

## 現場と基礎研究を繋ぐ畑作の雑草科学・技術への展望

浅井元朗\*

Perspective on field-oriented approach on weed science

Motoaki Asai\*

日本の雑草防除の研究資源は移植水稻に集中して投げられてきた。東北地域は特にそうであろう。一方で、畑作は多様であり、雑草の種類も多くその害も大きいにもかかわらず、除草剤の選択肢は乏しい。しかも専門家が少ない。現場の問題解決に向けて取り組み、技術を担う現場の底上げをはかってゆくには限られた勢力がうまく連携協力しあう必要がある。受け身で受託試験をこなしているだけでは何も生まれまいだろう。ここでは畑作の雑草問題に関して、最近の話題を含めつつ、普及、行政、研究の課題と相互の連携について述べる。

### まずは現場の情報を正しく伝える

私には不明雑草に関する同定やその防除に関する問い合わせが地域を越えてしばしば届く。もちろん東北地域からもあり、これまで可能な限りそれらに応じている。そうした場合にはまず、問い合わせ元の状況を確認した上で、1. 押し葉標本の郵送、2. 宅配便による現物の生存輸送；到着後、移植栽培して確認、3. 実物等倍コピーのファクス送信またはデジタル画像の電子メール添付、のいずれかを依頼している。1→3の順に情報の伝達が早まるが、得られる情報量は減少する。写真は精密な同定には不十分な場合もあるが、現地の発生状況を伝えるのに有用である。

写真で情報を伝える場合、次の3点が揃っているのが理想的である。

- ① 生育地の写真
- ② 個体の全体写真
- ③ 同定の要となる部位の拡大写真

農耕地に雑草が繁茂している場合、①の写真により、その雑草と作物との関係や問題の大きさが一目瞭然とな

る。②では現場から抜き取った1個体（地下部も含めて）を均質な背景の写真に収めるとよい。③は多くの場合、花器や果実である。分類群によって注視すべき部位は異なり、その部位を見当づけるにはそれなりに植物の分類同定に関する知識と経験を要する。拡大写真を撮る場合、屋外でデジタルカメラを用いて撮影しても焦点が合わないことが多い。採集した実物を室内に持ち帰り、スキャナで直接取り込むとよい。スキャナは巨大なデジタルカメラであり、被写界深度の深い対象を高い解像度で撮影するのに適している。

写真だけではなく、どのような現場でそれが問題となっているのか、を探る周辺情報も同じように重要である。極端な例をあげると“××が生えている。その防除策は？”とだけ尋ねられても、それに対して答えられるのは“抜くしかない”だけだ。なぜなら、どのような防除策ならそこで採用可能なのか、を考えるための情報が提示されていない。必要な情報とは、栽培体系（直播/移植、慣行の除草体系、中間の管理、収穫時期）、問題雑草の出芽時期、開花時期（図鑑にある一般的な特性ではなく、現地の栽培条件での）、現地での雑草発見から蔓延に要した期間、当該作物を栽培する期間以外の圃場管理法などである。このような現場の情報を伴ってこそ、そこに内在する“蔓延すべき要因”や“選択可能な代替除草手段”が検討できる。問い合わせによってどの程度有効な情報が得られるか、は現地の具体的な情報を調べた努力に比例すると言ってよい。

実は、その場での回答は期待しないこと、それも心に留めてほしい。国内で初事例の場合もあるのだから。ただし、一度問い合わせがあった事柄に対しては、その専門分野の研究者であればその後ずっと関心を払って関連情報の収集に努めるものである。たとえ問い合わせたそ

\* 中央農業総合研究センター 〒305-8666 つくば市観音台3-1-1

National Agricultural Research Center, Tsukuba 305-8666, Japan

の時には満足のいく技術指針が得られなかったとしても、その後他所から同じ問い合わせが届いた場合にはより踏み込んだ回答になるだろう。それが集まればより迅速で的確な回答に繋がってゆく。問い合わせるのは後続のため、でもあるのだ。だからこそ現場の状況を正確に把握し、伝えておくことが重要である。国内では情報の少ない草種であった場合には、同定結果や防除対策等の情報を得たらそれでよしとせず、引き続き現地の状況を継続して観察・記録し、他地域の参考となるように事例や情報を公表することが望まれる。限られた地域の断片的な事例を学会誌などに公表するのは憚られるのであれば、この本誌などをその媒体として活用するのがよいだろう。

### 畑作の除草剤：その大きな動向

除草剤は商品であり、利益が見込める市場に対して販売される。これまでは雑草の問題が増加すればそれに効果のある除草剤が開発・商品化される、という形で雑草の問題解決と除草剤の開発とが両立してきた。しかし21世紀に入り、新たな除草剤の市場はあまり残されていない。ダイズ、トウモロコシ、ワタ、ナタネ、テンサイといった輸出国の加工用商品作物は除草剤抵抗性を付与した遺伝子組換え品種化が進んだため、新規の除草剤有効成分の開発は激減している。今後の除草剤技術は年々栽培面積が増加してゆく除草剤抵抗性作物の存在を前提として、その補完的な働きをする除草剤と、それ以外のマイナークロップに向けた既存除草剤の利用場面拡大という二つの方向で進んでゆくだろう。‘世界の除草剤市場’という観点から見れば、日本では移植水稻以外全てが市場の小さなマイナークロップにすぎない。マイナークロップでは利益が見込めないため除草剤の開発に至らないことが普通であり、除草剤選択肢が乏しいがための雑草問題がつねにつきまとう。それでも生産現場では、限られた既登録の除草剤を有効に利用しながら、他の手段も組み合わせる雑草と対峙せざるをえない。

今後より大規模・省力化が要求される転換畑作においては、現在の日本の除草技術の選択肢は十分なものではなく、難防除雑草の問題を抱えている。ベンタゾン剤が関係者の尽力によって2005年にダイズ作に農業登録されたが、これは1970年代には北米のダイズ作雑草防除に使われていた。このように、日本の畑作の除草技術は世界的に見れば20～30年前の水準といえる。従来のような土壌処理型除草剤に大きく依存した日本の畑作雑草防除技術とは、数反規模の農業者が適期に作物を播種し、その後適期に除草剤を処理することが前提であった。また、その程度の規模であれば土壌処理剤のスペクトラムから外れた大型雑草が残存した場合にも生育期から収穫期にかけて手取除草をすることができる。さらに、ム

ラが機能し、先祖代々の土地であれば、休耕地もなく、畦畔や周辺草地の管理は行きとどき、そこに外来雑草が侵入・定着することは許さない。そんな畑作であったからこそ、適期に土壌処理剤と中耕が施されていれば雑草が十分防除できたのである。農業者は減り続け、大規模経営ではきめ細かな管理よりも作業効率が優先され、転作団地で人を見かけることは少ない。かつての前提は全て崩れ、対策技術が不十分なままに雑草が増える要因ばかりが揃っている。

### 今後の課題：“部品交換”を越えて

転作雑草の問題の背景は根深い。新規の防除資材の効果を試験場で確認し、それを現場に導入する、といった従来の“部品交換”の結果を現地に外挿する、といったやりかただけでは通用しない問題が多い。こうした状況で、雑草対策の底上げをはかるには、現場から研究機関までの生きた関係を築き、広域的な情報の集積と研究の連携を進める必要があるだろう。“部品交換”をこえた取り組みが必要である。面的取り組みと、定量的取り組みが求められる。

### 面的な取り組み：耕地内だけ見ても解決できない

難防除雑草の多くが耕地周辺でも繁殖している。農道脇や水路際など、ほ場周辺域が雑草の拡散源と見受けられる現場が少なくない。こうした耕地周辺の管理も同時に考慮した面的取り組みを進める必要がある。耕地への侵入・蔓延を防ぐためには侵入初期に発見し、その時点で予防的防除するのが最も経済的である。ある程度以上の面積を有する転作団地においてこうした難防除雑草の蔓延を防ぐには、ほ場内では作物収穫後の雑草による種子生産を防止することや、ほ場周辺域を地域集団で管理するしくみを整えることが長期的な雑草防除につながる。この点をお題目としてだけ唱えるのではなく、実際に地域での周辺管理の試行錯誤そのものを研究の俎上に載せ、その過程を研究・普及の実績として表現するための工夫がいるだろう。当面、有効な防除手段が確立される見通しの立たない草種に対しては、侵入圃場とその周辺域に対して徹底した駆除事業を実施し、その後の周辺部からの侵入を未然に防ぐような地域社会の仕組みをつくりあげることも必要だろう。“農地・水・環境”事業によって、法面に景観形成植物を植え付けて、事業終了後それっきりその後の追跡がなされない、といったことを今後も続けてはならない。

### 現場の実態を数字で表現する

雑草の問題が存在するのにそれが現場から先に届かない、ことが最大の問題かもしれない。

現場としてまずなすべきは被害実態の把握である。転作畑において雑草がどの程度発生し、それによりどんな被害がどれだけあるのかをできるだけ数値化する。被害面積や被害推定額などの実態の数値を作物の生産や防除を管轄する行政部局や除草剤メーカーに対して提示することはきわめて説得力があり、被害補償や駆除事業の予算化、新たな除草剤とそのニーズの検討に有用である。農業場面での生産阻害要因は数多い。そのうち何が重要で優先して対策を図る必要があるのかを判断するには実態の数値が求められる。実態を公表しないことはむしろ問題の本質的解決を遅らせるだけであり、数値化されない問題は問題として伝わらない、と心得るべきである。

転換畑で、水稻を含む2年2作の畑圃場と、水稻を省いた圃場とでは通常、雑草害の様相が明らかに異なったものになる。ダイズでの広葉雑草、ムギでのイネ科雑草の問題は固定転換畑ほど激しい。夏場の湛水条件で種子が死滅しやすい草種ならば、輪作体系に水稻を組み入れておけばさほど増加することはない。しかし、輪換を重ねるほど湛水条件でも容易に死滅しない畑草種が増加していく。固定畑よりも雑草の蔓延が激しくないとすれば、それは水稻作を挟むことでその年は畑雑草の種子生産が“一回休み”になるため、増加の速度が緩和される、という理由だろう。固定畑を前提とした雑草防除対策と輪換を前提としたそれを設計するのは考えが異なる。どこにどの程度“固定畑”が存在するのか。それは今後どの程度増えるのか？ 具体的な数値があれば本州以南の畑作の雑草防除の目標設定がかなり定まり、行政側にもメーカー側にもかなり明確な要望が出せるだろう。

技術の実態把握も同様だ。たとえば土壌処理型除草剤の処理時期は作物の播種後出芽前という短い期間である。そのため、数10ha規模の大規模借地経営では天候不順などで播種作業が予定どおりに終わらない場合には、除草剤の処理適期も逸してしまい、そのため雑草を取りこぼす。これは私が実際に現場で確認したわけではなく、そのようになりがちだ、という現場の話を経験の箇所でも耳にしたにすぎない。土壌処理剤が実際にいつ処理されているのか、という現場データは実はない。たとえば小規模経営体と大規模経営体とを複数比較し、土壌処理剤の処理日平均値がおおよそ何日ずれる、あるいは大規模経営体だと適期を外す割合が何割高くなる、という具体的な数値だ。このデータを取ること自体が十分に研究課題となる。今後×年で○ha以上の大規模経営体が△%増加するとすれば、土壌処理剤よりも処理時期の自由度が高い茎葉兼土壌処理あるいは茎葉処理の必要性がどの

程度増加する、といった試算ができる。雑草問題に悩まされている大規模転作地帯を抱える普及管区でまずおさえてもらいたいデータだ。何割の圃場で適期処理がなされているのか？栽培面積が何haを超えると、適期に処理できない割合が増加するのか？大規模借地経営では土壌処理剤の適期処理が不可能であることを立証し、ではどのような体系が必要かつ可能なのか？これは今後の雑草防除をきちんと議論する上で必要な数値であろう。

### 「適剤適所」を実現するために

畑作の除草剤は選択肢が乏しい上に、既存剤の特性が現場の技術サイドにあまり公開されていない。個々の有効成分はそれなりに個性があり、異なる殺草スペクトラムを有している。にもかかわらず、単に“対象・一年生広葉雑草”としてしか使用者、指導者に伝わっていない。どの剤も同様であるのならば、使用基準に掲載する剤の数を絞っている自治体ほど環境保全型農業に熱心に取り組んでいる証し・・・？これは冷静な科学的視点から見れば貧しい技術指導策でしかないのだが、これがまかり通ってしまう一因には畑作除草剤のきめこまかな特性が公開されていない点があるだろう。「適剤適所」へ導く資料が必要だ。

日本の転換畑で問題となっている外来草種のほとんどは北米の夏畑作物における普通草種である。北米の雑草防除に関する技術情報は相当蓄積されており、州単位の普及情報がWeb上で公開されている。たとえば“soybean + weed control + herbicide”といったキーワードを用いて検索すれば、多くの州での除草剤×草種の効果対応表が見つかる。その一例が第1表であり、合衆国ミズーリ州の普及資料を筆者が和訳したものである。薬剤ごとに主要草種への効果が0～10の11段階で評価されており、どの剤がどの草種にどの程度効果があるのか、が分かる。それ以外にも、日本では2008年時点でベンタゾンしか登録のない広葉雑草対象の生育期処理剤がいくつも存在し、ペンディメタリンやトリフルラリンの播種前土壌混和処理といった日本では登録されていない処理方法も記載されている。

さらに細かい内容を読み取ると、メトラクロール、ジメテナミド、アラクロールといった一般的な土壌処理剤による一年生雑草への効果は草種によって違いが大きく、アサガオ類やイチビといった種子サイズの大きな草種に対しては効果が低いことが明らかである。また、ジニトロアニリン系除草剤（トリフルラリン、ペンディメタリン）は播種前土壌混和処理であってもアメリカイヌホオズキへの効果がない。ベンタゾンの行からはこの剤がザクロソウやエノキグサの類には全く効果がないこと、アメリカイヌホオズキ、ヒユ類にも効果が低いことが明ら



果であればこれまでも各種の報告書や成績書に掲載されてきただろう。しかし、これでは情報の流通範囲は狭いものになる。こうした試験結果を各県にまたがった年次間・場所間反復の試験としてデータを整理すれば、十分に論文になり得るものである。アメリカ雑草学会の雑誌“Weed Technology”に掲載されている論文にはそのようなものが少なくない。学会誌へのとりまとめにあたっては、それなりに手間もかかり工夫も要る。しかし、その過程そのものを議論や情報交換の場と位置づけて楽しむ気構えがほしいところだ。これには私も助力を惜しまないつもりである。

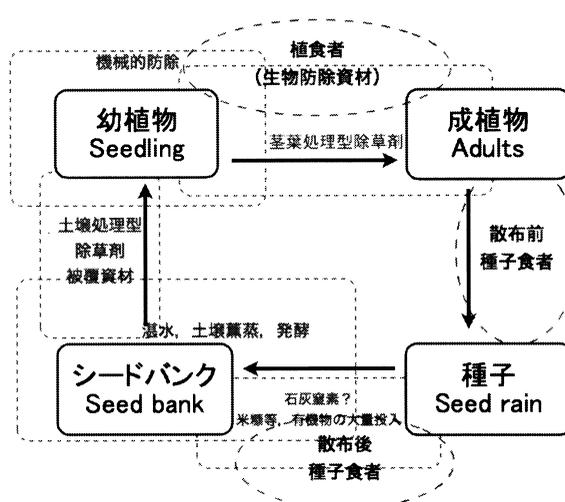
### 転作雑草の動態：実験とモニタリング

田畑輪換は理想的な耕種防除とされているが、これは教科書の上だけの話である。実際には輪換の繰り返とともに湿潤条件に適応した草種が増加し、問題となっている。水稲作による夏期の湛水条件は土壤中の雑草種子の持続期間に大きな影響を与えるが、その程度は草種によって異なるだろう。しかし、輪作体系中の水稲の頻度と畑雑草種子の死滅速度との関係については、これまで断片的な知見（鈴木，1999）しか存在しない。湛水頻度・期間と雑草種子の減耗率との関係を検定する共通した実験系を確立し、広域に連携した試験を展開する必要がある。

現地ほ場での継続したモニタリング（木田ら，2007）も不可欠である。簡易な査定方法で長期間、多数の圃場で発生草種と作付体系との関係のデータを収集してそれを解析すれば、雑草発生量の変化を確率予報的に提示しうる。輪換の中でムギ作では除草剤無しでも十分にムギの均一な生育が達成されるという事例はあるだろう。これを、たまたま、ではなくて確率的根拠を持って意図した無除草剤栽培への推奨にできないだろうか。また、雑草の繁茂によって結果的に捨てづくりになっていた体系から、雑草の動向を推測した上での計画的輪作への指導が可能な土台が築かれる可能性がある。提示された確率から農業者が判断して作付や防除体系を選択する、そうしたやり方があってよかろう。

### 総合的防除から有機農業へ：除草剤以外の要因の研究・観測を

登録済みの除草剤から最適なものを選択しても、それでは難防除雑草対策としては概して不十分である。そのため単独では効果の乏しい他の手段と組み合わせて雑草密度の増加を防止することが不断に必要となる。これが総合的防除である。よく知られた用語ではあるが、これが雑草防除の現場において定量的に示され、計画的に実



第1図 雑草の生活史と主な人為的、生物的死滅要因  
実線枠は雑草の状態、点線四角枠は人為的要因、点線楕円枠は生物的要因

行されている例は多くない。

除草剤は作期に存在する雑草防除に最も影響が大きく、経済的な手段の一つである。しかし、除草剤だけが雑草の密度制御に関与しているわけではない。耕起や刈り取りといった圃場に対する人為攪乱のパターンや他の生物による影響など、雑草個体群の動態にはさまざまな要因が関与している（第1図）。結実した雑草種子は親植物上あるいは地表面脱落后に鳥類や節足動物などに消費される。ムギ作雑草カラスムギの種子は脱落后、地表面で越冬した場合、出芽時期が前進し、冬期の出芽は減少する（浅井 2007）。不耕起期間のカラスムギ種子の減少には昆虫等による種子食害も関与し、その程度は場所によって変動があることが予想される。カバー作物など地表面の植被や植物残渣を増やす体系においては、種子食に寄与する地表徘徊性昆虫の密度を高める作用があると考えられる。

土壤中の種子もまた土壌動物による食害や病原菌の感染により本来の生理的寿命よりも早い時期に発芽力を失う。このような影響はこれまでブラックボックス扱いされ定量化されてこなかった。化学農業のような安定・均一な効果は期待できないにしても、現場での雑草の動態に対して少なからぬ影響を及ぼしていることは疑いない。何らかの耕種操作でその範囲や安定性が拡大可能かを検証することは、除草剤への依存度をできるだけ減らした雑草防除体系を確立する上で今後の基礎研究の課題である。

このように雑草に関連した農地の生物相に関する知見を蓄積することは、雑草防除への応用のみならず、農地における生物多様性や環境保全を議論し、総合的な農地計画や農法を選択する上で土台になる。除草剤以外の

要因の影響を解明し、農地の生物間相互作用への理解を深めること、これこそが実は有機農業を自然科学の研究として取り扱う基盤でもある。

#### 栽培研究の復権と農地の群集生態学

「有機農業の推進に関する法律」が成立したことにもない、法律対応の研究や技術指導體制が要求されている。「有機農業の推進に関する基本的な方針」の「はじめに」に「有機農業は、・・・(中略)・・・生物多様性の保全に資するものである」とある。これが重要だ。有機農業の除草技術とされるものが生物多様性から適否を峻別される観点が生まれている。ある種の有機農業と称する技術では明らかに農地の生物相を単純化させている技術もある。たとえば、アイガモ農法はアイガモによる徹底した田面の攪乱と摂食によって水生生物の貧困化をもたらす、紙マルチ農法は外部資材に依存しつつやはり水生生物の生存に悪影響をもたらす、ジャンボタニシは外来生物の導入であり、在来生態系の破壊をもたらすといったように。

有機農業と生物多様性に関しての一般的理解はまだ、コウノトリやガン、赤トンボといった「象徴」に夢を見ているに過ぎない段階だ。農地の生物多様性と農業者の営みとの関係に関する基礎的なデータがあまりに乏しい。すなわち耕起、刈り取り、水のかけひき、殺虫・殺菌・除草剤の質と量と時期、畦などの周辺草地と耕地の面積比・・・そうした地べたを這って集めるしかないデータが全く足りない。

このような基礎データもなく科学的・技術的基盤が危ういままに、理念が先行した付け焼き刃の研究が始まってはいないか。限られた栽培研究者を奪い合った末の研究がたどり着くのは「試験場が作った有機農業技術(らしきもの)は役に立たない」であろうと予想している。表面的な成果や効率化に追われ、腰を据えて栽培研究者 agronomist を育成する環境にない試験研究機関で、土壤肥料や病害虫の「部品屋」が農法のまねごとをした結果、ようやく現地圃場のモニタリングとその生物相調査の重要性、に気が付くことになろう。それを見越して agronomist の育成・復権と農地生物多様性の調査システムという両輪を着実に整備した研究単位こそがその後の農法研究の主役となるはずだ。農学分野の指導層がなるべく早い段階で、そうした農学本来の総合的アプローチに対して「部品開発」と同等の重要性を理解し、相応の研究資源を配分する必要がある。

法案対応研究は当面、栽培+群集生態学の融合研究の基礎固めとして利用すべき、と考える。有機農業研究という「錦の御旗」を利用して、輪作や作付体系の研究とそれを担う研究者の育成とをはかること。作付体系研究

の復興・復権とそれを担う field agronomist の育成が大前提、それがあって始めてそこに雑草防除をはじめとした個別分野との望ましい協力関係が成り立つ。そこでの雑草研究の主題は生物間相互作用であり、病害虫と雑草管理法、植生との関係である。雑草の許容と農地生物多様性への寄与もあるだろう。研究手法としては現地の長期モニタリングとさまざまな予測を可能にするモデリングの両輪が必要だ。

試験場での完全除草区といった非現実的なフィールドを前提とした研究手法では有機農業などの複雑系の現場には通用しない。雑草の存在を前提として、いつ、どこに、どの程度、どんな草種が存在すると農地の生物群集にどんな影響があるか。その視点を組み込んだ研究が必要である。雑草を知る、除草剤を知るからこそ全てに繋がる、という観点が雑草の研究を拓けるだろう。

筆者はこれまで畑作の雑草の診断や対策について問い合わせを受けてきた。幸いにも問い合わせの一部は、その場のやりとりのみで収まる。しかし、そうした場合、問い合わせ元とこちらとの関係はそれで終わる。逆にこれまで述べてきた、すぐには解決の糸口がつかめない難防除雑草の問題は、それがあからこそ、無い知恵を絞り合うことで関係が生まれ、人が繋がる。本気で雑草対策に智恵と汗を出し合った関係は往々にして、単なる雑草退治にとどまらず、その産地とその担い手をどう守り、育てるのか、そしてその産物をどう売するのか、といったことを議論しあう関係へと繋がるだろう。そのことが技術者、研究者として農業現場の問題に関わることのやりがいと考えている。小綺麗な研究は現場の役には立たない。試験場から現場への技術の一方通行だけではなく、現場での技術の調整、普及も同様に重要である。そうした仕事を評価するしくみを、そしてそれを担える人材が育つようなしくみづくりについて関係者が一体となって議論してゆきたいところだ。

#### 引用文献

- 浅井元朗 2007. 麦畑に侵入するカラスムギ：出芽の不斉一性という生き残り戦略. 種生物学会編「農業と雑草の生態学—侵入植物から遺伝子組換え作物まで」、文一総合出版、東京、pp71-93.
- 木田揚一・稲垣栄洋・浅井元朗・市原 実・鈴木智子・山下雅幸 2007 静岡県中遠地域の転作圃場における夏期の管理条件とネズミムギ及びヒロハフウリンホオズキの発生の関係. 雑草研究 52(別): 22-23.
- 鈴木光喜 1999. 水稲栽培条件下に埋土した主要畑雑草種子の発芽力. 雑草研究 44: 80-83.

(2008年3月26日受理)