

# 三重県の農耕地土壌に関する研究

## (第6報) 有機物連用処理が水田土壌と水稻収量に及ぼす影響

出岡裕哉・宮林威佐夫\*・山口千香子\*\*  
中川智仁\*\*\*・石川裕一\*\*\*\*・安田典夫\*\*\*\*\*

生産環境部

### 要 旨

細粒灰色低地土の水田ほ場において1976年以来19年間に有機物連用処理を行い、土壌の理化学性、水稻の生育収量、養分吸収に及ぼす影響について明らかにした。

- 1 稲わら及び牛ふん施用区では、全炭素及び全窒素の土壌への集積が進み、集積量では牛ふん区で最も多かったが、窒素残存率についてみると稲わら施用の方が高かった。また、土壌のCN比は処理区間に差はなく、連用を行ってもほぼ一定に保たれた。
- 2 可給態窒素は全炭素及び全窒素との正の相関関係が認められた。また、稲わらと併用してケイカル、熔リンを施用した総合改善区では、化肥+稲わら区と比較すると、全窒素及び全炭素の土壌への集積が抑えられ、可給態窒素量も低かった。
- 3 水稻収量は、19作平均で化肥単用区を100とすると、無窒素区で25.2%減、化肥+稲わら区で0.4%減、総合改善区で5.8%増、牛ふん区で3.7%減となった。総合改善区では安定的に収量が高かった。
- 4 有機物のみを連用した場合、可給態窒素量が12mg/100gを越えると収量の増加には結びつかず、化学肥料単用に対比した場合、施肥窒素の減量が必要であると考えられた。
- 5 以上の結果から、水田への有機物施用は稲わら、牛ふんとも地力の維持増強効果は大きい、収量の増加には結びつかず、収量の高位安定化という点から見ると、稲わらとケイ酸質資材の併用が必要と考えられた。

キーワード：土壌；有機物連用；可給態窒素；ケイ酸

### 緒 言

土壌は農業生産の基盤であり、作物の生産性を向上させ、食糧の安定生産、農家経営の安定化を図る上で重要であり、地力の維持、土壌の管理を行っていくことが必要である。さらに、土壌は国土保全や環境保全などの多面的機能を有し、農業においてのみでなくその面でも貴重な資源である。

三重県における農耕地土壌の分類と特徴は、地力保全基本調査によって明らかにされた<sup>1)</sup>。また、土壌環境基礎調査を基に、最近の三重県の農耕地土壌の実態、時間

の経過に伴う変化、及び今後の土壌管理対策を明らかにした<sup>2)</sup>。これによると、本県の水田における土壌管理実態は、水田では堆肥や堆きゅう肥の施用は少なく、生わらの還元が多い。土壌改良資材としては、ケイ酸石灰、熔リンの施用が多い。これを反映して県下の水田土壌は、作土の厚さや腐植含量は低下傾向にあり、可給態リン酸およびケイ酸は増加傾向にあった。また、多くの土壌で作土の腐植が不足しており、有機物の施用に重点をおいた改良が必要であった。

農耕地に対する有機物施用に関する試験研究は多く、

\* 伊賀地域農業改良普及センター \*\* 農業経営課 \*\*\* 桑名地域農業改良普及センター  
\*\*\*\* 伊賀農業センター

有機物の長期間における分解特性と窒素の供給能力について明らかにされつつある<sup>2), 5), 6)</sup>。また、各県においても土壤保全対策事業の一環として実施された土壤環境調査の基準点調査等による有機物連用についての検討<sup>4), 7)</sup>がなされ、近年の土づくりの重要性の認知、啓蒙から、有機物の投入が奨励されている。

今回、本県においても土壤肥沃度の維持、増進の効果を明らかにするため、1976年から19年間水田への有機物の長期連用試験を行い、土壤及び作物収量に及ぼす影響について検討し、とりまとめたので報告する。

## 方 法

### 1 試験ほ場の特徴

ほ場の土壤は、鴨島統（中之庄統）細粒灰色低地土・灰色系で、水積の非固結水成岩を母材とする腐植を含む壤質土壤であり（図1）、農業技術センター移転時（1970年）に10a区画に整理された。

### 2 試験区の構成

処理としては表1のように、無窒素、化学肥料単用、

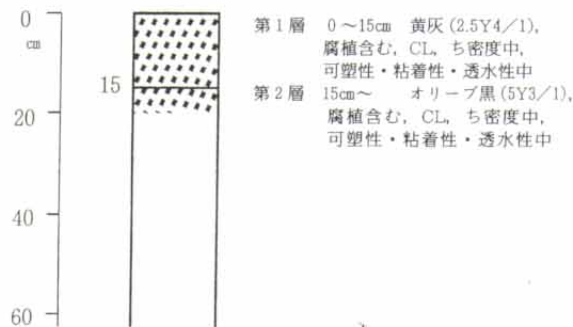


図1 土壤の断面形態

化学肥料+稲わら施用、総合改善、牛ふん施用の5処理を設け、1976年より試験を実施し、麦と水稲の年2作（1986年、1992年以降は水稲単作）の作付け体系とした（表2）。施用有機物は、無窒素区、化肥単用区、牛ふん区については稲わらの全量を除去し、化肥+稲わら区、総合改善区には稲わらを330kg/10a施用した。牛ふん区には乾燥牛ふん330kg/10a、又は牛ふん堆肥1,000kg/10aを水稲収穫後に施用した。なお、牛ふん区の施肥量は、施用牛ふんの全窒素の3割、全リンの6割、全カリの9割を有効とみなし、残りを化学肥料で補った。

### 3 土壤及び作物体分析法

調査項目としては、土壤の理化学性分析、収量調査等を実施し、土壤及び作物体の分析は、土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法<sup>3)</sup>に従って以下のように行った。

#### (1) 物理性分析法

土壤は、100mL採土管で採取し、三相分布は土壤三相計（大起理化MⅡ型）を用いて測定した。

#### (2) 化学性分析法

土壤は、麦及び水稲収穫後に作土を採取し、風乾後2mmのふるいを通して分析試料とした。pH（H<sub>2</sub>O）は、1:2.5の水懸濁液をガラス電極法で測定した。全炭素及び全窒素は、CNコーダー法により測定した。交換性石灰、苦土、カリウムは、pH7, 1N酢酸アンモニウム液抽出後、原子吸光光度計を用いて測定した。陽イオン交換容量は、セミマイクロローレンベルグ法により測定した。可給態リン酸は、0.002N硫酸緩衝液抽出後、アスコルビン酸法により光電比色計を用いて測定した。可給態窒素は、60mLのサンプル瓶に風乾細土30gを詰め、湛水密栓状態で30℃、28日間培養し、生成する無機態窒素量を測定した。

表1 試験区名と処理内容

試験区名	水 稲			麦 <sup>a)</sup>			有機物 <sup>b)</sup>		(kg/10a)	
	N <sup>c)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	稲わら	牛ふん <sup>d)</sup>	ケイカル	ヨウリン
無窒素区	0	8	8	0	6	8				
化学肥料単用区	8	8	8	8	6	8				
化肥+稲わら区	8	8	8	8	6	8	330			
総合改善区	8	8	8	8	6	8	330		200	40
牛ふん区（1976-1984）	8 (2) <sup>e)</sup>	8 (4)	8 (7)	8	6	8		330		
牛ふん区（1985-1995）	8 (2)	8 (4)	8 (8)	8	6	8		1,000		

注<sup>a)</sup> 1986、1992～1995は水稲単作

<sup>b)</sup> 有機物は水稲収穫後に施用

<sup>c)</sup> 水稲施肥量1993、1994年N7.4、1995年N6.5kg/10a

<sup>d)</sup> 1976～1984年乾燥牛ふん330kg/10a、1985～1995年牛ふん堆肥1,000kg/10a

<sup>e)</sup> ( )内の数字は牛ふん由来分

表2 供試品種

年度	水 稲	麦
1977~1985	大空	ビール麦 (赤城2条)
1986	大空	-
1987~1988	ヤマヒカリ	小麦 (フクホコムギ)
1989~1990	黄金晴	小麦 (フクホコムギ)
1991	黄金晴	小麦 (農林61)
1992~1995	コシヒカリ	-

(3) 植物体分析法

全窒素はケルダール法、石灰、苦土、カリは乾式灰化後原子吸光光度計を用いて測定した。リンは灰化後メタバナジン酸アンモン比色法、ケイ酸は重量法により測定した。

(4) 施用有機物の炭素及び窒素残存率の算出

炭素残存率は、土壌中の炭素含有率から見かけ上の炭素集積量を算出した後、化肥単用区を差引いて炭素集積量を求め、これを累積投入炭素量で除して算出した。窒素残存率についても同様に算出した。

結 果

1 土壌の物理性的変化

1994年(麦14作、水稲18作作付け後)の水稲収穫後の作土の物理性は、有機物を投入した区で仮比重の減少、孔隙率の増加が認められた(表3)。即ち、有機物を投入しない無窒素区、化肥単用区では、仮比重が1.1以上であったが有機物を投入した化肥+稲わら区、総合改善区では1.07以下となった。また孔隙率は、無窒素区、化肥単用区では58%以下であったが、有機物を投入した区では59%以上となった。

2 土壌の化学性的変化

(1) pH (H<sub>2</sub>O)

pH (H<sub>2</sub>O) は、処理前の6.8から年の経過とともに低下傾向にあった(図2)。総合改善区では他の区よりも高く経過したが、これは、土壌改良材として施用したケイカル、熔リンによるものと考えられる。また、化肥

表3 水稲跡地土壌の物理性 (作土, 1994年)

試験区名	仮比重	三相分布%			孔隙率
		液相	気相	固相	
無窒素区	1.13	52.8	4.4	42.8	57.2
化学肥料単用区	1.10	50.4	7.6	42.1	58.0
化肥+稲わら区	1.03	50.8	9.7	39.5	60.6
総合改善区	1.07	51.6	7.7	40.8	59.2
牛ふん区	1.06	51.6	7.8	40.6	59.4

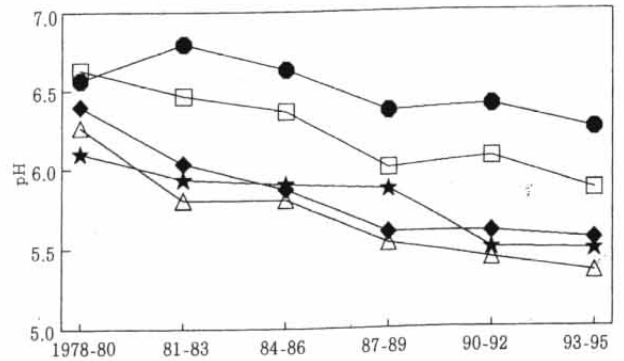


図2 pHの年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

単用区、化肥+稲わら区、牛ふん区では、処理当初から無窒素区よりも低く経過し、化肥+稲わら区で最も低く経過した。

1994年には総合改善区の6.4に対し、無窒素区5.9、化肥単用区5.6、牛ふん区、化肥+稲わら区は5.5となった。

(2) 全炭素 (T-C)

全炭素含量の年次推移を図3に示した。全炭素含量は、牛ふん区では漸次上昇傾向にあり、他の区に比べて最も高く経過した。その他の区では1984年から1989年にかけてやや低下し、その後は上昇した。各年での変動が大きいため、年次推移を正確に把握することはできなかったが、各年度では、牛ふん区がもっとも高く、次いで化肥+稲わら区、総合改善区、化肥単用区、無窒素区の順に低くなった。

また、総合改善区では、化肥+稲わら区と同量の稲わらを施用したにも拘わらず低く経過し、化肥単用区をやや上回る含量で推移した。

(3) 全窒素 (T-N)

全窒素含量の年次推移を図4に示した。全窒素含量は、

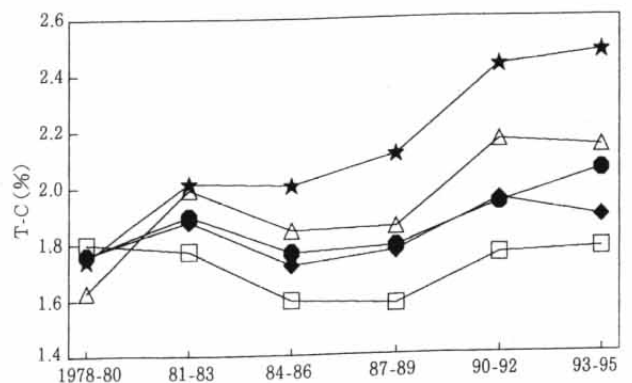


図3 全炭素含量の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

全炭素含量とほぼ同様の推移を示し、牛ふん区で最も高く漸次増加傾向にあった。化肥+稲わら区では1981 - 1983年に最低となりその後は上昇、総合改善区では、1984 - 1986年に最低となりその後上昇、化肥単用区、無窒素区では1987 - 1989年に最低となりその後上昇した。各年度では、牛ふん区、化肥+稲わら区、総合改善区、化肥単用区、無窒素区の順となった。

(4) 交換性塩基類

交換性石灰は、ケイカルを施用した総合改善区では290mg/100gでほぼ横ばいの推移であったのに対し、その他の区では減少傾向にあり、15年経過した段階で70mg/100gほど低下した。含量の低下速度には各区とも大きな差はないが、化肥+稲わら区、牛ふん区で処理当初より低く経過した(図5)。

交換性苦土は、交換性石灰と同様の推移を示し、総合改善区では50mg/100gでほぼ横ばいの経過を示したのに対し、その他の区では漸次低下した。化肥単用区、化肥+稲わら区、牛ふん区は、ほぼ同等の含量で無窒素区よりも5mg/100gほど低かった(図6)。

交換性加里は、年次間の変動が大きく正確に年次推移

を把握できなかったが、有機物を施用した区で高く、化肥単用区、無窒素区で低かった(図7)。

(5) 可給態リン酸

可給態リン酸は、熔リンを施用した総合改善区で化肥単用区よりも高く経過したが、各区とも年次経過とともに減少傾向にあり、1995年には総合改善区で27mg/100g、その他の区では15から18mg/100mgの含量となった(図8)。

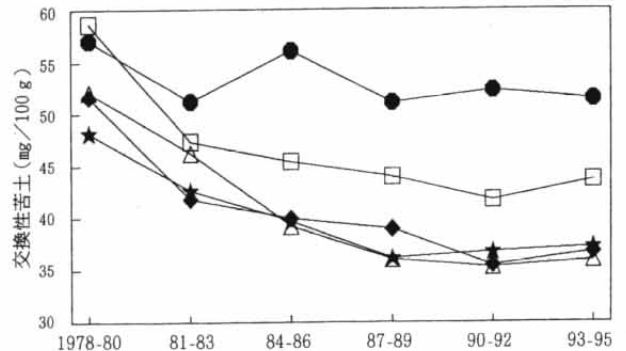


図6 交換性苦土の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

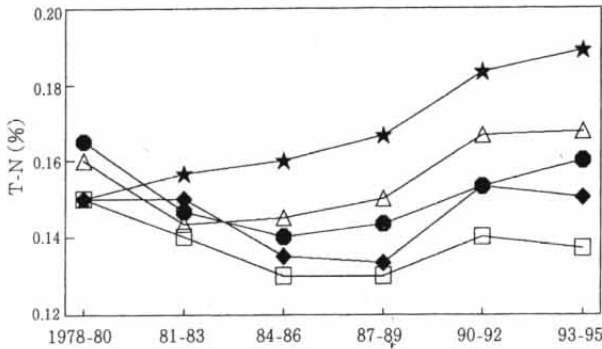


図4 全窒素含量の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

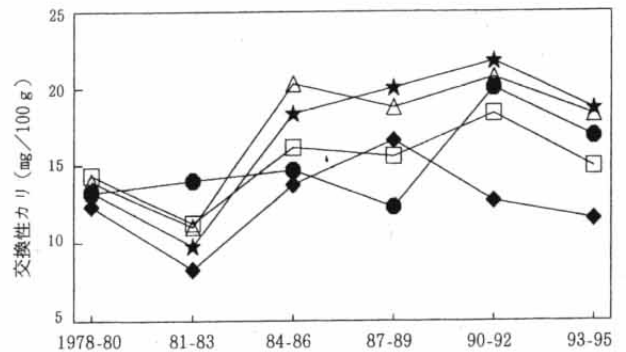


図7 交換性カリの年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

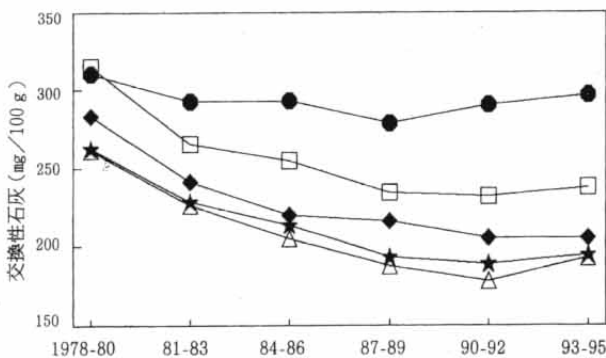


図5 交換性石灰の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

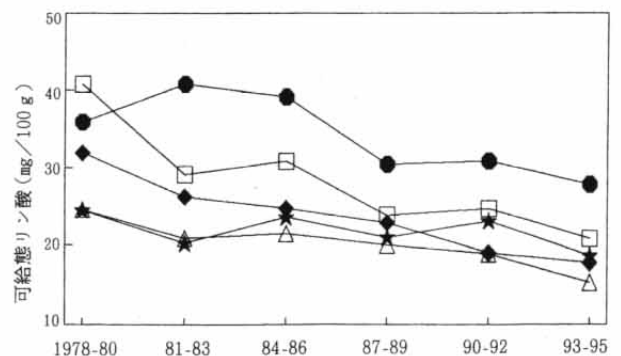


図8 可給態リン酸の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

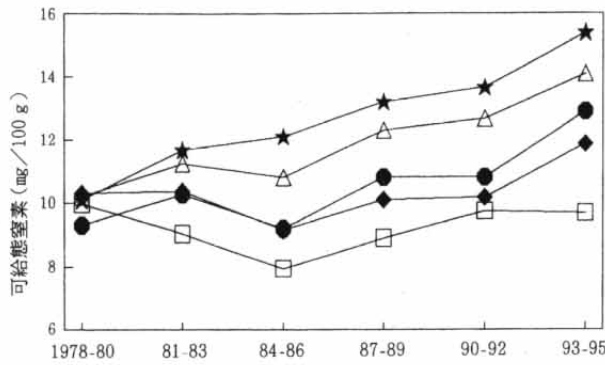


図9 可給態窒素の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

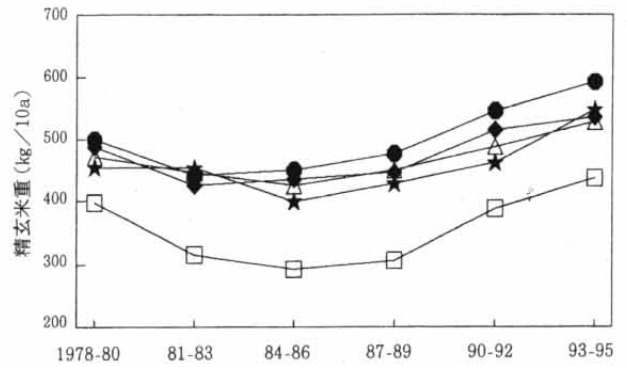


図10 精玄米重の年次推移

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

表4 水稻及び麦収量

(kg/10a, 1977~1995年)

試験区名	水稻 (19作)			麦 (14作)		
	精玄米重	収量指数	精玄米重変動係数	精麦重	収量指数	精麦重変動係数
無窒素区	353	74.8	20.2	100	34.7	48.6
化学肥料単用区	471	100.0	15.4	287	100.0	25.2
化肥+稲わら区	468	99.6	13.7	290	100.3	30.0
総合改善区	498	105.8	15.9	300	104.3	27.7
牛ふん区	453	96.3	16.9	285	98.4	34.2

(6) 可給態窒素

水稻収穫後の跡地土壌の可給態窒素量の年次推移を図9に示したが、各区とも増加傾向にあった。中でも牛ふん区は1978 - 1980年に10mg/100gであったが1993 - 1995年には15mg/100gと最も高くなった。次いで化肥+稲わら区、総合改善区、化肥単用区、無窒素区の順であった。

3 水稻及び麦収量

(1) 水稻の玄米収量

水稻の収量の年次変化については、各区とも1984 - 1986年に最も低くなったが、その後は徐々に上昇した(図10)。19作平均では、無窒素区353、化肥単用区471、化肥+稲わら区468、総合改善区498、牛ふん区453kg/10aとなり、化肥単用区を100とすると、無窒素区では25.2%の減、化肥+稲わら区で0.4%減、総合改善区で5.8%増、牛ふん区で3.7%減となった(表4)。総合改善区では、他の区に比べて安定的に高い収量が得られた。

(2) 麦の収量

麦の収量は、14作平均で無窒素区100、化肥単用区287、化肥+稲わら区290、総合改善区300、牛ふん区285kg/10aとなり、化肥単用区を100とすると無窒素区では65.3%減、化肥+稲わら区では0.3%増、総合改

善区では4.3%増、牛ふん区では1.6%減となった(表4)。

4 水稻の乾物生産と窒素吸収

(1) 水稻の乾物生産量

1992~1995年の4年間の水稻(コシヒカリ)の稈重は、平均値で見ると化肥+稲わら区が691kg/10aと最も多く、次いで総合改善区、牛ふん区であった。籾重は、総合改善区が744kg/10aと最も多く、化肥単用区、牛ふん区、化肥+稲わら区は680kg/10a前後で同程度であった(表5)。

(2) 水稻の窒素含有率及び吸収量

1992~1995年の4年間の稲わらの全窒素含有率は、化肥+稲わら区、牛ふん区、化肥単用区では0.7%前後であったが、総合改善区では0.58%と低かった。籾の窒素含有率も総合改善区では1.15%と他の区に比べると低かった(表6)。

また、稲わらの窒素吸収量は、4年間の平均値で、化肥+稲わら区で4.96kg/10aと最も高く、次いで牛ふん区4.52、化肥単用区4.27となった。総合改善区では3.89kg/10aと他の区に比べ窒素吸収量は低かった。籾については、化肥+稲わら区が8.71kg/10aと最も高く、次いで総合改善区8.51、化肥単用区8.22、牛ふん区8.16の順であった(表7)。植物体全体(稲わら+籾)については、化肥+稲わら区が最も高く、次いで牛ふん

表5 水稻稈重及び籾重

(kg/10a, コシヒカリ, 1992~1995年)

試験区名	わら					籾				
	1992	1993	1994	1995	平均	1992	1993	1994	1995	平均
無窒素区	520	477	598	495	523	528	503	605	513	537
化学肥料単用区	680	600	697	555	633	737	615	762	625	685
化肥+稲わら区	714	728	729	591	691	705	644	742	614	676
総合改善区	731	629	755	599	679	762	680	812	722	744
牛ふん区	661	636	694	609	650	656	589	782	699	681

注) 施肥窒素量1992-8.0, 1993-7.4, 1994-7.4, 1995-6.5kg/10a

区, 化肥単用区, 総合改善区, 無窒素区の順であった。

## 考 察

## 1 土壌の理化学性の変化

## (1) 炭素及び窒素の集積

有機物連用による土壌への炭素・窒素の集積について志賀ら<sup>5)</sup>は各種有機物の分解特性に基づく群別を行い、その施用効果について肥沃度向上、有機物集積について整理したが、施用初年目に分解率の高いものは、連用しても土壌肥沃度への影響は少なく、作物生育期間の比較的初期に窒素の放出があり、初年目に分解率の低いものは、生育期間中の分解も遅い傾向があり、連用により土壌中に集積した有機物とともに、全生育期間中にわたり窒素の供給量を増加させる傾向にあるとしている。また数式モデルによる連用時の炭素・窒素の集積予測からは、

炭素の集積率は、稲わらよりも乾燥牛ふんの方が高く、窒素の集積率は、稲わらの方が高いとしている。

本試験では、有機物連用による土壌への炭素、窒素の集積は、処理区の中では、牛ふん区が最も進んだ。施用有機物の全炭素、全窒素含量及び年間投入量を表8に示す。稲わらのC/N比が64であるのに対し、牛ふん区で施用した乾燥牛ふん及び牛ふん堆肥のC/N比は20前後であった。

1995年の水稻跡地土壌の全炭素、全窒素含量と累積投入量から施用有機物の残存率を算出した。累積投入量は、牛ふん区では化肥+稲わら区に比べ全炭素で1.5倍、全窒素で5倍の投入量となっており、牛ふん区での炭素・窒素の集積が最も多くなった原因であると考えられる。残存率についてみると、牛ふん区では全炭素残存率30%、全窒素残存率48%であり、化肥+稲わら区では、

表6 水稻窒素含有率

(%, コシヒカリ, 1992~1995年)

試験区名	わら					籾				
	1992	1993	1994	1995	平均	1992	1993	1994	1995	平均
無窒素区	0.46	0.49	0.42	0.50	0.47	0.99	1.02	0.83	0.89	0.93
化学肥料単用区	0.64	0.82	0.61	0.64	0.68	1.23	1.45	1.10	1.04	1.21
化肥+稲わら区	0.61	0.94	0.68	0.62	0.71	1.61	1.35	1.12	1.06	1.29
総合改善区	0.55	0.73	0.49	0.54	0.58	1.27	1.34	0.99	1.00	1.15
牛ふん区	0.64	0.96	0.60	0.59	0.70	1.24	1.44	1.05	1.12	1.21

注) 施肥窒素量1992-8.0, 1993-7.4, 1994-7.4, 1995-6.5kg/10a

表7 水稻窒素吸収量

(kg/10a, コシヒカリ, 1992~1995年)

試験区名	わら					籾				
	1992	1993	1994	1995	平均	1992	1993	1994	1995	平均
無窒素区	2.39	2.34	2.51	2.48	2.43	5.23	5.13	5.02	4.57	4.99
化学肥料単用区	4.35	4.92	4.25	3.55	4.27	9.07	8.92	8.38	6.50	8.22
化肥+稲わら区	4.36	6.84	4.96	3.66	4.96	11.35	8.69	8.31	6.51	8.71
総合改善区	4.02	4.59	3.70	3.23	3.89	9.68	9.11	8.04	7.22	8.51
牛ふん区	4.23	6.10	4.16	3.59	4.52	8.13	8.48	8.21	7.83	8.16

注) 施肥窒素量1992-8.0, 1993-7.4, 1994-7.4, 1995-6.5kg/10a

表8 施用有機物の成分含有率と年間投入量 (1976~1994年, kg/10a)

試験区名	資材名	現物含有率%			年間投入量kg/10a	
		T-C	T-N	C/N	T-C	T-N
化肥+稲わら区 総合改善区	稲わら	34.0	0.52	65	112	1.7
	乾燥牛ふん	37.8	2.01	19	125	6.6
牛ふん区	牛ふん堆肥	19.6	0.91	22	196	9.1

注) 乾燥牛ふん1976~1984年, 牛ふん堆肥1985~1994年

表9 有機物の土壌中での集積量及び残存率 (10a当たり)

試験区名	土壌中含量 <sup>a)</sup>		みかけ上の土壌集積量 <sup>b)</sup>		土壌集積量 <sup>c)</sup>		累積投入量		残存率	
	T-C	T-N	T-C	T-N	T-C	T-N	T-C	T-N	T-C	T-N
	%		kg		kg		kg		%	
化肥単用区	1.95	0.152	2925	228	-	-	-	-	-	-
化肥+稲わら区	2.24	0.174	3360	261	435	33	2370	36	18	92
総合改善区	2.12	0.164	3180	246	255	27	2370	36	11	75
牛ふん区	2.56	0.200	3840	300	915	72	3080	149	30	48

注) <sup>a)</sup> 1995年, <sup>b)</sup> 作土15cmとして算出, <sup>c)</sup> 化肥単用区を差引したもの

全炭素残存率18%, 全窒素残存率92%となり, 牛ふん区と比較すると全炭素の残存率は低く, 全窒素の残存率が高い(表9)。志賀ら<sup>6)</sup>は, 稲わらの窒素保有量, 水稲による窒素利用率も含めて考えた中で, 稲わらは土壌の窒素肥沃度を維持するという点で堆肥の代替物となり得るとしているが, 本試験でも同様の結果が得られ, 稲わらの施用により窒素肥沃度の維持, 増進が可能と考え

られた。

(2) 全窒素含量と可給態窒素量

水稲跡地土壌の全炭素, 全窒素含量の年次変動は, 同様に推移する傾向が伺えたが, 全炭素と全窒素は高い相関関係が認められた(図11)。すなわち, 施用有機物のC/N比が異なるにも拘わらず, 土壌のC/N比は一定に保たれており, 有機物を19年連用しても元来の土壌のC/N比は大きく変わらないものと思われる。また, 全窒素含量と可給態窒素量との関係についても図12のように相関関係が認められた。このことについて, 和田ら<sup>12)</sup>は, 施用された有機物が, 分解・変質しある程度安定化して土壌に蓄積した後は化学的構成や存在形態が類似しており, その結果集積した有機態窒素の中でアンモニア化成しやすい有機物の割合がほぼ一定の値となると報告しており, 稲わら及び牛ふん堆肥を施用した区では, 全窒素の蓄積量は化肥単用区に比べると多く, 可給態窒素量も多いが, 長期連用により蓄積された有機物の質および易分解性有機物の集積有機物中に占める割合はほぼ一定であると推察される。

(3) ケイカル・熔リンの影響

化肥+稲わら区と総合改善区は同量の稲わらを施用しているが, 総合改善区では, 全炭素, 全窒素, 可給態窒素量とも化肥+稲わら区よりも低い。また, 施用有機物

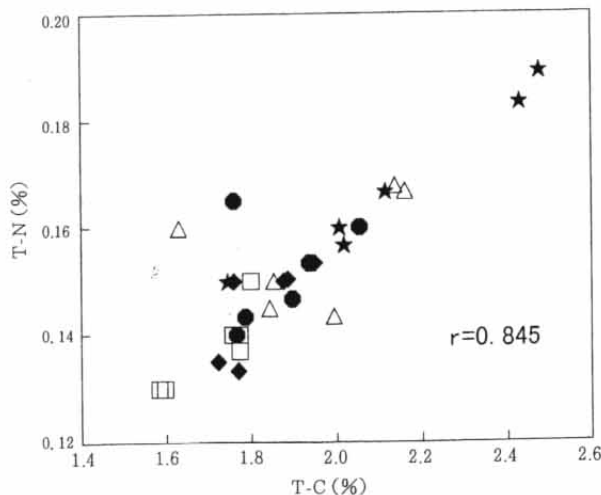


図11 土壌の全炭素含量及び全窒素含量

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

の残存率も、全炭素残存率11%、全窒素残存率75%と  
 化肥+稲わら区よりも残存率は低くなっている（表9）。  
 総合改善区では、ケイカル、熔リンを施用しており、こ  
 の影響により、土壤中に蓄積する有機物の量が減少する  
 ものと考えられる。古江ら<sup>9</sup>は、ケイ酸質肥料の施用に  
 よる地力の消耗を推察しているが、当試験でも同様の結  
 果を得たものと思われる。

2 水稲収量の変化

(1) 気象が水稲の生育・収量に及ぼす影響

水稲の収量は、気象要因に大きく左右された。水稲収  
 量は、品種による差はあるものの、7、8月の積算日照  
 時間との相関が高く、特に寡照低温年であった1980、  
 1982、1993年には収量が低下した（図13）。7、8月の  
 日照時間は、幼穂形成期から出穂期、登熟期に当たり、  
 この時期の日照時間は水稲収量に大きく影響するもの  
 と思われる。

(2) ケイカル・熔リンが水稲の生育・収量に及ぼす影  
 響

処理区間では、化肥単用区の収量を100とした収量指  
 数と日照時間との関係は図14に示したとおり、総合改

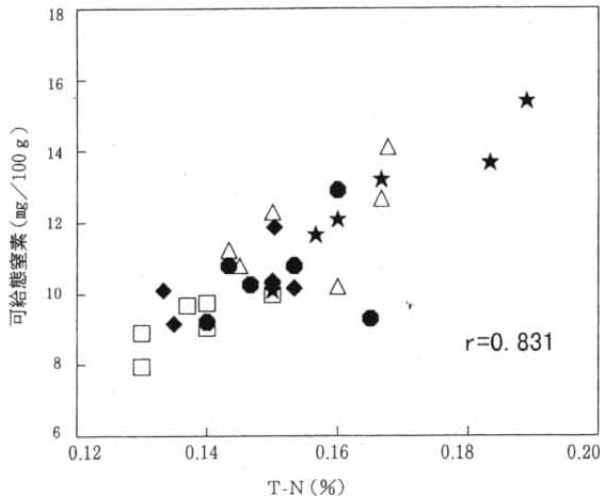


図12 土壌の窒素含量と可給態窒素量  
 □ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

善区で他処理区と比べて安定的に高い収量が得られてい  
 る。特に1993年の異常寡照低温年には、日照時間は平  
 年比58%、平均気温も2.0℃低かったが、総合改善区  
 では、化肥単用区よりも12%増収した。これは、化肥  
 単用区と比較すると稲わらの窒素の吸収量が少なく、稈  
 長の伸長が抑制されたこと、また、ケイ酸の吸収量が多  
 くなったことにより、倒伏程度が小さく、登熟歩合が他  
 の処理区に比べて優れたことによると考えられる。熔リ  
 ンについては、リン酸吸収量に差が無く、その効果は判  
 然としなない（表7、10）。住田<sup>9</sup>は、一般的な栽培条件  
 では、水稲葉身のケイ酸含有率と窒素含有率の間には、  
 負の相関関係が認められるとしているが、連用を行った  
 本試験では、土壤中の全窒素含量、可給態窒素量も化肥  
 +稲わら区よりも少ない上に、稲わらの窒素含有率も低  
 く抑えられることから、低温年でも窒素の過剰吸収が起  
 こらないためと考えられた。同年の化肥+稲わら区もケ  
 イ酸の吸収量が前後年に比べると多くなり、化肥単用区  
 よりも4%増収した。一方、低温年の牛ふん区は、多照  
 年に増して生育が過繁茂となりやすく、収量は化肥単用  
 区よりも低下している。

(3) 可給態窒素量が水稲収量に及ぼす影響

水稲収量と可給態窒素量との関係を図15に示す。水  
 稲収量については、品種間差を相殺するため化肥単用区  
 の収量を100とする指数とした。前述したように可給態  
 窒素量は無窒素区を除き年次の経過とともに増加するが、  
 稲わら及び牛ふんを施用した区では、収量はこれと対応

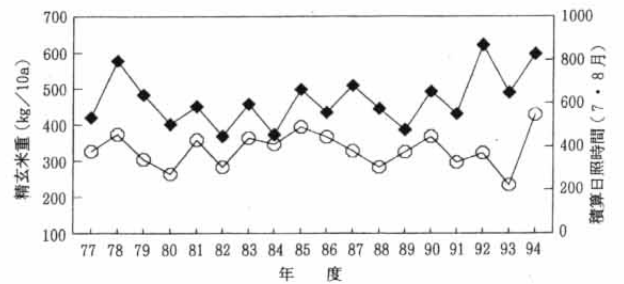


図13 日照時間と精玄米重  
 ◆ 玄米収量(化肥単用区) ○ 日照時間

表10 水稲のリン酸、ケイ酸吸収量

(kg/10a, コシヒカリ, 1992~1995年)

試験区名	リン酸				ケイ酸			
	1992	1993	1994	1995	1992	1993	1994	1995
無窒素区	3.97	3.89	4.45	2.77	63.1	66.1	81.8	67.8
化学肥料単用区	5.12	5.57	6.29	3.87	66.9	60.6	79.9	55.3
化肥+稲わら区	4.61	6.09	6.48	4.16	87.4	96.0	79.9	67.8
総合改善区	5.05	5.48	5.71	3.61	102.6	107.3	127.6	94.6
牛ふん区	5.01	5.73	6.51	4.43	61.6	56.7	73.7	60.5



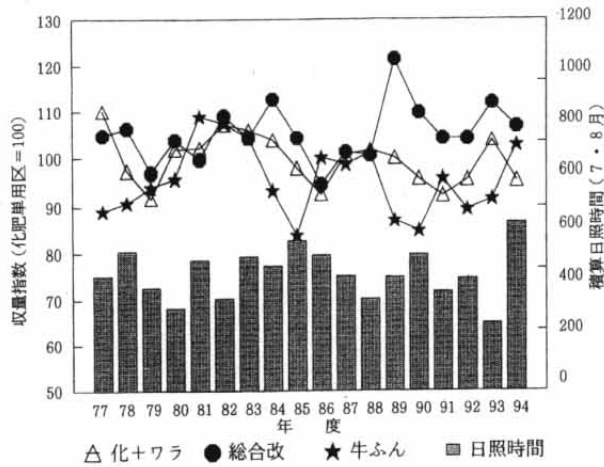


図14 有機物処理と精玄米収量指数

して増加しない。化肥単用区の可給態窒素量は、1978 - 1980年の9 mg/100 gから1993 - 1995年の12 mg/100 gまで増加したが、稲わら及び牛ふんの投入により可給態窒素量がさらに増加すると、収量は、稲わら施用区では化肥単用区と比較して同等からやや劣り、牛ふん施用区ではむしろ減収する傾向が伺え、施肥窒素の減肥が必要になると考えらる。また、その時点での可給態窒素量は、およそ12 mg/100 gと推定される。一方、総合改善区では可給態窒素量の増加とともに精玄米重の増加が認められ、可給態窒素が12 mg/100 gを越えても収量の低下は認められない。これは、ケイ酸の施用により水稻の窒素の吸収が抑制されるためと考えられ、水田への有機物の施用を行う場合には、ケイ酸質資材の併用が有効であると考えられた。

### 引用文献

- 1) 古江広治・上村幸廣, 早期水稻コシヒカリに対するけい酸質肥料の施用効果, 九農研, 52, 91, 1990
- 2) 前田乾一, 水田に施用された窒素の行動の定量的評価, 農研センター研報, 1, 121 - 192, 1983
- 3) 農林水産省農蚕園芸局農産課編, 土壌環境基礎調査における土壌, 水質及び作物体分析法, 土壌保全調査事業全国協議会, 東京, 1 - 202, 1979
- 4) 小野芳郎・平岡正夫・川中弘二, 岡山県南部水田における稲わらの施用効果, 岡山農試研報, 7, 18 - 24, 1989
- 5) 志賀一一・大山信雄・前田乾一・鈴木正昭, 各種有機物の水田土壌中における分解過程と分解特性に基づく評価, 農研センター研報, 5, 1 - 19, 1985
- 6) 志賀一一・大山信雄・鈴木正昭・前田乾一・鈴木弘吾, 水田における有機物管理が土壌の有機物集積, 窒素供給能, 水稻生育に及ぼす影響, 農研センター研報, 5, 21 - 38, 1985

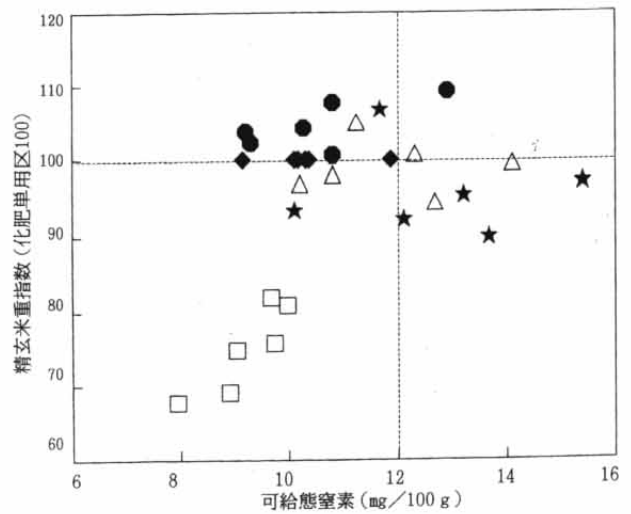


図15 可給態窒素量と精玄米重指数

□ 無窒素 ◆ 化肥単 △ 化+ワラ ● 総合改 ★ 牛ふん

- 7) 志賀一一, 有機物施用基準の策定, 水田, 農林水産技術会議, 研究成果, 166, 115 - 123, 1985
- 8) 塩田悠賀里・稲垣明・長谷川徹・沖村逸夫, 四要素及び堆肥の長期施用による水田土壌の理化学性の変化と水稻の生育について, 愛知農総試研報, 12, 52 - 62, 1980
- 9) 住田弘一, 寒冷地水田における土壌のケイ酸供給力と水稻のケイ酸吸収特性, 東北農試研報, 85, 1 - 46, 1992
- 10) 安田典夫・石川裕一・大森栄一・米野泰滋, 三重県の農耕地土壌に関する研究(第5報) 土壌環境基礎調査からみた土壌管理および土壌の実態について, 三重農技セ研報, 22, 31 - 43, 1994
- 11) 米野泰滋・安田典夫・戸田敏一・大森瑩一, 三重県の農耕地土壌に関する研究(第1報) 土壌の種類と理化学性について, 三重農技セ研報, 10, 35 - 53, 1982
- 12) 和田秀徳・犬伏和之・上原洋一・高井康雄, 全窒素量とアンモニア化成量との関係, 土肥誌, 52, 246 - 252, 1981

## Studies on the Soils of Arable Land in Mie Prefecture

### VI The effects of Continuous Application of Organic Matter to Paddy Field on the Soil Fertility and Paddy Rice Yields

Hiroya IZUOKA, Isao MIYABAYASHI, Chikako YAMAGUCHI,  
Tomohito NAKAGAWA, Hirokazu ISHIKAWA and Norio YASUDA

#### Abstract

Some amounts of organic matter like rice straw or cattle manure has been continuously applied on fine-textured, gray lowland paddy soil for 19 years since 1976. The effects of such long term application of organic matter on rice crop yields and soil fertility developments were discussed, and better way of paddy soil treatment with organic matter was recommended as follows:

- 1 T-C and T-N in soil were accumulated by application of rice straw and cattle manure. The amount of accumulated nitrogen at cattle manure plot was more than other plots, while ratio of remaining nitrogen at rice straw plot was higher than the others. And after 19 years application, C/N ratio of soil was stabilized, and was not difference among all plots.
- 2 Available nitrogen showed plus correlation with the T-C and T-N. At integrational improved plot that applied rice straw with calcium silicate and fused magnesium phosphate, the accumulation of T-C and T-N were prevented, and available nitrogen was lower level than rice straw plot.
- 3 The 19 years average of rice crop yields was lower 25.2% at non-nitrogen applied plot, 0.4% at rice straw plot, 3.7% at cattle manure plot, respectively compared with that of chemical fertilizer plot (100%), while integrational improved plot got 5.8% higher rice crop yield.
- 4 In case of organic matter applied continuously with no calcium silicate, available nitrogen of soil was increased, but rice crop yield was not increased over available nitrogen 12mg/100 g.
- 5 These result indicated that application of organic matter to paddy field increase T-C, T-N, available nitrogen of soil, but rice crop yield cannot increase. For higher and stable yield and development of soil fertility, application of organic matter with silicate fertilizer was necessary.

**Key word** : Soil; Continuously application of organic matter; available nitrogen; Silicate