

中粗粒グライ土における籾殻牛ふん堆肥の連用が水稻の 収量性，成分含量に及ぼす影響

石井研至, 藤山正史, 里中利正¹⁾, 早田隆典²⁾

キーワード：中粗粒グライ土，籾殻牛ふん堆肥，連用，水稻，玄米収量

Influence of Long-term Application of Chaff Cow Manure Compost
on the Yield and Inorganic Components of Rice Plant
by Coarse-textured Gray Lowland Soils

Kenshi ISHII, Masafumi FUJIYAMA, Toshimasa SATONAKA, Takanori SODA

目 次

1. 緒 言	82
2. 材料および方法	82
1) 圃場条件	82
2) 試験区の構成	82
3) 耕種概要	83
4) 調査方法	84
3. 結 果	84
1) 水稻の収量の経年変化	84
2) 土壌の化学性の経年変化	87
3) 水稻の無機成分含量の経年変化	91
4. 考 察	94
5. 摘 要	95
6. 引用文献	96
Summary	96
1) 現対馬振興局	
2) 全国農業協同組合連合会長崎県本部	

1. 緒 言

これまで、水稻栽培では収量、品質の安定、向上を目的として、家畜ふん堆肥の施用が行われてきた。しかし、森田ら⁶⁾が報告しているように、近年、水稻農家の高齢化、消費者の米消費の低迷、良食味米への要求などにより、水田への家畜ふん堆肥の施用は減少している。また、水田は機械化体系の進展などによる作土の浅層化が進んでおり、根群域の制限された緩衝能の弱い作土での水稻栽培は温暖化気候で推移する中、収量・品質の低下が懸念されている。一方、本県では長崎県持続性の高い農業生産方式の推進指針、島原半島窒素負荷低

減計画などにより、良質堆肥の生産・利用の推進、耕畜連携の促進を進めている。しかしながら、水田への家畜ふん堆肥の施用に際しては、その基準が1978年に設定された基準²⁾を継承しているのみである。

そこで、本センターの籾殻牛ふん堆肥(以下、牛ふん堆肥と略す)を連用している定点水田圃場において、近年における連用が水稻の収量、土壌および稲体の無機成分に及ぼす影響を調査し、適切な施用方法について検討したので報告する。

2. 材料および方法

1) 圃場条件

試験圃場は長崎県諫早市東大川下流域の谷底平野に位置する農林技術開発センター内の水田で実施した。本水田は、1976年から1997年の22年間土壌保全対策事業・土壌環境基礎調査(基準点一般調査)として利用され、1998年の1年間水稻均一栽培後、1999年から2000年の経過的試験を経て、2001年から2014年の14年間、試験を行った。

(土壌条件)

供試した水田は安山岩、第三紀砂岩を主体とした沖積土壌で、土壌群はグライ土、土壌統群は中粗粒グライ土、土壌統は浅津統(旧上兵庫統)に区分される。作土(地表～深さ14cm)直下の下層土よりグライ斑が出現し、第3層(深さ39cm～56cm)よりグライ層が出現する排水不良な半湿田である。土性は作土がCLで、下層土がSLである。

土壌断面の柱状図を図1に示した。

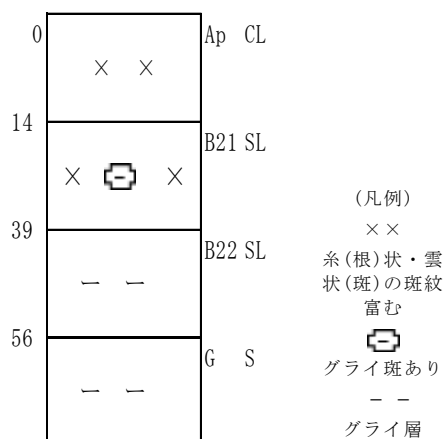


図1 供試ほ場の土壌断面柱状図

2) 試験区の構成

試験区の規模は21m²の2連制で、その構成を表1に、施用した牛ふん堆肥の成分含量を表2に、

概況を写真1に示した。

表1 試験区の構成

No.	試験区	化学肥料			牛ふん堆肥 (t/10a)
		硫酸アンモニウム	過リン酸石灰	塩化カリウム	
1	無窒素	×	○	○	×
2	化学肥料単用	○	○	○	×
3	化学肥料+牛ふん堆肥0.5t施用	○	○	○	0.5
4	化学肥料+牛ふん堆肥1.0t施用	○	○	○	1.0
5	化学肥料+牛ふん堆肥2.0t施用	○	○	○	2.0
6	無窒素+牛ふん堆肥1.0t施用	×	○	○	1.0

注)化学肥料は窒素、リン酸、加里の三要素施用、無窒素はリン酸、加里の2要素施用

表 2. 供試した牛ふん堆肥の成分含量

	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	水分
現物当たり平均 (%)	21.65	1.61	14	2.27	2.94	38.5
変動係数 (%)	19.6	28.1	13.0	36.0	47.0	23.0



写真 1. 試験水田

3) 耕種概要

播種, 移植, 収穫時期および施肥時期を表 3 に示した. 供試品種は「ヒノヒカリ」で, 5月下旬～6月上旬に催芽糶 150g を育苗箱に播種し, 約 3 週間後の 6 月中～下旬に 3 本/株となるように移植した. 栽植密度は条間 30cm×株間 15cm とした. 牛ふん堆肥は 5 月下旬～6 月上旬に施用し, 基肥は移植の 1～2 日前, 追肥は穂肥 I が

幼穂形成期の 8 月 10 日前後, 穂肥 II が減数分裂期の 8 月 20 日前後に行った. 基肥および穂肥の施肥量は表 4 のとおりである. 中干しを 7 月下旬～8 月上旬に, 収穫は 10 月上旬に行った. 収穫後における稲わらの水田還元は行っていない.

表 3. 播種, 移植, 収穫時期および施肥時期

西暦(年)	播種	基肥	移植	穂肥 I	穂肥 II	収穫
2001	6月1日	6月18日	6月20日	8月13日	8月20日	10月5日
2002	5月30日	6月19日	6月21日	8月12日	8月21日	10月4日
2003	5月28日	6月18日	6月20日	8月13日	8月25日	10月7日
2004	5月26日	6月17日	6月18日	8月10日	8月23日	10月4日
2005	6月1日	6月20日	6月22日	8月12日	8月19日	10月5日
2006	6月2日	6月21日	6月22日	8月10日	8月19日	10月6日
2007	6月1日	6月21日	6月22日	8月11日	8月20日	10月3日
2008	6月5日	6月24日	6月25日	8月13日	8月20日	10月6日
2009	6月4日	6月23日	6月24日	8月13日	8月20日	10月7日
2010	6月4日	6月24日	6月25日	8月10日	8月18日	10月7日
2011	6月2日	6月22日	6月23日	8月12日	8月19日	10月6日
2012	6月1日	6月21日	6月22日	8月10日	8月17日	10月4日
2013	6月4日	6月24日	6月25日	8月9日	8月19日	10月3日
2014	5月23日	6月12日	6月13日	8月8日	8月18日	10月3日

表 4. 施肥量

(kg/10a)

No.	基 肥			追肥(穂肥 I + 穂肥 II)			合 計		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0.0	6.0	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	6.0	8.0
2	4.0	6.0	4.0	4.0	0.0	4.0	8.0	6.0	8.0
3	4.0	6.0	4.0	4.0	0.0	4.0	8.0	6.0	8.0
4	4.0	6.0	4.0	4.0	0.0	4.0	8.0	6.0	8.0
5	4.0	6.0	4.0	4.0	0.0	4.0	8.0	6.0	8.0
6	0.0	6.0	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	6.0	8.0

4) 調査方法

(1) 収量および収量構成要素

成熟期に各試験区内の生育中庸な箇所より 40 株を収穫し、藁重、籾重、精玄米重、千粒重、籾数を測定した。玄米重はふるい目 1.8mm で調整、15%水分換算とした。

(2) 気象条件

各年の移植日～収穫日の気温は当センターの観測値を、日照時間は気象庁長崎地方気象台の観測値を使用した。

(3) 土壌成分

土壌成分は土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法³⁾、土壌養分分析法⁴⁾に基づき分析した。すなわち、収穫後、各試験区の5箇所より等量ずつ採取した土壌約500gを室内で風乾燥し、磁製乳鉢と乳棒を用いて土塊を押しつぶし、2mmのふるいを通して、分析に供した。交換性陽塩基(CaO, MgO, K₂O)含量は原子吸光法で、可給態リン酸含量はTruog法で測定した。

全窒素(T-N)および全炭素含有率(T-C)は、風乾細土を更に0.5mm以下に微粉碎し、CNコーダー(J-SCIENCE社製, JM1000CN)を用いて測定した。

(4) 土壌の可給態窒素

可給態窒素量(無機態窒素含量)の測定は土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法³⁾に基づき保温静置培養法で実施した。すなわち、風乾細土 10g に加水し、湛水状態 30℃とし、

インキュベーターで 4 週間静置培養、10%塩化カリウム溶液を 80ml 加え、振とう、ろ過後に酸化マグネシウムとデバルダ合金を加えて水蒸気蒸留-滴定法で測定した。

(5) 稲体成分

稲体成分は土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法³⁾に基づき分析した。すなわち、各区 3 か所から生育中庸な株を選び、地際から刈り取って、試料とした。風乾後、玄米および約 2cm に細断した稲わらを 60℃の通風乾燥機で 3 日間乾燥し、CMT 社製粉碎機(VIBRATING SAMPLE MILL TI-200)で粉碎した。全窒素(T-N)は CN コーダーを用いて、リン酸、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムは湿式分解法により分解し、カリウム、カルシウム、マグネシウムは原子吸光法で、リン酸はバナドモリブデン酸法により測定した。

(6) 堆肥成分

堆肥成分は堆肥等有機物分析法⁵⁾に基づき分析した。堆肥は 40～50℃の通風乾燥機に入れて 2～3 日乾燥後、0.5mm 以下に微粉碎して、分析に供した。カリウム、リン酸は硝酸及び過塩素酸で湿式分解し、カリウムは原子吸光法で、リン酸はバナドモリブデン酸法により測定した。

全窒素(T-N)および全炭素含有率(T-C)は、CN コーダー(J-SCIENCE 社製, JM1000CN)を用いて測定した。

3. 結 果

1) 水稻収量の経年変化

2001 年から 2014 年までの各試験区における玄米収量の平均、変動係数を表 5 に、経年変化を図 2 に示した。但し、2005 年、2006 年は 9 月の台風により潮風害を受けたため除外した。牛ふん堆肥の施用量が増加すると玄米収量も増える傾向に

あり、牛ふん堆肥を施用していない 2 区と牛ふん堆肥 1.0t および 2.0t を施用した区間に有意な差が認められた。変動係数は 3 要素の化学肥料を施用した区間でみると、牛ふん堆肥を 1.0t、2.0t 施用した区でやや小さい傾向がみられた。

各区の平均玄米収量は、化学肥料単用 2 区の玄米収量指数を 100 とすると、1 区で-30%、6 区で

-11%減収、3 区で 11%、4 区で 14%、5 区で 20%の増収であった。

表 5. 玄米収量およびその変動係数 (kg/a, %)

No.	試験区	平均 (指数)	変動係数
1	無窒素	33.5 d (70)	8.0
2	化学肥料単用	47.8 bc (100)	10.6
3	化学肥料+牛ふん堆肥0.5t施用	53.1 ab (111)	10.8
4	化学肥料+牛ふん堆肥1.0t施用	54.3 a (114)	9.6
5	化学肥料+牛ふん堆肥2.0t施用	57.4 a (120)	9.7
6	無窒素+牛ふん堆肥1.0t施用	42.7 c (89)	9.1

注) 縦の異文字間にはTukey-Kramerの多重検定により5%レベルで有意差あり

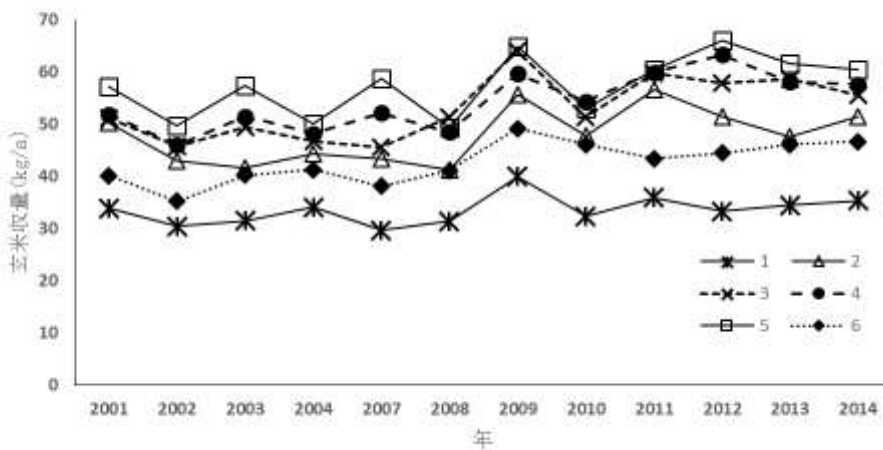


図 2. 玄米収量の経年変化

各試験区における玄米収量と経過年数、定植日から収穫日までの気温、日照時間との相関係数を表 6 に、気温の年次変化を図 3、日照時間を表 7 に示した。

玄米収量と経過年数との相関をみると、全区で正の相関がみられ、牛ふん堆肥 0.5t 施用の 3 区および 1.0t 施用の 4, 6 区で有意な相関が認められた。

玄米収量と気温の相関は、玄米収量と平均気温、

最高気温、最低気温との間に全区で正の相関が認められたが、係数は低い傾向にあった。

玄米収量と最高気温、最低気温の相関において、1 区、6 区の無窒素肥料区が他の区に比べてやや高い傾向にあった。

玄米収量と日照時間との間にも有意な相関は認められなかったが、気温に比べて相関は高く、各区分でみると、牛ふん堆肥無施用区に比べて、施用区の相関が高い傾向にあった。

表 6. 玄米収量と経過年数、気温、日照時間との相関係数

No.	経過年数	平均気温	最高気温	最低気温	日照時間
1	0.391	0.090	0.170	0.124	0.207
2	0.505	0.042	0.013	0.029	0.249
3	0.673 *	0.095	0.012	0.035	0.303
4	0.768 **	0.141	0.038	0.167	0.445
5	0.554	0.038	0.073	0.006	0.359
6	0.775 **	0.082	0.146	0.150	0.552

注)**1%、*5%水準で有意

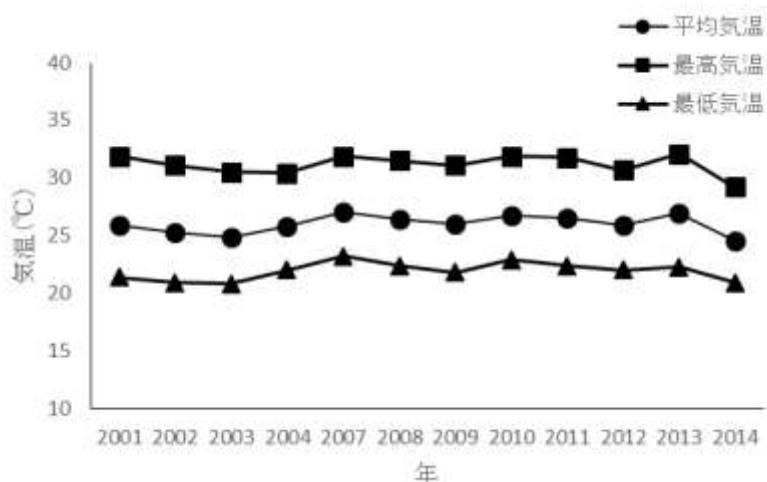


図 3. 栽培期間(移植～収穫)の気温

表 7. 栽培期間(移植～収穫)の日照時間

年	2001	2002	2003	2004	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
時間	709.9	693.9	584.2	667.7	626.0	615.8	596.3	587.5	626.8	574.6	677.5	449.6

収量構成要素の穂数、籾数、千粒重の 2001 年～2014 年の平均値を表 8、それらの経過年数との相関を表 9 に示した。

穂数は化学肥料単用の 2 区に比べて、3 区、4 区で 7%、5 区で 16%多かった。無窒素肥料の 1 区では 24%少なく、無窒素肥料でも牛ふん堆肥を 1t 施用した 6 区では 7%の減少に留まった。

一穂籾数は化学肥料単用の 2 区に比べて、3 区で 4%、4 区で 5%、5 区で 8%多かった。1 区では

6%少なく、6 区では 1%の減少に留まった。

m²当たり籾数で見ると、化学肥料単用の 2 区に比べて、牛ふん堆肥を 0.5t 施用した 3 区で 10%、1.0t 施用した 4 区で 14%、2.0t 施用した 5 区で 24%多かった。1 区では 28%少なく、6 区では 8%の減少に留まった。

千粒重は、化学肥料単用の 2 区に比べて、牛ふん堆肥を施用した 3, 4, 5 区は同程度の重さであった。無窒素肥料の 1 区、6 区は 5%減少した。

表 8. 収量構成要素

No.	穂数 (本/株)	(指数)	一穂籾数 (粒)	(指数)	m ² 当たり 籾数(粒)	(指数)	千粒重 (g)	(指数)
1	11.1	(76)	69.8	(94)	17340	(72)	22.7	(95)
2	14.7	(100)	74.3	(100)	24188	(100)	23.9	(100)
3	15.7	(107)	77.0	(104)	26550	(110)	23.7	(99)
4	15.8	(107)	78.3	(105)	27554	(114)	23.5	(98)
5	17.0	(116)	80.6	(108)	30013	(124)	23.4	(98)
6	13.6	(93)	73.4	(99)	22224	(92)	22.7	(95)

各区の穂数、籾数、千粒重と経過年数との相関は、全区で正の相関がみられたが、有意な相関は認められなかった。しかし、籾数、千粒重は穂数に比べて、経過年数との相関は高い傾向がみられ、

特に、牛ふん堆肥 0.5t, 1t 施用の 3 区、4 区では m²当たりの籾数との、窒素肥料を施用していない 1 区、6 区、化学肥料単用の 2 区では千粒重との相関があった。

表 9. 穂数, 籾数, 千粒重と経過年数との相関係数

No.	穂数	一穂籾数	m ² 当たり籾数	千粒重
1	0.180	0.545	0.218	0.548
2	0.001	0.046	0.185	0.504
3	0.007	0.370	0.593	0.333
4	0.308	0.223	0.549	0.248
5	0.022	0.411	0.427	0.288
6	0.022	0.422	0.421	0.567

わら重の経年変化を図 4 に示した. 14 年間の平均わら重量は, 1 区が 47.8, 2 区が 62.2 で, 3 区が 68.6 で, 4 区が 70.4, 5 区が 76.6, 6 区が 60.5 であった. 無窒素肥料の 1 区に比べて無窒素肥料に牛ふん堆肥を施用した 6 区が, 化学肥料単

用の 2 区に比べて, 化学肥料に牛ふん堆肥を施用した 3, 4, 5 区がそれぞれ重く推移した. 特に, 牛ふん堆肥 2.0t 施用の 5 区は最も重く, やや過繁茂で推移した.

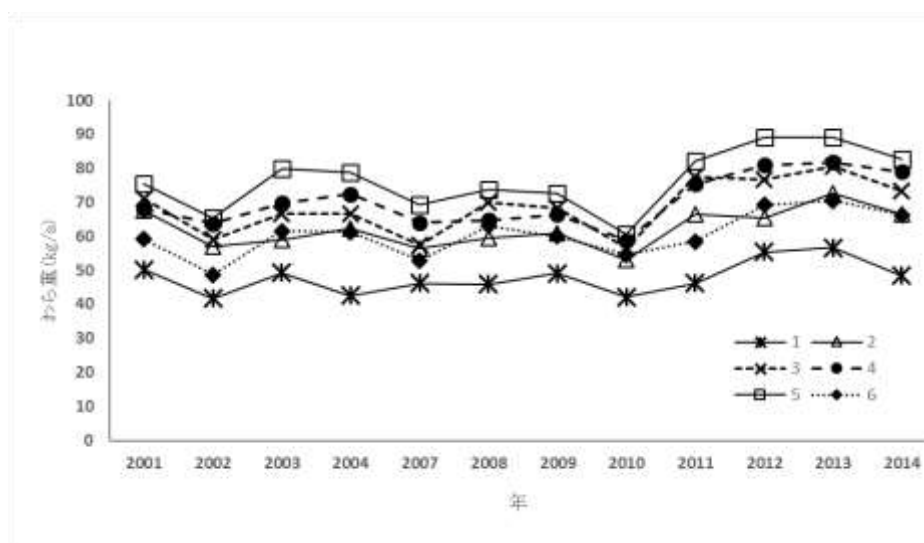


図 4. わら重の経年変化

2) 土壌の化学性の経年変化

土壌の化学性は, 2005 年~2014 年の 10 年間で対象として調査した. pH, 各成分含量, 可給態窒素の平均値を表 10, それらの経年変化を図 5~12 に示した. また, 経過年数との相関を表 11 に示した.

pH は牛ふん堆肥の施用量が多いほど高くなる傾向がみられた. 各成分含量, 可給態窒素も, 牛ふん堆肥の施用量が多いほど増加した.

各区の経過年数と pH, 各成分含量, 可給態窒素の相関をみると, すべて正の相関が見られたが, pH の上昇はほとんどみられなかった. また,

交換性マグネシウム, 可給態リン酸は, 牛ふん堆肥 1t, 2t 施用区の 4, 5, 6 区で有意な正の相関がみられた. 全炭素, 全窒素は, 牛ふん堆肥 2t 施用の 5 区のみで有意な正の相関がみられた. 可給態窒素は全ての区で有意な正の相関がみられた.

また, これらの成分は, 牛ふん堆肥 2t 施用の 5 区が, 他の区より高い含量で推移した.

表 10. 土壌の化学性

No.	p H (H ₂ O)	交換性塩基(mg/100g)			可給態リン酸 (mg/100g)	T-C (%)	T-N (%)	可給態窒素 (mg/100g)
		CaO	MgO	K ₂ O				
1	5.6	173	20	10	10	1.16	0.13	8.2
2	5.4	168	17	8	14	1.18	0.14	8.5
3	5.7	197	21	17	21	1.33	0.15	9.4
4	5.9	227	26	27	31	1.52	0.17	10.4
5	6.2	280	36	43	59	1.82	0.20	11.3
6	6.1	237	28	30	30	1.48	0.17	10.1

表 11. 各試験区の土壌 pH, 成分含量, 可給態窒素と経過年数との相関係数

No.	p H (H ₂ O)	交換性塩基			可給態リン酸	T-C	T-N	可給態窒素
		CaO	MgO	K ₂ O				
1	0.420	0.298	0.014	0.205	0.295	0.479	0.077	0.725 **
2	0.345	0.376	0.146	0.161	0.055	0.555	0.089	0.875 **
3	0.054	0.149	0.424	0.154	0.491	0.415	0.070	0.898 **
4	0.226	0.264	0.644 *	0.280	0.798 **	0.504	0.288	0.947 **
5	0.124	0.342	0.800 **	0.475	0.876 **	0.785 **	0.798 **	0.909 **
6	0.233	0.269	0.811 **	0.216	0.810 **	0.590	0.369	0.863 **

注)**1%, *5%水準で有意

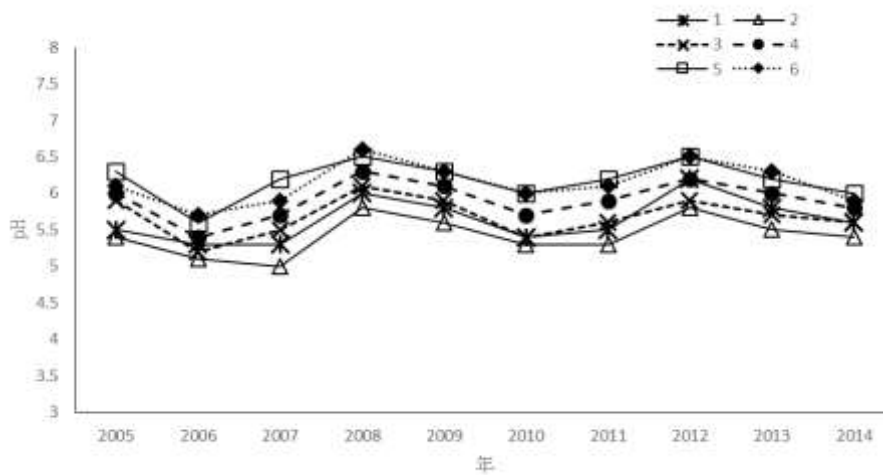


図 5. 土壌 pH の経年変化

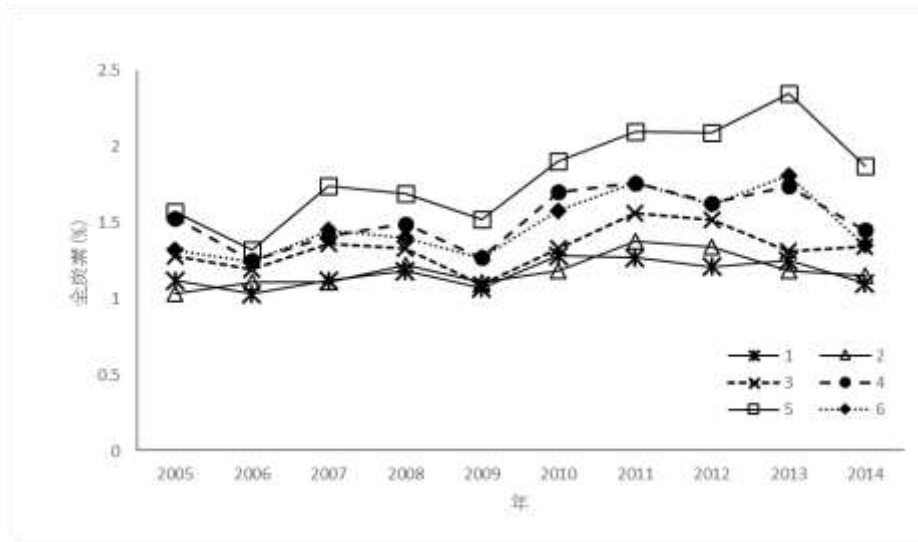


図 6. 土壌中全炭素の経年変化

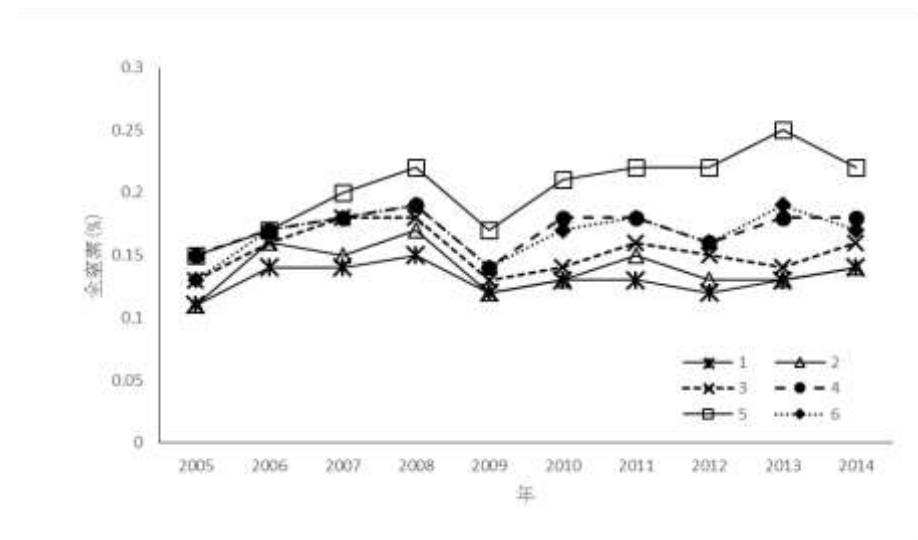


図 7. 土壌中全窒素の経年変化

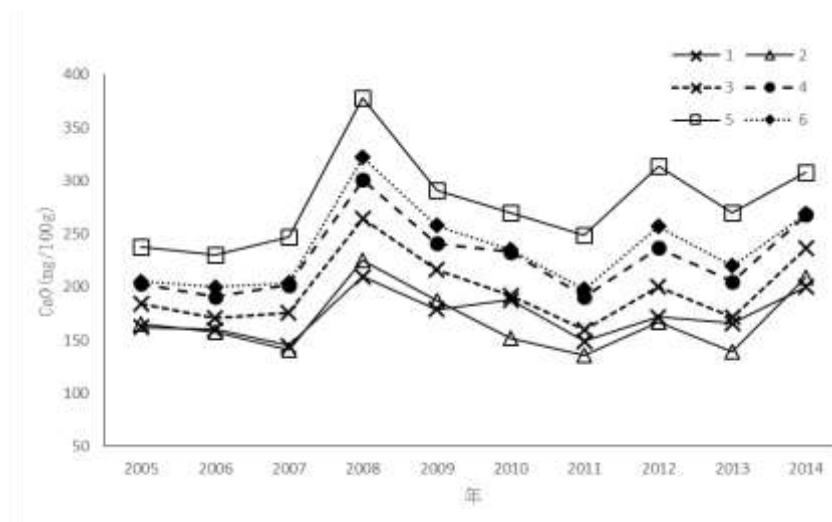


図 8. 土壌中交換性カルシウムの経年変化

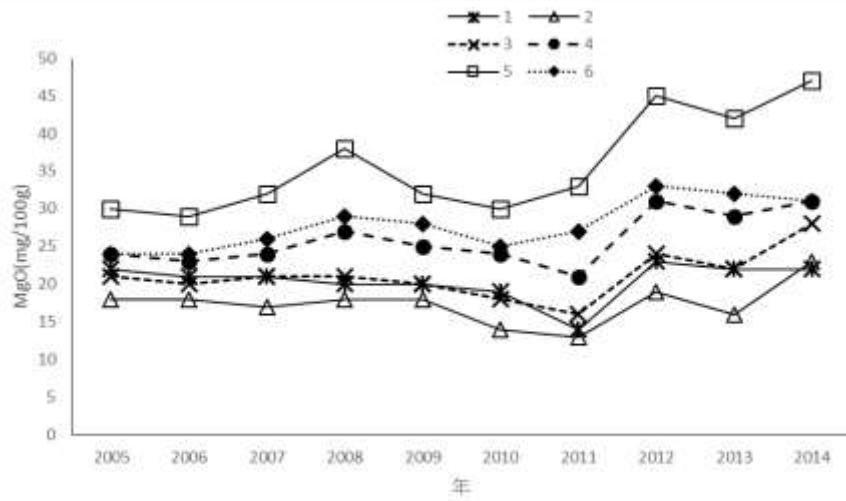


図 9. 土壌中交換性マグネシウムの経年変化

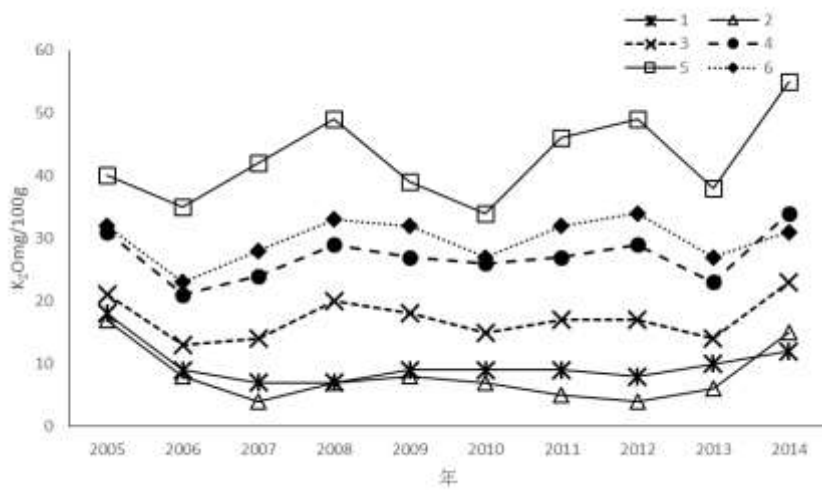


図 10. 土壌中交換性カリウムの経年変化

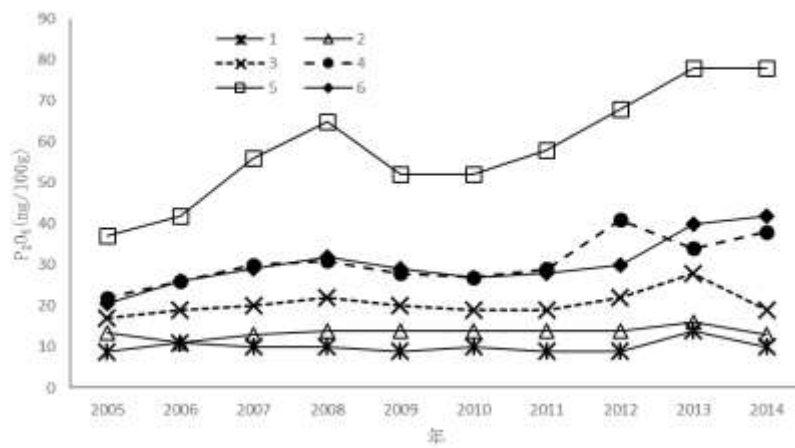


図 11. 土壌中可給態リン酸(P₂O₅)の経年変化

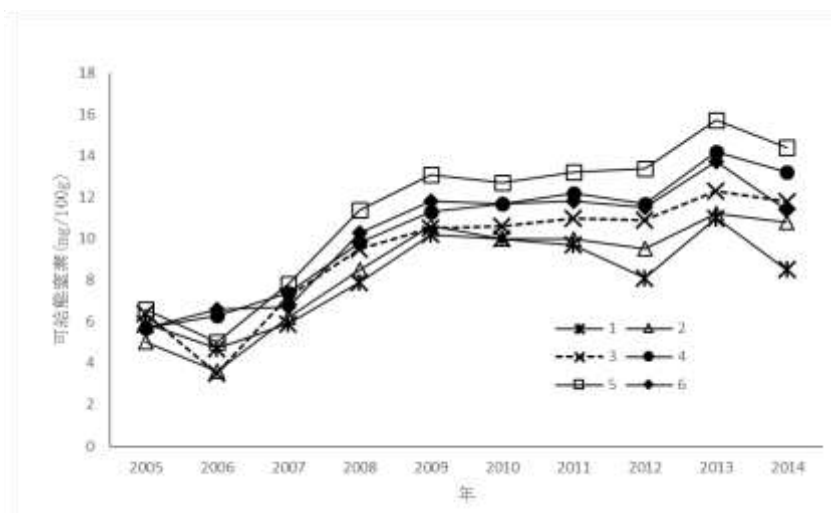


図 12. 可給態窒素の経年変化

3) 水稻の無機成分含量の経年変化

玄米, 稲わらの無機成分含量は, 2005年～2014年の10年間の経年変化を対象として調査した。玄米, 稲わらのチッソ, リン酸, カリウム含量の平均値を表 12 に, それらの経年変化を図 13～18 に示した。また, 経過年数との相関を表 13, 14 に示した。玄米では, チッソ含量は化学肥料単用の2区に比べて, 堆肥を0.5t施用した3区は同程度, 1t施用した4区は2%, 2t施用した5区は5%増加した。窒素肥料を施用しなかった1区は12%, 6区は13%減少した。リン酸, カリウム含量は全区で同程度であった。稲わらでは, チッソ含量は2区に比べて, 牛ふん堆肥0.5t, 1t施用した3, 4区で5%, 2t施用した5区で12%増加した。窒素肥料を施用しなかった1, 6区は約25%減少

した。リン酸含量は2区に比べて, 3, 4, 5区で5～7%, 1区で17%, 6区で22%減少した。カリウム含量は2区に比べて, 牛ふん堆肥を0.5t, 1t施用した3, 4区で15%, 2t施用した5区で27%増加した。1区は18%, 6区は1%減少した。

玄米, 稲わら中のチッソ, リン酸, カリウム含量と経過年数との間には正の相関がみられ, 特に, 稲わらではチッソ, リン酸含量と相関が高かった。

また, 各区のチッソ, リン酸, カリウム含量は玄米に比べて稲わらが大きく変動する傾向にあった。

表 12. 水稻の無機成分含量 (乾物%)

部位	No.	T-N (指数)	P ₂ O ₅ (指数)	K ₂ O (指数)
玄米	1	1.35 (88)	0.85 (101)	0.33 (106)
	2	1.53 (100)	0.84 (100)	0.31 (100)
	3	1.52 (100)	0.81 (96)	0.31 (100)
	4	1.54 (102)	0.82 (98)	0.31 (100)
	5	1.59 (105)	0.82 (98)	0.32 (103)
	6	1.33 (87)	0.84 (100)	0.33 (103)
稲わら	1	0.61 (74)	0.33 (83)	1.76 (82)
	2	0.81 (100)	0.40 (100)	2.15 (100)
	3	0.85 (105)	0.38 (95)	2.47 (115)
	4	0.85 (105)	0.37 (93)	2.48 (115)
	5	0.91 (112)	0.38 (95)	2.74 (127)
	6	0.61 (76)	0.31 (78)	2.12 (99)

表 13. 玄米中の 3 要素と経過年数との相関係数

No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0.054	0.357	0.257
2	0.148	0.022	0.084
3	0.003	0.032	0.135
4	0.063	0.079	0.028
5	0.140	0.118	0.131
6	0.090	0.081	0.085

表 14. 稲わら中 3 要素成分と経過年数との相関係数

No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0.519	0.084	0.240
2	0.622	0.657 *	0.102
3	0.564	0.246	0.250
4	0.502	0.495	0.169
5	0.435	0.484	0.038
6	0.222	0.332	0.521

注)*5%水準で有意

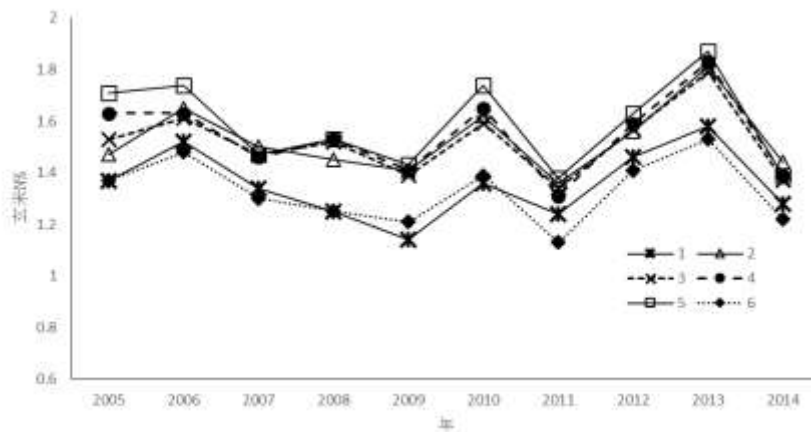


図 13. 玄米中チッソ含量の経年変化

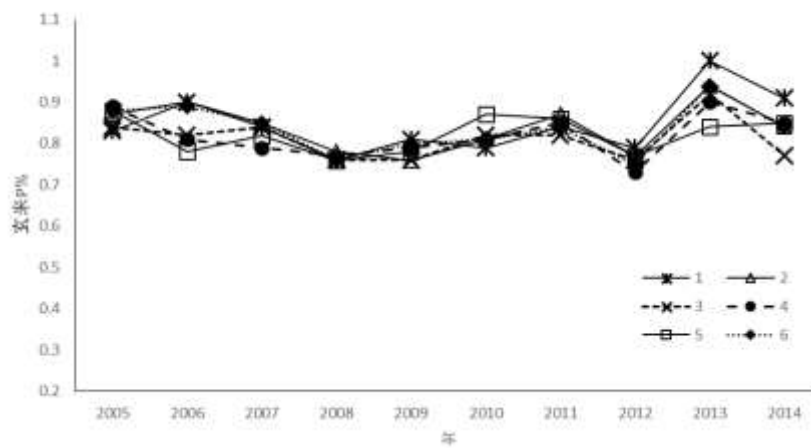


図 14. 玄米中リン酸含量の経年変化

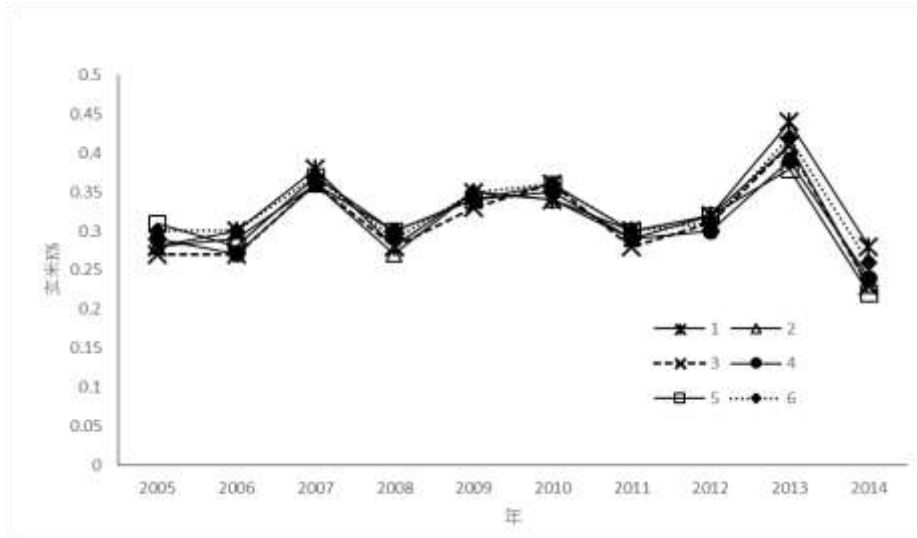


図 15. 玄米中カリウム含量の経年変化

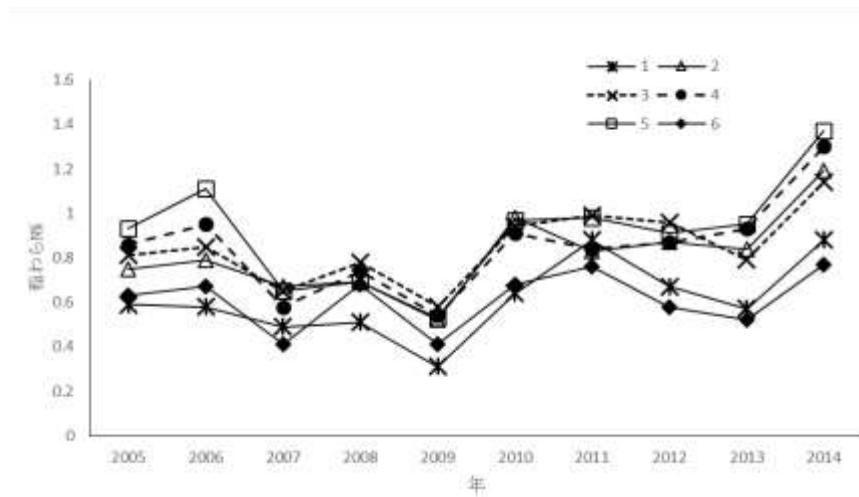


図 16. 稲わら中チッソ含量の経年変化

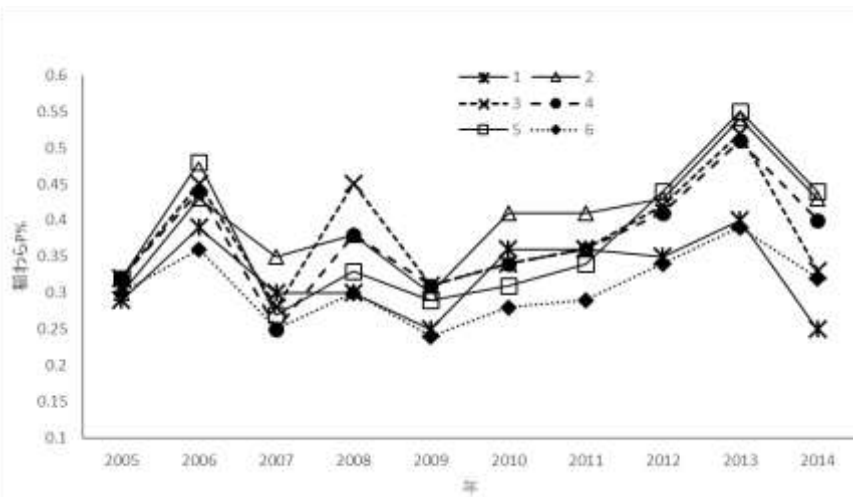


図 17. 稲わら中リン酸含量の経年変化

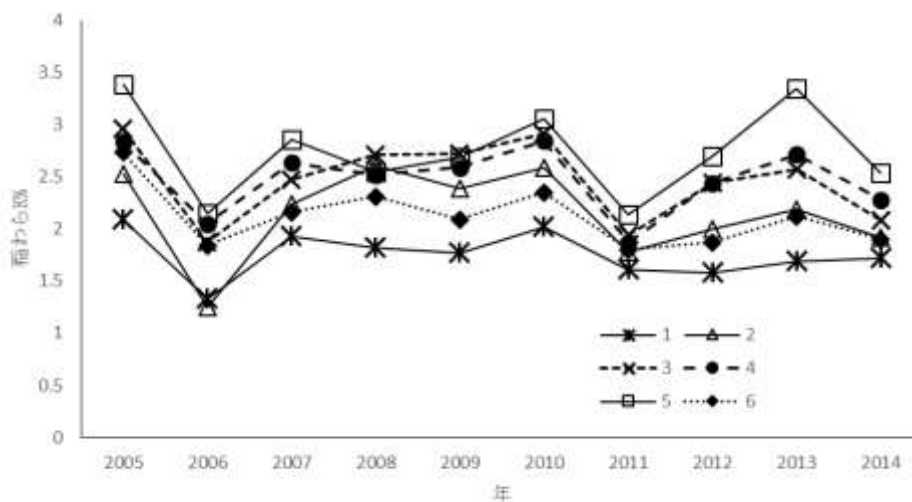


図 18. 稲わら中カリウム含量の経年変化

4. 考 察

1) 水稻の収量の経年変化

2001年～2014年の14年間、中粗粒グライ土の水田で、牛ふん堆肥0.5t～2.0t/10aを連用して、水稻「ヒノヒカリ」を連作した結果、化学肥料単用に比べて、玄米は増収することが認められたが、特に、0.5t、1.0t/10aの連用では作付年数と有意な相関が認められた。一方、2.0t/10aの連用では有意な相関は認められなかった。

また、牛ふん堆肥0.5t、1.0t、2.0t/10a施用の各区の間でも、有意な相関は認められなかった。このことから、中粗粒グライ土の水田(半湿田)においては、牛ふん堆肥の0.5t～1.0t/10a連用で、玄米の増収効果が十分期待できると考えられる。

また、近年、気象条件が温暖化推移していることから、各区の玄米収量と平均気温、最高気温、最低気温、日照時間との関係を解析した。米川ら⁹⁾は、玄米収量は無肥料区で平均気温および最低気温と、堆肥単用区で平均気温と有意な正の相関が認められたと報告しているが、本調査においては、玄米収量と気温の間は正の相関ではあるが有意な相関で

はなかった。一方、牛ふん堆肥無施用区に比べて、施用区では玄米収量と日照時間と正の相関が強いことから、牛ふん堆肥の連用と多日照条件で増収が期待できることが示唆された。温暖化は現在も続いており、温暖化条件下での水稻の収量・品質の確保を目的としても本試験は継続して実施する必要がある。

各試験区で経過年数とともに、玄米が増収した要因を収量構成要素でみると、穂数の増加はみられなかったが、一穂粒数の増加、千粒重の微増によることが明らかになった。

一方、牛ふん堆肥を施用すると化学肥料単用に比べて、玄米収量が増加した要因をみると、穂数、一穂粒数が増加し、総粒数が増加したことによることが確認できた。千粒重は同程度であった。

牛ふん堆肥の連用と多日照条件下における増収が示唆されたのは梅本ら⁸⁾が報告しているように、牛ふん堆肥の連用に由来する地力の増加に起因する総粒数の増加と日照時間の増加に起因する水稻の光合成能の増加によるものと考えられる。

2) 土壌の化学性の経年変化

牛ふん堆肥を連用すると、化学肥料単用に比べて、pHの上昇がみられ、交換性塩基類、可給態リン酸、全炭素、全窒素、可給態窒素含量が増加した。特に、交換性カリウムと可給態リン酸の増加割合が大きく、交換性カリウムは化学肥料単用に比べて、0.5t施用で約210%、1t施用で約340%、2t施用すると約540%増加し、可給態リン酸含量は化学肥料単用に比べて、0.5t施用で約150%、1t施用で約220倍、2t施用で約420%増加し、このことは、牛ふん堆肥の施用は玄米の増収に寄与し、多施用は、交換性カリウム、可給態リン酸の蓄積を助長し、環境への負荷が危惧されることも示唆している。可給態窒素含量は牛ふん堆肥を施用していない無窒素肥料区、化学肥料単用区においても表10に示すように8mg/100g程度存在した。これは、主に稲刈後に毎年、鋤き込まれる水稻の切り株及び根の残さ等に由来するものと考えられる。また、可給態窒素

は化学肥料単用に比べて、牛ふん堆肥0.5t施用で約110%、1t施用で約120%、2t施用で約130%増加した。可給態窒素量の増加は表12に示すように玄米のチッソ含量の増加を招き、食味の低下につながる⁷⁾ことが想定された。水稻の栽培年数と土壌成分の関係をみると、特に、可給態窒素含量、可給態リン酸含量に高い正の相関があった。青山ら¹⁾はオガクズ牛ふん堆肥1t~2t/10aの11年間の連用で、腐植(全炭素×1.72%)、全窒素含量の増加は僅かであった報告している。本試験では、牛ふん堆肥を2t連用すると全炭素含量、全窒素含量が顕著に増加した。このことは、本試験の供試堆肥が籾殻牛ふん堆肥で半湿田での施用であったことから腐植の消耗が抑制されことによるものと考えた。今後、土壌条件が中粗粒グライ土等の半湿田における養分の集積に対応した施肥法について検討する必要がある。

3) 水稻の無機成分含量の経年変化

玄米中のチッソ含量は、化学肥料単用と比べて牛ふん堆肥0.5t~1.0t/10a施用で同程度、2t施用でやや増加したことから、玄米中のチッソ含量を抑制できる牛ふん堆肥の施用量は、0.5t~1.0t/10a程度であると考えられた。また、玄米中のリン酸、カリウム含量は、牛ふん堆肥0.5t

~2.0tの施用では、化学肥料単用と同程度となることが明らかになった。

稲わらのチッソ、カリウム含量は、牛ふん堆肥0.5t~2.0tで、施用量を増やすと化学肥料単用より増加したが、リン酸の増加傾向はみられなかった。

5. 摘要

中粗粒グライ土の水田で、籾殻牛ふん堆肥の14年間の連用が水稻「ヒノヒカリ」の収量性に及ぼす影響を検討した。また、土壌中成分含量、稲体中成分含量に及ぼす影響について、10年間検討した。

1) 玄米収量は籾殻牛ふん堆肥を0.5t~2.0t連用すると、化学肥料単用に比べて増収した。また、籾殻牛ふん堆肥0.5t~1.0t施用では、玄米収量と作付年数との間で有意な相関があった。増収した主要因は一穂粒数の増加であった。

2) 籾殻牛ふん堆肥施用の有無及び施用量の多少にかかわらず、玄米収量と平均気温、最高気温、最低気温、日照時間の推移との間に有意な相関は確認できなかった。

3) 籾殻牛ふん堆肥を0.5~2.0t/10a連用すると、化学肥料単用に比べてpHの上昇、交換性塩基類、可給態リン酸、全炭素、全窒素、可給態窒素が増加

し、玄米収量の増加に寄与した。一方、2.0t/10a連用すると化学肥料単用に比べカリウム含量、可給態リン酸含量が著しく増加した。このことは、2t/10aを長期に連用することで土壌環境への負荷が懸念される。今後、中粗粒グライ土において、これら養分の集積に対応した減肥料技術の検討が必要である。

4) 稲体中無機成分含量の変動は、玄米に比べて稲わらの方が大きかった。また、食味に關与する玄米中チッソ含量は籾殻牛ふん堆肥2t/10aの連用で高くなった。

以上から、中粗粒グライ土の水田における籾殻牛ふん堆肥の効果的連用方法は、水稻移植3~4週間前の5月下旬から6月上旬に10a当たり0.5t~1.0t施用すると土壌養分の著しい富化と玄米中の窒素含量の上昇を抑制でき、食味を確保しながら収量の増加が見込めることが明らかになった。

謝辞：本調査ならびに報告の作成にご指導・協力 上げます。
頂いた関係者、各関係機関の皆様に厚くお礼申し

6. 引用文献

- 1) 青山善典, 大塩哲視, 松浦克彦, 津高寿和: 有機質資材の 11 年間連用による水田土壌の変化と水稻の収量, 兵庫農技研報, 50, 33~36 (2002)
- 2) 長崎県総合農林試: 地力保全基本調査総合成績書, 374~375 (1978)
- 3) 財団法人日本土壌協会: 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法, p3~5, 33~81, 247~261 (2001)
- 4) 土壌養分測定法委員会: 土壌養分分析法, 株式会社養賢堂, p139~147 (2002)
- 5) 財団法人日本土壌協会: 堆肥等有機物分析法, p14~42, 140~143 (2000)
- 6) 森田敏, 岩瀬哲也他: 近年の九州における水稻の作柄・品質低下の実態・要因の解析と今後の対応, 九州沖縄農業研究センター研究資料, 85~87, 105 (2009)
- 7) 田中浩平, 角重和浩, 山本富三: ヒノヒカリの栄養診断 第3報 窒素吸収量と玄米窒素濃度・食味との関係, 福岡県農総試研報, A-13, 9~12 (1994)
- 8) 梅本英之, 宮川修, 島田義明, 塩口直樹: 有機物連用圃場における水稻の収量変動要因の解析, 石川県農総研センター研報, 22, 27~33 (1999)
- 9) 米川和載, 菅原慶子, 比企弘, 林久喜: 長期施肥連用黒ボク土水田における水稻収量の変動と気温との関係, 筑波大農林研報, 21, 21~29 (2008)

Summary

We studied influence that a 14-year continuous use of the chaff cow manure compost gave to yield of the rice cultivar "HINOHIKARI" in Coarse-textured gray lowland soils.

Furthermore, we studied influence to give to on ingredient content in the soil, and the rice plant for 10 years.

1) The brown rice yield increased receipts in comparison with the chemical fertilizer-only plot when performed application of chaff cow manure compost continuously 0.5t - 2.0t. Furthermore, by the application of chaff cow manure compost 0.5t - 1.0t, there was the significant correlation between the brown rice yield and the number of years with product. The main factor of the increased receipts was increase in number of grains per head.

2) Regardless of the number of the quantity of having chaff cow manure compost application or not and application, We was not able to confirm the significant correlation between the brown rice yield and mean temperature, the highest temperature, minimum temperature, the change of the daylight hours.

3) When chaff cow manure compost continuously use 0.5 - 2.0t/10a, rise in pH, exchangeable bases, available phosphate, all carbon, all nitrogen, available nitrogen increased in comparison with chemical fertilizer-only plot and contributed to the increase in brown rice yield. On the other hand, convertibility potassium content, available phosphate contents increased in comparison with the chemical fertilizer-only plot remarkably when chaff cow manure compost continuously use 2.0t/10a.

As for this, the long-term continuous use application of chaff cow manure compost 2t/10a suggests that load to soil environment is concerned about. The examination of technique to reduce quantity of fertilization corresponding to

the accumulation of these nourishment is necessary in Coarse-textured gray lowland soils the future, too.

4) The change of the rice plant inorganic ingredient content had a bigger rice straw than brown rice. Furthermore, the rise in nitrogen density out of the brown rice which participated in seasoning occurred by a continuous use of chaff cow manure compost 2t.

When the effective continuous use method of the chaff cow manure compost in the rice field of Coarse-textured gray lowland soils did 0.5t - 1.0t application per 10a in from the above in the beginning of June from the end of May 3-4 weeks before the rice transplanting, remarkable enrichment of the soil nourishment could restrain making it and the rise of brown rice nitrogen contents, and the increase of the yield could anticipate while securing a taste.