

植調

JAPR Journal

第50巻

第6号

雑草競合力の強い水稻品種とその評価法 橘 雅明

遺伝子組換えダイズの生物多様性影響評価に必要なツルマメの生物情報 吉村 泰幸

遺伝子組換えセイヨウアブラナの生物多様性影響評価に必要な
セイヨウアブラナ,カラシナ,アブラナの生物情報 津田 麻衣

1-MCP処理および防湿段ボール箱利用によるカキ‘早秋’の果実品質保持技術 鈴木 哲也

航空法の一部改正と無人航空機による農薬散布に関する新たなルール作り 五月女 淳



公益財団法人日本植物調節剤研究協会
JAPAN ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF PHYTO-REGULATORS (JAPR)

明日の「農」を
支える力でありたい。

三井化学アグロの除草剤

アールタイプ®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

シュオイデン®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

アルファプロ®

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

クサトリ-BSX®

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

キクンジャ〜Z®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

イネキング®

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

オシオキMX®

1キロ粒剤

フォローアップ®

1キロ粒剤

サンバード®

1キロ粒剤30

草枯らしMIC®

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



リベレーター®

「宣言」
麦づくりを
もっと先へ。

1年生の広葉雑草から、ジニトロアニリン系やスルホニルウレア系の
抵抗性イネ科雑草まで、幅広い殺草力と散布適期で、
麦づくりに新たな余裕と可能性を拓く
次世代の麦用除草剤リベレーターで雑草問題から解放し、
高品質な麦づくりをサポートします。

新登場 麦用除草剤



リベレーター G



リベレーター フロアブル

お客様相談室：☎0120-575-078

9:00~12:00、13:00~17:00 土・日・祝日を除く

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。
●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。

バイエルクロップサイエンス株式会社
www.bayercropscience.co.jp



お爺さんはなぜ山へ柴刈りに行くのか？

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 評議員
日本農業株式会社 取締役兼常務執行役員 研究開発本部長
今埜 隆道

「昔々、ある所にお爺さんとお婆さんがいました。ある日、お爺さんは山へ柴刈りに、お婆さんは川へ洗濯に行きました。」これは有名なおとぎ話「桃太郎」の冒頭部である。このくだりで、お婆さんの行動に関しては、その後に川上から流れてくる桃を拾う役目が明らかとなるので、川に行く必然性は理解できるのだが、お爺さんは何故町ではなく山へ、しかも鳥や獣ではなく「柴」を刈りに行ったのか？ この一見、物語には必然性のないお爺さんの行動に疑問を感じたのは、じつは学生時代であり、今のようにネット検索ができる訳でもなく、答えを求めて図書館や本屋を探し回った記憶がある。そして遂に何軒目かの古本屋で目的物を発見した時の感激は今でも忘れられない。すでにご存じの方もおられると思うが、改めて謎解き例を紹介したい。まず、その書物では、おとぎ話における「川」、すなわち「水」の重要性が説かれており、おとぎ話を作った農民にとって水は神様のように重要な存在だったということ。お爺さんが山へ行った理由は、その川に宿る「水の神」への貢物を得るためであること、またその貢物は狩猟民族であれば鳥獣となった筈だが、農耕民族では山菜や柴となり、さらに山菜では敢えてお爺さんが採りに行く必然性は無くなるため力仕事の柴刈りにしたこと、そしてその貢物を川の中の「水の神」へ供えた結果として、「水の神」からの返礼が「桃太郎が生まれる桃」となったこと。これらの信仰心によるト書き部分が昔は物語に含まれていた筈だが、語り継がれていくうちに省略され、今のようなエッセンスだけが残されたという（十久尾零児著「五大御伽噺の謎」より）。

「お爺さんはなぜ山へ柴刈りに行ったのか」と疑問を持つこと自体、いかにも暇だったと思うが、それを民俗学の一環

として研究された方もしっかりいたということに勇気づけられ、それ以来、何かに行き詰った折には必ず思い出す一節となっている。つまり、物事には必ず因果があり、原因を追求すれば解決案が見出されるという信条に繋がっている。

ところで、このようなおとぎ話に内在する農耕民族としての日本人の特異性は色々な場面で話題になっており、農業業界でも感じることは多い。例えば、昨今の新規農業開発では日系企業の創業力やオリジナリティーが世界的にも注目され、統計資料上の数字にも表れているが、これは幾多のノーベル化学賞受賞者を輩出している我が国の化学技術の基盤が高度に洗練されていることに加え、古くからDNAとして伝授されている農耕民族の魂、すなわち種を播いてせっせと水を遣り、肥料を与えて気長に収穫を待つ、そして生育途中の観察を怠らず、何か変化があれば迅速に対応するという粘り強さときめ細かさのなせる業と思われる。

時代は変わり、山の柴刈り作業や川での洗濯も殆ど見られなくなり、「柴刈り」自体を知らずに「芝刈り」と思う世代も増えてきた。また、今年の4月には「女性活躍推進法」も施行され、物語とはいえ、柴刈りをするのはお爺さん、洗濯するのはお婆さんと決めつけるのは如何なものかと思われる向きもあろう。しかし、おとぎ話は親から子へ、祖父母から孫へ、絵本や漫画とともにその心が無意識のうちに引き継がれ、いつの間にか日本人の精神構造の形成に大きな影響を与えているのではないかと想像する。難しい話は抜きにして、おとぎ話に共通する農耕民族としてのものの考え方を今後も伝承していきたい。

雑草競合力の強い水稻品種とその評価法

農研機構西日本農業研究センター
水田作研究領域

橘 雅明

はじめに

作物栽培は、ある一面で雑草との戦いとも言われる。水稻 (*Oryza sativa* L.) 作で一般的な湛水した田に苗を移植する栽培法は、耕地内に発生する雑草種を減らし、水稻と雑草の生育差をつけて競争を優位にするといった雑草防除上、理にかなったものとなっている。それでも除草剤が使われていなかった1949年には、水田での除草に10a当たり約50時間を要していた。その後、除草剤の普及により、ようやくその重労働から解放され、2012年には除草時間が1.4時間にまで減少した(日本植物調節剤研究協会 2014)。このように、有機栽培を除き、現在の日本の稲作は除草剤なしには成り立たない状況となっている。そのため、水稻育種の場面でも栽培時の除草剤処理を前提とし、雑草との競争性を考慮することなく、多収を目的に群落内に光が多く透過するよう短程で直立型の葉身を持つ形態に水稻を改良してきた(藤田ら 1997)。しかし、近年、更なる水稻生産の低コスト化や環境負荷低減の観点から除草剤使用量の削減が求められるようになってきている。そこで、最小限の除草剤利用と競争力の強い水稻品種の利用といった将来的な雑草防除の姿を見据え、対雑草競合力の強い品種にはどういった特徴があるのか、またそれを評価するにはどういった方法があるのか、を明らかにするため、強害雑草であるタイヌビエ

エ (*Echinochloa oryzicola* Vasing.) を対象に秋田県大仙市において一連の研究を実施した(橘 2015; 橘ら 2015a; 橘ら 2015b)。本稿ではその概要を紹介する。

1. 地上部形態の異なる水稻品種群落内に混植されたタイヌビエの生育

地上部形態の異なる水稻品種として、短程・直立型の「短銀坊主」、中程・直立型の「あきたこまち」、長程・直立型の「亀の尾」、長程・直立型の「昭通麻線谷」、中短程・開張型の「南京11号」、短程・開張型の「矮脚南特」の6品種を供試した。水稻は5月中下旬に条間30.5cm、株間15cm、1株3本植えて稚苗を手植えた。タイヌビエは水稻移植後10日頃に水稻株を対角線で結んだ交点上の条間に1株1本植えて混植した(図-1)。施肥量はN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれm²当たり8gとした。

供試水稻品種の群落内に混植したタ

イヌビエの成熟期地上部乾物重(以下、タイヌビエ残存量)を表-1に示した。タイヌビエ残存量の品種による多少には一定の傾向が認められ、「短銀坊主」区で最も多く、次いで「あきたこまち」区が多かった。その他の「亀の尾」、「昭通麻線谷」、「南京11号」、「矮脚南特」の4品種区では若干変動が



図-1 混植区の様子
水稻条間に見えるのが千鳥に植えたタイヌビエ(橘ら 2015a より)

表-1 供試水稻品種群落内のタイヌビエ残存量

品種区名	タイヌビエ地上部乾物重 (g/m ²) ¹⁾			
	1996年	1997年	1998年	1999年
短銀坊主区	364 a ²⁾	305 a	460 a	383 a
あきたこまち区	289 ab	267 ab	316 b	307 ab
亀の尾区	173 b	184 abc	128 c	294 ab
昭通麻線谷区	148 b	120 c	135 c	218 b
南京11号区	167 b	168 abc	116 c	174 b
矮脚南特區	200 b	140 bc	134 c	186 b

1) タイヌビエ地上部乾物重は成熟期の9月に測定した。

2) 各年の同一英小文字間に5%水準で有意差なし(Tukey-HSD法, n=3)。(橘ら 2015a より)

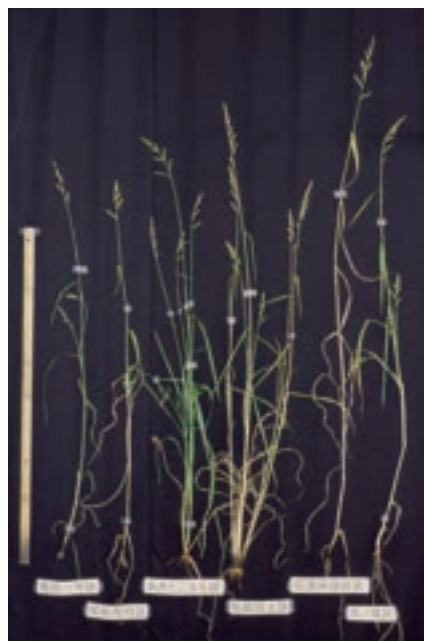


図-2 異なる草型の水稲品種群落内に混植されたタイヌビエの草姿
左から順に南京11号区、矮脚南特区、あきたこまち区、短銀坊主区、昭通麻線谷区、亀の尾区（橋 未発表）

あるものの、「あきたこまち」区より少なく、タイヌビエ残存量は「短銀坊主」区の半分程度であり、長稈型や開張型の品種区ではタイヌビエの生育が抑制されていた。各品種区に混植されたタイヌビエの最終的な草姿は大きく異なり、草丈や茎数に違いがみられた（図-2）。生育抑制の過程を捉えるためにタイヌビエの草丈と茎数の推移をみると、草丈では移植後70日頃から品種間に違いがみられ、水稻稈長の長い「亀の尾」区と「昭通麻線谷」区では草丈が他の品種区に比べて高くなる可塑性を示した（図-3）。一方、タイヌビエ茎数では移植後40～50日以降に品種区間でより顕著な差異がみられた。タイヌビエ残存量の少ない品種区では、移植後40～50日以降の茎数の増加がタイヌビエ残存量の多い品種区に比べて少なかった（図-3）。さらに、タイヌビエ残存量と成熟期のタイヌビエ全長およびタイヌビエ茎数との関係を見ると、残存量と全長との間には相関関係が認められなかったが、残存量と茎数との間には正の相関関係

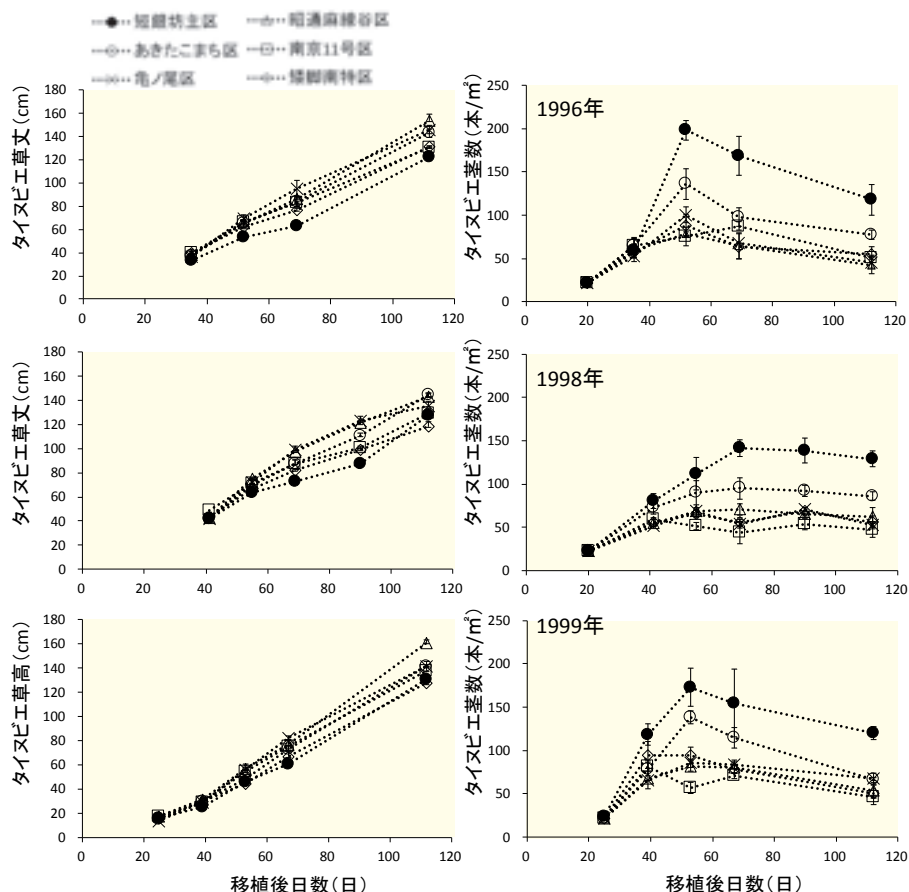


図-3 タイヌビエの草丈と茎数の推移

エラーバーは標準誤差 (n=3) を示す。タイヌビエ草丈の最終調査日の値は全長の値、1999年の移植後67日までのデータは草高の値。（橋ら2015bより）

が認められた（図-4）。以上のことから、タイヌビエ残存量の抑制は移植後40日頃の茎数抑制を通じて顕在化していると考えられる。

2. タイヌビエに対する水稻品種の競合力の評価指標

長稈型と開張型的水稻品種がタイヌビエの生育を抑制することが明らかになったが、それらの品種の競合力を一元的に評価できる指標はないものだろうか。1.の試験では、タイヌビエを混植した区だけでなく、水稻のみの単植区も設けており、生育時期別に単植区における水稻形質や群落内への光の透過率と混植区におけるタイヌビエ残存量との相関を調べた。先ず生育期のデータとの相関をみると、水稻草高については1998年の移植後39～41

日の測定時期にタイヌビエ残存量と負の強い相関関係を示したが、それ以外に相関は認められなかった。水稻茎数についてはタイヌビエ残存量と相関関係が認められなかった。水稻地上部乾物重とタイヌビエ残存量については概ね負の強い相関関係を示した。群落内相対光子束密度とタイヌビエ残存量については概ね正の強い相関関係を示した。次に収穫期のデータとの相関をみると、1998年の穂数がタイヌビエ残存量と正の強い相関関係を示したが、それ以外に相関は認められなかった（表-2）。この傾向は、混植区でのデータを用いた解析結果と概ね同様であった（データ省略）。単植区における水稻形質はその品種の潜在能力を示していると考えられ、評価試験においてタイヌビエを混植し、さらに他の雑草を手取り除草する労力を踏まえる

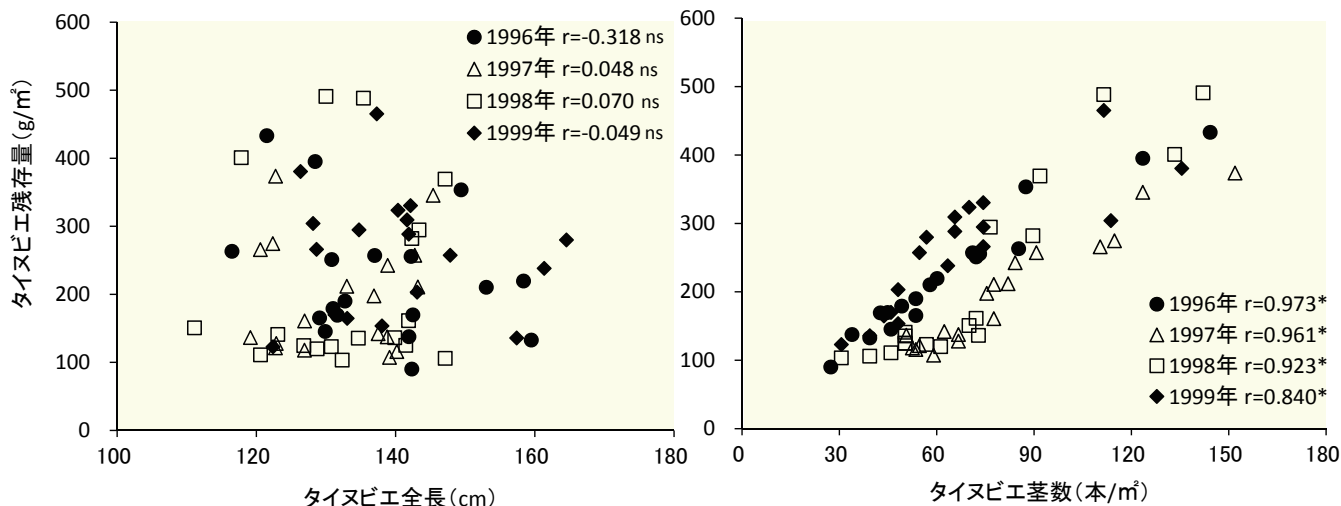


図-4 成熟期におけるタイヌピエの全長、茎数と地上部乾物重との関係

タイヌピエ残存量は成熟期である9月の地上部乾物重の値。rは相関係数(n=18)、*は5%水準で有意であること、nsは有意でないことを示す。(橋ら2015bより)

と、水稲単植区で測定した形質を評価の指標として用いる方がきわめて省力的である。なお、これらの結果はタイヌピエ残存量にとって生育早期における水稲との競争が重要であり、初期生長の早い水稲品種が養分と光に関する競争で優位に立つことを示している。

移植後39～41日の水稲単植区における群落内相対光量子束密度はタイヌピエ残存量との相関が強く、その関係は年次間で安定しており、水稲品種の生育抑制力を最も良く反映している指標といえる。しかし、測定には比較的高額な機器が必要となる。そこで、ものさしだけで計測できる水稲株の草冠短径、草冠長径、草高のデータを用いて、水稲株が占有する空間の体積をイメージし、上記3形質の積と群落内相対光量子束密度との関係を調べた。その結果、上記3形質の積と群落内相対光量子束密度との間には強い負の相関関係が認められた(図-5)。そこで、さらに26品種・系統を供試し、単植区における3時期の群落内相対光量子束密度と水稲株の草冠短径、草冠長径、草高の積のデータを用いてタイヌピエ残存量との関係を解析した。測定時期としては移植後39～40日に測定したデータとタイヌピエ残存量との相関が最も強く、群落内

表-2 単植区の水稲各種形質等と混植区のタイヌピエ残存量との相関係数

水稲形質等	年	移植後25日～27日	移植後39日～41日	移植後53日～55日	収穫期
水稲草高	1998年	—	-0.954 *	-0.800 ns	-0.397 ns
	1999年	-0.614 ns	-0.582 ns	-0.426 ns	-0.108 ns
水稲茎数	1998年	—	0.563 ns	0.683 ns	0.971 *
	1999年	-0.314 ns	0.116 ns	0.430 ns	0.738 ns
水稲地上部乾物重	1998年	—	-0.898 *	-0.924 *	0.220 ns
	1999年	-0.920 *	-0.955 *	-0.655 ns	-0.199 ns
群落内相対光量子束密度	1998年	—	0.969 *	0.885 *	—
	1999年	0.855 *	0.937 *	0.765 ns	—

タイヌピエの植え付け時期は水稲移植後10～11日。群落内相対光量子束密度は地上高5cmで測定した。収穫期の水稲草高欄は水稲稈長、水稲茎数欄は水稲穂数、水稲乾物重欄は水稲風乾重との相関係数を示す。n=6。—は未調査。*は5%水準で有意、nsは有意でないことを示す。(橋ら2015aより)

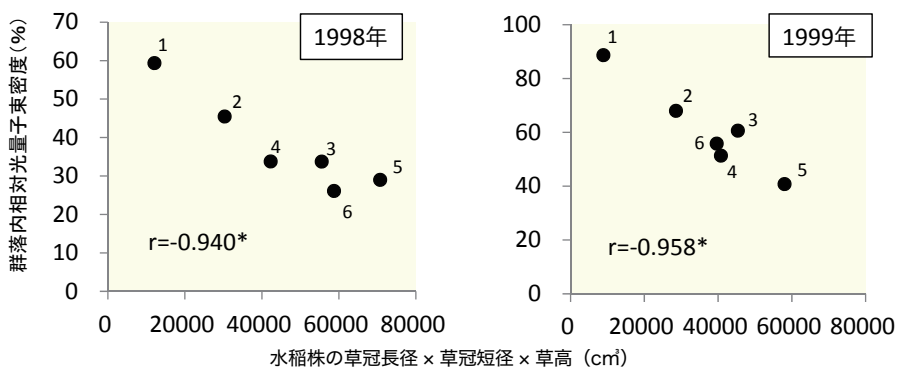


図-5 水稲単植区における稲株の草冠長径、草冠短径、草高の積と群落内相対光量子束密度との関係
水稲移植後39～40日に測定。rは相関係数(n=6)。*は5%水準で有意、nsは有意でないことを示す。マーカー数字1:短銀坊主、2:あきたこまち、3:亀の尾、4:昭通麻線谷、5:南京11号、6:矮脚南特。(橋ら2015aより)

相対光量子束密度との相関係数は $r = 0.754$ 、水稲草高、草冠短径、草冠長径の積との相関係数は -0.674 であった(図-6)。以上の結果から、移植後40日頃の水稲株の面的広がりを出す

草冠の長径、短径と水稲草高の積を指標として、タイヌピエに対する水稲品種の競合力の簡便な評価が可能と考えられた。

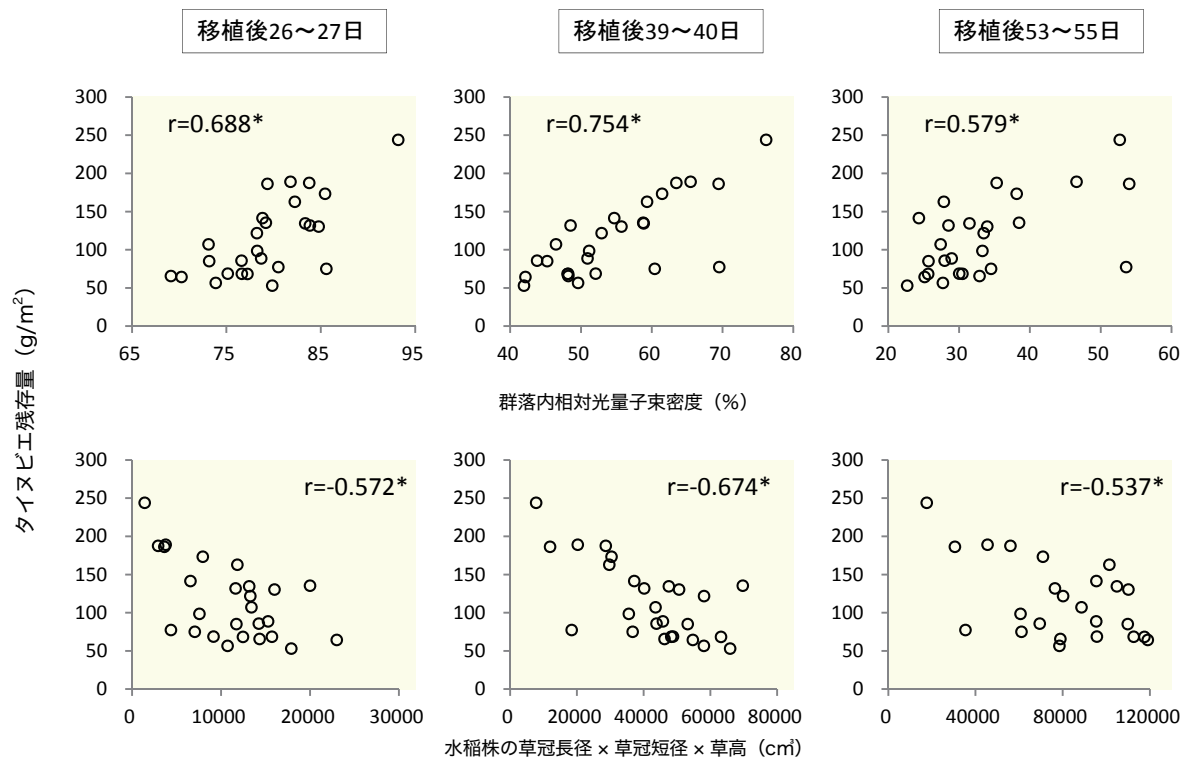


図-6 単植区の水稲各種形質等とタイヌビエ残存量との相関関係
rは相関係数 (n=26)。*は5%水準で有意。(橘ら 2015a より)

3. 競合力の異なる水稲品種間でのタイヌビエ必要除草期間の差異

タイヌビエに対する競合力に水稲品種間差異のあることが明らかになったが、その違いは必要除草期間において、どの程度の差を生じるのであろうか。一般的な食用品種「あきたこまち」と競合力の強い「昭通麻線谷」および「南京11号」の3品種を供試し、異なる時期にタイヌビエを水稲群落内に混植あるいは自然発生させて、タイヌビエ残存量を調査した。水稲移植後の除草期間と雑草重との間にはロジスティック曲線で表される関係のあることが示されている(鈴木・須藤 1975)。そこで、タイヌビエの出芽日を、混植した0.5葉期の個体については植え付けの2日前とし、土壌攪拌後に自然発生した個体については土壌攪拌の2日後として、タイヌビエの出芽日(X)と成熟期地上部乾物重(Y)との関係に「 $Y=c/(1+\exp(-a*(X-b)))$ 」a:

増加率, b: 変曲点, c: 漸近線」の式で表されるロジスティック曲線をあてはめた。水稲移植後から任意の出芽日までの期間を完全に除草した場合、任意の出芽日以降に出芽したタイヌビエ個体の残存量の合計が、最終的な残存量となる。しかし、出芽日が遅くなると水稲との競争でタイヌビエにとって不利な条件となるため、後次発生したタイヌビエ個体の残存量は急激に少なくなり(Chisaka 1977; 橘ら 2014)、最終的な残存量に占める後次発生個体の割合は小さくなる。そのため、出芽日が遅い場合、任意のタイヌビエ残存量とするために必要とされる除草期間は、各水稲品種のロジスティック曲線から逆推定したタイヌビエの出芽日(水稲移植後日数)とほぼ等しくなると考えられる。その場合、任意の残存量に対応するタイヌビエ出芽日の水稲品種による違いは、水稲品種間における必要除草期間の差異ともいえる。

3カ年を通じ、ほぼ全ての出芽時期

で「昭通麻線谷」区および「南京11号」区のタイヌビエ残存量は「あきたこまち」区に比べて少なかった。「昭通麻線谷」区のタイヌビエ残存量の「あきたこまち」区に対する比率は、各出芽日の平均で1998年が46%、2001年が63%、2002年が48%であった。「南京11号」区のタイヌビエ残存量の「あきたこまち」区に対する比率は、各出芽日の平均で1998年が35%、2001年が41%、2002年が52%であった(図-7)。タイヌビエ残存量が水稲風乾重の3%程度で収量に大きく影響しないと考えられる50g/m²およびタイヌビエの繁殖源増加防止の観点で許容される残存量(橘ら 2013)以下である10g/m²となる出芽日を表-3に示した。タイヌビエの残存量を50g/m²とした場合、「昭通麻線谷」区および「南京11号」区の出芽日は「あきたこまち」区より、1998年は5~6日、2001年は6日、2002年は3~4日早かった。タイヌビエの残存量を10g/m²とした場合、「昭通麻線谷」区および「南

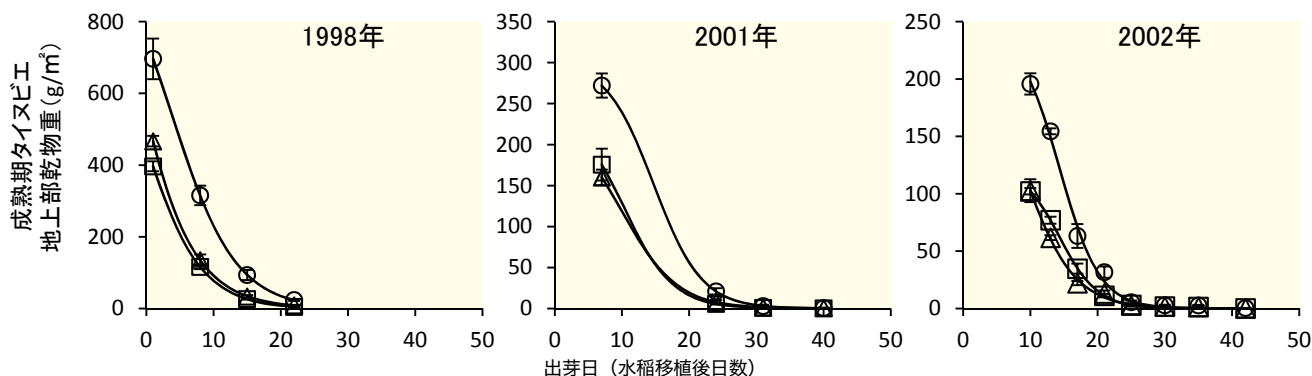


図-7 タイヌビエの出芽時期と成熟期乾物重との関係

1998年	2001年	2002年
○あきたこまち区 $y=1093/(1+\exp(0.209*(x-3.686)))$ $R^2=0.971$	○あきたこまち区 $y=303/(1+\exp(0.281*(x-14.720)))$ $R^2=0.991$	○あきたこまち区 $y=243/(1+\exp(0.337*(x-14.373)))$ $R^2=0.985$
△昭通麻線谷区 $y=2173/(1+\exp(0.203*(x+5.384)))$ $R^2=0.993$	△昭通麻線谷区 $y=238/(1+\exp(0.242*(x-9.967)))$ $R^2=0.990$	△昭通麻線谷区 $y=261/(1+\exp(0.257*(x-8.328)))$ $R^2=0.974$
□南京11号区 $y=1054/(1+\exp(0.226*(x+1.237)))$ $R^2=0.995$	□南京11号区 $y=246/(1+\exp(0.275*(x-10.333)))$ $R^2=0.968$	□南京11号区 $y=125/(1+\exp(0.349*(x-14.314)))$ $R^2=0.992$

(橘 2015 より)

表-3 成熟期乾物重から推定したタイヌビエの出芽日¹⁾

タイヌビエ 地上部 乾物重 (g/m ²)	1998年			2001年			2002年		
	あきた こまち区	昭通麻線 谷区	南京11号 区	あきた こまち区	昭通麻線 谷区	南京11号 区	あきた こまち区	昭通麻線 谷区	南京11号 区
50	18	13	12	21	15	15	18	14	15
10	26 ²⁾	21	19	27	23	22	24	21	21

1) 値は第1図のロジスティック曲線から逆推定したタイヌビエの出芽日(移植後日数)。

2) 斜字は外挿して求めた値。

(橘 2015 より)

京11号」区の出芽日は「あきたこまち」区より、1998年は5～7日、2001年は4～5日、2002年は3日早かった。出芽日の差異を必要除草期間の差異とした場合、競合力の強い水稲品種では、「あきたこまち」に比べ、タイヌビエの必要除草期間が3～7日間短くなると考えられる。「あきたこまち」区におけるタイヌビエの残存量がm²当たり10gとなる必要除草期間は水稲移植後24～27日であることから、最初に処理した除草剤の残効がこの時期より前に切れる場合、2回目の除草剤処理が必要になる。一方、必要除草期間の短い「昭通麻線谷」と「南京11号」では、2回目の除草剤処理は不要である。

以上のように除草剤使用量を削減するには、タイヌビエの茎数を可能な限り抑制できるように早期の生育が旺盛な競合力の強い水稲品種を選択することが有効と考えられる。

引用文献

- Chisaka, H. 1977. Weed damage to crops: yield loss due to weed competition. In "Integrated Control of Weeds" ed. by Fryer, J.D. and S. Matsunaka, University of Tokyo Press, Tokyo, pp.1-16.
- 藤田学ら 1997. 青森県水稲新品種間のヒエに対する競争力の変異－草型と光競争の関係－. 日本作物学会東北支部会報 40, 53-54.
- 日本植物調節剤研究協会 2014. 「植調五十年史」. 日本植物調節剤研究協会, 東京, pp.

314.

- 鈴木光喜・須藤孝久 1975. 水田雑草の発生生態 第3報 水稲稚苗移植田における雑草の発生活長と雑草害. 雑草研究 20, 114-117.
- 橘雅明ら 2013. 北東北地域の飼料イネ栽培におけるタイヌビエの許容残存量. 雑草研究 58, 177-182.
- 橘雅明ら 2014. 北東北地域の飼料イネ湛水直播栽培における栽培管理と各種要因がタイヌビエの収穫期残存量に及ぼす影響. 雑草研究 59, 57-64.
- 橘雅明 2015. 寒冷地における地上部形態を異にする水稲品種間でのタイヌビエ必要除草期間の差異. 雑草研究 60, 1-4.
- 橘雅明ら 2015a. 寒冷地における水稲のタイヌビエに対する生育抑制力を簡易に評価する方法. 雑草研究 60, 35-42.
- 橘雅明ら 2015b. 寒冷地における競争力の強い水稲品種によるタイヌビエの生育抑制の過程. 雑草研究 60, 153-157.

遺伝子組換えダイズの生物多様性 影響評価に必要なツルマメの 生物情報

国立研究開発法人
農研機構農業環境変動研究センター
生物多様性研究領域

吉村 泰幸

私たちの生活と ダイズ・ツルマメ

私たちの食卓には、煮豆、豆腐、醤油、納豆、きな粉、サラダ油、マヨネーズ、スナック菓子など、ほぼ毎日、ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) から出来た加工食品が並んでおり、ダイズは日本人にとって馴染み深く、なくてはならない食材である。

ダイズは、野生種のツルマメ (*Glycine soja* Sieb.& Zucc.) から成立したとされ、両者の間に交雑の障壁はなく、雑種も健全に育つことが確認されている。ダイズの茎は直立するが、ツルマメは、その名のとおりつる性でセイタカアワダチソウやオオブタクサなど他の植物に絡みついて生育することが多い。葉はダイズと同じ三出複葉 (3枚の葉がセット) で、小葉は、長さ3～8cmのダイズより細めの狭卵形で、ダイズとよく似た5～8mmの赤紫色の花を咲かせる (図-1 左)。莢は長さ2.5～3cmで、褐色毛を密生する。種子は黒色で、長さ4.5mmほどの扁平な楕円形で (図-1 右)、一見ダイズとは全く違う植物に見える。

ツルマメは、日本、朝鮮半島、シベリア、中国、台湾など、東アジアに広く分布する1年生の雑草で (図-2)、道端などどこにでも生育している植物ではないが、田んぼの周囲や河川敷、耕作放棄地などを探すと、比較的容易に見つけることができる。実は、このような主要作物の直接の祖先種が身近



他の植物にからみつくツルマメ

ツルマメの莢と種子

図-1 野外に生育するツルマメの様子



図-2 ツルマメの分布

に分布している例はたいへん珍しい。

近年、各国の遺跡より得られた炭化種子の形態や炭素年代測定の比較では、紀元前9000～5000年あたりから東アジアの複数の場所でツルマメからダイズへの栽培化が進んでいた可能性が指摘され、日本もその起源地の一つと考えられるようになった (島本2003; Lee et al. 2011)。最近までダイズは、弥生時代に稲作とともに大陸

から日本に伝えられたと考えられていたが、炭化種子の形態、土器の痕跡、炭素年代測定から、縄文時代中期以降から栽培化が始まり (小畑ら2007; 中山2009; 会田ら2012)、その歴史がよりさかのぼることが判明した。

奈良時代に書かれた古事記や日本書紀には、豆類が重要な農作物として扱われており、アズキとともにダイズは広く栽培された。その後、鎌倉・室町



図-3 遺伝子組換えダイズ



資料：バイオテック情報普及会

図-4 カルタヘナ法における遺伝子組換え作物の三つの生物多様性影響

時代には、精進料理として湯葉や豆腐が広まり、江戸時代には、味噌や醤油の自家製造が一般的になった（濱屋・山下 2002）。明治初期から大正末期にかけて、また、第二次世界大戦後しばらくは、ダイズはさかんに栽培され、その栽培面積は、40 万 ha 台に達していたが、海外からのダイズ輸入、自由化等により減少し、近年は 12 ～ 14 万 ha ほどで横ばい状態である（農林水産省 2016a）。平成 25 年のダイズの国内自給率は、約 6% で、残りの 94% を海外からの輸入に依存している。輸入相手先として、アメリカが 166 万トンと最も多く、ブラジル 65 万トン、カナダ 38 万トンと続く（農林水産省 2016b）。

遺伝子組換えダイズ（図-3）、とくに、ある特定の除草剤に耐性をもつダイズは、その散布時期等の管理が柔軟であること、土壌浸食が深刻な国にとって、除草剤耐性ダイズを用いた不耕起栽培が、土壌浸食を防ぐ有効な手段であること、収穫物に夾雑物が少なくなることなどの利点があり、アメリカでは、本特性を持ったダイズが、全ダイズ栽培面積の 94% を占めている（USDA 2016）。しかし

ながら、除草剤耐性品種を採用することによる問題も発生している。世界の 26 の国々で、除草剤グリホサートに耐性を持つオオホナガアオゲイトウ (*Amaranthus palmeri*) やブタクサ (*Ambrosia artemisiifolia*) など 35 種の雑草が出現している (Heap 2016)。除草剤耐性ダイズの栽培のない日本においても除草剤耐性の雑草が発生している (Niinomi *et al.* 2013) ことから、全ての除草剤耐性雑草が、除草剤耐性作物の大規模栽培の結果生じたわけではないが、現在では、複数の除草剤に耐性をもつ品種を用いたり、機械的な除草方法を併用したりと、以前より単純な除草体系で雑草を管理できなくなっている (松尾・吉村 2015)。また、遺伝子組換えセイヨウアブラナよりは、少数であるが、搬送途中のこぼれ落ちにより、遺伝子組換えダイズが輸入港周辺の道路わき等で生育しているケースも報告されている（農林水産省 2015）。

カルタヘナ法における生物多様性影響評価

遺伝子組換えダイズを輸入、流通、

あるいは日本国内で栽培するためには、使用の目的に合わせて認可を得る必要がある。食品としての安全性は、「食品衛生法」、飼料としての安全性は、「飼料安全法」、生物多様性への影響は、「カルタヘナ法」（正式には、「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」）に基づき、科学的安全性を審査し、問題が生じないと評価されて初めて使用できるしくみとなっている。

遺伝子組換え生物が野生動植物の急激な減少などを引き起こし生物の多様性に影響を与えないように採択されたのが、「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書」であり、この議定書を日本で実施するために、この「カルタヘナ法」が 2004 年 2 月に施行された。カルタヘナ法の生物多様性影響評価では、主に、「競合における優位性」、「有害物質の産生性」、「交雑性」の観点から、野生動植物の種または個体群の維持に支障を及ぼすおそれがある影響が生じないかどうかを評価している（図-4）。交雑性で問題となるのが、在来近縁野生種との交雑である。前述したように日本を含む東アジアには、ツ

表-1 遺伝子組換えダイズの生物多様性影響
評価に必要なツルマメの生物情報集
の目次

序論
1. はじめに
2. 研究方法
I 分類学的位置づけと分布
1. <i>Glycine</i> 属植物の分類
2. ツルマメの分布
3. ツルマメの生育環境と共存植物
II ツルマメの生活史特性
1. 生活史と生育型
2. 発芽条件
3. 栄養成長及び開花・結実
4. 交雑様式
5. 種子生産と散布様式
6. 昆虫による食害
III ツルマメとダイズの特性比較
1. 遺伝的特性の比較
1) 核型にみられる差異
2) 塩基配列にみられる差異
3) 遺伝的類縁関係
2. 形態的特性の比較
1) 種子の形態にみられる差異
2) 葉型にみられる差異
3. 成熟群の比較
IV ツルマメとダイズの雑種形成と 遺伝子浸透
1. 自然雑種形成と雑種個体の特性
2. 人工交雑による雑種個体の特性解明
1) 雑種第一代の特徴
2) 雑種後代の特徴
3) 適応度に関する量的形質遺伝子座 (QTL)
3. ダイズからツルマメへの遺伝子浸透 の可能性
V 引用文献

ルマメというダイズの近縁種の雑草が分布していることから、遺伝子組換えダイズの生物多様性影響を評価するためには、ツルマメとの交雑親和性、雑種後代の適応度などより幅広く、深い知見が必要になる。

ツルマメの生物情報集

2016年3月31日に、農業環境技術研究所報告第36号(吉村ら2016)に20数ページにわたって掲載された「遺伝子組換えダイズの生物多様性影響評価に必要なツルマメの生物情報集」(<http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/publish/bulletin.html> からダウンロード可能)は、これまで国内外で公表されたツルマメの様々な知見を集

めたものである。図鑑はもちろん、科学論文等も含まれ、以下のような項目でまとめられている(表-1)。

序論では、これまで日本国内において栽培、食用、飼料用として第一種使用が承認されている遺伝子組換えダイズの一覧を掲載し、この報告を作成するにあたっての背景や意義、情報の収集方法について記載した。

「I 分類学的位置づけと分布」では、ツルマメの生物学的基本情報として、分類学的位置づけ、日本国内で分布が確認されている *Glycine* 属植物やその分布状況、共存植物や生育環境がまとめられている。本報告では、主にこれまでに公表された論文等をまとめているが、この報告用に独自に収集されたデータもあり、RuLis(農業環境技術研究所農村景観・調査情報)システムを用いて日本各地の自生地192地点の環境要因が解析された。

「II ツルマメの生活史特性」では、生活史や発芽、交雑などツルマメがどのように生育しているかについてまとめた。遺伝子組換えダイズの出現によって、その生物多様性影響を評価するためツルマメについての新しい様々な知見が集められたが、ツルマメを食害する昆虫は、その代表的な知見である。特に近年、遺伝子組換えダイズの一つに害虫耐性ダイズがあり、日本においても承認されているが(バイオセーフティクリアリングハウス2016)、このダイズには、チョウ目の昆虫が食べると毒となる成分が含まれ

ている。したがって、害虫耐性ダイズと交雑することによってこの毒素をもつ害虫耐性のツルマメが発生する可能性があり、その影響を評価するためのものである。東北、関東、中国、九州地方での調査の結果、ツルマメを食害するチョウ目害虫として、12科47種が判明し、生物情報集には、これらの種の一覧も掲載した。このような調査の中で、これまで何を食していたのか不明であったチャバネキボシアツバ、オクハマキのエサ(ツルマメ)が判明したケースもあった(安田ら2012)。

「III ツルマメとダイズの特性比較」では、ツルマメとダイズを、染色体や核ゲノム、ミトコンドリアの塩基配列など遺伝的特性の観点から、また、種子の形態、葉型など形態の違いで比較を試みている。SNPマーカーによる解析によると、各国のツルマメはダイズとは大きく異なる群を形成し、日本のツルマメがダイズに最も近縁で、韓国、中国、ロシアの順に遠縁になる傾向が認められており、栽培化の歴史を考えると大変興味深い。また、アメリカのダイズ品種は、13種類の成熟群に分類され、日本の品種は、開花までの日数、開花から登熟までの日数によって、その生態型が分類されているが、本報告では、日本の主要ダイズ97品種を日米の成熟群を対応したかたちで一覧にしており、日本各地のツルマメもUSDAの成熟群の分類で分けられ、見やすくまとめられている。このような成熟群による比較もあり

例をみない。

「IV ツルマメとダイズの雑種形成と遺伝子浸透」は、カルタヘナ法で定義される生物多様性影響の「交雑性」を評価する重要な知見がまとめられている。例えば、1936年から2013年までに論文等で公表されたダイズとツルマメの雑種の評価世代や評価方法、評価形質などが一覧表として記載されている。搬送途中にこぼれ落ちた遺伝子組換えダイズとツルマメとの交雑が懸念されると前述したが、この項を参照する。

「V 引用文献」では、122の文献が記載されている。本報告内の内容は、多くの項目に分かれ(表-1)、各項目をそれほど深く掘り下げて記載されてはいないため、さらに詳細な文献を調査するには大変便利である。

これまで、作物については、その作物を専門に研究してきた研究者等によって出版されており、遺伝子組換え作物そのものの生物学的情報を集めたバイオロジードキュメントもいくつかの政府機関等(OECD 2016; OGTR 2016; CFIA 2016)によって作成され、公開されているが、一つの雑草種について、これだけの情報を網羅したものは、前例がないと思われる。

さいごに

この生物情報集によって、ツルマメの様々な情報がまとめられた。しかしながら、ツルマメの全ての生物学的な

情報が明らかにされたわけではない。現在、我々の研究グループでは、ツルマメの分布や開花を予測するモデルを構築し、日本の地域ごとに遺伝子組換えダイズとツルマメが交雑する可能性をより正確に評価すること、埋土種子となったツルマメ種子の寿命、周囲の植生の遷移に伴う個体数の変化を把握することにより、個体群の存続性を評価すること、さらに交雑によって生じた雑種が持つ組換え遺伝子が、世代が進むとどのように挙動するのかを予測する研究を行っている。このようなさらなる知見を積み重ねることによって、より正確な遺伝子組換えダイズの生物多様性影響評価が可能になると考えている。

引用文献

- 会田進ら 2012. 長野県岡谷市目切遺跡出土の炭化種実とレプリカ法による土器種実圧痕の研究. 資源環境と人類 2, 49-64.
- バイオセーフティクリアリングハウス 2016. <http://www.biodic.go.jp/bch/>
- Canadian Food Inspection Agency(CFIA) 2016. Biology Documents - Companion Documents for Directive 94-08. 1330723572623/1330723704097
- 濱屋悦次・山下洵子 2002. 日本の食文化における大豆の存在意義人口成長と大豆の蛋白質. 看護学統合研究 3(2), 9-17.
- Heap, I. 2016. International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/Account/AboutUs.aspx>
- 小畑弘己ら 2007. 土器圧痕からみた縄文時代後・晩期における九州のダイズ栽培. 植生史研究 15-2.
- Lee, G.A. *et al.* 2011. Archaeological Soybean (*Glycine max*) in East Asia: Does

Size Matter?. PLoS ONE,6,e26720

松尾和人・吉村泰幸 2015. 遺伝子組換え作物の栽培国および輸入国における雑草問題 日作紀 84, 1-8.

中山誠二 2009. 縄文時代のダイズ属の利用と栽培に関する植物考古学的研究. 古代文化 61-63. 古代学協会.

Niinomi, Y. *et al.* 2013. Glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) on rice paddy levees in Japan. Weed Biology and Management 13, 31-38.

農林水産省 2015. 平成 26 年度遺伝子組換え植物実態調査の結果について <http://www.maff.go.jp/j/press/syouan/nouan/151029.html>

農林水産省 2016a. 統計情報 <http://www.maff.go.jp/j/tokei/>

農林水産省 2016b. 大豆のまめ知識 http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_tisiki/

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) 2016. <http://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/consensusdocumentsfortheworkonharmonisationofregulatoryoversightinbiotechnologybiologyofcrops.htm>

Office of the Gene Technology Regulator(OGTR) 2016. Biology Documents. <http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biology-documents-1>.

島本義也 2003. ダイズ「食用マメ類の科学—現状と展望—」. 養賢堂

USDA 2016. <http://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx>

安田耕司ら 2012. ツルマメを寄主植物とするチョウ目昆虫. 蛾類通信 263, 333-336.

吉村泰幸ら 2016. 遺伝子組換えダイズの生物多様性影響評価に必要なツルマメの生物情報集. 農業環境技術研究所報告第 36 号, 47-69.

遺伝子組換えセイヨウアブラナの生物多様性 影響評価に必要なセイヨウアブラナ, カラシナ, アブラナの生物情報

筑波大学
遺伝子実験センター
津田 麻衣

セイヨウアブラナ, カラシナ, アブラナに関する生物情報の必要性

日本における遺伝子組換え作物の使用に際しては、カルタヘナ法に基づく生物多様性への影響が評価され、影響が生じないと認められた場合に第一種使用規程承認組換え作物として承認される。世界で商業利用のために登録されている遺伝子組換えセイヨウアブラナ（セイヨウナタネとも呼ばれる、*Brassica napus*）全33品種（2016年7月現在, BCH 2016, OECD 2012）のうち、ほとんどの品種は特定の除草剤に耐性を示す品種であり、優性不稔性と不稔性の回復系統である。日本では何らかの除草剤に対する耐性を有する遺伝子組換えセイヨウアブラナ15品種が第一種使用規程の承認を受け、すでに商業利用されている（2016年7月現在, J-BCH 2016）。

日本には、セイヨウアブラナと交雑可能な近縁種としてカラシナ（*B. juncea*）とアブラナ（*B. rapa*）が河原や空き地、路傍等に生育している（表-1）。アブラナは奈良時代に導入された帰化植物であり（山岸 1989）、カラシナも日本在来の野生種ではない（星川 1987）ことから、遺伝子組換えセイヨウアブラナの交雑に関する生物多様性影響評価において、影響を受ける野生種にはあたらない。一方、将来、実用化が見込まれる環境ストレス耐性や病虫害抵抗性等の遺伝子組換えセイヨウアブラナは自然条件下での適応度が向上し、逸出して定着した場合や自然交雑によって自生の近縁種がそれらの形質を獲得した場合、競合における優位性が高まることで生態系が攪乱されることが懸念される。そのため、近い将来実用化が見込まれるこのような特性を持つ遺伝子組換えセイヨウアブラナの実用化に備え、セイヨウアブ

ラナ、交雑可能な近縁種であるカラシナおよびアブラナの生物情報に基づいた慎重な生物多様性影響評価の検討が必要であると考えられる。これまで、筆者は交雑性に焦点を当て研究を進めてきた。そこで、本稿では生物多様性影響評価に参考となり得るセイヨウアブラナ、カラシナ、アブラナの生物情報として、交雑性に関してこれまで得られた結果や既報の情報を整理して紹介するとともに、今後起こり得る新たな課題の解決に備えた情報の整備の必要性についても述べたい。

起源と分布域

アブラナ科アブラナ属の祖先は、 $x=4$ を基本染色体数とする植物であった。その後、ゲノムの倍加や種分化を繰り返し（Lysak *et al.* 2006）、染色体の融合、減少、構造変化が生じた結果、複雑な染色体構造を持つ

表-1 セイヨウアブラナ, カラシナ, アブラナの形態的特徴（竹松・一前 1993 より抜粋）

器官	セイヨウアブラナ	カラシナ	アブラナ
葉	根生葉と茎につく葉がある 根生葉は頭大羽状分裂し、頂裂片が大型、側裂片が小型で数対に分かれあらい鋸葉を持ち、柄がつく 上部につく葉は長楕円形～披針形で全縁、小型であり、基部の幅が広く茎を抱く	根生葉と茎につく葉からなる 根生葉はへら型で長さ20cm、羽状に分裂し鋸葉がある 茎につく葉は中～下部のものが長楕円形であらい鋸葉があり、上部のものが全縁である	根生葉と茎につく葉からなる 根生葉は頭大羽状に深裂し、頂裂片が卵形で側裂片は3～4対につき、各裂片には丸い鋸葉がある 裏面に毛が生え、長柄をもつ。茎につく葉は互生、下部のものは羽状浅裂し基部が耳型で茎を抱き、上部のものは卵形～披針形で基部が茎を抱く
茎	直立し、分枝があり高さ50～100cm、茎葉全体に粉白緑色を示す	直立し、分枝があり高さ50～100cm、無毛である	直立し、分枝があり高さ30～100cm、毛が生える
花	十字状花で、茎頂に総状花序を形成する がくは長楕円形で舟型	茎頂に黄色の十字状花を総状につける がく片は長楕円形で4～5mm、花弁よりも離れる	茎頂に黄色の十字状花が密集してつき、総状花序を形成する がく片は、披針形の舟型で長さ5mm
花弁	10～20mm、がくの2倍の長さ	長楕円形で長さ8～10mm	倒卵形で長さ6～10mm、黄色を示す
根	直根	直根	直根で太く長い
莢	線形で長さ5～10mm、0.5～2cmのくちばしがある	線形で長さ3～6cm、先に長さ5～10mmのくちばしがつく	線形で先がくちばし状になり、長さ4～8cm
種子	球状で1.5～2.5mm、黒色を示す	球形で長さ1.5～2mm、褐色を帯びる	赤褐色～黒色で長さ2mm

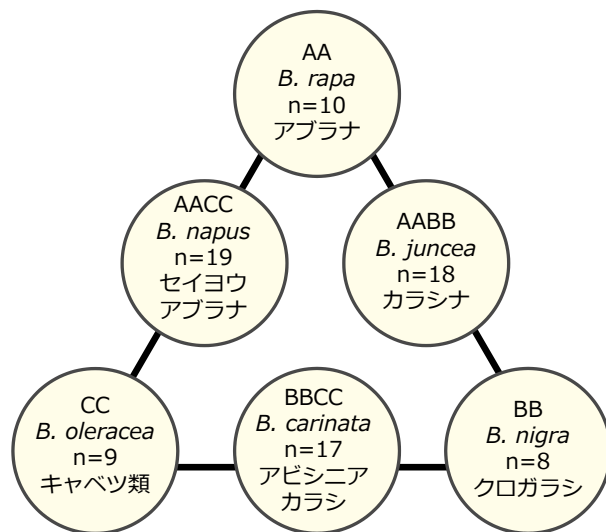


図-1 アブラナ属6種のゲノム構成と染色体数 (U, 1935 より作成)

アブラナ (AA, $2n=20$), クロガラシ (BB, $2n=16$) およびキャベツ類 (CC, $2n=18$) が成立した (Yang *et al.* 2002)。さらにこれらの種間交雑によって二基四倍体のセイヨウアブラナ (AACC, $2n=38$), カラシナ (AABB, $2n=36$) およびアビシニアカラシ ($2n=34$) が成立した (U 1935, 図-1)。

世界では、セイヨウアブラナおよびアブラナは温帯に分布し、カラシナは温帯と熱帯の一部にまで広がる (清水ら 2003)。

日本におけるアブラナの分布は、

「河川水辺の国勢調査」(国土交通省 2012) によると、新潟、長野、宮崎、熊本、近田ら (2006) によると、福島、栃木、千葉、大分、各県の植物誌によると岩手、群馬、千葉、東京、神奈川、新潟、長野、静岡、岡山、愛媛、大分での自生が報告されており、全ての都道府県に分布していることは確認されていない。カラシナは、文献や国立科学博物館および都道府県のデータベース等から全都道府県に分布することが分かっている (津田ら 2016)。一方、セイヨウアブラナは、奈良、長崎、沖縄を除く全都道府県における自生が

報告され (近田ら 2006 ; 国土交通省 2012), 近年では遺伝子組換え種子のこぼれ落ちによる自生が各地の港湾周辺で確認されている (環境省 2015 ; 農林水産省 2015)。

開花期と交配様式

日本におけるセイヨウアブラナ、カラシナ、アブラナの3種の開花期の重複性は、遺伝子組換え植物と近縁種間の自然交雑による遺伝子浸透の可能性の推定において重要な知見となる。松尾・伊藤 (2001) が行った現地調査およびさく葉標本調査によって推定された3種の開花期が、北海道、東北、北陸、関東、東海、近畿、中国、四国地方別に示されている (図-2)。図-2から、本州では3種の開花が重複する期間があることが推定される。

セイヨウアブラナは自殖も他殖も可

	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	
北海道								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
東北								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
北陸								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
関東								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
東海								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
近畿								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
中国								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ
四国								セイヨウアブラナ
								カラシナ
								アブラナ

図-2 現地調査・標本庫調査に基づき推定されたアブラナ3種の開花期 (松尾・伊藤, 2001 より作成)

表-2 *Brassica* 6 種のゲノムサイズ (参考: シロイヌナズナ)
(brassica. Info website より改変)

和名 (ゲノム構成)	ゲノムサイズ (Mb)
セイヨウアブラナ (AACC)	1127-1235
カラシナ (AABB)	1068-1495
アブラナ (AA)	468-784
キャベツ (CC)	599-868
クロガラシ (BB)	468-760
アビシニアカラシ (BBCC)	1284-1544
シロイヌナズナ	157

能な虫媒性の植物である (Treu and Emberlin 2000)。通常は自殖率が高く自家受粉するが、12～47%の範囲内で他殖することも報告されている (Becker *et al.* 1992)。カラシナは自家受粉する花器構造を持つ自殖性である (Howard *et al.* 1916) が、7～24%が他殖すると報告されている (Abraham *et al.* 1994; Rakow and Woods 1987)。一方、アブラナは、インドで栽培される品種 yellow sarson (Hinata *et al.* 1983) を除き、自家不和合性遺伝子を持つ他殖性の植物である。

遺伝学的情報

アブラナ属 6 種のゲノムサイズを表-2に示す。図-1の6種を構成する A, B, C ゲノムのうち、これまで二倍体アブラナ (Wang *et al.* 2011) とキャベツ類 (Liu *et al.* 2014)、ゲノムサイズの大きい二基四倍体セイヨウアブラナ (Chalhoub *et al.* 2014) の全ゲノムが解読されている。A, B, C ゲノムは、相互に部分的な相同領域が多数存在し (Truco *et al.* 1996; Nabavi *et al.* 2013)、特に A ゲノムと C ゲノム間は相同性が高く、染色体間の対合や組換えが生じやすいとされる (Leflon *et al.* 2006)。

種属間交雑

Fitzjohn *et al.* (2007) および Tsuda

et al. (2014) がまとめた種属間雑種が報告されているアブラナ科植物を表-3に示す。アブラナ科の中でもセイヨウアブラナ、アブラナ、カラシナの3種は、多様な種属間との交配組合せにおいて雑種を作出しやすい種としてそれぞれ上位に位置付けられており、キャベツ類 (*B. oleracea*) やクロガラシ (*B. nigra*) 等がそれらに続く。また、表-3に示した3種の交配相手の植物種は、いずれも帰化種または日本での自生が報告されていない種である。

自然交雑

アブラナ科の中でもセイヨウアブラナ、アブラナ、カラシナの3種の花はともに虫媒花であり、訪花昆虫は農業環境技術研究所農業環境インベントリーセンター (2008) の「ナタネ等アブラナ科植物の訪花昆虫検索表」に示されている。昆虫を介した花粉の移動は、環境条件や昆虫の活性に加えて、花粉源となる個体群のサイズや密度による花粉利用性、花粉源からレシピエントまでの距離、位置や方向に依存するといわれる (Levin and Kerster 1969; Stringam and Downey 1978; Klinger *et al.* 1992)。ミツバチによる花粉の流動の大半は5 m以内という報告がある一方、最大4 km飛行した例もある (Thompson *et al.* 1999)。実際に、セイヨウアブラナで報告される花粉流動のほとんどは10 m以下であり、花粉源から離れ

るほど花粉量は減少すると言われるが (Stringam and Downey 1978; Scheffler *et al.* 1993; Timmons *et al.* 1995)、1.5 km 地点まで花粉が流動することが報告されている (Timmons *et al.* 1995)。雄性不稔性や除雄したセイヨウアブラナを使用した自然交雑試験では他殖率が高まるため、これらを使用せずに実施したセイヨウアブラナ間の自然交雑の試験においては、交雑個体が花粉源から3 km 地点で確認されている (Rieger *et al.* 2002)。

セイヨウアブラナからカラシナへの種間交雑における自然交雑率は、2種を混植した場合は0.13～5.91%であると報告されている (Bing *et al.* 1991; Bing *et al.* 1996; Huiming *et al.* 2007; Jørgensen *et al.* 1998; Tsuda *et al.* 2012a; Heenan *et al.* 2007; Liu *et al.* 2010)。さらに、Tsuda *et al.* (2012a) によれば、セイヨウアブラナとカラシナの栽植距離に比例して自然交雑率が減少すること、交雑が確認された最も遠い地点はセイヨウアブラナの花粉源から17.5 m 地点で、その自然交雑率は0.03%であった。

一方、カラシナからセイヨウアブラナへの自然交雑率は、1.1～1.3%の範囲であることが報告されている (Bing *et al.* 1991; Bing *et al.* 1996; Jørgensen *et al.* 1998; Heenan *et al.* 2007; Rieger *et al.* 1999)。

セイヨウアブラナからアブラナへの自然交雑率は0～17.5%、平均5.8%

表-3 セイヨウアブラナ, カラシナ, アブラナとの種属間雑種が報告されたアブラナ科の植物

花粉親がセイヨウアブラナ*		花粉親がカラシナ**		花粉親がアブラナ*	
順位***	学名	順位	学名	順位	学名
1	<i>B. rapa</i>	1	<i>B. napus</i>	1	<i>B. napus</i>
2	<i>B. juncea</i>	2	<i>B. rapa</i>	2	<i>B. juncea</i>
3	<i>B. carinata</i>	3	<i>B. carinata</i>	3	<i>B. oleracea</i>
4	<i>B. oleracea</i>	4	<i>B. oleracea</i>	3	<i>B. tournefortii</i>
4	<i>Diplotaxis erucoides</i>	4	<i>D. tenuifolia</i>	4	<i>B. carinata</i>
5	<i>B. nigra</i>	4	<i>D. erucoides</i>	5	<i>R. sativus</i>
6	<i>B. maurorum</i>	4	<i>D. catholica</i>	6	<i>B. fruticulosa</i>
6	<i>D. muralis</i>	4	<i>D. berthautii</i>	7	<i>B. nigra</i>
6	<i>Hirschfeldia incana</i>	4	<i>R. sativus</i>	7	<i>D. muralis</i>
6	<i>Raphanus sativus</i>	4	<i>S. arvensis</i>	7	<i>D. tenuifolia</i>
6	<i>Sinapis arvensis</i>	4	<i>S. pubescens</i>		
		4	<i>Sinapidendrin fruticulosa</i>		
種子親がセイヨウアブラナ*		種子親がカラシナ**		種子親がアブラナ*	
順位	学名	順位	学名	順位	学名
1	<i>B. rapa</i>	1	<i>B. napus</i>	1	<i>B. napus</i>
2	<i>B. juncea</i>	2	<i>B. rapa</i>	2	<i>B. oleracea</i>
3	<i>B. oleracea</i>	3	<i>B. carinata</i>	3	<i>B. nigra</i>
4	<i>B. carinata</i>	4	<i>Orychophragmus violaceus</i>	4	<i>B. juncea</i>
5	<i>S. arvensis</i>	5	<i>B. nigra</i>	4	<i>R. sativus</i>
6	<i>B. nigra</i>	6	<i>E. vesicaria</i>	5	<i>B. carinata</i>
7	<i>R. raphanistrum</i>	7	<i>B. gravinae</i>	5	<i>B. tournefortii</i>
8	<i>Eruca vesicaria</i>	7	<i>B. maurorum</i>	6	<i>S. arvensis</i>
9	<i>B. fruticulosa</i>	7	<i>B. oxyrrhina</i>	7	<i>B. spinescens</i>
9	<i>B. maurorum</i>	7	<i>D. erucoides</i>	7	<i>E. vesicaria</i>
9	<i>B. tournefortii</i>	7	<i>Erucastrum virgatum</i>	7	<i>E. gallicum</i>
9	<i>D. muralis</i>	7	<i>R. sativus</i>	7	<i>O. violaceus</i>
9	<i>D. tenuisiliqua</i>	7	<i>R. raphanistrum</i>		
9	<i>E. gallicum</i>	7	<i>S. alba</i>		
9	<i>H. incana</i>	7	<i>S. arvensis</i>		
9	<i>R. sativus</i>	7	<i>B. cossoneana</i>		
9	<i>S. alba</i>				

Fitzjohn *et al.* 2007より作成した。

**Fitzjohn *et al.* 2007およびTsuda *et al.* 2015より作成した。

***順位は雑種作出に成功した報告数の多いものから順に示した。

が観察されている (Simard *et al.* 2006)。一方、アブラナからセイヨウアブラナへの自然交雑率は、Bing *et al.* (1991) が行ったセイヨウアブラナとの混植試験で2.66%と、同条件で行われたセイヨウアブラナからアブラナへの自然交雑率の0.99%より高かった。

また、セイヨウアブラナとクロガラシの自然交雑では、セイヨウアブラ

ナが種子親の場合には0.7%程度であり、花粉親の場合には自然交雑は検出されていない (Bing *et al.* 1991)。

セイヨウアブラナとカラシナおよびアブラナ間で形成される種間雑種の特性

カラシナ×セイヨウアブラナの種間F₁雑種の染色体数は、両親の中間的な37本が多く報告されてい

る (Choudhary and Joshi 1999 ; Tsuda *et al.* 2012b)。そのゲノム構成は、三基四倍体のAABC (Sabharwal and Doležel 1993 ; Tsuda *et al.* 2012b) である。また染色体数37本とは異なる染色体数28本の二基三倍体AABの出現も報告されている (Sabharwal and Doležel 1993)。セイヨウアブラナ×カラシナの種間交雑で得られるF₁雑種のゲノム構成で

表-4 カラシナとセイヨウアブラナ間の雑種および雑種後代の稔性（津田ら 2016 および津田・田部井 2013 より作成）

両親およびF ₁ 作出の組合わせ	世代	花粉稔性 (%)	種子稔性（種子数/交配花数）		
			自殖	花粉親：カラシナ	花粉親：セイヨウアブラナ
カラシナ	P ₁	97.5	6.2	–	4.3
セイヨウアブラナ	P ₂	95.1	13.4	10.8	–
カラシナ×セイヨウアブラナ	F ₁	0–78	0.06	0–1.9	0–1.6
	F ₂	41.6	0.3	0.7	0.5
	F ₃	95.9	4	2.3	2.2
	BC ₁ [*]	54.1–93.9	0.1–1.2	0.03–2.6	0.2–1.3
	BC ₂ [*]	90.5–94.5	1.1–2.3	0.3–2.3	1.5–3.0
セイヨウアブラナ×アブラナ	F ₁	95.4	○ ^{**}	○ ^{**}	○ ^{**}

*BC₁およびBC₂世代は、カラシナ×セイヨウアブラナのF₁とカラシナまたはセイヨウアブラナ間の正逆の交配により得られた後代の値をまとめたものである。

**作出の報告はあるが、数値は示されていない。

は、AABC および AABBC の二種類が報告されている（Sabharwal and Doležel 1993）。これらの F₁ 雑種の花粉稔性および種子稔性は、津田ら（2016）および津田・田部井（2013）によって整理されている（表-4）。カラシナ×セイヨウアブラナの F₁ 雑種は、花粉稔性および種子稔性ともにカラシナ、セイヨウアブラナに比べて低下する。自殖後代や戻し交雑後代では、交配組合わせにもよるが、稔性は世代が進むにつれて概ね回復する傾向にある。今のところ稔性と染色体数、ゲノム構成等との関連性については見出されていない。

セイヨウアブラナとアブラナの種間 F₁ 雑種は、染色体数が 39 本の二基三倍体 AAC を基本とし、10 個の II 価と 9 個の I 価から構成される場合が多い（生井 2010a）。この雑種の花粉稔性は 30-60% の低下、種子稔性として結実率は 10% の低下がみられる（生井 2010a）。

おわりに

本稿は、遺伝子組換えセイヨウアブラナから近縁種への交雑を介した遺伝

子浸透が生じる可能性の評価に資する生物情報を中心にまとめたものである。セイヨウアブラナとカラシナ、アブラナ間は互いに交雑親和性があり、自然交雑も多く報告されていることを先に述べた。OECD が 2012 年にまとめたアブラナ科作物の生物学に関するコンセンサスドキュメントにおいても、カラシナ、アブラナともにセイヨウアブラナとの交雑性の高さから遺伝子浸透が起こる可能性が高いレシピエントであると述べられている。

日本では、2005 年以降、セイヨウアブラナ種子を輸入する港湾周辺、輸入した種子を運搬する道路沿いおよび河原等においてこぼれ落ちた遺伝子組換え個体を含むセイヨウアブラナの自生個体、およびその近縁種としてカラシナ、アブラナの自生個体のモニタリング調査が継続的に実施されてきた（Katsuta *et al.* 2015；Aono *et al.* 2011）。2006 年から 2011 年の 6 年間にわたって実施された農林水産省による 12 の港湾の周囲 5 km におけるモニタリング調査では、全国 10 港で除草剤耐性遺伝子組換えセイヨウアブラナの自生が確認された。しかし、遺伝子組換えセイヨウアブラナが集団を

形成するなど分布を拡大することは 6 年間の調査において確認されなかった（Katsuta *et al.* 2015）。また、環境省による調査においても、2005 年から 2012 年の 8 年間ににおいて、確認される遺伝子組換えセイヨウアブラナの個体数が増加する傾向は認められていない（Aono *et al.* 2011；国立環境研究所 2013）。さらに、日本に自生するセイヨウアブラナの集団に遺伝子組換えセイヨウアブラナが侵入し駆逐することも、この 8 年間では確認されなかった。同種であり交雑親和性も高いセイヨウアブラナ間において、遺伝子組換えセイヨウアブラナから遺伝子浸透が生じない状態がなぜ維持されているのかについては、海外の品種が母本として使われている遺伝子組換えセイヨウアブラナと日本に自生するセイヨウアブラナの間に開花期の重複性や花粉源のサイズなど何らかの交雑を生じにくくしている要因が存在し、遺伝子組換えセイヨウアブラナの侵入や蔓延が制御されている可能性が考えられる。今後の遺伝子組換えセイヨウアブラナの開発を考えた場合に、遺伝子組換えセイヨウアブラナからの遺伝子浸透の生態学的あるいは遺伝学的実

態解明が必要である。一方, Aono *et al.* (2011) の調査では, 異なる除草剤に耐性を示す2種類の遺伝子組換えセイヨウアブラナ間の交雑の可能性と, 遺伝子組換えセイヨウアブラナとアブラナ間の種間雑種と推定される個体が見つかった。今後実用化される遺伝子組換えセイヨウアブラナに導入される形質によっては, 交雑個体を介した遺伝子浸透による生物多様性への影響の可能性も否定できない。本稿で示したような生物情報に加え, 交雑個体の発生程度や自然環境での生存性をより明確に推定できるようなモニタリング手法や遺伝子浸透の可能性の評価法の開発が必要であり, それらの知見を蓄積する必要性がある。

さらに, 最近では新しい育種技術(New Plant Biotechnology=NPBT)の1つである ODM (Oligo-directed Mutagenesis) を用いた除草剤耐性のセイヨウアブラナが開発され実用化されている。セイヨウアブラナの内在性のアセト乳酸合成酵素遺伝子(*BnAHAS1C*, *BnAHAS3A*)に機能欠損型の変異を誘発した2種類の除草剤イミダゾリノンおよびスルフォニルウレア耐性のセイヨウアブラナ (Cibus Event 5715, Beetham *et al.* 2005) が Cibus 社 (米国) によって開発されている。ODM は, 塩基置換した合成オリゴヌクレオチドや短い DNA 断片を細胞内に導入することで特定の変異をもたらす方法である。ODM で作出されたセイヨウアブラナは, すでにカナダでの使用が承認され, アメ

リカでも USDA により遺伝子組換え農作物としての規制対象外とみなされ, 今年・来年中の商業化に向けて動き始めている (Wolt *et al.* 2016)。しかし, EU においては ODM 技術を利用した作物の規制上の位置づけは未定であり, EU 諸国間でも規制対象とするか否かで意見が分かれている。欧州委員会による NPBT に関する環境放出指令上の位置づけに関する文書, いわゆる法的解釈文書が提示されるまでは EU 諸国における明確な判断はなされないと考えられる。日本でも, 本件に関しては, 従来の遺伝子組換え技術で作出された作物と同様に扱うのか否かに関する規制上の判断はまだなされていない。しかし, ODM に加え, 近年, 人工ヌクレアーゼを利用したゲノム編集技術の作物への適用は目覚ましく発展している。このような新しい育種技術を利用して作出された植物の実用化に向けては生物多様性影響評価の観点からどのような規制が必要になるのか, 規制科学の観点から必要な情報の収集を継続していきたい。

謝辞

本原稿作成におきましては, 筑波大学 生命環境系 大澤良 教授および国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 田部井豊 氏に原稿をご精読いただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- Abraham, V. 1994. Rate of outcrossing in Indian mustard, *Brassica juncea*. *Cruciferae Newsletter* 16, 69-70.
- Aono, M. *et al.* 2011. Seeds of possible natural hybrid between herbicide-resistant *Brassica napus* and *Brassica rapa* detected on a riverbank in Japan. *GM Crops* 2, 201-210.
- BCH (Biosafety Clearing-House) 2016. Search for LMOs, Genes or Organisms. <https://bch.cbd.int/database/organisms/>
- Becker, H.C. *et al.* 1992. Environmental variation for outcrossing rate in rapeseed (*Brassica napus*). *Theoretical and Applied Genetics* 84, 303-306.
- Beetham, P.R. *et al.* 2005. Non-transgenic herbicide resistant plants. US Patent App. 11/051,955.
- Bing, D.J. *et al.* 1991. Potential of gene transfer among oilseed *Brassica* and their weedy relatives. GCIRC 8th International Rapeseed Congress, 1022-1027.
- Bing, D.J. *et al.* 1996. Hybridizations among *Brassica napus*, *B. rapa* and *B. juncea* and their two weedy relatives *B. nigra* and *Sinapis arvensis* under open pollination conditions in the field. *Plant Breeding* 115, 470-473.
- Brassica.info 2015. *Brassica* genome sizes. <http://www.brassica.info/info/reference/genome-sizes.php>
- Chalhoub, B. *et al.* 2014. Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science* 345, 950-953.
- Choudhary, B.R. and P. Joshi 1999. Interspecific hybridization in *Brassica*. *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress*, 516-526.
- Fitzjohn, R.G. *et al.* 2007. Hybridization within *Brassica* and allied genera: evaluation of potential for transgene escape. *Euphytica* 158, 209-230.
- Heenan, P.B. *et al.* 2007. Experimental

- hybridization of *Brassica* species in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 45, 53-66.
- Hinata, K. *et al.* 1983. Gene analysis of self-compatibility in *Brassica campestris* var. yellow sarson (A case of recessive epistatic modifier). *Proceedings of 6th International Rapeseed Congress*, 354-359.
- 星川清親 1987. カラシナ, 改訂増補 栽培植物の起源と伝播. 二宮書店, pp. 92-93.
- Howard, A. *et al.* 1916. *Studies in Indian oilseeds I. Safflower and mustard. Memoirs of the Department of Agriculture in India. Botanical Series* 7, 214-272.
- Huiming, P.U. *et al.* 2007. Studies on gene flow from GM herbicide-tolerant rapeseed (*B. napus*) to other species of crucifers. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, 79-81.
- J-BCH (日本版バイオセーフティクリアリングハウス) 2016. LMO の検索, <https://ch.biodoc.go.jp/bch/OpenList.do>.
- Jørgensen, R.B. *et al.* 1998. Introgression of crop genes from oilseed rape (*Brassica napus*) to relative wild species – An avenue for the escape of engineered genes. *Acta Horticulture* 459, 211-217.
- 環境省 2015. 平成 26 年度遺伝子組換え生物による影響監視調査報告書, http://www.biodic.go.jp/bch/download/natane/H26_natane_hokokusho.pdf
- Katsuta, K. *et al.* 2015. Long-term monitoring of feral genetically modified herbicide-tolerant *Brassica napus* populations around unloading Japanese ports. *Breeding Science* 65, 265-275.
- Klinger, T. *et al.* 1992. Crop-weed hybridization in radish (*Raphanus sativus*): effects of distance and population size. *American Journal of Botany* 79, 1431-1435.
- 国土交通省 2012. 河川水辺の国勢調査, 河川環境データベース. <http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/>
- 国立研究開発法法院国林環境研究所生物・生態環境研究センター 2013. 遺伝子組換え (GM) セイヨウアブラナモニタリング. <http://www.nies.go.jp/biology/kiban/gmo/index.html>
- 近田文弘ら 2006. 帰化植物を楽しむ. トンボ出版, pp.1-240.
- Leflon, M. *et al.* 2006. Pairing and recombination at meiosis of *Brassica rapa* (AA) × *Brassica napus* (AACC) hybrids. *Theoretical and Applied Genetics* 113, 1467-1480.
- Levin, D.A. and H.W. Kerster 1969. The dependence of bee-mediated pollen and gene dispersal upon plant density. *Evolution* 23, 560-571.
- Liu, S. *et al.* 2014. The *Brassica oleracea* genome reveals the asymmetrical evolution of polyploid genomes. *Nature Communications* 5.
- Liu, Y.B. *et al.* 2010. Backcrosses to *Brassica napus* of hybrids between *B. juncea* and *B. napus* as a source of herbicide-resistant volunteer-like feral populations. *Plant Science* 179, 459-465.
- Lysak M.A. *et al.* 2006. Mechanisms of chromosome number reduction in *Arabidopsis thaliana* and related Brassicaceae species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103, 5224-5229.
- 松尾和人・伊藤一幸 2001. *Brassica* 属 3 種の野生個体群の生態と混生群落における遺伝子流動の解析. *雑草研究* 40, 225.
- Nabavi, Z.K. *et al.* 2013. Conserved microstructure of the *Brassica* B Genome of *Brassica nigra* in relation to homologous regions of *Arabidopsis thaliana*, *B. rapa* and *B. oleracea*. *BMC Genomics* 14, 250.
- 生井兵治 2010. GM セイヨウナタネと各種アブラナ科植物の自然交雑問題. 遺伝子組換えナタネ汚染 遺伝子組み換え食品いらない! キャンペーン編, pp. 55-81.
- 農業環境技術研究所農業環境インベントリセンター 2008. ナタネ等アブラナ科植物の訪花昆虫検索表, http://www.niaes.affrc.go.jp/inventory/insect/illust_keys/insects_brassica/
- 農林水産省 2015. 平成 26 年度遺伝子組換え植物実態調査の結果について, <http://www.maff.go.jp/j/press/syouan/nouan/pdf/151029-02.pdf>
- OECD 2012. Consensus Document on the Biology of the *Brassica* Crops (*Brassica* spp.). http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono2012_41&doclanguage=en
- Rakow, G. and D.L. Woods 1987. Outcrossing in rape and mustard under Saskatchewan prairie conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 67, 147-151.
- Rieger, M.A. *et al.* 2002. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. *Science* 296, 2386-2388.
- Rieger, M.A. *et al.* 1999. Risks of gene flow from transgenic herbicide-resistant canola (*Brassica napus*) to weedy relatives in southern Australian cropping systems. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 115-128.
- Sabharwal, P.S. and J. Doležal 1993. Interspecific hybridization in *Brassica*: Application of flow cytometry for analysis of ploidy and genome composition in hybrid plants. *Biologia Plantarum* 35, 169-177.
- Scheffler, J.A. *et al.* 1993. Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*). *Transgenic Research* 2, 356-364.
- 清水矩宏ら 2003. 日本帰化植物写真図鑑 – Plant invader 600 種 –. 全国農村教育協会, pp.82-83.
- Simard, M.J. *et al.* 2006. Transgenic *Brassica napus* fields and *Brassica rapa* weeds in Quebec: sympathy and weed-crop in situ hybridization. *Canadian Journal of Botany* 84, 1842-1851.
- Stringam, G.R. and R.K. Downey 1978.

- Effectiveness of isolation distance in turnip rape. *Canadian Journal of Plant Science* 58, 427-434.
- Thompson, C.E. *et al.* 1999. Regional patterns of gene flow and its consequence for GM oilseed rape. Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops. BCPC Symposium Proceedings No. 72, pp.95-100.
- Timmons, A.M. *et al.* 1995. Assessing the risks of wind pollination from fields of genetically modified *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Euphytica* 85, 417-423.
- Treu, R. and J. Emberlin 2000. Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), oil seed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*). A report for the soil association from the national pollen research unit., p.1-54, University College Worvester, UK. <http://www.soilassociation.org>
- Truco, M.J. *et al.* 1996. Inter- and intra-genomic homology of the *Brassica* genomes: implications for their origin and evolution. *Theoretical and Applied Genetics* 93, 1225-1233.
- Tsuda, M. *et al.* 2012a. Relationship between hybridization frequency of *Brassica juncea* × *B. napus* and distance from pollen source (*B. napus*) to recipient (*B. juncea*) under field conditions in Japan. *Breeding Science* 62, 274-281.
- Tsuda, M. *et al.* 2012b. Persistent C genome chromosome regions identified by SSR analysis in backcross progenies between *Brassica juncea* and *B. napus*. *Breeding Science* 62, 328-333.
- Tsuda, M. *et al.* 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.
- 津田麻衣・田部井豊 2013. セイヨウナタネからカラシナへの遺伝子浸透—雑種後代におけるセイヨウナタネ由来染色体領域の残存性の解析—。関東雑草研究会報 24, 34-43.
- 津田麻衣ら 2016. 遺伝子組換えセイヨウアブラナの生物多様性影響評価に必要なカラシナ (*Brassica juncea*)、アブラナ (*B. rapa*)、セイヨウアブラナ (*B. napus*) の生物情報集。農業環境技術研究所報告 36, 1-46.
- U, N. 1935. Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japanese Journal of Botany* 7, 389-452.
- Wang, X. *et al.* 2011. The genome of the mesopolyploid crop species *Brassica rapa*. *Nature Genetics* 43, 1035-1039.
- Wolt, J.D. *et al.* 2016. The regulatory status of genome-edited crops. *Plant Biotechnology Journal* 14, 510-518.
- 山岸博 1989. カラシナ, 7. 葉類. 松尾孝嶺 (監修) 植物遺伝資源集成. 講談社サイエンスフィク, pp.894-898.
- Yang, Y.W. *et al.* 2002. A study of the phylogeny of *Brassica rapa*, *B. nigra*, *Raphanus sativus*, and related genera using noncoding regions of chloroplast DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 23, 268-275.

田畑の草種

滑莧, 馬齒莧 (スベリヒユ)

スベリヒユ科スベリヒユ属の一年生草本。コンクリートや歩道の割れ目、庭、道端、田畑など、およそ日の当たるところならどこにでも生える。また、どこに生えていても誰にでも分かる。畑に生えると害草となる。茎はしゃれた色の赤紫色。全草、無毛で多肉質。茹でると粘りがあって、元祖「ねばねば食品」。ネットの中には調理法が溢れている。

古来から目に付いていたようである。万葉集に、その粘りを男女の間に喩えた相聞の東歌が1首だけある。

入間道の 大家が原の いはみ蔓 引かばぬるぬる 吾にな絶えそね (巻14)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

入間道 (いるまぢ) の大家 (おほや) が原に生える「いはみつら」は、引っ張るとぬるぬると寄ってくる、その「いはみつら」のように、お前も私に寄ってきて欲しいものだ、と詠う。この「いはみつら」がスベリヒユだという。

一方、多肉質ゆえになかなか乾燥させられない。ある学校で、生徒が夏休みの宿題に腊葉標本を提出してきた。その標本を理科室に積み上げておいたところ、ゆっくりだが成長しているように見えた。台紙から剥がしてコップの水に挿したところ、見事に生きかえったという。

「粘り」強い、たくましい生命力である。

1-MCP 処理および防湿段ボール箱利用によるカキ‘早秋’の果実品質保持技術

岐阜県農業技術センター
野菜・果樹部

鈴木 哲也

近年、生鮮果実の1世帯当たりの購入数量が低下している（総務省統計局 2015）。果物を食べない一番の理由は、日持ちがせず買い置きのできないことであり（公益財団法人中央果実協会 2015）、日持ち性および品質保持の短さが果物消費低迷の大きな要因の一つになっている。このことから、果物の消費拡大を図るためには、品質保持を図り、おいしい果実の供給期間を拡大することが重要である。

カキの日持ち性は品種によって異なり、晩生品種ほど長い傾向がある（山田ら 2002）。そこで、2003年に品種登録された極早生の完全甘ガキである‘早秋’（図-1）の品質保持技術の開発に取り組んだ。‘早秋’は10月初旬から収穫できること、果皮色は赤く、良食味でへたすき果がほとんど発生しないことから（山田ら 2004）、栽培面積が増加している。

カキ果実の軟化にはエチレンが関わっており（板村ら 1991）、Nakano *et al.* (2001) は、水分ストレスやCO₂ ストレスがエチレン誘導に関与していると報告している。また、樽谷・

真部（1960）、樽谷（1960, 1961）は、カキ‘富有’果実における好適な貯蔵条件を低温、果実からの水分蒸散抑制、低酸素・高二酸化炭素条件と報告している。これらのことから、品質保持方法としては、エチレン生成・作用阻害、低温貯蔵、水分蒸散抑制、MA貯蔵などが想定される。しかし、‘早秋’は常温下で流通されており、常温でのMA貯蔵（プラスチックフィルム包装）はガス障害などが危惧される。また、プラスチックフィルム包装は労力がかかることから、実用的ではない。そこで、エチレン作用阻害、水分蒸散抑制の面から品質保持技術の開発を検討した（鈴木 2016；鈴木ら 2015）。

1. 品質保持の評価方法

品質保持の評価方法は果肉硬度および軟化の発生（日持ち性）とした。

果肉硬度は一般的に果実硬度計によって測定されるが、果実硬度計はプランジャを貫入した時の最大貫入力を計測するため、対象物を破壊しなければならず、同一果実を継続的に評価することができない。そこで、レーザードップラー振動計（Laser Doppler Vibrometer, LDV）による測定方法（Muramatsu *et al.* 1997）を応用した音響振動法による非破壊型の小型測定装置（Kuroki *et al.* 2006）を利用した。また、音響振動法の測定値である弾性指標（EI：Elasticity Index）は詳細な果肉の硬さの評価が可能であり、特に収穫直後から食べ頃までの硬

さについては鋭敏に評価ができる（鈴木ら 2011）。弾性指標は、Kuroki *et al.* (2006) の報告に準じて、果実直径（d）と第2共鳴周波数（f₂）から以下の式で算出した。

$$EI = d^2 \times f_2^2$$

軟化の判定は岩田ら（1969）の手法を用い、軟化度Ⅲ（指で押すと崩壊しそうになる、または果肉の一部が水浸状になっている）を軟化と判断し、調査果実中軟化した果実の頻度を軟化率とした。

2. おいしさの評点と弾性指標との関係（実験1）

果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャート値（農林水産省果樹試験場監修）で6.0に達した‘早秋’果実を収穫した後、室温下で保管し、弾性指標の測定と官能評価を行った。官能評価は5段階評点法で、おいしさ（非常においしくない：-2～非常においしい：+2）を評価した。

おいしさの評点と弾性指標との間には有意な正の相関（r=0.924）が認められ、おいしさの評点が0以上の時、弾性指標は約22×10⁶ cm²・Hz²以上であった（図-2）。このことから、‘早秋’では弾性指標が高いほど、すなわち収穫直後の果実ほどおいしさの評点が高く、収穫直後の硬い果肉硬度を保持することの重要性が明らかになった。



図-1 カキ‘早秋’

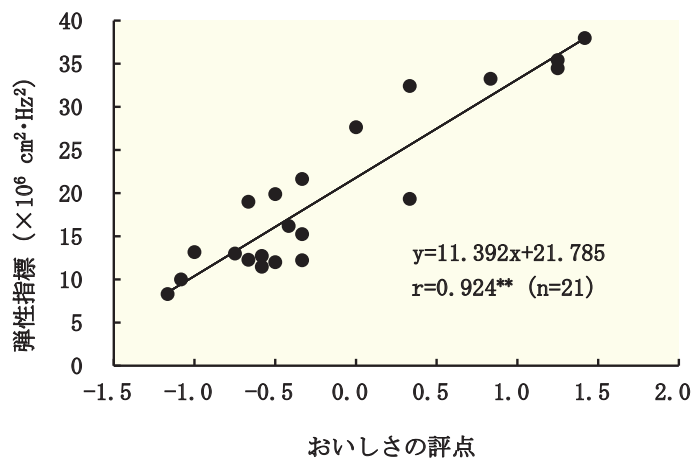


図-2 早秋におけるおいしさの評点と弾性指標との関係
 ** は 1%水準で有意であることを示す。

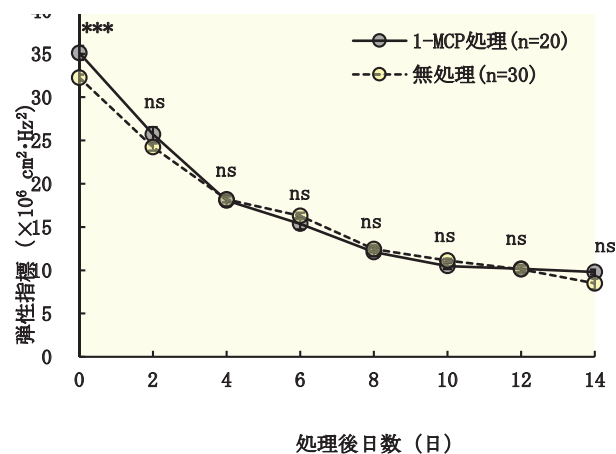


図-3 1-MCP 処理が「早秋」の弾性指標に及ぼす影響
 縦線は標準誤差を示す。t検定により、nsは有意差なし、***は0.1%水準で有意差あり。

3. 1-MCP 処理による果実品質への影響 (実験 2)

果頂部の果皮色が「富有」用カラーチャート値で6.0に達した「早秋」果実を収穫した後、エチレン作用阻害として1-メチルシクロプロペン（以下、1-MCP）を処理した。1-MCPは、気密性のプラスチック容器に果実とSmartFresh™（ローム・アンド・ハース・ジャパン（株））を入れて密封し、処理濃度 1ppm で 24 時間曝露処理した。その後、室温下で保管し、弾性指標、軟化果実の発生およびエチレン生

成速度などを調査した。なお、試験区は 1-MCP 処理区および無処理区とした。

1-MCP 処理区と無処理区の間に弾性指標の有意な差は認められず、1-MCP 処理によって果肉硬度は保持されなかった（図-3）。

一方、軟化果実の発生は無処理区で処理後 5 日以降、1-MCP 処理区で処理後 13 日以降であること、処理後 14 日の軟化率は無処理区で 35.9%、1-MCP 処理区で 6.7%であることから、1-MCP 処理によって軟化率が低く抑えられ、日持ち性は向上した（図-4）。1-MCP 処理区のエチレン生成速

度が無処理区よりも低く推移したことから（図-5）、1-MCP はエチレン作用を阻害し、結果として成熟に伴う自己触媒的なエチレン生成を抑制するため（Nakano *et al.* 2002）、軟化果実の発生を抑えたと考えられた。

4. 防湿段ボール箱による果実品質への影響 (実験 3)

果頂部の果皮色が「富有」用カラーチャート値で 6.0 に達した「早秋」果実を収穫し、段ボール箱に詰めた。その後、室温下で保管し、弾性指標および軟化果実の発生などを調査した。

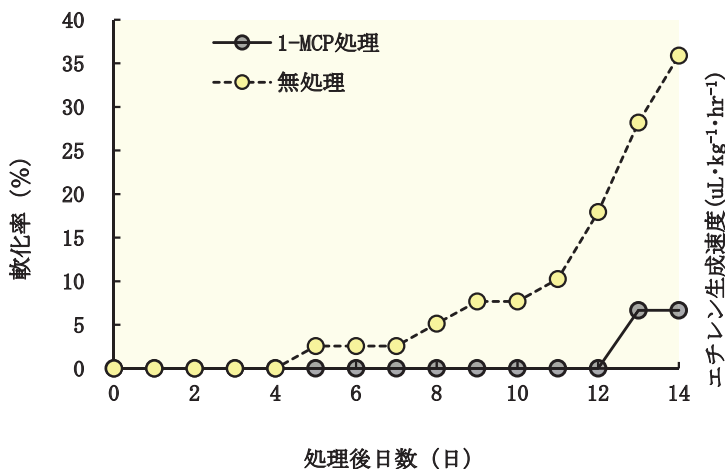


図-4 1-MCP 処理が「早秋」の軟化率に及ぼす影響

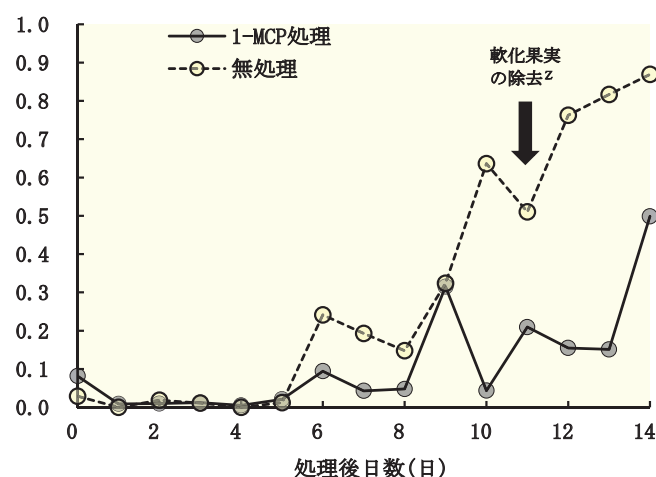


図-5 1-MCP 処理が「早秋」のエチレン生成速度に及ぼす影響
² 1-MCP 処理区は 1 果、無処理区は 2 果を除去。

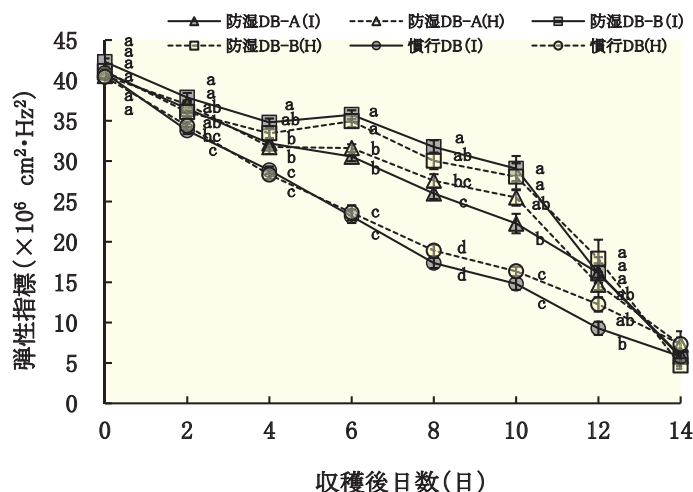


図-6 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の弾性指標に及ぼす影響
防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区、防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区、慣行 DB は慣行段ボール箱区、(I) は I 貼り、(H) は H 貼りを示す。
縦線は標準誤差を示す (n=15 ~ 36)
同一収穫後日数における異符号間には Tukey-Kramer の多重検定により、5%水準で有意差あり。

水分蒸散抑制として防湿段ボール箱を使用した。防湿樹脂の濃度などを変えた2種類の防湿ライナー原紙を作成し、慣行段ボール箱に貼り付けた。防湿ライナー原紙の透湿度をカップ法 (JIS Z 0208:1976 防湿包装材料の透過湿度試験方法) で測定した結果、 $130 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1}$ と $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1}$ であり (神山ら 2014)、透湿度の高い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱 A 区、透湿度の低い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱 B 区、防湿ライナー原紙を貼り付けなかった慣行段ボール区とした。そして、それぞれ粘着テープで蓋の閉める部分を留める I 貼りおよび蓋の閉める部分と角の部分を留める H 貼りで封函した。

収穫後4~10日の間、防湿段ボール箱区の弾性指標は慣行段ボール箱区よりも有意に高く推移したことから、防湿段ボール箱によって果肉硬度が保持された (図-6)。弾性指標が約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上において果肉硬度が保持されるとすると、慣行段ボール箱区は収穫後約6日まで、防湿段ボール箱区は収穫後約10日までと、防湿段ボール箱区が約4日長く保持することができた。防湿段ボール箱区の重量減少率は慣行段ボール箱区の重量減少率より低く推移したことから

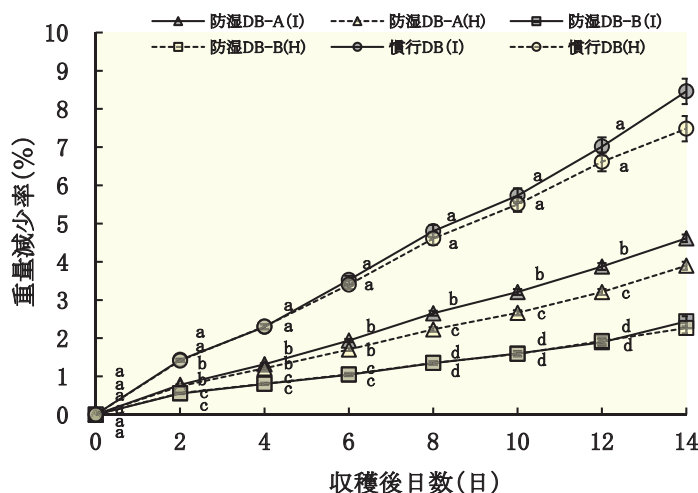


図-7 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の重量減少率に及ぼす影響
防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区、防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区、慣行 DB は慣行段ボール箱区、(I) は I 貼り、(H) は H 貼りを示す。
縦線は標準誤差を示す (n=15 ~ 36)
同一収穫後日数における異符号間には、アークサイン変換後、Tukey-Kramer の多重検定により、5%水準で有意差あり。

ら (図-7)、果実からの水分蒸散が抑制されたことが要因と考えられた。実験2において、1-MCP 処理による果肉硬度保持効果が認められなかったのは、果実からの水分蒸散が抑制されなかったことが要因と考えられた。なお、透湿度 (防湿段ボール箱 A 区と B 区) の違いによって、重量減少率の差は認められたが、弾性指標の差は一部を除いて明確に認められなかった。粘着テープの貼り方 (I 貼りと H 貼り) の違いによって、重量減少率の差は防湿段ボール箱 A 区において認められたが、弾性指標の差は認められなかった。一方、軟化率は、収穫後12日以降、

各試験区とも一様に増加したことから、防湿段ボール箱による日持ち性向上は認められなかった (図-8)。

5. 1-MCP 処理と防湿段ボール箱による果実品質保持技術の開発 (実験4)

実験2および3で、1-MCP 処理のエチレン作用阻害によって日持ち性は向上するが、果肉硬度は保持されないこと、防湿段ボール箱の水分蒸散抑制によって果肉硬度は保持されるが、日持ち性は向上しないことが明らかになった。そこで、1-MCP 処理と防湿段ボール箱の組み合わせによる果実品

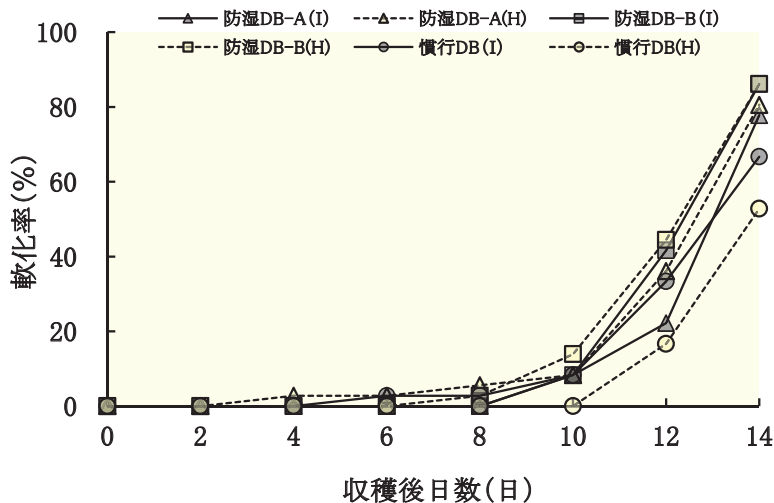


図-8 防湿段ボール箱および封函方法が‘早秋’の軟化率に及ぼす影響
防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区、防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区、
慣行 DB は慣行段ボール箱区、(I) は I 貼り、(H) は H 貼りを示す。

質保持技術の開発について検討した。

果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャート値で 7.0 に達した‘早秋’果実を収穫し、実験 2 と同様に 1-MCP 処理を行った。その後、防湿段ボール箱（実験 3 の結果から、防湿段ボール箱 A と B の範囲内になる透湿度 $\langle 107 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24\text{h})^{-1} \rangle$ の防湿段ボール箱を新たに作成した）、慣行段ボール箱および平箱（蓋なしの慣行段ボール箱）に詰め、室温下で保管した。防湿段ボール箱および慣行段ボール箱の蓋は I 貼りで封函し、弾性指標および軟化果実の発生などを調査した。なお、試験区は防湿段ボール箱区、慣行段ボール箱区、平箱区、1-MCP + 防湿段ボール箱区、1-MCP + 慣行段ボール箱区および 1-MCP + 平箱区とした。

防湿段ボール箱区の弾性指標は慣行段ボール箱区および平箱区よりも、処理後 2～4 日以降、有意に高く推移した(図-9)。また、1-MCP 処理によって、防湿段ボール箱の弾性指標は、処理後 10～12 日の間、有意に高く推移した。しかし、慣行段ボール箱および平箱の弾性指標において差は認められなかった。弾性指標が約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上において果肉硬度が保持さ

れるとすると、1-MCP + 防湿段ボール箱区の果肉硬度保持日数は処理後約 12 日であり、防湿段ボール箱区よりも約 4 日、1-MCP + 慣行段ボール箱区および慣行段ボール箱区よりも約 6 日、1-MCP + 平箱区および平箱区よりも約 10 日長く保持された。

防湿段ボール箱区および慣行段ボール箱区の軟化率は平箱区よりも高く推

移し、いずれの段ボール箱においても、1-MCP 処理によって軟化率は低く推移した(図-10)。軟化率が約 10% までを日持ち保持とすると、1-MCP + 防湿段ボール箱区の日持ち保持日数は約 14 日であり、防湿段ボール箱区および慣行段ボール箱区よりも約 6 日、平箱区よりも約 2～4 日長く保持された。

1-MCP 処理した果実を防湿段ボール箱に詰めることによって、1-MCP 処理単独よりも果肉硬度保持日数が長く、防湿段ボール箱単独よりも日持ち保持日数が長く保持されたことは、それぞれ水分蒸散抑制、エチレン作用阻害が加味された効果と考えられた。しかし、防湿段ボール箱単独よりも果肉

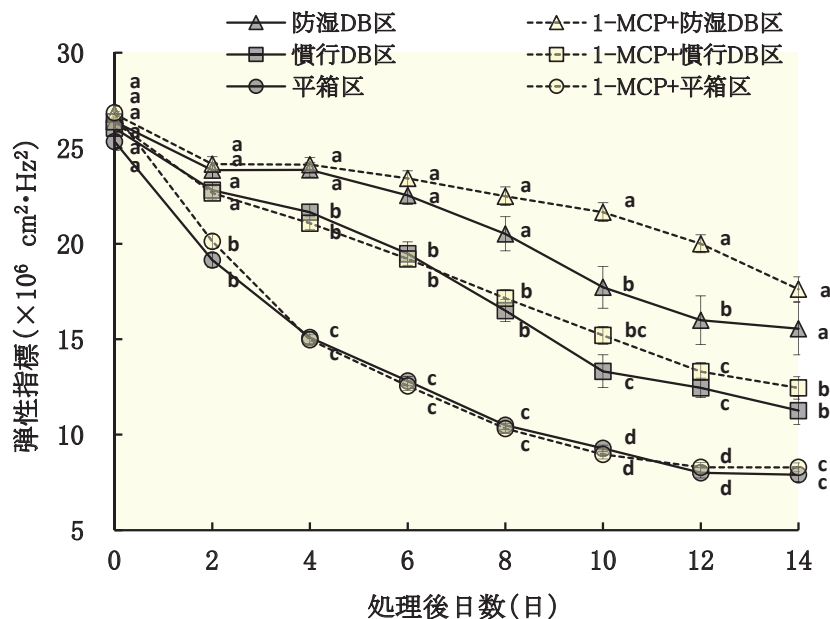


図-9 1-MCP 処理および防湿段ボール箱が‘早秋’の弾性指標に及ぼす影響
縦線は標準誤差を示す (n=16～36)
同一収穫後日数における異符号間は Tukey-Kramer の多重検定により、
5%水準で有意差あり。

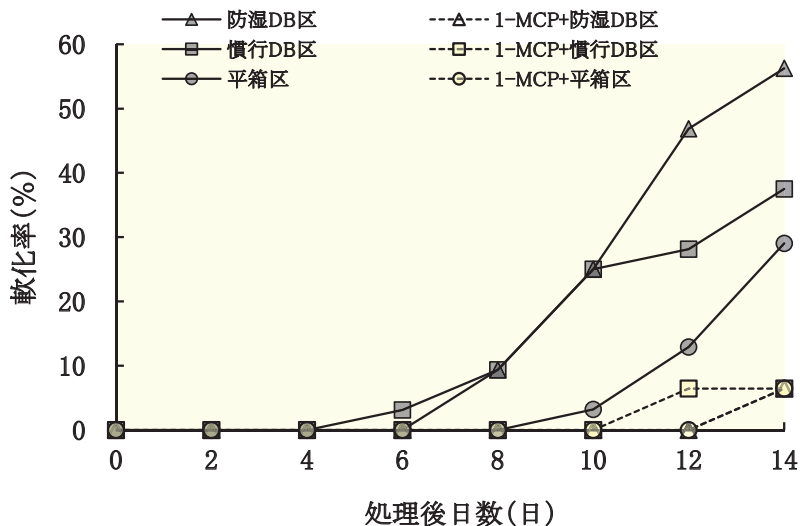


図-10 1-MCP 処理および防湿段ボール箱が‘早秋’の軟化率に及ぼす影響

硬度保持日数が長くなったことは、水分蒸散抑制とエチレン作用阻害が相乗的に作用したためと考えられた。ニホンズモモにおいて、1-MCP 処理した果実を MA 包装すると、食べ頃期間が長くなったと報告されている (Khan and Singh 2008)。

6. まとめ

本実験によって、1-MCP 処理と防湿段ボール箱を組み合わせることによって‘早秋’の果肉硬度は 1-MCP 処理後 12 日、日持ちは 1-MCP 処理後 14 日まで保持できることが明らかになった。果肉硬度を保持することによって、流通段階におけるロスの削減に加えて、おいしい果実を長期間提供することができる。‘早秋’において、処理後 12 日まで果実品質が保持されることは販売上大きなメリットになる。しかし、1-MCP 処理および防湿段ボール箱のコストや労力が余分にかかるため、レギュラー品ではなく付加価値のあるブランド品としての販売戦略(価格設定)を構築する必要がある。

カキ果実の消費が低迷しており、特に若い世代の消費が著しく低下し (総務省統計局 2015)、将来の需要低下

が危惧される中、需要拡大を図るためには、おいしいカキを供給することが重要である。そのためには、糖度が高いことはもちろんであるが、食べ頃の硬さのカキを食べていただくことも重要である。高度な栽培技術によって高品質果実を生産しても、収穫後の品質管理が悪いと折角のブランドイメージを損ねてしまう。消費者は食べた時の食味で判断するため、食べ頃のおいしさを伝えること、食べ頃期間を伸ばしておいしさを長く保つことが重要である。

引用文献

- 板村裕之ら 1991. カキ‘平核無’果実の軟化とエチレン生成および呼吸の関係。園学雑 60, 695-701.
- 岩田隆ら 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第 1 報)。園学雑 38: 194-201.
- Khan, A.S. and Z. Singh 2008. 1-methylcyclopropene application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of ‘Tegan Blue’ japanese plum during cold storage. J.Amer.Soc. Hort.Sci. 133, 290-299.
- 公益財団法人中央果実協会 2015. 平成 26 年度果物の消費に関するアンケート調査報告書. p.20.
- 神山真一ら 2014. カキにおける輸出用長期貯蔵技術および品質保持技術の確立ー柿用

防湿段ボールの作製に関する研究ー 岐阜県産業技術センター研究報告 8, 56-58.

Kuroki, S. *et al.* 2006. Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a greenhouse. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 75, 415-420.

Muramatsu, N. *et al.* 1997. Critical comparison of an accelerometer and a laser Doppler vibrometer for measuring fruit firmness. HortTechnology 7, 434-438.

Nakano, R. *et al.* 2001. Involvement of stress-induced ethylene biosynthesis in fruit softening of ‘Saijo’ persimmon. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 70, 581-585.

Nakano, R. *et al.* 2002. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grown in a heated plastic house. Postharvest Biol. Technol. 25, 293-300.

総務省統計局 2015. 総務省家計調査. <<http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>>

鈴木哲也 2016. カキ果実の肉質評価および品質保持に関する研究. 広島大学学位論文.

鈴木哲也ら 2011. 収穫後のカキ‘富有’果実における肉質評価と食べ頃予測. 園学研 10, 421-427.

鈴木哲也ら 2015. 音響振動法によるカキ‘早秋’の果肉評価と果肉硬度保持技術の開発. 園学研 14, 75-81.

樽谷隆之 1960. カキ果実の利用に関する研究 (第 4 報) 富有の冷蔵における包装の効果. 園学雑 29, 212-218.

樽谷隆之 1961. カキ果実の利用に関する研究 (第 5 報) 富有の冷蔵におけるガス条件について. 園学雑 30, 95-102.

樽谷隆之・真部正敏 1960. カキ果実の利用に関する研究 (第 3 報) カキ果の貯蔵温度について. 園学雑 29, 114-120.

山田昌彦ら 2002. 20℃・相対湿度 80% の条件下におけるカキの日持ち性の品種・系統間差異. 園学雑 71(別 2), 468.

山田昌彦ら 2004. カキ新品種‘早秋’. 果樹研報 3, 53-66.

航空法の一部改正と無人航空機による農薬散布に関する新たなルール作り

一般社団法人農林水産航空協会
事業推進部・事業推進グループ

五月女 淳

航空法一部改正・議員立法制定の経緯と概要

“ドローン”と呼ばれる無人航空機（マルチローター）は、「空の産業革命」といわれるように、農林業、空撮、測量等で利用されることで、新たな産業・サービスの可能性が期待されている。特に最近では機体等の性能が急速に上がり、操縦も容易になったばかりでなく、安価で手に入るようになって、ますます各方面で使われるようになっていく。反面、湘南国際マラソン中、コマーシャル目的で空撮を行っていたドローンが墜落（2014年3月）したり、夜景撮影中に名古屋市のテレビ塔近くの繁華街に落下（同年4月）するなど事故が次々に起きた。そして2015年4月22日に首相官邸屋上において小型無人機が発見されたことを契機に、規制と活用の両面から必要な措置を講ずることとして小型無人航空機の運用について政府は、同年4月24日に「小型無人機に関する関係府省庁連絡会議」を立ち上げ、小型無人機の安全確保のための制度等についての検討を進めてきた。その後も、長野市の善光寺で御開帳の僧侶らの法要行列の間に落下（2015年5月）したり、姫路城大天守に衝突し窓枠を損傷（同年9月）するなどの事故が続いた。

そして緊急の対応が求められる小型無人機の飛行ルールについて、昨年、国は、航空法を改正（2015年12月10日施行）し、小型無人機を飛行さ

せる空域及び飛行方法のルールを定めた。

また、議員立法による「国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要な施設等、外国公館等及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律」が、2016年5月23日施行され、国会議事堂など重要施設周辺上空の飛行が規制された。対象施設の敷地または区域及びその周囲おおむね300メートルの地域（対象施設周辺地域）の上空においては、小型無人機等の飛行が原則として禁止されている（<https://www.npa.go.jp/keibi/kogatamujinki/>を参照）。

また、対象施設周辺地域において小型無人機等の飛行を行う場合の手続も定められた（<https://www.npa.go.jp/keibi/kogatamujinki/pdf/tetsuduki.pdf>を参照）。

一方で、政府は無人航空機での配送など将来に向けた利活用と技術開発の検討を進め、自治体や民間も次々に実証実験を繰り返すなど、無人航空機をめぐる利活用拡大の取り組みも促進している。

今回、航空法の一部改正により、産業用無人ヘリコプターを含む全ての「無人航空機」（超軽量200g未満のものは除く）が航空法の規制対象となり、農薬・肥料の散布や播種等のために無人航空機を飛行させようとする場合は、国土交通大臣の事前許可・承認を受けることが必要となった。

航空法における無人航空機とは「人

が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」と定義されており、いわゆるドローン（マルチローター）、固定翼ラジコン機、農薬散布用ヘリコプター等が該当する。

無人航空機の飛行ルールに関する航空法の規定は、国土交通省（HP）無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール（http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.htmlを参照）で確認することができる。

なお、これらのルールに違反した場合には、50万円以下の罰金が課されることがある。

航空法の概要

飛行の禁止空域

有人の航空機に衝突するおそれや、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域として、以下の空域で無人航空機を飛行させることは、原則として禁止されている（図-1）。これらの空域で無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の許可を受ける必要がある（※屋内で飛行させる場合は不要）。なお、自身の所有地であっても、以下の（A）～（C）の空域に該当する場合には、国土交通大臣の許可を受ける必要がある。

（A）地表または水面から150m以上の高さの空域

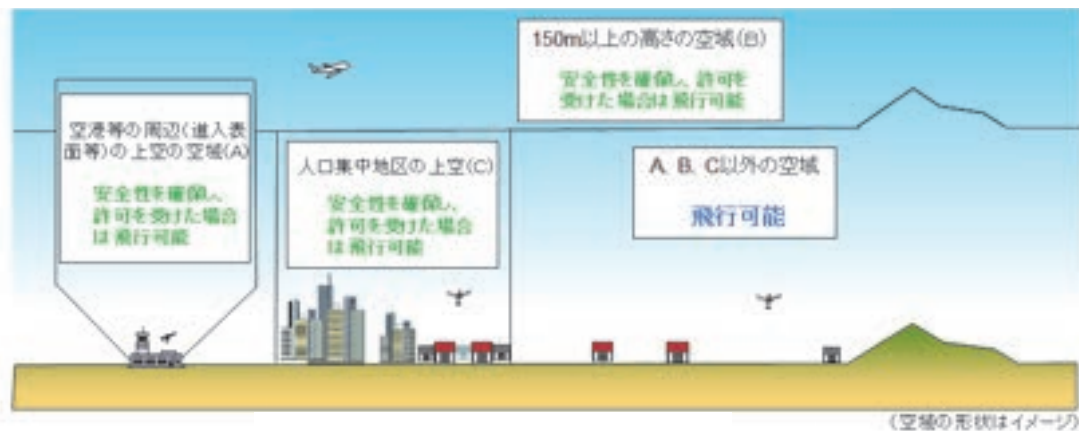


図-1 無人航空機の飛行禁止空域

(B) 空港周辺の空域

空港やヘリポート等の周辺に設定されている進入表面、転移表面若しくは水平表面または延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域（最寄りの空港事務所に確認してください。）

(C) 人または家屋の密集している地域（人口集中地区）の上空 （平成22年の国勢調査の結果による人口集中地区の上空。）

国土交通省航空局のホームページに、地図で確認する方法が記載されている。

飛行の方法

飛行させる場所に関わらず、無人航空機を飛行させる場合には、以下のルールを守ることが必要である。これらのルールによらずに無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の承認を受ける必要がある。

- (1) 日中（日出から日没まで）に飛行させること
- (2) 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- (3) 第三者または第三者の建物、第三者の車両などの物件との間に距離（30m）を保って飛行させること

- (4) 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- (5) 爆発物など危険物を輸送しないこと（農業、肥料は国土交通省令で危険物とされている。）

- (6) 無人航空機から物を投下しないこと
- これらのルールによらずに無人航空機を飛行させようとする場合には、安全面の措置をした上で、国土交通大臣の承認を受ける必要がある。

（農業等の空中散布は危険物の輸送及び物件投下として扱われる。なお、散布するものが水であっても物件投下に該当する。）

国土交通大臣の許可・承認

国土交通大臣の許可・承認を得るには、原則として無人航空機を飛行させる者（防除実施者など）が国土交通大臣に申請することとなっている。その場合、申請者は、飛行させる無人航空機、その無人航空機を操縦する人、飛行させる場所（圃場）等が国土交通大臣の定める基準に適合することを自ら確認し、説明する資料を添えて申請することになっている。ただし、国土交通大臣による許可・承認が円滑かつ迅速に実施できるよう「空中散布等を目的とした無人航空機の飛行に関する許可・承認の取扱い」（平成27年12月3日付け国空航第734号、国空機第1007号国土交通省航空局長、27

消安第4546号農林水産省消費・安全局長通知）（<http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/pdf/ryoukyokuchou.pdf>）が定められた。「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針」（平成27年12月3日付け27消安第4545号消費・安全局長通知）（<http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/pdf/zentai.pdf>を参照）、産業用無人航空機運用要領（http://www.j3a.or.jp/shoukai/data/jigyoun/unyouyouryou_h28.pdfを参照）に従い、安全対策を講じた飛行をすることを条件に、許可・承認の手続きが簡素化された。

これにより、オペレーターが直接、国土交通大臣に「無人航空機の飛行に関する許可・承認申請」を行う必要はなくなったが、無人ヘリ防除等事業での散布飛行を行う場合には、国土交通大臣から交付を受けた「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」の写しを携行することになった。代行申請の流れは図-2のとおりである。

国土交通省によると、空撮、測量や農業散布などのために2016年6月9日までの半年間で6,093件の飛行申請があり、4,643件が許可・承認されている。農林水産航空事業（産業用無人ヘリ、マルチローター）に係る（一社）農林水産航空協会の代行申請については、2016年9月9日現在、指定教習

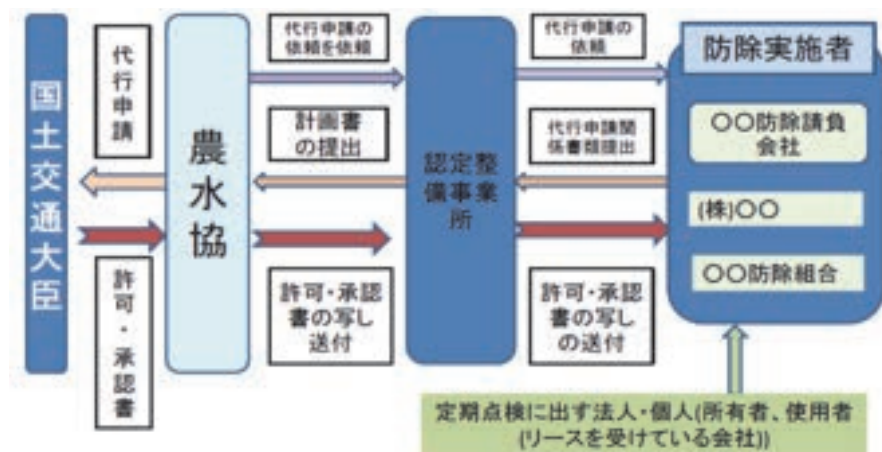


図-2 空中散布等を目的とした無人航空機に関する許可・承認申請手続きの流れ（代行申請）

施設、認定整備事業所、一般防除等関係で57件が許可・承認されている。

無人航空機の利活用

政府は、航空法を改正し、小型無人機を飛行させる空域及び飛行方法の基本的な飛行ルールを定め一方で、マルチローターの適切な利活用の推進を加速するため、利用者と関係省庁等が一体となって協議する「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」（官民協議会）を立ち上げ、議論を重ねている。協会もこの協議会に参加し、積極的に対応している。

また、農林水産航空協会では、国の委託事業を活用し、農業機械や航空工学等の専門家からなる「マルチローター式小型無人機の暫定運航基準策定検討会」を開催し、マルチローター式小型無人機による農薬散布のための安全対策に関する運行基準（暫定）を取りまとめ公表した（<http://www.j3a.or.jp/shoukai/data/news20160308.pdf>）。

マルチローターの農薬散布での利用については、農薬搭載能力が小さく、飛行時間が短いため農薬散布が実施できる面積は小さいことから、小回りが利き機動的な飛行が可能で中山間地等の狭小な

生産圃場で利用に適していることを考慮して運行基準が定められている。

また、機体関係では、農薬散布を安全かつ適正に実施できる性能を維持するため、農林水産航空協会が機種別の認定・機体の登録、機体の整備・定期点検、整備事業所・認定整備士に係る基準を設定した。オペレーター関係は、安全かつ適正な農薬散布を実施できる技能及び知識を有する者をオペレーターとして認定するため、同様に、オペレーターの資格取得要件、教習内容、教習施設の認定に係る基準を設定した。飛行方法については、農薬散布を実施する際の風向・風速、飛行速度、散布間隔等の基準や散布作業の安全を確保するための遵守事項を農林水産省が指導指針で定めるとともに農林水産航空協会が安全対策マニュアルを策定した。

空中散布等の基準（一例）

適用作物	作業名	散布方法	飛行速度 (Km/hr)	飛行高度 (m)	飛行間隔 (m)	適用機種	散布装置 の方式
水 稻	病虫害 防除	液剤 少量 散布	10～20	2	3～4	Zion MMC940AC DAX04	ノズル
	除草	粒剤 散布	10～20	2	4	Zion MMC940AC	インペラ

Zionとは、Zion AC940 及び Zion AC940-D をいう

機体仕様

製造メーカー	エンルート	丸山製作所	ヨコヤマコーポレーション
機種名	Zion	MMC940AC	DAX04
搭載重量	5kg	5kg	10kg
散布装置	液剤散布装置 粒剤散布装置	液剤散布装置 粒剤散布装置	液剤散布装置

2016年7月25日現在、農薬散布に使用できるマルチローターは、空中散布等における無人航空機利用技術指導指針（別表2 空中散布等の基準）に適用機種として記載のある(株)エンルート社製（Zion）、(株)丸山製作所製（MMC940AC）、(株)ヨコヤマコーポレーション製（DAX04）の3機種で、空中散布等の基準、機体仕様の概要は次のとおりである。

なお、東光鉄工(株)製、DJI JAPAN(株)製の機種についても農林水産航空協会

が性能を確認した。

また、産業用マルチローターを用いる農薬散布は、「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針」（別表2 空中散布等の基準）に従う必要がある。

したがって、産業用マルチローターでは、水稻（は種・施肥）、くり（病虫害防除）、かんきつ（病虫害防除）、みかん（病虫害防除）、まつ（病虫害防除）の作業は実施できないので、注意する必要がある。

産業用無人ヘリコプターの利用状況は、2016年3月末現在で、登録機体数が約2,800機、認定オペレーター数が約10,600人であり、延面積で約105万haの農地において、農薬散布等が行われている。高齢化社会、農業人口の減少に伴う労働力不足を補う手段として無人航空機への期待は大きい。無人航空機の農林業への利用推進にあたり、植物防疫関係者の皆様の一層のご理解ご協力を賜るようお願い申し上げます。

統計データから

「そばの生産について」

我が国のそばの需要量は、年間12～14万トンで、このうち国産そばは3～4万トン程度である。そばの自給率は、作柄が安定しないことや米の需給調整の影響もあり、2000年以降14%（2009年）～34%（2012）と変動中が大きい。

そばは世界27カ国で生産されているが、生産量、収穫面積ともロシアが最大で、その51%を生産している。次いで中国14%、ウクライナ13%と続き、この3カ国で世界の78%を生産している（2008年、FAOSTAT）。世界の輸出国のトップは中国で52%を占め、次いでアメリカが18%で続くが、ロシアは6%に止まる。ロシアでは自国での消費が多く、ブリヌィと呼ばれるクレープやお粥にして食べられるほか、実のまま茹でて肉料理の付け合わせにもされている。我が国の輸入は、中国、アメリカ、ロシアの順で、世界の輸入量の35%を占める。因みに、各国の単収を比較すると、ロシアは91.7kg/10a、中国32.5kg/10a、アメリカ100kg/10a、日本49kg

/10aで、アジアの生産性が大きく劣る。

平成27年産そばの生産費は10a当たり36,186円で、大豆の62,941円の57.5%と低い。費用のうち物財費が81.1%、労働費18.9%である。そのうち、農機具費が17.2%、肥料費9.5%、種苗費9.3%、光熱動力費3.9%で、農業薬剤費は大豆の5,395円に比べ275円（1%）と著しく低い。また、10a当たりの労働時間も3.53時間で、大豆の7.41時間の47%である。（K. O）

平成26年産そばの作付面積・収穫量

作付面積	(ha)	主要品種	収穫量	(t)
北海道	21,600	キタワセソバ	北海道	13,000
山形県	4,880	でわかおり	長野県	2,560
長野県	4,060	信濃1号	茨城県	2,120
福井県	3,800	大野在来	山形県	2,100
福島県	3,710	在来種	福島県	1,930
秋田市	3,126	階上早生	栃木県	1,660
茨城県	2,950	常陸秋そば	秋田県	1,250
全 国	47,700			31,100

はじめに

従来、我が国においては、農薬の残留基準の設定に際し、食品を介した農薬の摂取量を推定し、その推定量と一日摂取許容量（ADI）を比較して（長期暴露評価）、安全性の確認を行ってきた。

国際的な農薬のリスク評価機関である FAO/WHO 合同残留農薬専門家会議（JMPR）や OECD 加盟主要国においては、慢性毒性の指標である ADI に加えて、急性毒性の指標である急性参照用量（ARfD）も農薬の安全性の指標として用いられている。

一方、我が国では、毒性試験の結果に基づく ARfD の設定方法及び ARfD を考慮した摂取量の推定（短期暴露評価）について関係府省で検討が行われ、農林水産省においても、農薬登録制度に関する懇談会にて、農産物の安全性をより高めるために短期暴露評価を導入すべきとされ、評価に必要な作物残留試験の例数等、データパッケージの整備について議論されてきた。

実際の評価への導入は、平成 26 年 6 月頃より食品安全委員会にて ARfD の設定が開始され、続いて同年 12 月より本格的に厚生労働大臣の諮問機関である薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会農薬・動物用医薬品部会（薬食審）において、短期暴露も考慮に入れた残留基準値の設定が開始された。

1. 食品健康影響評価に基づく農薬の残留基準の設定

食品安全委員会において、ADI 及び ARfD は次のように定義されている。

○ ADI (acceptable daily intake)

ヒトがある物質を毎日一生涯にわたって摂取し続けても、健康への悪影響がないと推定される一日当たりの摂取量。

○ ARfD (acute reference dose)

ヒトがある物質を 24 時間またはそれより短い時間に経口摂取した場合に健康への悪影響がないと推定される一日当たりの摂取量。

農薬の残留基準の設定に際しては、食品安全委員会が

食品健康影響評価により設定するこれら 2 つの指標を設定し、厚生労働省がそれらを用いて暴露評価を行い、設定しようとする残留基準の妥当性を判断する。

長期暴露評価では、農薬の使用方法に基づく各農作物での平均残留濃度及び各食品の平均一日摂取量を用い、残留基準値が設定される食品ごとに農薬の摂取量を求め、それらを合計した一日あたりの農薬の推定摂取量が ADI の 80% を超えないこと（残り 20% は水、環境由来の摂取量として考慮）を確認している（図-1）。

短期暴露評価では、農薬の使用方法に基づく各農作物での最高残留濃度及び食品の最大摂取量（摂取者の 97.5 パーセントタイル値）を用い、食品ごとに求めた一日あたりの農薬の推定摂取量が、ARfD を超えないことを確認している（図-2）。

なお、農薬の摂取量を推定する際には、まず残留基準値を用いて推定を行い、さらに精密な推定が必要な場合には、平均残留濃度や最高残留濃度を適宜用いて推定している。

2. 短期暴露評価の導入に伴う農林水産省の対応

短期暴露評価の導入により、食品を介して農薬を一度に多量に摂取したことによる健康への影響が生じないかどうかについても評価が可能となった。しかし、国による評価には一定程度時間を要する上、既に登録され使用されている農薬が多く存在する。短期暴露評価の結果、残留基準値を改訂する必要がある場合、使用方法を変更するが、変更前の使用方法が表示された農薬を、その表示のとおりを使用した場合には、使用した農作物の残留が、残留基準値を超過して、食品衛生法に基づく規制を受けるなどの可能性がある。そのことから、農林水産省では、消費者の健康を守りつつ、生産現場に混乱が生じることがないように、農薬製造者自ら ARfD を想定して短期暴露評価し、登録を受けている農薬の使用方法を変更する必要がある場合には、ARfD の設定や残留基準値の改定を待たずに、十分な時間的猶予を持って変更登録の申請を行うよう各農薬製造者に要請を行ってきたこ

ろである。

平成 28 年 7 月現在，食品安全委員会において約 80 の国内登録のある農薬に ARfD の設定について評価が行われ，そのうち約 50 の農薬について厚生労働省の薬食審にて短期暴露を考慮した残留基準値設定の審議が終了し

た。全ての登録農薬の短期暴露評価が終わるまでは，相当の時間を要する予定であるが，農林水産省では，消費者の健康を守りつつ，生産現場の混乱が生じることがないように，引き続き，農薬の使用方法の見直しと，その内容の生産現場への周知徹底を実施していく所存である。

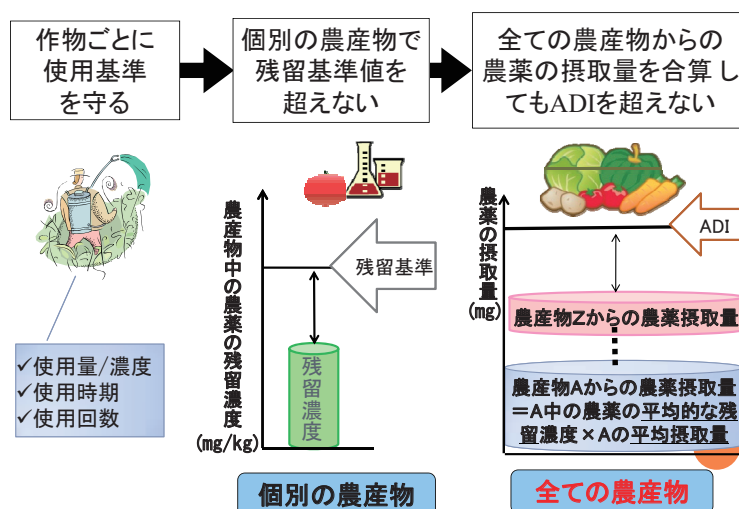


図-1 農薬の使用基準と食品の残留基準値（長期）

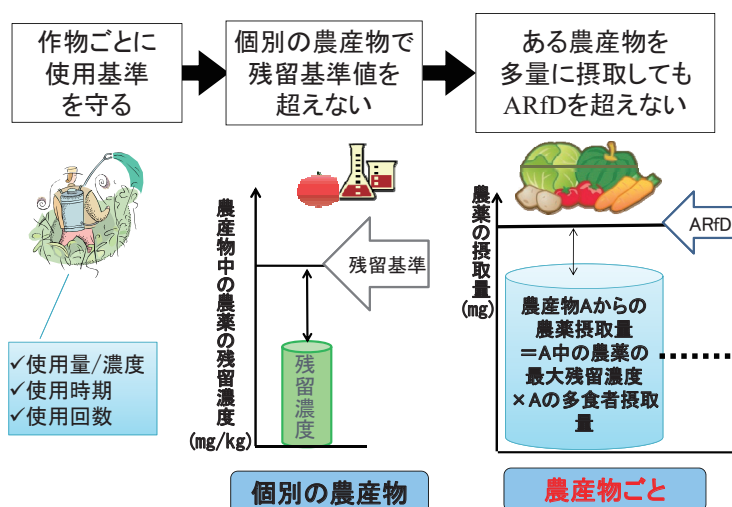


図-2 農薬の使用基準と食品の残留基準値（短期）

天明の大飢饉での救荒植物, カナヅチとスズコ

公益財団法人
日本植物調節剤研究協会
技術顧問

森田 弘彦

日本雑草学会元会長の佐合隆一先生は、「人類が食糧飢饉に瀕するような事態に、食用にできる植物として古来伝えてきた『救荒植物』は、人類が残すべき植物としてリストアップしておく必要があると思います。」として、江戸時代から第二次世界大戦までの文献資料を用いて、「救荒雑草 (2012)」を著された。おびただしい餓死者が出る悲惨な状況のもとで書き残された救荒植物についての記録は、後世への重い警告であるが、中には解説の難しい植物の地方名もある。江戸時代の三大飢饉に数えられる天明の大飢饉 (1782 ~ 1788 年) に際しての記録からいくつかの例を拾う。

「日本凶荒史考 (西村眞琴・吉川一郎編 1936(1983 復刻))」の天明の項には 50 以上の文献資料が収録され、そのはじめに天明の飢饉の概略が [續日本王代一覽] から引かれた。

「天明二年、この歳春夏陰冷霖雨し諸國四分の減収を稱へ、西國特に南海九州等大いに凶荒す、東北諸國また違作たりしも米價高を好機とし餘儲あるものは之を西國に出せり、然るに翌三年春より陰濕多雨、暑氣至らず六月寒冷を催し京畿に於て猶冬服を着するの異例あり、また大いに風水して諸川氾濫し農稼を傷む、七月淺間山有史以來の大噴火あり、灰砂と泥流は信上武三州の田疇を害し、里落を漂蕩す、諸國の陰冷この後已むことなく、遂に早寒の襲ふ所となりて諸國大いに 飢荒す、……天明二年より七年に亘る間、北は北海道より南琉球に至るまで諸國頻りに飢荒し、我國土殆ど完膚なかりしと云ふ、」

明治維新後にも続いた飢饉への警鐘を図で説いた「凶荒圖録 (小田切春江編・木村金秋画 1885)」には、天明の大飢饉

における「九州地方凶荒橘南谿翁話の圖 (図 -1)」や「奥州凶歳飢民出羽に流落する圖 (図 -2)」などがある。

「橘南谿翁話の圖」は、医者で文筆家の橘南谿 (1753-1805) の紀行文集「西遊記続篇 (1798)」に、「天明二年の飢饉の後年に、葛、金槌の根から採った粉を団子にして食ひ、その後は水仙に似たすみらの根を食べるという状況の中で、裕福そうな農家で休んだところ、その家では老婆一人を残して早朝から家人全員で山の奥へすみら掘りに行っている、と聞かされてその悲惨な様に胸を痛めた」、とした記事に基づくもので、元の文章は以下のように簡略化された。

「天明四辰年四国九州の地飢饉にして人民の難澁いふ斗なし其翌年になり穀物ハもとより琉球芋大根など喰ひつくし 葛の根金槌スミラなどの根を堀り食せり 余一日行勞連て大なる百姓の家に休ミたりしに老婆一人なり いかゞして人の少きやと尋ねしに家内皆々今朝よりスミラ堀に參連りと之をよくよく尋ね連バ八里あまりの難澁なる山路を分入らざれば近きあたりハ堀尽して一本もなし 故に朝七ツより起出て夜の四ツ過ぎにあらされバ帰る事を得ず 如斯して採り帰るスミラハ家内二日の食に足らづと 此家さへかくあ連バまして貧民の老人小兒多き家ハ思ひやら連て胸ふさが連りと 橘南谿翁の續西遊記に見えたり」

ここに記された救荒植物「葛の根 金槌 すみら」のうち、クズはよく知られた種、「スミラ」はクサスギカズラ科 (旧のユリ科) のツルボ (*Scilla scilloides* Druce 図 -3) で、「雑草のよもやま 第1回」で紹介した白井光太郎博士の論文「雑草」の末尾にも、雑草の例「綿



図 -1 天明の大飢饉に際して橘南谿の西國での体験を描いた「九州地方凶荒橘南谿翁話の圖」(小田・木村「凶荒図録」1885 より)



図 -2 天明の大飢饉での北東北地方での流民を描いた「奥州凶歳飢民出羽に流落する圖」(同左)



図 -3 橘南谿が「スミラ」の名で記録した救荒植物ツルボの春期の個体(左)と秋期の開花状態(右: 国立科学博物館 筑波実験植物園)



図-4 橘南谿が「金槌（カナツチ）」の名で記録した救荒植物「モミジカラスウリ」の葉と果実（益村聖氏原図）

棗兒（ツルボ）一名サンダイガサ」として上記の橘南谿の記事を付して解説された（本草学論攷（1935））。

「金槌（カナツチ）」については、熊本県にオオカラスウリ（*Trichosanthes laceribracteata* Hayata）とモミジカラスウリ（*T. multiloba* Miq. 図-4）に対して「カナツチ、カナツツ、カナツツ、カナツツゴリ、カナツチゴリ」などの地方名があり、「・モミジカラスウリとオオカラスウリは、同じ方言を使われる。・カナツチは、モミジカラスウリに使われる方言であるが地方によっては混同して使われている。」とある（乙益正隆「熊本県植物方言と民俗」1998）ので、これらの植物であろう。同書の「モミジカラスウリ」の項に以下の利用例がある。

「・根を集めて潰し、デンプンを取る。（八代）（球磨）・根を掘り上げて澱粉を取る。冬になるとカマス何表（原文のママ：俵）も取れた（球磨）五木村下梶原，水上村，山江村，球磨村・根を掘ってゆがいてたべるとおいしい。（球磨）山江村・イノシシが好んで食べる。（八代）（球磨）・根を掘り上げ灰を入れて二～三日炊く，これに味つけて食べた。（球磨）（芦北）」

モミジカラスウリに限らず，日本中に広く分布するキカラスウリを含めて，「コビ，コベ，コウベ」の地方名がある。宮崎県北西部の椎葉村で採集された植物民俗の中では，これらが食と毒に分けられている（齊藤政美「おばあさんの植物図鑑」1995）。

「・・・『実の卵形のものがホンコベで，これは食べられると。そしてピンポン球みたいに真ん丸の者がドクコベ。これは毒があって食べられん』話を聞くうちにホンコベはキカラスウリで，ドクコベはモミジカラスウリだということがわかってきた。・・・」

地下部を救荒食に供されたモミジカラスウリの果実が椎葉村で有毒とされたのは少し意外に思うが，モミジカラスウリについては，1947年に宮崎県東臼杵郡で「根は大きく小さく大きく小さく長く続くのでつい穴が深くなって埋まって死ぬので二人でゆけとか，親の死目に会えないなどと云う。（内藤喬「鹿児島民俗植物記」1964 復刻1991）」，熊本県で「モミジカラスウリの根は，節の遠いものを選ぶ，下から八つでたのがうまい。地獄の見える位掘らねば出てこない。（乙益 前出）」や，和歌山県

東牟婁郡で「『ウルネ（瓜根）掘りは地獄の鬼の話し声がきぎとれるほどまで深く掘りさげねばならぬ』といわれる（小川由一「紀伊小口郷植物誌」1960）」と採録されたことから，この植物の根の採取に対する戒めが極まったことの影響かもしれない。

「カナツチ」や「コビ」のもとの意味は判然としないが，後者については，「古比：脚気など足の腫れる病氣」の古語で根の形を表現したのかもしれない。いずれにしても，現代に残る地方名「カナツチ」の情報量からは，橘南谿が休憩を請うた農家の場所は福岡，佐賀，宮崎ではなく，熊本であったことが知られる。

「凶荒圖録」の「奥州凶歳飢民出羽に流落する圖」には，天明の大飢饉で津軽から秋田に流れた飢民の惨状が描かれた。50代前半でこの飢饉に遭遇した北秋田郡の長崎七左衛門は，「老農置土産並びに添日記」の「置みやげ添日記（1814）」に疲弊した人々の様子を「・・・餓鬼道・・・修羅道・・・畜生道」と記し，同時に救荒植物も記録した（田口勝一郎 近世秋田の農書 1975）。

「糧品ハ顔レ落，薊，大葡萄の葉迄取奪しなり。山牛房の葉ハ豊年の時も取ヘキ品と見得し。・・・其外馬草に刈取し蓬ギ，すずこ，藍の葉迄食せし也。言語同断の食物，思ひ出すも身の毛のよたつし事ともなり。」

秋田県には植物の地方名に関する著作が多数あり，これらに依ると「フキ，アザミ」のほかの植物が「大葡萄：ヤマブドウ，山牛房：ヤマボクチ，藍の葉：イヌタデの類」であることがわかる。「蓬ギ」はヨモギ，オオヨモギなどいくつかの種であろう。「すずこ」は，鹿角地方での「シンチコ：・・・（子供の）男根をいう。この子のう穂の形は，それに似ているというのでいう。（松田孫治「秋田県産 植物地方名考」1979）」と同じ系統の言葉とされる（米田博「かづの草木ことば集」1993）のでツクシである。

雑草の地方名を新規除草剤の適用性試験の成績書などに見出すと，地域での人と植物の関係が生きていることを知って，ほっとすることがある。

【熊本県から大分県にかけて2016年4月14日からの大きな地震で甚大な被害を受けた方々に心からお見舞いを申し上げます。天明の大飢饉で餓死者を出さなかった（「熊本市観光課史蹟の熊本」1956）という底力を発揮した熊本領内を含む地域であり，震災の被害から1日も早く復興されることを祈念します。また，福岡県の植物研究家，益村聖先生には「九州の花・実図譜」の新刊用に描かれたモミジカラスウリの精密画の使用をご承諾いただいたので，厚く御礼申し上げます。】

協会だより

試験成績検討会

●平成28年度水稲関係除草剤作用性・ジャンボ剤作用性・適1・直播作用性試験成績検討会

日時：平成28年10月14日（金）10:00～17:00

場所：浅草ビューホテル

〒111-8765 東京都台東区西浅草3-17-1

TEL 03-3847-1111

●平成28年度緑地管理関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日時：平成28年10月20日（木）10:00～17:00

21日（金）9:30～17:00

場所：浅草ビューホテル

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験 北海道地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年10月26日（水）9:30～17:00

27日（木）9:30～12:00

場所：ロイトン札幌

〒060-0001 北海道札幌市中央区北1条西11丁目

TEL 011-271-2711

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験・普及適用性試験（展示圃）東北地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年11月1日（火）9:30～17:00

2日（水）9:30～17:00

〈普及性試験（展示圃）〉

日時：平成28年11月2日（水）9:30～17:00

場所：メルパルク仙台

〒983-0852 宮城県仙台市宮城野区榴岡5-6-51

TEL 022-792-8111

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験・普及適用性試験（展示圃）北陸地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年11月7日（月）13:00～17:00

8日（火）9:30～17:00

〈普及性試験（展示圃）〉

日時：平成28年11月8日（火）9:30～17:00

場所：ホテルニューオータニ長岡

〒940-0048 新潟県長岡市台町2-8-35

TEL 0258-37-1111

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験・普及適用性試験（展示圃）関東・東海地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年11月10日（木）10:00～17:30

11日（金）10:00～17:30

〈普及性試験（展示圃）〉

日時：平成28年11月11日（金）10:00～17:30

場所：浅草ビューホテル

〒111-8765 東京都台東区西浅草3-17-1

TEL 03-3847-1111

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験・普及適用性試験（展示圃）近畿・中国・四国地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年11月16日（水）9:30～17:00

17日（木）9:30～17:00

〈普及性試験（展示圃）〉

日時：平成28年11月17日（木）9:30～17:00

場所：メルパルク大阪

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原4-2-1

TEL 06-6350-2111

●平成28年度水稲関係除草剤適2試験・普及適用性試験（展示圃）九州地域成績検討会

〈水稲関係除草剤適2試験〉

日時：平成28年11月24日（木）9:30～17:00

25日（金）9:30～17:00

〈普及性試験（展示圃）〉

日時：平成28年11月25日（金）9:30～17:00

場所：RITZ5（リッツ5）

〒812-0017 福岡県福岡市博多区美野島1-1-1

TEL 092-472-1122

植調第50巻 第6号

■発行 平成28年9月20日

■編集・発行 公益財団法人日本植物調節剤研究協会
東京都台東区台東1丁目26番6号
TEL (03)3832-4188 FAX (03)3833-1807

■発行人 宮下 清貴

■印刷 ㈲ネットワン

© Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR) 2016

頒布価 500円（消費税・送料は含んでおりません）

販売 株式会社全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6（植調会館）

TEL (03)3833-1821

SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

ホットコンビフロアブル(テニルクロール/ベンゾビスクロン)
 ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ナギナタ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ライジンパワー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 オオワザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 テマエース1キロ粒剤/フロアブル(ダイムロン)
 キクトモ1キロ粒剤(カフェンストロール/ベンゾビスクロン/ダイムロン)
 フルイニング/ジャイブ/タンボエース1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤
 (カフェンストロール/ベンゾビスクロン)
 アールタイプ1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 クサトリ-BSX1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 ザンデツ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 シリウスエグザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒(ベンゾビスクロン)
 ニトウリュウ/テッケン1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 ビックシュアZ1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)
 ブルゼータ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)
 プレキープ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾビスクロン)
 月光1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(カフェンストロール/ダイムロン)
 イネヒーロー1キロ粒剤(ダイムロン)
 銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)
 ツインスター1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)

「ベンゾビスクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に! アシカキ、イボクサ対策にも!

シロノック(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	ハーティ1キロ粒剤
オークス(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	カービー1キロ粒剤
サスケ-ラジカルジャンボ	ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤
トビキリ(1キロ粒剤/ジャンボ/500グラム粒剤)	ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)
イッテツ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)/ボランティアジャンボ	シリウスターボ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)
テラガード(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル/250グラム)	半蔵1キロ粒剤
キチット(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	フォーカード1キロ粒剤
スマート(1キロ粒剤/フロアブル)	イネエース1キロ粒剤
サンシャイン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	ウエスフロアブル
イネキング(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	フォーカスショットジャンボ/プレッサフロアブル
ピラクロエース/カリュード(1キロ粒剤/フロアブル)	クサスイープ1キロ粒剤
忍(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)	

A hand is shown holding a rice seedling by its green leaves. The roots of the seedling are visible and are positioned just above a surface of blue water. A single drop of water is falling from the roots, creating a series of concentric ripples on the water's surface. The background is a clear, light blue sky.

根も止める

有効成分「アルテア」は、多年生雑草の地上部を枯らすだけでなく、翌年の発生原因となる塊茎の形成も抑えます。日本の米づくりを根本から進化させる新しい効き目、「アルテア」配合の除草剤シリーズに、どうぞご期待ください。

これからの日本の米づくりに

アルテア®

配合除草剤シリーズ

<http://www.nissan-agro.net/altair/>



 **日産化学工業株式会社** 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1 (興和一橋ビル) TEL 03(6860)4110 受付時間9:00~17:30(土・日・祝日除く) <http://www.nissan-agro.net/>

**効果も！コストも！
使って爽KAI!!!**

水稲用一発処理除草剤

サラブレッド

カ イ

KAI

1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ

高性能

低コスト

省力性

皆さまのおかげで

5年連続 普及面積 第1位

水稲用一発処理除草剤
[公益財団法人日本植物調節剤研究協会調べ]

平成24年度 178,717ha/平成23年度 188,191ha
(平成23年10月～平成24年6月) (平成22年10月～平成23年6月)

今、日本で一番使われている
水稲用一発処理除草剤

バッテイ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

選ばれた4成分で
速く効く、長く効く！

水稲用一発処理除草剤

バッテイ

LX

1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ

新登場

オキサジクロメホン

ノビエへの高い有効性

イマズスルフロン

難防除の多年生雑草
(クログワイ、シロイソグサ、セリナグサ等)
に高い効果

プロモブチド

特にホタルイに高い効果

ピラクノリル

ノビエ、一年生広葉雑草、
SU型耐性雑草、オモダカ、
クヌム等で優れた効果

⑧は協友アグリ(株)の登録商標です。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●空容器・空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

**3剤とも 田植同時処理
WCS用イネ OK!**

JAグループ

農 協 | 全 農 | 経済連

協友アグリ株式会社

東京都中央区日本橋小網町6-1
<http://www.kyoyu-agri.co.jp>

省力タイプの高性能
水稲用初・中期
一発処理除草剤シリーズ

アゼナ

ホタルイ

コナギ

ミスアオイ

ミスガヤツリ

イボクサ

**問題雑草を
一掃!!**

日農

イッポン

1キロ粒剤75・フロアブル・ジャンボ

日農

イッポンD

1キロ粒剤51・フロアブル・ジャンボ

この一本が
除草を変える!

田植同時処理可能!
(ジャンボを除く)

<写真はイメージです>

ライジンパワー

1キロ粒剤 フロアブル ジャンボ

雷神パワーで
バリツと雑草退治

<写真はイメージです>

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器・空袋等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

明日の農業を考える

日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号
ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>

しつこい畑地雑草を きれいに抑えます!



作用性の異なる3種の除草剤の混合剤です。

大豆、小麦・大麦、とうもろこし、ばれいしょ、にんじんの雑草防除に

クリアター

乳 剤 細粒剤F



●使用前にはラベルをよく読んでください。 ●ラベルの記載以外には使用しないでください。 ●本品は小児の手が届く所には置かないでください。 ●防除記録を記録しましょう。



自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社 東京都台東区浅草橋1-4-26 〒110-6782 TEL:03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

©クミアイ化学工業(株)の登録商標

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



湛水直播の除草場面で大活躍!

非SU系水稲用除草剤

ブレキープ[®] 1キロ粒剤 フロアブル

- ・は種時の同時処理も可能!
- ・非SU系の2成分除草剤
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果!



高葉齢のノビエに優れた効き目

新発売

ゼンイチ[®] MX 1キロ粒剤

フルパワー[®] MX 1キロ粒剤

スケガチ[®] 1キロ粒剤

ヒエケツル[®] 1キロ粒剤

フルチャージ[®] 1キロ粒剤 ジャンボ

フルイニング[®] 1キロ粒剤 ジャンボ

タイズミドル[®] 1キロ粒剤

そのまま散布ができる **アンカーマン[®] DF**



フルセットスルフロ
ン剤
ラインナップ

乾田直播専用 **ハードパンチ[®] DF**

ISK 石原産業株式会社

販売 **ISK 石原バイオサイエンス株式会社**

ホームページ アドレス
<http://ibj.iskweb.co.jp>

私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。

®は登録商標です。

大好評の除草剤ラインナップ

新登場! **ゼータタイガー** 1キロ粒剤

新登場! **ゼータハンマー** 1キロ粒剤

ズエモン 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

カットダウン 1キロ粒剤

ゼータワン 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

メガゼータ 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

ゼータファイヤ 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

ブルゼータ 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

オサキニ 1キロ粒剤

ショウリョクS 粒剤

忍 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

イッテツ 1キロ粒剤
ジャンボフロアブル

ショウリョク ジャンボ

ドニチS 1キロ粒剤

クラッシュEX ジャンボ

会員募集中 農業支援サイト **i-農力** <http://www.i-nouryoku.com> お客様相談室 0570-058-669

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋、空容器は農場等に放置せず適切に処理してください。

大地のめぐみ、まっすぐくへ

sca GROUP



住友化学

うまい、お米ができた!

田んぼを守るために、より効果的、より省力的、より環境に配慮した、
雑草や害虫の防除の提案をしています。

デュポン社は生産者や消費者の喜ぶ顔を浮かべながら、日本の米作りを応援します。

DU PONT

The miracles of science™



powered by

RYNAXYPYR®

デュポン株式会社 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー

Copyright ©2015 DuPont or its affiliates. All rights reserved. デュポンオーバル、The miracles of science TM、RYNAXYPYR®は米国デュポン社の商標および登録商標です。

第50巻 第6号 目次

- 1 巻頭言 お爺さんはなぜ山へ柴刈りに行くのか?
今 埜 隆道
- 2 雑草競合力の強い水稻品種とその評価法
橘 雅明
- 7 遺伝子組換えダイズの生物多様性影響評価に必要なツルマメの生物情報
吉村 泰幸
- 11 遺伝子組換えセイヨウアブラナの生物多様性影響評価に必要な
セイヨウアブラナ,カラシナ,アブラナの生物情報
津田 麻衣
- 18〔田畑の草種〕滑萼馬齒莧(スベリヒユ)
須藤 健一
- 19 1-MCP 処理および防湿段ボール箱利用によるカキ‘早秋’の果実品質保持技術
鈴木 哲也
- 24 航空法の一部改正と無人航空機による農薬散布に関する新たなルール作り
五月女 淳
- 27〔統計データから〕そばの生産
- 28〔用語解説〕「短期暴露評価」
農林水産省農産安全管理課農薬対策室
- 30〔連載〕雑草のよもやま・第6回
天明の大飢饉での救荒植物,カナヅチとスズコ
森田 弘彦
- 32 広場

No.18

表紙写真 『スベリヒユ』



スベリヒユ科スベリヒユ属。夏の畑地の代表的な強害草。養分の高い畑地では旺盛に生育する。畑地以外でも日当たりのよい空き地や道端など裸地に多い。旺盛に分枝して地表に広がり、先は斜上する。7～9月、茎の先に黄色い花をつける。(植調雑草大鑑より。写真は◎浅井元朗,◎全農教)



子葉。多肉質で赤みを帯びた緑色。本葉の展開後も成長する。



生育期。茎は赤みを帯び、地面を這う。



成植物。葉は対生または互生。



花。黄色で5弁,径8mm。