECD 2012. Consensus document on the biology of the *Brassica* crops (*Brassica* spp.). ENV/JM/MONO(2012)41. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No.54. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- OGTR (Office of the gene technology regulator) 2011. The Biology of *Brassica napus* L. (canola). Version 2.1. OGTR, Canberra, ACT, Australia
- Raybould, A., L. S. Higgins, M. J. Horak, R. J. Layton, N. P. Storer, J. M. De la Fuente, and R. A. Herman 2012. Assessing the ecological risks from the persistence and spread of feral populations of insect-resistant transgenic maize. *Transgenic Research* 21, 655-664.
- Rieger, M. A., M. Lamond, C. Preston, S. B. Powles, and R. T. Roush 2002. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. *Science* 296, 2386-2388.
- Tsuda, M., R. Ohsawa, and Y. Tabei 2014. Possibilities of direct introgression from *Brassica napus* to *B. juncea* and indirect introgression from *B. napus* to related Brassicaceae through *B. juncea*. *Breeding Science* 64, 74-82.
- Warwick, S. I., A. Legere, M. J. Simard, and T. James. 2008. Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbicide resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Molecular Ecology* 17, 1387-1395.
- Warwick, S. I., H. J. Beckie, and L. M. Hall 2009. Gene Flow, invasiveness, and ecological impact of genetically modified crops. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1168, 72-99.
- Wu, Z., K. M. Soliman, A. Zipf, S. Saha, G. C. Sharma, and J. N. Jenkins 2005. Isolation and characterization of genes differentially expressed in fiber of *Gossypium barbadense* L. *The Journal of Cotton Science* 9, 166-174.
- Zimdahl, R. L. 2007. *Fundamentals of Weed Science*. third ed. edition. Academic Press, San Diego.

## 日本雑草学会創立50周年企画

# ちょっと 知りたい 雑草学

沖 陽子・岩瀬 徹・露崎 浩・村岡 哲郎・高橋 宏和・田中 十城 / 著  
日本雑草学会 / 編・発行 A5判 152ページ 定価1,995円

- ◆「雑草とは何か」についてわかりやすく解説。
- ◆除草剤の正しい知識を普及する格好の書。
- ◆それぞれ独自の見識とアプローチを持つ著者陣により、多彩な内容を展開。



### 本書の内容

- 第1章 雑草のくらし
- 第2章 雑草から学ぶ自然のしくみ
- 第3章 雑草をコントロールする
- 終章 座談・雑草との共存を目指して

発売

全国農村教育協会  
<http://www.zennokyo.co.jp>

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6(植調会館)  
TEL.03-3839-9160 FAX.03-3833-1665