

# 裏作レンゲ栽培およびチェーン除草を実施した水稲の有機栽培

誌名	名城大学農学部学術報告
ISSN	09103376
著者名	礪井,俊行 石樽,菜里 村野,宏達 片山,好春
発行元	名城大学農学部
巻/号	58号
掲載ページ	p. 45-50
発行年月	2022年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



原 著

## 裏作レンゲ栽培およびチェーン除草を実施した水稲の有機栽培

磯井俊行<sup>a\*</sup>・石樽葉里<sup>b</sup>・村野宏達<sup>a</sup>・片山好春<sup>c</sup>

**要約** 化学肥料および農薬の削減を目的に、裏作としてのレンゲ栽培とチェーン除草を組み合わせた水稲の有機栽培を4か年に渡り実施した結果、レンゲを水田全面に十分繁茂させ、田植え前にすき込むことにより、化学肥料を用いた場合と同等の収量を得た。これは、レンゲが根粒菌との共生窒素固定による窒素供給を受け化学肥料の窒素代替がなされることに起因すると考えられるが、リンをはじめとするその他の養分元素については漸減していくことも懸念され、さらに調査が必要と考えられた。チェーン除草を実施した結果、田植え後6日付近とさらに2週間までに2回目のチェーン除草を1日当たり2回行うことによりかなりの抑草効果が期待できることが推察された。また、このような有機栽培を行い生産した米の食味試験を行ったところ、慣行栽培をしたものと比べ良好になる傾向を認めた。さらに、レンゲすき込みによる水田土壌中の炭素蓄積もみられ、本有機栽培を行うことにより、化学肥料および農薬の施用削減、ひいては地球温暖化対策の一助となる可能性が示された。

キーワード：化学肥料削減、窒素固定、農薬削減、水稲食味、土壌炭素蓄積

Organic paddy cultivation with Chinese milk vetch in winter and chain-weeder

(Toshiyuki Isoi<sup>a</sup>, Shiori Ishigure<sup>b</sup>, Hirotatsu Murano<sup>a</sup>, Yoshiharu Katayama<sup>c</sup>)

**Abstract** For the purpose of reducing chemical fertilizer and pesticide use, organic paddy cultivation with a combination of Chinese milk vetch as a green manure and chain-weeding has been carried out for 4 years. The organic rice yield was almost the same as that of conventional farming, when Chinese milk vetch was growing well before the rice transplanting. It is considered due to the nitrogen supply from symbiotic fixation between Chinese milk vetch and rhizobia, but there is concern that other nutrient such as phosphorus may gradually decrease in the soil. Further investigations are required to evaluate the dynamics of elements. In addition, carbon accumulation was also observed in the soil of organic paddy field. Organic rice taste tended to be better than conventional rice. As a result of chain weeding, it can be alternative to herbicides. Our results suggest that organic paddy cultivation can reduce the application of chemical fertilizer and pesticide, and also may contribute to mitigate global warming.

**Key words:** chemical fertilizer reduction, nitrogen fixation, pesticide reduction, rice taste, soil carbon sequestration

<sup>a\*</sup> 名城大学農学部生物環境科学科環境土壌学研究室

isoi@meijo-u.ac.jp

〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学農学部

<sup>a</sup> Laboratory of Environmental Soil Science, Department of Environmental Bioscience, Faculty of Agriculture, Meijo University

isoi@meijo-u.ac.jp

Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502, Japan

<sup>b</sup> 名城大学農学部生物環境科学科環境土壌学研究室、

現在(株)メニコンネクト

<sup>b</sup> Laboratory of Environmental Soil Science, Department of Environmental Bioscience, Faculty of Agriculture, Meijo University

Present affiliation: Menicon Nect Co., Ltd.

<sup>c</sup> 名城大学農学部附属農場

<sup>c</sup> Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Meijo University

2022年02月08日受付 2022年03月04日受理

## 緒言

近代農業において、化学資材の多投により食料が効率的に増産されてきたのと引き換えに周辺環境、ひいては地球環境への負荷が高まっているとされ、環境に調和した農業が求められるようになってきている。農林水産省は、2021年5月12日、食料・農林水産業の生産力向上と環境負荷の軽減の双方を図り、中長期的な政策方針として「みどりの食料システム戦略」を策定し、2050年までに目指す目標として、化学肥料使用量を30%低減、化学農薬の使用量(リスク換算)を50%低減、有機農業取組面積の割合を25% (100万ha) に拡大することを謳っている(農林水産省, 2021a)。日本における有機農業取組面積の割合は、2018年度で約0.5% (23.7千ha) であるので(農林水産省, 2021b)、有機農業取組面積の飛躍的な増加が必要である。

レンゲ (*Astragalus sinicus* L.) は、根粒菌との共生窒素固定による空気中からの窒素の供給を得るため、主に水田裏作としてかつての日本において多く栽培されており、1933年には30万haに達したとされている(土屋, 1991)。当時の水稲作付面積は約300万haであるので(松本, 1991)、約1割の水田裏作としてレンゲが導入されていたことになる。しかし、近年レンゲの利用はあまり見られなくなっており、これは化学肥料の普及や田植えの早期化に伴うものと考えられる。

このような背景の下、化学肥料使用量の低減、有機農業取組面積の拡大の視点より、附属農場水田において、化学肥料を用いず裏作としてレンゲを栽培し、さらに除草剤施用をチェーン除草(粕渕ら, 2019)で代替する試みを行い、収穫した米については食味試験を行った結果について報告する。

## 材料および方法

### 試験区、水稲およびレンゲ栽培

名城大学農学部附属農場内で慣行栽培を継続している水田内に有機栽培区(約8×40m)を設置した(2017年6月)。有機栽培区は化学肥料を用いず、隣接する慣行栽培水田(約25×40m)から波板を用いて隔離した。2017年11月11日にレンゲ種子1kgを全面に播種し、以後、レンゲの開花、結実後の田植え前に生育したレンゲをすき込んだ。また、有機栽培区ではイネの種子消毒をベンレート水和剤(1000倍液, 24時間浸漬)を用いた以外は農薬を施用せず、田植え後にチェーン除草を行った。これらの圃場管理について表1に示した。なお、チェーン除草に用いたチェーン除草機は、長さ150cmの塩ビ管に2.5cm間隔で長さ50cmのチェーンを50本つけたものであり、田植え後の水稲が活着した後に図1に示すように水田上面を牽



図1 チェーン除草

引した。このように実施するチェーン除草は、発芽前後の雑草を浮かせることにより抑草することができる。比較対照とした隣接する慣行栽培水田(慣行栽培区)では、化成肥料(側条エース(スーパーL)複合34-3-3, JAあいち経済連)を10a当たり36kg施用し、除草剤として2017および2018年は忍1キロ粒剤(住友化学)およびクリンチャー1キロ粒剤(コルテバ・アグリサイエンス)を10a当たり各1kg散布、2019および2020年は天空1キロ粒剤(日産化学)およびクリンチャー1キロ粒剤を10a当たり各1kg散布した。イネ品種はあいちのかおりを用い、苗床に播種する前にベンレート水和剤1,000倍液に24時間浸し種子消毒を行った。田植えは、条間と株間を30cm×18cmとり、10a当たり18,519株の密度で行った。なお、2018年まで殺虫剤としてフィプロニル粒剤(プリンス粒剤)を苗箱1箱当たり50cc(10a当たり1250cc)散布していたが、2019年以降は使用しなかった。

### 土壌試料の採取および調製

土壌試料は対角線採土法に基づいて、2019年10月26日および2020年10月2日に各試験区の計5か所から表層約0~5cmの土壌を移植ごてを用いて採取し、室温で1週間以上風乾させた後、2mmの篩に通しこれを風乾細土とし、各測定に用いた。





## 統計分析

統計解析ソフト「R」(var.3.6.1)を用い、土壌化学性については一元配置分散分析後、有意差 ( $P<0.05$ ) があった場合は Tukey ( $P=0.05$ ) によって多重比較を行った。また、収量については t 検定を行った。

## 結果

### レンゲの生育

2017年11月11日にレンゲを播種し、2018年4月2日に根粒着生を確認した。2019年の有機栽培区で開花しているレンゲと隣接する慣行栽培区の様子を図2に示した。2020年のレンゲの生育は悪く、パッチ状となり水田前面に広がっていなかった(2020年4月10日



図2 試験区 (2019年5月17日撮影)  
左: 慣行栽培区  
右: 有機栽培区 (レンゲが開花中)

確認)。

### 土壌化学性

土壌化学性の測定結果を表3に示した。pHおよび全窒素含量には試験区間および年次間に有意な差は認

められなかったが、有機栽培区において全炭素含量は年次進行とともに有意に増加、有効態リン酸含量は有意に減少した。

### 雑草の生育

2017年は7月より、2018年は9月より主にタイヌビエ (*Echinochloa oryzicola* (Vasing.) Vasing) の繁茂が認められたが、2019年および2020年はこれら雑草の生育はわずかししか認められず、除草を必要としなかった。

### 水稻の生育と収量

2017年から2020年に渡る4か年の両試験区の収量(精玄米重)の推移を図3に示した。精玄米重は、慣行栽培区で366~577g/m<sup>2</sup>、有機栽培区で259~557g/m<sup>2</sup>の年次間差を示した。また、精玄米重は、2017年および2020年は有機栽培区において有意に低かったが、2018年および2019年はほぼ同等の収量を

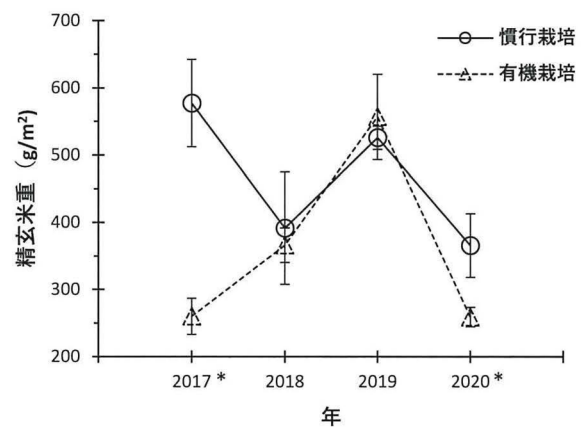


図3 慣行栽培区および有機栽培区の精玄米収量(平均値±標準偏差)

\*を付した年は両区間に有意差あり(t検定, 5%水準)

示した。

表3 試験圃場の土壌化学性(平均値±標準偏差)

	2019年10月26日		2020年10月2日	
	慣行栽培	有機栽培	慣行栽培	有機栽培
pH(H <sub>2</sub> O)	6.06a ± 0.22	5.90a ± 0.15	6.15a ± 0.06	5.91a ± 0.17
全炭素含量 (mg/g乾土)	30.9ab ± 2.6	28.6a ± 0.7	30.9ab ± 1.3	36.0b ± 5.9
全窒素含量 (mg/g乾土)	2.93a ± 0.68	2.44a ± 0.08	2.56a ± 0.16	3.00a ± 0.47
有効態リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g乾土)	31.3ab ± 1.9	35.7c ± 1.9	33.9bc ± 2.8	29.7a ± 2.3

一元配置分散分析後、有意差 ( $P<0.05$ ) があった場合は、Tukey ( $P=0.05$ ) によって多重比較を行い、各測定項目で差があったものを異なる英小文字で示した。

食味試験

食味試験は慣行栽培区由来の炊飯米を基準とし、有機栽培区由来のものと比較した。各項目について22名のパネラーの合計点の平均を図4に示した。なお、表2に示した調査用紙を集計したところ、判定は-3~+3の範囲にあり、それを図4に示した0~6に置き換えて示した。光沢や煮崩れ・碎粒には大きな差はなかったものの、白度、香り、味、粘りにおいては有機栽培区の炊飯米の方が優れているという評価になった。一方、硬さでは慣行栽培区の炊飯米の方が優れているという傾向がみられた。総合評価では多くのパネラーが有機栽培区由来の炊飯米が慣行栽培区のものと同程度以上と評価し、全体的な食味評価では有機栽培区由来の炊飯米の方が優れているという傾向が認められた。

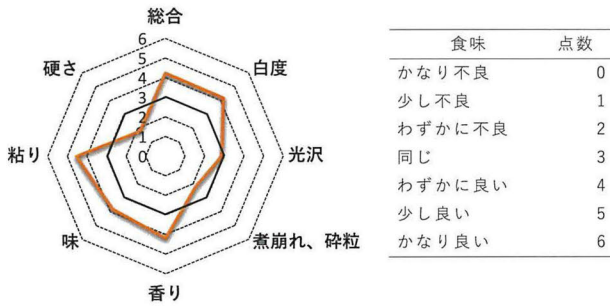


図4 食味試験の評価図

考察

水田裏作にレンゲを栽培し、田植え前にすき込むことによる化学肥料代替効果について検討した。試験初年の2017年は、化学肥料無施用である有機栽培区における水稲収量が化学肥料を施用している慣行栽培区に比べて有意に低かったが、レンゲ栽培後それらをすき込んだ2018年および2019年の有機栽培区の水稲収量は慣行区と同等であった(図3)。2020年度は有機栽培区の収量が有意に低かったが、これは当年のレンゲ生育量が比較的少なかったためにそのすき込み量が少なく、肥料効果が低減したためと考えられた。表3に示すように、2019年10月と2020年10月の土壤化学性の1年間の変化からレンゲすき込みによる土壤炭素含量の有意な増加が認められ、炭素が蓄積していることが推察された。このような土壤中への炭素の蓄積は、温室効果ガスとされる二酸化炭素の大気中の濃度を減少させることが期待され、農林水産省による「農地土壤炭素貯留等基礎調査事業」が継続して実施されている(農林水産省, 2022)。化学肥料無施用によるリン酸含量の有意な減少も認められたが、その値は水田土壤の基本的な目標値(農林水産省, 1984)に示さ

れた値(10mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/乾土100g以上)は満たしていた。また、窒素についてはレンゲ根粒による窒素固定により、化学肥料無施用においても窒素供給がなされていたことが推察された。このように有機栽培区においては、リン酸などの養分元素量の低下が懸念されるが、これまでのところレンゲすき込みによる化学肥料代替効果が現れていると考えられた。養分元素の変化についてはさらに調査が必要である。

有機栽培区では、チェーン除草を行うことによる除草剤代替効果についても検討した。「結果」の項に示した年次ごとの雑草繁茂の状況と表1に示したチェーン除草実施方法の結果より、田植え後6日付近とさらに2週間までに2回目のチェーン除草を1日当たり2回行うことによりかなりの抑草効果が期待できることが推察された。

基準を慣行栽培区由来の炊飯米とし、有機栽培区由来の炊飯米の食味について食味試験を実施し、比較検討した。白度、香り、味、粘りにおいては有機栽培区の炊飯米の方が優れているという評価が得られ、全体的な食味評価においても有機栽培区由来の炊飯米の方が優れているという傾向を示した(図4)。これらの傾向は石ら(1996)も報告している。

以上に述べたように、裏作としてレンゲを栽培し、水稲栽培の初期にチェーン除草を行うことにより化学肥料、除草剤を削減できることが明らかとなった。さらに、レンゲのすき込みを通して大気中の二酸化炭素を削減させる可能性についても示された。このような気候変動に対する土壌への炭素蓄積の重要性については数々の論文で指摘されている(Lal et al. 2021, Rumpel et al. 2019)。このように緑肥として植物体を土壌にすき込んだことにより土壌中の炭素含量が増加した場合、それがメタン生成菌の働きで同じく温室効果ガスであるメタンに変換され、大気中に放出されることには注意が必要である。そのため、レンゲ植物体が土壌に還元された後の炭素の動態について詳細な調査が望まれる。

謝辞

本研究における水田管理は附属農場の新美茂技術職員にお願いしました。また、食味試験においては、愛知県農業総合試験場作物研究部より炊飯器をお借りし、さらに、食味試験調査用紙の提供を受けました。また、食味試験のパネラーとしては、田中愛梨氏をはじめとする2020年度生物環境科学科環境土壌学研究室の皆様に参加いただきました。農業生産法人みどりの里の野中慎吾氏にはチェーン除草機の作成と実施について教示いただきました。また、チェーン除草機の作成に際しては、葎川峻氏(2017年度環境土壌学研究室4年生)の協力を得ました。これらのご協力をいた



いただきました皆様に記して感謝いたします。

## 引用文献

- 粕淵辰昭・荒生秀紀・安田弘法 (2019) 肥料や農薬に依存した現代農業への警鐘—江戸時代に開発された水田の多数回中耕除草法が意味するもの—。土壌の物理性, **141**: 65-69.
- 川村周三 (2014) 農作物・食品の安全と品質の確保技術 (第7回) —官能評価: 人間の五感をセンサとした計測技術—。農業食料工学会誌, **76**: 374-378.
- Lal,R., J.Bouma, E.Brevik, L.Dawson, D.J.Field, B.Glaser, R.Hatano, A.E.Hartemink, T.Kosaki, B.Lascalles, C.Monger, C.Muggler, G.M.Ndzana, S.Norra, X.Pan, R.Paradelo, L.B.Reyes-Sanchez, T.Sanden, B.R.Singh, H.Spiegel, J.Yanai and J.Zhang (2021) Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. *Geoderma Regional* **25**: e00398
- 松本顕 (1991) 水稻栽培管理技術の変遷. 33 水稻の栽培, 野口弥吉・川田信一郎監修 第2次増訂改版 農学大事典, p.1265-1271. 養賢堂, 東京.
- 農林水産省 (1984) 水田土壌の基本的な改善目標値
- 農林水産省 (2021a) みどりの食料システム戦略.  
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html#sakutei> (2021年10月5日閲覧)
- 農林水産省 (2021b) (3) 有機農業の更なる推進. 第9節 気候変動への対応等の環境政策の推進, 第2章 農業の持続的な発展, 令和2年度食料・農業・農村白書, p.220-222. 農林統計協会, 東京.
- 農林水産省 (2022) 農地土壌炭素貯留等基礎調査事業 (令和4年度). ([https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/attach/pdf/tuti\\_chyosa-32.pdf](https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/attach/pdf/tuti_chyosa-32.pdf) (2022年2月5日閲覧))
- Rumpel,C., F.Amiraslani, C.Chenu, M.G.Cardenas, M.Kaonga, L.Koutika, J.Ladha, B.Madari, Y.Shirato, P.Smith, B.Soudi, J.Soussana, D.Whitehead and E.Wollenberg (2000) The 4p1000 initiative : Opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *Ambio*, **49**: 350-360
- Truog, E (1930) The determination of the readily available phosphorus of soils. *J. Am. Soc. Agron.*, **22** : 874-882
- 土屋茂 (1991) 緑肥作物. 16 飼肥料作物, 野口弥吉・川田信一郎監修 第2次増訂改版 農学大事典, p.768-769. 養賢堂, 東京.
- 力石サダ・志賀康造・金子精一 (1996) 自然, 慣行両農法で生産した魚沼産コシヒカリの米の食味比較について. 栄養学雑誌, **54**: 377 ~ 382.