

応用研究論文

秋田県由利地域振興局管内の湛水直播水田における雑草ヒエの動態の解析

森田弘彦¹

¹ 公益財団法人 日本植物調節剤研究協会 研究所

イネの省力・低コスト栽培技術として期待される直播栽培について、湛水土中直播栽培の主要な雑草である雑草ヒエの動態を解析して防除上の指針を作成し、秋田県由利地域振興局管内で普及と栽培技術の安定化に取り組む生産者および技術普及・指導機関に提供した。イネの登熟中期に残存する雑草の状態から、水管理や除草剤などの雑草制御のための管理上の問題点を類型化した。播種機構を異にする5社の播種機で播種したイネの苗立ちと初期生育および雑草ヒエの発生数には差が認められず、また、一発処理型除草剤がその枯殺可能な雑草ヒエの葉期以内に処理されないことがタイヌビエとイヌビエの残存の要因と推察された。現地の湛水土中直播水田で、タイヌビエとイヌビエの葉齢の動態を3年間測定し、アメダスの気温値による単純・加重型積算有効気温を用いた葉齢進展の推定式を作成した。

キーワード：雑草ヒエ，雑草制御，湛水土中直播栽培，秋田県，積算有効気温

イネの直播栽培—雑草制御の課題—

国内での消費量の減少、担い手の減少・高齢化と海外からの輸入圧力の増大のもと、日本におけるコメの生産が生産コストの低減をはじめとする厳しい課題を背負う中で、成長戦略として2013年6月に閣議決定された「日本再興戦略」では、「今後10年間で産業界の努力も反映して担い手のコメの生産コストを現状全国平均比4割削減する。」ことが成果目標のひとつにあげられ、2011年産の全国平均のコメの生産コスト16,001円/60kgを基準として毎年進捗状況が報告されている。

2015年の子実用イネ作付面積(88,700ha)で全国3位、コメの10aあたり平年収量(553kg)で全国4位の位置にある秋田県では、2014年7月の「第2期ふるさと秋田農林水産ビジョン」において「秋田米を中心とした水田フル活用の推進」として、「①県産米の食味・品質の底上げによるブランド力の強化、

②コシヒカリを超える極良食味米等の開発促進、④多彩な品種のラインナップを活用した多様な用途別品揃えの充実」とともに、「あきたe c oらいすや直播栽培等の省力・低コスト稲作技術の普及・推進」を含む「③省力・低コスト技術等による大規模稲作の推進」が取り組みの重点とされた。

イネの種籾を専用機械により直接水田に播種する直播栽培は、水田とは別な施設で育成した苗を専用機械により田植する移植栽培に対して、育苗のための施設・労力・経費などが不要となることから、上記の「日本再生戦略」や「秋田農林水産ビジョン」においても、省力・コスト低減の基幹技術として主要な課題にあげられている。秋田県におけるイネの直播栽培面積は、2020年での目標値である5,000ha(秋田県農林水産部, 2015)に対して、2015年には1,340haと見込まれるものの、2012年:1,245ha, 2013年:1,155ha, 2014年:1,087haと推移したことを踏まえると順調な拡大傾向にはなく、確実な普及の増

加に向けてさらに技術開発を要する。直播栽培では、「生育・作柄の安定 出芽・苗立ちの安定 雑草防除（秋田県，2015）」が技術的問題点・課題とされるが、「イネの出芽と苗立ちの安定化および生育量の確保についてはこれまでも十分に研究され，問題が解決されつつあるが，雑草防除についての研究と技術開発はこれらに比べて不十分」な状況にある（三浦，2013）。



図1 湛水土中直播水田の落水出芽期間にイネより早く出芽したタイヌビエ

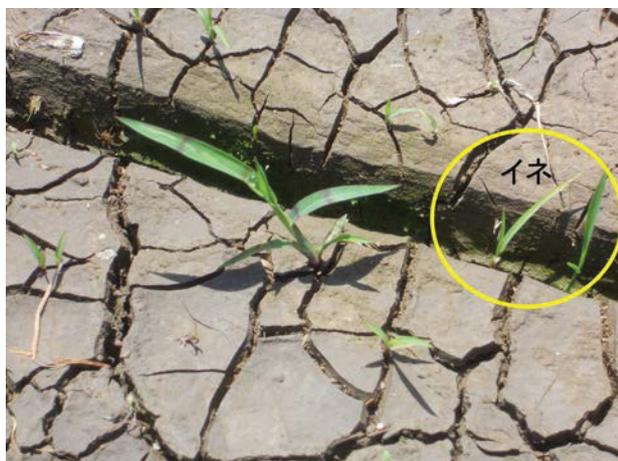


図2 乾田直播（V溝不耕起）水田の乾田期間にイネより早く出芽・生育したタイヌビエ

直播栽培での雑草の制御・防除が移植栽培に比べて困難な要因は、「イネと雑草の出芽が同時か雑草の出芽が先になるために，イネは生育初期から雑草との厳しい競合下に置かれ（図1，図2）」、「初期除草では除草剤の選択性を発揮するだけのイネと雑草の生育ステージの差が得られないために，使用できる除草剤の種類が大幅に制限される」ことにある（森田，1995）。すなわち，制御が不十分で残存した雑草

の防除のために追加の除草剤が必要になるなど，移植栽培では不要な管理を要することが多いことから，水田に発生する主要な一年生雑草と多年生雑草への効果と45日間程度の残効性を示し，イネの雑草制御の基幹的資材である一発処理型除草剤の有効な活用により，最小限の除草剤処理で雑草を制御することが直播栽培での雑草制御・管理の課題となる（三浦，2008，2013，三浦ら，2012，渡邊・川名，2006）。

秋田県の由利本荘市とにかほ市を含む由利地域振興局管内では，同農林部とJA秋田しんせい農業協同組合が，水稻直播研究会や秋田県農業試験場の技術的支援の下に地域の営農組合などを通じて2007年頃より湛水土中直播（条播）栽培の導入を計り，直播栽培面積は2013年に秋田県全体の21%にあたる245haに達した。筆者は，生産者の技術情報の交換・向上を目的とした「水稻直播栽培現地検討会」などへの参加や現地での調査を通して，主に雑草制御の技術課題での支援に関わったので，その概要を報告する。

湛水土中直播水田におけるイネ登熟期の雑草の状態からの残存要因の推定

目的と方法

除草剤を使用した湛水土中直播水田で，イネの登熟中期に残存する雑草の種類を把握することにより，栽培管理での雑草制御上での問題点を推定する。2007年の8月下旬に，由利本荘市とにかほ市の12カ所の湛水土中直播水田において，イネ播種後の落水出芽を経て再湛水後の一発処理型除草剤とその後の茎葉処理除草剤が使用された条件下で，残存・生育した雑草の種類を調べ，主要な雑草種の生態的特性と除草剤の効果に影響する水管理を組み合わせ，雑草が残存した要因の類型化を試みた。

結果と考察

十分な雑草制御の効果により雑草が目立たない水田（図3）も観察されたが，多くの水田では以下の雑草が認められた。イネ科雑草としては，湛水条件に適応したタイヌビエ（*Echinochloa oryzicola* Vasing., 図4）と畑水分条件に適応して湛水条件でも生育可



図3 雑草が十分に制御された湛水土中直播水田



図6 湛水条件に適応した広葉一年生雑草コナギが残存した湛水土中直播水田



図4 湛水条件に適応したイネ科一年生雑草タイヌビエが残存した湛水土中直播水田



図5 畑水分条件に適応して湛水条件でも生育可能なイネ科一年生雑草イヌビエが残存した湛水土中直播水田

能なイヌビエ (*E. crus-galli* P. Beauv. var. *crus-galli* , 図5) および畑水分条件に適応したヒメイヌビエ (*E. crus-galli* P. Beauv. var. *praticola* Ohwi), すなわち生態

的特性を異にする2種1変種の雑草ヒエ(ノビエ)が観察された。広葉雑草とカヤツリグサ科雑草としては、湛水条件に適応したコナギ (*Monochoria vaginalis* Presl., 図6), オモダカ (*Sagittaria trifolia* L.) やイヌホタルイ (*Scirpus juncooides* Roxb.), および、畑水分条件に適応して湛水条件でも生育可能なクサネム (*Aeschhynomene indica* L.) やアメリカセンダングサ (*Bidens frondosa* L.) が観察された。すなわち、雑草の状態は水田により異なった。これらのことから、落水出芽後の再湛水以降の水管理および一発処理型除草剤と茎葉処理除草剤の制御効果の変動要因を雑草の状態ごとに推定した(表1)。

表1 湛水直播水田の登熟期のノビエなど雑草の残存状況と推定される除草効果の変動要因

登熟中期の水田での雑草の状態	除草効果に関わる要因	
	再湛水後の水管理	除草剤の効果変動 一発処理型除草剤 茎葉処理剤
1. 雑草が目立たない	問題なし	問題なし
2. 雑草が目立つ		
2-1. 雑草ヒエを主体に、広葉・カヤツリグサ科雑草が残草		
2-1-1. タイヌビエが主体	湛水で維持	処理の遅れ、漏水、 や掛け流しによる 効果低下
2-1-2. イヌビエが主体	田面の露出など	処理の遅れ、落水
2-1-3. タイヌビエかイヌビエにヒメイヌビエが	長期にわたる田面の露出	による効果の低下
2-2. 広葉・カヤツリグサ科雑草を主体に残草		
2-3-1. コナギ, オモダカ, イヌホタルイなど	湛水で維持	漏水や掛け流しによる効果低下
2-3-3. クサネム, アメリカセンダングサなど	田面の露出など	落水による効果の低下

(森田, 2008を一部修正)

除草剤散布を含む制御手段の投入された水田での雑草の残存に関しては、イネの出芽・苗立ちの推移や雑草の発生活長、除草剤の種類など多様な要因を考慮する必要があるが、ここに示した類型は、生態的特性を異にする雑草種が残存した場合には栽培管理上の問題点の抽出に利用可能である。

異なる播種機を用いた水田でのイネの苗立ち，初期生育と雑草ヒエの生育の特徴

目的と方法

播種機構を異にする湛水土中直播機で播種された水田におけるイネの苗立ち，初期生育と雑草ヒエの発生状態の差異を把握する。地域振興局，JA 秋田しんせい農業協同組合および水稲直播研究会により，播種機の選定と導入の参考に資する目的で，由利本荘市矢島町立石とにかほ市馬場のそれぞれの近接した生産者の水田において 2008 年 5 月に実施された，農業機械製作会社 5 社の湛水土中直播用播種機による実証栽培水田を対象に，イネの生育と雑草ヒエの発生状態を調べた。条播用として株式会社クボタ（クボタ），ヤンマー農機製造株式会社（ヤンマー），三菱農機株式会社（ミツビシ）および点播用として井関農機株式会社（キセキ），株式会社ササキコーポレーション（ササキ）の湛水土中直播用播種機（図 7）により，過酸化カルシウム（商品名：カルパー粉粒剤 16）を粉衣したイネ「あきたこまち」種子が，乾



図 7 秋田県由利地域振興局管内での湛水土中直播の実証栽培で実演した 5 社のイネ直播播種機（2008 年 5 月）

籾 3kg/10a の量で 5 月 10 日に播種された。矢島町の水田では播種直後の除草剤ベンチオカーブ・プロメトリン粒剤（商品名：サターンバアロ粒剤 2kg/10a）の処理の有無，馬場では同除草剤の処理された水田が 2 組設けられ，落水出芽期間の後に再湛水，一発処理型除草剤処理および，主に残存した雑草ヒエを

対象とした茎葉処理剤処理の制御管理が行われた。以上の栽培管理のもとでイネの苗立ち，初期生育および雑草の発生と生育を調べた。

結果と考察

播種 32 日後，すなわち落水出芽期間を終えて再湛水し，一発処理型除草剤の処理で枯殺できなかった雑草の制御を目的に茎葉処理剤が処理される時期に相当する 6 月 11 日に計測したイネの苗立ち数と草丈については，矢島町で播種直後にベンチオカーブ・プロメトリン粒剤を処理した水田では無処理との有意な差がなく，また，4 種の播種機による有意な差も認められなかった（図 8）。また，にかほ市での，播種直後に除草剤処理された 2 筆の水田間でもイネの苗立ち数と草丈には有意な差がなく，播種機による有意差も認められなかった。

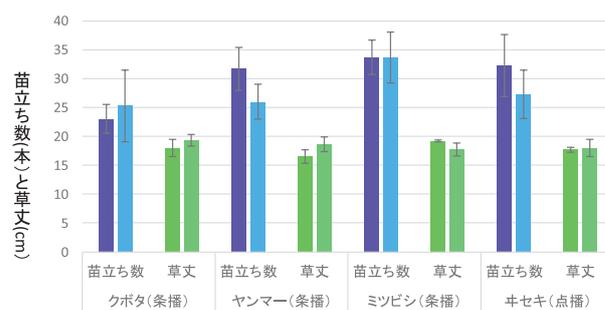


図 8 異なる直播播種機による播種 32 日後のイネ苗立ちと草丈（由利本荘市矢島町：播種直後の土壌処理除草剤処理の有（左）と無（右）：森田ら，2009 より作成）

雑草ヒエの発生に関して，播種機の違いによる差異は認められなかった。にかほ市馬場の水田における播種直後のベンチオカーブ・プロメトリン粒剤処理は，再湛水後の一発処理型除草剤の処理時期まで雑草ヒエを有効に抑制する効果を示した。由利本荘市矢島町の水田での同除草剤の処理は，雑草ヒエ発生数を 4 播種機の水田の平均値で無処理区の約 57%（5.0 本/0.75 m²）に抑制した。また，一発処理型除草剤の処理時期に相当する 6 月 1 日の雑草ヒエの生育段階（最大葉齢）は，にかほ市馬場の水田ではタイヌビエ，イヌビエとも 2 葉期程度であったのに対し，由利本荘市矢島町ではベンチオカーブ・プロメトリン粒剤処理区で 3 葉期，無処理区では 3～4 葉期

で(図9), 実証栽培で用いられた3葉期までの雑草ヒエを枯殺する一発処理型除草剤の効果期待できない状況にあった。

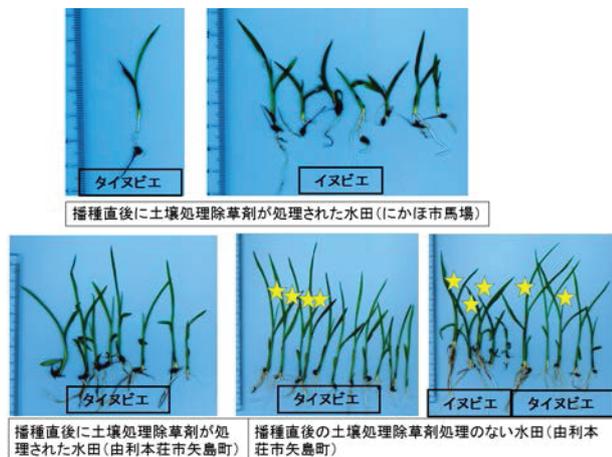


図9 落水出芽期間後の再湛水時, 一発処理型除草剤処理時期における雑草ヒエの葉齢進展状態(☆:一発処理型除草剤で制御困難となる, 3葉期を超えた個体, 目盛:1mm:森田ら, 2009より作成)

本実証栽培では, 苗立ち数はごく一部の水田を除いて, 秋田県の湛水直播栽培での目標値である80~100本/m²(秋田県農林水産部 2015)の範囲内であった。異なる播種機で播種された水田において, イネの草丈, 茎数, 葉色値(SPAD値)の推移に有意な差が認められず, また, 成熟期のイネの有効茎歩合, 穂数および粗粒重では点播機の場合にやや高い傾向が認められたものの, 播種機の間で有意な差はなかった(中下真吾 秋田県立大学生物資源科学部 2008年卒業論文)。

本実証栽培において除草剤が処理されたにも拘わらず, タイヌビエとイヌビエの雑草ヒエをはじめとする雑草が残存したことから, その要因は主要な制御手段である一発処理型除草剤が, 制御可能な雑草ヒエの生育段階(葉齢)を超えた時期に処理されたことにあると推察された。

積算有効気温を用いた雑草ヒエの葉齢推定

目的と方法

由利振興局管内における湛水土中直播栽培における雑草ヒエの残存が, 一発処理型除草剤の処理時期の遅れに起因すると考えられたことから, 現場での

実態に基づいた雑草ヒエの葉齢の推定方法が必要となる。そこで, 2010年から2012年にかけて, 由利本荘市の4地点とにかほ市の5地点において, 延べ21筆の湛水土中直播水田でタイヌビエとイヌビエの最大葉齢を調べ, 調査水田に最も近いアメダス(地域気象観測システム)の地点での気温を用いて, 加重型有効気温, 単純有効気温および日平均気温の積算値と最大葉齢との回帰式を求めた。それぞれの水田での仕上げ代かき日と播種日の情報はJA秋田しんせい農業協同組合営農生活部米穀課より提供を受けた。

結果と考察

仕上げ代日または播種日を含め葉齢観測日の前日までの期間を, 日数・直近のアメダス地点での日平均気温積算値・控除値を10℃とした単純積算有効気温($\Sigma(T-10)$)および, 1時間毎の気温値を雑草ヒエの葉齢進展への有効度に換算して積算する(森田, 1999), 加重型積算有効気温($\Sigma \epsilon$)で求め, 葉齢(L)との一次回帰式の相関係数を比較すると, $\Sigma \epsilon$ での相関係数は他より高かったものの, $\Sigma(T-10)$ の場合とはほぼ同等であった。そこで, タイヌビエとイヌビエの最大葉齢について以下の推定式(仕上げ代かき日から積算)を作成した。また, 2013年の葉齢観測日と $\Sigma \epsilon$ での推定到達日との差は $\Sigma(T-10)$ で推定した場合より小さかった(森田ら, 2014)。秋田県農業気象システムにより, 観測地のメッシュ・データを用いた $\Sigma \epsilon$ での葉齢値との相関係数はアメダス地点での気温値を用いた場合より向上しなかった。

$$(O-1) \text{ タイヌビエ } L = -0.4487 + 1.4872 \Sigma \epsilon$$

(相関係数 $r = 0.897$)

$$(C-1) \text{ イヌビエ } L = -0.3291 + 1.4993 \Sigma \epsilon$$

(相関係数 $r = 0.864$)

$$(O-2) \text{ タイヌビエ } L = -0.3120 + 0.0314 \Sigma(T-10)$$

(相関係数 $r = 0.888$)

$$(C-2) \text{ イヌビエ } L = -0.3173 + 0.0322 \Sigma(T-10)$$

(相関係数 $r = 0.874$)

上記の(O-1)式により, 秋田県のアメダス地点, 矢島・本荘・にかほ・大正寺について, 5月1日を

仕上げ代日とした場合のタイヌビエの各葉齢への到達日を、2000年から10年間を例として算出した(図10)。

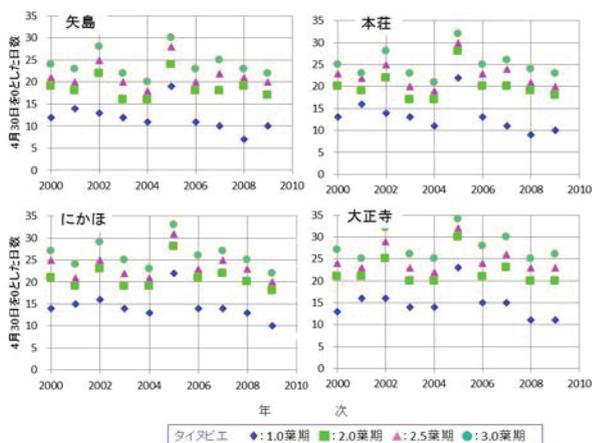


図 10 湛水土中直播水田におけるタイヌビエ葉齢進展の、加重型積算有効気温を用いた推定式による10年間の変動(5月1日を仕上げ代とし、秋田県のアメダス地点、矢島・本荘・にかほ・大正寺の気温値を用いて算出: 森田ら, 2014より作成)

由利地域振興局管内の湛水土中直播栽培において、一発処理型除草剤を主要な雑草である雑草ヒエに対して適正な葉期内で処理するための指標が作成された。一方、秋田県においては、湛水直播水田での一発処理型除草剤の使用条件を拡大して除草効果の安定化をはかる目的で、雑草ヒエの初期の発生を抑制する初期除草剤の活用(三浦, 2010, 2013, 三浦ら, 2012)が図られていることから、今後、播種直後から落水出芽期間にかけての初期に施用される除草剤の処理条件下における雑草ヒエの発生・葉齢進展の推定式の作成にも取り組む必要がある。

秋田県由利地域振興局管内の湛水土中直播栽培における雑草の動態と制御に関して得られた研究結果(森田, 2008, 森田ら, 2009, 森田ら, 2014)は、地域において年度末に開催される「直播栽培実績検討会」やイネ栽培期間に開催される「現地検討会」などを通じて、地域に提供してきたが、直播栽培の安定化と普及拡大に活用されることを期待する。これらの研究結果は限られた地域を対象にしたものであるが、イネ直播栽培に取り組む日本の各地で活用

されうと考える。なお、由利地域振興局管内では近年、不耕起V溝乾田直播や鉄コーティング表面播種湛水直播などに取り組む生産者もあり、直播栽培法が多様化しつつある。直播栽培法に対応して地域の条件に適用する雑草の制御技術の研究と開発が引き続き求められる。

謝 辞

本研究にあたり、地域でイネの直播栽培に取り組んでおられる生産者の方々、秋田県由利地域振興局、JA秋田しんせい農業協同組合、秋田県農業試験場および水稲直播研究会の各位にご支援とご協力を賜った。生物生産科学科植物生態生理研究室でイネの直播栽培と雑草を卒業研究のテーマとした学生を含めて、関係の皆様は厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 秋田県 (2015). 「各県における水稲直播栽培等の取組状況及び今後の推進方策等について(平成26年度東北農業試験研究推進会議稲推進部会直播研究会並びに水稲直播等低コスト技術現地検討会資料)」『水稲直播研究会会誌』38, 83-84.
- 秋田県農林水産部 (2015). 「基本方針と重点推進事項」『稲作指導指針』, 2-3.
- 黒須泰久 (2007). 「秋田県由利地域水稲直播栽培への技術支援」『水稲直播研究会会誌』25, 23-27.
- 三浦恒子 (2010). 「秋田県の水稲湛水直播栽培における雑草防除体系の展望」『雑草研究』55, 94-96.
- 三浦恒子・進藤勇人・中山壮一・平川謙一・田口奈穂子・森田弘彦 (2012). 「寒冷地の水稲湛水土中直播栽培における一発処理除草剤の使用条件拡大のためのピラズレート粒剤少量散布の適用」『雑草研究』57, 46-55.
- 三浦恒子 (2013). 「高品質安定生産を目指す秋田県の水稲湛水直播における一発処理型除草剤の性能の完全発揮のための合理的雑草防除体系に関する研究」『秋田農試研究報告』53, 1-38.
- 森田弘彦 (1995). 「水稲直播栽培における雑草防除

の現状と問題点」『植物防疫』49, 225-231.

森田弘彦 (1999). 「1 時間気温値の加重型有効積算
気温を用いた野生ヒエとイヌホタルイの葉齢進
展」『雑草研究』44, 218-227.

森田弘彦 (2008). 「秋田県南部の湛水直播水田にお
けるノビエの残存要因」『水稻直播研究会会誌』
26, 4-7.

森田弘彦・中下真吾・佐藤結香・平川謙一 (2009) .
「秋田県由利地域の水稲湛水直播栽培における
雑草ヒエの残存要因」『雑草研究』54 (別), 57.

森田弘彦・平川謙一・小笠原 泉 (2014). 「秋田県
由利地域振興局管内の湛水直播水田におけるタ
イヌビエおよびイヌビエの葉齢進展」『雑草研
究』59, 175-179.

渡邊寛明・川名義明 (2006) . 「直播栽培の雑草管
理技術」『農業技術』61, 503-508.

渡部登喜男 (2012) . 「JA 秋田しんせいにおける水
稲直播栽培の取組」『水稻直播研究会会誌』35,
17-20.

〔平成27年11月30日受付〕
〔平成27年12月10日受理〕

Emergence and Growth of *Echinochloa* Weeds in Directly Sown Rice Fields under Wet Conditions in Yuri-Areas of Akita Prefecture, Japan

Hirohiko Morita¹

¹ Research Institute, Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (JAPR)

Technical points for the effective management of *Echinochloa* weeds (i.e., *E. oryzicola* Vasing. and *E. crus-galli* P. Beauv. var. *crus-galli*), which are noxious weeds that grow in directly sown rice fields under wet conditions, were compiled to be provided to farmers and agricultural organizations carrying out the cultivation methods. The intent was to improve and stabilize rice yields through effective weed management in the areas of Yuri Rural Development Office, in the south-western part of Akita Prefecture consisting of two cities, Yuri-Honjo and Nikaho, based on the analyses on emergence ecology of *Echinochloa* weeds. Based on the situation of survived weeds observed at the middle of the ripening stage of the rice plants, factors affecting unsuccessful results in weed management procedures were estimated. There were no differences among the number and plant height in the established rice seedlings sown with five different rice-sowing machines. While there were no differences in the number of emergence of *Echinochloa* weeds among the rice fields sown by five machines, seedlings exceeding the three leaf-stage, which a one-shot herbicide used in these fields could control effectively, were observed both in *E. oryzicola* and *E. crus-galli* var. *crus-galli* and might cause the failure in weed management with one-shot herbicides. Model equations to estimate the leaf-stage of *E. oryzicola* and *E. crus-galli* var. *crus-galli* based on measurements of emergence in the farmers' directly sown fields for three years were created with simple- and weighted-accumulated effective air temperature, respectively. Fluctuations in leaf-stages after sowing during a ten-year period from 2000 to 2009 were estimated with an equation with weighted accumulated effective air temperature, in order to determine correct time for application of one-shot herbicides.

Keywords: *Echinochloa* weeds, Weed management, Direct sowing rice cultivation under wet condition, Akita Prefecture, Accumulated effective air temperature