

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月21日現在

機関番号：46307

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580309

研究課題名（和文）布マルチを利用した省力・環境保全稲作実現のための機械・栽培システムの開発研究

研究課題名（英文）Development of the machine and cultivation system in rice cropping for labor saving and environmental preservation by using cloth mulch

研究代表者

山下 淳（YAMASHITA JUN）

松山短期大学・商科・教授

研究者番号：40036405

研究成果の概要（和文）：「水稲布マルチ直播・有機栽培」とは、布マルチによる雑草抑制、直播によるコスト削減および省力化、有機栽培による食の安全性を目的にして開発した栽培技術である。本栽培法で残された問題は、布マルチ敷設作業の省力化と労働強度の削減、苗立ちの不安定さによる収量の低さである。そこでトラクタを利用した布敷設機の開発、鎮圧ローラを用いた苗活着促進システムの試作、登熟歩合向上のための窒素追肥法の検討を行い、実用性について検討した。

研究成果の概要（英文）： Direct-sowing culture of paddy rice using non-woven fabric mulch is a new rice cultivation method in Japan. This technique was purposely developed for environmental conservation, low cost, weed control, and save labor, but it remains to be improved. This research was done to mechanize the application of the rolled mulch on the field, increase the work efficiency, and reduce the work load of the farmer. Multiple-laying system using a tractor and press roller for seedling establishment were manufactured and verified. Furthermore, research on the application amount and timing of nitrogen topdressing to increase in the grain yield were also investigated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：水稲布マルチ、直播栽培、無農薬・無化学肥料、トラクタによる布マルチ敷設システム、鎮圧ローラによる気泡除去、苗活着促進、肥料窒素の動態解析、葉位別光合成速度

1. 研究開始当初の背景

本研究の「水稲布マルチ直播・有機栽培技術」は、易分解性のセルローズを原料とした不織布（布マルチ）の間に種粒を挟み込み（サンドウィッチ状）、これを水田に敷設して雑草発生を抑制しながら水稲のみを出芽させるもので、無農薬・無化学肥料で栽培するこ

とにより、環境保全型水田農業の展開に資すると共に、安全・安心なコメを提供することのできる技術である。

本栽培法は、開発6年で愛媛県を中心に約50%にまで広がってきた。しかし、人力による布マルチ（幅110cm、長さ100m、質量約40kg）敷設作業には多大の時間と労力を要し

たことから、敷設作業の機械化が強く望まれていた。そこで、まず田植機の後部に敷設装置を装着したシステムを開発した（平成 17～18 年度科研費、基盤（C）、課題番号 17580224）。しかし、代かき後のぬかるんだ水田では機体バランスが悪化して走行が不安定になる、旋回時に前輪が浮いて後輪駆動状態となるなど不具合が指摘された。代かき時期を早めて土壌硬度を高くした場合も同様であった。これらは田植機の重心が高く、軽量であることに起因した。

一方、栽培システムに関しては、過去 6 年間で、種々の播種量、基肥量、追肥量などの検討を重ねた結果、慣行移植栽培の 80% 程度の収量を得ることはできるようになった。慣行栽培に及ばない主な原因は、初期成育の遅れと登熟率の低さであることが分かってきた。そこで、環境への配慮、食の安全に対する配慮を行いつつ更なる省力化、効率化を目指した「水稻布マルチ直播・有機栽培技術」の開発が望まれた。

2. 研究の目的

本栽培法で残された問題は、布マルチ敷設に多大の時間と労力を要すること、落水・布マルチ着土後における苗の活着不良に起因する収量の低さである。以上の点を解決するため、重心が低く馬力も強いトラクタを利用した布マルチ敷設システムを開発し、敷設作業の労働軽減とスピードアップを図る。布マルチ敷設後、灌漑水に浮かべ 3 葉期に落水して着土させる。この際の排水不良や灌漑期間中に発生した気泡のため活着が著しく阻害される。速やかな排水と気泡の除去対策が緊急の課題である。そこで鎮圧ローラを用いて布マルチを田面に密着させる苗活着促進システムを開発し、成育および品質の安定化をはかる。さらに登熟歩合向上のための追肥の時期や量についての検討、代かきや鎮圧の有無が玄米収量や収量構成要素に及ぼす影響など明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) トラクタ装着型 2 ロール式敷設機の開発

11 kW の小型トラクタを用い、これに 2 つの布ロールを重ね代 10 cm となるように各布ロールを前後に千鳥状に配置した 2 ロール式の敷設機を試作した(図 1)。敷設部は油圧リンク機構を利用し、これに布ロール取り付けフレームを直接装着したものである。水田端では装備の油圧装置により布ロールを浮上させ旋回する。敷設時には風による布めくれ防止のため、敷設ロール後方から補助者により散水する。また、これとは別に本機のフレーム後方には、布マルチ押さえのためにスプリング付きゲージホイールを 3 個取り付けしている。敷設実験はマメ科植物(クローバ)すき込み後、代かき区と無代かき区を設け、

敷設作業は代かき約 1 ヶ月後に行った。実験はトラクタ操縦者 1 名、風による布めくれ防止のための散水および途中の布付け替えを行う 2 名の計 3 名で行った。本システムの効率的利用法を検討するため、「枕地なし・有り」について検討した。「枕地有り」とは、最後に枕地部を敷設する方法である。



図 1 トラクタによる布マルチの敷設

そこで、作業の往路、復路、水田端での逆行、布付け替えの各作業時間を調べ、これより理論作業量およびほ場作業効率を求めた。

(2) 苗活着促進システムの試作

市販の軽量 4 輪電動車、ティラー等を用いて、これらに鎮圧ローラ(図 2)を装着した苗活着促進システムを試作し、これで灌漑期間中に発生した気泡を除去しながら布マルチを田面に密着させる。実験では、①田面硬度と車輪接地圧および沈下量の関係を求め、車両底部が田面に接触することなく作業可能な車両の仕様・重量および土壌硬度を検討する。②鎮圧ローラが水稻の倒伏抵抗性や生育・収量に及ぼす効果について検討する。



図 2 管理機に装着した鎮圧ローラ

(3) 栽培システムの改善

本栽培法では登熟歩合が低かったことから、登熟歩合向上のための追肥時期と量についてこれまでの研究成果を踏まえポット実験で再検討する。すなわち、褐色台地土(全 C 0.4%、全 N 0.2%) 風乾土 3kg を 1/5000a ワグネルポットに充填し、水稻マキタコシヒカリを直播栽培した。処理区は慣行区(湛水表面直播)、布マルチ区の 2 処理区とし、5 反復とした。両区とも基肥として N、P205、K20 を各 5.1kg/10a、追肥として播種後 36、50 日

目にN、P₂O₅、K₂Oを各2.5kg/10aになるように施肥した。同時に¹⁵Nトレーサーを基肥として添加し、植物の部位別に基肥由来N動態を解明した。生育期間中、定期的に生育調査を行い、収穫時に収量調査および¹⁵N存在比を測定した。

4. 研究成果

(1) トラクタによる布マルチ敷設性能

愛媛大学附属農場での敷設実験の結果、代かき区の方が田面に凹凸が少なく作業が容易であること、また、ほ場作業量は往復の作業行程毎に敷設を完了する方が(14.7a/h)、枕地を残して最後に枕地敷設(12.46 a/h)するよりも高いことが示された。このことは理論作業量に対するほ場作業量の割合を示すほ場作業効率(代かきほ場・枕地無し:76.6%、無代かきほ場・枕地有り:60.5%)の高さからも窺い知ることができる。

(2) 苗活着促進システムの効果

本システムの問題は、落水後の水田で鎮圧ローラをけん引する車両が沈下せずに走行できるかである。本研究では市販のティラー(図2)、あるいは電動4輪車を利用することとし、布マルチ敷設水田で車両の接地圧と車輪沈下量の関係について調査した(図3)。代かき後、日数が経つほど当然ながら土壌は硬くなり、それに伴い車輪沈下量も減少し、着土後11日目(図中の実験3)における沈下量は20mm程度であった。さらに着土後18日目の圃場で電動車(接地圧:67kPa)の沈下量を測定し図中×印で示した。これによると土壌硬度が300kPa程度なら最低地上高90mmの本電動車は十分走行できると考えられる。

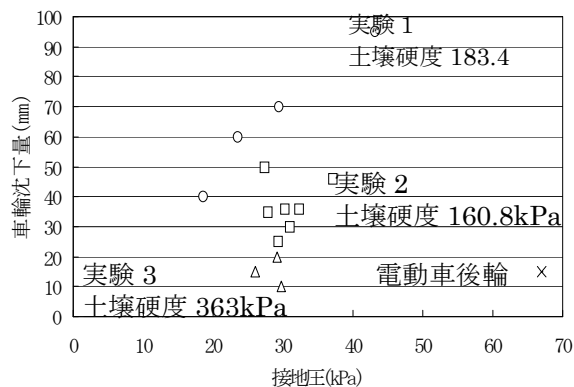


図3 車輪接地圧と沈下量の関係

実際の水田での鎮圧作業は落水・着土後1週間目に行った。その結果、気泡の大半は除去することができた。また、踏み倒された苗は3日後には完全に復元した。刈取り前における倒伏状況は、調査3日前の台風の影響で慣行の移植栽培区では約50%が倒伏したが、布マルチ区では代かきの有無、鎮圧の有無に関わらず倒伏はほとんどみられなかった。これは移植区に比して布マルチ区(マキタコシ

ヒカリ)の草丈が低かったことも一因と考えられる。刈取り前の倒伏抵抗値(大起理科製DIK-7401)は代かき区(約80kPa/株)の方が無代かき区(約60kPa)より高かった。しかし、両区とも鎮圧による抵抗値の違いはみられなかったが、株当たりの茎数は鎮圧により増加した。

(3) 追肥法の検討および窒素動態の解明

①栽培システムの改善として、追肥法および窒素動態について研究した。菜種油粕を用いて元肥窒素を6g/m²追肥し、幼穂形成期に窒素追肥量(0、3、6g/m²)を変えて登熟中期における葉位別光合成を測定した。上位葉における光合成速度は、ほとんど差がみられなかったが、下位葉では追肥量が多いほど葉面積ならびに窒素含有率が高く維持され、光合成速度が高く、このため個体光合成が高く、収量はそれぞれ368、424、480g/m²となり、追肥料が収量増加の主要因と考えられた。

②2011年度の供試水田における実験の結果、収量構成要素の穂数、籾数、千粒重、玄米重は処理区間で有意差は見られなかったが、布マルチ区の登熟歩合は慣行区に比べ高くなった(表1)。これは布マルチに蓄えられた基肥窒素が栽培後期になるとマルチから放出され、水稻に供給されて秋優り的な生育を呈したためと考えられる。

表1 収量及び収量構成要素

処理区	穂数 (穂/pot)	籾数 (籾/穂)	千粒重 (g)	玄米重 (g/pot)	登熟歩合 (%)
慣行区	21.8	92.3	19.1	23.2	60.6
布マルチ区	24.5	88.5	18.5	26.4	65.8

③布マルチ区の第4葉位以下の乾物重は、慣行区に比べ優位に低くなり、生育初期は、布マルチによる生育抑制が生じたと考えられた。しかし、第2、第1葉位、穂の乾物重は、処理区間に有意差は見られず、むしろ布マルチ区で高くなる傾向があり、後期ほど生育が増加していた。

表2 収穫時の葉位別乾燥重量

処理区	第4 葉位以下	第3 葉位	第2 葉位	第1 葉位	穂
慣行区	23.3*	5.5	5.7	5.5	33.7
布マルチ区	16.5	5.4	6.4	6.1	38.3

④基肥由来N利用率は、慣行区で51.7%、布マルチ区で40.1%となった。収穫時に残存した布マルチには基肥Nの4.3%が蓄積していた(表3)。基肥由来N吸収量を部位別に比較すると、布マルチ区の第4葉位以下のN吸

収量は慣行区に比べ有意に低くなり、布マルチ区の第1葉位で慣行区に比べ有意に高くなった。以上のことから、布マルチに吸着された窒素が生育後半に発現し、収量向上に貢献したと考えられた。

表3 収穫時の基肥窒素移行率 (%)

処理区	第4葉位 以下	第3葉位	第2葉位	第1葉位	布マルチ 粗
慣行	35.9	4.5	4.5	4.7	2.2
布マルチ	18.6	4.3	4.7	5.7	2.4

以上、トラクタを利用した布マルチ敷設機により労働負担の軽減と作業時間の短縮化が可能となった。また、生育後期の追肥により移植栽培と遜色ない収量が得られることが明らかとなり、その実用性が認められた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 山下 淳、杉本秀樹、上加裕子、田中大裕、岡田和也、山下陽一、布マルチを利用した省力・環境保全稲作実現のための機械システムの開発—布マルチ敷設および苗活着促進システムの試作—、農業機械学会関西支部報、査読無、第107号、2010、56—59
- ② Shaikh Tanveer Hossain、Hideki Sugimoto、Jun Yamashita、Agrochemical-Free, Direct Sowing Culture of a Paddy with Non-woven Fabric Mulch-Timing of Puddling and Leveling and Basal Fertilizer Application、農作業研究、査読有、44(1)、2009、1-9
- ③ 浅木直美、上野秀人、マメ科緑肥リビングマルチ条件下の水稻栽培における湛水開始時期の違いが水稻の生育・収量に与える影響、日作紀、査読有、78(1)、2009、27-34
- ④ 浅木直美、上野秀人、西南暖地におけるシロクローバのすき込みおよびリビングマルチ処理が水稻の生育・収量および土壌アンモニア態窒素濃度に与える影響、農作業研究、査読有、2009、44(3)、127—136

[学会発表] (計9件)

- ① 山下 淳、杉本秀樹、上野秀人、山下陽一、阿立真崇、石掛桂士、水稻布マルチ直播栽培のための機械システムの開発 (2)、日本作物学会四国支部大会講演会、2011年12月26日、高知
- ② 石掛桂士、山下陽一、阿立真崇、上野秀

人、山下 淳、杉本秀樹、無代かき水稻綿マルチ直播栽培における収量・品質および環境保全機能、日本作物学会四国支部大会講演会、2011年12月26日、高知

- ③ 上野秀人、細川めぐみ、山下 淳、杉本秀樹、綿マルチ水稻直播栽培水田における窒素等の養分動態、日本農作業学会平成23年度春季大会講演会、2011年7月16日、京都
 - ④ 阿立真崇、山下陽一、石掛桂士、上野秀人、山下 淳、杉本秀樹、無代かき水稻綿マルチ栽培における生育、収量および品質について、日本作物学会四国支部大会講演会、2010年11月25日、愛媛
 - ⑤ 細川めぐみ、上野秀人、杉本秀樹、山下淳、綿マルチが水稻生育及び水稻栽培土壌の窒素動態に及ぼす影響、日本作物学会四国支部大会講演会、2010年11月25日、愛媛
 - ⑥ 山下 淳、杉本秀樹、上加裕子、埤田宗吾、福井大作、水稻マルチ直播栽培用機械システムの開発—播種、布敷設、苗活着促進システム—、農業機械学会第69回講演会、2010年9月5日、愛媛
 - ⑦ 山下 淳、杉本秀樹・田中大裕・山下陽一、トラクタを利用した水稻布マルチの敷設および苗活着促進システムの開発、日本農作業学会平成22年度春季大会、2010年5月15日、東京
 - ⑧ 山下 淳、杉本秀樹、上加裕子、田中大裕、岡田和也、山下陽一、布マルチを利用した省力・環境保全稲作実現のための機械システムの開発—布マルチ敷設および苗活着促進システムの試作—、農業機械学会関西支部第122回例会、2009年8月21日、石川
 - ⑨ 阿立真崇、山下陽一、石掛桂士、森美由貴、上野秀人、山下 淳、杉本秀樹、水稻綿マルチ直播栽培における生育特性およびマルチ分解過程の解析、日本作物学会四国支部第45回講演会、2009年11月26日、徳島
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
山下 淳 (YAMASHITA JUN)
松山短期大学・商科・教授
研究者番号：40036405
 - (2) 研究分担者
杉本 秀樹 (SUGIMOTO HIDEKI)
愛媛大学・農学部・教授
研究者番号：40112255
上野 秀人 (UENO HIDETO)
愛媛大学・農学部・准教授
研究者番号：90301324