

# 花崗岩質土壤における牛ふん堆肥連用が 露地野菜畑の土壤窒素無機化および窒素収支に及ぼす影響

藤富慎一\*・末吉孝行<sup>1)</sup>・平野稔彦

花崗岩質土壤の露地野菜畑におけるおがくず入り牛ふん堆肥連用が夏作カボチャにおける土壤窒素無機化および窒素収支に及ぼす影響を検討した。一年間に6t/10aの牛ふん堆肥を7年間連用することによって、可分解性有機態窒素量 $N_0$ は10mg/100g程度増加した。夏作期間における土壤窒素無機化量は、牛ふん堆肥連用区が化学肥料単用区に比べて6.9~10.7kg/10a多かった。カボチャ栽培期間の窒素収支を検討した結果、堆肥連用区の潜在的な窒素負荷量は化学肥料単用区に比べて6.7~9.7kg/10a多かった。また、堆肥の窒素肥効率相当分の施肥量を削減しても堆肥連用による作物の増収効果が認められた。以上の結果から、花崗岩質土壤の露地野菜畑における堆肥の連年施用量は一作3t/10a程度とし、夏作では堆肥の肥効率だけでなく土壤窒素供給量を考慮してさらに施肥窒素量を削減する必要性が考えられた。

[キーワード：花崗岩質土壤，露地野菜畑，牛ふん堆肥，土壤窒素無機化，窒素収支]

Effects of Continuous Manure Application on Soil Nitrogen Mineralization and Nitrogen Balance of Granitic Soil Vegetable Fields. FUJITOMI Shin-ichi, Takayuki SUEYOSHI, Toshihiko HIRANO (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.*24:10-15(2005)

We examined the effects of continuous cattle manure application on soil nitrogen mineralization and nitrogen balance of summer cropping of granitic soil pumpkin fields. The continuous sawdust-cattle manure application of 60 t ha<sup>-1</sup> a year for seven years running resulted in an increase in the nitrogen mineralization potential by 100 mg N kg<sup>-1</sup>. In terms of the estimated amount of mineralized soil nitrogen, there was from 69 to 107 kg ha<sup>-1</sup> more of it in the field with continuously applied manure than in the field with applied chemical fertilizer only. In terms of the potential amount of nitrogen load in the field where manure was continuously, it was larger by 67 to 97 kg ha<sup>-1</sup> than in the field where only chemical fertilizer was applied. Also even when reducing the amount of chemical fertilizer containing the fertilizer efficiency ratio in manure, the effect of increased yield was maintained by the continuous manure application. From these results, 30 t ha<sup>-1</sup> of continuous cattle manure application in a cropping season was an appropriate amount for vegetable fields of granitic soil. It seems that reducing amount of nitrogen fertilizer in consideration of the nitrogen supplied by the soil.

[Key words : cattle manure, granitic soil, nitrogen balance, soil nitrogen mineralization, vegetable field]

## 緒 言

糸島地域から筑紫平野、筑前西部地域にかけての花崗岩質土壤は元来腐植含量が少なく保水力、保肥力に乏しい<sup>2)</sup>ので、土壤養分が溶脱しやすい。このため、本地域の農耕地においては有機物施用による土壤理化学性の改善が必要である。小田原ら<sup>3)</sup>は、牛ふん堆肥の連用によって作物の収量が化学肥料区に対して増加したことを報告している。このことは、中津ら<sup>4)</sup>によって明らかにされているとおり、牛ふん堆肥由来の可給態養分の蓄積による影響が大きい。

これまで、畑地への有機物連用による土壤肥沃度向上に伴う減化学肥料栽培についての報告<sup>1, 3, 8)</sup>は多いが、富栄養化した土壤養分の中で特に窒素に関して連用効果を土壤窒素供給量として定量的に評価した事例は少ない<sup>7, 12)</sup>。そこで、本研究では、反応速度論的手法<sup>11)</sup>により得られた土壤窒素の無機化特性値を元に、花崗岩質土壤の露地野菜畑におけるおがくず入り牛ふん堆肥の連用と土壤窒素無機化の関係を検討するとともに、土壤窒素無

機化量を求めることを目的の一つとしている。

一方、近年、化学肥料や堆きゅう肥の多量施用に伴う硝酸態窒素の地下水汚染が問題となっており農耕地以外の周辺環境への影響が懸念されている。山田ら<sup>13)</sup>は、ライシメータと窒素の<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N自然存在比を用いた動態解析の結果から、牛ふん堆肥の多量連用は化学肥料の単用よりも窒素の溶脱量が多かったことを報告している。本研究の供試圃場においては化学肥料施用量を削減しなかった時期(1995~1997年)の窒素収支について小田原ら<sup>9)</sup>が報告しているが、この結果には作物栽培期間の土壤窒素無機化量が反映されていないので正確な収支とはいえない。そこで、本研究では、土壤窒素無機化量の推定値や牛ふん堆肥中の窒素の分解量および作物体吸収量から窒素収支を求めることにより、下層土への溶脱を含む潜在的な窒素環境負荷量について検討した結果、新たな知見が得られたので報告する。

## 試験方法

### 1 試験条件および牛ふん堆肥施用量

試験は農業総合試験場内の露地畑圃場において1995年~2001年の7年間行った。土壤は腐朽層を有する花崗岩質黄色土に作土として花崗岩質の畑地土壤を30cm

\*連絡責任者(土壤・環境部)  
転出者 1) 現野菜育種部

第1表 供試牛ふん堆肥の成分 (平均; 現物当り)

栽培(年)	水分	T-C	T-N	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T-K <sub>2</sub> O
		%	%	%	%
夏作(1996~2001)	63.9	(10.7)	0.54	0.57	0.83
	1.3		0.04	0.18	0.23
冬作(1995~2001)	59.8	(15.5)	0.55	0.66	0.91
	9.9		0.08	0.08	0.31

注) ①表中の数値は上段が平均値、下段が標準偏差  
②( )内は1996年だけのデータ

客入した中粗粒黄色土造成相 (SL/SL) である。

本圃場は本試験以前の1983~1994年の12年間に毎年10a当り2tまたは4tのおがくず入り牛ふん堆肥を施用した。この旧2t区および旧4t区の圃場に、それぞれ10a当り3tおよび4.5tのおがくず入り牛ふん堆肥を夏作および冬作の基肥施用時に全面施用し、それぞれ牛ふん3t区、牛ふん4.5t区とした(年間10a当り6tおよび9t施用)。対照区として、牛ふん堆肥を施用せずに福岡県施肥基準に準じて化学肥料を単用し続けた区を設けた。第1表に供試牛ふん堆肥の成分を示した。1区当りの試験面積は20㎡とし、2連制で実施した。

2 作付け体系および施肥方法

夏作にカボチャ、冬作にキャベツを作付けする体系で試験を行ったが、本報は夏作について検討した結果を報告する。施肥量は第2表に示した。1995年冬作~1998年夏作までは、化学肥料を牛ふん堆肥に対して全量上乘せ施用した。1998年冬作~2001年冬作は、福岡県有機質資材等の利用の手引きにより、牛ふん堆肥の化学肥料に対する肥効率(以下肥効率)相当分量を化学肥料施用量から削減した。すなわち牛ふん堆肥に含まれる成分のうち窒素30%、リン酸60%、カリ90%に相当する分量をまず基肥から削減し、残りは第1回追肥から順次削減した。基肥は作付け前に作土層に混和した。追肥はつるの伸びている部分に表層施用した。基肥および追肥には硫酸、ク溶性リン肥および塩化カリを用いた。

3 耕種概要と試料の採取法

カボチャは、'つるなしやっこ'を用い、4月上旬播種、5月中旬に定植、7~8月中旬収穫の普通期栽培を行った。1区(4m×5m)について畝幅1.66m、長さ4m、高さ25cmの畝を1本たて、そこに黒ビニールマルチを張り、畝中央に0.8m間隔で1区当たり5株(栽植密度250

株/10a)を定植した。雑草を防ぐために黒マルチを張っていない部分を麦わらで被覆した。なお、被覆した麦わらは栽培終了後に圃場から搬出した。カボチャの仕立て方は親つる1本仕立てで、10~13節の位置に確実に連続2果着果するよう人工授粉した。以降は成り行きに任せて着果させたが、2001年は未熟果を減らすために最終収穫予定の8月中旬から遡って発育期間が30日間に満たない果実を摘除した。作物体試料は、8月中旬の最終収穫後、圃場から根ごと採取し果実部、茎(つる)部、葉部、根部に分けて60℃48時間連続通風乾燥し、風乾重の測定後、粉碎して分析に供した。

4 作物体および土壌の成分分析法

作物体の全窒素含量は、サリチル硫酸でケルダール分解後、水蒸気蒸留法で測定した。土壌の全窒素含量は風乾細土をケルダール分解後、水蒸気蒸留法で測定した。

5 牛ふん堆肥中の成分および窒素分解率の測定法

新鮮試料をケルダール分解後、全窒素を水蒸気蒸留法で、リン酸をモリブデン黄法で測定した。カリを500℃で乾式灰化後1M塩酸抽出し原子吸光度法で、全炭素を微粉碎した風乾試料を用いて重量法で測定した。

牛ふん堆肥の窒素分解率は、前田、鬼鞍<sup>3)</sup>のガラス繊維ろ紙埋設法を参考に測定した。施肥前の牛ふん3t区の乾土当り25g相当の未風乾土壌と牛ふん堆肥新鮮物5gを混和したものをガラス繊維ろ紙筒中に封入し、同試験区の無栽植条件の作土中に10cmの深さで埋設した。ろ紙筒は経時的に取り出して筒中の試料の全窒素量を測定し、牛ふん堆肥の窒素分解率を求めた。

6 土壌窒素無機化量の推定法

2001年夏作の作付前に、各試験区の作土(0~15cm)から採取した未風乾土壌を用いて、保温静置培養法によって土壌の無機態窒素量を測定した。培養は、乾土25g相当の未風乾土を100mlのポリ瓶に入れ、土壌水分を最大含水量の60%に調整後アルミ箔で蓋をし、20、25、30℃の三段階の定温器中で最大186日間行った。培養期間中の土壌水分は定期的に蒸留水を添加して調整した。経時的に試料を取り出し10%塩化カリウム溶液で振とう抽出後、水蒸気蒸留法で無機態窒素量を測定した。分析結果を杉原ら<sup>11)</sup>の反応速度論的手法によって解析し得られた土壌窒素無機化特性値と実測地温(地表面から10cm)を元に、2001年夏作期間中の土壌窒素無機化量を推定した。

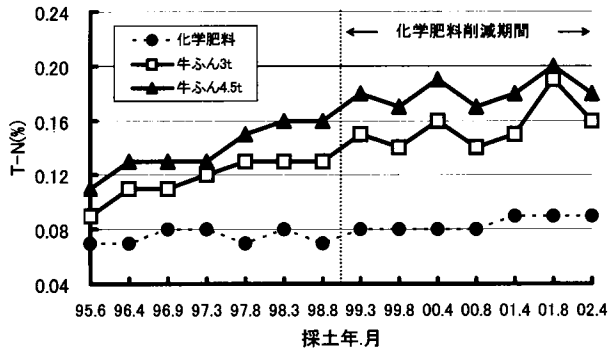
第2表 牛ふん堆肥中成分の化学肥料に対する想定肥効率相当量, 化学肥料施用量の平均値

処理	年次	試験区	牛ふん堆肥中の肥効率相当分			化学肥料			合計		
			N	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	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a
全量施用	1996~1998	化学肥料	0	0	0	20.0	18.0	18.0	20.0	18.0	18.0
		牛ふん3t	4.6	9.1	18.0	20.0	18.0	18.0	24.6	27.1	36.0
		牛ふん4.5t	6.8	13.6	27.0	20.0	18.0	18.0	26.8	31.6	45.0
施肥量削減	1999~2001	化学肥料	0	0	0	20.0	18.0	18.0	20.0	18.0	18.0
		牛ふん3t	5.1	11.4	27.0	14.9	6.6	0	20.0	18.0	27.0
		牛ふん4.5t	7.7	18.1	40.5	12.3	0	0	20.0	18.1	40.5

注) ①牛ふん堆肥の化学肥料に対する肥効率を窒素30%、リン酸60%、カリ90%と想定し、肥効率相当分量を算出した。

②施肥設計(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; kg/10a)は基肥(5-18-5)、追肥①(5-0-5)、追肥②(5-0-3)

③牛ふん堆肥の成分量は年次によってばらつきが大きいので、肥効相当分の平均値が施肥量を越えても実際の施用量が0になるとは限らない。



第1図 跡地作土の全窒素含量の推移

### 結果および考察

#### 1 牛ふん堆肥の連用が土壤中全窒素含量の推移に及ぼす影響

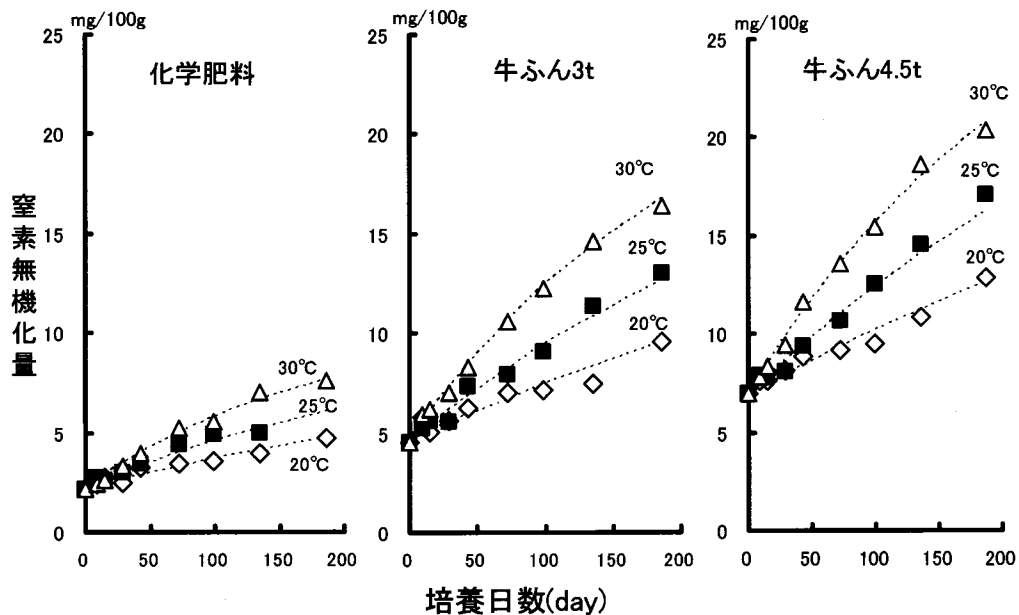
第1図に跡地作土中の全窒素含量の推移を示した。試験開始前(1995年6月)と比べた試験終了時(2002年4月)の全窒素含量は化学肥料区では0.07%が0.09%に、牛ふん3t区では0.09%が0.16%に、牛ふん4.5t区では0.11%が0.18%にそれぞれ増加した。また、連用開始から4年目である1998年冬作跡地(1999年3月)に比べて試験終了時の化学肥料区および牛ふん3t区では1.1倍の増加にとどまり、牛ふん4.5t区では変化がなかった。以上の結果は、牛ふん施用区的全窒素含量は、連用開始から4年目までに急激な増加を示したが、以後牛ふん3t区では増加がやや鈍り、牛ふん4.5t区では増加が停滞していることを示している。このことから、元々、有機物分解能の低い花崗岩質土壌が堆肥の連用により微生物活性が高まり有機物分解量が多くなった結果、連用後4年目(7作目)で有機物中窒素の投入量と分解量とがほぼ平衡近くに達したことが推察される。

#### 2 牛ふん堆肥の連用が土壤窒素無機化量に及ぼす影響

##### (1) 牛ふん堆肥の連用と反応速度論的解析による土壤窒素無機化特性

土壤中の全窒素含量の増加に伴って窒素無機化量も増加すると考えられる。そこで、反応速度論的手法を用いて、土壤培養試験のデータを単純型モデル式  $[N = N_0 \{1 - \exp(-k \cdot t)\} + C]$  によって解析した。ここで、 $N$ は培養期間  $t$  までに生成した無機態窒素量を、 $N_0$ は可分解性窒素量を、 $k$ は速度定数を、 $C$ は定数(培養前に土壤中に存在した無機態窒素量)を示す。2001年夏作の牛ふん堆肥施用前に採取した土壌を用いて、20、25、30℃で培養を行った結果と推定曲線を第2図に示した。各区の培養前の窒素無機化量(y切片)は、前作の残存無機態窒素量を表し化学肥料区 < 牛ふん3t < 牛ふん4.5tの順に多かった。いずれの土壌についても速度論的に導かれる窒素無機化の単純型モデル式によく適合した。窒素無機化量は化学肥料区に比べて牛ふん連用区が多く、また、堆肥施用量が増加するに従って多くなった。

次に、20、25、30℃の温度別窒素無機化試験の結果から、温度と無機化速度との関係を示す特性値である  $Ea$ が求められると、任意の1日の平均地温を解析の基準温度である25℃に変換した場合に、何日分の無機化期間に相当するか計算できるため、 $Ea$ と実測地温を元に25℃変換日数が算出される。培養試験の測定値、培養日数および25℃変換日数を単純型モデル式にあてはめて算出した土壤窒素無機化特性値( $N_0$ ,  $C$ ,  $k$ ,  $Ea$ )を第3表に示した。可分解性窒素量  $N_0$ は潜在的に無機化する有機態窒素量を表している。本研究では、化学肥料区の8.3mgN/100gに対して牛ふん3t区が20.8mgN/100g、牛ふん4.5t区が25.8mgN/100gと堆肥施用量が多いほど増加した。SAITO and ISHII<sup>10)</sup>は花崗岩質畑土壌において牛ふん堆肥を6年間毎年8t/10a連用した結果、堆肥連用区の  $N_0$ の値は化学肥料単用区に比べて9.6mgN/100g上昇したことを報告している。これに対して本研究におい



第2図 単純型モデルによる土壤窒素無機化曲線

注) ①図中の点線は土壤窒素無機化量の推定値、◇は培養温度20℃、■は同25℃、△は同30℃の実測値

第3表 土壌窒素無機化特性値

試験区	可分解性窒素 (N <sub>0</sub> ) mg/100g	培養前窒素 (C) mg/100g	速度定数 (k) day <sup>-1</sup> , 25°C	活性化エネルギー (Ea) cal/mol
化学肥料	8.3	2.2	0.0033	18900
牛ふん3t	20.8	4.7	0.0026	21000
牛ふん4.5t	25.8	6.9	0.0024	19700

モデル式:  $N = N_0[1 - \exp(-k \cdot t)] + C$

N: 窒素無機化量, t: 培養日数(day)

Arrhenius式:  $k = A \exp(-Ea/RT)$

A: 定数, R: 気体定数, T: 絶対温度(deg)

では、牛ふん3t区（7年間毎年6t/10a連用）と化学肥料区とのN<sub>0</sub>の差が12.5mgN/100gであった。本研究では牛ふん3t区の土壌中全窒素含量が連用開始時にすでに化学肥料区よりもやや大きいと若干割り引いて考えると、花崗岩質土壌においては年間6t/10aのおがくず入り牛ふん堆肥を投入することによってN<sub>0</sub>が10mgN/100g程度上昇することが推定された。

速度定数kは土壌窒素無機化速度の大きさを表し、値が大きいほど無機化速度は速い。本研究で得られたkの値は0.0024~0.0033と既往の文献<sup>10, 11)</sup>における花崗岩質土壌の値0.0048~0.0099に比べて小さかった。kが小さい場合はより正確な速度定数を求めるために長期間の培養日数が必要<sup>10)</sup>となるが、本研究では培養日数が186日間と長いのでkが適正に求められており、小さかった理由は不明である。また、化学肥料区のkが0.0033 (25°C, day<sup>-1</sup>)であったのに対して牛ふん連用区では0.0024~0.0026とやや小さかった。これは、施用資材によってkの値が影響されるという報告<sup>12)</sup>もあることから、堆肥の副資材と熟度が影響しているものと考えられる。すなわち、供試牛ふん堆肥は副資材におがくずを用いており、かつ熟度が中熟~未熟であるためC/N比が25程度とやや高く、施用後土壌中でおがくずの分解に伴って無機態窒素の有機化が起こったことが推測される。そのため、易分解性画分の無機化と並行して有機化が長く続いたことにより見かけ上無機化の進行が遅れ、kが低く抑えられたことが推察された。

活性化エネルギーEa(cal/mol)は18,900~21,000の範囲にあり、花崗岩質土壌についての既往の文献<sup>10, 11)</sup>の値15,300~23,100とほぼ同様の範囲にあった。しかし、この範囲におけるEaの違いは生育期間の土壌窒素無機化量として1.5%程度の違いにしかならないので、堆肥連用によるEaの土壌間差は問題にならないと考えられる。

以上のことから、おがくず入り牛ふん堆肥6~9t/10aの7年間連用によってkはやや小さくなり、N<sub>0</sub>が大

第4表 2001年夏作跡地の作土深、容積重および面積換算係数f

試験区	作土深	容積重	換算係数f
	cm	g/100ml	
化学肥料	14	154	2.16
牛ふん3t	14	129	1.81
牛ふん4.5t	14	121	1.69

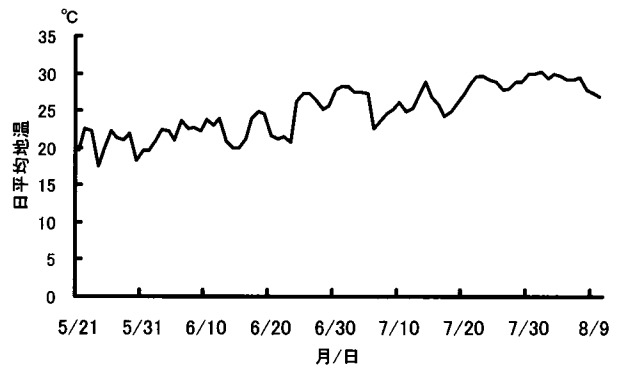
注) ① f = 作土深 (cm) / 10 × 容積重 (g/100ml) / 100

きく増加した。しかし、土壌中の全窒素含量の経時変化をみると連用4年日以降ほぼ一定であること、さらに牛ふん堆肥を連用した同一タイプの土壌について全窒素含量の増加とN<sub>0</sub>との間に密接な関係<sup>10)</sup>が認められることから、連用によるN<sub>0</sub>の増加量は4年目に10mgN/100g程度に達し、以降ほぼ一定になる可能性が示唆された。

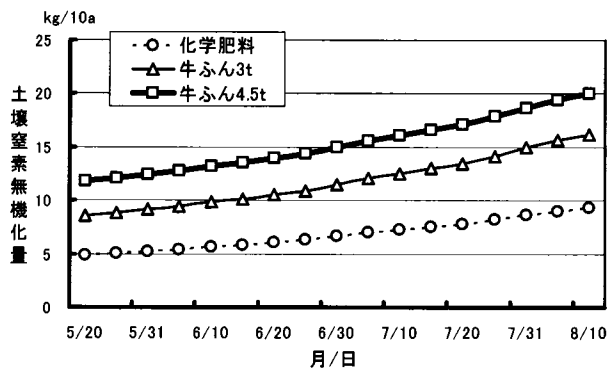
(2) 土壌窒素無機化量の推定

土壌窒素無機化特性値（第3表）と第3図に示した日平均地温を単純型モデル式にあてはめることにより、2001年夏作期間における土壌窒素無機化量の推定を行った。

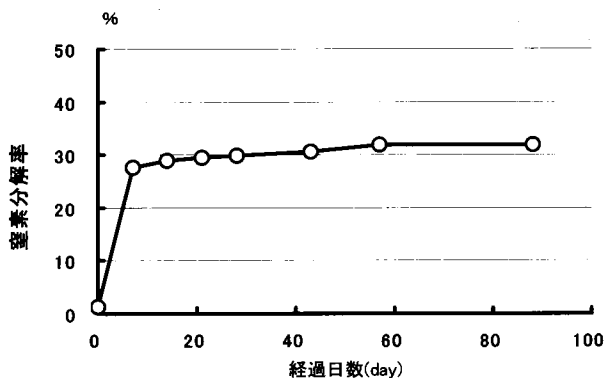
2001年のカボチャ栽培期間（82日間）の日平均地温は、およそ20°Cから30°Cの間で推移した。速度論的に推定した土壌窒素無機化量 (mg/100g) を作土深および容積重から求めた換算係数 f（第4表）で換算し、10a当たりの土壌窒素無機化量 (kg/10a) を計算した結果を第4図に示した。土壌窒素無機化量は、化学肥料区の9.3kg/10aに対し、牛ふん3t区が16.2kg/10a、4.5t区が20.0kg/10aであり、堆肥施用量が多いほど増加した。山本ら<sup>13)</sup>は、同一タイプの土壌間においては地力増強程度の高い圃場ほど土壌中のN<sub>0</sub>の値が大きいとkの値は変わらなかったことから、窒素無機化量の相違がN<sub>0</sub>の違いに起因することを報告している。本研究においても概ね同様の傾向が認められたが、牛ふん連用区ではkの値が化学肥料区に比べてやや小さかったため窒素無機化が緩やかに進むことが考えられる。そこで、可分解性窒素の分解率 (10a当たりの栽培期間無機化量/換算係数 f / N<sub>0</sub> × 100) をみると、牛ふん4.5t区では18.8% ((20.0 - 11.8) / 1.69 / 25.8 × 100)、同3t区では20.4%であり化学肥料区の



第3図 夏作期間の日平均地温の推移 (2001年)

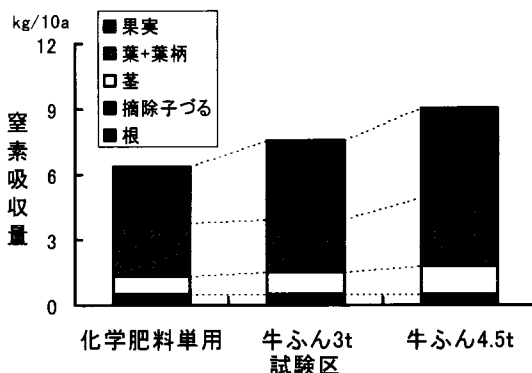


第4図 夏作期間の土壌窒素無機化量の推定値 (2001年)



第5図 牛ふん堆肥の窒素分解率の推移 (2001年)

注) 埋設日は6月1日



第6図 収穫期におけるカボチャの部位別窒素吸収量 (2001年)

24.5%に対して小さかった。したがって、牛ふん堆肥連用土壌は $N_0$ を多く有している割に夏作カボチャに対する窒素供給量が少ないことが考えられた。

### 3 牛ふん堆肥の連用が夏作の窒素収支に及ぼす影響

第5図にガラス繊維ろ紙埋設法で求めた2001年夏作期間における牛ふん堆肥中の窒素分解率の推移を示した。分解率は6月1日の埋設から7日目の時点で27%と急激に上昇し、56日目に32%に達した後ほぼ一定となった。実際の堆肥施用日は5月14日で埋設日より2週間ほど早い。期間後半の分解率が横ばいなので、夏作終了時までには牛ふん堆肥中の全窒素の32%が分解したものとみなしてよいと思われる。分解率を基に施用した牛ふん堆肥からの無機態窒素供給量を求めると、牛ふん3t区が9.1 kg/10a、牛ふん4.5t区が13.6 kg/10aであった。

第6図に2001年夏作カボチャにおける部位別の作物体窒素吸収量を示した。総窒素吸収量は、化学肥料区の6.4 kg/10aに対して牛ふん3t区が7.6 kg/10a、牛ふん4.5t区が9.0 kg/10aと堆肥連用区の方が多かった。

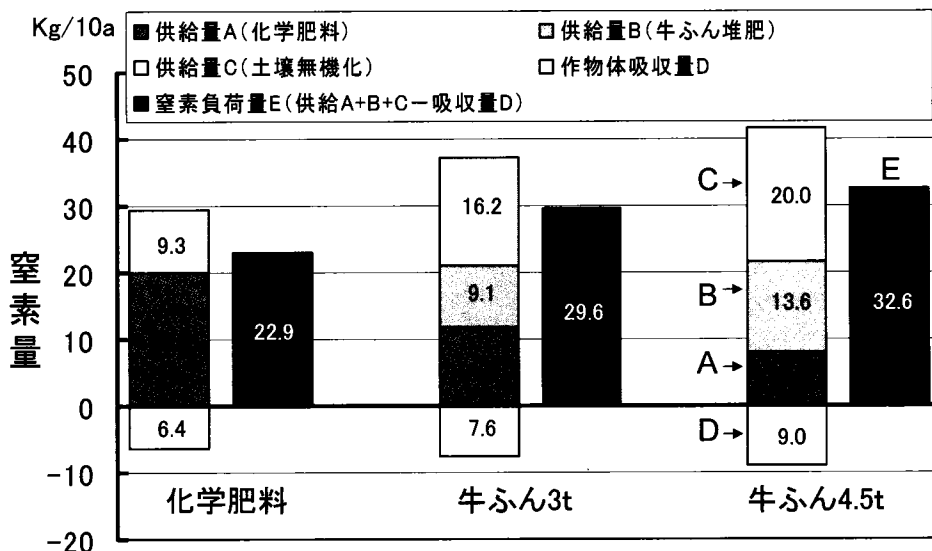
化学肥料、牛ふん堆肥、土壌の各由来窒素の合計供給量と窒素吸収量から夏作期間中の窒素収支を計算した(第7図)。ここでは合計供給量から窒素吸収量を引いた

量を潜在的な窒素負荷量としたが、この中には土壌残存窒素量および溶脱等による消失窒素量が含まれる。この結果、潜在的な窒素負荷量は化学肥料区が22.9 kg/10a、牛ふん3t区が29.6 kg/10a、牛ふん4.5t区が32.6 kg/10aと化学肥料区よりも牛ふん連用区の方が6.7~9.7 kg/10a多かった。なお、本研究の窒素吸収量は既報<sup>5)</sup>に比べて3~4 kg/10a少ない。そこで、牛ふん4.5t区の吸収量に仮に既報<sup>5)</sup>の値(13 kg/10a)を代入して収支を試算したが潜在的窒素負荷量は29.6 kg/10aと多かった。

以上のことから、牛ふん連用区、特に牛ふん4.5t区は、窒素供給量に比べて作物体の窒素吸収量が少なく、作物に利用されない無駄な窒素量が多いことが明らかになった。

### 4 牛ふん堆肥の連用が作物収量に及ぼす影響と環境負荷軽減のための堆肥施用法

第5表に夏作カボチャの単位面積当たりの果実重を示した。化学肥料施用量を削減しなかった1996~1998年の平均では牛ふん連用区が化学肥料区に対して30~40%の増収傾向を示した。一方、牛ふん堆肥の肥効率相当分の施肥量を削減した1999~2001年の平均でも削減しなかった時と同様の増収傾向がみられ、化学肥料区に対して



第7図 夏作(カボチャ)期間の窒素収支 (2001年)

注) 図中の数値は各項目の実測値および推定値 (kg/10a)

第5表 夏作(カボチャ)における果実収量

試験区	化学肥料全量		化学肥料削減	
	(1996~1998年の平均)		(1999~2001年の平均)	
	100	(実数)	100	(実数)
化学肥料	100	(1275)	100	(1279)
牛ふん3t	129	(1645)	110	(1404)
牛ふん4.5t	141	(1798)	127	(1623)

注) ①化学肥料区を100とした場合の比率。

②( )内は実数(kg/10a)。

10~27%増収した。

有機物含量の乏しい花崗岩質土壌では、化学肥料を単用し続けると土壌中の腐植が不足し物理性がさらに悪化するので堆肥等有機物を投入する必要がある。花崗岩質土壌は元来微生物叢が少なく有機物分解力は低いが、リグニンを含む粗大有機物の投入によって微生物活性が高まり有機物の分解が速くなることで腐植が集積しやすくなる性質がある<sup>4)</sup>。そのため、牛ふん堆肥の連用に伴って土壌中の有機態窒素の無機化量が極めて多くなり、環境に対する潜在的な窒素負荷量が化学肥料単用を上回ることが認められた。一方、普通期カボチャ作において牛ふん堆肥の肥効率相当分の施肥量を削減した場合でも化学肥料単用以上の収量が得られた。したがって、土壌理化学性を改善しながら環境負荷を軽減するためには牛ふん堆肥施肥量を毎作3t/10a程度とし、堆肥の窒素肥効率分の減肥だけでなく土壌からの窒素供給量も考慮してさらに窒素肥料施肥量を減らす必要がある。なお、牛ふん堆肥の長期連用による $N_0$ の増加量は4年目に最も高い値を示し、以降 $N_0$ が一定になる可能性が示唆された。今後は、牛ふん堆肥窒素の供給量と土壌 $N_0$ の関係を詳細に検討し堆肥の投入限界量を明らかにすることが重要と考えられる。

## 引用文献

- 1) 青山喜典・岩田均・小林尚司・大塩哲視(1999) 三毛作体系レタス減肥栽培の生育収量と土壌養分. 兵庫農技研報(農業) **47**: 22-25.
- 2) 土壌保全調査事業全国協議会(1991) 日本の耕地土壌の実態と対策, 新改訂版, 博友社, p175-192, 東京.
- 3) 井上恒久・今川正弘・西脇謙二・白井一則(1996) 稲わら堆肥連用鉞質畑土壌における露地野菜の養分吸収と無化化学肥料栽培. 愛知農総試研報**28**: 157-164.

- 4) 甲斐秀明・橋元秀教(1974) 土づくり講座Ⅲ土壌腐植と有機物, 農文協, p125-127, 東京.
- 5) 清本なぎさ・前原隆史・永田茂穂・福山聡(2001) 早熟カボチャによる全量基肥栽培. 鹿児島農試研報 **29**, 29-38.
- 6) 前田乾一・鬼鞍 豊(1977) ほ場条件における有機物分解率の測定法. 土肥誌**48**, 567-568.
- 7) 長坂克彦・中村保一・松野篤(1999) 有機物の長期連用が淡色黒ボク土の理化学性及び物理性に及ぼす影響. 山梨総農試研報 **9**: 1-10.
- 8) 中津智史・東田修司・山神正弘(2000) 淡色黒ボク土壌における堆きゅう肥の連用が畑作物の収量・品質および土壌環境に及ぼす影響. 土肥誌**71**(1):97-100.
- 9) 小田原孝治・藤田彰・黒柳直彦・酒井憲一・渡邊敏朗(2002) 深耕と牛ふん堆肥施用がキャベツの収量及び養分吸収に及ぼす影響. 福岡農総試研報**21**, 1-5.
- 10) SAITO, M. and ISHII, K.(1987) :Estimation of soil nitrogen mineralization in corn-grown fields based on mineralization parameters. Soil Sci. Plant Nutr., **33**(4), 555-566.
- 11) 杉原進・金野隆光・石井和夫(1986) 土壌における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報 **1**, 127-166.
- 12) 山田裕(1991) 有機農業の技術的評価に関する研究. 第2報 無機肥料及び有機肥料連用圃場における地力窒素の評価. 神奈川農総研報**133**: 67-74.
- 13) 山田裕・森田明雄・米山忠克(1999) 3種の土壌を充填したライシメータでの施肥窒素の $\delta^{15}N$ 値と栽培作物, 浸透水, 土壌の $\delta^{15}N$ 値の関係. 土肥誌**70**(4): 533-541.
- 14) 山本富三・田中浩平・角重和浩(1993) 暖地水田における地力窒素発現パターンと施肥の診断 第2報 水田土壌の窒素無機化特性と水稻生育期間中の窒素吸収パターン. 日作紀**62**(3): 363-371.