

水稲移植栽培で発生する雑草イネ

今泉智通*

Weedy rice in transplanted rice production systems.

Toshiyuki Imaizumi*

キーワード：雑草イネ，発生地域，栽培様式，早期警戒
weedy rice, distribution, establishment method,
early detection and rapid response

はじめに

雑草イネは、水田に自生し雑草となるイネ (*Oryza sativa* L.) である。水稲栽培，特に水稲直播栽培の強害雑草として世界各地で問題となっており (Chauhan 2013)，また，世界各地で独立に起源したことが明らかとなっている。中国 (Qiu et al. 2017)，韓国 (He et al. 2017)，東南アジア (Vigueira et al. 2019)，南アジア (Huang et al. 2017)，アメリカ合衆国 (Li et al. 2017) の雑草イネの研究から，その起源は，次の3つに大別できる。(1) 在来品種から雑草化，(2) 栽培イネと野生イネの交雑を介した雑草化，(3) 野生イネから雑草化。なお，インディカ，ジャポニカともに雑草イネが発生しているが，大別される3つの起源に違いはない。日本には野生イネが分布しないため，海外の事例と同じであれば，日本の雑草イネは日本の在来品種起源と考えられる。

雑草イネの特徴は，高い脱粒性，深い種子休眠性など，いわゆる雑草性を持つことである。また，玄米色が赤色，すなわち赤米であることも特徴としてあげられる。栽培イネにおいても日本型赤米種では白米種より越冬生存力が強いことが知られている (嵐 1974) など，赤米は種子の永続性に関与すると考えられる。また，タイ産のインディカ雑草イネおよび中国産のジャポニカ雑草イネを用いた研究では，玄米色を決める *Rc* 遺伝子は種子休眠性にも関与し，赤米の *Rc* 遺伝子を持つと種子休眠性が深くなる (Gu et al. 2011; Zhang et al. 2017)。ただし，雑草イ

ネはすべて赤米ではなく，白米の雑草イネも国内外の一部で発生している (Akasaka et al. 2009; Ziska et al. 2015)。

雑草イネは水稲栽培，特に水稲直播栽培の強害雑草として世界各地で問題となっており，アジアでも直播栽培の普及にともない雑草イネの問題が大きくなっている (Chauhan 2013)。アメリカ合衆国やヨーロッパに加え，マレーシア，スリランカ，タイ，ベトナムなど直播栽培が主流になった地域では，雑草イネ管理が最も重要となっている (Singh et al. 2013)。アジア各国においては，移植栽培から直播栽培への転換が雑草イネ発生の主要因と考えられ，例えば韓国では，直播栽培を導入して3年で雑草イネが蔓延化している (Ziska et al. 2015)。

わが国においても，赤米雑草イネ (以下，雑草イネ) の発生が各地で報告されており，直播栽培の普及と関連付け問題視されてきた。しかし，雑草イネ発生圃場における栽培様式を整理したところ，大部分は移植栽培で発生していることが明らかとなった (Imaizumi 2018)。本稿では，移植栽培を中心に国内の雑草イネの発生状況をまとめる。

雑草イネ発生地域の栽培様式

Imaizumi (2018) は，2016年に27地区 (8県) の雑草イネ発生圃場を対象に，生産者もしくは普及センターへの聞き取り調査により雑草イネの発生時期と直播栽培の実施履歴の有無を明らかにした。調査前年の2015年まで

* 農研機構 〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18 toima@affrc.go.jp

National Agriculture and Food Research Organization 2-1-18 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8666 Japan
toima@affrc.go.jp

に、農研機構中央農業研究センターへの問い合わせ・鑑定依頼等で判明した雑草イネの累積発生県数は16都県であった。このうち、秋田、山形、福島、栃木、茨城、千葉、長野、三重、滋賀の9県で、問い合わせ時にも雑草イネの発生が認められる圃場を把握していた。この9県から長野県を除いた8県を調査対象とした(第1表)。長野県は、2000年代前半の直播栽培導入時に雑草イネの発生が確認されたことがすでにわかっているため(酒井ら2014)、本調査の対象から除外した。

27地区のうち、過去に直播栽培の実施歴のある地区は4地区のみだった(第1表)。残りの23地区は移植栽培しか実施したことがなく、わが国で現在確認される雑草イネの大部分は移植栽培のみの地域で発生していると考えられた。各県における雑草イネの発生歴を見ると、2010年以降の発生確認が9地区、2000年代には発生していた地区が3地区、2000年以前から発生が見られた地区が5地区、不明が10地区となっていた(第1表)。多くは2010年以降に発生しているものの、2010年以前から雑草イネが発生する地区も少なくなかった。

わが国における雑草イネの発生は直播栽培に限らず、近年は移植栽培でも発生していることは以前から指摘されていた(荻原ら2016)が、多くの場面で雑草イネの発生は直播栽培と関連付け議論されてきた(荻原ら2016)。しかし、現在の雑草イネ問題の大部分は、直播栽培ではなく移植栽培で起きている(Imaizumi 2018)。直播栽培では移植栽培に比べ、使用できる除草剤が限られているため雑草イネの防除が難しいのが現状である。一方、むしろ移植栽培において雑草イネが問題化していることが判明した以上、除草剤の選択肢も多い移植栽培において先ず雑草イネの防除技術を確立することが、現場での問題解決にはより緊急性が高く重要である。

移植栽培において雑草イネが問題化した要因

移植栽培で使用される除草剤や移植時期などの変化から考えると、以前より雑草イネが問題化しやすい状況になっていると言える。除草剤については、直播栽培の播種時から使用可能な剤が、移植栽培用としても広く使用されている。こうした除草剤が移植栽培の雑草管理に使用される場合、登録ラベルを遵守して適切に散布されていたとしても、雑草イネは防除できない。このように、イネに薬害が出にくく、直播栽培の播種時～稲出芽始めにおいても使用可能な除草剤の普及、すなわちイネに安全な優れた除草剤の開発・普及が、移植栽培においても雑草イネの防除が難しくなった要因のひとつと考えられる。

また、移植時期と雑草イネの出芽時期も、近年の雑草イネ蔓延化の一因と推察される。雑草イネは、長野県に

第1表 雑草イネ発生地区における水稻の直播栽培歴の有無と雑草イネの発生確認年 (Imaizumi 2018 を改変)

直播履歴の有無	地区	発生確認年
直播の履歴あり	山形 4	不明
	福島 3	2008 年前後
	茨城 3	2013 年
	千葉 1	2012 年前後
	秋田 1	不明
	山形 1	2000 年以前
	山形 2	2005 年以前
	山形 3	2010 年前後
	福島 1	不明
	福島 2	2000 年以前
移植のみ	福島 4	2015 年
	福島 5	不明
	栃木 1	2000 年以前
	栃木 2	2011 年
	栃木 3	2013 年
	栃木 4	不明
	栃木 5	不明
	茨城 1	1995 年前後
	茨城 2	2010 年前後
	茨城 4	2011 年
	茨城 5	2014 年
	茨城 6	不明
	茨城 7	不明
	三重 1	2000 年以前
	三重 2	不明
	滋賀 1	2005 年以前
	滋賀 2	不明

においては5月下旬まで(細井ら2010)、茨城県においては5月中旬まで(茨城県農業総合センター2014)に大芽が出芽するため、移植時期を遅らせることで防除可能であることが明らかとなっている(長野県は6月上旬(酒井・齋藤2003)、茨城県は5月下旬(茨城県農業総合センター2014)に移植)。水稻の移植時期は、1994年～2003年と1964年～1973年を比較すると、全国的に2週間程度早くなっている(河津ら2007)。こうした移植時期の早期化により、移植後の雑草イネの出芽が相対的に増加し、移植栽培における雑草イネの問題化の要因のひとつになったと考えられる。

過去の赤米品種の栽培状況と東北地方における雑草イネ発生の可能性

野生イネが分布しない国の雑草イネは、過去に栽培された在来品種が雑草化したものであることが海外の研究

事例で明らかとなっている (He et al. 2017; Li et al. 2017; Qiu et al. 2017)。ここでは、過去の在来赤米品種の栽培状況から、東北地方における雑草イネ発生の可能性を整理したい。

国内で戦前に栽培された赤米は、インディカ赤米は「大唐米」、唐法師」など過去の文献に記載されているが、ジャポニカの栽培品種は白米か赤米かはと明確に区別されておらず、過去のジャポニカ赤米の栽培状況を示す資料は多く残っていない (盛永 1957; 嵐 1974)。しかし、東北から北海道では明治以後もジャポニカ赤米はある程度作られたと考えられており、青森県では、ジャポニカ赤米品種の「赤モロ」は、1897年に102ha栽培された記録が残っている (盛永 1957)。明治以降も東北各地で赤米在来品種が栽培されていただけでなく、収穫物へ混入するなど雑草としても問題となっている。例えば宮城県では、大正時代に入っても依然として赤米が残っており、1921年には、「宮城県産米にしてヒエまたは赤米を混入したるものは県内において売買し、もしくは県外に移出することを得ず」という県令を出している (盛永 1957)。第1表に示したとおり、秋田県、山形県、福島県では雑草イネの発生が確認されており、その他の県においても明治以降も赤米在来品種の栽培や赤米混入問題の記録が残っていることから、東北6県で雑草イネが問題化する可能性があると考えらるべきだろう。

なお、明治時代の赤米混入問題は埼玉県および徳島県の事例も記録が残っており、また、1945年に長崎で、1946年に茨城県で、雑草化した赤米が多発する圃場が観察されている (盛永 1957)。このように在来赤米品種は明治以降も日本全国で栽培されており、当時から各地で雑草化して問題となっていたようだ。嵐 (1974) は「こぼれ」という脱粒性の高い品種の栽培に関する文献上の記録をまとめ、18世紀始めから20世紀始めまで、「こぼれ」品種の栽培が確認された。地域的にも北陸、関東、東海、近畿、中国、四国、九州の18県で栽培されていた。この「こぼれ」品種についてもジャポニカかインディカか、白米か赤米かの別が明記されているものはほとんどないが、晩生のものであること (大唐米などインディカ赤米は早生) や相当の面積作付されていた県が複数あることなどから、「『こぼれ』名の品種は日本型の方が主体であったように思われ、そのうちとくに古い時代は赤米種も含まれていたのではなかろうか」としている (嵐 1974)。また、長野県で江戸時代に栽培された「こぼれ」品種は、赤米である (福嶋 2016)。現在発生する雑草イネがかつて栽培された在来赤米品種が雑草化したものであったとすると、過去の在来赤米品種の栽培状況から判断すれば、国内全域で雑草イネが問題化する可能性があると考えらるべきである。

国内における雑草イネの発生リスクをより詳細に検討

するため、近年の雑草イネの在来赤米品種との遺伝的関係の解明が必要である。

おわりに

雑草イネは防除手段の限られた直播栽培のみの問題と誤解されることが多いが、実際にはむしろ直播履歴のない移植栽培において問題化している (Imazumi 2018)。移植栽培であっても雑草イネに真に有効な除草剤を用いないと防除できないため、雑草イネを確認した場合は慎重に除草剤を選択するべきである。適用性試験により雑草イネ有効剤として実用性判定を受けた除草剤が、日本植物調節剤研究協会ウェブサイトで公開されている (日本植物調節剤研究協会 2019)。また、移植栽培では雑草イネの防除技術が確立できているとされることもあるが、これは除草剤の体系処理 (除草剤3回処理) に手取り除草を組合せた技術であり (長野県農業試験場 2012, 茨城県農業総合センター 2014)、コスト面の課題がある。

農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業 (28020C)」の研究成果として公表された「雑草イネ・漏生イネ防除技術マニュアル」には、雑草イネ防除の要素技術として石灰窒素の秋散布や湛水直播栽培における有効除草剤 (農食事業 28020C コンソシアム 2019) が掲載されているが、以下の理由で効果を得られる条件が限られているため、生産者がすぐに使える技術と誤解されないよう注意が必要である。これらの技術はいずれも慣行栽培と比較してコストが増加し、また、効果も不安定であるため、各地域での導入・普及に当たってはより詳細な検討、実証が必要である。石灰窒素については、土壤水分や稲わらの有無などにより効果が変動すること、資材費用が除草剤の体系処理と比べても高額であること、また、石灰窒素の肥料効果に応じて次作で減肥を検討する手間が発生することなどから、技術普及に向けての改善が必要な技術である。湛水直播栽培の有効除草剤についても、栽培イネ播種後の使用時期の早限が農業登録上は栽培イネ1葉期以降であり、防除効果が得られる処理晩限の雑草イネ出芽始めまでにタイミングよく散布できる場面は限られる。そのため、雑草イネの除草効果が期待できる散布適期に、播種7日前までの除草剤と栽培イネ1葉期以降の除草剤との体系処理を実施することは困難である。

関係者の努力により雑草イネの防除技術は着実に発展しているが、慣行と同等の資材、作業量でも効果的な雑草イネ防除技術は移植栽培においても確立されていない。欧米やアジア各国のように雑草イネが蔓延状態 (Ziska et al. 2015) となる前に、問題解決を目指した実用的な雑草イネ防除技術の確立が望まれる。

引用文献

- Akasaka, M., J. Ushiki, H. Iwata, R. Ishikawa, T. Ishii 2009. Genetic relationships and diversity of weedy rice (*Oryza sativa* L.) and cultivated rice varieties in Okayama Prefecture, Japan. *Breeding Sci.* 59, 401-409.
- 嵐 嘉一. 1974. 日本赤米考. 雄山閣出版, 東京. pp.296.
- Chauhan B.S. 2013. Strategies to manage weedy rice in Asia. *Crop prot.* 48, 51-56.
- 福嶋紀子. 2016. 赤米のたどった道: もうひとつの日本のコメ. 吉川弘文館, 東京. pp.240.
- Gu X.Y., M.E. Foley, D.P. Horvath, J.V. Anderson, J. Feng, L. Zhang, C.R. Mowry, H. Ye, J.C. Suttle, K. Kadowaki, Z. Chen 2011. Association between seed dormancy and pericarp color is controlled by a pleiotropic gene that regulates abscisic acid and flavonoid synthesis in weedy red rice. *Genetics.* 189, 1515-1524.
- He Q., K.W. Kim and Y.J. Park 2017. Population genomics identifies the origin and signatures of selection of Korean weedy rice. *Plant Biotechnol. J.* 15, 357-366.
- 細井 淳・牛木 純・酒井長雄・青木政晴・斉藤康一 2010. 長野県で発生した雑草イネ (トウコン) における地表面種子の越冬生存性と埋土種子の寿命. *日本作物学会紀事* 79 : 322-326.
- Huang Z., N.D. Young, M. Reagon, K.E. Hyma, K.M. Olsen, Y. Jia and A.L. Caicedo 2017. All roads to weediness: Patterns of genomic divergence reveal extensive recurrent weedy rice origins from South Asian *Oryza*. *Mol. Ecol.* 26, 3151-3167.
- 茨城県農業総合センター 2014. 茨城県における雑草イネの効果的な体系防除技術 (茨城県主要成果). <https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h26/documents/g07.pdf>
- Imaizumi T. 2018. Weedy rice represents an emerging threat to transplanted rice production systems in Japan. *Weed Biol. Manage.* 18, 99-102.
- 河津俊作・本間香貴・堀江 武・白岩立彦 2007. 近年の日本における稲作気象の変化とその水稻収量・外観品質への影響. *日本作物学会紀事* 76 : 423-432.
- Li L.F., Y.L. Li, Y. Jia, A.L. Caicedo and K.M. Olsen. 2017. Signatures of adaptation in the weedy rice genome. *Nat. Genet.* 49, 8110814.
- 盛永俊太郎 1957. 日本の稲-改良小史. 養賢堂, 東京. pp.324.
- 長野県農業試験場. 2012. 雑草イネ総合防除対策マニュアル. <https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf> (2019年5月20日アクセス確認)
- 日本植物調節剤研究協会 2019. 雑草イネ有効剤として実用化可能と判定された除草剤. <http://www.japr.or.jp/gijyutu/013.html> (2019年5月20日アクセス確認)
- 農食事業28020Cコンソーシアム 2019. 雑草イネ・漏生イネ防除技術マニュアル. https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129066.html (2019年5月20日アクセス確認)
- 荻原素之・渡邊寛明・赤坂舞子・吉永悟志・渡邊 修・細井 淳・酒井長雄・寺島一男 2016. 「米」になるイネ, ならないイネ-雑草イネの来た道と今後. 研究先進地長野県からの最新情報-*日本作物学会紀事* 54 : 89-94.
- Qiu J., Y. Zhou, L. Mao, C. Ye, W. Wang, J. Zhang, Y. Yu, F. Fu, Y. Wang, F. Qian, T. Qi, S. Wu, M.H. Sultana, Y.-N. Cao, Y. Wang, M.P. Timko, S. Ge, L. Fan and Y. Lu. 2017. Genomic variation associated with local adaptation of weedy rice during de-domestication. *Nat. Commun.* 8, 15323.
- 酒井長雄・齋藤 稔 2003. 長野県における雑草イネの発生状況と防除法. *日本雑草学会第18回シンポジウム要旨集*. 1-6.
- 酒井長雄・青木政晴・細井 淳 2014. 長野県における雑草イネの総合的防除対策: その展開と課題. *雑草研究* 59 : 74-80.
- Singh K., V. Kumar, Y.S. Saharawat, M. Gathala, J.K. Ladha and B.S. Chauhan 2013. Weedy Rice: An emerging threat for direct-seeded rice production systems in India. *J Rice Res.* 1, 106.
- Vigueira C.C., X. Qi, B.-K. Song, L.-F. Li, A. Caicedo, Y. Jia and K.M. Olsen 2019. Call of the wild rice: *Oryza rufipogon* shapes weedy rice evolution in Southeast Asia. *Evol. Appl.* 12, 93-104.
- Zhang L., L. Jieqiong, M.E. Foley and X.Y. Gu 2017. Comparative mapping of seed dormancy loci between tropical and temperate ecotypes of weedy rice (*Oryza sativa* L.). *G3*, 7, 2605-2614.
- Ziska L.H., D.R. Gealy, N. Burgos, A.L. Caicedo, J. Gressel, A.L. Lawton-Rauh, L.A. Avila, G. Theisen, J. Norsworth, A. Ferrero, F. Vidotto, D.E. Johnson, F.G. Ferreira, E. Marchesan, V. Menezes, M.A. Cohn, S. Linscombe, L. Carmona, R. Tang and A. Merotto 2015. Weedy (red) rice: An emerging constraint to global rice production. *Adv. Agron.* 129, 181-228.

(2019年7月3日受理)