

乗用型水田除草機の開発と市場展開

株式会社オーレック
開発部
鈴木 祥一

はじめに

㈱オーレックは福岡県八女郡に本社および生産工場、営業拠点を全国に9拠点、米国においても現地法人を置き、農業機械・緑地管理機械の開発、製造、販売を手掛けている。「明るい未来づくりに貢献する」という社是のもと小型自走草刈機（スパイダーモア、ウイングモア、ハンマーナイフモア等）や、乗用草刈機（ラビットモア）等を開発し国内外の市場に供給している。

当社は2017年より水田除草機WEEDMAN(ウィードマン) (図-1)の販売を開始しており、本機について除草の仕組み、使用方法、効果、市場展開について解説をする。

開発着手のきっかけは当社社長の「世の中に有機農産物を増やしたい」という強い思いからであった。2008年より筆者が開発を担当し、以降除草機構、機体の確立を目標に全国の生産者の協力を得ながら試作・テストを繰り返した。検討した試作機は合計約19機種、改良、変更なども含めるとそれ以上になる。毎年様々な機構の試作機を製作しながらテストを行い、筆



図-1 WEEDMAN(ウィードマン)

者が考えるほとんどの機構を試したと
思っている。その間失敗の連続であつたが、ユーザーが満足できる除草能力を目指し最終的に現在の機構にたどり着き、開発着手から約10年でようやく発売することができた。

1. 水田除草の課題

水田の除草において除草区間を2つに分けることができる。ひとつは稲と稲の間の「条間」、もうひとつは稲の根元付近の「株間」である(図-2)。

条間は稲が無いので除草は容易だが、株間は稲が存在するため条間と同様な除草は出来ず容易ではない。条間のみ除草でもよいのではないかとこの考えもあるだろうが、条間のみの場合除草区間は5~6割程度となり、残りの部分は草が発生する。雑草は株間のみ発生していても養分を吸収、繁茂し稲の成長を阻害する。したがってこの株間の除草をいかに実現するかが水田除草機において極めて重要な課題と

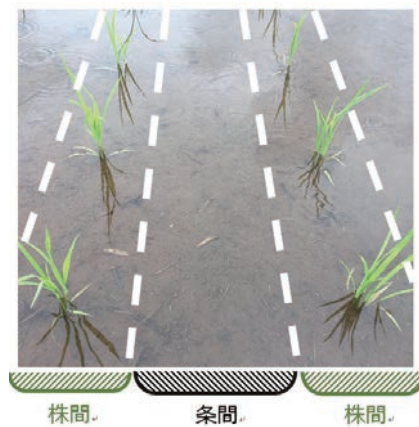


図-2 条間・株間の区間

なる。

2. 除草の仕組み

(1) 株間除草の仕組み

WEEDMANは「稲を残したままに雑草だけを取り除く」ことが可能な「回転レーキ」機構を搭載している。これにより稲を抜くことなく除草できる。その仕組みについて説明する。

回転レーキは土中の稲の根の深さより浅い層で棒(レーキ)を回転させることで雑草の根を引っ掛け除草する(図-3)。水稻の栽培初期で問題になる雑草(ヒエ、コナギ、ホタルイなど)の多くは表面近くの土中で発芽する。一方、稲は田植えによりそれより深い層に根がある。回転レーキはこの雑草と稲の根の深さの違いを利用した除草の仕組みである。一見稲も抜いてしまいそうであるが、この棒(レーキ)の深さをコントロール出来れば稲が抜けることを防ぐことが出来る。よってこの深さのコントロールが回転レーキにおいて重要であり、浅過ぎれば雑草

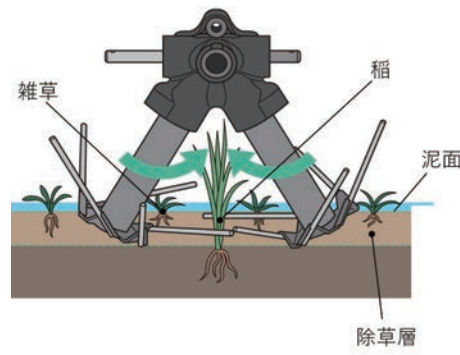


図-3 株間除草部(回転レーキ)

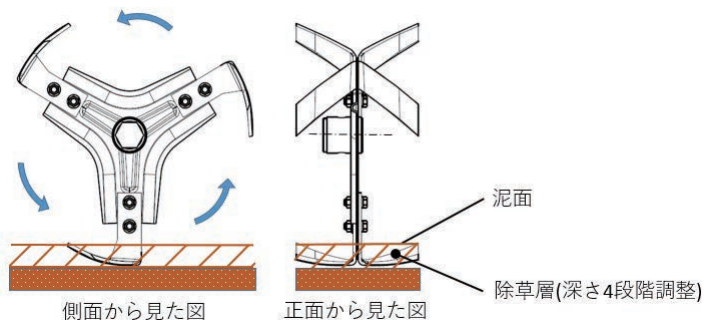


図-4 条間除草部(条間ローター)

が除去出来ず、また深過ぎれば稲の根を損傷する、あるいは抜いてしまう。そのためこの繊細な深さ調節は電子制御を利用しコントロールしている。当初の試作はコントロールケーブル(ワイヤー)を使用し、油圧バルブをコントロールするアナログ式を採用していたが、追従が追い付かずコントロールが難しかった。また、任意の深さにするための調整機構もシビアになり使い勝手が良くなかった。電子制御を採用することで追従性も良くダイヤルで容易に深さ調整を行うことが出来るため、精度と使い勝手が飛躍的に向上した。

回転レーキは車速の変動に合わせて回転速度も調整される。車速の上昇に合わせて回転レーキの回転速度も上昇する。したがって車速が変化しても稲に対して一定の負荷で作業ができる。稲の成長段階で回転レーキに耐えうる回転速度は異なり、3日時期が異なるだけでも最適な設定が変わる場合がある。また、回転レーキの回転速度が速いほど除草効果は高いが稲のダメージも大きくなるため、成長段階に合わせた設定が重要である。その設定の如何によって最終的には取量を左右することとなる。

(2) 条間除草の仕組み

条間の除草は鉄製の刃を回転させ除草する「条間ローター」を採用している(図-4)。耕耘とは異なり表土数センチを削ぐことで除草する(深さは0・

15・30・50mmより選択可能)。昔から水田除草で用いられてきたいわゆる「回転式のガン爪」とは異なる。ガン爪は条間の草を攪拌し埋める、または浮かすなどで除草するものであり、基本的に人力で押して作業することを前提としているのではないかと考えており、いかに少ない労力(押す際の抵抗)で除草効果を上げるかということに関して良く考えられたものと思う。しかしWEEDMANでの条間除草の場合は動力を使用し回転させるため、発想の切り替えが必要ではないかと考えた。条間は稲が無いためどのような形状でも除草が可能であり、且つ実際の圃場では雑草が繁茂している圃場もありより強力な除草方式が必要と考え、行き着いた結果が本機に搭載した水田除草用の刃である。表土数センチを均一に削ることで最低限の負荷でやや大きな雑草でも根を切り泥ごと攪拌しほぼ確実に除草することが可能である。この機構で雑草はどのように除去されるかという作業時の水位によって違いがある。

水位が高い場合は、雑草の根が泥から剥がされ、水面に浮かぶ。逆に水位が低くごく浅い状態(いわゆるヒタヒタ状態)の場合では雑草が泥の中に混ぜ込まれる。雑草を泥に混ぜ込んだ場合、土中の雑草の再成長が心配されたが、ほぼ成長することは無く除草効果が高いことが確認された。

しかし、あまりにも草丈が長い雑草が

密集し繁茂している場合は、除草は出来るものの条間ローターに雑草が巻き付き周囲のカバー部が破損する可能性があるため注意が必要である。また、畔から伸びるほふく性の雑草(イボクサ、アシカキ、キシウズズメノヒエなど)も条間ローターに巻き付く可能性があるため注意が必要である。多い場合は事前に除去するなど対策が必要になる。

3. 除草のタイミング

(1) 除草1回目のタイミング

除草1回目は除草2回目以降よりも重要である。なぜなら1回目で除去出来なかった雑草は2回目の除草時にはさらに成長し除去出来る割合が減るからである。

除草作業が可能な条件としては「回転レーキに稲が耐えられる」ことが挙げられる。すなわち「稲が活着している」ことが条件となる。稲が活着しており、設定(回転レーキの深さ、回転速度)が適正であれば稲が抜けることなく、除草が可能である。よって1回目の作業が稲の活着後となると田植後おおよそ1週間で作業可能な場合が多い。しかし、地域、天候、田植え時期により、作業時期の調整が必要である。例えば田植えが早く4月などの場合は、稲の活着も遅くなり田植後1週間では早過ぎることなどがある。

また、植物は基本的に萌芽よりも先に根が伸びる為雑草はなるべく小さいうちの方が除草効果は高い。回転レー



図-5 水位が低い状態での作業の様子(雑草が目視出来る)

キである程度の大きさの雑草も除去出来るがやはり、雑草が小さいうちに除草するということが基本である。稲と雑草の成長差が大きい状態が除草1回目の良いタイミングと言える。

(2) 除草2回目以降のタイミング

除草2回目の以降の作業可否判断の条件は稲がしっかり立っているかどうかである。よって極論を言えば、除草作業直後でも稲がしっかりしていれば再度除草が可能である。雑草があるようであれば可能な限り早めに2回目の除草作業を行う方が効果は高い。しかし、実際は作業面積の関係で各圃場の除草を一巡してから2回目の除草となるため、2回目の作業が1週間以上後となることが多い。作業1回目で雑草がよく除去出来ていれば2回目の作業まで余裕ができる。毎回の作業を丁寧に行うことが重要で、特に1回目の除草が重要である。

4. 除草時の水位

(1) 水位が低い場合(ヒタヒタ状態)

除草時の水位は可能な限り低くすることを推奨している。理由は雑草の様子を目視確認できるからである(図-5)。開発当初は水田には水があるため雑草を浮かし除草することばかりを



図-6 雑草が繁茂した圃場での作業風景

考えていたが、ある時水位の低い圃場(水位はほとんど無いが、泥は水分を含んだ状態)で作業することがあった。初めは稲の損傷を懸念していたが問題無く作業を行うことが出来た。しかも本来、水に浸かって目視出来ない雑草が目視可能になったことで、作業中に株間の除草具合を確認しながら作業深さ、回転レーキ回転速度の再調整を容易に行うことが出来る。除草作業時の「水が濁って株間の雑草が取れているかどうか分からない」という不安から解放された。水位が高い場合は作業時に水が濁り圃場全体の除草具合は、翌日以降水が澄んでからしか確認出来ず、場合によっては深さ調整などが適正でない状態で作業を継続し失敗する可能性がある。相手(雑草)を「見える化」することで失敗のリスクを軽減することが出来、作業者自身も不安無く、雑草が除去される様子を確認しながら作業を行える。個人的な感想であるが、特に雑草が多く繁茂している圃場ほど雑草が除去される様子をはっきり確認でき、除草能力を体感出来ると感じている(図-6)。

その他、ユーザーからは除草後1~2日後に入水すると、より除草効果が高いとの声もある。完全に除去出来ずに泥に浅く埋没した状態の雑草は泥が落ちて着いてから(ある程度乾いてから)入水すると、そのまま泥が乗っ

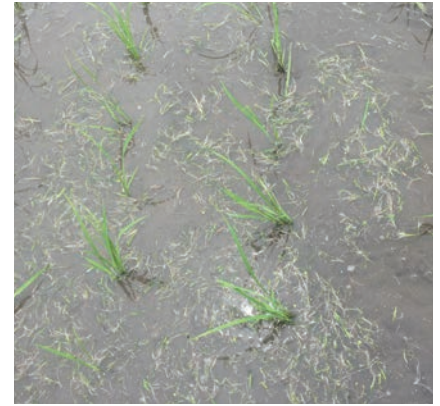


図-7 水位が高い状態での作業後の様子(株間の雑草の除草具合が目視出来ない)

た状態で再成長出来ずに枯れるとの見解であり、作業直後に入水した場合は、浅く埋没した状態の雑草は覆い被さった泥が水に溶け再成長しやすい状態になるのではと推測される。今後このような除草における最適な水の管理法も確立させていきたい。

(2) 水位が高い場合

水位が高い状態(約5cm以上)で作業を行う際の一番の課題は、先述した泥を攪拌することにより水が濁り株間の除草が確実にできているかどうかが目視出来ないことである。条間ローターで除去した雑草のみ浮いている状況が往々にしてある。しかし水が豊富に使用出来ず、水位を低く出来ない状況も多い。その場合に推奨する使用法を二つ紹介する。

一つ目は作業中に降車し(必ずエンジンを停止させる必要がある)株元の泥をすくい株間の雑草が除去できているか、稲に損傷は無いか(回転レーキの除草深さ、回転速度は適切か)を確認する方法である。確認作業の有無で、除草効果に大きな差が出てくる場合が多く、最終的に収量に影響する。雑草が浮いている状態でも株間の雑草が除去出来ているかどうかは確認が必要で、水面に浮く雑草の状況のみで判断するべきではない(図-7)。

二つ目は作業をしながら株間の作業

表-1 雑草量及び収量の実証試験結果

圃場	残草 生体重 (g/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0-5)	精玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	一穂粒数 (粒)	登熟歩合 (%)	整粒歩合 (%)
有機実証圃場	228	86.4	19.1	359	1.3	495	20.1	81	89.6	70.3
慣行圃場(参考)	(未調査)	89.9	18.2	375	0	571	20.2	83	92.5	70.1

※残草調査：2020年6月29日

の様子を確認する方法である。水が澄んでいる状態であれば水中の回転レーキが泥を掻いている様子を目視することが出来る。株間の泥を攪拌している様子が確認でき、且つ稲が抜けていなければおよそ問題無いと判断して良い。また、回転レーキの深さは「作業深さ」のダイヤルで1メモリずつ(1メモリで約5mm変動する)深くしていき稲が倒れるひとつ手前の深さで設定する。また、同一圃場でも部分的に稲や泥の状態が異なる場合もあり、作業中においても「1メモリ深くする」「回転を速くする」などの微調整を行い稲が倒れるひとつ手前の設定であるかを確認することで、ムラの無い作業をすることが出来る。しかし繰り返しになるが、水深が高い圃場での作業は水が澄んでから結果が分かるため、この場合でも適宜設定が合っているか確認しながらの作業を推奨する。

水田は稲や雑草、泥等の状態が様々であるため、水田除草機においては「稲を極力損傷しない方法で、且つ意のままに素早く調整ができること」が重要であると考え。本機は設定次第で稲を抜いてしまうことにもなるが、設定次第でギリギリの除草条件を設定することが出来るともいえる。これが一番の特徴であり、本機は株間の回転レーキの深さ、回転速度共に手元の操作で簡単に調整することを可能としている。雑草は手強く、適切に対処しなければいとも簡単に繁茂し稲が負けてしまう。それを試作機での除草テストを通じて何年も経験した(実際

に負け続けた)。その積み重ねによりWEEDMANは雑草に勝つために考えられるすべての機能を搭載できたと自負している。

5. 除草データ

(1) 有機圃場での残草及び、収量調査

表-1は雑草量及び収量の実証試験データである。有機肥料を使用し、除草後米ぬか散布を計2回行っている。

移植5/21、除草1回目6/2、除草2回目6/12の計画で行い、結果は残草の生体重228g/m²、精玄米量495kg/10aとなった。テスト圃場隣りの同品種慣行栽培区では精玄米量571kg/10aであり、試験圃場の収量は慣行の約87%という結果である。また、直線作業部の除草による欠株率は1%以下で収量減少に影響を与えたとされる5%を下回った(滋賀県農政水産部食のブランド推進課2021発表より抜粋)。

(2) 収量比較検証

本実証は、紙マルチ栽培と比べWEEDMANを使用した圃場の収量が極端に下がったとの情報があったため、原因調査と改善のため検証を行ったものである(2019年福島県にて実施)。

収量が下がった前年の除草は計3回実施しており、3回目は田植1ヵ月後であった(田植5月末、6月中に除草3回)。除草機の設定は深めであった。これらの状況より、作業深さが深



図-8 図-8 除草1回目前の田面状態(田植後12日目)

く除草時にイネの根が損傷し収量減に繋がったとの仮説を立て、イネの根に極力影響がないような方法で実施することとした。

まず除草機の設定は浅めに設定、株間の深さは基本の1~2cm、条間の深さは15mmの深さとした。次に除草回数を前年より減らし2回とし、田植後約1ヵ月後の除草となる3回目の作業を無しとした(田植5/23、除草1回目6/4、2回目6/13)。

除草1回目(田植後12日目)の除草直前の雑草調査では、オモダカ(本葉展開)、コナギ(発生初期)、ホタルイ、ノビエであった(図-8)。水稻の活着は良好で、除草作業による根の損傷は見られなかった(図-9)。

除草2回目(田植後21日目)、除草作業前後で稲株を調査比較した結果、作業後に根の欠け(折れ)等は見られなかった(図-10)。この結果により1回目、2回目の除草ともイネの根の損傷が無いことが確認された(両作業共、株間回転レーキ深さ1~2cm付近、速度1~2、条間ローター深さ15mmで作業を実施)。

表-2 成熟期調査・実収.

調査区	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (/株)	実収 (kg/10a)
WEEDMAN	94.2	18.5	20.9	360
紙マルチ	99.7	18.8	21.0	360



図-9 除去したオモダカ(右)と除草作業後の稲(左)

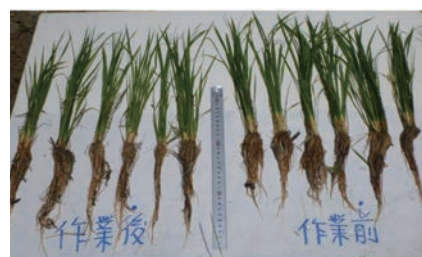


図-10 2回目の除草前後の稲の比較(田植後21日目)



図-11 根の様子(田植後28日目)

6月20日(田植後28日目)に雑草の発生状況(観察)とイネのうわ根(表層根)の状態を調査した。雑草対策は、2回の除草作業で十分な効果があったとみられる。うわ根の長さは平均17.4cm、最長20.5cmであった(図-11)。6月28日(田植後36日目)調査では、コナギの残草がわずかに見られるが、水稻の生育は良好な状態であった。うわ根の長さは平均24.0cm、



図-12 根の様子(田植後36日目)



図-13 成熟期の様子 紙マルチ栽培区(右)とWEEDMAN除草区(左)

最長28.5cmであった(図-12)。成熟期(10/4)調査ではWEEDMAN区と紙マルチ区の雑草対策の違いによる生育差はわずかで、最終的な実収は360kg/10aとなり紙マルチと同等であった(図-13、表-2)。こちらの生産者は収量を360kg/10aの目標で栽培されており目標を達成することが出来た。

これらの結果を踏まえると前年の収量減の要因として次の2点が考えられた。①回転レーキ、条間ローター共に深さの設定が深すぎた。②3回目の作業時期に①の設定(深め)で作業を行い、イネの根を損傷していた。

以上のことから、作業深さは深過ぎれば除草出来ないばかりでなく稲を損傷するため注意が必要と言える。また本検証では3回目の除草は未実施で

あるが、草の発生状態により3回目の作業が必要な場合もあることを補足する。

4. 市場展開

農林水産省「有機農業をめぐる事情 令和2年9月」によると①有機栽培や特別栽培等を行っている者が取組面積を縮小する際の理由は、「労力がかかる」が最大。②有機農業と慣行農業との経営比較では、有機農業は除草を含む作業時間が慣行農業より長く、時間あたりの所得は慣行より不利となっている。※同資料 令和元年8月版では「水稻の除草に掛かる10aあたりの除草に関わる労働時間は慣行農業は1.3時間、これに対し有機農業が7.0時間」という調査結果。③有機栽培の取組移行調査では慣行栽培従事者の55.1%が有機農業に「取り組みたい」又は「どちらかといえば取り組みたい」と回答している。

①～③をまとめると、多くの栽培従事者が有機栽培に対して「面積を増やしたい」又は「取り組みたい」が、除草の労力負担が大きく二の足を踏んでいる状況と言える。

水田除草機WEEDMAN(SJ800:8条タイプ)の作業時間は10aあたりおよそ20分、作業回数は2～3回程度である。仮に3回としても10aあたり合計1時間程度の作業時間となる(先に挙げた紙マルチとの収量比較調査では除草回数2回で紙マルチ栽培と同等の収量が得られている)。ま

た乗用型のため、身体への負担も少ない。以上のことから、WEEDMANは水稲における有機栽培の普及に貢献できると考えている。

令和2年時点における日本の有機農業の取組面積は全耕地面積の約0.6% (25,200ha) (農林水産省 令和4年7月より) となっており、対象となる水田除草機の市場規模はさらに限定的である。しかし、それは新しい技術で変えることができると考えている。新しい技術で生産者、消費者の選択肢が増えそれがお互いに望むものであれば徐々に普及していくと考える。

当社では有機・無農薬栽培、慣行裁

培問わず実演デモを行っている。ぜひお近くの農機販売店にお問い合わせ頂き、除草能力を実際にご確認頂きたい。

おわりに

現在、世界的にSDGsが掲げられ生産活動においてはサステナブルな方法への転換が急速に求められている状況である。農業においてはその一つが環境負荷の低減に寄与する有機農業である。今後、WEEDMANが有機農業拡大及び有機農産物普及の一助になれば幸いである。

最後に WEEDMAN は開発に協力

頂いた生産者の存在があつてこそ実現した除草機であるといえる。収量減等のリスクがありながらも惜しめない協力を頂いた全国各地の生産者の方々に感謝を申し上げる次第である。

引用文献

- 滋賀県 2021年3月「オーガニック近江米」の手引き
農林水産省 令和2年9月 有機農業をめぐる事情
農林水産省 令和元年8月 有機農業をめぐる事情
農林水産省 令和4年7月 有機農業をめぐる事情

田畑の草種

雀の帷子 (スズメノカタビラ)

(公財)日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

日本の五大昔話の一つに「舌切り雀」がある。原型は宇治拾遺物語の「腰折れ雀」にあるとされているが、昔話としてはいくつものあらすじがあり、おおよそは次のような話である。

あるところにお爺さんとお婆さんが住んでいた。ある時、お爺さんはケガをした雀を家に連れて帰り看病する。元気になった雀は、ある日、お婆さんが作った大事な洗濯糊を食べてしまった。怒ったお婆さんは、お爺さんがいない間に雀の舌を切って家から追い出してしまふ。

家に帰ってきたお爺さんは、家を追い出された雀を探し回り雀のお宿にたどり着く。お爺さんはそこで歓待を受け、帰りに大きな葛籠か小さな葛籠か持ち帰るように言われて、年寄りだからと小さな葛籠を持ち帰る。家に帰って葛籠を開けると中には宝物が詰まっていた。

これを見てお婆さんも雀の宿に押しかけて、強引に大きな葛籠を持ち帰る。途中で開けてはダメだといわれながらもお婆さんは途中で葛籠を開けてしまうと、中には蛇や毒虫が入っていた。

このお話は、「欲張ったり無慈悲なことをしたりするもので

はない」との教訓みたいなものにつながっていくのだが、問題はそこではなくて、この時お婆さんが作っていた糊は、お爺さんや自分、そしておそらくこの雀のための新しい「帷子」を作るため、古着を洗い張りするための糊だった、ということである。だからお婆さんは怒ってしまった。

スズメノカタビラはイネ科イチゴツナギ属の一年草～越年草。全国の道端、畑、空き地などの人里に生育する代表的な草種。やや湿った所を好み、田植前の田んぼでは一面に出ることもある。背丈は5cm～30cm、株全体が黄緑色で柔らかい。葉は長さ4cm～10cmの線形で、先端が舟形になり尖る。これはイチゴツナギ属の特徴。花序は円錐花序で通年出穂するが、主に春から初夏に開花する。小穂は卵形、長さ3mm～5mm、ときに紫色を帯びる。葉鞘や護穎の縁が薄い透明な膜質で、重なり合ったところが単衣の着物の胸元を思わせるところから名づけられた。

悔い改めたお婆さんは、この雀のために改めて「スズメノカタビラ」を作ってやった、ということである。