

# 輸入穀物に混入する雑草種子と穀物輸入港における外来雑草の定着状況

京都大学農学研究所 雑草学研究室  
下野 嘉子

## はじめに

現在日本には1700種を超える外来植物が定着している (Egawa and Koyama 2023)。この外来植物種数は、アメリカ合衆国の沿岸地域やニュージーランドと並んで世界でもトップレベルの高い水準である (van Kleunen *et al.* 2015)。日本の在来植物種数は7000～8000種ほどと報告されていることから、国内で生育する植物の約20%が外来植物ということになる。とはいえ、生育環境によって外来植物の割合は大きく異なる。日本の外来植物のほとんどが日当たりの良い場所を好む陽生植物で、森林に入り込むものは非常に少ない (榎本 1997)。一方、河川の氾濫原、砂浜、草原、湖沼などの自然生態系に侵入して環境を大きく変えてしまったり、農耕地などに侵入して強害雑草になったりする外来植物は多い (Vilà *et al.* 2011; Diagne *et al.* 2021)。

## 外来生物の侵入経路

外来植物はどのような経路を経て日本に侵入しているのだろうか。外来植物の侵入経路は大きく2つに分けられる (図-1, Hulme *et al.* 2008)。1つ目は、食用や鑑賞用として、あるいは牧草や緑化植物として意図的に導入する経路である。2つ目は、輸入農産物に混入したり、輸入貨物に付着したりして非意図的に侵入する経路である。こうして国内に侵入した植物の全てが新たな地で繁栄できるわけではない。侵入した種のうち野生化するものは10%程度、野生化したもののうち分布を拡大し侵略的となるものは10%程度と言われている (Williamson and Fitter 1996)。

外来植物はなんらかの人間活動に伴って国内に侵入してきたわけだが、どのような経路を経て日本にやってきたのかわからないものが多い。国内の外来植物のうち、意図的経

路で侵入したものは約30%、非意図的経路で侵入したものは約10%、侵入経路が不明なものは約60%にもおよび、不明種のほとんどが非意図的な経路によって国内に持ち込まれたと推測されている (Egawa and Koyama 2023)。意図的に導入したものが野生化した場合、その侵入経路は明らかだが、非意図的な経路の場合、輸入物資を積極的に調べない限り、どのようなものが混入したり付着したりして持ち込まれているのかはわからない。非意図的に侵入する外来植物の調査は労力が大きく、1990年代に大規模な輸入穀物および輸入乾草における混入種子調査が実施されたが (農林水産技術会議事務局 1998; 浅井ら 2007; 2009)、それ以降は一部の輸入穀物に対して調査されたのみで (Shimono and Konuma 2008; Ikeda *et al.* 2022)、まだまだ実態把握研究は不足している。

## 非意図的な侵入経路：輸入穀物における雑草種子の混入

非意図的な侵入経路の代表例が、輸入穀物への雑草種子の混入である。日本は毎年約2500万トンもの穀物 (トウモロコシ、コムギ、オオムギなどのイネ科作物の種子およびダイズなどのマメ科作物の種子) を輸入している。この輸入穀物の中には、輸出国の農耕地に生育していた様々な雑草の種子が混入している (浅井ら 2007; Shimono and Konuma 2008;

### 意図的経路

放出 Release	野外に播種することを目的に意図的に導入	緑化植物 カバークロップ
逸出 Escape	意図的に導入したものが管理外へ逸出	食用・薬用植物 観賞植物

### 非意図的経路

混入 Contaminant	輸入農作物などの商品に混入	穀物混入種子
密航 Stowaway	車両やコンテナ、人間の靴などに付着	粘液を出す種子 刺のある種子
回廊 Corridor	人が作ったインフラを介した散布	水生生物など (運河を介した移動)

図-1 外来植物の侵入経路 (Hulme *et al.* 2008 の Fig.2 を改変)



図-2 輸入コムギから見つかった混入種子

1: ヤギムギ, 2: カラスムギ, 3: ウマノチャヒキ, 4: エノコログサ, 5: セトガヤモドキ, 6: オオムギ, 7: セイヨウノダイコン, 8: ウサギアオイ, 9: ヤグルマギク属

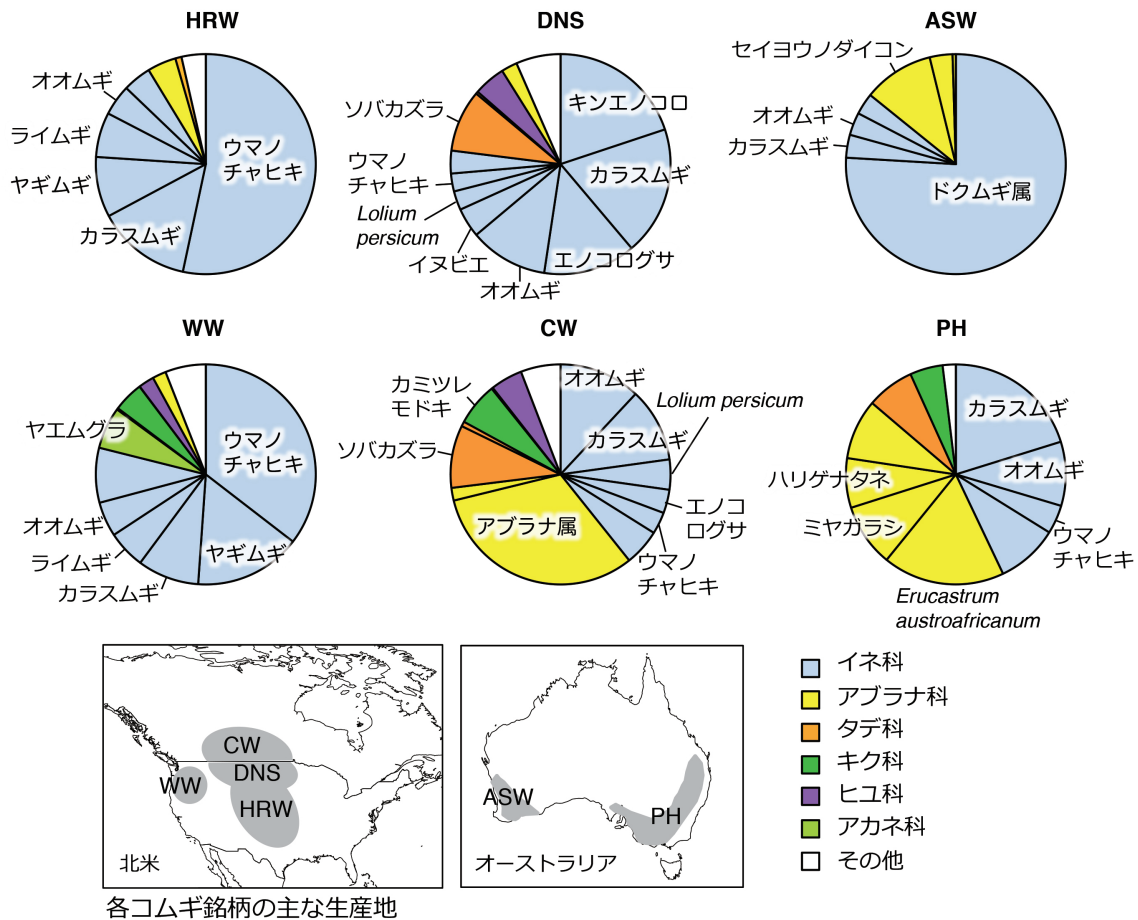
Wilson *et al.* 2016)。例えば、カナダから日本へ輸入されたコムギには 1 kg あたり平均 170 個のコムギ以外の種子が混入していた (Shimono and Konuma 2008)。これは重さにするとわずか 0.2% であり、日本における農産物規格規定によって定められた品質基準を十分に満たしている。しかし、雑草の種子の多くは非常に小さいため、わずかな重さでも相当の数が混入する。持ちこまれた混入種子は、国際貿易港において穀物の積み降ろしの際にこぼれ落ちたり、濃厚飼料に加工され畜産に利用される過程で逸出したりして雑草となることがある。日本の河川敷や畑地などに蔓延し問題になっている外来植物の一部はこのような穀物貿易を介して侵入したことが報告さ

れている (黒川 2017)。

具体的にどのような種が混入していたか紹介しよう。2005 年から 2006 年に米国、カナダ、オーストラリアから輸入されたコムギ 6 銘柄、各 20kg 3 ロットに混入する雑草種子を調査したところ、15 科 92 種約 6 万個の混入種子が見つかった (図-2, Ikeda *et al.* 2022)。コムギ銘柄ごとに混入種の組成が異なり (図-3)、米国産冬コムギ 2 銘柄 (ハード・レッド・ウインターおよびウエスタン・ホワイト) にはウマノチャヒキ (*Bromus tectorum*)、カラスムギ (*Avena fatua*)、ヤギムギ (*Aegilops cylindrica*) のような冬生一年草のイネ科雑草の種子が、米国産春コムギ (ダーク・ノーザン・スプリング) には夏生一年草のエノコログサ属 (*Setaria*) と

カラスムギの種子が多く含まれていた。カナダ産春コムギ (カナディアン・ウエスタン・レッド・スプリング) からはアブラナ属 (*Brassica*) の種子が、西オーストラリア産冬コムギ (オーストラリア・スタンダード・ホワイト) からはドクムギ属 (*Lolium*) の種子が大量に見つかった。東オーストラリア産冬小麦 (プライム・ハード) には、*Erucastrum austroafricanum*、ミヤガラシ (*Rapistrum rugosum* var. *venosum*)、ハリゲナタネ (*Brassica tournefortii*) などのアブラナ科植物が多く混入していた。

混入量の多い種は、各地で問題雑草として報告されている種ばかりである。ウマノチャヒキは米国西部の農耕地の強害雑草で、ウマノチャヒキが蔓延した冬コムギ畑では、収量が最大 92% まで減少したとの報告がある (Rydrych and Muzik 1968)。ヤギムギもまた、コムギ収量を大きく減少させる強害雑草である。ヤギムギはコムギと近縁で、コムギに薬害を出さずにヤギムギを選択的に枯死させる除草剤がないため (USDA 2014)、コムギ畑におけるヤギムギの防御が困難となっている。カラスムギは冬コムギ、春コムギ両方に多くの種子が混入していた。カラスムギの発芽時期はばらつきが大きく、秋から春まで長期にわたる (Beckie *et al.* 2012)。秋に発芽したカラスムギは翌春に開花結実し、春に発芽したカラスムギは低温を経験せずとも当年の夏に開花結実するため、春コムギおよび冬コムギ両方の栽培体系において繁栄することができ



各コムギ銘柄の主な生産地

図-3 輸入コムギ6銘柄の生産地と混入種子の組成

HRW: ハード・レッド・ウィンター (米国産冬コムギ), WW: ウェスタン・ホワイト (米国産冬コムギ), DNS: ダーク・ノーザン・スプリング (米国産春コムギ), CW: カナディアン・ウェスタン・レッド・スプリング (カナダ産春コムギ), ASW: オーストラリア・スタンダード・ホワイト (オーストラリア産冬コムギ), PH: プライム・ハード (オーストラリア産冬コムギ)

る。西オーストラリア産冬コムギにはドクムギ属の種子が非常に多く、混入種子の75%を占めていた。西オーストラリアの農耕地では除草剤抵抗性を獲得したドクムギ属の蔓延が深刻な問題となっており (Owen *et al.* 2014), 混入個体の半数以上が抵抗性を示した (Shimono *et al.* 2010)。混入種子を調べると貿易相手国の雑草問題を垣間見ることができる。

### 穀物を挙げる港と挙げない港間の植生の違い

これら混入種子は、地域の植生にどのくらい影響を与えているのだろうか。国際貿易港では輸入穀物からのこ

ぼれ落ちに由来すると考えられる外来植物が生育しており (Shimono *et al.* 2015), 外来植物の初期侵入地として着目すべき場所である。輸入穀物に混入して侵入する外来植物の多くが輸出国の農業害草であり、初期侵入地での定着状況の把握は、外来植物のまん延予防策の立案の観点からも重要である。そこで、全国の国際貿易港20港で植生調査を行い、穀物の輸入量が多い港 (穀物輸入港) と穀物を輸入していない港 (非穀物輸入港) の植生を比較し、穀物輸入港に多く生育する植物の種類と、輸入穀物への混入量との関係を調査した (Ikeda *et al.* 2022)。

北海道から九州の穀物輸入港10港、非穀物輸入港10港の合計20港で春

と秋に植生調査を行った。穀物輸入港は、年間平均20万トン以上の穀物を輸入している港と定義した。非穀物輸入港は、穀物の年間輸入量が約1万トン未満の港と定義し、地理的な偏りをなくするために、各地域の穀物輸入港にできるだけ近い港を選んだ。道路上に100mのトランセクトを20本設定し、路肩1mの範囲内で開花あるいは結実している植栽以外の草本を記録した。

植生調査の結果、合計64科612種が確認された。春の調査では合計238種の外来種と141種の在来種が、秋の調査では220種の外来種と223種の在来種が記録された。在来種の種数は穀物輸入港と非穀物輸入港で大きな

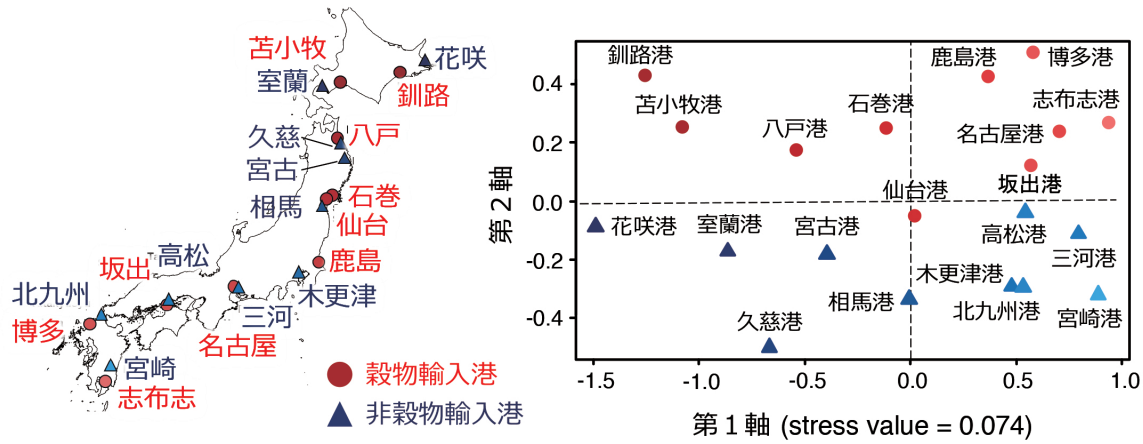


図-4 国際貿易港 20 港の位置と、春の植生調査から得られた植物種組成の類似度にもとづいた非計量多元尺度法 (NMDS) による二次元配置図

違いは見られなかったが、外来種の種数は春・秋ともに穀物輸入港で有意に多かった。各港の植物種組成を類似度にもとづいて分類したところ、20の調査港は、第1軸で緯度、すなわち北海道、東北、関東以西に分類され、第2軸で穀物輸入港と非穀物輸入港に分類された(図-4)。つまり、港湾路傍の植物の種組成は、気候に加えて、穀物輸入港か否かによって大きく影響を受けていた。

穀物輸入港および非穀物輸入港それぞれの指標種(片方の港ではよく見られるが、もう片方の港にはほとんど分布していない種)を指標種分析によって抽出したところ、穀物輸入港ではコムギやオオムギ、セイヨウアブラナといった作物の他、穀物への混入が報告されている雑草種が抽出された(表-1)。穀物輸入港では、道路沿いにコムギやオオムギなどの作物が生育している様子をよく目にする。これはまさに穀物からのこぼれ落ち由来の種子が芽生えていることを示しており、非穀物輸入港ではこうした作物の生育を目にすることはなかった。一方、非穀物輸入港の指標種は数が少なく、在来種の割合が高かった(表-1)。

さらに、輸入穀物の混入種子調査の結果(浅井ら 2007; Wilson *et al.* 2016; Ikeda *et al.* 2022) から種ごと

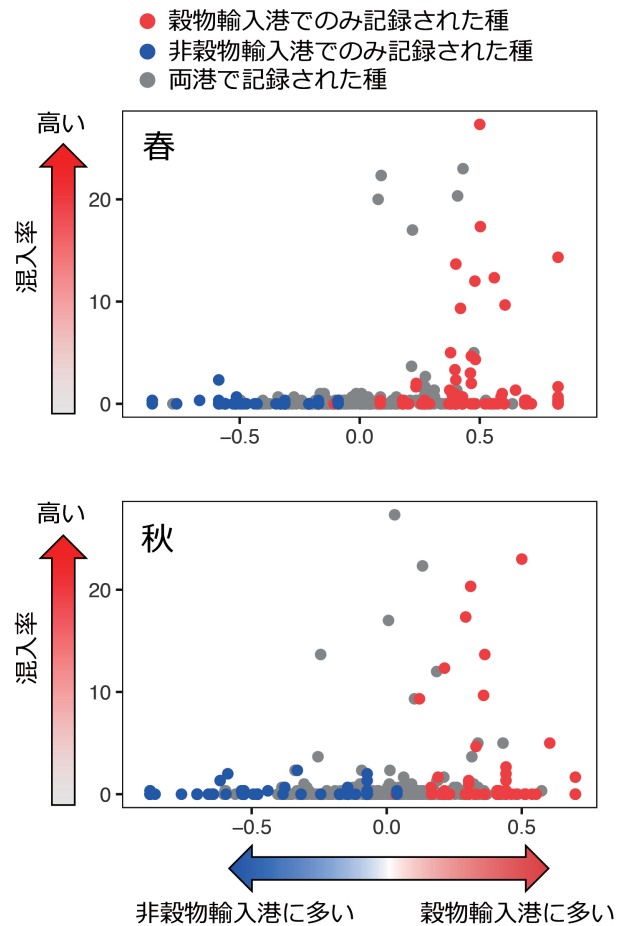


図-5 春と秋の植生調査で記録された各種の分布パターンと混入率との関係  
X軸は各種のNMDS第2軸のスコア。スコアが正の種は穀物輸入港により多く分布し、スコアが負の種は非穀物輸入港により多く分布することを示す。Y軸は複数の混入種子調査の結果から算出した種ごとの混入率を示す。

に混入率を算出し、植生調査の結果と比較した結果、穀物に多く混入していた種ほど穀物輸入港に偏って生育している傾向が認められた(図-5)。このように、輸入穀物への種子混入量が

穀物輸入港周辺での外来植物の定着の成否に強く影響していることが示された。したがって、外来植物の初期侵入地において定期的に定着状況をモニタリングすることによって、侵略的な植

(a) 表-1 穀物輸入港および非穀物輸入港における春 (a) と秋 (b) の植生調査の結果から算出した指標種

港タイプ	科	和名	学名	区分	混入報告
穀物輸入港	アオイ	ウサギアオイ	<i>Malva parviflora</i>	外来	✓
	アカネ	シラホシムグラ	<i>Galium aparine</i>	外来	✓
	アカネ	ヤエムグラ	<i>Galium spurium</i> var. <i>echinospermon</i>	在来	✓
	アブラナ	イヌカキネガラシ	<i>Sisymbrium orientale</i>	外来	✓
	アブラナ	ハリゲナタネ	<i>Brassica tournefortii</i>	外来	✓
	アブラナ	セイヨウノダイコン	<i>Raphanus raphanistrum</i>	外来	✓
	アブラナ	ナズナ	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	在来	✓
	アブラナ	セイヨウアブラナ	<i>Brassica napus</i>	作物	✓
	イネ	ヒゲナガスズメノチャヒキ	<i>Bromus diandrus</i>	外来	✓
	イネ	カラスムギ	<i>Avena fatua</i>	外来	✓
	イネ	スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i>	在来	✓
	イネ	コムギ	<i>Triticum aestivum</i>	作物	✓
	イネ	オオムギ	<i>Hordeum vulgare</i>	作物	✓
	タデ	ミチヤナギ	<i>Polygonum aviculare</i>	在来	✓
	ナデシコ	コハコベ	<i>Stellaria media</i>	在来	✓
	ヒユ	ホナガイヌビユ	<i>Amaranthus viridis</i>	外来	✓
非穀物輸入港	アヤメ	オオニワゼキショウ	<i>Sisyrinchium micranthum</i>	外来	
	イグサ	クサイ	<i>Juncus tenuis</i>	在来	
	マメ	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	外来	✓

(b)					
港タイプ	科	和名	学名	区分	混入報告
穀物輸入港	アオイ	アメリカキンゴジカ	<i>Sida spinosa</i>	外来	✓
	スベリヒユ	スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	在来	✓
	ヒユ	ホソアオゲイトウ	<i>Amaranthus hybridus</i>	外来	✓
	ヒユ	ホナガイヌビユ	<i>Amaranthus viridis</i>	外来	✓
	ヒルガオ	アメリカアサガオ	<i>Ipomoea hederacea</i>	外来	✓
	ヤマゴボウ	ヨウシュヤマゴボウ	<i>Phytolacca americana</i>	外来	✓
非穀物輸入港	イネ	ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	在来	
	イネ	アキメヒシバ	<i>Digitaria violascens</i>	在来	
	イネ	ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	在来	
	キク	ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis</i>	外来	✓
	マメ	メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>	在来	

物の意図しない侵入と拡散を予測し、適切な管理対策に生かすことができると考えられる。

## さいごに

日本の主要な穀物輸入先である北米の雑草防除体系は、除草剤耐性を有する遺伝子組換え作物の大規模な商業栽培開始に伴い大きく変化し、これに伴い優占する雑草種も変化している。グリホサート耐性の遺伝子組換え

作物の栽培が普及して以降、グリホサート抵抗性雑草の出現が問題視されている (Bonny 2016)。中でもグリホサート抵抗性オオホナガアオゲイトウ (*Amaranthus palmeri*) が猛威をふるっており、2005年にこの種でグリホサート抵抗性バイオタイプが報告されてから10年もたたないうちに抵抗性個体が日本の穀物輸入港に定着していることが報告された (Shimono *et al.* 2020)。こうした新たなバイオタイプが国内で分布を拡大するのは現段階

では不明だが、その定着状況を継続的に監視していくことは必要であろう。

## 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導およびご協力いただいた農研機構の小沼明弘博士、浅井元朗博士、岡山大学の榎本敬博士、京都大学の富永達博士、龍谷大学の三浦励一博士に心より感謝申し上げます。また、港湾地帯の植物についてご指導いただきました近畿植物同好会の水田光雄氏と植村修二氏、混

入種子の選別をお手伝いいただきました農業環境技術研究所（現 農研機構 農業環境研究部門）の技術支援室の皆様，ともに研究に取り組んでくれた京都大学雑草学研究室の学生の皆様に心より感謝申し上げます。

### 引用文献

- 浅井元朗ら 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.
- 浅井元朗ら 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.
- Beckie HJ. *et al.* 2012. The Biology of Canadian Weeds. 27. *Avena fatua* L. (updated). Can J Plant Sci. 92, 1329-1357.
- Bonny S. 2016. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: Overview and impact. Environ Manage. 57, 31-48.
- Diagne C. *et al.* 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. Nature 592, 571-576.
- Egawa C. and Koyama A. 2023. Temporal trends in the accumulation of alien vascular plant species through intentional and unintentional introductions in Japan. NeoBiota 83, 179-196.
- 榎本敬 1997. 雑草フロラをつくりあげる帰化植物. In 雑草の自然史 山口裕文編著. 北海道大学図書刊行会.
- Hulme P.E. *et al.* 2008. Grasping at the routes of biological invasions: A framework for integrating pathways into policy. J Applied Ecol. 45, 403-414.
- Ikeda M. *et al.* 2022. The role of weed seed contamination in grain commodities as propagule pressure. Biol Invasions 24, 1707-1723.
- 黒川俊二 2017. 農耕地における外来雑草問題と対策. 雑草研究 62, 36-47.
- 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. プロジェクト研究成果シリーズ 326, 1-255.
- Owen M.J. *et al.* 2014. Multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum* (annual ryegrass) now dominates across the Western Australian grain belt. Weed Res. 54, 314-324.
- Rydrych D.J. and Muzik T.J. 1968. Downy brome competition and control in dryland wheat. Agron J. 60, 279-280.
- Shimono A. *et al.* 2020. Initial invasion of glyphosate-resistant *Amaranthus palmeri* around grain-import ports in Japan. PPP. 2, 640-648.
- Shimono Y. and Konuma A. 2008. Effects of human-mediated processes on weed species composition in internationally traded grain commodities. Weed Res. 48, 10-18.
- Shimono Y. *et al.* 2015. Establishment of *Lolium* species resistant to acetolactate synthase-inhibiting herbicide in and around grain-importation ports in Japan. Weed Res. 55, 101-111.
- Shimono Y. *et al.* 2010. Contamination of internationally traded wheat by herbicide-resistant *Lolium rigidum*. Weed Biol Manag. 10, 219-228.
- USDA 2014. Field guide for managing jointed goatgrass in the Southwest. <https://www.fs.usda.gov/detail/r3/forest-grasslandhealth/invasivespecies/?cid=stelprd3813522> (2023年9月参照)
- Van Kleunen M. *et al.* 2015. Global exchange and accumulation of non-native plants. Nature 525, 100-103.
- Vilà M. *et al.* 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: A meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. Ecol Lett. 14, 702-708.
- Williamson M. and Fitter A. 1996. The varying success of invaders. Ecol. 77, 1661-1666.
- Wilson C.E. *et al.* 2016. Pathway risk analysis of weed seeds in imported grain: A Canadian perspective. NeoBiota 30, 49-74.