

# 植調

第52巻  
第9号

*JAPR Journal*

水生植物影響試験としてのウキクサ生長阻害試験 石原 悟

温風導入型オーブントップチャンバーによる圃場高温処理法の開発

千葉 雅大・寺尾 富夫

日本および海外における展着剤の種類と活用事例 川島 和夫



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

ソニックスプレッド®

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、ソニックスプ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/>

ソニックスプレッド® 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。

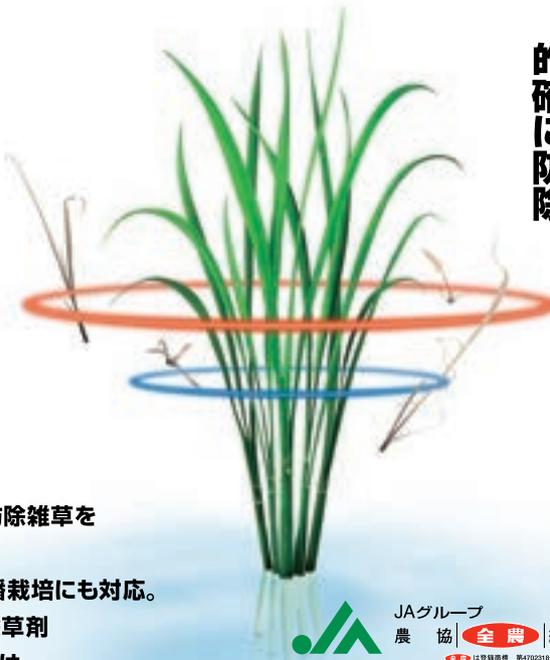


ボデーガードプロ

新登場



一発でノビエ、難防除雑草を  
しっかり除草。  
鉄コーティング直播栽培にも対応。  
次世代の水稲用除草剤  
「ボデーガードプロ」は  
多角化・大規模化に貢献します。



2成分で  
稲を守る。プロ。  
高葉齢ノビエも難防除雑草も、  
的確に防除。



JAグループ  
農協 全農 経済連



●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

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 <https://cropsscience.bayer.jp/>

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



## 「水」を考える —日本人にとって「水」とは・・・—

日本植物調節剤研究協会 評議員  
協友アグリ株式会社 取締役専務執行役員 開発部部长

天野 徹夫

ものの本によると、中国を中心とした東洋圏では、自然に対して「風」「水」「土」の概念があり、その組合せの「風水」「水土」「風土」という言葉で、その地域の地形・土壌・植生などが表現されていました。その中で、日本では「風土」という言葉が、その地域の自然条件等を表す言葉として定着したとのこと。日本には「湯水のごとく」という言葉があるように「水」はどこにも豊富にあり、地域の特徴にならなかったのが「水」以外の「風」と「土」から、「風土」となると推察されています。

我が国は、古来より「水」に恵まれた自然条件にあり、これにより稲も水田での栽培が定着したものと思われま。稲は、水田で栽培することで連作障害から解放され、2,000年以上前から稲作が日本の主作物として食・文化を支えてきました。黄金の稲穂が日本の秋の風景になったのも、きっと日本に水が豊富にあったおかげだと思います。

水が豊富だった日本ですが、最近ではその事情が変わりつつあります。私が小さいころには、水を食料品のように店から買うとは考えられなかったのですが、今では、日本でも水を買うことが当たり前になっています。更には、ミネラルウォーターは、日本で生産するよりコスト面では輸入の方が安いとか。そうは言っても、今でも日本は水に恵まれた国であり水道の水が安心して飲める国です。世界で、水道の水を飲めるのは、ヨーロッパの諸国、オーストリアやニュージーランドなどごく一部です。世界の多くは、飲料水、工業・農業用水など、水不足が大きな課題です。水の惑星といわれる地球も、水の大部分は海水で、わずかな淡水の多くも南極や北極に氷雪や氷河の形態で存在しているので、人が利用可能な淡水は地球上の水の0.01%に過ぎないからだそうです。

近年、海水を真水化する技術は、日本が得意とする逆浸透膜(RO)などの樹脂膜を使った技術をはじめ、各国で盛んに研究され、その実用化も急速に進んでいます。石油や天然ガスなどの資源が豊富な中東では、それらの資源から得た富で、淡水化の実用化が進んでいます。死海に面したヨルダン

では、1,000リットルの真水を60円で大量生産できるとのこと。生鮮野菜など高価な輸入品だった中東の国々が、広大な砂漠をハウスや農地に変え、あるいは植物工場を建設し、農業大国となる日も近いのかもしれませんが。

一方、日本では、貴重な水資源の源である森林の保護や管理は立ち遅れています。森は日本の豊かな水資源を支えており、更には牡蠣の養殖などの海の資源も支えています。一時、中国の富裕層による日本の森林買収が、中国は水資源も爆買していると話題になりました。水資源が目的かどうかは定かではありませんが、中国、香港などの富裕層等による、日本の森林買収は今も進んでいます。最も顕著な北海道では、平成29年末時点で森林を所有する外国の法人や個人は159、面積はおよそ2,500haに達し、所有者数、面積ともに5年前の2倍以上に増加しているそうです。

最近、集中豪雨により山が崩れる被害が頻発しています。伐採後の植林放棄や無間伐といった施業放棄地が増加するなど、森林を取り巻く状況は極めて厳しそう。森林の保護管理に私達ができることは多くはありませんが、国産の木材の適正適価での利用など、考える必要がありそうです。

先日、知人が、東京都水道局が主催するバスツアーに参加し金町浄水場(東京都葛飾区)に行った話を聞きました。そこでは、水道水のおいしさのPRがあり、飲んでみてもとてもおいしく感じたとのこと。私も昨年、自宅近くの栗山浄水場(千葉県松戸市)に伺い、水道の浄水技術の優秀さのお話とともに、河川水がきれいになってきているとの話を聞きました。都会の河川の水質は明確に改善方向にあります。これは、工場など産業排水の改善はもとより、家庭レベルでの取り組みの成果でもあるようです。

水稲栽培を支える水資源には、水稲の除草剤にかかわる仕事の私達にとっても、無縁のことではありません。水に感謝するとともに、日本の水資源のこと、真剣に考えてみようと思いました。

# 水生植物影響試験としてのウキクサ 生長阻害試験

独立行政法人農林水産消費安全技術センター  
農業検査部

石原 悟

## はじめに

水圏で光合成を行う一次生産者は、酸素の供給、餌資源、甲殻類や魚類など高次捕食者の生息場や産卵場を提供するなど水圏生態系で重要な役割を担っている（環境省 2018a）。

農業の水圏生態系での環境影響評価は、生態系を構成している代表的生物を用いた影響試験から求められる影響指標（LC<sub>50</sub> や EC<sub>50</sub> など）とばく露濃度を比較して行われることが一般的である。

水圏の一次生産者に関する影響試験については、国際的には藻類（藍藻類、珪藻類、緑藻類）（OECD 2011）、*Lemna* 属ウキクサ（OECD 2006）やホザキノフサモ（*Myriophyllum spicatum*）（OECD 2014a, OECD 2014b）などの水生植物について試験方法が定められている。これらの試験は欧米における除草剤や植物成長調整剤の環境影響評価スキームに既に組み込まれている（EFSA 2013；U.S.EPA 2012a）。

日本ではこれまで農業の一次生産者に対する評価では藻類（単細胞緑藻）のみが活用されていたが、現在、環境省により水草の生態学的重要性を考慮し、農業の環境影響評価スキームに緑藻以外の藻類や *Lemna* 属ウキクサを評価対象生物として追加する方向で検討が進められている（環境省 2018b）。

本稿では、我が国の農業の環境影響

評価スキームへの導入が検討されている *Lemna* 属ウキクサを試験生物とした生長阻害試験について、試験方法を概説するとともに試験生物である *Lemna* 属ウキクサの生態や形態および培養する際の留意点について解説したい。また、より簡易な試験法としてミジンコウキクサを試験生物とした生長阻害試験について紹介したい。

## ウキクサの生態

湖沼、ため池、河川などの水圏に生活する植物を我々は水草と呼んでいる。広義には湿地や湿原に生育する植物（湿性植物）までを含めて水草と呼ぶこともあるが、通常は水中で生活する植物群のことを示している。水草はその生育様式により、抽水植物、浮葉植物、沈水植物および浮遊植物の四つの生育形に分類される（表-1）。このうち浮遊植物は培養に底質を必要としないため、根が水底に固着する他の水草と比較すると室内培養が容易である。特に増殖力が強く植物体のサイズが小さいウキクサ科の植物は、実験生

物としての適性が高く、花芽形成の研究材料など植物生理学の分野で古くから使用されている。

日本水草図鑑（角野 1994）によると、単子葉類のウキクサ科（Lemnaceae 科）の植物は世界に 4 属、日本には帰化種を含め 3 属（*Spirodela* 属、*Lemna* 属、*Wolffia* 属）が生息するとされている（図-1）。農業等化学物質に関する影響評価では主に *Lemna* 属の種が利用されており、U.S.EPA（米国環境保護庁）や OECD（経済協力開発機構）が定める生長阻害試験の試験方法では、コウキクサ（*L. minor*）とイボウキクサ（*L. gibba*）が試験生物に採用されている。

日本に分布するウキクサ科の植物としては、水稲水田の環境に適応し一年草の生活史をとるアオウキクサ（*L. aoukikusa*；種子で越冬）とウキクサ（*S. polyrrhiza*；殖芽で越冬）が最も広範囲に生息する普通種といえる。一方、葉状体のまま越冬するコウキクサやイボウキクサは蓮田やため池など通年湛水している限られた場所で生息が認められる。

*Lemna* 属ウキクサの外観は、葉状体

表-1 水草の生育形による分類

生育形	特徴	例
1. 抽水植物	根が水底に固着する 植物体の一部が水面上に突き出る	ヨシ、ガマ、オモダカなど
2. 浮葉植物	根が水底に固着する 水面に浮く葉（浮葉）を展開する	ヒシ、ヒルムシロなど
3. 沈水植物	根が水底に固着する 植物体全体が水中に沈む	ホザキノフサモ、クロモ、エビモなど
4. 浮遊植物	根が水底に固着せずに浮遊する	<b>ウキクサ</b> 、サンショウモ、イチョウウキゴケなど

- ウキクサ科(Lemnaceae)
- アオウキクサ属(*Lemna*): 根が1本
    - ・アオウキクサ(*L. aoukikusa* Beppu et Murata)
    - ・ホクリクアオウキクサ(*L. aoukikusa* Beppu et Murata subsp. *hokurikuensis* Beppu et Murata)
    - ・ナンゴクアオウキクサ(*L. aequinoctialis* Welw)
    - ・コウキクサ(*L. minor* L. (s.l.))
    - ・イボウキクサ(*L. gibba* L.)
    - ・ヒナウキクサ(*L. miniscula* Herter)
    - ・ヒンジモ(*L. trisulca* L.)
  - ウキクサ属(*Spirodela*): 根が2本以上
    - ・ウキクサ(*S. polyrhiza* (L.) Schleid.)
    - ・ヒメウキクサ(*S. punctata* (G.F.W.) Thompson)
  - ミジンコウキクサ属(*Wolffia*): 根がない(0本)
    - ・ミジンコウキクサ(*Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas)

図-1 日本に生息するウキクサ科の植物  
下線:OECDの試験方法(TG221)における試験生物

(葉に似ているが形態的には茎に相当する)が主体をなしており、柄で連なって群体をつくるヒンジモ (*L. trisulca*)を除きよく似ている(図-2)。特に室内培養環境では浮囊の発達や着色など種の特徴が認められなくなる傾向にあるため、種の判別はより困難となる。試験条件下における培養では *Lemna* 属ウキクサは栄養繁殖(葉状体から新しい葉状体が出芽する)により増殖している。種類および環境条件により異なるが、通常2~5個の葉状体で1植物体(コロニー)を構成する(図-2)。

*Lemna* 属ウキクサはいずれも小型で

あること、微細藻類の培養と同じ水準の滅菌操作が必要でないこと等の理由から、他の試験生物と比較して室内での維持が容易な生物といえる。

## 生長阻害試験の概要

*Lemna* 属ウキクサを試験生物とした生長阻害試験の試験方法は、ASTM International (ASTM Int. 2012), U.S.EPA (U.S.EPA 2012b), OECD (OECD 2006) 等から示されているが、基本的な内容に相違はない。ここでは OECD の試験方法 (TG221) に

基づき試験の概要を解説したい。

### (1) 試験生物

*Lemna* 属ウキクサを試験生物とした生長阻害試験は、欧州でコウキクサ、米国でイボウキクサが主に使用されている。当該2種については最適な環境条件や薬剤感受性等の基礎的な知見が集積しており、TG221ではコウキクサとイボウキクサが試験生物として採用されている。試験には試験と同条件で7~10日間培養した増殖が盛んな時期の個体を用いる。

### (2) 培養方法と環境条件

使用する培地の種類を除きコウキクサとイボウキクサを培養する環境条件および試験条件は同じである(表-2)。培地はコウキクサで改良 SIS 培地、イボウキクサで 20X AAP 培地の使用が推奨されている。*Lemna* 属ウキクサは種により培地の適性が異なり、イボウキクサと改良 SIS 培地の相性は良くない(図-3)。また、アオウキクサについて培地の適性を確認したところ、改良 SIS 培地で正常な増殖が認められたが 20X AAP 培地との相性は極めて悪かった(図-3)。*Lemna* 属ウキクサを室内で培養する際には培地の選択に留意が必要である。

ウキクサの室内培養では微細藻類の培養と同じ水準の滅菌操作は必要としないが、培養系に微細藻類(特に緑藻)が混入すると株の維持が困難となる。そのため、培地、培養容器や移植に用いる器具については滅菌する必要がある。

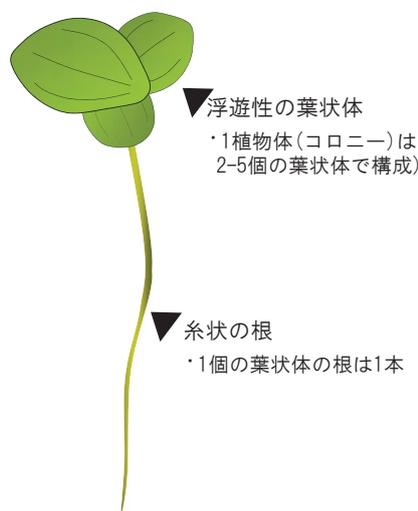


図-2 *Lemna* 属ウキクサの外観  
右側の写真は室内で培養した  
主な *Lemna* 属ウキクサを上部から撮影したもの

表-2 *Lemna* 属ウキクサ生長阻害試験 (TG221) の主な試験条件

試験生物	コウキクサ ( <i>L. minor</i> )	イボウキクサ ( <i>L. gibba</i> )
推奨培地	改良SIS培地	20X AAP培地
温度	24±2 °C	
光条件	24時間明期, 光強度: 85~135 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (通常の白色光で照度: 6,500~10,000 luxに相当)	
試験容器(推奨)	水深: $\geq 20$ mm, 培地量: $\geq 100$ mL	
前培養	試験と同条件で7~10日培養した個体を試験に用いる	
試験開始時の生物数	9~12個の葉状体 (2~4個の葉状体で構成されるコロニーを使用)	
連数、公比(推奨)	連数: 3連以上, 公比: 3.2を超えないことが望ましい	
試験期間 (ばく露期間)	7日間	
測定項目	葉状体の数および以下の項目のうち一つ (葉状体の総面積, 乾重量, 湿重量)	
影響指標	EC <sub>50</sub> , ECx, NOECなど	

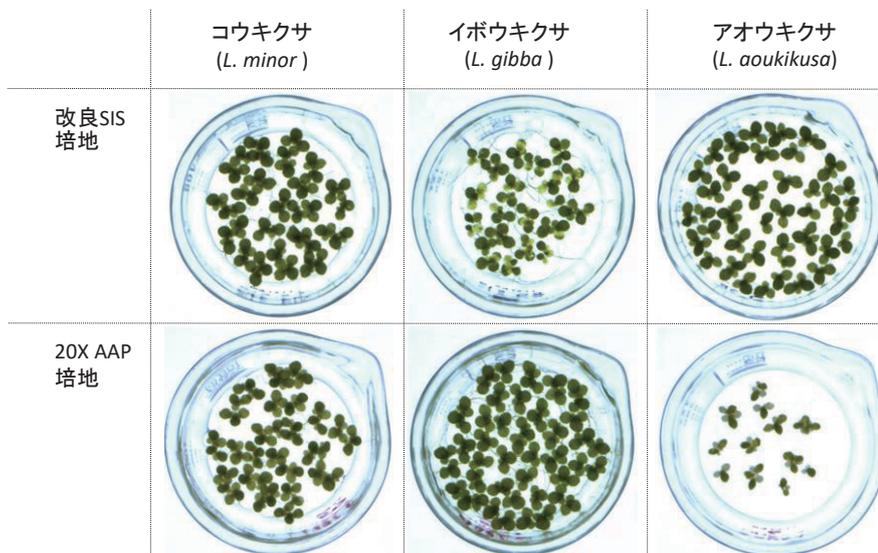


図-3 *Lemna* 属ウキクサの培地適性  
3コロニー/容器 (100 mL ビーカー) を試験条件で7日間培養した結果

### (3) 試験期間と測定項目

生長阻害試験の試験期間は7日間とされている。試験の妥当性基準として、対照区における葉状体数の倍加時間は2.5日(60時間)未満と定められており、これは7日間で約7倍に増殖することに相当する。

測定項目は葉状体数の測定が基本と

されており、試験期間中少なくとも3日に1回(すなわち7日間の間で最低2回)と試験終了時に測定する必要がある。また、葉状体数の測定に加えて、葉状体の総面積、乾重量または湿重量のうちの一つ(あるいは複数)に与える被験物質の影響も評価しなければならない。測定項目は葉状体数と総面積の測定の組み合わせが一般的だ

が、葉状体の形状に影響を及ぼす被験物質の試験では、総面積の測定が困難となる場合があるため重量の測定が必要となる。

### (4) 基準物質と影響指標

基準物質としては国際リングテストで用いられた二クロム酸カリウムや3,5-ジクロロフェノールがよく使用されている。影響指標については藻類の試験と同様、EC<sub>50</sub>、NOECを求めることが一般的である。二クロム酸カリウムに対する感受性については、EC<sub>50</sub>はコウキクサとイボウキクサでそれぞれ2~4 mg/Lおよび8~30 mg/Lという報告がある(日本環境毒性学会 2013)。また、3,5-ジクロロフェノールに対する感受性については、EC<sub>50</sub>はコウキクサとイボウキクサでそれぞれ2.7~3.4 mg/Lおよび6.0~7.0 mg/Lという報告がある(日本環境毒性学会 2013)。なお、我々が3,5-ジクロロフェノールを被験物質として試験した結果EC<sub>50</sub>はコウキクサとイボウキクサでそれぞれ3.0~

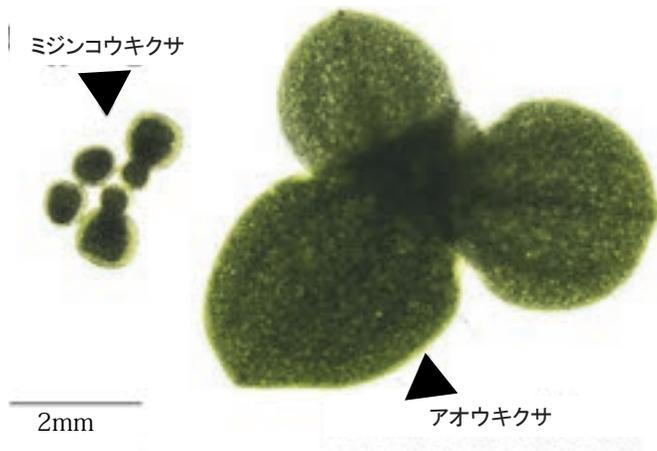


図-4 ミジンコウキクサ (*W.globosa*) およびアオウキクサ (*L.aoukikusa*)

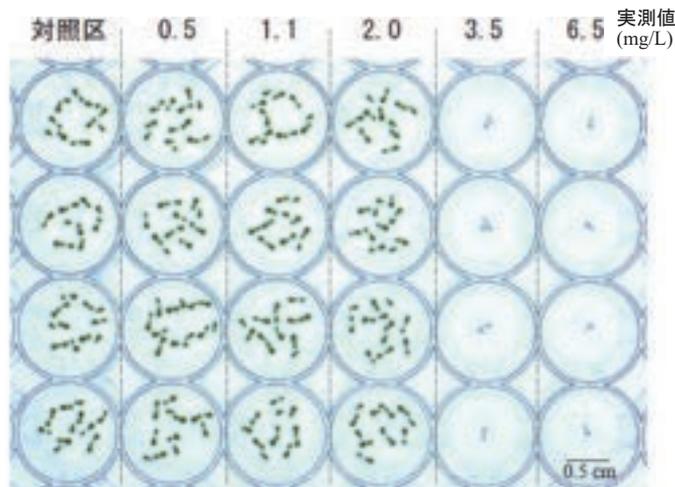


図-5 48well のマルチディッシュプレートを試験容器としたミジンコウキクサ (*W.globosa*) の生長阻害試験例  
被験物質: 3,5-ジクロロフェノール, 試験終了時 (7日後) の状態

3.3 mg/L および 6.2 ~ 6.7 mg/L であり、文献値と同様の傾向が認められた (石原ら 2010)。

## ミジンコウキクサを試験生物とした生長阻害試験

*Lemna* 属ウキクサは小型の水生植物であるが、TG221 の試験方法に従い試験を行うには多量の培地を調製する必要がある (例として 100 mL ビーカーを試験容器と使用した場合、1 試験当たり 5 L 程度必要)。また、試験には大型の照明付き恒温槽を必要とする。そこで我々は *Lemna* 属ウキクサと同じウキクサ科に属するより微少な生物であるミジンコウキクサ (*Wolffia globosa*) (図-4) に着目し、簡易な生長阻害試験法を検討した。

ミジンコウキクサは改良 SIS 培地で良好な生長 (7 日間の培養で約 10 倍) が認められた。試験容器として 48well のマルチディッシュプレートの使用も可能であり (図-5)、基準物質 (3,5-ジクロロフェノール) に対する感受性はコウキクサと同等 ( $EC_{50} = 3.1 \text{ mg/L}$ ) であった (石原・近藤 2012)。また、ミジンコウキクサと *Lemna* 属ウキクサの一種であるアオ

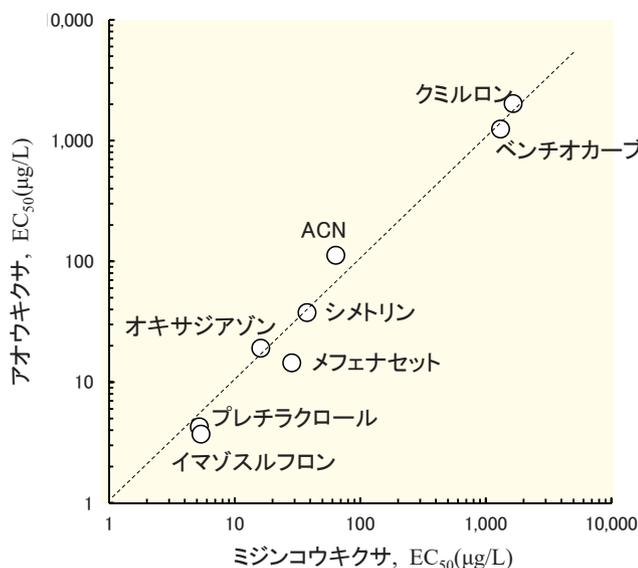


図-6 ミジンコウキクサ (*W.globosa*) とアオウキクサ (*L.aoukikusa*) の除草剤感受性の  $EC_{50}$  による比較

ウキクサの除草剤感受性を  $EC_{50}$  で比較した結果、感受性差は 0.5 ~ 1.8 倍と比較的狭い範囲内にあり、ミジンコウキクサの除草剤感受性がアオウキクサと同等であることが示唆された (図-6) (石原・佃 2012)。

ミジンコウキクサは個体のサイズが *Lemna* 属ウキクサと比較して極めて小さいことから (図-4)、より省スペースで生長阻害試験が実施できる。また、葉状体数の計測も容易であり、簡易・迅速に結果を得られることから、ミジンコウキクサを用いた生長阻害試験は

既存の *Lemna* 属ウキクサを試験生物とした生長阻害試験のスクリーニング試験としての利用が期待される。

## おわりに

*Lemna* 属ウキクサを試験生物とした生長阻害試験について OECD の試験方法を例に解説した。*Lemna* 属ウキクサは実験生物としての適性が高く、室内で容易に維持・培養できる。同じ水生植物である藻類生長阻害試験を実施できる設備を有する機関であれば、容

易に試験が実施できると考えられる。

試験に用いる株としては、OECDのリングテストで用いられた系統のコウキクサを国立研究開発法人国立環境研究所が分譲しており、由来の明らかな株の入手が可能である。

農業の環境影響評価スキームに *Lemna* 属ウキクサが追加されることで、水圏の一次生産者に対するより精緻な影響評価が可能になることが期待される。

## 参考文献

- ASTM International 2012. Standard Guide for Conducting Static Toxicity Tests With *Lemna gibba* G3.
- EFSA 2013. Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3290>
- OECD 2011. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test.
- OECD 2006. Test No. 221: *Lemna* sp. Growth Inhibition Test
- OECD2014a. Test No. 238: Sediment-Free *Myriophyllum Spicatum* Toxicity Test.
- OECD2014b. Test No. 239: Water-Sediment *Myriophyllum Spicatum* Toxicity Test.
- U.S.EPA 2012a. 40 CFR 158 660 USEPA DATA REQUIREMENTS FOR PESTICIDES. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2012-title40-vol25/pdf/CFR-2012-title40-vol25-part158.pdf>
- <https://www.env.go.jp/council/10dojo/y104-70/siryou4.pdf>
- U.S.EPA 2012b. OCSPP 850.4400: Aquatic Plant Toxicity Test Using *Lemna* spp.
- 石原悟ら 2010. アオウキクサ類を供試生物としたウキクサ生長阻害試験の試験条件. 環境毒性学会誌 13(2), 131-139.
- 石原悟・近藤美和 2012. ミジンコウキクサを試験生物とした生長阻害試験法の検討. 農業調査研究報告 (4), 1-4.
- 石原悟・佃美和 2012. ミジンコウキクサの除草剤感受性. 雑草研究 57(別号: 第51回講演会講演要旨), 131.
- 角野康郎 1994. 日本水草図鑑. 文一総合出版, 東京, pp72-77.
- 環境省 2018a. 平成 29 年度農業の水生物に対する影響調査業務 調査報告書. [http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/ecol\\_risk/post\\_32.html](http://www.env.go.jp/water/dojo/noyaku/ecol_risk/post_32.html)
- 環境省 2018b. 農業登録基準の設定における藻類, 水草の取扱いについて(案)平成 30 年 9 月 6 日 中央環境審議会土壤農業部会農業小委員会(第 65 回)資料 4. <https://www.env.go.jp/council/10dojo/y104-70/siryou4.pdf>
- 日本環境毒性学会 2003. 生態影響試験ハンドブック. 朝倉書店, 東京, pp44-48.

### 田畑の草種

## 犬蓼・赤まんま・赤のまま (イヌタデ)

(公財)日本植物調節剤研究協会  
兵庫試験地 須藤 健一

タデ科イヌタデ属の一年草。日本全国の水田, 畦畔, 休耕田, 道端などにごく普通に生える。茎は赤みを帯び根元から分枝し, 直立あるいは斜上し高さ 20 ~ 40cm。時に一面の群落を作ることもある。

日本在来で万葉人の目にも留まっていたが, 万葉人は「イヌタデ」, 「オオイヌタデ」, 「ヤナギタデ」を含めて「蓼」と認識していたようである。万葉集には, 穂蓼, 水蓼と詠んだ歌が 3 首。犬蓼が犬蓼として認識されるのはもう少し時代が下がり鎌倉時代になる。藤原定家の長男である藤原為家に犬蓼を読み込んだ歌がある。

からきかな かりもはやさぬ いぬ蓼の

穂になる程に 引く人のなき (夫木和歌抄)

情けないことだが, 刈って生やさないようにしていた犬蓼であるが, 今ではもう穂になってしまっていてそれを抜いてくれる人もいないことよ, と嘆くように詠う。

江戸時代になると, 歌や俳句に犬蓼が詠まれたしたが, まだ, 「蓼」が主であった。

近世に入ると犬蓼も市民権を得て, 多くの歌人や俳人が犬蓼

を読み込んだ。そんな中の 1 首。

犬蓼の 花さかりなる里川に

夕日ながれて あきつ飛ぶなり (落合直文)

里の川の岸辺には犬蓼が一面に広がっている。その赤い花と真っ赤な夕日が流れに映り, その川面を赤とんぼが飛び交う, なんとも幻想的な光景である。

一方で, 犬蓼は「赤まんま」とか「赤のまま」とも呼ばれ, 女の子たちのままごとには欠かせないものであった。犬蓼の花穂を扱いて器に入れ赤飯とするのである。赤飯は「ハレ」の食事の代表であるが, 女の子たちは「赤まんま」で遊びながら, 「ケ」の中に「ハレ」をみていたのかもしれない。

三ヶ島葎子にこんな歌があった。

たらずみて われは見にけり裏の人の

赤のまんまを 鉢に植ゑたり

家の裏に住む(女の)人, その人が犬蓼の花をとって鉢に植ゑるのを見た, というだけの歌であるが, たたずんでいた葎子は犬蓼(赤まんま)の実を鉢に植ゑるといふ(女人の)姿に何を思ったのだろうか。

# 温風導入型オーブントップチャンバーによる圃場高温処理法の開発

農研機構  
西日本農業研究センター  
千葉 雅大・寺尾 富夫

## はじめに

世界の平均気温は、IPCC 第5次報告書によると1880年から2012年の間に0.85°C (ICPP Working Group I 2013)、また今年出された1.5°C – 特別報告書では、産業革命以前(1850年から1900年の平均)から2017年の間に1.0°C (IPCC 2018) 上昇しており、今後も更なる気温上昇が予測されている (ICPP Working Group I 2013; IPCC 2018)。この気候温暖化の影響は、日本でも顕著であり (気象庁 2018)、水稻の登熟期にあたる夏季の気温上昇による米粒の品質低下が大きな問題となっている (農林水産省 2018a)。水稻では、出穂後20日間の平均気温が26~27°Cを越えると白未熟粒が増加する (船場ら 1997; 近藤ら 2006; 高橋 2006)。白未熟粒とは、一部または全部が白濁した米粒の総称であり、白くなる部位によって、心白粒、背白粒、乳白粒、腹白粒、基部未熟粒に分類されている (図-1)。また、登熟期の高温は、米粒に亀裂が生じた胴割粒 (図-1) の発生も増加させる (長田ら 2004)。これら白未熟粒や胴割粒の増加は、米の格付けを低下させるため、高温登熟耐性品種の育成や対策技術の開発が行われてきた。しかし、気候が温暖化していても、毎年夏が高温になるわけではなく、また、品種の育成や技術開発には、多個体の選抜や圃場での実証が必要になるため、安定した温度で多くのサンプル

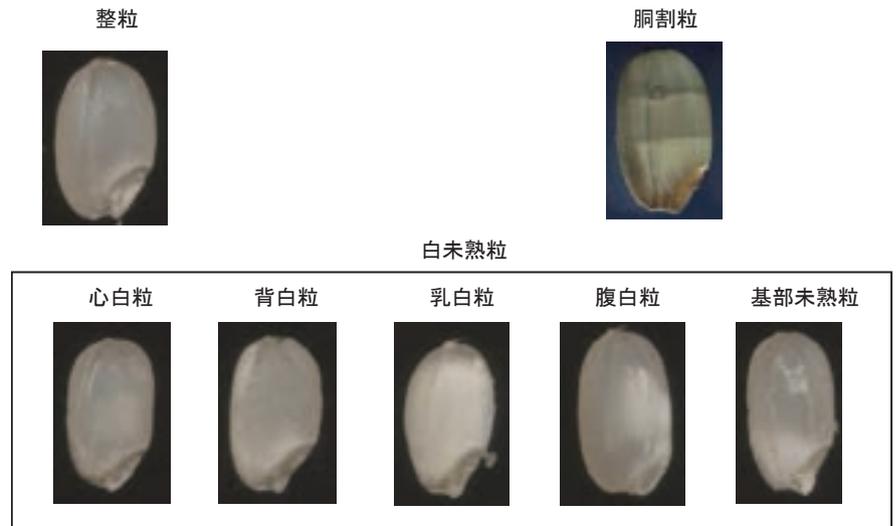


図-1 白未熟粒と胴割粒  
胴割粒の写真は西日本農業研究センター長田氏提供。

を処理できる圃場での高温処理法が不可欠である。

## 既存の高温処理法

表-1 に水稻の高温登熟検定に利用される主要な既存の高温処理法の特徴、図-2 にその写真を示した。新潟県農業総合研究所や福岡県農林業総合試験場では、温水の圃場掛け流しによる高温処理が行われている。これは、圃場にボイラーで加温した水を循環させるシステムであり、太陽光を利用して加温するビニールハウス等とは異なる

り、天候の影響を受けにくく夜間も加温される。また、上面が開放されているため、遮光の影響はない。しかし、ボイラーや温水循環設備等の設置費用が大きく、地熱や排熱が利用できない場合には燃料代も必要なことから、導入できる圃場は限られる。

最も広く利用されているのは、出穂前の圃場にビニールハウスを設置して加温する高温処理法である。市販の支柱と農業ビニールを利用するので比較的安価に、広い面積の高温処理も可能であるが、圃場の上面がビニールで覆われるため、常時、遮光の影響を受ける。

表-1 高温処理法の特徴

高温処理法	コスト	効果の安定性	処理サンプル数	遮光の回避
温水掛け流し	×	○	○	○
ビニールハウス	○	△	◎	×
オーブントップチャンバー	○	×	△	○
透明筒	◎	△	×	◎
人工気象室	×	◎	×	△

◎：非常に優れている、○：優れている、△：普通、×：劣っているの4段階で長所・短所を模式的に示した。

温水掛け流し圃場



ビニールハウスによる高温処理



人工気象室



オープントップチャンバーによる高温処理



透明筒による高温処理



図-2 高温処理法の写真

## (1) 日中の風向が一定な地域

日中の風向が一定な地域として新潟県上越市の農研機構中央農業研究センター北陸研究センター（現北陸研究拠点）で試験を行った。圃場が所在する頸城平野は、夏の陸海風が明瞭であり、日中は北からの風が卓越する（Chiba & Terao 2014）。

勾配タイプ（図-3A）では、風上に設置した温風の導入路となるトンネルにオープントップチャンバーが接続し、チャンバー奥では下側にビニールがなく開放している。このタイプでは、温風導入路に近いほどチャンバー内の温度上昇が大きくなり、温風導入路から0.5mで1.81°C、4.0mで0.19°Cの昼温上昇が認められた（図-4A）。このタイプでは、導入路からの温風がチャンバー奥の出口まで届かず上空に抜けるため、導入路から出口にかけて連続的に温度上昇幅が小さくなる。そのため、一定温度での処理には適さないが、反面、温度勾配チャンバー（TGC）として利用できる可能性があり、連続した温度での検定に使用できる。

勾配タイプにおける、導入路から出口にかけてのチャンバーの温度低下を改良したのが均一タイプ温風導入型オープントップチャンバーである。均一タイプでは、勾配タイプに加えて、導入路上部にチャンバーの空気攪乱を緩和するための傾斜壁、導入路の反対側に、温風を吸い出す効果により、チャンバー奥までスムーズな通気を行うための排気路を設置した（図-3B）。これ

圃場をビニールで取り囲むオープントップチャンバーによる高温処理法（千葉・松村 2006）は、安価であり比較的多くのサンプルの処理が可能である。また、上面を覆わないため遮光の影響が比較的小さいが、温度上昇は日中0.5°C程度と小さめである。

寺尾ら（2006）は、出穂後の穂にOHPシートを丸めた透明な筒を被せる高温処理法を開発した。極めて安価であり、同一株内で、高温処理した穂と高温処理していない穂の比較が可能であることから、遺伝的に固定させていない系統の高温処理にも利用できるが、大量のサンプル処理には向かない。

人工気象室は、精密な温度制御が可能である。しかし、設置費用と電気代が高額であり、処理できるサンプルが少ないため、あらかじめ絞り込んだ少数のサンプルを詳しく評価するような場合に向いており、初期のスクリーニングには不向きである。

## 温風導入型オープントップチャンバー

前述のように、既存の高温処理法に

は一長一短があり、遮光の影響なく安価に大量のサンプルを安定的に高温処理できる方法はなかった。そこで、解決策として温風導入型オープントップチャンバーを開発した。この方法では、風が温風の導入路となるトンネルを通る間に太陽光で加温されて、接続するオープントップチャンバー内の気温を上昇させる（図-3A）。温風導入型オープントップチャンバーでは、太陽光がない夜間の気温は上昇せず、昼温を上昇させる高温処理法である（Chiba & Terao 2014, Chiba & Terao 2015）。チャンバーの上面が開いているため、朝夕の側面からの光は減衰するものの、遮光の影響は比較的少なく、鉄パイプや農業ビニールを利用するため安価で設置できる。チャンバーの幅を拡大すれば大面積の処理が可能であり、それに従って遮光の影響も低下する。また、温風導入路で加温するため効果は比較的安定している。本報では、使用する目的と日中の風向きの一定性に合わせて開発した4つの高温処理法を紹介する。

A 勾配タイプ温風導入型オープントップチャンバーの模式図



B 均一タイプ温風導入型オープントップチャンバーの模式図



C 温風導入型オープントップチャンバーの写真



図-3 風向が一定な地域に適した温風導入型オープントップチャンバー

らの効果により、導入路からの暖気のうちチャンバー上に逃げる割合が減少し、温風がチャンバー内を通過して排気路に向かうため、4.5mのチャンパー長のうち、温風導入路から3.15mまでの昼温がほぼ均一に1.2°C上昇させることができた(図-4B)。このタイプは、多くの株を均一の温度で高温処理できるので、収量への影響を解析する場合や、多系統の検定に利用できると考えられる。

## (2) 日中の風向が一定しない地域

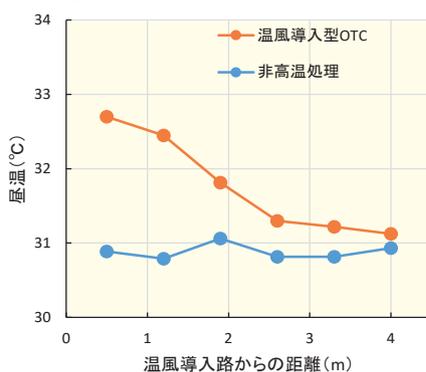
日中の風向が一定しない地域として、広島県福山市の農研機構近畿中国四国農業研究センター(現西日本農業研究センター)で試験を行った。試験圃場では、夏期は、朝(06:00~08:00)に北東、午前(09:00~11:00)に東、午後(12:00~17:00)に南南東の風が優占する(Chiba & Terao 2015)。

福山で、①の均一タイプの温風導入型オープントップチャンパーを設置したところ、日中の温度上昇は平均0.68°Cで(図-5A)、日中の風向が一定な上越(図-4B)に比べて、十分な温度上昇が得られなかった。そこで、風向が一定しない地域に対応した両方向タイプのオープントップチャンパー

を開発した。このタイプでは、オープントップチャンパーの両側に①の均一タイプの排気路と同様な形状のトンネルが設置してあり(図-6)、風向きに応じて温風導入路または排気路として機能することで多方向の風に対応する。チャンパーと同じ幅のトンネル(図-6B左)に加えて、トンネル入口幅を広げたタイプ(図-6右)も試験した。その結果、チャンパーと同じ幅のトンネルでは、平均1.08°Cの昼温の上昇が得られ、更にトンネル入口幅を拡大することによりその効果が増大し、平均1.28°Cの昼温上昇が認められた(図-5B)。したがって、この両方向タイプの温風導入型オープントップチャンパーにより、風向が不安定な地域でも高温処理が可能であり、トンネルの入口幅を拡大することにより、より高温での高温処理できると考えられる。

ただしこの方式は、風向が不安定な地域では良好な結果を示す反面、一

A 勾配タイプ温風導入型OTC



B 均一タイプ温風導入型OTC

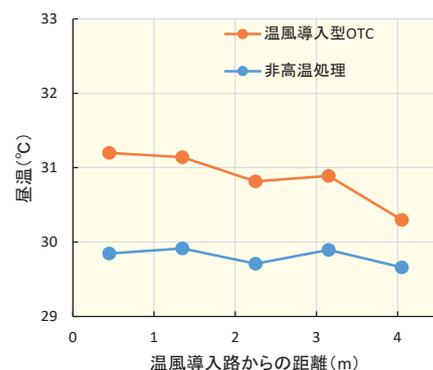


図-4 日中の風向が一定な地域において温風導入型オープントップチャンパーによる高温処理が昼温に及ぼす影響

OTC: オープントップチャンパー。A および B はそれぞれ、中央農業研究センター北陸研究センター圃場(新潟県上越市)における2010年8月4日~9月9日および2011年7月23日~8月12日の平均昼温(06:00~18:00)。

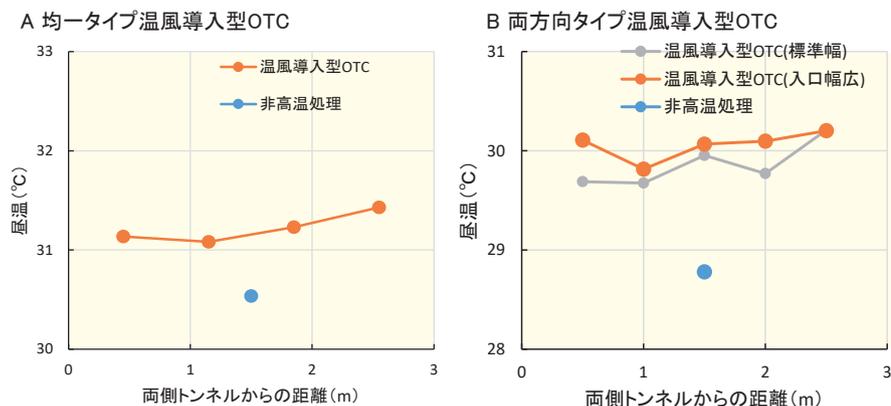


図-5 日中の風向が一定しない地域において温風導入型オープントップチャンバーによる高温処理が昼温に及ぼす影響  
 OTC：オープントップチャンバー。AおよびBはそれぞれ、近畿中国四国農業研究センター圃場（広島県福山市）における2012年8月17日～9月26日および2013年8月20日～9月29日の平均昼温（06：00～17：40）。

#### (4) 既存の高温処理法との効果の比較

温風導入型オープントップチャンバーによる圃場高温処理が白未熟粒発生に及ぼす影響を検証するために、石崎（2006）が選定した高温登熟耐性の基準となる13品種と「ササニシキ」を用いて、均一タイプ温風導入型オープントップチャンバーと他の高温処理法との比較を行った。比較する高温処理法は、ビニールハウス、オープントップチャンバー、透明筒、人工気象室である。人工気象室では、屋外で1/5000ワグネルポットを用いて栽培した水稻を高温処理したが、他の処理法では圃場で栽培した水稻を高温処理した。収穫後に、穀粒判別機（静岡製機ES-1000）を用いて、1.8mm以上の玄米の白未熟粒割合（乳白粒+基部未熟粒+腹白粒）を調査した。

その結果、温風導入型オープントップチャンバーと他の高温処理法との間には、いずれも0.1%水準で有意な正の相関が認められた（表-2）。このことから、温風導入型オープントップチャンバーによる高温処理は、既存の高温の処理法と同様に品種の高温登熟耐性を評価することが可能であると考えられる。

#### おわりに

高温登熟耐性が強い水稻品種が普及しつつあり、早植や施肥管理、肥培管理等の高温登熟対策技術の導入も

A 両方向タイプ温風導入型オープントップチャンバーの模式図



B 両方向タイプ温風導入型オープントップチャンバーの写真



図-6 風向が一定しない地域に適した温風導入型オープントップチャンバー

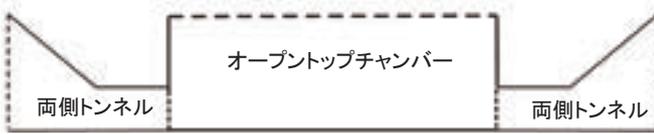
定方向からかなり強い風が吹く新潟県上越市で試した結果では、チャンバーの中央部では温度が上昇したものの、両側に位置するトンネルの入り口付近での温度上昇が十分では無かった（Chiba & Terao 2014）。

#### (3) 様々な風速や風向に対応した温風導入型オープントップチャンバー

風向が安定な地域でも不安定な地域でも安定して温度上昇が得られるよう、両方向タイプのオープントップチャンバーの温風導入トンネルに平行部を加えて、ここでの温度上昇効果を加えると共に、トンネル入り口での過剰な空気交換を抑えるように改良を行った（図-7）。また、検定サンプル数を増やすために、チャンバーの幅を6mに広げて検討した。このチャンバーを風向の安定した新潟県上越市で、昼間の主要な風向から0

度、30度、60度傾けて設置し、様々な方向からの風の影響を評価した。その結果、全天日射量が快晴時の半分である1.8MJ/m<sup>2</sup>/h以上であれば、0度（入口のトンネルから出口のトンネルまで直線的に風が通り抜ける）から90度（入口から直角方向から風が吹く）まで、どの方向から風が吹いても、約1.5℃の昼温の上昇が得られた（図-8, Terao & Chiba 2016）。また、風速の影響については、風速5m/sを超える場合には温度上昇幅が小さくなるが、風速4m/sまでは約1.5℃の温度上昇が得られ、通常の風速条件では使用可能であった（Terao & Chiba 2016）。したがって、温風導入トンネルに平行部を加えることにより、風向・風速にあまり影響されずに圃場で高温処理を行うことが可能である。

A 平行部を加えた両方向タイプ温風導入型オープントップチャンバーの模式図



B 平行部を加えた両方向タイプ温風導入型オープントップチャンバーの写真



図-7 様々な風速や風向に対応した温風導入型オープントップチャンバー

進んでいる（農林水産省 2018b）。しかし、今後も温度上昇の持続が予測されている（ICPP Working Group I 2013, IPCC 2018）ことから、今後も高温登熟耐性品種の育種と更なる対策技術の開発は必要である。遮光の影響が小さく、安価で多くのサンプルを処理できる温風導入型オープントップチャンバーは、その際の高温処理法としての利用が期待される。また、温暖化は麦類、豆類および野菜の生育にも影響を及ぼす（農林水産省 2018b）。温風導入型オープントップチャンバーは、これらの作目における温暖化に対応した品種育成および対策技術の開発にも利用できると考えられる。

引用文献

千葉雅大・松村修 2006. 風の遮断による圃場高温処理法. 日作紀 74 (別 1):228-229.  
 Chiba, M. and T. Terao 2014. Open-Top Chambers with Solar-Heated Air Introduction Tunnels for the High-

表-2 高温処理法による品種の白未熟発生割合の相関係数

	温風導入型 OTC	OTC	ビニールハウス	透明筒	人工気象室
温風導入型OTC	-	0.88	0.82	0.82	0.79
OTC	***	-	0.77	0.90	0.70
ビニールハウス	***	**	-	0.87	0.59
透明筒	***	***	***	-	0.53
人工気象室	***	**	*	ns	-

OTC: オープントップチャンバー。\*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ, 5%, 1%, 0.1% 水準で有意な相関があることを, ns は有意な相関がないことを示す。温風導入型オープントップチャンバーでは, チャンバーの中央部の株をサンプリングした。

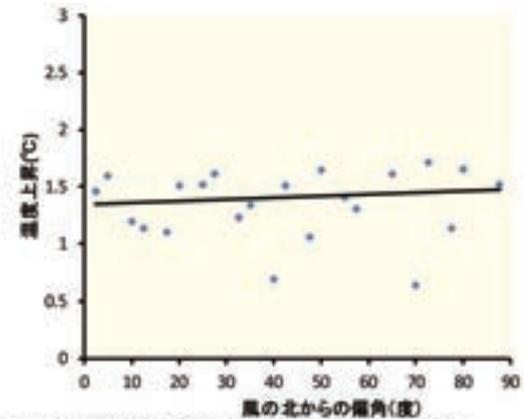


図-8 平行部を加えた両方向タイプ温風導入型オープントップチャンバーの昼間温度上昇に対する風向の影響

Temperature Treatment of Paddy Fields. Plant Prod. Sci. 17:152-165.  
 Chiba, M. and T. Terao 2015. Improvement of High-Temperature Treatment Method using Solar Radiation under Unstable Wind Conditions. Plant Prod. Sci. 18:414-420.  
 船場貢ら 1997. 長崎県下の水稲作期策定に関する研究 第 4 報 高温豊熟に伴う品質の低下. 日作九支報 63:15-17.  
 ICPP Working Group I 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf)  
 IPCC 2018. Global Warming of 1.5 °C. <http://ipcc.ch/report/sr15/>  
 石崎和彦 2006. 水稲の高温登熟性に関する検定方法の評価と基準品種の選定. 日作紀 75:502-506.  
 気象庁 2017. 気候変動監視レポート 2017. [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2017/pdf/ccmr2017\\_all.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2017/pdf/ccmr2017_all.pdf)  
 近藤始彦ら 2006. 水稲の乳白粒・基白粒発生と登熟気温および玄米タンパク含有率との関係. 日作紀 75(別 2):14-15.  
 長田健二ら 2004. 登熟初期の気温が米粒

の胴割れ発生におよぼす影響. 日作紀 73:336-342.  
 農林水産省 2018a. 地球温暖化影響調査レポート 10. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/report-37.pdf>  
 農林水産省 2018b. 平成 29 年地球温暖化影響調査レポート. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/report-31.pdf>  
 高橋渉 2006. 気候温暖化条件におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農と園 81:1012-1018.  
 寺尾 富夫ら 2010. イネ高温登熟耐性選抜のための簡便な穂温上昇装置. 日作紀 76:166-173.  
 Terao, T. and M. Chiba 2016. An Improved Open-Top Chamber with Solar-Heated Double Funnels That Can Adapt to All Wind Directions for Simulating Future Global Warming Conditions in Rice Paddy Fields. Agricultural Sci. 7:716-731.



表-2 一般展着剤・機能性展着剤・固着剤のまとめ

7項目	一般展着剤	機能性展着剤 (アジュバント)	固着剤*
使用濃度 (倍率)	5,000~20,000	1,000~3,000	500~2,000
主要な 有効成分	エーテル型非イオン 陰イオン配合系	エステル型非イオン 陽イオン配合系	パラフィン系 樹脂酸エステル系
濡れ性	良い	非常に良い	悪い
付着性 (対無添加)	比較的均一であるが少 ない	均一であるが少 ない	ムラはあるが多い
耐雨性	期待できない	相性がある	期待できる
水和剤の 汚れ軽減	期待できない	期待できる	全く期待できない
生物効果	期待できない	相性がある	保護殺菌剤で期待

\* 使用できる農薬と時期が限定

意味するが、一般的には農薬の有効成分が本来もっている作用を改良する目的に用いられる物質と定義されている。また、HollowayとStockはアジュバントをSpray modifier（濡れ性や拡張性の改善）とActivator（葉面吸収や生物活性の改善）の二つのカテゴリーに分類しており（Holloway & Stock 1990）、ここでは後者の作用を有するものをアジュバントと解釈する。アジュバントは高濃度で使用されて濡れ性や付着性を改善すると共に農薬の効果を積極的に引き出す剤であり、単に効果を高めるだけでなく作業

時間を含む総経費削減の利点が生産者に還元されるものである。アジュバントは一般的に浸透性の農薬との相性が良く、卓越した薬効増強効果が期待できる。

一般展着剤は、散布ムラをなくす観点から散布液の表面張力を下げることにより拡張性を改善し、低濃度で濡れにくい作物や病害虫・雑草等への付着性を改善する。低泡性の機能のものや水和剤と乳剤等の混用性を改善する機能のものもあり、物理化学的性状の観点から現場の作業性を改善することができ、いわゆるテニスの理論が適用される。パラフィンや樹脂酸エステルを

有効成分とする固着剤は初期付着量を高めることにより、銅剤系殺菌剤等の耐雨性を高めて残効性を延ばすことができ、特に保護殺菌剤への添加により効果が期待できる。

過去40年間の展着剤の出荷動向をみると、登録数では1984年に99品目、出荷量では1990年に4,186トンとピークを迎え、最近では横ばい状態である（図-2）。一方、展着剤の単価ベース（円/リットル）を見ると、1974年では311に対して、1994年では755、2014年では1,147と年毎に上昇傾向が見られ（川島 2017）、展着剤の中で一般展着剤から付加価値の高い機能性展着剤へ着実に移行していることが分かる。

## 2. 海外におけるアジュバント開発動向について

第1回目のInternational Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA) は1986年にカナダにて開催されたのを契機とし、3年毎に本シンポジウムが開催されている。最近では2016年6月に米国カリフォルニア州モンレーにて盛大に開催された。ISAA2016では521名が参加し、33件の口頭発表、ポスター発表44件あり、口頭発表では作用機作・モデル解析16件、製剤・アジュバント開発9件、ドリフト対策8件があった（ISAA 2016）。農薬の用途別で見ると除草剤が中心であり、その中で7件がグリホサート関連であった。農業以外に

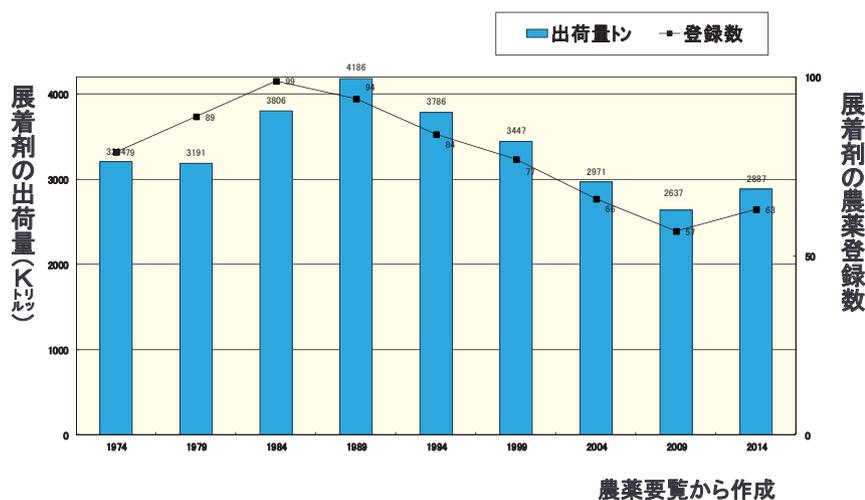


図-2 過去40年間の展着剤の出荷量と登録数の推移

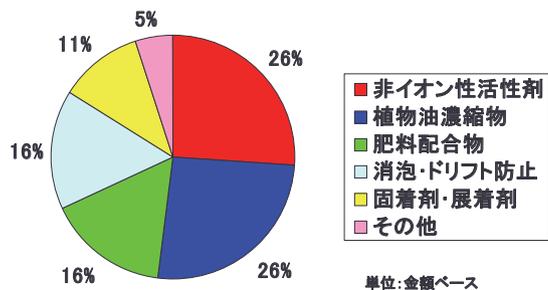


図-3 米国におけるアジュバント市場  
 出展:シンポジウム「21世紀の農業散布技術の展開」, 日植防, 2000

も肥料や土壌中の水分移動を対象としており、アジュバントの広範な用途開発の実態を垣間見ることができる。基礎的な研究として、界面化学の視点からタンクミックス時の殺菌剤と界面活性剤の相互作用やアジュバントの植物毒性に関する簡便な評価方法の発表があった。また、口頭発表と同様に、ポスター発表でも44件中に11件のドリフトに関する発表があり、最近のアジュバント開発動向でドリフト対策が海外では大きなテーマになっていることが分かる。

このシンポジウムではアジュバント会社（ヘレナケミカル・クラリアント・モメンティブ等）のみならず、グローバル規模で活動する大手農薬会社（シンジェンタ・バイエル・BASF等）の発表も多く、大学との共同発表も含めると、ポスターで32件、口頭でも20件あり、アジュバント関連の研究並びに商品開発は大盛況である。残念ながら、このシンポジウムは日本ではまだ開催されていないし、展着剤だけに特化したシンポジウムも日本では開催されたことはない。

### 3. 米国におけるアジュバントについて

米国では日本や欧州とは異なり、カリフォルニア州やオレゴン州等一部の州で登録が要求されているが、アジュバントの連邦登録は求められていない。アジュバントのEPA登録ラベ

ルによると、拡張性・固着性・混濁性・ドリフト防止等の様々な機能が挙げられているが、もっとも重要な目的は薬効の安定・増強効果である（Foy & Pritchard 1996）。世界で最大のアジュバント市場である米国では非イオン性界面活性剤、植物油濃縮物、化学肥料配合、展着・固着剤の4タイプが一般に推奨されており（Underwood 2000）、ヘレナケミカルによると非イオン系26%、植物油濃縮物26%、化学肥料配合16%という販売実績の報告がある（図-3）。

一方、除草剤用アジュバント概説書によると、米国のアジュバント製造・販売会社37社が明記され、ヘレナケミカルが53品目、レッドリバーが48品目、ラブランドが36品目である（Young 2006）。主要な製品として、ヘレナケミカルではドリフト防止剤、非イオン系や植物濃縮物等、レッドリバーではパラフィン系固着剤や非イオン系等、ラブランドでは自社HPにてアジュバント添加による試験事例としてドリフト防止効果、付着性や浸透性の向上、収量増加等を紹介している。

また、米国で販売されている485品目（19社）の農薬ラベルについてアジュバント推奨の有無がFoyによって調べられた（Foy 1993）。その結果、全体の49%にアジュバントの推奨が記載されており、アジュバント不要が明記された5%を加えると全体の54%にアジュバント推奨の有無に関する情報があつた。特に除草剤に関

しては何らかのアジュバントの推奨が71%と高い結果であった。一方、日本の農薬ラベルに特別な展着剤が推奨されることは皆無に近い状況であり、薬害問題を理由にして添加を不可とする例がわずかに見られる程度である。

この背景には米国では高濃度少量散布（25リットル/10a）や航空散布（5～10リットル/10a）が主流であり、散布時の付着ムラによる薬効のバラツキが発生する散布条件の相違が挙げられる。米国ではアジュバント添加によって高価な農薬の薬効を安定化させる散布法を選択することにより、水資源も含めた作業時間削減によるコスト削減という経営者の視点が大きく働いているためと考えられる（川島 2007a）。

### 4. 展着剤の応用事例

日本における展着剤の検討は最近ようやく注目されるようになったが、従来は新規農薬の委託試験が中心であり、公的指導機関での試験事例は少ないのが実状である。その背景として米国のような高濃度少量散布ではなく、十分に散布する条件では所謂一般展着剤が薬効を積極的に向上させた事例が少ないことも大きな要因になっている。ここでは難防除や散布ムラ等が発現する場面において公表されている、興味深い国内外の試験事例を紹介する。なお、作用性に関しては触れていないので、列記した代表的な報文や著書を参照していただきたい（Foy &

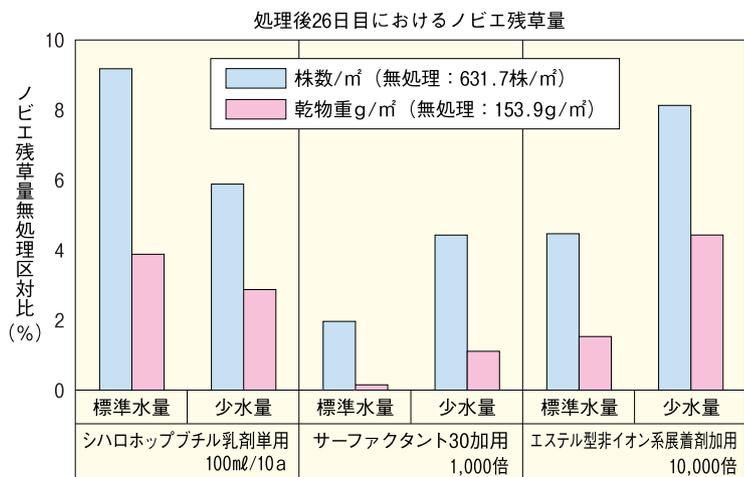


図-4 水稻除草剤での展着剤加用試験  
 (試験条件)  
 ・試験場所: 宮城県古川農業試験場  
 ・供試品種: やまのしずく  
 ・供試薬剤: シハロホップブチル乳剤  
 ・散布日: 2012年6月7日 (水稻: 2.2葉期、ノビエ: 5.3葉期) ノビエの大半はタイヌビエ  
 (注1) 処理条件: 標準水量 100ℓ/10a、少水量 25ℓ/10a  
 (注2) 値は2反復の平均値  
 (注3) 無処理区は30cm×1m、その他は120cm×1.8mについて抜き取り調査した

Pritchard 1996; 渡部 2000; 川島 2002, 2014a)。

### (1) 薬効増強効果

海外、特に米国では DCMU やプロマシル等の土壌処理型除草剤にアジュバント添加によって茎葉処理でも効果が発現できる使用方法が1960年代に確立され、その後、日本でも除草剤専用の展着剤が登録・商品化され、果樹園等の下草対策において広く普及した。水稻用除草剤では、シハロホップブチル乳剤に対して2種類の展着剤の加用試験が宮城県古川農試で実施された(川島 2018)。その結果、エステル型非イオン系展着剤(サーファクタント30)を加用することによって、水稻に対する薬害は認められず、5葉期を超えたノビエに対してシハロホップブチルの抑草効果の向上・安定化が確認された(図-4)。

小麦の雪腐病は北海道で長期間の残効性が望まれており、5種類の展着剤を用いて残効性が普及センターにて検討された(川島 2014b)。3種類の殺菌剤混用系(トルクロホスメチル水和

剤、イミノクタジン酢酸塩液剤、チオファネートメチル水和剤)へ5種類の展着剤が添加された結果、予想に反してパラフィン系固着剤添加区は最も発病度が高く防除効果が劣った。発病度が最も少なく薬効増強効果が大きかったのは、陽イオンが配合されたタイプおよびエステル型非イオンを有効成分とする機能性展着剤(アジュバント)であった。その結果を受け、道内での小麦の雪腐病防除においてパラ

フィン系固着剤に替わって、アジュバントが広く使用されるに至っている。

従来、濡れにくい作物に展着剤を使用する場合、少し多めに添加することが記載されることはあった。最近ではタマネギやサトイモ等の病害虫防除においてアジュバントの効果が少しずつ現場にて実証されつつある(黒木ら 2017; 田代ら 2018)。

### (2) 散布水量の低減

奈良農試で散布水量を減少させた室内試験(殺虫剤単独の補正死亡率: 約50%)において、複数のトマトハモグリバエ防除薬剤に対して複数の展着剤が検討された(井村 2009)。その結果、複数の展着剤が顕著に効果を高めたが、一般展着剤の添加では効果は認められなかった(図-5)。クロルフェナピルに対してはエステル型非イオン系(アプローチBI)、フルフェノクス

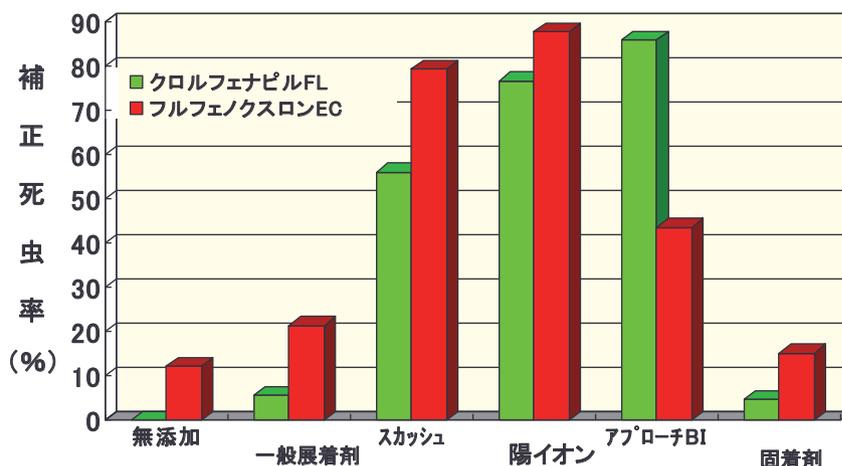


図-5 トマトハモグリバエ防除剤に及ぼす5種類の展着剤加用試験

試験場所: 奈良農試, 2006  
 試験方法(室内試験): 補正死亡率が50%になるように少水量散布の条件

ロンに対しては陽イオン系（ニーズ）と油溶性のエステル型非イオン系（スカッシュ）が高い添加効果を示し、殺虫剤と機能性展着剤の間に相性のあることが示唆された。

現地試験では鹿児島茶試で茶の赤焼病に対する展着剤添加が検討された（富濱 2009）。チャ赤焼病は晩秋から翌年の初春の低温期に発生する病気であり、一番茶への影響が大きく、その防除には銅系殺菌剤が一般的に 10a 当たり 400 リットルの水量で散布される。殺菌剤としてカスガマイシン・銅水和剤および銅水和剤を用いて散布水量を 200～300 リットルに低減して陽イオンを有効成分とする展着剤の添加効果が検討された結果、展着剤を添加した区は散布水量を 400 リットルから 200～300 リットルへ低減しても同等な防除効果が得られ、作業の軽減化と共に経済面の経費削減効果も実証された。

### (3) 散布回数の低減

3 種類の展着剤を用いてウリ類うどんこ病防除試験がメロンを用いて神奈川農試で検討された（折原・植草 2009）。殺菌剤としてトリフルミゾール（EBI 剤）を用いてアジュバントの添加効果が検討された結果、慣行の 1 週間間隔に近い防除効果が陽イオン系と油溶性エステル型非イオン系で認められた。対照区的一般展着剤添加では効果は認められず、アジュバント添加により農業散布間隔を 1 週間から 2 週間へ延長できる可能性が示唆され

た。同様な散布回数の低減に関してリンゴの斑点落葉病に対して陽イオンを有効成分とするアジュバントを用いて散布回数の低減化が岩手園試で確認されている（川島ら 1994）。以上のようアジュバント添加により省力散布の可能性が複数の作物で示唆されているが、エビデンスのさらなる蓄積が必要である。

### (4) 耐雨性の向上

展着剤の耐雨性向上が植物成長調節剤のジベレリンのブドウ処理による無核果（種なし）について検討された。長野果試で各種の展着剤が評価され、エステル型非イオン系展着剤の添加により顕著な効果が品種デラウェアで確認された（柴ら 1974）。すなわち、洗浄試験（人工降雨）により、ジベレリン処理後 2～4 時間後の洗浄でも無洗浄と同等の品質（房長・房重・糖度）および高い無核果粒率が認められ、展着剤添加による耐雨性向上の効果が確認された。

水稲用除草剤のシハロホップブチルを用いて 7 種類のアジュバントが検討され、エーテル型非イオン系アジュバントの 0.1～0.4% 添加により、顕著な耐雨性向上が確認された（近藤ら 1999）。また、米国では特に非選択性除草剤においてアジュバント添加による耐雨性の向上が報告されている。すなわち、Reddy と Singh によって 2 種類のアジュバントのグリホサートへの添加が検討され、対象雑草によって異なる反応が観察された（Reddy &

Singh 1992）。イネ科のイヌビエではアジュバント添加による耐雨性向上が認められないが、カヤツリグサ科雑草に対しては非イオン系よりもシリコン系が有意差のある耐雨性向上が確認され、米国では各種のアジュバントが普及している。

グリホサートへ及ぼす最近のアジュバント研究では、雑草種（イヌビエ、アカザ）によって異なる取込み量を示すことから、耐雨性効果は雑草種に依存することが再確認された（Castelani et al. 2016）。すなわち、供試された 4 種類のアジュバントの中で、エーテルアミンエトキシレートがもっとも取込み量が多く、次に古典的なアジュバントのタローアミンエトキシレートであった。なお、グリホサートの塩（IPA, K）の相違による影響は認められなかった。

## おわりに

日本の慣行的な農業散布はまだ無駄が多い現状を省み、積極的な環境負荷低減の観点から農業の適正使用を推進させる一手段としてアジュバントは極めて重要な役割を果たすことが期待される。日本では界面活性剤を有効成分とする展着剤が主体であるが、海外を見ると界面活性剤以外の成分として植物油、マシン油、有機溶剤や無機塩も広く使用されている。一方、界面活性剤は様々な業種において使用されており、日本では 5000 種を越える中、農業関連ではわずか数%にすぎない。す

なわち、他の業種で使用されている界面活性剤を含め、異なる機能が期待できる化学物質をアジュバントとして利用する可能性がまだ十分に残されている（川島 2017）。展着剤の今後の課題として次の3点を挙げる事ができる。

- ①リスクのより少ない機能性展着剤（アジュバント）の開発および普及
  - ②アジュバント技術の普及における適用農薬および適用作物の整備、同時に適用できない農薬と適用できない作物（生育ステージ含む）
  - ③アジュバント技術の普及において散布機器も含めた施用技術の構築
- 今後、アジュバント技術を広く普及させるに当たり、指導機関の皆様から益々のご支援とご協力を切にお願いしたい次第である。

最後に米国カリフォルニア州モンテレーにて開催された ISAA2016 に参加された東振化学（株）名里豊様から資料の提供を頂きましたのでお礼申し上げます。

## 引用文献

Allen, K. Underwood 2000. 21世紀の農薬散布技術の展開シンポジウム講演要旨, 日

本植物防疫協会, 東京, 109-136.  
Bryan, G. Young 2006. Compendium of Herbicide Adjuvants. p.48.  
Chester, L. Foy 1993. Pesticide Science, 38, 65-76.  
Chester, L. Foy and W. Pritchard David 1996. Pesticide Formulation and Adjuvant Technology, CRC Press.  
Holloway, P.J. and D. Stock 1990. Industrial Applications of Surfactants II, pp.303-337.  
井村岳男 2009. 野菜類の害虫防除におけるアジュバント加用の影響. 植物防疫 63(4), 222-227.  
ISAA Society 2016. Proceedings of the 11th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, California, USA, p.270.  
川島和夫ら 1994. 農業および園芸 69(5), 580-586.  
川島和夫 2002. アグロケミカル入門, 米田出版, 東京, p.172.  
川島和夫 2007a. 散布技術を考えるシンポジウム講演要旨, 日本植物防疫協会, 東京, 22-30.  
川島和夫 2007b. 展着剤の機能と応用. 植調 41(5), 192-199.  
川島和夫 2014a. 展着剤の基礎と応用. 養賢堂, 東京, p.138  
川島和夫 2014b. 展着剤の最近の動向と今後の方向性. 農業および園芸 89(2), 241-246.  
川島和夫 2017. 植物防疫 71(1), 50-55.  
川島和夫監修 2018. 展着剤の手引き, 丸和バイオケミカル, 東京, p.37.  
Krishna, N. Reddy and Megh Singh 1992. Organosilicone Adjuvant Effects on

Glyphosate Efficacy and Rainfastness. Weed Technology 6, 361-365.

近藤直彦ら 1999. シハロホップブチルの茎葉処理におけるアジュバントの添加効果. 日本農業学会誌 24(3), 290-292.

黒木修一ら 2017. サトイモの葉に対する展着剤による葉害の発生と温度条件. 宮崎県総合農業試験場研究報告 51, 19-26.

農林水産省消費安全局農産安全管理課植物防疫課監修 2017. 農業要覧 2017, 日本植物防疫協会, 東京, p.781.

折原紀子・植草秀敏 2009. 野菜の病害防除における展着剤活用. 植物防疫 63(4), 228-232.

Priscila, Castelani *et al.* 2016. Proceedings of the 11th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, California, USA, 139-145.

柴寿ら 1974. ブドウデラウエアに対するジベレリン処理効果の安定に関する試験. 長野県農業試験場報告 38, 152-156.

田代暢哉ら 2018. 九州病害虫防除推進協議会連絡試験集. タマネギべと病, 福岡, 30-34.

富濱毅 2009. チャ赤焼病防除における展着剤活用. 植物防疫 63(4), 218-221.

渡部忠一 2000. 農薬の作物・雑草への付着と移行に関する要因の解析—農薬用アジュバントの作用性とその利用法—. 日本農業学会誌 25, 285-291.

# 住友化学株式会社 健康・農業関連事業研究所 (宝塚編)

公益財団法人日本植物調節剤研究協会  
顧問

小川 奎

2018年8月28～29日の2日間にわたり、住友化学株式会社の健康・農業関連事業研究所(健康・農業研)と、除草剤開発の拠点である加西試験農場の2か所を訪問した。そこで、今回の訪問記は宝塚編と加西編として、2回に分けて連載することにする。

健康・農業研は、宝塚歌劇団で有名な兵庫県宝塚市のやや南東部にあり、阪神競馬場が近い。最寄り駅の阪急今津線小林駅から徒歩約20分。本年4月に竣工し6月から稼働を始めた合成研究棟(Chemistry Research Center)の6階建ての真新しいビル(図-1)が我々を出迎える。まるでホテルと見間違ふような広々としたエントランスに、目を奪われる。

住友化学は、「石油化学」、「エネルギー・機能材料」、「情報電子化学」、「健康・農業関連事業」、「医薬品」の各事業を展開している。1913年、愛媛県の別子銅山で銅の精錬の際に生じる排ガスから肥料となる過燐酸石灰を製造する「住友肥料製造所」(新居浜市)がそ

の発祥といい、環境問題克服と農産物増産に貢献することが原点にある。

「健康・農業関連事業」は住友化学事業全体の売上高の16%を占め、今日でも重要な位置にある。その内容は、①アグロ事業(殺虫・殺菌剤、除草剤、植物生育調整剤、生物農薬、肥料、コメ)、②生活環境関連事業(家庭用・衣料用・防疫用殺虫剤、シロアリ用薬剤、長期残効型防虫蚊帳等)、③医薬化学品事業(医薬品原薬・中間体の開発・受託生産)、④アニマルニュートリション事業(飼料添加物、主として養鶏に用いられるメチオニン)である。

## 健康・農業研の概況

健康・農業研の研究所は1955年の大阪製造所研究部農業課を始まりとする。1971年に農業事業部研究部として、現

在の宝塚市に移転する。当時は、まだ田園風景豊かな場所であったところも、今では住宅地に囲まれている。1984年に宝塚総合研究所農業研究所となり、その後、いくつかの研究分野の包括や編入があり、2005年の住化武田農業(株)農業科学研究所との組織統合などを経て、2011年健康・農業関連事業研究所と改称され、現在に至る。

宝塚地区の敷地面積41,000㎡のうち、建築面積30,000㎡で敷地の大半を実験棟などが占める(図-2)。

研究所の組織は、海外の「Biorational Research Center」(シカゴ)を含め、この宝塚の「探索化学」、「プロセス化学」、「生物」、「製剤」、および歌島地区に配置された「新規医薬化学」、「医薬プロセス化学」の6つ研究グループと「研究技術室」、「事務室」で構成される。各研究グループはグループマ



図-1 合成研究棟  
(Chemistry Research Center)



図-2 健康・農業関連事業研究所(宝塚)の全景



図-3 合成ラボ

ネージャーが統括する。スタッフ約250名を要する。この他、実験用昆虫の飼育など研究支援業務を委託している住化テクノサービスなど、ここにオフィスを構える関連子会社7社を含めると総勢約500名になる。今回の見学中にも行き交う人の多さを感じる。社員食堂も完備し、昼食時には約200食を賄う。

この他、農業化学品関連の研究に関しては、国内では1981年開設の加西試験農場（研究員約30名）、2007年開設の真壁試験農場（研究員約10名）と、大阪工場（研究員約10名）、大分工場（研究員約10名）に研究拠点がある。

## 合成研究棟 (Chemistry Research Center)

合成棟の延床面積は約9,900㎡で基礎免震構造となっている。1～2階は、所長室、事務室などの管理部門や会議室で、エントランスのロビーには、研究員同士が気兼ねなく打合せできるスペースや、2階にはラウンジコーナーが設けられている。

3～6階の合成ラボ（図-3）は、各階とも同じ仕様で、殺虫剤、殺菌剤、除草剤の各合成と、プロセスの研究グループに割り振られている。実験室に隣接する研究員の執務室との境はガラス張り、デスクワークしながらでも、実験装置の稼働状況が分かる。正常に稼働しておれば緑のランプが、異常があれば赤のランプが点滅し、装置に異常が起きた場合に担当者以外でも気付



図-4 温室

くことができる。実験の安全性を考慮した設計が採られている。

建設は2016年9月に開始されたが、すでに宝塚地区の敷地は、既存の建物でほぼ埋まっているため、講堂や会議室のあった古い平屋を壊して建て替えたという。

## その他の実験棟と温室

宝塚での生物評価は、殺虫・殺菌剤、衛生害虫薬が中心である。

温室棟（F1棟、F2・3連結棟）は2階がガラス温室である。総床面積は約3,000㎡で、部屋数は約40。これら三角屋根の各室は縦横6列に連なり、一つの温室棟になっている。外気の影響を直接受けやすい外壁部分が最少限に抑えられるので、冷暖房エネルギーの節減になる。温室内の試験植物の生育を促すため、人工光の照射（図-4）の調整を重視している。温室棟の1階部分は試験材料の準備や薬剤処理等の作業スペースで、自動製剤希釈装置（図-5）や散布装置が設置されている。

5階建ての実験棟（C棟）は築50年で、製剤、殺虫剤、殺菌剤、衛生害虫薬関係の実験室が並ぶ。そこでの昆虫飼育リストをみると、衛生害虫のゴキブリをはじめ、フィラリア、日本脳炎、マラリアなどの媒介昆虫、木材に被害を及ぼすシロアリ、穀物害虫、アレルギー源となるダニ類から天敵昆虫など、そのコレクションは30種以上に上る。蚊に対する揮散性成分の効力を評価する大小のチェンバーもある。



図-5 自動の製剤希釈装置

また、新たな事業として取組んでいる中食、外食向けの業務用米開発に向けて、DNAマーカー育種のための遺伝子解析装置なども整備されている。

## 研究開発のミッション

ユニークな新薬候補化合物の創出と、製品寿命・事業価値の最大化のための川下・周辺分野への拡大・展開に向けて、「探索」と「応用開発」研究を進める。

「探索研究」には、新しい薬剤の候補化合物の合成 → 合成された化合物の管理保管 → 試験対象作物の栽培 → 製剤希釈や薬液調整 → 自動散布装置での薬剤処理 → 化合物の効果の生物評価という一連の流れがある。「応用開発研究」では、探索研究で優れた効果を示した化合物について、より実用場面に近い条件下での効果を確認する。また、圃場試験に先立ち、製剤化や基礎的な安全性の研究も行う。

住友化学の開発原体による製品は、前述したように多岐に及び、それに必要なコア技術は多様である。「探索研究」では、ゲノム創製、工業化技術、有機合成技術、ケミカルライブラリー、「応用開発研究」では、製剤化、育種・栽培、農業基盤技術、デバイス・樹脂製品関連技術が、そして「探索と応用研究開発を支える基礎技術」として生物活性評価と昆虫飼育・培養・植物栽培技術がある。

ミッションを最終的に果たすためには、様々な関連部署とのネットワーク

が欠かせない。「安全性評価」では生物環境科学研究所（大阪）、「工業化研究やサンプル製造（原体，製剤）」では工業化技術研究所（同）が、「市場分析・予想，開発，登録」では本社事業部，「特許活動支援」では知的財産部と密接な協力関係にある。

## グローバル展開を見据えた研究開発を

自社研究開発力を基礎にした世界の食料，健康，衛生，環境問題の解決への貢献を目標とし，中期的には農業事業の拠点の拡大を図る。

子会社等を含め海外での初期および実用性評価，市場分析・予想，開発，登録を担う研究拠点が北米，南米，ヨーロッパ，アフリカ，インド，東南アジア，オーストラリアなどに10か所以上ある。そのため，世界各地での課題をいち早く収集する。また，研究員のグローバルな視点を養うため，海外現地での状況を直に見る機会を与えている。

グローバルな研究開発体制の強化を図るため，2016年以降，研究投資を増やしている。ブラジルにLARC（2016），アメリカにMWARC（2017）の開設，2018年にはアメリカにBiorational Research Centerの建設，そして宝塚の合成棟の建設もその一環である。

海外拠点を含めて，試験データは共通のフォーマットで電子化し，テレビ会議ネットワークで共有し，開発に生かしている。

## 国内向けも軽視しない

スクリーニングの上流から，グローバル展開を意識しているが，決して国内向け開発を軽視しているわけではない。国内向けの研究拠点である加西試験農場や真壁試験農場への投資も強化している。特に，水稲作分野ではわが国の収益性は高く，より付加価値の高い剤の開発を目指しており，いいものができれば，海外>国内の比重の逆転もあり得る。

国内の水稲除草剤開発については，水稲用一発除草剤の基本方針としては，除草効果はもちろんのこと稲への安全性を担保し，且つ，「田植同時処理」，「3剤型」，「直播への適用」等々様々なニーズに応えるべく開発している。一方，営業所を通じ，エリア毎の課題，例えば，「SU抵抗性雑草」，「難防除雑草」の発生有無や重要性，散布方法，土壌や水等を整理したうえで協議し，新剤開発を目指している。今後，より省力的に散布できる剤も求められることが予想されるため，機械による同時処理や無人航空機による散布に適した剤の開発も視野に入れていく。

## 日本企業の特性を生かした研究開発力を磨く

グローバル展開を目指してはいるが，売上高では世界のトップとの差はまだ大きい。しかし，主要農業会社の特許発行数（2000年～2017年）で

は3位である。また，上市新規農薬品目数に基づく発明力でも，トップ5に入り（出典：Phillips McDougall Research Section），開発力の高さでは負けてはいない。

しかし，新農薬開発成功確率は年々下がり，今日では20～30万分の1と言われ，厳しい状況にある。以前に比べ，単に薬効だけでなく，ハチ毒問題など環境安全のハードルが上がっており，新たな作用機構を持ったリード化合物の創製が難しくなっていることも事実である。

このような情勢のなかオリジナルな剤の開発を目指しているが，外資系企業の物量作戦には太刀打ちできないので，日本的なやり方を生かして対抗したい。そのためには，現地で問題となっている雑草種や使用方法（製剤処方）など開発ターゲットを絞り込むこと，また，海外の研究拠点からの試験データを含めての詳細な解析や，最新技術を導入し，職人芸的な経験知を生かすこと，そして，難しい課題についてはじっくり腰を据えて取り組むことを重視する。

特に，生物評価は化合物のパフォーマンスを目視により評価するので，その研究員の眼が何よりも重要である。そのため，研究員が本来業務以外の興味あるテーマを自由な発想で提案し，所長裁量で予算化する仕組みもある。研究員にグローバル展開を意識づけるとともに，その自発性を養うことにも力を入れている。

表-1 住友化学で開発された原体

上市年度	原体名	用途と製品
<b>農業用除草剤</b>		
1980	ブタミホス	水稲用有機リン系「クレマート」
1986	プロモブチド	水稲用「スミハーブ」
1993	フルミオキサジン	大豆・綿花用等「スミソーヤ」
1993	イマゾスルフロン	広葉雑草やスゲ用「テイクオフ」
1993	フルミクロラックペンチル	大豆・とうもろこし用「リソース」
1997	スルホスルフロン	コムギ・芝・非農耕地用「リーダー」
2010	プロピリスルフロン	水稲用(抵抗性雑草)「ゼータワン」
<b>農業用殺虫剤(主なものを抜粋)</b>		
1962	フェニトロチオン	多種作物、広スペクトル有機リン系「スミチオン」
1967	カルタップ	多種作物、広スペクトルネライストキシ系「パダン」
1980	フェンプロパトリン	多種作物、ピレスロイド系「ロディー」
1985*	ベルメトリン	多種作物、ピレスロイド系「アディオ」
1986*	シベルメトリン	多種作物、ピレスロイド系「アグロスリン」
1987	エスフェンバレレート	多種作物、ピレスロイド系「スミアルファ」
1988	ピリプロキシフェン	果樹・野菜類、コナジラミ、アザミウマ用成長制御剤「ラノー」
2002	クロチアニジン	多種作物、広スペクトル浸透生ネオニコチノイド系「ダントツ」
2004	ピリダリル	果菜類の鱗翅目害虫、アザミウマ用「プレオ」
<b>農業用殺菌剤(主なものを抜粋)</b>		
1976	プロシドン	ぶどう・果樹・野菜類、灰色かび病用「スミレックス」
1983	トルクロホスメチル	馬鈴薯・花卉・芝生、リゾトニア菌用「リブレックス」
1989	オキシリニック酸	水稲もみ枯細菌病、野菜の軟腐病用「スターナ」
1990	ジエトフェンカルブ	果樹・野菜類、灰色かび病用等「パウミル」
1993	フェリムゾン	水稲いもち病用「ブラシン」
2000	ジクロシメット	水稲いもち病用「デラウス」
2002	ベノミル	果樹・野菜類の各種各種かび病用「ベンレート」
2010	イソチアニル	水稲いもち病用「スタウト」
2012	フェンピラザミン	果樹・野菜類、灰色かび病用等「ピクシオ」
2016	マンデストロビン	果樹の黒星病用、野菜の菌核病用「スクレアフロアブル」
<b>家庭・公衆衛生用殺虫剤(主なものを抜粋)</b>		
1983	d-T80-フタルスリン	蚊・ハエ・ゴキブリ用ピレスロイド系「ネオピナミンフォルテ」
1989	d-d-T80-プラレトリン	蚊用ピレスロイド系「エトック」
1997	イミプロトリン	ゴキブリ用ピレスロイド系高ノックダウン「ブラル」
2003	メフトルリン	蚊用常温揮散性「エミネンス」
2015	モンフルオロトリン	ピレスロイド系高ノックダウン「スミフリーズ」
<b>植物生長調整剤(主なものを抜粋)</b>		
1991	ウニコナゾールP	アボカド・水稲・草花用「スミセブン」
1991*	ウニコナゾールP	水稲の倒伏軽減剤「ロミカ」
1991	ウニコナゾールP	倒伏軽減剤入り水稲用穂肥「スミショート」
2005	ウニコナゾールP	倒伏軽減剤入り水稲用基肥一発肥料「楽一」

(\* JPP-NET 住友化学 初登録年)



図-6 苔玉で作られたフェニトロチオン(スミチオン)の原体骨格のモニュメント

## (1) フルミオキサジン

除草剤では1993年に上市されたフルミオキサジンは、土壌に処理することで雑草の発芽を長期間抑えることが出来、主に海外で大豆やトウモロコシなどに使われ、今や住友化学を代表する除草剤となっている。

その開発は30年以上前に遡る。当時の住友化学は除草剤の製品構成が薄く、北米を中心としたグローバル市場で展開できる除草剤をつくるのが、経営陣や開発陣の悲願となっていた。海外で売れる除草剤のためのスクリーニングから、フルミオキサジンが誕生する。これは植物界に広く存在するクロロフィルの生合成に関わるタンパク質を標的にし、阻害が拮抗型であることから低感受性の雑草が発生しにくいという性質を有する。2001年にアメリカのダイズに登録・上市し、その当時は除草剤ラウンドアップ耐性GMO(遺伝子組換え作物)の普及時期に重なりながらも一定の普及を見た。その後、除草剤抵抗性GMOがさらに普及したことによって、ラウンドアップ抵抗性雑草が出現しさらに需要が増進しており、今ではフルミオキサジンはラウンドアップ抵抗性雑草に対する防除体系のなかに組み込まれ、アメリカで高い使用実績がある。その輸出額はわが国の農業では最大規模である。

農業の開発やその展開は決して順風満帆に進むものではない。やはり、そ

## 開発原体と製品

住友化学の開発原体による主な製品を表-1に示した。

農業種類別の売上構成は、殺虫剤が36%、除草剤が26%、殺菌剤が14%、その他14%、バイオラショナル(天然物由来の微生物農業や植物

成長調整剤など)10%となっている。なかでも殺虫剤スミチオン(1962年)の原体(フェニトロチオン)骨格を形どった苔玉のモニュメント(図-6)が、玄関の研究所門標の傍らには飾られ、住友化学の象徴となっている。また、ピレスロイド系化合物は、多くの家庭用殺虫剤関連製品に使われている。



図-7 研究所の思いを語る坂本典保所長

の根底を独自性のある製品を生み出す開発力が支える。

## (2) プロピリスルフロン

スルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) は日本の水稲栽培の一発処理雑草防除の中心であるが、1990 年代後半より SU 剤抵抗性雑草が問題となった。2010 年に農業登録された水稲用除草剤成分プロピリスルフロンは、イマズスルフロン選抜の過程で合成された類縁体をリードに展開された化合物で、スルホニルウレア系化合物でありながら、既存の SU 剤抵抗性雑草にも除草効果を示すユニークな特徴を有する。

現在、住友化学の除草剤のなかで、大きな地位を占め、韓国等アジアでも販売している。

## SDGs (持続可能な開発のためのアジェンダ 2030) の取組み

SDGs は 2015 年 9 月の国連総会で決議された世界共通の目標で、科学技術による解決が求められる 17 のゴールが提案されている。農業・健康研では、そのうち目標 2「飢餓をゼロに」、3「すべての人に健康と福祉を」、9「産業と技術革新の基盤をつくろう」、11「住み続けられるまちづくりを」、13「気候変動に具体的な対策を」についての認識を、研究員自らが担当す

るテーマのなかに持ち、挑戦するという先駆的な取組みを進めている。

最後に、今回の取材を快く受け入れていただき、詳細な説明と資料の提供、研究所内部の案内などに丁重に対応していただいた研究所長の坂本典保氏、生物研究グループマネージャー（上席研究員）用具広幸氏、研究技術室統括棟本藤夫氏、本社アグロ事業部マーケティング部除草・植調チーム主席部員叶治氏に心より感謝申し上げます。

注) 同行者：(公財) 日本植物調節剤研究協会 野村卓史，仮谷道則

### 統計データから

## 平成 30 年産水田の作付状況 (9 月 15 日現在)

農林水産省の 9 月 15 日現在の 30 年産水田の作付状況によると、水稲の作付面積は 159 万 2,000ha で、このうち、主食用米の作付見込面積は 138 万 6,000ha と、今年度から国による生産数量目標配分がなくなったなかではあるが、主食用米の大幅な増産傾向になく、おおむね前年と同水準となっている。

一方、輸出への関心の高まりから、輸出用米など新市場開拓用米は 29 年産の 1,000ha から 4,000ha に増えている。その一方、飼料用米は 26 年産から数量に応じて交付金が支払わ

れる制度の導入によって、29 年産まで作付けが伸びていたが、29 年産の 9 万 2,000ha から 8 万 ha へと減少し、27 年産と同水準となっている。また、政府備蓄米も 29 年産の 3 万 5,000ha から 2 万 2,000ha に減少している。

その他はほぼ前年並みで、加工用米 5 万 1,000ha、米粉用米 5,000ha、WCS4 万 3,000ha、麦 9 万 7,000ha、大豆 8 万 8,000ha、その他 (ソバ、ナタネ、飼料作物など) 10 万 2,000ha となっている。

(K.O)

平成30年産の水田における作付状況 (平成30年 9月15日現在)

単位は万ha

	主食用米	加工用米	米粉用米	飼料用米	WCS	新市場開拓用米 (輸出用)	備蓄米	麦	大豆	その他
27年産	140.6	4.7	0.4	8.0	3.8	0.2	4.5	9.9	8.7	10.0
28年産	138.1	5.1	0.3	9.1	4.1	0.1	4.0	9.9	8.9	10.2
29年産	137.0	5.2	0.5	9.2	4.3	0.1	3.5	9.8	9.0	10.2
30年産	138.6	5.1	0.5	8.0	4.3	0.4	2.2	9.7	8.8	10.2

注) 加工用米及び米粉用米、飼料用米、WCS、新市場開拓用米は取組計画の設定面積  
備蓄用米は、地域農業再生協議会が把握した面積  
その他は、飼料作物、そば、なたね等の面積  
麦、大豆、その他 (基幹作物のみ) は、地方農政局等が都道府県再生協議会に聞き取った面積

## 湖岸を覆う侵略的外来植物

# オオバナミズキンバイ

滋賀県立大学大学院

稗田 真也

オオバナミズキンバイ *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet は、アカバナ科チョウジタデ属の抽水植物で、特定外来生物に指定されている。種内には、亜種オオバナミズキンバイ *L. g.* (Michx.) Greuter & Burdet subsp. *grandiflora* (6倍体:  $2n=48$ ) と、亜種ウスゲオオバナミズキンバイ *L. g.* (Michx.) Greuter & Burdet subsp. *hexapetala* (Hook. & Arn.) G. L. Nesom & Kartesz (10倍体:  $2n=80$ ) の2亜種が知られる (Nesom & Kartesz 2000)。

### ■分布

アメリカ南東部から南米原産 (Raven 1963)。日本では、和歌山県 (内藤・稗田 2014)、兵庫県 (須山ら 2008) の集団は亜種オオバナミズキンバイ、滋賀県・琵琶湖とその周辺 (稗田ら 未発表)、鹿児島県 (角野・岡本 2018) の集団は亜種ウスゲオオバナミズキンバイと考えられている。最近では関東でも野生化が確認され、茨城県・霞ヶ浦 (伊藤ら 2017)、千葉県・印旛沼と手賀沼 (林ら 2018) で報告されている。

なお、琵琶湖南湖の赤野井湾沿岸での発生については、本誌 48 巻 11 号 (2015 年 2 月) で取り上げている (編集部注)。

### ■形態と見分けるポイント

生育環境によって、茎葉の形態・毛量が著しく変化する (角野 2014)。亜種の同定は、染色体数が重要とされる (志賀ら 2018)。また、絶滅危惧種のミズキンバイ *L. peploides* (Kunth) P. H. Raven subsp. *stipulacea* (Ohwi) P. H. Raven (2倍体:  $2n=16$ ) にも外部形態が似ているが、発達した抽水茎は、ミズキンバイは無毛、オオバナミズキンバイは主に有毛であることで判別できる。浮葉状態では、判別は困難である。特に、九州南部では両種の分布が知られているので、同定に注意が必要である。

### ■雑草としての情報

琵琶湖で異常繁茂し、社会問題になっている (図-1)。水辺から陸上まで幅広い環境に適応し、独占的に繁茂する。そのことにより、在来種の駆逐、船の航行障害、水流阻害そして局所的な水質悪化が引き起こされていると考えられる。また、植物体からの再生能力が非常に高く、琵琶湖集団も茎断片から開芽・発根が見られる (図-2)。それら断片や種子が、水鳥によって散布される可能性もあるため、他の水系でも侵入に警戒する必要がある。また、水田への侵入も危惧される。

### ■防除に関する情報

琵琶湖では、2009年までに侵入したと考えられる。駆除は、2012年にボランティアによって初めて行われ、2013年から滋賀県による事業が開始された。2014年には、琵琶湖外来水生植物対策協議会が設立された。駆除は機械的防除で行われているが、岩石護岸に定着した株の除去は困難であり、対策が求められる。植物体は折れやすく、駆除時に断片が発生するため、取り残しや流出に注意が必要である。乾燥



図-1 琵琶湖湖岸での繁茂・開花 (2017年6月27日;草津市)



図-2 茎断片からの開芽・発根 (2013年12月13日;実験室内)

にも強く、自然乾燥処理中でも再生がみられるため、再定着に警戒が必要である (稗田 2018)。

イギリスでは、侵入初期に機械的防除と化学的防除によって、根絶した事例が知られている (上河原・稗田 2018)。琵琶湖周辺では、内湖や、京都府・大阪府に出現する事例が増えている。これら侵入初期には、問題が見過ごされる「早期対応のパラドックス」に陥る傾向にある (上河原 2016a; 金子 2017)。これを克服するため、まず管理者責任などを明確にする必要がある。また、「外来種はそのうち衰退するので放置すればよい」という意見を、しばしば耳にするが、これは外来種を管理しないことを正当化している方便だと思う。本種については、フランスでは19世紀に野生化して今なお繁茂している (上河原 2016b など)、放置して減少するとは考えにくい。外来種が自然に衰退する保証はなく、それが起きるのは一度まん延を許した後かもしれない。これに加え、外来種をひとくりに外来種と認識するケースが未だみられる。侵略的外来種という概念と、本種がそれに該当することを理解すべきである。

### ■参考文献

- 林紀男ら 2018. 印旛沼・手賀沼でオオバナミズキンバイ *Ludwigia grandiflora* 初記録. 千葉生物誌 67 (1, 2), 23-28.  
 稗田真也 2018. 特定外来生物オオバナミズキンバイの生活史特性から繁茂の理由を探る. 環動昆 29 (3), 91-93.  
 伊藤彩乃ら 2017. 霞ヶ浦における特定外来生物オオバナミズキンバイ (アカバナ科) の記録. 茨城県自然博物館研究報告 20, 39-41.  
 角野康郎 2014. 日本の水草. 文一総合出版, 328pp.  
 角野康郎・岡本宏和 2018. ウスゲオオバナミズキンバイ発見の記録. 水草研究会誌 106, 27-28.  
 上河原 2016a. 侵略的外来種管理における早期対応論と政策過程—水陸両生外来植物対策に関する事例研究. 環境情報科学学術研究論文集 30, 133-138.  
 上河原 2016b. 侵略的外来植物オオバナミズキンバイにフランス社会はどのように対応してきたのか. 水資源・環境研究 29 (2), 71-78.  
 金子有子 2017. 侵略的外来種対策, いたちごっこになる前に. 「琵琶湖岸からのメッセージ」西野麻知子ら編, サンライズ出版, pp. 119-121.  
 上河原 2018. 侵略的外来植物オオバナミズキンバイにイギリス社会はどのように対応してきたのか. 環境情報科学 47 (2), 76-83.  
 内藤麻子・稗田真也 2014. 和歌山県の帰化植物その 8. オオバナミズキンバイ (アカバナ科). 自然博物館だより 32 (3), 5.  
 Nesom, G.L. & J.T. Kartesz 2000. Observations on the *Ludwigia uruguayensis* complex (Onagraceae) in the United States. *Castanea* 65, 123-125.  
 Raven, P.H. 1963. The old world species of *Ludwigia* (including *Jussiaea*), with a synopsis of the genus (Onagraceae). *Reinwardtia* 6, 327-427.  
 須山知香ら 2008. 侵略的水草 *Ludwigia grandiflora* subsp. *grandiflora* (新称: オオバナミズキンバイ, アカバナ科) の野外生育確認およびその染色体数. 水草研究会誌 89, 1-8.  
 志賀隆ら 2018. 関西の水草. 大阪市立自然史博物館. 64pp.

# ドードーツリー —鳥と植物の共生—

筑波大学教授  
サイエンスライター  
渡辺 政隆

## ほんとうのドードーを捜して

アリスが迷い込んだ不思議の国の住民として登場したことで、ドードーは不朽の存在となった(図-1)。この作品で描かれなかったとしたら、ドードーのことを知っている人がどれほどいたことか。いや逆に、ドードーなる妙ちきりんな鳥は完全にファンタジーの世界の存在と信じている人のほうが多いかもしれない。

ドードーは、インド洋に浮かぶモーリシャス島にかつて実在していた飛べない、体重が10キロはあったというハト科の大型の鳥である。しかし、オランダ人入植者による乱獲や持ち込まれた家畜やネズミのせいで1680年前後に絶滅してしまった。

『不思議の国のアリス』(1865)にドードーが登場したのは訳があった。作者ルイス・キャロルことチャールズ・ドジソン(1832-1898)は、オックスフォード大学の数学講師だった。その自然史博物館は、ドードーの骨を取蔵していたのだ。しかも吃音だったドジソンは、自分の名を口にするとときに「ドードー、ドジソン」と発音しがちだったこともあって、ドードーにことのほか親近感を抱いていたといわれている。

『不思議の国のアリス』のオリジナル挿画を描いたジョン・テニエル(1840-1914)がドードーを描くにあたって



図-1 ジョン・テニエルが描いた挿絵



図-2 ルーラント・サーフェリーが1626年に描いたとされるドードー。現在は大英自然史博物館に収蔵されている。

参考にしたのは、オランダの画家ルーラント・サーフェリー(1578頃-1639)が1626年に描いた絵だった(図-2)。この絵は、イギリスの鳥類学者ジョージ・エドワーズ(1694-1773)



図-3 オックスフォード大学自然史博物館のドードー展示(筆者撮影)

が所有していたことから「エドワーズのドードー」と呼ばれている。デブっとしていていかにも間抜けな飛べない大きなハトというドードーのイメージを定着させたのが、「エドワーズのドードー」だった。

サーフェリーは、1604年に神聖ローマ帝国皇帝ルドルフ二世の宮廷画家となり、1612年の皇帝の死までプラハで仕えた。おそらく、皇帝の博物コレクションにドードーが含まれていたのだろう。サーフェリーは、「エドワーズのドードー」を含めて6点のドードー画を残している。

現在、ドードーの剥製は一つも残っていない。知られていた唯一の剥製は、前述のオックスフォード自然史博物館の前身であるアシュモリアン博物館が収蔵していたのだが、18世紀に剥製が蛾の幼虫に食べられてぼろぼろになってしまったため、大学副総長の指示で火中に投げられてしまったといわれている。オックスフォード大学自然史博物館には、ミイラ化した頭部と脚などの骨が保管されている。そして、「エドワーズのドードー」を参考に作製された模型と骨格標本が展示されている(図-3)。

ドードーの骨格を初めて復元したのはダーウィンと同時代の解剖学者リチャード・オーエン(1804-1892)だった。1866年に行った復元では、「エドワーズのドードー」を参考に、いかにも鳩胸でずんぐりしたポーズを採用した(図-4a)。ただし、1872年には直立したスリムなポーズに修正した(図-4b)。しかしいったん定着したイメージは簡単には覆せない。図-3の写真にあるドードーの模型は、旧来のうずくまりポーズで復元されている。



図-4 aはオーエンが1866年に復元した骨格。左下のハトの骨格と対照されている。bは1872年の修正図。スリムで直立したポーズになっている。



図-5 シンガポール大学自然史博物館のドーデー展示。最新の復元模型(左)、頭骨レプリカ(右上)、大腿骨と脛骨の実物の半化石(右下)



図-6 1625年ごろに描かれた、羽色が最も正確とされるドーデーの絵。

先日、ラッフルズ博物館に起源をもつシンガポール国立大学自然史博物館を訪れる機会があった。そこでうれしい再会をした。オックスフォード大学自然史博物館が貸し出し中のドーデーの大腿骨と脛骨の半化石(図-5右下)、頭骨のレプリカ(図-5右上)、それと最新研究に基づく復元模型(図-5左)が展示されていたのだ。

照明の関係で模型の色がわかりにくい、「エドワーズのドーデー」で描かれている羽色と異なることはわかるだろう。現在、ドーデーの羽色を最も正確に描いているとされている絵が図-6である。これはインドムガル帝国皇帝ジャハングール(1569-1627)のお抱え画家ウスタード・マンスール(生没年不詳)が1625年頃に皇帝の禽舎で飼われていたドーデーを描いたものとされている。この絵が再発見されたのは1958年のことだった。

照明の関係で模型の色がわかりにくい、「エドワーズのドーデー」で描かれている羽色と異なることはわかるだろう。現在、ドーデーの羽色を最も正確に描いているとされている絵が図-6である。これはインドムガル帝国皇帝ジャハングール(1569-1627)のお抱え画家ウスタード・マンスール(生没年不詳)が1625年頃に皇帝の禽舎で飼われていたドーデーを描いたものとされている。この絵が再発見されたのは1958年のことだった。

## ドーデーと運命を共にした木

インド洋上の孤島モーリシャスには、ドーデー以外にもゾウガメなど、固有の動植物が多数生息していた。現在残っている種でも絶滅危惧種に指定されているものがある。ドーデーツリーの通り名で知られているアカテツ科シデロキシロン属の *Sideroxylon grandiflorum* (図-7) もその一つ。モーリシャスを訪れたアメリカの環境保全学者スタンリー・テンブルは、島にはドーデーツリーが13本しか残っておらず、しかもいずれの樹齢も300年を超えているらしいという話を聞いた。この木は果肉に覆われた硬い核をもつ果実をつけるのだが、めったに発芽しない。しかしかつては、ドーデー



図-7 ドーデーツリー(左)とその実(右)

が好んで食べていたという。ドーデーは石を飲み込み、硬い実でも砂嚢で消化して食べていたというのだ。ちなみに、かつてモーリシャスに立ち寄ったオランダの船員たちは、ドーデーを捕まえて塩漬けの保存食にする一方で、ドーデーが飲み込んでいた胃石をナイフの研ぎ石として重宝していたという。

そこでテンブルは、壮大な仮説を立て、1977年にサイエンス誌に発表した。ドーデーは、ドーデーツリーの果肉を好んで食べ、その際に核にまで傷をつけて排泄することで種子散布に一役買っていた。逆にドーデーツリーは、ドーデーに食べられることでますます硬い核を進化させ、互いの依存関係を強化させた。しかし、ドーデーが絶滅したことでドーデーツリーは堅果に傷をつけて発芽の下ごしらえをしてくれる相方を失い、数を減らしてきたというのだ。

この、相思相愛の2種が運命を共にするというロマンチックな物語は一躍注目を浴びた。しかしわずか数年後、この仮説に対する反論が出された。島には樹齢100年以下の木もたくさんあるし、ドーデーとドーデーツリーのかつての生息地はあまり重なっていなかったのではないかというのだ。事実はやぶの中だが、ドーデーはすでにいないことと、ドーデーツリーが絶滅危惧種であることだけはまちがいない。かつて、この2種に接点があったことを示す傍証もある。ドーデーの半化石化した遺骸と一緒にドーデーツリーの実の核が見つかることもあるのだ。さて、真相やいかに。

## 協会だより

### ■試験成績検討会

- 平成30年度リンゴ・落葉果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日時：2019年2月4日(月) 11:00~17:00

場所：浅草ビューホテル

東京都台東区西浅草3-17-1

TEL 03-3847-1111

## 研究会等

### ■日本農薬学会第44回大会

開催日：2019年3月11日(月)~13日(水)

場所：名城大学(天白キャンパス)

名古屋市天白区塩釜口一丁目501番地

TEL 052-832-1151

日程：3月11日 総会, 授賞式, 受賞講演, 特別講演,  
懇親会・受賞祝賀会

3月12日 一般講演

3月13日 一般講演, シンポジウム

一般講演申込締め切り：平成31年1月10日(木)

講演要旨原稿提出締め切り：平成31年1月10日(木)

事前参加・懇親会登録締め切り：平成31年2月1日(金)

詳しくは、日本農薬学会ホームページ (<http://pssj2.jp/>) を参照のこと。

### 編集後記

今号では、52巻4号で開始した「研究所訪問記」の第2弾を掲載します。9月に住友化学の研究所を訪問し、2ヶ所を取材させていただきました。次号にわたって、それぞれの研究所を紹介いたします。取材で感じたのは、メーカーにより開発姿勢といえるのか、あるいは風土の違いでした。読者の方にはそれを感じていただければ幸いです。次の取材先も交渉に入っており、数ヶ月でご紹介できるかと思っております。

(編集子)

### 植調第52巻 第9号

- 発行 平成30年12月14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

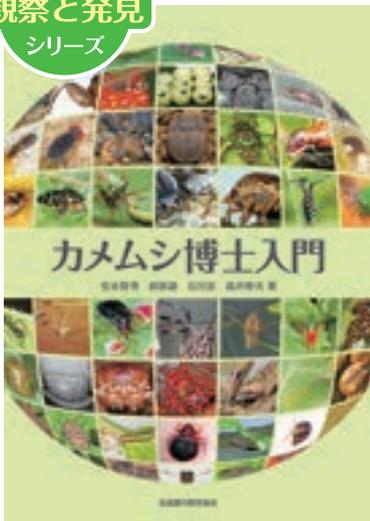
© Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR) 2016  
掲載記事・論文の無断転載および複写を禁止します。転載を希望される場合は当協会宛にお知らせ願います。

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

陸生から水生まで、カメムシの全分野を網羅

# カメムシ博士入門

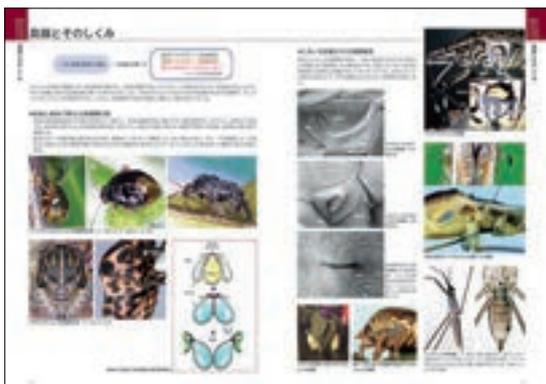
安永智秀 前原諭 石川忠 高井幹夫 著 B5 212ページ 本体2,770円+税



- ◆日本原色カメムシ図鑑(陸生カメムシ類)一全3巻を発行してきた全農教が、読者の「より入門的な図鑑を」との声に応えてお届けするカメムシ学のテキストブック。
- ◆数ある昆虫群のなかでカメムシのいちばんの特徴は「圧倒的な多様性」です。
  - 陸生から水生まで、生息環境の多様性
  - 肉食から植物食、菌食まで食性の多様性
  - 微小種から巨大種まで形態の多様性
  - 農業害虫、不快害虫から有用天敵まで人間との多様な関係
- ◆本書はカメムシの分類から生態まで、採集から同定まで、カメムシの基本をすべて網羅し、多様性に富んだカメムシを理解するのに最適な入門書です。

## 第1章 カメムシの形とくらし

高山から遠洋海面まで、驚異的な適応を遂げたカメムシ類—その多様性をきわめた形態と生きざまを解き明かすため、ここでは考えられるあらゆる視点からのアプローチを試みました。第1章をひらけば、そこはもう広くて奥深いカメムシワールドの真ただ中です。



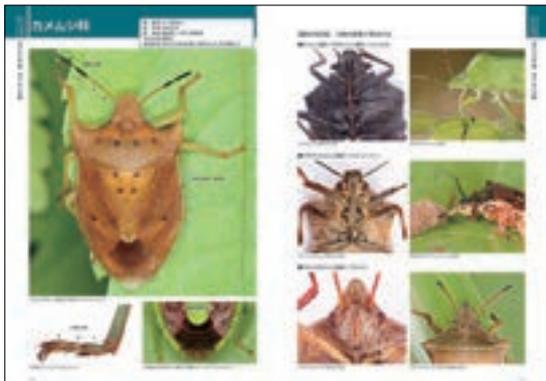
## 第2章 カメムシを探そう

わたしたちを取り巻くあらゆる環境にすんでいるカメムシ。草花から樹木、草原から森林、それらを育む土壌、そして田畑、湿地、河川、湖沼から海岸まで、いたるところに個性的なカメムシたちが暮らしています。第2章では、どのような環境にどんなカメムシがいるかをさぐります。



## 第3章 いろいろなカメムシ

第3章では日本から知られる陸生～水生カメムシ全55科について、できるだけ簡潔に特徴をまとめ、紹介します。科を知ることが、同定への一番の近道です。手元のカメムシの名前がわからないとき、まずは該当する科の調べがつけば、種の特定がより楽に、スピーディーになります。



## 第4章 カメムシ博士をめざして

カメムシたちのさまざまな生活場所と生態に触れ、首尾よく得たサンプルを標本にこしらえて正しく同定する—この地道な作業の繰り返しこそ、「カメムシ道」の奥義を追求する修行そのものです。第4章では、採集から始まって種の同定までのプロセスをわかりやすく具体的に解説します。



〈付〉もっと知りたいカメムシの世界

カメムシと人間のかかわり、カメムシの飼育法、海外の変ったカメムシ、カメムシランキング…汲めども尽きぬカメムシの世界の一端をご紹介します。巻末には研究に役立つカメムシ和名索引を兼ねた「和名一学名一覧」も掲載しました。

## SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

- アネシス1キロ粒剤(ベンゾビシクロン)
- ジャイロ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾビシクロン)
- ツルギフロアブル(ベンゾビシクロン)
- ニトウリュウ/テッケン1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- モーレツ1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾビシクロン)
- クサビフロアブル(ベンゾビシクロン)
- ゲパード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)
- 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)
- 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)
- 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)



## 「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)         | ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)                    |
| 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) | テラガード(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/250グラム)             |
| ウエスフロアブル                       | トビキリ(ジャンボ/500グラム粒剤)                        |
| オークス(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)         | ナギナタ(1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ)                    |
| カービー1キロ粒剤                      | ハーディ1キロ粒剤                                  |
| キクトモ1キロ粒剤                      | ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤                           |
| キチット(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)         | 半蔵1キロ粒剤                                    |
| クサスイープ1キロ粒剤                    | フォーカード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)     | フォーカスショットジャンボ/ブレスサフロアブル                    |
| サスケ-ラジカルジャンボ/レオンジャンボパワー        | プラスワン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)                    |
| サンシャイン(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)       | ブルゼータ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)                    |
| 忍(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)            | フルイニング/ジャイブ/タンポエース(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)   | プレキープ(1キロ粒剤/フロアブル)                         |
| シリウスターボ(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)      | ビッグシュアZ1キロ粒剤                               |
| シロノック(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)            |
| スマート(1キロ粒剤/フロアブル)              | ライジンパワー(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<sup>®</sup>

配合除草剤シリーズ  
<https://www.nissan-agro.net/altair/>



水稲用一発処理除草剤

除草効果、安全性、使い勝手で選ぶなら…

**バッチリ** 1キロ粒剤  
フロアブル  
ジャンボ

バッチリ効果にノビエへの  
持続性をさらに強化!!

**バッチリ**  
**LX** 1キロ粒剤  
フロアブル  
ジャンボ



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(日植調)」調べ  
平成30年度普及面積1位133,578ha(平成29年10月～平成30年6月)  
過去の日植調調べから、平成23年度～平成30年度8年連続普及面積1位  
※普及面積はバッチリブランド(バッチリ、バッチリLX、デルタアタック)の合計です。  
※バッチリLXとデルタアタックは同じ成分です。

®は協友アグリ(株)の登録商標です。

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

- 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。

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!

**ニトウリュウ** 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 日本農薬株式会社

Sds :: イスター・イストバイオテック

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  
バリッと雑草退治



<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

## カチボシ

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

### 平成30年度 水稲用除草剤適正使用キャンペーン

このキャンペーンに協力、推進しています。

- アトカラS / セカンドショットS ジャンボMX
- アピログロウMX 1キロ粒剤・ジャンボ
- アルハーブ フロアブル
- イッポン 1キロ粒剤75 / D1キロ粒剤51・フロアブル / Dフロアブル・ジャンボ / Dジャンボ
- ウィナー 1キロ粒剤75 / 51・フロアブル / Lフロアブル・ジャンボ / Lジャンボ
- カチボシ 1キロ粒剤75 / 51・フロアブル / Lフロアブル・ジャンボ / Lジャンボ
- キマリテ 1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ
- クザトリーDX 1キロ粒剤75 / 51・フロアブル / L・ジャンボH / L
- コメット 1キロ・フロアブル・ジャンボ・顆粒
- 忍 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
- センイチMX / フルパワーMX 1キロ粒剤・ジャンボ
- ナギナタ 1キロ粒剤・ジャンボ・豆つぶ250
- ビクトリーZ / メガゼータ 1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ
- ホットコンビ フロアブル
- ポデーガードプロ / カウンシルコンプリート 1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

五十音順

田植前及び播種前の散布でも、散布後7日間は落水しない!



畦畔のひび、穴等を補修し、事前に水持ちを確認する!

ラベルをよく読み、適正に散布

除草剤散布



除草剤散布後、水田水がなくなるまで給水しない止水管理を提案します

水田水がなくなったら、かけ流ししないように静かに給水する。

## 水稲用除草剤《散布後7日間》は田んぼの水を外に出さない

※「水田水」(「田んぼの水」)は稲の栽培期間中に水田に張る田面水のこと。

薬剤成分の流出を防止し、安定した除草効果が得られます。

詳細はHPへ! <http://www.japr.or.jp/>

平成30年度キャンペーン協賛会社

- ISK 石原産業株式会社
- IS エスアイエスバイオテクノロジー
- 協友アグリ株式会社
- クミアイ化学工業株式会社
- syngenta.
- 住友化学
- DU PONT
- 日産化学工業株式会社
- 日本農薬株式会社
- バイエル
- 北興化学工業株式会社
- 三井化学アグリ株式会社

五十音順

公益財団法人日本植物調節剤研究協会



新規有効成分フェノキサスルホンは発生前～2.5葉期までのノビエにしっかりと、長く効果を発揮し、一年生広葉雑草の後発生も抑えます。

フェノキサスルホン含有の新しい除草剤を、ぜひお試しください。

フェノキサスルホン含有除草剤ラインナップ

**ガンガン**

**クサビ**  
(北海道のみ)

**クサコ**

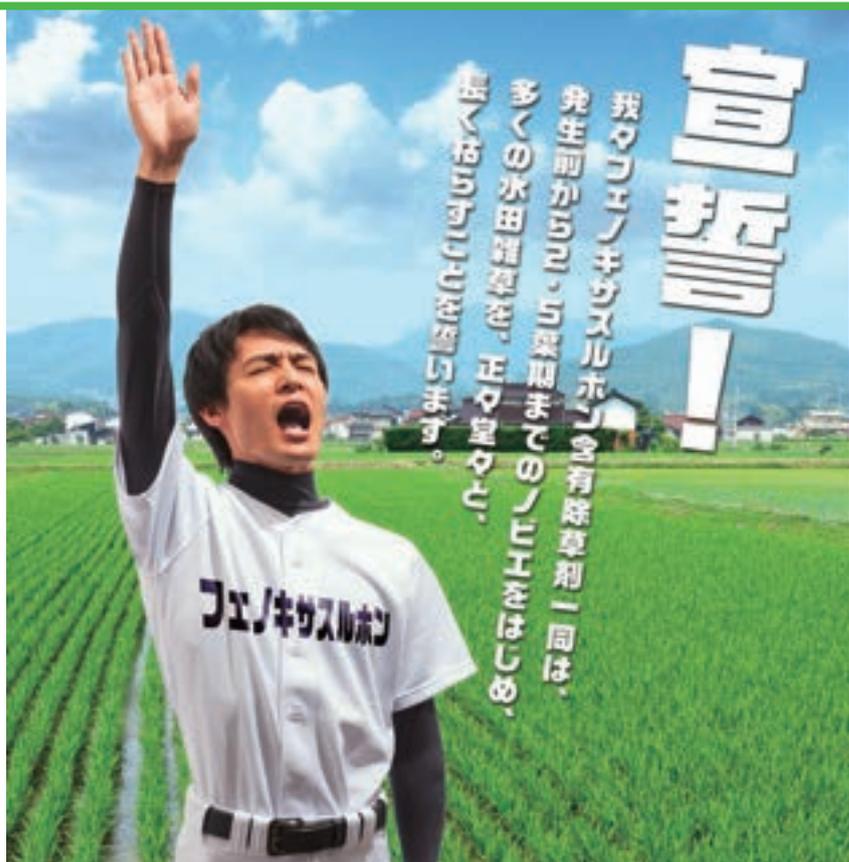
**ベンケイ**

**ヤブサメ**

- 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。●防除日誌を記録しましょう。



自然に学び 自然を守る  
**クミアイ化学工業株式会社**  
本社:東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036  
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>



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!



ノビエ3.5葉期、高葉齢のSU抵抗性雑草にも優れた効き目

**ゼンイチ**® MX 1キロ粒剤/ジャンボ®

**フルパワー**® MX 1キロ粒剤/ジャンボ®

**スゲイチ**® A 1キロ粒剤

**ヒエカッパ**® A 1キロ粒剤

**フルパワー**® ジャンボ®

**フルニンガ**® ジャンボ®



フルセトスルフロロン剤  
ラインナップ

**ナイスドリ**® 1キロ粒剤

乾田直播専用 **ハードパンチ**® DF

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
- ゼータタイガー<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - ゼータハンマー<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - ズエモン<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - カットダウン<sup>®</sup> 1キログラム 粒剤
  - ゼータワン<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - メガゼータ<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - ゼータファイヤ<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - ブルゼータ<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - オサキニ<sup>®</sup> 1キログラム 粒剤
  - シヨクリョクS<sup>®</sup> 粒剤
  -  1キログラム シャンボフロアブル
  - イッテリ<sup>®</sup> 1キログラム シャンボフロアブル
  - シヨクリョク<sup>®</sup> ジャンボ
  - ドニチS<sup>®</sup> 1キログラム 粒剤
  - クラッシュEX<sup>®</sup> ジャンボ

〒104-8260 東京都中央区新川1丁目27番1号 お客様相談室 0570-058-669 農業支援サイト  <https://www.i-nouryoku.com>

●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・空容器は廃棄等に放置せず適切に処理してください。



大塚のあふみ、まっぴんへ  
scc GROUP

 住友化学



農耕地から緑地管理まで  
雑草防除に貢献します。

畑作向け除草剤

アタックショット<sup>®</sup> ムギレンジャー<sup>®</sup>  
乳剤 乳剤  
丸和  
Dロックス<sup>®</sup>

果樹向け除草剤

シンバー<sup>®</sup> リーバー<sup>®</sup>

芝生向け除草剤

アトラクティブ<sup>®</sup> ユニホック<sup>®</sup>  
サベルDE ハレイDE

緑地管理用除草剤

ハイバーX<sup>®</sup> 粒剤 パワーボンバー<sup>®</sup>

除草剤専用展着剤

サファゴントWK<sup>®</sup> 丸和 サファゴント30<sup>®</sup>

 丸和バイオケミカル株式会社

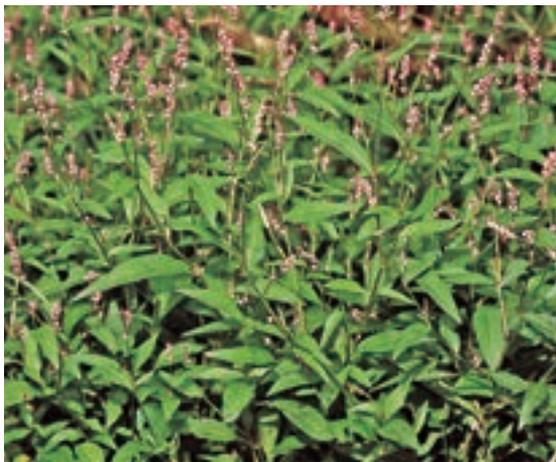
〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2-5-2  
☎03-5296-2311 <http://www.mbc-g.co.jp/>

第52巻 第9号 目次

- 1 巻頭言 「水」を考える—日本人にとって「水」とは・・・—  
天野 徹夫
- 2 水生植物影響試験としてのウキクサ生長阻害試験  
石原 悟
- 6 〔田畑の草種〕<sup>くさくさ</sup> 犬蓼・赤まんま・赤のまま(イヌタデ)  
須藤 健一
- 7 温風導入型オープントップチャンバーによる圃場高温処理法の開発  
千葉 雅大・寺尾 富夫
- 12 日本および海外における展着剤の種類と活用事例  
川島 和夫
- 18 研究所訪問記2. 住友化学株式会社健康・農業関連事業研究所(宝塚編)  
小川 奎
- 22 〔統計データから〕平成30年産水田の作付状況(9月15日現在)
- 23 〔こんな雑草こんな問題〕オオバナミズキンバイ  
稗田 真也
- 24 〔連載〕道草・第15回 ドードーツリー—鳥と植物の共生—  
渡辺 政隆
- 26 広場

No.45

表紙写真 〔イヌタデ〕



全国の道ばた,畦畔など,草刈りされる日当たりのよい草地に生える夏生一年雑草。畑地や樹園地にも生育し,しばしば害草となる。4~6月に発芽し,5~11月に花をつける。(植調雑草大鑑より。写真は©浅井元朗,©全農教)



子葉。卵形でやや厚みがある。



葉。互生し,広披針形。



托葉鞘。長さ6~9mmの筒状。



花序。紅紫色の花が密に集まる。