

## おがくず牛ふん堆積物の腐熟過程

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
巻/号	524
掲載ページ	p. 339-346
発行年月	1981年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# おがくず牛ふん堆積物の腐熟過程\*

渡辺 実\*\*・板川秀雄\*\*・矢崎仁也\*\*\*

キーワード おがくず牛ふん, 腐熟過程, 無機成分, 腐植物質

## 1. 緒言

最近のように農業後継者が不足し, かつ営農体系の集約化が進んだ状況のなかでは, 従来どおりの有機物の確保や自家堆きゅう肥の製造はきわめて難しくなっている。必然的に地力の維持増強対策として産業廃棄物を含めた代替有機物への依存度が高まり, 量的, 質的の面からより効率的な代替有機物の検索が急務となっている。このような状況のなかで, 最近各種家畜ふんに脱臭や水分調整効果を目的にしたおがくずを混合し, 堆積熟成させたおがくず堆肥を使用する農家がふえている。しかしながらその施用効果については, 土壌の物理性の改善<sup>1)</sup>や地力増強効果<sup>2)</sup>が認められる反面, 無機態窒素の有機化に伴う一時的な窒素飢餓<sup>3)</sup>や木質資材に由来するフェノール物質などによる生育阻害<sup>4)</sup>など負効果を報告する例も多く, 施用の功罪がはっきりしないままに使用されているのが実状である。実際に農家で使用する場合には, 十分に腐熟させたものを使用することが指導される一方で, 腐熟度合判定上の基準となる腐熟度判定法<sup>5-7)</sup>についても, いろいろな角度から検討が進められている。しかしながら現状ではおがくず堆肥の腐熟過程が稲ワラ堆肥などかなり異なること, あるいはそれ自身の物質論的な検討や施用効果についての実例が少ないために, その分解特性や施用効果ならびに腐熟度判定法については, まだまだ不明な部分が多いものと考えられる。そこで筆者らは各種有機資材を効率的に活用するための一段階として, おがくず牛ふん堆積物の腐熟過程について, 温度, 色調, 無機, 有機成分ならびに腐植物質の変化について検討し, 若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 実験方法

実験は昭和53年5月6日から9月5日までの約4カ月間と, 昭和54年5月4日から昭和55年2月4日までの

\* 家畜ふん堆肥の有効利用に関する研究(第1報)  
本報告の概要は日本土壤肥料学会昭和54年度北海道大会ならびに昭和55年度関東支部大会で発表した。

\*\* 山梨県農業試験場(407-01 山梨県北巨摩郡 双葉町 下今井1100)

\*\*\* 日本大学農獣医学部(154 東京都世田谷区下馬町 3-34-1)  
昭和56年2月14日受理  
日本土壤肥料学雑誌 第52巻 第4号 p.339~346 (1981)

9カ月間堆積の2回に渡って実施した。前者では堆積期間中の色調, 臭気, 温度変化について, また後者では無機, 有機成分ならびに腐植物質の変化について検討した。

### 1) 供試試料

甲府市内酪農家(甲府市羽黒町)産のおがくず牛ふん堆積物を使用した。製造法はおがくずおよび牛ふんのほぼ等量(容積比)をスクリュウコンベヤーで混合後, 専用堆肥舎に約10日ほど堆積した。敷料としたおがくずについての聞きとり調査では, 外材主体とのことであるが, 樹種名は不明であった。また成分組成については牛ふんが窒素3.80%, 炭素62.58%, C/N率16.34であり,<sup>1)</sup> おがくずは窒素0.22%, 炭素64.10%, C/N率290.9のものを使用した。

### 2) 堆積方法および場所

80×80cmの円筒金網ケージに約400kgを堆積し, 同時に直径6cm, 長さ120cmのドレーンホース4本を埋設した。なお側面と底には古ビニールを敷き, また円筒上部には防水シートで屋根を作りケージ内への雨水の浸水を防ぎ, 農試場内に堆積した。なお切り返しは約1カ月間隔で行った。昭和53年5月6日~9月15日までの堆積では3回, 昭和54年5月4日~55年2月4日までの堆積では計8回の切り返しを行った。

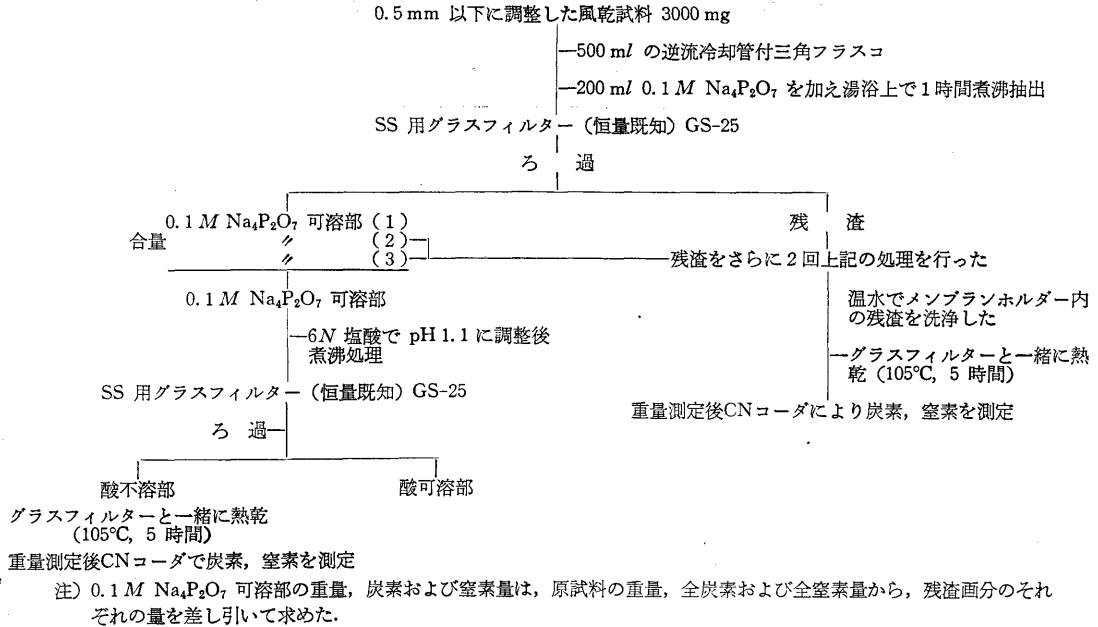
### 3) 測定法

堆積状態における色調変化は標準土色帳, 臭気は嗅覚法により判定した。温度は自記平衡記録計ER-4030-10型(横河電気)により測定した。温度センサーは上層0~15cm, 下層65~80cmに設置し測定した。

### 4) 化学分析

pH, EC, 無機, 有機成分ならびに腐植物質についてはいずれも風乾物試料により測定した。各採取時期の試料は0.5mm以下になるように粉碎調整し分析に供した。pH, ECは常法により, また全炭素, 全窒素はCNコーダ(柳本MT500型)により測定した。無機態窒素はブレムナー法<sup>8)</sup>により測定した。さらに塩基, 微量元素, リン酸については湿式分解後, 原子吸光法ならびにバナドモリブデン酸法により測定した。有機成分については「堆きゅう肥等有機成分分析法<sup>9)</sup>」に準じて行った。腐植物質の光学特性についてはほぼ栗原<sup>10)</sup>の手法

別表 おがくず牛ふん堆積物の腐植物質の分画法



に準じて行った。すなわち試料 0.5 g を 100ml のメスフラスコに採取し, 0.1 M ピロリン酸ナトリウム液 (pH 9.65) 75 ml を加え沸とう水中で約 1 時間処理を行い, 冷却後 0.1 M ピロリン酸ナトリウム液で 100 ml にした。これをろ過したのち, ろ液 10ml を別のメスフラスコに採取し, 純水で 100 ml にした (溶液中のピロリン酸ナトリウム濃度 0.01 M)。この液について, 0.01 M ピロリン酸ナトリウム液を基準として分光光度計 (日立 200-20 型) を用いて 370~700 nm の可視部および 200~500 nm の紫外ならびに可視部の吸収スペクトルを測定し, 下記式 (1), (2) により吸光係数および色調係数 ( $\Delta \log K$ ) を求めた。

$$\text{吸光係数 } K = 1/bc \log T/T_0 \quad (1)$$

b: セルの厚さ, c: 溶液中の腐植物質濃度,  $\log T/T_0$ : 吸光度。

$$\text{色調係数 } \Delta \log K = \log K_{400} - \log K_{600} \quad (2)$$

また腐植物質の分画定量については別表の方法により検討した。

### 3. 結果および考察

#### 1) 堆積物の色調, 臭気, および温度変化

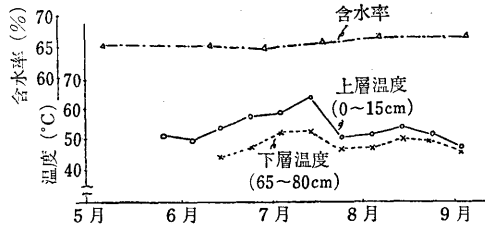
堆積物の色調および臭気の変化は第 1 表に示したとおりである。堆積開始時の色調はやや黄色味をおびた褐色 (10 YR 4/6) を呈したのに対して, 約 1 カ月経過後は黒褐色 (7.5 YR 2/3) に変化した。しかし, それ以降の 3

第 1 表 堆積後の色調と臭気変化

採 取 日	色 調		臭 気	
	色	土色帳の判定	上層*	下層**
堆 積 直 後 (5/6)	褐色	10 YR 4/6	卍	卍
約 1 カ月後 (6/12)	黒褐色	7.5 YR 2/3	卍	卍
約 2 カ月後 (6/30)	黒褐色	7.5 YR 2/3	卍	卍
約 4 カ月後 (9/15)	黒褐色	7.5 YR 2/2	+	+

\* 0~15 cm, \*\* 65~85 cm.

カ月間にはあまりはっきりした変化は認められなかった。一方, 臭気については約 1 カ月後に上層ではかなり刺激臭の減少がみられたが, 下層ではなお開始時と同程度の臭いが残った。堆積 2 カ月後になると下層でもかなり刺激臭の減少がみられ, さらに約 4 カ月後になると上, 下層においてほとんど臭気を感じられなくなった。このような堆積物の外観の観察からも堆積過程での分解や腐植化の進行が示唆された。初め黒褐色化する色調変化はおもに腐植物質の増加を, また, 臭気の減少は易分解性有機物の分解過程を示したものと想定した。しかし, 腐植物質の変化については後述するように, 堆積物の色調ほどにはそのアルカリ抽出液の暗色化現象は進んでおらず, むしろ堆積物の黒褐色化は牛ふんに由来した色素や分解過程で中間的に生成される褐色物質<sup>11)</sup>などに影響されたものと推察された。次に堆積期間中の温度変化を旬別平均値で第 1 図に示した。堆積初期の温度変化はセンサーの導入が遅れたために測定できなかったが, それでもな



第1図 堆積期間中の温度ならびに含水率変化  
注) 温度は旬別平均。

お上, 下層では堆積約1ヵ月後から再び温度の上昇を始め, 7月中旬には上層65°C, 下層54°Cの最高温度をそれぞれ記録した。それ以後は切り返しのつど温度の昇降を繰り返しながら低下する傾向をたどった。上下層間の温度較差は初め上層が下層に比べ約10°C高く堆積したが, それ以後は順次その差が減少し, 約4ヵ月後には上下層間にほとんど温度差がみられなくなった。この時期になると堆積物中の主なる易分解性有機物は分解が終了し, 堆積物が比較的安定な状態に変化したものと推察された。また, そのような温度変化はおもに易分解性有機物の分解過程を示したものと考えられ, その傾向は従来の稲ワラ堆肥<sup>12)</sup>と同様に, 切り返しの伴ういくつかの山や谷を持ちながら分解や腐植化が進行することが示唆された。しかし, その分解速度については稲ワラ堆肥<sup>12)</sup>や家畜排せつ物単独<sup>13)</sup>の場合に比べはるかに遅いことが認められた。さらに, 温度経過において下層は上層に比べ常に低い値で推移したが, これは下層での分解の遅れを示したものと考えられた。また, 臭気の減少が下層で同様に遅れたことはその推察を裏付けているものと考えられた。そして, その分解の遅れはおもに酸素不足など堆積条件の悪化によるものと考えられた。したがっておがくず牛ふん堆積物を均一かつ効率よく腐熟させるには切り返し回数をふやす必要があるものと考えられた。

## 2) 無機成分変化

堆積期間中の無機成分変化は第2表に示したとおりである。pHは期間中大きな変化はみられなかったが, 概して約4ヵ月目まではやや上昇する傾向を示し, それ以

降はほぼ横ばい状態で推移した。ECも同様に約4ヵ月目までは多少高まる傾向を示したが, それ以降はほぼ同程度の値で経過した。次に全炭素, 全窒素の推移をみると, 含有率は堆積経過に伴って増加する傾向が認められた。堆積終了時は開始時に比べ炭素は1.2倍の53.8%を, また窒素は1.4倍の1.48%を示した。このためC/N率は堆積開始時の42に対して終了時でも36という高い値にとどまり, 堆積期間中にはわずかに6の低下にとどまった。その他石灰, 苦土の塩基やリン酸, および微量元素などの成分についても堆積経過に伴って高まる傾向が認められた。また, プレムナー法<sup>9)</sup>によって検討した無機態窒素の変化をみると, アンモニア態窒素は堆積開始時において発生量が多くみられ, 以後順次低下する傾向が認められた。硝酸態窒素はアンモニア態窒素より約3ヵ月遅れて最高値がみられたが, 以後低下する傾向を示した。以上が堆積期間中の無機成分変化である。無機態窒素を除いた全炭素, 全窒素, リン酸, 塩基および微量元素などの含有率はいずれも堆積経過に伴って高まる傾向が認められた。この結果は堆積経過に伴い堆積物中の易分解性有機物が分解消失し堆積物の容量が減少したために, それらの成分が濃縮された状態になり, みかけ上各成分含有率が高まる傾向を示したものと推察された。なお本試験では堆積物の容積や重量の減少経過については実測していないが, 肉眼的な観察においては終了時の堆積物容量が開始時に比べ約半分程度に減少したことが観察され, 先述した各成分の濃縮が十分に起りうるものと推察された。なお上述した成分推移は熊田ら<sup>14)</sup>が稲ワラ石灰窒素堆肥の腐熟過程で検討した結果とはほぼ一致することが認められたが, 全炭素だけは異なり, 堆積経過に伴って高まる傾向を示した。この点については, 併用したおがくずの分解が稲ワラや牛ふんなどに比べてきわめて遅いために, 牛ふんに由来する易分解性有機物の分解消失に伴い, おがくずに由来した炭素化合物の堆積密度が高まり, 全炭素の含有率が上昇する傾向を示したものと考えられた。

次に堆積初期から約3ヵ月目までの無機態窒素の変化

第2表 堆積期間中の無機成分変化

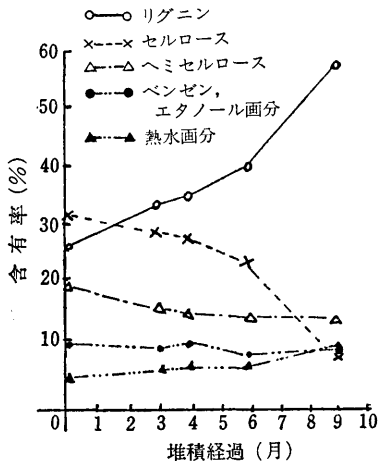
採取日	pH	EC (ミリモ- /cm)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N	無機態窒素*		リン酸 (%)	塩基(%)			微量元素(ppm)		
						NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Zn	Mn	Fe
堆積直後(5/4)	7.90	2.00	44.0	1.06	41.51	3.29	31.20	1.18	0.73	0.40	1.15	64	102	680
約3ヵ月後(8/7)	8.40	2.40	44.6	1.16	38.45	25.21	7.67	1.35	1.16	0.45	1.71	82	182	685
約4ヵ月後(9/4)	8.45	3.30	44.3	1.22	36.31	13.70	4.93	1.47	1.19	0.50	1.75	75	188	615
約6ヵ月後(10/24)	8.43	3.25	45.1	1.31	34.43	9.86	2.74	1.58	1.21	0.55	1.69	92	206	775
約9ヵ月後(2/4)	8.36	3.20	53.8	1.48	36.35	3.61	3.29	1.80	1.45	0.64	1.90	94	210	950

\* mg/100g D. M.

はアンモニア態窒素の一部がその期間中に硝酸態窒素に変化したことを示すものと推察された。しかし硝酸態窒素もそれ以降は低下する傾向を示した。このように無機態窒素がほぼ堆積経過に伴って低下したが、この原因については、堆積期間中の揮散や脱窒さらには無機態窒素の有機化などの要因が考えられた。しかし C/N 率が順次低下した結果などからみて、徳橋<sup>9)</sup>が指摘しているように、堆積過程での無機態窒素の有機化が堆積経過に伴う無機態窒素の低下をもたらす大きな要因として働いていることが示唆された。

3) 有機成分変化

堆積経過に伴う有機成分の変化は第 2 図に示したとおりである。セルロース、ヘミセルロースの含有率はいずれも堆積経過に伴って減少する傾向が認められた。堆積 9 カ月後には開始時に比べ、セルロースは 29.4%、ヘミセルロースは 5.4% の減少を示した。この間セルロースとヘミセルロースの分解傾向は多少異なる様相がみうけられた。ヘミセルロースは堆積後 3~4 カ月目の比較的早い時期での分解が多く、その間の減少は全減少分の 7 割にも達した。これに対してセルロースは堆積 6 カ月目までの分解はわずかであったが、堆積 9 カ月後には急激に分解される傾向が認められた。また堆積終了時においてはセルロース、ヘミセルロースの含有率がそれまでの傾向とは逆転し、セルロースはヘミセルロースより低い値を示した。次にリグニンの推移をみると、セルロースやヘミセルロースとは反対に堆積経過に伴って含有率は徐々に高まる傾向が認められ、堆積開始時の 28% に対して終了時には約 2 倍の 52.2% を示した。このほか分析の前処理として行ったベンゼン、エタノール処理や熱水抽出処理に伴う抽出物の変化量は、炭水化物類やリグ



第 2 図 堆積期間中の有機成分変化

ニンの変化量に比べわずかであった。概して堆積経過に伴ってベンゼン、エタノール抽出画分は減少し、熱水抽出画分は反対に増加する傾向が認められた。以上が堆積期間中の有機成分変化である。それらの成分推移が牛ふんあるいはおがくずのいずれに由来したかの判断は別として、堆積物中のセルロース、ヘミセルロースは 9 カ月間の堆積期間中にかなり分解されることが認められた。その分解傾向は従来木質資材の腐朽過程でいわれている「ヘミセルロースは比較的早い時期に分解され、主要な分解時期はセルロースの分解が始まる前である。しかし分解の終局においてセルロースはほとんど完全に分解されるが、ヘミセルロースの一部はその時期においてもなお残存する」<sup>10)</sup>とされる一般的な考え方にはほぼ一致するものと思われた。なお、本試験結果ではヘミセルロースの分解量はセルロースに比べ少なかった。この点については供試したおがくずが種々雑多な樹種であったために分解が不均一であったこと、さらには分解中に生成されたフルフラールなどによって分解が抑制され、ヘミセルロースの分解抵抗性が高まったこと<sup>11)</sup>などの理由が想定された。また、リグニンについては 9 カ月程度の堆積ではほとんど未分解のまま残留集積することが認められた。そして、易分解性有機物の分解消失に伴う堆積物容量の減少により、リグニンが濃縮された状態になり含有率の増加をもたらしたものと推察された。

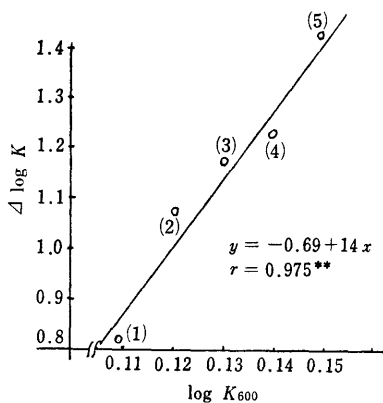
4) 腐植物質の変化

(1) 0.1 M ピロリン酸ナトリウム可溶性物質の光学特性

抽出液の色調は肉眼的には堆積開始時の試料が黄褐色を示したのに対して、堆積 3 カ月後の試料はやや黄色味を帯びた赤褐色への変化がみられた。それ以降の試料についてはほとんど色調に変化がみられず、堆積終了時においても抽出液が黒色調へ向かうような傾向は認められなかった。第 3 表には抽出液の吸光係数 (log K<sub>600</sub> および log K<sub>400</sub>) と色調係数 (Δlog K) の変化を示した。吸光係数 K<sub>600</sub> は、わずかではあるが堆積経過に伴って高まる傾向を示した。一方、吸光曲線の勾配を規定する K<sub>400</sub> の

第 3 表 0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出液の吸光係数と色調係数

採 取 日	log K		Δlog K	K <sub>400</sub> /K <sub>600</sub>
	400	600		
堆積直後 (5/4)	0.92	0.11	0.81	8.36
約 3 カ月後 (8/7)	1.19	0.12	1.07	9.92
約 4 カ月後 (9/4)	1.25	0.13	1.17	9.62
約 6 カ月後 (10/24)	1.36	0.14	1.23	9.71
約 9 カ月後 (2/4)	1.58	0.15	1.43	10.53

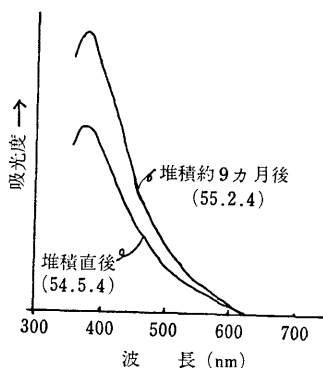


第3図 0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出液の色調係数と吸光係数の関係

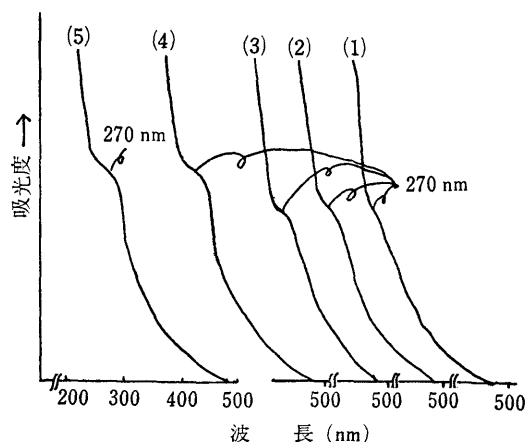
採取日 1: 堆積直後(5/4), 2: 約3ヵ月後(8/7), 3: 約4ヵ月後(9/4), 4: 約6ヵ月後(10/24), 5: 約9ヵ月後(2/4).

値も同様に高まる傾向が認められた。そしてその増加程度は明らかに  $K_{400}$  のほうが大きく、そのため  $K_{600}$  に対する  $K_{400}$  の傾き ( $K_{400}/K_{600}$ )、すなわち波長軸に対する吸光曲線の勾配は堆積経過に伴って曲線の傾斜が急になる傾向が認められた。次に、腐植酸分類上の特性値の要因として使用される色調係数値は、0.81~1.43 の比較的高い値を示した。色調係数から判断する限りではいずれの採取時期の試料も未熟な  $R_p$  型の腐植酸に分類されるものと思われた。また、堆積経過に伴う色調係数の変化は堆積経過に伴ってその値は高まる傾向が認められ、開始時の 0.81 に対して終了時には 1.43 の値が認められた。さらに、 $K_{600}$  と  $\Delta \log K$  の関係をみてみると(第4図)、 $y = -0.69 + 14x$  の一次回帰式で示され、その相関係数  $r = 0.975$  は 1% の水準で有意であることが認められた。

0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出液における可視部お



第4図 0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出液の可視部吸収スペクトル



第5図 0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出液の紫外外部吸収スペクトル

採取日 1: 堆積直後(5/4), 2: 約3ヵ月後(8/7), 3: 約4ヵ月後(9/4), 4: 約6ヵ月後(10/24), 5: 約9ヵ月後(2/4).

よび紫外部の吸収スペクトルは第4, 5図に示したとおりである。可視部の吸収スペクトルは堆積開始時と終了時の2試料について示した。両者の吸光曲線は長波長域から短波長域に向かって上昇する傾向が認められたが、この間特定波長における吸収ピークはみられなかった。堆積開始時と終了時の吸光曲線の形状には変化はみられなかったが、500 nm 以下の波長域の吸光度は明らかに終了時のほうが高い傾向を示した。一方、紫外部の吸収スペクトルは第5図のとおりである。各試料とも 270 nm 付近に肩状吸収を示したが、その形状は堆積経過に伴ってしだいに明瞭になる傾向が認められた。従来、腐熟過程における吸光係数や色調係数さらには吸収スペクトルなどの光学特性変化については、熊田<sup>10)</sup>が次のように報告している。「腐植化と言う概念には土壤中における暗色有機物の生成のみならず、生成された有機物の暗色(あるいは黒味、黒色調)の増大と言う一方的な変化を内包するとすれば腐植化の進行あるいは腐植化度の概念を設定しうる」とし、その場合腐植化が進むほど吸光係数 ( $K_{600}$ ) は増大し、反対に色調係数は低下するといった、いわば両者間には逆比例的な関係が存在すると述べている。このことは栗原<sup>10)</sup>も都市廃棄物の腐熟過程において認めている。その一方で、栗原<sup>10)</sup>は都市廃棄物と並行して行ったおがくず併用の汚泥堆肥の実験において、筆者らの結果と同様に堆積経過とともに色調係数が高まることを認め、これは併用したおがくずによるものと推察している。さらに熊田<sup>10)</sup>も樹木落葉の腐熟過程で同様な傾向を認めており、その原因はおもにタンニン様物質の分解、変質に起因すると述べている。また、栗原

ら<sup>10</sup>は先述した報告のなかで「おがくずを併用した汚泥堆肥を例外とすれば腐熟化の進行とともに黒色化への移行は明白である」と結論づけている。このようにおがくずなど木質資材を敷料とした堆積物の腐熟過程における光学特性変化については、従来の腐植化概念にそぐわない事象を有するものと推察された。本試験結果において吸光係数 ( $K_{600}$ ) と色調係数の関係が従来の腐植化傾向とは反対に正の相関関係を示したことは、とりもなおさず  $K_{600}$  に対し  $K_{400}$  の吸光度の増加程度が大きかったことにほかならない。この原因がおがくず特有の性質に起因したものか、あるいは分解ステージに起因した問題なのかは今後さらに検討を要する課題として残された。

次に、紫外部の吸収曲線で認められた 270 nm 付近の肩状吸収は栗原ら<sup>10</sup>も都市廃棄物の腐熟過程で認めている。そして、その形状が堆積過程で順次消失した結果に対して熊田ら<sup>17</sup>、林ら<sup>18</sup>の報告を引用しながら考察し、270 nm 付近に認められた肩状吸収はおもに原料有機物に由来したアルカリリグニンなどに起因したものと推察している。しかしながら、筆者らの結果では 270 nm 付近の肩状吸収は堆積 9 カ月後においてもその形状は消失せず、むしろ堆積開始時に比べさらに明瞭になる結果が得られた。その結果から考えるならば、270 nm 付近に認められた肩状吸収は堆積過程で容易に分解消失するアルカリリグニンなどに起因したのではなく、270 nm 付近に特有の肩状吸収を示す  $R_p$  型腐植酸の吸光曲線を示したものと考えられた。また、その肩状吸収の形状が堆積経過に伴って徐々に明瞭になったことは、易分解性有機物の分解消失に伴って生成された  $R_p$  型腐植酸が堆

第 4 表 原試料の成分

採 取 日	原試料中 (%)		C/N
	炭 素	窒 素	
堆 積 直 後 (5/4)	44.0	1.06	41.5
約 3 カ月後 (8/7)	44.6	1.16	38.5
約 4 カ月後 (9/4)	44.3	1.22	36.5
約 6 カ月後 (10/24)	45.1	1.31	34.4
約 9 カ月後 (2/4)	53.8	1.48	36.3

注) 供試試料重 3000 mg.

積物容量の減少に伴い濃縮され、みかけ上  $R_p$  型腐植酸の含有率が高まったことに起因したものと推察された。

### (2) 腐植物質の分画定量

第 4 表に示した原試料について、別表に示した腐植物質分画法により検討した結果は第 5 表から第 8 表に示したとおりである。残渣画分についてみると、残渣重および残渣中の炭素、窒素含有率は堆積経過に伴って増加する傾向が認められた。とくに残渣重と炭素含有率は堆積 9 カ月目に急増する結果が得られた。一方、C/N 率は堆積経過に伴って明らかに低下する傾向が認められた。また残渣画分の C/N 率は、いずれの採取時期の試料も原試料に比べ高い値を示した。さらに原試料重および原試料中の炭素、窒素量に対する残渣重および残渣中の炭素、窒素量の割合はいずれも堆積経過に伴って増加する傾向が認められた。とくに窒素はその傾向が顕著にみられ、堆積開始時が 43.7% を示したのに対して、堆積終了時には全窒素量の 70% が残渣画分中に残留することが認められた。次に原試料の重量、全炭素および全窒素量から残渣画分のそれぞれの量を差し引いて求めた 0.1M ピ

第 5 表 0.1 M ピロリン酸ナトリウム抽出残渣の重量および成分量

採 取 日	残 渣 重 (mg)	残渣中含有率 (%)		C/N	原試料重および炭素、窒素 量に対する残渣画分率 (%)		
		炭 素	窒 素		残 渣 重	炭 素	窒 素
堆 積 直 後 (5/4)	2110	49.5	0.66	75.0	70.3	79.2	43.7
約 3 カ月後 (8/7)	2134	50.2	0.88	57.0	71.1	80.0	54.0
約 4 カ月後 (9/4)	2141	50.0	0.97	51.5	71.4	80.5	56.8
約 6 カ月後 (10/24)	2171	50.3	1.04	48.4	72.4	80.7	56.3
約 9 カ月後 (2/4)	2530	56.1	1.23	45.6	84.3	87.9	70.0

第 6 表 0.1 M ピロリン酸ナトリウム可溶部重および成分量

採 取 日	可 溶 部 重* (mg)	可溶部含有量* (mg)		原試料および炭素、窒素 量に対する可溶部率 (%)		
		炭 素	窒 素	可 溶 部 重	炭 素	窒 素
堆 積 直 後 (5/4)	890	275	17.9	29.7	20.8	56.3
約 3 カ月後 (8/7)	866	267	16.0	28.9	20.0	46.0
約 4 カ月後 (9/4)	859	259	15.8	28.6	19.5	43.2
約 6 カ月後 (10/24)	829	261	17.7	27.5	19.3	43.7
約 9 カ月後 (2/4)	470	195	13.3	15.9	12.1	30.0

\* 原試料重および原試料中炭素、窒素量 - 残渣重および残渣中の炭素、窒素量。

第7表 酸不溶部重および成分量

採 取 日	酸不溶部重 (mg)	酸不溶部含有率 (%)		C/N	原試料重および炭素、窒素 量に対する酸不溶部率 (%)		
		炭 素	窒 素		酸不溶部重	炭 素	窒 素
堆積直後 (5/4)	140.9	50.8	—	—	4.70	5.45	—
約3カ月後 (8/7)	200.0	50.0	4.75	10.9	6.67	7.47	26.3
約4カ月後 (9/4)	192.4	52.5	4.77	11.0	6.41	7.60	25.0
約6カ月後 (10/24)	228.1	52.5	4.61	11.4	7.60	8.87	26.0
約9カ月後 (2/4)	262.3	52.8	4.63	11.4	8.47	8.61	25.0

ロリン酸ナトリウム可溶部分の重量および炭素、窒素量は第6表に示したとおりである。いずれも残渣画分とは相反する関係を示し、堆積経過に伴って減少する傾向がみられ、とくに堆積9カ月に急激に低下する傾向を示した。また原試料重および全炭素、全窒素量に対する可溶部分の占有率も同様に減少する傾向を示した。可溶部重は堆積開始時が約30%を占めたのに対して、終了時には約16%まで低下した。

さらに、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部分を酸処理することによって得られた酸不溶部の変化は第7表に示したとおりである。酸不溶部重は堆積経過に伴って高まる傾向が認められたが、酸不溶部中の炭素および窒素の含有率にはあまり変化がみられず、炭素は約52%、窒素は4.7%前後の値で推移した。このためC/N率は約11%程度の比較的安定した値で経過した。原試料重および原試料中の炭素、窒素量に対する酸不溶部の割合は不溶部重および炭素量が堆積経過に伴って増加する傾向がみられたが、窒素量はほぼ横ばい状態で推移した。

0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部に対する酸不溶部の占有率を第8表に示した。酸不溶部重および酸不溶部中の炭素、窒素量とも堆積経過に伴って占有率は高くなる傾向が認められた。とくに酸不溶部重は堆積開始時が約16%であったのに対して、終了時の占有率は60%まで顕著な増加を示した。以上がおがくず牛ふん堆積物の腐熟過程における腐植物質の画分変化である。残渣画分と0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部の変化は先述したとおり、堆積経過に伴って残渣画分が増加し、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部は減少する傾向を示した。すなわち初期の堆積物中には牛ふんに由来した易分解性

第8表 0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部に対する酸不溶部割合

採 取 日	酸不溶部重 (%)	炭素 (%)	窒素 (%)
堆積直後 (5/4)	15.8	26.2	—
約3カ月後 (8/7)	23.1	37.5	57.1
約4カ月後 (9/4)	22.4	39.0	58.0
約6カ月後 (10/24)	27.5	46.0	59.4
約9カ月後 (2/4)	55.8	71.3	84.2

有機物やそのほか有機、無機成分が多く含まれており、それらの成分が腐植物質と一緒に抽出されたものと考えられた。このため酸不溶部（腐植酸）などの腐植物質の含有量が少なかったにもかかわらず、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部分が多く、逆に残渣画分が少ない傾向を示したものと考えられた。これに対して終了時の堆積物では易分解性有機物はほぼ分解消失しており、堆積物のほとんどがおがくずに由来したリグニンやセルロースなどの難分解性有機物として残留したものと考えられた。0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部中にはおもに腐植物質だけが抽出されたものと推察された。このため初期堆積物の傾向とは反対に、残渣画分量が多くなり、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部量が少ない結果を示したものと考えられた。

次に、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部をさらに酸処理することによって得られた酸不溶部は、堆積経過に伴って明らかに増加する傾向が認められた。この結果はおもに易分解性有機物の分解消失に伴う堆積物容量の減少により酸不溶部（腐植酸）が濃縮され、みかけ上含有率の増加を示したものと考えられた。また酸不溶部として得られた黒い粘稠性の沈殿物は成分組成から判断する限りでは、ロザムステッドで調整された腐植酸<sup>19)</sup>の性状に近いものと推察された。さらに注目すべきことは、残渣画分中の窒素変化である。残渣画分中の窒素量は堆積経過に伴って増加し、堆積9カ月後には原試料中に含まれる全窒素量の7割が残渣画分中に残留することが認められた。現段階ではこの結果が窒素飢餓<sup>4)</sup>の誘発や堆積過程での無機態窒素の有機化<sup>3)</sup>などの原因機作とどのような関連性を持つのかは断言できないが、堆積経過に伴う残渣画分中の窒素量の増加は窒素飢餓の誘発や窒素の固定、放出と深く関連していると考えられるので、今後さらに検討を要する課題であると考えられた。

#### 4. 要 約

おがくず牛ふん堆積物の腐熟過程における、外観的な性状変化、温度、無機、有機成分ならびに腐植物質の変化について検討し、以下の結果を得た。



1) 堆積物の外観的变化は堆積経過に伴って、色調は黒味が増し、臭気は徐々に減少する傾向が認められた。また温度変化は堆積後約 2 カ月目に最高値を認めたが、それ以後は切り返しのつど温度の昇降を繰り返しながら低下する傾向を示した。

2) 全炭素、全窒素、塩基、リン酸および微量元素の各成分含有率は堆積経過に伴って高まる傾向が認められたが、C/N 率は反対に低下する傾向が認められた。また無機態窒素について、アンモニア態窒素は堆積開始時の発生量が最も多く、以後順次低下する傾向を示した。硝酸態窒素はアンモニア態窒素より 3 カ月遅れて最高値がみられ、以後同様に低下する傾向を示した。

3) セルロース、ヘミセルロースは 9 カ月間の堆積期間中にかなり分解されることが認められ、含有率は堆積経過に伴って低下することが認められた。一方、リグニンは 9 カ月程度の堆積では未分解のまま残留し、含有率は堆積経過に伴って高まる結果が得られた。

4) 0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶性腐植物質の光学特性については、堆積経過に伴って吸光係数、色調係数とも高まる傾向を示した。また、吸光係数と色調係数との間には正の相関が認められた。紫外部の吸収スペクトルにおいて各試料とも 270 nm 付近に肩状吸収が認められ、その形状は堆積経過に伴って明瞭になる傾向を示した。腐植物質の画分変化は、堆積経過に伴って残渣画分が増加する傾向を示し、反対に 0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部分は減少する傾向を示した。しかし、0.1M ピロリン酸ナトリウム可溶部分を酸処理することによって得られた酸不溶物は、堆積経過に伴って増加する傾向が認められた。

謝 辞 本研究を実施するにあたり山梨大学小林均助教授、山梨県農業試験場長夜久孝博士には貴重なご意見ならびにご校覧をいただきました。この稿をおかりして謝意を表します。

## 文 献

- 1) 板川秀雄・渡辺 実・矢崎仁也：有機物の有効利用に関する研究(第 2 報), 土肥要旨集, 25, 122 (1979)
- 2) 黒島忠司：地力増強のためのおがくず堆肥, 農及園, 53, 761~765, 910~914, 1007~1010 (1978)
- 3) 徳橋 伸：オガクズ入家畜ふん堆肥窒素の肥効に関する研究, 高知農技研報, 10, 5~16 (1978)
- 4) 吉田方重：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, 農及園, 50, 295~300 (1975)
- 5) 吉野 実：家畜ふん尿類の簡易熟度判定法, 同上, 54, 755~758 (1979)
- 6) 井ノ子昭夫・藤原俊六郎：円形浮紙クロマトグラフィーによるおが屑混合家畜ふん堆積物の熟度検定の可能性, 土肥誌, 50, 517~522 (1979)
- 7) 渡辺光昭・栗原 淳：都市廃棄物コンポストの処理方式の改善並びに農業利用に関する研究(第 5 報), 農技研肥料化学科資料, 218, 19~33 (1979)
- 8) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分分析法, p.197~200, 養賢堂(1970)
- 9) 農林水産省畜産園芸局編：堆きゅう肥等有機成分分析法, p.32~50 (1979)
- 10) 渡辺光昭・栗原 淳：都市廃棄物のコンポスト処理方式の改善並びに農業利用に関する研究, 農技研肥料化学科資料, 210, 25~60 (1978)
- 11) 井ノ子昭夫：円形浮紙クロマトグラフィーによる都市ゴミコンポストの腐熟度の簡易判定法, 土肥誌, 50, 127~132 (1979)
- 12) 松木五楼：肥料ハンドブック, p.304, 産業図書(1951)
- 13) 松崎敏英：家畜ふん尿の農地還元, 土肥要旨集, 20, 140 (1974)
- 14) 熊田恭一・広瀬春郎・中野綱次郎・北洞信也：数種の有機質および無機質資材を混合した稲わらの腐朽過程(第 1 報), 土肥誌, 43, 13~20 (1972)
- 15) 右田伸彦・米沢保正・近藤民雄：木材化学(下), p.37, 共立出版(1968)
- 16) 熊田恭一：土壤有機物の化学, p.22, 23, 77, 東大出版会(1977)
- 17) 熊田恭一・宮里 愿：腐植酸の形成に関する物理化学的研究(第 4 報), 土肥誌, 26, 5~10 (1955)
- 18) 林 常孟・長井武雄：土壤腐植酸の Component に就いて(第 2 報), 同上, 25, 285~290 (1954)
- 19) ラッセル, E. J. 著, 高井康雄・西尾道徳訳：土壤の世界, p.27, 講談社(1971)