

植調

JAPR Journal

第57巻

第8号

水稻除草剤試験での薬害評価におけるドローン空撮画像の利用 大段 秀記

ドローンによる空撮画像を用いた水稻除草剤試験における

生育抑制評価法に関する検討 宮原 克典

乾田直播水稻の限界播種深度について 荻原 均

農薬使用による水生生物への生態リスクの全国的な変動の見える化 永井 孝志

FAO56モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析 今野 智寛



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)

しつこい畑地雑草を きれいに抑えます!



作用性の異なる3種の除草剤の混合剤です。

大豆、小麦・大麦、とうもろこし、ばれいしょ、にんじんの雑草防除に

クリアター

乳 剤 細粒剤F



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

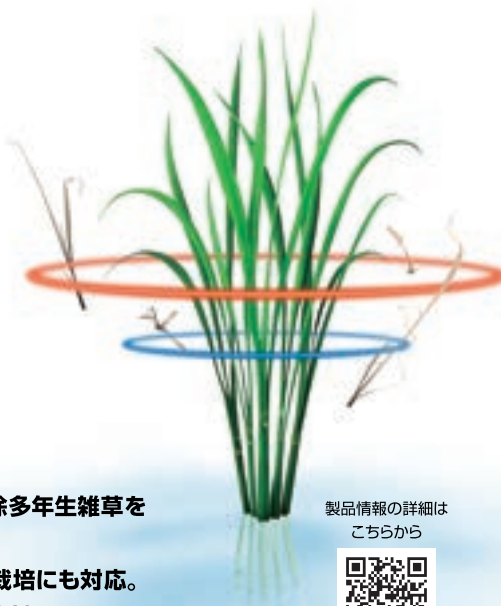


自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社 東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL.03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

©クミアイ化学工業(株)の登録商標



ボデーガードプロ



**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。

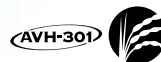


一発でノビエ、難防除多年生雑草を
しっかり除草。
鉄コーティング直播栽培にも対応。
次世代の水稲用除草剤
「ボデーガードプロ」は
多角化・大規模化に貢献します。

製品情報の詳細は
こちらから



JAグループ
農協 全農 経済連
は登録商標 第4702318号



●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。
●本剤は小児の手が届く所には置かないで下さい。 (R)ボデーガード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://cropscience.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



SNSの発展とそこにある Diversity & Inclusion

公益財団法人日本植物調節剤研究協会 評議員
日本農業株式会社 執行役員 市場開発本部長
奥村 博

私が社会人となった 90 年代初めのコミュニケーションはまだ F2F の面談が常識で、固定電話で顧客と打ち合わせするのさえ「礼を欠く」と教えられました。緊急で宛先の多い連絡やルーティーンの注文などがやっと FAX に切り替わったくらいの時代です。その後、Email が登場し、ポケベルに慣れたかと思ったら「マルサの女」で観た携帯電話があつという間に日常のものとなりました。そして BlackBerry を筆頭にスマートフォンが台頭し、遂には Apple の iPhone の販売開始から世の中が大きく様変わりしました。ハードの技術革新に伴ってソフトも恐ろしいスピードで発展し、SNS が普通の人の普通のコミュニケーション手段となりました。

何事にも光の部分と影の部分がありますが、以前は影にあったものが光を浴びるようになったように感じています。以前は「Silent Minority」という言葉がよく使われました。「声なき弱き者」という意味合いで社会的弱者を指します。それが今は「Noisy Minority = 声を上げる少数派」があらゆる SNS 媒体で自らの存在や主張、不満や不平を声高に叫ぶようになりました。例えば昨今流行りの LGBT 論争や活動もやはり SNS 媒体で声を上げ世論形成に注力しています。様々な声が表に出る事は D&I の側面からも歓迎したいのですが、その内容については眉を顰める部分が多々あります。90 年代から始まった「農業は悪」といった煽情的な非科学的なジャーナリズムに似たものを感じます。当時はそう言った記事も新聞や週刊誌が主体で判りやすい嘘や出鱈目が多く一定以上の知性や知識のある読者であれば信じることもありませんでした。しかし、今は IT 技術の発展で事実と嘘に、嘘が事実に見事に加工・修正されます。亡くなった美空ひばりが新曲を紅白で歌ってから数年で加工技術は飛躍的発展を遂げ、政治家や著名人がまるで本当に話しているかのような動画が作成され SNS で拡散され、存在しない火山が爆発し暴動が起き、秘密結社が隕石を使って世界を滅亡に導く。実

際、「見事」と言いたくなるような画像処理・演出で拍手してしまう程の出来栄です。政治的な意図を持った者達が画策したのもあれば、単なる愉快犯も居るでしょう。恐ろしい事にそれを信じて拡散する人も沢山いる事です。そして嘘が事実になっていく。いや、それが事実と信じる人にはやはりそれが事実なのでしょう。いやいや、それを信じない私が間違っているかも知れませんね。

さて、D&I は身近な所でも見られます。COVID で海外出張が厳しく制限された 3 年間で所謂ビデオ会議が盛んになりました。ビデオ会議ソフトも急速に改善されて大雑把な議事録も作ってくれるし録画も取れて参加出来なかった人も後で時間を見つけて視聴できる。賛成派は「何時間も飛行機に乗って週末を潰して出張しなくても良くなった。自分や家族との時間が増えた。体の負荷も減った。」と言い、一方、反対派は「やはり F2F じゃないとニュアンスが通じない・わからない。やはり出張は楽しい。」と。色んな意見がありますね。どっちが正しいかという議論もこれからはどっちも正しい、或いはどっちでも良いという Diversity を認める世の中になるのでしょうか。自分の意見や価値観が自由に表現出来るようになり、それに同意・共鳴する人達と容易に繋がるようになる世界です。それを良しとする人達もいれば、それこそが分断の種だと憤る人もいます。

昨今は逆に「Silent Majority = 静かなる多数派」という言葉も使われるようになりました。現状に（そこそこ以上）満足し急激な変化を求めない層です。この層もやはり Diversity の一つですが、なぜか D&I を求める Noisy Minority の標的にされがちです。もう少し D&I のコンセプトが成熟すると双方が受け入れ合うのかも知れませんね。でも私が生きている時代では無理かな。

水稲除草剤試験での薬害評価におけるドローン空撮画像の利用

農研機構九州沖縄農業研究センター
大段 秀記

はじめに

農業登録に係る薬効・薬害試験では、試験に供試される薬剤の効果及び薬害を客観的なデータで示す必要がある。除草剤の効果については、処理の一定期間後の残草重量が調査され、客観的なデータとして利用される。一方、処理後の薬害の症状や程度については目視調査が行われており、最終的には収量調査によるデータが示されるものの、評価者による主観によるところが大きい。また、水稲を対象とした試験では暑い時期の調査となり、試験区が多い場合には圃場に設置した細い足場を歩いて一つ一つの処理区を調査しなくてはならず、多大な労力を必要とする。そのような背景から、省力的で客観的な薬害評価方法の開発が望まれている。上空から圃場を俯瞰的に撮影できるドローンは、試験圃場の観察に利用できると考えられるが、未だ確立された調査方法はない。

ドローン利用に関する研究開発は目覚ましく、センシング分野では生育診断、病害虫の早期発見技術の開発が進んでいる。一般的な空撮用ドローンには可視光カメラが搭載されているが、センシング用ドローンでは、複数波長の反射率画像が撮影できるマルチスペクトルカメラや熱画像カメラも搭載可能である。これらのカメラを使用すれば、可視光カメラでは捉えることができない情報を取得することが可能であり、例えば植被率や植生指数などの数

値データの算出も可能である。そこで、実際の水稲用除草剤の薬効・薬害試験圃場を対象にドローンで空撮を行い、空撮画像の解析結果と評価者による目視調査の評価を比較し、ドローン空撮画像を利用した薬害評価方法の可能性を検討した。なお、本稿は「九州の雑草」第51号に掲載された「ドローン空撮画像解析による水稲除草剤試験での薬害評価」を再構成したものであることをご了解いただきたい。

調査対象圃場及び耕種概要

試験は2020年に実施した。6月11日に移植した植調福岡研究センター（福岡県久留米市）の水稲用除草剤の適1試験圃場（約90a）を対象とした。薬剤処理区は191区で、各区3反復であった。無処理区は13反復、対照区は16反復であった。試験調査枠は $1.8\text{m} \times 2\text{m} = 3.6\text{m}^2$ であった。

ドローンによる空撮の概要

可視光画像、熱画像、マルチスペクトル画像による薬害評価方法の可能性を検討するため、以下の2台のドローンを使用して空撮画像を取得した。

① ANAFI Thermal（Parrot 社、以下AT）

ATは可視光カメラと熱画像カメラを搭載しており、両カメラを切り替えて各画像を撮影することができる。可視光カメラは2100万画素の画像を取得可能で、熱画像カメラは $-10 \sim +$

400°C まで測定できる。飛行操作に利用したフライトアプリは、可視光カメラによる自律飛行での連続撮影にはPix4D Capture（Pix4D 社）、手動による静止撮影にはFreeFlight6を使用した。熱画像カメラを利用した撮影は、手動による静止撮影のみとしてFreeFlight6を使用した。自律飛行による連続撮影の高度は30mとし、静止撮影は任意の高度で行った。

② P4Multispectral（DJI 社、以下P4M）

P4Mはマルチスペクトルカメラを搭載し、可視光及び5波長（青、緑、赤、レッドエッジ、近赤外）の画像を取得できる。フライトアプリはGSPro（DJI 社）を使用し、高度30mで自律飛行による連続撮影を行った。計画では、6月22日から7月末まで定期的に撮影する予定であったが、P4Mのカメラトラブルのため、6月22日（移植後11日目）、7月22日（移植後41日目）、7月31日（移植後50日目）の3回のみの撮影とした。

空撮画像の解析

連続撮影画像の合成、マップ化するためのマッピングソフトにはPix4Dmapper及びPix4Dfields（いずれもPix4D 社）を利用した。解析に利用する植生指数は、最も代表的な正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index、以下NDVI）とした。各調査枠のNDVIの算出にはPix4Dfields及びフリーソフ

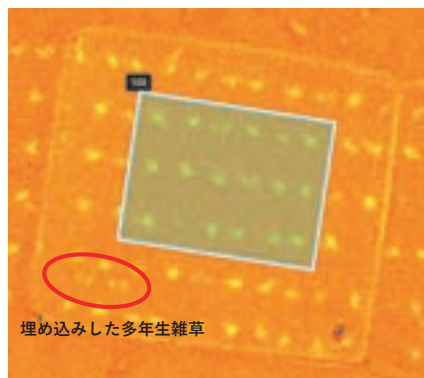


図-1 マッピングソフト上で調査枠内のNDVIを算出するために範囲指定した様子

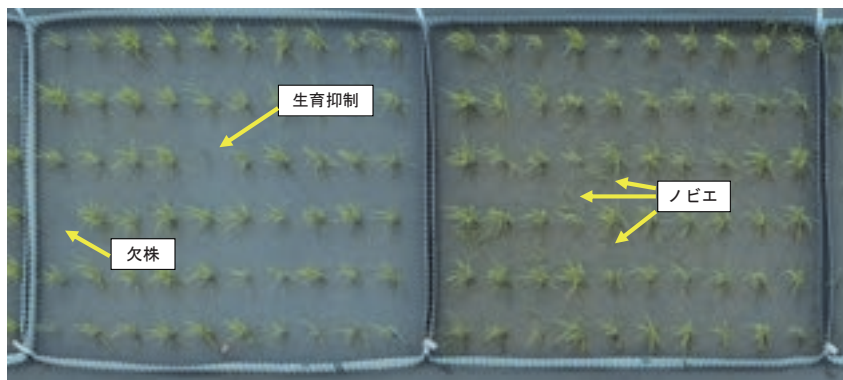


図-2 高度約10mから可視光カメラで撮影した調査枠内の静止画像(7月1日にATで撮影)

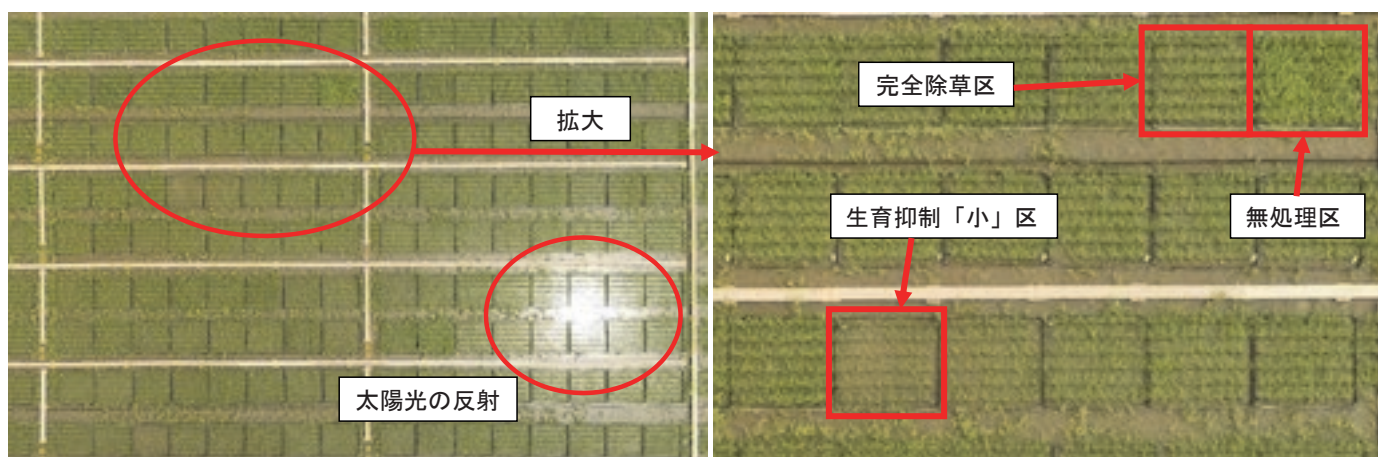


図-3 高度約56mから可視光カメラで撮影した静止画像(7月9日にATで撮影、左は全体、右は拡大)

トのQGISを利用した。各調査枠内には6条の水稲が含まれるため、両端の2条を除き、さらに、1条目と2条目の条間に多年生雑草が埋め込まれているため、それを含まないように3～5条目の3条を含む0.9m×1.2mの枠内(図-1)で算出した。

薬害の目視調査

薬害の目視による害徴程度の調査(以下、目視調査)は、福岡研究センターが行う通常の見視調査で、移植後10日(+10, 6月21日), 24日(+24, 7月5日), 40日(+40, 7月21日)に実施された結果を利用した。

可視光画像による薬害の評価の検討

1回目の目視調査である移植後10日前後では植物体が小さく、また、田面水による太陽光の反射の影響が大きいことから、空撮画像による初期薬害や処理区間差の検出は困難であった。2回目の目視調査に近い移植後20日目に取得した高度約10mからの可視光画像を図-2に示す。水稲や雑草の生育が進み、水稲と雑草の識別や欠株、生育抑制株の確認が可能である。雑草の種類の識別については、ノビエと広葉雑草という大まかな識別は可能であるが、個別草種の識別は困難である。移植後28日目に高度約56mからの

可視光画像を図-3に示す。残草の多少や水稲の生育の良し悪しなどを視覚的に捉えることは可能であるが、草種の識別は困難であり、水稲の生育を定量的に評価することも難しい。

熱画像による薬害の評価の検討

図-4に移植後41日目に取得した熱画像を示した。熱画像は水稲の生育差よりも水温の影響を強く受けており、処理区間差を判別することは難しい。特に、水口付近の水温は顕著に低くなり、熱画像を薬害の評価に利用することは困難である。

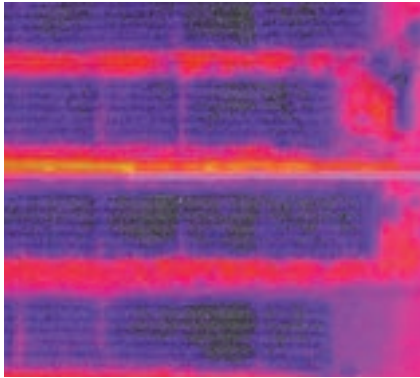


図-4 高度約17mから熱画像カメラで撮影した静止画像
(7月22日にATで撮影)

マルチスペクトル画像による 葉害の評価の検討

目視調査結果と空撮画像から算出したNDVIの対応関係を表計算ソフト(Microsoft Excel)で作成した箱ひげ図でまとめた図を図-5に示す。横軸は無処理区、完全除草区及び薬剤処理区の目視調査結果(0:葉害無, 1:葉害微, 2:葉害小)を表し、縦軸はNDVIである。目視調査日とドローンの空撮日が一致しなかったため、6

月21日の目視調査結果と6月22日のNDVI, 7月5日の目視調査結果と7月22日のNDVI, 7月21日の目視調査結果と7月22日及び7月31日のNDVIの対応関係を示す。

6月21日の目視調査結果と6月22日のNDVIでは明確な傾向は認められないが、それ以外では、目視調査で葉害ありと判定している処理区ほどNDVIが小さい傾向が認められる。また、完全除草区と薬剤処理区を比較すると、完全除草区の第一四分位(25パーセンタイル)よりも小さい場合に葉害微(目視調査で1と判定)、最小値よりも小さい場合に葉害小(目視調査で2と判定)と判断している傾向にある。そこで、このNDVI基準、

つまりに完全除草区の第一四分位よりも小さいNDVIになった場合に葉害微、最小値よりも小さいNDVIになった場合に葉害小、と機械的に薬剤処理区の調査枠を判定した結果(以下、NDVI基準結果)と目視調査結果との一致程度を図-6に示す。

目視調査結果とNDVI基準結果が一致(± 0)した割合は、6月21日の目視調査結果と6月22日のNDVI基準結果では約35%と低かったが、それ以外の組み合わせでは60%以上となった。特に、調査日がほぼ同じ7月21日の目視調査結果と7月22日のNDVI基準結果との一致割合は約74%と高かった。7月5日の目視調査結果と7月22日のNDVI基準結果、

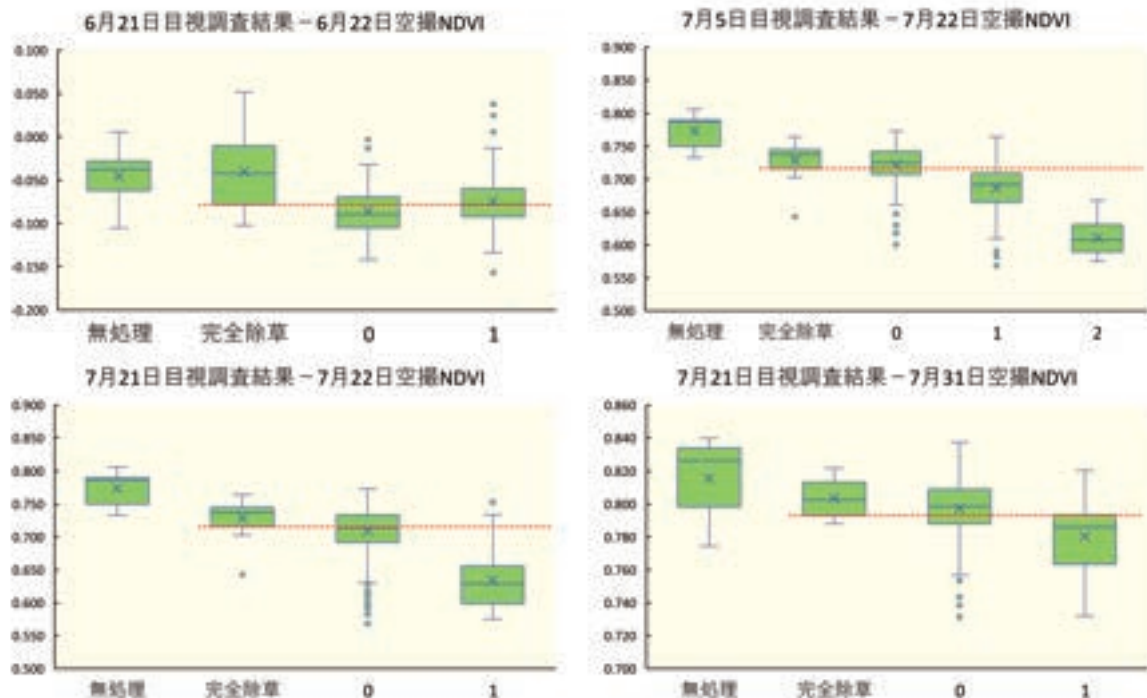


図-5 葉害の目視調査結果とNDVIの対応関係
(横軸の目視調査結果で、0は葉害無, 1は葉害微, 2は葉害小を表す。縦軸は調査枠内のNDVI)

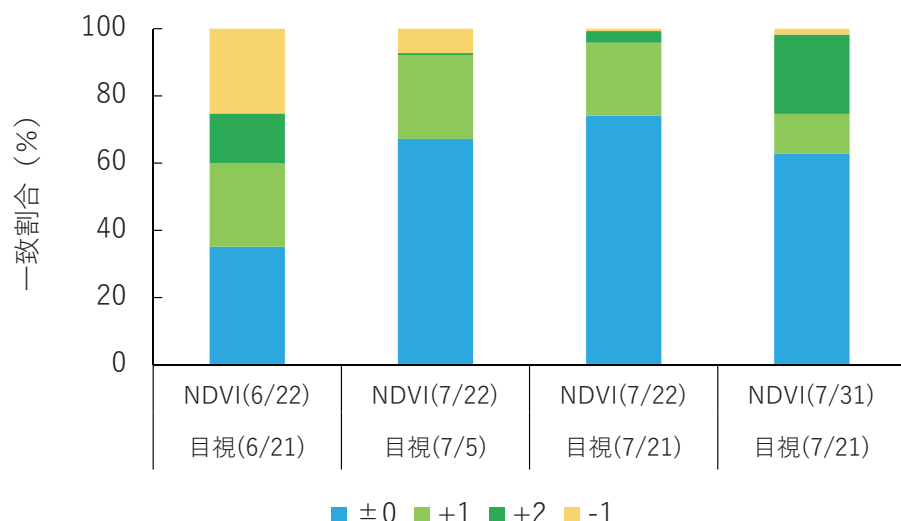


図-6 葉害の目視調査結果と空撮画像から算出した NDVI 基準で機械的に判定した結果との一致割合

(「NDVI」は括弧内の日付で取得した NDVI 基準で機械的に判定した結果を表し、「目視」は括弧内の日付で行った目視調査結果を表す。±0 は一致した割合、+1 は NDVI 基準が目視調査より一段階重く判定した割合、+2 は同二段階重く判定した割合、-1 は同一段階軽く判定した割合を示す。)

7月21日の目視調査結果と7月31日の NDVI 基準結果については、調査日にタイムラグ（前者が17日、後者が10日）があるため、一致割合はやや低くなった可能性がある。

6月21日の目視調査結果と6月22日の NDVI 基準結果については、調査日が近いにも関わらず他の組み合わせと比較して明らかに低かった。調査日が移植後約10日ということで植物体が小さく、空撮画像では明確な生育差を検出できなかったと考えられる。また、葉鞘褐変等の害徴はマルチスペクトル画像では検出が困難であった。

7月5日及び7月21日の目視調査結果と NDVI 基準結果が一致しなかった処理区については、目視調査結果よりも NDVI 基準結果のほうが、葉害程度を大きく（+1 または +2）判定する傾向が高く、一致割合が最も高かった7月21日の目視調査結果と7月22日の NDVI 基準結果では2段階大きく判定（+2）した割合は約3%であった。

まとめ

移植後10日程度では水稻の植物体が小さく、ドローンの空撮画像を葉害調査に利用することは困難であったが、移植後3週間程度であれば、可視光カメラを利用して10m程度の低高度から撮影した静止画像から調査枠内の欠株、生育抑制株、残草状況の把握が高精度で可能であることがわかった。ただし、葉鞘褐変や葉身の黄化等の害徴の把握は難しい。また、高度30mでの自律飛行で撮影した画像から生成したオルソ画像では、個別の枠内の詳細な状況把握は難しいものの広範囲を俯瞰的に確認することは可能であった。

マルチスペクトル画像から算出した NDVI を基準にした葉害判定結果は、水稻の生育が一定程度進めば目視調査結果と高い一致割合を示したことから、有用性はあると考えられる。ただ

し、完全除草区の第一四分位（25パーセンタイル）を判定基準として利用しており、完全除草区を一定数設定する必要がある。また、NDVI は太陽高度や天気（晴れか曇りか）の影響を受けるため、絶対値での判定は難しい。

今回の試験では目視調査日に合わせてドローン空撮画像の取得ができなかったが、同日のデータによる検証を複数年行えばさらに精度は高まると期待される。それでも、従来の目視調査を完全に代替することは難しいかもしれないが、客観的なデータによる判定ができることから評価者の違いによる「フレ」はなくなる。また、調査時の試験調査枠の状況をデジタル情報として省力的に保存可能で、後から再検証できることは大きなメリットである。

※本成果は（公財）日本植物調節剤研究協会「植物調節剤の研究開発事業に関わる試験研究課題」によって行ったものである。また、目視調査結果については、福岡研究センターから快くご提供いただいた。ここに記して感謝します。

参考文献

大段秀記 2022. ドローン空撮画像解析による水稻除草剤試験での葉害評価. 九州の雑草 51, 10-13.

ドローンによる空撮画像を用いた 水稻除草剤試験における生育抑制 評価法に関する検討

福岡県農林総合試験場 豊前分場
宮原 克典

新植物調節剤実用化試験は、水稻除草剤試験実施基準（植調協会）に基づいて実施されており、薬効はもちろんのこと、薬害程度についても評価する必要がある。水稻の薬害は、草丈、茎数、葉色などの形質に現れるが、数多くの試験区を同時に評価する適用性試験において、すべての試験区の生育調査（草丈、茎数、葉色など）を経時的に行うことは困難であることから、評価者の観察による達観調査を中心に評価することとなる。

薬害には、枯死に至るような重篤な場合もあるが、草丈、茎数、葉色にわずかな変化が認められる軽微な場合が多く、達観調査による判定には評価者の熟練による高いスキルが求められる。そのような中、安定した薬害評価を行うために、評価基準の確立や評価の補助となる客観的な指標の構築が待望されている。

近年、ドローンが急速に普及したことにより、比較的手軽にドローンによる空撮が行えるようになった。空撮画像を用いることにより、ほ場全体を一枚の画像に収めることが可能になるため、対照区と隣接していない試験区でも、容易に対照区との比較ができることが期待される。また、上空から撮影する画像を用いることで、試験区ごとの植被率の算出が可能となり、さらに近赤外カメラの使用により植物の活性を表すとされる Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) などの植生指数を算出できることから、生育量を客観的なデータを用いて

数値化することが可能となる。水稻では、既に NDVI を指標に、草丈や茎数などの推定や倒伏リスクの診断が可能であること（濱ら 2016; 田中・佐藤 2016）や、NDVI と草丈に高い相関が認められること（濱ら 2018）が報告され、NDVI と生育量の関係については知見の蓄積が進んでいる。このことから、ドローンと画像解析を活用することにより、薬害評価の指標の構築につながる可能性が期待されている。

福岡県農林業総合試験場では、2020 年度に日本植物調節剤研究協会の「植物調節剤の研究開発事業に関わる試験研究課題」を活用し、ドローンによる空撮画像を用いた水稻の除草剤による生育抑制評価法について検討した。この研究では、除草剤適用性試験実施ほ場をドローンで撮影し、試験区における水稻の占有率を示す植被率および NDVI を算出し、これらの指標を用いて薬害を評価できるかについて検討を行った。

福岡県内の豊前分場、農産部、植調福岡研究センター（植調福岡）での適 2 試験などを中心に、通常の達観による調査とドローンでの撮影を並行して行い、その関係について評価した。試

験区の概要を以下に示した（表 -1）。

今回の試験では、薬害の中でも水稻の生育量が抑えられる生育抑制について評価することとした。薬害には、葉鞘や葉身の褐変や白化など生育量で表現することが難しいものも存在するが、今回の試験では、こうした薬害が単独で発生する事例は認められなかったことから、考慮する必要が生じなかった。また、除草剤無処理区を除いて、いずれの区においても雑草の発生はほとんど認められなかったことから、雑草の影響についても考慮する必要はなかった。なお、除草剤無処理区は雑草の影響で稲の植被率や NDVI を評価できないことから、今回の調査対象から除外した。

調査方法は、各試験区について、ドローンで撮影した画像から植被率および NDVI (dNDVI) を算出した。田中ら (2021) の方法に準じ、植被率は撮影した画像を Metashape professional v1.5 (Agisoft 社) でオルソモザイク画像化し、QGIS 3.0.1 (オープンソース) の Semi-Automatic Classification Plugin の教師付き分類機能を用いて算出した。NDVI は、近赤外カメラを用いて作成した画像

表 -1 試験区の概要

試験場所	設置した区の概略
豊前分場	・一発処理剤（3 種類）を用いた 16 区
農産部	・一発処理剤×生育調節剤(組み合わせにより 4 水準)による 14 区
植調福岡	・一発処理剤 {21(5月14日撮影)+17(5月21日撮影)} ×3 反復

※基準区として、それぞれの試験場所においてピラゾレート粒剤を用いた完全除草区を設置
※農産部の生育調節剤は薬害軽減を目的とした

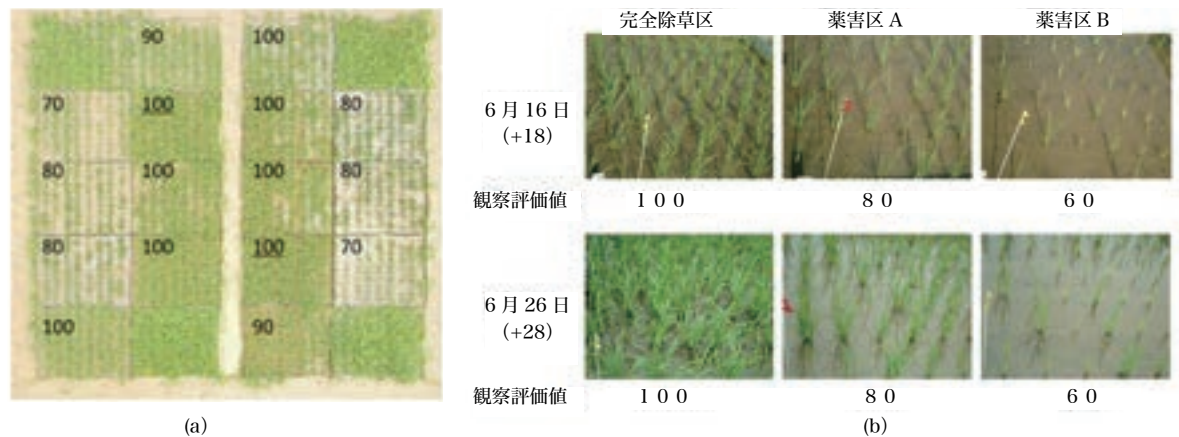


図-1 ドローンから撮影した空撮画像(a)と評価者の目線から撮影した画像(b)
※数字は評価者が観察により評価した観察評価値で、完全除草区に対するイネの生育量を百分率で示したもの(宮原ら 2021)

を同様の手法でオルソモザイク画像化し、(近赤外域の反射率(IR)-可視域赤の反射率(R)) / (IR + R) の式で算出した。また、農産部の試験区においては、上記の植被率、NDVIに加え、小型携帯型NDVI測定器 GreenSeekerHandheld Crop Sensor (株式会社ニコン・トリンプル、以下 GreenSeeker) を用いた NDVI(gsNDVI) も同時に測定した。これらの数値と目視による評価との関係を調べるために、評価者がほ場で各試験区の生育量を達観で評価した。豊前分場および農産部における評価は、完全除草区に対する生育量を割合(%)で「観察評価値」として示した。さらに、農産部の試験区では、水稻の草丈および茎数を測定した。植調福岡では、葉害の程度を「0」:害徴なし、「1～5」:害徴がわずかにみられるが、生育量は無処理区と変わらない、「6～15」:生育量が抑制され、葉害と認められる、「16～25」:生育量が強く抑制され著しい葉害と判定される程度、とする指数を用いて評価した。

まず、ドローンで撮影した豊前分場ほ場の空撮画像をオルソモザイク化した画像と評価者の目線から撮影した写真を図-1に示した。各区画の数値はほ場から生育量を達観で評価した観察

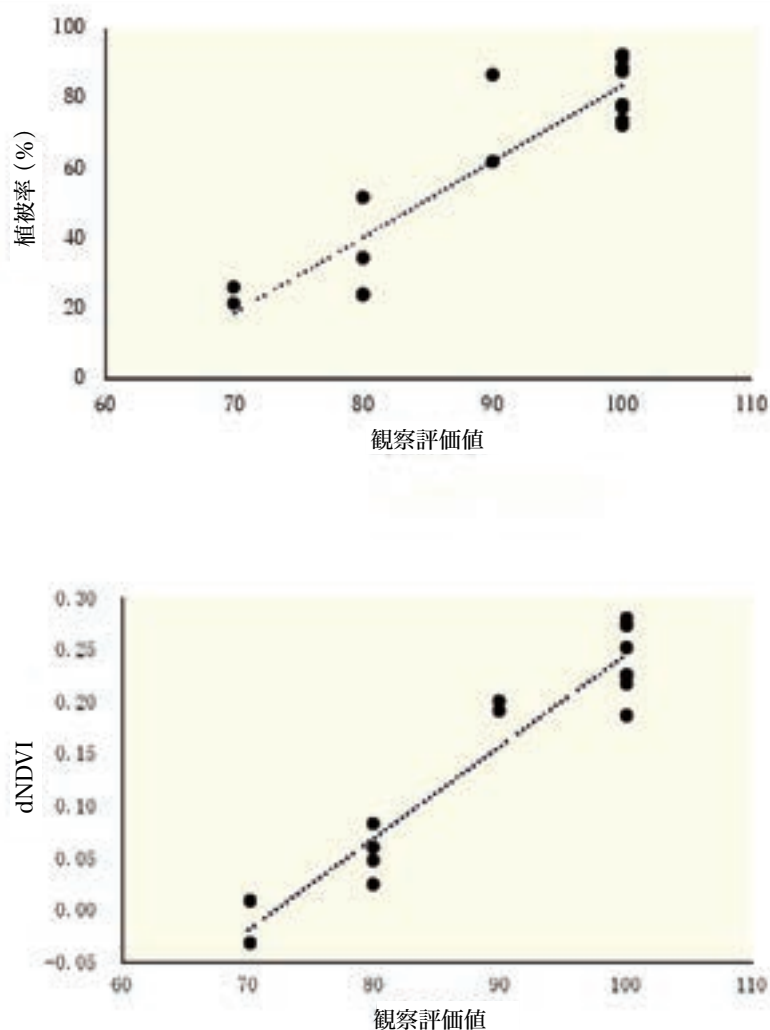


図-2 達観で評価した観察評価値とドローン画像から算出した植被率、dNDVI の関係 (宮原ら 2021)

表-2 観察評価値、植被率、dNDVI、gsNDVIの相関係数(農産部)

	観察評価値	植被率	dNDVI	gsNDVI
観察評価値	1	0.73**	0.83**	0.76**
植被率		1	0.89**	0.73**
dNDVI			1	0.78**
gsNDVI				1

※**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意な相関があることを示す(宮原ら 2021)

表-3 草丈および茎数に対する観察評価値、植被率、NDVIの相関係数(農産部)

	観察評価値	植被率	dNDVI	gsNDVI
草丈	0.74**	0.60 *	0.66 *	0.62 *
茎数	0.73**	0.65 *	0.69 **	0.74 **

※**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意な相関があることを示す(宮原ら 2021)

評価値で、完全除草区に対して生育量が低下している(100未満)と評価された試験区においては、空撮画像からも生育量が少ないことが確認できる。観察評価値に対する、植被率やNDVIとの関係を見ると、いずれも高い相関が認められているほか(図-2)、観察評価値、植被率、dNDVI、gsNDVIは、いずれも互いに高い相関があることがわかる(表-2)。草丈および茎数との関係においても、達観評価の生育量、植被率、dNDVI、gsNDVIはいずれも有意な相関を示しており、実測値である草丈や茎数と達観評価である観察評価値、画像から算出された植被率とNDVIの高い相関があることが確認された(表-3)。

このように、水稻の実際の生育と達観による評価、植被率やNDVIなどの植生指数はそれぞれに相関があり、植被率やNDVIなどが達観評価や生育調査に替わる葉害の判断基準として活用できる可能性を感じられる結果となっているように見える。しかしながら、個々のデータを細かく確認してみると、達観評価では葉害がわずかにあると判定した試験区の植被率やNDVIが、達観評価で葉害無しと判定した区の値よりも高くなるなどの逆転が起

こっている試験区も複数認められることがわかる(図-2)。達観評価では、全体の生育量はもちろんのことであるが、葉色や茎葉の太さなどについても加味するほか、試験区内で不均一な生育をした場合には、発生の頻度や偏りなどを観察することで、それが葉害によるものであるか、またはそれは全体としてどの程度の影響がありそうなのかについて、総合的に判断する必要がある。これに対し、植被率やNDVIは試験区内の平均値を利用しており、葉害に個体間のばらつきなどが生じている場合には、単純にその数値を葉害程度そのものとするのは適切ではないとも考えられる。

植調福岡では、すべての試験区において達観調査における葉害程度が低く、葉害程度の分布に偏りが生じており、植被率との相関も低かった(データ略)。植調福岡では、達観評価の指数が細分化(25段階)されている上に、今回の評価は葉害の軽い部分「1～5」に分布していたことにより、植被率では達観評価で認識したわずかな違いを識別できなかったことが相関を低くした要因の一つであると考えられた。このことから、植被率による、葉害程度の実用的な評価方法を確立する

ためには、葉害程度の「強～弱」のような、基準となる試験区の設置を検討する必要があると考えられる。

ドローンを用いた葉害程度の判定が達観調査に代替するためには、単純な試験区の平均値による植被率やNDVIの算出では不十分であると、今回の結果からは判断せざるを得ない。一部の株に生じた変化や、茎葉に現れるわずかな影響も加味して判断する達観調査に相当する判定をドローンで代替するためには、植被率やNDVIの平均値を用いる方法ではなく、個別の株に発生した葉害の程度と頻度を計算式に反映させる方法などについて、さらなる検討が必要と考えられた。今回は、マルチスペクトルカメラなどを用いなければ得られないNDVIを用いた評価を検討したが、高価なマルチスペクトルカメラを必要としないRed Green Blue (RGB) (高橋 2023) や Green Red Vegetation Index (GRVI) (北島ら 2022) による生育診断も試みられており、いずれも生育量との相関が認められるなど、ハイスpekクな装置を必要としない手法の実用性も確認されている。このことは、ドローンを用いた生育診断の普及を後押しすると考えられ、今後もさらなる技術の発展が期待される。これまでに、ドローンを用いた生育診断について、多くの取り組みがある中で、NDVIやGRVIなどの植生指数と水稻の草丈の相関が高いとする報告が数多く見られる(村井ら 2016; 濱ら 2018; 辻野ら 2019; 北島ら 2022)。除草剤による葉害にはさ

まざまな症状があるが、水稻が受けたダメージが草丈に反映される例は一般的に認められることから、植生指数を活用した評価法の確立には今後も期待したい。

最後に、改めてドローンで撮影した試験区の写真を眺めてみると、葉害程度の傾向を把握するには非常によいツールであることが感じられる。刻々と変化するほ場における、その瞬間の状態を一枚の画像に収めて記録することが出来る空撮画像は、ドローン無しでは得ることが難しかった貴重な客観的情報である。実際に遠観で葉害程度を評価する際に、離れた場所にある基準区の状態と比べながら評価する困難性には毎度悩まされるが、改めてドローンで撮影した一枚の画像でほ場の状況を確認することにより、自分の感覚と客観的情報を照合できることは非常に心強い。その瞬間の自分が何を見てその評価にたどり着いたのかを、よ

り鮮明に呼び起こさせてくれる画像情報は、評価する担当者の立場としても心強い後ろ盾となる。前述のように、実際にはほ場から試験区を眺め、全体の様子、個々の作物の様子を観察して評価することは欠かせないが、空撮画像と併用することで得られるメリットは十分に大きい。ドローンの普及という身近な技術革新を活用することで、空撮画像やそこから得られる植生指数といった客観的なデータを容易に手にすることが出来る環境を最大限活用することで、評価の精度をさらに安定させる技術に発展することが期待される。

引用文献

濱侃・早崎有香・望月篤・鶴岡康夫・田中圭・近藤昭彦 2016. 小型 UAV と SfM-MVS を使用した近接画像からの水稻生育モニタリング. 水文・水資源学会誌 29, 44-54
濱侃・田中圭・望月篤・新井弘幸・平田俊之・八幡竜也・鶴岡康夫・近藤昭彦 2018. UAV リモートセンシングおよび日射量を用いた水稻の草丈と収量の推定. 水文・

水資源学会誌 31, 68-82

北島陽・角田憲一・佐々木由佳 2022. ドローンを使った可視光画像による水稻の生育評価. 日本作物学会東北支部会報 65, 19-20.
宮原克典・田中美咲・奥野竜平・石丸知道・柴戸靖志 2021. ドローンによる空撮画像を用いた水稻の除草剤による生育抑制評価法の検討. 福岡県農林業総合試験場研究報告 7, 60-65.

村井諒平・島田沢彦・関山絢子・豊田裕道・貝澤太一 2016. ドローン航空画像を用いた水稻生育状態の把握. 日本リモートセンシング学会誌 36, 117-120.

高橋信行 2023. 低価格ドローン RGB 画像による水稻生育診断の検討. 日本作物学会講演会要旨集 255, 148.

田中圭・佐藤昭彦 2016. 小型マルチコプターを用いた近接リモートセンシングによる水稻生育マップの作成. 日本リモートセンシング学会誌 36, 373-387.

田中美咲・濱侃・鶴崎幸・柴戸靖志 2021. キャベツほ場の生育を株単位で把握するためのドローン空撮方法と画像解析手法. 日本リモートセンシング学会誌 41, 375-385.

辻野和彦・深井弘一・後反克典 2019. UAV を用いた水稻の生長モニタリングと土壤栄養分との関係. 写真測量とリモートセンシング 58, 196-202.

乾田直播水稻の限界播種深度について

農研機構本部
みどり戦略・スマート農業推進室
荻原 均

水稻の乾田直播は古くて新しい技術である。平成6年（1994年）に農林水産省が水稻の直播栽培を稲作の低コスト化、省力化および規模拡大を実現するための重要な技術（キーテク）と位置づける以前から平成20年頃まで、ほぼ5000ha程度の面積で乾田直播栽培が行われていた（図-1）。湛水直播栽培の面積を上回る面積であったが、これはほとんど岡山県の児島湾干拓地に限定されていた。平成8年（1996年）から直播栽培をその面積の15%を転作面積にカウントする制度が始まり、直播栽培が増加する大きなインセンティブとなった。また同年にシハロホップブチル剤が登録され、雑草管理への対応策が整っていったことも大きな要因である。しかし、この時期から増加するのは主に湛水直播栽培であっ

た。湛水直播栽培については、この時期に過酸化カルシウム剤の粉衣、専用条播機による播種、播種後落水管理とそれに対応できる除草剤という3つの技術要素が苗立ちを安定させる技術として確立されていったことが普及を促進したと考えられる（荻原2019）。

一方の乾田直播栽培は平成20年（2008年）頃から緩やかに増加しはじめ、平成29年（2017年）以降急速に増加している。この間には湛水直播栽培面積が減少していることから、湛水直播からより省力的な乾田直播への移行があったと推測される。V溝直播技術（愛知県2007）やドリルシーダーを利用したプラウ耕乾田直播（農研機構2016）の普及もあると考えられるが、近年急速に進んでいる特定の担い手への農地の集積によって大面積

に対応しやすい乾田直播が見直されたと考えられる。また雑草制御技術が確立されたことにより、発芽や苗立ちに好適な条件で播種を行うことができる乾田直播が、農家が最も恐れる苗立ち不良による収量が激減するリスクを抑制できる点も評価された可能性がある。しかし、湛水直播のスタートアップ期に東北地方で行われたような系統だった調査が行われてはいないので近年の乾田直播普及の要因については著者の推測に過ぎない。

乾田直播は苗立ちに有利

乾田直播では湛水や代かきをしていない土壌に播種を行う。このような条件では土壌は酸化的状態にあり、適度な温度と水分があれば種子の発芽には

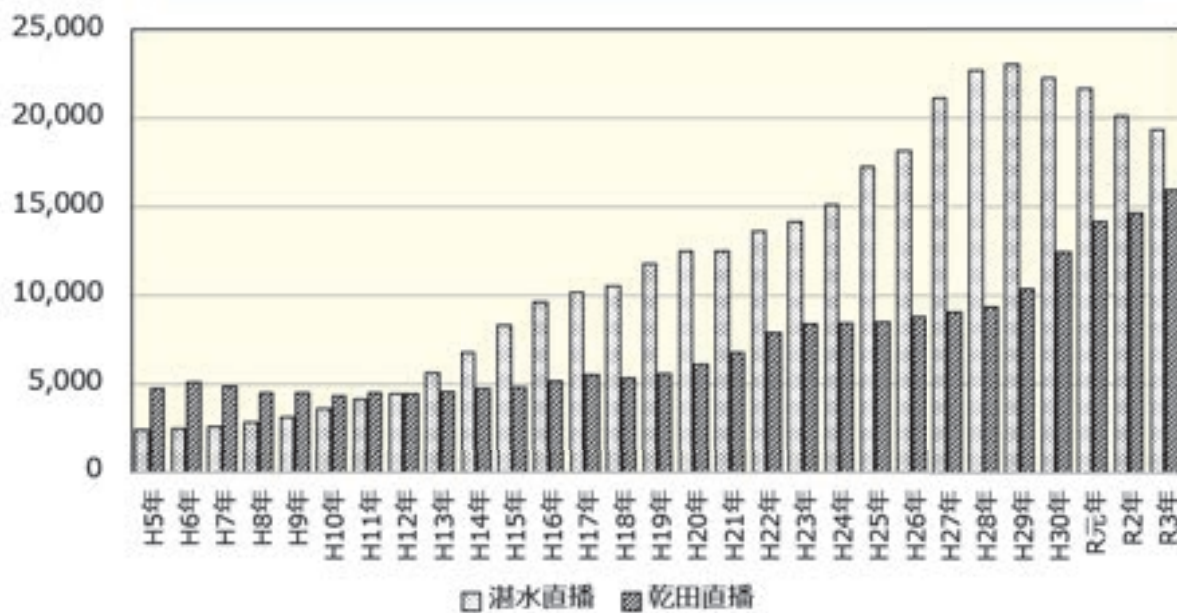


図-1 直播面積の推移（農林水産省のデータから作成）



図-2 汎用不耕起播種機 (NSV-600) とそれを牽引するトラクター

好適な条件となる。イネは湛水した土壌のような無酸素状態や還元状態であっても発芽する能力を持つ比較的小数派といえる植物種である。しかし無酸素条件や還元条件では発芽後に光合成できる本葉が展開する「苗立ち」までに時間がかかり、その間に枯死するリスクも高くなる。水稻であっても酸化的条件の方が苗立ちにいたる率は高くなる。

乾田直播において苗立ちを安定させる鍵となるのが播種深度である。乾田直播には先に挙げたドリルシーダーを利用したプラウ耕乾田直播技術やV溝直播技術、また著者らが取り組んだディスク駆動式汎用不耕起播種技術など多様な技術体系があり、各種のマニュアル等が公表されている。それらは共通して適切な播種深度を確保することが苗立ち数を確保する上で重要であるとしている。それらのマニュアルで指導されている播種深度はおおむね1.5cmから5cmにおさまっている(長野間 2011)。ディスク駆動式汎用不耕起播種機の場合は2～3cm、東北地域のドリルシーダーによる播種では1.5cm程度、V溝播種機では3～5cmであった。この数値の幅は、後述するように、足場の悪いほ場内を重量のある播種機が比較的高速で走行しながら行う作業としてはたいへんに厳しいものである。なぜ水稻の乾田直播ではこのような狭い範囲の播種深度に播種しなければならないのかを明らかにする

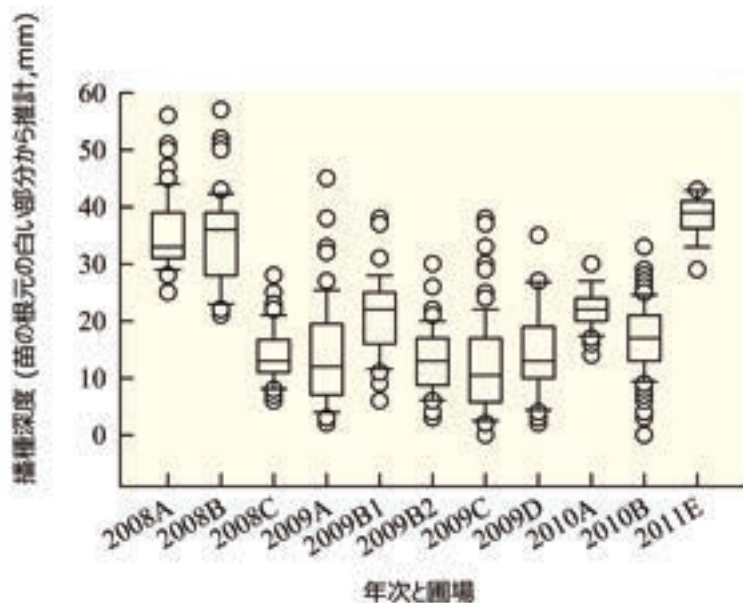


図-3 汎用不耕起播種機で播種した圃場で採取した苗の播種深度(非緑化部分の長さ)の分布(圃場試験)

年次とアルファベットで一つの圃場。箱内の横線が中央値、箱の下端と上端は25と75パーセンタイル値、エラーバーの下端と上端はそれぞれ10と90パーセンタイル値を示し、独立した点は外れ値を示す。(荻原と大下 2021 から引用し一部改変)

ために、わが国の代表的な品種であるコシヒカリを用いて試験を行った。

圃場で出芽した苗の堀取り調査

ディスク駆動式汎用不耕起播種(図-2)を用いて茨城県つくばみらい市およびつくば市のほ場で2008年から2011年まで4年間で延べ11回の播種を行い、第2葉から第3葉が展開した時期に堀取り調査を行った。掘りとした苗の初めの付け根から白色部分の上端までの長さを播種深度として計測した結果を図-3に示す。概ねマニュアルの範囲の播種深度におさまっているものの、当該機種を扱い慣れた熟練者が調整しても図示するようなバラツキが生じていた。

これらのほ場からサンプリングした苗について、白色部分の長さを播種深度として、鞘葉の長さ、第1葉(不完全葉)の長さ、第2葉鞘の長さから播種深度を引いた値をそれぞれの先端の地表面からの位置として、播

種深度ごとにプロットしたものが図4である。図-4ではy軸の0が地表面を示しており、先端位置の点が0より上にあるものはその器官の先端が地上に出ていることを示し、0以下の場合には先端が地表に届いていなかったことを示している。

播種深度が30mm以下だった場合は、鞘葉は先端(●)が地表に届いたところで成長を停止し、第1葉がそこから10～15mm程度抽出していた(○)。この時第2葉鞘の先端(▼)は地表から20～40mm上であった。播種深度が30mmを超えると鞘葉の先端が地表に届かない個体が増えはじめ、40mmを超えると第1葉の先端も地上に届いていない個体が増加して、第2葉鞘の位置が急激に低くなっていった。播種深度が50mmに達すると第1葉が地上に届かず、第2葉鞘で出芽していた。しかし、播種深度が50mmに達すると生存個体が少なく、ほ場試験ではその出芽の状態を明らかにするのは困難と考えられた。

図-4に図示した中茎、鞘葉、第1葉、

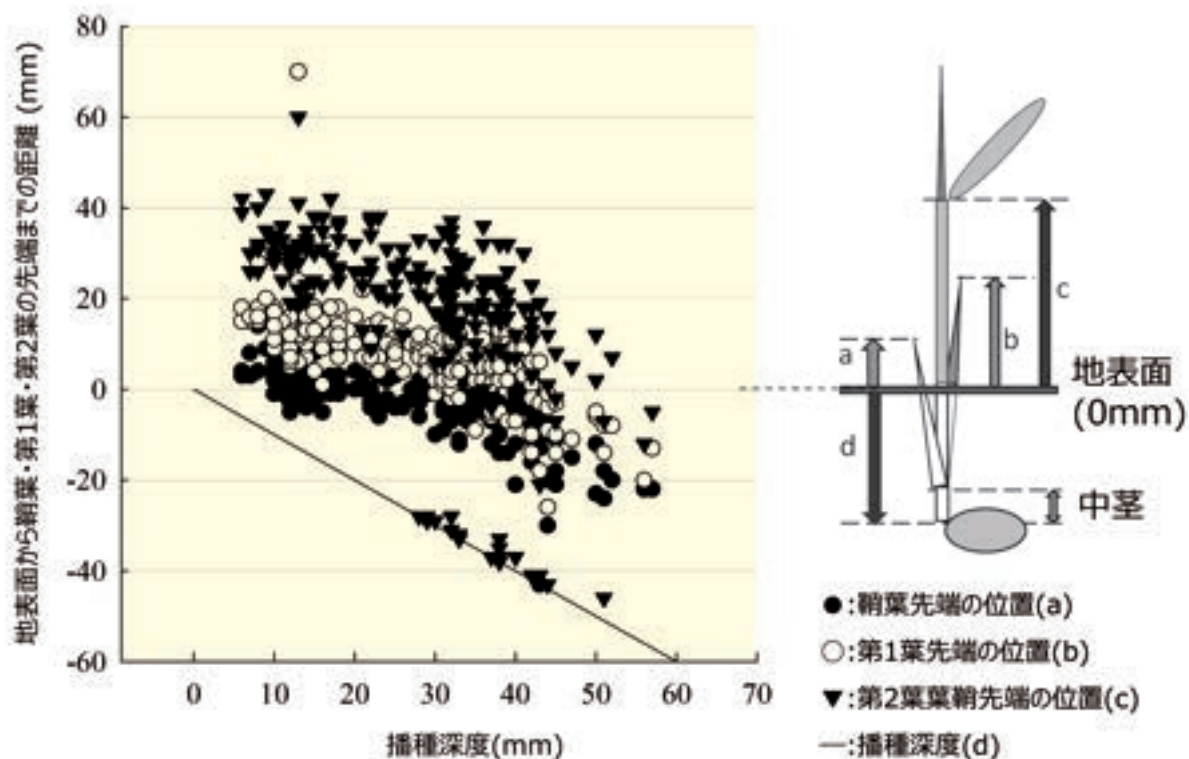


図-4 汎用不耕起播種機で播種した場合の鞘葉、第1葉（不完全葉）、第2葉葉鞘先端の地表面からの位置と播種深度との関係（圃場試験）（荻原と大下 2021 から引用し一部改変）

第2葉葉鞘の長さは、播種からサンプリングまでの積算温度は関係なく一定の長さで成長が止まっていたことから（データ省略）、これらの器官の長さは播種深度にあわせて調節されていると考えられた。

プラスチックカップを用いた最適条件での播種深度と出芽の様子

圃場試験では播種深度が深かった場合のサンプルを得ることが困難だったため、市販のPET製プラスチックカップを利用して人工気象機内での苗立ち試験を行った。水田土壌を乾燥させてふるいをかけて使用した。播種したプラスチックカップを直接水に入れると土壌が水分過剰となって種子近傍が還元状態となってしまったため、播種深度を変えても播種位置から水位線までが10cmとなるように、カップを2つ重ねて上側のカップに播種することとした（図-5）。播種後は12時間明

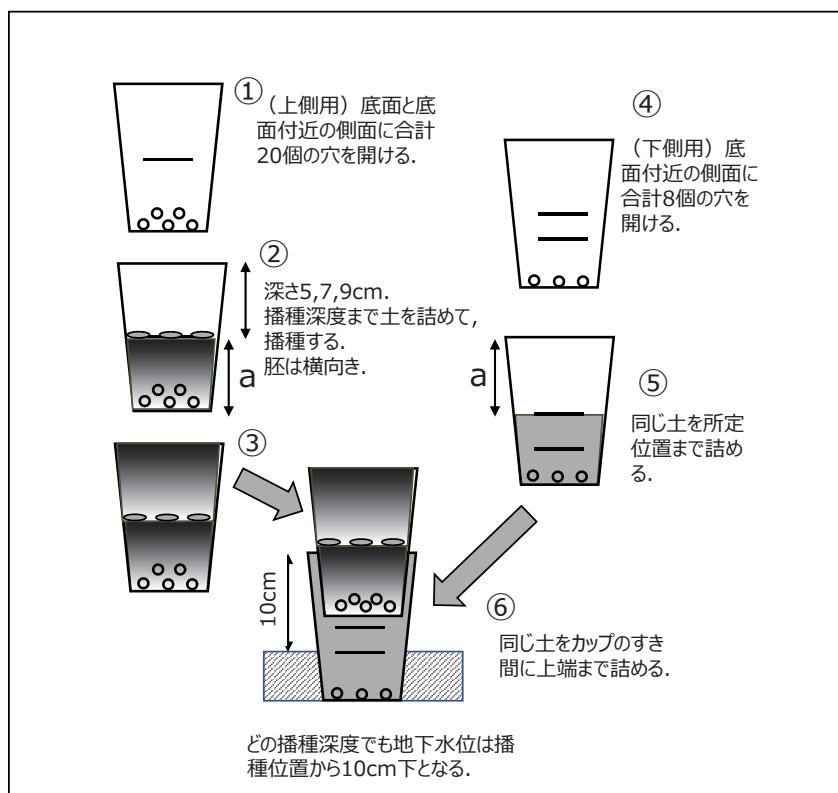


図-5 プラスチックカップを用いた最適条件での出芽試験（荻原と大下 2021 から引用し一部改変）

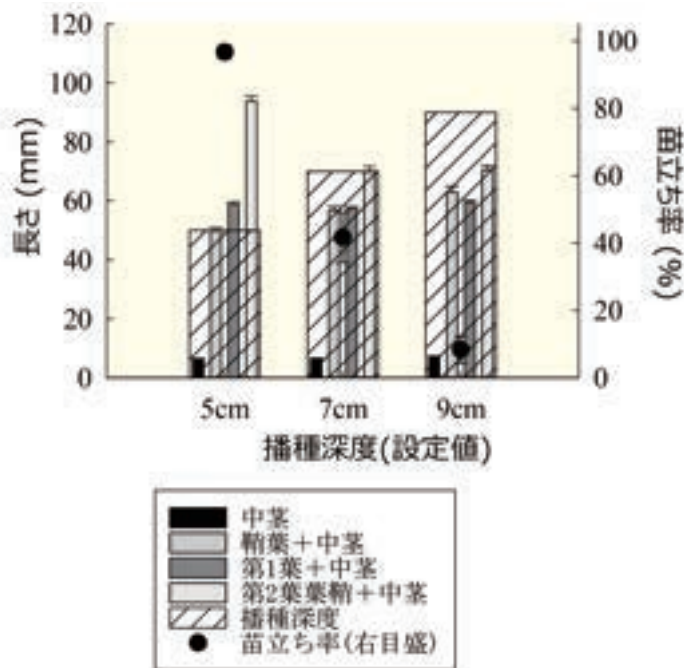


図-6 プラスチックカップを2段重ねした場合 (プラスチックカップ試験) の中茎, 鞘葉, 第1葉, 第2葉葉鞘長と苗立ち率
図中のバーは±標準誤差。
(荻原・大下 2021 から引用し一部改変)

／暗条件の28℃の人工気象機にいれ、地下水位を一定に保った。この条件では、試験期間中は白金電極で種子近傍の酸化還元電位を定期的に測定したが、どの播種深度でも500mVを下回ることにはなかった。

土壌が酸化的で発芽や生長に好適な温度と水分がある条件における播種深度と中茎, 鞘葉, 第1葉, 第2葉葉鞘の長さとの関係を図-6に示す。この図では播種深度の網掛けの中は土中であることを示している。播種深度が5cmの場合には鞘葉の先端が地表面に届いて第1葉, 第2葉とも地上に出ていることを示しており、苗立ち率も100%に近い値となった。播種深度が7cmとなると鞘葉と第1葉は地表面に届かなくなり、第2葉の葉鞘が辛うじて地表面に達している状況であった。苗立ち率も50%以下となった。さらに播種深度が9cmとなると、このような好適な条件であっても鞘葉, 第1葉, 第2葉は地表面に届か

なくなり、出芽できないため、苗立ち率は10%以下となった。

まとめ

以上のように乾田状態でのコシヒカリの播種深度は、好適な温度と水分条件であっても5cm程度が限界であることが明らかとなった (図-6)。この5cmという値は鞘葉あるいは第1葉が地上に届く限界値によって規定されていると考えられた。

イネは無酸素条件でも鞘葉だけは伸長することができ、水面や水面近くの酸素の豊富な層に鞘葉が達してシュノーケルのように酸素を取り込むことによって第1葉以降の本葉や種子根を伸長させることができる。湛水条件では鞘葉を伸長することができないコムギやオオムギは湛水条件で出芽苗立ちすることはできない。湛水条件では鞘葉の伸長が生死を分ける必須の機能であるが、乾田直播でも鞘葉の伸長が

重要であることが再確認された (古畑 2015)。

鞘葉と第1葉 (不完全葉) は先端が尖った錐状の形態で、土壌を貫通する力も強いことが知られている。播種深度が5cm以内の場合には、鞘葉や第1葉は先端部が地上に届いた段階で成長を停止し、第2葉が鞘葉と第1葉が作った空隙を伸長して、地表から3～5cmの位置で葉身を展開して十分な光合成を行えるようになる、というシナリオである。実際にほ場に播種して苗立ちした苗を計測した結果では、播種深度3cm程度から苗立ちした苗の第2葉葉鞘の位置が低くなり始め、播種深度が4cmを超えると苗立ちした個体が急激に減っており (図-4)、このシナリオの有効性をよく示していた。

先人たちが試行錯誤の中で作業精度、低温や長雨などの不良環境による苗立ち低下のリスクを勘案して経験的に導き出し、これまで長年にわたって指導されてきた乾田直播で苗立ちを安定させるためには播種深度は2～3cmという値の背景には、コシヒカリ等の日本のイネ品種の鞘葉と第1葉を伸ばすことのできる限界値があることが明らかとなった。

前提となっているイネの遺伝的な要因が改善されれば、作業精度の許容度も大きくできるはずである。イネの深播き耐性の検定は先行論文では4cm～7cmで行われている。一方、オオムギやコムギの深播き耐性の検定では播種深度12cmで行われ、日本のオオム

ゴの場合は供試した並性品種の半数が80%以上、コムギの遺伝資源の検定でも半数の品種が50%の以上の苗立ち率を示したことが報告されている。イネの畑状態における深播き耐性は明らかにオオムギやコムギに劣ると考えられる。そのために水稻の乾田直播ではオオムギやコムギより高い播種精度がもとめられる結果となっている。

本試験で用いたディスク駆動式汎用不耕起播種機は適切な播種深度に高精度で播種できるよう開発されてきた。習熟したオペレーターが入念な設定を行っても図3のようなバラツキが生じていた。播種深度設定の前提となっているイネの遺伝的な要因が改善されれば、作業精度の許容度も大きくできるはずである。乾田直播適性として深播

き耐性のある品種の育成が望まれる。

水稻の栽培は移植栽培でも直進アシスト田植機や自動運転田植機の普及が進んで、移植作業そのものは高度に機械化が進み、人手がかからなくなってきた。一方で移植作業では苗箱の移動作業は人手に頼っており、試算では1日に3t近い重量を移動させてことになる。少子高齢化による人手不足は深刻であり、今後苗箱の移動に係る人手を確保し続けていけるかどうか疑問である。この状態を解消するには直播栽培の導入と普及を図る必要がある。乾田直播で播種機を牽引するトラクターにも直進アシスト機能や自動運転機能を搭載している機種 of 普及が始まっている。スマート農業機械は高額であるため、汎用利用が欠かせない。

その一方で待ったなしで進行している農地の特定の担い手への集積に対応するためにも乾田直播技術は今後も増加を続けると考えられる。

参考文献

- 愛知県 2007. <https://www.pref.aichi.jp/nososi/seika/singijutu/singijiyutu74-4-7.pdf>
- 古畑昌巳 2015. 日本作物学会紀事 84:418-425.
- 長野間宏 2011. 農業技術体系（農文協）作物編・追録第33号 351-359.
- 農研機構 2016. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/tarc/030716.html
- 荻原均 2019. 農業及び園芸 94:314-324.
- 荻原・大下 2021. 日本作物学会紀事 90:382-392.

農薬使用による水生生物への生態リスクの全国的な変動の見える化

農研機構農業環境研究部門

永井 孝志

はじめに

農薬は安定した食物生産に必要な資材として広く使用されているが、水田で使用された農薬が排水に伴い河川に流出した場合等に、本来農薬の標的ではない水生生物への悪影響が懸念される（この悪影響の程度と発生可能性を「生態リスク」と定義）。現在わが国では、農薬取締法に基づく「水域における生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準」（以降、農薬登録基準）の制度により、農薬の水生生物に対するリスク評価に基づいた個別農薬の基準値の設定が順次進められている。また、2018年の改正農薬取締法による再評価制度の下、基準値の再評価も始まっている。

農薬全体の使用量は減少傾向にある一方で、農薬の種類は逆に増加しており、農薬の「少量多種類化」が進んでいる。種類が少ない時代には個別の農薬のリスクを評価すれば十分であったが、「少量多種類化」時代においては一つ一つの農薬のリスクは低くても多種類の複合影響の懸念が増加し、リスク評価のあり方にも変化が起きている。実際に、茨城県桜川の農薬モニタリング調査によると、田植え後の水稲用農薬の使用ピーク時に最大で30種類以上の農薬の有効成分が同時に検出されている（Iwafuneら2010）。

このような状況において、個別の農薬のリスクを評価するのみでは生態リスクの全体像は把握できなくなっ

ている。そして、過去から現在までのリスクの推移や農薬の代替によるリスク全体の変化を見ることなしに特定の農薬だけを問題視し、その農薬さえやめればよいといった世の中の風潮には大きな疑問を抱かざるを得ない。すなわち、農薬全体の生態リスクを定量的に示してその変化を可視化することにより、どこで何をどう変えれば農薬全体の生態リスクを効率的に低減できるのかを示すことができると考えられる。

さらに大きな動きとなっているのが、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」であり、「化学農薬の使用量（リスク換算）を50%低減」という政策目標が掲げられている。このリスク換算では、各有効成分の使用量をリスク係数（許容一日摂取量別に3グループに分けられ決定）で補正して合計する手法が提案されているが、生態リスクについては現時点で未検討である。

以上のような背景の下、筆者は以下のような問いに答えるための生態リスク評価手法を開発してきた。

- ・現在の農薬全体の生態リスクはどれくらいか？
- ・少量多種類化によって農薬全体の生態リスクはどう変化したか？
- ・地域毎の生態リスクの違いはどのくらいか？
- ・環境保全型農薬の生態リスク低減効果はどのくらいか？

本記事ではこの手法の具体的な適用例として、日本で使用されている主要な水稲用農薬67種による生態リスク

を全国の河川350地点で評価し、さらに1990年から2010年まで5年ごとの推移を評価した結果を紹介する。

1. 複数農薬による生態リスクの定量的な評価方法

化学物質による生態リスクを定量的に評価するために有用な手法が種の感受性分布である（農業環境技術研究所2016）。河川や湖沼などの水圏生態系には多種多様な生物が生息しているが、農薬の毒性は対象となる生物種によって極端に異なることが知られている。しかしながら、環境中に生息する全ての幅広い生物種に対する毒性試験を行って、毒性データを得ることは現実的には不可能である。一方で経験則により、多数の生物種の感受性は対数正規分布に適合することが知られており、図-1のように環境中濃度と影響を受ける種の割合の関係を一つの曲線で表現できるようになる。農薬の濃度がわかると影響を受ける種の割合が計算でき、この指標は生物多様性（種の多様性）にどれだけ影響があるか、という定量的な「生物多様性影響度指標」として位置づけることができる。また、種の感受性分布を農薬に適用する場合には、除草剤では藻類やウキクサ等水生植物に対する毒性が特徴的に高いため、一次生産者とそれ以外で分布が分かれ、殺虫剤は節足動物に対する毒性が特徴的に高いため、節足動物とそれ以外で分布が分かれることが知られている。詳しくは日本語で記載された技

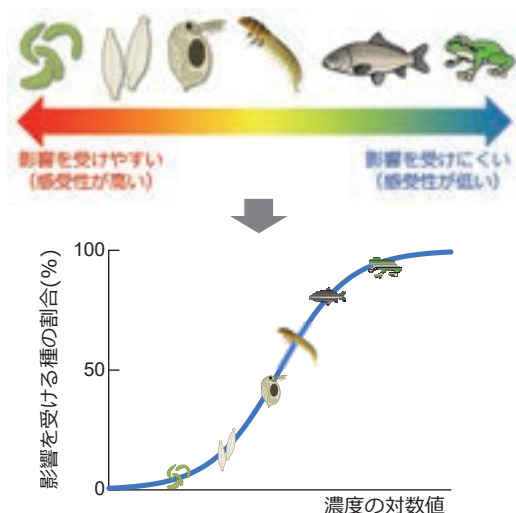


図-1 種の感受性分布の概念図。6種の生物を農薬によって影響を受けやすい順番に並べ、それぞれの種の毒性値に従って対数正規分布曲線に適合させた例を示す（注：この図はあくまで概念的な説明であり、生物種に対する感受性の順序は農薬の作用機作などにより大きく変化する）。

影響を受ける種の割合(%)		判定	計算結果が出力		環境中濃度を入力	
1	除草剤	10.1	リスク中			
農薬名	毒性値	計算平均	対数正規分布の毒性値	濃度 (ppb)	SSD	リスク
ベンシスフロリダール	B	3.27	3.84	3.430	0.024	0.000
イマズスルフロリン	B	6.10	3.16		0.183	0.000
ピラジスルフロリン	B	4.44	3.48		0.040	0.000
シグロスルフロリン	B	5.91	4.38		0.019	0.000
プロピリスルフロリン	B	7.29	2.79		0.058	0.000
ピリリスルフロリン	B	6.07	2.95		0.075	0.000
ピリリスルフロリン	B	10.96	0.25		0.052	0.000
ベンタリン	C1	3.53	0.85	0.797	0.212	0.009
ベンタリン	C3	9.66	0.75		12.081	0.001
キナラミン	D	3.79	0.76	0.762	0.112	0.012
オキサジアル	E	4.30	2.85	3.135	0.245	0.004
ベンタリン	E	2.69	3.29		0.027	0.001
オキサジアル	E	3.29	3.24		0.008	0.000
ピラジスルフロリン	E	4.68	3.32		0.087	0.001
ピラジスルフロリン	E	4.52	2.98		0.037	0.000
ピラジスルフロリン	F2	4.76	2.69	1.847	0.000	0.000
ベンタリン	F2	5.15	1.45		0.008	0.000
ピラジスルフロリン	F2	10.40	1.45		0.182	0.000
ピラジスルフロリン	F2	7.30	1.81		0.180	0.000
ピラジスルフロリン	H3	6.25	3.39	2.992	1.121	0.002

図-2 NIAES-CERAP を用いた除草剤の累積リスクの計算例

術マニュアルを参照願いたい（農業環境技術研究所 2016）。

生態リスクの定量的な評価法の活用については、2012年に本誌に掲載された筆者による解説記事（永井 2012）を参照願いたい。近年推進されている環境保全型農業では、農薬の使用回数を指標としてこれを低減する努力がなされているが、本来は低減の対象は「農薬使用」ではなく、農薬使用に伴う「生態リスク」でなければならない。そこで、農薬使用による生態リスクを防除体系毎に定量的に比較で

きるような新しいリスク評価手法を紹介した。

2018年に本誌に掲載された筆者による解説記事ですで紹介したように、種の感受性分布と既存の複合影響予測モデルを組み合わせることで、多数の農薬の複合影響も計算できる（永井 2018）。このような計算を簡便に行うために筆者が開発したのが「複数農薬の累積的生態リスク評価ツール：NIAES-CERAP（Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO — Cumulative Ecological

Risk Assessment of Pesticides）」である（https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/niaes/manual/079666.html からダウンロード可能）。本ツールは Microsoft Excel をベースとしており（図-2）、手持ちの環境中濃度を G 列のセルにそれぞれ入力すると、生態リスクの指標である影響を受ける種の割合の値が C2 のセルに表示され、その判定が表示される。主な水稲用農薬 68 種の SSD のパラメータ（Nagai 2016）がすでに入力されているため、必要な情報は濃度のみである。今後、解析可能な農薬数は増やす予定であり、さらに濃度予測モデルを内蔵することで、農薬のラベルにある使用方法などの情報を入力するだけでリスク評価ができるような改良も予定している。

2. 生態リスクマップの構築

農薬使用は地域によって大きな違いがあるため、どこでどのような対策を行う必要があるかの判断のために、農薬の累積リスクの地域変動をマッピングすることが有用である。ここでは全国の河川流量観測地点 350 地点で累積リスクを評価した事例を紹介する（Nagai ら 2022）。解析対象は、NIAES-CERAP がカバーしている 68 農薬とした。この 68 農薬は日本で使用されている水稲用農薬使用量の主要な割合をカバーしている。まず、68 農薬の環境動態に関わる物理化学性や

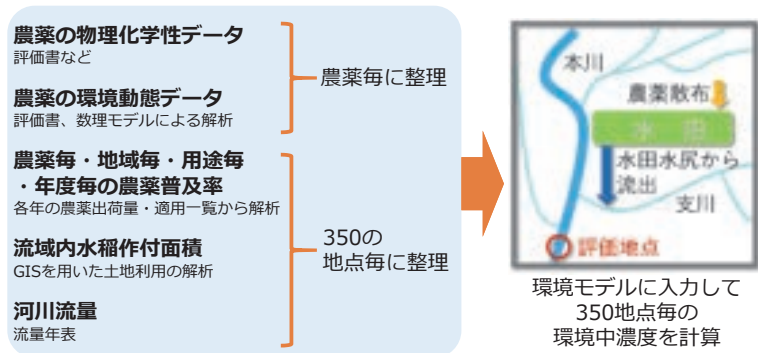


図-3 地点毎の環境中農薬濃度の計算方法の概要

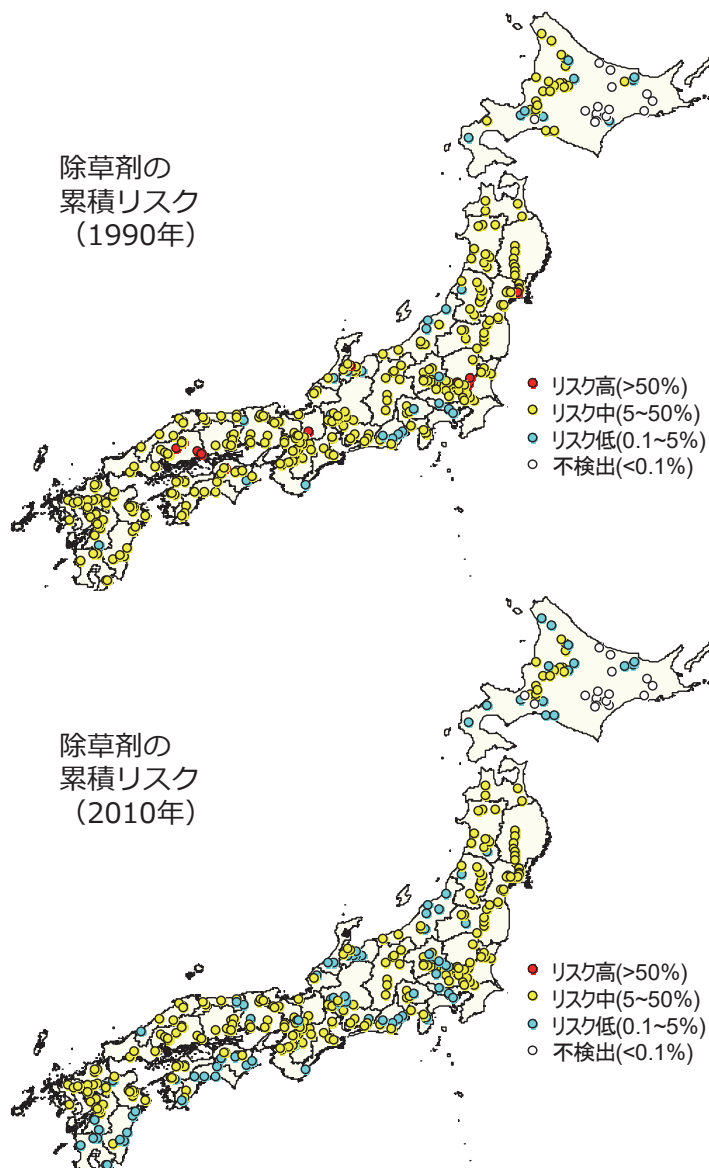


図-4 全国350地点における主要な水稲用除草剤33剤の累積リスクマップ（1990年と2010年ベースの比較）。NIAES-CERAPでは、累積リスクは影響を受ける種の割合に応じて暫定的に4段階で判定される（50%超：リスク高、5～50%：リスク中、0.1～5%：リスク低、0.1%未満：不検出）。

水質汚濁性試験のデータを整理した。また、350の評価地点毎に、農薬濃度に大きな影響を与える3つのパラメータ（流域内水田面積、河川流量、農薬普及率）についてのデータを整備し、環境省が定める農薬登録基準の設定で使用している環境中濃度予測モデルに入力して地点毎の農薬濃度を予測した（図-3）。これまでにこの手法による予測濃度と実測値はおおむね一致する結果が得られている（谷地ら 2017）。地点毎に各農薬の予測濃度を NIAES-CERAP に入力して累積リスクを計算し、日本地図上に表示した（図-4）。過去にわたる農薬出荷量や当時の適用一覧などの情報を用いて1990年から2010年までの累積リスクの推移を5年毎に調べた。

2010年ベースの除草剤の生態リスク指標としての「影響を受ける種の割合」について、リスク高の地点は無く、リスク中が243地点、リスク低が90地点、不検出が17地点であった。1990年ベースの場合はリスク高が13地点、リスク中が291地点、リスク低が31地点、不検出が15地点であった。このように、地域特性を考慮した対策を立てる際にこのようなリスクマップの構築が有用となる。

また、殺虫剤と除草剤のそれぞれの生態リスクについて、1990年から2010年まで5年毎の経年変化を図-5に示す。殺虫剤の場合は350地点の中央値ベースで23.6%から1.8%に減少し、減少率は92.4%となった。除草剤の場合は350地点の中央値

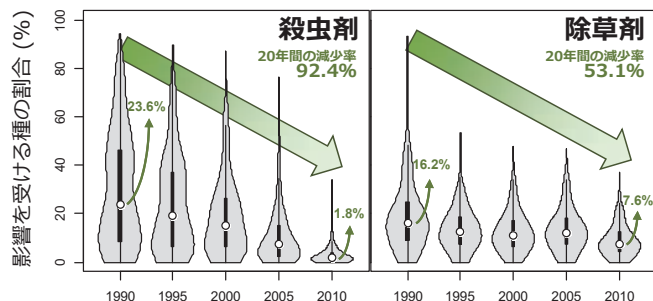


図-5 1990年から2010年にかけての5年毎の累積リスクの推移。350地点の累積リスクの分布はバイオリンプロットで示され、太い部分ほど多くの地点が集まっており、白丸が中央値、黒棒は全体の25%～75%が分布する範囲、黒線の下端と上端は最小値と最大値を示している。

ベースで16.2%から7.6%に減少し、減少率は53.1%となった。このように、20年の間にリスクが大きく低減してきたことが示されている。この大幅な低減は、農業メーカーによる低リスク農業の開発努力、水管理の徹底等による農業流出防止対策などの生産者によるリスク低減努力、国による農業登録制度の見直し（2005年からの「水産動植物の被害防止に係る農業登録保留基準」の設定）等によるものと考えられる。特に除草剤の場合は、トリアジン系除草剤の使用の減少、オキサジアゾンの一時登録失効、2006年以降の水稻用除草剤散布後の止水期間がそれまでの3-4日から7日間に延長されたこと、の3つがリスク低減に大きく寄与していた。水田での止水期間を4日から7日に延長することで除草剤の流出は1/2～1/10に抑えられることが知られている。

一方で、「みどりの食料システム戦略」で有機農業の取組面積の割合を耕地面積全体の25%に拡大するという政策目標が設定されているが、2010年の時点では0.4%にとどまっている。そのため、有機農業は1990年～2010年における生態リスクの低減にはあまり寄与していないと考えられる。

3. 野外生態調査による生態リスク評価の検証

例えば「影響を受ける種の割合が10%であった」という計算がなされた場合に実際の野外生態系で何が起こるのか？といった生態学的な意味付けは重要な課題である。河川などの実際の野外環境の調査を行うことで化学物質の影響を調べる生態疫学的な研究はこれまで多数行われている。例えば、オランダの農業用水路で261地点の生態リスクを評価して水路の生態調査のデータと比較を行った研究例があり、影響を受ける種の割合の値が10%を超えたあたりから種数に影響が見られている（de Zwart 2005）。

一方で、野外環境では地形や気象、流水などの物理要因、農業以外の化学物質や水質などの化学要因、他の生物との相互関係などの生物要因など、多種多様な要因による影響を同時に受けている。このようなマルチストレス環境であることに加えて対照区の設定が難しいこともあり、農業の生態影響を抽出することは困難であった。ところが、野外生物調査から農業の影響を検出するための河川生物指標が開発されるなど、近年の評価手法は大きく発展している。例えばSPEAR（SPECies At Risk）という生物指標は、全体の

個体数に対して農業によるリスクを受けやすい種の個体数の割合を%として指標化するものであり、この値が高いほど農業の影響が低い地点と評価される。ここでは筆者らが行った、実際の河川生態調査の結果を用いて除草剤の影響を評価する生物指標（SPEAR_{herbicides}）と種の感受性分布を用いた除草剤の生態リスク評価の結果を比較した事例（永井ら 2023）を紹介する。

2016年から2017年にかけて、農業の汚染状況が異なる複数の河川において付着藻類の調査を行った。付着藻類は河川水生生物の中で除草剤の影響を受けやすいグループである。この付着珪藻の中でさらに除草剤の影響を受けやすい種の存在割合をSPEAR_{herbicides}として計算した。さらに、調査地点において推定した多種類の農業濃度をNIAES-CERAPに入力して生態リスクを算出した。その結果、SPEAR_{herbicides}と影響を受ける種の割合の値は統計的に有意な相関関係があり、除草剤の影響の可能性が示唆された。ただし、野外生態調査は非常に労力がかかり多地点のデータを蓄積することが困難であるため、今後は河川水中に漂うDNAの配列を解析することによってその環境中の生物相を評価できる「環境DNAメタバーコーディング分析」（環境DNA学会 2021）の活用など、効率的なデータ収集が求められる。

4. 成果の活用に向けて

ここまで紹介してきた手法により、複数の農薬使用からなる生態リスクの定量的な比較が可能となった。これにより、「農薬の使用量を減らす」、「より低毒性の農薬に切り替える」、「農薬の流出防止対策をとる」などの管理対策を行った場合のリスク低減効果を事前に定量的に評価して、効率的な管理対策を選択できるようになる。また、河川水などの環境中農薬濃度のモニタリングは各地で行われているが、個別の農薬濃度の基準値との比較のみでなく、農薬全体としてのリスクの大きさを定量的に把握できるようになる。

リスクの定量的な評価は、便利であると共に様々な誤解も生みやすい。いわゆる数字が一人歩きする、という懸念である。累積リスクの評価結果を用いて適切な管理対策を考え、適切にコミュニケーションをとるためには、その意味を正しく理解する必要がある。累積リスクの現時点での最適な利用方法は、あくまでも効率的なり

スク管理対策を考える上で有用であるもので、値がいくつ以下であれば安全、いくつ以上なら危険、などの判断に用いるものではない。また、ある特定の農薬のリスクのみを評価して、何かの判断をすることは誤った判断につながる。ある特定の農薬の使用を低減しても、他の農薬に切り替えが起こった場合に、リスクが下がるのかどうかは明らかではなく、むしろ増えてしまう場合もある。農薬全体の累積リスクを評価することは、どんな管理をすればどのようなことが起こるのか、ということを考え適切な判断をするための手段である。

参考文献

- de Zwart D. 2005. Ecological effects of pesticide use in the Netherlands: modeled and observed effects in the field ditch. *Integr Environ Assess Manag*, 1, 123-134.
- 一般社団法人環境DNA学会 2021. 環境DNA: 生態系の真の姿を読み解く. 共立出版, pp281
- Iwafune T., Inao K., Horio T., Iwasaki N., Yokoyama A., Nagai T. 2010. Behaviour of paddy pesticides and major metabolites in the Sakura River, Ibaraki, Japan. *J Pestic Sci*. 35, 114-123.
- 国立研究開発法人農業環境技術研究所 化学物質環境動態影響評価リサーチプロジェクト 2016.【技術マニュアル】農薬の生態リスク評価のための種の感受性分布解析 Ver. 1.0
- 永井孝志 2012. 環境保全型農業と除草剤(農薬)の新たな生態リスク評価法. 植調 45, 451-459.
- Nagai T. 2016. Ecological effect assessment of 68 pesticides used in Japanese paddy field using species sensitivity distribution. *J. Pestic. Sci.* 41, 63-14
- 永井孝志 2018. 複数農薬のミクスチャー環境下における生態リスクの評価法. 植調 52(5), 12-17.
- Nagai T., Yachi S., Inao K. 2022. Temporal and regional variability of cumulative ecological risks of pesticides in Japanese river waters for 1990-2010. *J. Pestic. Sci.* 47, 22-29.
- 永井孝志, 稲生圭哉, 横山淳史 2023. 種の感受性分布による除草剤のリスク評価と河川生態調査による付着珪藻への影響評価との比較. 環境毒性学会誌 26, 15-24.
- 谷地俊二, 永井孝志, 稲生圭哉 2017. 全国350の流量観測地点を対象とした水田使用農薬の河川水中予測濃度の地域特異性の解析. 日本農薬学会誌 42, 1-9.

FAO56 モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析

宮城県古川農業試験場
作物栽培部
今野 智寛

はじめに

ダイズの単収向上を妨げている要因は圃場ごとに異なるが、様々な低収要因の背景には土壌の過湿や過乾燥が存在している場合が多い。そのため、低収要因の実態解明には、乾湿害の実態を明らかにすることが重要である。そこで、本研究では、FAO56 モデル (Allen ら 1998) で算出された土壌水分を利用して、乾燥害と湿害の両リスクを評価するための指標 (Wet Index, WI) を作成した。この指標を用いて、日本の乾湿害の実態を明らかにすることを目的とした。

なお、本報は、日本作物学会紀事第 89 巻 4 号 P.337-345 「FAO56 モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析」の報告を一部抜粋してまとめたものである。

試験の概要

2015 年から 2017 年の 3 か年で 16 道県の現地圃場から取得した合計 337 地点のデータを用いた (図 -1)。本研究では、各生育ステージにおける土壌の乾湿程度と収量の関係を順位相関分析の偏相関係数によって解析した。各生育ステージは出芽期から開花期までを 4 等分、開花期から成熟期までを 4 等分にした合計 8 のフェーズに分けて、同じフェーズ同士で地点間の比較を行った (表 -1)。収量及び土壌の調査は現地調査を実施し、生育ステージはアンケートによって調査した。また、気象データは「農研機構メッシュ農業気象データ」(大野 2014) から取得した。

FAO56 モデルの概要

FAO56 モデルでは、圃場容水量 (θ_{FC} , %) からの土壌水分の減少量 (Dr , mm) を算出し、乾燥害のリスク評価に利用する。 Dr は有効土層 (Z_r , mm) 中の水の収支計算から求める。FAO56 モデルにおける水の侵入は日降水量 (mm/ 日)、排出は土壌とダイズからの日蒸発散量 (mm/ 日) とし、圃場容水量を超えた分の土壌水分は重力水として速やかに排水されると仮定する (図 - 2)。日蒸発散量は、下記の式(1)から算出する。

$$ET_{c,adj} = (K_s K_{cd} + K_e) ET_0 \quad (1)$$

式 (1) の ET_0 は Penman-Monteith

表-1 フェーズと対応する生育ステージ

フェーズ	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
生育 ステージ	出芽期	栄養生長期 初期 中期 後期			開花期	子実肥大期 始期 後期		成熟期

出芽期から開花期までを 4 等分、開花期から成熟期までを 4 等分にした合計 8 フェーズ

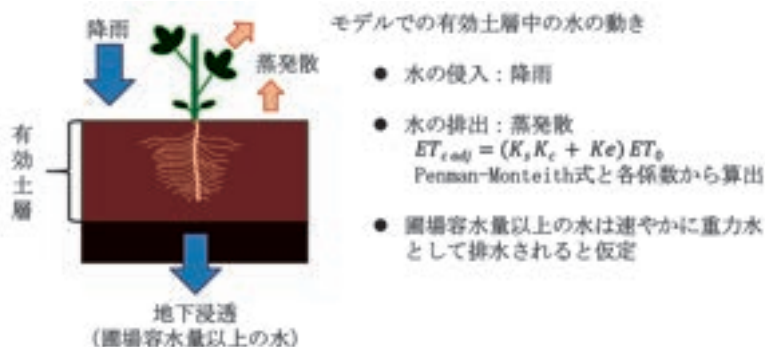


図-1 解析データの取得地点
赤色のプロットがデータの取得地点を示す。

図-2 FAO56 モデルの概要

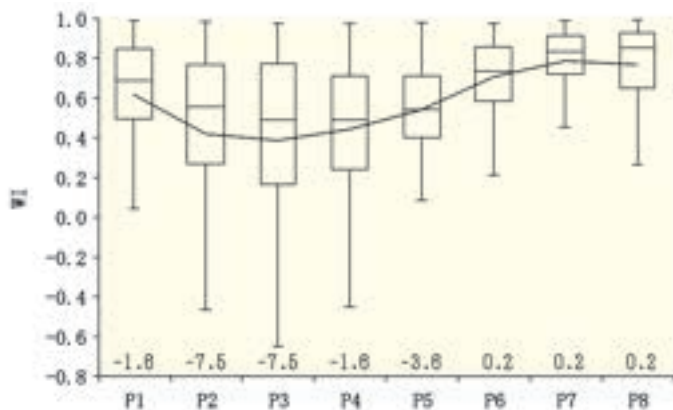


図-3 ダイズ生育期間中の各フェーズにおける WI

箱ひげ図の最大、最小値から 1.5 倍以上の数値は外れ値とした。図中の折れ線グラフは平均値を示す。図中の数値は外れ値を含めた最小値を示す。

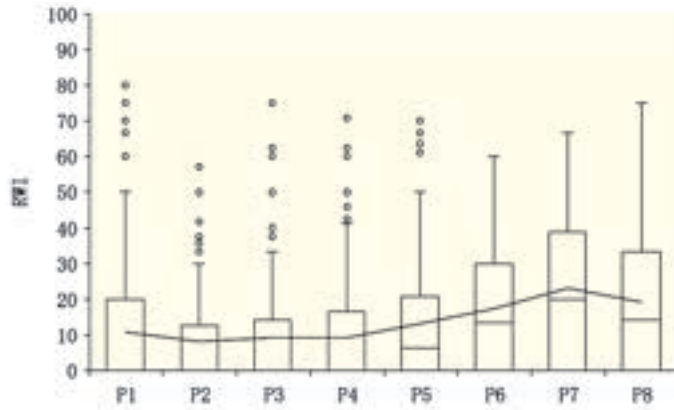


図-4 ダイズ生育期間中の各フェーズにおける RWI

箱ひげ図の最大、最小値から 1.5 倍以上の数値は外れ値とした。図中のプロットは外れ値、折れ線グラフは平均値を示す。

式によるポテンシャル蒸発散量 (mm/日), K_s は水ストレス係数, K_{cd} は作物基礎係数, K_e は土壌からの蒸発に関する係数を示す。

乾湿指標 (WI) の作成

FAO56 モデルで算出される土壌水分は体積含水率である。圃場ごとの圃場容水量及び永久しおれ点 (θ_{wp} , %) の体積含水率は異なることから、体積含水率では異なる圃場間の乾湿程度を比較することができない。そのため、下記の式 (2) のとおり乾湿指標 (WI) を作成した。

$$WI = (\theta - \theta_{wp}) / (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \quad (2)$$

本式の θ は体積含水率 (%) であり、「 $\theta = \theta_{fc} - 100Dr / Z_r$ 」で表される。 θ が上昇し、圃場容水量 (θ_{fc}) と同じ土壌水分になると $WI = 1$ となる。また、 θ が低下し、永久しおれ点と同じ土壌水分になると $WI = 0$ となる。つまり、WI は高いほど湿潤条件、低いほど乾燥条件と捉えることができる。WI は、圃場ごとの圃場容水量、永久しおれ点によって規格化されているため、土壌タイプが異なる条件でも相互の比較が可能となる。

湿害の評価には、各フェーズにおける $WI = 1$ の日数割合 (Ratio of $WI = 1$ days, RWI, %) を指標とした。FAO56 モデルは、灌水支援を目的に作られたモデルであるため、土壌乾燥程度の評価に利用されている。モデルでは、圃場容水量 (すなわち $W = 1$) を超える水分は重力水として速やかに排水されると仮定しており、WI そのものでは圃場容水量以上の土壌水分を定量化できないため、RWI を使用することとした。

ダイズ生育期間中の乾湿指標の推移

WI の平均値は P1 から P3 にかけて低下していき、P3 以降は上昇していた。最も変動が大きい時期は P3 であり、最大値は 0.97、最小値は -7.45 であった (図-3)。いずれのフェーズにおいても最大値は 0.97 以上、最小値は 0.22 以下であり、地理的要因や年次の違いによって、同じ生育ステージでも幅広い土壌水分条件が存在することが明らかとなった。

RWI の第 3 四分位 (全地点の 75%) の値は、P1 ~ P5 においては 20% 程度であったが、P6 以降は RWI が 30 ~ 40% 程度に上昇しており、P6 以前

のフェーズと比較し、湿潤条件の地点割合が高くなった (図-4)。外れ値を含む最大値では、いずれのフェーズでも RWI が 50% 以上であり、各フェーズにおいて期間中の半分以上が湿潤条件だった地点が存在した。

乾湿指標の変動要因

WI 及び RWI が変動する要因を明らかにするために、最も WI の変動が大きかった P3 において WI 及び RWI と土壌水分に影響しうる要因 (フェーズ内の気象条件、土壌条件) の間の偏相関係数を求めた (表-2)。WI と有意な偏相関があったものとして、気象条件では降水量と降雨日割合との正の偏相関が、土壌条件では有効水保有能力 (有効水保有能力 = $[(\theta_{fc} - \theta_{wp}) Z_r] / 100$) との正の偏相関が有意だった。よって、WI は有効水保有能力が低い土壌条件で、降雨日、降雨量が少ない場合に低くなることが示された。

RWI は降水量との正の偏相関、降雨日割合との負の偏相関が有意だった。降雨日割合と RWI の負の偏相関については、降水量が同じ条件だった場合は少ない日数に集中して降雨があるほど RWI が高くなることを

表-2 P3 における WI 及び RWI と気象条件、土壌条件との偏相関係数

			偏相関係数	
			WI	RWI
気象条件	降水量	(mm/日)	0.476 ***	0.686 ***
	降雨日割合	(%)	0.252 ***	-0.191 ***
	日平均気温	(℃)	-0.317 ***	0.044 ns
	日射量	(MJ/m ² /日)	-0.008 ns	0.016 ns
土壌条件	有効土層	(mm)	0.060 ns	-0.050 ns
	圃場容水量	(%)	-0.009 ns	-0.098 ns
	永久しおれ点	(%)	0.031 ns	0.038 ns
	有効水保能力	(mm)	0.273 ***	0.061 ns

***は0.1%水準で有意、nsは偏相関がないことを示す。制御変数は説明変数以外の気象条件、土壌条件の変数とした。

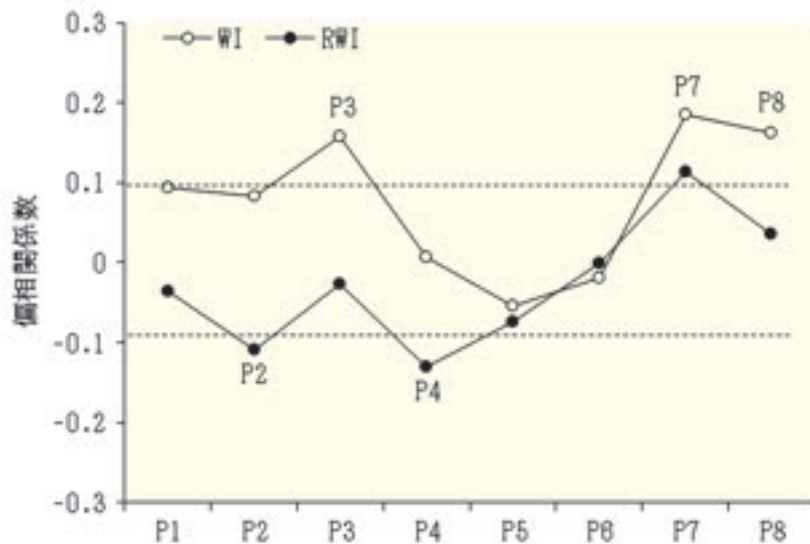


図-5 ダイズ生育期間中の各フェーズにおける収量と WI, RWI の偏相関係数
図中の点線は 5% 有意水準の限界値を示す。図中の数字は有意な偏相関があったフェーズ番号を示す。

示していると考えられ、短期集中の降雨条件ほど RWI が高くなることが示唆された。以上のように WI 及び RWI の変動は気象条件や土壌条件と密接に関係しており、乾湿害が起こりやすい気象条件や土壌条件の変動と一致していた。よって WI 及び RWI は気象条件と土壌条件の影響を踏まえた乾湿害指標として有効であると考えられた。

乾湿指標を用いた乾湿害の実態解析

WI 及び RWI は降水量と降雨日割合の影響を受け変動することが明らかとなったが、日平均気温や日射量も降水量及び降雨日割合と密接に関係し、収量に影響を及ぼしていると考えられる。よって、収量に対する WI 及び RWI の単一の影響を評価するために、日平均気温と日射量を制御変数と

して、フェーズごとに収量と WI 及び RWI との偏相関係数を求めた。

WI が収量と有意な正の偏相関があったフェーズは P3, P7, P8 だった (図-5)。P3, P7, P8 は、それぞれ栄養生長中期、子実肥大中後期、成熟期に相当する時期であり、日本のダイズ生産現場ではこの時期に乾燥害が生じていることが示された。栄養生長中期の乾燥害について、飛田ら (1995) は、栄養生長期からの低土壌水分処理によって開花期頃の葉面積、乾物重が減少したと報告している。また、WI の時期的な変動では、P3 の時期は乾燥傾向を示しており、潜在的に乾燥害のリスクがある時期と考えられる (図-3)。子実肥大期については、齋藤ら (1999) はこの時期の乾燥害によって百粒重が小さくなること、結実率の低下によって不稔実粒が増加し一莢内粒数が少なくなることを報告している。また、成熟が進むにつれて葉は黄化、落葉するが、葉の黄化、落葉は乾燥ストレスによって葉にアブシジン酸が蓄積することで進行することが知られている (中島ら 2015)。このことから日本においては、乾燥条件によって栄養生長が阻害されること、百粒重の低下や不稔実粒の増加が生じること、葉の黄化、落葉が早まることで収量が低下するリスクがあると考えられた。

土壌過湿の影響評価として RWI を用いた場合、RWI が収量と有意な負の偏相関があったフェーズは P2, P4 だった (図-5)。P2, P4 は、それぞれ栄養生長初期、栄養生長後期に相当

する時期であり、日本のダイズ生産現場ではこの時期に湿害が生じていることが示された。栄養生長初期での湿害は、葉色の低下、葉面積の生長阻害、乾物生産の低下が生じ、その後過湿条件を回避できたとしても栄養生長不足から回復できずに収量が低下することが示されている(田淵ら 2008; 緒方・内川 2014)。栄養生長後期(P4)に相当する開花前の花芽分化期での湿害については、杉本ら(1988)の研究で報告されている。この時期の過湿処理は乾物生産と収量に大きな影響を及ぼすことを指摘しており、主茎の伸長、葉面積の拡大、乾物重の増加が抑制され、莢数、稔実歩合が低下することにより収量低下に繋がることを報告している。このことから日本においては、栄養生長期での湿害によって生育が阻害されることで収量が低下するリスクがあると考えられた。

まとめ

本研究では、日本の乾湿害の実態を明らかにするために複数年次かつ広域的な現地実態調査で得られたデータを用いて、ダイズの各生育ステージにおける土壌水分が収量に及ぼす影響を評価した。今回の解析は広範囲のデータを基にしており、日本の実態を概ね捉

えていると考えられる。一方で、既存の報告では、本研究では影響が見られなかった生育ステージにおける乾燥害(福井・伊藤 1951; 齋藤ら 1999)と湿害(杉本ら 1988)が報告されていることから、条件によっては、本研究結果では見られなかった時期の乾湿害が地域単位で生じる可能性があった。また、本研究では各フェーズ単独での要因解析としたが、ダイズ生育・収量に対する乾湿害の影響はフェーズ間で相互作用があると考えられる。よって、今後は、地域単位やフェーズ間の相互作用に着目した解析を行うことが重要と考える。

謝辞

本研究では、農林水産省委託プロジェクト収益力向上のための研究開発「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」(2015年～2017年)に参画したコンソーシアム構成員及び現地農家の方々のご協力により得られたデータを使わせて頂きました。本研究は、2018年に依頼研究員として受け入れて頂いた農研機構東北農業研究センター大仙拠点において、高橋智紀水田環境グループ長(当時)をはじめ同所内の皆様に多くのご指導及びご助言をいただき実施することができまし

た。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- Allen, R.G *et al.* 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper No 56.
- 福井重郎・伊藤隆二 1951. 生育の各期における土壌水分の不足が大豆の生育並に収量に及ぼす影響について. 日作紀 20, 45-48.
- 飛田有支ら 1995. 低土壌水分条件におけるダイズの乾物生産と根系発達の種類間の相違. 日作紀 64, 573-580.
- 今野智寛ら 2020. FAO56 モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析. 日作紀 89, 337-345.
- 中島一雄ら 2015. 長期の乾燥による葉の黄化防止に関わる遺伝子を発見. 国際農林水産業研究センター 平成 27 年度 成果情報.
- 緒方大輔・内川修 2014. 生育時期別の湛水処理が大豆品種「フクユタカ」の生育に及ぼす影響. 日作九支報 80, 14-15.
- 大野宏之 2014. メッシュ農業気象データ利用マニュアル. 中央農研研究資料 9, 1-77.
- 斎藤邦行ら 1999. 土壌水分の欠乏がダイズの開花結実に及ぼす影響: エンレイと東山 69 号の比較. 日作紀 68, 537-544.
- 杉本秀樹ら 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害: 第 1 報 土壌の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響. 日作紀 57, 71-76.
- 田淵公清ら 2008. ダイズの生育・収量におよぼす生育初期の土壌過湿の影響. 日作紀 77 (別 2), 202-203.

2022 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

2022 年度常緑果樹関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会は、2023 年 6 月 1 日(木)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 22 名、委託関係者 29 名ほか、計 61 名の参集を得て、除草剤 2 薬剤(8 点)、生育

調節剤 4 薬剤(17 点)について、試験成績の報告と検討が行われた。

その判定結果および使用基準については、次の判定表に示す通りである。

2022 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	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・葉害の確認(多年生イネ科雑草)
	ビワ	生育期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(3年目)	実・継	実) [ビワ:一年生雑草] ・春期 ・雑草生育期(草丈30cm以下) ・250～500mL<50～100L>/10a ・茎葉処理(樹間・樹冠下)
	ビワ	生育期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)		継) ・効果・葉害の確認 (一年生雑草夏期処理, 多年生雑草) ・年次変動の確認 (一年生雑草春期処理 250mL<100L>)

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	継	継) ・効果・葉害の確認
	せとか	せとかに対する日焼け軽減効果の検討		
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効果(予措促進)効果の検討 (100倍→200倍への拡大)	実・継	実) [温州ミカン;浮皮軽減] ・着色初期 ・100~200倍 1~2回<十分量> ・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1回<十分量> ・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・葉害の確認(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% (旧表記0.50%(w/v)から 0.63%(w/w)へ表示値変更) [住友化学]	温州ミカン	温州ミカンに対するクラッキング軽減効果の検討	継	継) ・温州ミカンに対する効果・葉害の確認
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;水腐れ軽減] ・着色終期 ・0.5~1ppm ・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 ・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 ・果実散布 継) ・温州ミカン, はれひめ, 伊予柑, 愛媛果試第48号, 清見に対する効果・葉害の確認(0.5ppm, 1ppm) ・カラに対する効果・葉害の確認(0.5ppm) ・ポンカン着色終期処理での効果・葉害の確認
	清見	清見に対する水腐れ軽減効果の検討		

2023 年度茶園関係 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 年度茶園関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会は、2023 年 9 月 20 日（水）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 6 名、委託関係者 8 名ほ

か、計 20 名の参集を得て、除草剤 1 薬剤（1 点）について、試験成績の報告と検討が行われた。

その判定結果および使用基準については、次の判定表に示す通りである。

2023 年度茶園関係除草剤・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% [ニューファム]	茶	茶における生育期の一年生雑草を対象と した茎葉処理(畦間)による適用性の検討 (初年目)	継	継) ・効果・薬害の確認

北見試験地

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
北見試験地 主任
田中 静幸

北海道北見市と聞いて、何を思い浮かべるであろうか。カーリングチームのロコ・ソラーレ、チーズケーキ「赤いサイロ」、塩焼きそば、厳寒の焼き肉まつりあたりか。古くは北海道の防衛と開拓のため、1895年に屯田兵198戸が入植した地であり、ちなみに著者はその4代目となる。戦前の最盛期には世界ハッカ市場の7割が北見産であった（北見現代史編集委員会2007）という。現在ではたまねぎ収穫量155,288t（2021年）で日本一（国内収穫量の約14%）を誇っている。しかしながら、北海道東部オホーツク地域の中核都市（人口112,041人（2023年9月30日現在））ではあっても、市内に大きな観光資源はなく、それほど目立たないところかもしれない。

1. 試験地開設の経緯

北見試験地は2019年4月に開設された。北海道研究センター（長沼町）、上川試験地（旭川市）、十勝試験地（芽室町）に次いで、道内4番目となる植調試験地であり、また、道内初の野菜類を主な対象とする試験地である。場所はJR北見駅から南西に約1.5kmにあたる（北緯43.8°、東経143.9°）。今年で建立118年となる屯田神社（北見屯田神社記念事業協賛会 2004）と北見市立西小学校にはさまれている。圃場は著者の実家の農地を利用し、約2,070㎡を残留試験（GLP試験）に区分し、約6,900㎡で薬効薬害試験を行うとともに、

露地野菜と緑肥を栽培している。また、古い借家の一部を手直しして事務所としている（図-1）。試験地開設にあたり、植調事務局や北海道支部の方々にはたいへんお世話になった。

2. 圃場環境

年平均気温の平年値は6.4℃、同様に日最低気温がプラスになるのは5月になってからである。盆地特有の気候で夏は暑く、冬は寒い。農耕期間（5月～9月）についてみると、平均気温は16.4℃、最高気温25.4℃（8月）、最低気温5.2℃（5月）、年降水量774.8mmの59%がこの期間に降る。また、年間日照時間1724.3hの45%がこの期間にあり、とくに5月は174.9hと年間で最も長い。本来の土壌は、一級河川無加川流域の河岸段丘堆積物（石田・沢村1968）でいわゆる沖積土壌だが、圃場に石レキが多かったことから、1977年に地下数メートルの深さまで除レキを行い、そのあとに市内丘陵地帯に分布する大雪山系の軽石流堆積物（通称、火山灰と呼んでいる）を客土した造成土である。

3. 圃場管理

試験作物、一般栽培のかぼちゃ、緑肥（ライ麦、えん麦、大麦、ひまわり、ソルガム、アンジェリア等）を輪作している。とくに2021年から導入したライ麦「ウィーラー」は秋播であ



図-1 北見試験地事務所



図-2 たまねぎ移植機と定植後の試験圃場

表-1 薬効薬害試験の無処理区に発生した草種と発生本数（本/m²）の頻度

項目	イネ科					イネ科計	アカネ科	アブラナ科	タネツケバナ
	スズメノテッポウ	アキメヒシバ	イヌビエ	ニワホコリ	スズメノカタビラ		ヤエムグラ	ナズナ	
発生事例	1	12	16	8	18	20	3	12	6
10株以上の事例	0	6	13	5	11	18	2	4	4
100株以上の事例	0	3	3	0	1	8	0	0	0

項目	キク科					シソ科			
	シロイヌナズナ	キレハイヌガラシ	スカシタゴボウ実生	ハルジオン	ハハコグサ	タンポポ実生	ノボロギク	ヤネタビラコ	ホトケノザ
発生事例	4	3	5	1	1	5	17	1	2
10株以上の事例	4	0	1	0	0	1	15	0	0
100株以上の事例	0	0	0	0	0	0	4	0	0

項目	スベリヒユ科	タデ科	ナス科	ナデシコ科	ヒユ科		マメ科	非イネ科計	
	スベリヒユ	イヌタデ	イヌホオズキ	ハコベ	ノハラツメクサ	ヒユ類	シロザ		シロツメクサ実生
発生事例	14	7	1	4	9	14	15	1	18
10株以上の事例	11	2	1	0	1	8	3	0	18
100株以上の事例	6	0	0	0	0	3	0	0	13

注 1) 2020～2023 年の薬効薬害試験点数 n=20（イネ科対象剤試験 2 点を含む）。

注 2) 対象作物は秋播小麦，食用とうもろこし，ひまわり（種子），かぼちゃ，たまねぎ，さやいんげん，キャベツ。

注 3) 主要雑草（スズメノカタビラ，イヌビエ，ノボロギク，ヒユ類（ホソアオゲイトウ等），イヌタデ）は雑草種子を播種している。

注 4) イネ科計，非イネ科計は本表中の横計ではなく，それぞれの試験内で得られた草種の発生本数合計により判定した。

り，春耕面積が減るので春期の忙しさが緩和されるし，夏季の生育が旺盛で長期間にわたり雑草発生を抑え，栽培管理の手間も係らない。また，ライ麦の有機物補給，土壌物理性改善効果（中日本農業研究センター 2020）も期待している。唯一，すき込み時のトラクターへの負荷が気がかりだったが，2023 年に小型のクローラ式モアを導入してロータリー作業が容易になった。また，リビングマルチの大麦（「てまいらず」，「おたすけムギ」等）も播種後の生育繁茂が早く土壌表面を被覆するので，ちょっとした空き地の雑草管理が楽になった。

4. 試験実績と発生草種

当試験地は施設園芸作物の残留試験を主とする目的で設置されたが，露地園芸作物の薬効薬害試験も行っている。これまでに扱った作物は，たまねぎ（図-2），かぼちゃ，さやい

んげん，きゅうり，メロン，すいか，ズッキーニ，キャベツ，はくさいである。この他に，畑作物（食用とうもろこし，ひまわり（種子），秋播小麦，てんさい）の試験依頼にも対応している。

これまでに実施した薬効薬害試験 20 点で 25 種の雑草発生事例がみられた（表-1）。イヌビエ，スズメノカタビラ，ノボロギク，スベリヒユ，ヒユ類（ホソアオゲイトウ等），シロザが主要雑草である。スベリヒユを除き，雑草種子を播種して試験を行っている。2022 年からは雑草の発芽安定を考慮して，苗植え作物の場合を除き，播種後に管理機に麦踏みローラーを装着して試験圃を鎮圧している。いずれも休眠性があるとされるヒユ類の 10 株/m²以上の発生事例数はシロザより多いが，これはもともとヒユ類の埋土種子量が多いためと考えている。

以上、北見試験地の概要を紹介した。すでに開設後5シーズン目を終えたが、毎年、気象災害（干ばつ、強雨・強風など）や鳥獣害（ハト、スズメ、カラス、キツネなど）に見舞われながらも、安定した試験成果が得られるよう努めている。日本最東北の植調北見試験地をぜひご利用頂きたい。

参考文献

石田正夫・沢村孝之助 1968. 北見地域の地質. 地域地質研究報告. 網走 (1) 47号, 41pp. 地質調査所.
北見現代史編集委員会 2007. 薄荷. 北見現代史. 271-281.
北見屯田神社記念事業協賛会 2004. 北見屯田神社百年のあゆみ. 244pp.
中日本農業研究センター 2020. 緑肥利用マニュアルー土づくりと減肥を目指してー. 38-43. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134374.html
(2023年10月24日閲覧)

..... 北見試験地へのアクセス

◎事務所、試験圃場：北海道北見市とん田東町556番地
女満別空港から車で約40分、JR北見駅・バスターミナルからタクシーで約10分。

地図（Google Mapなど）でみると、屯田神社と北見市立西小学校の間である。

田畑の草種

鱒田牛蒡（ヒレタゴボウ）

アカバナ科チョウジタデ属の一年草。水田や休耕田、湿地や溜池畦などに生育する。茎はよく分枝し、高さ100-150cm、無毛で、稜があり普通4稜、ときに3稜。葉は互生し、ほぼ全縁で披針形、やわらかく光沢があり、基部はくさび形で茎の稜に沿って流れ、ヒレ（翼）状に張り出す。花は葉腋にまばらに単生。短い柄があり、花弁は4枚で倒卵形、花の径は2.5-3cm、花色は黄色で平開する。花弁と花弁の間に隙間があり萼片が見える。花が散った後蒴果が熟すまで萼片が残る。蒴果は四角柱で長さ1.5-2cm。中に多くの種子を入れる。秋にはピンク色に紅葉する。

北アメリカ原産の帰化植物とされ、1950年代に相次いで四国で採集され、今では関東以西の湿地などに帰化している。筆者の周辺の田んぼでも、最近の10年ほどでよく目立つようになってきた。

田んぼに入り込むと稲の背丈より高くなり、収穫時期には基部の茎の太さが大人の親指の太さを超えコンバインには負担となる。周辺でも、収穫前にヒレタゴボウを人手で刈り取っている田んぼもある。また、コシヒカリを収穫した後の田んぼでは、ひこばえが大きくなって穂をつけるようになってきた頃、ひこばえの条間に数多くのヒレタゴボウが稲と同じ背丈で花を咲かせ果実をつけているのを見ることになる。1つの蒴果の中には多くの種子が入れられており、翌春にはまた、この種子が田んぼ中にばらまかれることになる。

しかし一方で、なかなか可憐な花でもある。田んぼの中で何本かが稲より高くなり、レモンイエローの鮮やかな花がまばらに咲いているのを見ると、どうしてだか「幸福の黄色いハンカチ」の最後の「夕張の街の黄色いハンカチ」のシーンに重なる。

（公財）日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

「幸福の・・・」は1977年に公開された山田洋次監督、高倉健、倍賞千恵子、武田鉄矢、桃井かおりらが出演していた北海道を舞台にしたロードムービーであるが、その最後のシーンが夕張の炭鉱住宅の前に立つこいのぼりの竿に青空を背景に数十枚もの黄色いハンカチがなびいているシーンであった。

「幸福の・・・」とヒレタゴボウとが何か関係するわけではない。ただ、黄色というのは「幸福」の象徴の色であるのかもしれない。



学校に眠る雑草標本

ふじのくに地球環境ミュージアム 准教授

早川 宗三

小・中・高校などの学校教育施設には自然史標本が所蔵されていることがある。学校玄関や応接室のショーケース、“開かずの間”状態の理科室・生物室の戸棚の中にひっそりと置かれているタヌキの剥製や岩石の標本(図-1)を見たことがあるだろうか? これらの学校標本は、何のために、どういった経緯で置かれ、どのように学校教育に利活用されてきたのだろうか? 実は、学校標本には雑草のさく葉標本が含まれていることがある。このことは、戦前・戦後の学校教育において雑草の実物標本を用いた授業が行われてきたことを示している。かつての博物教育においてどのような雑草標本が利活用されてきたのか、紹介したい。

かつての小学校や旧制中学校における自然科学分野の教科では、「博物」の学科が課されていた。この時代の博物教育は、実物重視の教育の下で、生徒との問答を通じて理解を深めるために標本・模型・図などを用いた授業の形式が採用されていた(板倉 2009)。そのため全国の学校では、動植物や鉱物の標本・図・模型・実験機器・装置類などが必要となった。そこで学校には学校教材の販売業者から購入した標本(教材業者標本)と、教師や生徒が地元の資源を収集した標本(教

師・生徒作製標本)とが揃えられていった(早川ら 2023a, b)。

学校教材の教材業者には、島津製作所標本部、山越工作所、上野科学社など様々な業者があり、ニワトリやカエルなどの身近な生物から、カメレオン、ハリネズミなどの異国の生物まで、多種多様な種類が取り揃えられていた(図-2, 早川・長橋 2003)。

本稿で紹介する事例は、島津製作所標本部が大正時代に作製したさく葉標本の「有用植物」「繊維植物」である。1915-1924(大正4-13)年にかけて標本が作製された「有用植物」には、イネ、ナス、カラシナ、ミカンといった穀物、野菜、果樹など92点が含まれていた(本来は1セット100点)。この中には、イチビ、ヨモギ、ジュズダマ(図-3)など、現在では有用植物としてはあまり積極的には利用されておらず、むしろ雑草として防除されることが多い植物も含まれていた。次に、1914-1926(大正3-15)年にかけて作製された「繊維植物」には、ヒメガマ、イグサ、フトイ、ケナシチガヤ、メガルガヤ、クズなど30点が含まれていた。カサスゲ、シチトウイ、シュロ、ワタなど、「有用植物」と「繊維植物」の2セットに重複して含まれる種類もあった。

これらの標本ラベルの科名は、禾本(イネ)科、莎草



図-1 静岡県立清水東高等学校の旧校舎の生物室



図-2 静岡県立富士宮北高等学校旧蔵のカメレオン(亜佛利加産, 東京器機標本株式会社)とハリネズミの剥製標本



図-3 島津製作所標本部が作成したタムギ(ジュズダマ)の標本



図-4 シチタウ（シチトウイ）の標本ラベル（大正12年11月4日，東京（栽培）産，島津製作所標本部）



図-6 新制女子植物教科書（東京開成館，1924（大正13）年）におけるたんぽぽの挿絵

（カヤツリグサ）科，燈心草（イグサ）科，香蒲（ガマ）科など漢字で書かれており，カタカナ表記する現在とは異なっていた（図-4）。また，標本ラベルの和名も，タウムギ（ジュズダマ；図-5），サンカク井（サンカクイ），アヲツヅラフヂ（アオツヅラフジ）など，現在とは和名（一般名）の表記の仕方が異なっていた。

紙面の都合上，今回は紹介しきれなかったが，この他にも戦前から戦後にかけて，様々なセットのさく葉標本が教材業者標本として販売されていた。教材業者標本は，分布の限られる希少な植物や，現在では失われた産地の植物も含まれていることから，生物多様性情報の観点から重要な標本であったことが伺える。

さて，気になるのは，これらの雑草標本がどのように授業



図-5 タウムギ（ジュズダマ）の標本ラベル（大正13年8月9日，東京（栽培）産，島津製作所標本部）。図-3と同一標本

で活用されていたのである。詳細情報を持ち合わせていないが，当時の植物教科書（柴田1924）を見てみるとたんぽぽなどの挿絵が掲載されていた（図-6）。雑草にあたる植物種の掲載は少しであるが，教科書を補完する教材として身近な雑草の標本を見て学ぶ時間がとられていただろうことは想像にかたくない。

読者の皆さんが通った学校にも，このような雑草標本が人知れず眠っていたのかもしれない。しかし，現在では学習指導要領から外れてしまう過去の標本資料は，校舎の建て替えなどの際に捨てられてしまう運命にあるのが一般的である。果たして，学校に眠る雑草標本は“宝の山”となりうるのか，それとも“忘れ去られたゴミ”となるのか。雑草標本から読み取れる情報や秘められたストーリーが“宝の山”に化けるものだと信じて研究を始めてみたところである。

謝 辞

標本の移管・寄贈や調査にご協力いただいた静岡県内の高校の教員，実習助手ならびに生物部の生徒に感謝いたします。本研究の一部は，JSPS 科研費 23K00967 の助成を受けた。

参考文献

- 早川宗志・黒沢高秀・杉野孝雄・橋越清一・岡田努・斎木健一 2023a, 清水東高等学校から見いだされた学校教材として販売されたさく葉標本，植物地理・分類研究 71：34-43.
- 早川宗志・杉野孝雄・橋越清一・岡田努・黒沢高秀・斎木健一 2023b, 清水東高等学校に所蔵されていた教員や生徒により作製されたさく葉標本，東海自然誌 (16)：1-6.
- 早川宗志・長橋綾香 2023, 学校標本：学校に標本があるのはなぜか？，理科教室 66：70-72.
- 板倉聖宣 2009, 増補日本理科教育史，仮説社，東京，581p.
- 柴田桂太 1924, 新制女子植物教科書，東京開成館，東京.

キャベツよりの連想

東京大学・法政大学名誉教授

長田 敏行

2005 年は、ワトソン (James D. Watson) とクリック (Francis Crick) が DNA モデルを提出してから 50 年ということで、Nature を初めとする科学誌には記念した特別企画があった。生命科学の基本に関わるこの大発見に対して、イギリスではこれを記念していくつかの記念の冊子が作られた。それに関して、旧知の駐日英国大使館の科学技術担当官 O 女史より問い合わせがあった。その冊子の一つを邦訳しているのであるが、一つだけわからない野菜があるということであった。それは Kholrabi とあり、辞書類を見ても辿れないということであった。幸い筆者にはそれがすぐに Kohlrabi の誤りであり、コールラビであると申して、その件は一件落着であった。そのコールラビに初めて出会ったのは、最初にドイツに長期滞在した大学都市チュービンゲンで、1975 年のことであった。その他にも、セロリーは子供のころから親しんでいたが、その塊根も利用されていることもそのとき知った。その後、コールラビは日本の野菜売り場でも時に見かけるようになったが、それが形態的には相当異なるのにキャベツに極めて近いことは驚きであった。そんな中、友人からもらった旧東ドイツで編まれた本の図 -1 の一ページは、それらを良くまとめているので、ここではそれを使わせていただく (Franke *et al.* 1976)。それをもとに紹介するが、そこには、キャベツ、カンラン、コールラビ、ケール、カリフラワー、ブロッコリーがあり、形態は著しく異なるのに、そのいずれも広義ではキャベツ (*Brassica oleracea* L.) なのである。それぞれをまずまとめてみよう。

キャベツ

キャベツ (図 -1A) はヨーロッパ西海岸の諸国で 1000 年以上前から栽培されており、オランダでは 14 世紀に栽培されていることは文献的にも確実であるが、その原型はローマ時代に遡ると推定されている。品種名 *capitata* はしっかりと球状に葉が巻いているので、タマナに相当しようか。日本に入ってきたのは明治以降であるが、最も好まれている葉物野

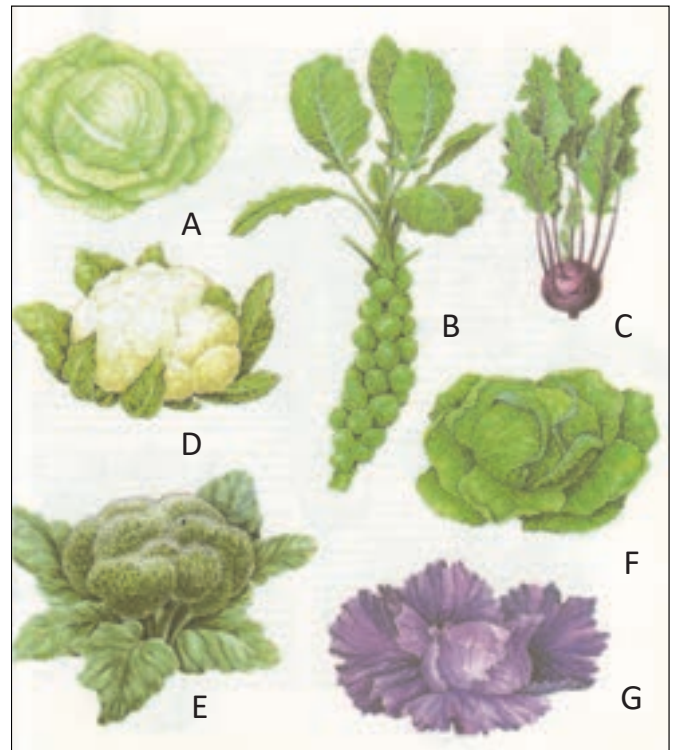


図 -1 キャベツの仲間

A キャベツ, B カンラン, C コールラビ, D カリフラワー, E ブロッコリー, F ケールの一種, G ムラサキキャベツ
Franke *et al.* (1976) より。

菜であり、春夏それぞれに生産される。特にトンカツに添えるのは定番となっている。キャベツ類は、いずれもビタミン C に富む。

カンラン

子持ちキャベツ (*gemmifera*) ともいうが、形態的には側芽が結球したものである (図 -1B)。18 世紀にはベルギーで栽培されているという記録があり、キャベツから出ており、特にイギリスでは好まれているということである。キャベツには遅れて登場したが、日本でも広く好まれ、筆者も折々にその味を楽しんでいる。

コールラビ

冒頭にふれたコールラビは、カンランから出ており、そのドイツ語の意味するところはキャベツであるが、カブ状でもあることを示している(図-1C)。品種名は *gongylodes* といい、煮ものにされてそのカンラン様の味が好まれるが、皮をむいて生食もされるようであるが、これは試したことはない。その起源はイタリアにあり、16世紀にはヨーロッパで広く栽培されていた。

ブロッコリー

アブラナ科植物は多く二年生植物であるので、葉物は一年生の産物であるが、二年生は花茎部を利用し、それはブロッコリーである(図-1E)。品種名は *italica* といい、比較的温暖な地域で栽培される。成立には、地中海東部の *Brassica creolata* が関与しているといわれるが、その起源は必ずしも明らかではない。ローマ時代から栽培されているという推定がある。

カリフラワー

ブロッコリーと同じく、茎頂の花芽の塊を利用する(図-1D)。cauliflower はまさにハナヤサイを意味し、冬を越して作られる。品種名は *botrytis* といいこれもその意はハナヤサイである。これも地中海東部が起源と推定され、12世紀のスペインの文献にはみられ、当時そこにいたイスラム系の人々が関与しているとのことであるが、広まったのは16世紀以降である。

ケール

キャベツ状であるが、巻きは弱い(図-1F)。キャベツの祖先系と推定されており、日本でもポピュラーになりつつある。

ムラサキキャベツ

葉にアントシアンを貯えられているので、ムラサキ状であり、北ドイツで栽培されている(図-1G)が、筆者は日本ではあまり見たことがない。

キャベツ類の多様性

ここで示してきたキャベツ類縁の野菜の形態の多様性は何を意味しているのだろうか？これを植物学の見地から見ると、1000-2000年かかって、人の手で作り出されたものであり、植物器官の成長軸に沿った形態の多様性を示している。栽培過程に見られた変異を選抜した産物を元に作られたことを示しており、まさにダーウィン(Charles Darwin)のいう、

栽培植物の多様な形態の可塑性を示していよう。葉も花も茎も多様な形態的ポテンシャルを持っており、生物学的にはこの点に興味惹かれる。しかも、それらは植物学的にはキャベツと遺伝子的にほとんど同一である。ヒトとチンパンジーは遺伝子的には98%相同であるといわれるが、これは遺伝子的にはほとんど100%同一である。

ハクラン

キャベツ関連植物を示してきたが、結球するアブラナ科としてはハクサイ(*Brassica sinensis* L.)があるが、これは中国原産である。ハクサイはキャベツとは独立のグループに属し、やはり形態的多様性がある。キャベツとハクサイとは染色体数も異なり、通常では交配できないが、日本の園芸学関係者の努力によりそれらの雑種が作られ、それがハクランである。胚珠に花粉をかけてやると受精が起こり、そのままでは生育しないが、胚を取り出して培養すると雑種植物が得られたのであり、それは複二倍体であった。筆者はその顛末を、開発に関わった農林省野菜試験場(当時)研究室の大沢勝次博士(後に北海道大学農学部教授)に教えていただいたが、彼との出会いもまさに遭遇といったものであった。1980年夏には、日米科学協力プロジェクトで1ヶ月アメリカ中西部のイリノイ大学に滞在したが、その滞在の終了間際にそこを訪問された大沢博士と初めて会った。そこで別れたが、筆者はその頃共同研究を別に行っていた西海岸のワシントン大学(シアトル)を訪問して帰国した。そして、帰路にあたって乗ったのは、シアトル発成田行きのNorth West Orient機であったが、それはシカゴ発であった。それはそもそも到着が遅延していたが、シアトルを離陸してすぐに機長のアナウンスでエンジンの一つが停止したので、急遽アンカレッジに向かうとのことであった。そして、アンカレッジ空港には化学消防車が待機していることで幾分緊張したが、無事着陸した。そして、乗り換えたのはシカゴ発アンカレッジ経由の成田行きであったが、そこで、数日前に別れた大沢博士と再会することとなった。その後、筆者らの名古屋大学理学部の研究室(当時)に研修で滞在されたので、その間に彼の勤務地野菜試験場(三重県津市)を案内いただき、そこでハクランも見せていただき、数株頂いた。そのキャベツ的であるが、サラダ的味わいを経験させていただいた。以来、園芸に関する各種情報を教えていただいたが、北海道大学へ移られてからは、少し疎遠になった。

そこからの連想であるが、キャベツ類、ハクサイ類のそれぞれの品種間で、その形態は著しく異なるが、それらの間での組み合わせで、人工的に交配したらどのような野菜ができ

るであろうかという想像が広がった。あるいはプロトプラス
トを調製して、融合産物を得るという手段もあるかもしれない。
中間的で、どっちつかずのものが得られるかもしれない
が、ハクランのように新しい形質があるものもあるかもしれ
ないと思うのである。筆者はその現状について詳らかには知
らないが、園芸関係者の間ではそのようなものが作られてい

るかもしれないと思い、もしも、ご存知の方があれば教えて
いただきたいと述べて、本稿を閉じる。

文献

Franke, G. *et al.*: Früchte der Erde, Urania-Verlag 1976)

統計データから

我が国の食料供給カロリーの国別構成

我が国の2022年の食料自給率（カロリーベース）は38%
である。1961年には78%あったものが、米の消費の減少や、
畜産物や油脂類の消費が増大する等の食生活の変化により、長
期的に低下傾向が続き、2000年代に入ってから概ね40%
を切った横ばい傾向で推移している。2020年に策定した「食
料・農業・農村基本計画」の2030年度45%の目標到達は難
しい状況にある。

我が国の供給カロリーのうち、62%は海外から輸入する農
林水産物・食品に頼っている現状から、農林水産省では、この

海外からの供給分をより詳細に分析するため、各国・地域から
の輸入量で按分して試算したものが表-1である。

供給カロリーの多い順に、米国22%、豪州11%、カナダ9%、
ブラジル5%となり、国産とこれら主要4ヶ国分とを合わせると、
大部分（84%）を占める。これら4ヶ国はいずれも国土
面積が広大で、とうもろこし、小麦、大豆、なたね等の穀物や
油糧種子、飼料作物といった土地利用作物とそれを活かした畜
産物が主な輸入品目となっている。（K. O）

表-1 我が国の食料供給における供給カロリーの国別・品目別構成（試算）：2022年度（熱量の単位はkcal）

国 名	品 目	熱量	%	国 名	品 目	熱量	%	国 名	品 目	熱量	%	
国 産	合計	850	37.6	豪 州	合計	251	11.1	中国（続き）	大豆油かす	4	0.2	
	米	474	21.0		砂糖類	104	4.6		鶏肉	4	0.2	
	砂糖類	63	2.8			小麦	61		2.7	飼料作物	2	0.1
	野菜	50	2.2			なたね	47	2.1	合計	31	1.4	
	小麦	47	2.1		乳製品	13	0.6	タ イ	砂糖類	17	0.7	
	牛乳・乳製品	44	1.9		牛肉	9	0.4		鶏肉	9	0.4	
	魚介類	39	1.7	飼料作物	4	0.2	インドネシア	合計	25	1.1		
	いも類・でん粉	38	1.7	カナダ	合計	193	8.5	バーム油	21	0.9		
	果実	20	0.9		小麦	89	3.9		合計	20	0.9	
	大豆	18	0.8			なたね	69	3.0	乳製品	16	0.7	
	鶏卵	8	0.4			大豆	12	0.5	合計	20	0.9	
	植物油脂	8	0.4		豚肉	9	0.4	アルゼンチン	とうもろこし	14	0.6	
	牛肉	6	0.3		ブラジル	合計	105	4.6	南アフリカ	合計	18	0.8
	鶏肉	5	0.2	とうもろこし		58	2.6	とうもろこし	16	0.7		
	豚肉	5	0.2			大豆	24	1.0	合計	17	0.7	
	海藻類	4	0.2			鶏肉	8	0.3	フィリピン	果実	12	0.5
				大豆油かす		7	0.3	やし油	4	0.2		
米 国	合計	497	22.0	マレーシア		合計	79	3.5	メキシコ	合計	9	0.4
	とうもろこし	205	9.1		バーム油	75	3.3	豚肉		5	0.2	
	大豆	102	4.5	EU	合計	57	2.5	果実	2	0.1		
	小麦	101	4.5		乳製品	24	1.1		合計	8	0.3	
	飼料作物	12	0.5			豚肉	14	0.6	チリ	魚介類	4	0.2
	豚肉	9	0.4			オリーブ油	8	0.4		合計	5	0.2
	牛肉	9	0.4		ばれいしょ	3	0.1	ロシア	魚介類	3	0.1	
	乳製品	9	0.4		果実	2	0.1		合計	4	0.2	
	ばれいしょ	7	0.3	中国	合計	41	1.8	ノルウェー	魚介類	4	0.2	
	魚介類	6	0.3		野菜	12	0.5	計	2,260	100.0		
	果実	3	0.1			果実	10				0.4	
	大豆油かす	3	0.1			魚介類	4				0.2	
	野菜	2	0.1									

機関誌「植調」記事のホームページ公開のお知らせ

「植調」創刊号から第49巻第2号までの著者・共著者および関係各位

公益財団法人日本植物調節剤研究協会

日頃より、当協会の機関誌「植調」の刊行にご協力を頂いておりますこと、心より感謝申し上げます。

さて、当協会はホームページの充実を図るとともに利便性を高めるために、植調誌の全ての記事のタイトルや掲載号を検索する機能を整備して参りました。さらに、ホームページ上で検索した記事タイトルから記事の全文が閲覧できるよう、準備を進めているところです。しかしながら、創刊号から第49巻第2号までの記事については著作権の所在が明示されておきませんので、当協会としては著者からホームページ上での記事公開について許諾を得ておく必要があります。本来であれば著者の方々から個別に許諾をいただくべきところなのですが、創刊号からの共著者を含む全ての著者から個別に許諾確認をいただくことは極めて膨大で困難な作業となり、それにより公開が大幅に遅れることも懸念されます。

そこで、当協会としましては、この「お知らせ」をもって、

「植調」の創刊号から第49巻第2号までの巻頭言、論文記事および各種連載記事の著者の方々からホームページ公開についてご承認をいただきたく願います次第です。

これについて著者の方々からご承認いただけないとお申し出があった場合には、当該記事をホームページ上での公開対象としないことといたします。ご承認いただけない著者の方は、2024年3月31日までに、その旨を当協会総務部企画課に、電話、郵便、E-mailなどどのような手段でも結構ですのでご連絡ください。お申し出の無かった記事につきましては、ご承認いただけたものとして公開作業を進めさせていただきます。ただし、期限後にお申し出があった場合につきましては、当該記事の公開を速やかに中止させていただきますことを申し添えます。

以上、よろしくお願いいたします。

2023年11月22日



連絡先

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
総務部企画課

〒110-0016

東京都台東区台東1-26-6

電話 : 03-3832-4188

Fax : 03-3833-1807

E-mail : kikaku@japr.or.jp

研究会等

●令和5年度日本学術会議公開シンポジウム

テーマ：害虫・病原体・雑草に対する作物の耐性強化研究の進展

主催：日本学術会議農学委員会植物保護科学分科会・日本植物保護科学連合

日時：2023年12月2日(土) 13:00～16:50

場所：Zoomによるオンライン配信

講演：

「天然生理活性物質の機能を応用した作物のストレス耐性強化」

浅見 忠男（東京大学農学生命科学研究科）

「病原体に対する園芸作物の耐性強化の実例と今後の方向性」

岩波 徹（東京農業大学農学部）

「雑草抑圧力に優れる水稻品種の作出に向けた試み-研究の進捗状況と今後の展望-」

浅見 秀則（農研機構 西日本農業研究センター）

「ネギハモグリバエ抵抗性ネギ品種の開発と利用に向けて」

浦入 千宗（農研機構 野菜花き研究部門）

「植物-植物コミュニケーションを利用した作物の耐性強化を目指して」

米山 香織（東京大学農学生命科学研究科）

参加申込み方法：参加無料（事前申込制）

メールにて hmatsu@biol.tsukuba.ac.jp 宛に申し込み下さい。

【申込み締切日：11月25日（土）】

●第30回農業レギュラトリーサイエンス研究会

テーマ：日米欧における最近の農業行政・規制の動向について考える

主催：日本農業学会／農業レギュラトリーサイエンス研究会

日時：2023年12月18日(月)

講演会13:00～17:00，情報交換会17:30～20:30

場所：北とぴあ 2Fつつじホール（東京都北区王子1-11-1）

講演：

「2023 United States EPA overview (オンライン講演)」

Ms. Lisa Setliff, and Mr. Roger Horton

(Landis International, Inc.)

「これからの我が国の農業行政」

楠川 雅史（農林水省 消費・安全局 農産安全管理課 農業対策室）

「食品衛生に関わる農業行政・規制に関する講演：

タイトル未定」

中村 俊輔（厚生労働省 健康・生活衛生局 食品基準審査課 残留農薬等基準審査室）

「EU Regulatory update (オンライン講演)」

Dr. Dagmar Heibertshausen

(SCC Scientific Consulting Company)

参加申込み方法：

日本農業学会HP (<http://pssj2.jp/>) 上にリンクされた開催案内を参照の上、申し込み下さい。

植調第57巻 第8号

■発行 2023年11月22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

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

イザナギ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボSD/200SD粒剤(ベンゾビスクロン)

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(ベンゾビスクロン)

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(ベンゾビスクロン)

バットウZ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)

アシュラ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/400FG(ベンゾビスクロン)

ダンクショットフロアブル(ベンゾビスクロン/カフェンストロール)

天空1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾビスクロン)

ゲパード1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ベンゾビスクロン/ダイムロン)

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

レプラス1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤(ダイムロン)

ジカマック500グラム粒剤(ベンゾビスクロン)

ツルギ250粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾビスクロン)

アネシス1キロ粒剤(ベンゾビスクロン)

ジャイロ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾビスクロン)

テッケン/ニトウリュウ1キロ粒剤/ジャンボ(ベンゾビスクロン)

ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾビスクロン)

銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)



ベンゾビスクロンはSU抵抗性雑草やアシカキ、イボクサにも高い除草効果を示します。

「ベンゾビスクロン」含有製品

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)

イネキング(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)

キクトモ(1キロ粒剤)

サスケ粒剤200(200グラム粒剤)

サスケ-ラジカルジャンボ

シルト(フロアブル)

忍(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)

シロノック(ジャンボ)

タンボエース(1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤)

トビキリ(ジャンボ)

ナギナタ(豆つぶ250/ジャンボ)

ハイカット/サンパンチ(1キロ粒剤)

半蔵(1キロ粒剤)

フォーカスショット(ジャンボ)/ブレッサ(フロアブル)

フルイニング(ジャンボ/スカイ500グラム粒剤)

プレキープ(1キロ粒剤/フロアブル)

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)

ライジンパワー(1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ)



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タ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

ジャスタ®

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

ワサウエポン®

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

ウルティモZ®

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

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



**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。



®を付した商標は登録商標です。

協友アグリ省力化技術

FG

FG剤で田んぼの除草が変わる。

水稲用一発処理除草剤 FG剤ラインナップ

アツパレZ

バッチリLX

アットウZ

サラブレッドKAI

ガツンZ

その他もラインナップたくさん >>>> アシュラ ジェイフレンド バッチリ ビクトリーZ

●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。 ●空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

JAグループ
農 協 | 経済連

協友アグリ株式会社 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町6-1

お問い合わせ
<https://www.kyoyu-agri.co.jp/contact/>

®は協友アグリ(株)の登録商標です。

写真を撮るだけで
病害虫雑草診断
ができる

有効薬剤
がわかる!

診断履歴を
管理・分析
できる!

病害虫雑草の
プロを手の中に!

スマートフォン用アプリ レイミーの

AI病害虫雑草診断 無料!

※画面は開発中のものです。

対応作物が増えました!!



■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。■学習に用いたデータは、農林水産省委託事業「人工知能未来農業創造プロジェクト・AIを活用した病害虫診断技術の開発」および、「官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)」の成果である「病害虫被害画像データベース」を用いた。

開発 日本農業株式会社 NTT DATA 株式会社 NTTデータ CCS

参加 日産化学株式会社 日本曹達株式会社 三井化学アグリ株式会社 日本農業ホームページから 日本農業 検索

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[®]

フルパグ[®] MX 1キロ粒剤 / ジャンボ[®]

スーパ[®] A 1キロ粒剤

ヒエケツパ[®] A 1キロ粒剤

フルチア[®] ジ ジャンボ[®]

フルイニグ[®] ジャンボ[®]

タイズミドリ[®] 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>

水田除草の勝者と成る。

ラオウ[®]

1キロ粒剤 ジャンボ フロアブル

詳しい使い方、
登録内容はこちらから

誕生

クミカの初・中期一発処理除草剤

米づくりに、希望の光。

アカツキ[®]

1キロ粒剤 豆つぶ250 ジャンボ フロアブル

詳しい使い方、
登録内容はこちらから

●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。
●防除日誌を記載しましょう。

※商品画像はイメージです。®はクミアイ化学工業(株)の登録商標

JAグループ 農 協 | **全農** | 経済連

全農登録商標 第4702314号

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 <https://www.kumiai-chem.co.jp>

クミカの
facebookは
こちら

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。

〒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 農業支援サイト 農力 <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。●小児の手が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。



大勢の農家さんへ
SCG GROUP

住友化学

大好評の除草剤ラインナップ

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
シヤンボ フロアフル

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

メガゼータ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル 400Fg

オサキニ 1キロ粒剤

忍 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

イッテツ 1キロ粒剤
シヤンボ フロアフル

ドニチS 1キロ粒剤

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

サファファントWK 丸和 **サファファント30**

MBC 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57巻 第8号 目次

- 1 巻頭言 SNSの発展とそこにあるDiversity & Inclusion
奥村 博
- 2 水稻除草剤試験での薬害評価におけるドローン空撮画像の利用
大段 秀記
- 6 ドローンによる空撮画像を用いた水稻除草剤試験における生育抑制評価法に関する検討
宮原 克典
- 10 乾田直播水稻の限界播種深度について
荻原 均
- 15 農薬使用による水生生物への生態リスクの全国的な変動の見える化
永井 孝志
- 20 FAO56モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析
今野 智寛
- 24 〔判定結果〕2022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
- 26 〔判定結果〕2023年度茶園関係 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
- 27 〔連載〕研究センター・試験地紹介(4)ー北見試験地ー
田中 静幸
- 29 〔田畑の草種〕^{くさぐさ} 鰯田牛蒡(ヒレタゴボウ)
須藤 健一
- 30 〔連載〕標本は語る【第4回】学校に眠る雑草標本
早川 宗志
- 32 〔連載〕植物の不思議を訪ねる旅 第36回 キャベツよりの連想
長田 敏行
- 34 〔統計データから〕我が国の食料供給カロリーの国別構成
- 35 〔おしらせ〕機関紙「植調」記事ホームページ公開のお知らせ
(公財)日本植物調節剤研究協会
- 36 広場

No.103

表紙写真 『ヒレタゴボウ』



水田や湿地など浅い水場に生育するアカバナ科の夏生一年草。水田では畦畔際に多い。5～7月に萌芽して8～9月に開花する。(写真は©浅井元朗, ©全農教)



子葉と第1本葉。



花は径約2.5cm。4枚の黄色い花弁が目立つ。

種子は褐色で0.3～0.4mm。



葉は互生し、茎は3または4稜ある。ほぼ無毛。

