

植調

第55巻
第8号

JAPR Journal

メッシュ農業気象データ活用に向けた取り組み状況 佐々木 華織

順序データによる観測調査の新たな利用可能性

—統計モデルを活用した難防除雑草カラスムギの発生予測と管理効果の評価—

松橋 彩衣子・深澤 圭太

IPBES侵略的外来種とその管理に関する評価報告書の概要と外来雑草の管理 江川 知花

非破壊計測を利用した作物の生育情報収集技術の開発 廣岡 義博



公益財団法人日本植物調節剤研究協会

JAPAN ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF PHYTO-REGULATORS (JAPR)

新提案! 「中期にジャンボ」ラクラク散布!

新技術

ソニック Spreッド®
テクノロジーだから

拡散力が違う!

ノビエ

コナギ

ホタルイ

クログワイ

オモダカ

各種雑草に幅広い効果!

水稲用中期除草剤

セカンドショット® ジャンボMX
アトカラ® ジャンボMX

農林水産省登録
第23866号

動画を
チェック!



ソニック Spreッド® テクノロジーとは……

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



三井化学アグロ株式会社

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

アジムスルフロン・ペノキスラム・メソトリオン粒剤

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

○使用前にはラベルをよく読んでください。 ○ラベルの記載以外には使用しないでください。 ○小児の手の届く所には置かないでください。 ○容器・空袋などは圃場などに放置せず、適切に処理してください。 ○防除日誌を記録しましょう。



カウントダウン®

雑草の無い水田へ

一発、カウントダウン。

JAグループ
農協 全農 経済連

® カウントダウンはバイエルグループの登録商標
© はクミアイ化学工業(株)の登録商標

新登場



- 1 3成分で高い除草効果
- 2 ノビエへの優れた除草効果
- 3 難防除多年生雑草への高い除草効果
- 4 多年生イネ科雑草に対する高い除草効果
- 5 SU抵抗性雑草に対する高い除草効果
- 6 田植同時散布可能(1キロ粒剤・フロアブル)

- 7 無人航空機での処理可能(1キロ粒剤・フロアブル)
- 8 水口施用可能(移植水稲・フロアブル)
- 9 拡散性に優れたジャンボ剤
- 10 直播水稲への適用性
- 11 新規需要米(WCS、飼料米等)に対する高い安全性

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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・祝日を除く



「植調」誌とブラジルの思い出

公益財団法人日本植物調節剤研究協会理事
 農薬工業会副会長
 溝口 正士

40年近く前、社会人になって最初の職務が農薬開発、委託試験担当でした。そのときすでに「植調」誌は発刊16年の歴史があり、新入社員にとってのたいへん勉強になる月刊誌でした。ただ入社して約20年間は殺虫剤の担当だったので、正直なところ「植調」誌はいつも近くにありながらばらばらと流し読みする程度でした。

40歳を過ぎて海外営業担当になり、2005年にブラジルに赴任しました。その頃、コンさんという方がときどきサンパウロの事務所に来られて、いつも「植調」誌を置いていてくれました。コン(近)さんは日本から移民された一世で、アグロコスモス社という農薬の圃場試験を行うラボの責任者でした。このアグロコスモスの前身がブラジル植調試験場です。コンさんは、ルイス・ホンマさんという方と二人でアグロコスモスを運営し、除草剤だけでなく殺虫剤や殺菌剤の試験もされていて、その受託のための営業活動を兼ねて農業各社を訪問し、日本の会社には「植調」誌を配布されていたのです。当時私は事務所では日本人一人だけで、日本語の本に飢えていたこともあって「植調」誌は愛読誌になり、コンさんの来社を楽しみにしていたのでした。

アグロコスモスはサンパウロ市の北180km、車で3時間弱のエンジェニェイロ・コエーリョ(訳すと“ウサギのエンジニア”)という場所にあり、温暖で土質もよく、柑橘中心の農業地帯で、近くにはデュポン社(当時)やバイエル社、シンジェンタ社の試験場もありました。「植調」誌第24巻第8号(1990年)には、1980年に別の場所で設立されたブラジル植調が1989年にICI社の試験農場を購入して同地に移転したことが記載されています。ブラジルの農業市場がいまほど大きくなかった時代に、早々と試験場を開設された先見の明に感心いたします。

駐在中にはしばしばアグロコスモスを訪問しました。毎年圃場試験を委託していたし、また大豆やフェジョン豆、コーン、コーヒー、綿、サトウキビなどブラジルの主要作物が揃っているの、日本からの出張者の視察にもちょうどよかった

のです。場内にはため池があり、釣りが楽しめるということでした。ただこの池のために思わぬ害獣で困ってしまいました。バナナの試験のとき、池に住むカピバラが苗を食べてしまうのです。カピバラは、その肉は食せば美味しく、また水洗いのできる革は隣国アルゼンチンではカルピンチョと呼ばれる高級品として売られていて、捕獲する人が増えたためブラジルでは法律で保護されており、殺してはいけないので、柵で囲んで防いでいました。いま日本では動物園やアニメなどでカピバラは人気者ですが、私には大きなネズミにしか見えません。ルイスさんによれば、池にはカワウソや大蛇もいて、また敷地の森には地名になっているウサギの他に、アルマジロ、スカンク、オオトカゲ、ブラジルの国鳥であるオオハシ、ハチドリ、オウム、サソリにヒアリなどブラジルらしい動物がいるそうです。

2回目のブラジル駐在をしていた2015年ころ、若手研究員を研修生としてサンパウロ事務所に駐在させることになりました。彼はアグロコスモスに頻繁に通い、時には現地のホテルに宿泊して長期滞在し、試験や圃場の作業で鍛えていただきました。サンパウロ市とは違って、日本語も英語も通じない街で、よいブラジル研修になったと思います。そのころにはコンさんはすでに亡くなられ、ルイスさんが従業員と一緒に切り盛りされていました。ブラジル農業市場は大きく伸び、農業各社の自社試験圃場が充実してきたこともあって、以前は薬効薬害試験が中心でしたが、GLPの残留試験や、研究用の雑草の種子の販売が増えているとのことでした。また、周辺にあった柑橘畑は、市場の変化やグリーンング病のせいもあってか面積が減っており、住宅が増えていました。

2017年に帰任して、以来ご無沙汰していますが、ルイスさんはコロナ禍でもお元気にアグロコスモスでの仕事を続けられているそうです。早くコロナが落ち着いて、もう一度訪問し、ぜひカワウソとアルマジロを見てみたい、と考えています。

メッシュ農業気象データ活用に向けた取り組み状況

農研機構 農業環境研究部門
気候変動適応策研究領域
佐々木 華織

近年の担い手不足を背景に、気象情報、特に年々精度向上が図られている気温等の予報値を有効利用し、気候変動等の影響下における農業生産の安定化を図るため、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）において、メッシュ農業気象データは開発された（大野ら 2016）。データは一般にも公開されており、2021年8月末現在、登録件数は研究機関、公設試、普及機関、民間企業、大学、農業法人等、1100件に上る。このように、メッシュ農業気象データは農業生産の様々な場面において活用が進んでおり、今後も利用拡大が期待される。今回はその現状と活用に向けた取り組みについて紹介する。

1. メッシュ農業気象データとは

メッシュ農業気象データは、全国を約1km×1kmの細かさでカバーする、観測値、予報値、平年値がシームレスにつながった日別気象データである（大野ら 2016）。気温、降水量等を含む、農業に有効な14の気象要素について、1980年から現在の翌年まで（約40年分）のデータが用意されている（表-1、小南ら 2020）。また、気温、降水量等の基本的な要素については平年値（2021年現在、メッシュ平年値 2010）が用意されている。

図-1は2020年7月10日に取得した茨城県つくば市における日平均気温の年変動の図である。過去期間につ

いては AMeDAS 等の観測値に基づいて作成されている。予報期間については、今日から9日先までは気象庁の数値予報モデル GPV（Grid Point Value）と呼ばれるデータが用いられ、いずれも日別の予報値である。これより先にはガイダンスと呼ばれる別な気象庁資料が用いられ、10日から13日先については2週間気温予報（当該日を中心とする5日間移動平均値、2019年より）、14日から最長26日先については1ヶ月予報（当該日を中心とする7日間移動平均値）が入っている。13日先までは日々更新されているが、14日から先については毎週金曜日に更新されるため、予報期間は最長で26日先までとなる。さらにその先には、翌年の12月31日まで平年値が入っている。データは、気象庁から配信される最新の予報データを用いて毎朝更新され、今日に近いほど

予報精度の高いデータが適用される。

システムでは、日々更新される予報値をアーカイブとして保存しており、これを用いることで、利用者は2011年以降の任意の日に提供した予報値を自らのPC上に再現することができる。通常のデータ処理に使用している Python プログラムの一部を修正するだけでこれを読み込むようにできるので、予報に基づく農業情報の有効性や作物生育予測モデルの精度検証を手軽に行うことができる。

2020年からは気温の特別データが追加されている。予報期間は今日から9日先までとなっており、今後、要素を追加していく予定である。

また、全球気候モデルを用いた温室効果ガス排出シナリオに基づく将来気候予測が搭載されており、2019年には全球気候モデル・要素・予測期間等が大幅に拡充された（西森ら 2019;

表-1 メッシュ農業気象データシステムで配信されている気象要素の一覧

気象要素	記号	単位	日別気象値			日別平年値
			過去期間	予報期間	平年値期間	
日平均気温	TMP_mea	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最高気温	TMP_max	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最低気温	TMP_min	℃	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日積算降水量	APCP ¹⁾	mm/day	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
	APCPRA ²⁾					
1mm以上の降水の有無	OPR	0(無)～1(有)	1980年1月～	～9日先	～1年後	2011年～1年後
日照時間	SSD	h/day	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
全天日射量	GSR	MJ/m ² /day	1980年1月～	～9日先	～1年後	2011年～1年後
下向き長波放射量	DLR	MJ/m ² /day	2008年1月～	～9日先	なし	なし
日平均相対湿度	RH	%	2008年1月～	～9日先	なし	なし
日平均風速	WIND	m/s	2008年1月～	～9日先	なし	なし
積雪深	SD	cm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
積雪相当水量	SWE	mm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
日降雪相当水量	SFW	mm/day	1980年10月～	～9日先	なし	なし
予報気温の標準偏差 ³⁾	PTMP	℃	なし	～26日先	なし	なし

- 1) アメダスベースの過去値
- 2) 解析雨量ベースの過去値
- 3) 気温予報値の標準偏差近似



図-2 栽培管理支援システムホームページ

防除適期予測，栽培管理計画策定等がある。特に寒冷地では，気象による農業への影響が大きいいため，メッシュ農業気象データの利用が活発で，利用者も多くなっている。一例は，以下のサイトを参照いただきたい (https://www.naro.go.jp/laboratory/harc/contents/mesh_portal/index.html)。

農研機構 農業環境研究部門では，メッシュ農業気象データを活用した「栽培管理支援システム」を開発し，一般にも公開している (<https://agmis.naro.go.jp>)。

これは，水稻，小麦，大豆を対象として，メッシュ農業気象データと，作物生育予測モデル，病害予測モデルおよび栽培管理技術を利用して，農業気象災害を軽減するため，早期警戒情報と作物の栽培管理に役立つ情報を作成・配信し，生産者の意思決定を支援するための情報システムである。

メッシュ農業気象データの利用拡大の取り組みの一つとして，定期的にご利用講習会を開催している。講義に加えて，実習の最後にはグループごとに Python を用いたプログラムを作成する。これまでの実習では，病害虫の発

生予測や作物の収穫期・定植期予測等が取り上げられているが，いずれも，地道な栽培試験，現地調査等の研究蓄積を元に，参加者各自が持ち寄った課題の中から選ばれる。この中から，水田雑草（ノビエ）の除草剤散布時期に関する課題を例に挙げると，先行研究および圃場試験の結果を用いて，気温が平年値の場合，特定年の場合，さらには温暖化シナリオによる 2050 年の場合について，有効積算気温から防除適期の予測を行い，結果を地図表示するプログラムを完成させた。これら過去の利用講習会資料は，利用者専用サイトから参照することができる。

このように，気象要素を用いた予測モデルやアルゴリズムの作成，過去の検証から本年の予測，さらには将来の温暖化時における評価まで，メッシュ農業気象データは幅広く利用することができる。

3. データの解像度および精度，今後の展望

メッシュ農業気象データは，メッシュ平年値をベースに観測値を空間内

挿して作成されたものであり，観測地点のないメッシュについては，あくまでも推定値である（大野ら 2016）。このため，関東等の平野部では現地観測データとの整合性が比較的高いが，中山間地等の局地気象現象の卓越する複雑地形下では，値が合いづらいとの報告がある。この問題を解決するため，農研機構 西日本農業研究センターにおいて「50m メッシュ精密気象データの作成方法」が開発されている（農研機構 2021）。また，現地気象観測データを反映させることで，精度を高める試みも行われている。しかし，気温については，特に正確に観測することは難しく，日射による昇温を取り除くための複数層の日除けの中にセンサーを設置し，電源を確保して適切な風量で通風する必要がある。一方で，特に中山間地ではこのような装置を設置することは困難である。そこで，農研機構 農業環境研究部門では，全く新しい気温センサー「三球温度計」を開発した（Maruyama *et al.*, 2020）。これは熱収支に基づいた原理を応用しており，電源および日除けが不要なため，どこでも気軽に正確な気温を測定

することができる。今後、このような高性能なセンサーの開発が進み、普及されれば、さらなるデータ精度の向上が期待される。

おわりに

メッシュ農業気象データが公開されて以降、気象データ、特に予報値を農業に取り込むハードルが下がり、研究のみならず、一般にも広く利用されるようになった。今後さらに気象データの社会実装が進み、気候変動に伴う生産環境変化にも対応できるよう、デー

タの普及、また、システムの開発および運用に尽力していきたいと思う。

引用文献

- 小南靖弘ら 2020. メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver.4.1. 農研機構, 67pp.
- Maruyama, A. *et al.* 2020, Multiple-globe thermometer for measuring the air temperature without an aspirated radiation shield, *Agricultural and Forest Meteorology*, 292-293, 108028.
- 西森基貴ら 2019, 農業利用のための SI-CAT 日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (農研機構シナリオ 2017) について, *シミュレーション* 38, 150-154.
- 農研機構 2020a, 地域気候変動適応策評価のための「農研機構地域気候シナリ

オデータセット」の利用標準作業手順書 https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/139234.html.

農研機構 2020b. 1km メッシュ農業気象データシステムの利用と応用 https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/134540.html.

農研機構 2021. 50m メッシュ精密気象データの作成法標準作業手順書 https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/138712.html.

大野宏之ら 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. *生物と気象* 16, 71-79.

田畑の草種

血止草 (チドメグサ)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

ウコギ科チドメグサ属の多年草。東北以南の水田畦畔や耕作地周辺のやや湿った所、休耕田、池塘、湿った道端、側溝などにごく普通。細い茎は良く分岐し、節から発根して地表を這う。葉は互生し、葉身は円形、表面に光沢があり、掌状に浅く裂ける。春から秋の間、葉の腋に短い花柄を出し小型の散形花序をつける。花序は葉の位置より低く花は目立たない。

日本の在来種である。

古来、どこにでもある雑草として邪険にされてきたのだと想像する。田を作ればその畦で、水路を作ればその堤で、畑にせよ住まい周辺にせよ、少しばかり湿り気のあるところだとどこでもみられる。どこでもみられるが地表面を這い回るためそんなに邪魔にはならない。難点はこの草の上は気を付けて歩かないと滑りやすいことだろうか。背の高い草が繁茂するとやがては少なくなり、背の高い草が刈られるとまた、勢力範囲を広げていく。戦国時代さながらの陣取り合戦である。

室町時代の後半、武田信玄・上杉謙信らが割拠していた戦国

時代、各地で陣取りのための合戦が繰り返し行われていた。そんな戦のたびに、「足軽」と呼ばれる歩兵集団が組織されるのだが、彼らは戦のない時には農民であった。ひとたび戦に加入すると命を落とすこともあるが、軽い擦過傷や切り傷の場合、この草を摘み、洗い、揉んで傷口に貼りつけることで、その傷の血を止めることができるということを十分に知っていたはずである。止血に効果のある野草には、ヨモギ、ドクダミ、イタドリなどがあげられるが、医学的根拠があるわけではない。止血作用としてこれらの野草に含まれているタンニンの収斂作用が血管や組織の収縮をもたらすと考えられている。

「血止草」の名は、古くから民間で血止めのために使ったことからこの名がついた。

因みに陣取りで広がっていく様子は、牧野植物図鑑のチドメグサの図をみれば一目瞭然である。四方八方に広がっていく。その広がり方や定着の仕方から在来のグランドカバープランツとしても利用可能と思えるのだが。

順序データによる観測調査の 新たな利用可能性

—統計モデルを活用した難防除雑草カラスムギ の発生予測と管理効果の評価—

農研機構 植物防疫研究部門
雑草防除研究領域

松橋 彩衣子

国立環境研究所
生物多様性領域

深澤 圭太

はじめに

農地雑草の分布や密度を調査する手法は色々あるが、最も簡便な手法のひとつは、雑草の発生状況を「小」「中」「大」といった順序づけられたカテゴリ (ordinal categories) で表現する方法であろう。本誌の読者ならば、そのような調査記録を何度か目にしたことがあるのではないだろうか。遠観調査とも呼ばれる、目視によるこの手法は、特別な道具を必要としない上に、数や重さを測定する手法よりもはるかに時間や労力を節約できるという利点がある。そのため、広域の雑草分布を把握したい場合や、たくさんの地点を扱いたい場合、複数回にわたって調査を継続したい場合に極めて有効な手法と言える。一方で、こうした順序カテゴリによる調査データは、測定による数値データとは異なり、統計処理を行う上で難しさがあり、そのために「現状把握」「分類」といった利用に留まっていた。しかし、近年ではフリーソフトによって誰もが手軽に順序データを統計的に解析できるようになり、これまでにない新たな活用性を見出せるようになってきた。

そこで本稿では、ムギ畑の難防除雑草カラスムギ (図-1) を例に、過去に蓄積された調査記録と統計モデルを利用して、農地管理の雑草抑制効果を評価・予測することを目的とした研究を紹介する。管理によって雑草発生がどう移り変わるかについて、雑草発生



図-1 コムギ畑の中のカラスムギ
出穂すると背丈がコムギより大きくなり、よく目立つ。

の順序データとそれをとりまく管理条件を元に、順序ロジスティック回帰 (ordinal logistic regression) を用いた推移行列モデル (transition matrix model) によって推定していく。ここでは主に輪作や耕種防除による管理条件を扱うが、除草剤による化学的防除など、ここで扱わない条件にも適用していくことが可能である。もし、手元に似たようなデータがあれば、今回の手法が適用できそうか、読後に思いを馳せていただくと幸いである。なお、本稿の内容は Matsushashi *et al.* (2021 PLOS ONE 16(1): e0245217) に掲載された研究を日本語で解説したものである。そのため、本稿の内容を引用する際には、オリジナル論文を出典としていただくようお願いしたい。

1. ムギ畑で問題となるカラスムギと総合的雑草管理 IWM

カラスムギ (*Avena fatua* L.) は、世界中のムギ畑で甚大な被害をもたら

している難防除雑草である (Beckie *et al.* 2012; Jäck *et al.* 2017)。日本国内においても 1990 年代から問題が顕在化し (浅井・與語 2005)、現在でもムギ畑における多発により減収が生じている。国内のムギ作においては、2021 年現在において有効な生育期除草剤の登録はない。一方で、国外においては除草剤抵抗性が広く報告され、抵抗性獲得世界ワースト 2 とも言われるほど深刻な問題となっている (Heap 2014)。そのため、国内外では動機は違えどどちらも化学的防除以外の管理を組み合わせての防除を目指す総合的雑草管理 (IWM: Integrated weed management) の重要性が指摘されている (Harker *et al.* 2009; Bajwa *et al.* 2017; Matsushashi *et al.* 2021)。例えば、作目をムギから他の作物に変更したり (O'Donovan *et al.* 2013; Harker *et al.* 2016)、ムギの播種時期を遅らせたり (Brown 1953; 浅井・與語 2010) といった耕種防除の試みが検討されている。国内でも有効とされている方法は、夏作に水稲栽培を行うことである (木田・浅井 2006)。夏期の湛水条件が埋土種子を死滅させることで、翌年の発生を抑えることが期待できる。しかし、水稲作が難しい農地においては、他の対策が求められている状況にある。

2. 現地調査：順序カテゴリによる簡易観測

今回扱ったデータは、1997 年から



図-2 現地調査を行った圃場の位置

2009年にかけて茨城県のカラスムギ多発地域における現地圃場で収集されたものである(図-2)。計41圃場を対象として、各圃場において連続する4~13年間調査が行われ、計425観測分のデータが得られた。この地域では5月にはカラスムギが出穂して背丈がコムギよりも大きくなり(図-1)、発生を確認しやすくなる。そのため、毎年5月頃に圃場を回って調査が行われた。調査では、カラスムギの発生度を「Level 0: 無」「Level 1: 小(被度20%未満)」「Level 2: 中(被度20%-50%)」「Level 3: 大(被度50%以上)」の4段階の順序カテゴリとして評価した(図-3)。すべての圃場は、最初はコムギかオオムギのどちらかが栽培され、カラスムギが発生していたが、毎年調査を行ううちに、カラスムギの発生度は変化し、ムギ作ではなく野菜作や休耕を行う圃場も現れた。圃場によっては水路の状況や植生が変化し、前年の夏に水稻を行っていた形跡を持つものも現れた。また、一部の圃場ではムギの背丈が通常よりも低く、播種時期が遅く生育が遅れていることが察せられた。こうした状況も記録し、結果として、次の10通りの管理条件を比較・検討できるだけのデータが得られた。

- ①「農地利用：6条件(コムギ作・オオムギ作・野菜作等・水稻作・休耕(春先の管理無)・休耕(春先に耕起



図-3 本研究で定義したカラスムギ発生度

- 等の管理有))」
 ②「夏期湛水：2条件(有 or 無)」
 ③「播種時期を遅らせる調整：2条件(有 or 無)」
 さらに、カラスムギの発生に関わる研究では、しばしば気温の影響が議論されるため、
 ④「ムギ生育期の気温」

の効果も検討することとした。気温データは、圃場地点の緯度経度を1kmスケールに変換し、12月から4月の平均値を農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)(大野ら2016;小南ら2019)より収集した。

3. 統計モデルによる評価と予測

野外で取った調査記録から統計モデルを構築して評価・予測していくわけだが、この研究に限らず、データ解析を行う上で意外と重要となるのはデータの整理方法である。ここではまずデータの整理方法を紹介し、その後で統計フリーソフトR(R Core Team 2021)を使ったモデリングと予測について紹介していく。耳慣れない統計用語が出てくるかもしれないが、読みづらいところは適宜読み飛ばしていただくとして、雰囲気だけでも伝われば幸いである。

(1) データを整える：整然データ

データの整理方法は、人やデータによって様々な選択肢や作法があると思

うが、データを統計ソフトで扱うためには、整然データ(tidy data, 表-1)として整理しておくことと便利である。整然データとは、①個々の観測が1行で表現され、②個々の変数が1つの列をなし、③同じ性質を持つ一連の観測値が1つの表をなした表形式である(Wickham 2014; 西原 2017)。例えば、表-1では、圃場ID1で1998年に調査した情報が、1行で整理されている。観測項目ごとに列をつくり、1つのセルには1つの値を入れる。こうすると、統計ソフトで扱いやすいだけでなく、Excel等の表計算ソフト上でもソートしたりフィルターをかけたりと整理しやすくなる。また、データの引き継ぎ・提供の際にも他者に説明がしやすい。今回の場合は表-1にあるように、「圃場ID」、「年」、「緯度」、「経度」、「平均気温」、「カラスムギの発生度(4段階)」、「農地利用(コムギ作・オオムギ作・野菜作等・水稻作・休耕(春先の管理有)・休耕(春先の管理無))」、「夏期湛水の有無」、「播種時期調整の有無」の列を作り、整然データとして整理した。なお、表-1や以降の説明では、わかりやすいように各項目を日本語で表記しているが、統計ソフト上ではアルファベット表記の方がエラーを発生しづらく扱いやすくなる場合も多く、今回も実際には全てアルファベット表記にしている。このため、実践する際にはデータを記載する言語に少しだけご留意いただきたい。

ExcelやLibreOfficeなど、使い慣れている表計算ソフトでデータを整理

表-1 表計算ソフトを使った整然データの例

圃場ID	年	緯度	経度	平均気温	カラスムギ発生度	前年カラスムギ発生度	農地利用	夏期湛水	選播き
1	1998	36.1	140.0	6.89	2		コムギ	F	F
1	1999	36.1	140.0	6.63	3	2	コムギ	F	F
1	2000	36.1	140.0	6.44	2	3	休耕 (春管理)	F	F
1	2001	36.1	140.0	6.15	2	2	コムギ	F	F
1	2002	36.1	140.0	7.51	2	2	コムギ	F	F
1	2003	36.1	140.0	5.83	2	2	オオムギ	F	F
1	2004	36.1	140.0	6.99	1	2	オオムギ	F	F
1	2005	36.1	140.0	6.38	1	1	オオムギ	F	F
1	2006	36.1	140.0	5.58	1	1	オオムギ	F	F
1	2007	36.1	140.0	7.40	2	1	オオムギ	F	F
1	2008	36.1	140.0	6.51	1	2	野菜	F	F
1	2009	36.1	140.0	7.47	2	1	オオムギ	F	F
2	1998	35.9	140.3	6.91	3		コムギ	F	F
2	1999	35.9	140.3	6.62	3	3	コムギ	F	F
2	2000	35.9	140.3	6.43	2	3	コムギ	F	F
2	2001	35.9	140.3	6.20	1	2	オオムギ	T	F
2	2002	35.9	140.3	7.44	1	1	オオムギ	T	F
2	2003	35.9	140.3	5.83	0	1	コムギ	T	F
2	2004	35.9	140.3	6.96	0	0	コムギ	T	F
2	2005	35.9	140.3	6.56	0	0	コムギ	T	F

ある圃場である年に行った1つの観測記録は、1行で整理される。観測項目ごとに列をつくり、1つのセルには1つの値を入れる。表中のT/Fは、管理のあり/なしを示している。ここでは日本語表記だが、統計ソフト上ではアルファベット表記の方が扱いやすい場合が多いので、可能ならばアルファベット表記をお勧めしたい。

したら、csvで書き出して、試しにRに読み込ませてみよう。

```
# data.csv というファイルを d という名前を付けて読み込む
d<-read.csv("C:/Users/ユーザー名/フォルダ名/data.csv") # " " 内はデータのパスとファイル名
```

```
# d の中にある "カラスムギ発生度" 列には 0, 1, 2, 3 という順序を示す数字が入っている
```

```
# これらは "数値" と認識されているので、これを "順序カテゴリ" として認識させる
d$カラスムギ発生度 <- ordered(d$カラスムギ発生度)
```

```
# "年" も数値として認識されているので、時系列 (time series) データとして認識させる
```

```
d$年 <- as.ts(d$年)
```

今回の研究では、農地利用のうち、コムギ畑を基準として他の条件を比較・検討する

そのため、"農地利用" のデータの順番を入れ替え、一番最初をコムギにする

```
d$農地利用 <- factor(d$農地利用, levels=c("コムギ", "オオムギ", "野菜等", "水稲", "休耕(春管理有)", "休耕(春管理無)"))
```

ここまでできたら、あとは解析する

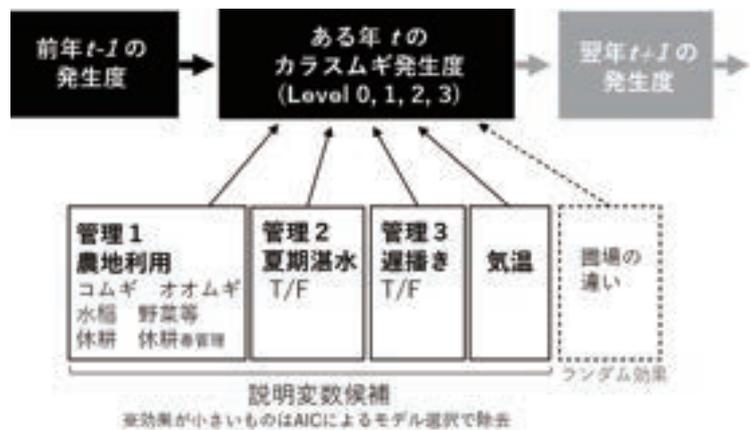


図-4 ある年のカラスムギの発生度は、何によって決まるのか

だけである。

(2) 状態変化を統計モデルで表現する：混合順序ロジットモデルを使って

データの準備が整ったところで、ある年の「カラスムギの発生度」が何によって決まるのかについて、今一度立ち返って考えてみよう。「農地利用」や「夏期湛水」といった管理や気温等が「カラスムギの発生度」に及ぼす影響を、矢印で示すと図-4 のようになる。ここで、管理条件以外に忘れてはならないのが「前年のカラスムギ発生度」である。直感的に、前年に大発生して種子をたくさんこぼした圃場は、当年もたくさん発生しそうである。そこで、「前年の発生度」からも矢印を伸ばそう。また、今回は41圃場を扱っているのだから、圃場の違いによるばらつきもあるかもしれない。とはいえ、その推定は今回の目的とは逸れるので、矢印は点線で表すことにしよう。今、図中では「ある年 t のカラスムギ発生

表-2 作成したモデルの比較

モデル	前年の発生度				遅播き	農地利用					平均 気温	閾値確率			AIC
	Lv1	Lv2	Lv3	夏期 湛水		オオムギ	野菜等	水稻	休耕	休耕 春管理		Lv0 Lv1	Lv1 Lv2	Lv2 Lv3	
1	4.23	8.43	12.44	-1.39		0.22	-6.77	-18.79	-1.60	-5.34	0.31	-1.01	2.34	4.37	633.02
2	4.27	8.46	12.37	-1.44	-0.91	0.18	-6.86	-19.75	-1.68	-5.43	0.30	-1.19	2.17	4.23	633.12
3	4.26	8.47	12.46	-1.45	-0.98	0.21	-6.83	-19.75	-1.63	-5.46		-3.16	0.16	2.20	633.86
4	4.22	8.44	12.57	-1.39		0.26	-6.73	-18.79	-1.54	-5.36		-3.08	0.22	2.23	634.08
5	4.38	8.79	13.05		-0.85	0.26	-6.79	-19.78	-1.67	-5.37	0.32	-0.88	2.44	4.49	637.75
6	3.64	8.44	16.78	-0.90	-0.27						0.30	0.32	2.69	4.29	803.55
7				-3.23	-0.39	-0.36	-6.40	-19.26	-0.72	-4.28	0.36	-0.42	2.05	3.45	914.20

この研究では、AICが小さく（一般に、最も小さいAICとの差が2未満のモデルを選択するのが良いとされている）、説明変数の数も少ないモデル4を採用した。

度」に向けて、実線・点線あわせて6本の矢印が伸びている。矢印の先である「カラスムギの発生度」を目的変数、矢印の元を説明変数、点線矢印の元をランダム効果（ばらつき）とし、モデルで表現してみよう。

今回は、目的変数であるカラスムギ発生度が順序カテゴリであるため、混合順序ロジットモデルを使う。単純な順序なしカテゴリを扱うモデルとは異なり、カテゴリ間（例えば、Level 0と1の間や、Level 2と3の間）には序列関係が存在する。順序ロジットモデルはそのような序列関係を維持しながら、各カテゴリの確率と説明変数の関係を推測することが可能な統計モデルである。順序ロジットモデルでは、図-5で示したように左右にシフトしたロジスティック回帰曲線によってカテゴリ間の境界線である閾値確率を表現し、閾値確率同士の差（これは隣接するロジスティック回帰曲線の間のy軸方向の距離に相当する）をカテゴリごとの確率とみなしている。それにより、説明変数の変化に対してカテゴリの確率が滑らかに変化する様子を推定することができる。図-5では、Xの値が小さいときはLevel 0の確率が高く、Xが大きくなるに従ってLevel 1や2など中間的なカテゴリの確率の上昇を経て最終的にはLevel 3の確率が增大するという発生度と説明

変数の正の関係が示されている（二値反応のロジスティック回帰モデルと異なり、順序ロジットモデルにおいては正の関係の時にロジスティック回帰曲線が右下がりになることに注意）。混合順序ロジットモデルは順序ロジットモデルにランダム効果も組み込んだものである。もっと詳しく知りたい方は、Matsuhashi *et al.* 2021で数式等を確認することができるので、そちらも参照されたい。混合順序ロジットモデルは、Rのordinalパッケージのclmm2関数（Christensen 2019）で扱うことができる。

```
#ordinalパッケージはデフォルトでは入っていないため、適宜インストールする
install.packages(ordinal)
#パッケージを呼び出す
library(ordinal)
#説明変数を全て入れたフルモデル
res<- clmm2(カラスムギ発生度 ~
前年のカラスムギ発生度 + 農地利用 +
夏期湛水 + 遅播き + 気温, random = 圃場)
ここで、
summary(res)
```

を実行すると、結果が出力され、それぞれの説明変数の係数の推定値(Estimate)、標準誤差(Std. Error)、P値(Pr(>|z|))といった値を眺めることができる。それらの値をみると、「この説明変数はよく効いている」「こちらはあまり効いていなさそう」とい

う当たりをつけることができる。データ量に対して過度に説明変数が多く複雑なモデルは予測能力が低くなるのが懸念されるので、後者の「効いていなさそうなもの」については、他の説明変数の原因となっていない（バックドア基準に抵触しない）ことが確認できたら、いっそモデルから抜いてしまった方が良いかもしれない。変数を入れるか入れないかを検討するとき、同時に出力されるAIC（赤池情報量規準）という指標の値が小さいモデルを選択するという方法もある。この研究では、表-2のように説明変数を変えたモデルを複数作り、AICを比較した。結果として、「遅播き」と「気温」は効果が小さく、モデルから抜いてもあまり予測誤差は変わらないうえに、残された他の説明変数の原因になるとも考えにくいことから、モデルからは除外することとした。最終的には、次のモデルの推定値を使って予測を行った。

```
clmm2(カラスムギ発生度 ~
前年のカラスムギ発生度 + 農地利用 +
夏期湛水, random = 圃場)
```

さて、この式や図-4からも察せられるように、このモデルでは、被説明変数である「ある年*t*のカラスムギ発生度」が翌年*t+1*では説明変数にもなる自己回帰の構造が組み込まれている。この自己回帰を利用すると、ある状態から次の状態への移り変わりを

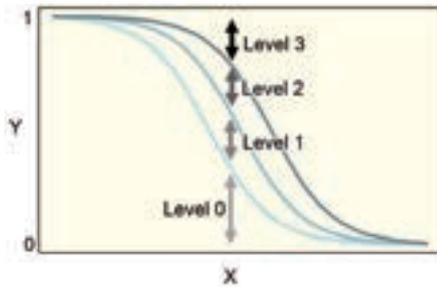


図-5 順序ロジットモデルで推定される確率の概念図
 曲線は順序カテゴリ（ここでは Level）間の閾値確率を表し、矢印は各 Level の確率を表す。X が小さくなるほど Level 0 になる確率が大きくなり、X が大きくなるほど Level 3 になる確率が大きくなる。

計算することができる。図-6 を使ってもっと詳しくみてみよう。図-6 では、「ある年のカラスムギ発生度」が管理の効果によって「前年の発生度」から推移する状態を表現している。管理の効果は、前年の発生度から当年発生度へ推移（例えば、前年 Level 1 だった圃場が Level 3 となる等）する確率として表すことができる。発生度は4段階なので、推移確率は4×4の行列で表される。この推移行列モデルに、先ほど得られた推定値を当てはめると、様々な管理条件における推移確率を求めることができる。計算の詳細は割愛するが、例えば、「農地利用＝コムギ畑、夏期湛水＝なし」という条件の場合、4×4の推移確率が求めら

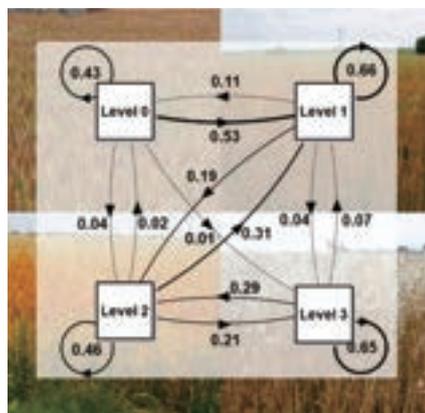


図-7 コムギ作を行った場合のカラスムギ発生度の推移
 矢印の元は前年のカラスムギ発生度を、矢印の先は、当年にコムギ作を行った場合の発生度を示す。図中の数値は推移確率を表している。

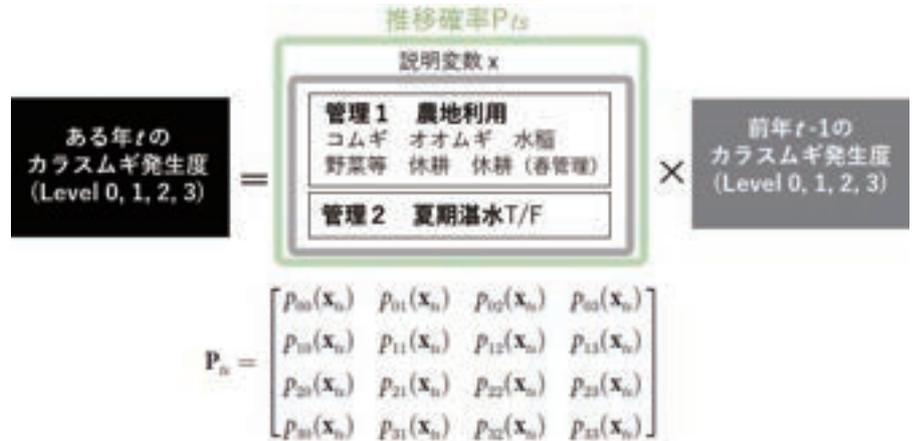


図-6 ある年のカラスムギの発生度は、前年からどう推移するか：推移行列モデル
 管理効果は、前年の発生度から当年発生度へ推移する確率として表現できる。発生度は4段階なので、推移確率は4×4の行列で表される。x_{ts}は、ある年tのあるサイトsにおける管理を示し、p_{ji}はLevel iからLevel jへの推移確率を示す。掛け算を繰り返すことで、管理を繰り返した時の効果を予測できる。

れ、それらを可視化すると図-7のようになる。図-7を見ると、本研究のようなカラスムギ蔓延地域では、前年度 Level 0 だった圃場でコムギ畑を作ると、Level 0 が維持される確率が0.43、Level 1 へ推移する確率が0.53でおよそ半分を占めることがわかる。Level 2, 3 へ推移する確率はそれぞれ0.04, 0.01 となり、これらの確率を全て足し合わせると1となる。このように図の全体を見ると、

- ・本研究のようなカラスムギ蔓延地域では、前年にカラスムギの発生が無い圃場 (Level 0) でも、コムギ畑を作ると高い確率で発生する可能性がある
 - ・Level 1 & 3 へ推移しやすい
 - ・Level 0 から3への推移は起こりうるが、逆は起こらない
- などを視覚的に確認することができる。

同様に、「農地利用＝コムギ畑、夏期湛水＝あり」の場合や、「農地利用＝オオムギ作・野菜作等・水稲作・休耕（春先の管理有）・休耕（春先の管理無）、夏期湛水＝なし」の場合は、図-8のようになる。このように並べると、それぞれの条件の効果やその違いが直感的に理解しやすい。例えば、

- ・オオムギ作条件はコムギ作とほぼ同

じ傾向で、発生抑制への効果は認められない

- ・「野菜作」「水稲作」「休耕（春管理有）」といった本種の生活史を完全に断ち切る農地管理は、たとえ前年の発生度が高くとも急速に抑制し、発生無 Level 0 へと推移させる
 - ・発生リスクの高いコムギ作条件下においても、夏期に湛水条件にした場合は発生が抑えられ、発生無・小に安定しやすい
- といったことを見て取ることができる。このように、これまで個別に検討されてきた管理効果を相対的に評価し、可視化することで、適切な管理手段を選択するうえで有用な情報を得ることができる。

(3) 管理を繰り返したらどうなるかを予測する

(2)では、「前年の発生度が管理によって当年はどうなるか」という状況を予測した。しかし、図-6の掛け算を繰り返すと、「前年の発生度が管理によって当年はこうなり、その管理をもう一年行くと来年は…」という状況も予測できそうである。このように、この掛け算を20回繰り返すと、図-9のように、20年分の確率の変化をシ

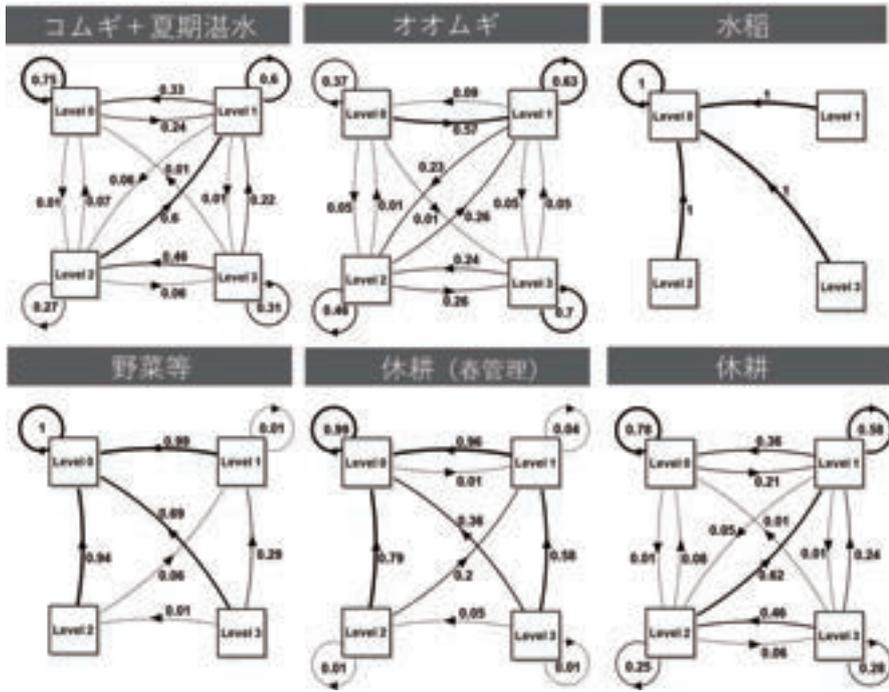


図-8 各管理条件下におけるカラスムギ発生度の推移
矢印の元は前年のカラスムギ発生度を、矢印の先は、当年にコムギ作を行った場合の発生度を示す。図中の数値は推移確率を表している。

なる確率はそれぞれわずか5%、1%に抑えられる。いずれの場合も、3年ほどで確率は大きく変化している。また、(2)で顕著な抑制効果がみられた「野菜作」「水稻作」「休耕(春管理有)」とコムギを交互に繰り返すと、1年で発生を0に近づけることができ、Level 0,1の状態を継続させることができる。このように管理の効果は早くて1年、遅くとも3年以内に顕著に出ることが予想される。このように、長期的な予測によって

- ・カラスムギ蔓延地域において、ムギ連作は高リスク
- ・夏期湛水(夏作水稻)によりリスクは大幅に低減
- ・単年の作目変更・休耕も抑制効果大
- ・3年同じ管理を続けて効果が認められない場合は、別の管理方法の検討へといった情報を得ることができる。これらは、管理計画の長期的な最適化に有用である。

おわりに：順序データを利用して、経験則の見える化へ

順序カテゴリによる簡易観測は、これまで多くの雑草調査で行われてきたものの、統計モデルによってその背景にあるプロセスにアプローチするような研究はなされてこなかった。本研究では、従来とは異なる視点からこうしたデータを見つめることで、推移行列モデルによって農地における様々な管理条件下でのカラスムギ発生度の移り変わりを推定し、管理の効果を評価し、

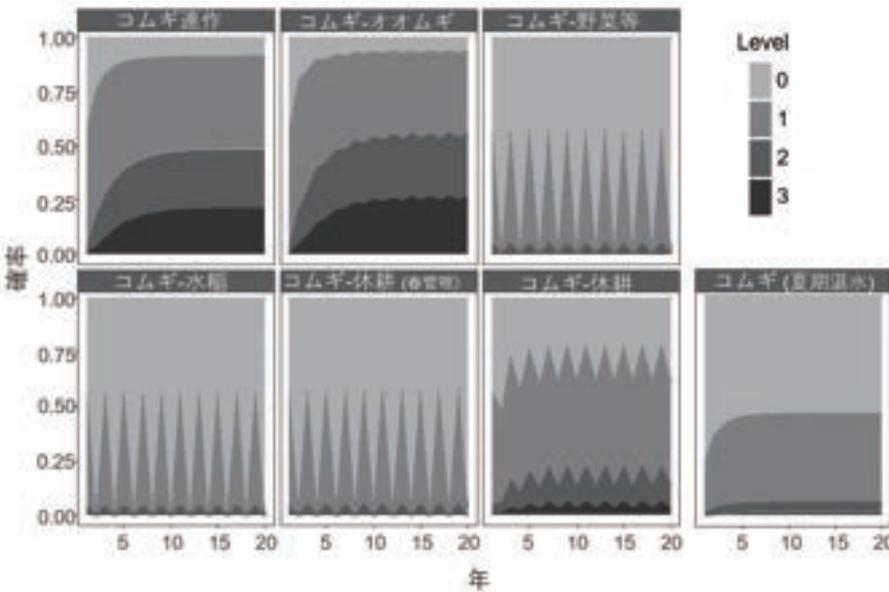


図-9 管理を繰り返したときのカラスムギ発生度の推移確率の時間的変化
コムギ連作、コムギと他の管理(オオムギ、野菜等、水稻、休耕)を交互、及び夏期湛水を行うコムギ連作における、20年間のカラスムギ発生度の推移確率。カラスムギ発生度の初期値はLevel 0(発生無)。

ミュレートすることができる。ここではコムギを作り続ける場合と、夏期湛水条件にしてコムギを作り続ける場合、コムギ作と他の条件を交互に行う場合についての結果を示している。例えば、本研究のようなカラスムギ蔓延地域でコムギを作り続けていくと、発

生無(Level 0)の状態からスタートしても10年もするとLevel 0になる確率が10%以下になり、Level 2か3になる確率が50%をも占めるようになることがわかる。しかし夏季湛水条件と組み合わせると、50%以上の確率でLevel 0となり、Level 2, 3と

長期的に予測することができた。これは、簡易観測の新たな活用性を提示したともいえる。「順序カテゴリによる観測」は、雑草管理のみならず様々な分野で行われている。今回扱ったような被度や密度のような「量」を表すものだけではなく、「質」も順序カテゴリで表されることが多い。注意深く見ると、本研究で扱ったような「複数年にも及ぶ順序データ」は色々な場面で目にすることがあるだろう。もし、身近なところで目にしたら、少しでも本研究のことを思い出し、そのデータの背景に迫れるかを思い描いて頂けると嬉しい。

さて、本研究で示したような結果、例えば「夏に水稲栽培をすると、翌春のカラスムギの発生が抑えられる」というような指摘はこれまでもなされてきたし、ムギ畑を作るよりも休耕にした方がカラスムギの発生を抑えられそうだ、という直感的な当たりはこれまでもつけることはできただろう。しかし、本研究ではこうした「経験則」をまとめて「見える化」したことで、これまで個別に検討されてきた管理効果を相対的・長期的に評価することを可能とした。IWMの推進が求められる今日の雑草管理において、様々な選択肢の中から管理を効率的に最適化していくためには、こうした「経験則の見える化」がますます求められていくこととなるだろう。そうした動きは、生産者の意思決定や効率的な農業生産活動促進へのさらなる支援に繋がっていくと確信している。

謝 辞

本研究は農林水産省戦略的プロジェクト研究推進事業「農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発」(JPJ0079666)の助成を受け、また一部をJSPS科研費(若手研究19K20493)の助成を受けて行った。本稿執筆に際し、安藤美咲氏(茨城県県西農林事務所)、井原希氏、江川知花氏、松山宏美氏(農研機構)、小黒芳生氏(森林総研)、水口亜紀氏(福井県立大)から貴重なご意見をいただいた。

出 典

Matsuhashi, S., Asai, M. and Fukasawa, K. 2021. Estimations and projections of *Avena fatua* dynamics under multiple management scenarios in crop fields using simplified longitudinal monitoring. PLOS ONE 2021, 16(1): e0245217.

引用文献

浅井元朗・與語靖洋 2005. 関東・東海地域の麦作圃場におけるカラスムギ、ネズミムギの発生実態とその背景. 雑草研究 50(2), 73-81.
浅井元朗・與語靖洋 2010. コムギ播種時期・播種量とトリフルラリン剤処理がカラスムギ防除に及ぼす影響. 雑草研究 55(3), 158-166.
Bajwa, AA. *et al.* 2017. Biology and management of *Avena fatua* and *Avena ludoviciana*: two noxious weed species of agro-ecosystems. Environ. Sci. Pollut. Res. 24, 19465-19479.
Beckie, HJ. *et al.* 2012. The Biology of Canadian Weeds. 27. *Avena fatua* L. (updated). Can J Plant Sci. 92, 1329-1357.

Brown, DA. 1953. Wild Oats: Progress in Cultural Control. Weeds. 2, 295-299.
Christensen, RHB. 2019. Ordinal-Regression Models for Ordinal. In: Data. R package version 2019.12-10. 2019. <https://cran.r-project.org/package=ordinal>.
Harker, KN. *et al.* 2009. Integrating Cropping Systems with Cultural Techniques Augments Wild Oat (*Avena fatua*) Management in Barley. Weed Sci. 57, 326-337.
Harker, KN. *et al.* 2016. Diverse Rotations and Optimal Cultural Practices Control Wild Oat (*Avena fatua*). Weed Sci. 64, 170-180.
Heap, I. 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. Pest Management Science 70, 1306-1315.
Jäck, O. *et al.* 2017. Wheat yield loss in response to *Avena fatua* competition and effect of reduced herbicide dose rates on seed production of this species. J. Plant Dis. Prot. 124, 371-382.
木田揚一・浅井元朗 2006. 夏期湛水条件がカラスムギおよびネズミムギ種子の生存に及ぼす影響. 雑草研究 51(2), 87-90.
小南靖弘ら 2019. メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver.4. 農研機構, 67.
西原史暁 2017. 整然データとは何か. 情報の科学と技術 67(9), 448-453.
O'Donovan, JT. *et al.* 2013. Combining cultural practices with herbicides reduces wild oat (*Avena fatua*) seed in the soil seed bank and improves barley yield. Weed Sci. 2013. 61, 328-333.
大野宏之ら 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16, 71-79.
RCore Team R 2021. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
Wickham, H. 2014. Tidy data. Journal of Statistical Software. 59(10).

IPBES 侵略的外来種とその管理に関する評価報告書の概要と外来雑草の管理

農研機構 農業環境研究部門
農業生態系管理研究領域
江川 知花

はじめに

人や物の流れのグローバル化に伴い、日本に持ち込まれる外来植物の種数は増え続けている。過去 20 年の貿易動向に基づいた予測では、2008 年から 2028 年までの 20 年間で日本に新たに持ち込まれ、定着する外来植物は 600 種以上にのぼるとされる (Seebens *et al.* 2015)。外来種の中で、生物多様性や人の健康、食料生産に深刻な影響を引き起こす、又はそのおそれのある種は「侵略的外来種」とよばれる。自然環境中や農耕地で問題を引き起こし、管理の対象となる外来雑草もこれに含まれる。侵略的外来種は、外来植物全体から見ればごく一部であるものの、母数となる外来植物種数が増えれば必然的にその数も増えることから、今後、より多くの侵略的外来種—外来雑草—によってより多様な問題が引き起こされる事態が生じることが危惧される。

侵略的外来種の増加と、それに伴う被害の深刻化は、日本のみならず世界各国に共通する懸念である。多くの国は侵略的外来種によってすでに甚大な被害を被っており、1970 年から 2017 年の約 50 年間で外来雑草によって世界各地で引き起こされた被害の総額 (管理コストを含む) は、少なくとも 89 億米ドルと推定されている (Diagne *et al.* 2021)。植物のみならず、動物等ほかの分類群も加えると、その額は実に 1 兆 2,800 億

米ドルにのぼり (Diagne *et al.* 2021)、これ以上の被害は各国および世界経済にとって深刻な打撃となる。このため、侵略的外来種の新たな導入 (意図的なものと非意図的なもの両方を含む) と定着の防止は国際的に喫緊の課題と認識されており、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) においてもターゲットのひとつに位置づけられている (Target 15.8: “2020 年までに、外来種の侵入を防止するとともに、これらの種による陸域・海洋生態系への影響を大幅に減少させるための対策を導入し、さらに優先種の駆除または根絶を行う” : <https://imacocollabo.or.jp/about-sdgs/17goals/> [2021.9.15 にアクセス])。

こうした状況を鑑み、政府間組織 IPBES (イプベス、と読む。詳細については次節を参照) は現在、侵略的外来種がもたらす様々な影響を体系的にまとめるとともに、既存の外来種管理手段の有用性を精査し、各国の政策立案者に侵略的外来種の導入や定着を防止するために有効なオプションを提示することを目的として「侵略的外来種とその管理に関するテーマ別評価報告書」の作成 (以下、外来種アセスメント) を進めている。本稿の筆者は、このアセスメントに主執筆者 (LA: Lead Author) として関わっている。本稿では、外来種アセスメントで評価されるトピックについて概説し、アセスメントが外来雑草の管理に係る政策にどのように貢献しうるかについて、一著者としての私見を述べたい。な

お、本アセスメントの報告書の内容は、2023 年のアセスメント完了まで部外秘とされていることから、本稿で述べる事柄は公開可能な概要に留まることをご了承いただければ幸いである。

IPBES と IPBES のアセスメント

外来種アセスメントの概要に入る前に、IPBES という組織と IPBES のアセスメントについて簡単に紹介する。IPBES は、正式名称を Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services、日本語名称を「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学—政策プラットフォーム」といい、生物多様性とそれに立脚する生態系サービス (生態系サービスには、人間の健康維持にかかわる調整サービス、食料の供給サービスなどがある。詳細については、環境省「生物多様性及び生態系サービスの総合評価 2021」(JBO3, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/115844.pdf> [2021.9.13 にアクセス]) 等を参照されたい) の現状と傾向を科学的に評価し政策に活かすことを目指して、2012 年に設立された政府間組織である (公式ウェブサイト: <https://ipbes.net/> [2021.9.21 にアクセス])。2021 年 9 月現在、日本を含む 137 ヶ国が参画している。IPBES は気候変動分野で著名な IPCC とよく似た活動を行っていることから、生物多様性版

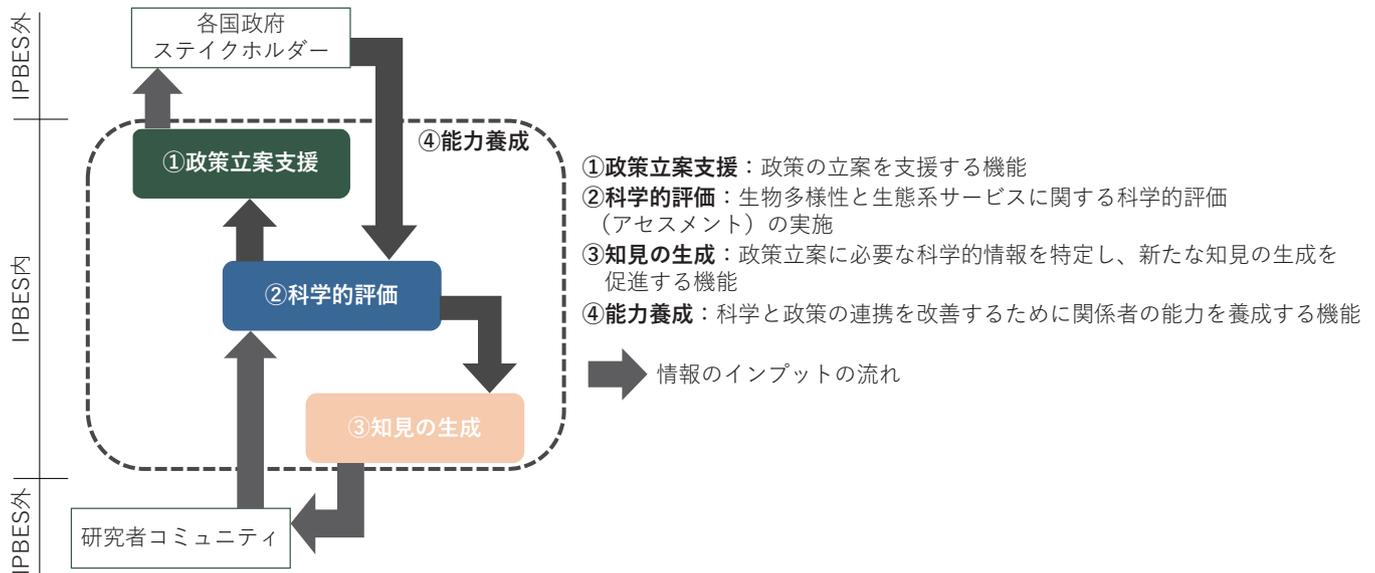


図-1 IPBESの4つの機能

令和2年度第2回IPBES国内連絡資料 (https://www.iges.or.jp/sites/default/files/inline-files/1.2020%E5%B9%B4%E5%BA%A6IPBES%E8%AA%AC%E6%98%8E%E4%BC%9A_%E6%A9%8B%E6%9C%AC_0.pdf [2021.9.15にアクセス])を参考に作成

IPCCと称されることもある。IPBESの機能は、①政策立案支援、②科学的評価、③知見の生成、④能力養成の4つであるが(図-1)、もっとも重要なものは②の科学的評価である。科学的評価とは、科学論文や報告書等をもとに、生物多様性と生態系サービスの現状と影響要因に関するアセスメントを実施することであり、その成果は生物多様性条約に基づく国際的な取組みや各国の環境政策の科学的根拠となる。IPBESでは、これまでに8つのアセスメントを実施済みであり、外来種アセスメントを含む6つのアセスメントが進行中または計画中となっている。

アセスメントの成果である評価報告書の執筆は、研究者・実務者から成る専門家(著者)グループによって行われる。専門家は、IPBESに参画している各国政府やIPBESに関わる団体・機関による推薦を受けた応募者の中から、地域・ジェンダーバランス等を考慮して選出される。選出された専門家は、数万の文献をレビューし、報告書の草稿を作成する。草稿は、最低でも2回の外部有識者によるレビューと1回の各国政府によるレビューを

経てブラッシュアップされる。最終的に出来上がる原稿は膨大なページ数であり、読破するのは容易ではないことから、重要なポイントをコンパクトにとりまとめた政策立案者向け要約(SPM: Summary for Policymakers)も同時に作成される。SPMは政策決定にとりわけ重要であるため、IPBESの参画国政府および関係機関が一堂に会する総会(Plenary)において一言一句確認され、必要な修正を経たのちに承認される。IPBESでは全会一致で決議が行われることから、全ての参画国政府が納得しなければ、SPMの承認とはならない。このため、総会中はしばしば各国の意見が対立し、合意を得るまで深夜でも延々と交渉が行われることもある。総会におけるSPMの承認および評価報告書の受理をもって、アセスメントはようやく完了となる。アセスメントの開始から完了までは数年にわたる長い時間がかかる(アセスメントの進行プロセスの詳細については、IPBESパンフレットを参照：<https://www.iges.or.jp/jp/pub/ipbespamphletjp/ja> [2021.9.15にアクセス])。多くの関係者の膨大な時

間と労力が費やされる分、アセスメントの成果は国際的に合意された科学的知見として大きなインパクトをもち、G7環境大臣会合等の重要な国際会議で引用されることもある。

侵略的外来種とその管理に関するテーマ別報告評価書

外来種アセスメントは2019年5月に開始され、現在、40ヶ国以上約90名の研究者・実務者らから成る専門家グループによって報告書の執筆が進められている(全専門家のリスト：<https://ipbes.net/invasive-alien-species-experts-2019> [2021.9.22にアクセス])。本アセスメントは前述のとおり、侵略的外来種が生物多様性と生態系サービスに与える影響を評価するとともに、既存の管理手段の有効性を精査し、効果的な政策オプションを示すことを目的とする。具体的には、次に示すようないくつかの重要な問いに答えを見出すことを目指している。本アセスメントで扱う全ての問いや詳細な内容は、IPBESが公開しているスコーピング文書(仕様書のよ

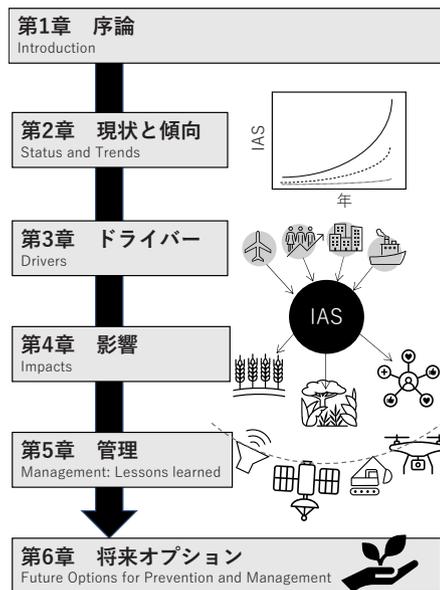


図-2 外来種アセスメント報告書の章構成
 図中の略語 IAS は、侵略的外来種 (Invasive Alien Species) のことを指す。

うなもの)を参照されたい：https://ipbes.net/sites/default/files/ipbes-6-inf-10_en.pdf [2021.9.19 にアクセス]。本節の内容は基本的にこのスコーピング文書に基づくものであるが、わかりやすさを重視し、筆者の責任で意訳を行った部分がある。

外来種アセスメントで扱われる問いの一部

- (1) 生物多様性と生態系サービス、持続可能な開発と人間の福利に対する侵略的外来種の影響とリスク、利用便益とは何か？
- (2) 侵略的外来種の脅威に優先順位をつけるにはどのような手法があるか？
- (3) 侵略的外来種の管理を行う上での障害は何か？
- (4) 生物多様性に害を及ぼす一方、経済活動には貢献する侵略的外来種をどのように管理するか？
- (5) 効果的な外来種管理は、政策セクター、企業、NGO およびその他のステークホルダーにとってどのような意義をもつか？
- (6) 侵略的外来種の管理に資する国

際的な政策イニシアティブは何か？

本アセスメントの報告書は、図-2に示すような6章構成となっており、第1章の序論で侵略的外来種の定義やアセスメントが作成された背景と目的が述べられたのち、第2章で侵略的外来種の現状と傾向、第3章で侵略的外来種の導入・定着・拡散を直接的・間接的に駆動する要因(ドライバー)について評価がなされる。続く第4章では、侵略的外来種によってこれまでに引き起こされてきた影響について、環境的・経済的・社会的側面から評価がなされる。なお、この章で取り扱われる「影響」には、侵略的外来種が引き起こしてきた被害というマイナスの影響の他に、それらの利用によって得られる便益というプラスの影響も含まれる。本稿の筆者が執筆に携わっている第5章は、これまでに全球・国・局所スケールで行われてきた侵略的外来種の管理手段の有効性を評価する章であり、前述の一連の問いに答える上で鍵となるパートである。侵略的外来種のリスク分析、検疫、バイオセキュリティなどの予防的措置について既存のフレームワークの有効性が評価される他、定着してしまった侵略的外来種の早期発見、根絶、適応的管理のための慣行的・先進的ツールについても評価が行われる。さらに、侵略的外来種の管理を妨げる障害について、資金不足等の直接的な要因と外来種に対する人々の価値観の違い等の間接的な要因に分けて分析がなされる。本章

で特定された障害は、続く第6章の基盤となる。第6章では、第1章から第5章までで評価された内容をふまえて、侵略的外来種をよりよく管理するためのオプションが示される。たとえば、侵略的外来種の早期警戒、関連情報の国際的・地域的な共有、侵略的外来種の管理に関する意思決定を促進するために取り得る選択肢が提示される。また、侵略的でありながら様々な用途で利用されている外来種の管理場面でしばしば生じる、ステークホルダー間の利益相反に対処するための政策オプションも示される。

本アセスメントはすべての分類群を対象としているため、報告書は非常に包括的な内容となるが、いずれの章においても植物の解説には多くのスペースが割かれている。本稿筆者の携わっている第5章でも、外来雑草の管理に関わる事例が数多く含まれる。

本アセスメントは、2023年春頃にアメリカで開催されるIPBES第10回総会においてSPMが採択されて完了することになっており、報告書の内容が一般に公開されるのはその後になる。しかし、2021年末～2022年初めには、2回目の外部有識者レビューが行われる予定であり、レビュー者として登録いただければ、どなたでも部外秘を条件に作成中の報告書草稿を読むことができるので、日本の雑草研究者の方にもぜひお手に取っていただき、ご意見を頂戴できれば幸甚である。いただいたレビューコメントは、そのすべてに対して専門家グループから回

答がなされる。外部有識者レビューの詳細な実施スケジュールは、決定次第、IPBESの公式ウェブサイト上で告知される。

外来種アセスメントと外来雑草の管理：一著者としての期待

外来種アセスメントが開始されて以来、すべての著者が銘肝してきたことは、政策立案に有用な知見を提供する一方で、政策の方向性を規定するような記述はしない (policy relevant, but not policy prescriptive) という点である。これは、本アセスメントに限らず、IPBESのすべてのアセスメントに共通する方針であり、それゆえにIPBESのアセスメント報告書には「～をすべき」「～が求められる」という表記は含まれない。一方で、外来種アセスメントでは、前節で記したような一連の問いに対する答えが明らかにされ、侵略的外来種の管理を推進する上で重要なポイントが明示される必要がある。このため、専門家グループは、政策規範的にならないようにしながらも、侵略的外来種の導入と定着を防ぐ必要性やそのために取り得る選択肢を明確に示すよう腐心してきた。このような努力により、本アセスメントの報告書は汎用性の高いものに仕上がってきていると感じる。著者の一人として、報告書が公表された暁には、侵略的外来種に関わる幅広い政策の根拠として活用されることを願ってやまない。

日本では、生物多様性保全に関する

国レベルの政策は環境省が所管しており、これまでIPBESのアセスメント報告書が参照されてきたのは、主として環境省が主導する政策決定プロセスであったと思われる。しかし、雑草を含む侵略的外来種の管理には、環境省だけでなく、農林水産省（農業生産保護の観点から）、国土交通省（国土整備の観点から）、林野庁（森林資源保護の観点から）など、様々な省庁が関係している。このことから、一著者としては、外来種アセスメントの成果が環境省だけでなく様々な関係省庁によって政策立案の根拠として利用されることを期待したい。たとえば、本アセスメントの報告書には検疫措置やバイオセキュリティに関連する知見が含まれるため、環境省の所管である外来生物法のみならず、農林水産省の所管である植物防疫法を見直す場合の根拠にもなると考える。また、日本では、生物多様性や生態系サービスに悪影響を及ぼすリスクをもつ一方で、産業利用されている外来種が相当数あるが（たとえば、牧草、クレソン、ニセアカシアなど）、ステークホルダー間での意見の相違が原因でこれらの外来種の管理が進まないことがあった。外来種アセスメントでは、こうした利益相反に対処する政策オプションも提示されることから、将来、関係省庁がこのような外来種の管理推進に向けて新たな制度の整備を検討することがあれば、その際にも本アセスメント報告書は有用な情報源となりえる。

外来種アセスメントは他のIPBES

のアセスメントと同様、政策決定に資することを第一義としている。しかし、本アセスメントで提示される知見は、政策決定のためのみならず、外来雑草の管理現場においても活用できるものとする。たとえば、アセスメント報告書の第5章では、化学的防除や天敵を用いた生物学的防除、遺伝子ドライブを用いた防除など様々な管理手段の有効性が評価されるが、こうした知見は、雑草管理の実務者が効果的な手法を選択し、管理計画を立案する際の科学的根拠にもなりうるものである。

政策立案者から現場で管理を行う実務者まで、幅広い方々に参照いただけるような成果物を生み出し、雑草をはじめとする侵略的外来種の導入・定着の防止に資することを目指して、本稿筆者も誠に微力ながら2023年のアセスメントの完了まで尽力していく所存である。

謝辞

本稿執筆の機会を与えてくださった小林浩幸氏、與語靖洋氏にこの場を借りてお礼申し上げます。

引用文献

- Diagne, C. *et al.* 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature* 592, 571–576. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>
- Seebens, H. *et al.* 2015. Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Glob Change Biol.* 21, 4128–4140. <https://doi.org/10.1111/gcb.13021>

非破壊計測を利用した作物の生育情報収集技術の開発

近畿大学農学部
農業生産科学科
廣岡 義博

はじめに

地球規模での気候変動に対応するためには、主要穀物の品種改良に加え、栽培技術の適正化が必要とされている。そのためには、圃場における作物形質の情報収集が不可欠であり、中でも、葉面積指数 (LAI) は、生育量を反映すると同時に、その後の群落の生産機能を左右する最も重要な群落形質である。LAI の計測方法は、破壊計測と非破壊計測の2つに大別される。破壊計測では、サンプルの収集や測定に手間がかかる上に同地点では1度の計測しかできず、多くの品種や環境における LAI 動態を把握するには適していない。一方、プラントキャノピーアナライザー (LI-COR, Lincoln, NE, USA) のような非破壊計測機器を用いることで、LAI 計測は簡易化され、経時的なモニタリングが可能となる。しかしながら、非破壊計測の推定精度上の問題により、その利用が停滞していた。

精密農業や高精度の収量予測のためには作物の生育情報を継続的に収集することが重要である。著者は、非破壊計測の利点を最大限に活用したプラントキャノピーアナライザーによる作物の成長動態および栽培環境の評価手法の開発に取り組んできた。ここでは、作物の生育情報を簡易的に収集した上で、成長動態および栽培環境を評価するための技術を紹介するとともに、今後のさらなる応用戦略について考察する。

LAI 動態の評価手法の開発

前述したように、LAI の簡易評価法として、魚眼レンズ画像を用いたプラントキャノピーアナライザーによる非破壊計測技術が開発されてきたが、推定精度が十分でないなどの理由からその利用が停滞していた。例えばイネに関しては、出穂期以降の LAI を計測することは難しく、出穂期までであっても推定誤差は約 30% と報告されている。そこで、著者らはプラントキャノピーアナライザーの簡易で計測に要する時間が短いという特徴を最大限に活かして多頻度の非破壊計測を行い、その計測値を数理モデルを用いて近似することで、誤差を減少させることができると考えた。多様な環境下で栽培されたイネ群落においてプラントキャノピーアナライザーで1週間に1~2

回の頻度で LAI 計測を行い、有効積算気温 (T ; $^{\circ}\text{C d}$; 基準気温 10°C) を x 軸にとり、ロジスティック関数や指数関数などの数理モデルによって近似することで LAI 動態に関するパラメータを算出した (図-1)。これらのパラメータを用いることで、生育動態に関する品種間差や栽培処理の違いを検出でき、また、いくつかのパラメータは、品種・環境間の交互作用を示さなかったため、各品種や生育環境の特性を定量的に評価できた (Hirooka *et al.* 2016a)。さらに、これらのパラメータは実際の作物の成長速度やバイオマス生産とも相関があることが明らかにされたため (Hirooka *et al.* 2021)、様々な栽培現場で活用されることが期待される。特に、多数の圃場環境下での生育動態の解析に有用であると考えられ、多品種間での評価、多様な生育環境の評価に貢献することが期待できる。

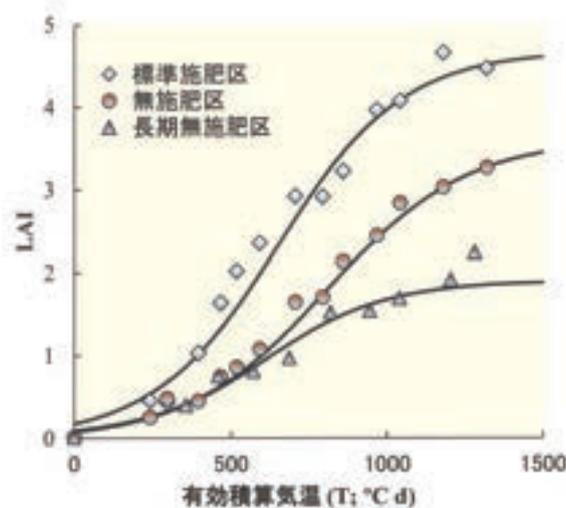


図-1 有効積算気温を x 軸にとり、異なる環境の LAI をロジスティック曲線で近似することによって成長動態をパラメータ化した (Hirooka *et al.* 2016a 改変)。

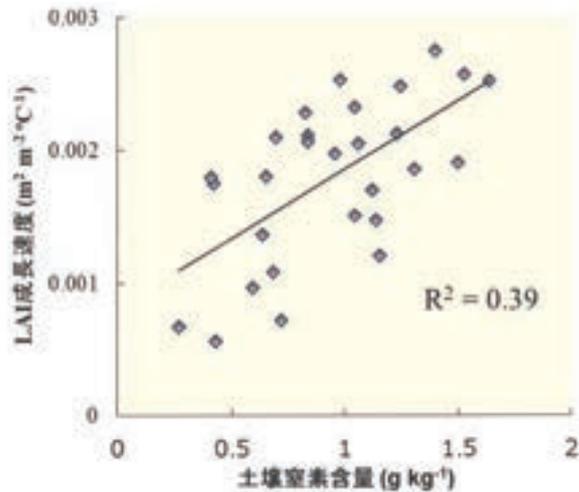


図-2 ラオス・ビエンチャン近郊における土壌肥沃度（土壌窒素含量）は非破壊計測と線形解析によって算出した LAI 成長速度によって推定できた (Hirooka *et al.* 2017 改変)。

評価手法の適用：多品種間評価

上記の評価手法を利用して、イネの成長動態に関する遺伝子型間のばらつきを評価した例を報告する。NIAS (National Institute for Agricultural Science, Japan) の様々な遺伝子型と表現型を持つ RDRS (Rice diversity research set of germplasm) と国際稲作研究所 (IRRI) が開発した高収量品種を用いることで、LAI 動態に関する遺伝子型間評価を行った (廣岡ら 2013)。これまでの研究では、RDRS の収量構成要素、光合成速度、気孔コンダクタンスなどのピンポイントでの定量的な調査は行われてきたが、経時的に生育動態を評価した例は少なかった。非破壊計測とパラメータ化を利用することで、RDRS の成長動態に関する遺伝子型の違いを明らかにし、インディカ米品種とジャポニカ米品種、RDRS 品種と高収量品種の LAI 成長速度の違いを定量的に明らかにした。また、複数のパラメータを利用することで主成分分析やクラスター分析などを用いた解析も可能となり、この結果、高収量品種と同様の LAI 動態が示される RDRS 品種が特定された。

評価手法の適用：農家圃場評価

東南アジアの水田では、農家圃場におけるイネの生育特性に関する情報は限られており、作物の栽培管理を改善するために必要な情報が不足しているのが一般的である。そのため、著者らが開発した非破壊計測を利用した評価手法は、不特定多数の農地を対象とした研究に適していると考えられる。また、多頻度の経時的な計測 (週に 1~2 回) によるパラメータ化が理想的ではあるが、少なくとも 4 回の LAI 計測値を用いた線形解析を行うことで、作物生育の圃場変動が大きい東南アジアにおいては、LAI 増加速度の制限要因を評価することができることを明らかにした (Hirooka *et al.* 2016b; 2017)。栽培管理が一律であった調査対象地域 (ラオス・ビエンチャン近郊) では、LAI 成長速度が土壌中の N および C 含有量と密接に関連していることを明らかにした (図-2)。また、x 切片によって推定された移植日は実測の移植日とよく一致していた。つまり、LAI の成長が旺盛なときに LAI を経時的に計測することで、土壌肥沃度や移植日の推定が可能であり、測

定のタイミングとしては、移植後約 2 か月までが最適であることを示した。また、栽培管理が多様であった対象地域 (カンボジア・プルサット州) においては、非破壊計測によって算出されたパラメータを共分散分析することによって、各要因が LAI 成長速度に与える影響を評価した。これによると、対象地域のイネの生産性は LAI 成長によって制限されており、LAI 成長は主に植え付け方法 (直播または移植)、水条件、土壌条件 (C 含有量, C/N 比) に依存していることが示唆された。農家圃場、特に海外の農家レベルの正確な情報を得ることは困難な場合が多いため、このような非破壊計測と線形解析といった簡易的な方法でイネの生産性を向上させるための重要な要素を定量的に評価できることは非常に有用であると考えられる。

LAI 垂直分布の評価手法の開発

上記の研究では LAI の動態に着目した解析を行ってきたが、LAI の垂直分布をモニタリングして定量化することも、作物の生育動態や光エネルギー利用の違いをより詳細に解析するための重要なアプローチである。しかしながら、LAI 垂直分布を計測するためには、層別刈り取り法などの非常に時間のかかる作業が必要であり、とりわけ経時的な計測は難しい。新品種では旧品種に比べて、光の垂直方向の減衰が比較的小さいことなどが示されている

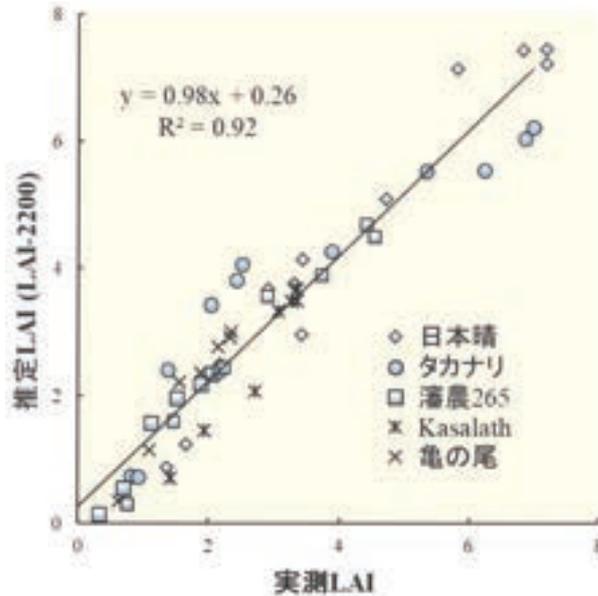


図-3 x cmの高さでLAI-2200によって測定されたLAI(推定LAI)は(x+10)cmの高さ以上で層別刈り取り法によって測定されたLAI(実測LAI)とよく対応していた(Hirooka *et al.* 2018 改変)。

一方で、現在の栽培品種の群落構造が光の利用効率に与える影響を定量的に解析した研究はほとんどない。このことは上記のような理由から、多様な圃場環境下で異なる品種のLAI垂直分布を経時的に計測することが困難であったためである。著者らは、プラントキャノピーアナライザーを活用してLAI分布を定量的に評価するための方法を提案した(Hirooka *et al.* 2018)。x cmの高さでプラントキャノピーアナライザーによって測定されたLAIは(x+10)cmの高さで層別刈り取り法によって測定されたLAIと、品種による偏りなく対応していることを示した(図-3)。LAIの層別値と積率モデルを用いることで、生育ステージ、品種、栽培管理によるLAI垂直分布の違いを定量的に検出できることが明らかとなった。例えば、上記の手法を用いて垂直分布の特性を定量化することで、イネ直立穂品種では生育後半のLAI垂直分布の重心が有意に高くなっており、このことが多収の主要因であることを示唆した(Makino *et al.* 2021)。

リモートセンシング研究への応用

衛星画像などのリモートセンシングデータからイネの生育特性に関する情報を収集することは、広域での圃場栽培を最適化するための重要な手法の一つである。Hirooka *et al.*(2015)では、非破壊計測で得られたLAI成長速度

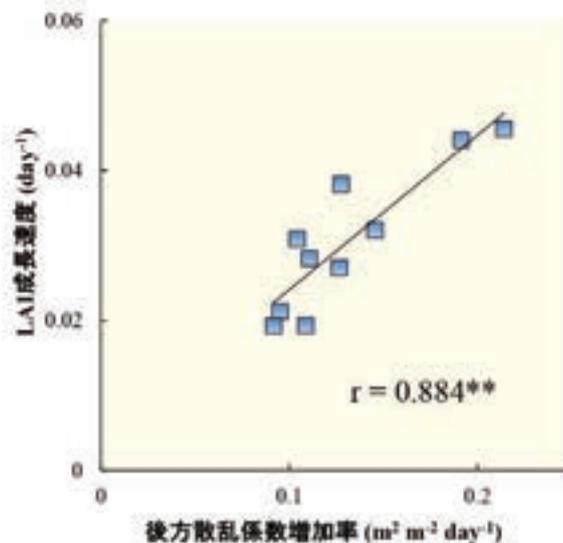


図-4 後方散乱係数が経時的に増加している圃場においては、プラントキャノピーアナライザー計測によるLAI成長速度を合成開口レーダーから得られたデータによって推定できた(Hirooka *et al.* 2015 改変)。

と合成開口レーダー(SAR)から得られた後方散乱係数(Back Scattering Coefficient; BSC)の増加率は密接な相関を示すことを明らかにした(図-4)。これらの結果から、BSCが経時的に増加している圃場においては、SARによってイネの成長動態を広域に推定できることが示された。一方で、測定能の問題などから水田以外の雑草やあぜ道などを評価していると考えられるデータセットも多く存在し、地域スケールでの作物成長特性の評価については、さらに詳細な研究が必要であると考えられる。例えば、無人航空機(通称ドローン)が注目されており、複数のリモートセンシング技術を網羅的に利用することで、それぞれの短所を補完しあい、生育情報を広域に収集するための技術開発に役立つと考えられる。

おわりに

農学研究において、作物形質の情報収集のために破壊計測の代わりに非破壊計測が行われることはあったが、それらの先行研究とは異なり、著者は、非破壊計測法の簡易で計測に要する時間が短いため多頻度の計測を行うことができるという利点に着目した。非破壊計測では、同じプロットを生育期間中に繰り返し測定することができるため、従来の方法に比べて作物の成長動態の評価が容易になる。さらに、経時的な非破壊計測と数理モデルを組み合わせることによって、LAI 動態だけでなく LAI 垂直分布の栽培品種や環境による影響を定量的に解析することが可能となった。これらの情報を経時的にモニタリングすることは多大な労力を必要とするため敬遠されてきたが、今後これらの手法を用いることで、より詳細な光合成能力や乾物生産性に対する群落構造の影響を解析するのに有用となるであろう。

著者らの研究では、イネの出穂期までのデータを使用していたが、その後の生育も重要な要素の一つと考えられている。そこで、プラントキャノピーアナライザーによって出穂期以降の葉面積の減少率を算出することは理論的に可能であるため、そういった指標を今後開発していく必要がある。また、生育後半の生理指標（葉身窒素濃度・

蒸散速度）などを考慮することによって生産性の推定精度が向上するため（Hirooka *et al.* 2021）、生理指標を非破壊的に計測する分光放射計測や熱画像カメラなどの様々な非破壊計測データとの統合を今後検討していく必要がある。また、著者は非破壊計測と数理モデルを用いることで、農家圃場における生産性の制限要因を定量的に示してきたが、栽培品種の違いは考慮していなかった。そのため、さらなる精度改善のため品種特性を非破壊的に判別する技術の開発も今後重要になると考えられる。

今回紹介した一連の研究ではイネを扱ってきたが、プラントキャノピーアナライザーを用いた LAI の非破壊計測は、これまでにマメ (*Phaseolus vulgaris* L.)、ワタ (*Gossypium hirsutum* L.)、トウモロコシ (*Zea mays* L.)、ダイズ (*Glycine max* [L.] Merr.) などでも報告されており、現在までに開発してきた評価手法をイネ以外の作物にも適用できる可能性は大いにある。例えば、日本ではダイズやコムギなどの作物は、施肥や害虫の管理など、栽培に関わる問題が多いため、その生育特性に関する情報を簡易的に収集することが望まれている。本記事で紹介した評価手法は、畑作物も含めたフィールド研究の潮流となっていく可能性があり、特に気候変動による収量減が問題となっているような現場で、作物の生産性向上のための有用な情報を得る

ツールとなるであろう。

文献

- 廣岡義博ら 2013. プラントキャノピーアナライザーを利用したイネの葉群動態の遺伝子型間変異に関する解析 作物研究 58, 51-56.
- Hirooka, Y. *et al.* 2015. Applicability of synthetic aperture radar (SAR) to evaluate leaf area index (LAI) growth rate of rice in farmers' fields in Lao PDR. *Field Crop. Res.* 176, 119-122.
- Hirooka, Y. *et al.* 2016a. Parameterization of leaf growth in rice (*Oryza sativa* L.) utilizing a plant canopy analyzer. *Field Crop. Res.* 186, 116-123.
- Hirooka, Y. *et al.* 2016b. Evaluation of cultivation environment and management based on LAI measurement in farmers' paddy fields in Pursat province, Cambodia. *Field Crop. Res.* 199, 150-155.
- Hirooka, Y. *et al.* 2017. Evaluation of the dynamics of the leaf area index (LAI) of rice in farmer's fields in Vientiane Province, Lao PDR. *J. Agric. Meteorol.* 73, 16-21.
- Hirooka, Y. *et al.* 2018. Parameterization of the vertical distribution of leaf area index (LAI) in rice (*Oryza sativa* L.) using a plant canopy analyzer. *Sci. Rep.* 8, 6387.
- Hirooka, Y. *et al.* 2021. A leaf area-based non-destructive approach to predict rice productivity. *Agron. J.* 113, 3922-3934
- Makino, Y. *et al.* 2021. Effect of flag leaf length of erect panicle rice on the canopy structure and biomass production after heading. *Plant Prod. Sci.* 24, 1-10.

除草剤のRACコード

公益財団法人日本植物調節剤研究協会
技術顧問
與語 靖洋

近年、殺虫剤や殺菌剤の製品容器には、「グループ(1B)：殺虫剤」や「殺菌剤分類：32」等の表記がある。この「1B」や「32」をRACコードという。RACコードは、農薬の作用点を分類したもので、殺虫剤や殺菌剤だけでなく、除草剤にもある。RACは「Resistance Action Committee (抵抗性対策委員会)」の略号で、殺虫剤ではIRAC (Insecticide RAC), 殺菌剤ではFRAC (Fungicide RAC), 除草剤ではHRAC (Herbicide RAC) があり、それぞれでRACコードが決められる。

除草剤の作用点は、明確になったものだけでも25か所あり、それ以外に特定されていないものが数件ある。除草剤の作用点に関する分類コードは現在4つ存在する(表-1)。以前には、HRACが表-1の左から2番目(B), アメリカ雑草学会(Weed Science Society of America, WSSA)が左

から3番目(C)のコードで、それぞれ除草剤の作用点を分類していた。しかし、同じ作用点に2つのコードが存在することによる混乱を避けるため、それらを統一して2020年3月1日に、新しいRACコードを作成した。このコード(A)を“グローバルHRACコード”という。このRACコードの導入により、従来のコード(B)のようなアルファベットと数字を組み合わせから数字だけに変更するとともに、化合物群を合理化した。そのことにより、(B)や(C)は、現在“旧(Legacy)”として扱われている。グローバルHRACコード(A)については、英語だが、“Google play”や“App Store”からダウンロードして、スマートフォンから検索できる(Global Herbicide Classification Lookup, HRAC)。

また、オーストラリアには、以前から独自のコード(表-1のD)が存在していた。このコードは除草剤の容器に早くから明記されており、同じ作用点を有する除草剤の連用による抵抗性雑草出現の助長を防ぐ取り組みがなされてきた。ちなみに、オーストラリアでは2021年7月から“グローバルHRACコード”を導入することを決定し、2022年からラベルの変更を進めるようなので、コード(D)も早晚“旧”コードになると思われる。

さて、この新しいRACコードの導入に際して、4つの新規作用点と14の新規有効成分を追加した。下表のコード30から33である。さらに、その後新規作用点(コード：28)を有する1つの有効成分を追加している。それら作用点を植物

代謝系全体から把握するために、イメージ図を作成した(図-1)。極めて簡略化してまとめたので、正確性に欠けることはご容赦願いたい。ここからわかることは、作用点の大半が一次代謝産物、すなわち生物の生命維持や成長に必須である核酸、タンパク質、糖(炭水化物)、脂質の生合成に関与していることである。中でも、光合成に関与する作用点が多い。この分類でユニークなのは、コード番号10の“グルタミン合成酵素”を光関与型の活性酸素種の生成に位置づけたことである。グルホシネートやビアラホスを処理すると、当該酵素の阻害によって「アンモニアが蓄積して生育阻害を引き起こす」、すなわちアミノ酸生合成系に関与するというのが従来の解釈であったが、最近では「光呼吸と光合成の明反応の両方を阻害することで、活性酸素種の生成や蓄

表-1 除草剤のRACコードの比較

A: グローバル HRAC コード, B: 旧 HRAC コード, C: 旧アメリカ雑草学会(WSSA)のコード, D: オーストラリアのコード

A	B	C	D	作用点等
1	A	1	A	アセチル CoA カルボキシラーゼ(ACCCase)
2	B	2	B	アセト乳酸合成酵素(ALS)/アセトヒドロキシ合成酵素(AHAS))
3	K1	3	D	微小管重合
4	O	4	I	インドール酢酸様活性(合成オーキシシン)
5	C1	5	C	光合成(光化学系Ⅱ)(セリン 264)
	C2	7	C	光合成(光化学系Ⅱ)(セリン 264)
6	C3	6	C	光合成(光化学系Ⅱ)(ヒスチジン 215)
9	G	9	M	EPSP 合成酵素(EPSPS)
10	H	10	N	グルタミン合成酵素
12	F1	12	F	フィトエン脱飽和酵素系(PDS)でのカロチノイド生合成
13	F4	13	Q	1-デオキシ-D-キシルロース-5-リン酸(DOXP)合成酵素
14	E	14	G	プロトポルフィリノーゲン酸化酵素(PPO)
15	K3	15 (+8 の一部)	K	超長鎖脂肪酸(VLCFA)伸長酵素(細胞分裂)
18	I	18	R	ジヒドロプロテイン(DHP 酸)合成酵素
19	P	19	P	オーキシシン移動
22	D	22	L	光化学系Ⅰ:ラジカル形成
23	K2	23	E	有糸分裂/微小管形成
24	M	24		脱共役
27	F2	27	H	4-ヒドロキシフェニルピルビン酸ジオキシゲナーゼ(4-HPPD)
28				ジヒドロオロト酸デヒドロゲナーゼ(DHOD)
29	L	20, 21, 26, 29	O	細胞壁(セルロース)合成
30	Q			脂肪酸チオエステラーゼ
31	R			セリン/スレオニン特異的ホスファターゼ
32	S	11		ソラネシルニリン酸合成酵素
33	T			ホモゲンチジン酸ソラネシルトランスフェラーゼ
34	F3?	11	Q	カロチノイド生合成(標的部位不明)
0	Z	8, 11, 16, 17, 25, 26, 27	J, Z	不明(注1)

注1) グローバル HRAC コード = 0 に分類された除草剤の作用部位は不明であるが、グループ内あるいは他のグループで作用部位は異なるようである。なお、旧 HRAC code の N (脂肪酸および脂質合成阻害(非 ACCCase 阻害)、旧 WSSA = 8/16/26) はここに位置づけられている。

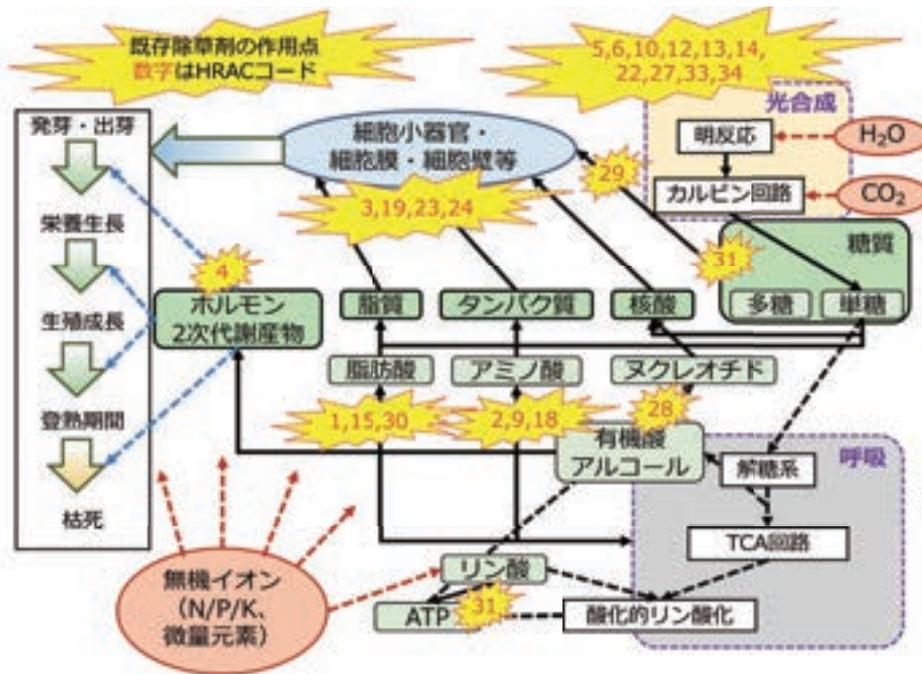


図-1 既存除草剤の作用点 (イメージ図)

積と続く脂質の過酸化を助長する」, すなわち光合成に関与すると理解されている (Takano and Dayan 2020)。

さて, 作用点のことを以前“第1次作用点”と表したことがあったが, これは極めて重要な考え方である。「緒 (いとぐち) No.1」 (55巻6号 2021) において, 除草剤による作用点の阻害からカスケード反応が生じて, 最終的に死に至ることを述べたが, 実際は薬効や薬害の症状以外にも, 植物体内で様々な変化が起こっている。それら変化の多くが, “第1次作用点”が阻害された後にその阻害が引き金となって起こるものの, そうでないケースも考えられる。すなわち, この“第1次”には, カスケード反応の最初に起こる変化という意味以外に, 阻害が最も強いという意味もある。そこには2つのケースが想定される。1つは, 同じ作用点が細胞内の別の場所に存在する場合であり, 上述のグルホシネートがそれにあたる。もう1つは一つの有効成分が複数の異なる作用点を有する場合である。具体例は示さないが, 1つの有効成分の作用機構に関する論文を集めて読んでみると, そのことを示唆するデータや記述に出会うことがある。植物体内代謝は, 網の目のように複雑であり, 外部環境や生育段階に応じて時間的・空間的な変化に富んでいることから, 想像に難くない。

除草剤の潜在的作用点は, 1,000~2,000か所 (私信: 3,000か所とした記事もあったと記憶しているが, 今回は見つけられなかった) あると言われている (Cole and Rodgers 2000) ので, 既存除草剤の作用点を25とすれば, 最大でも2.5%しか実用化されていないことになる。成書に描かれている植物の代謝マップを眺めて, 個々の代謝系や系間の繋がりからその流れを追うと, 既存除草剤の作用点だけでなく, 作用点になりそうな酵素や代謝系, またその後起こりうる二次的影響が思い浮かぶ。実際には実験をしていないものの, 個人的には見ているだけで幸せな気分になる。自分が以前研究を進めていた抑草剤の作用点

としてのモノリグノール, すなわちリグニンの単量体の生合成経路もそうやって探し出した (興語 2010)。

除草剤に限らず, 農薬の選抜 (スクリーニング) は, 未だ“ブロックスクリーニング”が主流であり, 担当者の目視観察による“気づき”に依存した“セレンディピティ (serendipity)”に頼っている。Dayan & Duke (2020) は, プロトポルフィリンIXのように植物体内で悪影響が出ない程度に量的に抑制された毒性物質や, 量的に少ないものの要となる酵素を新規作用点候補として提案している。また, 最近では, タンパク質の3次元構造の解析を元にした構造ベース創薬やドッキングシミュレーション, DNAの塩基配列情報を元にした遺伝子工学的解析, さらに各種のバイオインフォマティクス研究も盛んに行われている。前述のように, このようなマイクロの世界でも, 外界に負けないくらい複雑かつダイナミックな変化が起こっており, そこにおける“気づき”が新規作用点を発見するチャンスを生み出すだろう。

参考文献等

- Cole, D.J. and M.W. Rodgers 2000. Plant molecular biology for herbicide tolerance and new herbicide targets. In: Herbicides and Their Mechanisms of Action. (Eds. A.H. Cobb and R.C. Kirkwood) Sheffield Academic Press, Sheffield, pp.239-278.
- Dayan, E.F. and S.O. Duke 2020. Discovery for New Herbicide Sites of Action by Quantification of Plant Primary Metabolite and Enzyme Pools. Engineering, 6, 509-514
- Herbicide Resistance Action Committee: Global Herbicide Classification Lookup, <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>
- Takano, H.K. and F.E. Dayan 2020. Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. Pest Management Science, 76, 3911-3925
- 興語靖洋 2010. リグニン生合成系制御に関する生理生化学的研究, 雑草研究, 55, 69-73

2020 年度冬作関係 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

2020 年度冬作関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会は、2021 年 9 月 9 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 39 名、委託関係者 25 名ほか、

計 81 名の参集を得て、除草剤 15 薬剤 (62 点)、生育調節剤 1 薬剤 (3 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。

2020 年度冬作関係除草剤・生育調節剤試験 判定

A. 除草剤 (1)小麦

薬剤名 有効成分及び含有率(%)	判定	使用基準							継続の内容
		対象雑草	処理法	処理時期	使用量 (/10a)	適用土壌	適用地域	使用上の注意	
1.AK-01 液 グリホサートイソプロピリア ミン塩:41% [TAC 普及会]	実・継 (従来 通り)	一年生雑草	茎葉処理 (全面)	耕起7日以前 雑草生育期	250~500mL 散布水量50~ 100L	全土壌	東北以南		・播種後出芽前にお ける効果、薬害の確 認
		多年生イネ 科雑草			500~750mL 散布水量50~ 100L				
2.ANK-553(改) 乳 ベンディメタリン:30.0% [BASF ジャパン]	実・継	一年生広葉 雑草	土壌処理 (全面)	小麦生育期、 雑草発生前	300~500mL 散布水量70~ 100L	全土壌(砂 土を除く)	東北以南	・キク科、ソユクサを 除く。 ・小麦生育期処理は、 播種後の土壌処理剤 との体系で使用する。	・小麦生育期、雑草 発生前での効果・薬 害の確認(北海道) ・小麦生育期、雑草 発生前での一年生イ ネ科雑草に対する効 果・薬害の確認(東北 以南)
3.BAH-1517 乳 シンメチリン:75.0% [BASF ジャパン]	継								・効果・薬害の確認
4.HSW-062 フロアブル インダノファン:10.0% ジフルフェニカン:4.0% [ホクサン]	実	一年生雑草	土壌処理 (全面)	播種後出芽 前、雑草発生 前	150~250mL 散布水量 70~100L	全土壌 (砂土を除 く)	北海道	・葉に白斑を生じる場 合がある ・イヌカミツレが多発 する圃場では高薬量 で使用する	
				出芽直前~小 麦3葉期、雑 草発生始	100~200mL 散布水量 70~100L				
			茎葉兼土 壌処理(全 面)	小麦3~6葉期 (越冬前)スズメ ノカタビラ4葉 期まで	200~250mL 散布水量 70~100L				

A. 除草剤 (4)水稲刈跡

薬剤名 有効成分及び含有率(%)	判定	使用基準							継続の内容
		対象雑草	処理法	処理時期	使用量 (/10a)	適用土壌	適用地域	使用上の注意	
1.JEA-2001 液 グルホシネート:18.5% [Joy Consulting]	実・継	一年生雑草	茎葉処理 (全面)	水稲刈取後、 雑草生育期 (草丈30cm以下)	300～500mL 散布水量100 ～150L	全土壌	東北以南		・効果・薬害の年次変動の確認
2.NFH-101 液 (旧:MRS-301) グリホサートイソプロピルア ミン塩:10% 2, 4-PAイソプロピルアミン 塩:5% [ニューファム]	継								・効果, 薬害の確認
3.NFH-131 液 (旧:MRS-195) グリホサートイソプロピルア ミン塩:41% [ニューファム]	継								・効果, 薬害の確認

A. 除草剤 (5)水田畦畔

1.JC-401 粒 (旧:NHS-50) 塩素酸ナトリウム:50% [日本カーリット]	実・継	一年生雑草	土壌処理 (全面)	水稲刈取後 雑草生育期 (草丈20cm以下)	20～40kg	全土壌	東北以南		・多年生イネ科雑草に 対する効果の確認
		多年生広葉 雑草		水稲刈取後 雑草生育期 (草丈30cm以下)					
2.SBH-207 粒 (旧:NHS-50) 塩素酸ナトリウム:50% [エス・ディー・エス バイオ テック]	実・継	一年生雑 草、多年生 広葉雑草	土壌処理 (全面)	水稲刈取後 雑草生育期 (草丈30cm以下)	20～40kg	全土壌	東北以南		・多年生イネ科雑草に 対する効果の確認 ・スギナに対する効果 の確認(生育休止期)
		スギナ							

B. 生育調節剤 (1)小麦

薬剤名 有効成分及び含有率(%)	判定	使用規準							継続の内容
		対象作物 使用目的	処理法	処理時期	使用量 (/10a)	適用土壌	適用地域	使用上の注意	
1.BAW-0907 液 クロルメコート 65.8% [BASFジャパン]	実・継 (従来ど おり)	秋播き小麦 節間伸長抑 制による倒 伏軽減	茎葉散布	幼穂形成期	150～200mL 散布水量100L	全土壌	北海道		・節間伸長始～第2節 出現期における効果・ 薬害の確認(東北以 南)
				出穂前20～10 日(草丈40～ 60cm)	200～300mL 散布水量100L				

生垣によく見られるイチイ（アララギ、オンコともよばれる）は、決して目立つ存在ではないが、イチイは筆者の子供のころから身近にあって最もよく接した植物である。標高980mの生家の井戸の隣にあって径60cmの古木には何度もよじ登ったが、その古びた姿には思わず身を正す思いがした。また、家の周囲にある生垣のイチイのつけるほんのり甘い赤い種子の果肉はしばしば口に入れた。後に、イチイはその果肉を除いては全身有毒なアルカロイドを含むので、中毒には気を付ける必要があると知って、危うかったかなという思いもした。ただし、誤ってイチイの種子を飲み込んでも、嘔まない限り消化管をそのまま通過するので害はない。裸子植物イチイ（*Taxus cuspidata*）の果肉はギンナンの果肉と同様に種子の外皮にあたり、通常の果物の果肉とは異なる（図-1）。また、この植物は雌雄異株である。ただし、家畜の場合には、うっかりその餌にイチイの葉などが混じると中毒を起こすことがあり、とりわけ馬は敏感で死に至ることもあるということである。その主成分はアルカロイドのタキシン（Taxine）AやBである。今回は、この目立たない植物で経験した思いがけないことを紹介したい。



図-1 イチイとその実
この図はアメリカのイチイ（*Taxus baccata*）の図であり、Oak Spring Garden FoundationのMax Smithの厚意により提供いただいた。

パクリタキセル（タキソール）

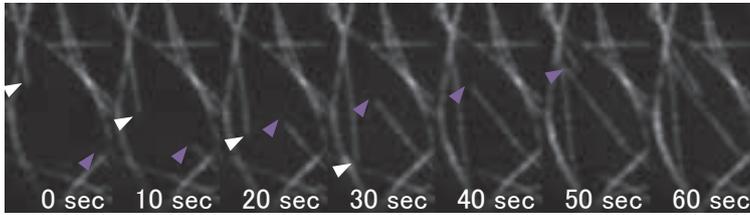
毒は薬になるとはよく耳にするが、イチイはまさにそうである。1958年に始まったアメリカ国立ガン研究所の抗ガン物質を自然界に探索する研究において、35,000の化合物の中から唯一見出された有効な抗ガン物質がパクリタキセル（Paclitaxel, タキソール Taxol[®]ともよばれる）であるが、それはタイヘイヨウイチイ（*T. brebifolia*）の樹皮中から同定された。2005年までに、パクリタキセルは乳ガンの抗ガン物質として臨床に用いられるようになり、その関連物質ドセ

タキセル（タキソール）は前立腺ガンに処方されるようになった。なお、これら二つの化合物には副作用は認められていないが、水に不溶なので、溶剤が副作用をもたらす、その解決は今後の課題である。

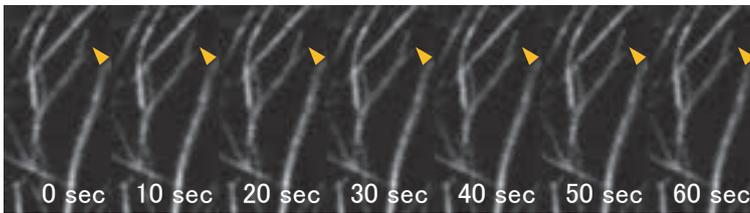
パクリタキセルは樹皮から得られるので、パクリタキセルを得るためには樹皮をはがす必要があり、このために樹木を犠牲にする。なお、この物質は植物自身が全合成するのではなく、最終段階が樹皮中の微生物の作用で作られる。このため、どのイチイにもその存在が認められているわけではなく、当初はアメリカ合衆国の太平洋岸の森林のイチイのみに認められることから、その地域のイチイの伐採の結果、それらの種の絶滅に影響を及ぼすこととなった。その後、中国南部のイチイ（*T. sinensis*）にも見出されたが、そこでも伐採により絶滅危惧が心配されている。そのため、葉から前駆体を取り出し、それを修飾してパクリタキセルを得ることも行われているが、イチイの培養細胞に生産させることも試みられ、ある程度は成功を収めている。これに関して、筆者は要請され研究に協力したこともあるが、現在どこまで進展したかは聞いていない。植物成分で抗ガン効果が認められている数少ない物質の一つである。

パクリタキセルのガン細胞への抑制効果は、盛んに行う細胞分裂の阻止であり、それは分裂の際おこる紡錘系の微小管へ結合して、微小管に特徴的な構築と解体を動的に行うダイナミック・スタビリティの喪失をもたらす。その効果は植物細胞でも見ることができ、筆者はタバコのBY-2細胞の高度同調系を確立することができたが、この同調系を用いて細胞分裂過程を追跡することができた。特に、植物に特徴的な表層微小管の構築過程を初めて明らかにした（Nagata *et al.* 1992）。植物細胞では細胞の形を決定するのは細胞壁であるが、その主成分のセルロース微繊維の配向を決めるのが表層微小管である。その過程で微小管の構築が表層で独立に起こるのか、分裂装置に由来するのは明らかでなかったが、それを高度同調系で追跡すると、分裂末期に現れるフラグモプラストが解体して、次に核膜の表層で微小管が構築され、伸長

タキソール無



タキソール有



5 μm

図-2 パクリタキソール処理したタバコ BY-2 細胞

上（無処理細胞）：矢印の場所で、伸長していることが確かめられる。

下（処理細胞）：矢印の場所で、時間と共に変化していないことが認められる。

本図は、岡山理科大学理学部浜田隆宏博士により、著者の求めに応じて、BY-2 細胞にどのような影響を与えるかを調べていただき写真を撮っていただいたことを述べるとともに、それに対する謝辞も述べたい。

して表層に達し表層微小管となるとことを明らかにした。その過程でパクリタキセルを与えると、その形成作用は停止し、微小管はフリーズすることを見ている（図-2）。すなわち、微小管で特徴的な構築と解体作用が失われるダイナミック・スタビリティの喪失である。このパクリタキセルは、極めて複雑な構造式を持っており（図-3）、その全合成されたことが Nature 誌の表紙を飾ったのを記憶している。ところが、イチイの全く別の局面を知ることになったが、それは知人に頂いたイチイの本（Hagender 2013）からである。

弓の素材として

そのイチイの本は、歴史上の役割を紹介していた。中世には、英仏はさまざまに抗争していることは歴史で習っているが、そもそも、イギリス王室は 1066 年のノルマンコンクエストに始まる。また、フランス南部のアキテーヌでの英仏の抗争は印象的であるが、それが終焉するのはジャンヌダークの殉教の後である。これらの抗争では長弓隊がしばしば登場するが、その長弓は実はイチイの材からできているのである。この弓はイチイの材の心材と辺材を組み合わせたもので、その複合弓の威力はすさまじく、到達距離は 300m に達し、その貫通力は鎧を通し、乗馬すら傷つける。この武器イノベーションは 13 世紀のウェールズに始まり、イングランドへもたらされ、スコットランドとの抗争では決定的な役割を果たした。それは、火縄銃が登場してもなお長弓の方が 100 年以上にわたって威力があり、鉄砲の威力が弓に勝るのは、18 世紀に入ってからであるとのことである。英仏の百年戦争（1337～1453 年）では、しばしば決定的な役割を果た

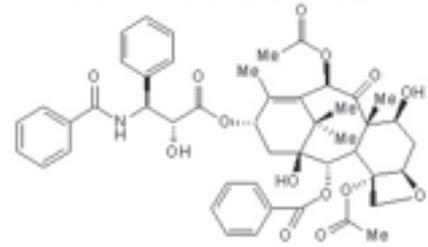


図-3 パクリタキセル構造式
ネット情報より。

し、エドワード一世は 1346 年のクレイシイの戦いで 10 倍の数のフランス軍に対して、長弓でのつるべ打ちの攻勢で打ち勝った。このため、英国王は弓と矢の確保と射手の確保に多大の労力を払い、また、そのための資金を準備しなければならず、それは住民への課税となった。それ以上に、このイチイ材の調達には第一の要件であったが、それらはヨーロッパ大陸から、オランダあるいはハンザ同盟などを經由して輸入されていた。良質なイチイはバイエルン地方、チロル地方などの高地で得られたので、その地方のイチイの過剰な伐採につながった。更に、伐採地域はより東方のカルパチア山地まで到達し、イギリスに運ばれたが、その結果それらの地域ではイチイの乱伐により、イチイの絶滅危惧状態が生じた。その後、若干の採取制限が設けられ、代替品としてハルニレも導入されたが、大陸でのイチイの育成は回復せず、今日に至っている。いずれにせよ、中世には政局を支配する重要な武器であったのである。なお、日本でも長く弓は複合弓が用いられてきたが、その素材が堅木などと竹との組み合わせであり、両者を膠で張りあわせ、藤で巻いて止めるが、これはヨーロッパの場合とは全く異なっている。

本稿をまとめると、どちらかという土地味な植物であるイチイが抗ガン効果では抜きん出ていることは聞いていたが、筆者には意外なことに、中世ヨーロッパでは弓の素材としてのイチイ材が極めて重要であって、国の行方を支配していた。なお、イチイの本にはその他のストーリーも紹介されており、イチイは石器時代より原始的な形で弓に用いられ、また、簗える樹としても古くから尊崇されてきたが、それらは割愛した。それらはいずれかの機会に触れることができらばと思う。また、日本でもイチイは古来より、特別にあがめられていたことが知られている。例えば、イチイの語源は一位であり、笏の素材として用いられてきたと信じられていることなどであるが、それらも紹介に値し得よう。

文献

Hagender, F. 2013. Yew, Reaktion Books.

Nagata, T. et al. 1992. Int. Rev. Cytol. 132, 1-20.

研究会等のお知らせ

■日本雑草学会 第16回 除草剤抵抗性雑草研究会

主催：日本雑草学会除草剤抵抗性雑草研究会

日時：2021年12月1日（水）13：30～17：00

（時間は予定）

Zoomによるオンライン配信

※日本雑草学会会員以外の方の参加も歓迎

講演：

- ① 愛知県の水稲直播栽培におけるシハロホップブチル抵抗性ノビエの発生状況と有効除草剤の検討
柏木 啓佑（愛知県農業総合試験場）
- ② 日本国内に発生した3タイプの除草剤抵抗性ヒエ属水田雑草
内野 彰（農研機構）
- ③ 遺伝子組換えナタネの輸送路沿いでの生育調査
中嶋 信美（国立環境研究所）
- ④ 一般講演（10～15分間程度の発表について3～5課題程度を予定）

参加費：無料（事前申込制）

参加申込み締切：11月26日（金）

申込み先：<https://forms.gle/4XFV5ycC9Vr2NDRz7>

■日本学術会議公開シンポジウム

「グリーンリカバリーへの植物保護科学の貢献」

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（日本植物病理学会，日本応用動物昆虫学会，日本農薬学会，日本雑草学会，植物化学調節学会）

日時：2021年12月4日（土）13:00～16:50

Zoomによるオンライン配信

講演：

- ① グリーンリカバリーに貢献する持続可能な害虫防除-天敵利用を中心として-
日本 典秀（京都大学大学院農学研究科）
- ② グリーンリカバリーに資する植物病害防除法の開発基盤—抵抗性誘導剤と微生物農薬—
能年 義輝（岡山大学大学院環境生命科学研究科）
- ③ みどり戦略における緑肥活用の意義
荒木 肇（新潟食料農業大学食料産業学部）
- ④ 植物ホルモン・アブシジン酸の機能調節による耐乾性制御
岡本 昌憲（宇都宮大バイオサイエンス教育研究センター）

- ⑤ グリーンリカバリーを目指したネオオーガニック

松田 一彦（近畿大学農学部応用生命化学科）

参加費：無料（事前申込制）

参加申込み締切：11月27日（土）

申込みおよびお問い合わせ先：

松本 宏 E-mail:hmatsu@biol.tsukuba.ac.jp

■日本雑草学会創立60周年記念シンポジウム

「身近な暮らしの中に活かす雑草を語る」

主催：日本雑草学会（企画：学術研究部会雑草利用研究会）

共催：中国・四国雑草研究会/児島湖流域エコウェブ

後援：RSK山陽放送

日時：2021年12月11日（土）13:30～16:30

ハイブリッド開催（会場定員100名+オンライン定員100名）

※日本雑草学会会員以外の方の参加も歓迎

場所：RSKイノベティブ・メディアセンター 能楽堂
ホールtenjin9

（岡山市北区天神町9-24）

プログラム：

基調講演「グリーンインフラストラクチャーと気候変動」

小出兼久

（日本ゼリスケープデザイン研究協会代表理事）

パネルディスカッション「生活の中で雑草を活かすとは？」

（パネリスト）

小出兼久（日本ゼリスケープデザイン研究協会）

伊東秀之（岡山県立大学保健福祉学部）

岡田智子（岡山市半田山植物園）

藤井友視（Jテラスカフェ）

（モデレーター）

沖陽子（雑草利用研究会代表・岡山県立大学）

参加申込み締切：11月27日（土）

申込み先：<https://forms.gle/tjQm3AGq1gvDWvAZA>

※定員になり次第，締め切らせて頂きます

植調第55巻 第8号

■発行 2021年11月15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

SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

- 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)
- ウィードコア1キロ粒剤 (ベンゾピシクロン)
- ダンクショットフロアブル (ベンゾピシクロン/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 (ベンゾピシクロン)
- パピリカ1キロ粒剤/フロアブル (ベンゾピシクロン/テニルクロール)
- イザナギ1キロ粒剤/フロアブル (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)
- 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)
- レブラス1キロ粒剤/ジャンボ/エアー粒剤 (ダイムロン)
- サスケ粒剤200/サスケ-ラジカルジャンボ/レオンジャンボパワー
(カフェンストロール/ダイムロン/ベンゾピシクロン)
- ジカマック500グラム粒剤 (ベンゾピシクロン)
- ツルギ250粒剤/フロアブル/ジャンボ (ベンゾピシクロン)
- モーレッツ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ベンゾピシクロン)
- 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)
- イネヒーロー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ダイムロン)
- ベンケイ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ (ベンゾピシクロン)
- 銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (ダイムロン)
- 月光1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ (カフェンストロール/ダイムロン)



「ベンゾピシクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に! アシカキ、イボクサ対策にも!

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 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) イッテツ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) イネキング/クサバルカン (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) ウエス (フロアブル) オークス (フロアブル) カービー (1キロ粒剤) キクトモ (1キロ粒剤) クサトリー-BSX (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) クサビ (フロアブル) サンシャイン (フロアブル) 忍 (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) ジャイブ (スカイ500グラム粒剤) シリウスエグザ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒) シリウスターボ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) シロノック (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) | <ul style="list-style-type: none"> スマート (1キロ粒剤/フロアブル) ダブルスターSB (1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒) 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 (1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ) ハーディ1キロ粒剤 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 ブルゼータ (1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ) 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/カリュード (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) |
|---|---|





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/>



 日産化学株式会社

東京都中央区日本橋二丁目5番1号 ホームページ <https://www.nissan-agro.net/> お客様窓口 TEL.03-4463-8271 (9:00~17:30 土日祝日除く)

協友アグリおすすめの水稲用一発処理除草剤

効果も！コストも！
使って爽KA!!!

水稲用一発処理除草剤

サラブレッド

KAI 1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ



ノビエへの持続性を
さらに強化!!

水稲用一発処理除草剤

**バッチリ
LX** 1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ

デルタアタック
1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

※バッチリLXとデルタアタックは同一成分です。

水稲用一発処理除草剤

アツブレZ

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

いざ、問題雑草退治!

手強い雑草に喝!

SU雑草性
オモダカに喝!
SU雑草性
ホタルイに喝!
クロクワイに喝!

後発のノビエも
長く抑える!

ホタルイも
しっかり枯らす!

イボクワ
難防雑草
にも!

水稲用一発処理除草剤

ジェイフレンド

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

®は協友アグリ(株)の登録商標です。 ※ジェイフレンドはJA全農の登録商標です。



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

明日の農業を
考える

これは
なんだろう?

みんな農家さんさ
レイミーが
お手伝い!

あれは
去年どこの畑に出たんだっけ?

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! 農作物に被害を及ぼす病害虫や雑草を写真からAIが診断し、
有効な薬剤情報を提供する、スマートフォン用の防除支援ツールです。
通信料を除く

対応作物
水稲 キャベツ レタス はくさい ブロッコリー ねぎ

アプリのダウンロードはこちら
日本農業ホームページから
日本農業 検索

日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。

日本農業株式会社

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
2030
日本農業株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

しつこい畑地雑草を きれいに抑えます!



作用性の異なる3種の除草剤の混合剤です。

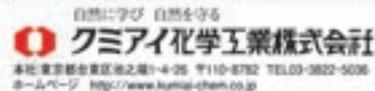
大豆、小麦・大麦、とうもろこし、ばれいしょ、にんじんの雑草防除に

クリアターン®

乳 剤 細粒剤F



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



©クミアイ化学工業(株)の登録商標

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



湛水直播の除草場面で大活躍!

非SU系水稲用除草剤

ブレキープ® 1キロ粒剤 フロアブル

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



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®

ワパグ® MX 1キロ粒剤 / ジャンボ®

スガイチ® A 1キロ粒剤

ヒケウツ® A 1キロ粒剤

フィルコ® ジャンボ®

フィルニガ® ジャンボ®

タイズドリ® 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>

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!
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

マズオ 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

®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。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋・空容器は廃棄等し適切に処理してください。



大塚のあふみ、まっまっくへ
scc GROUP

住友化学

農耕地から緑地管理まで
雑草防除に貢献します。

畑向け除草剤

アタックショット 乳剤 **ムギレンジャー** 乳剤
丸和 **DD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® **ユニホック7**®
サベルDE ハレイ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

サファゴントWK 丸和 **サファゴント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
☎03-5296-2311 <http://www.mbc-g.co.jp/>

第55巻 第8号 目次

- 1 巻頭言 「植調」誌とブラジルの想い出
溝口 正士
- 2 メッシュ農業気象データ活用に向けた取り組み状況
佐々木 華織
- 5 (田畑の草種) ^{くさくさ}血止草(チドメグサ)
須藤 健一
- 6 順序データによる観測調査の新たな利用可能性
—統計モデルを活用した難防除雑草カラスムギの発生予測と管理効果の評価—
松橋 彩衣子・深澤 圭太
- 13 IPBES 侵略的外来種とその管理に関する評価報告書の概要と外来雑草の管理
江川 知花
- 17 非破壊計測を利用した作物の生育情報収集技術の開発
廣岡 義博
- 21 〔緒(いとぐち)〕 No.2 除草剤のRACコード
與語 靖洋
- 23 〔判定結果〕 2020年度冬作関係除草剤・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 〔連載〕 植物の不思議を訪ねる旅 第28回 イチイ
長田 敏行
- 28 広場

No.79

表紙写真 〔チドメグサ〕



チドメグサ類は湿った畦畔や芝地など、草刈りされる土地に匍匐茎を伸ばして生育する。本種のほか、ノチドメ、オオチドメ等が国内で生育するが、最近ブラジルチドメグサが西日本の水湿地に定着し、特定外来生物に指定されている。本種は暖かい地方では常緑。道ばたや畦畔、樹園地のほか、路面の隙間などにも生育する。(写真は©浅井元朗、©全農教)



葉。互生し長柄がある。

果実。約1mmの2分果からなる。短い花柱がある。



花。花柄の先に7~11個の花が球形に集まってつく。

ブラジルチドメグサ。水路を覆った状況。

