

千葉県における水田への家畜ふん堆肥施用の実態及びその影響

安江園子・森 孝夫^{*1}・篠田正彦^{*2}

キーワード：水田，家畜ふん堆肥，土壤中養分含有量，玄米中粗タンパク質含有率

I 緒 言

有機性廃棄物のリサイクルは循環型農業の主要課題であり，なかでも家畜ふん堆肥の有効利用は農業系内での循環という視点からも重要である．水田における家畜ふん堆肥の利用は，耕畜連携という観点からも有効である．しかし，水田への有機物施用は稲わらの還元が多く，家畜ふん堆肥等の施用は極めて少ない（千葉県農業試験場，2001）．このため，家畜ふん堆肥が生産現場でどのように施用されているか，また，連用による土壤中養分含有量の変化や水稲への影響を調査した事例は少なく，その実態は必ずしも把握されていない．また，近年の米生産においては食味を重視する傾向があり，食味評価を低下させる要因の一つになっている玄米中粗タンパク質含有率を高めないための施肥法が示されている（千葉県・千葉県農林水産技術会議，2011）．家畜ふん堆肥の施用は土壌からの窒素発現量を多くし，玄米中粗タンパク質含有率を高めることが懸念される．

本調査では，生産現場における家畜ふん堆肥利用の実態についてアンケート調査を行った．また，牛ふん堆肥を連用している水田及びその対照として家畜ふん堆肥を連用していない水田を調査し，その土壌，水稲の生育及び玄米中粗タンパク質含有率に及ぼす影響についていくつかの知見を得たので報告する．

本調査の実施にあたり，各農林振興センター（現農業事務所）の畜産及び作物担当者の諸氏には，アンケート調査及び現地調査において多大な御協力をいただいた．ここに記して感謝の意を表する．

II 材料及び方法

1. 水田における家畜ふん堆肥の使用状況

家畜ふん堆肥を利用している生産者を対象に水田における家畜ふん堆肥の利用に関するアンケート調査を2002年に

実施した．アンケート内容については，使用している家畜ふん堆肥の種類，施用量，連用年数，堆肥を利用する理由及び化学肥料による窒素施肥の状況について調査した．調査数は41件であった．

2. 牛ふん堆肥連用水田における土壌中養分含有量

(1) 供試土壌

調査は2003年及び2004年に，アンケート調査の結果で使用している家畜ふん堆肥の種類として回答が多かった牛ふん堆肥について行った．供試土壌は，牛ふん堆肥を連用している水田（以下，連用田）10か所及びその対照として，連用田に近接しており，土壌条件が類似した家畜ふん堆肥の施用を行っていない水田（以下，対照田）10か所において，水稲作付け前の2月～3月に作土層から採取，風乾後2 mmの篩を通し，分析試料とした．

(2) 供試土壌の分析項目及び分析方法

連用田及び対照田の土壌中養分含有量の分析項目は交換性石灰，交換性苦土，交換性加里，可給態リン酸及び可給態窒素とした．交換性石灰，苦土及び加里は全自動汎用抽出器（SPAD AUTO CEC-10，富士平工業製）を用いて抽出し，原子吸光法により測定した．可給態リン酸はトルオーグ法により分析した．可給態窒素は，供試土壌を30℃で4週間，湛水静置培養後に10%塩化カリウム溶液で抽出し，インドフェノール法によりアンモニア態窒素量を測定した．

3. 牛ふん堆肥連用水田における水稲生育及び玄米中粗タンパク質含有率

土壌中養分含有量の調査を行った10地区のうち，連用田及び対照田の両方で「コシヒカリ」を作付していた，連用田2か所及びそれらの対照田について，幼穂形成期の水稲生育，収穫期の水稲生育及び玄米中粗タンパク質含有率の調査を2004年に行った．玄米中粗タンパク質含有率の算出は，玄米を粉碎し，NCアナライザー（NC-900，住化分析センター製）を用いて全窒素量を分析後，全窒素量にタンパク換算係数5.95を乗じて玄米中粗タンパク質含有率とした．

III 結果及び考察

1. 水田における家畜ふん堆肥の使用状況

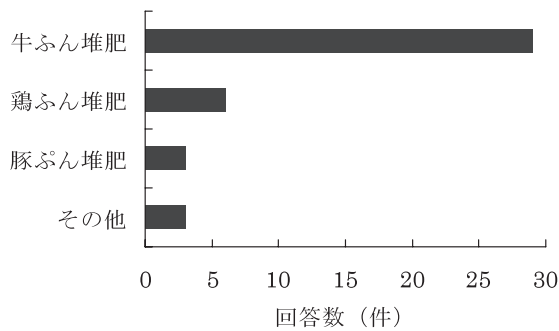
(1) 使用している家畜ふん堆肥の種類，施用量及び連用年数

受理日2011年8月22日

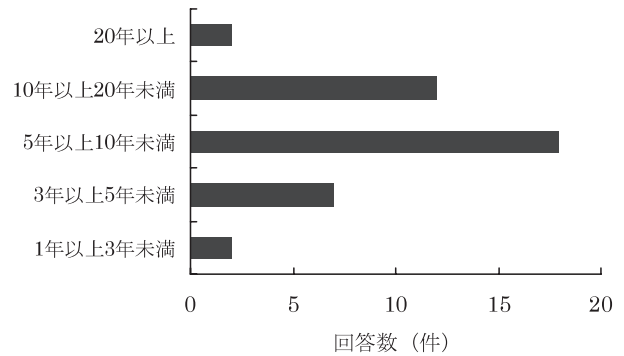
^{*1}元農林総合研究センター

^{*2}現農業大学校

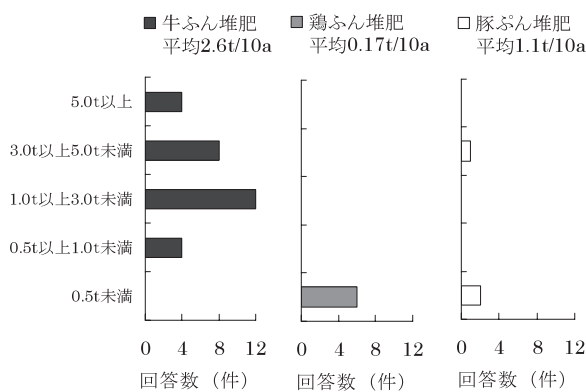
本報の一部は日本土壌肥料学会関東支部大会（2005年11月，群馬県前橋市）において発表した．



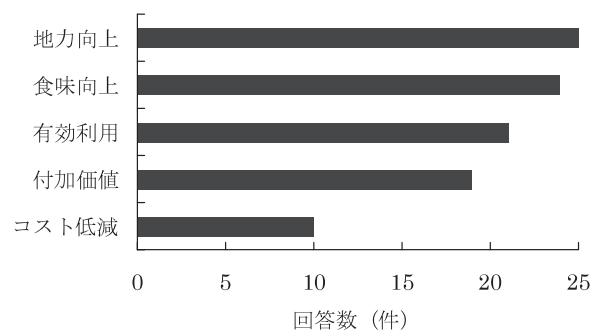
第1図 施用堆肥の種類



第3図 家畜ふん堆肥の連用年数の分布



第2図 各種別堆肥の施用量の分布



第4図 堆肥を利用する理由

注) 回答選択方式、複数回答可

使用している家畜ふん堆肥の種類を第1図に示した。回答数41件のうち、牛ふん堆肥が29件、鶏ふん堆肥が6件、豚ふん堆肥が3件、その他として尿などの回答が3件あり、牛ふん堆肥を施用しているとの回答が最も多かった。各種別堆肥の施用量を第2図に示した。牛ふん堆肥は、10a当たり1.0t以上3.0t未満の回答が12件と最も多く、次いで3.0t以上5.0t未満が8件であり、施用量の平均は10a当たり2.6tであった。鶏ふん堆肥は、6件の回答すべてが10a当たり0.5t未満で、施用量の平均は10a当たり0.17tであった。豚ふん堆肥は、回答3件のうち2件の施用量は鶏ふん堆肥と同様に10a当たり0.5t未満であったが、1件は10a当たり3.0t施用しており、施用量が大きく異なった。

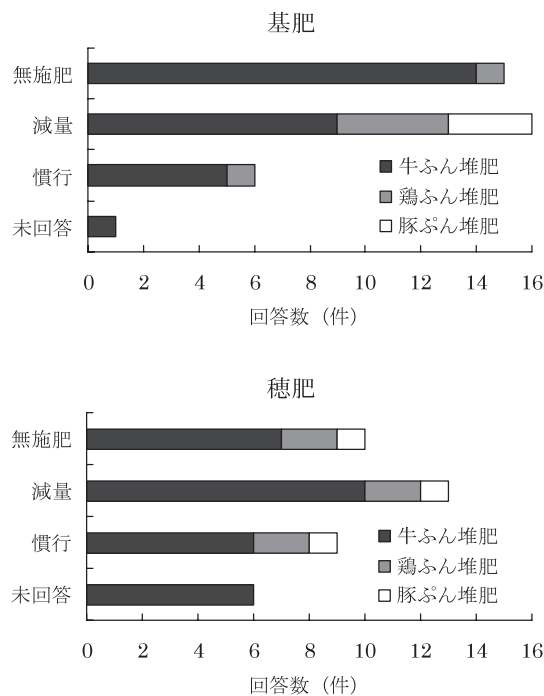
一般に、家畜ふん堆肥のうち、牛ふん堆肥は肥料分が少なく有機物として比較的多く施用できる土づくり的堆肥として、また、鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥は肥料分の多い有機質肥料的堆肥と考えられている（千葉県農林水産部・社団法人千葉県畜産会, 2001）。本調査の結果からも、水田への家畜ふん堆肥の施用は、牛ふん堆肥による土づくり的な使用が多いと考えられる。豚ふん堆肥のうち、1件の施用量が10a当たり3.0tと多かったのは、その生産者が使用している豚ふん堆肥は製造過程で副資材が多く使用され、調査時に採取した堆肥の現物当たり窒素含有量は0.6%と少なく、土づくり的堆肥として使用されているためと推察され

た。

堆肥の連用年数を第3図に示した。連用年数は10年未満の回答の合計が27件と半数以上を占め、平均8.5年であった。20年以上の長期の連用は2件と少なかった。水田への有機物施用としては、稲わらの還元が1960年代後半の自脱型コンバインの普及に伴って広まったのと比べると、家畜ふん堆肥が利用されるようになったのは比較的近年になってからと考えられる。堆肥を利用する理由を第4図に示した。「地力向上」に次いで「食味向上」、「有効利用」、「付加価値」という回答が多かった。「食味向上」及び「付加価値」という回答は、一般的な化学肥料栽培との差別化を図るための手段として家畜ふん堆肥を施用しているためと考えられ、また、「有効利用」という回答は家畜ふん堆肥を処理の一環として水田で活用しているためと考えられる。水田における家畜ふん堆肥の施用は、米の販路やニーズの多様化、または1999年の「家畜排せつ物法」の施行により家畜ふん排せつ物の利用が促進されたこと等を背景に取り組まれていると考えられる。

(2)家畜ふん堆肥連用水田における化学肥料による窒素施肥

家畜ふん堆肥を連用している水田における、基肥及び穂肥について化学肥料を用いた窒素施肥の状況を第5図に示した。結果は、使用している家畜ふん堆肥の種類が牛ふん



第5図 各堆肥施用での化学肥料による窒素施肥の状況

堆肥、鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥であった38件の回答について示した。基肥については、「無施肥」が15件、「減量」が16件で、これらの合計が31件で全体の82%であり、種類別では、「無施肥」と「減量」の合計が牛ふん堆肥は21件、鶏ふん堆肥は5件、豚ふん堆肥は3件であった。穂肥については、「無施肥」が10件、「減量」が14件で、この両者の合計が24件で全体の68%であり、種類別では、「無施肥」と「減量」の合計が牛ふん堆肥は17件、鶏ふん堆肥は4件、豚ふん堆肥は2件であった。基肥と穂肥両方を「無施肥」または「減量」と回答したのは20件で全体の51%であり、家畜ふん堆肥を連用している生産者の約半数が基肥と穂肥、両方の窒素施肥を減量していた。基肥を「慣行」と回答したのは6件で、内訳は牛ふん堆肥5件、鶏ふん堆肥1件であった。穂肥を「慣行」と回答したのは9件で、内訳は牛ふん堆肥6件、鶏ふん堆肥2件、豚ふん堆肥1件であった。

家畜ふん堆肥の施用に伴う化学肥料の削減は、主に牛ふん堆肥を土づくり的に連用したことによる土壌からの養分発現量の増加が認められたために削減する場合と、主に鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥を有機質肥料的に使用するために、その分の化学肥料を削減する場合が想定される。本調査においては、牛ふん堆肥を利用している生産者の多くが、基肥及び穂肥の窒素施肥を削減しており、牛ふん堆肥連用による土壌からの窒素発現量の増加を考慮した施肥を行っていると考えられる。鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥を利用している生産者は9件中8件で基肥の窒素施肥を「無施肥」または「減量」としており、これらの堆肥を基肥の代替とし

第1表 連用田の堆肥施用量、連用年数及び総投入量

地区	堆肥施用量 (t/10a)	連用年数 (年)	堆肥の総投入量 (t/10a)
A	3.5	5	18
B	2.0	5	10
C	2.0	28	56
D	1.5	11	17
E	1.5	4	6
F	1.0	8	8
G	1.0	10	10
H	1.0	10	10
I	1.5	6	9
J	2.0	10	20

注1) A～Fは2003年、G～Jは2004年に調査

2) 堆肥の総投入量は堆肥施用量×連用年数による推定値

て使用していると推察された。また、鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥を利用している生産者は穂肥でも6件が「無施肥」または「減量」としており、この理由については、鶏ふん堆肥等を肥料の代替として使用している農家は化学肥料栽培との差別化として有機物施用に取り組んでいる場合が多いため、穂肥についても化学肥料の施用を少なくしていることが考えられる。また、鶏ふん堆肥及び豚ふん堆肥についても、連用による土壌からの窒素発現量の増加を考慮した施肥を行っていることも考えられる。

2. 牛ふん堆肥連用による土壌中養分含有量への影響

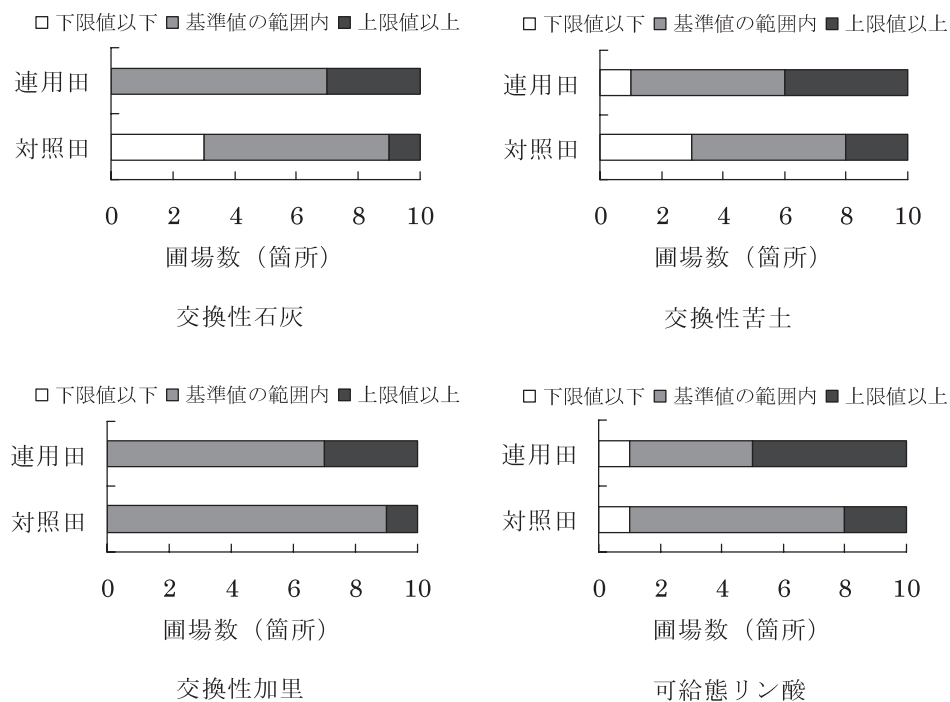
(1) 交換性石灰、苦土、加里及び可給態リン酸

連用田における堆肥施用量、連用年数及び推定した堆肥の総投入量を第1表に示した。堆肥施用量は10a当たり1.0～3.5tであった。連用年数は4～28年で、平均10年であった。堆肥の総投入量は10a当たり6～56tであった。連用田及び対照田の土壌中交換性石灰、苦土、加里及び可給態リン酸を第2表に示した。交換性石灰の平均値は、連用田が318.6mg/100g、対照田が273.6mg/100g、交換性苦土の平均値は連用田が71.2mg/100g、対照田が57.0mg/100g、交換性加里の平均値は連用田が37.2mg/100g、対照田が29.5mg/100g、可給態リン酸の平均値は連用田が17.7mg/100g、対照田が12.6mg/100gであり、いずれの平均値も連用田が対照田を上回った。圃場別にみると、交換性石灰、苦土、加里は8か所、可給態リン酸は7か所で連用田が対照田より多かった。これらのことから、現地において、牛ふん堆肥連用により、土壌中の養分含有量が増加している傾向が明らかになった。また、交換性石灰、苦土、加里及び可給態リン酸の分析値を水田の土壌診断基準値（千葉県、2009）と比較した（第6図）。連用田では対照田に比べてどの項目においても土壌診断基準値の上限値以上に該当する圃場が多く、連用田で養分が過剰傾向にある

第2表 連用田及び対照田の交換性石灰、苦土、加里並びに可給態リン酸

地区	交換性石灰 (mg/100g)			交換性苦土 (mg/100g)			交換性加里 (mg/100g)			可給態リン酸 (mg/100g)		
	連用田	対照田		連用田	対照田		連用田	対照田		連用田	対照田	
A	651.5	653.8	(100)	180.7	158.7	(114)	48.0	39.0	(123)	26.1	12.5	(208)
B	543.7	551.4	(99)	125.9	110.6	(114)	35.2	29.3	(120)	22.0	14.1	(156)
C	302.0	131.1	(230)	51.4	24.8	(207)	34.0	30.8	(110)	34.7	9.1	(382)
D	218.9	198.7	(110)	54.3	45.0	(121)	66.0	49.9	(132)	13.9	16.9	(82)
E	423.4	395.1	(107)	47.9	50.2	(96)	45.5	43.1	(106)	25.6	32.3	(79)
F	264.3	171.0	(155)	75.3	35.5	(212)	55.3	29.3	(189)	7.7	4.3	(178)
G	223.4	190.0	(118)	65.3	53.8	(121)	25.9	25.7	(101)	7.1	6.0	(120)
H	187.0	143.0	(131)	32.2	55.5	(58)	10.5	16.0	(66)	4.5	5.5	(82)
I	218.8	157.5	(139)	54.4	17.5	(311)	20.8	13.7	(152)	13.7	5.1	(267)
J	153.1	144.0	(106)	24.6	18.1	(136)	30.8	18.3	(168)	21.4	20.3	(106)
平均	318.6	273.6	(116)	71.2	57.0	(125)	37.2	29.5	(126)	17.7	12.6	(140)

注) () は対照田を100としたときの連用田の指数で、連用田/対照田×100



第6図 水田土壌診断基準値との比較

ことが示唆された。

連用年数が28年で最も長く、堆肥の総投入量が10a当たり56tと最も多かった地区Cでは、交換性石灰及び可給態リン酸において、対照田を100としたときの連用田の指数がそれぞれ231及び382と最も大きかった。その他の連用年数が11年以下の地区については、堆肥の総投入量と土壤中養分含有量の蓄積との関係は明らかでなかった。

水田への施肥は窒素、リン酸及び加里の3要素を施用するのが一般的である(千葉県・千葉県農林水産技術会議, 2011)。リン酸及び加里の施肥基準量は千葉県の「コシヒカリ」の場合、10a当たりリン酸6～11kg、加里8～12kgで

ある(千葉県, 2009)。石灰及び苦土の施用はほとんど行われていない。これに対し、千葉県施肥設計支援システム「エコFIT」(千葉県, 2009)に登録されている牛ふん堆肥の平均値(リン酸1.26%, 加里1.57%, 石灰1.77%, 苦土0.72%)を用いて10a当たり1.0tを水田に施用した場合、その養分投入量はリン酸12.6kg、加里15.7kg、石灰17.7kg、苦土7.2kgと試算された。アンケート調査から連用田における堆肥の施肥量は10a当たり1.0t以上であり(第1表)、連用田が化学肥料無施肥であったとしても、連用田における養分投入量は対照田より多いと考えられる。牛ふん堆肥が連用されることにより、これらの養分が土壤中に毎年投入さ

れ、水田への投入量が持ち出し量を上回り、土壌中養分含有量は蓄積傾向にあると推察される。しかし、堆肥の連用年数が11年以下の場合、連用年数や堆肥の総投入量と土壌中の養分含有量の蓄積との関連は明らかでなかったことから、養分の蓄積量は連用年数や堆肥の総投入量に応じて増加してはならず、土壌への蓄積以外に溶脱等による圃場外への流出も多いことが考えられる。このことについては、土性や排水性などの圃場条件と合わせて今後検討することが必要である。

(2)可給態窒素

連用田及び対照田の可給態窒素を第3表に示した。可給態窒素の平均値は連用田が16.9mg/100g、対照田が13.9mg/100gであった。圃場別にみると、9か所で連用田が対照田より多かった。

可給態窒素とは土壌が作物に対して窒素を供給し得る指標であり、土壌肥沃度判定の重要な因子とされる（土壌環

境分析法編集委員会編，1997）。篠田ら（1998）は稲わら堆肥を連用した水田において土壌の可給態窒素含量の増加及び土壌窒素発現量の増加を報告している。本調査の連用田においても、可給態窒素が増加している傾向があり、牛ふん堆肥の連用により土壌からの窒素発現量が増加していることが考えられる。このことは、本調査の結果で牛ふん堆肥を使用している生産者の多くが化学肥料による窒素施肥の減量を行っていることから推察できる。

土壌からの窒素発現量の増加は水稻の生育及び玄米中粗タンパク質含有率に影響を与えと考えられる。草場ら（2008）は水稻の玄米粗タンパク含量と関係の深い因子が土壌可給態窒素量であることを報告している。このことについては、以下で水稻の調査結果と合わせて考察する。

3. 牛ふん堆肥施用による玄米中粗タンパク質含有率への影響

調査は地区G及びJで行った。堆肥の施用量は、それぞれ10a当たり1.0t及び2.0tで、連用年数は共に10年であった（第1表）。両地区とも可給態窒素は連用田が対照田より多かった（第3表）。幼穂形成期の茎数及び草丈、収穫期の㎡当たり籾数、玄米千粒重、計算収量及び玄米中粗タンパク質含有率を第4表に示した。両地区とも同様な傾向を示した。すなわち、基肥窒素量は、連用田が対照田に比べて少なかった。しかし、幼穂形成期の茎数及び草丈は連用田が対照田を上回った。また、㎡当たり籾数は連用田が対照田より多く、玄米千粒重は連用田が対照田より小さかった。計算収量は、連用田が対照田より多くなった。なお、連用田では穂肥の施用は行われていなかったが、玄米中粗タンパク質含有率は、連用田が対照田より高かった。

本調査において、連用田の玄米中粗タンパク質含有率が高かったことは、草場ら（2008）の報告と同様に可給態窒素と玄米中粗タンパク質含有率との関係が示唆される。また、長戸ら（1972）は同一栽培の米の中から大粒と小粒を

第3表 連用田及び対照田の可給態窒素

地区	可給態窒素 (mg/100g)		
	連用田	対照田	
A	14.4	10.3	(140)
B	12.0	10.7	(112)
C	12.2	11.9	(102)
D	11.8	13.0	(91)
E	32.6	26.6	(122)
F	18.8	15.3	(123)
G	17.7	16.3	(108)
H	11.4	7.4	(154)
I	22.7	18.4	(123)
J	15.8	9.0	(176)
平均	16.9	13.9	(122)

注) () は対照田を100としたときの連用田の指数で、連用田/対照田×100

第4表 地区G及びJにおける幼穂形成期の水稲生育、収穫期の水稲生育及び粗タンパク質含有率

地区	圃場	基肥 窒素量 (kg/10a)	幼穂形成期		収穫期			玄米中 粗タンパク質 含有率 (%)
			茎数 (本/㎡)	草丈 (cm)	㎡当たり 籾数 (千粒)	玄米 千粒重 (g)	計算 収量 (kg/10a)	
G	連用田	6.0	497	80	35.3	21.1	645	7.6
	対照田	8.0	437	74	34.4	21.6	591	6.9
J	連用田	2.2	698	71	38.6	21.0	649	6.8
	対照田	4.8	498	64	26.4	22.3	537	6.3

注1) 玄米中粗タンパク質含有率は乾物当たり

2) 計算収量は㎡当たり籾数×登熟歩合×玄米千粒重/100で算出

選出して比較し、玄米・白米とも、小粒が大粒より窒素含有率が高いことを報告している。本調査における連用田の玄米千粒重は対照田より小さいことから、連用田で玄米中粗タンパク質含有率が高くなった一因とも考えられる。玄米千粒重の向上対策の一つとして、適正な粒数を確保することが重要である(斎藤ら, 1996)。しかし、連用田の m^2 当たり粒数は対照田より多く、千葉県の「コシヒカリ」の適正な粒数とされている m^2 当たり30,000~35,000粒(斎藤ら, 1992)を超えていた。幼穂形成期の生育も連用田が対照田を上回っていた。連用田では対照田に比べて施肥窒素量は少なかった。しかし、土壌からの窒素発現量の増加により、対照田に比べて生育が旺盛となり、 m^2 当たり粒数が多くなったと推察される。牛ふん堆肥連用が玄米中粗タンパク質含有率に及ぼす影響として、水稻の登熟期間における窒素発現量が増加し、玄米中粗タンパク質含有率が高まることが考えられる。また、牛ふん堆肥連用により水稻の生育が旺盛となり、 m^2 当たり粒数の増加に伴い、玄米千粒重が軽くなることも、間接的に影響しているとも考えられる。

4. 家畜ふん堆肥連用水田における施肥診断の必要性

本調査から、牛ふん堆肥連用水田では、土壌中養分含有量の増加傾向が認められ、その結果、水稻生育及び玄米中粗タンパク質含有率に影響を及ぼしている可能性もある。水稻では、他作物に比べて土壌診断が行われることは少ない。しかし、家畜ふん堆肥を施用する場合には、土壌診断を行い、土壌中の養分含有量を考慮した化学肥料施肥を行うことが必要と考えられる。リン酸及び加里は、第6図に示したように土壌診断基準値と比較することによって、堆肥連用に伴うリン酸及び加里の増加を判断することができるため、土壌診断の結果上限値以上に該当する場合は、減肥することができると考えられる。また、リン酸及び加里の含有量が少ない化学肥料に切り替えることにより、コストを低減することも可能となる。本調査の結果から、牛ふん堆肥連用水田では窒素の減肥が行われていても、玄米中粗タンパク質含有率は高い傾向がみられた。家畜ふん堆肥を連用した水田では、可給態窒素の増加により、玄米中粗タンパク質含有率が高まりやすい状況にあると考えられ、水稻の生育診断(千葉県・千葉県農林水産技術会議, 2011)を行うことにより、適正な生育量を確保することに留意する必要がある。また、水稻の望ましい窒素吸収パターンに対応した基肥及び穂肥の施用を行うために、可給態窒素に基づく、施肥診断法を開発することが必要であると考えられる。

IV 摘 要

千葉県の水田における家畜ふん堆肥の利用の実態、牛ふ

ん堆肥連用による土壌養分含有量及び水稻への影響を調査した。

1. アンケート調査の結果、生産現場で利用されている家畜ふん堆肥は牛ふん堆肥の施用が多く、その施用量の平均は10a当たり2.6tであった。家畜ふん堆肥を利用している生産者の半数以上が化学肥料による基肥及び穂肥の窒素施肥を減量していた。
2. 牛ふん堆肥の連用田では家畜ふん堆肥を施用していない対照田に比べて土壌中の交換性石灰、交換性苦土、交換性加里、可給態リン酸及び可給態窒素が増加している傾向が認められた。
3. 牛ふん堆肥の連用田では対照田に比べて玄米中粗タンパク質含有率が高い傾向にあった。

V 引用文献

- 千葉県(2009) 主要農作物等施肥基準. 22, 68-69.
- 千葉県・千葉県農林水産技術会議(2011) 稲作標準技術体系. 56-58, 77-78, 104-108, 147-154.
- 千葉県農業試験場(2001) 千葉県耕地土壌の実態と変化－土壌環境基礎調査総合とりまとめ報告書－. 32.
- 千葉県農林水産部・社団法人千葉県畜産会(2001) 環境にやさしい家畜ふん尿処理利用の手引2001年版. 145, 181.
- 土壌環境分析法編集委員会編(1997) 土壌環境分析法255-257. 博友社. 東京.
- 草場 敬・郡司掛則昭・藤富慎一・猪部 巖・古江広治・井手 勉・山本富三・山田一郎(2008) 九州沖縄各県試験データに基づく土壌・施肥管理の現状解析と適正化に向けた課題. 九州沖縄農研センター研究資料. 92:51-54.
- 長戸一雄・江端守衛・石川雅士(1972) 米粒の蛋白質含量に関する研究. 日本作物学会紀事. 41:472-479.
- 斎藤研二・深山政治(1996) 千葉県産米の千粒重と粒厚分布の実態およびその向上対策. 千葉農試研報. 37:95-106.
- 斎藤幸一・小山 豊・斎藤研二・深山政治(1992) コシヒカリ栽培における安定多収栽培法. 千葉農試研報. 33:1-8.
- 篠田正彦・安西徹郎(1998) グライ土水田に対する有機物の連用効果 第4報 有機物の施用が13年間にわたるコシヒカリの生育収量に及ぼす影響. 千葉農試研報. 39:59-69.

Status and Effect of Animal Manure Compost Application to Paddy Fields in Chiba Prefecture

Sonoko YASUE, Yoshio MORI and Masahiko SHINODA

Key words : paddy field, animal manure compost, mineral nutrition content, protein content of brown rice

Summary

We surveyed the use of animal manure compost on paddy fields and the effect of continuous cattle manure application on soil mineral nutrition and rice growth.

1. Interview results revealed that much of the animal manure compost used on paddy fields was from cattle manure and the average amount applied was 26 t/ha. Over half of the farmers using animal manure compost had decreased their nitrogen application in chemical fertilizer as a basal dressing and as a top dressing at the ear formation stage of the crop.
2. Exchangeable calcium, magnesium, and potassium levels and levels of available phosphate and available nitrogen in paddy fields to which cattle manure was applied increased continuously, unlike those in paddy fields to which animal manure compost had not been applied.
3. The protein content of brown rice from paddy fields to which cattle manure was applied continuously was higher than that of rice from paddy fields that did not receive animal manure compost.