特集 わくわくドキドキ, おもしろバイオロジー 雑草サイエンス最前線

水田雑草の生存戦略; 種間比較から見てくこと

大川茂範^{★1,2}

キーワード: 水田雑草, 生存戦略, 種間比較, 適応性, 水田農業

Keywords: lowland weed, Survival strategy, interspecies comparison, adaptability, paddy field agriculture

要 約: 田んぼ (水田) での米作り (稲作) は “雑草との戦い”。宮城県で問題となっている水田雑草について, その生き残り術 (生存戦略) を比較し, 問題化の要因について雑草と人間の双方の立場から考察する。イネを栽培する田んぼでは, イネと形や性質の似たノビエが好敵手。タネ (種子) だけでなくイモ (塊茎) でも繁殖できるクログワイやオモダカも手強い敵である。最近では除草剤が効かない “除草剤抵抗性” のイヌホタルイやコナギも問題となっている。また, 田んぼではイネとダイズ等を交互に作付けすること (水田輪作) もあるが, 水を張らないダイズ作で増加したアメリカセンダングサやクサネムが翌年の稲作で問題となることもある。沿岸部に局在するコウキヤガラ等, 地理的遍在分布を示す雑草も。最近水田地帯でも目立つアレリウリや帰化アサガオ類は飼料輸入や有機物循環に乗じて地域に侵入しているとみられる。これらの水田地帯で問題化する雑草種の6つの生存戦略は, 農業・農村が抱える6つの雑草問題化の要因と深く関わっている。水田雑草の生存戦略は「人間の行う “米作り” に巧みに “適応する” こと」に他ならない。

はじめに

著者は宮城県古川農業試験場の研究員として10年間, 主に水稻作の雑草防除担当として, 各農業メーカーが公益財団法人日本植物調節剤研究協会を介して委託する除草剤の農業登録のための適用性 (除草効果・薬害) 試験, 県内水田にお

ける問題雑草を把握するための現地巡回調査, 問題雑草の防除技術確立のための圃場試験等に従事してきた。大学・大学院は生物化学 (農芸化学・植物栄養生理分野) の専攻であり, 分子生物学や有機化学の方が栽培学や生態学よりも馴染みがあった。当時はイネを材料としつつも, 興味の先は農業生産に関わる植物生理学にあり, 光合成や物質転流に関わる研究で学位を取得した。実家が専業農家であったこともあり, 地元農業に貢献したいという思いから宮城県に入庁し, 3年間, 宮城県農業改良普及センター (現登米農業改良普及センター) に作物担当の農業改良普及員 (現普及指導員) として勤務, 2005年に古川農業試験場に赴任した。雑草との出会いは小学校の頃。通学路である農道から田んぼの畦に生えた雑草に勝手に考えた名前を付けて楽しんでた記憶があり, 畦際の雑草 (ヤナギタデ *Persicaria hydropiper* (L.) Spach の桃色の花の印象が強い) が植物に対する純粋な生物学的興味を抱ききっかけであったように思う。その雑草という類の植物に良くない印象を抱くようになったのはそのおよそ20年後, 普及員になって1年目の農家研修, 1ヶ月間農家に泊まり込んで農作業を手伝うという実習においてであった。6月末の蒸し暑いさなか, 肥料の空き袋を持って50a区画の圃場に入り, 花茎の立った一面のイヌホタルイ (*Schoenoplectus juncoides* (Roxb.) Palla / *Scirpus juncoides* var. *ohwianus*) を手取りするという経験をさせて頂いた。それまでは, 田んぼの中にはイネ以外の植物は無いというのが当時の私の普通感覚であったし, 除草剤の開発が農家をきつい除草作業から解放したという “革命” も学校では教わっていたので (有機栽培農家もアイガモ *Anas platyrhynchos* var. *domesticus* を使ったり, 乗用除草機に乗っている時代), 地域の先進農家に研修に来たはずなのに, 果たして自分はいつの時代にタイムスリップしてしまったのか? と思ったものだ。相当後から理解したのだが, 当時はスルホニルウレア (以下SU) とヒエ剤からなる2成分の水稻用一発除草剤が全盛の時代で, SU抵抗性雑草が問題化し始めた時期, なおかつ農水省ガイドラインに基づく特別栽培米への取り組みが当地のJA管内で盛んになった時期にあたる。すなわち, 先進的な農家の圃場ではSU抵抗性のイヌホタルイが残草しても, 決められた使用農薬成分数の制限からベンタゾン剤等の後処理剤を散布したくともできないという事情があったのだ。この私の経験が評価されて可否かは定かではないが, 古川農業試験場に赴任後は奇しく

1 宮城県古川農業試験場

〒989-6227 宮城県大崎市古川大崎字富国 88

2 現, 宮城県農業・園芸総合研究所

〒981-1243 宮城県名取市高館川上字東金剛寺 1

★ okawa-sh806@pref.miyagi.jp

Shigenori Okawa^{★1,2}: Survival strategy of lowland weed from a biological and agronomical viewpoint

1 Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station

88 Fukoku Ousaki Furukawa, Miyagi 989-6227, Japan

2 Present address: Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture Higashi Kongoji 1, Takadate Kawakami, Natori City, Miyagi 981-1243, Japan

(2014年12月27日受付, 2015年12月25日受理)

も水稲雑草防除担当という命を頂いた。それから10年間、業務上雑草と向き合う日々が続いているのだが、あくまでそれら数々の雑草種は農家を困らせる存在であり、防ぎ除くべき対象、戦うべき敵と見なし続けてきた。しかし、今回のシンポジウムのテーマを頂いたことをきっかけに改めて考えると、それぞれの難敵の生き様（生存戦略）の巧みさは確かに感心させられるもので、実はそういった生物学的なおもしろさに、知らず知らずに自分も惹きつけられていたのではないかということに気付かされた。そこで本稿では、常日頃、農家や農業指導者向けに人間の立場から行っている雑草防除の話を、それぞれの雑草種の立場からみてどのような意味があるのかという視点で組み立て直し、改めて彼らがそこに繁茂する理由について考察を試みた。

はじめに「1. 雑草の生存戦略 vs 人間」として、水田農業における雑草の生物としての6つの生存戦略について概観する。次に「2. 水田雑草問題化の要因」として、人間活動からみた6つの雑草問題化の要因の影響を主要12草種について整理し、さらにその背景についても考察を深めることで、雑草の問題化、雑草と人間の関わり合いの核心に迫りたい。

本稿を通じて、今後雑草防除の実務に関わる若い方々に、雑草研究のおもしろさが伝わり、何かしらの示唆を与えられることを期待する。

1. 雑草の生存戦略 vs 人間

その一「イネ」に似るとトク？

「イネに似れば人間に抜かれない？」—ノビエ（タイヌビエ *Echinochloa oryzicola* Vasing.・イヌビエ *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. var. *crus-galli* 等のヒエ属、雑草防除の場面では“ノビエ”と総称される）がとる、形態と生活環をイネに似せる“擬態”というオーソドックスな生存戦略である。「初めは気付かなかったけど知らないうちに田んぼ一面ヒエだらけ」という事はよくあることで、特に生育初期に人間に気付かれずに大きくなり、少数でも結実まで生き延びる個体があれば子

孫は絶えることがなく、人間が油断すれば大繁茂できるということ。ノビエが稲作において最大の敵である所以がそこにあるかも知れない。一方、最大の敵であるからこそ真っ先に人間にマークされる除草剤使用時期の重要な指標種にもなっている。ほとんどの水稲用除草剤のラベル（適用表）の使用時期の欄には「移植後5日～ノビエ2.5葉期」のように、除草効果が得られる使用時期の晩限がノビエの葉齢で示されている（第1図）。従って農家に対しても、移植・代かき後のおおよその日数とノビエの各葉齢の草姿を図解し（第2図）、圃場内のノビエをよく観察して適切に散布時期を判断するように指導している。また一方で、除草剤によるイネへの葉害を回避するためにはイネの葉齢も確認する必要があるので、農家はきちんとイネとノビエを見分けてそれぞれの葉齢を把握しなければならない。移植栽培であればイネとノビエの生育差が大きいのでその見分けは比較的容易だが、近年取り組みが増加している直播栽培ではこのイネとノビエの葉齢（差）の見極めはなかなか難しい。ノビエにとってみれば「イネに紛れて大きくなれば生き延びられる」という生存戦略がまさに功を奏してきたのだが、「上農は草を見ずして…」という名言があるように人間も負けてはいない。最近の直播栽培では、有効な初期剤の開発が進んだことで雑草発生前の除草剤散布が一般的となり、これが安定的な雑草管理につながっている。

その二「イモ」で増殖・分身！！

「タネだけでなくイモでも増えられれば…」—種子のみならず塊茎等の栄養繁殖体も含めた複数の繁殖様式を備えることで、水田での繁栄に成功しているのが多年生草種と総称される雑草で、クログワイ（*Eleocharis kurogurwai* Ohwi）やオモダカ（*Sagittaria trifolia* L.）がその代表である。一般的に種子から発生する雑草は地表数mmからせいぜい数cmの表層からしか出芽できないが、多年生草種は水田作土層のより深い位置（数cm～数十cm）にある塊茎（イモ）からも出芽することができる。深い位置で塊茎が発芽する場合、地表への

作物名	適用雑草名	使用時期	10a当り 使用量	総使用回数	使用方法
移植 水稲	水田一年生 雑草、及び、 マツバイ、ホ タルイ、ウリ カワ、アオミ ドロ・藻類に よる表層はく 離	移植後5日～ ノビエ2.5葉期 ただし、移植後 30日まで	小包装 (パック)10 個(500g)	本剤のみ:1 回 成分A:1回 成分B:2回 以内 成分C:2回 以内	水田に小包装(パック)のまま投げ入れる
直播 水稲		イネ1葉期～ ノビエ2.5葉期 ただし、収穫90 日前まで			

第1図 水稲用除草剤のラベル（適用表）の例

注) ノビエの葉齢が「使用時期」の晩限の指標として示されている。また、直播水稲ではイネの葉齢が早限の指標となっている。

「代掻き～移植日」の期間が長い場合にはそれだけ葉齢が進むことに注意！！

第2図 宮城県病害虫・雑草防除指針に掲載しているノビエの草姿と葉齢，移植後・代かき後日数の目安
注) 作図は吉田修一氏による。

出芽は浅い位置からの場合よりも遅れることから，発生消長（出芽時期）はより不斉一になる（いわゆるダラダラ発生）。従って，一回の除草剤散布では防除が困難であり，防除対策としては初期剤＋中期剤＋後期剤といった体系防除が基本となる。SU 剤が一発処理剤の基幹成分となりえたのは，その長期の残効性により，まさにこれらの多年生雑草を抑えることができたためである。しかし，多年生雑草の中で最も発生が長期にわたるクログワイだけは，SU 剤の普及に伴い他の多くの多年生雑草が駆逐された中で，現在でも難防除雑草としての存在感を示し続けている（第3図）。その主な要因は除草剤の一発処理や田植同時処理の普及に伴う除草剤散布時期の早期化にあると考えられている。クログワイからみれば，除草剤処理層で火傷してしまわないよう「ほとぼりが冷めた頃に世に出ましよう…」といった生存戦略といえる。一方オモダカは，クログワイほどの不斉一性はないものの，やはり近年でも一定の存在感を維持している。これは，塊茎だけでなく種子も多く生産すること，すなわち無性生殖だけでなく有性生殖もすることが重要な役割を果たしていると考えられている。つまりオモダカは，有性生殖の際に，この後述べるSU 剤への抵抗性を獲得することで除草剤成分の存在下でも生き延びることができたと考えられる。それは「抵抗性はタネ（花）で，増殖はイモで」というハイブリッドな生存戦略である。

その三「クスリ」が効かない…

いくら卓効のある除草剤成分に暴露されたとしても，「それ，克服できるんですよ。」というのが，イヌホタルイやコナギ（*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Presl var. *plantaginea* (Roxb.)

Solms-Laub.），そして前述のオモダカ等にみられる生存戦略で，総称して除草剤抵抗性と呼ばれている。水稻作で問題となっているのはアセト乳酸合成酵素（ALS）阻害剤（SU 剤もこれに含まれる）に対する抵抗性を有した雑草個体群であり，一年生雑草（ミズアオイ *Monochoria korsakowii* Regel et Maack・コナギ・アゼナ *Lindernia* spp.・ミゾハコベ *Elatine triandra* Schk. var. *pedicellata* Krylov 等）やイヌホタルイやオモダカのように多年生雑草であっても種子繁殖もする草種，いわば遺伝的可塑性の高い草種において多く確認されている（第1表；内野 2006，2007）。はじめに述べたあの農家研修において著者に洗礼を与えたのが，まさにこのSU 抵抗性を獲得したイヌホタルイの個体群だったのである。宮城県におけるSU 抵抗性雑草問題の現状と当県における対応の経緯については他で詳しく述べているので詳細は割愛するが（大川 2013，2015），この除草剤抵抗性雑草はことさらに人間にとって，対策除草剤の開発競争やコメの販売戦略とも絡んだ複雑な問題を引き起こす厄介な存在である。水稻用除草剤の歴史を振り返ると，いわゆる“一発剤”は開発当初2成分の混合剤（ヒエ剤＋SU 剤）が主流で，それまで慣行だった初期剤＋中期剤＋後期剤という大変労力のかかる3回程度の除草剤散布の「体系処理を是正する」という画期的なコンセプトで普及した。またそのことが，農薬成分数を慣行の半分以下にするという特別栽培も可能にした。ところが，SU 抵抗性雑草の出現により2成分剤では不十分となり，SU 抵抗性対策となる除草剤成分を加えた3～4成分のいわゆる抵抗性対策剤を使用する必要が出てきたのである。中でも，イヌホタルイやコナギ等，複数のSU 抵抗性草種に対する対策成分として安定した効果

第3図 宮城県における水田雑草種の変遷

注) 各農業改良普及センター調べ、農業振興課とりまとめの草種別発生面積調査（日本植物調節剤研究協会東北支部 1983–2013）より作図

第1表 宮城県におけるSU抵抗性個体群の確認経過

草種	学名	報告年
ミズアオイ	<i>Monochoria korsakowii</i>	1996
アゼナ, アメリカアゼナ, タケトアゼナ	<i>Lindernia spp.</i>	1997
ミゾハコベ	<i>Elatine triandra</i> var. <i>ohwianus</i>	1998
イヌホタルイ	<i>Scirpus juncooides</i> var. <i>ohwianus</i>	1998
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	2000
タイワンヤマイ	<i>Scirpus wallichii</i>	2001
オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	2002

注1) 内野 2006 より引用

注2) 正式な報告・検定はないが、ウリカワ・ヘラオモダカについても発生状況から見てSU抵抗性とみられる残草圃場を確認している。

を示していたプロモブチドを混合した剤（ヒエ剤＋SU剤＋プロモブチド）が多くの水田で使用されるようになった。すると今度は、プロモブチドでは抑えることのできないオモダカのSU抵抗性個体が繁茂するようになったのである。また最近では、既存のSU抵抗性草種に対しても効果の高い、新しいタイプのALS阻害剤が相次いで上市され普及し始めている。しかし、既にこれらの新規ALS阻害剤にも交差抵抗

性（複数種の除草剤成分が共通して効かないこと）を示すイヌホタルイのALS遺伝子Pro197Trp変異（プロリンをコードするALSの第197遺伝子座がトリプトファンに変異した個体）等の個体群が存在することが知られている（内野 2007）。著者らの調査では、既に宮城県内複数の地域でこのタイプのイヌホタルイが確認されており（宮城県古川農業試験場 2014b, c）、今後の顕在化が懸念されている。さらにSU抵抗性雑草の中

には、ALS 遺伝子自体に変異は見られず、吸収した除草剤の解毒代謝を増強することで特定 SU 成分への耐性を高めた個体 (Non-target site resistance: NTSR) も発見されており (内野・岩上 2013), そのメカニズムはかなり複雑である。これらに対して人間がとりうる策は、異なる作用機構の除草成分の輪番使用や体系処理等の、雑草の上をゆく、より計画的で緻密な防除体系の構築であり、それを実現する組織体制づくりも同時に求められているところである。世代交代することにより遺伝子レベルでケミカルコントロールに挑戦する、「子孫たちよ、頑張れ!!」という種子繁殖雑草の強かな生存戦略に、現在のところはもっぱら人間が翻弄されているのが現状である。

その四「“ハタケ”でも増える！」

「水陸両用の強者なり」とでもいうべきか、近年特に田畑輪換地域を中心に水稲作で目立ってきているのが、アメリカセンダングサ (*Bidens frondosa* L.) やクサネム (*Aeschynomene indica* L.) といった湿生の一年生雑草、通称「田畑共通雑草」である (第3図)。宮城県は本州で最大の大豆作付面積を誇る県だが、その作付け地目の大部分は水田であり、特に3年に一度水田に大豆を作付けする「水稲-水稲-大豆」の輪作体系が多い。田畑共通雑草は大豆作後の水稲作 (「復元田」という) で多発するケースが多く見られている。これらの草種は大豆作では排水不良の過湿な条件、水稲作では水持ちの悪い圃場で多発する傾向にあり、いわば水田輪作の欠点・弱点を衝いた生存戦略をとっているといえる。中にはクサネムの様に、イネとの養分競合による雑草害を引きおこすことは殆ど無いものの、その種子が収穫玄米に混入することで、品質 (等級) の下落という被害を生じさせる厄介者も存在する。著者らはかつて、ノビエも含めたこれら田畑共通雑草の発生状況を、実際のブロックローテーション地区内の各種の作付けパターン別に3カ年追跡調査を行ったことがある。その結果、2年もしくは3年水稲連作の場合の水稲作ではこれら草種の発生量は前年の発生量のみの影響を受けたが、大豆後復元田の水稲作では、前年大豆作と前々年水稲作の両作における残草量の影響を受けることが示された (宮城県古川農業試験場 2014d, e)。いわば、「田んぼで残ると畑で加速する!!」という、水田を高度に利用しようとする人間を手玉にとる周到な生存戦略といえる。

その五「“ツナミ”に乗じて?！」

2011年3月11日の東日本大震災における大津波は宮城県の水田約14,000 ha をのみ込み甚大な被害を発生させた。これらの水田を復旧する過程で、大きな問題になると考えられたのがコウキヤガラ (*Bolboschoenus maritimus* auct. non (L.) Palla / *Scirpus planiculmis* Fr. Schm.) である。コウキヤガラにいわせれば「沿岸でもともと栄えていましたが…」と主張するかもしれない。いかにも、沿岸部では耐塩性の難防除雑草

として名高く、その生態と水稲作への影響については古くから干拓田等を中心に研究されてきた草種である (千葉 2005)。耐塩性が高いことと塊茎による繁殖力が強いことが特徴で、宮城県でも震災前から沿岸部に偏在して問題化していた。今回の大津波により海水をかぶった地域がこれらの生育適地となり、津波による土砂流出に伴ってこの塊茎自体も広域に拡散したのではないかと危惧されたのである。津波前に詳細な分布調査を行っていたわけでないで、結果的に津波によってどの程度分布が変化したのかは残念ながら不明である。しかし現状の把握と対策のため、著者らは、震災後の2カ年間に沿岸被災農地の雑草植生調査を行い、その結果について、農地の津波被災程度等に関わる地理的パラメータをもとに解析することで、津波被災農地におけるコウキヤガラが発生危険度の分布を示すリスクマップを作成した (宮城県古川農業試験場 2013a, b)。さらに、これが一定の精度で実際のコウキヤガラの発生分布を反映していることも証明している (宮城県古川農業試験場 2014a)。このような地理的偏在を見せる草種はコウキヤガラ以外にもあり、著者らはこれまでに、イヌビエやクログワイについて主に標高に依存した分布の偏りがあることを明らかにしている (宮城県古川農業試験場 2012a, b)。これら草種の偏在について生態的な理由付けはできていないが、おそらくは過去の新田開発や圃場整備に伴った耕地環境の変化に合わせて順次分布を広げたか、元々の自生地が後から開墾されたのを契機に水田雑草となったということが考えられる。いずれ、「棲みよいところに棲みましよう。」という地理的偏在も、ひとつの生存戦略といえるのではないだろうか。

その六「“ミス”と“タイヒ”に紛れて…」

長い時間をかけて棲みやすい環境に落ち着いた前述のいわゆる在来の草種たちとは異なり、遙か海の向こうから穀物タンカーに乗って移入してきた外来の雑草種が、最近新聞等メディアも賑わせている。「遙々やってきました、日本の田園へ」と言わんばかりに、いつの間にか地元の大豆作水田は、グリーンモンスターと呼ばれる黄緑色のアレチウリ (*Sicyos angulatus* L.) の絨毯に飲み込まれ、圃場によっては収穫皆無という被害さえ発生している。アレチウリについては、輸入家畜飼料に紛れた種子が上流域の畜産地帯で逸出し、河川を通じて下流域に拡散しているという状況が明らかになっている (Kobayashi *et al.* 2012)。宮城県においても、河川敷や公道沿いに大規模な群落が形成され、農業水路や農道を介して水田地帯にも侵入している状況が各地で確認されている (宮城県古川農業試験場 2014f, g)。また未熟な家畜糞堆肥の投入により直接圃場内から発生しているとみられる事例や、蔓延圃場から未発生の圃場に作業機械への付着を介して分布を拡大しているとみられる事例も確認されている。帰化アサガオ類 (*Ipomoea* spp.) についてはアレチウリほど水田以外で

の分布は把握できていないが、未熟な畜産堆肥の投入をきっかけに侵入し、作業機械を介して地域内で分布拡大している状況は同様と考えられる。国内需要をまかなうためには家畜飼料の輸入は不可欠であり、堆肥の投入も地力維持のためには営農上不可欠な技術である。しかし、この飼料流通と有機物資源の地域内流通に紛れて広域に分布を拡大し、「当地にご縁がありましたね!」といきなり現れる、なんとも巧みな生存戦略である。現在のところ、アレチウリ・帰化アサガオ類が蔓延した大豆作圃場において有効な防除手段の検討は十分とはいえず、防除できてもかなりのコストが掛かり増すとみられている。人間としてはとにかく侵入を防ぎたい、とても厄介な雑草種である。

2. 水田雑草問題化の要因

前段までは雑草の生物としての生存戦略を6つに分けて概観したが、各雑草種の問題化の要因も人間活動との関わりから6つに整理できる。すなわち、1) 作期・防除時期、2) 除草剤の使用法、3) 作付け体系・土地利用、4) 地形・地勢、5) 用排水路・周辺管理、6) 輸入飼料・堆肥流通の6つである。これまでに登場した12種の水田雑草の問題化に対するこれら要因の影響を、著者らの過去の調査結果や既存の知見をもとにまとめた(第2表)。

1) 作期・防除時期：水田内においてノビエ(タイヌビエ・イヌビエ)やイヌホタルイ、クログワイ等の多年生雑草が残草する要因は、播種・移植・収穫等の時期、すなわち作期の違いと関係していることが示唆されており、除草剤の散布時期等の防除時期の影響が大きいとみられる(宮城県古川農業試験場2014d, e)。

2) 除草剤の使用法：イヌホタルイ・コナギ・ミズアオイ・オモダカはSU抵抗性個体群が確認されているが、使用除草剤の種類や同一成分の連続使用がその発生原因である。ノビエの残草も抵抗性ではないものの、除草剤の散布時期や散布

後の水管理等、除草剤の使用法の問題が大きいといえる。

3) 作付け体系・土地利用：田畑輪換(ブロックローテーション)等の作付け体系・土地利用の変化に伴って、水保ちの低下した復元田の環境に適応するイヌビエ・アメリカセンダングサ・クサネム等の田畑共通雑草が優占化する。復元田では水保ちが低下することで除草剤が効きにくくなりイヌホタルイ等も残りがちになる。その他にも、震災後の休耕期間が長引いたことでコウキヤガラが繁茂したこと等も土地利用の問題といえる。

4) 地形・地勢：標高や土地の勾配、圃場や圃区(囲い)の面積規模、そして山際や沿岸部といった地形・地勢による分布の偏りはコウキヤガラ・クログワイ・イヌビエの他、コナギ・ミズアオイにも見られ(宮城県古川農業試験場2012a, b)、雑草化以前の生態分布の現れではないかと考えられる。アレチウリについても原産地で獲得した生態的特性を反映してか、河川沿いという地形に依存した分布を示しており、その隣接圃場で被害が生じている(宮城県古川農業試験場2014f, g)。すなわち人間が農地を構えた場所がそもそも問題であったという見方である。

5) 用排水路・周辺管理：アレチウリ、帰化アサガオ類、そしてクサネムは、それぞれ、用排水路法面、農道法面や畦畔、そして圃場内の畦畔際にも多く分布していることから、これら用水路や農道の法面・畦畔等の圃場周辺の除草管理の不備が圃場内への侵入を許し問題化の要因となっていると考えられる。

6) 輸入飼料・堆肥流通：アレチウリと帰化アサガオ類は輸入飼料に混入して国内侵入を果たした外来雑草であり、畜産飼料や堆肥の流通過程から河川や水田に逸出したと考えられる。在来種であるクサネムについても飼料転作水田での多発が確認されており、飼料・堆肥に由来して拡散している局面も否定できない。

第2表 水田雑草種別の問題化の要因

雑草種名	被害作目	1) 作期・防除時期	2) 除草剤の使用法	3) 作付け体系・土地利用	4) 地形・地勢	5) 用排水路・周辺管理	6) 輸入飼料・堆肥流通
タイヌビエ	水稲	◎	○	—	—	—	—
イヌビエ	水稲・大豆	◎	○	◎	○	—	—
イヌホタルイ	水稲	◎	◎	○	—	—	—
コナギ・ミズアオイ	水稲	—	◎	—	○	—	—
オモダカ	水稲	○	◎	—	—	—	—
クログワイ	水稲	◎	—	—	◎	—	—
コウキヤガラ	水稲	○	—	○	—	—	—
アメリカセンダングサ	水稲・大豆	—	—	◎	—	—	—
クサネム	水稲・大豆	—	—	◎	—	○	○
アレチウリ	大豆	—	—	—	○	◎	◎
帰化アサガオ類	大豆	—	—	—	—	○	◎

注) ◎：強い関係がある，○：関係がある，—：関係は不明

第3表 各雑草問題化の要因と適応性質および社会的背景

	1) 作期・ 防除時期	2) 除草剤の 使用方法	3) 作付け体系・ 土地利用	4) 地形・地勢	5) 用排水路・ 周辺管理	6) 輸入飼料・ 堆肥流通
雑草の適応性質	出芽不斉一性	遺伝的可塑性	耐乾・耐湿性	分布選択性	漂流定着性	難消化・硬実性
問題となる特性	後次発生	抵抗性獲得	田畑共通化	地理的偏在	水流による拡散	堆肥による拡散
農業・農村の現状	栽培管理の画一化	省力化・ 農薬少成分志向	田畑輪換の増加	過去の開墾・ 新田開発	圃場周辺管理 機能の低下	飼料輸入増大 耕畜連携
社会的背景	農家の兼業化	特別栽培嗜好	減反・ 圃場整備推進	農耕拡大・ 食料増産	高齢化・財政難	食の欧米化・ 自給率低下
農業者労働力の減少	◎	◎	○	○	◎	○
消費者嗜好の変化	—	◎	○	○	—	◎

注) ◎：強い関係がある，○：関係がある，—：関係は不明

以上、いわば各草種の生存戦略を裏返した人間の立場から見ても、各雑草の問題化には、様々な要因が絡み合っている事がうかがえる。最後に、各雑草種がなぜ問題化したのか、上記6つの要因を説明する「雑草の適応性質」すなわち生存戦略の成立要件と、「社会的な背景」すなわち人間活動の変化について整理し、特に「農業者労働力の減少」と「消費者嗜好の変化」の影響に注目して、著者の心象をまとめた（第3表）。

1) 作期・防除時期：農業者人口の減少や農家の兼業化により栽培管理が画一化されたことで、種子や塊茎等の出芽不斉一性の高い草種を中心に、後次発生する個体が残草しやすくなったのではないかな。

2) 除草剤の使用法：農業者労働力の減少に伴う省力化のために一発処理型除草剤が開発され、その便利さゆえに連用され続けたこと、消費者の安全志向により農薬成分数の絞り込みが行われたことが、遺伝的可塑性の高い雑草種に抵抗性を獲得させたのではないかな。

3) 作付け体系・土地利用：コメ消費の減少に伴う減反政策や、水田の作業効率向上と高度利用を目的に進められた圃場整備事業に伴う田畑輪換の増加といった変化が、耐乾・耐湿性の高い田畑共通雑草の繁茂をもたらしたのではないかな。

4) 地形・地勢：過去の食料増産のための中山間や沿岸低湿地までの新田開発が（中世や戦後には至上命題であり先人の方の努力の結晶と賞賛すべき業績ではあるが）、もともとと分布選択性の高い自生植物の雑草化や稲作に付随して伝播した雑草の地理的偏在化の発端となり、現代の特定の難防除雑草の問題化につながっているのではないかな。

5) 用排水路・周辺管理：近年の著しい農業者の高齢化と財政難による国・地方公共団体のインフラ管理費の不足により、河川・用排水路・畦畔等の圃場周辺管理が従来ほど徹底できなくなっていることが、漂流定着性の高い雑草種の水拡散を介した侵入を許す事態を招いているのではないかな。

6) 輸入飼料・堆肥流通：従来から行われてきた地域内有機物資源の循環、つまり水田における粗飼料栽培や水田への畜産堆肥施用のサイクルは、家畜の消化管や堆肥化の発酵過程を通ったとしても生き延びることができる難消化・硬実性の高い外来・在来の草種にとっては、分布拡大・単一種繁茂のための“増殖装置”となりうる。我が国の食の欧米化によるカロリーベース自給率の低下すなわち輸入家畜飼料の増大は、夾雑物である外来雑草種子を大量にその“増殖装置”に供給している事に他ならない。一方で、これらの外来雑草が身近に広がっているという異常事態に目が届かない、あるいは手が打てない程、農村の農業労働力の減少が進んでいるという事情もあるのではないかな。

これらは検証しようがない部分もあるが、農村における農業労働力の減少や消費者嗜好の変化も少なからず雑草の問題化に関わっていると考えられる。すなわち水田雑草の“問題化”とは、現代の農業・農村そして日本社会の変化に対する雑草たちの“適応”に他ならないともいえるのではないだろうか。

まとめ

水田雑草の生存戦略を草種別に比較、概観し、さらに人間側の事情もあわせて見てみると、各雑草種がいかに巧みに水田農業、つまり人間の行う「米作り」へ適応してきたかが分かる。日本の水田農業への適応はすなわち、日本社会の変化への適応に他ならない。まさに「ヒトが“雑草”をつくる」ということであり、裏返せば「雑草をみつめることで人間の姿がみえてくる。」ということではないだろうか。個々の雑草種にみられる生物学的なおもしろさはもちろん、雑草の防除・管理・利用を目的とした実学であるからこそ見えてくる人間活動との関わり方のおもしろさ、それが雑草研究のおもしろさではないかとも思う。

引用文献

- 内野彰 2006. 日本の水田雑草における SU 抵抗性研究の現状について. 雑草と作物の制御 2, 2-14.
- 内野彰 2007. 水田雑草における除草剤抵抗性の生理生態. 農業及び園芸 82, 1176-1181.
- 内野彰・岩上哲史 2013. 水田雑草における除草剤抵抗性研究の現状. 雑草と作物の制御 9, 3-6.
- 大川茂範 2011b. 宮城県における SU 抵抗性雑草の発生実態と対策技術. 日本植物調節剤研究協会東北支部会報 46 号, 14-19.
- 大川茂範 2013. 宮城県における除草剤抵抗性水田雑草発生の現状と課題. 雑草と作物の制御 9, 15-21.
- 大川茂範 2015. 宮城県における除草剤抵抗性水田雑草の現状と課題. 農業及び園芸 90, 203-210.
- Kobayashi, H., S. Kurokawa and K. Ikeda 2012. Dairyland populations of bur cucumber (*Sicyos angulatus*) as a possible seed source for riverbank populations along the Abukuma River, Japan. *Weed Biology and Management*. 12, 147-155.
- 千葉和夫 2005. 水田多年生雑草コウキヤガラの生態, 雑草害および防除. 東北の雑草 5, 3-8.
- 日本植物調節剤研究協会東北支部 1983-2013. 東北各県における農耕地雑草発生状況調査 日本植物調節剤研究協会東北支部会報 18-48 号.
- 宮城県古川農業試験場 2012a. 地理的要因を基にした水田雑草多発リスクの評価. 宮城県「普及に移す技術」第 87 号 参考資料 3. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/87sankoushiryou3.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2012b. 地理的要因を基にした水田雑草多発リスクの評価. 東北農業研究成果情報 [作物] (稲栽培). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H23/suitou/H23suitou006.html> (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2013a. 津波被災農地における雑草植生変化とコウキヤガラ発生リスクマップ—震災復興関連技術—. 宮城県「普及に移す技術」第 88 号 参考資料 (震災復興) 2. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/88shinsai-sankoushiryou2.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2013b. 津波被災農地における雑草植生の変化とコウキヤガラ発生リスクマップの作成. 東北農業研究成果情報 [稲] (栽培). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H24/suitou/H24suitou013.html> (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014a. 津波被災農地における効果的なコウキヤガラ防除対策 (追補)—震災復興関連技術—. 宮城県「普及に移す技術」第 89 号 普及技術 (震災復興) 1. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/89shinsai-hukyuugijutsu1.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014b. ALS 阻害剤交差抵抗性イヌホタルイの確認. 宮城県「普及に移す技術」第 89 号 参考資料 4. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/89sankoushiryou4.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014c. ALS 阻害剤交差抵抗性イヌホタルイの確認と対策成分含有除草剤の使用法. 東北農業研究成果情報 [稲] (稲栽培). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H25/suitou/H25suitou013.html> (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014d. 水田難防除雑草の残草要因. 宮城県「普及に移す技術」第 89 号 参考資料 5. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/89sankoushiryou5.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014e. 現地事例の疫学的調査による水田難防除雑草の残草要因の探索と定量評価. 東北農業研究成果情報. <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H25/suitou/H25suitou014.html> (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014f. 難防除雑草アレチウリの水田地帯における分布実態. 宮城県「普及に移す技術」第 89 号 参考資料 8. http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/89sankoushiryou8.html (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)
- 宮城県古川農業試験場 2014g. 特定外来生物アレチウリの宮城県の水田地帯における分布実態. 東北農業研究成果情報 [畑作物] (畑作物栽培). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H25/hatasaku/H25hatasaku010.html> (2016 年 4 月 1 日アクセス確認)