

# 中国地方の乾田直播栽培における除草剤適期散布のためのノビエ葉齢の推定

農研機構 西日本農業研究センター  
中山間営農研究領域  
藤本 寛

## はじめに

乾田直播栽培の普及上の課題として雑草防除が挙げられてきた。これは、前回の普及のピークであった約50年前から今も変わっていない。しかし、昔と違って今は、レーザー均平機を用いて圃場は播種前に均平に仕上げられ、除草剤を均一散布するブームスプレーヤも普及している。選択性茎葉処理剤もローテーションを考慮できるほど選択枝は増えてきた。このように基盤が整ってきた環境にあってもまだ、雑草まみれとなった直播圃場は現実に見かける(図-1)。この圃場の生産者が除草剤をやらなかったわけではない。筆者はこうなる原因の一番は散布するタイミングだと思う。しかし、除草剤の適期散布はどのマニュアルを見ても強調されている。ではなぜいつまでも失敗事例がなくなるのか。雑草防除のカギを握るこのタイミング、すなわち除草剤に使用時期として記載されているノビエ葉齢、これが現実には現場で確認困難であることが問題なのではないか。筆者らはこのように考え、乾田直播圃場におけるノビエ葉齢推定式



図-1 ノビエが多量に残草した乾田直播圃場

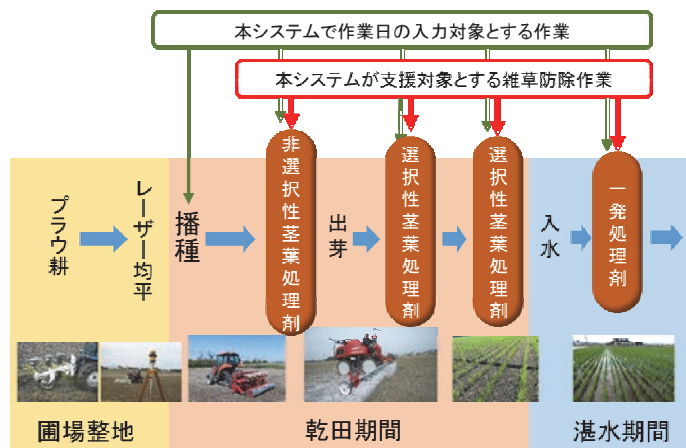


図-2 乾田直播栽培の春の作業工程例とノビエ防除支援システムの対象作業  
注) 農研機構 2022 より引用。

の作成とその推定式を生産者が簡便に利用できるツールの開発、いわばノビエ葉齢の見える化に取り組んだ。

なお、本研究では後述するノビエ防除支援システムを含め、播種後イネ出芽前に非選択性茎葉処理剤を処理し、その後選択性茎葉処理剤を用いる除草剤体系(図-2)を対象としている。土壌処理剤を用いた場合のノビエ葉齢推定は抑草期間が推定できないため対象外とする。また、本研究で調査した圃場にはノビエとして総称されるタイヌビエ、イヌビエ、ヒメタイヌビエ、ヒメイヌビエの内数種類が混生したが、葉齢調査時に正確に判別することはできなかったため、ノビエとして一括して扱った。

## 乾田直播におけるノビエ葉齢推定の必要性

乾田直播栽培における除草体系では乾田期間に用いる茎葉処理剤が中心で

ある(図-2)。土壌処理剤とは異なり残効性はないため、散布回数を必要最小限とするためには使用時期の晩限近くで散布する必要がある。選択性茎葉処理剤の使用時期の晩限は「～ノビエ5葉期」のようにノビエの葉齢で示されている。ここでの葉齢は最大葉齢(当該圃場内で最も生育の進んだ個体の葉齢)である。実際に最大葉齢を確認するためには圃場内を隈なく歩きまわって調べる必要がある。本研究において筆者も多数の圃場で最大葉齢を調査したが、相当な時間を要し、また、イネやその他イネ科雑草の中からノビエを瞬時に見分ける慣れも要る。この確認作業は乾田直播を大面積で実施している生産現場において現実的には困難ではないか。このため、春作業の繁忙期にあつて、「隣が散布した」、「雑草が目立ってきた」等、感覚的な判断になりがちである。生産者が適期散布を困難なく実施できるようにするためにはノビエ葉齢推定が必要と考える。

表-1 ノビエ葉齢推定式の検討に用いたデータに関する情報

起点事由	年次	場所	地区	標高 m	播種機	播種日	調査日
耕起	2015	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	4/14-6/12	4/24-6/26
耕起	2016	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	4/11-6/10	4/21-6/27
耕起	2016	岡山県岡山市	西大寺	1-3	縦軸ロータリー	5/21-6/3	5/31-6/21
耕起	2017	岡山県岡山市	西大寺	1-3	縦軸ロータリー	5/15-5/28	5/23-6/5
耕起	2017	岡山県岡山市	藤田	0-2	クレーンリ	4/5	4/20
耕起	2018	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	2/28-5/25	4/20-6/26
耕起	2019	岡山県岡山市	撫川, 西市	2	ロータリー	5/11, 5/14	5/21
耕起	2019	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	4/4	4/23
耕起起点集計			5地区	0-3	3方式	2/28-6/3	4/20-6/27
除草剤	2017	岡山県岡山市	藤田	0-2	クレーンリ	4/5	5/12, 5/29
除草剤	2017	岡山県岡山市	撫川	2	ロータリー	5/3	5/31
除草剤	2017	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	3/1, 3/3	5/10
除草剤	2018	広島県福山市	西深津	2	ロータリー	2/28-5/25	4/20-6/26
除草剤	2019	岡山県岡山市	撫川, 西市, 藤崎	0-2	ロータリー	5/11-5/15	5/30, 6/5
除草剤	2019	広島県福山市	西深津	2	V溝直播機	4/4, 4/9	5/9, 5/23
除草剤	2019	鳥取県八頭町	郡家	50, 70	縦軸ロータリー	4/24, 4/25	5/28
除草剤	2020	広島県福山市	西深津	2	V溝直播機	3/30, 3/31	5/12
除草剤	2020	広島県世羅町	田打, 重永	360, 370	クレーンリ他	3/25, 4/6	5/24
除草剤	2020	岡山県美作市	位田, 畑屋	70, 100	クレーンリ他	4/9, 4/11	5/26
除草剤	2020	鳥取県八頭町	郡家	50, 70	縦軸ロータリー	5/15	6/8, 6/9
除草剤	2020	岡山県岡山市	撫川, 西市, 藤崎, 藤田, 九幡	0-2	ロータリー	4/30-5/7	5/21-5/27
除草剤起点集計			11地区	0-370	4方式	2/28-5/25	4/20-6/26
全データ集計			12地区	0-370	4方式	2/28-6/3	4/20-6/27

### 多様な条件にある乾田直播

ノビエ葉齢推定の既報は多く、それらを網羅した総説(森田 2016)がある。ただし、多くは移植栽培における報告である。乾田直播での報告も紹介されているが、ポット試験や限られた地域における調査によるものであり、推定式を乾田直播圃場で一般的に利用するためには既報のみでは不十分である。現状では乾田直播に取り組む生産者は一部地域を除いて散在しており、また、水利慣行に縛られないため播種可能時期は幅広く、播種前の播種床づくりの方法や播種機等多様である。このように一様ではない乾田直播における推定式作成にあたっては、場所、播種時期、作業体系等を多様な条件下で検証しておく必要がある。本研究ではこの点に留意し、場内圃場(広島県福山市)における詳細な作期移動試験のデータに加えて、3県、11地区、7生産法人の乾田直播圃場のデータを用いて推定式の作成に取り組んだ(表-1)。

### 耕起起点と除草剤起点とで異なる葉齢進展

乾田直播におけるノビエ葉齢進展の特徴が本研究を通じて1つ明らかになった。それは、ノビエを耕起により枯殺した場合と除草剤により枯殺した場合とではその後発生するノビエの葉齢進展が異なることである。葉齢推定の積算期間の開始、すなわち当該圃場

において既発生ノビエを枯殺し、葉齢推定対象となるノビエが新たに生育を始める起点となる事由は、移植栽培では植え代である。一方、除草剤を複数回用いる乾田直播では、①播種時または播種直前の耕起、②除草剤散布の2通りの起点事由がある。両者を分けて有効積算温度と実測葉齢の関係をプロットしてみると分布は明らかに異なった(図-3)。筆者らは取組当初、両者に違いがあるとは思わず、まず場内圃場で作期移動試験(耕起起点)により葉齢推定式を作成し、岡山市の現地(除草剤起点)でその推定式の適合性を検証したところ、実測葉齢が推定葉齢を1葉以上上回るようにはずれ、使い物にならなかった。その原因を考える中で起点事由の影響が疑われた。そこで、イネ出芽直前に、区の半

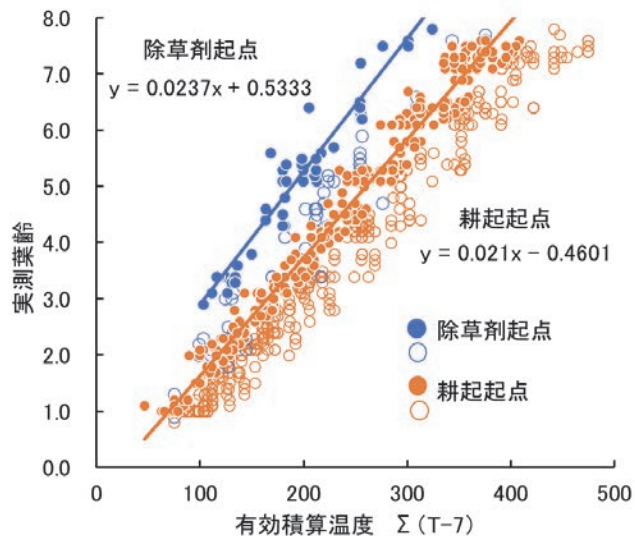


図-3 有効積算温度と実測葉齢の関係から作成したノビエ葉齢推定式  
 注) 藤本ら 2022 より一部改変して引用。耕起起点、除草剤起点別に帰属式より実測葉齢が大きいデータのみ(塗りつぶしのシンボル)を推定式作成に用い、これらのデータによる帰属式(図中の式)を推定式とした。



図-4 ノビエ防除支援システム標準作業手順書 (表紙)

分を耕起，半分を非選択性除草剤により既発生ノビエを枯殺し，その後の最大葉齢を調査したところ，両者に明らかな違いを認めた。同じ有効積算温度では耕起起点よりも除草剤起点の最大葉齢が大きかったのである。もう一步詳しく説明すると，両者の回帰式の傾き，すなわち葉齢進展速度はほぼ同じだが，回帰式の定数項，すなわちノビエの出芽時期に違いがあった。概ね4～5日，除草剤起点が耕起起点よりも出芽が早かった。これは，茎葉処理剤を用いる除草剤起点では，散布時に出芽している個体のみを枯殺し，土中の発芽個体は枯殺しないのに対して，耕起起点では未出芽であっても耕起される土層に含まれる発芽個体は枯殺されるため生じる違いと考えられる。

## ノビエ葉齢推定式の作成

ノビエ葉齢推定式の作成（藤本ら2022）を以下のように行った。①上述したように起点事由（耕起起点，除草剤起点）により葉齢進展が異なるので両者を分ける，②気温データとして農研機構メッシュ農業気象データの日平均気温を用いる。メッシュ農業気象データは1 km メッシュでデータが提供され，毎日更新されており，最長26日先までの予報値が提供されている，③有効積算温度計算のため日平均

気温 No.	1	2	3	4	5	6	7
地点名	高農研(2018)	高農研(2018)	高農研(2017)	高農研(宇津原)	高農研(大津)	群馬町	
緯度	34.501420	34.501420	34.501420	34.501420	34.501420	34.517503	34.563735
経度	133.387583	133.387583	133.387583	133.387583	133.387583	133.382072	133.013232
データ取得	1					1	1
平均値						1	
3月3日	9.4	7.9	11.4	5.2	5.8	8.8	8.5
3月2日	8.5	7.9	6.6	7.0	5.9	8.5	5.3
3月3日	8.1	8.2	6.5	6.8	6.0	7.4	4.7
3月4日	8.0	8.8	10.8	7.7	6.1	7.4	5.6
3月5日	6.0	8.1	13.4	7.9	6.2	5.4	1.8

作業日	1	2	3	4	5	6	7
作業日							
推奨草給							

図-5 ノビエ防除支援システムの操作の概略  
注）農研機構 2022 より一部改変して引用。

気温から控除する一定の値は決定係数が最大であった7°Cとする，④温度はノビエの葉齢進展に最も強く影響する気象要因であるが，ノビエ生育が遅延する温度以外の要因も多いことを考慮し，調査データの内，回帰線以上のデータのみを葉齢推定式作成のために用いた（図-3）。このように作成したノビエ葉齢推定式（耕起起点： $y = 0.0210 \times \Sigma(T-7) - 0.4601$ ，除草剤起点： $y = 0.0237 \times \Sigma(T-7) + 0.5333$ ， $y$ ：推定葉齢， $T$ ：日平均気温， $\Sigma(T-7)$ ：控除値を7°Cとする有効積算温度）を既報の推定式と比較したところ，耕起起点の推定式は移植栽培の植え代起点の推定式とある程度近かったが，除草剤起点の推定式はそれらより葉齢進展が早く，除草剤起点の場合，既報の推定式は適用できないことが明らかとなった。

## 推定式を簡便に利用するためのツール「ノビエ防除支援システム」

はじめにで述べたように本研究で筆者らはノビエ葉齢推定式の作成と並行して推定式を簡便に利用するための

ツールの開発に取り組んだ。移植では水利慣行に従い地区ごとに各生産者が一斉に田植えする場合が多い。このため，普及指導機関が地区ごとに標準的な移植日を基準としてノビエ葉齢を推定し，除草剤の散布適期を示すことも可能である。一方，乾田直播では，生産者によって播種日は異なり，また同一生産者でも品種や地区ごとに複数回に分けて播種することが多い。この状況では，ノビエ葉齢推定は各生産者に個別に行ってもらいたいと考える。したがって，作成したノビエ葉齢推定式を現場で活用してもらえるか否かは，簡便に利用できるツールの有無がカギを握ると考えた。開発したツール，「ノビエ防除支援システム」（図-4，農研機構 2022）は，日平均気温からノビエ最大葉齢を表計算ソフト Microsoft Excel 上の簡単な操作で確認できる（図-5）。本システムは，農研機構メッシュ農業気象データと連動させて，圃場の位置情報に対応した気温データを取得し，ノビエの最大葉齢を予測・表示する。初期設定を行っておけば，日々の葉齢確認のための操作

は、①気温データの更新、②播種日・防除日の入力、③推定日の指定、の3ステップだけで、数分程度で行える。実際に、これまで雑草防除に失敗し続けていた生産者が、システムを使いはじめた年からガラッと一転して良好に防除できるようになった事例を何例か見ている。生産者と話していると、これまでは「よく効くのはどの除草剤か？」だった発想から、「ノビエが5葉になるのはいつか？」というように散布するタイミングを第一に考えるように意識が変わったと感じる。

## 中国地方以外への適用拡大の可能性

本研究においてノビエ葉齢推定式はいずれも中国地方の広島県、岡山県、鳥取県で調査したデータを基に作成した(表-1)。2022年、滋賀県彦根市(標高約90m)の生産者圃場において適合性を検証したところ、推定は実測と良く適合しており、近畿地方においても適用可能と判断した。その他地域では現時点において適合性は未検証であり、利用にあたってはまず適合性を検証する必要がある。調査地の一つ、広島県世羅町(標高約370m)は西日本農業研究センターのある広島県福山市の平地地よりも気温が約3℃低いことが推定式は適合していることを考慮すると、関東地方や東北地方南部の平地地でも適用できる可能性がある。筆者らは今後全国での活用を目指しており、他地域の普及指導機関等にその地域にお

ける適合性を検証していただきたいと考えている。もし、推定式のパラメーターをその地域に合わせて修正が必要と判断される場合でも、ノビエ防除支援システムは柔軟性があり、修正は容易である。「一度試してみたい」と思われる方は連絡いただければノビエ防除支援システムを申込手続きの上で無償提供する(非営利目的に限る。営利目的の場合は別途相談)。お気軽にお声がけいただきたい。ノビエ防除支援システムでは10地点まで登録でき、気温データの更新はボタン一押しですべて更新される。広域で乾田直播を実施する生産者や技術指導にあたる方々には特に便利さを実感していただけると思う。

## 除草剤抵抗性雑草を生み出しにくい環境を

植調誌を読んでいる、「雑草管理の現場において、茎葉処理型除草剤を葉齢限界よりも大きい雑草に処理、または処理適期でも葉量が低すぎると、効果不十分で残草することがある。そのような不適切な薬剤処理が除草剤抵抗性雑草の出現を助長することを示す研究成果も2000年初頭から出ている。」(與語2022)という一文があった。思い当たる節がある注意喚起である。除草剤の散布回数が多いことが乾田直播の短所として挙げられる中、1回でも散布回数を減らしたいという意識が働くのは当然ではあるが、適期散布せず、完全枯殺できず、残草を繰り返せば、「除草剤抵抗性雑草の出現を助長」

していると言えるだろう。これまではノビエ最大葉齢が現場で把握困難なために意図せず除草剤の使用時期晩限を過ぎている場合もあったかと思う。ノビエ防除支援システムを活用していたら、こういう事例がなくなれば幸いである。また、ある圃場でノビエが多量に残草した場合、使用時期晩限を過ぎていたためか、除草剤抵抗性ノビエなのか、にわかに判断できなかった。ノビエ防除支援システムを用いれば、適期散布できていたかどうか判断できるので、もし抵抗性が疑われる場合には、作用機構の異なる除草剤を速やかに散布し、拡大を食い止めることに努めていただきたい。作成したノビエ葉齢推定式およびノビエ防除支援システムが乾田直播栽培における除草剤適期散布の支援となることを祈念する。

## 謝辞

本研究の一部は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)」の「水田里山の畜産利用による中山間高収益営農モデルの開発」で実施した。

## 参考文献

- 藤本寛ら 2022. 中国地方の乾田直播圃場における有効積算温度によるノビエ葉齢の推定. 日作紀 91(1), 39-48.
- 森田弘彦 2016. 雑草ヒエの葉齢推定指標としての積算有効温度. 植調 49(10), 310-318.
- 農研機構 2022. 乾田直播栽培体系におけるノビエ防除支援システム標準作業手順書「中国地域版」. [https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/SOP21-203K220407.pdf](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP21-203K220407.pdf) (2022年9月2日閲覧)
- 與語靖洋 2022. メンデル性遺伝によらない除草剤抵抗性. 植調 56(5), 124-126.