

有機物の窒素分解特性と果菜類に対する効果的施用法

郡司掛則昭、久保研一

I 緒言

有機物は養分の補給、土壌水分保持や膨軟化など物理性改善、土壌微生物活性の促進等の効果をもつ土づくり資材である。農業において利用される有機物は、稲わら、籾殻、麦稈などの収穫物残渣、牛糞、豚糞、鶏糞等の堆きゅう肥、食品や木材等の残渣、都市ごみコンポストなど多くの種類がある。昭和54年から実施している土壌環境基礎調査の定点調査結果から熊本県の有機物の施用実態をみれば、水田作や一般畑作における有機物の投入量は年々減少してきているが、施設園芸では300kg/a程度の有機物の投入が行われている(郡司掛、1995)。また、県の野菜の施肥基準にも有機物の施用が盛り込まれ、その量は県の主力野菜であるメロンやトマトにおいて堆肥2~3t/10aになっている。これらのことは、野菜栽培では土壌地力の消耗が激しいため、地力培養のために有機物を施用することが安定した野菜生産に不可欠であることを意味している。しかし、前述のように有機物の種類は多く、また素材によって性質が大きく異なることがよく理解されないままに使用されているのが現状であり、その結果、養分集積やガス障害あるいは養分バランスの不均衡などに起因する生育障害などがしばしば発生している。したがって、堆肥や有機質肥料等の有機物中の養分の有効化量や残存量を評価し、それに基づく効率的な有機物の施用方針を示すことが重要な研究課題となってきた(岩本、1990)。

有機物は化学成分として窒素、リン酸、カリウム等の主要養分および微量元素を含んでいるが、作物との生育反応に最も関係するのは窒素である。有機物中の窒素は土壌中の微生物によって分解、無機化されて、初めて作物に吸収される。微生物の活動は地温によって影響されるため、有機物中の窒素の分解は高温では比較的速く、低温では緩慢で、特に地温の影響が大きいと考えられる。この温度の変動と有機物に含まれる窒素の分解との間に何らかの定量的な関係が見いだされるならば、これを利用して窒素分解を特徴づけることは極めて有意義であると考えられる。

杉原および金野(1983)は有機性汚泥を供試し、一定温度での培養で得られる窒素無機化曲線を速度論的に解析して、温度から窒素無機化量を評価できると報告した。この方法は、水田土壌の窒素無機化特性の解明に適用されているが(たとえば、山本、1986;上野、1992)、畑条件下での土壌、あるいは有機物の窒素分解特性の評価にも応用が可能であると推察される。

一方では、近年環境問題がクローズアップされ、環境への窒素負荷を軽減するために、化学肥料に由来する窒素量を削減し、有機物に依存した施肥技術が強く求められてきており、各種有機物の窒素供給様式を明らかにし、合理的な利用技術を確立することが急務となってきた。

この研究の目的は、本県の果菜類の中心であるトマト、メロンを対象に、通常使用される有機物の窒素供給力について定量的な評価法を組み立てるとともに、これに基づいて果菜類栽培に特有の施設内・マルチ条件下での地温推移、水分変動、作物の生育に伴う各種有機物の効果的な施用法を開発することである。

II 材料および方法

<試験1:各種有機物資材の窒素発現特性解明>

1) 供試有機物資材

牛糞堆肥、豚糞堆肥、野草堆肥、大豆粕、菜種油粕、肉骨粉、蒸製骨粉、魚粕、乾血粉、キンタイ、ばかし肥料

2) 供試土壌 厚層腐植質黒ボク土

熊本県農業研究センター ハウス土壌

3) 実験方法

5倍量の純水で洗浄し、陰干した生土を乾土20g相当量を100ml容培養ビンに採り、これにNで30mg相当量の各種有機物を加えて混合し、最大容水量の60%になるように水を加えて、ポリエチレンフィルムでふたをし、これを20℃、25℃、30℃で定温インキュベートした。材料は経時的に取り出して10%塩化カリウム水溶液で抽出し、無機態窒素生成量をコンウェイ

微量拡散法で測定した。有機物の窒素分解量は有機物無添加土壌の窒素無機化量を差し引くことによって求めた。

4) 速度論的解析の手順

杉原・金野(1983)が提唱した速度論的方法の手順は、易分解性窒素(土壌微生物によって無機化され作物に利用される窒素)が多いか少ないか、また、分解(無機化)する速度が速いか遅いかなどの特性を評価するために、まず第1に3つの指標(易分解性窒素量、分解速度定数および分解速度定数の温度係数)を定義する。

ア. 易分解性窒素量: N_0

潜在的に無機化することができる有機態窒素の量で、窒素の肥効を評価するための値を表す。

イ. 分解速度定数: k (25°C)

分解速度を表す指標で、肥料としての効果が速効的か緩効的かを判定する際にも用いられる。

ウ. 分解速度定数 k の温度係数: K (25°C)

分解速度が温度変化によって受ける影響の強さを表す指標で、アレニウスの式により活性化エネルギー E_a の値で決まる。

$$K = E_a / RT^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} R: \text{ガス定数} \\ T: \text{絶対温度 } (^{\circ}\text{C}) \end{array} \right.$$

第1表 基本的な反応モデルと速度式

類型	反応モデル	
単純型	k $A \rightarrow N$	$N = N_0 \cdot (1 - \exp(-k \times t))$
単純並行型	ka $A \rightarrow N$ kb $B \rightarrow N$	$N = N_0^a \cdot (1 - \exp(-ka \times t)) + N_0^b \cdot (1 - \exp(-kb \times t))$

次に、室内実験で求めた各有機物の温度別分解曲線について第1表の基本的な反応モデルの適合性を非線形形ではめ用のBASICプログラムによる最小自乗法を用いて最適パラメータを求める。

<試験2: トマト・メロンに対する有機物の施用効果>

- 1) 試験場所 熊本県農業研究センター
ビニールハウス
- 2) 供試作物 トマト(桃太郎)
メロン(セイヌ春I、クレスト秋冬系)
- 3) 試験区の構成
 - (1)牛糞堆肥単用(500kg/a)
 - (2)豚糞堆肥単用(300kg/a)
 - (3)牛糞堆肥(250kg/a) + CDU(0.8kgN/a)

(4)豚糞堆肥(150kg/a) + CDU(0.8kgN/a)

(5)CDU化成(1.5kgN/a)

(6)牛糞堆肥(250kg/a) + 豚糞堆肥(150kg/a)

なお、各区とも、 P_2O_5 を2kg/aを過燐酸石灰で、また炭酸苦土石灰16kg/aを共通に施用した。

4) 耕種概要

	平成4年		平成5年		平成6年	
	メロン	トマト	メロン	トマト	メロン	トマト
播種日	3/12	7/19	3/12	7/19	2/21	8/8
定植日	4/13	8/27	4/30	8/27	3/22	8/23
定植日	7/1	10/20~	6/11~	10/7~	6/20~	11/1

III 結果及び考察

1. 有機物の窒素分解特性

実験に供試した有機物の養分含有率を第2表に示した。有機質肥料に分類される大豆粕、菜種油粕、肉骨粉、魚粕、乾血粉およびキンタイは窒素含量が4.3~13.6%と高く、また、リン酸はほとんど含まれない資材から最高21.5%と変動したが、カリウムはほとんど含まないか、あるいは1%程度と低かった。一方、牛糞堆肥、豚糞堆肥および野草堆肥は窒素含量は1.43~2.63%と低い範囲であり、またリン酸およびカリウム含量は窒素にほぼ匹敵する量が含まれていた。とりわけ、牛糞堆肥では窒素含有率よりも高かった。

第2表 有機物の養分含有率(乾物当たり)

資材名	窒素 %	リン酸 %	カリウム %
大豆粕	7.52	1.22	1.13
菜種油粕	5.94	2.05	1.05
肉骨粉	7.61	19.6	—
蒸製骨粉	4.33	21.5	—
魚粕	4.32	5.02	—
乾血粉	13.6	—	—
キンタイ ¹⁾	7.72	1.86	—
牛糞堆肥 ²⁾	1.43	0.64	2.26
豚糞堆肥	2.04	1.93	1.21
野草堆肥 ³⁾	2.63	1.31	0.52

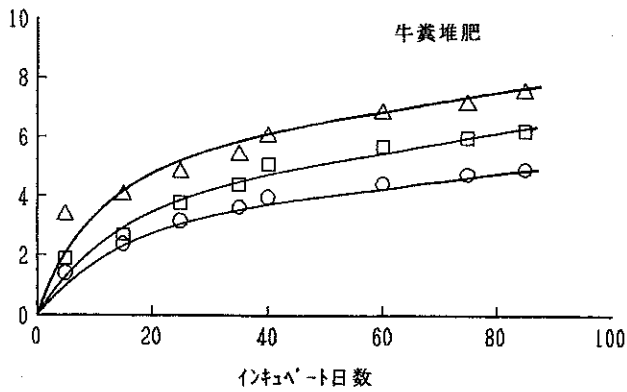
注1) 発酵菌体を脱水後、乾燥させた肥料

注2) 牛糞堆肥はおがくず入り牛糞堆肥である。

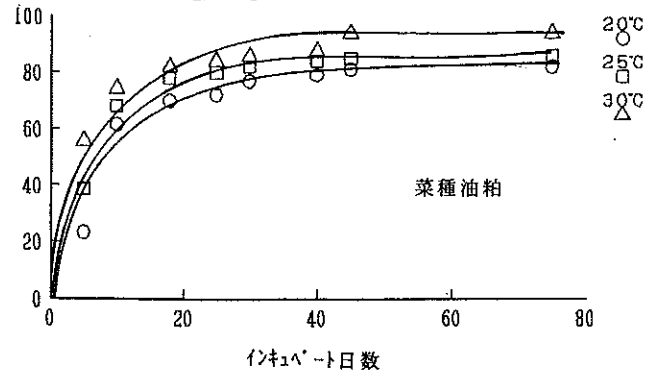
注3) 野草堆肥はカヤを材料として堆積発酵させたものである。

第1図および第2図にそれぞれ果菜類栽培に利用される有機物の代表として牛糞堆肥と菜種油粕について温度別窒素分解曲線と 25°C への重ね合わせ曲線を示した。図から明らかなように、有機物からの窒素分解は、高地温

窒素分解量 (mg/100g)

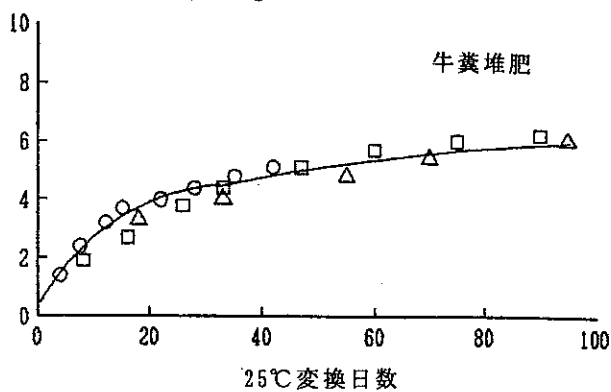


窒素分解量 (mg/100g)

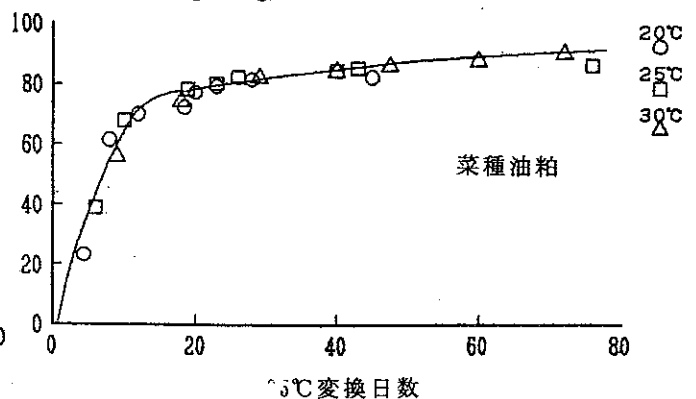


第1図 有機物の窒素分解曲線

窒素分解量 (mg/100g)



窒素分解量 (mg/100g)



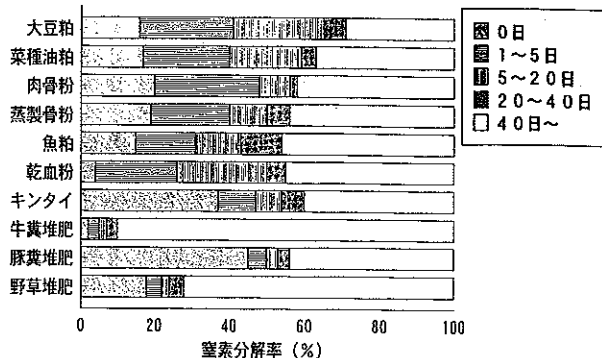
第2図 有機物の窒素分解の25°Cへの重ね合わせ曲線

ほど、また、牛糞堆肥よりも菜種油粕で速やかに生じ、有機物の種類や反応温度によって強く影響されることが認められた。つまり、有機物の畑条件下における時期別の窒素分解量はいずれも20°Cよりも30°Cの方が高い値であった。分解の推移は、温度20~30°Cの範囲においては20日までに急激に起こり、その後徐々に進むことが認められた。しかし、分解割合は有機物の種類によって差がみられ、同一のインキュベート日数では大豆粕>菜種油粕>肉骨粉≧キンタイ>蒸製骨粉=乾物粉>魚粕>豚糞

堆肥>野草堆肥>牛糞堆肥の順に小さくなった。一方、40日までに分解されずに残る難分解性窒素は、この序列とは反対に増加した(第3図)。

各有機物について得られたエンキュベート日数を温度別窒素分解量との間の関係について速度論的方法による解析を試みた結果、単純型モデル式によく適合することが認められた。このようにして得られた易分解性窒素量、窒素分解速度および反応の活性化エネルギーの値を第3表に示した。

有機物資材名



第3図 有機物資材の窒素分解率(温度30°C)

第3表 各有機物資材の窒素分解特性値¹⁾

資材名	窒素分解特性値			
	易分解性窒素量 mg/100g 乾物	分解速度 day ⁻¹	分解の活性化エネルギー cal/mole	定数
大豆粕	97.8	0.179	14570	-1.2
菜種油粕	84.1	0.158	16490	0.1
肉骨粉	82.2	0.127	19020	22.5
蒸製骨粉	70.1	0.203	21600	6.7
魚粕	65.9	0.075	14720	0.3
乾血粉	79.6	0.071	27500	1.6
キンタイ	37.9	0.076	20140	65.4
牛糞堆肥	6.6	0.007	22710	1.2
豚糞堆肥	8.6	0.020	17430	19.2
野草堆肥	15.3	0.004	22770	5.7

注1) 乾土100gに対して窒素150mg相当量の資材を供した。

易分解性窒素量は大豆粕や菜種油粕など植物性粕類や骨粉で37.9~97.8mg/100g乾物を多く、C/N比の高い牛糞堆肥や野草堆肥では6.6~15.3mg/100g乾物と少なかった。窒素の分解速度は大豆粕、菜種油粕、肉骨粉、蒸製骨粉が0.127~0.203DAY⁻¹と大きく、魚粕や乾血粉では0.71~0.76DAY⁻¹と中位にあり、堆肥では0.020DAY⁻¹以下と小さかった。分解の温度依存性を表す活性化エネルギーの値は14570~27500cal/molの範囲にあり、一定した傾向は認められなかった。定数は元々有機物に含まれている無機態窒素量(大部分はアンモニア態)に相当する値であるが、有機質肥料では肉骨粉や乾血粉で高く、堆肥では豚糞堆肥が高いのが特徴であった。

一方、ぼかし肥料の窒素分解は他の有機物とは異なり、第1表に示した速度論的解析の単純並行型モデル式に適合した。30℃の温度条件では、ぼかし肥料中の窒素は施用から10日以内に分解される割合が全窒素中の12~34mg/100g乾物と菜種油粕等有機物よりも低く、牛糞堆肥や豚糞堆肥の1.8~5.1mg/100gよりも高い傾向にあった(第4表)。

以上の結果は、有機物の窒素分解様式は種類によって異なっており、速度論的手法で求められる3つの指標値に違いがあることを示している。

第5表 トマトの生育

試験区	第2作 ¹⁾			第3作 ²⁾			第4作 ³⁾		
	茎長 cm	葉重 g	茎周 Max mm	茎長 cm	葉重 g	茎周 Max mm	茎長 cm	茎周 min mm	max mm
牛糞堆肥区	154	908	50	163	948	51	169	32	42
豚糞堆肥区	148	1123	51	163	1204	55	168	34	43
牛糞堆肥+C D U区	148	880	56	163	1043	52	167	33	41
豚糞堆肥+C D U区	151	1052	54	168	1094	48	165	37	44
C D U区	151	934	54	160	972	47	171	33	40
牛糞+豚糞堆肥区	-	-	-	171	1031	50	170	36	36

1) 定植後5ヶ月(第6第果房まで調査)

2) 定植後105日(第6第果房まで調査)

3) 定植後5ヶ月(第6第果房まで調査)

第6表 トマト収量及びメロン一果重と収量指数

試験区	トマト			メロン		
	第2作	第3作	第4作	第1作	第5作	第6作
牛糞堆肥区	750(100)	560(74)	495(66)	1589(96)	1894(115)	1688(102)
豚糞堆肥区	750(100)	610(81)	586(78)	1631(99)	1909(116)	1851(112)
牛糞堆肥+C D U区	722(96)	528(70)	564(75)	1636(99)	1744(106)	1690(102)
豚糞堆肥+C D U区	716(95)	544(72)	559(74)	1669(101)	1779(108)	1789(108)
C D U区	757(100)	544(72)	516(69)	1649(100)	1918(116)	1691(103)
牛糞+豚糞堆肥区	-	588(78)	544(72)	-	2128(129)	1727(105)

() : 収量指数 トマト : kg/a メロン : g/果

2. 果菜類への効果的施用法

(1) トマトの生育・収量に及ぼす有機物の影響

平成4年の第2作秋冬トマトの生育は、草丈は資材の違いにかかわらず、ほぼ均一に進んだが、葉の生育は豚糞堆肥施用区が旺盛で繁茂した(第5表)。これに続く春夏トマト作でも、豚糞堆肥施用区の生育が旺盛で葉重および第3果房の茎周の増加が認められた。これは、第3表に示すように施用した豚糞堆肥には速

第4表 ぼかし肥料の窒素分解特性値

資材名	窒素分解特性値 ²⁾					
	易分解性窒素量 mg/100g乾物		分解速度 day ⁻¹		分解の活性化エネルギー cal/mole	
	N1	N2	K1	K2	Ea1	Ea2
ぼかし肥料A	18.2	34.0	0.007	0.140	35100	14700
ぼかし肥料B	17.9	17.1	0.009	0.132	16500	14900
ぼかし肥料C	16.2	11.8	0.014	0.098	13400	14400
菜種油粕	15.9	55.7	0.014	0.152	32700	16800
牛糞堆肥	6.4	1.8	0.069	0.127	28100	37300
豚糞堆肥	8.4	5.1	0.011	0.325	20900	23700

注1) 乾土100gに対して窒素150mg相当量の資材を供試した。
注2) 特性値は速度論的解析法の単純並行型モデル式の値である。

N1、K1、Ea1は分解の遅い窒素画分の値である。

N2、K2、Ea2は分解の速い窒素画分の値である。

効的な窒素成分の含有量が多いため、生育が旺盛であったと推察される。

低温、寡日照の気象条件で経過した平成5年の第4作の秋冬トマト作では、生育に施肥資材による差がみられ、第6段果房までの生育では、豚糞堆肥とCDUを組み合わせ施用した区が茎長および葉重が大きかった。低温の気象条件下では有機物の窒素発現が緩慢であるため、有機物単独施用では窒素の肥効不足が起りやすく、化学肥料（ここではCDU）との併用が生育初期の窒素濃度を高め、生育に好影響を及ぼしたと推察される。

トマト果実の収量は、平成4年の第2作では牛糞堆肥および豚糞堆肥施用区はCDU区とほぼ同等の収量であった。第3作ではこれら堆肥単用区およびブレンド施用区が多収となったが、第4作では豚糞堆肥単用区やCDUと組み合わせ施用した区の収穫量が多く、生育が旺盛であった試験区で収量が高くなる傾向がみられた（第6表）。

一方、トマト果実の品質は、第2作では豚糞堆肥や牛糞堆肥施用により、尻腐れ果あるいは空洞果等障害果の発生が増加し、第3作および第4作では秀品・優品率が低下するなど外観品質への悪影響が認められた（第4図、第5図）。

以上の結果から、トマトの収量、品質に及ぼす有機物施用の影響は、資材の種類で一定しておらず、作型や気象条件の違いによって異なると推察される。これは、前節で示したように各資材の窒素分解特性が気温（地温）の影響を強く受け、栽培期間中の資材からの窒素供給量が変動するためと考えられる。しかし、有機物の単独施用あるいはブレンド施用は概してCDU施用と同様の収穫量を確保できると考えられるが、秀品・優品率の低下や障害果発生が増加など品質に悪影響を与える面も認められる。

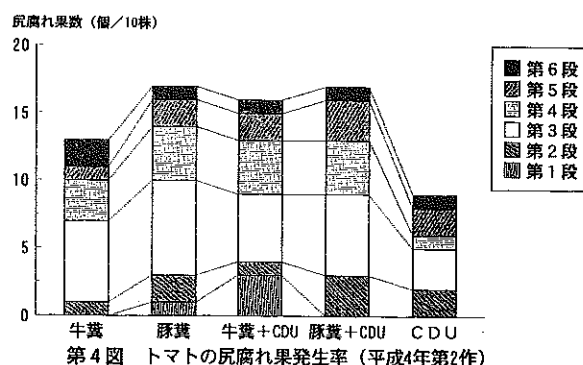
(2)メロンの生育・収量に及ぼす有機物の種類の影響

平成4年の第1作メロンの生育は、つるの伸び、葉

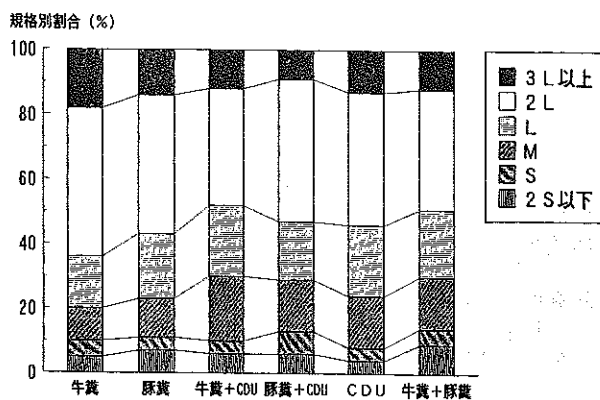
数、葉の大きさともに、豚糞堆肥区が最も優れ、次に牛糞堆肥施用区であった。第5作メロンでは牛糞堆肥区および豚糞堆肥とのブレンド施用区が草丈が高く、葉数も多かった。第6作ではCDU区に比較して豚糞堆肥および牛糞堆肥を単独あるいはブレンド施用した区の生育が旺盛であった（第7表）。

収穫果実の一果重は第1作メロンではCDUを用いた区がやや大きく、牛糞堆肥単用区は小さい傾向が見られたが、第5作メロンでは堆肥をブレンドした区が、第6作メロンでは豚糞堆肥を施用した区が最も大きく、これに牛糞堆肥をブレンドした区やCDUと組み合わせた区が次に続いた（第6表）。

果実の性質のうち、糖度は第1作では牛糞堆肥とC



第4図 トマトの尻腐れ果発生率（平成4年第2作）



第5図 トマトの規格別割合（平成5年第3作）

第7表 メロンの生育

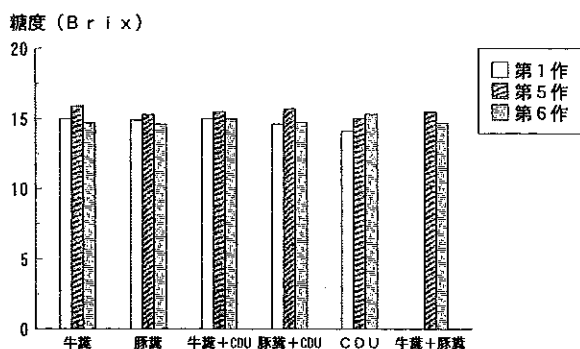
試験区	第1作 ¹⁾		第5作 ²⁾		第6作 ³⁾	
	草丈 cm	茎数 枚/株	草丈 cm	茎数 枚/株	草丈 cm	茎数 枚/株
牛糞堆肥区	81.5	13.5	90.2	15.9	105.2	18.7
豚糞堆肥区	87.3	13.5	71.6	14.1	106.1	18.5
牛糞堆肥+CDU区	74.7	12.7	80.8	15.9	102.3	18.3
豚糞堆肥+CDU区	79.6	12.9	67.0	13.9	105.1	18.3
CDU区	75.1	12.5	80.4	15.0	98.9	18.2
牛糞+豚糞堆肥区	—	—	87.1	15.8	105.1	18.7

1) 1992年4月30日調査

2) 1994年4月13日調査

3) 1994年9月7日調査

DU併用区が、第5作では牛糞堆肥区が、第6作ではCDU区が糖度は高く、一定した傾向は見られなかった(第6図)。また、他の果型やネット形成などの品質にも大きな差はなかった。



第6図 メロンの糖度の变化

以上の結果から、メロンに対する有機物施用の効果は、トマトの場合と同様に気象の経過や有機物の種類や作型により異なる。有機物施用法では単一施用もブレンド施用も一定した効果はみられないが、メロンの一果重や糖度など果実の性質はCDU施用にほぼ匹敵すると推察される。

3. 総合考察

果菜類栽培において通常利用されている有機物の窒素分解特性を速度論的方法によって解析した結果、有機物の窒素分解量は地温と密接に関係し、両者の関係は有機質肥料や堆肥では単純型モデル式に、ぼかし肥料では単純並行型モデル式によって表されることが認められる。有機物の種類による窒素分解性の違いは、速度論的方法の3つの指標値の違いとして現れる。すなわち、易分解性窒素量は、C/N比の高い堆肥よりも窒素含量が高い有機質肥料で大きい傾向が見られる。また、分解速度定数も前者よりも後者のほうが高く、速度定数から計算される有機物の分解日数にも違いがみられる。第8表には25°Cで有機物の50%または90%が分解するのに要する日

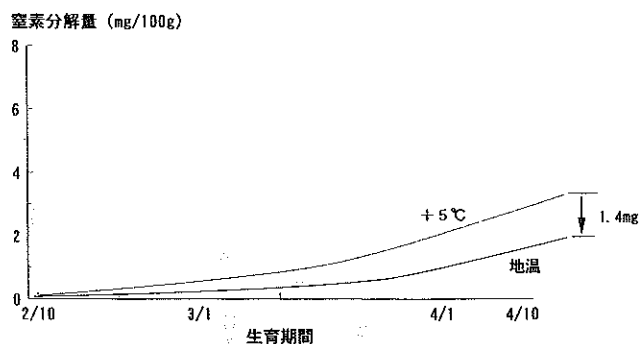
第8表 有機物中窒素の50%および90%が分解する日数

資材名	50%	90%
大豆粕	3.9	12.9
菜種油粕	4.4	14.6
肉骨粉	5.5	18.1
蒸製骨粉	3.4	14.8
魚粉	9.2	30.7
乾血粉	9.8	32.4
キンタイ	9.1	30.3
牛糞堆肥	99.0	329.0
豚糞堆肥	34.7	115.2
野草堆肥	173.0	575.8

数を計算した結果を示した。有機質肥料では90%の窒素が30日以内に分解するのに対して、堆肥では豚糞堆肥の115日から野草堆肥の576日と分解性に大きな違いがあることが明らかである。このことは、栽培期間が3ヶ月以上と長い果菜類栽培においては有機質肥料はほとんどが生育初期に窒素の分解が起こるのに対して、堆肥では種類によって程度に差があるものの、持続的に窒素が分解されることを示している。

このように窒素分解が有機物の種類によって異なることは明らかであるが、分解特性には他の因子も影響すると考えられる。第1図に示した温度別窒素分解曲線から明らかのように温度(地温)を変化させる要因は、すべて窒素分解様式に影響すると考えられる。気象変動は直接影響するが、根圏の深さなどの土壌条件、作期やマルチの種類など栽培条件も地温を変化させ、窒素分解に影響する。

久保(1993)は、マルチ栽培でのレタスの生育・収量に対するマルチの種類の影響を調べ、同じ生育期間で最大5°Cの地温差が生じたと報告している。栽培期間(2月下旬~4月上旬)の地温データを用い、牛糞堆肥の無機化特性値から、地温が5°C上昇した場合の窒素分解量を計算すると、100g当たり1.4mg(無機化率で12.0%)増加すると推定される(第7図)。



第7図 地温を5°C上昇させた場合の牛糞堆肥の窒素分解量

窒素分解に影響する他の因子は、土壌水分や土壌の種類などであると推察される。マルチ環境下では雨水等の下向への浸透が少なく、表面での蒸発が抑えられることや栽培期間の長いトマト栽培などでは灌水するなど無マルチ栽培とは土壌水分が大きく異なっている(長野間、1991)。この試験では土壌の最大容水量の60%になるように水分調整をしているが、有機物の分解に対する土壌水分の影響は小さくないと考えられ、今後の検討が必要である。土壌の種類の影響については、樋口(1994)は灰色低地土と黒ボク土の比較では窒素分解様式に対する土壌の種類の影響は比較的小さいことを示している。

環境保全型農業技術の目標の一つは、作物収穫後の土

壤に存在するあるいは残存する窒素量をできる限り低いレベルにすることにあるので、これに対応する施肥法は、余分な養分を与えずに、しかも作物が正常な生育をするために必要な最小限の施用する方法であると思われる。

前述したように施用有機物の窒素分解特性は速度論的に評価できるので、各有機物毎に得られた3つの指標値を用いて、メロンおよびトマトが順調に生育する際に必要な有機物施肥量を窒素を基準に計算することが可能である。計算のために、(1)有機物から分解した窒素はマルチ条件下では下方へ溶脱されずに野菜によって速やかに吸収される、(2)土壌由来の窒素量は無窒素栽培での吸収量と同じであり、土壌窒素の寄与割合は全窒素吸収量の25%である、(4)作土は20cm、現地容積重は60g/100cm³であるなどの仮定を設けた。さらに有機物の分解特性値は第3表の値を、地温は各野菜の生育期間中の地表下20cmでの実測値を、現行の施肥基準は第9表に示した値を用いて計算した。

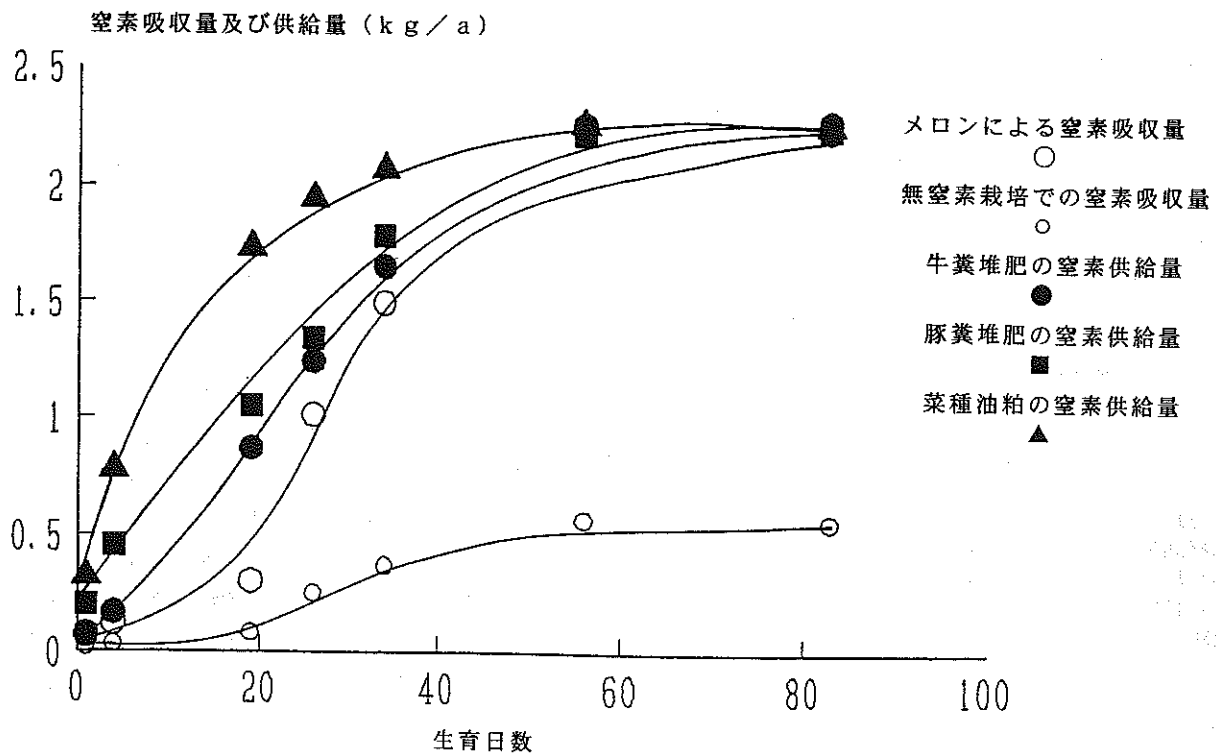
メロンは栄養成長・生殖成長転換型、完全転換型の野

第9表 果菜類の施肥基準

野菜名	堆肥施肥量 kg/a	窒素施肥量 kg/a
ハウス抑制メロン	400	1.5
雨よけ夏秋トマト	400	1.0+2.0

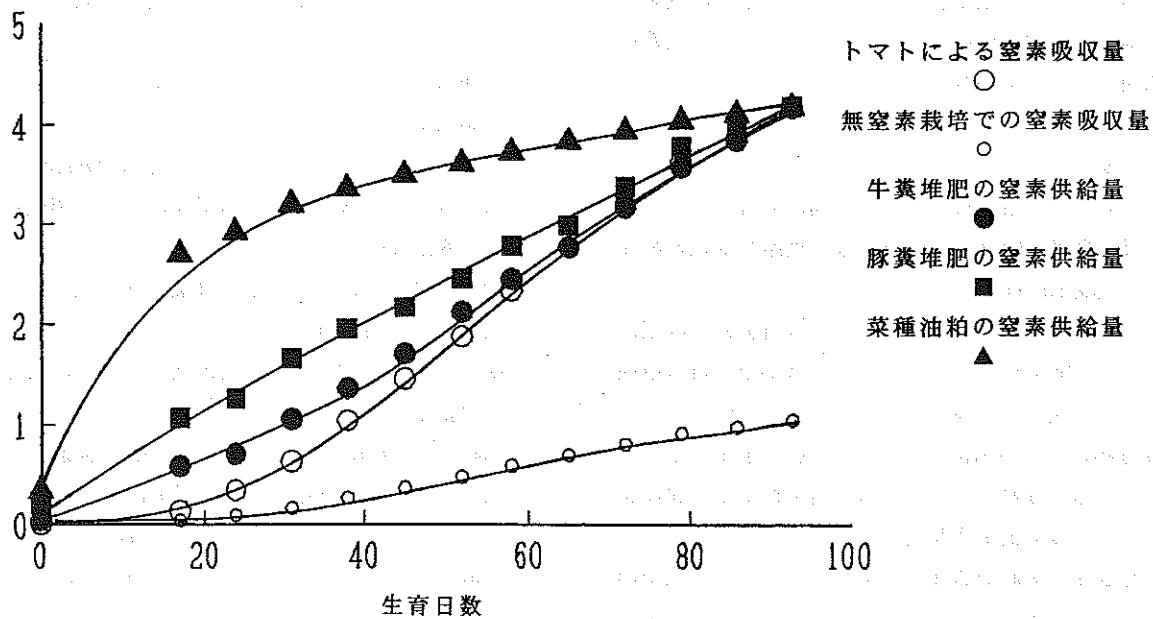
菜である(相馬、1985)。窒素施肥は基肥が中心であるが、窒素の濃度障害を受けやすく、窒素に敏感に反応するため、元来有機質肥料の使用の多い野菜である。ハウス抑制栽培メロンは、第8図に示すように窒素吸収量が開花期前から急激に増加し、果実肥大期～成熟期では吸収量はほとんど増加しないような窒素吸収パターンをもつ。全窒素吸収量は2.0kg/a程度であるが、この吸収に相当する窒素を有機物だけによって供給するとすれば、果実成熟期における窒素吸収量を満足させる有機物の施肥量は牛糞堆肥で2464kg/a、豚糞堆肥で1326kg/a、菜種油粕で49.1kg/aと試算される。しかし、この堆肥施肥量は現実的な量とは言えない。なぜならば、土壌中に残存する窒素量は牛糞堆肥で0.44kg/aであり、問題はないが、投入量が非常に多いので、カリウムの過剰蓄積が起こる恐れがあると予想される。特に、窒素含有量よりもカリウム含有量の高い牛糞堆肥ではカリウムの集積が起こりやすいと考えられる(第2表)。

難波ら(1993)は赤黄色土のトマトハウス圃場に初級牛糞堆肥を5年連用することにより、著しいカリウム集積が起こることから、施肥量の上限は5t/a作であると報告している。また、二見ら(1995)は13種類の有機質資材の分解特性を検討した結果、単一の有機物を連用すると特定の無機成分の集積につながると指摘している。したがって、カリウム含量の高い有機物の果菜類に対する施用は、窒素だけではなく土壌のカリウムの現存量を



第8図 メロンによる窒素吸収量と有機物の窒素供給量との関係

窒素吸収量及び供給量 (kg/a)



第9図 トマトによる窒素吸収量と有機物の窒素供給量との関係

同時に評価することが必要であり、土壌中カリウム濃度の高い圃場での施用は控えるべきであると考えられる。

一方、菜種油粕単独施用では生育前半の窒素供給量が窒素吸収量をかなり上回るために、つるばけなどの窒素過剰害がおこる危険があり、生育初期に窒素過剰が予想され、単独の施用は不適当と判断できる。しかし、牛糞堆肥や豚糞堆肥で見られるカリウムの集積は少なく、カリウムの減肥できる資材であることは注目すべきと思われる。

トマトは栄養生長・生殖生長同時進行型に属する野菜であり、栄養生長と生殖生長のバランスをうまくとるような肥培管理が求められ、施肥は追肥重点となる。第9図に示すように窒素吸収は緩やかなシグモイド型となる。生育に必要な全窒素吸収量を供給するためには、牛糞堆肥で4411kg/a、豚糞堆肥で2373kg/a、菜種油粕では90.5kg/a必要であると計算される。牛糞堆肥では窒素供給量とトマトによる吸収量とがよく類似しており、豚糞堆肥でも吸収量よりも供給量がやや多いものの施肥法としては有効であると考えられるが、カリウムの供給量が極端に多くなると考えられる。菜種油粕では生育前半の窒素供給量が吸収量に比べてかなり大きく、適切な施肥法ではないと推察される。

このような速度論的方法に基づく試算から、菜種油粕に対する有機物の効果的な施用方法は、その窒素供給能からだけでなく、窒素とともに供給される他の無機成分、特にカリウムの供給量も考慮して、施用有機物の選択や

施用量を決定することであると推定される。したがって、第2表の成分含有率から計算すると、牛糞堆肥10a当たり10tの施用量では、カリウムは90kg/10aと過剰となるので、施用量としては難波ら(1993)の示した10a当たり5tが上限であると推定される。

この推論に基づいて平成4年から3年間行った圃場試験の結果では、牛糞堆肥5t/10a、豚糞堆肥2.5t/10aの単独施用および両者のブレンド施用と対照のCDU施用との比較では、試験期間の気象変動が大きかったこともあって、結果はかなり変動したが、トマトおよびメロンとも対照区とほぼ同等の収量、品質が得られると結論され、果菜類への有機物の施用は、単独施用よりも有機質肥料と堆肥の組み合わせ、あるいは有機物と緩効性肥料あるいは化学肥料とのブレンド施用が適当であることが圃場試験からも支持された。

以上述べてきたような有機物の窒素分解量の評価を通じた施用有機物の選択や施用時期や量を決定する方法は、環境保全的な肥培管理技術に直結するものであり、今後この方向で研究を進めていく必要がある。しかし、環境保全型農業においても、野菜の生育・収量・品質が極端に落ちることは避けなければならない、野菜がスムーズに生育するようにその窒素要求性に最大限に答えることができるような窒素節減技術が基本であることを忘れてはならない。さらに、気象条件や栽培条件で大きく変わる野菜の窒素要求性に応じたきめ細かい有機物の施用方法を確立するために、複数の野菜について理想的な窒素吸収

パターンを求めるとともに、多くの有機物の窒素分解特性の解明、ブレンド施用、地温および土壌水分の制御による窒素の肥効調節技術等を確立することが今後重要な研究課題であると思われる。

IV 摘要

各種有機物の窒素分解特性を速度論的解析法により調べた結果、有機物の窒素分解は気温（地温）変化の影響を受け、速度論的なモデル式によって表わすことができることが認められた。菜種油粕等有機質肥料や堆肥は速度論的な単純型モデル式に、一方、ぼかし肥料は単純並行型モデル式により表された。

窒素分解はC/N比の高い牛糞堆肥や豚糞堆肥ではゆっくりと起こるのに対して、有機質肥料では急速に起こる。この分解を表す速度論的な指標値（易分解性窒素量、分解速度、反応の活性化エネルギー）は、有機物の種類によって異なり、易分解性窒素量は油粕類や骨粉類で多く、堆肥では少ない。分解速度は油粕類、骨粉類で大きく、魚粕、乾血粉は中位であり、堆肥では小さい。

トマト・メロン作付体系において、窒素分解特性が異なる有機物を用いて圃場試験を行った結果、トマトにする豚糞堆肥の単一施用や牛糞堆肥とのブレンド施用は増収する反面、果実品質の低下が起こる恐れがあった。一方、メロンでは豚糞堆肥および牛糞堆肥の単一施用ならびに両者のブレンド施用とも化学肥料（CDU）とはほぼ同等の品質、収量が得られたが、気象条件によって作柄の変動が大きかった。

速度論的解析に基づく試算から、有機物の単独施用ではメロンおよびトマトによる窒素吸収の相当量を供給することができるが、堆肥の場合カリウムの集積が、有機質肥料では生育初期に極端な窒素過剰が起こると推定され、有機物の効果的な施用法としては、単一施用よりもむしろ有機質肥料と堆肥の有機物同士あるいは化学肥料、緩効性肥料とのブレンド施用が適当であると結論された。

V 参考文献

- 1) 郡司掛則昭：土壤環境基礎調査からみた熊本県農耕地土壌の地力変化、圃場と土壌24, 98~102(1995)
- 2) 岩本保典：葉菜類の高品質生産における土壤管理技術、平成2年度野菜・果樹等の高品質生産における土壤管理技術に関する研究会資料(1990)
- 3) 杉原進ら：汚泥中の有機態窒素の形態と肥効について、農林水産省農業技術研究所肥料化学科資料、第249号(1983)
- 4) 山本富三ら：速度論的解析による水田土壌の窒素無機化特性、日本土壤肥料学雑誌、57, 481~6(1986)

- 5) 上野正夫ら：水田土壌の可分解性有機態窒素量と無機化予測技術の開発、山形県立農業試験場研究報告、26, 121~36(1992)
- 6) 久保研一：野菜栽培における地温の役割と土壤管理、農業技術、48, 16~20(1993)
- 7) 長野間宏：マルチ環境下の土壌養水分動態の特徴、低投入農業に適合した作物特性とマルチ環境に関する研究会資料、32~39(1991)
- 8) 樋口太重：平成5年度総合農業試験研究成績・計画概要書 土壤肥料、(1994)
- 9) 相馬 暁：野菜の肥料特性と施肥、農業技術体系・土壤施肥編6(1985)
- 10) 難波ら：平成5年度「生態系活用型農業における生産安定技術」推進会議資料(1993)
- 11) 二見ら：有機質資材の多面的な特性と複合的施用技術、日本土壤肥料学会誌、66, 65~70, (1995)

Summary

Nitrogen mineralization characteristics and application method of organic matters for melon and tomato vegetables.

NORIAKI GUNJIKAKE and KEN-ICHI KUBO

Nitrogen mineralization of various organic matters were studied by kinetic method. The amount of nitrogen released from organic matters was affected by temperature changes during incubation. The pattern of organic fertilizers and organic composts is fitted to a simple type equation and that of 'BOKASHI' organic fertilizers to a two simple one.

The mineralization of organic composts with a high value of C/N ratio is comparatively slower than that of organic fertilizers. A value of three parameters varies between kinds of organic matters. The amount and mineralization rate of easily mineralized nitrogen is higher in organic fertilizers than in organic composts.

Accordingly to the field experiments with melon and tomato plants, both a single application of pig feces compost and the blended dressing with cattle feces compost slightly increases the yield of tomato fruit but seemed to result in a small drop of quality. On the other hands, the yield and quality of melon fruits, which either the single dressing of organic composts or the blended application of both composts is carried out is comparable to those by chemical fertilizer(CDU).

The results from kinetic approach show that the single application of organic compost with different characteristics of nitrogen mineralization seems to supply a corresponding amount of nitrogen required by tomato and melon plants but result in an excess of nitrogen supply in organic fertilizer and a heavy accumulation of potassium in cultivated soil in organic composts. It is concluded that the best fertilization of organic matters for fruit vegetables is the blended application of organic composts, organic fertilizers and controlled released fertilizers, based on those nitrogen mineralization characteristics and potassium status.