

委託試験成績（平成 26 年度）

担当機関名、代表者名	秋田県農業試験場 場長 渡辺兵衛																																								
実施期間	平成 26 年度～27 年度、新規																																								
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	無段変速セミクローラトラクタによる水田作業の高能率化試験																																								
目的	<p>水田作業の高速化や省エネ化の必要性が高まっている。水稲作では直播や疎植栽培により播種・田植え作業時間は短縮されてきているが、耕うんや代かき時間が春作業の問題となってきた。これらの問題を解決するためには、作業の高速化が必要であり、代かきを行わない栽培法への転換も一つの方策になる。しかし、これまで水田で使用されなかったけん引作業機等はけん引力や操舵性が必要とされるため、これらについて高い能力を有するセミクローラトラクタでの試験が必要である。</p> <p>そこで、無段変速セミクローラトラクタと水田用チゼルプラウや縦爪回転ハローの作業能率を無代かき直播栽培体系で代かき体系と比較、検討する。あわせて、燃料消費を減少できるトラクタの負荷制御機構がこれら作業時の燃料消費軽減効果について検討する。さらに無代かき湛水直播水稲の生育特性を検討する。</p>																																								
担当者名	作物部 主任研究員 進藤勇人																																								
<p>1. 試験場所</p> <p>試験場所・土壌条件：秋田県農業試験場水田ほ場・細粒強グライ土 能代市現地水田・細粒強グライ土（26 年春レーザレベラ施工ほ場）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名</p> <p>ア. 本機：ヤンマー社製 無段変速セミクローラトラクタ（EG65C 型）</p> <p>イ. 作業機：水田用チゼルプラウ（IHI スター社製 FDSS71 型、作業幅 2.3m）、縦爪回転ハロー（IHI スター社製 FECL-233PT 型パッカローラ装備、作業幅 2.3m）、ロータリ（小橋工業社製 KJF223 型、作業幅 2.2m）、代かきハロー（小橋工業社製 TXM416 型、作業幅 4.1m）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. ほ場条件</p> <p>1) ほ場 A 秋田農試水田ほ場 細粒強グライ土（ほ場区画 1ha（200×50m）、農道ターン）</p> <p>2) ほ場 B 秋田農試水田ほ場 細粒強グライ土（ほ場区画 1ha（200×50m）、農道ターン）</p> <p>3) ほ場 C 秋田農試水田ほ場 細粒強グライ土（ほ場区画 1ha（200×50m）、農道ターン）</p> <p>4) ほ場 D 能代市現地水田 ほ場 細粒強グライ土（ほ場区画 1ha（148×68m）1ha）</p> <p>*耕うん、整地作業では、農道での旋回をしていない。</p> <p>イ. 試験区の構成および作業日（負荷制御試験は同日に行った。）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ほ場</th> <th>体系</th> <th>耕起 チゼルプラウ</th> <th>耕うん ロータリ</th> <th>砕土・整地 縦爪回転ハロー</th> <th>荒代 代かきハロー</th> <th>植代 代かきハロー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>無代かき</td> <td>4月24日</td> <td>—</td> <td>4月28日</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>代かき</td> <td>—</td> <td>4月27日</td> <td>—</td> <td>5月6日</td> <td>5月10日</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>代かき</td> <td>—</td> <td>4月27日</td> <td>—</td> <td>5月5日</td> <td>5月8日</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>無代かき</td> <td>4月25日</td> <td>—</td> <td>4月29日</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>ウ. 機械設定</p>							ほ場	体系	耕起 チゼルプラウ	耕うん ロータリ	砕土・整地 縦爪回転ハロー	荒代 代かきハロー	植代 代かきハロー	A	無代かき	4月24日	—	4月28日	—	—	B	代かき	—	4月27日	—	5月6日	5月10日	C	代かき	—	4月27日	—	5月5日	5月8日	D	無代かき	4月25日	—	4月29日	—	—
ほ場	体系	耕起 チゼルプラウ	耕うん ロータリ	砕土・整地 縦爪回転ハロー	荒代 代かきハロー	植代 代かきハロー																																			
A	無代かき	4月24日	—	4月28日	—	—																																			
B	代かき	—	4月27日	—	5月6日	5月10日																																			
C	代かき	—	4月27日	—	5月5日	5月8日																																			
D	無代かき	4月25日	—	4月29日	—	—																																			

1) PTO を使用する作業機は、PTO 1 で定格回転 (540rpm) のエンジン回転 2300rpm で作業した。けん引作業はエンジン回転 2200rpm で作業した。

2) 負荷制御：供試した 1ha ほ場を短辺で 2 分割し (各試験面積は約 50a)、先に負荷制御機構を使用しない状態で作業し、ほ場の仕上がりでエンジン負荷からオペレータの判断で作業速度を決定した。その後、同程度の速度で作業できる最高速度をトラクタで設定し、負荷制御機構を使用して作業を行った。

エ. 播種様式・供試品種・施肥：潤土土中条播 (ヤンマー社多目的高精度播種機 RG8-STRG8 型)、落水出芽、ほ場 A：無代かき直播、ほ場 C：代かき直播、カルパー等倍コーティング・「あきたこまち」、播種量 3.25 g/m^2 ・側条施肥 (LP70：速効 N=1:1、 7.8 gN/m^2 、無追肥) 無代かき湛水直播：水田用チゼルプラウ→縦爪回転ハローにより碎土、整地後かん水し、飽水状態で播種した。

オ. 試験項目

1) 作業能率・作業速度：作業能率は、作業開始から終了までの時間を計測した。速度は、長辺中央付近の 25m 区間の通過時間を計測した。

2) 燃料消費量：トラクタに燃料消費計 (BANZAI 社、DE-FL 型) を取り付け、測定した。

3) 碎土率および土壌含水比：各作業終了時の全土壌に占める 20mm 未満土塊の重量割合を碎土率とした。同時に土壌含水比 (105°C、24 時間) を測定した。

4) 水稲苗立ち率、生育・収量

5) 土壌酸化還元電位 (再湛水後～中干し) 深さ 5 cm

3. 試験結果

ア. 各作業の作業能率と燃料消費量

1) 水田用チゼルプラウ耕の作業能率、燃料消費量はそれぞれ、1.19~1.35h/ha、10.2~12.1L/ha で、碎土率は 42.9~57.9% (含水比 0.54~0.59) であった (表 1)。ロータリ耕の作業能率、燃料消費量はそれぞれ、2.32~2.49h/ha、20.6~22.9L/ha で、碎土率は 38.8~62.7% (含水比 0.55~0.72) であった (表 2)。チゼルプラウ耕はロータリ耕に比べ、作業時間が 1h/ha 程度短く、燃料消費量が 10L/ha 程度少なかった。土壌含水比が同程度の条件では、碎土率が低かった。

2) 縦爪回転ハローの作業能率、燃料消費量はそれぞれ、1.88~2.31h/ha、16.5~18.0L/ha で、碎土率は 61.4~77.2% (含水比 0.28~0.42) であり、飽水管理し土壌を柔らかくすることで、無代かき状態で播種することが可能であった (表 3)。荒代かき作業の作業能率、燃料消費量はそれぞれ、1.26~1.37h/ha、9.7~10.4L/ha であり、植代かき作業ではそれぞれ、1.38~1.50h/ha、8.9~10.6L/ha であった (表 4、5)。

イ. 無代かき体系の作業能率

1) 無代かき体系 (ほ場 A) と代かき体系 (ほ場 C) の播種床造成にかかる作業時間は 3.3、5.3h/ha であり、燃料消費量は 30.0L/ha、41.8L/ha であり、無代かき体系は代かき体系に比べ、作業時間で 37%、燃料消費量で 28%減少した (表 6)。播種作業能率は同等であった (データ省略)。

ウ. 負荷制御機構の効果

1) 同一ほ場において各作業の負荷制御機構を使用しない時の作業時間および燃料消費量を 100 とした場合の指数は、作業時間で 92~99、燃料消費量で 90~101 であり、いずれも同等から減少した (二元配置分散分析で 0.1%水準で有意) (表 7)。オペレータからは、主変速レバー操作とクラッチ使用しない操作に慣れることが必要であるが、最高速度設定と負荷制御機構を使

用することで、加速時にエンジン負荷をあまり気にせずに加速できることやその際に仕上がりを確認できるとの感想得た。作業時間の短縮は加減速時の操作性向上によると推察された。

エ. 無代かき直播水稻の生育と特徴

- 1) 無代かき区の苗立ち率は74.9%と代かき区より高く、葉数が0.2葉多かった(表3)。
- 2) 無代かき区の茎数は、6月下旬まで代かき区よりやや多かったが、それ以降同等に推移した(図1)。
- 3) 再湛水後の土壌酸化還元電位は両区とも0以下であり、無代かき区は代かき区に比べ、6月上旬まで酸化還元電位の低下が遅かった。代かき区は表層剥離が早い時期から発生した。それ以降は同等に推移し-150mV以下であった(図2)。土壌の還元が進みにくいことが、苗立ち率に影響したものと考えられた。
- 4) 無代かき区の収量は59.0kg/aで代かき区よりやや多かった。また、玄米外観品質がやや高く、玄米タンパク質は同等であった(表4)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 水田用チゼルブラウ作業の作業能率と燃料消費量

ほ場	負荷制御	作業面積 m ²	耕深 cm	作業時間		燃料消費量		作業速度 km/h	土壌碎土率	
				h/ha	比	L/ha	比		%	含水比
A	有	4800	11	1.25	92	11.7	96	6.3	42.9	0.59
	無	4800	11	1.35	(100)	12.1	(100)	5.8	44.9	0.58
D	有	5032	12	1.19	95	10.2	100	7.9	55.7	0.58
	無	5032	12	1.25	(100)	10.2	(100)	8.0	57.9	0.54

表2 縦爪回転ハロー作業の作業能率と燃料消費量

ほ場	負荷制御	作業面積 m ²	耕深 cm	作業時間		燃料消費量		作業速度 km/h	土壌碎土率	
				h/ha	比	L/ha	比		%	含水比
A	有	4800	8	1.88	95	16.5	92	3.2	61.9	0.42
	無	4800	8	1.98	(100)	17.9	(100)	3.1	61.4	0.38
D	有	5032	9	2.29	99	17.9	99	3.1	76.2	0.32
	無	5032	9	2.31	(100)	18.0	(100)	3.1	77.2	0.28

表3 ロータリ耕の作業能率と燃料消費量

ほ場	負荷制御	作業面積 m ²	耕深 cm	作業時間		燃料消費量		作業速度 km/h	土壌碎土率	
				h/ha	比	L/ha	比		%	含水比
B	有	4940	11	2.41	97	22.9	101	2.4	62.7	0.55
	無	4940	11	2.49	(100)	22.8	(100)	2.4	60.3	0.55
C	有	4960	11	2.32	95	20.6	96	2.4	38.8	0.72
	無	4960	11	2.44	(100)	21.5	(100)	2.4	39.8	0.70

表4 荒代かき作業の作業能率と燃料消費量

ほ場	負荷制御	作業面積 m ²	作業時間		燃料消費量		作業速度 km/h
			h/ha	比	L/ha	比	
B	有	4940	1.26	95	9.7	97	2.7
	無	4940	1.32	(100)	10.0	(100)	2.7
C	有	4960	1.35	99	10.0	96	2.5
	無	4960	1.37	(100)	10.4	(100)	2.6

表5 植代かき作業の作業能率と燃料消費量

ほ場	負荷制御	作業面積 m ²	作業時間		燃料消費量		作業速度 km/h
			h/ha	比	L/ha	比	
B	有	4940	1.38	92	10.0	95	2.5
	無	4940	1.50	(100)	10.6	(100)	2.6
C	有	4960	1.41	96	8.9	90	2.5
	無	4960	1.47	(100)	9.8	(100)	2.5

表6 耕うん整地・砕土法の違いが作業能率及び燃料消費に及ぼす影響(負荷制御なし区)

体系	ほ場	耕うん・耕起			砕土・整地			荒代かき		植代かき		作業合計			
		作業時間 h/ha	燃料消費 L/ha	砕土率 %	作業時間 h/ha	燃料消費 L/ha	砕土率 %	作業時間 h/ha	燃料消費 L/ha	作業時間 h/ha	燃料消費 L/ha	作業時間 h/ha	比	燃料消費量 L/ha	比
無代かき	A	1.4	12.1	44.9	2.0	17.9	61.4	-	-	-	-	3.3	63	30.0	72
代かき	C	2.4	21.5	39.8	-	-	-	1.4	10.4	1.5	9.8	5.3	(100)	41.8	(100)

表7 負荷制御機構の有無が作業時間、燃料消費量に及ぼす影響

作業(機)	ほ場	作業時間(h/ha)			燃料消費量(L/ha)		
		無	有	左比	無	有	左比
チゼルプラウ	A	1.35	1.25	92	12.1	11.7	96
チゼルプラウ	D	1.25	1.19	95	10.2	10.2	100
縦爪ハロー	A	1.98	1.88	95	17.9	16.5	92
縦爪ハロー	D	2.31	2.29	99	18.0	17.9	99
ロータリ	B	2.49	2.41	97	22.8	22.9	101
ロータリ	C	2.44	2.32	95	21.5	20.6	96
荒代	B	1.32	1.26	95	10.0	9.7	97
荒代	C	1.37	1.35	99	10.4	10.0	96
植代	B	1.50	1.38	92	10.6	10.0	95
植代	C	1.47	1.41	96	9.8	8.9	90
分散分析		1.75	1.67	95.5	14.3	13.8	96.2
		**			**		

注)**は二元配置分散分析により、負荷制御の有無に1%水準で有意な差があることを示す

表8 播種法が苗立ち期の生育に及ぼす影響(6月12日調査)

試験区	ほ場	苗立ち本数		苗立ち率 %	草丈 cm	葉数 葉	播種深度 mm
		本/m ²	sd				
無代かき	A	87.6	3.6	74.9	24.3	4.7	7.7
代かき	C	69.2	2.5	59.1	23.2	4.5	7.4

注1) 苗立ち率は1m(50cm×2条)×24地点調査

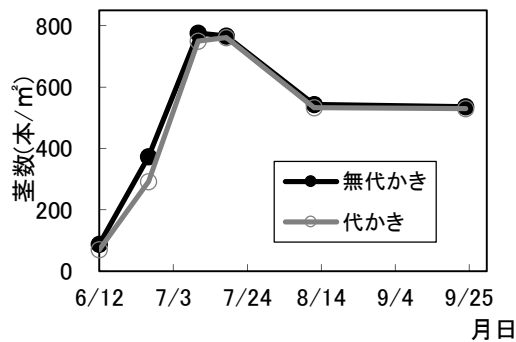


図1 茎数の推移(成熟期は穂数)

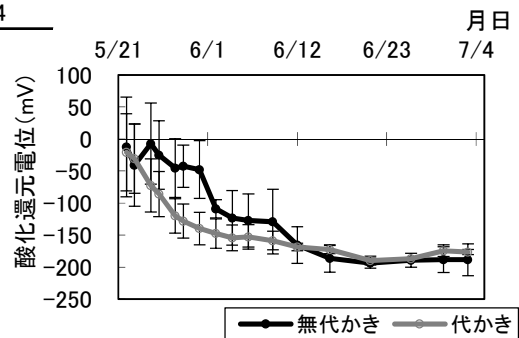


図2 酸化還元電位の推移(深さ5cm)

注1) ほ場3カ所に測定用白金電極を3本ずつ設置し測定した。垂直線は標準誤差(n=3)

注2) 落水出芽後、5月22日から再湛水し、中干しは7月1日から開始した。

表9 収量及び収量構成要素、玄米品質

試験区	ほ場	倒伏程度 0-4	精玄米重		穂数 本/m ²	籾数 千粒/m ²	登熟歩合 %	千粒重 g	外観品質 1-9	玄米タンパク質(%)
			kg/a	sd						
無代かき	A	1.6	59.0	2.5	536	34.0	85.8	24.0	1.8	6.1
代かき	C	0.8	56.8	3.7	529	32.5	88.7	23.9	2.2	6.2

1) 外観品質は、穀物検定協会仙台支所調べ。カメムシ斑点米、胴割れ粒は、除く。

2) 玄米タンパク質含有率は玄米窒素含有率に5.95を乗じ、玄米水分15%に換算して求めた

5. 経営評価

(1) 水田用チゼルプラウは作業速度がロータリ耕の2倍以上で、作業能率が74a/hと能率が高

い。価格も安価である。

(2) 縦爪ハローは作業速度が代かきの1.2倍程度であるが、作業能率が51a/hで代かき2回分の能率を上回る。

(3) 無代かき体系に供試した作業機の価格は代かき体系を代かき体系より安価で、作業能率が大幅に向上するために、固定費の圧縮につながると考えられる。一方で、無代かき体系は乾田状態で碎土・整地を行うため、降雨等の天候に左右されやすく、作業可能日数も含めた検討が必要である。

表 作業機の価格(税込)と作業能率の比較

	作業機	価格 千円	作業速度 km/h	作業能率 a/h	作業機	価格 千円	作業速度 km/h	作業能率 a/h
無代かき体系	チゼルプラウ FDSS71型	703.5	5.8	74	縦爪ハロー FECL-233PT型	1680.0	3.1	51
代かき体系	ロータリ KJF223型	1102.5	2.4	42	代かきハロー TXM416型	1799.7	2.6	35

注) ほ場A、Cの負荷制御なし区のデータを用いた。トラクタは無段変速セミクローラトラクタ(EG65C型)である。

注) 代かきの作業能率は、荒代、植代の2回分の能率である。

6. 利用機械評価

(1) 供試した無段変速セミクローラトラクタは、主変速レバー操作とクラッチ使用しない操作に慣れることが必要であるが、最高速度設定と負荷制御機構を使用することでオペレータの負担が軽減できる。

(2) 供試した水田用チゼルプラウは側面のコールタの装備により側方への土塊の飛び散りが少なく、耕起性能が高い。

(3) 供試したパッカローラ付き縦爪回転ハローは、パッカローラによる整地が良好である。スパイラルローラを使用した場合は施工後に斜めに鎮圧痕が残るが、パッカローラではそれがないので、無代かき播種に適している。

7. 成果の普及

農家講習会等でデータを活用している。また、現地農家ほ場での実証も行っている。

8. 考察

(1) 牽引力と機動性を併せ持つ無段変速セミクローラトラクタは、水田用チゼルプラウのようなけん引作業機での作業でも高速作業が可能で、特に粘土含量の高い湿田では、水田作業の効率化に有効と考えられた。

(2) 水田用チゼルプラウと縦爪回転ハローを用いた無代かき体系では慣行の代かき体系に比べ、作業時間で37%、燃料消費量で28%の削減が図られた。ロータリと同等以上の作業幅で、チゼルプラウでは3倍程度、縦爪回転ハローでは1.3倍程度の速度で耕起、碎土整地が行えるためと考えられた。セミクローラトラクタの特性を生かせる作業体系と考えられた。

(3) 最高速度設定と負荷制御機構を使用することで、作業時間が1~8%、燃料消費量が1~10%削減された。最高速度設定と負荷制御機構を使用することで、加速時にエンジン負荷をあまり気にせずに加速できることやその際に仕上がりを確認できることで、作業時間の短縮は加減速時の操作性向上によるものと推察された。負荷制御が作動しているときの燃料消費量の変動や速度の変化については今後検討する必要があると考えられた。

(4) 無代かきほ場は土壌還元の進行が遅く、苗立ち率が代かき区より高かった。減水深が比較的

少ない粘質のグライ土壤に適した栽培と考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

水田用チゼルプラウによる耕起作業では、稲株や稲わらの埋没が不足する場合がある。カゴローラ付きロータリを加えて、次年度も継続する。

10. 参考写真



写真 水田用チゼルプラウの状況



写真 縦爪回転ハローの状況



写真 ロータリ耕の状況



写真 代かきの状況



写真 無代かき湛水直播の播種状況