

15 年間継続した水稻有機栽培の生育, 収量および食味値

浅井辰夫¹⁾・飛奈宏幸¹⁾・前田節子²⁾・西川浩二¹⁾

(¹⁾ 静岡大学農学部附属地域フィールド科学教育研究センター, ²⁾ 静岡英和学院大学短期大学部)

要旨: 静岡大学農学部附属地域フィールド科学教育研究センターの水田において, 堆肥を連用した水稻の有機栽培試験を早生品種を用いて 15 年間継続して実施した. 試験区として, 基肥に籾殻堆肥と菜種油粕を用い, 農薬を使用しない籾殻堆肥区 (1996~2010 年) および基肥に牛糞堆肥を用い, 農薬を使用しない牛糞堆肥区 (1996~2010 年) の 2 種類の有機栽培と, 基肥に化学肥料と農薬を使用する化学肥料区 (1996~2010 年) および基肥無しで農薬を使用する無肥料区 (1998~2010 年) を設定した. 堆肥を連用する牛糞堆肥区で 5 年目以降, 籾殻堆肥区で 6 年目以降に堆肥の連用効果が認められた. 2006~2010 年の 5 年間の平均収量は, 籾殻堆肥区 437 g m^{-2} , 牛糞堆肥区 430 g m^{-2} , 化学肥料区 523 g m^{-2} および無肥料区 329 g m^{-2} であった. 食味分析計で測定した食味値は, 籾殻堆肥や牛糞堆肥を施用する有機栽培が, 化学肥料を施用する化学肥料栽培より高い傾向にあることが確認された. また, 連用水田の土壌分析から, 堆肥連用の有機栽培区は, 化学肥料区と比べて全窒素量が増加することが確かめられた.

キーワード: 牛糞堆肥, 15 年間連用, 食味, 水稻, 土壌分析, 無肥料栽培, 籾殻堆肥, 連用効果.

食の安全や環境保全の観点から, 化学肥料や農薬に頼らない低投入・持続型水稻栽培が望まれている. 化学肥料の代替には緑肥や堆肥を連用し, 農薬は使用しない有機栽培を進展させねばならないが, 有機栽培は, 手間が掛かる割には収量が低く, 農家は経済的に苦しいことから期待に反して拡大しないのが現状である. また, 有機栽培に関する試験は, 短期間で結論を見出し難く, 長期に渡る研究を必要とするため報告例は少ない. 前田 (2001) は, 除草剤使用を前提とし, 殺菌剤, 殺虫剤をできる限り使わない低農薬条件を考え, 堆肥を連用した水田において, 水稻コシヒカリの収量性がどのように推移するかを 10 年間の継続試験で検討した. 齊藤ら (2001) は, 実際栽培の視点から, 水稻の有機栽培に関する技術上の問題点を摘出・整理して, 新しい栽培方法を組み立てるための基礎的資料を得ることを目的として, 10 年間有機栽培を継続した. 本試験では, 低投入・環境保全型の有機栽培を確立するために, 試験開始の前年までは化学肥料栽培を行っていた水田において, 一定量の有機物を 15 年間連用により, 生育特性, 諸形質, 収量性, 食味について比較検討した.

材料と方法

1. 試験区と栽培方法

試験は, 静岡県藤枝市の静岡大学農学部附属地域フィールド科学教育研究センター持続型農業生態系部門 (北緯 $34^{\circ}54'$, 東経 $138^{\circ}16'$, 海拔 13 m) のグライ土の水田で行った. 水田は, 長辺が 70 m, 短辺が 13.7 m の約 10 a で 1 筆 1 試験区で行った. 試験区として, 2 種類の有機栽培, すなわち籾殻堆肥区および牛糞堆肥区と比較対照としての化学肥料区を設けた. そして, 3 年目の 1998 年から収量ポテンシャルを知る目的で無肥料区を追加した.

籾殻堆肥区では, 岡田 (1953) が提唱した自然農法の実践農家中嶋恒雄氏 (静岡県御前崎市在住) の栽培法に従い, 中嶋氏が製造した籾殻堆肥と菜種油粕を連用した. 籾殻堆肥は, 籾殻, 豚糞, 米糠, 発酵剤 (エオコミット) を使い, 切り返しを繰り返しながら 8 ヶ月積んだもので, 中嶋氏は自然農法国際研究開発センターで認証を受けている. 5 月下旬に 10 a 当たり 400 kg の籾殻堆肥と 80 kg の菜種油粕を投入するのを標準としたが, 年次によって多少の増減があり, 2001 年には菜種油粕を施用しなかった (第 1 表). 1998 年に籾殻堆肥の全窒素の測定を行った. 籾殻堆肥はあらかじめ 70°C の乾燥機で 1 日乾燥させた後, 粉碎器で粉碎し, 分析した. 分析は, 0.1 g のサンプルを KJEL TABS (分解促進剤) とともにケルダールチューブにいれ, 濃硫酸を 5 ml ずつ加えて振とう後, 分解装置 (420°C) で 3 時間分解させ, 20 分冷却させた後に蒸留水を 10 ml ずつ加えた. これをアクタックの KJELTEC AUTO SAMPLER SYSTEM 1035 ANARAIZER で測定した. 籾殻堆肥の全窒素含量 2.55% を基に, 籾殻堆肥区の 15 年間の総窒素量を計算すると, 籾殻堆肥の 15 年間の合計投入量は 6,300 kg であり, 窒素量は 75.6 kg となる. これに菜種粕 (窒素含量 5%) の合計投入量 1,155 kg からの 57.8 kg を加えると投入した総窒素量は 133.4 kg となった. 標準的な年当たりの投入窒素量は, 籾殻堆肥から 5 g m^{-2} と菜種油粕から 4 g m^{-2} の合計 9 g m^{-2} に相当した. 籾殻堆肥は, 移植 1~2 週間前に散布し, その後耕耘した. 牛糞堆肥区は, 試験開始から 5 年間は, 当センター産の牛糞堆肥を使用した. 2001 年以降は購入した完熟牛糞堆肥を 10 a 当たり 450 kg 前後連用した. また, 2002 年は牛糞堆肥の代わりに緑肥レンゲを, 2003 年は牛糞堆肥と緑肥レンゲの両方を用いた. 牛糞堆肥の全窒素含量 2.71% を基に, 牛糞堆肥区の 15 年

第1表 年次別の有機物および化学肥料の施用量.

年次	籾殻堆肥区		牛糞堆肥区		化学肥料区	
	籾殻堆肥 (g m ⁻²)	菜種粕 (g m ⁻²)	牛糞堆肥 (g m ⁻²)	菜種粕 (g m ⁻²)	基肥 (g m ⁻²)	穂肥 (g m ⁻²)
1996	400	100	1200	0	5.0	3.0
1997	400	80	780	100	5.0	3.0
1998	400	100	1200	100	5.0	3.0
1999	400	80	900	0	5.0	3.0
2000	400	80	1000	0	5.0	3.0
2001	400	0	420	0	5.0	3.0
2002	400	75	0	0	5.0	3.0
2003	500	80	450	0	4.0	3.0
2004	450	80	450	0	4.0	3.0
2005	600	80	1050	0	4.0	3.0
2006	600	80	750	0	4.0	3.0
2007	0	80	900	0	4.0	3.0
2008	450	80	800	0	4.0	3.0
2009	450	80	800	0	4.0	3.0
2010	450	80	800	0	4.0	3.0
合計	6300	1155	11500	200	67.0	45.0

化学肥料区は、窒素成分量を示す.

間の総窒素量を計算すると、牛糞堆肥の合計投入量は11,500 kgであり、窒素量は130.9 kgとなる。これに菜種粕の合計投入量200 kgからの10 kgを加えると総窒素量は140.9 kgとなった。牛糞堆肥の年当たりの平均投入窒素量は、8.7 g m⁻²に相当した。牛糞堆肥は、籾殻堆肥区と同様に、移植1~2週間前に散布し、その後耕耘したが、1998年は移植3ヶ月前、1999年は移植4ヶ月前および2000年は移植1ヶ月前に散布し、その後耕耘した。5月下旬の入水後、碎土と代掻きを行い、6月初めに播種後21日苗を乗用型田植機によって条間30 cm × 株間16 cmで移植した。品種は、早生の「ひとめぼれ」を用いた。栽培に際しては、農薬を一切使用しなかった。雑草対策として移植後2~3週に機械除草を行い、残った草は中干しまでに手取りで除去し、取り損なったヒエは種子を落とさないように収穫前に抜き取った。中干しは、例年7月10日頃から20日頃まで約10日間行った。

化学肥料区は、2月下旬に土壌改良材のケイカルを160 g m⁻²施用して耕耘し、5月中旬に再度耕耘した。5月下旬に基肥として化学肥料を窒素、リン酸、カリの成分量でそれぞれ4~5、5~7、4~8 g m⁻²を全層施肥した。その後移植作業を行った。中干し後に穂肥として、化成肥料を窒素、リン酸、カリの成分量でそれぞれ3、1.3、3.9 g m⁻²表面施用した。15年間の総窒素量は、基肥の67 kgと穂肥の45 kgの合計112 kgであった。雑草対策として移植後7日前後に除草剤（ダブルスター）を散布した。病害虫の防除は、移植前にニカメイチュウを対象とした箱施用薬（プリンス粒剤）、最高分けつ期頃にニカメイチュウとイネツトムシ

防除の粒剤（パダン粒剤）および8月下旬に秋ウンカ、イモチ病、紋枯病防除のために水溶液散布（トレボン乳剤、カスラブサイドゾル、モンカットフロアブル）を合計3回、年次によっては4回行った。

無肥料区は、化学肥料や有機物を全く使用しなかったが、農薬は化学肥料区と同様に使用した。

2. 生育および収量調査

生育調査は、移植後3週目から9週目まで1週間毎に、各試験区の対角線の片方の等分点3箇所において、各々連続する10株、計30株の草丈、分けつ数、葉色を測定した。葉色は、ミノルタ製の葉緑素計SPAD-502を用いて展開完了最上位葉の葉身中央部を測定し、SPAD値で表した。

成熟期の9月下旬に生育調査をした3箇所を含む水田の対角線の等分点5箇所において、各箇所10株の稈長、穂長、穂数を測定した。収量調査の株は、調査した10株を地際から刈り取り、ビニールハウス内で2週間程架干し乾燥した後、脱穀を木屋製作所の採種用脱穀機を用いて、籾摺りを大屋丹蔵製作所の坪刈り試験用籾摺機を用いて行った。部分刈り収量算出のため、刈り取り箇所の栽植密度を調査した。精玄米は、1.80 mm目櫛の回転式米選機（ダイワニューグレイドー RICE UP R-15型）を使用して調製した。精玄米千粒重は、精玄米20.0 gの粒数を計測し、算出した。収量(g m⁻²)は、各箇所の株当たり精玄米重量と栽植密度との積から算出した。収量調査で得られた平均値の区間差異の有意性について分散分析とTukey法を用いて評価した。

3. 食味分析

食味分析には、収量調査で用いた精玄米を供試した。1996年～2005年は静岡製機の食味分析計（GS-2000）を用いて分析した。この食味分析計は、1検体の分析に必要な玄米量が300g以上のため、各試験区の調査地点5カ所からそれぞれ300g、5検体を分析に用いた。2006年～2010年はサタケの米粒食味計（RCTA11A）を用いて分析した。この米粒食味計は、1検体500g以上のため、各試験区の調査地点5カ所からそれぞれ100gを抽出し混合して500g、1検体として分析に用いた。何れの食味計も、水分、タンパク質、アミロース、脂肪酸度および食味値を表示するが、本報告では、タンパク質、アミロースおよび食味値のデータを解析対象とした。

4. 土壌分析

各試験区水田から2006年2月15日（11年目）、2010年5月22日（15年目）、2013年2月25日（18年目）に土壌を採取して分析した。すなわち、対角線採土法により、各試験区水田の5箇所を選び、表面の有機物を除き、作土（表土およそ0～15cm）をスコップで穴を掘り、斜め柱状に採取した。5箇所から採取した土壌を混合して1つにし、陰干しした。白乾するまで十分に乾かした土塊を細かく砕き、直径2mmの篩を通し、篩別した土壌500gを分析に供した。分析は、十勝農業協同組合連合会へ依頼し、同農産化学研究所が、北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課（1992）の土壌および作物栄養の診断基準－分析法（改訂版）－に則って行った。

結果と考察

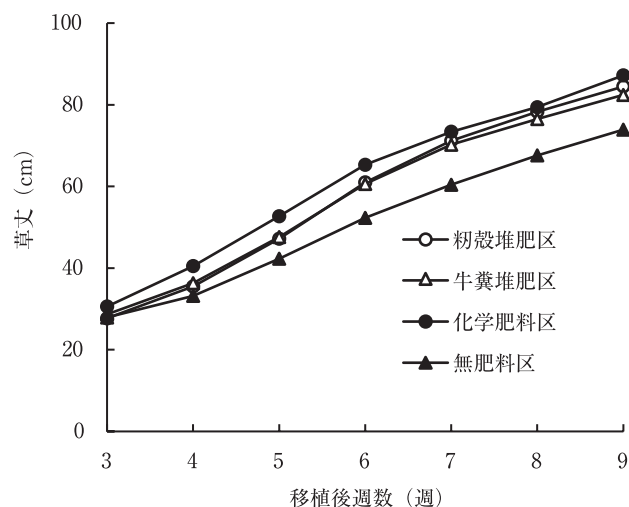
1. 生育特性

1996年から2010年までの15年間の調査データを用いて、生育特性を明らかにすることを試みた。

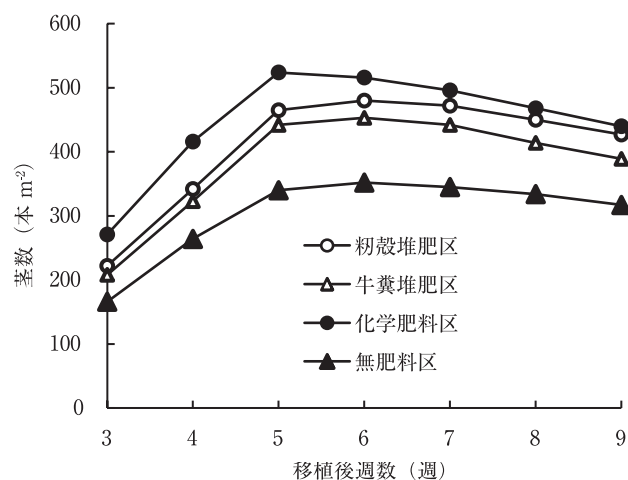
第1図に草丈の推移を示した。化学肥料区がすべての週において最も長く、無肥料区が最も短く推移した。有機栽培の籾殻堆肥区および牛糞堆肥区は、化学肥料区と無肥料区の間を同様の値で推移した。これら2つの区は、化学肥料区と比べて移植後4～5週までは大きく劣ったが、移植後7週目以降はその差が小さくなった。

第2図に m^2 当たり茎数の推移を示した。 m^2 当たり茎数も草丈と同様な傾向を示したが、草丈と異なるのは、籾殻堆肥区と牛糞堆肥区の間に差が見られ、籾殻堆肥区が牛糞堆肥区より多かった。最高分けつ期は、化学肥料区が移植後5週目で、他の4区は1週遅れの移植後6週目であった。移植後5週目まで化学肥料区と他の4区との差は大きかったが、移植後6週目以降化学肥料区は急激に減少して籾殻堆肥区に近づいた。籾殻堆肥区と牛糞堆肥区は、移植後5週目までは同様な推移を辿ったが、移植後6週目以降には、牛糞堆肥区は籾殻堆肥区と比べて大きく減少した。

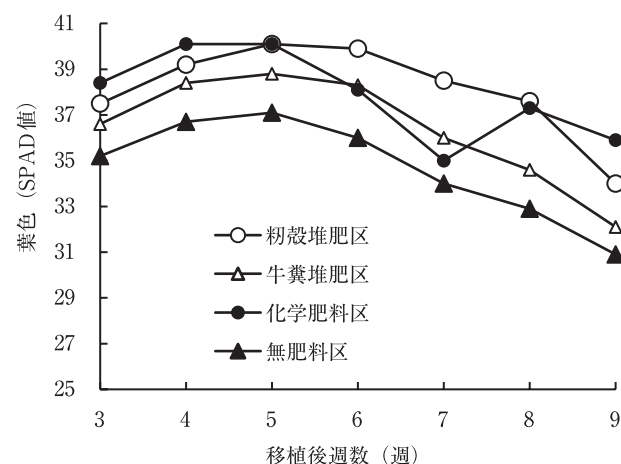
第3図に葉色の推移を示した。葉色を示すSPAD値は、



第1図 水稻草丈の推移。
1996～2010年の平均。



第2図 水稻茎数の推移。
1996～2010年の平均。

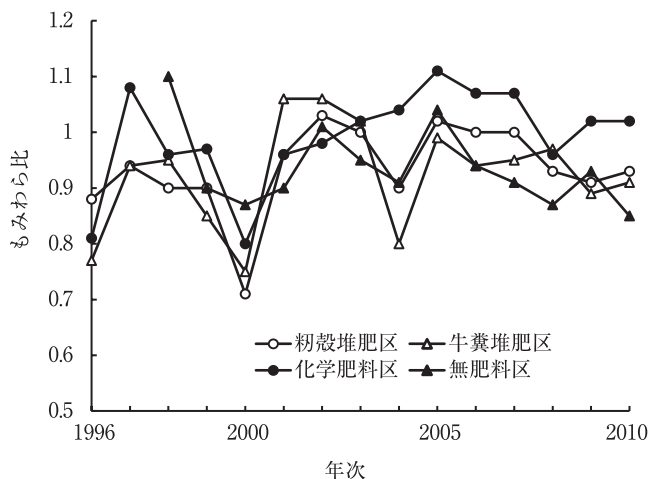


第3図 水稻葉色の推移。
1996～2010年の平均。

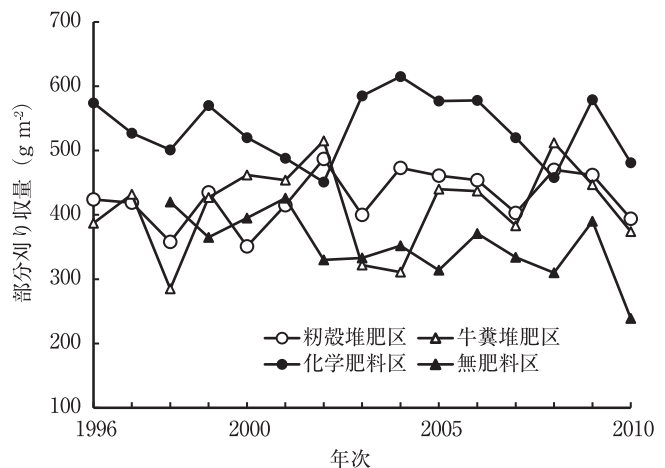
第2表 水稻における成熟期の諸形質 (1996~2010 年の15年間)。

処理	稈長 (cm)	穂長 (cm)	m ² 当たり穂数 (本)	もみわら比	精玄米千粒重 (g)
籾殻堆肥区	76.5 ± 3.8 ^b	18.6 ± 0.7 ^b	363 ± 24 ^{ab}	0.93 ± 0.08	20.9 ± 0.7 ^b
牛糞堆肥区	75.0 ± 4.7 ^b	18.5 ± 0.4 ^b	335 ± 41 ^b	0.92 ± 0.10	21.3 ± 0.7 ^b
化学肥料区	82.7 ± 4.8 ^a	19.6 ± 0.8 ^a	382 ± 25 ^a	1.00 ± 0.08	22.2 ± 0.7 ^a
無肥料区	68.2 ± 4.3 ^c	18.2 ± 0.4 ^b	289 ± 36 ^c	0.94 ± 0.07	21.6 ± 0.7 ^{ab}

異なるアルファベット間では、Tukey 法により 5% 水準で有意差があることを示す。



第4図 年次別もみわら比の変遷。



第5図 年次別水稻収量の変遷。

化学肥料区、無肥料区および有機栽培区でその推移を異にした。すなわち、化学肥料区は、移植後5週目まで何れの区よりも最も高い値で推移し、その後急激に減少し、穂肥施用後の8週目に再び上昇して9週目には減少した。無肥料区は、終始低い値で推移して、移植後5週目に最大値となり、その後漸減した。籾殻堆肥区、牛糞堆肥区は、移植後5週目に最大値となり、その後漸減した。

有機農法では慣行農法に比較して初期生育が劣ることが多く指摘されている(上村ら 1983, 片野 1990, 鈴木ら 1994, 酒井・山本 1999, 玉置ら 1999, 前田 2001, 玉置ら 2002, 浅井ら 2013)。本研究の生育調査の結果からも、何れの有機栽培も、慣行栽培と比べて初期の草丈、茎数が明らかに劣った。しかし、生育中期以降に急速に増大し、生育後期には、草丈、茎数ともに慣行農法に近づいた。

2. 成熟期の諸特性

第2表に1996年から2010年までの15年間の主要形質の平均値を示した。稈長は、1997年と2002年を除けば化学肥料区が高く、無肥料区が低く推移した。稈長は、化学肥料区 82.7 ± 4.8 cm > 籾殻堆肥区 76.5 ± 3.8 cm > 牛糞堆肥区 75.0 ± 4.7 cm > 無肥料区 68.2 ± 4.3 cm の順であった。2つの有機栽培は76 cm 前後で類似していた。穂長は、化学肥料区が他の3区より有意に長く、籾殻堆肥区と牛糞堆肥区はほぼ同じであり、無肥料区は有機栽培区と比べてやや短かった。m² 当たり穂数は、化学肥料区が

有意に多くて 382 ± 25 本であった。有機栽培区では、籾殻堆肥区が化学肥料区に次いで多く、牛糞堆肥区は、籾殻堆肥区より少なく、無肥料区は化学肥料区より23%少なかった。もみわら比は、処理区間に有意差は認められなかったが、化学肥料区が最も高く、無肥料区、籾殻堆肥区、牛糞堆肥区の順であった。片野 (1990)、齊藤ら (2001)、玉置ら (2002) は、有機農法区では、もみわら比が高いことを指摘しているが、本研究では何れの有機栽培区も化学肥料栽培区より低かった(第4図)。同じ有機栽培でも、レンゲを用いる緑肥区(浅井ら, 2013)は、堆肥を用いる籾殻堆肥区や牛糞堆肥区より高かった。精玄米千粒重は、化学肥料区が最も重く、次いで無肥料区であった。有機栽培区の牛糞堆肥区と籾殻堆肥区は、化学肥料区と比べて有意に軽かった。

上村ら (1983) は、化学肥料にきゅう肥をプラスすることにより穂数は増加し、千粒重、登熟歩合は低下したと報告し、神谷ら (1994) は、稲わら堆肥 $2 \text{ t } 10 \text{ a}^{-1}$ 施用の12年間の成績において、有機物の施用により穂数、一穂当たりもみ数は増加したが、登熟歩合、千粒重の低下がみられたと報告している。本研究は、上村ら (1983) や神谷ら (1994) に比べたら低投入な有機栽培であるが、穂数の増加は見られず、千粒重は軽かった。このことが、収量が低い要因と推察された。

第3表 各農法区の部分刈り水稻収量の比較.

期 間	籾殻堆肥区 (g m ⁻²)	牛糞堆肥区 (g m ⁻²)	化学肥料区 (g m ⁻²)	無肥料区 (g m ⁻²)
1996~2000 年 (前 5 年間)	397 ± 35 ^b	427 ± 27 ^b	538 ± 29 ^a	393 ± 22 ^b
2001~2005 年 (中 5 年間)	447 ± 34 ^b	470 ± 33 ^{ab}	543 ± 63 ^a	351 ± 39 ^c
2006~2010 年 (後 5 年間)	437 ± 32 ^a	430 ± 50 ^a	523 ± 49 ^a	329 ± 53 ^b

平均 ± 標準偏差. 無肥料区は, 1998 年からの 13 年間の平均を示す.

牛糞堆肥区は, 1998 年, 2003 年および 2004 年を除いた平均を示す.

同行の異なるアルファベット間では, Tukey 法により 5%水準で有意差があることを示す.

第4表 コメのタンパク質含有率の推移.

期 間	籾殻堆肥区 (%, d.b.)	牛糞堆肥区 (%, d.b.)	化学肥料区 (%, d.b.)	無肥料区 (%, d.b.)
1996~2000 年 (前 5 年間)	7.4 ± 0.7	7.2 ± 0.5	8.1 ± 0.5	7.0 ± 0.3 n.s
2001~2005 年 (中 5 年間)	7.1 ± 0.1	7.1 ± 0.5	7.7 ± 0.4	7.0 ± 0.4 n.s
2006~2010 年 (後 5 年間)	7.8 ± 0.6	7.6 ± 0.6	8.0 ± 0.5	7.7 ± 0.8 n.s

平均 ± 標準偏差. 無肥料区は, 1998 年からの 13 年間の平均を示す.

%, d.b. は乾物でのコメのタンパク質の占める割合を示す.

n.s. は有意差がないことを示す.

3. 部分刈り収量

第5図に m² 当たり部分刈り収量の変遷を示した. 最も収量が高かったのは化学肥料区で, 451~615 g m⁻² の間を推移し, 平均収量は 535 ± 50 g m⁻² であった. 最も収量が低かったのは無肥料区で, 239~420 g m⁻² の間を推移し, 平均収量は 352 ± 49 g m⁻² であった. 2 種類の有機栽培は, 籾殻堆肥区が, 化学肥料区と無肥料区の中間の 351~487 g m⁻² の間を推移し, 有機栽培に転換して 7 年目以降 (2002 年), 収量の差が縮小した. 平均収量は 427 ± 40 g m⁻² で, 化学肥料区との比率は 80% であった. 牛糞堆肥区は, 285~515 g m⁻² の間を推移し, 有機栽培に転換して 5 年目以降 (2000 年), 収量の差が縮小した. 平均収量が 413 ± 66 g m⁻² で化学肥料区との比率は 77% と低かった. 牛糞堆肥区が低かった理由として, 1998 年はウンカによる被害, 2003 年, 2004 年は雑草のコナギの大発生による肥料養分の競合による被害を受けて大きく減収した. 本研究で設けた 2 種類の有機栽培区では, 農薬や化学肥料を使用しなかったが, 農薬や化学肥料を使用する化学肥料栽培の 80% 前後の収量を達成することができた. しかし, 農薬を使用しないことから, 年次によっては突発的な害虫や雑草の異常発生により, 無肥料栽培の収量を下回る事例も見られた.

4. 堆肥の連用効果

有機物の連用効果を検証するために, 15 年間の前 5 年間, 中 5 年間および後 5 年間に分け, それぞれの平均収量を比較した (第3表). 牛糞堆肥区は, 無農薬による特異な影響がない年次のデータをもとに連用効果を評価するために, 害虫や雑草の異常繁殖に伴う負の影響が顕著であった 1998 年, 2003 年および 2004 年のデータは除いて解析した.

有機栽培区は, 籾殻堆肥区が前期 < 後期 ≤ 中期, 牛糞堆肥区が前期 < 後期 < 中期となり, 前期と中期の変化量が大きいように思われる. すなわち, 前期では, 化学肥料区に比べて有機堆肥区は有意に低かったものの, 後期では, 両区間に有意差がなくなり, 連用開始後一定の年次が経過すると処理間の差が小さくなることを示していると思われる. また, 籾殻堆肥区の中 5 年間以降には, 増収傾向 (P = 0.130) が見られた. それに対して, 化学肥料区の 5 年間の平均は, 前期, 中期および後期いずれもかなり安定していて大きな増減が見られなかったことから, 有機栽培の籾殻堆肥区では, 連用を開始してから 6 年目以降に, 牛糞堆肥区では 5 年目以降に収量の向上が認められ, 中 5 年間の平均収量は高まり, その後の後 5 年間も中 5 年間の収量レベルが持続していると推察された.

堆肥の連用とは反対に, 無施用を継続した無肥料区は, 転換 4 年目までは 400 g m⁻² 前後の比較的高い収量を維持していた (第4図) が, 5 年目以降急激に低下し, 330 g m⁻² 前後で横ばい状態となったことから, 本水田の収量ポテンシャルはこの程度であることが示唆された. これらのことから, 有機物の連用効果の発現には 5 年を要し, その逆に水田の地力の蓄積は, 4 年間で消失すると推察された.

前田 (2001) は, 牛糞, 落葉, 籾殻, 稲藁, 麦藁を使った完熟堆肥を最初の 4 年間は 400 kg 10a⁻¹, 後の 6 年間は 200 kg 10a⁻¹ 10 年間連用したコシヒカリ低農薬栽培において, 収量が 10 年間の平均で 383 kg 10a⁻¹ と報告した. 一方, 齊藤ら (2001) は, 基肥に 1389 g m⁻² の完熟堆肥と 106 g m⁻² の発酵鶏糞, 追肥に 113 g m⁻² の油粕を用いた有機栽培の 10 年間の平均収量が 459 g m⁻² であったと報告した. 本研究では, 連用効果が安定した 6 年目以降の 10 年間の平

第5表 コメのアミロース含有率の推移.

	籾殻堆肥区 (%)	牛糞堆肥区 (%)	化学肥料区 (%)	無肥料区 (%)	
1996~2000年(前5年間)	20.1 ± 0.5	20.1 ± 0.5	20.2 ± 0.5	20.0 ± 0.9	n.s
2001~2005年(中5年間)	19.7 ± 0.9	19.9 ± 0.7	19.9 ± 1.0	20.1 ± 1.0	n.s
2006~2010年(後5年間)	19.2 ± 0.5	19.1 ± 0.5	19.4 ± 0.5	19.3 ± 0.7	n.s

平均 ± 標準偏差. 無肥料区は, 1998年からの13年間の平均を示す.

n.s. は有意差がないことを示す.

第6表 コメの食味スコア値の推移.

期 間	籾殻堆肥区 (点)	牛糞堆肥区 (点)	化学肥料区 (点)	無肥料区 (点)	
1996~2000年(前5年間)	77 ± 8	79 ± 6	71 ± 7	84 ± 4	n.s
2001~2005年(中5年間)	79 ± 2	78 ± 5	73 ± 4	80 ± 3	n.s
2006~2010年(後5年間)	73 ± 6	75 ± 6	71 ± 6	73 ± 7	n.s

平均 ± 標準偏差. 無肥料区は, 1998年からの13年間の平均を示す.

n.s. は有意差がないことを示す.

第7表 土壌養分の推移.

		籾殻堆肥区	牛糞堆肥区	化学肥料区	無肥料区
全窒素 (%)	3年目	0.33	0.24	0.21	0.23
	11年目	0.25	0.27	0.21	0.22
	15年目	0.29	0.29	0.22	0.22
	18年目	0.30	0.34	0.22	0.23
有効態リン酸 (mg/100g)	3年目	23.3	13.2	14.4	14.5
	11年目	10.0	9.3	21.1	10.5
	15年目	8.3	9.3	28.1	9.9
	18年目	7.7	10.1	27.5	9.8
交換性加里 (mg/100g)	3年目	35.7	40.6	24.0	20.3
	11年目	13.6	16.6	16.2	13.4
	15年目	13.2	16.9	15.8	11.4
	18年目	14.0	17.6	16.0	13.5
交換性苦土 (mg/100g)	3年目	68.0	85.1	78.2	72.1
	11年目	60.1	66.6	74.4	64.1
	15年目	61.3	64.1	80.4	61.7
	18年目	63.1	70.9	87.8	64.4
交換性石灰 (mg/100g)	3年目	268.8	328.3	292.1	288.3
	11年目	257.4	300.7	385.9	309.0
	15年目	288.3	309.2	424.6	314.5
	18年目	267.5	298.4	361.4	281.6

均収量が, 籾殻堆肥区が 442 g m^{-2} , 牛糞堆肥区が 450 g m^{-2} となり, 前田(2001)より高く, 齊藤ら(2001)と遜色の無い平均収量であった. このことから, 有機栽培の収量レベルは 450 g m^{-2} 前後と推察した.

5. 食味分析

第4表, 第5表, 第6表に精玄米の食味分析の比較を示

した. 前, 中の各5年間は, それぞれ同じ分析機器を用いて分析したデータであることから, いずれのタンパク質含有率および食味のスコア値においても有意差はないものの, 化学肥料区に比べて有機栽培区はいずれもタンパク質含有率はやや低く, 食味のスコア値はやや高い傾向が見られた. しかし, 有機栽培区で連用を継続することで, 化学肥料区との食味のスコアの差が, 大きくなることはなかった.

た。アミロース含有率は、いずれの5年間においても処理区間に殆ど差がみられなかった。研究開始後の当初10年間と後の5年間では、用いた食味計が異なったために、後の5年間では化学肥料区と有機栽培区の差は小さくなったものの、前、中の各5年間と傾向は同じであった。近藤ら(1987)は、堆肥・無農薬栽培米は慣行栽培米よりも精米中のタンパク質含有率が減少したと報告し、王ら(1998)も精白米の全窒素含量が有機栽培に比較して慣行栽培で高くなったと報告している。本試験においても、有機栽培区は化学肥料栽培区と比較してタンパク含量が低いことが認められた。玉置ら(1995)、王ら(1998)は、アミロース含量は品種固有の特性であり、栽培方法によって大きな影響を受けない形質であることを示唆している。本試験においても、いずれの栽培区もアミロース含有率に相違はみられなかった。

6. 土壌分析

第7表に、1998年(3年目)、2006年(11年目)、2010年(15年目)、2013年(18年目)の土壌分析の結果を示した。全窒素は、有機栽培区の牛糞堆肥区で漸増し、18年目には化学肥料区と無肥料区の1.5倍であった。一方、堆肥を投入しない化学肥料区と無肥料区は、変化が見られなかった。有効態リン酸は、籾殻堆肥区で漸減した。牛糞堆肥区と無肥料区は、11年目以降大きな増減はなかった。一方、化学肥料区は18年目には他の3区の3倍量まで増加した。交換性加里は、11年目以降全ての区において、大きな増減はなかった。交換性苦土は、11年目以降籾殻堆肥区、牛糞堆肥区および無肥料区で大きな増減はなかった。化学肥料区は漸増傾向で、他の3区より高かった。交換性石灰は、増減は小さかった。

長期連用により増加したのは、有機栽培区的全窒素であった。このことは、大場ら(2000)の結果と一致した。有効態リン酸と交換性苦土は、化学肥料区で増加した。有効態リン酸は、化学肥料区が有機栽培区の2~3倍の含量であった。籾殻堆肥区の有効態リン酸は、減少した。交換性石灰は、化学肥料区の含量が有機栽培区より高かった。交換性生石灰の籾殻堆肥区と牛糞堆肥区の比較では、牛糞堆肥区が籾殻堆肥区より高い傾向がみられた。

謝辞: 自然農法実践家中嶋恒雄氏には10年間籾殻堆肥を提供して頂いた。記して感謝の意を表します。また、元静岡大学農学部附属農場技官青木包雄氏に栽培管理ならびに技術補助を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

- 浅井辰夫・平野清・前田節子・飛奈宏幸・西川浩二 2013. 緑肥レンゲ (*Astragalus sinicus* L.) を17年間連用した水稻収量とその変動要因. 日作紀 82: 353-359.
- 北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 1992. 土壌および作物栄養の診断基準—分析法(改訂版). 1-199.
- 上村幸廣・宇田川義夫・松原弘一郎・井ノ子昭夫 1983. 有機物施用によるシラス水田土壌の生産力増強. 土肥誌 54: 131-136.
- 神谷径明・大石達明・嶋田昭史・水本順敏・堀兼明 1994. 中粗粒灰色低地土水田における有機物及び珪カルの連用が土壌及び水稻に与える影響. 静岡農試研報 38: 1-10.
- 片野学 1990. 自然農法のイネづくり—生育のすがたと栽培の実際. 農文協, 東京. 1-246.
- 近藤栄昭・佐藤徳雄・芳賀文子・小峰洋美・欽野信子 1987. 堆肥・無農薬と慣行法で栽培した米の食味の比較. 調理科学 20: 156-158.
- 前田忠信 2001. 堆肥連年施用水田と化学肥料連年施用水田における低農薬栽培した水稻収量の年次変動とその要因. 日作紀 70: 525-529.
- 大場伸一・卯月恒安・高橋玲子・原田直樹 2000. 水稻無農薬・無化学肥料栽培の収量性. 東北農業研究 53: 69-70.
- 岡田茂吉 1953. 自然農法解説. 栄光社, 熱海. 1-236.
- 齋藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 2001. 水稻の有機栽培に関する継続試験—10年間の生育収量—. 日作紀 70: 530-540.
- 酒井憲一・山本富三 1999. 家畜ふん堆肥の窒素無機化予測および被覆肥料の利用による水稻施肥量の削減と環境負荷低減. 土肥誌 70: 185-189.
- 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一 1994. 水稻の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形農試研報 28: 39-56.
- 玉置雅彦・吉松敬祐・堀野俊郎 1995. 水稻有機栽培法実施年数と米のアミログラム特性値およびミネラル含量との関係. 日作紀 64: 677-681.
- 玉置雅彦・猪谷富雄・山本由徳 1999. 異なる光条件下における有機質肥料と無機質肥料が水稻の生育に及ぼす影響. 日作紀 68: 16-20.
- 玉置雅彦・猪谷富雄・中野尚夫 2002. 有機農法継続年果が異なる水稻の生育と収量—山口県下での一事例—. 日作紀 71: 439-445.
- 王桂云・阿部利徳・笹原健夫 1998. 慣行および有機栽培法で栽培した水稻白米の全窒素・アミロース含量およびアミノ酸含量・組成. 日作紀 67: 307-311.

Growth Characteristics, Yield and Eating Quality of Paddy Rice in Different Organic Cultivation Continued Fifteen Years : Tatsuo ASAI¹⁾, Hiroyuki TOBINA¹⁾, Setsuko MAEDA²⁾ and Kouji NISHIKAWA¹⁾ (¹⁾*Cent. for Edu. and Res. of Field Sci., Fac. of Agr., Shizuoka Univ., Fujieda 426-0001, Japan;* ²⁾*Shizuoka Eiwa Gakuin Univ. Juni. Coll.*)

Abstract : The effects of compost fertilization and pesticide application on the grain yield of an early maturing rice variety were examined for 15 years in the paddy field of Shizuoka University. Husk manure was applied without a pesticide (weeds were removed with a weeder and by hand) in the HMP-F plot from 1996 to 2010. Cattle manure was applied without a pesticide in the CMP-F plot from 1996 to 2010. Both chemical fertilizer and pesticide were applied in the CFP plot from 1996 to 2010. Neither fertilizer nor pesticide was applied in the NFP plot from 1998 to 2010. The rice grain yield during the first five years was 437, 430, 523 and 329 g m⁻² respectively in the HMP-F, CMP-F, CFP and NFP plots. The effect of long-term manuring became apparent in CMP-F after the fifth year, and in HMP-F after the seventh year. It was confirmed that the eating quality value measured with a rice analyzer for eating quality tended to be high in the organic cultivation with husk manure or cattle manure compared with the conventional cultivation with a chemical fertilizer. It was clear that the total amount of nitrogen in paddy soil in the organic cultivation is larger than in conventional cultivation with a chemical fertilizer.

Key words : Cattle manure, Eating quality, Effect of long-term manuring, 15 successive years, Husk manure, Non-fertilizing cultivation, Paddy rice, Soil analysis.
