1983 神奈川県農業総合研究所研究報告 第124号 73～90

おが屑鶏ふん堆肥の腐熟度が作物生育におよぼす影響

藤原俊六郎・鎌田春海

Effects of Chicken Wastes Composts and Their Maturities on Plant Growth

Shunrokuro FUJIWARA and Harumi KAMATA

緒　　言

近年，農耕地の地力維持対策として有機質資材による土壌管理の重要性が強調されている。有機質資材についての関心が高まるにつれ，その質的内容についての論議がさかんとなっている。とりわけ腐熟度については，その意味の不明確さと判定の困難さにより解決すべき問題が多い。腐熟とは「有機物を土壌に施用した場合，作物の生育に対して障害性がなく，その施用により微生物にエネルギーを与えて活動を活発にさせること等により直接，間接的に地力維持と結びつき，かつ土壌環境，人間環境の悪変を招かない程度に有機物をあらかじめ腐朽させること[20]」と定義すると，最も農業に適したときの分解過程を完熟ということができる。このように完熟という意味があいまいなために，その作物におよぼす効果や判定方法の明確化は困難であった。しかし，近年，有機質資材の腐熟度判定方法については多くの報告[6,7,10～14]がみられるようになったが，腐熟度の違いによる農作物におよぼす効果や，土壌中での分解様式の違いについては多くの不明な点が残されている。とくに，木質素材を混合した家畜ふん堆積物の作物におよぼす影響は，木質素材に含まれるフェノール性酸物質を中心に検討した報告[17,23～27]はみられるが，今後の研究課題となっている。

本報告は，おが屑やプレーナー屑の木質素材と鶏ふんを混合した堆肥について，一般に広く利用されている牛ふん堆肥と比較しながら，①有機物の理化学的性質と土壌中での変化，②ポットによる試験，③圃場試験，の三つの立場から，腐熟度と作物生育について検討を加えたものである。すなわち，インキュベーションによるモデル系，ポットによる閉鎖系，圃場による解放系，について腐熟度の作物におよぼす影響や分解特性を検討し，総合的に考察をこころみた。

本試験を実施するにあたり，松田養鶏農場山本憲司理事，ならびに伊勢原市高部屋小沢恭二氏には材料の提供に御協力をいただいた。また，日本大学農獣医学部学生横田光央氏には実施上多くの御協力をいただいた。ここに記して皆様に感謝申し上げます。

1. 有機質資材の特性と腐熟度

(1) 供試材料および試験方法

ア. 供試材料

供試した有機物の概要は第1表に示した。これらの有機物は，採取後水分を測定し，一部をガラス室に薄く拡げ風乾させた後，ウイレーミルを通し粉砕試料とした。

第1表　供試有機物一覧

有機物	処理内容	製造場所
おが屑	プレーナー屑（松，杉，ラワン等混合）	松田養鶏農場（松田町　寄）
鶏ふん	生ふん	
鶏ふん堆肥（未熟）	おが屑と鶏ふんを等量混合，約50m^3の山に堆積2週間	
〃　（完熟）	上記未熟物を4カ月間堆積した後，約1m^3の量を2カ月間野積み（計6カ月堆積）	
牛ふん堆肥（未熟）	少量のおが屑を含む牛ふんを堆積1週間	小沢農場（伊勢原市高部屋）
〃　（完熟）	上記未熟物を約2m^3堆肥舎内に6カ月堆積	

イ．分析方法

試料をさらに微粉砕した後，分析に用いた。分析方法は「堆きゅう肥分析方法」[20]に準じた。

ウ．発芽試験

試料5gを60℃の熱水100mlで3時間抽出した後，沪過した。沪液のpHとECを測定した後，一部をオートクレーブにより120℃，15分間加熱処理した。この液約10mlを，あらかじめ沪紙2枚を敷いてあるシャーレーにいれ，コマツナ（ごせき晩生）約50粒を播種した。室温（平均28℃）に3日間保持し，その発芽率を調べた。

エ．無機態窒素の発現量

礫を除いた赤土（火山灰心土）を用い，乾土あたり炭素として1％に相当する量の有機物を加え，最大容水量の約60％に相当する水分を加えた。ポリエチレンフイルムでふたをし，コマツナ栽培試験と同じ温度条件に26週間保持した。一定期間毎にブレムナー法[20]によりアンモニア態および硝酸態窒素含量を求め，これらの合計を無機態窒素量とした。また，おが屑に硫安を添加し，C/N比を10とした区をあわせて設けた。

オ．炭酸ガス発生量

無機態窒素培養と同様に，乾土あたり炭素として1％に相当する量の有機物を加え，コマツナ栽培試験と同じ条件に26週間保持した。炭酸ガス発生量は，田辺の簡易法[4]を改良した方法[9]によった。

(2) 実験結果

鶏ふん堆肥は，プレーナー屑とよばれる数cmの木屑を含むおが屑と鶏ふんとを混合し，約50m³の山に堆積したものであり，未熟物は堆積後約2週間，完熟物は堆肥舎で4カ月間堆積した後2カ月間野積みしたものである。また，この堆肥製造に利用したおが屑と鶏ふんについても検討を加えた。牛ふん堆肥は，敷わらとしておが屑を利用した程度であり，おが屑の混合割合は低い。未熟物は堆積約1週間，完熟物は堆積約6カ月である。いずれの堆肥とも未熟物は，内部にまだ生ふんがそのままみられ，視覚上からも極めて未熟と判断された。完熟物はともに良質の堆肥の性状を示していた。

有機物の分析結果は第2表に示した。おが屑はC/N比が760であり，アンモニア態窒素もわずかにみられた。

第2表　有機物の分析結果　　（水分を除き乾物含量）

有機物	水分 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	無機窒素 (mg/100g) NH_4-N	NO_3-N	計	粗灰分 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)
おが屑	10.8	60.8	0.08	760.0	17.0	0.3	17.3	0.6	0.31	0.22	0.21	0.01
鶏ふん	70.9	38.4	4.37	8.8	493.5	5.9	499.4	39.6	15.63	1.27	2.95	6.45
鶏ふん堆肥（未熟）	64.4	46.0	1.76	26.1	201.5	3.3	204.8	29.0	10.00	0.93	1.35	3.38
〃（完熟）	64.0	36.3	1.99	18.2	35.5	193.5	229.0	43.4	16.70	1.51	2.51	7.44
牛ふん堆肥（未熟）	79.2	44.8	2.32	19.3	56.2	3.0	59.2	21.8	3.80	1.14	1.27	3.33
〃（完熟）	68.3	27.0	1.95	13.8	4.2	99.4	103.6	52.3	4.34	1.78	1.29	4.28

鶏ふんは全窒素量が4.37％ありC/N比は8.8であった。また全窒素の約11％がアンモニア態であり，カルシウムとリン酸含量が非常に高いことが特徴である。

これらの資材を混合した鶏ふん堆肥のC/N比は，未熟26.1，完熟18.2であった。未熟物はアンモニア態窒素が多く，全窒素の約11％であり，生ふんの分析結果と一致した値を示した。完熟物は硝酸態窒素含量が非常に高く，全窒素の約10％であった。また，完熟物は未熟物に比べリン酸および塩基成分が多かった。

牛ふん堆肥のC/N比は，未熟物19.3，完熟物13.8であった。腐熟の差による成分変化の傾向は，鶏ふん堆肥と同様であった。また，牛ふん堆肥はマグネシウム含量を除く全ての成分含量が鶏ふん堆肥よりも少く，特にその傾向は無機態窒素とカルシウムに顕著であった。

有機物の60℃熱水抽出物を用いた発芽試験結果を第3表に示した。鶏ふんでは全く発芽がみられず，おが屑は40％であり，鶏ふん堆肥，牛ふん堆肥ともに未熟区は完熟区より10％近く低かった。おが屑はオートクレーブによる熱処理で，発芽率が2倍の82％に高まり，根に対する障害も軽減した。鶏ふん堆肥では熱処理によりわずかに発芽率が増加したが，牛ふん堆肥ではほとんど効果がなかった。また，牛ふん堆肥区では未熟区，完熟区ともに根の生育は良好であった。

第3表に抽出液のpHとECを測定した結果を示したが，鶏ふんと鶏ふん堆肥完熟物は3mS/cm以上のECであり，これが発芽率の低下に結びついたと考えられる。別に，

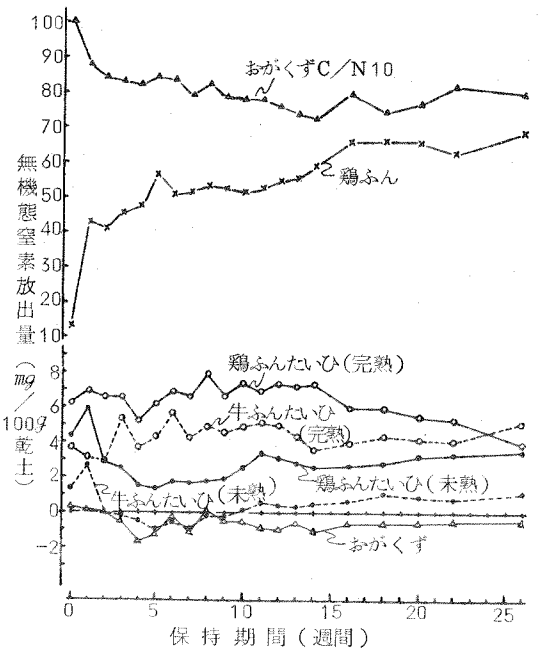
鶏ふん抽出液をECが1になるまで希釈し，発芽率を調べたところ著しい改善効果はなく，また熱処理の影響もみられなかった。このことより，おが屑に由来する発芽阻害物質は熱水で抽出され加熱処理により害を軽減できるが，鶏ふんに由来する発芽阻害物質は加熱処理により害を軽減できず，両者の原因物質は異るものと考えられる。

各有機物の無機態窒素含量の変化を第1図に示した。おが屑は2週目以降負の値となり，以後土壌中からの窒素の吸収が継続する。C／N10にあわせた場合はただちに窒素の吸収がみられ，20週目あたりで吸収から放出へ変化する傾向がみられた。鶏ふんは1週目で急激に無機態窒素が発現し，もとの3倍にも増加するが，この大部分がアンモニア態であり，大部分が硝酸になるには10週間を要した。また，無機態窒素の発現は26週目まで継続した。

第3表　抽出液のpH, ECと発芽試験結果

有機物	pH	EC (mS/cm)	発芽率(%) 抽出液	発芽率(%) 熱処理	根の障害度 抽出液	根の障害度 熱処理
おが屑	5.15	0.24	40	82	中	微
鶏ふん	6.66	4.65	0	0	—	—
鶏ふん堆肥（未熟）	7.55	1.85	75	77	微	微
〃（完熟）	8.12	3.12	81	95	中	中
牛ふん堆肥（未熟）	8.05	1.35	90	89	無	無
〃（完熟）	7.23	1.35	100	99	無	無

（注1）　抽出液：60℃ 3時間抽出液
　　熱処理：抽出液を120℃15分間処理
（注2）　発芽率は対照区（水のみ）を100とした。

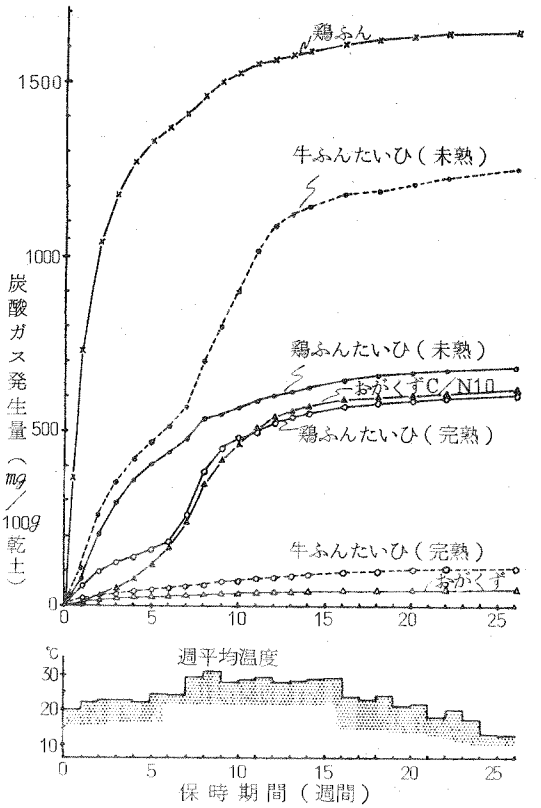


第1図　無機態窒素（アンモニア態＋硝酸態）放出量の変化

堆肥化されたものは，いずれの堆肥も未熟物は2週目から10週目までは無機態窒素の有機化の傾向がみられ，その後は徐々に無機態窒素の発現がみられた。牛ふん堆肥完熟物は26週までほぼ一定の値を示し，窒素の有機化はみられなかった。しかし，鶏ふん堆肥完熟物は14週目まではほぼ一定であったが，以後有機化の傾向がみられた。これは堆肥中の木質分解に由来すると考えられる。

各有機物の炭酸ガス発生量の積算値の変化を第2図に示した。おが屑はほとんど炭酸ガスの発生がみられなかった。しかし，硫安を窒素源として添加し，C/N比を10にした場合は5週～10週目に炭酸ガス発生量が増加し，この期間におが屑の分解がすすむものと考えられる。鶏ふんは初期の発生が著しく，2週間でほぼ分解が完了する。

鶏ふん堆肥未熟物は8週目まで分解が著しい。鶏ふん堆肥完熟物は最初の4週間と7～12週目の2段階の発生



第2図　炭酸ガス発生量積算値の変化

がみられた。前期の分解は鶏ふんと，後期はおが屑と分解期が一致している。牛ふん堆肥未熟物は鶏ふんについで発生量が多く，7週を境に2段階に分かれた分解を示していた。牛ふん堆肥完熟物はおが屑よりやや多い発生量がみられただけであった。

第2図の下に，測定期間中の週平均温度を記載した。夏期にあたる7週目から急に温度が高くなり30℃におよび，この時期に炭酸ガス発生量の変化がみられる。牛ふん堆肥未熟物ではこのため2段階の分解になったとみられるが，鶏ふん堆肥完熟物とおが屑C/N10は変化幅が大きく，温度の影響だけではないと思われる。同様の処理物を30℃の恒温器中に保持した結果，鶏ふん堆肥完熟物では分解が2段階となったが，牛ふん堆肥未熟物ではこの傾向がみられなかった。

(3) 考察

有機物の腐熟度は，経験的には堆積期間や色，香り，手ざわり等の変化により判断され，化学的性質としてはC/N比の低下，硝酸態窒素の発現や腐植の生成等について検討されている。しかし，これらの基準は資材によって異るため，資材別に各種の方法を併用して腐熟度を判断しているのが現状である。本報告においては腐熟度について①化学成分組成の変化，②作物種子の発芽試験，③無機態窒素の発現，④炭酸ガス発生量の変化，の4つの側面から検討を加えた結果，腐熟度によりこれらに差異のあることが明らかになった。すなわち，鶏ふん堆肥，牛ふん堆肥ともに未熟物では無機態窒素の大部分がアンモニア態でありC/N比も高い，しかし完熟物では硝酸態に変化しC/N比が低下する。また，未熟物では作物種子の発芽率が低下し，窒素の有機化がみられると同時に炭酸ガス発生量が著しく多い。これらの結果は従来の多くの知見と一致し，異る腐熟度の試験に供試する資材としては適切であるといえる。

おが屑と家畜ふんを混合した堆肥の作物におよぼす障害については，おが屑や家畜ふんに起因する作物種子の発芽および生育阻害による初期障害と，おが屑分解にともなう窒素の有機化に起因する窒素飢餓による後期障害の2つが考えられる。後者の害は原因が明確であり，第1図に示したように無機態窒素含量の変化を検討することによりその内容が明らかとなり，その対策は窒素欠乏時（有機化時）に窒素肥料を施肥することで可能となる。しかし，前者の害については多くの報告があるが，その内容については不明確な点が多い。前者の害のうち，家畜ふんに起因すると考えられるものとして，家畜ふん尿中に多く含まれる易分解性物質が土壌中で急激に分解する[19]ことによる障害と，ふん尿と種子との直接接触による濃度障害とが考えられる。おが屑に起因する障害については ALLISON[2]が28種の樹皮および心材について報告しているものを始め，佐藤[24]，吉田[25〜27]ら多くの報告がある。ALLISON[2]によると，60日間の培養で発生する炭酸ガス態炭素の全炭素にしめる比率は，木質により大きな差があるが平均値で軟材13%，硬材30%，これに窒素を添加すると軟材12%，硬材45%となり，軟材には窒素添加の効果がうかがえない。作物におよぼす障害は樹種によって大きく異なるが，California incense cedar のように障害の激しいものもある。また，おが屑の生育阻害物質はP-クマル酸，バニリン酸等のフェノール性酸である[17,24,27]とか，阻害物質は非フェノール性有機酸である[26]とかいわれているが，一般に熱水処理により障害性が軽減できることは知られている。本実験に供試したおが屑も熱処理により障害を軽減することができた。また，第2図に示した結果から26週目の炭酸ガス態炭素の全炭素にしめる比率は，おが屑3%，C/Nを10にしたとき17%であり，窒素添加効果の大きな木質であるといえる。

この木質と鶏ふんを混合して製造した堆肥の完熟物と，おが屑C/N10の炭酸ガス発生量のパターンは，第2図に示したように6週目以後類似する傾向がみられたが，これは堆肥中の木質分解による結果と考えられる。同時に無機態窒素含量が第1図に示したように14週目以後減少し，有機化する傾向がみられている。これらのことから，堆肥中の木質はゆっくりと分解され，分解はかなり長期間にわたることが推測される。また，これらの結果は粉砕物を供試したものであるが，実際に畑施用される堆肥は，その形が大きく，木質の周囲が堆肥化過程で腐植化していることもあり，分解はもっとゆっくりとすすむものと考えられる。同時に，土壌中で木質分解が中心に行われるとすれば，第1図に示した鶏ふん堆肥の未熟物と完熟物の無機態窒素の変化は，土壌中で長期間経過すると一致した値になると推測される。また，そのときの無機態窒素の有機化量は，生堆肥10t施用したときでも窒素として2〜3kgと推定された。

これに対し，牛ふん堆肥は完熟物では安定した無機態窒素の含量を示し，未熟物でも一時有機化がみられるが16週をすぎるともとのレベル近くにもどった。また発芽試験結果も良好であった。これらのことから牛ふん堆肥はおが屑鶏ふん堆肥に比べ，有機質資材としては良好であることがわかる。

2. ポット栽培試験

(1) 試験方法

ア．栽培概要

土壌は腐植の少い赤土（火山灰心土）を使用し，その理化学性は第4表に示した。この土壌3.06kg（水分42.5%，乾土1.76kg相当）を1/5000aワグネルポットに詰め，有機物と化学肥料を混合したのち，コマツナ（品種：ごせき晩生）を9株播種した。有機物は風乾後粉砕したものを使用し，施用量は乾土あたり炭素として1%および2%になる量とした。また，有機物は風乾物であったため，別にそれぞれの生堆肥を1000倍量の滅菌水で抽出した液10mlを種菌として接種した。化学肥料は燐加安42号をポットあたり7.14g施肥した。これはN，P_2O_5 K_2Oとしてそれぞれ1gに相当する。

試験区は第5表に示した。全区3連実施，1区は対照区とした。4～11区は第6表に示した3因子2水準のL8型直交表による割りつけがなされている。

ポットは所内のガラス網室を利用し，晴天日は戸外，雨天日は雨をさけガラス室においた。初回に有機物と化学肥料を施用しただけで以後は無肥料とし，コマツナを連続して3作栽培した。栽培終了後，ポット内の水分を一定に保持しながら2カ月間無栽培で保持し，その後4回目を播種した。それらの時期は，第1回が昭和56年5月11日から6月2日まで，第2回が6月3日から6月24日まで，第3回が6月25日から7月15日までであり，7月16日から9月13日までの60日間は無栽培の裸地状態とした。さらに，その後第4回を9月14日から10月12日まで栽培した。

各時期とも，栽培直前にポットから土を全量とり出し，残根をすき込み，土をよく混合した後に播種した。

第4表　土壌の理化学性　（成分は乾土含量）

土性	CL	Truog	P_2O_5	9.3 mg/100g
湿土色	10YR4/6	置換性塩基	CaO	569 〃
礫含量	10.3 %		MgO	158 〃
最大容水量	112 %		K_2O	83 〃
pH (H_2O)	6.68	CEC		38.7 meq
pH (KCl)	5.33	塩基飽和度	CaO	52.5 %
EC(mS/cm)	0.13		MgO	20.3 〃
全炭素	0.66 %		K_2O	4.6 〃
全窒素	0.06 %		計	77.4 〃
C/N 比	11.0	NH_4－N		0.8 mg/100g
		NO_3－N		0.2 mg/100g

イ．生育調査

播種後8～9日目，13～15日目，21～28日目の3回にわたり全株について草丈，葉数，葉色を調査した。葉色の測定には野菜用色票（土壌保全協議会作成）を使用した。

ウ．作物体分析

収穫後60～70℃の通風乾燥器で乾燥し，コーヒーミルで粉砕した後，1mmのふるいを通したものを分析試料とした。

全窒素はケルダール法によって求めた窒素含量と，フェノール硫酸法によって求めた硝酸態窒素の合量値とした。リン酸は湿式分解後バナドモリブデン酸比色法，塩基成分は湿式分解後原子吸光光度計法によって求めた。

エ．土壌分析

土壌は採取後，ガラス室内に薄く拡げて風乾し，礫を除いたものを分析試料とした。

pHは1：2.5，ECは1：5の水浸出法によった。リン酸は0.002 N硫酸抽出によるトルオーグ法によった。置換性塩基および塩基置換容量はショウレンベルガー法により，塩基の定量は原子吸光光度計を使用した。無機態窒素の測定は10倍容の10%塩化カリ液抽出後，ブレムナー法によった。これらの分析は全て，「土壌，水質及び作物体分析法[29]」に準じた。

第5表　ポット試験試験区

区	有機物の種類	腐熟度	施用量
1	—	—	—
2	おが屑	—	乾土あたりC1%
3	鶏ふん	—	〃
4	鶏ふん堆肥	未熟	乾土あたりC1%
5	〃	完熟	〃
6	牛ふん堆肥	未熟	〃
7	〃	完熟	〃
8	鶏ふん堆肥	未熟	乾土あたりC2%
9	〃	完熟	〃
10	牛ふん堆肥	未熟	〃
11	〃	完熟	〃

第6表　因子と水準（L8直交表）

因子＼水準	1	2
K（堆肥の種類）	鶏ふん堆肥	牛ふん堆肥
M（腐熟度）	未熟	完熟
Q（施用量）	乾土あたりC1%	乾土あたりC2%

(2) 実験結果

ア. 生育収量

4作にわたる収量調査の結果を第7表に示した。1作目は，発芽時からおが屑区と鶏ふん区の生育が悪く，収量は対照区に比べおが屑区33%，鶏ふん区29%の減収となった。堆肥を施用した区では逆に発芽時から生育が良く，草丈や葉数も多く葉色も濃くなる傾向にあり，対照区の1.5～2.5倍の収量を示した。また，堆肥の腐熟度による影響は明確であり，いずれの堆肥も完熟区は未熟区の約1.5倍の収量を示していた。

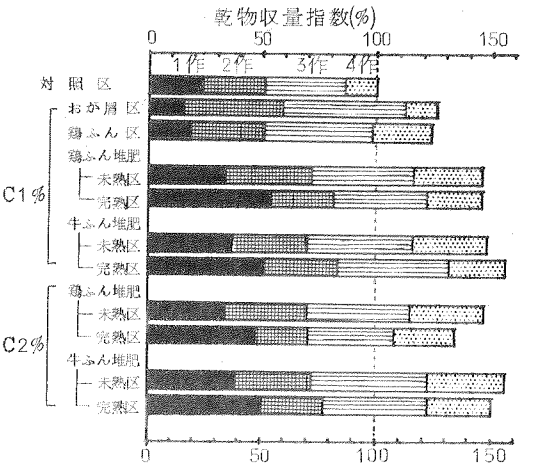
第7表　コマツナ収量　（ポットあたりの g）

処理区名 ＼ 作期		1作(5/11～6/2) 生	乾物	(%)	2作(6/3～6/24) 生	乾物	(%)	3作(6/25～7/15) 生	乾物	(%)	4作(9/14～10/12) 生	乾物	(%)
1. 対照区		28.4	2.1	(100)	40.5	2.6	(100)	40.5	3.2	(100)	24.5	1.3	(100)
2. おが屑	C1%	20.6	1.4	(67)	71.2	4.0	(154)	60.6	4.8	(150)	19.1	1.2	(92)
3. 鶏ふん	〃	20.9	1.7	(81)	46.7	2.9	(112)	63.3	4.3	(134)	35.7	2.3	(177)
4. 鶏ふん堆肥(未熟)	〃	41.5	3.1	(148)	55.7	3.5	(135)	56.4	4.0	(125)	45.3	2.7	(208)
5. 〃 (完熟)	〃	64.2	4.9	(233)	37.3	2.6	(100)	43.6	3.6	(113)	40.4	2.2	(169)
6. 牛ふん堆肥(未熟)	〃	47.7	3.4	(162)	45.4	3.0	(115)	52.9	4.1	(128)	50.5	2.9	(223)
7. 〃 (完熟)	〃	69.3	4.7	(224)	50.6	3.0	(115)	55.0	4.3	(134)	33.3	2.2	(169)
8. 鶏ふん堆肥(未熟)	C2%	42.6	3.1	(148)	49.9	3.3	(127)	54.4	4.1	(128)	54.2	3.0	(231)
9. 〃 (完熟)	〃	51.8	4.2	(200)	31.7	2.2	(85)	43.3	3.4	(106)	41.5	2.4	(185)
10. 牛ふん堆肥(未熟)	〃	51.0	3.6	(171)	46.9	3.0	(115)	56.9	4.6	(144)	51.9	2.9	(223)
11. 〃 (完熟)	〃	66.3	4.6	(219)	38.8	2.5	(96)	47.3	4.0	(125)	43.2	2.5	(192)

2作目では処理区間の差は1作目ほど大きくなく，また，1作目とは逆の傾向がみられた。すなわち，対照区に比べおが屑区は54%，鶏ふん区では12%増収し，堆肥施用区では完熟区に比べ未熟区の収量が多かった。このことは，おが屑や未熟堆肥中の生育阻害物質が，1作目の栽培期間中に土壌中で分解され無害化したことを示すと考えられる。

3作目は初夏にあたり生育がよく，4作のなかで平均収量は最も多かった。また，処理区間の傾向は2作目に類似していた。3作目を収穫後，夏期の高温期にあたる2カ月間直射日光をさけ，さらに土壌水分をほぼ一定に保持した後，4作目を播種した。その結果，対照区およびおが屑区では肥料欠乏のため生育が不良であり葉色も薄かった。鶏ふん区は1作目では減収したものの，以後は収量指数が増加する傾向にあり，鶏ふんのもつ肥料効果があらわれていることがわかる。

対照区の乾物収量の4作合計値（9.2 g）を100としたとき，各処理区の収量を指数化した結果を第3図に示した。各作ごとの収量の傾向は前述したように1作目に著しい差がみられたが，各作を加算してゆくと差が小さくなる傾向がみられた。4作合計値でみると，全ての区で対照区より多く，特に堆肥を施用した区では約50%の増収となった。おが屑区は，1作目ではおが屑に含まれるフェノール性酸によると考えられる障害により減収したが，これらの物質は比較的はやく土壌中で分解されるため以後の収量に影響がみられず，逆におが屑施用により土壌の物理性が改善された結果，対照区より増収したと考えられる。鶏ふん区は，易分解性物質が多く，第2図に示したように土壌中で急激に分解するために1作目では減収し，2作目以後はこれら急激な分解にともなう障害がなくなったものの，土壌中の肥料成分濃度が高すぎ



第3図　コマツナ乾物収量指数

（注）　対照区の4作合計乾物収量を100とした

るために，他の有機物ほどの増収効果が認められなかったものと考えられる。

堆肥の腐熟度は1作目では極めて大きな影響がみられたが，各作を合計するごとにその差が小さくなる傾向にあった。また，施用量についてみると，乾土あたり炭素として2％相当量を施用したC 2％区は，炭素として1％相当量施用したC 1％区に比べ，未熟堆肥は同等もしくは増収したが，完熟堆肥では逆に減収した。このことは堆肥の施用量に，資材に適した施用適量のあることを示している。

イ．土壌の理化学性

3作収穫後の土壌分析結果を第8表に示した。pHは対照区に比べ全ての区で高く，特に鶏ふん堆肥区で著しい。これは鶏ふん堆肥にカルシウムが多いことによる。無機窒素は大部分が硝酸態であり，3作収穫後のためかなり減少している。特におが屑区が低く対照区の⅓であった。これはおが屑区の第2，3作目の収量が高かったこと，および第1図に示したようにおが屑が窒素を有機化することによる。鶏ふんでは硝酸態窒素が多く残存し，またECも高い。

有機物施用によりリン酸含量が多くなり，特にその傾向は鶏ふん堆肥区で顕著であった。同様に，置換性塩基が著しく増加し，塩基置換容量もそれにともない高くなったが，塩基置換容量が100％をこえる区がかなりみられた。おが屑区は対照区とほぼ類似した値を示していた。これら土壌の化学成分は，施用した有機物の成分の差異

第8表　3作収穫後土壌の理化学性　（成分含量はmg／100g乾土）

処理区名＼項目		pH (H_2O)	EC (mS/cm)	無機窒素 NH_4-N	無機窒素 NO_3-N	Truog P_2O_5	置換性塩基 CaO	置換性塩基 MgO	置換性塩基 K_2O	置換性塩基 Na_2O	CEC (meq)	塩基飽和度(%)
1. 対照区		5.42	0.67	0.9	17.9	10	597	145	69	37	38.8	77.2
2. おが屑	C1%	5.57	0.59	0.4	5.4	7	590	153	51	47	40.1	74.1
3. 鶏ふんん	〃	5.97	1.39	1.4	62.0	41	962	177	134	50	41.2	111.5
4. 鶏ふん堆肥（未熟）	〃	5.95	0.82	0.4	15.4	37	828	165	86	52	40.7	97.2
5. 〃（完熟）	〃	6.45	0.91	0.4	14.4	169	1142	185	121	61	45.0	116.6
6. 牛ふん堆肥（未熟）	〃	5.90	0.88	0.7	16.0	26	750	181	84	56	41.1	89.5
7. 〃（完熟）	〃	5.92	0.78	0.3	7.5	40	804	197	96	61	43.7	92.7
8. 鶏ふん堆肥（未熟）	C2%	6.17	0.99	0.8	23.7	79	1065	179	112	55	43.3	113.7
9. 〃（完熟）	〃	6.63	1.29	0.5	32.2	313	1326	224	202	76	46.0	136.3
10. 牛ふん堆肥（未熟）	〃	5.88	1.17	1.3	28.5	36	828	196	112	69	42.9	97.0
11. 〃（完熟）	〃	6.09	1.01	0.5	18.3	100	931	230	145	66	46.0	103.7

による影響を強くうけている。

ウ．直交表による要因解析

本実験の4～11区は，第6表に示したように3因子2水準によるL 8型直交配列になっている。堆肥の種類(K)，腐熟度(M)，施用量(Q)の3つの因子のうち，施用量(Q)を独立因子とした。このため交互作用はK*Mだけとし，その他の交互作用は誤差に組みいれた。分散分析結果は生育収量を第9表に，コマツナ養分含量分析結果を第11表に，土壌の理化学性を第13表にそれぞれ示した。また，この分散分析により5％以下の危険率で有意であった因子の第1水準の平均値と，全区（4～11区）の平均値および対照区の値を第10表，12表，14表にそれぞれ示した。なお，これらの表では交互作用に有意性が認められたときの水準間の比較については省略した。

生育収量は第9表に示したように，1作目は腐熟度(M)に大部分の項目で有意性がみられた。第10表によると有機物施用区（4～11区）は対照区を全ての項目でうわまわり有機物の施用効果がうかがえた。また，有意性の認められた項目は全て第1水準の値が平均値より低く，完熟堆肥が生育収量に好結果をもたらすことがわかる。また，堆肥の種類(K)も収穫期の草丈に有意差がみられ鶏ふん堆肥に比べ牛ふん堆肥の草丈が大きかった。2作目についても同様に腐熟度の影響がみられたが，1作とは逆に第1水準の値が平均値より高く，未熟堆肥の生育が良好であることを示している。また同様の傾向が3作，4作についても認められた。堆肥の種類(K)についてみると，鶏ふん堆肥は牛ふん堆肥に比べ，2作目では子葉色が濃く，葉数は少なく，3作目では子葉色は濃いが収穫期には葉色が薄くなる傾向がみられた。施用量(Q)については，2作目と4作目の草丈がC 1％区で大きかった。1作，

第9表　生育収量の分散分析結果

作期	播種後日数 / 項目 / 要因	8～10日 子葉幅mm	8～10日 子葉色	13～15日 草丈mm	13～15日 葉色	21～28日（収穫期） 草丈mm	21～28日（収穫期） 葉数	21～28日（収穫期） 葉色	21～28日（収穫期） 生収量g	21～28日（収穫期） 乾物収量g
1作	K	4.8	0.3	0.4	8.5	17.2*	9.9	9.0	6.1	1.8
(5/11～	M	45.6**	13.5*	14.3*	0.1	30.8*	13.2*	32.0*	24.6*	53.8**
6/2)	K*M	1.9	2.5	2.6	0.1	0.3	0.5	24.9*	0.1	0.7
	Q	2.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	2.8	0.6	0.4
2作	K	5.2	32.7*	0.0	0.1	0.9	16.0*	1.5	0.4	0.0
(6/3～	M	12.3*	2.4	19.3*	0.0	5.4	0.0	1.5	13.2*	28.9*
6/24)	K*M	1.9	6.8	5.2	0.1	12.2*	4.0	6.0	9.6	9.7
	Q	0.9	6.8	12.1*	2.2	2.0	1.0	1.5	4.0	6.2
3作	K	0.0	19.0*	0.8	0.1	0.1	0.3	24.0*	2.2	7.3
(6/25～	M	0.0	19.0*	8.8	2.2	50.6**	1.2	6.0	10.5*	3.6
7/15)	K*M	5.4	7.7	3.2	0.1	1.2	0.3	13.5*	2.9	0.9
	Q	1.4	7.7	1.7	0.8	9.6	0.0	24.0*	0.4	0.0
4作	K	0.0	2.7	4.3	1.2	0.2	0.3	3.9	0.1	0.5
(9/14～	M	11.3*	0.3	0.1	4.8	9.6	3.0	3.9	21.2*	80.4**
10/12)	K*M	1.6	1.2	0.0	2.7	0.2	1.3	26.5*	0.8	0.8
	Q	14.3*	0.0	10.1*	7.5	2.2	0.3	1.4	5.1	9.7

第10表　生育収量の平均値と第1水準値

作期	播種後日数 / 項目 / 因子	8～10日 子葉幅mm	8～10日 子葉色	13～15日 草丈mm	13～15日 葉色	21～28日（収穫期） 草丈mm	21～28日（収穫期） 葉数	21～28日（収穫期） 葉色	21～28日（収穫期） 生収量g	21～28日（収穫期） 乾物収量g
1作	対照区	16.0	2.5	31	2.1	119	3.9	3.7	28.4	2.1
(5/11～	平均値	16.6	2.9	39	3.3	166	4.2	4.3	54.3	4.0
6/2)	K	—	—	—	—	157	—	—	—	—
	M	15.4	2.5	31	—	155	4.0	4.1	45.7	3.3
	Q	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2作	対照区	17.5	4.2	86	3.2	165	4.6	4.2	40.5	2.6
(6/3～	平均値	18.9	4.2	84	3.6	171	4.9	4.6	44.5	2.9
6/24)	K	—	4.3	—	—	—	4.8	—	—	—
	M	19.7	—	87	—	—	—	—	49.5	3.2
	Q	—	—	87	—	—	—	—	—	—
3作	対照区	16.8	3.1	67	2.9	141	4.7	4.2	40.5	3.2
(6/25～	平均値	16.4	3.0	57	3.7	153	5.1	4.5	51.2	4.0
7/15)	K	—	3.1	—	—	—	—	4.4	—	—
	M	—	3.1	—	—	162	—	—	55.2	—
	Q	—	—	—	—	—	—	4.4	—	—
4作	対照区	11.3	2.5	39	3.4	151	4.4	4.1	24.5	1.3
(9/14～	平均値	17.1	2.7	76	3.5	186	5.0	4.4	45.0	2.6
10/12)	K	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	M	16.7	—	—	—	—	—	—	50.5	2.9
	Q	17.5	—	80	—	—	—	—	—	—

第11表　コマツナ分析値の分散分析結果

作期	要因＼項目	T-N	NO_3-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1作	K	9.2	9.3	63.3**	0.3	250.2**	23.9*
(5/11～	M	2.1	23.5*	1.5	0.2	67.0**	21.6*
6/2)	K*M	0.1	0.9	69.0**	0.3	3.6	0.2
	Q	0.4	1.6	0.3	0.1	13.2*	0.4
2作	K	0.1	0.1	3.9	10.4*	2.1	4.5
(6/3～	M	0.6	8.3	1.5	6.6	1.3	1.6
6/24)	K*M	1.7	6.4	0.1	10.8*	3.4	0.4
	Q	0.5	2.1	0.3	29.0*	0.6	0.2
3作	K	4.6	5.1	0.7	0.3	1.9	31.5*
(6/25～	M	0.5	9.9	3.2	0.2	3.2	3.0
7/15)	K*M	0.0	6.1	0.0	7.6	2.7	13.5*
	Q	1.8	2.1	0.1	0.6	0.3	16.5*
4作	K	14.3*	10.1*	4.9	0.0	13.8*	1.0
(9/14～	M	2.0	12.6*	3.9	2.8	310.1**	2.8
10/12)	K*M	6.5	8.3	9.8	0.1	86.9**	0.0
	Q	5.7	12.6*	0.1	0.9	4.0	1.2

第12表　コマツナ分析結果の平均値と第1水準値(乾物%)

作期	要因＼項目	T-N	NO_3-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1作	対照区	6.26	0.08	1.78	7.83	3.63	1.34
(5/11～	平均値	8.10	1.28	1.85	6.88	4.03	1.32
6/2)	K	—	—	1.79	—	3.71	1.22
	M	—	1.16	—	—	3.86	1.23
	Q	—	—	—	—	4.10	—
2作	対照区	9.26	1.84	1.74	7.70	4.73	1.31
(6/3～	平均値	9.14	1.93	1.85	7.59	5.03	1.31
6/24)	K	—	—	—	7.42	—	—
	M	—	—	—	—	—	—
	Q	—	—	—	7.87	—	—
3作	対照区	8.54	2.08	1.08	7.47	4.28	1.31
(6/25～	平均値	8.17	1.75	1.59	8.57	4.05	1.12
7/15)	K	—	—	—	—	—	1.09
	M	—	—	—	—	—	—
	Q	—	—	—	—	—	1.15
4作	対照区	8.68	2.35	1.41	7.82	5.73	1.44
(9/14～	平均値	6.85	1.54	1.50	9.76	4.72	1.27
10/12)	K	7.63	1.76	—	—	4.80	—
	M	—	1.86	—	—	5.08	—
	Q	—	1.30	—	—	—	—

第13表　土壌の理化学性の分散分析結果

作期	要因＼項目	pH (H_2O)	EC	無機窒素 NH_4-N	無機窒素 NO_3-N	Truog P_2O_5	置換性塩基 CaO	置換性塩基 MgO	置換性塩基 K_2O	CEC	塩基飽和度
1作	K	105.0**	1.7	11.9*	0.6						
(5/11～	M	14.6*	12.4*	25.8*	12.7*						
6/2)	K*M	12.4*	6.3	4.1	4.8						
	Q	0.9	8.1	6.5	18.1*						
2作	K	46.9**	7.5	0.4	26.7*						
(6/3～	M	42.4**	9.0	7.9	1.2						
6/24)	K*M	27.7*	25.9*	13.4*	16.2*						
	Q	6.5	76.5**	16.9*	86.7**						
3作	K	43.3**	0.9	2.2	3.6	12.0*	74.8**	4.1	2.7	0.9	54.8**
(6/25～	M	30.9*	0.5	16.3*	1.9	15.0*	37.1**	20.7*	11.1*	82.5**	22.6*
7/15)	K*M	11.6*	13.2*	3.6	10.6*	6.3	10.4*	0.4	2.5	0.9	8.6
	Q	6.6	35.7**	15.5*	37.7**	5.1	27.4*	15.9*	13.0*	30.3*	25.1*
4作	K	51.3**	24.9*	7.7	0.2	9.3	73.4**	0.0	3.3	7.2	47.9**
(9/14～	M	43.9**	0.9	0.2	0.6	11.0*	22.3*	28.3*	28.4*	2.7	37.3**
10/12)	K*M	17.4*	52.7**	0.1	3.6	4.5	13.4*	7.4	1.3	0.2	21.2*
	Q	10.7*	47.7**	0.5	4.5	4.2	27.3*	40.5**	14.0*	13.6*	31.4*

第14表　土壌の理化学性の平均値と第1水準値　　（乾土含量）

作期	項目 / 因子	pH (H_2O)	EC (mS/cm)	無機窒素(mg/100g) NH_4-N	無機窒素(mg/100g) NO_3-N	Truog P_2O_5 (mg/100g)	置換性塩基(mg/100g) CaO	置換性塩基(mg/100g) MgO	置換性塩基(mg/100g) K_2O	CEC (meq)	塩基飽和度(%)
1作	対照区	6.16	0.62	44.4	1.2						
(5/11～	平均値	6.49	0.94	23.0	16.4						
6/2)	K	6.66	—	26.2	—						
	M	6.42	0.86	27.7	12.5						
	Q	—	—	—	11.7						
2作	対照区	5.60	0.73	10.9	18.0						
(6/3～	平均値	6.11	0.99	0.8	29.7						
6/24)	K	6.26	—	—	31.9						
	M	5.97	—	—	—						
	Q	—	0.91	1.1	25.7						
3作	対照区	5.42	0.67	0.9	17.9	9	597	145	69	38.8	77.2
(6/25～	平均値	6.12	0.98	1.2	19.8	100	957	195	129	43.6	105.8
7/15)	K	6.30	—	—	—	149	1090	—	—	—	—
	M	5.98	—	1.4	—	44	863	180	99	42.0	99.4
	Q	—	0.85	1.0	13.6	—	876	182	97	42.6	99.0
4作	対照区	5.81	0.86	0.5	19.5	5	549	147	42	37.2	74.6
(9/14～	平均置	6.34	1.01	1.3	4.5	64	906	195	79	43.1	101.0
10/12)	K	6.44	1.08	—	—	—	1033	—	—	—	109.9
	M	6.25	—	—	—	26	836	176	59	—	93.2
	Q	6.30	0.91	—	—	—	828	172	65	42.0	93.8

3作，4作の葉色に交互作用がみられたが，鶏ふん堆肥は完熟区の葉色が濃く，牛ふん堆肥は未熟区の葉色が濃い傾向にあった。

コマツナの分析結果は第11，12表に示した。1作目は牛ふん堆肥区のリン酸，カルシウム，マグネシウムが多く，完熟堆肥区の硝酸態窒素，カルシウム，マグネシウムが多い傾向がみられた。また，C1％区のカルシウムも多かった。2作目は牛ふん堆肥区およびC1％区のカリ含量が多く，3作目は牛ふん堆肥区およびC1％区のマグネシウムが多い。4作目では鶏ふん堆肥区の窒素成分とカルシウムが多く，未熟堆肥区の硝酸態窒素とカルシウム，C2％区の硝酸態窒素が多い傾向がみられた。交互作用は1作目のリン酸，2作目のカリ，3作目のマグネシウム，4作目のカルシウムにみられた。カルシウムは鶏ふん，牛ふんともに未熟堆肥区が多かったが，それ以外の成分は鶏ふん堆肥は未熟区が，牛ふん堆肥は完熟区が多い傾向にあった。

土壌の理化学性は第13，14表に示した。アンモニア態窒素を除く全ての項目で，有機物施用区の値が対照区より高くなっている。pHは鶏ふん堆肥区と完熟区が1～4作ともに高く，4作目ではC1％区でも高かった。ECは1作目は完熟区が高く，4作目では鶏ふん堆肥，また2作目以後はC2％区が高い。無機態窒素のうちアンモニアは1作目では鶏ふん堆肥区，未熟堆肥区に多かったが，2作目以後はアンモニアの減少にともない，これらの傾向も弱くなった。硝酸態窒素は完熟区に多く，また施用量に応じて多くなる傾向にある。リン酸は鶏ふん堆肥区と完熟堆肥区に多い。カルシウムは鶏ふん堆肥区，完熟堆肥区，C2％区で多くなる。マグネシウム，カリは完熟堆肥区とC2％区で高くなる傾向にあったが，4作目では腐熟度の影響はなくなった。交互作用は窒素成分とECについては鶏ふん堆肥は完熟区が，牛ふん堆肥は未熟区が多かったが，その他の成分については全て，鶏ふん堆肥，牛ふん堆肥ともに完熟区が多い傾向にあった。

(3)　考　察

木質資材の作物におよぼす影響については多くの研究がある。それらをパークを中心に河田[16]がとりまとめたものがあり，そのなかでDunn[5]，Bollen[3]，Lunt[18]らの実験結果を引用し，樹種により作物の収量が減収す

るものと影響しないものがあり，また同じ樹種でも資材の老化度により障害性が異るが，窒素を添加してやることにより大部分の樹種は作物収量に影響をおよぼさない，としている。このことは，大部分の樹種については木質による生育障害は問題ではなく，分解による窒素欠乏だけが収量に影響を与えることを意味していると考えられる。

本試験ではコマツナを約20日間の栽培期間で計4作栽培した。これは生育期間の長い野菜では把握できない，施用有機物の20日毎の障害性を知るために考えた方法であり，4作合計値を1つの作物体と仮定すると，各作はそれぞれ生育過程の1段階を示していると考えることができる。この方法により検討した結果，おが屑は初期には生育障害を生じるが，20日後にはその障害はみられなくなり無機態窒素の固定（有機化）だけが問題となることがわかった。このことは，先に述べた木質障害は窒素欠乏のみが問題となるという報告に対し，作期の短い作物によっては木質の有害物質による初期障害が収量に影響を及ぼす可能性のあることを示唆している。しかし，この障害物質は土壌中ですみやかに分解すると考えられることから，木質資材を土壌に施用した後一定期間を経過してから播種すれば，窒素欠乏だけが問題になることを示している。

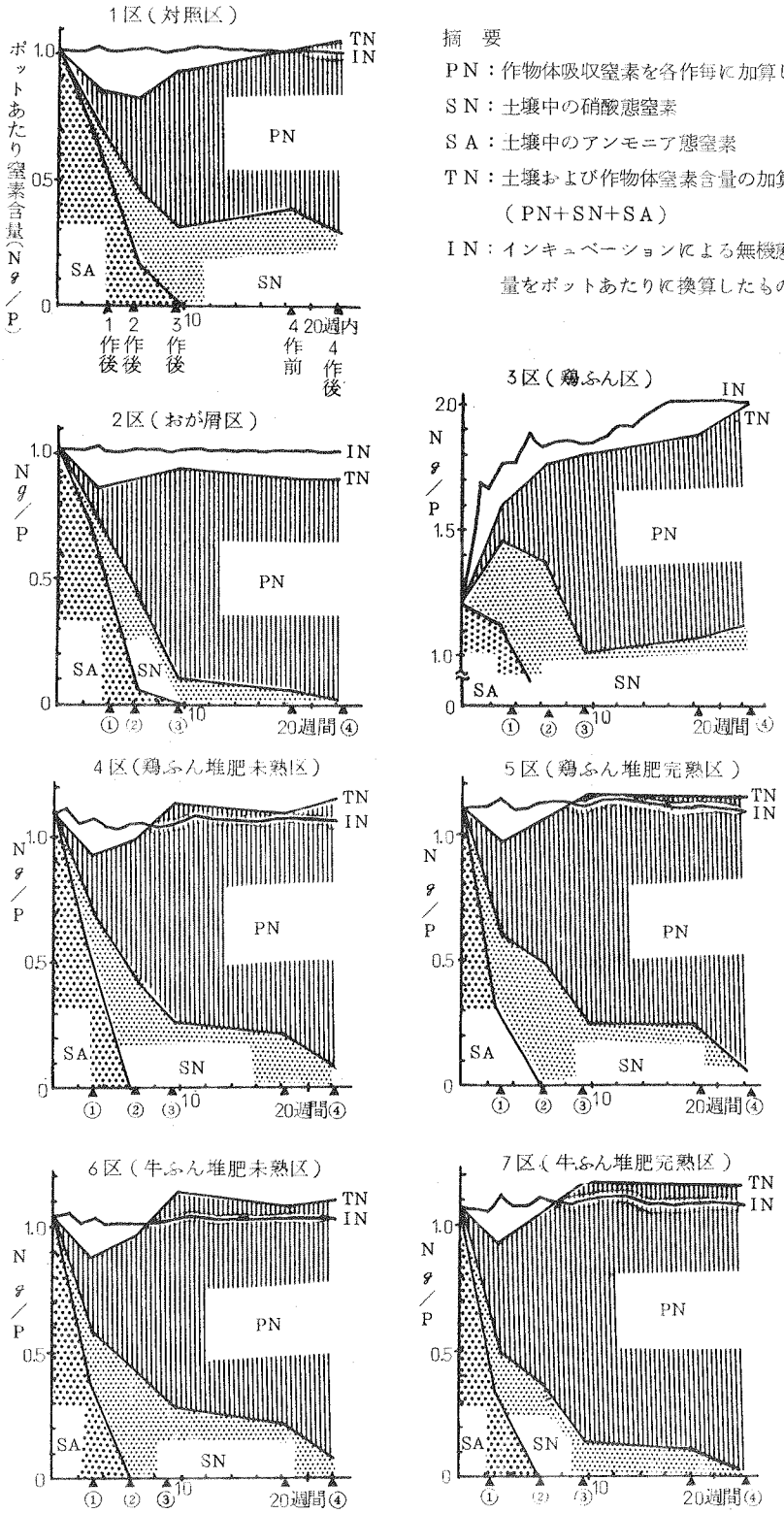
堆肥の腐熟度が作物と土壌におよぼす影響については，直交表を利用した実験により明確にすることができた。収量におよぼす影響は，土壌施用直後（20日以内）には腐熟度の影響が大きく，完熟堆肥の収量が高いが，その後は逆に未熟堆肥の収量が高くなった。また，C1％区とC2％区には統計上有異な差はなく，逆にC2％区が減収することもあった。これらのことは，おが屑と同様に未熟堆肥の障害性が短期間に土壌中で分解されること，および堆肥の施用量は多ければよいのでなく適量のあることを示している。この施用量について伊藤ら[15]は，0～60tの牛ふん尿きゅう肥連用による牧草栽培試験の結果，収量は施用量にともない増収するが，10t以上の区では増収率に大差がないとしている。本実験のC1％区は10aあたり生堆肥10t，C2％区は20tに相当する。作物や有機物の性質に違いはあるが，類似した結果と考えられる。また，土壌の理化学性におよぼす影響については，施用した有機物の性質がそのまま土壌に反映される傾向にあった。

有機物施用の大きな役割として窒素の供給がある。このため，施肥した化学肥料および施用した有機質に由来する無機態窒素の作物吸収量（PN）および土壌残存量（SA，SN）を計算した結果を第4図に示した。あわせて有機物から放出された無機態窒素の変化をみるために，第1図に示した無機態窒素発現量をポットあたりの数値に換算したものを図中に示した（IN）。なお，作物体吸収量（PN）は毎作のコマツナの窒素吸収量をそれぞれ加算したものである。

全体に1作と2作は，土壌中の無機態窒素含量と作物吸収量の合計が施用窒素量を下まわった。これはコマツナ残根や有機物分解の微生物として，窒素が有機化したものと考えられる。対照区（1区）では3作後から4作までの無栽培期間の窒素量が増加する傾向がみられたが，これは残根や微生物の形で有機化された窒素が無機化したものと考えられる。また，4作後の窒素合計が施肥窒素量をこえたことの原因は不明確であるが，実験誤差あるいは土壌中の腐植様物質の分解によるものと考えられる。4作終了後では施肥窒素の30％が土壌に残り，70％が作物に吸収されていた。

おが屑区は窒素合計（土壌残量と作物吸収量の和：TN）が全期間にわたって施肥窒素量を下まわり，窒素の有機化が継続していることがわかる。図中に示した窒素発現量（IN）は，第1図のうち窒素を加えないおが屑だけの結果を示した。4作終了後では90％の窒素が作物に吸収され土壌中にはほとんど残存せず，残りの10％は有機化量であった。また，全期間にわたって土壌中の硝酸態窒素含量が他区より少い傾向にあった。このことは，供試した土壌のように比較的粘土の多い土は，おが屑施用による物理性の改善効果により，硝酸化成を受けたのち効率よく作物体に吸収されたためと考えることができる。鶏ふん区は鶏ふんからの窒素放出が極めて多く，窒素合計は他区の2倍近くになっている。栽培期間を通じて窒素合計は鶏ふんからの放出量を下まわったが，4作終了後には両者はほぼ一致した。4作終了後でも土壌中には1.1gの無機態窒素が残存していた。

堆肥施用区は，4つの区ともほぼ類似した傾向がみられた。すなわち，2作目までは窒素合計が有機物からの無機態窒素放出量を下まわり，3作目から逆転する。この原因については，2作までは他の区と同様にコマツナ残根等の形で窒素が有機化したものであり，以後の増加はこれらが無機化したことを意味する。堆肥施用区で無機化の著しかった原因としては，元肥の施用によりC／N比を低下させたこと，および作物生育が他の区より良く，根圏微生物の活動が著しかったために有機物の分解が促進されたためと考えることができる。また，未熟物は鶏ふん堆肥，牛ふん堆肥ともに3作収穫後から4作前まで



摘　要

PN：作物体吸収窒素を各作毎に加算したもの

SN：土壌中の硝酸態窒素

SA：土壌中のアンモニア態窒素

TN：土壌および作物体窒素含量の加算値（PN＋SN＋SA）

IN：インキュベーションによる無機態窒素の発生量をポットあたりに換算したもの

第4図　ポット施用窒素の土壌残存量と作物吸収量の変化

（土壌，作物体の窒素含量をポットあたりに換算した）

の無栽培期間に窒素合計の減少がみられた。これは土壌中での窒素の有機化に影響されたものであるが，第1図に示した無機態窒素の発現では，未熟物は12週目以後無機態窒素が放出されることになっており，本結果と異る傾向を示している。この原因については不明であるが，作物を栽培した場合と，無栽培の場合では有機物の分解様式が異ることが考えられる。完熟物ではこの傾向がほとんどみられなかった。4作終了後では，有機物施用区は全て窒素の95%以上が作物体に吸収されており，土壌中の残存量は極めて少かった。これはおが屑区と同様に，土壌の物理性の改善効果によるものと同時に，有機物から供給されるリン酸等の影響もあるものと考えることができる。

3. 無底土管栽培試験

(1) 試験方法

ポット試験と同じ土壌（火山灰心土）を内径45㎝で1/628aに相当する土管に60㎝の深さに詰め，試験を実施した。有機物は第1表の素材から鶏ふんを除いた5種類を生のまま供試し，試験開始時にだけ表層15㎝までの乾土あたり炭素として1%に相当する量を施用した。窒素，リン酸，カリは各成分がそれぞれ10g となるよう燐加安42号を71.4g 毎作施肥し，全量元肥とした。土管あたり2株とし，2連で実施した。供試作物と栽培時期は次のとおりである。1作：スイートコーン（品種：ハニーバンタム），昭和56年5月22日播種，8月13日収穫。2作：キャベツ（品種：YR錦秋），56年7月6日播種，8月20日定植，10月31日収穫。

収量調査は部位別に生重，乾重を求め1株あたりの平均値で表示した。作物体および土壌分析方法は，ポット栽培試験に準じた。

(2) 実験結果

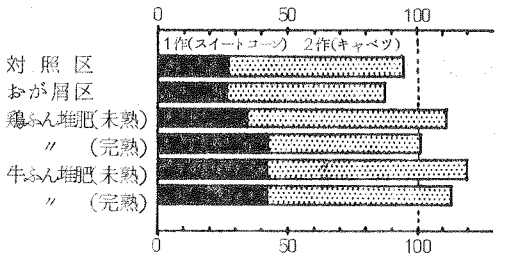
ア．収量調査

結果は第15表に示した。1作目のスイートコーンは，おが屑区（2区）の初期生育が不良であり生育が遅れ，乾物収量は20%の減収となった。堆肥施用により収量は増加し，鶏ふん堆肥より牛ふん堆肥が多く，未熟区より完熟区の収量が多い。特に牛ふん堆肥完熟区（6区）は全体で42%，実部で57%の増収となった。

2作目のキャベツもおが屑区では1作目と同様に減収したが，8%の減収にとどまった。有機物の施用により結球部は増収の傾向にあったが，全体重でみると，1作目で最高収量となった牛ふん堆肥完熟区は対照区とほぼ同じであった。また，処理区間の傾向は1作目と全く逆であり，鶏ふん堆肥未熟区（3区）は12%の増収となった。1作と2作のこの違いは，コマツナを用いたポット試験の結果と一致する。

イ．作物体の窒素吸収率

施肥した窒素（2作計で20g）を100としたとき，スイートコーンとキャベツに吸収された窒素量の比を求め第5図に示した。スイートコーンはキャベツに比べ吸収量が少い。スイートコーンでは鶏ふん堆肥完熟区，牛ふん堆肥区で多く吸収され，キャベツでは鶏ふん堆肥，牛ふん堆肥ともに未熟区の吸収量が多い。2作を合計すると，対照区の利用率95%，おが屑区89%，鶏ふん堆肥未熟区112%，完熟区102%，牛ふん堆肥未熟区120%，完熟区114%であった。堆肥施用区は100%をこえ，堆肥中



第5図　スイートコーン・キャベツの窒素利用率
(注) 施肥窒素を100としたときの指数で表示した

第15表　土管試験の部位別乾物収量　（1株あたりのg）

処理区＼作目と作期＼部位	スイートコーン（5/22～8/13） 実部	茎部	葉部	計（%）	キャベツ（8/20～10/31） 結球部	外葉部	計（%）
1. 対照区	84	49	49	182(100)	114	115	229(100)
2. おが屑	65	40	40	145(80)	112	98	210(92)
3. 鶏ふん堆肥（未熟）	108	43	45	196(108)	136	120	256(112)
4. 〃 （完熟）	107	49	60	216(119)	119	111	230(100)
5. 牛ふん堆肥（未熟）	110	53	46	209(115)	129	111	240(105)
6. 〃 （完熟）	132	70	56	258(142)	127	100	227(99)

から窒素の放出のみられたことがわかる。

ウ．土壌の理化学性

結果は第16表に示した。有機物の施用により各成分が増加する傾向にあることはポット試験と同様であった。リン酸とカリは2作目の含量が多い傾向がみられたが，これは毎作元肥を施肥したために生じた結果である。塩基成分等の減少の程度は，コマツナを用いたポット試験の4作収穫後の結果と，本試験の1作収穫後の結果とが類似した値を示した。

第16表　土管試験の土壌の理化学性　　（乾土含量）

調査時期	処理区	pH (H_2O)	EC (mS/cm)	Truog P_2O_5 (mg/100g)	置換性塩基(mg/100g) CaO	MgO	K_2O	CEC (meq)	塩基飽和度(%)
スイートコーン収穫後	1. 対照区	5.85	0.30	6	586	122	72	36.8	77.4
	2. おが屑	5.95	0.47	7	600	129	54	34.9	82.9
	3. 鶏ふん堆肥（未熟）	6.03	0.32	18	683	135	79	37.9	86.5
	4. 〃（完熟）	6.61	0.35	135	1000	159	113	40.6	113.2
	5. 牛ふん堆肥（未熟）	6.22	0.33	16	618	141	71	36.3	84.1
	6. 〃（完熟）	6.27	0.19	38	678	153	98	39.3	86.2
キャベツ収穫後	1. 対照区	5.40	0.12	21	398	89	86	38.0	53.7
	2. おが屑	5.31	0.15	14	404	83	103	38.9	53.2
	3. 鶏ふん堆肥（未熟）	5.45	0.14	41	484	79	128	39.7	60.3
	4. 〃（完熟）	6.60	0.12	189	948	144	216	44.9	101.4
	5. 牛ふん堆肥（未熟）	5.57	0.14	35	481	110	128	41.4	61.2
	6. 〃（完熟）	5.71	0.12	59	520	120	159	42.3	65.9

(3) 考察

ポット試験では乾燥粉砕堆肥を用いたが，本試験では生堆肥を供試した。その結果，腐熟度の作物収量におよぼす影響はほぼコマツナのポット試験結果と一致し，1作目に大きく影響し，土壌中で一定期間を経過すると問題がなくなることを示していた。しかし，おが屑の障害は2作目にまでおよび，ポット試験に比べ，おが屑の障害がかなり長期間継続する傾向がみられた。これはおが屑がプレーナー屑を含むためであり，そのため有害成分の分解が遅れたものと考えられる。

第5図に示した施肥窒素の利用率をみると，対照区で施肥窒素の95%が作物体に吸収されている。第4図に示したコマツナの結果では施肥窒素の70%しか利用されていない。この差については土壌の物理性が影響していることも考えられる。すなわち，ポット試験では5mm以上の礫を除いた土壌を供試したが，土管試験では除礫せず，充てん直後に使用したため土がやわらかく，2作終了後の土壌三相は固相20%，液相40%，気相40%程度であり固相率が低かった。このため，土壌に粗大有機物を投入したのとみかけ上は同じになったことによると考えられる。同時に，本実験に供試した火山灰土壌はリン酸吸収力が極めて大きく，ポット試験は初回だけ施肥したためリン酸が不足し，本試験は毎作施肥したために作物体の生育が良好になったことをあわせて影響したことが考えられる。

4. 総合考察

おが屑混合鶏ふん堆肥の腐熟度が作物におよぼす影響を知るために，牛ふん堆肥と対比しながら①素材のもつ理化学的性質，②ポット試験によるコマツナ連続栽培に対する影響，③無底土管による圃場条件での確認，の3つについて検討した。その結果，資材としては牛ふんがすぐれていたが，ほぼ同様の効果をもつことがわかった。この堆肥の原料であるおが屑と鶏ふんは，ともにそのままでは作物生育に障害をおよぼすことが知られている。おが屑は，短期的にはフェノール性酸に起因すると考えられる障害，長期的には分解にともなう窒素飢餓の害があり，鶏ふんは易分解性物質の急激な分解にともなう害がある。これらの障害を回避するために堆肥化処理が行われている。おが屑中の有害物質による障害は，熱処理や土壌中に一定期間保持することによっても回避できる。しかし，土壌中での分解は粉砕したおが屑を供試した場合は1カ月以内で十分であったが，プレーナー屑を含むおが屑では3カ月以上も必要とした。同様に生ふんの障

害も土壌中に一定期間保持することによって回避できる。土壌中で生ふんの易分解性物質が激しく分解するのは2週間までであり，生ふんも適切な施用の方法に従えば各種作物に効果を期待できること[1]，その野菜に対する限界量は10aあたり牛ふん100t，鶏ふん50tにもおよび[21]，その残効は3～5年継続すること[22]が報告されている。このようにおが屑や鶏ふんはともに土壌中に一定期間保持する時間があれば作物におよぼす障害の大部分は回避できる。しかし，集約栽培下で有機物施用後すぐに作物を栽培する場合は，安心して使用できるまで堆肥化とその後熟を行うことが必要なことは言うまでもない。

堆肥の腐熟度の作物におよぼす影響については，原料が鶏ふん，牛ふんともに未熟堆肥施用後の作物生育は，施用直後は完熟堆肥に比べて劣るが，土壌中で一定期間を経過すると逆に増収する。この傾向はポット栽培，無底土管栽培ともに認められた。第1作目の未熟堆肥は作物収量が完熟堆肥に劣るが，化学肥料だけの対照区よりは多い。しかし，第3表に示した発芽率においては対照区より低くなる傾向がある。これは，おが屑や鶏ふんと同様に未熟堆肥中にも作物生育阻害因子があり作物の初期生育を阻害するが，土壌中で比較的はやく分解され無害化する。その後は有機物のもつ土壌の理化学性改善効果で生育が良好になると考えられる。このことは第10表のM（腐熟度）の第1水準（未熟）の平均値と対照区の値を比較すれば，生育量が播種後約2週間を経過した時点で逆転していることからもうかがわれた。未熟堆肥の生育阻害効果は2週間でほぼ消失すると考えられる。

堆肥の施用による収量増の要因としては，第1に窒素の供給があげられる。しかし，本実験に用いた1/5000aワグネルポットでコマツナを栽培する時，土壌や作期にかかわりなく窒素1gで最大収量が得られる[8]ことがわかっている。このことから，単に有機物からの窒素の供給だけでなく，物理性や他の化学成分の影響による改善効果もあわせて考える必要がある。とくに，本試験に供試したような低リン酸含量の火山灰心土では，リン酸の供給効果が大きく影響することが考えられる。また，第4図に示した結果から，作物栽培にともなう根圏微生物の増加が，土壌中の有機物の分解を促進する可能性のあることが示唆されたが，これら微生物相におよぼす影響やこれにともなう有機物分解については，さらに検討する必要がある。この無栽培下での窒素の発現性と，同じ環境条件下で栽培されたポット試験の窒素の変化が一致しなかったことは，無栽培下でのインキュベーション試験の限界を示していると思われ，ガラス繊維炉紙法等による作物栽培環境に保持された有機物の分解様式についての検討が，あわせて必要であると考えられる。

本実験結果からみるかぎり，未熟堆肥に起因する障害は極めて短期間に土壌中で無害化され，未熟堆肥を土壌施用し2週間以上の時間を経過したのち作物を栽培すれば，むしろ高収量が期待できるといえる。しかし，有機物を堆肥化することの意味は，作物への障害を回避することだけでなく，堆積にともなう発熱利用により家畜ふん尿等に含まれる有害細菌や雑草の種子を殺すことや，堆肥化による悪臭の除去等，農業環境におよぼす障害の軽減や，農作業上の取扱いを良くする等の利点がある。このため，必ず一次発酵により十分発熱させた資材を施用する必要がある。また，いかなる栽培条件下でも安心して使用できる堆肥ということになると，完熟させる必要がある。

堆肥の腐熟度の指標はC／N比や硝酸態窒素の発現を中心に論じられている。近年，原田[10]は信頼性の高い堆肥の塩基置換容量測定法を開発し，これを腐熟の尺度に適用しようとしている。また，井ノ子[14]は還元糖割合（全炭素にしめる還元糖態炭素の比率）が腐熟の尺度としては有効であるとしている。これは分析手法によるものであるが，簡易方法としては古くからミミズの利用[28]が知られている。近年，HERTELENDY[11]，井ノ子[13]は円形沪紙クロマト法により都市ゴミコンポストの腐熟度が簡易に判定可能であるとしている。この方法については藤原ら[7]，井ノ子ら[12]は，鶏ふんと豚ふんには適用可能であるが，牛ふんや木質の混合したものには適用できないことを報告している。さらに，木質の混合した堆肥については，走査型電子顕微鏡による微細構造の検討が好ましい[6]ことも報告されている。このように，堆肥の腐熟度判定については，従来の化学分析から簡易迅速判定法に目がむけられつつあるが，各種資材に共通して適用不能なものはなく，今後生産現場で容易に判定可能な手法の開発が望まれる。

著者らの従来の研究[6,12]から判断し，鶏ふんと等量以上のおが屑を混合した堆肥については，C／N比20以下で硝酸化成のみられることが完熟堆肥の条件と考えられる。このためには堆肥舎内での一次発酵だけでは不十分であり，さらに2カ月以上野積みし，常温での微生物活動により木質を分解させることが必要である。

本報告では，腐熟度の作物生育におよぼす影響について検討したが，さらに土壌中での分解過程を明らかにする必要がある。この過程が明らかになれば，窒素や他の養分の変化予測が可能となり，農耕地の地力維持のため

の有機質資材の適正な利用方法と施用基準が確立されることになる。

要　　約

1. おが屑鶏ふん堆肥の腐熟度が作物生育におよぼす影響を知るために，牛ふん堆肥と比較しながら，その特性と作物におよぼす影響について検討した。あわせて，堆肥の原料である生鶏ふんやおが屑についても検討した。

供試した有機物のC／N比は，おが屑760，生鶏ふん8.8，鶏ふん堆肥未熟26.1，完熟18.2，牛ふん堆肥未熟19.3，完熟13.8であった。

2. これら有機物の無機態窒素放出量を26週間にわたって検討した結果，おが屑は窒素の有機化がみられたが，逆に鶏ふんでは全窒素の約½が無機化された。堆肥化されたものは，鶏ふん，牛ふんともに完熟物の窒素の無機化量はほぼ一定であったが，未熟物では2～10週の間有機化される傾向にあった。

3. 炭酸ガス発生量は，生鶏ふんおよび鶏ふん堆肥と牛ふん堆肥の未熟物で著しかった。また，おが屑の炭酸ガス発生量は少なかったが，窒素を添加することにより分解は促進された。

4. コマツナを連続して4作ポット栽培した結果，1作目では，おが屑および生鶏ふん区が減収した。また，鶏ふん堆肥および牛ふん堆肥の施用により増収したが，腐熟度による差は明らかであり，未熟区に比べ完熟区は約1.5倍の高収量となった。2作目以降では，おが屑および生鶏ふんの障害は消え増収し，未熟堆肥区においても同様に障害が認められず増収した。

5. 有機物の施用によるコマツナ4作の収量合計値は全て対照区より多く，腐熟度による差は認められず，ほぼ同じ収量となった。また，この4作時の窒素収支を計算した結果，土壌中の無機態窒素含量と作物吸収量の合計値が，インキュベーション試験で求めた無機態窒素放出量より多くなり，施肥や作物生育が有機物の分解を促進することが示唆された。

6. 無底土管によりスイートコーンとキャベツを栽培した結果，コマツナのポット栽培とほぼ同様の結果がえられた。しかし，ポット栽培に比べおが屑の障害はさらに長期におよんだ。

7. 以上の結果より，おが屑や未熟な堆肥は作物生育に障害をおよぼすが，その障害は一定期間土壌中に保持することにより消失すること，おが屑混合鶏ふん堆肥は，牛ふん堆肥とほぼ類似した効果のあることがわかった。

引　用　文　献

1) 蟻川浩一ら：家畜ふんの農業利用に関する研究，神奈川県農業試験研究機関共同研究報告，第1号，p.27～48 (1971)

2) Allison, F.E.：Decomposition of Wood and Bark Sawdusts in Soil, Nitrogen Requirements, and Effect on Plants. USDA Agricultural Research Service, Technical Bulletin No. 1332 (1965)

3) Bollen, W.B. and Gleine, D.W.：Sawdust, bark and other wood wastes for soil conditioning and mulching. For. Prod. J. 11 (1) p.38～46 (1961)

4) 土壌微生物研究会編：土壌微生物実験法，p.273，養賢堂 (1975)

5) Dunn, S., Wolfe, L.P. Jr., Mac Donald W.A. and Baker, J.R.：Field plot studies with sawdust for soil improvement. Plant and Soil, 2, p.164～170 (1952)

6) 藤原俊六郎・鎌田春海・井ノ子昭夫：おが屑混合鶏ふん堆積物の腐熟に伴うおが屑の分解　走査電子顕微鏡による微細形態変化の観察，土肥誌，51 (3), p.203～209 (1980)

7) 藤原俊六郎・井ノ子昭夫・松崎敏英・鎌田春海：家畜ふんの堆積に伴う有機成分組成の変化と円形沪紙クロマトグラフィーによる腐熟度検定，土肥誌，52 (4), p.311～316 (1981)

8) 藤原俊六郎・鎌田春海：作物栄養診断基準設定試験（第1報）コマツナの葉色と窒素成分含量について，神奈川農総研土壌肥料試験研究成績，13, p.42～49 (1981)

9) 藤原俊六郎・鎌田春海：家畜ふん堆肥の農業利用その腐熟度と作物生育について，神奈川県農総研土壌肥料試験研究成績，14, p.23～50 (1983)

10) Harada, Y. and Inoko, A.：The Measurement of the Cation Exchange Capacity of Composts for the Estimation of the Degree of Maturity. Soil Sci. Plant Nutr., 26 (1), p.127～134 (1980)

11) Hertelendy, K.：Paper Chromatography, a Quick Method to Determine the Degree of Humification. IRCWD News, No. 7, November (1974)

12) 井ノ子昭夫・藤原俊六郎：円形沪紙クロマトグラフィーによるおが屑，木屑混合家畜ふん堆積物の腐熟度検定の可能性，土肥誌，50(6)，p.517～522(1979)
13) 井ノ子昭夫：円形沪紙クロマトグラフィーによる都市ごみコンポストの腐熟度の簡易検定法，土肥誌，50(2)，p.127～132(1979)
14) INOKO，A.：On Some Organic Constituents of City Refuse Composts Produced in Japan. Soil Sci. Plant Nutr., 25, p.225～234(1979)
15) 伊藤祐二郎・塩崎尚郎・橋元秀教：多腐植黒ボク土の畑地における牛ふん尿きゅう肥の大量連用と土壌の肥沃性，九州農試報，22(2)，p.259～320(1982)
16) 河田弘：バーク（樹皮）堆肥製造・利用の理論と実際，p.49～61，博友社(1981)
17) 草野秀・小川和夫：作物体に含まれるフェノール性酸について，土肥誌，45(1)，p.29～36(1971)
18) LUNT，O.R. and CLARK，B.：Horticultural Applications for Bark and Wood Fragments. For. Prod. J., 9(4), p.39A～42A(1959)
19) 松崎敏英：家畜ふん尿の農業利用に関する研究，神奈川農研報，118，p.6(1977)
20) 農林水産省農蚕園芸局農産課編：堆きゅう肥等有機物分析法，土壌保全対策資料第56号(1979)
21) 大森庄次・杉本正行・小倉功：園芸作物に対する家畜ふんの多量利用に関する研究（第1報）野菜に対する生ふんの利用試験，神奈川園研報，20，p.58～66(1972)
22) 大森庄次・杉本正行・小倉功：園芸作物に対する家畜ふんの多量利用に関する研究（第3報）野菜に対する生ふんの持続効果，神奈川園研報，24，p.59－68(1977)
23) PATRICK，Z.A.：Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plant Residues. Soil Sci, 111, p.13～18(1971)
24) 佐藤俊：きゅう堆肥の生産利用からみた木質物類（おがくず・樹皮）の特性，畜産の研究，30(1)，p.227～230(1976)
25) 吉田重方：オガクズ堆肥施与による作物の生育障害とその発生原因，農園，50(2)，p.295～300(1975)
26) 吉田重方：オガクズに含まれる植物の生育阻害物質について，日草誌，21(2)，p.102～108(1975)
27) 吉田重方：オガクズに含まれるフェノール性酸の分離とその生長阻害活性について：日草誌，21(4)，p.327～330(1975)
28) 吉野実：家畜糞尿堆肥類の簡易熟度判定法，農園，54(6)，p.35～38(1979)
29) 農林水産省農産園芸局農産課編：土壌，水質及び作物体分析法(1979)

Summary

Today, Utilization and final disposal of animal wastes have posed a serious problem along with the use of farmyard manure which drastically decreased to such an extent as to deteriorate the fertility of the soil

Generally, animal wastes are mixed with cereal straw, fallen leaves and other materials to decrease moisture and maintain aeration during the period of composting. In recent days, a great amount of sawdust is used as bulking materials for composting animal wastes. Studies on the utilization of animal manure compost with large quantity of sawdust are under active investigation. Problem related to safety and availability of nutrients in chicken composts for farm crop cultivation have yet to be solved. The application of wood fragments mixed with animal wastes have heen observed to be harmful for crop growth, depending on the maturity of compost. A comparative experiment on the efficacy of chicken and cow manure compost were carried out focusing on these problems. Materials used and their C:N ratios were as follows:

Sawdust, chicken droppings, immature chicken manure compost, mature chicken manure compost, immature cow manure compost and mature cow manure compost were 760, 8.8, 26.1, 18.2, 19.2 and 13.8, respectively. The mineralization rate of nitrogen in these

materials were investigated during the period of 26 weeks. As per result, nitrogen was immobilized when the sawdust was applied, on the other hand, 50% of nitrogen were molbilized when the chicken droppings were applied. Similar trends were observed on the rate of nitrogen mineralization between the mature manure composts produced from both chicken droppings and cow dung, and almost the same rate of mineralized nitrogen was also observed. Nitrogen in the immature manure compost was found to be immobilized during the period of 2-10 weeks. A large mount of carbon dioxide was observed to evolve from the soils applied with chicken droppings and immature manure compost. Beside, it was also recognized that decomposition rate of sawdust were forced to be accelerated by adding nitrogen. At the begining of an experiment of four successive cultivations of Komatsuna, it was observed that yield of Komatsuna on a land applied with sawdust and chicken droppings was decreased. And the yiels of Komatsuna were increased in soils applied with mature compost than those applied with immature manure compost. And higher yield without any abnormal growth of Komatsuna was obtained in the next crop in all treatments. Total amount of fresh yield of Komatsuna by weight was higher than those of control. But regardless of the maturity of organic material applied, total amount of yield was almost the same among the treatments. It was proved that the decomposition of organic materials applied were increased by the fertilization and/or the crop cultivation. On the determination of nitrogen balance, the rate of nitrogen uptaken by Komastsuna were advantageous than those of the nitrogen rate mineralized in the soil. And also, similar result was obtained in case of experiment on the sweet corn and cabbage cultivation by earthen pipe test.