

植調

JAPR Journal

第58巻

第4号

微生物除草剤の歴史と今後の展望 泉 真隆・岡崎 伸

農業用ドローンによる安全かつ的確な散布飛行のために 島田 和彦

〔シリーズ・野菜の花〕 サツマイモ 境垣内 岳雄

淡路島におけるタマネギ雑草防除の思い出(2) 大西 忠男

〔連載〕 標本は語る 第8回 標本ラベル 早川 宗志



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)

出穂まぎわに使える倒伏軽減剤「ビビフル」



【特長】

- ① 出穂まぎわに散布可能：倒伏が予測できるのでムダがありません。
- ② 新タイプ：茎葉処理タイプの倒伏軽減剤です。
- ③ 安定した効果：土壌や水管理に関わらず安定した効果を示します。
- ④ 環境に配慮：まわりの作物や後作物に安全です。

※本剤は倒伏防止剤ではありません。基本的な倒伏防止対策（施肥管理等）を行なっても、倒伏が予測される場合に、倒伏を軽減させる目的で使用していただく薬剤です。



ビビフルフロアブル ビビフル粉剤DL

●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。●防除日誌を記載しましょう。

JAグループ
農 協 | 全 農 | 経済連

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 TEL.03-3822-5036
ホームページアドレス <http://www.kumiai-chem.co.jp>



リベレーター

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

●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。●リベレーターはバイエルグループの登録商標。

「宣言」

麦づくりをもっと先へ。






リベレーター リベレーターフロアブル

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://crops.bayer.jp/>

お客様相談室 ☎ 0120-575-078 9:00~12:00, 13:00~17:00
土日祝日および会社休日を除く



毒性学の進展

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 評議員

一般財団法人残留農薬研究所 顧問

原田 孝則

毒性学 (Toxicology) は、医薬、農薬、一般化学物質等の化学物質の生体に対する有害作用 (毒性) を明らかにし、生じた毒性の発現メカニズムを解明する学問であるが、近年その重要性は益々高まっている。特に 20 世紀以降において水俣病 (有機水銀中毒) やイタイイタイ病 (カドミウム中毒) など化学物質の環境汚染に起因する疾患の発現や DDT など難分解性で蓄積性の高い物質による生態系への悪影響が懸念されるようになったことから、環境毒性学 (Environmental Toxicology) が注目されるようになった。毒性学の対象分野は生殖・発生、解剖、病理、生理、薬理、遺伝毒性など多岐にわたるが、その中で重要な一役を担っているのが毒性病理学 (Toxicologic Pathology) である。毒性病理学は化学物質による有害作用 (生体反応) を形態病理学的に解析する学問で、従来の手法である光学顕微鏡に加え、1970 年代では電子顕微鏡による超微形態解析、80 年代は免疫組織化学的解析、90 年代には遺伝子解析技術がそれぞれ新たに加わり、時代の進展とともに次々と新しい技術・手法が導入され、毒性病理学の精度がより一層高められてきた。

その集大成が INHAND (International Harmonization of Nomenclature and Diagnostic Criteria) 事業で、先進諸国の毒性病理学会 Society of Toxicologic Pathology (米国 STP, 英国 BSTP, 欧州 ESTP, 日本 JSTP) の各学会が相互に協力し合って、2006 年から 2024 年まで延 18 年間かけて種々の動物種 (ラット、マウス、ウサギ、イヌ、サル、ブタ、魚類等) を用いた各種毒性試験における形態病理学の用語・診断基準の国際的スタンダードの作成を完了した。その内容についてはドイツの Fraunhofer 研究所にある INHAND 関連の goRENI website にアクセスすることにより閲覧可能である。一方、この流れとは別に近年の重要な時代的背景の一つとして動物愛護・倫理が年々強まる傾向にあり、実験動物を用いる *in vivo* 試験の削減が叫ばれ、可能な限り *in vitro*/*in silico* など代替法に置換すべく方向性が示されている。米国 EPA/FDA もその流れに沿った方針を示しており、個人的には動物を用いた *in vivo* 試験が不要になるとは思わない

が、この動物試験削減の流れは国際的トレンドであり、我々のように化学物質の安全性試験に携わるスタッフとして無視できない流れである。特に最近では分野を問わず Artificial Intelligence (AI) の導入が活発化しており、毒性学や病理学においても同様で、新しいアプローチ・方法論 New Approach Methodologies (NAMs) が台頭し、関連学会等の場においても Translational Toxicology (基礎的研究成果の臨床応用) /Computational Toxicology (AI を用いた毒性評価法の開発) なる用語が飛び交っている。関連研究機関では、この時代の流れに応じた組織改革や体質改善が必要となるが、米国国立環境衛生研究所 National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) や国家毒性プログラム National Toxicology Program (NTP) において既に始まっており、我が国の毒性学分野に関わる研究機関においても達成すべき重要な課題のひとつである。

この新しい時代の要望に対応するために組織として必要かつ必須なことは、①分野の垣根を越えられる人材 (Boundary Crosser)、②特定分野で高い専門性を有す人材 (Domain Expert)、③チームプレイを理解し実践できる人材 (Team Player)、④革新的なプロセスを創造できる人材 (Process Innovator)、⑤コミュニケーション能力の高い人材 (Skilled Communicator)、⑥俯瞰的な評価ができる人材 (Systems Thinker)、⑦厳格な姿勢で研究に取り組める人材 (Rigorous Researcher) を育成することが重要であると示唆されている。これらの人材一人一人がすべてをカバーする必要はないが、それぞれの特性を有す個人が存在する多様性に満ちた職員構成とその組織内の調和と相互理解が成功の秘訣とされている。この点を理解して人材育成に努めることは、国際社会が目指す持続可能な開発目標 Sustainable Development Goals (SDGs) とも繋がる。本稿では毒性学の創成期から現代に至る歴史的推移を背景に今後の動向について私見を述べさせて頂いたが、何かの参考になれば幸いである。

微生物除草剤の歴史と今後の展望

東京農工大学大学院連合農学研究科
泉 真隆・岡崎 伸

はじめに

化学農業は効率的な作物生産を行う現代農業において重要な役割を果たしている。しかしながら、化学農業の連続使用による抵抗性雑草の蔓延や、環境負荷の少ない環境調和型農業への転換の必要性といった観点から、化学農業に依存しない雑草防除手段の開発が求められている。そのような防除手段として微生物農業に注目が集まっているが、微生物殺虫剤・殺菌剤と比較して微生物除草剤の研究開発は進んでいない。本記事では微生物除草剤の歴史や課題をはじめ、近年の研究開発や当研究室の研究について紹介し、微生物除草剤について今後の展望を示すことを試みる。

1. 微生物除草剤の歴史

微生物除草剤とは、一時期に大量の植物病原菌を処理することで雑草防除を行う手法である。1960年代に米国で放牧地におけるアメリカガキ (*Diospyros virginiana*) の防除に用いられた *Acremonium diospyri* や、中国でダイズ栽培におけるネナシカズラ類 (*Cuscuta* sp.) の防除剤として開発された *Colletotrichum gloeosporioides* を有効成分とする Lubao No.1 が、最初期の微生物除草剤と考えられている (郷原 1998)。そして、1970年代の米国において研究開発が盛んにおこなわれ、1980年代初頭に DeVine® と Collego® の2剤が

上市された。DeVine® は1981年に米国で上市された柑橘類栽培における性雑草 *Morrenia odorata* の防除剤であり、*Phytophthora palmivora* を有効成分としている (Kenney 1986)。Collego® は1982年に米国で上市された稲作およびダイズ栽培の問題雑草アメリカクサネム (*Aeschynomene virginica*) の防除剤であり *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* を有効成分とする (Bowers 1986)。これら2剤の反響は大きく、世界的に微生物除草剤の研究開発を活発化させた。その後、1992年にカナダでマルバゼニアオイ (*Malva pusilla*) の防除剤として *C. gloeosporioides* f. sp. *malvae* を有効成分とする BioMal® が (Boyetchko et al. 2007)、世界的には出遅れた形となったが1997年に日本でもスズメノカタビラ (*Poa annua*) の防除剤として *Xanthomonas campestris* を有効成分とするキャンペリコ液剤™が上市された (今泉ら 1999)。1990年代には、世界中

で研究開発が盛んにおこなわれるようになり、将来的に微生物除草剤の製品が多く出回り市場が活発化することが期待されていた (郷原 1998)。

世界の微生物除草剤の農業登録数の年次推移を示した (図-1; Morin 2020)。累積登録数は2000年時点で6剤であったが、2019年には15剤まで増加している。しかしながら、実際には農業登録の失効や製造中止が相次ぎ、2019年時点で7剤しか登録が残されておらず、製品が入手可能であるのは2剤に過ぎない。微生物除草剤がこのような状況となった背景として、販売による利益が十分に見込めなかったためと考えられている。以上のように、微生物除草剤の研究開発は活発に行われてきたが、期待されていたような市場形成には至らなかった。

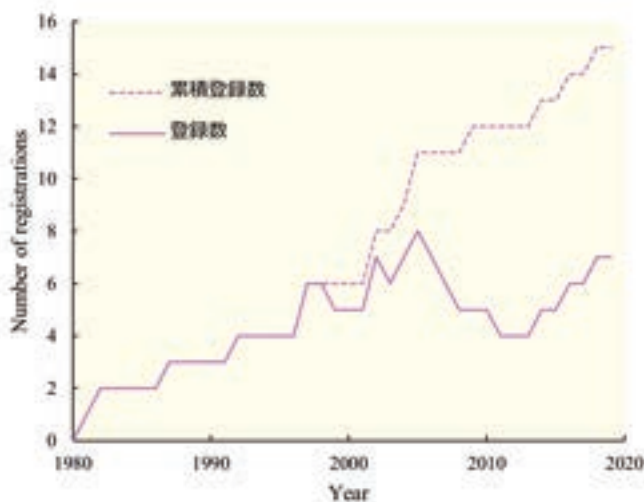


図-1 世界の微生物除草剤の農業登録数の年次推移 (Morin 2020 を基に作成)

2. 微生物除草剤の課題と現状の解決策

これまで述べたように、微生物除草剤の研究開発は盛んに行われたものの、期待されたような市場形成には至らなかった。その原因としては、雑草に対する殺草スペクトラムや除草効果、作用速度、製造性、製剤化、安全性、保存性や、それに伴う低い利益水準が挙げられている (Duke *et al.* 2022 ; Duke 2024)。本稿では紙面の都合上、殺草スペクトラムと除草効果について取り上げ、現状の解決策と併せて以下に述べる。

・殺草スペクトラム

微生物除草剤における課題として、殺草スペクトラムが狭いことが挙げられる (Duke 2024)。一般的に除草剤は多くの雑草種を防除可能な方が付加価値は高いと考えられるため、商業的にも重要な点である。しかしながら、殺草スペクトラムを広げることは、作物選択性や非標的生物への安全性の観点からはリスクが高まる。そのため、高い宿主特異性を維持したままスペクトラムを広げる試みや、広い殺草スペクトラムであっても環境中に流出しない仕組みを考えるというアプローチが採られている。

高い宿主特異性を維持したまま殺草スペクトラムを広げる試みとして、複数微生物の混用が研究されている。*Alternaria cassiae* と *Phomopsis amaranthicola*, *Fusarium udum*, *Colletotrichum dematium*

はそれぞれ高い宿主特異性を有する微生物であるが、4種を混用することで同時に3種の雑草を防除可能なことが示されている (Chandramohan and Charudattan 2003)。また、界面活性剤を加えることで、微生物除草剤の殺草スペクトラムが拡大するという報告もある (Boyette *et al.* 2019)。これらの手法は作物や非標的生物への安全性を維持しやすい手法であると考えられる。

一方で、許容可能なリスクを定めただけで使用条件を規制し、殺草スペクトラムの広い微生物を用いるという考え方もある。一定期間の後に、自然環境における微生物と同程度の存在量になるのであれば、許容可能であるという考えである (Bourdôt and Casonato 2024)。微生物除草剤の処理によって定着・拡散する微生物の量を数理的なモデルを用いて推定し、基準を設定する。このアプローチは殺草スペクトラムが広い微生物の利用可能性が広がるが、複数微生物の混用等と比較すると環境へのリスクが存在するように思われる。

・除草効果

微生物除草剤における最も重要な課題として、十分な除草効果が得られないことが挙げられる (Duke 2024)。除草効果の向上は投下薬量の削減に繋がるため、商業的にも重要である。上述の通り安全性の観点からは、微生物除草剤として利用する微生物は高い宿主特異性を有することが望ましいが、高い宿主特異性と強い除草効果を両立する微生物は環境中で生存するのが難

しく、その単離は期待しにくいと考えられている (Gressel 2024)。非標的生物への安全性と十分な除草効果を両立する微生物除草剤を創製するためには、環境中から有望な微生物を発見した後に、人為的な病原力強化を行うことが重要である。

病原力の強化は遺伝子組み換えによって取り組まれてきた。*Fusarium oxysporum* と *F. arthrosporioides* にインドール酢酸の生合成遺伝子を導入した結果、オーキシン系除草剤と同様に Egyptian broomrape (*Orobanchaeegyptiaca*) の成長を野生株より強く阻害したという報告がある (Cohen *et al.* 2002)。また、*Colletotrichum coccodes* に植物毒素をコードする *NEPI* を導入することで、イチビ (*Abutilon theophrasti*) に対する除草効果の向上が示されたという報告もある (Amsellem *et al.* 2002)。しかしながら、それら遺伝子の過剰発現により病原力が向上するかどうかは微生物に依存しており、未だ不明な点も多い (Meir 2009)。以上のように、遺伝子組み換えによる病原力の強化は除草効果の向上に大きく寄与する可能性があるが、技術としては未確立である。加えて遺伝子組み換え生物の野外放出は生態系攪乱への懸念があるため、実用化の障壁は高いように思われる。

また、突然変異による病原力の強化も過去に取り組まれてきた。突然変異による病原力の強化は、検出力やスループット性に優れる評価系や有用微生物を取得するための選択圧の設定が

重要であるが、遺伝子組み換え生物の使用と比較して実用化しやすいと思われる。*Beauveria bassiana* への紫外線照射により高い殺虫効果を有する突然変異株を取得した事例があり (Sun *et al.* 2023), 除草効果の向上にも有効であることが期待される。実際に、近年、*Fusarium oxysporum* の突然変異株の選抜によって病原力の強化に成功し、高い除草効果を実現した末に製品化にまで至った Kichawi Kill™ という事例が存在する (Baker *et al.* 2024)。

以上のように、微生物除草剤の殺草スペクトラムや除草効果といった性能の向上に向けた基礎的な知見は蓄積しつつあるが、その多くは未だ発展途上であり実用化に繋がるほどの力強いアプローチとは考えにくい。微生物のポテンシャルを最大限引き出すためにも、マイクロバイオーム解析や SynCom といった微生物コミュニティを扱う技術を取り入れ、技術的なブレイクスルーをもたらす必要があると考えられる (Fulcher *et al.* 2024; Hadayat *et al.* 2024)。一方で、除草効果の向上によって製品化まで至った Kichawi Kill™ は微生物除草剤の新たな成功例として非常に重要であるため、その詳細について次章で述べる。

3. Kichawi Kill™ の製品化

上述の通り、突然変異株の選抜で高い除草効果を実現し、2021 年に製品化されたのが Kichawi Kill™ である。本製品は微生物除草剤の新たな成功例

として重要であると考えられるため、その特徴や病原力向上の方法について説明する。

・ Kichawi Kill™ の特徴

Kichawi Kill™ は *Fusarium oxysporum* f. sp. *strigae* Foxy T14 株を有効成分とする微生物除草剤であり、寄生雑草ストライガ (*Striga hermonthica*) の防除剤としてケニアの Toothpick Company 社から販売されている (Baker *et al.* 2024)。作物を播種する際に、種子と同時に Kichawi Kill™ を植え込むことで処理を行う。微生物によるチロシン・ロイシンの分泌でストライガの成長を抑制し、加えてストライガの発芽誘導能を持つエチレンへ変換されるメチオニンを土壤中で分泌することで埋土種子の削減も行う。ストライガはアフリカのサブサハラ地域における主要穀物のトウモロコシやソルガムの栽培で著しい収量減少をもたらす雑草であり、有効な防除手段の開発が強く求められていたことから本剤の製品化の社会的意義は非常に大きい。

・ 病原力の向上

上述の通り、環境中から単離される微生物は除草効果が不十分な場合が多く、除草効果の向上に向けた病原力強化を行う必要がある。Kichawi Kill™ の研究開発では、ケニア西部における萎れたストライガから単離された *F. oxysporum* を出発点とし、病原性の強化が行われた。

Kichawi Kill™ の研究開発は、病原性物質として必須アミノ酸を用いることにより、合理的な病原力の強化を実

現した点が特徴的である (Sands and Pilgeram 2009)。植物のアミノ酸合成経路は生成物のアミノ酸によるフィードバック制御機構を有し、アミノ酸は植物に対して種特異的な成長抑制を示す。トウモロコシには影響がないが、ストライガの成長抑制に繋がるアミノ酸としてチロシンやロイシンが (Nzioki *et al.* 2016), 土壤微生物の働きでストライガの発芽を促進するエチレンに変換される前駆体としてメチオニンが明らかにされていた (Primrose 1976; Logan and Stewart 1991)。よって、ストライガの成長抑制物質としてチロシンとロイシン、埋土種子削減の物質としてメチオニンを菌体外に分泌する微生物の選抜が行われた。微生物の選抜方法として、チロシンとロイシン、メチオニンのアナログを高濃度で処理し、そこで生存するコロニーが「アミノ酸を菌体外へ分泌する耐性変異株の候補」として選抜された。結果として、ストライガ選択的に毒性を示すロイシンやチロシン、埋土種子削減に寄与するメチオニンを多く分泌する病原力強化株が創出された。実際に、選抜された T14 株を用いて約 500 件の圃場試験が実施され、ストライガ発生量の約 80 ~ 90% 減少、作物収量の約 50% 増加が確認された。

Kichawi Kill™ の研究開発は、必須アミノ酸を病原性物質として用いたことにより合理的な突然変異株取得が可能になった点に加えて、アミノ酸の分泌による成長抑制という除草作用機構に着目して病原力の向上を行っている



図-2 *Methylobacterium indicum* によるイネ (*Oryza sativa*) の白化作用



図-3 *Methylobacterium indicum* による圃場環境でのイネの白化作用

点が特徴である。このことは、微生物による除草作用機構が明らかになることで、病原力向上に繋がる可能性を示唆している。

4. 新規微生物除草剤の開発へ向けた当研究室における取り組み

これまで述べてきたように、環境中から有用微生物を単離し、その除草作用機構を明らかにすることは、病原力向上に向けた基盤整備や製品化に繋がることが期待される。しかしながら、Kichawi Kill™ は化学除草剤での防除が浸透していないストライガ剤としての製品化である。究極的に目指すべき化学除草剤に依存しない雑草防除体系の実現には、ユーザーが化学除草剤に求める性能を微生物によって実現し、化学除草剤を代替していくことが重要であると筆者らは考える。当研究室では、化学除草剤としても需要の大きい「高葉齢のイネ科雑草を速効的に防除可能な茎葉散布剤」としてのポテンシャルを有する *Methylobacterium indicum* VL1 株(以下、VL1 株)の単離・同定に成功してきた(図-2; Lai *et al.*

2020)。微生物除草剤としての実用性向上を目標として、VL1 株の除草作用機構の解析に取り組んでいるため、その研究内容について紹介する。

Methylobacterium 属細菌は α - プロテオバクテリアに属するグラム陰性細菌であり、メタノール等の C1 化合物も炭素源として利用可能な通性メチロトロフである(由里本・阪井 2015)。また、カロテノイド色素を生産するため、様々なストレスに耐性があることが知られている(Mo *et al.* 2023)。そして、植物体表面に存在するメタノールの利用能力や、ストレス耐性から、葉面等に定着していると考えられている。また、植物成長促進の観点からであるが、*Methylobacterium* 属細菌の茎葉散布処理は圃場でも有効性が確認されており(Yurimoto *et al.* 2020)、茎葉散布型の農業資材としての適用が期待されている。

VL1 株はベトナムのイネより単離された、同属で初めて報告された植物病原菌である(Lai *et al.* 2020)。VL1 株はカロテノイド生合成阻害型の化学除草剤と類似した白化作用を有し、従来の遅効的な微生物除草剤とは異なり

処理数日後から植物を白化させる(Lai *et al.* 2021)。加えて、圃場環境でもイネの分けつ個体に対する白化が確認されており(図-2, 3)、圃場で高葉齢のイネ科植物を防除できる高い除草効果が期待される。また、白化物質を含む上清は、著しい抵抗性発達から新剤開発が望まれる難防除雑草ネズミムギ(*Lolium multiflorum*)等のイネ科雑草にも有効である(unpublished)。すなわち、VL1 株は化学除草剤としても需要の大きい「高葉齢のイネ科雑草を速効的に防除可能な茎葉散布剤」として、化学除草剤の代替に向けた応用が期待される。そして、VL1 株の白化作用機構を明らかにすることは微生物除草剤開発の第一歩として重要であると考えられる。

以上の背景から、VL1 株の白化作用機構を明らかにするために、病原性遺伝子と白化物質、標的因子の同定を試みている(泉ら 2024)。VL1 株と同種の非病原性株である SE2.11^T 株の全ゲノムが解読されているため(Chaudry 2016; Lai *et al.* 2021)、株間の比較解析を基本的な方針として研究を進めている。antiSMASH な

どの *in silico* 解析を用いた二次代謝産物生合成遺伝子クラスターの推定や (Blin *et al.* 2023), 代謝物を網羅的に解析するノンターゲットメタボローム解析を活用しながら (Sakurai *et al.* 2023), 白化作用機構の解析を進めている。今後、病原性遺伝子や白化物質、標的因子、VL1 株の感染機構などを解明することで、より効果的な微生物除草剤への改良にもつながることが期待できる。

おわりに

微生物除草剤は、化学除草剤の代替手段として有望であるにもかかわらず、未だ発展途上の研究分野となっている。しかしながら、Kichawi Kill™ の製品化などから、除草作用機構などの科学的知見に基づいた病原力強化により、微生物除草剤の実用化に繋がる可能性が見えてきた。今後は、化学除草剤の代替に繋がる高性能な微生物除草剤の開発を見据えつつ、最先端の技術を駆使して除草作用機構等の知見を蓄積することで、環境負荷が小さいのみならず、高い除草効果でユーザーからも支持される優れた微生物除草剤が誕生することを期待する。

謝辞

本研究の一部は科研費特別研究員奨励費「微生物除草剤の研究基盤構築を目指した植物病原菌の発病機構解明」(24KJ1012), 科研費基盤研究 (B)「ベトナムで発生するイネ白化病の発生状

況調査と病原体の解析」(17H04618) の支援を受けたものである。

引用文献

- Amsellem, Z. *et al.* 2002. Engineering hypervirulence in a mycoherbicidal fungus for efficient weed control. *Nat. Biotechnol.* 20, 1035-1039.
- Baker, C.S. *et al.* 2024. The Toothpick Project: commercialization of a virulence-selected fungal bioherbicide for *Striga hermonthica* (witchweed) biocontrol in Kenya. *Pest Manag. Sci.* 80, 65-71.
- Blin, K. *et al.* 2023. antiSMASH 7.0: new and improved predictions for detection, regulation, chemical structures and visualization. *Nucleic Acids Res.* 51, W46-W50.
- Bourdôt, G.W. and Casonato, S.G. 2024. Broad host-range pathogens as bioherbicides: managing nontarget plant disease risk. *Pest Manag. Sci.* 80, 28-34.
- Bowers, R.C. 1986. Commercialization of Collego™—an industrialist's view. *Weed Sci.* 34, 24-25.
- Boyetchko, S.M. *et al.* 2007. Development of the mycoherbicide, BioMal. In *Biological Control: A Global Perspective*, ed. Vincent, C. *et al.* pp. 274-83. Wallingford, UK: CABI
- Boyette, C.D. *et al.* 2019. Extending the host range of the bioherbicidal fungus *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*. *Biocontrol Sci. Technol.* 29, 720-726.
- Chandramohan, S. and Charudattan, R. 2003. A multiple-pathogen system for bioherbicidal control of several weeds. *Biocontrol Sci. Technol.* 13, 199-205.
- Chaudry, V. *et al.* 2016. *Methylobacterium indicum* sp. nov., a facultative methylotrophic bacterium isolated from rice seed. *Syst. Appl. Microbiol.* 39, 25-32.
- Cohen, B.A. *et al.* 2002. Transgenically

enhanced expression of indole-3-acetic acid confers hypervirulence to plant pathogens. *Biochem. Cell Biol.* 92, 590-596.

Duke, S.O. 2024. Why are there no widely successful microbial bioherbicides for weed management in crops? *Pest Manag. Sci.* 80, 56-64.

Duke, S.O. *et al.* 2022. The potential future roles of natural compounds and microbial bioherbicides in weed management in crops. *Adv. Weed Sci.* 40, 1, e020210054.

Fulcher, M.R. *et al.* 2024. Importance of pathobiomes to the success of microbial weed biocontrol agents. *Biol. Control.* 192, 105498.

郷原雅敏 1998. 生物除草剤の現状と展望. *植物防疫* 52, 10, 429-431.

Gressel, J. 2024. Four pillars are required to support a successful biocontrol fungus. *Pest Manag. Sci.* 80, 35-39.

Hadayat, A. *et al.* 2024. Integrated application of synthetic community reduces consumption of herbicide in field *Phalaris minor* control. *Soil Ecol. Lett.* 6, 230207.

泉真隆ら. 2024. 微生物除草剤の研究開発基盤構築に向けた *Methylobacterium* 属細菌による植物白化作用の分子機構解析. 日本雑草学会第 63 回大会講演要旨, 90.

今泉誠子ら 1999. 植物病原細菌によるスズメノカタビラの生物防除に関する研究. *雑草研究* 44, 361-369.

Kenney, D.S. 1986. DeVine®—The Way It Was Developed—An Industrialist's View. *Weed Sci.* 34, 15-16.

Lai, K. *et al.* 2020. Diversity of *Methylobacterium* spp. in the rice of the Vietnamese Mekong Delta. *Microbes Environ.* 35, 1.

Lai, K. *et al.* 2021. Leaf bleaching in rice: a new disease in Vietnam caused by *Methylobacterium indicum*, its genomic characterization and the development of a suitable detection technique. *Microbes Environ.* 36, 4.

- Logan, D.C. and Stewart, G.R. 1991. Role of ethylene in the germination of the hemiparasite *Striga hermonthica*. *Plant Physiol.* 97, 1435–1438.
- Meir, S. *et al.* 2009. Transforming a *NEPI* toxin gene into two *Fusarium* spp. to enhance mycoherbicide activity on *Orobanch*e – failure and success. *Pest Manag Sci.* 65, 588-595.
- Mo, X.H. *et al.* 2023. Characterization of C30 carotenoid and identification of its biosynthetic gene cluster in *Methylobacterium extorquens* AM1. *Synth. Syst. Biotechnol.* 527-535.
- Morin, L. 2020. Progress in biological control of weeds with plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 58, 201–23.
- Nzioki, H.S. 2016. *Striga* biocontrol on a toothpick: a readily deployable and inexpensive method for smallholder farmers. *Front. Plant Sci.* 7, 1121.
- Primrose, S.B. 1976. Ethylene-forming bacteria from soil and water. *J. Gen. Microbiol.* 97, 343–346.
- Sakurai, N. *et al.* 2023. The Thing Metabolome Repository family (XMRs): comparable untargeted metabolome databases for analyzing sample-specific unknown metabolites. *Nucleic Acids Res.* 51, D660-D677.
- Sands, D.C. and Pilgeram, A. L. 2009. Methods for selecting hypervirulent biocontrol agents of weeds: why and how. *Pest Manag. Sci.* 65, 581-587.
- Sun, Y.X. *et al.* 2023. UV-induced mutagenesis of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) yields two hypervirulent isolates with different transcriptomic profiles. *Pest Manag Sci.* 79, 2762-2779.
- Yurimoto, H. *et al.* 2020. Methanol bioeconomy: promotion of rice crop yield in paddy fields with microbial cells prepared from natural gas-derived C1 compound. *Microb. Biotechnol.* 14, 1385-1396.
- 由里本博也・阪井康能．2015. C1 微生物 - 植物共生系による C1 炭素固定と植物生長促進．*光合成研究*，25, 92-99.

農業用ドローンによる安全かつ的確な散布飛行のために

一般社団法人 農林水産航空協会
事務局長

島田 和彦

1. 農業用ドローンの活用拡大の動き

近年、ドローンをはじめとする小型無人航空機の開発が進み、映像撮影、測量、建築、流通、農林水産業等様々な産業での利用が進んでいる。このうち農業用ドローン（図-1）は平成20年代後半から利用が開始され、現在では、生育管理のためのセンシング、農薬散布、資材・収穫物の運搬等での活用が進んでいる。

特に令和元年以降、農林水産省の支援策の充実により農業用ドローンの導入・普及が進んでいる。普及台数等の統計は整備されていないが、マルチローターメーカー等からの情報に基づく推計では、導入機体数2万機程度、散布面積80万ヘクタール程度に達したと推定される。また、令和6年6月、スマート農業法（「農業の生産性の向上のためのスマート農業技術の活用の促進に関する法律案」）が成立し、年内に施行される見通しであり、ドローン等を活用するスマート農業生産者や無人航空機を活用して請負防除を行うサービス事業体の育成が加速され、ドローンの活用場面も更に拡大するものと考えられる。

無人航空機用の農薬の登録数についても、平成30年度における農林水産省による農薬の登録申請にかかる試験成績の内容の見直し等により、無人航空機の登録農薬の数が増えており、平成29年度末に300程度であった登録数は、令和5年度末の農薬登録数は、

約700（地上散布の施用法により無人航空機による散布が可能なものを加えると1200程度）に達し、今後も増加すると推測される（図-2）。

また、対象作物については、これまで稲等土地利用型作物に適用が偏っていたが、最新のデータでは、条植えの野菜や果樹にも拡大しており、野菜に適用のある農薬は全体の1/3に達している（図-3）。

2. 農業用無人航空機による事故の動向

（1）令和5年度の事故の概要

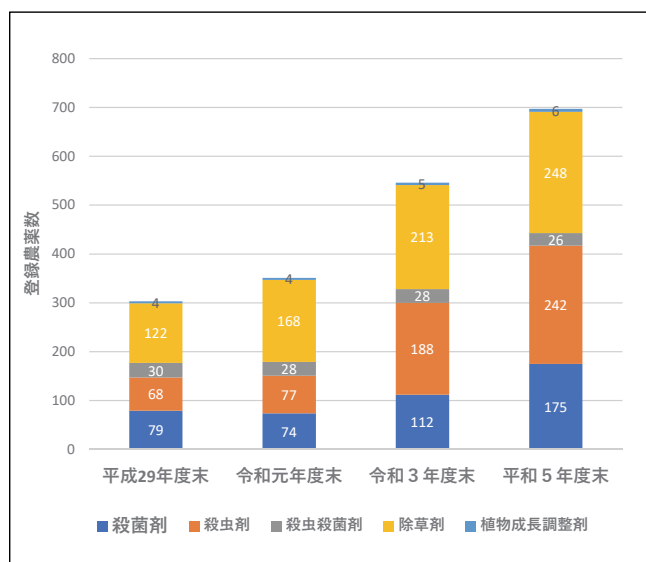
無人航空機の農業利用における事故は、機体の衝突、墜落等の機体事故と農薬の誤散布、飛散等の農薬事故に大別され、前者は国土交通省、後者は農林水産省からそれぞれ事故内容と対応



目視外飛行対応のヤマハ発動機の機体

低燃費で衝突防止機能を有するマゼックスの機体

図-1 農業用ドローン



出典：当協会「農業インデックス」

図-2 無人航空機用農薬の登録数の推移（種類別）

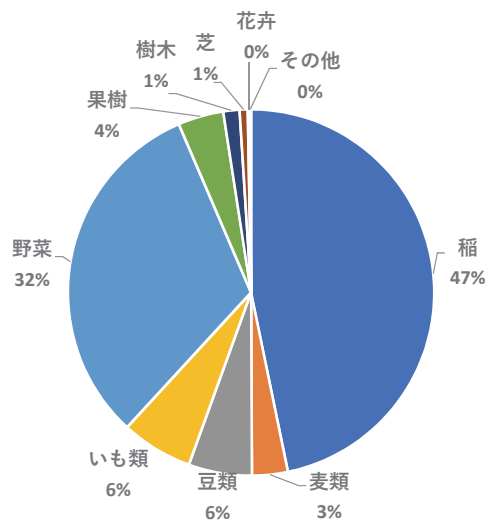


図-3 作物別の無人航空機用登録農業数（令和5年度末現在）

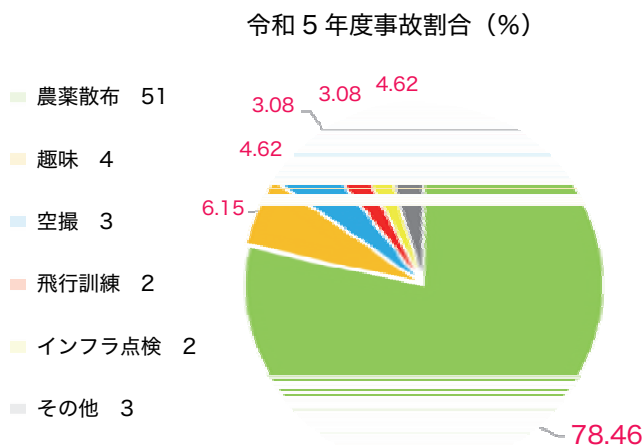


図-4 飛行目的別事故割合（国土交通省資料）

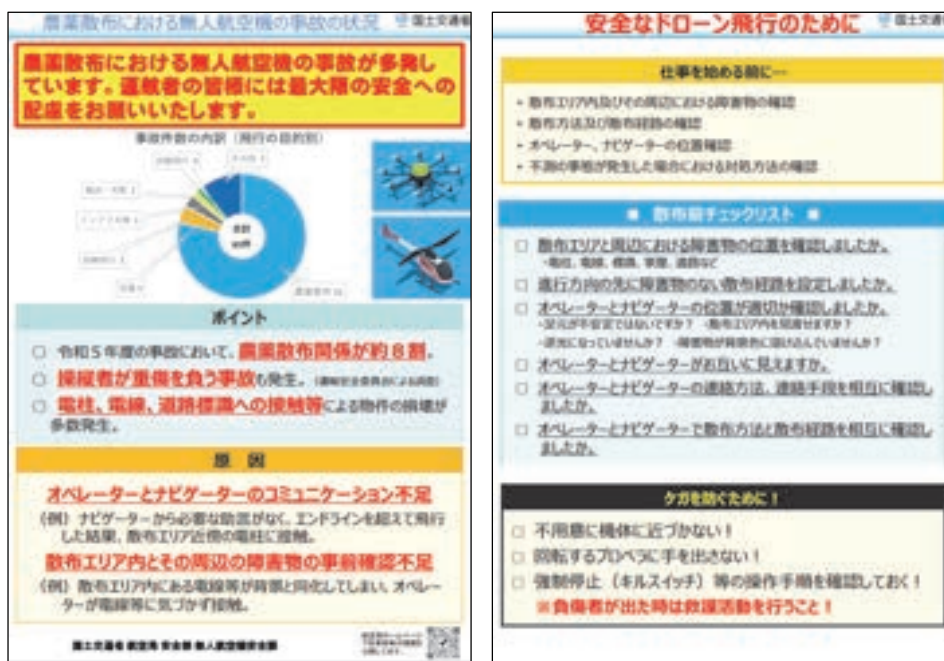


図-5 国土交通省の空中散布の安全啓発ポスター

策の公表がなされている。令和5年度に国土交通省から報告された無人航空機の事故（重大インシデントを含む）件数は85件であり、このうち空中散布作業時の事故とみられる事案は55件ある。また、事故件数だけでみると、78%（農業散布中の事故51件/全体65件）が農業散布中の事故であり、空中散布における事故のリスクは高いといえる（図-4）。

現在、同省は空中散布の安全の啓発

を目的としたポスターを掲示するなど安全の呼びかけを行っており（図-5）、空中散布関係者は同省の指導の下、事故防止の徹底に努めていくことが必要である。

事故防止のためには、事故の内容、発生原因を分析して、事故回避行動を励行することが大切である。

（2）事故の原因及び回避措置

国土交通省の事故分析によれば、事

故の原因は、①事前確認の不足による障害物等の見落とし、②操縦者と補助者の連携不足、③操縦者の操作ミス、目測誤り、④不適切な飛行方法、⑤その他の5つに大別されている。

下表に国土交通省の事故分析を要約して掲載しているのをご覧いただきたい。事故原因として最も多いのは、事前確認の不足による障害物等の見落としである（表-1、表-2①）。障害物等の見落とし、特に、散布対象圃場周辺の電線等

表-1 無人航空機による空中散布事故の動向

		令和5年度	令和3年度	令和2年度
①人身事故	死亡事故	0	0	0
	人身事故	6	0	1
②物損事故	架線に接触	32	31	10
	建物等に接触	15	7	10
	その他の接触	5	5	0
③農業事故	ドリフト等	4	5	2
合 計		59	48	23

※ 数字は国土交通省、農林水産省に報告のあった事故件数。令和4年度は報告なし。

※ 令和5年度の数値は国土交通省、農林水産省の資料を基に筆者が集計。

表-2 無人航空機による空中散布の主な事故原因

主な事故原因	令和5年度	令和3年度	令和2年度
①事前確認不足による障害物等の見落とし	19	7	3
②操縦者と補助者の連携不足	13	4	6
③操縦者の操作ミス、目測の誤り	12	8	8
④不適切な飛行方法	6	7	0
⑤その他	5	22	6
合 計	55	48	23

※ 数字は国土交通省、農林水産省に報告のあった事故件数（農業を事故除く）。

※ 令和5年度の数値は国土交通省、農林水産省の資料を基に筆者が集計。

表-3 事故原因 / オペレーターとナビゲーターの連携不足

	事例1	事例2
①事故の概要	・操縦者が誤って機体を上昇させてしまい、機体が隣接する建屋上の看板に接触し、看板の一部が破損した。	・機体が折り返すべき地点を通り過ぎて圃場付近にあった電線に接触し、一部損壊した。
②事故原因	・補助者が所定の場所に到着する前に飛行を開始したことから折り返しの合図が必要なタイミングで発せられなかった。	・補助者から必要な合図が出されなかった。
③事故回避措置	・飛行前には必ず補助者と連携をとってから実施する。	・農業散布する前に周辺のリスク箇所を操縦者と補助者全員で確認をする。

表-4 事故原因 / 事前確認不足による障害物等の見落とし

	事例1	事例2
①事故の概要	・道路標識に機体を接触させ、当該道路標識の一部に接触による損壊が生じた。	・操縦者の近傍に設置されていた電柱の支線に衝突し、その反動で操縦者の顔に接触し負傷した。
②事故原因	・圃場周辺にある電柱を避けようとして操作した際、電柱と重なった道路標識を視認できなかった。	・農業散布のため無人航空機を飛行させていたところ、自動飛行に伴う飛行ルートの設定に誤りがあったことにより、機体が電柱の支線に接触した。
③事故回避措置	・操縦者と補助者で散布飛行する前に現場確認を行い、障害物、飛行方法を共有してから実施する。	・飛行ルートが障害物に干渉していないか、飛行させる前に確認をする。

の見落としが頻繁に起きている。

このケースでの事故回避措置としては、作業を行う者（操縦者及び補助者）が対象圃場の踏査をしっかり行い、周辺の障害物をあらかじめしっかり確認することが必要である。

また、近年、ドローン等には自動操縦機能が搭載されており、自動航行でのドローンの活用事例も増えている。昨年度の事故では、障害物と干渉する飛行ルートが設定されていたことによる事故が報告されており、自動操縦機能を活用した空中散布では、対象圃場の踏査をもとに操縦者が障害物を回避した飛行ルートを入力し、補助者等がこれを確認する手順を踏むことが必要である。

事故原因として次に多いものは、操縦者と補助者の連携不足による事故（表-2 ②）である。自動操縦機能を有するドローン機体が増えているものの、高度、地形条件等が多様な農村地帯で、風等の気象条件に影響を受けやすい農業散布作業を行うにあたっては、機体の性能任せにすることはできず、操縦者と補助者が綿密な連絡を取り合い、連携した作業を行うことが事故回避につながる。国土交通省から報告のあった事故事例では、補助者（ナビゲータ）が所定の位置に到着する前に、操縦者（オペレータ）が独自の判断で散布飛行を開始した事故が報告されているが（表-3）、このような対応は言語道断と言わざるを得ない。このケースにおける事故回避措置は基本的に立ち戻って、操縦者と補助者がお互いを信頼し、連携を密に作業を行うこと

表-5 事故原因 / 操縦者の操作ミス、目測の誤り

	事例 1	事例 2
①事故の概要	・ドローンが電話線に接触し切断させるとともに、補助者が機体に接近したことでプロペラが左腕に接触して負傷した。	・ドローンが圃場近くの家屋の雨樋に接触し、当該雨樋が破損した。
②事故原因	・操作を誤り意図せず自動帰還モードに入り、帰還中に電話線及び補助者に接触した。	・GPS機能が不安定の表示と機体在意図しない方向へ移動したため、手動操縦に切り替えたところ、操作を誤り家屋に接触した。
③事故回避措置	・操縦者、補助者ともに動いているドローンには決して近づかないことを徹底する。	・離陸前にGPS受信を確認するとともに、GPS機能の動作不良が起こった場合の手動操作の確認を行う。

表-6 事故原因 / 不適切な飛行方法

	事例 1	事例 2
①事故の概要	・無人ヘリコプターが電線に接触し、電線 1 本の一部が損傷し、停電が発生。	・太陽光パネル施設を囲うパネルフェンスに接触し、フェンス 2 枚が破損。
②事故原因	・飛行中、電線の上を越えようとした際に機体のテールローターを電線に接触させた。	・機体を不安定な圃場あぜ道に着陸させた際、プロペラが停止する前に機体が強風にあおられ、太陽光パネルに接触した。
③事故回避措置	・基本的に障害物に向かって飛行させない。 効率優先ではなく安全第一で飛行する。	・事前に天候の状況を鑑みて依頼者と相談し、当日の散布時間及び日程を変更することも検討する。

表-7 事故原因 / その他

	事例 1	事例 2
①事故の概要	・不時着した機体へ操縦者が接近したところ、プロペラが操縦者の右肘に接触した。	・ドローンが駐車されていた車両に接触し、リアバンパーの一部が破損した。
②事故原因	・機体在意図せず降下・不時着し、不時着した機体へ操縦者が接近したところ、回転中であったプロペラが操縦者の右肘に接触した。	・ 機体が磁気干渉を受け意図しない挙動をしたことが原因。
③事故回避措置	・劣化したバッテリーの使用が原因であり、極度の低温環境での保管を避ける。また、回転している機体を停止させる必要がある際は毛布を被せる等して停止させる。	・日常点検に加えて、磁気センサー、GNSSアンテナ類の接点部分をしっかり確認、清掃を行い、安定した感度を保てるようにする。

である。

また、操縦者の操作ミス、目測の誤り（表-2 ③）についても依然として多い（表-4）。操作ミスが事故につながったと言え、当たり前との印象になるが、事故事例を掘り下げてみると、操作モードの切り替えの際に事故が多発していることがわかる。離着陸時やより精度の高い作業を行う必要がある場合に自動操縦から手動操作への

モード変更が行われることとなるが、細心の注意が必要になる。また、自動操縦モードは GPS 等の衛星や地域の基地局（RTK）からの位置情報を受信して飛行するモードであるが、電波の受信障害が生じた場合には、自動操縦から手動操作に切り替えるケースがあり、その際に、機体のバランスを失い、制御不能に陥り衝突や墜落事故につながっているケースが報告されて

いる（表-5）。さらに、機体や操縦者の不測の事態に備え、自動帰還モード（操縦者の位置に自動的に戻ってくる機能）をもつ機体も多くなっているが、飛行中に間違っこのモードを作動させた結果、帰還ルート上の架線に接触させた事故事例も報告されている。

事故回避措置としては、操縦モードの切り替えの際、機体の挙動を慎重に確認することや障害発生時の安全機能やその操作方法をあらかじめ熟知しておくことが重要である。

また、近年増えているのが不適切な飛行方法（表-2 ④）である。作業の効率性や容易性を重視するあまり、無理な散布作業計画を立て、また、安全対策マニュアル等で禁止している作業を行った結果、事故につながった事例が報告されている。例えば、隣接圃場での作業を行うため圃場間に電線があるにもかかわらずこれを乗り越えようとして電線に接触した事故や着陸した機体が風に飛ばされるほどの強風下で作業を継続し事故を起こした事例が報告されている（表-6）。不適切な飛行方法とは不適切な散布計画を意味しており、事故回避措置としては、マニュアルに従ったコンプライアンス行動の徹底と安全を優先させるプロ意識の醸成が必要と考えられる。

このほか、今回の事故報告で指摘されている点に機体の不具合がある。報告事例では、バッテリーの保存方法に問題があり機体に不具合が生じたケース、センサーや衛星の位置情報電波の受信アンテナが汚れていて、正常な飛

表-8 無人航空機による農薬事故
(農林水産省「令和5年度農薬の使用に伴う事故及び被害発生状況」の抜粋)

No.	年月日	散布作物	無人ヘリコプター・無人マルチローターの別	事故概要	主な被害状況	主な事故原因	事故原因				
							①	②	③	④	⑤
1	R5.6.6	大豆	無人マルチローター	農薬事故	ドリフトによる飛散	その他 (強風時の散布中止の不徹底)					○
2	R5.7.22	水稻	無人ヘリコプター	農薬事故	ドリフトによる飛散	その他 (事前周知不足)					○
3	R5.8.5	水稻	無人ヘリコプター	架線接触 農薬事故	・架線接触 ・機体損傷 ・薬剤の流出による周辺作物への被害(墜落ほ場の水稻をすき込み)	事前確認不足		○	○		
4	R5.8.12	水稻	無人マルチローター	農薬事故	散布ほ場の誤り	事前確認不足	○				

※黄色は主な事故原因。①～⑤は表-2の事故要因の記載と同じ。

行が妨げられたケースである(表-7)。

ドローンは精密機器であり、事故事例は不適切な保管や整備不良が事故につながることの証左である。事故に至らずとも機体の不具合が起きた事例も数多くあると推測される。定期的な整備、飛行前の点検が重要であることをもう一度強調させていただきたい。

以上、個々の事故事例を分析させていただいたが、対策をまとめると以下のとおりであり、散布業者、補助者は自身の作業を再点検いただきたい。

- ① 障害物等の見落としによる事故を回避するため、散布作業を行う圃場の踏査をしっかりと行い、周辺の障害物をあらかじめしっかり確認すること。
- ② 農薬散布は、操縦者と補助者が連携して実施する作業であるとの基本認識に立ち戻って、操縦者と補助者が連携を密に作業を行うこと。
- ③ 障害発生時の操作ミスを回避するため、機体の有する安全機能をあらかじめ確認することや操縦モードの切替えの際には、機体の

挙動に細心の注意を払うこと。

- ④ 作業の安全性を最優先として、無理な散布作業計画を立てないこと。また、マニュアル等で禁止している作業は行わないこと。
- ⑤ 機体の定期的な整備、作業前の点検を励行し、機体の不具合による事故を事前に回避すること。

(3) 農薬事故の概要、原因及び回避措置

農林水産省は、農薬の使用に伴う事故等を毎年公表している。無人航空機

による空中散布にかかる農薬事故の被害状況、事故原因、防止策を抜粋すると表-8のとおりとなる。

農薬事故は、飛行事故や間違った圃場への散布といったものを除けば、散布圃場に隣接するほ場への農薬の飛散(ドリフト)が原因となっている。

その防止策としては、飛散の少ない農薬剤型の選択、強風時の散布中止等が示されている。具体的な対策は当協会発行の「産業用マルチローター安全対策マニュアル」にまとめられているので、「3.」でご紹介する。

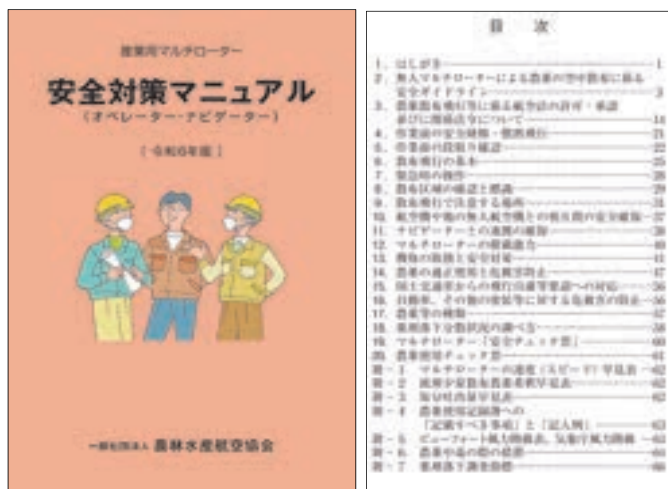


図-6 安全対策マニュアル

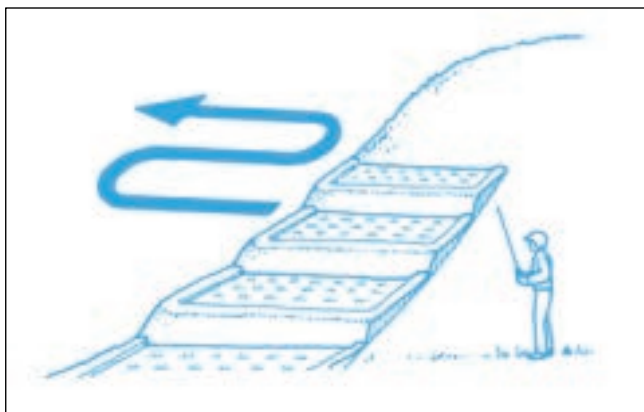


図-7 傾斜地での等高線に平行する飛行ルール

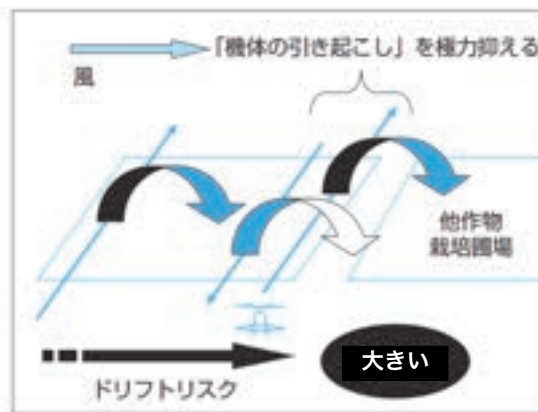


図-8 圃場境界付近での機体の引き起こしの禁止

3. 産業用マルチローター安全対策マニュアルに基づく防止対策

農林水産航空協会では、農業用ドローンを用い農作物の病虫害防除等が安全かつ的確に行われるよう、「産業用マルチローター安全対策マニュアル」(図-6)を作成し、無償で配布するとともに、当協会のホームページで公開中である。

https://www.j3a.or.jp/business/multirotor/4manual/manual_r05.pdf

本マニュアルは、機体の操縦者(オペレーター)と補助者(ナビゲーター)兼用のマニュアルで、機体及び散布装置の安全操作と空中散布による病虫害の効果的防除、農薬の適正使用を目的としたマニュアルで、常に新たな情報を盛り込む形で毎年度発行している。マニュアルは作業現場に携行できるB5版サイズで、散布現場での疑問が生じた場合に確認いただくことを目的としている。

前項の事故概要とその回避措置の項でも事故回避措置として安全行動をご説明したが、それ以外でも重要なものがあるので、以下にポイントとなるものを例示したい。

① 人・物件に向けての飛行はしないこと

農業用ドローンの性能が向上し、障害物の回避機能が付いたものも販売されているが、一方で、機体の不具合による事故の発生も報告されている。そのような機体の不具合が生じた場合や操作を誤った場合でも、人・物件に向けた飛行をしていなければ、衝突リスクが低下し、事故を回避できる。最近、軽トラックの荷台にドローンを着陸させる技術や装備を紹介する広告やYouTube動画がみられるが、これは航空法の違反の可能性が高く、同時に自動操縦等の機能を過信するものであり、厳にやめていただきたい。

② 傾斜地では等高線に平行に機体を飛行させること

傾斜地や起伏のある地域の農地・園地においては、等高線に沿った飛行を原則として作業していただくことを指導している(図-7)。ドローンの機能向上により、対地高度を計測し一定高度で飛行できる機体も出てきているが、散布作業は作物上空2~3メートルの高さで行われ、作物の草丈も一様ではないことから、機体の対地高度の計測機能を過信することなく、操縦者と補助者が傾斜や起伏を確認して実施することが重要である。同時に、墜落事故につな

がる機体の急激な上昇や下降を行わないことが大切であり、そのような操作が少なく済む等高線に沿った飛行を指導させていただいている。

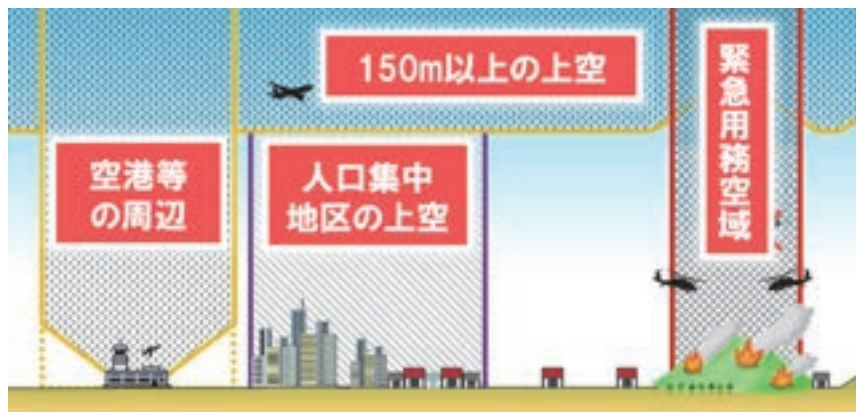
③ 風下からの横風散布で散布を実施すること

農業事故のほとんどは、隣接圃場への農薬の飛散(ドリフト)に起因しており、その防止が重要となる。飛散の主な原因は、強風下での散布等である。このため本マニュアルでは強風下での作業の中止等を指導している。

作業を実施する場合には、操縦者が風下側に立って、風下の圃場(操縦者の後ろの圃場)に飛散がないよう配慮しつつ、操縦者の手前から作業を開始し、機体を風の方向に直角に飛行させ、常に機体が横風を受ける状況で散布作業を進め、順次、風上側に散布エリアを拡大する方法で散布を進めることにより、飛散を回避できることを紹介し、この方法で散布することを指導させていただいている。

④ 圃場境界付近での機体の引き起こしを行わないこと

ドローンによる農薬散布はプロペラが起こす下降気流(ダウンウォッシュ)を利用して農作物に農薬を散布するメカニズムである。



(国土交通省資料)

図-9 航空法における飛行禁止空域

機体をターンさせる際等に機体を上げると、下降気流ではなく横向きの気流が発生し、この時、農薬散布を継続していると、下降気流が働かなくなり、農薬が浮遊し隣接圃場に飛散するのを助長する可能性がある。このためマニュアルでは飛散防止のため圃場の境界部では機体の引き起こしをしないことやターン時には農薬散布を中断することを指導している(図-8)。

上記は、指導内容の一例ではあるが、マニュアルはフェイル・セーフの観点で、機体事故、農薬事故を起こす作業リスクの低減を指導しているので、指導内容を正しく理解して、農業用ドローンの安全対策に活用していただきたい。

4. 安全飛行のための航空法のルール

令和2年6月及び3年6月の航空法の改正により、無人航空機を巡る制度が創設された。

航空法改正により「機体登録制度」、「機体認証制度」、「操縦技能証明制度」の創設と飛行空域の制限と飛行ルールの遵守を求める内容となっている。

(1) 無人航空機の機体登録制度の創設

無人航空機の「機体登録制度」が導

入され、令和4年6月20日以降、機体への登録記号の表示(JUから始まる12桁の英数字)が義務化された。これは自動車に例えればナンバープレート装着の義務付けにあたるが、その目的は、飛行禁止空域(図-9)への無許可の侵入や承認されていない方法による飛行の取締まりを容易にするもので、安全かつ適正な飛行を求めるものである。

(2) 飛行の許可・承認制度

無人航空機の飛行にあたっては、上述した機体の登録に加え、「航空法における飛行の許可・承認の申請」が必要となる。航空法に基づき原則飛行が禁止されている①空港周辺の上空の空域、②150m以上の高さの空域、③人又は家屋の密集地域の上空、④緊急用務空域において飛行を予定する者は、あらかじめ国土交通大臣の飛行許可が必要となる。空港隣接地域や都市近郊地域で散布作業が必要な場合は、あらかじめ許可申請の手続きを行う必要があることを知っていただきたい。

また、航空法(第132条の86)において、以下の飛行ルールが示されている。

- ① アルコール等を摂取した状態では飛行させないこと。
- ② 飛行に必要な準備が整っていることを確認した後に飛行させ

ること。

- ③ 航空機や他の無人航空機と衝突しそうな場合には、地上に降下等させること。
- ④ 不必要に騒音を発するなど他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと。
- ⑤ 日中(日の出から日没)に飛行させること。
- ⑥ 目視(直接肉眼による)範囲内で常時監視して飛行させること。
- ⑦ 人又は物件との間に30m以上の距離を保って飛行させること。
- ⑧ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと。
- ⑨ 爆発物など危険物を輸送しないこと(農薬、肥料は危険物)。
- ⑩ 無人航空機から物を投下しないこと(農薬等の空中散布は物件投下に該当)。

①から④については例外なく守らなければならない。一方、⑤から⑩はこのルールによらずに飛行せざるを得ない場合は、国土交通大臣の承認が必要となる(図-10)。

農薬、肥料は、航空法の危険物に該当するため散布作業は危険物の輸送(上記⑨)、物件の投下(同⑩)に該当し、国土交通省への飛行の承認申請が必要となる。



図-10 承認が必要となる飛行の方法



図-11 飛行計画の通報手続きと国土交通省 HP 上で確認できる飛行空域図

また、上記の許可・承認の申請手続きに加え、令和4年12月以降、実際の空中散布に際して、①飛行計画の事前通報、②飛行日誌の作成、(事故を起こした場合にあっては、)③事故の報告、④負傷者の救護が義務化されている。

①について、農薬の空中散布に際して、飛行を行う者は当該飛行計画を国交省の「ドローン情報基盤システム(DIPs2.0)」への入力により行う義務がある(図-11)。その目的は、飛行計画を登録することで飛行空域での他の機体との衝突を回避することにある。

(4) 無人航空機の機体証明、技能証明の創設

令和4年12月に「機体認証制度」と「技能証明制度」が開始された。現段階では任意の制度で、農業用ドローンにおいては「機体認証」、「技能証明」がなくても作業は可能であるが、これらを取得することによる手続きの簡略化等のメリットもあるので、理解しておくことをお勧めしたい。

1) 無人航空機の機体認証制度の創設
「機体認証制度」については、新たな無人航空機が販売される際に機体製

造者がその安全性の確認を申請する「型式認証」と機体を取得した者が機体個々にその安全性を確認する「機体認証」の制度があり(図-12)、認証は機体の飛行形態別に第一種と第二種に区分されている。農業散布機体については第二種機体に該当する。

2) 無人航空機操縦ライセンスの創設
「技能証明制度」については1等と2等の操縦ライセンスがあり(図-13)、農業散布は2等ライセンスとなる。このライセンスを取得するメリットは、無人ヘリコプター、ドローン等の区分内であれば、機種に限定なく操

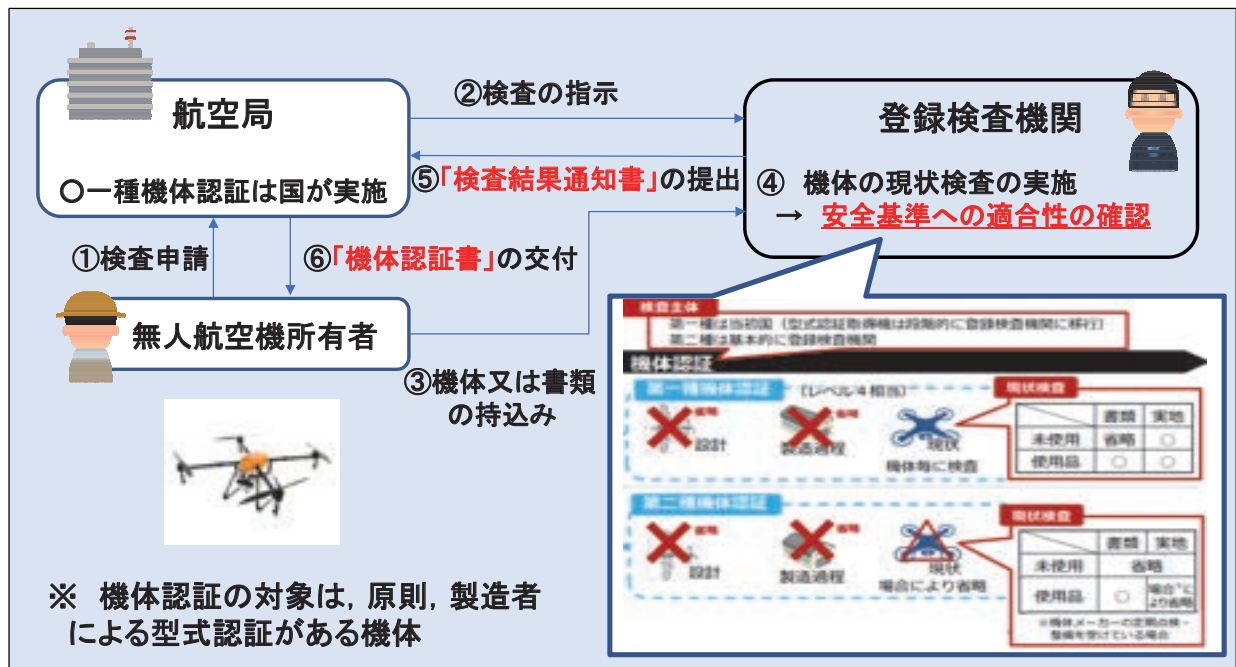


図-12 機体認証の仕組み

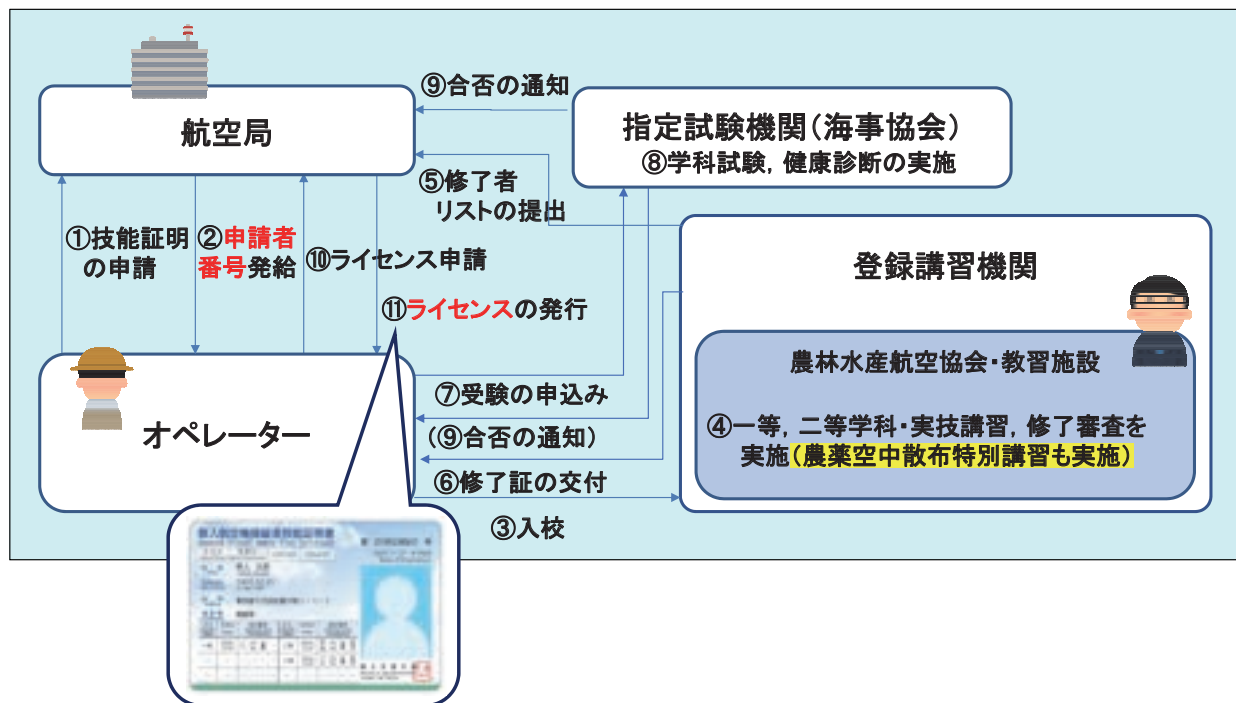


図-13 技能証明（操縦ライセンス）制度の仕組み

縦であることである。一方で、農業散布についてのルールや散布機体の取扱い方法が分からない者も農業散布機の操縦が可能となり、農業事故につながる問題がある。当協会はこの問題解決のため、国のライセンスを取得したものの、農業散布は未経験の者を対象とする農業教育

コースを開設し、空中散布のオペレーターの養成を推進している（図-14）。

5. まとめ

最後に農業用ドローンの安全な利用における当協会の期待を述べさせてい

ただ。農業分野でドローンの活用が進んでいるが、これに伴い墜落・衝突といった機体事故、農業の飛散による事故も増加傾向で推移している。

事故報告、事故原因分析をみると、ドローンの自動操縦、障害物回避等の飛行支援機能を過信し、軽率な作業が事

教習区分		農薬教習 (無人ヘリ、マルチ共通)
教 習		教習施設指定機
学科教習	教 材	協会農薬テキスト 各メーカー資料 (抜粋)
	時 間	150分以上 (50分×3コマ)
	学科試験	70/100点
実技教習	修了検定機	各社教習施設指定機
	時 間	3時間以上 5回以上の散布訓練 (シミュレータ活用は可能)
	修了検定	不可がないこと
教習料金	教習施設分	教習施設が設定

農薬散布等特別講習 カリキュラム

事 項	主な内容	教習単位
農薬等の安全使用に関すること	農薬取締法、農薬の安全使用に関する通知等	1単位
病害虫・雑草防除等での有効な技術に関すること	防除技術、散布飛行技術等	1単位
農薬散布における事故防止に関すること	安全運航、事故原因、回避方策等	1単位
散布飛行技能教習 (遠隔操作、自動操縦)	操作、整備実技教習	3時間以上 5回以上の物件 投下訓練を行う

注意：

- ① 1単位は、おおむね50分とし、自習時間を含む
- ② 受講生の理解、技能の習得状況によって単位数は増減できるものとする。

図-14 農薬教習コースの開設について
国のライセンス制度に農薬散布の教習が無いため、農薬散布特別講習を開設

故につながったと推測されるものが散見される。当協会の安全対策マニュアルは、機体には不具合が出るもの、人は間違いを起こすものとの前提で安全対策をまとめている。これをご理解の

上、マニュアルを参考にプロ意識をもって安全活動の励行をお願いしたい。また、今後は航空法に基づく機体の登録、機体の検査、操縦ライセンスの制度が浸透していくと思われる。当協会も皆

様に制度改正の動きを周知させていただくこととするが、空中散布従事者は、空の産業革命の中で、農業用ドローンを賢く活用していこうとの意識で、安全対策にも注力いただきたい。

サツマイモ

農研機構 九州沖縄農業研究センター
暖地畑作物野菜研究領域カンショ・
サトウキビ育種グループ
境垣内 岳雄

サツマイモといえば何を思い浮かべるだろうか？近年のブームを考えると焼き芋として身近な読者が最も多いかと思う。スイートポテト、いもけんぴ、干しいもなどお菓子としての人気も高い。著者にとっては何と言っても芋焼酎の原料としてなじみ深い。ユニークなところでは、紫サツマイモは天然色素としても利用されている。サツマイモは原料作物でもあるため「野菜の花シリーズ」としては変わり種かもしれないが、身近なサツマイモの姿を思い浮かべながら、本稿を読んでいただければ幸いである。

1. サツマイモの植物的特性

サツマイモはヒルガオ科サツマイモ属の植物であり、起源はメキシコからペルーに至る中南米とされる。学名は



図-1 色彩豊かなサツマイモの塊根

Ipomoea batatas (L.) Lam. (イポメア・バタタス) であるが、*ipomoea* には“物にからみついて這い上がる”という意味が、また、*batatas* には“いも”という意味があり、*Ipomoea batatas* で“蔓性で地下部にいもができる植物”を表しているそう（小巻 2010）。なお、サツマイモと同じ *Ipomoea* 属には、観賞用植物としておなじみのアサガオ (*I. nil*)、中華料理に使われるヨウサイ（空心菜）(*I. aquatica*) も含まれる（小巻 2010）。サツマイモは倍数性が高く、1組 15本の染色体からなるゲノムを6組持つ6倍体植物である（小林 1983）。ちなみに、著者がサツマイモ育種の担当になって最初に驚いたことは、サツマイモの塊根（いも）や茎葉部の色や形のバリエーションが豊富なことであった（図-1、図-2）。花の連載であるため本稿では詳しく述べないが、塊根や茎葉部のバリエーションの豊かさもサツマイモの魅力である。

2. サツマイモの花

サツマイモは暗期の長さが一定期間より長くなると花芽を形成する短日植物である。短日条件で気温が高い亜熱帯・熱帯地域（沖縄県など）では開花するが、九州以北の温帯地域ではサツマイモを栽培しても花を見る機会はめったにないと思う（図-3）。蕾があれば翌日も花を見ることができ（図-3）、サツマイモの花や蕾を見つけたら継続して観察してほしい。

サツマイモの花のつくりは熊谷（2010）の記述が詳しいため、これを引用して説明する。花は上部が開いた漏斗状の



図-2 サツマイモの茎葉部（鑑賞用品種）



図-3 サツマイモの花と蕾



図-4 サツマイモの花のつくり

円錐形である。花の色は一般的に基部（花筒）では紫色を呈する。上部（花冠）の色は品種によって異なり、白色や紅紫色のものが見られる（図-4）。花を上から見た花冠の形は、円形が多いが五角形のものもある。花弁は全部が融合している合弁花である。花の基部には5枚のがく（萼）があり、品種によってがくの形状にも違いがある。花を切断して内部を見ると、1つの花に雌しべが1本、雄しべが5本の両性花であることが分かる（図-4）。雌しべの柱頭（図-4の破線で囲んだ部分）は花柱の長さにより、雄しべの葯の上に完全に出ているもの、また、葯の中に埋もれているものがある。柱頭の色は白色や淡紅紫色などである。塊根（図-1）や茎葉部（図-2）に比べると花のバリエーションが小さく見えるが、よく観察すると花のつくりも多様であることが分かる。

3. サツマイモの交配

サツマイモの花は観賞用でなく、効率的に交配することを目的に研究が行われてきた。交配も興味深いので紹介させていただく。サツマイモは同じ個体の花粉が柱頭に付着しても受精しない“自家不和合性”である（一部、例外を除く）。また、他家受粉でも組合せによっては種子ができない“交配不和合性”でもある（小林 2010）。交配不和合性とは、A 群の品種間では交配できないが、B 群やC 群の品種とは交配して種子を得ることができる特性を示し、これまで16 群の交配不和合群が確認されている（小林 2010）。農研機構では主要5 群について事前に不和合群検定を行い、ムダのない交配作業を設計している。また、サツマイモは九州

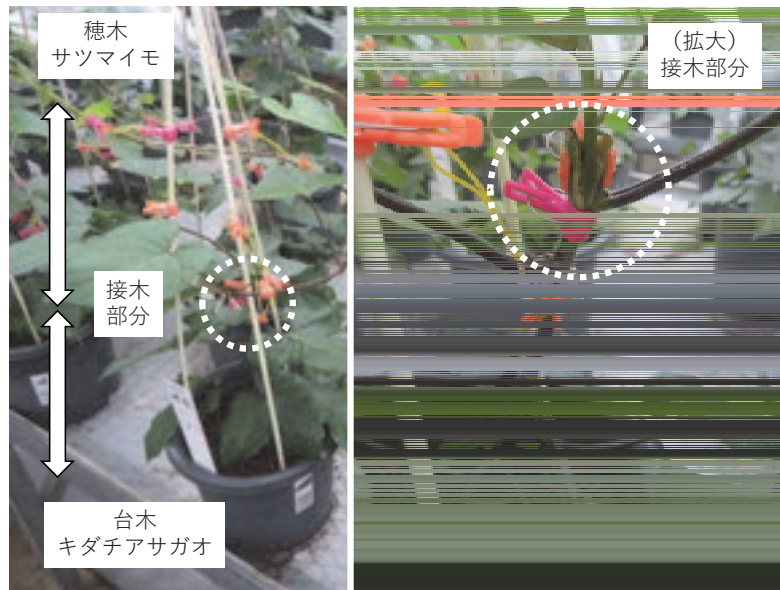


図-5 サツマイモとキダチアサガオの接木



図-6 サツマイモの種子と発芽した実生

以北の温帯地域ではほとんど自然開花しないため、矮性のアサガオ（キダチアサガオ）を台木とし、サツマイモを穂木とする接ぎ木を行い、サツマイモの開花を誘導している（小林1983）（図-5）。

交配がうまくいけば約1か月で蒴（さく）果と呼ばれる実がなり、通常は中に1～2粒の種子が入る（図-6）。種子はアサガオに比べて小さく、大きさは約3mm、1粒重は20～25mgである（熊谷2010）。種子は硬実性でそのままでは吸水しないので、種皮に傷を付けて播く必要がある。種子から発芽すると図-6のような実生を得ることができ、ここから品種育成がスタートする。収量性、品質、耐病性などに優れたものを10年程度の年月をかけて選び抜き、品種登録されたものがサツマイモ新品種として皆様のお手元に届くことになる。

普段はあまり目にすることがないサツマイモの花だが、興味を持っていただけたらどうか？サツマイモは私達の食生活を支える野菜・原料作物であるとともに、近年では海外への

輸出農作物としても注目されている。このため、良いサツマイモ品種の育成がより一層期待されている。花のつくりや開花についての知見は、優れたサツマイモ新品種の基盤になっていることを理解いただければ幸いである。

最後に、花の写真を準備するにあたり、農研機構九州沖縄農業研究センター都城研究拠点の上村政文氏、中野憲樹氏、徳留久美子氏にご協力をいただいたことを申し添える。

引用文献

- 小林仁 1983. サツマイモの伝播と品種改良. 日本醸造協会雑誌 78: 843-847.
- 小林仁 2010. I-(2)-4) 交配不適合性. サツマイモ事典, いも類振興会, 東京, 33.
- 小巻克巳 2010. I-(1)-1) 学名. サツマイモ事典, いも類振興会, 東京, 30-31.
- 熊谷亨 2010. II-(1)-2)-エ 花・種子. サツマイモ事典, いも類振興会, 東京, 68.

ナデシコ科ハコベ属の越年草あるいは多年草。北海道から九州まで、日本全土の道端、畦畔、畑地、山野などどこにでもふつうに見られる。背丈は20cm～50cm、茎は円柱形で節部分は紫色を帯びる。葉は卵形で対生し、下部の葉は小さく葉柄があり、上部の葉は大きく無柄で茎を抱く。葉身の長さは2cm～8cm、両面無毛。花は4月～6月に多いが、春から秋まで咲き、年中咲いていることもある。上部の葉腋に集散花序をつけるかあるいは単生する。花弁は5枚で白色、基部まで深く2裂し、10花弁に見える。雄蕊は10本、雌蕊は花柱が5つに分かれる。いわゆる繁縷と呼ばれるミドリハコベやコハコベよりも大型であるが、3者ともよく似ており区別するのはなかなか難しい。区別するには雌蕊の先をルーペで確認し、花柱が5つであればウシハコベで、ミドリハコベやコハコベは3つである。

本誌第51巻11号のコハコベで触れたが、繁縷は春の七草のひとつであるが近代まで歌や俳句などに取り上げられることはほとんどなかった。

そんな中で、近代の詩人で作家である島崎藤村が「小諸なる古城のほとり」を吟じた。

「小諸なる古城のほとり / 雲白く遊子悲しむ / 緑なす繁縷は萌えず / 若草も藉くによしなし / しろがねの衾の岡辺 / 日に溶けて淡雪流る / ……」

五七調でリズムが良く言葉が流れていく。

藤村は、1899年（明治32年）、恩師である木村熊二に招かれ小諸に開塾していた小諸義塾の英語と国語の教師として赴任してきた。それまでの藤村は交流していた北村透谷の自殺、兄の逮捕投獄、母の縫の死、教え子で初恋の佐藤輔子の病没などが続いた。

そんな藤村が佐久へ下ってきて2年目の春、藤村29歳の時、小諸の懐古園で詠んだ詩が「小諸なる古城のほとり」であった。（のちに別の詩と合わせて「千曲川旅情のうた 一、二」となった。）

小諸にある懐古園に佇み、右手に浅間山を眺め眼下に千曲川の流れを見下ろす。旅人は懐古園にあって、白い雲を見上げて

須藤 健一

いると旅の愁いが増してくるのであった。足元にはあちこちに繁縷がみえるが、春まだ浅く冬のままである。若草もまだ十分に伸びてはおらず敷いて座することもできない。目を遠く浅間山に向けると、浅間山の手前の岡に先日降った雪が白い布団のように横たわっているが、その雪が春の陽に溶けて千曲川へと流れていく。

「小諸なる古城のほとり」は三連からなり、第二連では古城から眼下の春霞の中を急いでいる旅人たちを眺め、第三連では古城から千曲川沿いまで下り、川沿いの宿で独り濁り酒を飲みながら旅の寂寥を慰めている、という詩である。様々な事件が相次ぎ意気阻喪していた藤村が妻を娶り、子にも恵まれ、それまでの心労が癒されてきていた時であった。

藤村の「小諸なる古城のほとり」の吟詠のきっかけのひとつとなった繁縷は何だったのだろうか。繁縷は越年草であり春には冬を越した株が目についていたはずである。しかしその繁縷はまだ「萌え」（芽がしっかりと出て）てはおらずいくつかの小さな繁縷の塊があるだけであった。それでも繁縷が目についたということは、ミドリハコベより大型のウシハコベではなかったかと想像してみる。



淡路島におけるタマネギ雑草防除の思い出（２）

元兵庫県立農林水産技術総合センター
大西 忠男

1. 淡路島タマネギ畑の雑草の発生活消長

タマネギ畑に発生する雑草を観察し、とりまとめたのが図-1である。

秋に発生する雑草は、タマネギの定植後というより水稲収穫後から発生が始まる。雑草はスズメノテッポウ、スズメノカタビラなどのイネ科雑草、タネツケバナ、ノミノフスマ、ハコベ、オランダミミナグサなどの広葉雑草である。定植後に発生する雑草は春になって、気温が高くなると生育旺盛となりタマネギの生育、収量に甚大な被害を及ぼす。

淡路島に赴任してすぐに三原平野のタマネギ畑を見学した時、タネツケバナが沢山生えて白い花を咲かせていたのが印象に残っている。農家によると、タマネギ栽培で毎作にクロロIPC乳剤を使用したためイネ科雑草が減り、タネツケバナが残ったとのことであった。淡路島では「タネツケバナ」のことを「ピンピン草」と呼ぶ農家がいた。本当の名前を聞かれたので「タネツケバナ」と答えたら、「なるほど!？」と怪訝な顔をしていた。そこで、タネツケバナの由来を説明しておいた。

秋に発生する雑草の多くは春にも発生し5～6月に開花結実するが、大きな株にならないので被害は少ない。春に多く発生するのはタデ類で、このうちミチヤナギは1月から、サナエタデ、イヌタデは3月に発芽し、4月下旬～6月に開花結実する。タデ類は草丈が高く多く発生した場合は被害が

大きい。メヒシバ、ヒエ類は4月下旬から発生しタマネギの収穫時にはかなり繁茂することがあるが、被害は多くない。成績検討会でメヒシバを抑える必要があるかの議論になった。将来、機械収穫を行うとなるとメヒシバまで抑える必要があるとの結論になった。

雑草の被害はどのくらいあるのか？淡路から異動後、雑草の種類と発生時期がタマネギの生育・収量への影響を平成3(1991)年11月定植のタマネギで検討した。あらかじめ畝立てを行い、雑草が生えないようにバスアミド微粒剤を処理し、スズメノテッポウ、スズメノカタビラの種子をタマネギ定植後と早春に播種した。発芽した雑草は、収穫時まで抜き取らなかった。対照として雑草種子を播種しない区を設けた。秋に発芽した雑草は、冬の間生育は緩慢であるが、早春に気温が高くなるにつれて大きくなり、特に草丈が高いスズメノテッポウはタマネギの草丈程度となった。春に発生したものは秋発生のものより大きくならなかった(図-2)。収穫したタマネギは図-3に示した。草種、発芽時期で最も被害が大きかったのは、秋発生のスズメノテッポウであった。同じ草種で比較すると春発生の被害が秋発生のものより少なかった。タマネギの雑草被害の要因は、養水分の競合のほかに光の競合が考えられた。

2. 日植調の受託試験

日植調のタマネギ除草剤の受託試験は昭和45(1970)年

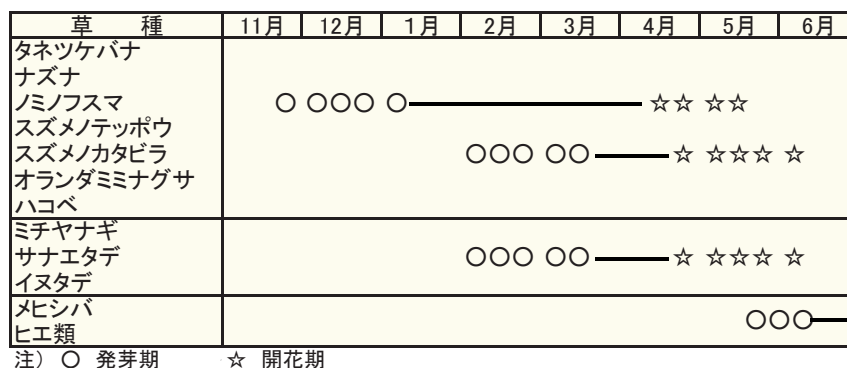


図-1 淡路島のタマネギ本畑における雑草の種類と発生活消長(1987)

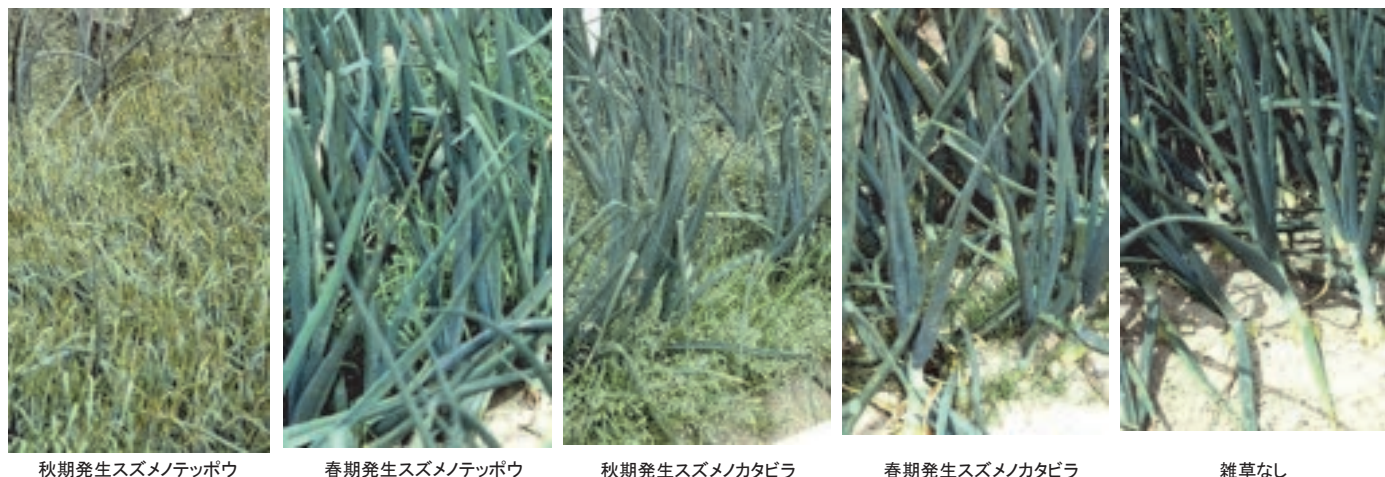


図-2 タマネギの雑草被害状況 (1992 年 4 月 28 日の状況)

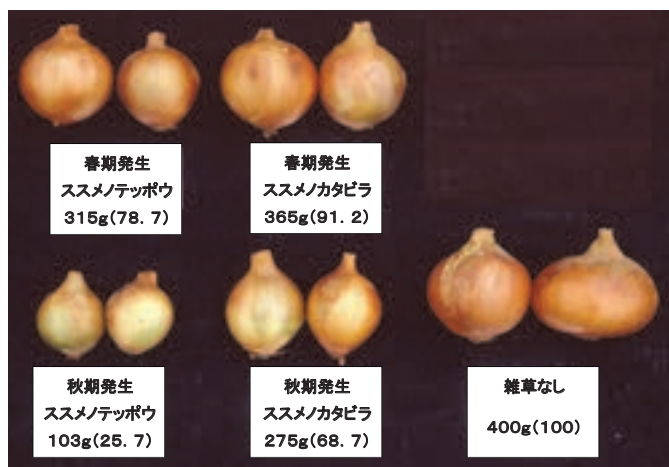


図-3 雑草被害球

5 月から昭和 57 (1982) 年まで行った。毎年受託件数は数剤であった。

受託試験の薬剤名は、苗床：GW-1、バイオメート、NCS、ダクトール水和剤、本畑：DC-55、トレファノサイド粒剤、NC-301、NTN-5006 乳剤、R-7465、CIPC・CAT 水和剤、ダクトール水和剤、SSH-36、アクチノール乳剤、セレクト水和剤（広葉雑草の茎葉処理剤で、現在販売されているイネ科雑草の茎葉処理剤とは異なる）、L-310、プロメトリン、ANK-553 乳剤（ゴーゴーサン乳剤）、セレクト・IPC 水和剤、トリブニール水和剤、SKH-01（グラメックス）水和剤、S-28（クレマート）乳剤、PL 水和剤、KWH-751 水和剤、SL-55 水和剤、ホレックス水和剤、HSW-763 水和剤、NP-48（クサガード）水溶剤、MB-78 水和剤、MOUH 水和剤、トレファノサイド乳剤、スエップ粒剤、バサグラン水和剤、同ナトリウム液剤、S-28U 粒剤（クレマート粒剤）KC-781 水和剤、ハービスアン水和剤、G-315（ロンスター）水和剤、SR-793 水和剤、NP-55（ナブ）乳剤、RH-2915 乳剤。対象薬剤：クロロ IPC 乳剤、クロロ IPC 乳剤＋シマジン水

和剤（同時処理）。

試験後登録された除草剤は、兵庫県作物病害虫・雑草防除指導指針の冊子に掲載した。指針は平成 22 (2010) 年まで発行された。登録された除草剤でも現在では失効したものも多い。

3. 受託試験で印象に残った除草剤

(1) 苗床

タマネギに葉害がなくイネ科雑草に効果が高かったのは、ダクトール水和剤であった。しかし、登録には至らなかったのは残念であった。GW-1、バイオメート、NCS は処理後 1 週間の被覆期間が必要であった。当時は極早生水稻の収穫後に苗床を設けることが多く、普及員に被覆について意見を聞くと、1 週間の被覆は無理であるとのことであった。現在では、苗床にバスアミド微粒剤が広く使用されている。これは転作などで被覆期間がとれるようになったためである。このように社会情勢の変化で苗床の消毒も変わってきた。

(2) 本畑

多くの除草剤の試験を行ったが、印象に残った除草剤について述べる。

① 553 乳剤（ゴーゴーサン乳剤）

本剤の印象は、効果の持続期間が長いことである。スズメノテッポウ、ノミノフスマ、タデ類、ヒエ類が主要雑草の圃場において、定植後にゴーゴーサン乳剤 1 アール当たり 40 ～ 50ml 処理で、春期に中耕を行わなかった場合、タマネギ収穫時にはアブラナ科のタネツケバナ、キク科雑草のタカサブロウ、イネ科のヒエ類が残っていた。残った広葉雑草の対策を行うことができれば除草剤だけで雑草防除ができるのでは？との期待が高まった。

② G-315 水和剤（ロンスター水和剤）

タマネギ本畑での試験ではスズメノテッポウ、ナズナ、タネツケバナ、タデ類など多くの雑草に高い効果が認め



図-4 バサグラン液剤の効果

バサグラン液剤を3月上旬に処理したところ、ナズナなどの広葉雑草が枯死した。

られたが、ノミノフスマなどナデシコ科雑草のみに全く効果がなかった。葉害は火傷のように葉が白変する症状で一過性のものであった。この除草剤のことを友人のカーネーション農家に話したところ、カーネーションのハウス栽培では、栽培床の蒸気消毒を行っているにもかかわらずカタバミ、オオアレチノギクなどの発生がみられ、蒸気消毒を行わない通路にも雑草が発生して困っているとのことであった。そこで、その農家で試験を行った。8月17日に定植したスプレーカーネーションに8月23日にロンスター水和剤を10g・20g・40g/aの処理をした。無処理ではカタバミ、オオアレチノギクが多く発生したが、ロンスター水和剤40g/a処理区では処理4か月後でも雑草の発生はわずかで高い除草効果が認められた。葉害は全く認められなかった。カーネーション農家は、ロンスター水和剤が手に入らなくなると、ロンスター乳剤も使用したとのことであった。この試験を行った当時、ロンスター乳剤は代掻き時にトラクターからポタポタ滴下する方法で水田除草を行っていた時代であった。その後、ロンスター乳剤も手に入らなくなった。カーネーション農家は、実用化ができなかったことをたいへん残念がっていた。

③バサグラン水和剤

昭和53(1978)年に某農薬メーカーから「ヨーロッパでバサグランがタマネギに使用されていたが、葉害が発生したため使われなくなった」と聞いた。当時バサグラン水和剤は水稲に登録があった。昭和53(1978)年4月19日に1アール当たり50, 100gをタマネギに散布した。100g処理区では葉量が多いため、葉剤でタマネギの葉が真っ白になったのを覚えている。しかし、いずれの区とも葉害はなく、タネツケバナ、ノミノフス

マ、タデ類は枯死した。昭和54(1979)年にはバサグラン水和剤のタマネギ品種(早生種, 中生種, 中晩生種)に対する葉害、処理時期と葉害について検討した。葉害は葉の湾曲程度で問題ではなかった。また、処理量と草種別の効果について検討し、スズメノテッポウなどイネ科雑草には効果がなく、タネツケバナ、タデ類、ノミノフスマなど広葉雑草には効果が認められ、広葉雑草別に枯殺できる葉期とそれに要する日数を明らかにした。例えば、タネツケバナは5葉期までは枯死させたが、6葉期以上では主茎が残り開花した。枯死させるのに要する日数は4~7日であった。そこで、農薬メーカーに登録を取ってもらうように依頼した。メーカーから水和剤から液剤に製剤が変更されると聞き、バサグランナトリウム液剤についても効果、葉害について検討したが、水和剤と同等な効果が確認された。また葉害もほぼ同じであった。効果は図-4に示した。

なぜ葉が湾曲するのか? バサグランナトリウム液剤の処理時期とタマネギの乾物率と葉害との関係を検討した。晩秋に定植されたタマネギは冬の間地上部の生育はほとんど進まず、根の数は少ないものの伸長は続ける。この間タマネギは耐寒性向上のため乾物率を高めて、厳寒期には15~20%と最高になる。その後、日が長くなり気温が高くなり始めると根の活動が始まり、葉数の増加や茎葉の伸長が見られる。すると、乾物率はしだいに下がり始め、3月下旬から4月上旬には一時的に5~6%と極端に低くなる。タマネギの葉っぱが柔らかく見える頃である。この後は地上部の生育も旺盛になり、光合成によって乾物生産が盛んに行われるので乾物率は10%程度で推移する。葉の湾曲は、この乾物率が極端に低く、組織が柔軟な時期に除草剤を散布することで発生が多くなると考えられた。したがって、春期のバサグランの散布は定植活着後から冬の乾物率が12%以上の頃、葉数でいうと4枚以下の時期に終わるのがよいと考えられた。そこで使用時期を「秋播栽培の移植後生葉4葉期まで」と提案した。この成績は、雑草研究第38巻別号 昭和58(1983)年に掲載されている。対象葉



図-5 クロロ IPC150g +シマジン水和剤同時処理後の葉折れ症状
昭和 58 (1983) 年 4 月 6 日撮影

剤として使用されるクロロ IPC 乳剤+シマジン水和剤
(同時処理) の春処理でも葉折れ症状が見られた(図-5)。

4. 雑草防除体系の改善

筆者が淡路島で勤務していた時の雑草防除体系は、定植後クロロ IPC 乳剤の散布を行う。土壤が湿っていると効果が高いので、降雨後土壤が湿っている時に除草剤散布を行っているのをよく見かけた。冬の間は大きくなった雑草を手取りする風景がよく見られた。作業する人はほとんどがお年寄りであった。手取り作業をしていないタマネギ畑があると「お年寄りが身体をこわしたのか？」と農家同士が話をしていた。除草作業は、お年寄りの見守りでもあったようであった。早春になるとタマネギの条間を中耕し、畝の肩の部分の削って谷を上げる培土作業を行う。その後クロロ IPC 乳剤+シマジン水和剤の同時処理を行っていた。培土作業は管理機で行うことができるが、条間の中耕は人力で行うので多大な労力と時間が必要であった。そこで、日植調の受託試験結果から有望な除草剤を組み合わせる手取り除草や中耕作業を省いた雑草防除体系を検討した。

最も除草効果が高かった体系は、定植後にゴーゴーサン乳剤又はトレファノサイド粒剤を土壤処理し、春期に行っている条間の中耕を行わず、バサグラン液剤+シマジン水和剤の同時処理であった。この体系では定植後処理剤で効果がなかった広葉雑草をバサグラン液剤で枯死させ、春期に発生する雑草はシマジン水和剤で抑えることができた。この体系での収量は、慣行の雑草防除体系及び無処理手取り除草区とほぼ同等であった。手取り除草と条間の中耕を省くことにより 10 アール当たりの労働時間を数時間減らせることができた。この成績は昭和 62 (1987) 年の日本雑草学会に発表し、兵庫中央農技研報 (農業) 39,41-44(1991) にとりまとめた。シマジン水和剤は、平成 6 (1994) 年に水質汚濁性農薬に

指定され、その後兵庫県では使用されていない。筆者は平成 3 (1991) 年から平成 12 (2000) 年までゴルフ場の雑草防除の研究に携わった。シマジン水和剤を連用してきたゴルフ場ではスズメノカタビラにシマジン水和剤の抵抗性が見られた。抵抗性の対象として淡路島のタマネギ畑のスズメノカタビラのシマジン水和剤の抵抗性を検討したが、抵抗性はなかった。この成績は兵庫農技研報 (農業) 43,9-16(1995) にとりまとめた。

筆者が試験を行ってきた除草剤で現在 JA 淡路島の防除歴に採用されているのは、グラメックス水和剤、バサグラン液剤である。ゴーゴーサンは乳剤ではなく細粒剤 F が採用されている。

5. 成績検討会の思い出

秋冬作の成績検討会は、東京で行われ、昭和 50 (1975) 年 7 月には札幌で開催された。淡路分場にいると東京への出張は夢のまた夢の時代で、ましてや札幌への出張は羨望の眼差しで見られた。検討会には、全国の担当者が出席され、若い担当者が多かった記憶がある。少人数であるが御意見番的な中堅の担当者からの発言は、筆者にとってはいろいろ勉強になった。タマネギ産地からは佐賀県の川崎重治氏、北海道の小餅昭二氏、土肥紘氏が出席されていた。司会者は、西貞夫氏であった。いずれの方々にも大変お世話になった。これも植調協会のお陰である。

検討会に出席した時は、植調会館近くにあった神田青果市場や築地卸売市場を見学した。これらの市場には日本全国のみならず世界中から野菜が集まってくるので、大変勉強になった。昭和 51 (1976) 年にタマネギのハウス乾燥貯蔵の研究をしたことは前述したが、それ以前は水稻の平型熱風乾燥装置で乾燥させる研究を行っていた。長野県ではこの装置で乾燥がうまくいっているとのことであったので、検討会の帰りに長野まで行き、川中島周辺をぶらぶら歩いて貯蔵状況を見学した。長野のタマネギの形質が熱風乾燥に適していると感じた。まさに一見にしかずであった。北海道では江別市のタマネギ農家を見学した。大規模で機械化が進んでいるのに驚いた。

標本ラベル

ふじのくに地球環境ミュージアム 准教授

早川 宗志

本連載テーマである「標本は語る」。標本は雄弁に事実を物語ってくれますが、実際に言葉を話してくれるわけではありません。そのため、標本が語ることを読み取り、理解し、解釈へと結びつけていく過程が必要となります。本稿では、その過程で必須となる「標本ラベル」についてご紹介いたします。

さく葉標本を調査する際、植物体の花や葉の形と大きさに注目されることが多いと思います。しかし、見過ごされがちなポイントに、さく葉標本の右下に必ず貼られている「標本ラベル」があります（図-1）。この標本ラベルには学術的に重要な情報が記録されており、標本ラベルが貼られていない標本は「学術的な価値が無い」という過言ではありません。



図-1 さく葉標本（山崎俊哉 1693, OSA）の標本ラベルとアノテーションスリップ

それほどまでに標本ラベルに書かれている情報は重要です。そして、標本ラベルの情報を標本自体の花や葉の形と大きさなどと組み合わせて調べることで新事実が判明することや、その標本の来歴を知ることができます。

標本ラベルの3大必須項目

さく葉標本の標本ラベルには様々な情報が書き込まれています。その中でも最も大切な項目が、「採集日」「採集地」「採集者」の3つです。つまり、「いつ」「どこで」「誰が」採った標本であるのかが最も重要な項目です。これらの3項目は採集者本人しか知りえない情報であるため、後日に他者が記入することができないからです。一見大切そうに思える種名や学名は、標本作成時の最重要項目ではありません。なぜなら、後日に他者が標本から植物種名を明らかにすることが可能であり、分類学的な研究の進展により、学名が変わることもありえるからです。

多様な標本ラベルの情報

さく葉標本の標本ラベルには、最も重要な3項目の他にも「種名（和名）」「学名」「同定者名」「同定日」「生育地の



図-2 各植物収蔵庫におけるさく葉標本の標本ラベル。左:KPM, 右上: YCM, 右下: ふじのくに地球環境史ミュージアム。

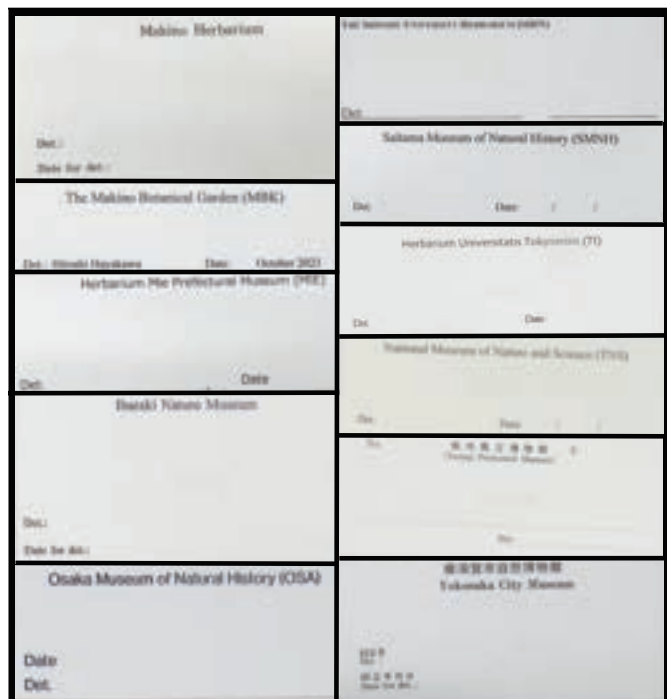


図-3 各植物収蔵庫におけるさく葉標本のアノテーションスリップ。左列の上から順に、MAK, MBK, MIE, INM, OSA。右列の上から順に、SHIN, SMNH, TI, TNS, TOCH, YCM。

環境」「標高」「特記事項」など様々な情報が記載されています。最近では、より詳細な情報を示すために「緯度・経度 (GPS 情報)」を記載することもあります。そのため、標本ラベルにどの項目を記載するかという点において、各博物館の特色が現れています (図-2)。

アノテーションスリップ

生物の種名を明らかにすることを同定といいます。未同定 (種名が不明) であった標本の種名が明らかになった場合、誤同定 (標本ラベルの種名が別種の間違い) であることが判明した場合、最新の分類体系を反映した新しい学名が提唱された場合などには、標本の学名を変更します。その場合、専用のアノテーションスリップ (同定ラベル) に「学名」「和名」「同定者」「同定年月日」を記述します (図-3)。

標本ラベルの隣にアノテーションスリップが貼られていくことで、最新の学術的な知見を反映させることができます (図-4, 次頁)。このようにして何十万点もの所蔵標本を再同定することで博物館の標本収蔵庫は学術的な機能と質が維持され、標本を用いた調査研究が一步一步進んでいきます。

標本ラベルから明らかになる事実

北アメリカ原産の寄生植物であるアメリカネナシカズラの日本への帰化が認知され始めたのは 1970 年代でした。しかし、収蔵庫に所蔵されるさく葉標本の再同定から明らかに

なった事実は、1930 年代後半には既にアメリカネナシカズラが日本に帰化していたということでした (秋山 2003; 藤井 2018)。

また、水田雑草アメリカキカシグサは四国には未定着とされていました。しかし、徳島県産の“ホソバヒメミソハギ”標本の再同定を行ったところ、この標本は“アメリカキカシグサ”の誤同定であったことから四国への新帰化を示すことが明らかとなりました (早川・藤井 2022)。

このように初帰化年代や分布記録を明らかにする上でも、標本ラベルに記載された採集情報は非常に重要です。標本ラベルは、その標本がもつ学術的な価値を記録・担保するという重要な役目を持ちます。その結果として、標本ラベルから個々の標本が持つ隠されたストーリーが明らかになることもあります。また、昆虫標本 (図-5, 次頁)、魚類などの液浸標本、地質・化石標本では、標本ラベルの書き方やルールが異なることもあります。標本調査の際は、標本ラベルにも着目することで標本が語る言葉をより深く理解できることでしょう。

謝 辞

標本ラベルを提供いただいた各機関とキュレータに感謝します：千葉県立中央博物館 (CBM)、ミュージアムパーク茨城県自然博物館 (INM)、神奈川県立生命の星・地球博物館 (KPM)、大阪市立自然史博物館 (OSA)、東京大学総合研究博物館 (TI)、東京都立大学牧野標本館 (MAK)、高知県立牧野植物園 (MBK)、三重県総合博物館 (MIE)、信州大学自然科学館 (SHIN)、埼玉県立自然の博物館 (SMNH)、栃木県立博物館 (TOCH)、国立科学博物館植物研究部 (TNS)、横須賀市自然・人文博物館 (YCM)、NPO 法人静岡県自然史博物館ネットワーク。

参考文献

- 秋山幸也 2003. ハマネナシカズラの蒴果は花冠から裸出しない. 神奈川県植物誌調査会ニュース 56, 703-705.
早川宗志・藤井俊夫 2022. 水田雑草アメリカキカシグサ (ミソハギ科) の初帰化年の整理および四国・九州への新帰化. 雑草研究 67, 61-63.
藤井伸二 2018. 寄主植物を用いたマメダオシ (ヒルガオ科) の生育環境の推定. 植物地理・分類研究 66, 177-184.



統計データから

飼料作物の作付（栽培）面積（令和5年産）

畜産経営コストに占める飼料費の割合は高く、粗飼料の給与が多い牛で4～5割、濃厚飼料中心の豚・鶏で6～7割を占める。令和4年度（概算）の飼料自給率（全体）は26%（TDNベース：カロリーに近い概念。家畜が消化できる養分の総量）と低い水準である。

そこで、農林水産省では、飼料自給率の令和12年度目標を34%に高めることを掲げている。このため、耕畜連携の推進や、外部組織による飼料生産の効率化、青刈りととうもろこし等の高栄養飼料作物の生産拡大、草地の生産性向上等により、国産飼料の生産・利用の拡大を進めることが重要としている。

畜産における飼料供給割合は、主に国産が占める粗飼料が20%で、輸入が占める濃厚飼料が80%の構成であるが、目標では粗飼料自給率は78%から100%へ、濃厚飼料自給率は13%から15%を目指している。

令和5年産飼料作物の作付（栽培）面積及び収穫量を、令和6年3月公表の作物統計調査から、都道府県別の作付面積上位を含めて表-1に示した。

牧草の作付（栽培）面積は705,200haで、前年産に比べ1%減少。近年、規模拡大等により草地管理にかかる時間が減少し、草地改良率の低下（草地更新・整備面積：1.6万ha，更新・整備率：3.0%）や、難防除雑草の対策が課題となっている。

青刈りとうもろこしの作付面積は 97,200ha で、前年産に比べ 1% 増加。栄養価が高く、濃厚飼料の低減にも寄与し、関東以西の暖地では二期作も可能なので、酪農経営には重要な飼料作物である。

ソルゴーの作付面積は 11,700ha で、前年産に比べ 2 % の減少である。(K. O)

表-1 令和5年産飼料作物の作付面積・収穫量

牧草			青刈りとうもろこし			ソルゴー		
都道府県	作付面積 ha	収穫量 t	都道府県	作付面積 ha	収穫量 t	都道府県	作付面積 ha	収穫量 t
全 国	705,200	23,951,000	全 国	97,200	4,939,000	全 国	11,700	488,900
北海道	522,300	16,975,000	北海道	60,400	3,316,000	宮 崎	2,200	114,200
岩 手	33,900	932,300	栃 木	5,280	266,600	長 崎	2,030	81,800
鹿児島	18,000	1,067,000	岩 手	4,820	192,800	鹿児島	1,240	62,700
青 森	17,600	468,200	宮 崎	4,480	203,800	大 分	676	33,900
宮 崎	15,300	884,300	熊 本	3,300	146,200	兵 庫	643	14,700
熊 本	13,500	553,500	茨 城	2,460	115,600	熊 本	618	32,500
宮 城	11,700	217,600	群 馬	2,420	118,800	千 葉	408	18,400
栃 木	7,740	301,900	福 島	1,530	63,000	茨 城	317	12,000

2023 年度常緑果樹関係 除草剤・生育調節剤試験判定結果

(公財) 日本植物調節剤研究協会 技術部

2023 年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会は、2024 年 6 月 4 日(火)に Zoom を用いた Web 会議において開催された。

この検討会には、試験場関係者 26 名、委託関係者 28 名ほか、計 64 名の参集を得て、除草剤 2 薬剤(11 点)、生育

調節剤 4 薬剤(16 点)について、試験成績の報告と検討が行われた。

その判定結果については、次の表に示す通りである。

2023 年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験 判定結果

A. 除草剤

薬剤名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. NFH-131 液 (IEMRS-195) グリホサートイソプロピ ルアミン塩:41.0% [ニューファム]	カンキツ	生育期処理の多年生雑草を対象とした茎葉処理(樹間・樹冠下)による適用性の検討(3年目)	実・継	実) [カンキツ:一年生雑草] ・春～夏期 ・雑草生育期(草丈30cm以下) ・250～500mL<100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [カンキツ:多年生イネ科雑草] ・春～夏期 ・雑草生育期(草丈30cm以下) ・500mL<50L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) [カンキツ:多年生広葉雑草] ・春～夏期 ・雑草生育期(草丈30cm以下) ・500～1000mL<50～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 継) ・効果・薬害の確認(多年生イネ科雑草 500mL<25L, 100L>, 1000mL<25L, 50L>)
	ビワ	生育期処理の一年生雑草を対象とした茎葉処理(樹間・樹冠下)による適用性の検討(4年目)	実・継	実) [ビワ:一年生雑草] ・春～夏期 ・雑草生育期(草丈30cm以下) ・250～500mL<50～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下) 継) ・効果・薬害の確認(多年生雑草)
	ビワ	生育期処理の多年生雑草を対象とした茎葉処理(樹間・樹冠下)による適用性の検討(4年目)		
2. ブロマシル 水和 ブロマシル:80.0% [丸和バイオケミカル]	パイナップル	発生前の一年生雑草および多年生雑草を対象としたパイナップル生育期での土壌処理(畦間・株間)による適用性の検討(初年目)	継	継) ・効果・薬害の確認
	パイナップル	生育期(草丈10cm以下)の一年生雑草および多年生雑草を対象としたパイナップル生育期での茎葉処理(畦間・株間)による適用性の検討(初年目)		

B. 生育調節剤

薬 剤 名 有効成分および 含有率(%) [委託者]	作物名	ねらい	判定	判定内容
1. CS-17H 水和 炭酸カルシウム:95.0% [白石カルシウム]	温州 ミカン	温州ミカンに対する日焼け軽減効果 の検討(適用性3年目)	実・継	実) [温州ミカン;日焼け軽減] ・日焼け果発生前 ・25～50倍<十分量> 2回 ・散布(果実表面に十分付着するよう) 注) ・散布間隔は1か月が目安 ・降雨により効果が劣る場合がある ・果実の表面に白色の汚れが残る場合がある 継) ・効果・薬害の確認(せとか)
	せとか	せとかに対する日焼け軽減効果の検 討(適用性3年目)		
2. CS-22H 水和 炭酸カルシウム:91.0% [白石カルシウム]	温州 ミカン	温州ミカンに対する果皮水分減少促 進(予措促進)効果の検討(適用性 3年目, 薬量拡大100倍→200倍)	実・継	実) [温州ミカン;浮皮軽減] ・着色初期 ・100～200倍<十分量> 1～2回 ・散布(果実表面に十分付着するよう) 注) ・果実の表面に白色の汚れが残る場合がある [温州ミカン;果皮水分減少促進] ・収穫前 8分着色 ・100～200倍<十分量> 1回 ・散布(果実表面に十分付着するよう) 注) ・果実の表面に白色の汚れが残る場合がある 継) ・果皮水分減少促進を目的とした効果・薬害の確 認(不知火・100倍・収穫2週間前)
3. ジベレリン 液 ジベレリン:0.63%(5g/L) [住友化学]	温州 ミカン	温州ミカンにおける着色終期での果 実散布によるクラッキング軽減効果 の検討(適用性:2年目)	実	実) [温州ミカン;クラッキング軽減] ・着色6～8分 ・1ppm<十分量(100～400L/10a)> ・果実散布 注) ・緑斑がみられる場合がある
4. ジベレリン 水溶 ジベレリン:3.1% [愛媛県農林水産研究所 果樹研究センターみかん 研究所]	愛媛果試 第48号	愛媛果試第48号に対する水腐れ軽減 効果の検討	実・継	実) [不知火, 愛媛果試第28号, 愛媛果試第48号, 清見; 水腐れ軽減] ・着色終期 ・0.5～1ppm<十分量> ・果実散布 [ポンカン;水腐れ軽減] ・着色始期～3,4分着色期 ・0.5ppm<十分量> ・立木全面散布 注)着色が遅れることがある [カラ;水腐れ軽減] ・着色終期 ・1ppm<十分量> ・果実散布 継) ・温州ミカン, はれひめ, 伊予柑, 媛小春に対する 効果・薬害の確認(0.5ppm, 1ppm) ・カラに対する効果・薬害の確認(0.5ppm) ・ポンカン着色終期処理での効果・薬害の確認
	清見	清見に対する水腐れ軽減効果の検討 (適用性:3年目)		
	媛小春	媛小春に対する水腐れ軽減効果の検 討(適用性:初年目)		

研究所 試験研究部

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
試験研究部長
金久保 秀輝

はじめに

茨城県牛久市にある公益財団法人日本植物調節剤研究協会研究所において、主に植物調節剤（除草剤、植物成長調整剤、植物の生育調整資材）の特性、薬効・薬害、周辺作物や後作物への影響といった生物評価を行っているのが試験研究部である。試験研究部では、上記の他にも農業現場におけるさまざまな課題解決のための調査研究も行っている。当部は第一研究室と第二研究室で構成され、第一研究室では水稲作分野を担当し、第二研究室では畑作、冬作、野菜・花き、芝地、緑地管理場面といった水稲以外の分野を担当している。2024年7月現在室員は、第一研究室が5名、第二研究室が3名である。各研究室での取り組みについて紹介する。

1. 第一研究室

水稲作への適用を目指す新除草剤の作用特性を解明するための試験として、殺草特性・薬害特性の検定（作1試験）、土壌中の残効性（作2試験）、土壌中の移動性（作3試験）、薬剤の吸収部位（作4試験）の検定などがある。作1試験は所内に設置しているコンクリートポットを使用し、寒冷地での栽培を想定した4月移植と温暖地以西の普通期栽培を想定した6月移植の2時期にて検定を行っている（図-1）。作2～4試験は、専用の検定装置を用いた所定の方法にて



図-1 コンクリートポット（作1試験、雑草イネ対象作用性試験など）

検定を行っている。その他の除草剤の作用を確認する試験では、目的を達成するために様々な工夫を凝らして、試験依頼者の多様な要望に対応した基礎試験も実施している。たとえば、試験結果が公開される試験として、雑草イネ種子をコンクリートポットに異なる深度で播種して、深度別に除草剤の作用を確認する「その他作用性試験（雑草イネ対象）」や、水田の上に屋根をかけた状態の試験施設（圃場温室）にて、圃場条件と同様に縦浸透が生じる条件で土中播種と表面播種の両播種条件での作用を確認する「直播水稲作用性試験」やジャンボ剤の自己拡散性能を確認する「拡散性屋内試験」を実施している。圃場温室は、地中に温水パイプが設置され地温が制御できるため、年間を通じて水稲用除草剤の試験が実施できる（図-2）。

現地圃場における実用性を評価する薬効・薬害試験は、牛久圃場、竜ヶ崎圃場の約7ヘクタールにて行っている。移植栽培、直播栽培の両栽培方法で評価ができるよう体制を整えており、直播栽培では、湛水直播（土中播種、表面播種）と乾田直播のいずれでも試験が可能である。多年生雑草であるクログワイ、オモダカ、コウキヤガラは自然発生圃場を準備し、試験区と養成区を隔年でローテーションしながら試験している（図-3）。水持ちの悪い水田などで問題になるイボクサ、クサネムの試験は、事前に自然発生個体を採取し調製した後、試験区に植え付けて評価している。クサネムについては、種子からの発生個体を対象にした試験も実施している。雑草イネについては、先に紹介したコンクリートポットでの



図-2 圃場温室



図-3 オモダカ養成圃状況

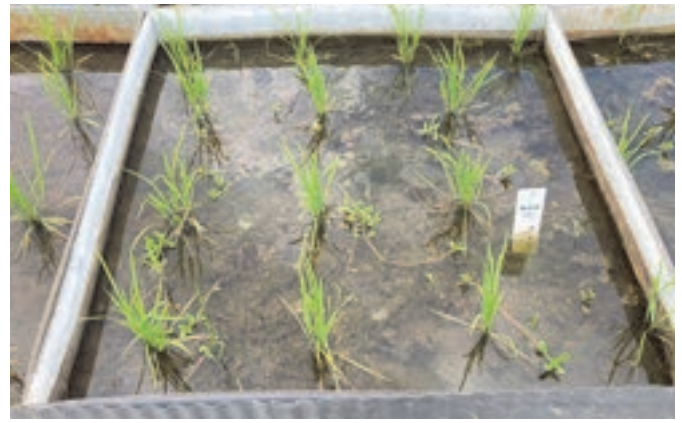


図-4 ナガエツルノゲイトウ対象試験



図-5 畑作野菜定性試験 左よりとうもろこし、菜豆、小豆、大豆、雑草9種/区



図-6 緑地管理圃場（大型多年生雑草を対象とした試験風景）

試験の他に圃場試験も実施している。圃場試験では栽培品種を雑草イネに見立てて評価するが、その種子を供試する際は、3段階に予措を変えた種子を用い播種後土壌表層を攪拌するなど、自然発生に近い発生深度や発生消長となるようにしている。特定外来生物に指定されているナガエツルノゲイトウについては、法律で移動が制限されているため、現地発生圃場（千葉県八千代市と茨城県河内町）に赴き、本田内あるいは畦畔を対象とした試験を行っている（図-4）。同様に、特定外来生物のオオフサモについても茨城県つくば市の現地圃場で試験を行っている。また、交差抵抗性イヌホタルイや多剤抵抗性ノビエなど防除が困難な除草剤抵抗性雑草の試験も行っている。さらに除草剤の耕起前処理や休耕田での適用を確認する試験についても専用圃場を準備し対応している。

2. 第二研究室

牛久圃場を中心に畑作、冬作、野菜・花き、芝、緑地管理など幅広い分野での薬剤の評価を行っている。圃場面積は約3.9ヘクタール（畑地2ヘクタール、芝地0.2ヘクタール、緑地管理1.7ヘクタール）を使用している。新除草剤に対し

では、土壌中の残効性や移動性の検定の他、同一区内に複数の作物たとえばとうもろこし、大豆、小豆、野菜などと共に数種の雑草を播種した試験区に試験薬剤を処理することで、適用作物や適用雑草を探る試験（定性試験）も実施している（図-5）。現地圃場における実用性を評価する適用性試験は慣行栽培での実施が基本であるが、畑作で問題となっているマメアサガオやヒロハフウリンホオズキ、冬作で問題となっているネズミムギに対する除草効果を評価する試験では、それら草種が優占する圃場を養成あるいは確保し対応している。緑地管理（非農耕地）の試験用圃場は、道路法面、家周りなど管理目的に応じた評価のために、一年生雑草および小型多年生雑草を対象とした圃場と大型多年生雑草（図-6）を対象とした圃場をそれぞれ適切に管理して試験に備えている。緑地管理場面でのスギナ、クズについても専用圃場を準備している。芝試験用圃場については、コウライシバおよびノシバはゴルフ場に準じた管理を行い、センチピードグラス圃場も用意して試験に備えている（図-7）。最近では、特定外来生物に指定されているアレチウリを対象とした畑作物栽培場面での試験や緑地管理場面（図-8）での防除方法の確立に取り組んでいる。また、指定野菜となり省力栽培として



図-7 芝圃場（左よりコウライシバ、ノシバ2面）



図-9 春夏作野菜・花き試験 ブロッコリー直播栽培試験

普及が進みつつあるブロッコリーの直播栽培について、本州での栽培で適用できる除草剤の評価試験にも取り組んでいる（図-9）。

3. 植物調節剤の研究開発事業の取り組み

試験研究部では、委託試験以外にも研究開発事業の一環として取り組んでいる試験研究がある。そのなかで、現在発生している農業生産上の問題や近い将来必要とされる技術ニーズに関する重要課題を取り上げて実施している重点研究の一部をここで紹介する。

問題雑草に対する防除技術の開発では、特定外来生物に指定されている3種の植物の侵入やまん延防止対策に取り組んでいる。すなわち、アレチウリについては緑地管理場面や畑作場面で、ナガエツルノゲイトウについては水田内および水田畦畔、水田耕起前場面で、オオフサモについては水田畦畔場面において数種除草剤を利用した防除技術を検討している。

水稻直播栽培でのオモダカ、クログワイなどの多年生難防除雑草、畑地での帰化アサガオ類、冬作のネズミギなどの



図-8 緑地管理場面におけるアレチウリ対象試験

課題にも取り組んでいる。

さらに、これらの薬効・薬害試験から防除技術として実用性の評価された問題雑草有効剤とその使用方法に関する情報を発信しているWebアプリ「除草カタログ」について、掲載する問題雑草種の追加、防除の実践記事掲載等によるアプリ内情報の充実に取り組んでいる。

2021年に農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」では、水田からの温室効果ガス排出削減を目的として中干し期間の延長が推奨されている。また一部の地域では水稻の過剰生育による品質低下を抑えるため早期中干しが推奨されるなど、中干しに関わる最近の水管理政策を見据え、それら水管理が除草剤の効果に与える影響について検証するとともに、このような水管理条件下でも安定した効果を示す一発処理技術の開発を目的とした検討も積極的に進めている。

おわりに

試験研究部では、前述したように新規化合物を対象とした基礎試験からSDGsに関わる「みどりの食料システム戦略」に対応した試験の他、ドローンでの実用散布試験など雑草防除に関して幅広く対応できるよう圃場の確保や整備を行いながら取り組んでいる。今回紹介しなかったが、植物成長調整剤や近年話題のバイオスティミュラントなどの試験依頼にも十分応えられる体制を整えており、今後も植物調節剤に関して農業開発会社と生産現場との橋渡しに尽力していきたい。

広 場

協会だより

試験成績検討会

- 2023年度冬作関係（麦類・いぐさ・水稻刈跡）除草剤・生育調節剤試験成績検討会（Web会議）

日時：2024年9月12日（木） 10:00～17:00

研究会等

- 2024年度緑地管理研究会現地見学会

日時：2024年9月3日（火）13:15～17:00

場所：見学会内容説明・情報交換会

Aスクエア（山陽小野田市民活動センター）

厚狭^{あさ}駅と山口宇部空港からの送迎あり

現地見学会

山口県内の一般道（県道など）及びスポーツ施設（野球場）

日程：12:20 JR厚狭駅前から送迎バスa出発

山口宇部空港前から送迎バスb出発

12:30 受付開始（Aスクエア2F会議室前ロビーにて）

13:15 見学会内容説明会（Aスクエア2F会議室にて）

14:15 現地見学会（順番は未確定）

(1) 走行車両（貸し切りバス）からの見学

①一般道における除草剤を用いた雑草管理

②ロボット除草機と除草剤を用いた中央分離帯における雑草管理

(2) 降車しての見学

①スポーツ施設におけるロボット除草機と除草剤を用いた緑地管理

②一般道、スポーツ施設用の除草剤散布機器の見学

17:00 終了

17:00～19:00

情報交換会（Aスクエア2F会議室にて）

参集範囲：道路、鉄道、河川、電力設備、公園、国有地等における緑地管理関係者、農薬会社、農機具会社関係者、国、自治体関係者、（独）農林水産消費安全技術センター関係者、農研機構、大学等研究機関関係者、植調協会関係者等

参加費（現地支払い）：現地見学会（バス代込み）2,000円
情報交換会 3,000円

参加申し込み方法：植調協会ホームページ

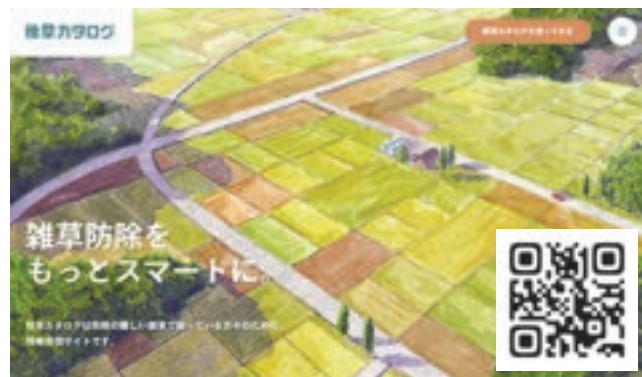
（<https://japr.or.jp/>）の新着情報欄に掲載の申込フォームよりお申し込みください。【申込締切：8月8日（木）】

問い合わせ先：公益財団法人日本植物調節剤研究協会

事務局技術部企画課（筒井）

E-mail: kikaku@japr.or.jp TEL. 03-3832-4188

除草カタログ（試行版）公開のご案内



植調協会はWebサイト**除草カタログの試行版を公開**しました。（<https://joso-catalog.japr.or.jp/> 上記の二次元コードからアクセスください。）

除草カタログは、難防除雑草や外来雑草など様々な問題雑草ごとに有効な除草剤の処理時期・処理方法や各種技術と組み合わせた防除体系などとともに、全国各地で取り組まれた問題雑草防除の実践レポートが掲載されたWebサイトです。

問題雑草で困っている農家や技術普及担当の方々に少しでも早くご活用いただきたいと考え、現時点では掲載草種数等が少ない状態ですが、試験運用を開始しました。

つきましては、本サイト改善のためのご意見やご要望を、サイト下部にある「当サイトへのご要望」リンク（下記URL）からお寄せいただきますようお願いいたします。

ご要望受け付けURL

<https://forms.gle/nvkFNSNDR7WKqZZy7>

植調協会技術部企画課

植調第58巻 第4号

■発行 2024年7月26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 大谷 敏郎

■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

Quality & Safety

食の安全と環境保護に配慮した製品を提供し、
安定した食料生産に貢献してまいります。

株式会社エス・ディー・エス バイオテックの水稻用除草剤有効成分を含有する製品

アピロファースト1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

グッドラックジャンボ/150FG(ベンゾピシクロン)

ダンクショットフロアブル/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン/カフェンストロール)

イザナギ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン)

イネヒーロー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤(ダイムロン)

ウィードコア1キロ粒剤/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾピシクロン)

ラオウ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)

カイシMF1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

バットウZ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

アシュラ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/400FG(ベンゾピシクロン)

天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾピシクロン)

ゲバード1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾピシクロン/ダイムロン)

レプラス1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ダイムロン)

ホットコンビ200粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン/テニルクロール)

アネシス1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

ジャイロ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾピシクロン)

テッケン/ニトウリュウ1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾピシクロン)

銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)



軽量・少量自己拡散製剤 Swift Dynamic製剤(SD製剤)の製品

Swift Dynamic

イザナギジャンボSD
イザナギ200SD粒剤



ウィードコアジャンボSD
ウィードコア200SD粒剤



ダンクショットジャンボSD
ダンクショット200SD粒剤





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

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





オモダカ



ホタルイ



コナギ



イボクサ

サイラ®とは 「サイラ/CYRA」は有効成分の一般名：シクロピリモレート (Cyclopyrimorate) 由来の原体ブランド名です。

サイラは、新規の作用機構を有する除草剤有効成分です。オモダカ、コナギ、ホタルイ等を含む広葉雑草やカヤツリグサ科雑草に有効で、雑草の根部・茎葉基部から吸収され、新葉に白化作用を引き起こし枯死させます。新規作用機構を有することから、抵抗性雑草の対策にも有効です。また、同じ白化作用を有する4-HPPD阻害剤(ピラゾレート、テフリルトリオン等)と相性が良く、混合することで飛躍的な相乗効果を示します。

除草剤分類

33

除草剤の作用機構分類(HRAC)においても新規コード33 (作用機構:HST阻害)で掲載され、注目されています。

新規有効成分サイラ配合製品ラインナップ

水稲用一発処理除草剤

ジェイソウル

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

ジャスマ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・400FG

リサウェポン

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・400FG

ウルティモZ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ・350FG

水稲用中・後期処理除草剤

バイスコープ

1キロ粒剤

ルナクロス

1キロ粒剤

ソニックブームZ

1キロ粒剤

ガンクロスZ

1キロ粒剤

ソニックブーム

ジャンボ

ガンクロス

ジャンボ



**三井化学クロップ&ライフ
ソリューション株式会社**

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。



®を付した商標は三井化学クロップ&ライフソリューション(株)の登録商標です。



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充され、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 日本のスマイレ	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

1 ～ 2 ユーザ 5000 円 / 年 × ユーザ数

法人向け コース

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

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤

ISHIHARA
BIO
SCIENCE



ランコトリオンナトリウム塩がSU抵抗性雑草に効く!

- ・3.5葉期までのノビエに優れた効果
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果
- ・無人航空機による散布も可能(1キロ粒剤)



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

セナイチ MX 1キロ粒剤 / ジャンボ

フルパグー MX 1キロ粒剤 / ジャンボ

スエーデン A 1キロ粒剤

ヒエックル A 1キロ粒剤

フルチャー ジャンボ

フルイニグ ジャンボ

タイズミドル 1キロ粒剤

乾田直播 専用 **ハードパンチ** DF

石原バイオサイエンスの
ホームページはこちら▶



●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。

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
<https://ibj.iskweb.co.jp>

2024年度 水稲除草剤適正使用キャンペーン

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湛る田面水のこと。

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。

このキャンペーンに協力、推進しています。

アピロクロウMX

サラブレッドGO

イザナギ

シキリ

イネリーグ

セーダジャガー

ウィードコア

セーダプラス

エンペラー

セナイチMX

フルパグー

フルパグーMX

フルチャー

フルイニグ

カウンシル エナジー

デオレ

カウントダウン

バトラーZ

カラット

フルパグーMX

フルチャー

フルイニグ

フルパグー

フルパグーMX

フルチャー

フルイニグ



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

2024年度キャンペーン協賛会社

ISK 石原産業株式会社

ISF イスファーストバイオテクノロジー

科研製薬株式会社

協友アグリ株式会社

クミアイ化学工業株式会社

CORTEVA agriscience

syngenta

住友化学

日産化学株式会社

NICHINO 日本農薬株式会社

バイエル

北興化学工業株式会社

三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

詳細はHPへ! <https://www.japr.or.jp/>



公益財団法人日本植物調節剤研究協会

私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。

大好評の除草剤ラインナップ

新登場!

レオセータ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

新登場!

ゼータジャガー 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

新登場!

バットウZ 1キロ粒剤
フロアフル シヤンボ

新登場!

ゼータプラス 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 200Fg

マスラオ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

ゼータタイガー 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 300Fg

ズエモン 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

メガセータ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 400Fg

忍 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

ドニチS 1キロ粒剤

®は登録商標です。

農業・肥料に関する
総合情報サイト「e-農力」や
各種SNSにてB5



〒103-6020 東京都中央区日本橋2丁目7番1号
お客様相談室 0570-058-669
(または ☎ 03-6630-3322)

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

大地のめぐみ、まっすぐくへ
SCG 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 乳剤

ムギレンジャー 乳剤

丸和 **ロックス**®

果樹向け除草剤

シンバー® **リバー**®

芝生向け除草剤

アトラクティブ® **ユニホップ**®

サベルDE **ハーレイDE**

緑地管理用除草剤

ハイバーX 粒剤 **パワーボンバー**®

除草剤専用展着剤

サファガードWK 丸和 **サファガード30**



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
TEL03-5296-2311 <https://www.mbc-g.co.jp>

第58巻 第4号 目次

- 1 巻頭言 毒性学の進展
原田 孝則
- 2 微生物除草剤の歴史と今後の展望
泉 真隆・岡崎 伸
- 8 農業用ドローンによる安全かつ的確な散布飛行のために
島田 和彦
- 18 〔シリーズ・野菜の花〕 サツマイモ
境垣内 岳雄
- 21 〔田畑の草種〕 ^{くさくさ}牛繁縷(ウシハコベ)
須藤 健一
- 22 淡路島におけるタマネギ雑草防除の思い出(2)
大西 忠男
- 26 〔連載〕 標本は語る 第8回 標本ラベル
早川 宗志
- 28 〔統計データから〕 飼料作物の作付(栽培)面積(令和5年産)
- 29 〔判定結果〕 2023年度常緑果樹関係 除草剤・生育調節剤試験判定結果
(公財)日本植物調節剤研究協会 技術部
- 31 〔連載〕 研究センター・試験地紹介 #12 研究所 試験研究部
金久保 秀輝
- 34 広場

No.111

表紙写真 『ウシハコベ』



道ばた、畦畔、畑地、林地などに生育し、やや日陰の湿った土地に生育するナデシコ科の冬生一年草。茎は分枝して広がる。上部の葉は葉柄が無く大型で、葉の基部は茎を抱く。開花期は4～8月。(写真は©浅井元朗, ©全農教)



子葉は披針形で先が尖る。第1対生葉は広卵形。



葉身は卵形～心形で無毛。



白い5弁花は2深裂し、10弁のように見える。



種子は長さ1～1.2mmの扁平な腎形。表面にいぼ状突起がある。