

# 水田耕うん整地用機械の高速化に関する開発研究

## 学位論文内容の要旨

### 1. 研究の背景と目的

わが国において水田の耕うんに利用されているロータリ耕うん機は、所要動力が大きいため作業速度が遅く、大規模作業を行う場合を中心に作業能率の向上が求められていた。また、代かきに利用されている代かきロータリは、作業幅の増大などにより能率向上が図られてきたが、2～3回の作業が一般的であること、作業適期が短い地域が多いことなどからさらなる作業能率の向上が求められていた。現在の機械体系でこれらの問題を改善するためには、作業精度と所要動力のレベルを維持しつつ高能率を実現することが必要である。本研究は、ロータリ耕うん機では所要動力の低減、反転性能、碎土性能の向上を、代かきロータリでは埋没性能、碎土性能の向上を図りながら、市販従来機より高速作業が可能な作業機を開発することを目的としたものである。

### 2. 高速耕うんロータリの開発

作業精度に影響するロータリづめの形状及び配列に関する基礎実験を行い、その結果を踏まえて中型と大型の2台の高速耕うんロータリを試作開発し、市販機を対照機として性能試験を行った。

- 1) 基礎実験の結果、1回転当たり3回切削するつめ配列より2回切削する配列の方が土の抱込みが少なく水田の耕うんに適すること、つめ切削幅の増大により所要動力の低減が可能であるが、碎土性能の向上が課題であること、つめわん曲部の切削角を大きくすることにより、碎土性能を向上させ得ることを明らかにした。
- 2) 開発機はつめ軸1回転当たり2回切削を行い、ロータリづめわん曲部の曲率半径と切削角を大きくしたこと、同つめの横方向取付け間隔を広げたこと、カバー内後方のスペースを広くするとともにリヤカバーをローリング可能な構造とし、その先端にレキを付けたこと、機体前方へ固定刃を取付けたことなどを特徴とする。
- 3) 中型開発機で所要動力、作業精度等を計9箇所の水田で調査した。開発機はつめ軸1回転当たり1回切削を行う対照機より、作業可能な最高作業速度が40%程度高いこと、PTO比動力が5～10%少なく、比推進力が35～55%小さいこと、中粗粒質の水田で対照機を高速回転すると過剰碎土となるが、開発機ではそれを改善できること、高速域における開発機の反転性能や均平性能は作業速度が20～30%低い対照機と同程度以上であることなどを実証した。
- 4) 大型開発機と、つめ軸1回転当たり2回切削を行う対照機の所要動力、作業精度等を計13箇所の水田で調査した。作業可能な最高作業速度は、開発機が対照機より15

～40%程度高いこと、開発機は対照機に比べ、平均でPTO比動力が約10%少なく、比推進力が20～50%小さいこと、トラクタ座席の振動レベルが1～3dB低いことを実証した。開発機の碎土性能は湿潤な細粒質水田では対照機と同程度であったが、その他の水田では対照機より良好であった。開発機の反転性能や均平性能は作業速度が20～30%低い対照機と同程度であった。

5) 4. 箇所の水田で試験した結果、開発機は対照機より1段高速で作業できるため、対照機に比べ耕起時の作業能率が19～32%高く、比燃料消費量が7～19%少なかった。

### 3. 高速代かきロータリの開発

作業精度の向上のため、大型レーキ及びロータリづめに関する基礎実験を行い、その結果を踏まえて一体式及び折畳み式の2台の高速代かきロータリを開発試作し、市販機を対照機として性能試験を行った。

1) 基礎実験により、良好な性能を示す大型レーキの横方向平均間隔は37mm～45mmであること、従来のつめ配列より一対のつめの片方を15mm横へずらす配列の方が碎土性能、埋没性能が良好であること、切削角が95°のつめでは105°のつめに比べ、埋没性能がやや劣ること、つめ回転速度を8%高めると碎土性能がやや向上するが、埋没性能が低下してPTO比動力が約14%増加することなどを見出した。

2) 開発機は、リヤカバー前方に大型レーキを新設したこと、つめ配列を変更したこと、リヤカバー内の容積を広くしたこと等を特徴とする。

3) 開発機と対照機を供試し、6箇所の水田で作業精度を、4箇所の水田で所要動力を調査した。開発機の株やわらの埋没性能、碎土性能及び均平性能は同じ作業速度の対照機に比べ良好であること、開発機の株やわらの埋没性能、碎土性能は作業速度が20～30%低い対照機とほぼ同じであること、2回作業した開発機の株埋没性能、碎土性能は同じ作業速度で3回作業した対照機と同程度であることが明らかになった。開発機のPTO比動力は、ほ場により傾向が異なったが、平均すると対照機と同程度であった。

4) 対照機より約20～30%高速で作業した開発機のは場作業量は対照機より21～22%高く、開発機の燃料消費量は対照機より13～15%少なかった。

### 4. 開発機を利用した作業体系

開発機と対照機を供試し、作業体系試験を行った。

1) 中型高速耕うんロータリ（開発機）を供試し、対照機の1.6～2.2倍の作業速度で耕起・碎土を行った区を設け、代かき作業や田植作業の精度に及ぼす影響を3箇所の水田で調査した。その結果、開発機区の耕起後の全層平均土塊径は対照機区より0～40%大きいこと、代かき後の表層碎土状態は対照機区と同程度であること、田植えの作業精度も両区で同程度であることを実証した。

2) 高速代かきロータリ（開発機）を供試し、(1)対照機と同じ作業速度の区、(2)同機より20～30%高速で作業した区、(3)対照機と同じ作業速度で作業回数を対照機より1回減らした区を設け、田植精度を2箇所の水田で調査した。その結果、(1)区では代かき後の稲株露出数、砂壤土水田における田植時の浮苗株率及び埋没株率が対照区より少ないこと、(2)区及び(3)区の代かき精度と田植精度は対照区と同程度であることを確認した。

なお、高速耕うんロータリは1995年に市販化され、2004年3月までに約6,000台製造された。高速代かきロータリは、2002年に販売が開始され、2004年3月までに約5,200台製造された。それぞれ、水田を中心とした耕うん整地作業の効率化に貢献している。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 端 俊 一  
副 査 教 授 長谷川 周 一  
副 査 教 授 野 口 伸  
副 査 助 教 授 片 岡 崇

## 学 位 論 文 題 名

### 水田耕うん整地用機械の高速化に関する開発研究

本論文は 6 章からなり、図 70、写真 26、表 86、引用文献 114 を含む、総ページ数 165 の和文論文であり、他に参考論文 4 編が添えられている。

わが国において水田の耕うんに利用されているロータリ耕うん機は、所要動力が大きい  
ため、また、代かきロータリは 2~3 回の作業が一般的であるために、作業能率が低い実情  
にある。さらに、作業期間が短いこともあり、いずれも作業能率の向上が求められていた。  
現在の機械体系でこの問題を改善するためには、作業精度と所要動力のレベルを維持しつ  
つ高能率を実現する必要がある。本研究は、ロータリ耕うん機では所要動力の低減、反転  
性能、碎土性能の向上を、代かきロータリでは埋没性能、碎土性能の向上を図りながら、  
市販従来機より高速作業が可能な作業機を開発することを目的としたものである。

#### 1. 高速耕うんロータリの開発

作業精度に影響するロータリづめの形状及び配列に関する基礎実験により、1 回転当  
たり 2 回切削するつめ配列が土の抱込みが少ないこと、つめ切削幅の増大により所要動力が  
低減できること、つめわん曲部の切削角を大きくすることにより、碎土性能を向上させ得  
ることを明らかにし、これらの結果をふまえ、さらにリヤカバーに改良を加えた中型と大  
型の 2 台の高速耕うんロータリを試作開発し、市販機を対照機として性能を確認した。

開発機で所要動力、作業精度等を計 26 箇所の水田で調査した結果、開発機はつめ軸 1 回  
転当たり 1 回切削を行う対照機より、作業可能速度が約 40% 高く、1 回転当たり 2 回切  
削を行う対照機より 15~40% 高いこと、PTO 比動力が 5~10% 少なく、比推進力が 20~55%  
小さいこと、碎土性能は対照機と同程度あるいはそれより良好で、中粗粒質の水田での過  
剰碎土を防げること、高速域における開発機の反転性能や均平性能は、作業速度が 20~

30%低い対照機と同程度以上であること、トラクタ座席の振動レベルが1~3dB低減すること、開発機は対照機より1段高速で作業できるため、対照機に比べ耕起時の作業能率が19~32%高く、比燃料消費量が7~19%少ないことを実証した。

## 2. 高速代かきロータリの開発

作業精度の向上を目的とした大型レーキ及びロータリづめに関する基礎実験により、レーキの最適なつめ間隙、砕土性能、埋没性能が良好な耕うんづめ配列、埋没性能が良好な切削角を見だし、つめ回転速度の増加と、砕土性能向上、埋没性能低下、PTO比動力増加の関係を実用範囲で明らかにした。この結果をふまえて、一体式及び折畳み式の2台の高速代かきロータリを開発試作し、市販機を対照機として6箇所の水田で作業精度を、4箇所の水田で動力性能を調査した。開発機の株やわらの埋没性能、砕土性能及び均平性能は対照機より優れ、2回作業した開発機の株埋没性能、砕土性能は同じ作業速度で3回作業した対照機と同程度、PTO比動力もほぼ対照機と同程度であることを実証している。対照機より約20~30%高速で作業した開発機のは場作業量は、対照機より21~22%高く、開発機の燃料消費量は対照機より13~15%少ないことを実証している。

## 3. 開発機を利用した作業体系

開発機による耕起・砕土作業が後作業におよぼす影響を実験により明らかにし、本機を使用する作業体系について考察した。

高速耕うんロータリにより、対照機の1.6~2.2倍の作業速度で耕起・砕土を行った場合、耕起後の全層平均土塊径が対照機より大きくなることもあるが、代かき後の表層砕土状態や田植えの作業精度は対照機と同程度であることを実証した。高速代かきロータリでは、対照機と同じ作業速度の場合、田植時の浮苗率及び埋没株率が対照機より少なく、20~30%高速で作業した場合、あるいは対照機と同じ速度で作業回数を1回減らした場合には、田植精度は対照機と同程度であることを確認した。以上の結果をもとに、開発機の利用による土質条件や栽培条件に合わせた自由度の高い耕うん整地作業について論じている。

以上のように、本研究は耕うんロータリと代かきロータリの作業速度と作業精度に影響する機械的要因を明らかにし、水田の耕うんと代かき作業の高速化を実現した研究であり、学術的・実用的価値が高く、開発された「高速耕うんロータリ」と「高速代かきロータリ」は、それぞれ数千台製造・市販され、水田の耕うん整地作業の効率化に貢献している。

よって審査員一同は、後藤隆志が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。