

水稻に対する堆肥の施用効果

—堆肥と無機肥料の比較—

佐近 剛・宮地 勝正・河本 泰

要 約

佐近 剛・宮地勝正・河本 泰(1982)：水稻に対する堆肥の施用効果，堆肥と無機肥料の比較。広島農試報告45：1～12

花こう岩質沖積水田における堆肥の効果を無機肥料単用区と窒素施肥量の多少の条件で比較するため，1972年から7年間，主として収量ならびに養分吸収の面から検討した。

その結果，玄米収量に対する堆肥の増収効果は，単年度の最高が窒素施肥区で16%，無窒素区で24%であった。堆肥併用区の収量の上限に対する施肥窒素量は0.9kg/aのところであった。他方，無機肥料区では1.5kg/aと高いところであったが，収量は堆肥併用区に及ばなかった。

玄米収量と窒素吸収量とは密接な関係にあるが，無窒素区における地力窒素の発現と吸収量の関係は，日照よりも生育前半の気温が関与し収量を支配した。

堆肥併用区の窒素含有率は分けつ初期を除き終始高く，吸収量も多く，しかも幼穂形成期以降の吸収が多いため籾数増となった。したがって無機肥料のみの増施では堆肥の代替は不可能と思われた。また，堆肥連用により跡地の全窒素，全炭素は増加したが蓄積量は少なかった。

I 緒 言

当地方の花こう岩系水田は砂壤土で，しかも粘土鉱物はカオリン系からなり，それに温暖な気象条件のため有機物の分解が進み，毎年150kg/aの堆肥を43年間連用しても，土壌の全炭素含有率は無機肥料区にくらべてその差は僅か0.34～0.47%であり¹⁾，堆肥連用による腐植の蓄積量は極めて少ない。しかし，蓄積されにくいからと云って有機物の施用を怠ると，地力の低下はまぬがれない。したがって，水稻の安定生産の上から有機物の施用による地力培養は不可欠である。

水田における堆肥の施用効果については多数の試験結果があり，その効果の高位が認められている。堆肥の効果は連用によって蓄積された土壌窒素が，地温の上昇とともに徐々に無機化されるアンモニア態窒素が水稻生育の後半まで持続して供給されることであり，窒素の肥沃性によるところが大きいとされている²⁾¹⁰⁾。したがって，一般に水稻収量の高地帯は窒素肥沃度も高

い⁹⁾。しかし，肥沃度が高く，易分解性有機物の多い湿田では乾田にくらべて施用効果が低い¹¹⁾，土壌の透水性は肥効と関係が深く，土壌型によって肥効が異なり，強グライ土や黒色土壌では肥効に地域差がある¹²⁾。また，堆肥の効果は含有する各種養分の肥料的効果やキレート作用による養分の吸収促進のほか，土壌の物理性の改良および緩衝能の増大²⁾，水稻根の活性度を高める作用⁹⁾など直接的，間接的效果がある。

一方，水稻の生育は気象の影響を受けやすく，気温，日照時間などで土壌窒素の発現量や発現時期が変わってくる。そのため，堆肥の施用効果も年によって変わるが堆肥連用田では無機肥料田にくらべて収量の変動が小さく，高温年に堆肥の効果が高いとされる場合があり⁷⁾，逆に冷害年に大きいともいわれている³⁾¹⁴⁾。また，暖地においても日照時間の多い豊作年により増収効果がある⁴⁾など，さまざまである。したがって，堆肥の施用効果は，主として地力窒素の発現との関連から土壌条件や気象条件，あるいは地域によって異ってくる。

そこで，暖地における堆肥の施用が水稻にどのような

効果を及ぼすかを明らかにするため、堆肥連用区と無機肥料区に分け、窒素施用量を変えて1972年より1978年までの7年間、収量および養分吸収の面から検討した。なお、この試験は農林水産省指定の花こう岩系水田の施肥改善試験の一部である。

II 試験方法

供試水田は広島農試内の凝灰岩質花こう岩湖成沖積砂壤土。1968年圃場整備を行い、4m間隔に深さ65cmの暗きょ排水を埋設した。土壌統は上兵庫統である。

供試水田の理化学性は第1表に示した。この水田は減水深が0.5cm/日と少なく水持ちがよい反面、塩基吸着能が弱く有機物や養分含量が少ない。しかし、肥沃度からみると本地帯の一般水田並の土壌であり、休閑期には排

水もよくなり乾きやすい水田となる。

試験区の規模は1区、12.5m²、2反復で1972年より試験を開始した。供試水田は圃場整備後の1969年より毎年水稲移植の1か月前に300kg/aの完熟堆肥を施用し、それに化学肥料を施用する堆肥併用区と化学肥料単用の無機肥料区を設け、さらに無窒素区を併置して試験開始までの3か年均一栽培とした。

1972年の窒素施用量は堆肥併用区、無機肥料区とも同一施肥量で基肥を4段階、それに中間追肥、穂肥とした。1973年からの6か年は堆肥併用区、無機肥料区とも基肥を3段階としたが、無機肥料区では前年度の結果から0.2kg/aの増施効果が期待できたので、基肥施肥量を堆肥併用区より0.2kg/aずつ増加し、中間追肥、穂肥は同一施肥量で堆肥の効果を化学肥料と比較した。なお、無機肥料区には3年に1回、珪酸石灰を20kg/a施用した。

第1表 供試土壌の理化学性

(1972)

層位	深さ (cm)	土性	pH		Y ₁	全窒素 (%)	全炭素 (%)	塩基置換容量 (me)	塩基飽和度 (%)	リン酸吸収係数
			H ₂ O	Kcl						
1	0~18	SCL	6.3	5.4	1.8	0.15	1.40	8.7	98.4	475
2	18~37	SL	6.2	5.0	0.7	0.15	1.30	7.7	107.4	450
3	37~51	SL	6.5	5.4	0.8	0.06	0.77	7.0	98.3	475
4	51~	SL	5.6	4.7	1.0	0.07	0.77	4.9	81.4	325

第2表 1972年の試験設計 (kg/a)

	N			三要素計		
	基肥	中間追肥	穂肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2-2-3	0.2	0.2	0.3	0.7	0.8	0.7
4-2-3	0.4	0.2	0.3	0.9	0.8	0.9
6-2-3	0.6	0.2	0.3	1.1	0.8	1.1
8-2-3	0.8	0.2	0.3	1.3	0.8	1.3
0-0-0	—	—	—	0	0.8	0.7

堆肥施用、無施用とも同一施肥量、堆肥300kg/a各区に平均40kg/a施用、基肥、中間追肥は硫加磷安(13-13-13)穂肥NK化成(17-0-17)区名の数字は基肥、中間追肥、穂肥の施用量を示す。

第3表 1973~1978年の試験設計 (kg/a)

	N			三要素計			
	基肥	中間追肥	穂肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
堆肥併用	4-2-3	0.4	0.2	0.3	0.9	1.0	0.9
	6-2-3	0.6	0.2	0.3	1.1	1.0	1.1
	8-2-3	0.8	0.2	0.3	1.3	1.0	1.3
	0-0-0	—	—	—	1.0	0.9	
無機肥料	6-2-3	0.6	0.2	0.3	1.1	1.0	1.1
	8-2-3	0.8	0.2	0.3	1.3	1.0	1.3
	10-2-3	1.0	0.2	0.3	1.5	1.0	1.5
	0-0-0	—	—	—	1.0	1.1	

堆肥併用区の堆肥施用量は300kg/a/年区名の数字は基肥、中間追肥、穂肥の施用量を示す。

また、1977年には窒素の分施効果をみるため、無機肥料区では中間追肥を3回、穂肥を2回分施して堆肥併用区と比較した。

栽培概要は水稲品種「サトミノリ」を用い、普通移植栽培で6月15日に1株3本、 m^2 当り22.2株(30×15cm)を移植した。施肥および収穫(刈取)月日は年次により生育の早晚から若干のずれはあったが、概ね、堆肥施用は5月15日、施用後作土と混和、基肥施肥代掻は6月13日、中間追肥は7月2日、穂肥は7月30日、収穫は10月14日前後であり、穂肥の施用および刈取は年により1~2日動くことがあった。このほかの作業は当場の耕種基準によった。なお、土壌および作物体の分析法はつぎのとおりである。

第4表 1977年の試験設計 (kg/a)

	N						三要素計		
	基肥	中間追肥			穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		I	II	III	I	II			
堆肥	0.2	0.2			0.3		0.7	1.0	0.7
無機肥料	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	1.1	1.0	1.1

堆肥区 300kg/a 中間追肥 I, 7月1日, II, 7月9日, III, 7月20日, 穂肥 I, 7月30日, II, 8月14日(出穂10前) 肥料は基肥, 塩加燐安(14-14-14) 追肥, NK化成(17-0-17) P₂O₅の不足分は過石で補正。

第5表 水稲の生育, 収量およびNの吸収量

(1972)

	成熟期	収量(kg/a)							N吸収量(kg/a)	施肥Nの利用率(%)
		稈長(cm)	穂長(cm)	穂数(本/ m^2)	わら重	精もみ重	精米	玄米重		
堆肥併用	2-2-3	71.3	20.1	262	66.5	68.6	56.2	107	0.99	44
	4-2-3	72.8	20.0	271	70.3	69.5	56.7	104	1.07	43
	6-2-3	76.2	19.9	298	84.0	80.0	65.2	106	1.16	44
	8-2-3	76.5	19.5	313	89.1	82.7	66.9	107	1.24	43
	0-0-0	64.1	18.1	222	48.4	48.1	39.4	105	0.68	—
無機肥料	2-2-3	68.5	19.9	280	61.4	64.1	52.7	100	0.93	37
	4-4-3	72.5	20.0	284	65.8	66.3	54.5	100	1.04	41
	6-2-3	74.2	19.8	301	75.0	74.9	61.6	100	1.20	48
	8-2-3	74.8	19.3	342	76.6	76.1	62.5	100	1.17	38
	0-0-0	63.4	19.2	199	44.9	45.5	37.4	100	0.67	—

土壌：理化学性は地力保全基本調査における分析法
作物体：全窒素は硫酸分解後セミ・マイクロ蒸溜法、他の成分は乾式灰化後常法により、リン酸はバナドモリブデン酸法、加里は炎光光度法、珪酸は重量法によった。

III 試験結果

1. 生育, 収量および窒素の吸収量

1972年の結果は第5表に示した。堆肥併用区と無機肥料区の生育、収量を対比すると、成熟期の稈長、穂長は堆肥併用区が勝ったが穂数は無機肥料区が多い。基肥窒

素量との関係では稈長と穂数は窒素施用量の増加により多くなるが、穂長は逆に窒素施用量の増加とともに短くなる傾向にあった。収量はわら重、精玄米重とも堆肥併用区が多く、しかも窒素施用量の多いものほど勝った。無機肥料区においても窒素施用量の増加により増収となったが堆肥併用区には及ばず、したがって、無機肥料区に対する堆肥併用区の精玄米重比は104~107%となった。窒素の吸収量は無機肥料区より堆肥併用区が多く、窒素施用量の増加に伴い多くなる傾向がみられた。

1973年から1978年までの結果の平均を第6表に示した。堆肥併用区と無機肥料区の生育をみると、穂数は堆肥併用区が多く、基肥0.6kg/aで8%、0.8kg/aで9%の増

第6表 水 稻 の 生 育 収 量

(1973~1978の平均)

	成 熟 期	成 熟 期			収 量 (kg/a)				N吸収量 (kg/a)	施肥Nの 利用率 (%)
		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重	精もみ重	精米 支重	同左比		
堆肥併用	4-2-3	81.7	20.4	359	79.7	80.2	61.6	100	1.21	42
肥併用	6-2-3	83.7	20.6	360	84.6	80.5	60.7	99	1.29	42
併用	8-2-3	85.5	20.7	385	85.8	79.4	59.6	97	1.31	37
用	0-0-0	70.0	19.1	252	57.8	60.1	48.5	79	0.83	—
無機肥料	6-2-3	76.7	20.3	333	68.6	72.7	57.7	94	1.08	36
機肥料	8-2-3	79.1	20.1	352	72.8	75.2	59.0	96	1.16	37
肥料	10-2-3	81.5	20.1	379	77.2	77.4	60.1	98	1.25	38
料	0-0-0	67.0	19.2	223	45.7	50.5	41.0	67	0.68	—

第7表 水稻の生育収量とN吸収量

(1977)

	成 熟 期			収量 kg/a			N吸収量 (kg/a)
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重	精玄米重	左比	
堆肥	83.1	19.9	346	75.0	57.7	100	1.15
無機肥料 (N分施)	80.5	19.2	343	69.8	56.8	98	1.20

加となり、稈長も穂数同様8~9%長くなった。穂長は堆肥併用区と無機肥料区に差がなかった。

次に収量をみると、わら重は窒素施用量の多いものほど多く、しかも堆肥併用区が多い。精玄米重はわら重と同じく堆肥併用区が多いが、堆肥併用区および無機肥料区とも窒素施用量の多いものほど登熟期の倒伏がみられた。その程度は年により異なるが堆肥併用の場合が多かった。このため収量は窒素施用量の増加につれて僅かずつ減収となり、窒素施用量の少ない0.9kg/a区が最高収量61.6kg/aとなった。これに対して無機肥料区では窒素施用量の増加につれて、わら重、精玄米重とも上ったが、窒素施用量0.9kg/aの堆肥併用区には及ばず2~6%の減収となった。

窒素の吸収量は堆肥併用区が多く、窒素施用量の増加とともに多くなり、この傾向は1972年の単年度の結果と同じであった。また、施肥窒素の利用度を差引き法で求めた結果、堆肥併用区が高くなった。

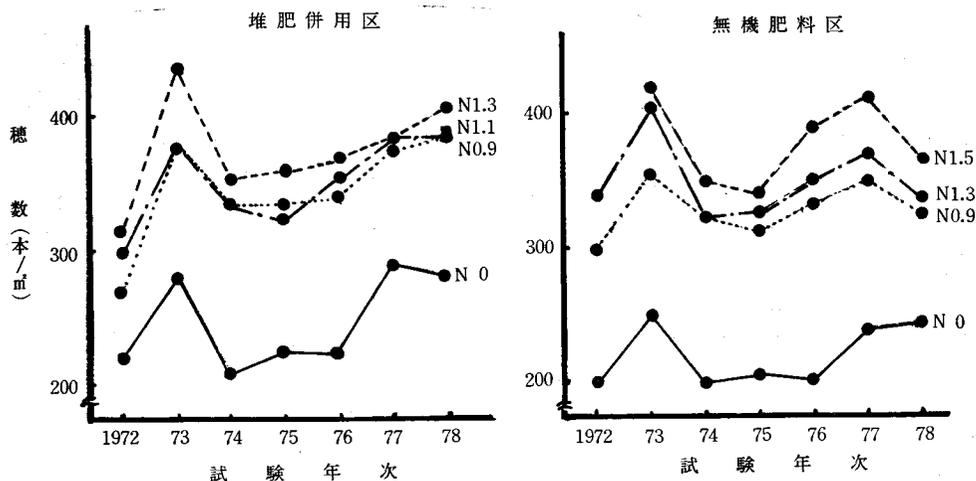
1977年の無機肥料区における窒素分施の結果は第7表

に示したように、窒素施用量は堆肥併用区より無機肥料区の窒素分施に0.4kg/a多く施用したにも拘らず、稈長、穂長は無機肥料区の窒素分施がやや劣った。しかし、穂数は堆肥併用区と無機肥料区との差がみられず、無機肥料区における分けつ期の窒素分施により穂数の確保ができた。一方、収量をみると、わら重、精玄米重とも窒素分施がやや劣り、精玄米重で2%の減収となった。この場合、無機肥料の窒素分施により堆肥併用区と同様な窒素の吸収経過をたどり、吸収量も多くなったが堆肥併用区の収量には達しなかった。

2. 穂数と玄米収量の年次別推移

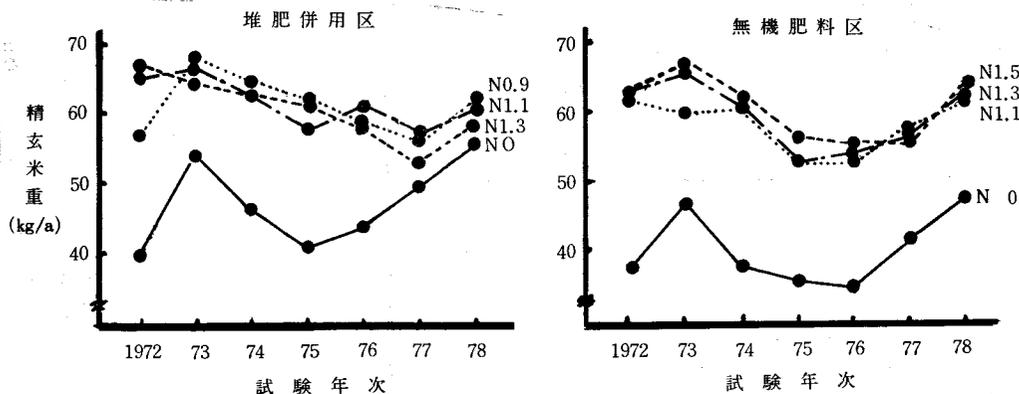
堆肥併用区と無機肥料区における窒素施用量の違いが穂数と玄米収量に及ぼす影響をみた。第1図、第2図に年次別の穂数と玄米収量の推移を示したが、穂数の年次変化をみると、1972年と1974~'76年の3か年は分けつ期の天候が不順であったため、分けつ数が少なく穂数も少なくなった。これを堆肥併用区と無機肥料区で比較すると、無窒素区ならびに窒素施用量が同一の場合、堆肥併用区が多い。堆肥併用区の中の窒素施用量と穂数の関係では、基肥の窒素施用量の多いものが多くなった。無機肥料区では窒素施用量の増肥により穂数も増加し、年次によっては堆肥併用区を凌駕する穂数となった。

次に玄米収量の年次変化をみると、精玄米重は穂数の少ない年次が低収であった。これを堆肥施用の有無と施肥の面からみると、無窒素区では堆肥の施用効果が大きく無堆肥との収量差が大きい。堆肥併用区では施肥量の多少による収量に一定の傾向がみられず、年によっては



注) Nは窒素成分, 単位は kg/a を表す。

第1図 年次別穂数の推移



注) Nは窒素成分, 単位は kg/a を表す

第2図 年次別精玄米重の推移

施肥量の少ない区が増収した。すなわち、基肥窒素施用量0.4kg/a区より0.8kg/aの多施肥区が減収となった年が多く、1972年と1975年を除き窒素の多施肥が登熟期の倒伏から収量減となった。したがって、この試験では堆肥併用区で基肥0.4kg/a以上の施肥では収量に反映しないとみられた。このことは無窒素区の収量の高い年、つまり堆肥施用区の窒素の発現量の多い年には窒素の多施肥によって過剰生育となり、登熟期の倒伏が大きな要因となって堆肥の施用効果が現われていない。

これに対して無機肥料区では施肥量の増加により、玄

米収量が多くなって窒素の増施効果が認められた。しかし、堆肥併用区と無機肥料区の精玄米重を比べると、年によりあるいは窒素施用量の多少によって収量差に大小があり、その差は収量の高い年で小さく収量の低い年が大きい。つまり無機肥料区では高収年に窒素多施肥の効果が大きく低収年は小さい。したがって、多収年には窒素の増施によって堆肥併用区に近づけることができるが、低収年には窒素の増施のみでは多収が困難であるといえよう。

第8表 生育時期別窒素の含有率(%)
(1973~1978平均)

生育期	分けつ		最高 分けつ	幼穂 形成	出穂	成熟	
	I	II				わら	もみ
堆肥	4-2-3	3.43 2.60	1.78	1.45	1.04	0.56	1.12
肥	6-2-3	3.55 2.70	1.90	1.53	1.10	0.62	1.14
併用	8-2-3	3.57 2.75	1.95	1.60	1.12	0.62	1.16
0-0-0	2.65 2.09	1.49	1.30	0.88	0.52	1.06	
無機	6-2-3	3.65 2.47	1.69	1.46	1.07	0.59	1.10
機	8-2-3	3.82 2.62	1.83	1.52	1.13	0.59	1.14
肥	10-2-3	3.85 2.76	1.92	1.63	1.14	0.63	1.15
料	0-0-0	3.10 1.96	1.47	1.28	0.85	0.49	1.06

注, 分けつ期 I. 7月2日, II. 7月16日

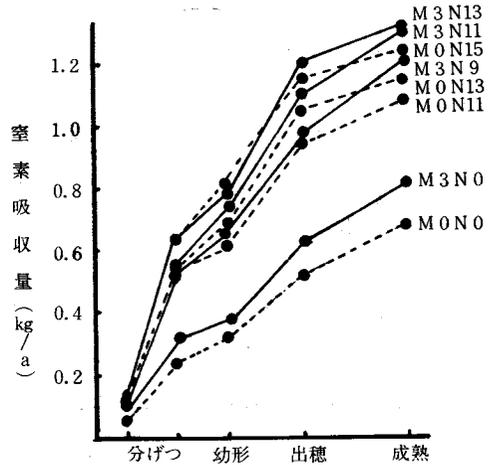
第9表 1977年の生育時期別窒素の含有率(%)

生育期	分けつ		最高 分けつ	幼穂 形成	出穂	成熟	
	I	II				わら	もみ
堆肥	3.91 2.12	1.84	1.57	1.07	0.55	1.12	
無機肥料 (分施)	3.91 2.67	1.82	1.61	1.21	0.62	1.23	

注. 分けつ期 I. 7月1日, II. 7月18日

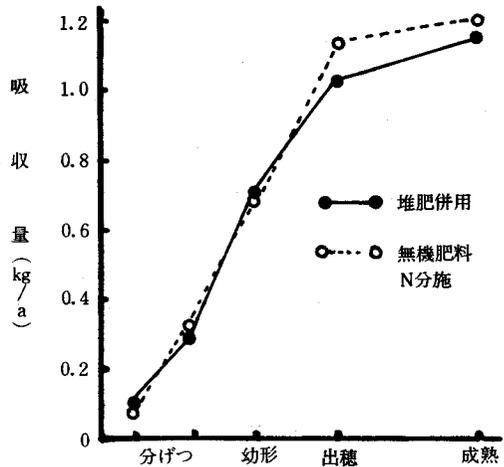
第10表 生育時期別窒素の吸収量
(kg/a) 1972

生育期	分けつ	最高 分けつ		幼穂 形成	出穂	成熟	
		わら	もみ				
堆肥併用	2-2-3	0.15	0.37	0.40	0.71	0.31	0.61
	4-2-3	0.15	0.40	0.45	0.90	0.41	0.66
	6-2-3	0.16	0.50	0.55	1.00	0.40	0.76
	8-2-3	0.18	0.55	0.65	1.06	0.45	0.79
	0-0-0	0.10	0.26	0.28	0.57	0.22	0.46
無機肥料	2-2-3	0.12	0.29	0.32	0.69	0.30	0.63
	4-2-3	0.15	0.39	0.48	0.94	0.40	0.64
	6-2-3	0.15	0.49	0.54	0.93	0.45	0.75
	8-2-3	0.17	0.49	0.55	1.00	0.43	0.74
	0-0-0	0.09	0.22	0.26	0.41	0.24	0.43



注) Mは堆肥 t/10 a Nは窒素成分kg/10 a

第3図 窒素の吸収経過 (6年平均)



第4図 窒素の吸収経過 (1977)

3. 生育時期別窒素の含有率と吸収量

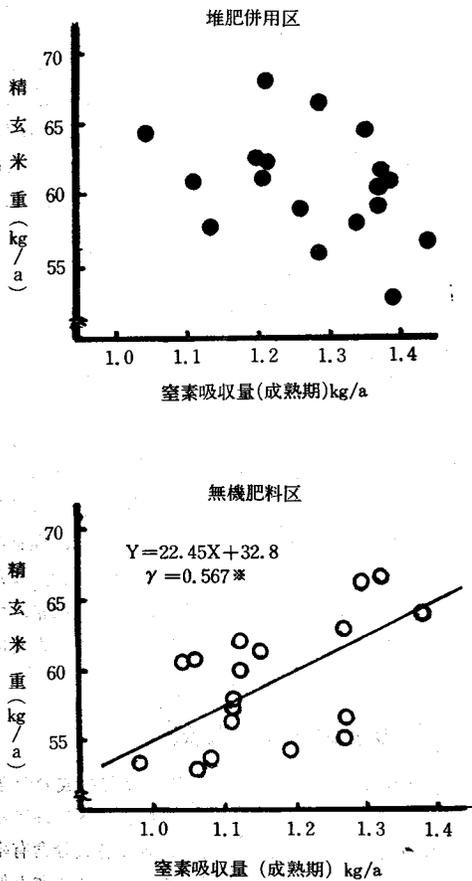
1973年~'78年までの時期別含有率を第8表に, 1977年の窒素分施の含有率を第9表に, 1972年の時期別窒素の吸収量を第10表に示した。また, 窒素の吸収経過を第3図, 第4図に示した。

1973年~'78年までの窒素含有率の平均をみると, 各処理間では窒素施用量の多いものほど高いが, 同一施肥量では分けつ初期 (7月2日前後) を除き堆肥併用区が高

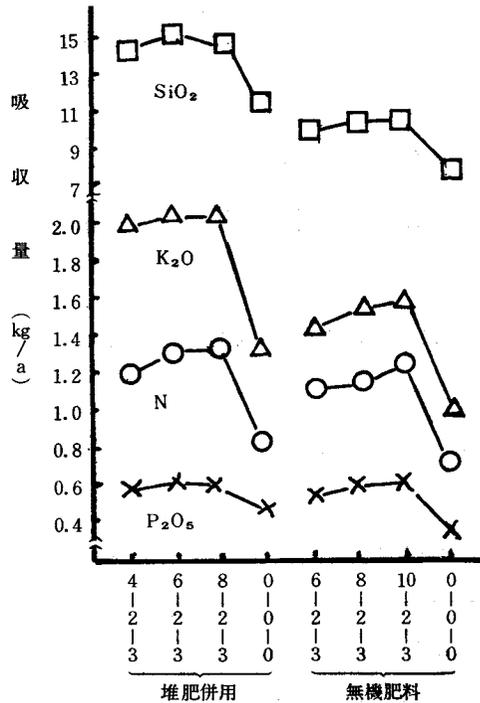
く、この傾向は無窒素区においても同様であった。これに対して堆肥併用区より窒素を0.4kg/a増施し、しかも追肥回数を増加した処理(1977年)は終始窒素分施が高い含有率で推移した。

一方、窒素の吸収をみると、1972年の結果では生育各時期の吸収量は窒素施用量の多いものほど多く、同一施用量では堆肥併用区が高い。他方、窒素の吸収経過をみると、1973年～78年の結果では生育各時期の吸収量は窒素の施用量および堆肥の有無によって異なるが、同一施用量では堆肥併用区の吸収量が多く、施用量の増加は吸収量の増加となった。さらに分けつ期から出穂期までの吸収をみると、堆肥併用区、無機肥料区とも吸収量そのものには差があったが吸収のパターンは同じである。出穂から成熟までの吸収量は堆肥併用区が多かった。

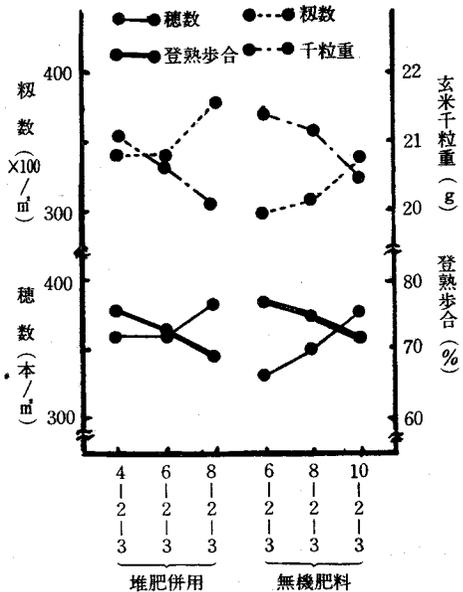
窒素の全吸収量に対する幼穂形成期までの吸収割合は、



第5図 異なる窒素施肥条件における精玄米収量と窒素吸収量の関係



第6図 成熟期の吸収量 (1973～78年平均)



第7図 収量構成要素 (1973～78年平均)

第11表 平均気温、日照時間と精玄米重および窒素吸収量の相関係数(無窒素区)
(1972~1978)

	平均気温			日照時間			窒素 吸収量
	A	B	C	A	B	C	
精玄米重	0.590	0.827*	0.397	0.641	0.474	0.317	0.771*
堆肥	0.571	0.776*	0.398	0.551	0.701	0.016	—
無窒素区	0.612	0.837*	0.425	0.688	0.139	0.384	0.876**
堆肥	0.348	0.653	0.129	0.536	0.264	0.242	—

注. 平均気温、日照時間のAは6月10日~10月10日、
Bは6月10日~7月31日、Cは8月1日~10月
10日の期間を示す。

* 5%、** 1%有意水準

第12表 収量および収量構成要素

(1977)

	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/m ²)	稈数 (×100 /m ²)	登歩 (%)	熟玄米 千粒重 (g)
堆肥	57.7	346	308	75.0	21.0
無機肥料	56.8	343	288	76.7	21.8

第13表 跡地土壌の炭素、窒素(無窒素区)

	全窒素 (%)	全炭素 (%)	NH ₄ -N 生成量*	
			湿潤土	乾土
堆肥連用区	0.17	1.57	3.6	9.4
堆肥無施用区	0.13	1.44	3.5	7.8

注. 堆肥区は1969~1978年まで300kg/a 連年施用

* mg/100g

無窒素区では堆肥、無堆肥とも47%であった。これに対して施肥区では施肥量によって異なるが、堆肥併用区で54~60%、無機肥料区で56~65%となり、栄養生長期間の吸収割合は無機肥料区で2~5%多くなった。出穂から成熟までの吸収割合は意外と低く、堆肥併用区で7~18%、無機肥料区で7%台となった。また、1977年の吸収経過をみると、幼穂形成期までの吸収は堆肥併用区、無機肥料区の窒素分施ともほとんど差がなく0.6kg/a前後であったが、生育後半の吸収は窒素分施が多いため栄養生長期間の吸収割合では堆肥併用区が僅かに高かった。

4. 玄米収量と窒素吸収量

施肥区における精玄米重と窒素吸収量の関係を第5図に示した。

無機肥料区では収量と窒素吸収量に相関がみられたが、堆肥併用区では窒素施用量の多い区に登熟障害がみられたため関係がなくなった。

玄米収量と窒素吸収量は多収年と低収年でそれぞれ異なるが、吸収量の最高と最低の差は堆肥併用区、無機肥料区とも0.4kg/a程度で差が少なく、堆肥の有無との関係はみられなかった。しかし、堆肥併用区では窒素0.9~1.3kg/a施用の差による収量差が少ないため、吸収量も大部分が1.2~1.4kg/aの範囲に入るのに対して、無機肥料区では窒素1.1~1.5kg/aと施用量を増加することによって収量が増加し、しかも高収年と低収年による収量差が大きくなり、吸収量も1.0~1.4kg/aと幅が広がった。

一方、地力窒素の発現に大きく関与する気温、日照時間と収量および窒素吸収量との関係を調べ第11表に示した。これによると無窒素区における堆肥施用区では精玄米重、窒素吸収量とも生育前半、つまり6月10日~7月31日の気温の高い条件と密接な関係がみられ、無堆肥区では精玄米重のみに関係がみられた。しかし、堆肥施用区、無堆肥区とも日照時間とは相関がなかった。また、地力窒素と玄米収量とは相関が高く、窒素吸収量、すなわち、地力窒素の発現の多い年は収量も高く、とくに生育前半の気温の高いことが収量を支配した。

5. その他の成分の吸収状況

1973年~'78年における成熟期の主な無機成分の吸収量を第6図に示した。堆肥併用区と無機肥料区における各種成分の吸収量をみると、無機肥料区の各成分含有率は普通以上であったが、堆肥併用区ではとくに珪酸と加里の吸収量が多く、施肥区での吸収量の差は珪酸で4kg/a加里で0.5kg/aとなり、堆肥中のこれら成分を有効に利

用していることがうかがえる。また、窒素とリン酸の吸収量も堆肥併用区が多かった。

6. 収量構成要素

堆肥施用の有無が収量構成要素に及ぼす影響を調べ、1973年～'78年の結果を第7図に、1977年の窒素分施の結果を第12表に示した。

穂数は堆肥併用区で多く、施肥量を増加することによって多くなり、無機肥料区においても同じく施肥量を増すと穂数も多くなった。これを同一施肥量で比較すると、堆肥併用区が多いが、無機肥料区でも施肥量を増加すれば堆肥併用区に近づけることができる。籾数は穂数同様堆肥併用区が多くなったが、無機肥料区では窒素の増施によって穂数が増加しても籾数はそれほど増加しない。つまり1穂の着粒数が増えないため、同一施肥量の比較では堆肥併用区の籾数が無機肥料区より3000～4000粒多い。したがって、無機肥料区では窒素の増施のみで籾数を確保することが困難である。

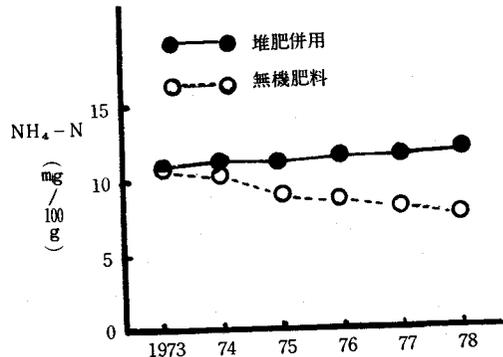
次に登熟歩合と千粒重をみると、籾数の多い堆肥併用区は倒伏の要因が大きく左右して低くなり、しかも窒素の施肥量が多くなるにつれて低下した。この傾向は無機肥料区も同様であったが低下の度合は無機肥料区が少なかった。また、1977年の結果では窒素分施により穂数は確保できて籾数が2000粒/m²少なく、登熟歩合、千粒重が少々高くなっても堆肥併用区の収量に及ばず、籾数の確保が困難であった。

7. 跡地土壌の変化

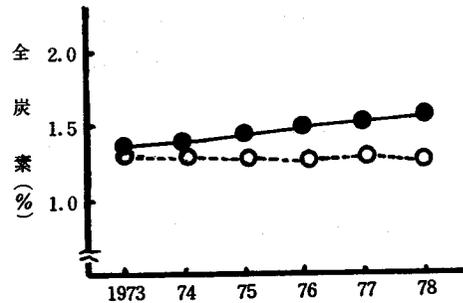
無窒素区における全炭素、全窒素およびアンモニア生成量について第13表に、施肥区における全炭素およびアンモニア生成量の推移を第8図、第9図に示した。

1959年～'78年まで毎年堆肥を300kg/a連用した土壌と堆肥を施用しない土壌において、無窒素栽培を継続した跡地土壌の全炭素、全窒素の含有率は堆肥連用区が高く、10年間で無堆肥区に比べて全炭素で0.13%、全窒素では0.04%の差が生じた。また、アンモニア生成量は堆肥連用区が多く、湿潤土より乾土での差が大であった。

一方、施肥区における年次別のアンモニア生成量は堆肥併用区の増加量はそれほど多くないにもかかわらず、無機肥料区が低下しているため年々その差が開いて来た。同じく全炭素の推移をみても、無機肥料区がほぼ横ばいで経過しているのに対して堆肥併用区ではわずかながら年々増加する傾向にあり、堆肥施用による土壌の腐植富化の効果が認められた。しかし、堆肥の施肥量300kg/a/年からみると、富化量は施肥区、無窒素区とも非常に



第8図 跡地土壌(作土)のアンモニア生成量の推移(施肥区)



第9図 跡地土壌(作土)の全炭素の推移(施肥区)

少ない。

IV 考 察

1972年～'78年までの7か年の堆肥併用区と無機肥料区における生育、収量の動向をみると、無機肥料区では基肥の窒素施肥量を増加することによって穂数を増やすことができ玄米収量も多くなったが、堆肥併用区の収量には及ばなかった。この時の施用窒素成分量は1.5kg/aが限度と考えられ、これ以上の施肥量では過剰生育となって減収となった。これに対して、堆肥併用区では無機肥料区同様、施肥量の増施によって穂数増、籾数増となった。1972年は低収年であり、窒素施肥量0.7～1.3kg/aの範囲では施肥量が多くなるほど玄米収量が上った。しかし、

1973年以降の6か年の平均では窒素施用量0.9kg/aの収量が高く、それ以上では過剰生育、倒伏などの要因によって減収となった。これを年次別にみると、多収年であった1973, '77, '78年の3か年は施肥量が多いほど倒伏などによる負要因が大きく働き減収となり、また、これ以外の年にも施用量を多くすることによる増収効果は期待できなかった。このように堆肥区の窒素施用量は低いところにあるが、年次によってその効果が変わっている。本試験では高収量をあげるための堆肥施用における窒素の施肥量は、1.1kg/a以上で過剰となり、6か年を通じておおむね0.9kg/aが適量と考えられた。

1977年の窒素分施の結果では堆肥区の収量に及ばなかったが、窒素の施用量、施用回数を増加して堆肥の肥効に近づける試みも、籾数の確保が困難であった。したがって、窒素分施による堆肥の代替は不可能であった。

生育時期別の窒素の含有率は無窒素区、施肥区とも分げつ初期を除き堆肥併用区が高く、これが茎穂数増となり、籾数増による収量増となったものと考えられる。

堆肥の肥効は温度や土壌環境などによって違ってくるが、堆肥併用区において田植後15日前後の分げつ初期の窒素含有率が低い。これは堆肥の多施用による1時的な窒素の有機化、還元促進あるいは保肥力の増大による土壌溶液中の窒素濃度の低下によるものかどうか明らかなでないが、堆肥併用区は後半の生育がよく、収量も高いので初期の窒素含有率の低下は問題ないと考えられる。

水稲の吸収する窒素の大半は地力に依存している⁹⁾が、無窒素区における吸収量は堆肥併用区が多く、施肥区においても同様の結果となり、堆肥併用区では地力窒素の発現量の多いことを示している。

水稲の地力窒素の吸収について、西南暖地では幼穂形成期までに全吸収量の4~5割が吸収されるといわれる¹⁰⁾が、本試験では無窒素区がそれに近い数字となった。施肥区では堆肥併用区より無機肥料区が多くなった。すなわち、生育前半(栄養成長期)は無機肥料区の吸収割合が多く、逆に生育後半(幼穂形成以降)は堆肥併用区の吸収量が多く、生育後半とくに出穂後の吸収量の多いのが堆肥の施用効果の特徴といえよう。

窒素の吸収量と玄米収量は密接な関係がある。これを無窒素区についてみると、地力窒素の吸収と玄米収量とは相関があり、窒素の吸収量の多い年、すなわち、地力窒素の発現量の多い年は収量が高く、とくに生育前半の気温の高いことが収量を支配した。つまり前半の気温の高いことは生育前半の地力窒素の発現を促し、それが分げつ数の増加をもたらし収量増になったと考える。

一方、施肥区についてみると、無機肥料区で相関が認

められたが堆肥併用区では関係が少なかった。このことは堆肥併用区では窒素の吸収量が多くなっても収量に頭打ちがみられるため、最高収量と最低収量の年次間差が少なくなったのに対し、無機肥料区では収量の年次間差が大きく、吸収量も多収年が多く低収年が少ないためと考えられた。

次に堆肥中の窒素の行方についてみると、窒素2.04% (乾物)の堆肥を供試したが、水分74.5%含むため窒素含有率は0.5%程度となる。これを300kg/a施用すれば1.5kg/aの窒素を施用したことになる。しかし、実際に水稲が吸収した量、すなわち、堆肥併用区から無機肥料区の吸収量を差し引いた量は、無窒素区で0.15kg/a、施肥区は施肥量にもよるが0.15~0.2kg/aと意外に少ない。堆肥の窒素的肥効は窒素質肥料の約1/3である¹¹⁾とすれば非常に少ない量となる。したがって、水稲に吸収されなかった窒素は土壌に蓄積されたか、あるいは系外へ流亡したかを明らかにする必要がある。

窒素以外の成分の吸収については、堆肥併用区の珪酸と加里の吸収量の多いのが特徴で、堆肥中のこれら成分を有効に利用していることがうかがえた。とくに珪酸含量を高めることは、病害虫、倒伏などに対する抵抗性の付与であるから、収量を上げる手段としての堆肥の効用の一つと云える。

収量構成要素に及ぼす堆肥の効果は、穂数および籾数が増加すること、登熟歩合が若干下っても登熟籾数を増して収量が増えることにある。穂数を増加させることは堆肥でなくても、化学肥料の増施によって可能である。しかし、籾数の増加が困難である。つまり施肥量の増施のみでは1穂の着粒数を増すことがむづかしい。その理由は茎が細いためと考えられ、その点、堆肥併用区は稈が太く籾数がとりやすいと云える。

堆肥を10年間連用して無窒素栽培を行った跡地土壌の全窒素、全炭素の量は増加しているが、炭素の増加量は0.13%に過ぎない。これに対して、施肥区では年次間の推移から増加の傾向にあり、5か年間の炭素の蓄積量は約0.2%増加し、無窒素区にくらべると蓄積量は多い。しかし、供試した本土壌は作土の土性がSCLであるが、粘土鉱物がカオリン系からなり、しかも温暖な気象条件であるため、有機物の分解が進み蓄積されにくい。したがって、本地帯におけるこのような土壌での全炭素、全窒素の蓄積の方法は今後の課題であらう。

V 摘 要

花こう岩質凝灰岩沖積水田における堆肥の施用効果を

検討するため、堆肥併用と無機肥料単用に分け、それに窒素施肥を組み合わせて多収領域における試験を7か年にわたって行い、収量ならびに養分吸収の面から比較してつぎの結果を得た。

1. 玄米収量に対する堆肥施用の効果は、単年度の最高が施肥区で14~16%、無窒素区で24%となった。堆肥併用区における収量の上限に対する施肥窒素量は少ないところにあり、無機肥料区での窒素量はそれよりも約0.6kg/a高いところにあったが、収量は堆肥併用区に及ばなかった。

2. 堆肥の代替効果を狙った窒素の分施では、稲体の窒素含有率、吸収量は多くなったが、籾数の確保が困難であり、堆肥の代替は不可能と思われた。

3. 施肥窒素に対する反応は、無機肥料区では多収年、低収年とも増収効果が認められた。一方、堆肥併用区では多収年に窒素減肥区の収量が高く、低収年には窒素増施の効果が明らかでなく地力窒素の利用が高かった。また、堆肥併用区と無機肥料区との収量差は多収年で小さく低収年で大きくなった。

4. 生育時期別の稲体窒素含有率は分けつ初期を除き、終始堆肥併用区が高く経過した。窒素の吸収割合は無機肥料区では生育前半が多く、堆肥併用区では逆に生育後半が多く出穂後も多かった。また、その他の成分では珪酸と加里の吸収が堆肥併用区で多かった。

5. 玄米収量と窒素吸収量には密接な関係があり、無窒素区における玄米収量と窒素吸収量は、生育前半の気温と高い相関があった。

6. 堆肥併用区の増収の主因は、ある窒素施肥量までは窒素の吸収増に伴う穂数増、籾数増であると考えられた。無機肥料区では窒素の増施により穂数は確保できるが、1穂の着粒数が少なく籾数を増やすことが困難であった。

7. 堆肥を連用して無窒素栽培を行った作土の全炭素、全窒素量は増加したが、その蓄積量は少なく炭素で0.13%、窒素で0.04%であった。施肥区では無窒素区より炭

素の蓄積量は多く、5か年で約0.2%増加した。しかし、堆肥の施用量からみれば非常に少なかった。

引用文献

- 1) 原田登五郎：1958. 土壤肥料全編，養賢堂。419—36.
- 2) 本谷耕一：1974. 地力の増強について，関西土肥要旨集42：33—42.
- 3) 鎌田金英治・岡田晃治：1976. 水稲栽培における堆肥施用の効果—栽培条件と根の活性を中心にして—，農及園51：867—871.
- 4) 河本 泰・佐近 剛・藤原多見夫・中藪正之・宮地勝正・古井シゲ子：1979. 暖地水稲に対する堆肥連用の年次効果について，土肥誌50：347—352.
- 5) 小山雄生：1975. ¹⁵N利用による水田土壤窒素肥沃度測定の実際と生産力，土肥誌 46：260—269.
- 6) 高坂 啟：1974. 水稲に対する有機物施用の効果，農業技術29：7—11.
- 7) 南 松雄：1976. 水田地力の現状と有機物施用の意義，北農43：3—17.
- 8) 大山信雄：1975. 暖地水田における地力窒素の発現様式—有機物の施用および土壌管理法の影響—，土肥誌46：297—302.
- 9) 坂井 弘・鬼鞍 豊：1976. 日本の地力，御茶の水書房，36—60.
- 10) 志賀一一：1976. 水稲生産に対する地力窒素の役割，北農43：18—31.
- 11) 上野正夫・斉藤昭四郎・小南 力・斉藤正志・渡辺和夫・鈴木 正：1978. 水稲に対する有機物および土壌改良資材の施用効果，山形農試報12：57—86.
- 12) 山下鏡一：1964. 水田における堆肥の効果の解析，農業技術19：6—11.
- 13) 柳沢完男：1962. 水田の生産力的分類と水稲栄養について，土肥誌33：116—124.

Effect of Application of Compost in Put on Growth and Yield of Paddy Rice

- The comparison between compost and inorganic fertilizer -

Tsuyoshi SAKON, Katsumasa MIYAJI and Yutaka KOMOTO

Summary

The effect of rice straw compost application to rice plants, for high yielding in the granitic alluvial paddy soils, was compared with that of inorganic fertilizer. The growth and yield of rice plants, the amount of nitrogen absorbed at vegetative growth period and harvest time were investigated from 1972 to 1978. The results obtained were as follows:

Supplied compost was effective to increased of yield in brown rice, in case of applying nitrogen were increased 14~16 percentage, and non-applying one were 24 percentage of maximum yield of year. The amount of applied nitrogen resulting in the highest weight of brown rice was 0.9kg per are in the compost plots, but the weight of brown rice decreased with much application of nitrogen. On the other hand, applied nitrogen for highest yield of inorganic fertilizer was 1.5kg per are, but the yield were inferior to compost plots.

A highly significant positive correlation was noted between the yield of brown rice and the amount of nitrogen absorption. The relation between yield and nitrogen absorption on the non-applying nitrogen plots were concerned temperature at the early growth stages (june to july) of rice plants.

The amount of nitrogen contents in the stem and leaves higher as always, compost plots than inorganic fertilizer plots, outside of the tillering stage, moreover, the number of grains was increased remarkably, because the nitrogen absorption was increased after panicles formation stage.

The contents of carbon and nitrogen in the plow layer was increasing by compost application, but the amount of accumulated of which is a few.