

黒川俊二(国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構本部事業開発室)

はじめに

1980年代後半より、全国の飼料畑を中心に多種多様な外来雑草が蔓延し、甚大な被害をもたらしている(佐原1989;清水1998;高橋ら2013)。近年では、一部の外来雑草が水田地帯にも侵入し、水田転換畑で栽培される大豆作でも大きな問題となっている(福見・山下2005;平岩ら2007;保田・住吉2007)。これら外来雑草の特徴として、大型化するもの、つる性のもの、など著しい減収をもたらすものや、収穫物への混入による飼料や農産物の品質低下をもたらすもの、さらには家畜や人体に有毒な物質を含むものなど、多様な雑草害をもたらすことが挙げられる。また、これまでの慣行の雑草防除体系では防除できない難防除なものが多い。このように、外来雑草は一旦侵入すると防除が難しく著しい雑草害をもたらすことから、その対策は侵入防止や早期発見・早期対策など予防原則に基づくことが重要である。本講演では、主な外来雑草被害についてその実態を紹介するとともに、侵入・分布拡大メカニズムから考えられる対策の方向性、さらには今後ますます進む農業の大規模化に対応した技術的課題について議論したい。

侵入・分布拡大メカニズム

問題が顕在化し始めた当初は、被害は飼料畑に集中していた。このことから、畜産に起因する問題として侵入経路の研究が行われた(農林水産省技術会議事務局1998)。その結果、大量に日本に入ってくる主な侵入経路としては、濃厚飼料の原料である輸入穀物への雑草種子混入であると考えられた。1990年代の輸入穀物への外来雑草種子混入実態調査によると、調査されたすべての検体に雑草種子が混入していること、穀物の種類も多岐にわたること、それらの生産国は米国が主であるものの、アフリカ、オーストラリア、ヨーロッパ、アジア各国など、全世界に及んでいることが明らかとなった(農林水産省技術会議事務局1998;清水1998;浅井ら2007)。混入していた雑草の種類も非常に多く、その当時飼料畑で問題となっていたイチビ、ハリビユ、オオオナモミなどの他にも、当時それほど問題となっていなかったアサガオ類なども混入していた。さらに、米国からのサンプルにアジア原産であるイヌビエやアキノエノコログサなど外来種の種子も混入していたことから、アジアから米国に侵入したそれらの雑草が日本に逆輸入している形で侵入していることも明らかとなった。また、日本では濃厚飼料だけでなく乾草の輸入も多くあり、それらにも雑草種子が混入していることも確認された(農林水産省技術会議事務局1998;浅井ら2009)。

Problems and Solutions for Alien Weeds in Agricultural Fields

Shunji Kurokawa (National Agriculture and Food Research Organization)

Since the 1980s, many alien weeds have been unintentionally introduced into Japan and have caused serious problems mainly in forage crop fields. Some of them are highly competitive with crops by their aggressive growth, and some of them cause reduction in quality of agricultural products due to their contamination.

Moreover, poisonous weeds have risk to animal and human health. Since those alien weeds are hard to control by usual weed control systems, countermeasures should be established based on precautionary principle.

このように飼料の原料として日本に持ち込まれた外来雑草種子は、その後、飼料工場での加工を経て、全国の畜産農家に人によって運ばれることとなる。配合飼料として加工される過程で処理によっては雑草種子が死滅する場合もあるが、粉碎だけ行われる場合などあまりダメージを受けない加工方法での処理も多いと考えられた。これらの種子は、家畜の体内を通過した後も大きな影響を受けることなく糞中に排泄される。そして、それらが堆肥化され、飼料畑に投入され侵入することとなる。堆肥化の過程では、その発酵熱によって雑草種子の死滅が期待される。堆肥の発酵と混入種子の死滅の関係を調べた研究では、最高温度が57°Cを超えるような堆肥に混入した雑草種子はほとんど死滅することが明らかとなった(Nishida et al. 1998)。しかしながら、多頭化が進んでいた当時の酪農などでは、大量の家畜糞尿を処理する必要があり、適切な処理がされず、ほぼ生糞のまま飼料畑に投入されることも多くあったと考えられる。

以上のような経路で侵入する外来雑草は、穀物生産国での雑草防除プログラムを潜り抜けてきたものばかりであるため、日本で登録されている除草剤で防除できないものが多く、一旦飼料畑に侵入するとまたたく間に蔓延することとなる。さらに、蔓延した外来雑草の種子は収穫される自給飼料に混入するため、畜産農家の中で循環し増殖することとなる。このようにして、1980年代後半に、全国各地でほぼ同時多発的に外来雑草問題が生じたと考えられている。

このようにして畜産飼料畑で蔓延した外来雑草の一部は、畜産系外へ流出することとなった。河川敷に蔓延するアレチウリをDNAタイプで識別し、その動態を調べた研究では、河川の上流域周辺で営まれる酪農地帯で蔓延したアレチウリの種子が流出し、水の流れによって河川敷全体への蔓延につながったと考えられている(Kobayashi et al. 2012)。つる性のアレチウリはその驚異的な生育により在来植生を抑圧するため、生態系への被害が懸念されることから特定外来生物に指定されている。こうしたことから、河川敷に蔓延しているアレチウリを様々な活動により防除が行われているが、上流域の酪農地帯での防除とセットで行わない限り、その蔓延を止めることが難しい。さらに、河川敷周辺の水田地帯で栽培される大豆作において、アレチウリによる被害が拡大しているが、これらは河川から水の流入によって水田地帯にまでアレチウリ種子が到達していることを表していると考えられる。他にも未熟堆肥が投入されると外来雑草種子も生存したまま投入されるリスクがあることから、堆肥を介した拡散も少なからずあるだろう。

被害の種類

外来雑草がもたらす農業生産被害は、その種類によって異なり、競合による減収の他に、生産物への混入による品質低下や、有毒雑草の混入による家畜や人の健康被害がある。侵入経路を考えると、多種多様な外来雑草が同じ圃場に次々と侵入しうるため、様々な雑草害が同じ圃場で起きる可能性がある。減収については、アレチウリやアサガオ類などの生育が早いつる性雑草や、一年生にもかかわらず時に6mにまで成長するオオブタクサなど、旺盛な生育能力を持つ外来雑草の場合、それらの難防除性と相まって、収穫不能な状況にまでなる壊滅的な被害をもたらすことがある(Fig. 1)。このような被害は、これまで在来雑草では考えられなかった状況である。

品質低下に関しては、イヌホオズキ類やホオズキ類など液果をつける雑草などがダイズの汚粒発生の原因となっている(Fig. 2)。これらについても防除が難しいため、被害が大きい。また、特有のにおいを有する雑草が

飼料畑に蔓延した際には、サイレージに大量に混入することにより、そのおおいの牛乳への移行なども懸念されている。

有毒雑草では、ナス科のヨウシュチョウセンアサガオは人や家畜に猛毒のアトロピンやスコポラミンを含有するため、少量の発生でも大きな問題となる (Fig. 3)。大規模化が進む中では完全防除が難しいことから、有毒雑草問題は非常に厄介である。ナス科の雑草では他にもイヌホオズキ類やワルナスビなどの *Solanum* 属ではソラニンを含むため、飼料に混入した場合には家畜の健康被害が危惧される。他にも肝毒性をもたらすピロリジジンアルカロイドを含有するキク科のナルトサワギクが西日本を中心に繁茂している (Fig. 4)。この雑草は通年にわたって種子生産するため、他の植物に対する競合力が非常に強く、放牧地や採草地など牧草が生育するような条件であっても蔓延することが多い。この毒は、それを食べた家畜の乳や肉へ移行することがわかっている。また、蜂蜜への移行も指摘されていることから、人的な被害にまで発展する危険性がある。ピロリジジンアルカロイド自体は繰り返し大量に摂取しない限り大きな健康被害をもたらすことはないと考えられるが、ナルトサワギクの場合、その繁殖特性により放牧地全体に蔓延するリスクが高いことから、家畜が大量に摂取してしまう危険性がある。実際にナルトサワギクが蔓延した放牧地の牛が全頭下血するような事例も見られている。今後海岸沿いを中心にさらに分布拡大することが予測されることから、分布拡大防止策が急務である (Tsutsumi 2011)。



Fig. 1. *Sicyos angulatus* (bur cucumber) invaded into soybean field



Fig. 2. *Physalis angulata* (wild capegooseberry) invaded into soybean field



Fig. 3. A poisonous weed *Datura stramonium* (Jimsonweed)



Fig. 4. *Senecio madagascariensis* containing pyrrolizidine alkaloids

対策の方向性

一般に、リスクは有害性×暴露量で表される。作物生産における雑草害についてもこの考え方が当てはまり、雑草リスクは雑草害の大きさ×難防除性で表すことができる。つまり、甚大な被害をもたらす雑草であっても、防除が容易であれば作物に対するリスクはそれほど大きくない。逆に難防除であっても雑草害が小さい雑草であればこれもリスクは小さいと考えられる。外来雑草が大きな問題となっているのは、雑草害が大きい上に、防除が難しいためである。このようなことから、外来雑草の対策については、侵入防止あるいは早期発見・早期対策といった予防原則に基づくことが基本となる。この考え方は病虫害分野では一般的であるが、日本における雑草対策では一般的ではなく、これまでは大きな被害が生じてから対策が講じられてきた。しかしながら、通常の除草剤による防除が難しく、さらに、作物の成長と比べ物にならないぐらい早く成長するアレチウリやオオボタタケのような外来雑草の場合、大きな被害が出てからでは手遅れになる。また、種子繁殖する雑草の場合、土中での種子休眠性も大きな問題である。つまり、一旦圃場で繁茂させてしまい種子生産を許すと、それらの種子は土中で何十年にもわたり生き続けるため、毎年完全防除を繰り返したとしても完全に発生をなくすことは難しい。こうしたことから、今後の外来雑草対策については、病虫害と同様に予防原則に基づいた対策が重要である。

多くの外来雑草は、先述の通り、輸入飼料への種子混入によって侵入する。こうしたことから、輸入検疫段階で侵入防止を図ることができれば最も効果的である。しかしながら、現行の植物防疫法では、有害植物の定義に通常の雑草は入っていないため、検疫有害植物に指定することができない。外来雑草問題は今やグローバルな問題であり、多くの国で、植物防疫上の問題として法規制の対象となっているのと対照的である。早急な法改正が望まれる。一方で、日本の穀物輸入量は年間2000万トンにも及ぶことから、完全に輸入検疫で外来雑草種子を取り除くことは現実的ではない。それでも日本が厳しい検疫体制で臨んでいるという輸出国に対する意思表示は重要である。そうすることで、日本向けの穀物は雑草の種子がないクリーンなものが求められるという意識を持たせることにつながるだろう。

検疫体制が確立されたとしても、完全に外来雑草の侵入を防止することは難しい。そのため、国内での早期発見・早期対策が重要となる。このことから、農研機構では、農耕地を対象とした外来雑草の早期警戒システムの開発が進められてきている(黒川ら2015)。優先的に警戒すべきと考えられる未侵入で雑草リスクが高い雑草種を特定することで、より早い侵入段階で対策が可能となるだろう。

侵入防止の次の段階として、被害の拡大を防ぐことが必要となる。外来雑草は、アレチウリのように水系で急速に分布拡大するものがあるため、対策は流域スケールで進める必要がある。しかしながら、流域スケールという広大なスケールで一斉に対策を進めるのは現実的ではない。そのため、流域スケールから集落スケール、圃場スケールへと人が実際に活動できるスケールまでつなげる対策が必要となる。例えば、流域スケールでは、その雑草がどのあたりに侵入しやすいか、大きな被害をもたらすか、ということが事前にわかれば、重点的に対策を進めるべき地域を絞り込むことが可能となる。これまでにアレチウリにおいて、水系での拡散を想定したリスクマップ作成手法が開発されている(Osawa et al. 2016)。そのようにして特定された高リスク地域において、集落スケールでの面的な取組みを進めることによって、その地域全体の蔓延を防止することができるだろう。実際の防除作業が行われるのは圃場スケールとなるが、そこでは具体的な圃場内での雑草防除技術や圃場周辺の管理技術が必要となる。帰化アサガオ類に関しては、それらの技術開発が進んでいる(遠藤ら2010;Kurokawa et

al. 2015; 黒川2016; 橘ら2017)。こうした防除作業についても、個々に防除を行うのとは異なり、地域全体で取り組むことでその効果は最大限に発揮されることとなる。

大規模化に対応した技術的課題

農業現場における担い手不足はこれからもますます進むことが予想され、農地集積が進み圃場の大区画化や大規模化が急速に進んでいる。そこではますます外来雑草のリスクが高まることとなる。圃場の大区画化は外来雑草の侵入初期を見逃す危険性が高いだけでなく、圃場全体に被害が急速に広がるため、被害面積の単位も大きくなる。また、大規模化が進むと、雑草の適期防除が難しくなるため、非常に緻密な防除が求められる難防除雑草の場合、防除できない圃場が多数生じることとなる。小規模で行われていた時には最終的に手取り除草で対応していたところでは、それができなくなるため、経営全体を脅かす事態に陥ることになる。京都の小豆栽培の例では、これまで中山間地で小規模に行われていたが、担い手不足により産地を維持することが難しくなった。そのため、圃場整備を進め、機械化一環体系による大規模栽培が進められた(岩川2014)。しかしながら、小豆栽培においては、登録されている除草剤の種類が非常に少なく、特に、小豆と同じ広葉の雑草に効果のある除草剤が皆無であったため、またたく間に雑草問題が生じた。さらに、難防除外来雑草であるホオズキ類が侵入したことにより、壊滅的な被害が生じることとなった(Fig. 5)。1つの聞き取りの事例では、1.9haの圃場に30人体制で合計900時間・人の手取り除草を行ったにもかかわらず収穫不能であったケースもある。このように、小規模経営では対策ができていたことが大規模化によりその方法が有効でなくなるケースが増えてくると思われる。今後はこうした大規模化に対応した対策技術の開発が求められる。



Fig. 5. *Physalis angulata* difficult to control due to lack of effective herbicides registered for Azuki bean

外来雑草対策については、上述の通り、早期発見・早期対策が重要である。大区画化や大規模化が進む中、難防除外来雑草の侵入をより早期に発見するためには、圃場の中の雑草の実生検出技術が必要となるだろう。近年発展が目覚ましいAIによる画像認識技術を駆使すれば、実生の認識・識別は可能になると思われる。作業機に取り付けたカメラにより自動で実生が検出できるようになれば、多圃場管理のICTシステムの中に取り込むことで、最初の1本の実生が発生した段階で発生ポイントを特定できる。たった1本であれば大規模経営

の中でも手取りでの除去も可能となり、蔓延を未然に防ぐことが可能となるだろう。もし、大規模化に対応するため農薬散布がドローンを利用するようになれば、ドローンでの作業中に撮影することで実生検出も可能となるかもしれない。いずれにしてもそのような技術開発を進めることで、早期発見できる技術が確立されれば、未侵入の外來雑草対策には有効となるだろう。一方で、蔓延してしまったものによる被害を低減することは容易ではない。従来通り、新たな除草剤の開発も引き続き重要となる。さらに、雑草の個体群動態に基づいた輪作体系も考える必要がある。小豆栽培で問題となる雑草は広葉雑草が中心となるが、トウモロコシなどイネ科の畑作物を栽培する上では、広葉雑草の防除は比較的容易である。埋土種子の増加防止や減少を進めるための輪作体系についてもそれぞれの地域や経営体で検討することが必要だろう。

おわりに

以上のように、外來雑草は1980年代以降30年にわたり農耕地で猛威を振るってきた。輸入穀物への種子混入という形で侵入していることから、穀物生産国の雑草防除プログラムをかいくぐったものであるため、難防除であることが特徴である。さらに、一旦蔓延すると、水系などを通じて流域全体に拡散することとなるため、圃場単位など個別管理では解決できない問題である。基本的には、侵入防止、早期発見・早期対策という予防原則に基づいた対策が重要である。現行の植物防疫法の有害植物の定義に雑草が入っていないため、輸入検疫での侵入防止は難しい。できるだけ早い法改正が望まれる。現実的には輸入検疫によって完全に侵入を防ぐことは難しいと考えられるが、法規制で検疫を強化していることを諸外国に示すことで、日本にはよりクリーンな穀物を輸出する必要があるというプレッシャーを与えることができるだろう。

流域スケールでの管理を行う際には、行政を含めた広域な対策体制が必要となるが、雑草に関する法的根拠がない日本では、地方自治体にも農林水産省にも雑草を横断的に取り扱う部署がない。病虫害防除所など同様の公的管理体制を構築するためにも、やはり法改正が望まれる。さらに、現在農業指導現場においても、雑草管理に関する専門的知識を持っている人は必ずしもいる状態にない。そのような人材を育成できる大学の雑草分野も非常に少ない状況である。問題の大きさと裏腹にこうした公的体制の不備は将来にわたってリスクが増大することになるため、人材育成を含む国全体での取り組みが望まれる。

一方で、担い手不足が著しい農業生産現場では、スマート農業など人工知能などを活用した新たな形態に変貌を遂げていくと考えられる。こうした中にも外來雑草対策につながる技術開発が必要となるだろう。圃場に侵入した最初の1本を見つけることができる雑草実生検出技術や、様々な栽培体系における雑草個体群動態に基づいて最適な栽培計画が策定されるシステムなど、新技術は大規模化に対応した外來雑草対策を可能にするだろう。今後の研究開発が期待される。

引用文献

浅井元朗・黒川俊二・清水矩宏・榎本 敬 2007. 1990年代の輸入冬作穀物中の混入雑草種子とその種組成.

雑草研究 52, 1-10.

浅井元朗・黒川俊二・清水矩宏・榎本 敬 2009. 1995年に輸入された乾草中に混入していた雑草種子. 雑草研究 54, 219-225.

- 遠藤征馬・平岩 確・小出俊則・小出直哉・谷 俊男・林 元樹・久野智香子・田中雄一・野村有美・井上勝弘・杉浦和彦 2010. ダイズほ場に発生した帰化アサガオ類の除草剤畦間処理による除草効果. 愛知県農総試研報42, 51-56.
- 福見尚哉・山下幸司 2005. 鳥取市の水田地帯における帰化アサガオ類の発生と生態. 雑草研究 50(別), 46-47.
- 平岩 確・林 元樹・濱田千裕・小出俊則2007. 愛知県田畑輪換水田ほ場における帰化アサガオ類の発生状況. 愛知県農総試研報39, 25-32.
- 岩川秀行 2014. 丹波大納言小豆の省力機械化栽培体系の確立. 特産種苗18, 76-80.
- 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.
- 黒川俊二・中谷敬子・澁谷知子・渡邊寛明・浅井元朗・今泉智通・小林浩幸 2015. 農耕地における外来雑草早期警戒システム. 雑草研究 60, 101-106.
- Kurokawa, S., M. Hajika and T. Shibuya 2015. Canopy height-to-row spacing ratio as a simple and practical onsite index to determine the time for terminating *Ipomoea coccinea* control in the Japanese soybean-growing systems. Weed Biology and Management 15, 113-121.
- 黒川俊二. 2016. 大豆栽培におけるアサガオ防除の現地試験事例. 植調50, 19-23.
- Nishida, T. N. Shimizu, M. Ishida, T. Onoue and N. Harashima 1998. Effect of cattle digestion and of composting heat on weed seeds. JARQ 32, 55-60.
- 農林水産技術会議事務局 1998. 強害帰化植物の蔓延防止技術の開発. 研究成果326.
<http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039014509.pdf> (2019年7月30日アクセス確認)
- Osawa, T., S. Okawa, S. Kurokawa and S. Ando 2016. Generating an agricultural risk map based on limited ecological information: A case study using *Sicyos angulatus*. Ambio, 45, 895-903.
- 佐原重行 1989. 広島県における飼料畑雑草の発生状況. 畜産の研究 43, 1377-1378.
- 清水矩宏 1998. 最近の外来雑草の侵入・拡散の実態と防止対策. 日本生態学会誌 48, 79-85.
- 橘雅明・窪田潤・石岡巖・奥野林太郎・高橋仁康・黒川俊二・澁谷知子・沖陽子. 2017. ダイズ晩播狭畦栽培におけるマルバルコウの省力的防除体系. 雑草研究62, 25-35.
- 高橋明裕・山田茂雄・海内裕和・高柳晃治・黒川俊二 2013. 新規除草剤トプラメゾン液剤による飼料用トウモロコシ畑の外来雑草10種に対する除草効果とオオブタクサ防除における実用上の課題. 雑草研究 58, 69-75.
- Tsutsumi, M. 2011. Current and potential distribution of *Senecio madagascariensis* Poir. (fireweed), an invasive alien plant in Japan. Grassland Science 57, 150-157.
- 保田謙太郎・住吉正 2007. 北部九州地域の大豆畑へのアサガオ属植物の侵入程度. 雑草研究52(別), 32-33.