

植調

第51卷
第5号

JAPR Journal

温暖化に伴い増えてきた北海道の野良イモの発生を防止する取り組み 白木 一英

薬用作物栽培における除草剤の必要性和登録拡大 菱田 敦之

侵入外来雑草に対する海外の取り組み 黒川 俊二

水田雑草における貫生化現象(無性偽胎生)とその生態的意義 早川 宗志・内野 彰



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)

新提案! 「中期にジャンボ」ラクラク散布!

新技術

ソニックブレッド®

テクノロジーだから

拡散力が違う!

ノビエ

コナギ

ホタルイ

クログワイ

オモダカ

各種雑草に幅広い効果!

水稲用中期除草剤

セカンドショット® ジャンボMX

農林水産省登録
第23867号



アトカラ® ジャンボMX

農林水産省登録
第23866号

アジムスルフロン・ペノキスラム・メソトリオン粒剤

セカンドショット、アトカラ、ソニックブレッドは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



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/>

ソニックブレッド® テクノロジーとは……

独自のキャリアーと数種の界面活性剤の絶妙な配合によって、拡散性能を飛躍的に向上させた三井化学アグロ独自のジャンボ剤新製剤技術です。

○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。○小児の手の届く所には置かないでください。○容器・空袋などは雨場などに放置せず、適切に処理してください。○防除日誌を記録しましょう。



バスタ®

畑の中で使えるという、安心。
多くの作物に登録がある、信頼。
雑草をしっかりと枯らせる、自信。
それが、茎葉処理型除草剤バスタです。

大切な作物のそばに。

●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。®はバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

除草剤バスタ 検索

お客様相談室 ☎0120-575-078
(9:00~12:00,13:00~17:00 土・日・祝日を除く)



稲藁で考える

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 評議員
北興化学工業株式会社 執行役員 製品企画部長

早川 伸一

マンションの大規模修繕工事のスタートから数週間「ベランダ、窓枠の検査補修等を行うので、作業員の室内への出入りがあります」との通知。転居から積もり積もった書類の整理中、ふと恩師の論文を読み直し、藁加工への言及がありました。興味深く考えさせられることもあり、今回、私見も交えてご紹介します。

昔から瑞穂の国では籾に加え藁は身近な生活に欠かせない材料でしたから、藁も収穫する必要がありました。その用途も幅広く、米俵、日用品や家屋でも利用され、不要となれば燃料や肥料等にも使用されてきました。畳の畳床（畳表を張る畳の芯。藁などを重ねて縫い締めて作る）も藁が材料でした。

農家の必需品は言うまでもなく米の包装に使用する米俵、俵の語源は「田の藁」という説もあるように藁と稲作は密接な関係にありました。藁として生産加工が普及したのは中世からのようです。中世前期に「根刈収穫法の一般化」「稲架（ハサ）による乾燥法の採用」「脱穀過程の分離」が定着し、今日の収穫労働過程が確立しました。また、俵という文字が公文に使用されたのは平安朝前期、このころから包装容器として用いられたと判断できます。藁そして米俵は1000年以上、生産及び加工として農家に深く関わっていましたが、農業基本法の成立（農産物規格規程の改訂：1962年）を契機に米俵は消滅し、紙袋に置き換わり稲藁の大部分はすき込み、一部は飼料用、堆肥用に使用されています。米俵の材料としての藁については短稈の品種は不向きなことから避けられ、冬場の辛い作業を経た完成品は重さ、長さ、見た目を入念に

チェックする俵検査を通過して使用されました。また、藁材料の俵ゆえに、当然籾が運搬中に漏れることから減少分を見込んで多めに入れる習慣、1俵60kgを担ぐ重労働、わざわざ人を雇う事例等々、農作業上も包装容器としても米俵は経済合理性に乏しいことが理解いただけたと思います。

1951年、秋田県での現地調査で投下労働時間に占める藁加工の割合は14.3%（1,731分）、田植10.7%（1,299分）を上回る労働でした。米俵から紙袋への置き換えは単なる農作業の効率化に限定されることなく、運搬過程の合理化、労働負担の軽減、労働衛生、冬季作業からの開放等、労働科学の視点からも素晴らしいことでした。

同時期、水田株間除草機が普及しても除草作業の割合は18.1%（2,191分）、労働時間全体の2割も占めています。その後2,4-Dの使用を皮切りに除草剤が投入され、高性能の除草剤の拡大、散布方法の改善を目的に手回し散粒機、動力散布機が普及した結果、現在は5～6%（90分）程度に削減されています。省力製剤の開発により振動騒音被爆の回避も実現し、人間労働と物流の合理化も可能にしました。

近年、除草剤で変色した畦畔や農道は田園の景観を損ね、農作物の安全性に対して不安を感じさせるとの意見が寄せられました。除草剤散布を組み合わせ事例も含めた「みどりの畦畔づくり運動」を実施しています。

コストの削減や効率を優先した「米俵の廃止」は限定的な堆肥の活用に終わり、「資源循環型農業」は考慮されませんでした。稲藁は社会との調和（SDGs等）や労働科学の視点の重要性を改めて認識させてくれます。

温暖化に伴い増えてきた北海道の野良イモの発生を防止する取り組み

農研機構 北海道農業研究センター
大規模畑作研究領域

白木 一英

はじめに

近年、ばれいしょ栽培において、収穫時に掘りこぼした小粒の塊茎が圃場に残り、翌年に雑草化する‘野良イモ’の多発が問題となっている (Hirota *et al.* 2011)。野良イモは、雑草として後作物の生育を阻害するほか、防除が困難な病虫害の発生源や次年度以降の異品種の混入の要因となるため除去が不可欠となる (図-1)。北海道は、ばれいしょの生産量が全国の約8割を占め、その中でも十勝地方は最大のばれいしょの生産地帯であり、畑作農家1戸当たりの平均作付面積は約33 ha、ばれいしょの作付面積平均は5 haと、大規模土地利用型の輪作体系の畑作農業を展開している。同地方では、温暖化に伴い初冬に積雪の堆積時期が早まることで土壌が寒気にさらされにくくなっているため、土壌凍結が浅くなっている (Hirota *et al.* 2006)。これに伴い収穫後に畑に残ったイモが越冬し易くなっていると考えられている。大規模畑作地帯の十勝地方では、機械収穫時に土と一緒にこぼれ落ちる小粒塊

茎や掘り残した塊茎が1ha当たり数万～数十万個程度、畑に取り残される。そのために雑草化した野良イモの発生は多いところで1ha当たり2万株以上になる。野良イモの萌芽の時期は塊茎の深さにより時間差を生じるため、除草剤散布による防除作業は効果的でなく、人手による繰り返しの抜き取り作業を強いられている (前塚 2008)。この野良イモを夏場に取り除く作業量は1人当たり1haで30～70時間程度と夏の暑い時期に人手による作業が必要となる。機械化による農業の効率化、省力化を図ってきた十勝地方にとって、温暖化に伴った新たな野良イモの除去は大きな負担となっている。動画投稿サイトなどで‘野良イモ’をキーワードに検索すると数多くの動画が見れるが、同地方の生産者は冬の間に農業機械を用いて断熱効果のある雪を取り除くことで土壌凍結を促進する取り組みを始め、野良イモの発生を抑えている。このように生産者は、北海道の気候条件を活用して秋から冬にかけての農閑期の圃場管理作業による野良イモ防除に取り組み、一定の成果を得ている。そこで、そのような野良

イモ防除を支援するシステム開発や新しい防除の取り組みの概要を紹介したい。

1. 野良イモの発生要因

(1) 野良イモ防除のための土壌凍結深

畑における低温条件下での野良イモの凍結腐敗条件を調べると、地中の残存塊茎は、埋設位置の地温が日平均値で-3～-4℃を下回ると生存できない (表-1) (Li *et al.* 1981; Boydston *et al.* 2006; 白木, 2007)。したがって、冬季に氷点下以下の条件にある厳冬条件にある北海道では、地中にある塊茎のある位置で-3℃以下の条件にすることで凍結腐敗を実現できる。ばれいしょ収穫後の畑での調査から残存塊茎の大部分が地表下15cmまでに分布していた。したがって畑の野良イモを効果的に防除するためには、深さ15cmの日平均地温を-3～-4℃以下が野良イモ凍結腐敗の条件となることが明らかになった。そして、この目標を達成するための、土壌凍結



図-1 小豆の間に発生した野良イモ

表-1 インキュベータ内での貯蔵温度と時間がばれいしょ塊茎の生存率に及ぼす影響 (白木 2007)

貯蔵時間	貯蔵温度				
	-1℃	-2℃	-3℃	-4℃	-5℃
1時間	100	100	100	100	—
3時間	100	100	100	100	100
6時間	100	100	90	90	20
16時間	—	100	90	30	0
64時間	100	—	—	—	—

一部の芽が萌芽した塊茎は生存した。

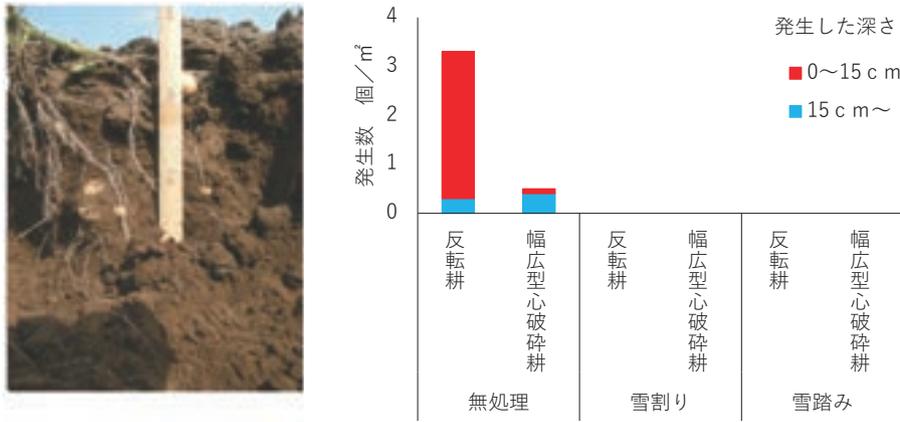


図-2 耕起法の違いと雪割りの有無が野良イモ発生深さに及ぼす影響 (白木・廣田 2014)

深は除雪後に 30 cm となる。一般に冬の畑の地温は、前述したように、積雪がない条件では土壌が寒気に直接さらされるため地温は下がりやすくなる。一方、積雪があると、雪は断熱作用があるため畑の地温は下がりにくくなり、特に積雪が 20 cm を上回ると地温はほとんど下がらなくなる。また、冬季の地温は地表面に近いほど低く、深層ほど高くなる。残存塊茎を凍結腐敗させるためには、①積雪を除去する等して、土壌を -3 ~ -4°C 以下に下げ、塊茎を凍らせて腐敗させる。あるいは、②畑に残ったイモを地温の低い地表付近に上げることが考えられる。

(2) 秋の反転耕が及ぼす影響

秋起こしで反転耕(プラウ)をする
と畑の残存塊茎は深い位置に埋め込ま

れてしまう。その結果、冬の地温は地表面ほど低く、塊茎が凍結しない状態にさせることになり、野良イモ発生リスクを高めることになる。したがって、残る残存イモに対して凍結処理効果を上げるためには、秋起こしは避けて塊茎を地表近くに留める必要がある。耕起方法が塊茎の深さに与える影響は、幅広型心土破碎耕(プラソイラー)に比べて反転耕では表面近くにある塊茎を耕起後に 15 cm 以下の深い層へ埋没させる傾向にある(図-2)(白木・廣田 2014)。秋起こしにより反転耕でイモを深さ 20 cm に潜らせてしまった場合は、深さ 20 cm の日平均地温を -3 ~ -4°C 以下に下げ、土壌凍結深は 40 cm 以上必要となる。このように、反転耕は野良イモの発生深度が深くなることから、防

除のためには土壌凍結を深くする必要があり、このような場合には排水が遅れるため春の植え付け作業等に影響が及ぶ可能性がある(図-3)(白木・廣田 2014)。

以下では、秋から冬にかけての圃場管理の方法について詳しく述べる。

2. 野良イモ発生を防止する取り組み

(1) 雪割り(除雪)による方法

雪割り(除雪)により土を露出して凍らせる作業として、生産者はトラクターなどの作業機械に排雪板を付けて雪を一定間隔で割り広げ、地表面を縞状に露出させる雪割りと呼ばれる現実的な方法を発案した(図-4)。この原理は寒気にさらされる土壌露出の部分は凍結が進む(図-5)(白木ら 2007)。一方、雪山の部分の土壌は凍らないので、雪割り部の土壌凍結が進行した後に、山の部分を割り広げて、雪山と谷を交代させることで畑全面の土壌を凍結させることができる。1 ha の畑を対象に雪割りを実施する場合、所要時間は 1 回 30 分以内、前後期 2 回で合計 1 時間程度である。これは夏の野良イモ掘りに要する時間のじつに数十分の 1 の時間となる。しかも、作業が冬の農閑期に実施できる。

ただし、この雪割りを実施するタイミングや土壌を露出する期間について、雪割り作業者の勘と経験に委ねら

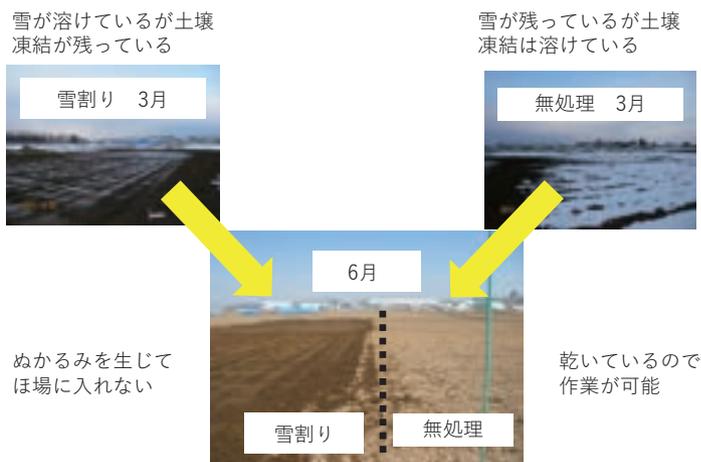


図-3 雪割りの有無が春の土壌水分に及ぼす影響 (白木・廣田 2014)

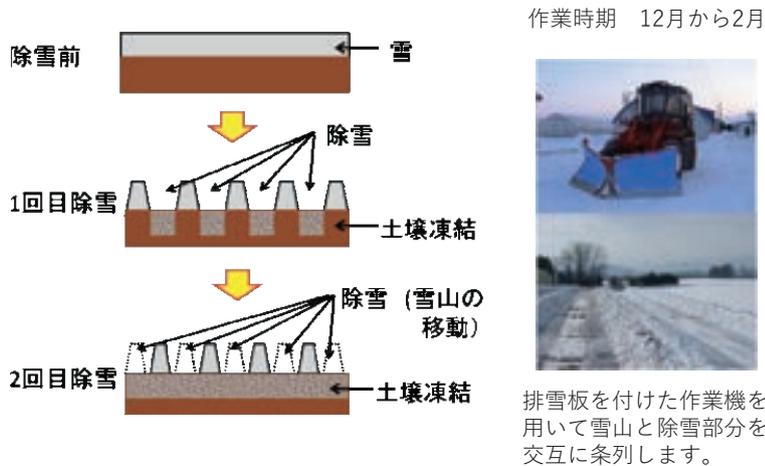


図-4 雪割りの方法

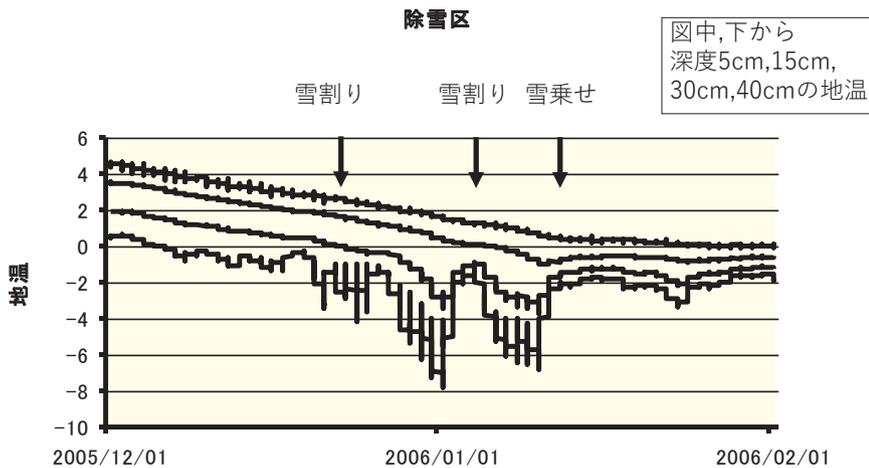


図-5 雪割りにおける地温の推移 (白木ら 2007)

れていて、雪割りを実施しても、凍結不足のため野良イモ防除が不十分となったり、逆に凍結過剰で春先の農作業にも支障を来すこともあり、さらには異常気象発生時には、熟練した雪割り経験者でも、野良イモ防除が不十分になる例も出てきた。これを、上記の野良イモ防除に必要な目標値を達成するために気温と積雪深から地温や土壤凍結深推定できるモデルを活用して、野良イモ防除に適切な土壤凍結深に制御できる土壤凍結深制御手法が開発された (岩崎 2014; Yazaki *et al.* 2013; 矢崎ら 2013)。この土壤凍結深制御手法とは、雪が優れた断熱材であることに着目したもので、雪割り作業の時期と除雪による土壤露出期間を気象データからの計算によって、積雪

を上手にコントロールすることで、凍結深を効率的に促進させることに加えて、凍結が過剰に深くなるのを抑制することも可能とした制御技術である。過度な土壤凍結による春先の排水不良による農作業への悪影響の懸念を抑える観点も併せると、最適な土壤凍結深は 30 ~ 40 cm である。なお、この土壤凍結深制御手法による雪割りが無理なく適用可能な気候帯は、12月~翌年2月の平均気温が -5°C 以下の地域である。その地域は、オホーツク地方も海岸部を除くと、内陸部を中心に十勝地方と同様な雪割り実施が可能であると判断できた (矢崎ら 2012)。十勝地方やオホーツク地方以外でも12~2月の気温が -5°C 以下の地域は北海道では海岸沿いや道南地方、石

狩、後志地方の一部を除くと広く分布する。日本海側の空知、上川地方のような多雪地帯では頻繁な降雪と積雪深の増加、水分が多く重い雪を除雪するための労力など雪割りによる地表面暴露の実現可能性を別途検討する必要がある。また、その他の地域でも降雪回数が多い地域では再除雪の回数が多くなるため、除雪に対しての労力、負担は大きくなる。この雪割りによる土壤凍結深制御による野良イモ防除の適用は費用対効果の面からも十分な検討が必要である。なお、土壤凍結深制御手法は生産者自身が適切な雪割りを実施するための意志決定支援ができる農業気象情報システムの構築へと発展し、生産者で利用されている (農研機構北農研・道総研十勝農試・十勝農協連 2012: 馬鈴しょ野良イモ対策システム利用マニュアル)。また、その試算によれば 1 ha の雪割り作業を生産者がトラクターに付けた除雪用の排雪板使用で行った場合の経費は 15,200 円/ha であるのに対して、手取り除草で 1ha の野良イモを除去した場合に 48 時間/人 \times 労働経費 (農協農作業労賃 8 時間) 6,500 円 \div 8 時間 = 39,000 円/ha と軽減効果が高い。

(2) 雪踏み (圧雪) による土壤凍結促進

土を凍らせて野良イモ防除するための手段として、雪割り以外に、けん引したタイヤローラーやケンブリッジローラーによって積雪層を圧縮させる雪踏みがある (図-6) (白木・廣田

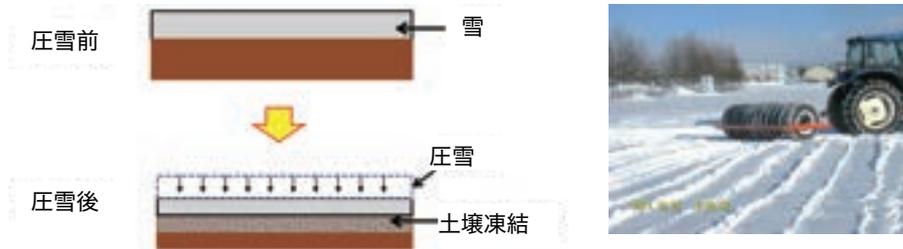


図-6 雪踏みの方法 (白木・廣田 2014)

2014)。積雪層を圧縮することで、雪の熱伝導率を高め土壌の凍結を促進する方法である。土壌凍結を活用して地中の残存塊茎を死滅させるという点で雪割りと同様の効果を目的として行うものである。この方法も十勝地方や網走地方の一部の生産者によって取り組まれている。雪踏みによる野良イモ処理は、畑全面を一度に処理対象とするために処理スケジュールが単純化しやすく、小麦などの越冬作物の作付け条件下で行っても作物体を痛めないメリットが考えられる。一方で、基本的には凍結促進のみを目的として実施しており、土壌が圧雪部を通して冷却されるため、暖冬年や多雪条件では雪割りよりも効果を発揮しにくいことも予想される。輪作の中でばれいしょ跡に小麦を播種する場合もあり、雪踏みを行って土壌凍結が深くなりすぎて小麦が湿害を受ける場合も想定されたが、追肥により減収が回避できる可能性が示さ

れた(白木 2009)。また、小麦の作付け条件下においても、小麦収量を確保しながら凍結深制御を行うことができることが明らかにされた(Shimoda *et al.* 2015)。このことから雪踏みにより小麦収量を低下させずに野良イモ発生を抑制できる可能性が高いと考えられる。

(3) 畑に残った塊茎を地表付近に上げる初冬のディスクハロー処理

雪割りや雪踏みによる野良イモ防除は、土壌凍結深は30 cmが必要である。この手法を無理なく適用できる地域は現在のところ前述したように低温で寡雪条件となる十勝、オホーツク地方と考えている。これ以外の地域では、残存イモの地温を下げて、野良イモ発生リスクを低減させるためには、冬季に地温が低い地表面にイモを上げる方法が効果的である。その方法のひとつとして、初冬にディスクハロー処理を

行う方法を考案した(図-7)(白木・廣田 2014)。この方法によって表面から5cmに埋設したばれいしょ塊茎の生存率は25～10%まで低下した(表-2)(白木 2012)。野良イモの凍結温度の結果と考え合わせれば、土壌を攪拌することでばれいしょ塊茎が地表付近で -5°C 以下の寒気に晒されて凍結腐敗が起り、死滅すると考えられた。なお、2009～2010年には3回の処理であったが2010～2011年には5回の処理を行ったことで凍結腐敗する個体が多くなり、発生率が低下した(白木ら 2012)。この初冬のディスクハロー処理は、除雪や圧雪による防除とは異なり、土壌凍結を深くする必要がなく、 -5°C 以下を目安に11月から処理を行うことができるので作業時間の余裕が生まれる。また、積雪下で処理を行っても土壌と雪が混ざり、最大凍結深は2009～2010年が9cm、2010～2011年が15cmになり、無処理と比べて土壌凍結深は深くなった。しかし、雪割りや雪踏みを行った場合とは異なり、3月下旬には土壌凍結深が0cmとなり、春作業への影響は認められないと考えられた。したがって、この方法は、最低気温が -5°C 以下の時に4、5回実施し、また積雪深が深くなるとディスクの刃が届かなくなるため、積雪深30cm以下での実施が推奨される。また、雪割りや雪踏みとは異なり日最低気温が -5°C 以下となる日が複数回ある地域であれば実施可能である。北海道では海岸沿いや道南地方、石狩、後志地方



図-7 初冬のディスクハロー処理の方法 (白木・廣田 2014)

表-2 耕起処理が野良イモ発生率に及ぼす影響（白木ら 2012）

品種	処理		
	無処理	反転耕	ディスクハロー
	2009～2010年		
キタアカリ	95	100	25
	2010～2011年		
インカのみぎめ	90	36	10
キタアカリ	85	100	15

発生株数/埋設塊莖数

2009～2010年：ディスクハロー処理は、2回掛け。反転耕処理は1回掛け

最大土壌凍結深は無処理3cm, 反転耕3cm, ディスクハロー 9cm (なお, 3月29日0cm)。

(参考：除雪した場合の最大土壌凍結深 (耕起は無処理) 36cm, 3月23日 35cm, 4月10日 0cm)

2010～2011年：ディスクハロー処理は、5回掛け。反転耕処理は1回掛け。

最大土壌凍結深は無処理5cm, 反転耕8cm, ディスクハロー 15cm (3月29日 0cm)。

(参考：除雪した場合の最大土壌凍結深 (耕起は無処理) 44cm, 3月29日 32cm, 4月5日 0cm)

2011年4月5日の土壌含水比：無処理48%, 反転耕50%, ディスクハロー 51%, 除雪区 (耕起は無処理) 53%

の雪割りや雪踏みが困難な場所でも12月中旬まで処理が可能となる（白木 2012）。この方法以外にも、秋の間に塊莖をあらかじめストーンクラッシャーなどで傷つけて、腐りやすくさせる塊莖損傷処理も残存イモの枯死率向上に有効である（白旗ら 2011）。さらに、畑の残存イモを地表付近まで持ち上げる処理や塊莖を傷つける方法と雪割りや雪踏みを組み合わせて野良イモ防除率をできる限り高める方法もある。

おわりに

ばれいしょの収穫跡地では温暖に伴い‘野良イモ’の多発が大きな問題となっていることから、雪割りや雪踏みを用いた防除法や初冬のディスクハロー処理による野良イモの発生低減効果について紹介した。凍結によるばれいしょ塊莖の死滅は土壌凍結する温度よりもさらに低い温度が必要で、生産者が実践している雪割りや雪踏みを行うことで野良イモ発生が認められなくなることが確認できた。特に土壌凍結が見込まれる地域では、反転耕を避けて掘りこぼしたばれいしょ塊莖を地表面近くにとどめることで野良イモ発生を低減でき、さらに土壌凍結深制御手法を用いた除雪、または、圧雪を行

うことで野良イモ防除が可能となると判断できた。また、土壌凍結が進み難い地域にあっても、初冬のディスクハロー処理によって土壌を攪拌することで発生率の低減が可能であることが明らかになった。このように‘寒さ’という地域の気象資源を用いることで野良イモ発生による病害虫発生や異品種イモの混入等の生産者に致命的な被害を与えるリスクを省力的に回避できると考える。

引用文献

- Boydston R. A. *et al.* 2006. Freezing behaviour of Potato (*Solanum tuberosum*) tubers in soil. *Amer. J. Potato Res.* 83, 306-315.
- Hirota T. *et al.* 2006. Decreasing soil-frost depth and its relation to climate change in Tokachi, Hokkaido, Japan. *J. Meteor. Soc. Japan* 84, 821-833.
- Hirota T. *et al.* 2011. Soil frost control: agricultural adaptation to climate variability in a cold region of Japan. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 16, 791-802.
- 岩崎暁生 2014. 野良イモ退治とウェブシステムの活用. *農家の友* 2014.01, 84-87.
- Li, P. H., *et al.* 1981. Potato freezing injury and survival and their relationship to other stress. *Amer. J. Potato Res.* 58, 15-29.
- 前塚研二 2008. 十勝の野良イモ発生の実態と除雪による野良イモ処理. *北海道の農業気象* 60, 39-44.
- 農研機構北農研・道総研十勝農試・十勝農協

連 2012. 馬鈴しょ野良イモ対策システム利用マニュアル. 十勝農協連.

Shimoda, S. *et al.* 2015. Possible soil frost control by snow compaction on winter wheat fields. *J. Agric. Meteorol.* 71, 276-281.

白旗雅樹ら 2011. 土壌凍結深制御による野良イモ防除における前処理作業の効果. 2011年度日本農業気象学会北海道支部大会講演要旨集, B5-6.

白木一英ら 2007. 勝地方における土壌凍結が野良生えイモの生存に及ぼす影響. *日作紀* 76(別2), 240-241.

白木一英 2009. 十勝地方における土壌凍結が秋まき小麦に及ぼす影響. *日作紀* 78(別2), 200-201.

白木一英 2012. 凍結腐敗を用いた野良イモ防除～気象資源を技術につなぐ～. *北農* 79, 180-185.

白木一英ら 2012. 十勝地方における初冬のディスクハロー処理による野良イモ防除. *雑草研究* 57(別), 121.

白木一英・廣田知良 2014. 寒地における野良イモ発生を防止するための圃場管理技術. *いも振興情報* 121, 34-41.

矢崎友嗣ら 2012. 北海道の気候条件から見た土壌凍結深制御による野良イモ防除の作業日程. *生物と気象* 12, 12-20.

矢崎友嗣ら 2013. 北海道十勝地方における土壌凍結深制御による雑草（野良イモ）防除. *土壤肥科学雑誌* 84, 478-481.

Yazaki, T. *et al.* 2013. Effective killing of volunteer potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers with soil frost control using agrometeorological information—an adaptive countermeasure to the climate change utilizing climate resources in a cold region. *Agr. Forest Meteorol.* 182-183, 91-100.

薬用作物栽培における除草剤の 必要性と登録拡大

国立研究開発法人医薬基盤・健康・
栄養研究所
薬用植物資源研究センター
北海道研究部

菱田 敦之

はじめに

日本の伝統医療である「漢方」は、奈良時代に古代中国の医療技術が伝えられ、その後江戸時代に独自の発展を遂げた。現代の日本において漢方による治療は、一般的な医療と同等に医師により行われている。その治療には、植物や動物あるいは鉱物等の天産物を原料とする生薬を数種類配合した漢方薬（処方）が用いられる。現在、漢方薬は製薬メーカーでエキス製剤として製造され、医薬品として医師や薬剤師の指導のもと治療に用いられている。

厚生労働省の調査では平成 27 年度における漢方製剤の生産金額は 1,574 億円であり、医薬品総生産金額の 2.3% を占め、前年に比較して 83 億円 (5.7% の増加となっている。ここ数年間、漢方製剤の生産金額は対前年度比で 3 ~ 5% 堅調に増加し (図 -1)、その要因の一つとして漢方薬が高齢者に限らず若い世代にも関心が高まり、さらに医薬品販売の規制緩和による漢方薬のネット通販やコンビニエンスストア等で容易に購入できるようになったことが挙げられる。

一方、日本漢方生薬製剤協会（日漢協）によると平成 26 年度における原料生薬の使用量は 25,419 トンであり、その生産国は中国が 19,982 トン (78.6%) に対し、国産品は 2,593 トン (10.2%) にとどまり中国産に依存した状態が続いている。中国産生薬の価格は日漢協の調査によると、使用量

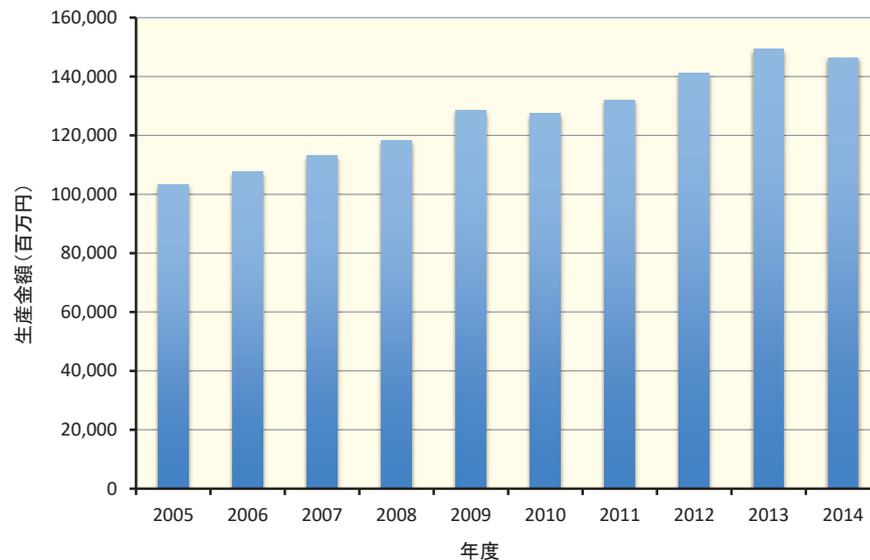


図-1 漢方製剤の国内生産額の推移
厚生労働省 薬事工業動態統計年報

上位 30 生薬について平成 18 年の価格を 100 として指数化し比較すると、平成 26 年は全 30 生薬の価格が上昇し、その平均 244 であった。同調査では、生薬価格の上昇の原因として「資源の減少」、「中国国内の需要増（食品も含む）」、「人件費・栽培加工費の上昇」、「天候（干ばつ・水害等）」が挙げられている。

近年、漢方エキス製剤の原料に用いる薬用作物の国内栽培が注目されている。この背景には、漢方製剤の需要の増加が見込まれることにより、従来、中国等からの輸入品に依存していた生薬の調達の一部を中国以外の第三国や日本国内に転換する製薬メーカーが出現したことがある。

薬用作物における除草剤の 必要性と課題

一般農作物と同様に薬用作物の栽培において除草作業は主要な課題である。薬用作物の生育期間中の雑草との競合による減収や品質の低下は一般農作物と同様に発生する。ウラルカンゾウの栽培に関する調査では、人力による除草を 1 年間行った場合、その作業時間は 180 時間・人/10a に達し、生産者の負担のみならず、栽培コストを増大させて薬用作物の国内栽培を阻む最大の課題である。

現在、薬用作物における除草剤の利用はセンキュウ、オウギおよびカノコソウ等を除いては少なく、これは薬用作物の種類が多い一方で、各々に適用拡大された除草剤が極めて少ないから

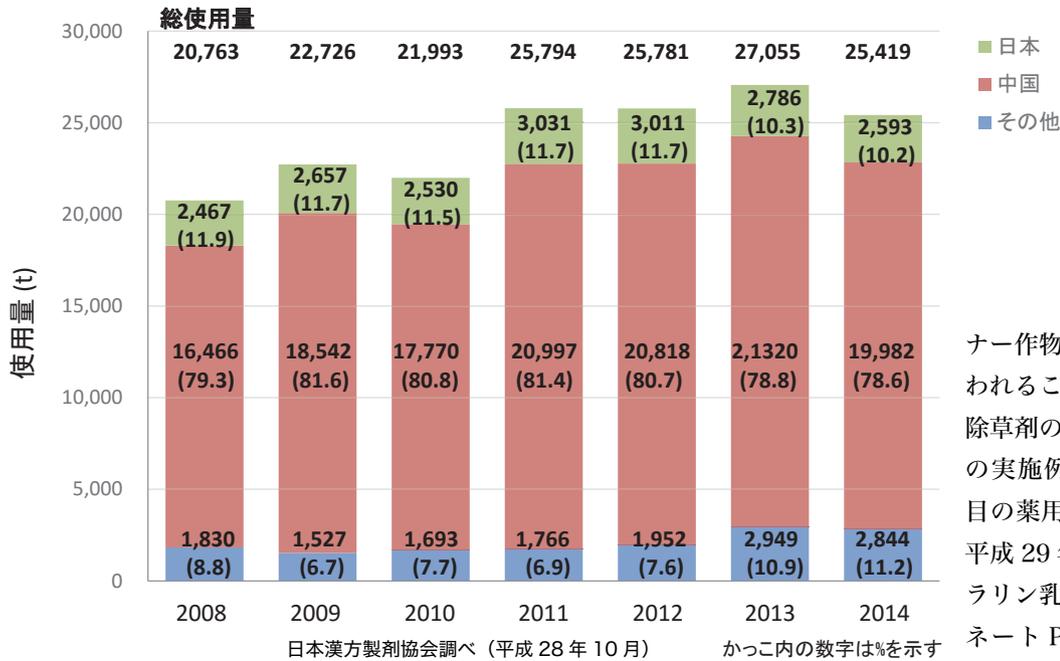


図-2 原料生薬の使用量と生産国

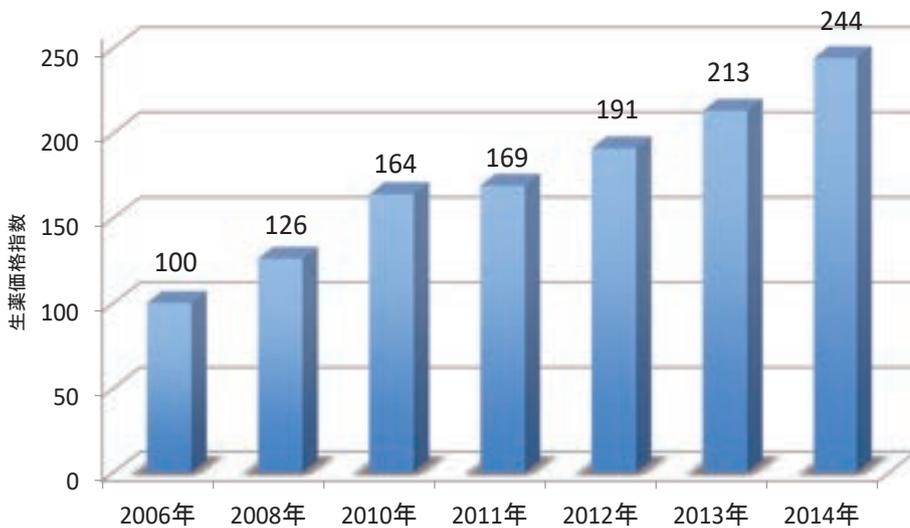
である。平成 17 年に農薬取締法が改正された当時、北海道で栽培されていたセンキュウやオウギでは、生産地の強い要望から農薬取締法の改正後も経過措置として除草剤の利用がそれぞれ認められたが、その他の多くの薬用作物では国内生産地が極めて少なく適用拡大の要望もほとんどなかったことから、ほとんどの品目で除草剤が利用できない状況になった。

しかし近年、薬用作物の国内栽培が

注目される中、その国内栽培が進まない理由の一つに除草作業の複雑さが挙げられ、多くの生産者から薬用作物の除草剤の整備が強く求められている。

除草剤の適用拡大における課題

薬用作物はマイナー作物に区別され、薬用作物の登録農薬の適用拡大は各都道府県で実施されている「マイ



日本漢方生薬製剤協会：中国産原料生薬の価格指数調査について（2015年7月10日）

図-3 原料生薬（使用量上位 30 品目）の価格指数

ナー作物登録農薬適用拡大事業」で行われることが多い。薬用作物における除草剤の適用拡大に伴う試験は北海道の実施例が最も多く、年間 2～3 品目の薬用作物を対象に行われている。平成 29 年度、カンゾウではトリフルラリン乳剤、カノコソウではグルホシネート P ナトリウム塩の効果、薬害および作物残留性試験が実施されている。実施例が多い理由として、北海道は薬用作物の栽培面積が国内で最も広く、大手製薬メーカーの産地拠点を有していること、さらに大規模・機械化農業の先進地域であり生産者団体および地方自治体等行政機関がマイナー作物への除草剤の適用拡大に理解があることが背景にある。

薬用作物の栽培は全国的に広がっているが、その適用拡大に伴う試験は全国的にみると少ない。その主な理由として、かつて全国的に行われていた薬用作物の栽培がバブル経済崩壊の 1990 年頃から生産地が激減し、その際に地域で保存されていた種苗や栽培技術が失われたことが挙げられる。その結果、都道府県等の公的研究機関（公設試）でも薬用作物の種苗や栽培技術の継承が途絶え、多くの公設試では薬用作物に関する試験が実施できない状況に至った。

一方、北海道では、医薬基盤・健康・栄養研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部が種苗、栽培術を公設試に提供するとともに同施設内で試験を実施する事例、同様に製薬メーカーが種苗、栽培技術を公設試に提供して実



図-4 カノコソウの栽培



図-5 カノコソウの収穫物



無処理区(6月17日)



処理区(6月17日)

図-6 除草剤トリフルラリン乳剤を用いた栽培例

施する事例、生産者団体、地方自治体が管理する薬用作物の栽培圃場を提供して公設試の指導のもと実施する事例があり、生産者を支援する目的で公設試、製薬メーカーおよび行政機関が連携して薬用作物の登録農薬の適用拡大に関する試験を支援する体制が整いつつある。

カノコソウにおける登録農薬の適用拡大の実施例

カノコソウは、オミナエシ科の多年生草本植物で、その根茎を乾燥して生薬「吉草根」として利用する。吉草根は、鎮静、鎮痙および駆風薬として婦人薬

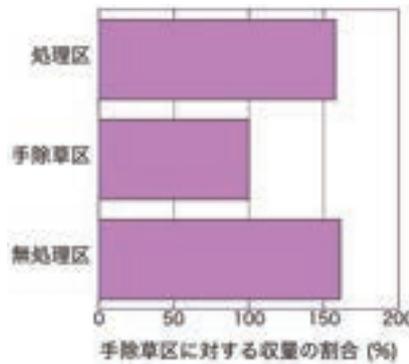


図-7 除草剤散布が収量に及ぼす影響

の処方に配合され、近年、女性の漢方処方に対する意識の変化から、吉草根を配合した一般用医薬品の婦人薬の需要が増加し、これに伴い吉草根の需要も増している。平成26年度におけるカノコソウの使用量21,025kgのうち国内栽培品の占める割合は97.3%(20,465kg)と非常に高く、国産品で賄われている数少ない生薬の一つである。主な産地は北海道および岩手県であるが、カノコソウは栽培が難しく敬遠されがちなこと、その生産量が国内の需要に満たない状況が続いている(菱田2012)。

そこで大手製薬メーカーはカノコソウの安定供給を図るため、平成25年度から生産者団体と協力して新たに生産地を開発することとなった。その過程で生産者から出された要望により、カノコソウ栽培における除草剤の整備が必要不可欠であることが関係者の間で改めて認識された。これを受けた地元自治体は生産者支援の観点から

北海道マイナー作物登録農薬適用拡大事業を利用して北海道、公設試が連携してカノコソウにおける除草剤の適用拡大に向けた取り組みを開始した。平成25年度はトリフルラリン乳剤の適用拡大に関する試験が実施され(菱田ら2015)平成26年に適用拡大され、続いて平成26年度はクレトジム乳剤(平成27年適用拡大)、平成29年度はグルホシネートPナトリウム塩の適用拡大に関する試験が実施されている。除草剤の整備に伴い同地区の生産者戸数は増加して現在では10戸を越え、平成28年度の生産量は6,000kgに達している。

おわりに

薬用植物の国内栽培を拡大するためには、最大の課題である雑草防除技術の開発を進めること、国内栽培品が外国産と比べて十分な競争力を持つ栽培技術を整備するため、除草剤等を利用して生産者の負担を軽減し、生産性および品質の向上を図ることが不可欠である。一方、薬用作物における登録農薬の適用拡大は試験地の確保等の課題が多いことから、進まない状況にある。公設試、専門の研究機関、都道府県・地方自治体、さらには製薬メーカーが相互に連携して、試験地の確保など生産者を支援する体制を確立する必要がある。

薬用作物の国内栽培においては一般農作物と比べ栽培面積が極めて小規模で全国に点在していることから、雑草防除の実態や生産者の要望が把握されにくい。このような状況を解決するためには、薬用作物の除草剤の適用拡大を効率的・効果的に進めるためには、都道府県や地方自治体の枠組みを越え、情報共有や試験内容の調整を行うことを目的とした広域ネットワークを整備することも必要と考える。

加えて医薬品原料を目的とした薬用作物には、外国産植物を中心にこれま

で日本で栽培されたことがない植物が多く、農産物等の食品分類表に記載されないために、農薬の残留基準値が設定されていないものがある。残留基準値設定がない場合、登録農薬の適用拡大試験が実施できないため、事実上除草剤の適用拡大が行えないという事例もある。医薬品原料の農薬残留基準値は、今後、医薬品業界で検討されるべき課題であるが、農薬の適用拡大を目的とした薬用作物の‘収穫物’の農薬の残留基準値を設定する等の対応が必要と考える。

引用文献

- 日本漢方生薬製剤協会 2016. 原料生薬等調査報告書—平成 25 年度および平成 26 年度使用量—。日本漢方生薬製剤協会。
- 厚生労働省医政局経済課 2016. 薬事工業生産動態統計 平成 27 年。厚生労働省, 13.
- 菱田敦之 2012. 生薬「吉草根」の生産とその課題。道業誌 29(4), 25-28.
- 菱田敦之 2015. カノコソウ栽培における除草剤トリフルラリンの除草効果と農薬残留性。薬用植物研究 37(2), 18-21.

田畑の草種

大反魂草・大返魂草・大判言草 (オオハンゴンソウ)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

キク科オオハンゴンソウ属の多年生草本。草丈は 50cm 程度から 3m に達するものもある。種子とともに地下茎でも繁殖する。葉の形が「反魂草」に似るため名づけられたが花の形は大きく異なり、花径 5～7cm の黄色い頭花をつける。中央部の筒状花は黄緑色で団子状に盛り上がり、舌状花は花弁がやや垂れ、1 輪だけで見ると何となくだらしなく感じるのは筆者だけだろうか。

北海道の富良野を舞台にした倉本聰脚本の「北の国から」というテレビドラマがあった。1981 年に始まり 2002 年まで断続的に続いた。その中のドラマスペシャル「'98 時代」。かつて想いを寄せていた蛍が不倫相手の子を身ごもり札幌で暮らしているのを知った正吉は、兄とも慕う草太から蛍との結婚を勧められる。正吉は蛍にプロポーズするが拒否されてしまう。水商売をする母に相談したところ、そのときに流れていた「百万本のバラ」になぞらえて花を贈ることを薦められるが、百万本

のバラは 4 億円も 5 億円も。

場面が切り替わって、蛍の兄の純が富良野に車を走らせている。車窓に広がる黄一色の花畑。純は、その花畑の中で花を刈っている正吉を見つけた。「正吉！ 何やってんだお前」「いいんだ。俺の趣味だ。放つといてくれ」。正吉は刈りながら「4,231, 4,232, 4,233・・・」。

一方、蛍のアパート。蛍が戸を開けると、届けられた黄色の花、花、花……。花瓶といわずバケツといわず、水を入れられるものすべてに生けられた真っ黄色の花。

この花が「オオハンゴンソウ」であった。

北海道富良野には、ずいぶんと前から広がっていたようである。今や「特定外来生物」に指定されるオオハンゴンソウである。今なら、正吉も蛍もそのままでは済まないかもしれない。

侵入外来雑草に対する海外の取り組み

農研機構 中央農業研究センター
生産体系研究領域

黒川 俊二

はじめに

1980年代後半ごろから多種多様な外来雑草が飼料畑を中心に侵入し、全国各地で深刻な被害をもたらしてきた。近年では、その被害は水田地帯の大豆畑などにも拡大し、通常の防除体系で防除するのが難しいこともあり、壊滅的な被害をもたらしている。こうした農耕地における外来雑草問題に加え、侵略的外来植物と呼ばれるものが自然生態系にも侵入し、生物多様性に対する脅威の一つとして問題となっている。これらに共通している問題として、一旦侵入すると甚大な被害をもたらすと同時にそれらを防除することが非常に困難であるということである。

これまでの研究で、農耕地に侵入する外来雑草は主に輸入飼料に混入して日本に入ってきていることが明らかとなっており、それらが飼料を通じて全国の飼料畑に到達し、深刻な被害をもたらしていることがわかってきた（農林水産省技術会議事務局 1998）。アレチウリなどでは、飼料畑から水の流れに乗って河川敷に侵入し、河川敷の生態系を攪乱している（村中ら 2005; Kobayashi *et al.* 2012; Uchida *et al.* 2012）。さらに、河川周辺の水田地帯に水の流れで侵入し、そこで転作されている大豆畑においても深刻な被害をもたらすこととなった（農林水産省生産局 2013）。

輸入飼料に混入して非意図的に導入される農耕地の外来雑草だけでなく、

意図的に導入される緑化植物や水草などの園芸植物が逸出し、侵略的な振る舞いをする外来植物もある。

このように、農業や生態系に被害をもたらす外来植物については、未然に被害を防ぐことが最も効果的な対策となる。また侵入初期のものについては、それ以上被害が拡大しないよう分布拡大防止対策が重要となる。そのためには、通常の雑草防除のような被害圃場だけでの対策だけでは不十分である。輸入検疫による水際対策や分布拡大を防止するための地域全体での取り組みなどが必要となる。

本稿では、農耕地の外来雑草や侵略的外来植物に対する公的な取り組みとして、海外での事例を紹介するとともに、我が国における公的管理体制の現状の問題について整理したい。

外来雑草や侵略的外来植物に対する国際的な枠組み

農作物をはじめとする有用植物に対する被害を防止する目的では、国際植物防疫条約（The International Plant Protection Convention; IPPC）がある。1952年に発効した条約で日本も締約国である。農林水産省のホームページではその英文および和文を見ることができる（<http://www.maff.go.jp/j/syouan/kijun/wto-sps/ippc.html>）。その目的の条項を見ると、「植物及び植物生産物に対する有害動植物のまん延及び侵入を防止し、並びに有害動植物の防除のための適切な措置を

促進するための共同の、かつ、有効な措置を確保することを目的として…」とある。ここで、有害動植物と訳されている単語は英文では「pests」であり、時々「病害虫」と訳されている場合も見られるが、この条約における定義を見ると、「有害動植物とは、植物、動物又は病原体のあらゆる種、ストレイン又はバイオタイプであって、植物又は植物生産物に有害なものをいう。」となっており、病害虫だけでなく、雑草もその中に含まれていることがわかる。

一方で侵略的外来生物については、生物多様性条約（Convention on Biological Diversity; CBD）の枠組みの中で扱われている。2010年に愛知県名古屋市で開催された生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）において、戦略計画2011-2020の中で20の個別目標「愛知目標」が策定されたが、その目標9に「2020年までに、侵略的外来種及びその定着経路が特定され、優先順位付けられ、優先度の高い種が制御又は根絶される。また、侵略的外来種の導入又は定着を防止するために、定着経路を管理するための対策が講じられる。」と掲げられた。

これらの条約の締約国は、こうした国際的な枠組みに沿った形で対策を進めることが求められている。

諸外国における法規制と公的な取り組み

雑草については、病害虫とともに検

表-1 諸外国の検疫や植物防疫関連の法律における雑草の扱い

地域	国	法律名（黒川が訳したのも含む）	雑草に関する記載の概要
アジア	中国	動植物輸出入検疫に関する法律	目的部分に明確に雑草の記載がある。
	韓国	植物防疫法	Pestとして病害虫とともに、雑草（種子も含む）が記載されている。
	インド	植物検疫令（インドへの輸入規制）	有害雑草（noxious weed）として明記されているとともに、pestsについても雑草が対象となりうる。
ヨーロッパ	英国	雑草法	その名の通り、雑草を対象とした法律。
	ドイツ	植物防疫法	植物やその生産物に有害な動植物や病原菌のあらゆる種、系統あるいは生物型を有害生物（harmful organisms）として定義しているため、雑草も対象となりうる。
北米	米国	植物防疫法	Pestとは別に有害雑草（noxious weed）が明記されている。
	カナダ	植物防疫法	植物や生産物あるいは副産物に対して直接的あるいは間接的に害をもたらすあらゆるものをpestとして定義しているため、雑草も対象となりうる。
オセアニア	オーストラリア	生物安全保障法	2016年に検疫法から置き換わったばかり。Pestとなるあらゆる動植物となっているため、雑草も対象となりうる。
	ニュージーランド	生物安全保障法	Pest 管理戦略においてpestとして特定される生物をpestと定義しており、雑草も対象となりうる。
		有害物質・新生物法	遺伝子組換え生物を含むこれまでにニュージーランドになかった生物を新生物として規制しており、雑草も対象となる。

疫に関する法律あるいは植物防疫法によって規制されている国が多い（表-1）。アジア諸国の中で、中国、韓国、インドなどでは明確に雑草を規制対象として記載している。韓国はかつては日本と同様に Pest に雑草は含まれていなかったが、現在は明確に対象としている。

アメリカ合衆国では、以前は雑草については別の法律 Federal Noxious Weed Act of 1974 で規制されていたが、現在は植物防疫法の中に取り込まれている。また、合衆国全体の Federal noxious weeds だけでなく各州においても State noxious weeds が指定されており、輸出入だけでなく州をまたぐ移動などの規制も行われている（USDA, NRCS 2017）。Noxious weeds の指定から外したり、新たな種を指定することについては、誰でも大臣に申し立てをすることができる。申し立てがあった場合、最終的な決定は科学的根拠に基づいて行われる。

オーストラリアやニュージーランドでは生物安全保障法（Biosecurity Act）で輸出入検疫に関わる規制を行っている。また、ニュージーランドでは有害物質及び新生物法（Hazardous Substance and New

Organism Act）においても、組換え生物を含む新たな生物の輸入の規制も行っている。

外来雑草や侵略的外来植物に関係する海外での法規制についてすべて本稿で網羅することはできないが、侵略的外来植物に関しては、生物多様性保全や環境保護に関わる法律での規制も行われている場合が多い。

こうした法規制とは別に、オーストラリアでは雑草を早期に発見するための国家プロジェクトとして（The National Weed Detection Project; NWDP）コミュニティーベースでの雑草発見ネットワークのシステムがある。試行的にクイーンズランドで行われた Weed Spotters という取り組みである。このプロジェクトは2004年から2008年にクイーンズランド植物標本館を基本組織として試行された。その仕組みは、Weed Spotters に登録されたボランティアが新しい雑草を見つけるとその地点情報を入れた押し葉標本を作成し、分類を検証するためにクイーンズランド州植物標本庫に地域の取りまとめ役（Regional coordinator）を通じて送るというものであった。こうして集められた情報は、それぞれの地域における正確な警戒種リスト作成に貢献するとともに、

新たな雑草の早期発見により、クイーンズランドにおける分布情報や生態情報の改善にも大きく貢献した。こうした取り組みが成功したことにより、ヴィクトリア州やオーストラリア南東部など他の地域にも Weed Spotters の取り組みが広がっている。また、それを広げるために、Weed Spotters ネットワーク構築のためのガイド（Weed Spotters guide）も作成されている（Morton and Harris 2008）。それによると、Regional coordinator という地域の取りまとめ役が、ボランティアである Weed Spotters と地元政府、有害動植物管理を行うスタッフ、州政府をうまくつなぐ役割を果たしている（図-1）。

また、韓国においても2014年より農林畜産検疫本部（ハングルからの直訳；英名は Animal and Plant Quarantine Agency）を中心として、全国6地域で「外来雑草防除の日」の行事として年2回、輸入業者や荷役・輸送会社、植物病害虫予察専門員などが一緒に参加する官民合同での外来雑草予察と防除活動が行われている。またこうした活動を通じて国民に対する普及啓発にも注力されている。

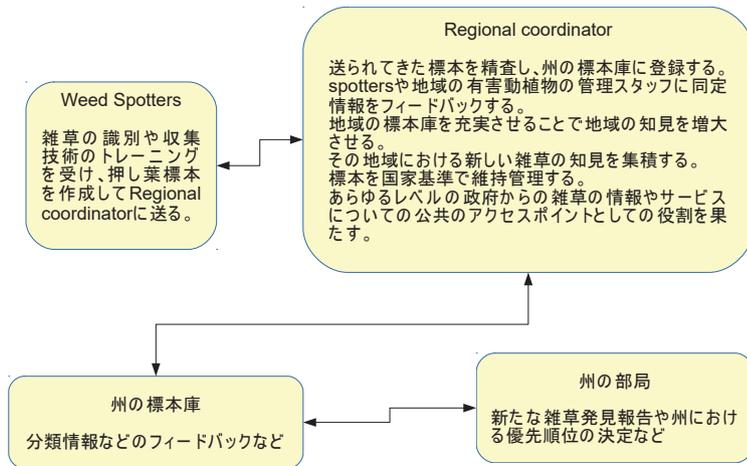


図-1 オーストラリアにおけるコミュニティベースの雑草早期発見ネットワーク “Weed Spotters” (Morton and Harris (2008) Weed Spotters guide より作成)

日本における法規制の現状と問題

日本において、外来雑草あるいは侵略的外来植物対策に関係する法律としては、植物防疫法と特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（外来生物法）がある。しかしながら、諸外国と違う点として、植物防疫法で有害植物とされる中に一般的な雑草は含まれない。日本の植物防疫法における有害植物の定義を見ると、「この法律で「有害植物」とは、真菌、粘菌、細菌、寄生植物及びウイルスであつて、直接又は間接に有用な植物を害するものをいう。」となっている。国際植物防疫条約における有害植物に雑草が含まれていることを考えると、現状では国際的な枠組みに国内の法整備が追いついていないということになる。

一方で外来生物法については、自然生態系に対する被害を防止する目的だけでなく、人の健康や農林水産業被害を防止することも目的となっており、植物防疫法で対応できていない分、その効果が期待されるところである。しかしながら、これまでの特定外来生物の指定過程において、植物に関しては主に自然生態系被害を対象としてお

り、農林水産業被害のみを引き起こしている植物については指定の対象となつてこなかった。つまり、輸入飼料に混入して侵入し、飼料畑や大豆畑で深刻な被害をもたらしている外来雑草については、外来生物法においても直接的に対応できていない状況にある。

生物多様性条約への対応としては、愛知目標の達成に向けて、外来種被害防止行動計画と生態系被害防止外来種リストの作成が実施された。行動計画では、社会において外来種対策を主流化するための基本的な考え方が示されている。その内容は、普及啓発・教育の推進や優先度を踏まえた外来種対策の推進、情報基盤の構築など全体の基盤となる対策、意図的・非意図的導入や逸出の防止、防除の推進、地域固有性の維持保全などである。外来種リストでは、未定着のものや被害をもたらしているあるいはおそれのある外来種だけでなく、産業上重要で代替性がないため適切な管理のもとで利用する「産業管理外来種」というものもリスト化されている。外来雑草に関して植物防疫法が国際植物防疫法に対応できていないのに対し、侵略的外来植物については一歩進んでいると言えるかもしれない。しかしながら、外来生物法で法規制の対象となっている特定外

来生物とこの生態系被害防止外来種リストの関係性や行動計画とリストの関係性が一般にわかりづらいことなどから、今後関係者が具体的にどのような行動を取ることが総合的な解決に向かうかをより明確にしていく必要があるだろう。

今後は、植物保護目的においても国際的な枠組みに合致する法整備を行うとともに、日本における外来雑草あるいは侵略的外来植物の問題を包括的に理解し、最も効果的なあり方を検討していく必要があるだろう。

おわりに

以上のように、外来雑草や侵略的外来植物に対する公的な取り組みについては、国際的に見て日本は進んでいるとは言いがたい。少なくとも植物防疫法は国際条約に対応する改正が必要であろう。また、そうした法律を実効性あるものにするためには、実際に関係者が対策を取りやすい公的管理システムの構築も重要である。現在、農耕地における外来雑草問題については、全国の普及センターなどの指導機関に雑草問題を専門に担当する部署がないことや専門家がいらないことに起因して、被害実態の把握すら難しい状況にある。侵略的外来植物に関しても、様々な関係者が対策を行っているが、必ずしも最適な管理が行われているわけではない。「外来」＝「悪」、「在来」＝「良」という単純な思考が働いてしまい逆に新たな問題が引き起こされている例も

ある。例えば、緑化植物では早期緑化を目的として外来牧草種が利用されていたが、外来種ということで一律に使用されなくなり、その代わりに在来であればなんでもよいという理屈によってコスト面で安く入手できる外国産の在来種が使用されることとなった。しかしながら、遺伝的に異なる系統を大量に輸入することによって在来の個体群に対する遺伝的攪乱リスクが生じることとなってしまった（早川ら 2011; 黒川 2012; Shimono *et al.* 2013; 下野 2014）。あくまで侵略的外来植物による問題は生物多様性への悪影響であることから、本来の目的は生物多様性保全である。外国産在来種による遺伝的攪乱リスクはまさに生物多様性に悪影響のある外来種問題そのものであり、そうした方向に対策が向かってしまうのは本末転倒ということになる。

一方で、実効性のある総合的な対策を進めるためには法整備だけでは不十分である。先に、オーストラリアにおける Weed Spotters という地域的な取り組みの例を示したが、日本においても、自治体主導のものではないが、少し似た取り組みがある。NPO 法人緑地雑草科学研究所では、「すべての関係者がその恩恵を受ける地域住民としての立場で緑地管理に決定的な影響を与えている“雑草”と“雑草問題”について感心を高めししっかりした知識と考え方を共有する」ことを目的として、2013 年より「雑草ウォッチャー」という住民参加型の活動が行われている (<http://www.bousou-ken.org/>

[join.html](http://www.bousou-ken.org/instructor.html))。そこでは「最近目につく雑草問題・リスク」、「雑草に関して気づいた変化」、「主要雑草・問題雑草の分布状況・生育様相」などの情報が全国各地から集められている。さらに、同法人では、単なる雑草に関する知識を持っている人の養成ではなく、実際の地域の雑草問題を解決にまで導けるプロフェッショナル・リーダーとしての人材を育成する目的で、「雑草インストラクター」という事業も 2016 年より始まっている (<http://www.bousou-ken.org/instructor.html>)。今後こうした活動が有機的につながっていくことによって、公的な枠組みにとらわれなくても、適切な雑草管理が各地域で実践されるようになることが期待される。

外来雑草や侵略的外来植物の対策においては、それら外来植物だけを見ても解決できるものではない。またそれぞれの防除技術を開発するだけでも十分ではない。外来という狭い枠組みではなく、現場における雑草問題を様々な角度で捉えて、関係者が正しい知識に基づいてその地域に合った適切な管理方法を見出し実行していくことが総合的な取り組みにつながると思われる。

参考文献

早川宗志ら 2011. 在来ヨモギと外国産ヨモギの遺伝的攪乱のリスク. 日本作物学会四国支部会報 48, 48-49.
Kobayashi, H. *et al.* 2012. Dairyland populations of bur cucumber (*Sicyos angulatus*) as a possible seed source

for riverbank populations along the Abukuma River, Japan. *Weed Biology and Management* 12, 147-155.

黒川俊二 2012. 緑地管理における外来種と在来種—そのリスク管理について—. 草と緑 4, 8-18.

Morton, J. and W. Harris 2008. *Weed Spotters guide – A guide for regional bodies to deliver a Weed Spotters network in their regions*. CRC for Australian Weed Management, University of Adelaide, Waite Campus, PMB 1, Glen Osmond SA 5064 Australia, pp. 23.

村中孝司ら 2005. 特定外来生物に指定すべき外来植物種とその優先度に関する保全生態学的視点からの検討. 保全生態学研究 10, 19-33.

農林水産技術会議事務局 1998. 強害帰化植物の蔓延防止技術の開発. 研究成果 326. <http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039014509.pdf>

農林水産省生産局 2013. 麦及び大豆生産における雑草の発生・被害の実態調査について. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/info/pdf/zassou-tyousa.pdf>

Shimono, Y. *et al.* 2013. Phylogeography of mugwort (*Artemisia indica*), a native pioneer herb in Japan. *Journal of Heredity* 104, 830-841.

下野 嘉子 2014. ヨモギ (*Artemisia indica* Willd. var. *maximowiczii* (Nakai) H.Hara) —緑化植物の観点から—. 草と緑 6, 23-31.

Uchida, T. *et al.* 2012. Co-existence of *Sicyos angulatus* and native plant species in the floodplain of Tama River, Japan. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 4, 336-347.

USDA, NRCS 2017. Federal and State Noxious Weeds. In: The PLANTS Database (<http://plants.usda.gov>, 18 January 2017). National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA.

<https://plants.usda.gov/java/noxComposite>

水田雑草における貫生化現象 (無性偽胎生) とその生態的意義

農研機構 中央農業研究センター
土壌肥料研究領域

早川 宗志

生産体系研究領域

内野 彰

はじめに

植物は種を維持・繁殖させるために種子から成長して花を咲かせ、あらたに生産した種子から次世代の個体を発生させる。種子繁殖には、両親種間の遺伝的多型を基にして次世代で新たに多様な遺伝的組み合わせを生み出すことができるメリットがある。この種子繁殖とは異なり、親個体と遺伝的に同一なクローンによって増殖する繁殖様式が栄養繁殖である。栄養繁殖には、遺伝的に同一な個体を塊茎など地下部からでも増殖できるというメリットがある。水田に発生する雑草においては、種子繁殖と栄養繁殖の両特性を併せ持つ生活史がその防除や根絶を難しくする一因となりうる。

真正胎生, 脱離偽胎生, 無性偽胎生

栄養繁殖は地下部, 匍匐枝, 脇芽などの部位において起こるのが一般的であるが, 本来は種子繁殖を行う器官である花からもクローン繁殖が起こることがある。これはアポミクシス(無融合生殖)または無性偽胎生によって起こる栄養繁殖である。アポミクシスは3倍体タンポポのクローン生産様式として有名であるが, 本稿では無性偽胎生による貫生化現象について取り上げたい。

胎生には外見上類似した別の現象である真正胎生, 脱離偽胎生, 無性偽胎

生がある(図-1)。真正胎生とは, 果実が親植物体に付着して栄養連絡を維持している間に種子が発芽を始め, 親植物体上で幼苗を形成後に自然落下して独立栄養となる種子を形成する植物のことをいう(小清水 1939)。真正胎生にはマングローブを形成するヒルギ科植物などがある(図-2)。脱離胎生は, 果実が親植物体に付着していない, もしくは, 付着していても既に親植物体と果実との間の栄養連絡が絶たれた種子が果実内で発芽し, 一見胎生に似た状態となるものをいう(小清水 1939)。植物体が生産した種子が脱粒することなく穂上で発芽する現象である穂発芽はこの脱離偽胎生にあたる(図-3)。これらに対して, 外見上は真正胎生や脱離胎生によく似ているが, 植物体上の幼苗が無性的に花器から栄養器官に変化したものを無性偽胎生という(小清水 1939)。この無性偽胎生では無性芽(幼苗), ムカゴ, 殖芽が形成され, 例え

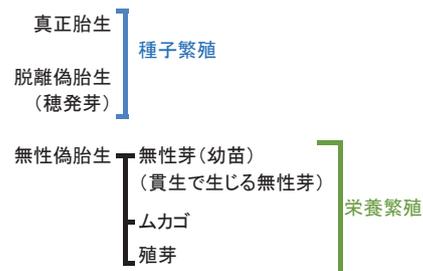


図-1 胎生の種類と貫生化現象との関係



図-2 ヒルギ科ヤエヤマヒルギの真正胎生種子(石垣島(橋越清一撮影))



図-3 イネの穂発芽(2017年9月, 森田弘彦撮影)

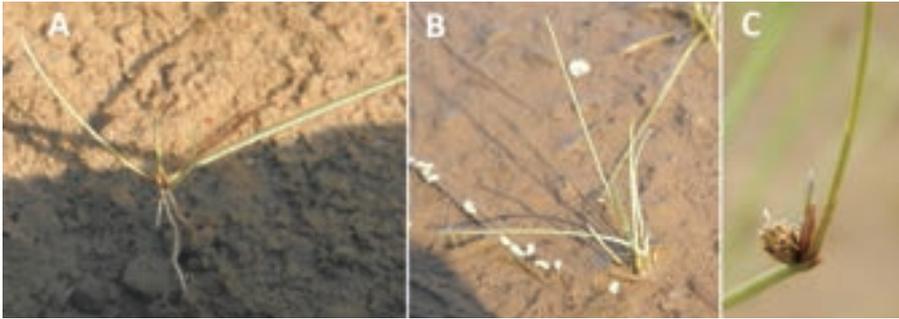


図-4 ハリイ属植物のハリイにおける貫生個体
 [A] 貫生 (2016年11月1日, 茨城県つくば市), [B] 越冬した貫生由来のAと同一個体 (2017年4月24日), [C] 越冬した貫生由来の個体の花序と無性芽 (2017年5月17日)

L. var. *rubra* (図-5) は無性芽を、ノビル *Allium macrostemon* Bunge (図-6) とムカゴトラノオ *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre (図-7) はムカゴを、マルバオモダカ *Caldesia parnassiifolia* (Bassi. ex L.) Parl. (図-8) は殖芽を

形成する。無性偽胎生が起こる要因には、遺伝的要因や環境要因などがあるが、エノコログサ *Setaria viridis* (L.) P.Beauv. ではササラ病菌が寄生し、花器が異常発育して無性的に幼苗を形成することも知られている (小清

水 1939)。同様に、イネ *Oryza sativa* L. でも黄化萎縮病の罹病に基づくマイコプラズマによる小穂の幼苗化が起こる (松葉 2014)。

無性偽胎生で現れる貫生化現象

無性偽胎生の中で無性芽 (幼苗) が形成される場合を特に貫生化現象と呼ぶ (図-1)。貫生化現象とは、「本来は茎の先端が発育を停止した有限構造をもつ花または花序の生長点が、なんらかの刺激を受けて再び活性化し、花または花序の反復発生、不定芽の発生による茎の伸長、花に代わる葉や茎の発生などの現象を引き起こすこと (武田ら 1990)」とされる。貫生は無性芽のみならず花の反復構造にも当てはまることから、無性偽胎生で生じる無性芽よりもやや広い意味で用いられる。

貫生は様々な分類群において報告され、特にイネ科植物に多く報告される (図-5, 9)。イネでは貫生に関する研究が多数行われ、遺伝的に固定した貫生変異体の存在に加えて、低温処理や冠水などの各種ストレスによって一過的に引き起こされる貫生も認められている (武田ら 1990)。貫生が現れやすい種には、イネ科植物以外にもコウガイゼキショウ類、ハリイ属植物、マルバオモダカなどの水生植物・湿生植物が知られている (小山 1961; 佐竹 1982; 角野 1994; 熊澤・角野 2012a, b; 宮本 2015)。今回、著者らは貫生の分子機構の研究を



図-5 オオウシノケグサの無性芽をつける品種
 ムカゴウシノケグサ f. *vivipara* の型
 (栃木県 (早川宗志・内野彰, HH114, 2017年6月22日, TNS 所蔵))



図-7 ムカゴトラノオのムカゴ (2012年8月17日, 燕岳)



図-6 ノビルのムカゴ
 (2017年6月9日, つくば市)



図-8 マルバオモダカ標本の花序と殖芽
 (S. Miyake, 5778, Sep/23/1997 (TNS))



図-9 ミヤマイチゴツナギ *Poa malacantha* Kom. var. *shinanoana* (Ohwi) Ohwi の無性芽をつける品種コモチミヤマイチゴツナギ f. *vivipara* (Ohwi) Ohwi の型 (2012年7月, 剣山)

紹介するとともに水田雑草のイヌホタルイ *Schoenoplectiella juncooides* (Roxb.) Lye, ハリイ, オモダカ *Sagittaria trifolia* L. において観察された貫生を報告し, 水生植物や湿生植物とも異なる水田雑草における貫生の生態的意義を考察したい。なお貫生は「生殖成長が栄養成長へ逆転する異常な成長 (石川ら 2010)」であり, 無性芽は「無性的に生じ, 栄養繁殖する散布体 (石川ら 2010)」とされる。本来, 無性芽は貫生でなくても (花器以外の部分からも) 生じうるが, 以下では「貫生 (無性偽胎生) で生じる無性芽」を「無性芽」として記載し, 花器における無性芽の形成を貫生の事例として紹介する。

イネにおける貫生の分子遺伝学的研究

イネでは, 今井ら (2008) の先行研究により貫生の分子機構の一端が解明されている。イネの在来品種‘赤毛’から見いだされた貫生変異体 *epd* (*ectopic palea dwarf*) は, 夏季と冬季



図-10 アオコウガイゼキシヨウにおける無性芽 (2015年9月23日, 愛媛県 (福岡豪撮影))

という育成環境の違いが表現型に影響し, 夏季栽培では第I節間が短い, 異所的な穎の形成, 二重外穎など多面的発現を示すのに対して, 冬季は貫生を示す小穂が増加する。本変異は劣性の1遺伝子支配で, その原因遺伝子は MADS box を有する *OsMADS6* の近傍に座上する。イネにおける *OsMADS6* の RNAi (RNA 干渉) によるノックダウン系統は *epd* の表現型と類似しており (今井ら 2008; Ohmori et al. 2009), *epd* では *OsMADS6* の一部エキソンが欠失していることから, *epd* は *OsMADS6* の機能喪失である可能性が強く示唆されている (今井ら 2008)。こうした遺伝的に固定した貫生変異体のほか, イネでは冠水や低温処理などの環境ストレスに起因して一過的な貫生も引き起こされる (武田ら 1990)。この種子繁殖が難しい環境ストレス条件下における貫生も, 同様のメカニズム, すなわち *OsMADS6* (*epd*) のような貫生遺伝子の発現がストレスによって一過的に阻害されたことに起因する可能性が高い。

コウガイゼキシヨウ類とイヌホタルイにおける無性偽胎生 (貫生化現象)

イグサ科イグサ属のコウガイゼキシヨウ *Juncus prismatocarpus* R.Br. subsp. *leschenaultii* (J.Gay ex Laharpe) Kirschner, ハリコウガイゼキシヨウ *J.*

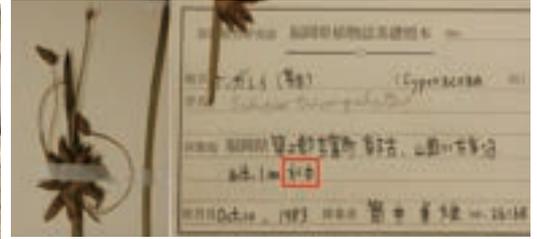


図-11 カヤツリグサ科カンガレイの標本に見いだされた無性芽 (筒井貞雄, X/10/1983, 26168 (TI), 採集地情報に「水中」とある)

wallichianus Laharpe, ヒロハノコウガイゼキシヨウ *J. diastrophanthus* Buchenau, アオコウガイゼキシヨウ *J. papillosus* Franch. et Sav. においては, 水辺に生える個体に頭花に無性芽を生じる生態的な変異が知られている (佐竹 1982; 宮本 2015; 福岡豪 私信; 図-10)。水辺に生える個体の貫生化現象がイネと同様に環境ストレスによるものだと考えると, これは水辺という花序が水没するような不安定な環境条件下においても植物が確実に繁殖するための戦略であると考えられる。すなわち閉鎖花を作らない他殖性植物では, 花序が水没すると花粉放出や受粉ができないため種子繁殖することが難しい。しかし無性芽という栄養体があれば, 環境ストレスに脆弱な配偶子体を経ずに繁殖することが可能となる。このような水没に起因すると考えられる無性芽はハリイ属とコウガイゼキシヨウ類で以前から知られていたが, 2000年にはハリイ属に近縁なホソガタホタルイ属でもミヤマホタルイ *Schoenoplectiella hondoensis* (Ohwi) Hayas. の無性芽が初めて報告された (早坂・大橋 2000)。ホソガタホタルイ属ではその後, カンガレイ *S. triangulata* (Roxb.) J.D.Jung et H.K.Choi など複数の種で確認されている (Hayasaka 2012; 図-11)。我々もホソガタホタルイ属の水田雑草であるイヌホタルイにおいて初めて貫生で生じた無性芽を確認し



図-12 イヌホタルイにおける貫生と穂発芽
[A] 貫生 (2016年9月27日, 茨城県つくばみらい市), [B] 穂発芽 (2014年7月28日, 栃木県下都賀郡)。貫生で生じる無性芽と穂発芽で生じる実生は互いに外見上で似ているが、両者は栄養繁殖と種子繁殖という根本的に異なる現象であり、その発生機構は全く異なる。穂発芽は種子から発芽した実生であるため根、子葉鞘、線形葉が存在するが、貫生による不定芽は形成時にこれらの器官がない

たため、本稿で報告する (図-12A)。本個体は2016年9月26日に茨城県つくばみらい市の水田圃場で雑草調査のために収穫した試料から得られた。このため自生地における発生状況は不明であるが、実際の水田でも貫生化現象が起り得ることを示している。

カヤツリグサ科ハリイ属植物における無性偽胎生 (貫生化現象)

カヤツリグサ科ハリイ属植物では貫生による無性芽が出現する種として、ハリイ (広義)、セイタカハリイ *Eleocharis attenuata* (Franch. et Sav.) Palla, シカクイ *E. wichurae* Boeck., マシカクイ *E. tetraquetra* Nees が報告されている (小山 1961)。またハリイ属雑種のコセイタカハリイ *E. × naritaensis* Yashiro とコシカクイ *E. × choseiensis* Yashiro では、貫生で生じた無性芽を持つ標本がホロタイプに指定されている (Yashiro 2011)。ハリイでは、無性芽が表現型として固定しておらず、水気の多い場所や植物体が沈水したような時に発生が多くなる (小山 1961; 図-4A)。日本産ハリイ属植物は湿生植物であるが、北米に産するハリイ属植物では水中でも陸上でも生育可能な両生植物が3種分布す

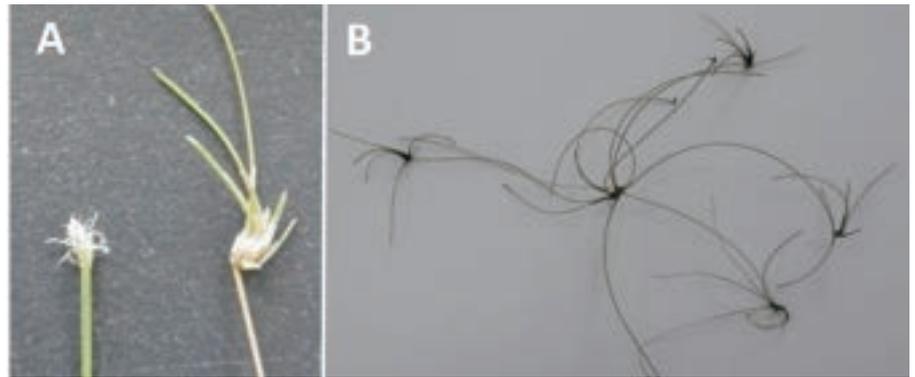


図-13 ハリイ属植物の [A] *Eleocharis vivipara* (2017年4月24日) の花序 (左) と無性芽 (右) および [B] *Eleocharis baldwinii* (2017年1月16日) の無性芽

る。このうち *Eleocharis vivipara* の光合成形態は C_3 植物と C_4 植物の中間型であり、水中では C_3 型と陸上では C_4 型というように環境条件に合わせて生理機能を変化させている (Ueno 2001; 上野 2010)。これらの種は日本で栽培した場合、5月頃の開花期以外には専ら、本来は花序となるべき部位からの無性芽によってクローン増殖する (図-13)。いずれも水辺環境で自生する種であることを考えると、これらの種は水辺環境における無性芽を極度に進化させたグループであるといえる。同属の水田雑草であるハリイは、水位変動によって花序が水没するような不安定で攪乱的な水田環境で生育しており、水没下でも確実に繁殖できるように貫生を発達させたのかもしれない。ハリイの貫生で生じた無性芽は、攪乱的な環境で種子繁殖と栄養繁殖の有利な方の選択を可能にさせる水田環境への適応と考えることができる。

オモダカ科植物における無性偽胎生 (貫生化現象)

一年生水生植物マルバオモダカでは無性偽胎生による殖芽の生態学的研究がなされている (熊澤・角野 2012a, b)。マルバオモダカは種子の他に散布型の無性繁殖体である殖芽 (主に水生植物で形成される栄養を蓄えた芽) をもち、殖芽が花茎上の花をつける部位に形成される (図-8)。熊澤・角野 (2012b) は、マルバオモダカの種子と殖芽の生態学的研究を行い、両者の役割が生態的に異なり、種子はシードバンクとなって集団の長期的存続に寄与する一方、殖芽は通常の個体群の維持を主に担っていると考察している。さらに花茎における殖芽形成の決定要因の一つとして、イネと同様に温度 (低温) の関与が示唆されている (熊澤・角野 2012b; 伊藤一幸 私信)。一方、マルバオモダカに近縁なオモダカ属でも水田雑草のオモダカにおいて無性偽



図-14 オモダカの雄花の雄ずいから発生した無性芽 (森田弘彦描写)

胎生による無性芽が確認されている。我々はガラス温室でポット栽培を行っている際に無性芽の形成を2度確認しているが、伊藤一幸氏が収集した中にも雄花の雄ずいが無性芽となるオモダカの系統が観察されている (伊藤一幸・森田弘彦 私信; 図-14)。後者のオモダカでは花序の冠水によって無性芽が発生したが、開花時の空中湿度が高いことによって無性芽が発生している可能性もある (伊藤一幸 私信)。野生条件下や水田圃場におけるオモダカの無性芽の発生頻度やその越冬性などは不明であるが、オモダカにおける無性芽の報告がほぼないことは、種子繁殖と塊茎による栄養繁殖の双方による繁殖様式をオモダカがすでに獲得しているため、一年生植物のマルバオモダカのような越冬を可能にする殖芽や無性芽による栄養繁殖を必要としなかったことによるものであろう。

おわりに

以上、少ない観察事例ではあるが、水田雑草の貫生化現象について報告した。イネの研究成果による貫生のメカ



図-15 環境要因によって一過的な貫生が起こる仮説

ニズムから、一過的な貫生は冠水や低温などの種子繁殖を阻害する環境ストレスが *epd* (*OsMADS6*) 様遺伝子の発現阻害を引き起こすことによって現れると考えられる (図-15)。多年生の水田雑草は塊茎や根茎によって栄養繁殖もできるため、繁殖方法のリスク分散という点では貫生を新たに獲得する生態的意義が小さい。一方、一年生の水田雑草における貫生による無性芽の形成は花序の水没など種子繁殖が難しい環境条件に対応した柔軟な繁殖戦略であると解釈でき、環境変化の際のリスク回避として効果的な繁殖方法のひとつとなる。実際、本稿で紹介したハリイの貫生で生じた無性芽由来する個体は、冬期に地上部が枯れたが、春には越冬芽から成長して5月に開花または貫生による更なる繁殖が認められた (図-4C)。水田雑草における貫生の発生頻度は不明であるが、貫生の誘導要因や貫生個体の越冬性や繁殖成功度などの適応度を種子繁殖とともに比較解明していくことは、雑草としての適応戦略を理解するうえでも興味深い多くの知見を提供してくれるだろう。

謝辞

真正胎生、脱離偽胎生、および無性偽胎生 (貫生) の写真ならびに有益な情報提供をしてくださった伊藤一幸氏、森田弘彦氏、橋越清一氏、福岡豪氏に感謝します。標本閲覧を許可いただいた東京大学総合博物館 (TI) の池田博氏、清水晶子氏、国立科学博物館筑波実験植物園標本庫 (TNS) の海老原淳氏に感謝します。

引用文献

- Hayasaka, E. 2012. Delineation of *Schoenoplectiella* Lye (Cyperaceae), a genus newly segregated from *Schoenoplectus* (Rchb.) Palla. J. Jap. Bot. 87, 169-186.
- 早坂英介・大橋広好 2000. ミヤマホタルイ (カヤツリグサ科) の無性芽. 植物研究雑誌 75, 376-377.
- 今井克則ら 2008. イネ在来系統 '赤毛' から生じた新規変異体の遺伝解析. 育種学研究 10, 135-143.
- 石川統ら 2010. 生物学事典. 東京化学同人, 東京.
- 角野康郎 1994. 日本水草図鑑. 文一総合出版, 東京.
- 清水卓二 1939. 胎生種子に就いて. 理学会 37, 936-941.
- 小山鐵夫 1961. ハリイ一特にその変異と類縁

について、横須賀市博物館研究報告 自然科学 6, 1-6.
 熊澤辰徳・角野康郎 2012a, マルバオモダカの殖芽の形態変異と奇形. 水草研究会誌 97, 34-37.
 熊澤辰徳・角野康郎 2012b, 絶滅危惧水生植物マルバオモダカにおける二種類の繁殖体の特性と役割. 日本生態学会 59.
 松葉捷夫 2014, イネの形態形成研究の通説批判論考. ウィンカもがわ, 京都.
 宮本太 2015, イグサ科イグサ属. 大橋広好ら編, 改訂新版日本の野生植物 1. ソテツ科～カヤツリグサ科, pp.287-292. 平凡社, 東京.

Ohmori, S. et al. 2009. MOSAIC FLORAL ORGANSI, an AGL6-Like MADS Box Gene, Regulates Floral Organ Identity and Meristem Fate in Rice. Plant Cell 21, 3008-3025.
 佐竹義輔 1982, イグサ科. 佐竹義輔ら編, 日本の野生植物草本 I 単子葉類, pp.66-72. 平凡社, 東京.
 武田洋治ら 1990, 小穂の貫生現象と環境による変動. 松尾孝嶺編, 稲学大成第 1 巻形態編, pp.270-272. 農山漁村文化協会, 東京.
 Ueno, O. 2001. Environmental regulation of C₃ and C₄ differentiation in the

amphibious sedge *Eleocharis vivipara*. Plant Physiology 127, 1524-1532.
 上野修 2010, 水生植物の光合成. 坂上潤一ら編, 湿地環境と作物-環境と調和した作物生産をめざして-. pp. 49-56. 養賢堂, 東京.
 Yashiro, K. 2011. Two new hybrids of *Eleocharis* (Cyperaceae) from Chiba Prefecture, Honshu, Central Japan. J. Jap. Bot. 86, 210-218.

統計データから

野菜の産出額

野菜の需給構造をみると、国内生産が約 8 割、輸入が約 2 割である。平成 27 年の野菜の国内産出額は我が国の農業産出額 8 兆 7,979 億円の 27% を占め、畜産に次ぐ。統計で生産量が把握されている野菜は約 100 品目あるが、トマトやいちごなど上位 10 品目で産出額の 6 割程度を占め、また、上位 10 道県が産出額の約 5 割強を占める。

平成 27 年の野菜の生産動向を平成 17 年と比較すると、販売農家数 37 万戸は 23% 減と担い手が減少し、作付面積 40.8 万 ha は 9% 減と若干減少するなか、生産量 1,191 万トン は 0.5% 減とほぼ横ばいで、産出額 2 兆 3,916 億円は 117% の増と健闘している。販売農家のうち、野菜部門における主業農家の割合は 37% と、水稻の 18% に比べ高く、農業粗収益では 76% と比率が一段と高くなる。

輸入野菜のうち生鮮品と加工品の割合は 27 : 73 の割合であるが、生鮮品では

たまねぎが 41% (中国産 8 割)、かぼちゃ 12% (ニュージーランド産 5 割)、にんじん 9% (中国産 9 割)、ねぎ 7% (中国産 10 割)、ごぼう 5% (中国産 9 割)。加工品ではトマトピューレ、ジュース等が 38% (中国産 2 割)、ニンジンジュースが 13% (アメリカ産 6 割)、スイートコーン冷凍、缶詰が 11% (アメリカ産 5 割) となっている。(K.O)

順位	品目別の産出額 (億円)	主な産地+D2:D12	都道府県別の野菜の産出額 (億円)
1	トマト 2,434	熊本, 北海道, 愛知	北海道 2,224
2	いちご 1,700	栃木, 福岡, 熊本	茨城 1,890
3	ねぎ 1,555	千葉, 埼玉, 茨城	千葉 1,749
4	きゅうり 1,482	宮崎, 群馬, 埼玉	熊本 1,273
5	キャベツ 1,136	群馬, 愛知, 千葉	群馬 1,035
6	たまねぎ 1,077	北海道, 佐賀, 兵庫	愛知 1,012
7	ほうれんそう 1,016	千葉, 埼玉, 群馬	埼玉 1,003
8	だいこん 994	北海道, 千葉, 青森	長野 889
9	レタス 981	長野, 茨城, 兵庫	栃木 883
10	なす 885	高知, 熊本, 群馬	福岡 801

「農林水産省 野菜をめぐる情勢 平成 29 年 6 月」を参考

かのチャールズ・ダーウィンは、植物学者としても優れた業績を残している。これまで本稿でも、ランやつる植物の研究を紹介してきた。前者はランの受粉に関する研究であり、後者は“植物の運動”に関する研究だった。植物の運動という観点でダーウィンが注目したもう一つの対象が食虫植物だった。『種の起源』を出版した翌年、1860年の夏、イングランド南東部に位置するサセックス州のヒースの荒れ野を訪れたダーウィンは、モウセンゴケを観察する機会を得た。そして思いのほかたくさんの虫がトラップされていることに驚いた。

その年の11月24日、尊敬する地質学者ライエルに宛てた手紙の中で、売れ行き好調で第3版出版に向けた『種の起源』の改定作業を急ぐよう、出版社から急かされていると書く中で、次のようにも書いていた。「とはいえ、モウセンゴケの原稿を仕上げるつもりですし、その必要があります。それには1週間ほどかかりそうです。目下は、世界中のどの種の起源よりもモウセンゴケのことが気になっています。ただし、モウセンゴケの出版は来年以降になるでしょう」

中途半端を嫌うダーウィンは、その後、各種食虫植物を栽培して研究に励み、その集大成として450ページ余りの著

書『食虫植物』の出版にこぎつけたのは1875年のことだった。ダーウィンが50年あまりにわたって居住し、研究の場ともなった住居ダウハウスを訪れると、再現された温室(図-1)の一面で、ダーウィンゆかりの食虫植物が今も栽培されている(図-2)。

食虫植物は、被子植物の、イネ目、カタバミ目、ナデシコ目、ツツジ目、シソ目という5つの異なった目で進化している。したがって平行進化の例と見なせるが、その目的は共通しているといつてよいだろう。すなわち、貧栄養の環境で生息するために、虫食によってリンや窒素といった養分の不足を補っているのだ。

基礎生物学研究所の長谷部光泰さんと福島健児さんは、北アメリカに分布し、栽培植物としても人気のある食虫植物サラセニア(図-3)の捕食葉のつき方を研究した。サラセニアは、細長い袋状の捕食葉を伸ばす。その形状が、酒をつぐ古式豊かな細長い容器「瓶子(へいし)」に似ていることから、瓶子草という和名もある。サラセニアの捕食葉の成長様式を調べたところ、葉の先端側の細胞では横方向の分裂が起きるのに対し、葉の付け根部分の細胞は先端側とは直交する方向への分裂が起きていた。その結果、葉全体では歪みが生じ、



図-1 ダウハウスに再現された温室

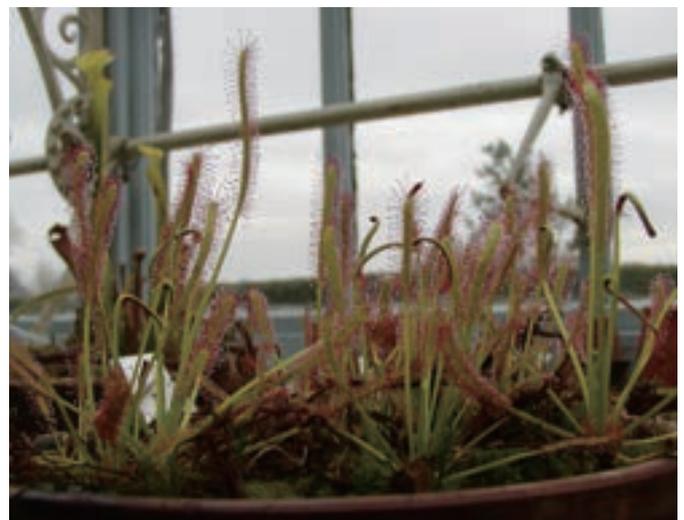


図-2 温室内では食虫植物が今も栽培されている



Pitcher-plant - Sarracenia purpurea

図-3 合衆国の植物画家メアリー・ヴォー・ウォルコット(1860-1940)が描いたラサセニア。夫はバージェス頁岩の発見者でスミソニアン協会の会長を務めたチャールズ・ウォルコット(1850-1927)

袋状を呈することになるらしいことがわかったという。細胞分裂の方向性を変えるだけで、大きな形態的な変化を引き起こしていたのだ。系統の異なる3目に属する4種類の食虫植物で、トラップした虫を消化するための酵素を調べた。すると、もともとは同じ病害抵抗性遺伝子を転用している例が多数見つかった。その一例は、真菌の細胞壁に含まれるキチンを破壊するキチナーゼである。昆虫などの節足動物の外皮はタンパク質がタンニン化したクチクラでできている。クチクラの主成分がキチンである。つまり別の目的で進化した適応を転用しているのだ。これぞまさに、進化はプリコラージュ(器用仕事)と喝破した先人の先見の明を地で行っている好例ではないか。進化学の用語ではこれを外適応という。つまり、たいがいの進化はゼロからの出発ではない。既存の部品にその都度手を入れて工夫する間に合わせ仕事なのだ。

ただし、自然はいつだってわれわれの意表を突く。先頃、植物にも「意志」あるいは「意識」があることを謳った本が話題になった。しかしそれは、植物は動物よりも機械的な生きものだという先入観を前提としているからこそ、「新しい見方」だった。なのでぼく自身は、それほど評価しなかった。逆に、動物の行動も、環境に対する機械的な反応である部分が多い。つまりわれわれは、植物を過小評価しすぎる一方で、動物を過大評価しすぎているのである。そこで植物の仰天の行動を紹介しよう。

これは2015年に発表された研究である。合衆国のノースカロライナとサウスカロライナの湿地に自生するハエトリグサ(図-3)の驚異の行動が確認されたのだ。



Venus Fly-trap - Dionaea muscipula

図-4 ウォルコットによるハエトリグサの葉。

思い出してみよう。食虫植物が食虫性を進化させたのは貧栄養への適応のためだった。ならば、苦勞の末に獲得した養分の無駄遣いはゆるされない。風や何かの小片がトラップに触れるたびにトラップを閉じたり、消化液を分泌していたのでは無駄が多すぎる。そこで件のハエトリグサはどうしたか。数を数えることにしたのだ!

具体的にはこうだ。トラップは、センサーである繊毛が20秒以内に2回刺激されたときしか閉じない。しかも閉じただけでは消化液は分泌されない。消化液の分泌には3回目の刺激が必要なのだ。そしてさらに、分泌量も調整される。センサーが刺激された回数に応じた量の消化酵素しか分泌されないのだ。

機械的といえば機械的な反応である。しかし、それ以上の狡知を巡らせる必要があるだろうか。虫を感知するのは物理的な刺激だ。ただし、それだけでは無機的な物体が触れただけかもしれない。生きている虫ならば、刺激は1回では終わらないはずである。いつまでもへたばらない獲物に対しては消化液を追加する。それだけ大きい獲物なのだろうから、元は取れるはずだ。こうしたことを勘定に入れるだけで、最小限の仕組みでうまくいく。まさにびっくり仰天じゃないか。

袋状のトラップに消化液を湛え、獲物の落下をうながすウツボカズラ。虫にとっては底なし沼の恐怖にも通じる罠だ。しかし、その消化液の中で繁殖する昆虫やカエルもいるという。なんともまあとしか言いようのない世界だ。この世界の片隅では、多様な命が息づいている。その事実の一端に触れて、謙虚にならない人を、ぼくは信じられない。

協会だより

試験成績検討会

●平成28年度冬作関係(麦類・いぐさ・水稲刈跡)除草剤・

生育調節剤試験成績検討会

日時:平成29年9月14日(木) 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

研究会等のお知らせ

第32回報農会シンポジウム

『植物保護ハイビジョン2017』

ー加速するグローバル化に対応するIPMの進展ー

日時:平成29年9月13日(水) 10:00~17:00

場所:「北とぴあ」つつじホール

〒114-00002 東京都北区王子1-11-1

TEL 03-5390-1100

講演:

①農薬登録の国際調和

古畑 徹(農林水産省 農薬対策室)

②海外での病害虫発生と生物農薬の使用・IPMの現場について

平田秀嗣(三井物産株式会社)

③侵入害虫クビアカツヤカミキリの被害状況と防除対策

加賀谷悦子(森林研究・整備機構森林総合研究所)

④アミノ酸による作物の病害抵抗性誘導

瀬尾茂美(農研機構生物機能利用研究部門)

⑤Bacillus属等微生物を用いた病害防除とその展望

吉田重信(農研機構中央農業研究センター)

参加費:一般 2,000円, 学生 事前申込み無料, 当日1,000円

申込み:9月6日までに下記連絡先までEメールまたはFAXにて(当日の参加も可能)

連絡先:公益財団法人報農会 藤田肖子, 渡邊敦子

TEL/FAX 042-452-7773

E-mail khono511@car.ocn.ne.jp

編集後記

ヒアリの発見が連日のように報道されていますが、東京湾では刺咬性のアカカミアリが発見されたようです。また、アルゼンチンアリの山口県岩国市から広島県東広島市まで続くスーパーコロニーが発見されています。アリ対策は喫緊の問題です。

8月号では筆頭に北海道での野良イモ発生の記事を掲載します。これも温暖化の影響だそうです。続いて、薬用作物栽培の除草に関する記事を掲載します。適用除草剤が少なく、除草が大変な問題になっています。

外来雑草に対する欧米やオセアニアでの対策をレポートしてもらいました。グローバル化に伴い、外来種問題はアリだけに限りません。

そのほか、雑草に関連して無性芽の記事も掲載しています。(編集子)

植調第51巻 第5号

■発行 平成29年8月10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 (有)ネットワン

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

取 扱 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」

- クサビフロアブル(ベンゾビシクロン)
- ゲバード1キロ粒剤(ベンゾビシクロン/ダイムロン)
- 天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- メルタス1キロ粒剤(ベンゾビシクロン)
- モーレツ1キロ粒剤(ベンゾビシクロン)
- レプラス1キロ粒剤(ダイムロン)
- アールタイプ/シュナイデン1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- イネヒーロー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)
- ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- オオワザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- ザンテツ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- キクトモ1キロ粒剤(カフェンストロール/ベンゾビシクロン/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)
- 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)
- ナギナタ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- ニトウリュウ/テッケン1キロ粒剤(ベンゾビシクロン)
- ブルゼータ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- ブレキープ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾビシクロン)
- ホットコンビフロアブル(テニルクロール/ベンゾビシクロン)
- ライジンパワー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビシクロン)



「ベンゾビシクロン」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！

- | | |
|--------------------------------|--|
| イッテツ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | スマート(1キロ粒剤/フロアブル) |
| イネキング/クサバルカン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒) |
| ウエスフロアブル | テラガード(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/250グラム) |
| オークス(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | トビキリ(ジャンボ/500グラム粒剤) |
| カービー1キロ粒剤 | ハーディ1キロ粒剤 |
| キチット(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤 |
| クサトリーBSX(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | 半蔵1キロ粒剤 |
| サスケ-ラジカルジャンボ | フォーカード1キロ粒剤 |
| サンシャイン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | フォーカスショットジャンボ/ブレッサフロアブル |
| 忍(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | フルインング/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) |
| シリウスエグザ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒) | ビッグシュアZ1キロ粒剤 |
| シリウスターボ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | ピラクロエース/カリユード(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) |
| シロノック(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | |



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/>



水稲用 中・後期除草剤

テツケン 1キロ粒剤

問題雑草に鉄拳!

ニツリュウ 1キロ粒剤

二刀流で
問題雑草をバッサリ!

<写真はイメージです>

SN協議会

事務局  日本農業株式会社

 Istaer Biotech

水稲用 初・中期一発処理除草剤

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。

AVH-301 ホクコーのテフリルトリオン混合剤

新登場!! 水稲用一発処理除草剤

カチホコ

SU抵抗性雑草、特殊雑草に有効!
ノビエに長期残効!!



新登場!! 水稲用中・後期除草剤

ワイドショット

1キロ粒剤



湛水散布可能な
中後期剤。
SU抵抗性雑草・
多年生雑草に有効!

JAグループ
農協 | 全国 | 経済連

 北興化学工業株式会社

※北興化学工業(株)の登録商標

生物図鑑の読み放題サイト

図鑑.jpのご案内

<https://i-zukan.jp>

「日本の生き物を調べる・わかる 図鑑.jp」は、電子書籍化した図鑑類が読み放題になる会員制サービス（ジャンルごとの年会費制）です。各出版社が発行している日本を代表する専門図鑑を中心に、すでに絶版となった図鑑や公共機関などが発行した一般には入手が困難な図鑑も提供します。

複数の図鑑を和名・学名・科名で横断検索できるだけでなく、ユーザが投稿写真を加えることで図鑑が補完され、図鑑とユーザ投稿を合わせて「究極の図鑑」を目指すサービスです。

図鑑.jpでは、個人でご利用いただく通常コースに加えて、会社・研究機関・NPO等で複数人でリーズナブルにご利用いただける法人ライセンスもございます。

こんな方におすすめ

- ✓ 複数の図鑑を楽々閲覧したい
- ✓ 野外で、タブレットやスマホで図鑑を見たい*
- ✓ 会社で、複数の担当者で同時に図鑑を使いたい

*利用には通信回線が必要です。



あの図鑑を一気に検索



植物ジャンルラインナップ

(2017年3月現在)

図鑑名	出版社名
山溪ハンディ図鑑1 野に咲く花 増補改訂新版	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 山に咲く花 増補改訂新版	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 樹に咲く花 合弁花・単子葉・裸子植物	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 樹に咲く花 離弁花 1	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 樹に咲く花 離弁花 2	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 増補改訂 日本のスマレ	山と溪谷社
山溪ハンディ図鑑 日本の野菊	山と溪谷社
日本帰化植物写真図鑑	全国農村教育協会
日本帰化植物写真図鑑2	全国農村教育協会
原色図鑑 芽ばえとたね	全国農村教育協会
日本水草図鑑	文一総合出版
日本の水草	文一総合出版
日本のスゲ	文一総合出版
神奈川県植物誌 2001	神奈川県立生命の星・地球博物館

野鳥ジャンルも提供中（個人 3000 円 / 年、法人 2600 円 / 年～）
ジャンル、掲載図鑑は順次拡大予定

植物ジャンル年会費（税別価格）

個人向けコース	1 ユーザ 3 端末	5000 円 / 年
法人向けコース	1 ~ 2 ユーザ	5000 円 / 年 × ユーザ数
	3 ~ 49 ユーザ	4500 円 / 年 × ユーザ数
	50 ユーザ以上	個別見積

※個人向けコースはクレジットカードのみの決済になります。
※法人向けの場合で見積書などが必要な場合はご連絡ください。
※法人向けは1ユーザあたり2.5端末を基本に切り上げます。
※上記以外のユーザ数・利用方法はお問い合わせください。

推奨環境

【PC】 Windows / MS IE11、MS Edge 最新版、
Chrome 最新版、Firefox 最新版
Mac / Safari 最新版、Firefox 最新版

【スマートフォン・タブレット】

iPhone, iPad mini, iPad / Safari 最新版
Android / Chrome 最新版

詳しくはサイトへ

<https://i-zukan.jp>

お問い合わせ先

図鑑.jp 事務局 03-6744-1908（山と溪谷社内）
i-zukan@yamakei.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

クリアターン®

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。 ●本剤は小児の手が届く所には置かないでください。 ●防除日誌を記録しましょう。



©クマイイ化学工業(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-® MX 1キロ粒剤

スケイフ® 1キロ粒剤

ヒエケツル® 1キロ粒剤

**フルチャ-ジ® 1キロ粒剤
ジャンボ**

**フルニシギ® 1キロ粒剤
ジャンボ**

ナイスドール® 1キロ粒剤

そのまま散布ができる **アノカ-マン® DF**

乾田直播専用 **ノドパンチ® DF**



フルセットスルフロン剤
ラインナップ

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キログラム ジャンボフロアブル

新登場! **ゼータハンマー** 1キログラム 粒剤

ズエモン 1キログラム ジャンボフロアブル

カットタウン 1キログラム 粒剤

ゼータワン 1キログラム ジャンボフロアブル

メガゼータ 1キログラム ジャンボフロアブル

ゼータファイヤ 1キログラム ジャンボフロアブル

ブルゼータ 1キログラム ジャンボフロアブル

オサキニ 1キログラム 粒剤

ショウリョクS 粒剤

忍 1キログラム ジャンボフロアブル

イッテリ 1キログラム ジャンボフロアブル

ショウリョク ジャンボ

ドニチS 1キログラム 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、空容器は圃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   **住友化学**



The miracles of science™

♪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。



powered by
RYNAXYPYR®



デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社 〒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51巻 第5号 目次

- 1 巻頭言 稲藁で考える
早川 伸一
- 2 温暖化に伴い増えてきた北海道の野良イモの発生を防止する取り組み
白木 一英
- 7 薬用作物栽培における除草剤の必要性和登録拡大
菱田 敦之
- 10〔田畑の草種〕大反魂草・大返魂草・大判言草(オオハンゴンソウ)
須藤 健一
- 11 侵入外来雑草に対する海外の取り組み
黒川 俊二
- 15 水田雑草における貫生化現象(無性偽胎生)とその生態的意義
早川 宗志・内野 彰
- 20〔統計データから〕野菜の産出額
- 21〔連載〕道草・第10回 緑のトラップ
渡辺 政隆
- 23 広場

No.29

表紙写真 『オオハンゴンソウ』



キク科オオハンゴンソウ属の夏生多年草。明治中期に園芸植物として移入され、逸出して全国各地の湿った空き地や草地、林道、河川敷などに定着、群生。特定外来生物に指定されている。7~10月に黄色の舌状花をつける。(植調雑草大鑑より。写真は©浅井元朗、©全農教)



根茎からの萌芽。種子からでも発生する。



そう果。長さ約5mm,4稜形でやや扁平。



茎。草丈は1~3m。



花期。中央部に黄緑色の筒状花が盛り上がるように集まる。