

委託試験成績（平成 25 年度）

担当機関名	岡山県農林水産総合センター 農業研究所																										
実施期間	平成 25 年度～平成 26 年度																										
大課題名	I. 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立																										
課題名	改良型ロータリ(ツーウェイロータリ)を用いた耕起一工程播種による水稲一大麦連続直播体系の安定化																										
目的	水稲一大麦の連続直播栽培を安定化させるため、残さの鋤き込みに優れ、耕起と播種・施肥が一工程で可能となる改良型ロータリと、湿潤圃場でも走行性に優れるハーフクローラトラクタによる耕起直播の作業性を検証する。併せて、圃場多湿時の対策として、全面散播後に浅耕する播種方法についても検討し、省力的二毛作体系の確立に資する。																										
担当者名	前田周平																										
<p>1. 試験場所 岡山県赤磐市 農業研究所内実験農場</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名</p> <p>改良ロータリ：FTM201T、FTL221T、ハーフクローラトラクタ：EG58、EG65 慣行ロータリ：RM9G、AXS2010H、慣行トラクタ：GL530、AF660 播種機：クリンシーダ RXG</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場：細粒質普通灰色低地土、粘質（麦播種前には額縁明渠と砲弾暗渠を設置）</p> <p>イ. 耕種概要</p> <p>品種：二条大麦；おうみゆたか、水稲；ヒノヒカリ 施肥：大麦；化成肥料分施(窒素成分 11.0kg/10a) 水稲；緩効性被覆肥料全量基肥施用(窒素成分 10.0kg/10a) 播種：H25 産大麦；H24/11/ 30 播種(播種量は条播 5.8kg/10a、散播 8.0kg/10a) 水稲；6/5 播種(播種量は条播 5.4kg/10a、散播 8.0kg/10a、6/29 入水) H26 産大麦；H25/12/2 播種(播種量は条播 8.7kg/10a、散播 12.0kg/10a) 除草：H25 産大麦；12/4 バスタ液剤＋クリアターン乳剤、3/4 ハーモニー75DF 水和剤 水稲；6/17 クリンチャーバスME液剤、6/28 クリンチャーEW、7/4 ザークD 1[※]粒剤 H26 産大麦；12/4 バスタ液剤＋クリアターン乳剤</p> <p>(3) 試験区の構成</p> <p>以下の区(20～100 m²)を 2 反復分割区法(主区：ロータリ機種、副区：圃場条件)で設置。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>試験区設計</caption> <thead> <tr> <th>試験区</th> <th>ロータリ機種</th> <th>圃場条件</th> <th>播種方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>改良ロータリ区</td> <td rowspan="4">通常条件</td> <td rowspan="2">耕起後条播</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>慣行ロータリⅠ区</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>慣行ロータリⅡ区</td> <td rowspan="2">浅耕散播</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>慣行ロータリⅡ区</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>改良ロータリ区</td> <td rowspan="4">湿潤条件</td> <td rowspan="2">耕起後条播</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>慣行ロータリⅠ区</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>慣行ロータリⅡ区</td> <td rowspan="2">浅耕散播</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>慣行ロータリⅡ区</td> </tr> </tbody> </table>		試験区	ロータリ機種	圃場条件	播種方法	①	改良ロータリ区	通常条件	耕起後条播	②	慣行ロータリⅠ区	③	慣行ロータリⅡ区	浅耕散播	④	慣行ロータリⅡ区	⑤	改良ロータリ区	湿潤条件	耕起後条播	⑥	慣行ロータリⅠ区	⑦	慣行ロータリⅡ区	浅耕散播	⑧	慣行ロータリⅡ区
試験区	ロータリ機種	圃場条件	播種方法																								
①	改良ロータリ区	通常条件	耕起後条播																								
②	慣行ロータリⅠ区																										
③	慣行ロータリⅡ区		浅耕散播																								
④	慣行ロータリⅡ区																										
⑤	改良ロータリ区	湿潤条件	耕起後条播																								
⑥	慣行ロータリⅠ区																										
⑦	慣行ロータリⅡ区		浅耕散播																								
⑧	慣行ロータリⅡ区																										

ア. ロータリ機種

- ①改良ロータリ区：ハーフクローラトラクタと改良ロータリー工程で耕起、播種
 - ②慣行ロータリⅠ区：慣行トラクタと慣行ロータリー工程で耕起、播種
 - ③慣行ロータリⅡ区：慣行トラクタと慣行ロータリで1回耕起後、2回目の耕起時に播種
- なお、播種機については全区共通とした。

イ. 圃場条件 ①通常条件：無処理

- ②湿潤条件：耕起播種前日に動噴を用い10～15 mmの人工降雨処理。

ただし、慣行ロータリⅡ区は播種前日に耕耘後、人工降雨処理。

ウ. 播種方法 ①耕起後条播：ロータリ付播種機を用いた条播

- ②浅耕散播：1回耕起後に種子を散播し、浅耕攪拌した。

3. 試験結果

(1) 散水処理による土壌含水比の上昇と作業速度、耕起深度

- 1) 散水処理した湿潤条件の土壌含水比は、通常条件より4.1～5.6ポイント高くなった(図1)。
- 2) 必要な播種状態が確保できる播種時の作業走行速度は、いずれの圃場条件でも改良ロータリ区と慣行ロータリⅡ区は同等か改良ロータリ区がやや早かった(表1)。慣行ロータリⅠ区は、改良ロータリ区のおよそ3分の1の低速度でしか作業ができなかった。
- 3) 播種時の作業走行速度に関わらず改良ロータリ区の耕起深度は慣行ロータリⅡ区と同等であり、慣行ロータリⅠ区よりも深かった(表1)。

(2) 播種時の圃場状態と碎土性、苗立

- 1) 大麦：播種時の土壌含水比は両年度とも40～50%と高く湿潤な状態であり(図1)、碎土率は全般で低かった(図2)。このうち通常条件では、改良ロータリ区の碎土率は他の区と同等であったが、苗立数、苗立率は慣行ロータリⅠ区よりやや小さく、慣行ロータリⅡ区とは同等であった(表2)。一方、湿潤条件では、改良ロータリ区の碎土率は土の練返しが認められた慣行ロータリⅡ区よりも高く、苗立率も高かった(表2)。
- 2) 水稻：播種時の土壌含水比は10～20%と乾燥していたため(図1)、碎土率は67～83%と全般で高かった(図2)。このため、苗立率は降雨処理を行った湿潤条件の方が通常条件よりも高く、湿潤条件ではロータリ機種による苗立率の差は認められなかった(表2)。一方、通常条件では耕起深度が深く、乾燥が緩和された改良ロータリ区で苗立率が高かった。
- 3) 播種後の土壌表面の残さ量は改良ロータリ区が他の2区より明らかに少なかった(図3)。

(3) 収量構成要素および収量

- 1) 大麦：改良ロータリ区の収量は慣行ロータリⅠ区とほぼ同等、慣行ロータリⅡ区よりもやや多く(表3)、特に湿潤条件では苗立率の劣った慣行ロータリⅡ区より多い傾向にあった。一穂着粒数と千粒重に処理区間差が無く、穂数の多寡が収量に影響した。
- 2) 水稻：改良ロータリ区の収量は圃場条件によらず慣行ロータリⅡ区とほぼ同等であり、慣行ロータリⅠ区に対しては湿潤条件では同等であるが、通常条件では乾燥で苗立率が悪く穂数が不足した慣行ロータリⅠ区よりもやや多くなった(表3)。

(4) 浅耕散播による生育と収量

- 1) H25産大麦：浅耕散播区は慣行ロータリⅡ区よりも播種量が多いため苗立数は多かったが、苗立率自体は低かった(表4)。また、湿潤条件では碎土率が低下して苗立率が低かった慣行

ロータリⅡ区に対し、浅耕散播区は苗立率の低下が認められず、収量も浅耕散播区で多い傾向にあった。

2) 水稻：播種前後の乾燥した圃場条件により、両区とも湿潤条件で苗立率が高くなったが、播種方法による苗立率の違いは認められなかった（表4）。また、浅耕散播区では穂数は慣行ロータリⅡ区よりも多い傾向にあったが、収量、品質では両区で差は認められなかった。

4. 主要成果の具体的データ

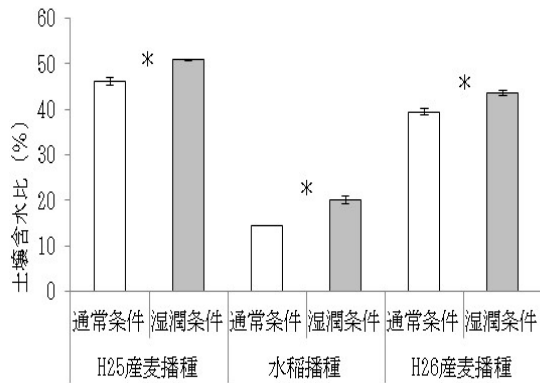


図1. 播種直前の土壌含水比

図中縦棒は標準誤差を示し、*は5%水準で有意であることを示す

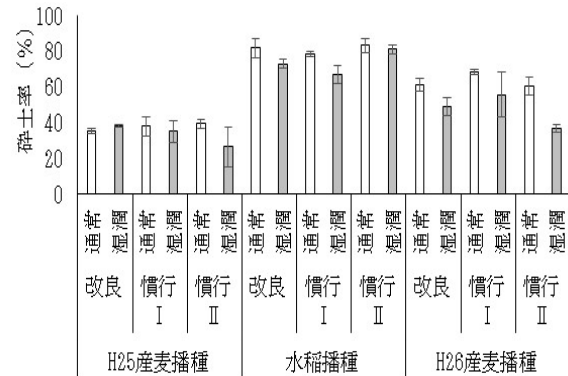


図2. 播種後の碎土率

(碎土率は2cm以下の土塊割合であり、図中の縦棒は標準誤差を示す)

表1. 播種時の作業走行速度と耕起深度

作目	処理区	使用機械 (トラクタ+ロータリ)	作業走行速度		PTO回転数 (rpm)	耕起深度 (cm)
			(km/hr)	(rpm)		
H24麦播種	改良ロータリ区	EG58+FTM201T	1.92	(100)	590	20.2
	慣行ロータリⅠ区	GL530+RM9G	0.62	(311)	573	16.5
	慣行ロータリⅡ区	GL530+RM9G	1.63	(118)	573	18.7
水稻播種	改良ロータリ区	EG58+FTM201T	1.13	(100)	590	19.7
	慣行ロータリⅠ区	GL530+RM9G	0.30	(373)	573	14.4
	慣行ロータリⅡ区	GL530+RM9G	0.71	(159)	573	19.4
H25麦播種	改良ロータリ区	AF660+FTM221T	1.00	(100)	565	20.7
	慣行ロータリⅠ区	EG65+AXS2010H	0.42	(239)	520	18.4
	慣行ロータリⅡ区	EG65+AXS2010H	1.20	(83)	520	21.0

()内の数値は改良ロータリ区の作業走行速度を100とした場合の各区の指標値を示す

表2. ロータリ機種及び圃場条件が苗立数、苗立率に及ぼす影響

ロータリ機種	圃場条件	H25大麦		水稻		H26大麦	
		苗立数(/m ²)	苗立率(%)	苗立数(/m ²)	苗立率(%)	苗立数(/m ²)	苗立率(%)
改良ロータリ	通常	68.8 (3.2)	53.6 (2.5)	65.3 (3.3)	35.0 (1.8)	129.3 (0.7)	72.1 (0.4)
	湿潤	66.0 (6.0)	51.4 (4.7)	92.7 (0.7)	49.7 (0.4)	111.0 (9.7)	61.9 (5.4)
慣行ロータリⅠ	通常	80.0 (1.6)	62.3 (1.2)	40.7 (7.3)	21.8 (3.9)	141.7 (0.3)	79.0 (0.2)
	湿潤	78.0 (0.4)	60.7 (0.3)	87.7 (1.0)	47.0 (0.5)	121.7 (11.7)	67.9 (6.5)
慣行ロータリⅡ	通常	71.6 (0.4)	55.8 (0.3)	48.3 (1.7)	25.9 (0.9)	138.3 (7.0)	77.2 (3.9)
	湿潤	52.4 (2.0)	40.8 (1.6)	89.0 (1.0)	47.7 (0.5)	95.7 (1.0)	53.4 (0.6)
機種(A)		**	**	ns	ns	*	*
分散分析 圃場条件(B)		ns	ns	**	**	*	*
(A) × (B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

()内の数値は標準誤差を示す

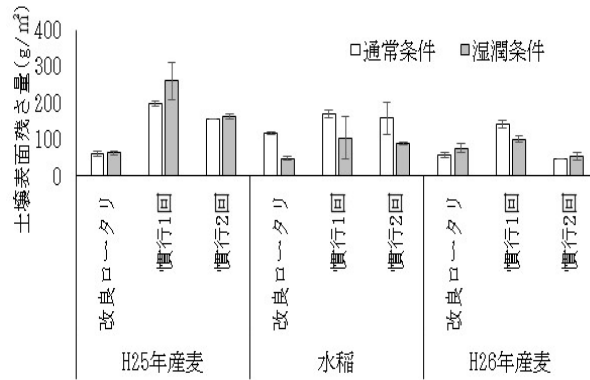


図3. 播種直後の土壌表面残さ量（図中の縦棒は標準誤差を示す）

表3. ロータリ機種及び圃場条件が収量構成要素、収量に及ぼす影響

作目	ロータリ機種	圃場条件	穂数 (/m²)	一穂着粒数 (/穂)	千粒重 (g)	収量 (kg/10a)	タンパク含量 (%)
平成25年産大麦	改良ロータリ区	通常	520 (16)	20.1 (0.4)	54.7 (0.5)	400 (3)	11.0 (0.1)
		湿潤	409 (5)	20.9 (0.2)	54.1 (0.2)	352 (40)	11.5 (0.2)
	慣行ロータリⅠ区	通常	550 (11)	20.4 (0.4)	54.1 (0.0)	426 (19)	10.9 (0.0)
		湿潤	424 (5)	19.8 (0.8)	52.8 (0.2)	320 (16)	10.7 (0.3)
	慣行ロータリⅡ区	通常	474 (20)	19.3 (0.4)	54.5 (0.8)	364 (1)	10.8 (0.2)
		湿潤	373 (52)	19.5 (0.4)	54.0 (0.0)	293 (62)	11.1 (0.3)
	分散分析	機種(A)	ns	ns	ns	ns	*
		圃場条件(B)	**	ns	ns	ns	ns
		(A) × (B)	ns	ns	ns	ns	ns
	水稻	改良ロータリ区	通常	403 (7)	79.7 (1.3)	23.1 (0.0)	576 (14)
湿潤			381 (11)	77.9 (4.1)	22.9 (0.1)	560 (1)	7.60 (0.18)
慣行ロータリⅠ区		通常	333 (12)	84.4 (1.1)	23.3 (0.2)	503 (20)	7.78 (0.10)
		湿潤	381 (16)	78.0 (1.4)	22.9 (0.0)	565 (15)	7.63 (0.09)
慣行ロータリⅡ区		通常	378 (15)	88.6 (0.0)	23.2 (0.2)	577 (40)	7.48 (0.06)
		湿潤	384 (27)	76.6 (2.1)	23.1 (0.2)	603 (12)	7.37 (0.19)
分散分析		機種(A)	ns	ns	ns	ns	ns
		圃場条件(B)	ns	ns	ns	ns	ns
		(A) × (B)	ns	ns	ns	ns	ns

() 内の数値は標準誤差を示す

表4. 播種方法及び圃場条件が苗立と収量、品質に及ぼす影響

作目	播種方法	圃場条件	苗立数 (/m²)	苗立率 (%)	穂数 (/m²)	着粒数 (粒/本)	千粒重 (g)	収量 (g/m²)	タンパク含量 (%)
H25年産大麦	浅耕散播	通常	96.0	36.3	522	19.7	52.0	376	9.9
		湿潤	103.0	39.0	521	19.7	52.5	347	10.4
	慣行ロータリⅡ	通常	71.3	55.5	474	19.3	54.5	364	10.8
		湿潤	52.7	41.0	373	19.5	54.0	293	11.1
	分散分析	播種方法(A)	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
		圃場条件(B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		(A) × (B)	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
	水稻	浅耕散播	通常	53.3	25.9	431	81.4	23.3	575
湿潤			91.1	44.3	433	73.4	23.1	606	7.3
慣行ロータリⅡ		通常	48.3	25.9	378	88.6	23.2	577	7.5
		湿潤	88.9	47.6	384	76.6	23.1	603	7.4
分散分析		播種方法(A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		圃場条件(B)	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
		(A) × (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

() 内の数値は標準誤差を示す

5. 経営評価

(1) 作付体系ごとの作業時間

改良ロータリ区は事前の耕耘作業を省略したため、慣行ロータリⅡ区に比べ全作業時間が水稲作で11%、大麦作で14%省力化された。また、水稲作では移植栽培より21%省力化された(図4)。慣行ロータリⅠ区と比較すると、播種速度が顕著に早かったことから水稲で24%、大麦で22%全作業時間が省力化された。

(2) 作付計画による作業時期のピークと経営の解析

改良ロータリを用いた「水稲乾田直播+大麦体系」、慣行の「水稲移植栽培+大麦体系」について線形計画法を用い作業時期のピークと経済性の解析を行った。「水稲移植+大麦体系」は移植作業が省力化されるため、直播に必要な水管理と除草剤散布作業が加わっても6月中旬以降の作業量は減少した。しかし、5月下旬から6月上旬にかけては水稲の播種や除草剤の散布作業が移植栽培の育苗作業と同程度の作業量となり、麦の収穫作業と重ることによって作業ピークを形成し、大きな労力分散にはつながらなかった。

経営面では、「水稲乾田直播+大麦体系」は農地の高度利用による粗収益の増加、及び水稲と麦の機械の共用による固定費の低減により、一定の所得の向上が認められた(表5)。

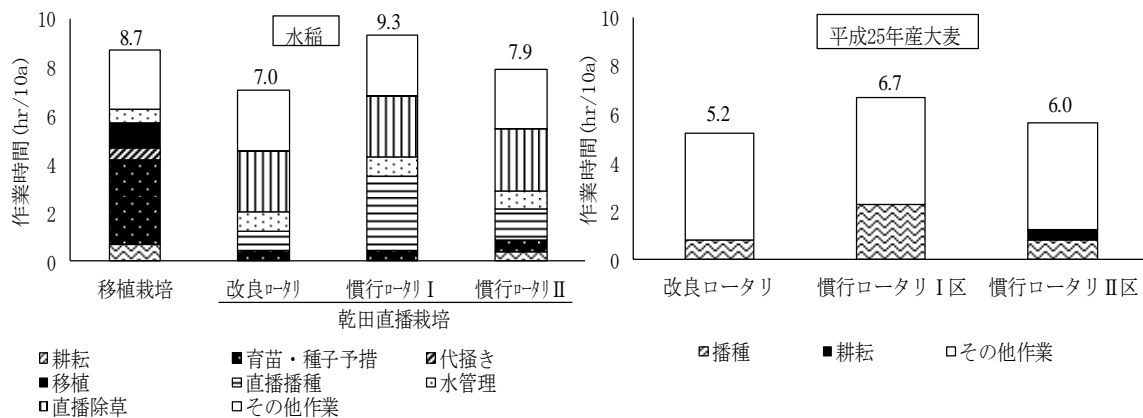


図4. 栽培体系と機種の違いが作業時間に及ぼす影響
(棒グラフ上の数値は各区の全作業時間の合計値を示す)

表5. 線形計画法*により算出した作付体系毎の最適計画案

指標項目	単位	乾直+大麦 (改良ロータリ区)			水稲移植		水稲移植+大麦		
		経営全体	水稲直播	大麦	経営全体	水稲移植	経営全体	水稲移植	大麦
作付面積	a	1,845	1,000	845	1,000	1,000	1,772	1,000	772
粗収益	千円	21,456	14,688	6,768	14,688	14,688	20,869	14,688	6,181
変動費	千円	8,698	6,122	2,576	6,060	6,060	8,413	6,060	2,353
固定費	千円	4,760			5,018		5,246		
借地料	千円	2,500			2,500		2,500		
農業所得	千円	4,510			1,110		3,723		
所得率	%	25.6			7.6		22.6		

*中央農業研究所作成の営農計画策定支援システム(Z-BFM)を利用
計算の前提条件として、経営規模を10ha水田(借地)、従事者2名とし、実証試験の作業時間と岡山県農業経営指導指標の各作目毎の費用項目を引用した。

6. 考察

改良ロータリは麦作、水稲作ともに慣行ロータリの二工程播種と同等の播種作業速度が得られるとともに、良好な収量が示された。また、麦播種時は両年とも圃場は湿潤な状態であったが、改良

ロータリは事前の耕耘がないため、降雨後速やかに周縁明渠への排水が促され、慣行の二工程播種より降雨処理後の碎土、苗立ちが比較的良くなるとともに、早期の作業着手が可能となるため播種前の降雨に対して一定の耐性が認められた。

経営面では、麦一水稲作による土地利用の高度化と機械利用の汎用化が図れることで農業所得が向上した。ただし、年間作業量のピークを分散する効果が十分ではないこと、直播に適した圃場を選ぶことなどが課題として残った。

稲、麦の浅耕散播は慣行の二工程播種と同等の収量が得られ、事前耕起後に降雨があった場合の播種手段としては有効であると考えられた。ただし、圃場の凹凸により耕起覆土時の耕起深度が一定に保ちにくいこと、また、それによりトラクタの轍が残る箇所ができて滞水したことから、大区画圃場での苗立ちの均一性は保ちにくいと考えられ、根張りの浅さによる倒伏も危惧された。

7. 利用機械評価

- (1) 改良ロータリ：慣行ロータリと比較して、鋤き込み性、碎土性に優れるが、湿潤な圃場条件の場合、耕耘作業はできるものの、レーキ部分に土が付着し、詰まりを起こしてレーキの効果を低下させた（写真5）。
- (2) ハーフクローラトラクタ：轍跡など圃場の凹凸部での直進安定性に優れていた。また圃場が湿潤な場合、枕地での転回時の轍跡は慣行トラクタよりも軽微であった。

8. 問題点と次年度の計画

麦の収穫時期との作業競合を避けるため、麦のWC S利用や麦と水稲移植を部分的に組み合わせるなど作業分散をより改善した米麦栽培体系が求められる。

9. 参考写真



写真1. 播種の様子



写真2. 播種前の湿潤土壤



写真3. 穂揃時の大麦(H25.5/7)



写真4. 入水後の水稲(H25.7/4)

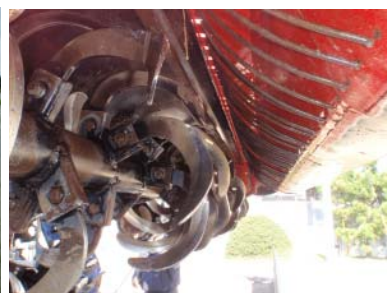


写真5. 改良ロータリの耕耘前のレーキ (左) と、湿潤土壤耕耘後の状態 (右)

