

(10mL) 充填した石英管 (直径19mm, 全長300mm) を円筒型マイクロ波照射装置 (MG-200M, (株)SST) にセットして分解装置を構築した。小型堆肥化実験装置の臭気排気ダクトに, 分解装置をつなげ, 分解装置を通過した排気をテドラバック (5L) に捕集した。その臭気をニオイセンサ (OMX-SR, 日本シンテック) で測定した。なお, 排気流量は約600mL/minで, 空間速度 (SV) は約3,600/hであった。

### 2-19 吸引機能付き堆肥舎

吸引通気装置を備えた堆肥舎<sup>8,9)</sup>を畜産試験場の敷地内に建築した。堆肥舎の概要は, 縦幅20m×横幅7m, 壁の高さ0.9m (上にベニヤ板設置した高さ1.8m), 屋根の高さ4m, 床の吸引溝は2本セットの3カ所, 吸引溝は幅8cm×深さ10cm, セットの吸引溝の幅80cm, 吸引溝どうしの幅6m, ブローワーは昭和電気(株)U100B-26HTを設置した。

## 3. 結果および考察

### 3-1 小型堆肥化実験装置による基礎的検討

昨年度, 小型堆肥化実験装置を用いた実験で冷凍ブドウ搾り滓が堆肥発酵過程で発生するアンモニアの低減に効果を示すことを明らかにした<sup>1)</sup>。しかし, その実験で加えた冷凍ブドウ搾り滓の量は, 豚ふんと同じ量 (1:1) であった。この割合は実際の現場を想定した実用規模の堆肥作りには不向きである。そこで, 昨年の実用規模の検討では豚ふん:冷凍ブドウ搾り滓の割合を1:0.2とした。今回, 小型堆肥化実験装置による検討においても, 豚ふん:冷凍ブドウ搾り滓の割合を1:0.2として, 発生するアンモニアが低減できるか検討を行った。

小型堆肥化実験装置に豚ふんを充填した第1区と,

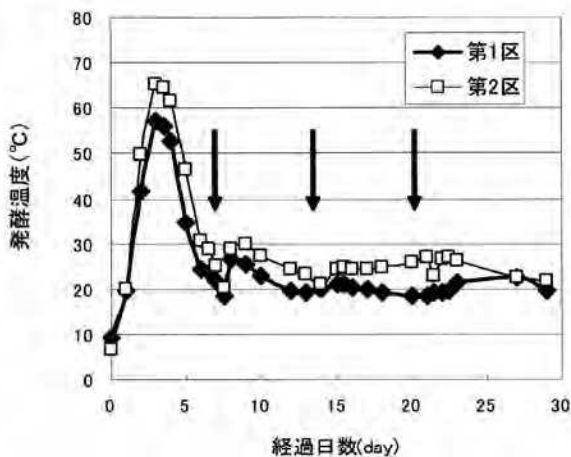


図-3 発酵温度の変化

第1区:豚ふん, 第2区:豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:0.2)

豚ふんと冷凍ブドウ搾り滓を1:0.2の割合で充填した第2区を設定した。それぞれの発酵温度および発生したアンモニアの経日変化を図-3と図-4に示す。そして, 堆肥発酵期間中の温度とアンモニア発生量を積算した結果をグラフ図-5に示した。

その結果, 第1区 (豚ふんのみ), 第2区 (豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:0.2))とも発酵温度の積算値には大きな差はないが, 発生したアンモニア量は第2区が第1区に比べ低くなっていることが認められた。

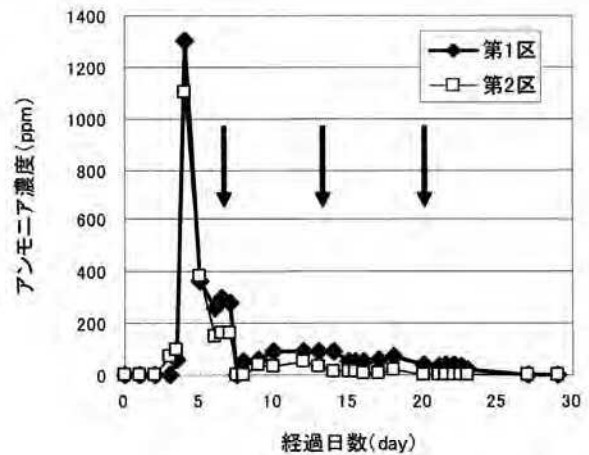


図-4 アンモニアの測定結果

第1区:豚ふん, 第2区:豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:0.2)

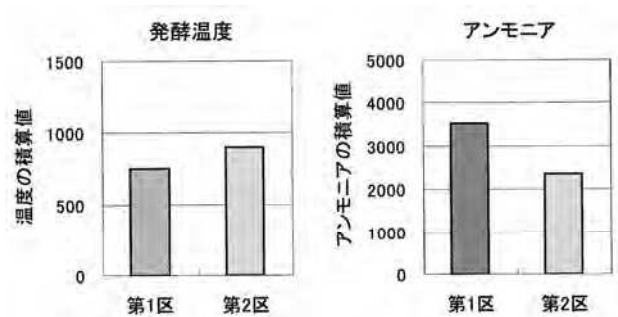


図-5 発酵温度とアンモニアの積算

第1区:豚ふん, 第2区:豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:0.2)

さらに, 同様の検討を3回おこなった実験の平均と標準誤差を算出した結果を図-6に示す。なお, 実験区は以下に示す三つの区とした。

第1区:豚ふん

第2区:豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:0.2)

第3区:豚ふん+冷凍ブドウ滓 (1:1)

また, 3回の実験において発酵期間が異なるため, 積算値を発酵日数で割った値を縦軸に用いた。これらの結果から, 豚ふん1に対して0.2の冷凍ブドウ搾り滓でもアンモニアの発生を低減することが明らかとなった。

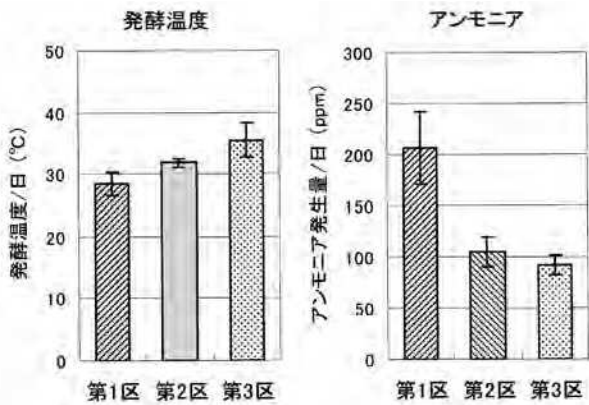


図-6 ブドウ搾り滓混合比の検討

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+冷凍ブドウ滓(1:0.2)、  
第3区：豚ふん+冷凍ブドウ滓(1:1)

実際の現場を想定した場合、ワイン工場からブドウ搾り滓を運搬し、豚ふんに混ぜるまで冷凍して保存することは困難である。そこで、ブドウ滓を野外でビニールシートを掛け大気との接触を少なくする形で発酵させて保存し、これを使用の方が実際的である(発酵ブドウ搾り滓)。そこで、冷凍ブドウ滓と同様の効果が発酵ブドウ搾り滓で得られるか検討を行った。その結果を図-7に示す。なお、実験区は以下に示す3つとし、5回検討を行った。

- 第1区：豚ふん
- 第2区：豚ふん+冷凍ブドウ滓(1:1)
- 第3区：豚ふん+発酵ブドウ滓(1:1)

その結果、発酵ブドウ滓でも冷凍ブドウ滓と同様にアンモニアの発生を低減できることが明らかとなった。

これらの結果から、小型堆肥化実験装置を用いた基礎的検討において、豚ふん1に対して0.2のブドウ搾り滓添加により発酵過程で発生するアンモニアが低減できることが示された。また、このとき用いるブドウ搾り滓は冷凍保存した物でも、発酵させた物でも同様の効果があ

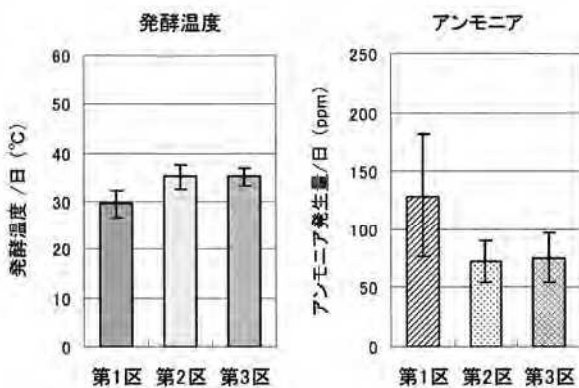


図-7 冷凍ブドウ滓と発酵ブドウ滓の比較

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+冷凍ブドウ滓(1:1)、  
第3区：豚ふん+発酵ブドウ滓(1:1)

ることが確かめられた。

### 3-2 畜産試験場堆肥舎による実用規模の検討

昨年度、豚ふん600kgを原料として、これに冷凍ブドウ搾り滓120kg(1:0.2)を混ぜ堆肥を作製した。その時、発酵過程で発生するアンモニアおよびイオウ化合物(硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル)を低減することができた。この実験では、ブドウ搾り滓の混ぜ方として、はじめから豚ふんにブドウ滓を混ぜ込む方法(Mix)と、はじめ豚ふんをブドウ滓で覆い、最初の切り返し以降に混ぜ込む方法(Cover)の二つの方法を検討し、どちらも効果のあることを明らかにした。今回は農家の作業を考え、混ぜる手間が簡素化できるCover方式を採用し、保存が簡易な発酵ブドウ滓を用いて検討を行った。なお、豚ふんと発酵ブドウ滓の割合は1:0.2とし、原料となる豚ふんの量を1,260kgに増やし、実際の農家で作業を想定してスケールアップした検討を行った。悪臭物質としてアンモニアおよび代表的なイオウ化合物として硫化水素を測定し、さらに、低級脂肪酸(プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸)を測定した。

- 第1区：豚ふん
- 第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓(1:0.2) Cover

#### 3-2-1(1) 発酵温度とpH

図-8にデータロガーで記録した堆肥中心部の温度変化を示し、このデータを基に算出した堆肥発酵期間の温度の積算値を図-9に示す。その結果、どちらの試験区においても温度上昇が認められ、発酵が順調に進んだことが確認できた。そして、二つの試験区で発酵温度の積算値に差のないことも示された。なお、3回目の切り返し(47日目)後、第1区で温度上昇が認められず、堆肥が乾燥状態であった。そこで、48日目に第1区に水を60L加え水分含量を調節した。その結果、4回目の

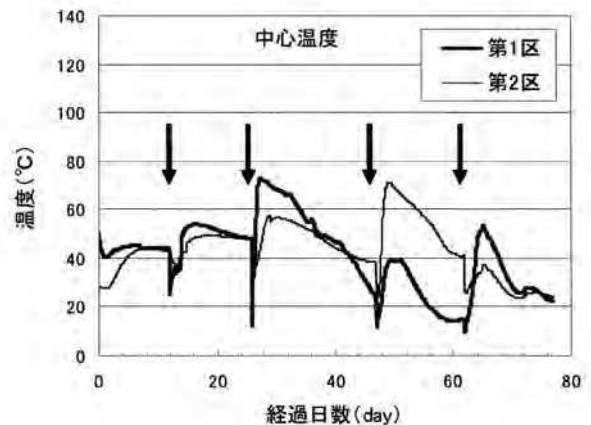


図-8 発酵温度の変化

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

切り返しにおいて、第1区で温度上昇が認められた。

図-10には切り返しごとに測定したpHの推移を示す。二つの試験区でpHに大きな違いのないことが示された。

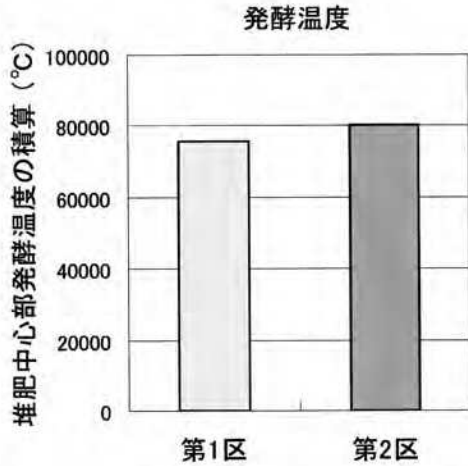


図-9 発酵温度の積算

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

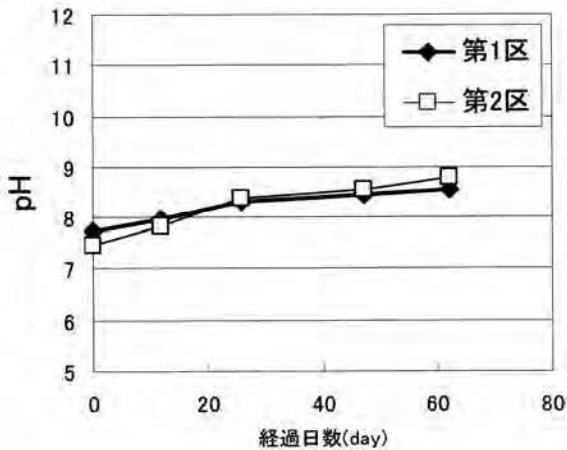


図-10 発酵過程におけるpHの推移

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

### 3-2-(2) 悪臭物質の測定

今回、堆肥化過程におけるアンモニアの発生をパンプ・ドジチューブで3日おきに測定し、そのデータを基にアンモニア発生量の推移(図-11)および積算値(図-12)を算出した。図-12の結果で明らかなように発酵ブドウ搾り滓を混ぜた第2区は、豚ふんだけの第1区よりアンモニアの発生量が約半分に低減された。

アンモニア以外の悪臭物質として、イオウ化合物および低級脂肪酸を毎回の切り返し時に測定した。イオウ化合物として硫化水素を測定した結果、硫化水素は1回目および2回目の切り返しで検出することができたが、3回目以降の切り返しでは検出できなかった。検出できた二回の硫化水素の測定結果の総量を図-13に示す。

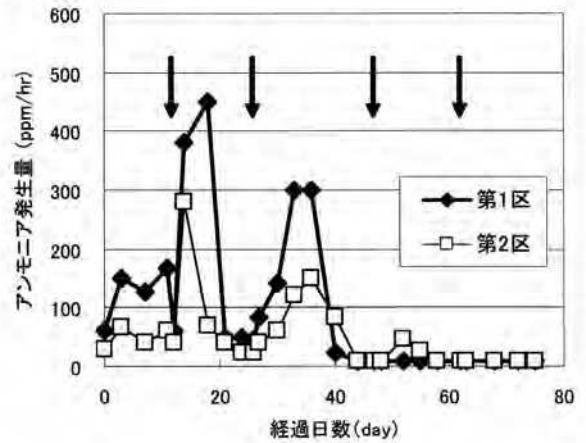


図-11 アンモニア発生量の推移

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

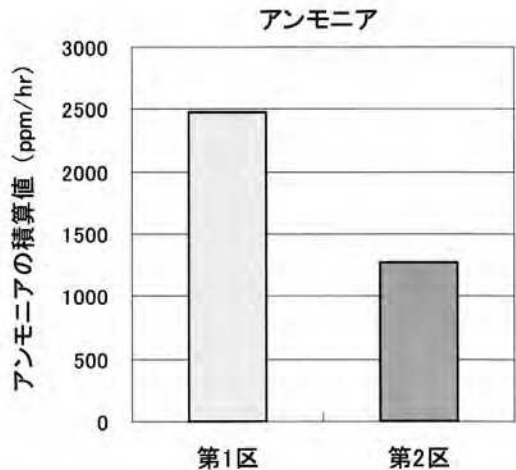


図-12 アンモニア発生量の積算値

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

一方、低級脂肪酸(プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸)は1回目から3回目の切り返しまで検出することができた。検出できた三回の測定結果の総量を図-14に示す。これらの結果から、硫化水素はアンモニアと同様に発生量が約半分に低減され、低級脂肪酸ではプロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸の発生量が大幅に低減された。

### 3-3 官能試験

切り返し時に採取した発酵過程-堆肥サンプル(1回目の切り返しから3回目の切り返しまで)を用いて、三点比較式臭袋試験法による悪臭の官能試験を行った。その結果を図-15に示す。また、同じサンプルをニオイセンサーで測定した結果を図-16に示す。

これらの結果は、発酵ブドウ搾り滓添加の効果が官能試験でも証明されたことを示している。なお、図-17は図-15の臭気強度の結果と図-16の臭気レベルの結

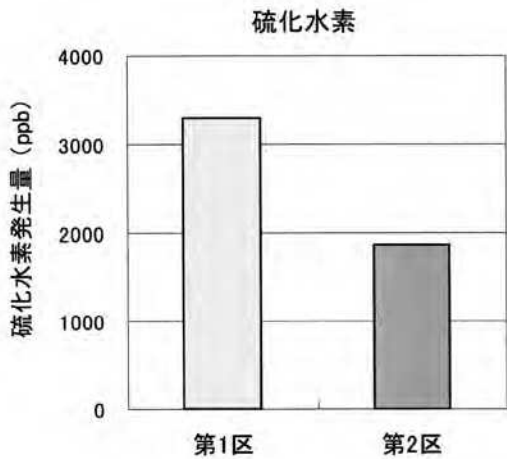


図-13 硫化水素の測定結果

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

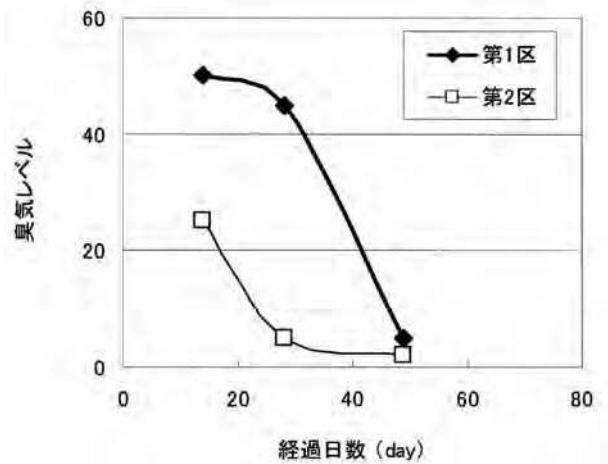


図-16 ニオイセンサでの測定結果

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

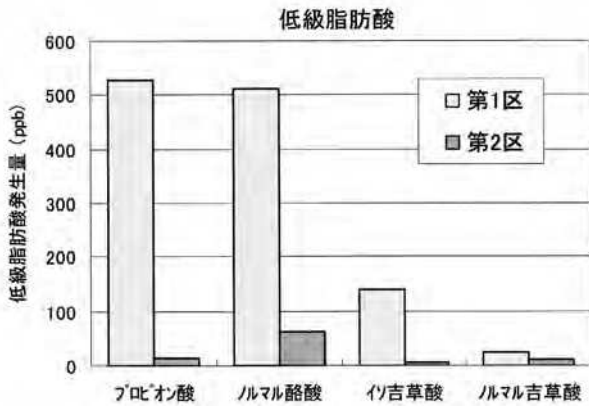


図-14 低級脂肪酸の測定結果

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

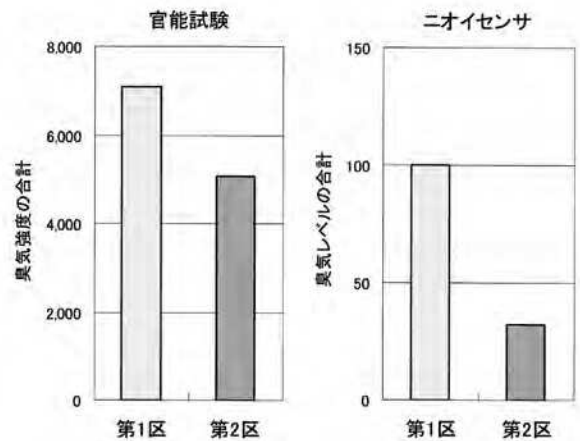


図-17 合計した臭気強度ならびに臭気レベル

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

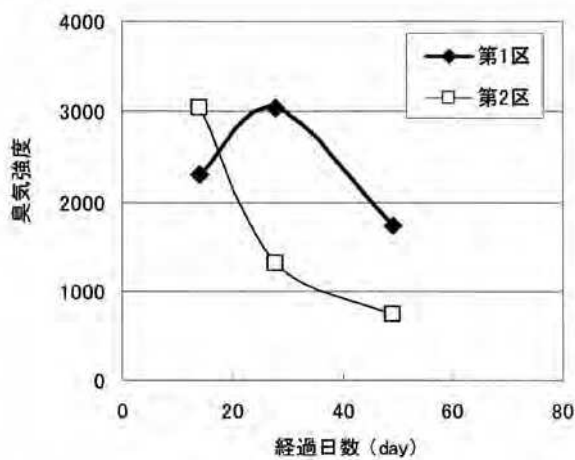


図-15 官能試験の結果

第1区：豚ふん、第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover

果をそれぞれ合計したグラフである。このように、官能試験とニオイセンサの測定結果は同様の傾向が認められ

た。

### 3-4 微生物相の解析

ある種の微生物には悪臭成分を分解する能力があり、これを利用した消臭技術がこれまでに報告されている<sup>10-14)</sup>。昨年度、ブドウ搾り滓を豚ふんに加えることにより、堆肥の発酵過程における微生物相が変化し、放線菌、バクテリア、カビが増殖することが認められた。そこで、今年度は放線菌に着目し、ブドウ搾り滓添加により増殖する放線菌の分離および消臭効果について検討を行った。

#### 3-4-1) ブドウ搾り滓を混ぜた豚ふん堆肥に増殖した放線菌の分離

堆肥切り返し時に採取した発酵過程-堆肥サンプルから分離した放線菌について、16S rDNAのシーケンシングを行い系統樹を作製した。16S rDNA塩基配列の相

同性が98.5%以上の株を現既知株として同定した。その結果、表-1に示すように21株を既知株として同定した。

表1 ブドウ搾り滓添加豚ふん堆肥より分離した放線菌(21株)の同定結果

属 種	株数	培養温度(℃)
<i>Corynebacterium xerosis</i>	1	30
<i>Rhodococcus rhodochrous</i>	2	30
<i>Oerskovia enterophila</i>	1	30
<i>Saccharomonospora viridis</i>	7	50
<i>Thermobifida fusca</i>	7	50
<i>Actinomadura madurae</i>	1	50
<i>Thermocristum sp.</i>	1	50
合計	21	

3-4-2) 放線菌の増殖に対するブドウ搾り滓抽出液の影響

同定された放線菌株について、それぞれの放線菌株培養シャーレに、ブドウ搾り滓抽出液をしみ込ませたペー

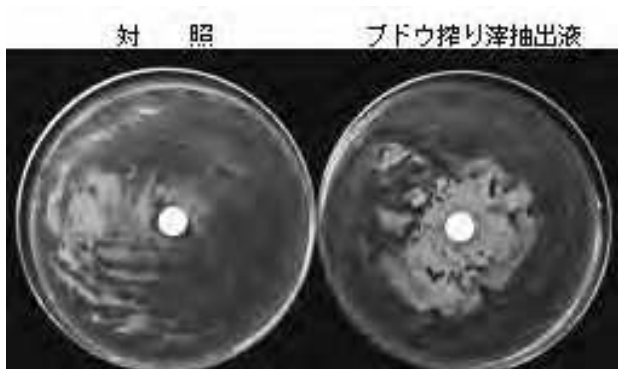


写真-14 ブドウ搾り滓抽出液が放線菌の生育におよぼす影響

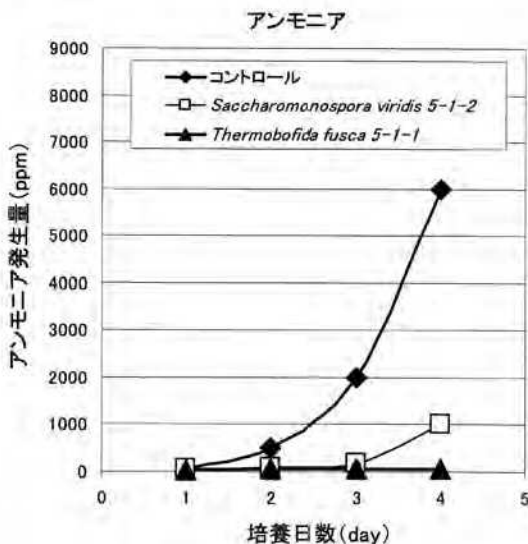


図-18 放線菌の悪臭低減効果

パーディスクを置き、放線菌株の増殖への影響を検討した(写真-14)。その結果、*Thermobifida fusca* 5-1-1株、および*Saccharomonospora viridis* 5-1-2株においてペーパーディスク周囲で、生育・気菌糸形成に顕著な促進効果が認められた。従って、これら二つの菌株はブドウ搾り滓添加により増殖が促進されることが考えられた。

3-4-3) テドラバック法による放線菌の悪臭低減効果

豚ふんに*Thermobifida fusca* 5-1-1株あるいは*Saccharomonospora viridis* 5-1-2株を接種し、テドラバックに入れ、50℃で培養しアンモニアおよびメルカプタン類を経日的に測定した。その結果、図-18に示すごとく、アンモニアの発生は放線菌により低減することが示された。そして、その低減効果は*Thermobifida fusca* 5-1-1株の方が*Saccharomonospora viridis* 5-1-2株より強かった。なお、メルカプタン類は検出限界以下で測定ができなかった。

3-5 ポリフェノール類の分析

ポリフェノール類には消臭作用のあることが知られており、ブドウ搾り滓中にも多く含まれている。そこで、小型堆肥化実験装置での堆肥化実験における堆肥中のポリフェノール類の量の推移を検討した(図-19)。なお、図に示したポリフェノール類の量は、豚ふんのみを原料とした堆肥に含まれるポリフェノール類の量をそれぞれ差し引いている。図-19の経過日数0の値から明らかなように、ポリフェノール類の量はブドウ搾り滓の添加量に比例して増加することが示された。そして、このポリフェノール類が発酵開始初期に減少することが明らかとなった。この期間にもっとも発酵が進み、アンモニアも発生することから(図-3, 図-4)、ポリフェノール類がアンモニア発生の低減になんらかの作用をおよぼしていることが考えられる。

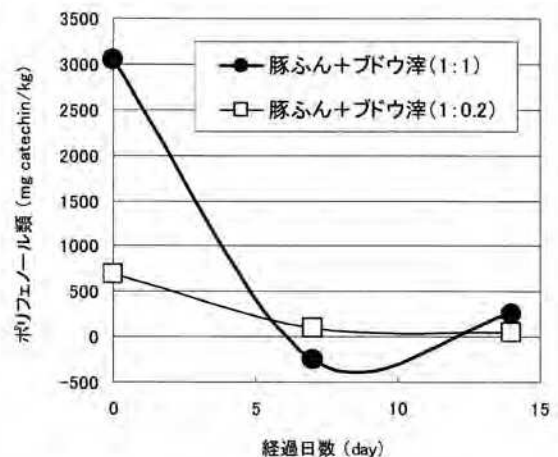


図-19 発酵過程におけるポリフェノール類の推移

### 3-6 堆肥の成分

3-2の示す実験で作製した第1区(豚ふん堆肥)と第2区(豚ふん+ブドウ滓堆肥)の堆肥について、堆肥成分の分析を行った結果を表-2に示す。どの成分とも、豚ふんを主原料とした堆肥として利用する上で、問題は無いと考えられた。

表2 完成堆肥の成分含量

	豚ふん堆肥	豚ふん+ブドウ滓堆肥
現物水分量 (%)	37.4	40.1
窒素全量 (%)	3.6	3.6
炭素全量 (%)	26.5	32.4
C/N比	7.4	9.0
リン酸全量 (%) (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10.1	8.2
加里全量 (%) (K <sub>2</sub> O)	2.8	2.8
石灰全量 (%) (CaO)	3.5	2.9
苦土全量 (%) (MgO)	7.0	5.9

豚ふんとブドウ搾り滓の混合比は1:0.2 (Cover)



写真-15 豚ふん+ブドウ搾り滓堆肥

### 3-7 栽培試験

スイートコーンとナスを各種堆肥を用いてライシメーターに作付けした。スイートコーンの雌穂(しすい)とナスの果実の収穫量を図-20および図-21に示す。なお、堆肥は昨年度に作製した物を用いた<sup>1)</sup>。

豚ふん+ブドウ滓Mix堆肥および豚ふん+ブドウ滓Cover堆肥で育てたスイートコーンとナスの収穫量は共に、原材料の異なる堆肥と比べ、ほとんど差が認められなかった。このことから、ブドウ搾り滓を加えても収穫量を減らすことはないことが示された。



写真-16 収穫したナス

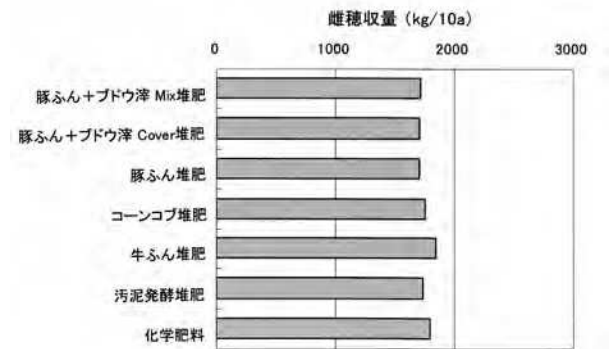


図-20 スイートコーンの収穫量  
豚ふんとブドウ滓の混合比は1:0.2

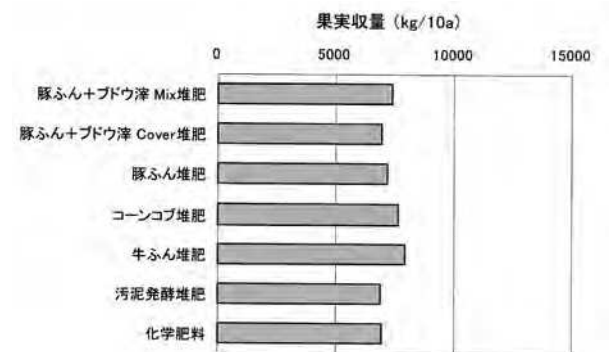


図-21 ナスの収穫量  
豚ふんとブドウ滓の混合比は1:0.2

### 3-8 肥料施用土壌の微生物相の解析

堆肥の違いによる土壌中の微生物相(放線菌, バクテリア, カビ)の検討を行った。ポットでコマツナを栽培し、土壌中の微生物相を解析した。肥料は豚ふん堆肥, 豚ふん+ブドウ滓堆肥および化学肥料をそれぞれ用いた。その結果を図-22に示す。放線菌, バクテリア, カビとも化学肥料を加えた土壌では増殖がほとんど認められなかった。これに対して、堆肥を加えた土壌では、放線菌およびバクテリアが増殖した。特に、豚ふん+