

## I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立

## ～無代かき作業体系とレーザレベラ作業の効率化～



秋田県農業試験場 作物部  
主任研究員 進藤勇人

# 背景・ねらい

水田作の経営安定化のためには  
**規模拡大と主要機械作業の効率化は不可欠**

→ 販売額の増加  
固定費の減少

## 秋田県の生産基盤と現状

粘質・排水不良が60%以上で稲作中心  
区画整備率: 30a以上81%、1ha 23%

組織化による経営規模拡大  
作業受託と農機の大型化

## 水田作業の高能率化

### 耕うん・整地

トラクタと作業機の  
**大型化**

### 田植・播種

田植機の**多条化**・高速化  
疎植・直播栽培

### 収穫・乾燥・調製

コンバインの**多条化**・高速化  
乾燥機の**大型化**・CE・RC利用

しかし、

代かき作業(例)

- ・トラクタが大型化しても作業幅が大きにならない
- ・作業前後で水入れが2回
- ・仕上がりに合わせて速度設定

	30PS級	60PS級	100PS級
作業幅	3m	4m	5m

**無代かき体系とセミクローラトラクタによる高速作業の検討**

# 無代かき体系(湛水直播)

## 水稻無代かき湛水直播栽培技術(カルパー土中)の開発

耕起・耕うん

砕土・整地

かん  
水

飽水  
管理

播種



チゼルプラウ



縦爪回転ハロー



市販の高精度湛水直播機

### 特徴

- 1 代かきをしない
- 2 育苗をしない



- ・作業時間の短縮
- ・物財費(燃料費)の低下
- ・排水性の改善、砕土性の向上

# 無段変速セミクローラトラクタの特徴とねらい

- ・秋田県内では販売されるトラクタの30%がクローラ型（聞き取り結果）

ホイールトラクタ



機動性

牽引力



フルクローラトラクタ

## 無段変速セミクローラトラクタ

- ・機動性と牽引力を併せ持つ
- ・主変速レバーで加減速
- ・最高速度設定可能
- ・負荷制御機構（エンジン負荷が高まると車速を自動減速）

これらの特徴を生かして

水田の耕うん・整地作業の高能率化と低燃費化を検討した



主変速レバー（メーカーホームページより）



# 試験内容および供試機材

## 1. 無段変速セミクローラトラクタ(ヤンマー社製 EG65C型(65PS)) による各作業機の作業能率と燃料消費量



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、  
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)

## 2. 無代かき体系の作業能率と燃料消費量の評価(無段変速セミクローラトラクタEG65C型、EG105型(105PS))

## 3. 負荷制御機構と最高速度設定の効果

## 4. セミクローラトラクタを用いたレーザレベラ作業の特徴(EG105型、フルクローラトラクタとの比較、H24、25年新稲作研究会で実施)

# 試験ほ場・土壌条件・作業概要

## 供試ほ場

1. 秋田県秋田市 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)3筆 ほ場A～C(作業では、農道での旋回行っていない)
2. 秋田県能代市 農家水田ほ場 細粒強グライ土(ほ場区画1ha(148×68m)1ha)ほ場D

## 作業体系・作業日(2014年)

ほ場	体系	耕起 チゼルプラウ	耕うん ロータリ	碎土・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	—	—

# 機械設定・調査方法・調査項目

## 機械設定・方法

1. PTOを使用する作業機は、PTO1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。

## 調査項目

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: 耕深深さ(縦爪回転ハロー後は0~3cm)の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℃、24時間)を測定した。



流量計(燃料消費量)

# 作業能率・燃料消費量(チゼルプラウ、ロータリ)

表 水田用チゼルプ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 <sup>2</sup>	耕深 cm	作業時間 h/ha 比	燃料消費量 L/ha 比	作業速度 km/h	土壌砕土率 % 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 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 <sup>2</sup>	耕深 cm	作業時間 h/ha 比	燃料消費量 L/ha 比	作業速度 km/h	土壌砕土率 % 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

チゼルプラウ耕の作業能率1.19～1.35h/ha、燃料消費量10.2～12.1L/ha

ロータリ耕の作業能率2.32～2.49h/ha、燃料消費量20.6～22.9L/ha

チゼルプラウ耕は土壌含水比が同程度の条件では、砕土率が低い



# 作業能率・燃料消費量(縦爪回転ハロー)

表 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 <sup>2</sup>	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

縦爪回転ハローは作業能率1.88～2.31h/ha、燃料消費量16.5～18.0L/haで、碎土率は61.4～77.2%(含水比0.28～0.42)

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



ほ場Aでの無代かき  
播種の状況

# 作業能率・燃料消費量(代かきハロー)

表 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 <sup>2</sup>	作業時間 h/ha	比	燃料消費量 L/ha	比	作業速度 km/h
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 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 <sup>2</sup>	作業時間 h/ha	比	燃料消費量 L/ha	比	作業速度 km/h
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

荒代かきは作業能率1.26～1.37h/ha、燃料消費量9.7～10.4L/ha

植代かきの作業能率1.38～1.50h/ha、燃料消費量8.9～10.6L/ha

# 無代かき体系の評価

EG65C型(65PS) 負荷制御なし区

水稻苗立ち率 無代かき75%、代かき59%

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	燃料	砕土	作業	燃料	砕土	作業	燃料	作業	燃料	作業時間		燃料消費量	
		時間	消費	率	時間	消費	率	時間	消費	時間	消費	h/ha	比	L/ha	比
無代かき	A	1.35	12.1	44.9	1.98	17.9	61.4	—	—	—	—	3.33	63	30.0	72
代かき	C	2.44	21.5	39.8	—	—	—	1.37	10.4	1.47	9.8	5.28	(100)	41.8	(100)

EG105型(105PS)(2012、2013年同一ほ場のデータ)

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	燃料	砕土	作業	燃料	砕土	作業	燃料	作業	燃料	作業時間		燃料消費量	
		時間	消費	率	時間	消費	率	時間	消費	時間	消費	h/ha	比	L/ha	比
無代かき	B	0.85	9.3	44.3	1.40	19.2	65.6	—	—	—	—	2.25	52	28.5	45
代かき	B	1.87	28.5	60.2	—	—	—	1.07	15.3	1.43	19.7	4.37	(100)	63.6	(100)

注) 作業幅: 水田用チゼルプラウ3.4m、縦爪回転ハロー2.9m、ロータリ2.8m、代かきロータリ4.1m

注) 水田用チゼルプラウはエンジン回転1800rpm、その他は2400rpm、PTO1(540rpm)で作業した

EG65型の無代かき体系は作業能率3.3h/ha(代かき比37%減)、  
燃料消費量30.0L/ha(代かき比28%減)

無代かき体系により、65PSで105PSの代かき体系を上回る能率

# 負荷制御機構の効果(EG65C型)

	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	1.35	1.25	92	12.1	11.7	96
チゼルプラウ	1.25	1.19	95	10.2	10.2	100
縦爪ハロー	1.98	1.88	95	17.9	16.5	92
縦爪ハロー	2.31	2.29	99	18.0	17.9	99
ロータリ	2.49	2.41	97	22.8	22.9	101
ロータリ	2.44	2.32	95	21.5	20.6	96
荒代	1.32	1.26	95	10.0	9.7	97
荒代	1.37	1.35	99	10.4	10.0	96
植代	1.50	1.38	92	10.6	10.0	95
植代	1.47	1.41	96	9.8	8.9	90
			92～99			90～101
分散分析	* *			* *		

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

**負荷制御有区は制御無区比、作業時間で92～99、  
燃料消費量で90～101**

# 負荷制御機構の効果(EG65C型)

## オペレータの感想

1. 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
2. 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
3. その際に仕上がりを確認できる

負荷制御による効果と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



# セミクローラトラクタ(EG105型)によるレーザ均平作業

ほ場の大区画化と田畑輪換利用のなかで生産性向上のため

ほ場均平の重要度が増している

レーザ均平作業  
運土作業を連続して行う作業→牽引力  
と機動性が必要



セミクローラトラクタ EG105型

大潟村では直装式  
レベラ100台以上

近年は大潟村以外  
でもレベラの導入  
が始まっている

フルクローラは旋回半径を小さくできるが、土が寄せられ、圃場が痛みやすい→  
旋回半径を大きく・小刻みな旋回



無段変速セミクローラトラクタを用いた直装式レーザ均平作業  
能率調査を実施

# 均平作業の作業時間と作業速度

表 均平作業の作業時間と作業速度

ほ場	試験区	作業 面積 ha	作業 時間 h	作業時間内訳					作業速度		
				前進 作業 h	前進 旋回 h	後進 h	停止・ 調整 h	後進 回数	平均 m/s	前進 m/s	後進 m/s
雄和	セミクロEG105	1	6.5	3.9	0.4	1.9	0.4	194	2.1	2.0	2.1
	フルクロB	1	6.8	3.9	0.3	2.0	0.5	296	2.0	1.9	2.4
農試	セミクロEG105	1	5.5	3.1	0.2	1.2	1.0	189	1.2	1.3	0.9
	フルクロA	1	6.9	3.8	0.4	1.7	1.1	292	1.3	1.3	1.5

注)フルクロBは、Mo社製MK-140S型、レベラ作業幅5m、フルクロAはY社製CT1010型、レベラ作業幅4mである

作業時間はセミクロで短縮傾向  
セミクロは後進回数が大幅に減少

# 均平作業の作業距離と燃料消費量(直装レベラ)

表 均平作業の作業距離と燃料消費量

ほ場	試験区	作業面積 ha	作業距離 km/ha	距離内訳			燃料消費量			
				前進 km	後進 km	後進割合 %	L	L/ha	L/h	L/km
雄和	セミクロEG105	1	45.5	30.8	14.7	32.3	70.9	70.9	10.9	1.6
	フルクロB	1	46.4	28.9	17.5	37.7	95.4	95.4	14.0	2.1
農試	セミクロEG105	1	19.0	15.1	3.9	20.4	52.3	52.3	9.3	2.7
	フルクロA	1	27.8	19.0	8.8	31.8	79.6	79.6	11.1	2.9

注) フルクロBは、Mo社製MK-140S型、レベラ作業幅5m、フルクロAはY社製CT1010型、レベラ作業幅4mである

セミクロは旋回半径が小さいため、後進による旋回やその距離が減少  
セミクロは作業距離減少で、燃料消費量が減少

セミクロは機動性とけん引力を併せ持つ



小回り旋回で後進回数減少・後進距離割合減少・均平作業時間が短縮傾向

# まとめ

水田作業の高能率化を目指して無段変速セミクローラトラクタを用いた無代かき体系と高速作業体系を検討

## 無段変速セミクローラトラクタ

- ・機動性と牽引力を併せ持つ
- ・主変速レバーで増減速
- ・最高速度設定可能
- ・負荷制御機構(エンジン負荷が高まると車速を自動減速)



・無代かき体系(水田用チゼルプラウ＋縦爪回転ハロー)で代かき比作業時間**37%減**、燃料消費**28%減**

・最高速度設定と負荷制御機構で作業時間**1～8%減**、燃料消費**-1～10%減**。オペレータの負担も軽減

・直装式レーザレベラ作業でも作業時間短縮。旋回時の機動力が高い

特に湿田の耕うん・整地作業の効率化に有効