

# ブドウ搾り滓を活用した家畜排せつ物の堆肥化 および環境負荷低減化技術の開発

<sup>1</sup>環境科学研究所・<sup>2</sup>畜産試験場・<sup>3</sup>総合農業技術センター・<sup>4</sup>富士工業技術センター・<sup>5</sup>山梨大学  
長谷川達也<sup>1</sup>・森 智和<sup>1</sup>・齊藤奈々子<sup>1</sup>・高橋 照美<sup>2</sup>・山崎 修平<sup>3</sup>・上垣 良信<sup>4</sup>・高尾 清利<sup>4</sup>・  
御園生 拓<sup>5</sup>・金子 栄廣<sup>5</sup>・早川 正幸<sup>5</sup>

## Composting of Livestock Wastes and Reduction of Environmental Load Using Wine Compression Residues

<sup>1</sup>Institute of Environmental Sciences, <sup>2</sup>Livestock Experiment Station, <sup>3</sup>Agricultural Technology Center,  
<sup>4</sup>Fuji Industrial Technology Center, <sup>5</sup>University of Yamanashi  
Tatsuya HASEGAWA<sup>1</sup>, Tomokazu MORI<sup>1</sup>, Nanako SAITO<sup>1</sup>, Terumi TAKAHASHI<sup>2</sup>, Shuhei YAMASAKI<sup>3</sup>,  
Yoshinobu UEGAKI<sup>4</sup>, Kiyotoshi TAKAO<sup>4</sup>, Taku MISONOU<sup>5</sup>, Hidehiro KANEKO<sup>5</sup> and Masayuki HAYAKAWA<sup>5</sup>

### 要 約

小型堆肥化実験装置を用いた検討により、豚ふんを原料とした堆肥作成において、ワイン製造にともなって生じるブドウ搾り滓（ワイン圧縮残渣）を加えることにより、発生するアンモニアを低減することを見いだした。つぎに畜産試験場の堆肥舎における実用規模の検討を行った。豚ふん600kgを原料とした第1区、豚ふん（600kg）にブドウ搾り滓（120kg）を始めから混ぜ込んだ第2区、豚ふん（600kg）をブドウ搾り滓（120kg）で覆った第3区（1回目の切り返し後、第2区と同様にブドウ搾り滓は豚ふんに混ぜ込まれる）を設定し、毎週切り返しを行った。堆肥作成期間中、温度記録計で発酵温度を随時測定した。悪臭物質としてアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルを切り返し時に測定した。その結果、三つの試験区とも発酵温度に大きな差はなく順調に発酵が進行した。悪臭物質の発生は、ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で対照の第1区より低減が認められた。三点比較式臭袋法による官能試験でもブドウ搾り滓の効果が実証された。これらの悪臭物質低減作用に悪臭分解微生物の関与が考えられた。そこで、三つの試験区の堆肥中に増殖している微生物（放線菌、バクテリア、カビ）をそれぞれ分析した。ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で放線菌やカビが多く増殖していることが明らかとなった。DNAの電気泳動パターンからもブドウ搾り滓により微生物相の変化することが示された。ブドウ搾り滓を添加して作成した堆肥の施肥効果についてコマツナを用いたポット試験で検討した。その結果、コマツナの乾物収量は化成肥料と比較して同等以上であった。また、堆肥中の重金属含量は問題となる量ではなかった。従って、豚ふんを原料とした堆肥作りにブドウ搾り滓を加えると、堆肥発酵過程に発生する悪臭が低減でき、完成した堆肥の施肥効果は良好で、環境に対する負荷量も少ないことが示唆された。

### Abstract

It was confirmed that the wine compression residue decreased the malodorous from the composting test of using the pig feces with a small experimental composting apparatus. Next, we examined a practical scale in the compost depot of Livestock Experiment Station. Composting examination was set three districts, and scooping up every week. The examination district was the first district where pig feces 600 kg was made raw material, the second district mixed including wine compression residue 120 kg every pig feces 600 kg, the third district where pig feces 600 kg was covered with wine compression residue 120 kg (after the scooping up of the first time, the wine compression residue are mixed with the pig feces same as the second district). The fermentation temperature was measured as required for the compost making period with the temperature record meter. The ammonia, the hydrogen sulfide, the methyl mercaptan, and the methyl sulphide were measured as a malodorous substance at the scooping up. As a result, the fermentation temperatures and fermentation has progressed well in each examination districts. As for the generation of malodorous substance, the decrease was admitted from the first district of the contrast in the second district and the third district where the wine

compression residue had been added. The effect of the wine compression residue was proven as for the sensory test by choosing one odorous bag out of three bags method for odor sensory measurement. The decreasing malodorous substance suggested possible involvement of the stink resolution microorganism. The populations of actinomycetes, bacteria and fungi in composts of three experimental districts were analyzed. A significantly higher incidence of both actinomycetes and fungi was observed at the second and third districts. The electrophoresis pattern of the DNA was suggested the microflora changes by wine compression residue. In addition, we examined a fertilizer application effect of the manure compost with wine compression residue by Komatsuna (*Brassica rapa* L.) in the soil packer in Wagner pots. As a result the yield of Komatsuna cultivated by the manure compost was the same or more as cultivated by chemical fertilizer. The heavy metal residue in the compost was no problem. Therefore, these result suggested that effect of wine compression residue addition in pig feces composting were 1) malodorous reduction in composting process, 2) good fertilizing effect of the manure compost with wine compression residue, 3) decreasing environmental load.

## 1. 緒言

山梨県はブドウ、モモ、スモモの生産量が全国で一位を誇る果樹王国であり、さらにブドウから作られるワイン生産量においてもそのシェアは日本一である。しかし、ワイン製造過程で生じる多量のブドウ搾り滓（ワイン圧縮残渣）の処理が問題となっている。これらブドウ搾り滓の一部は飼料、滓とりブランデー製造あるいは堆肥に利用されているが、多くは有用な利用法が無く処分されているのが現状である。その一方で、ブドウ搾り滓に含まれる機能性成分、特にポリフェノール類の抗菌作用や抗酸化作用、消臭作用は、昨今の健康食品ブームにおいて注目されている。

一方、畜産農家では、周辺住民の混住化により悪臭を始めとする環境問題が重要な課題となっている。国は家畜排せつ物の適切な管理と資源としての有効利用を求める「家畜排せつ物法」を平成11年11月に施行したが抜本的な解決には至っていない。また、生産された堆肥の流通の課題や、堆肥に含まれる重金属等による土壌や地下水汚染も懸念されている。そのため本県でも、家畜排せつ物や農産物残渣などの処理および利活用をめざし、環境保全型農業を推進するため「バイオマス利活用マスタープラン」が平成17年6月に策定された。平成19年12月には「山梨農業ルネサンス大綱」を公表し、翌年3月に「新たな環境保全型農業基本方針」を策定し、これら問題の解決をめざしている。

そこで我々は本県の未利用資源としてブドウ搾り滓に着目し、家畜排せつ物の堆肥化における悪臭低減化技術への利用およびその実用化を第一の目的に、新技術で作成された堆肥の施肥効果、施肥による土壌および水系への影響評価を第二の目的に、さらに家畜排せつ物等の循環処理過程におけるライフサイクルアセスメントの実施を第三の目的として本研究を実施した。

この一連の研究は、山梨県の未利用資源を有効に利用する技術開発のひとつとなると同時に、環境保全型農業推進にも役立つと考えられる。

## 2. 実験方法

### 2-1 ブドウ搾り滓および豚ふん

ブドウ搾り滓：山梨県内のワインメーカーよりワイン製造過程で生じるワイン圧縮残渣（ブドウ搾り滓）を提供していただいた。このブドウ搾り滓は冷凍保存し、実験には解凍したものをを用いた。

豚ふん：山梨県畜産試験場の豚房より豚ふんを採取した。

### 2-2 小型堆肥化実験装置による検討

小型堆肥化実験装置（かぐやひめ、富士平）を用い<sup>1)</sup>、豚ふんにブドウ搾り滓を加えた場合に発生する臭気量を検討した。小型堆肥化実験装置は、比較的簡単に条件を変えて堆肥を作ることができるため、堆肥作りにおける基礎研究に多く用いられている<sup>2, 3)</sup>。

豚ふん（第1区）：豚ふんにオカズを混合し含水率65%程度に調整して小型堆肥化実験装置に5kgを充填した。通気速度の設定は500mL/minにした。

豚ふん＋ブドウ滓（第2区）：豚ふん5kgに、ブドウ搾り滓を5kg混ぜ、オカズで含水量を65%に調整し小型堆肥化実験装置に充填した。通気速度は850mL/minに設定した。

堆肥化開始日を0日とし、7日、14日、21日、28日に充填した各試験区のサンプルを小型堆肥化実験装置



写真-1 畜産試験場で飼育されている豚



写真-2 実験に用いた豚ふん



写真-3 実験に用いたブドウ搾り滓

から取り出して、均一に攪拌して切り返しを行った。堆肥化の発酵状況の目安として堆肥の内部温度をデータロガーで記録した。悪臭物質の指標としてアンモニア濃度を測定した。

### 2-3 堆肥作成 (実用規模)

山梨県畜産試験場の堆肥舎で実験を行った。原料に使用した豚ふんはオガクズを加え、水分含量が65%になるように調整した。実験には三つの試験区を設定し堆肥化を行った。

第1区：豚ふんのみ、豚ふん600kgを原料とした。

第2区：豚ふん+ブドウ搾り滓 Mix, 豚ふん600kgに実験開始時点でブドウ搾り滓 (120kg) を混ぜ込んだ。



写真-4 小型堆肥化実験装置

第3区：豚ふん+ブドウ搾り滓 Cover, 豚ふん600kgをブドウ搾り滓 (120kg) で覆った。ただし、最初の切り返し以降は第2区と同様に豚ふんとブドウ搾り滓は混合される。

堆肥化開始日を0日とし、一週間ごとに重機 (ホイローローダー) で切り返しを行い、臭気測定用サンプルをテドラバックに採取した。また同時に発酵途中の堆肥の一部を採取し、発酵過程-堆肥サンプルとした。また、堆肥の発酵状況を把握するため堆肥中心部と表面の温度をデータロガーで記録した。

### 2-4 堆肥発酵過程における堆肥のpHの推移

発酵過程-堆肥サンプル30gをそれぞれ300mLの蒸留水に懸濁させ、ガラス電極を用いてpHの測定を行った。

### 2-5 悪臭物質の分析

サンプルの採取：切り返しの前後で発生した臭気を試料採取用ポンプを用いてテドラバック (1,000mL) に直接採取した。

アンモニア：検知管 (ガステック) で直接測定した。

硫化水素 ( $H_2S$ )、メチルメルカプタン ( $CH_3SH$ )、硫化メチル ( $(CH_3)_2S$ )：キャピラリーカラム (Rtx-1, RESTEK) を装着したガスクロマトグラフィ (GC-2014, 島津) で分析を行った。なお検出器にはFPDを用い、検量線用の標準ガスはパーミエーター (ガステック) で調製した。

### 2-6 官能試験 (三点比較式臭袋試験)

発酵過程-堆肥サンプル20gをそれぞれ500mLの密栓ガラスビンに入れ45℃で1時間静置し、その上部空間の気体を臭気試料とした。3Lの無臭空気を充填した臭い袋を3袋1セットとして使用し、そのうちひとつに所定の希釈倍数となるよう臭気試料を充填した。希釈倍率は10倍から臭気が判別できなくなるまで、およそ3倍間隔で設定した。6名のパネル (基準物質の臭気判定試験により、あらかじめ正常な臭覚を有することを確認した判定者) に1セット (無臭2袋+有臭1袋) のうち、臭気の感じられる袋を選ばせて臭気判定を行い、得られたデータから臭気濃度を算出した<sup>4)</sup>。

### 2-7 DNAパターン分析による微生物相の解析

それぞれの発酵過程-堆肥サンプルから微生物の全DNAを抽出し、16S rDNAの部分塩基配列のPCR増幅産物をDGGE (変性剤濃度勾配電気泳動) 法によって解析した。プライマーにはC9F-350R, C49F-520R, 350F-680R, 520F-920Rの4セットを用いた。

### 2-8 培養試験による微生物相の解析

それぞれの発酵過程-堆肥サンプルを風乾後、サンプル

ル中の微生物（放線菌，バクテリア，カビ）を滅菌精製水に懸濁させ，それぞれの選択培地で培養して菌数を求めた．選択培地として放線菌はHumic acid-vitamin agar（+Cycloheximide 50mg/L, Nalidixic acid 20mg/L），バクテリアはTrypticase-soy agar（+Cycloheximide 50mg/L），カビはPotato-dextrose agar（+Nalidixic acid 20mg/L）を用いた．総菌数は希釈平板法（表面塗布法）で好気性菌の総数を求めた．なお，培養温度は堆肥化過程の温度を考慮して50℃とし，10日間培養した．

### 2-9 ポリフェノール類の測定

サンプル1gに50%エタノール10mLを加えて70℃で90分間振とう抽出した後，メンブランフィルターでろ過を行った．このろ液中のポリフェノール類をペルオキシダーゼ・過酸化水素センサー法によるポリフェノール測定装置（東洋紡エンジニアリング）で測定した．測定されたポリフェノール類の量はカテキン量に換算して示した．

### 2-10 発芽試験および施肥試験（ポット試験）

コマツナを用いて発酵終了堆肥（完熟堆肥）の発芽試験および施肥試験を行った．発芽試験は堆肥等有機物分析法<sup>5)</sup>に従って，熱水抽出液による試験を行った．施肥効果は5000分の1アールワグネルポットで栽培を行い，乾物収量および肥料成分吸収量を測定した．各堆肥の施用量は自然乾燥状態のものを乾物換算で20g（1t/10a相当量）とした．また，化学肥料は窒素，リン酸，加里それぞれ成分量で20kg/10a相当量を施用し，成分吸収量を求めるため，施用する化学肥料の成分を欠落させた区を設けた<sup>6, 7)</sup>．

### 2-11 堆肥の成分分析（重金属を含む）

発酵終了堆肥（完熟堆肥）および発酵過程一堆肥サンプルを自然乾燥させ，ブレンダーで粉砕し，0.5mmメッシュのふるいを全通させ，成分分析用サンプルとした．主要成分の分析は堆肥等有機物分析法<sup>5)</sup>に従い，アンモニア態窒素，硝酸性窒素，含水量，電気伝導度を測定した．ミネラル成分に関してはマッフル炉で乾式灰化した後，リン酸はバナドモリブデン酸比色法で，加里とマグネシウム，カルシウムは原子吸光光度計（島津）でそれぞれ測定した．全炭素（TC）と全窒素（TN）はCNアナライザー（パーキンエルマー）で測定した．

重金属の分析は，成分分析用サンプルの一定量に硝酸を加え，マイクロ波分解装置（マイルストーンゼネラル）で分解した後，ICP-MS（4500，横川アナリティカルシステムズ）で銅，亜鉛，ヒ素，カドミウム，鉛の測定を行った．

### 2-12 工学的手法による悪臭物質の分解試験

銅-クロム触媒（N201，日揮化学）を100g充填した石英管（直径19mm，全長225mm）を円筒型マイクロ波照射装置にセットし，アンモニアガス（100ppm）を0.4L/minの流量で石英管の中を通気させた．マイクロ波は200Wで照射した．石英管の出口で検知管を用いてアンモニアガス濃度を測定した．

## 3. 結果

### 3-1 小型堆肥化実験装置による予備的検討

小型堆肥化実験装置に豚ふんを充填した第1区と，豚ふんとブドウ搾り滓を充填した第2区の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-1と図-2に示す．最高温度に達した時期が第1区と第2区で異なっていた．これは，ブドウ搾り滓添加により第2区の堆肥化スタート時点でpHが低くなっていたことによると考えられる．アンモニアの発生時期のずれも同様の理由と考えられる．そこで，堆肥発酵期間中の温度とアンモニア発生量を積算してグラフを図-3に示した．

その結果，第1区，第2区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．この結果

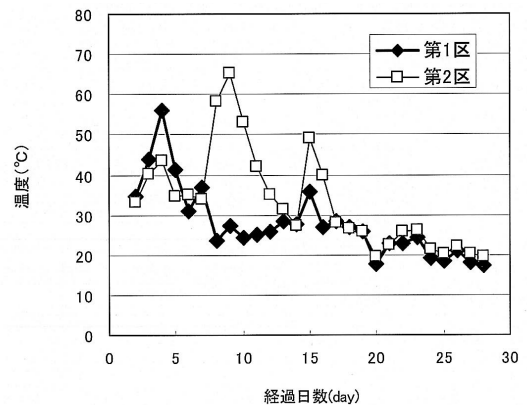


図-1 発酵温度の変化

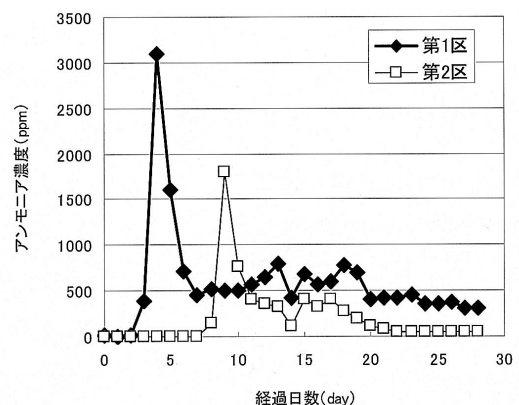


図-2 アンモニアの測定結果

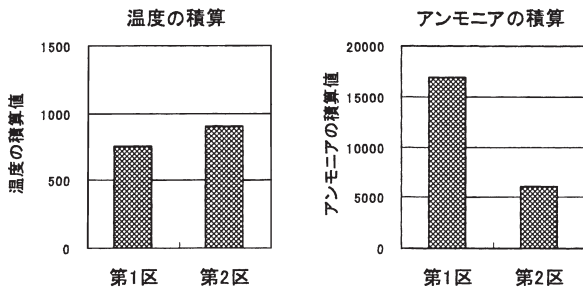


図-3 発酵温度とアンモニアの積算

から、ブドウ搾り滓がアンモニアの発生を低減することが示された。

### 3-2 畜産試験場堆肥舎による実用規模の検討

小型堆肥化実験装置の実験で、豚ふんを原料に堆肥を作成する場合、ブドウ搾り滓を加えることにより発生するアンモニアの量を低減することができた。しかし、小型堆肥化実験装置での実験に用いたブドウ搾り滓の割合は豚ふんに対して1：1であった。この割合では実際の現場での堆肥作りには不向きである。また、ブドウ搾り滓を1：1で加えると発酵スタート時点のpHが低くなり、発酵期間（堆肥が完熟するまでの期間）が長くなることも予備検討により明らかとなった。そこで、pHに影響を与えず現場で使える量として、豚ふん：ブドウ搾り滓を1：0.2とした。さらに、三つの試験区を設定して実用規模の検討を行った。

- 第1区：豚ふん
- 第2区：豚ふん+ブドウ滓 Mix
- 第3区：豚ふん+ブドウ滓 Cover

#### 3-2-(1) 発酵温度とpH

図-4 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-5に示す。その結果、ど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、三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。

図-6 にpHの推移を示す。三つの試験区で大きな違いのないことが示され、豚ふん：ブドウ搾り滓の比率が

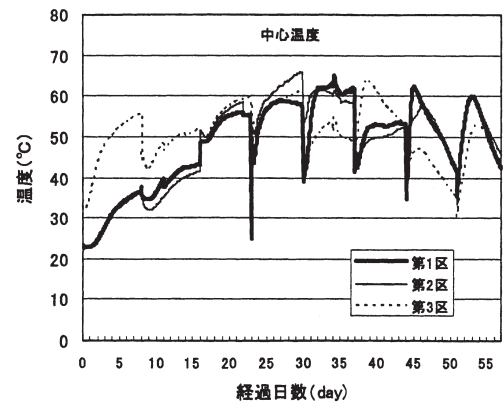


図-4 発酵温度の変化

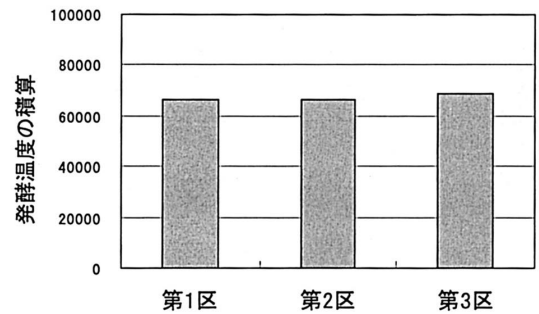


図-5 発酵温度の積算

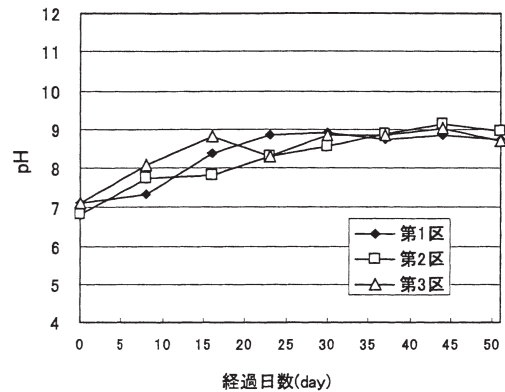


図-6 発酵過程におけるpHの推移

適切であることが確認された。



写真-5 三種類の堆肥

3-2-(2) 悪臭物質の測定

アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの測定を、毎週行われる切り返しの前後で分析した。アンモニアは1回目から7回目の切り返しまで検出することができた。しかし、メチルメルカプタンと硫化メチルは2回目の切り返しまでしか検出できなかった。硫化水素に至っては、1回目の切り返しでしか検出できなかった。図-7、図-8、図-9に硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチルの測定結果をそれぞれ示す。



写真-6 重機による切り返し

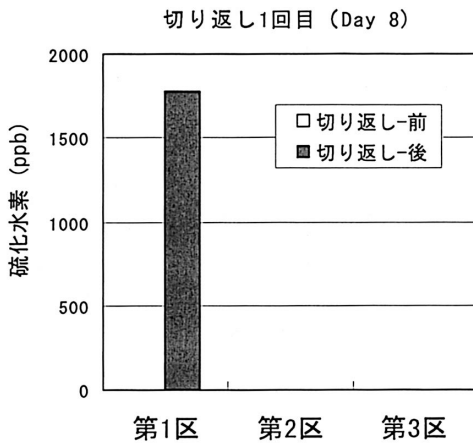


図-7 硫化水素の測定結果



写真-7 臭気のサンプリング

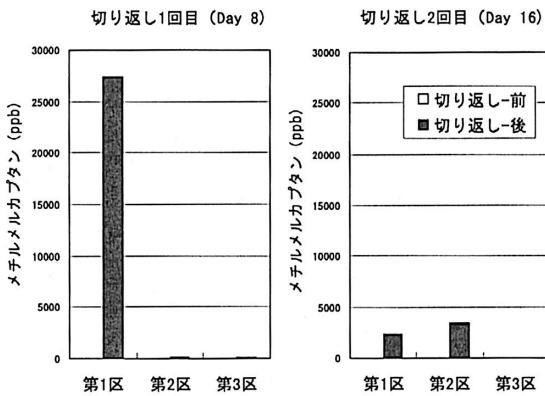


図-8 メチルメルカプタンの測定結果

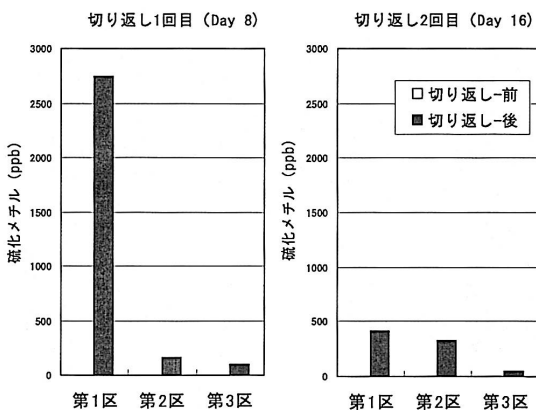


図-9 硫化メチルの測定結果

三種類の硫黄化合物はともに切り返しの後でしか検出できなかった。そして、第1区に比べ、第2区や第3区は硫黄化合物の発生量が少ないことが示された。

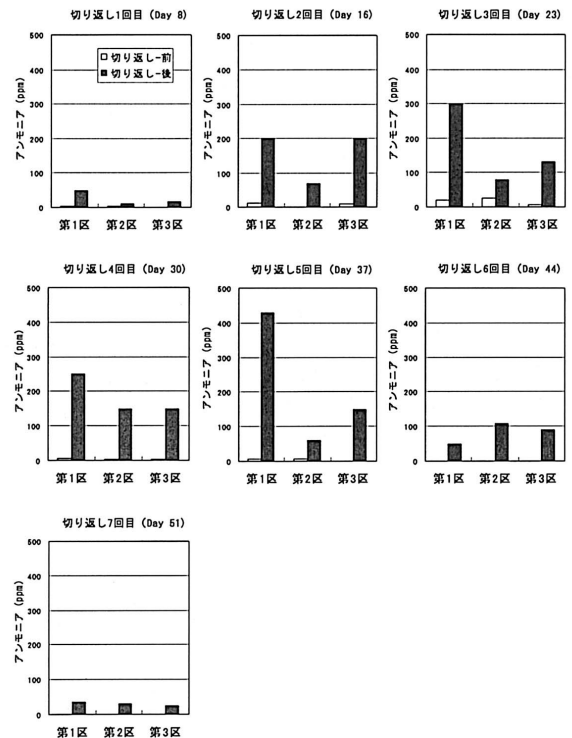


図-10 アンモニアの測定結果

アンモニアの測定結果を図-10に示す。アンモニアは1回目の切り返し時より2回目以降の切り返しの方が多く発生していた。これは図-4に示した発酵温度と関連していると考えられる。図-11には切り返し後の測定結果の推移を示した。

図-7から図-10に示した悪臭物質の発生量の実験区による違いを比較するため、実験期間内に測定できた臭気のそれぞれの総量を算出しグラフにした。その結果を図-12に示す。この結果から、ブドウ搾り滓を添加した第2区と第3区で悪臭物質の発生量が低減できることが明確に示された。第2区と第3区を比べた場合、悪臭物質の種類によりその効果の異なることも明らかとなった。

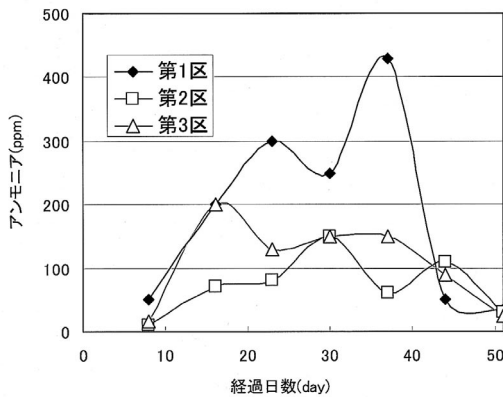


図-11 発生したアンモニアの推移

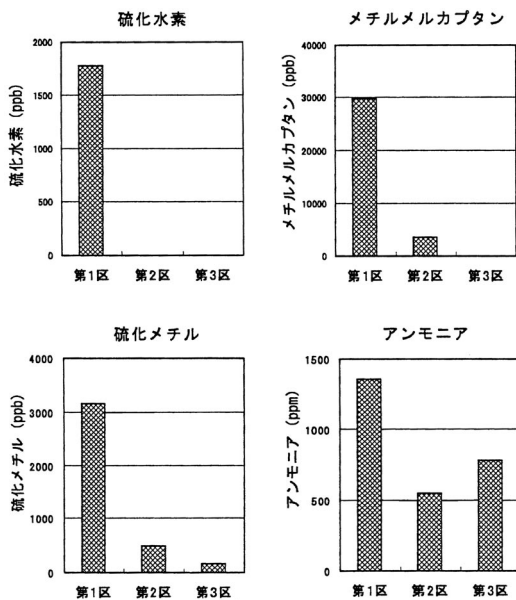


図-12 測定された悪臭物質の総量

### 3-3 官能試験

三点比較式臭袋試験法によりブドウ搾り滓添加による悪臭の官能試験を行った。その結果を図-13に示す。

第1区に比べ、明らかに第2区、第3区で臭気濃度が低くなることが示された。この結果は、悪臭の成分分析の結果と矛盾がなく、ブドウ搾り滓の効果が官能試験でも証明された結果となった。

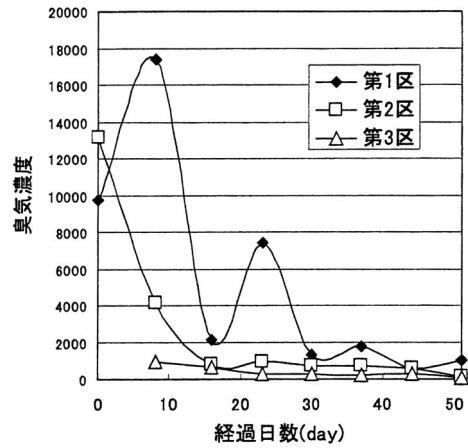


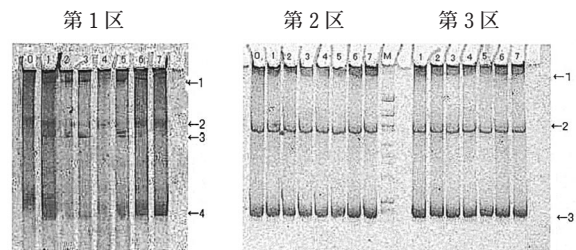
図-13 官能試験の結果

### 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>8-12)</sup>。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、悪臭を分解する微生物が増殖している可能性がある。そこで、堆肥発酵過程における微生物相の解析を行った。

#### 3-4-(1) DNAパターンによる微生物相の検討

近年の遺伝子操作技術の進歩により、微生物からDNAを抽出し、比較検討することは比較的容易である。DNAのパターンが異なれば微生物相が変化していることが考えられる。そこで、発酵過程-堆肥サンプルから微生物の全DNAを抽出した後、16S rDNAの部分塩基配列のPCR増幅産物をDGGE (変性剤濃度勾配電気泳動)法によって解析した。その結果、図-14に示すごとく、プライマーにC9F-350Rを用い、変性剤濃度を0~20%にした結果、明らかに第2区と第3区のDNA電気泳動パターンが第1区と異なることが示された。



各レーンの番号は切り返しの番号を示す。

図-14 DNAの電気泳動パターン

すなわち、ぶどう搾り滓を豚ふんに加え、堆肥を作成すると、発酵過程における微生物相が変化することが明らかとなった。

同様に、4種のプライマーセットを用いてDGGEを行った。そして、各堆肥区の違いを調べるために出現したバンドの数を比較した。表-1にそれぞれの実験区ごとに認められた共通なバンドの数を示し、表-2には異なるバンドの数を示した。表-2に示すごとく、第1区と第3区を比べた場合、異なるバンド数は10本と、他の組み合わせに比べて多かった。これは、豚ふんのみでの堆肥と豚ふんをぶどう搾り滓で覆った堆肥では微生物群集が特に異なることを示している。また、第2区と第3区でも異なるバンドが8本確認された。つまり、ぶどう搾り滓を最初から混合した堆肥とぶどう搾り滓を振りかけて一週間後に混合させた堆肥では、微生物群集の異なることが示された。すなわち、ぶどう搾り滓の添加方法を変えるだけで微生物群集が影響を受けることが明らかとなった。

表-1 共通なバンドの数

	第1区	第2区	第3区
第1区		18	15
第2区	18		16
第3区	15	16	

表-2 異なるバンドの数

	第1区	第2区	第3区
第1区		7	10
第2区	7		8
第3区	10	8	

次に、各堆肥試験区の堆肥熟成過程における微生物相のパターンの変化を調べた。堆肥熟成過程のバンド変化を表-3に示す。前期：0-2週目、中期：2-5週目、後期：5-7週目とした場合、それぞれの実験区において、堆肥化過程全体を通して存在するバンドが10-11本と最も多かったが、堆肥化の前期・中期・後期に消長するバンドもかなりの数存在することが示された。すなわち、堆肥熟成に伴って特定の微生物群集が出現・消失することがわかった。また、堆肥熟成過程におけるバンドの変動は実験区ごとで異なっていた。つまり、堆肥熟成に伴う微生物群集の変動は堆肥の種類によって異なるということが分かった。

表-3 堆肥成熟過程におけるバンド変化

	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+
第1区	10	5	1	5	0	4									
第2区	10	4	0	5	1	4									
第3区	11	1	1	6	0	3									

3-4-(2) 培養試験による微生物相の検討

DNAのパターン分析によりぶどう搾り滓の添加で微生物相が変化することが示されたため、培養試験による検討を行った。すなわち、発酵過程-堆肥サンプルを滅菌精製水に懸濁させ、放線菌、バクテリア、カビのそれぞれの選択培地に塗布して培養を行った。培養温度は実際の堆肥の発酵温度を考慮し50℃とした。その結果を図-15に示す。

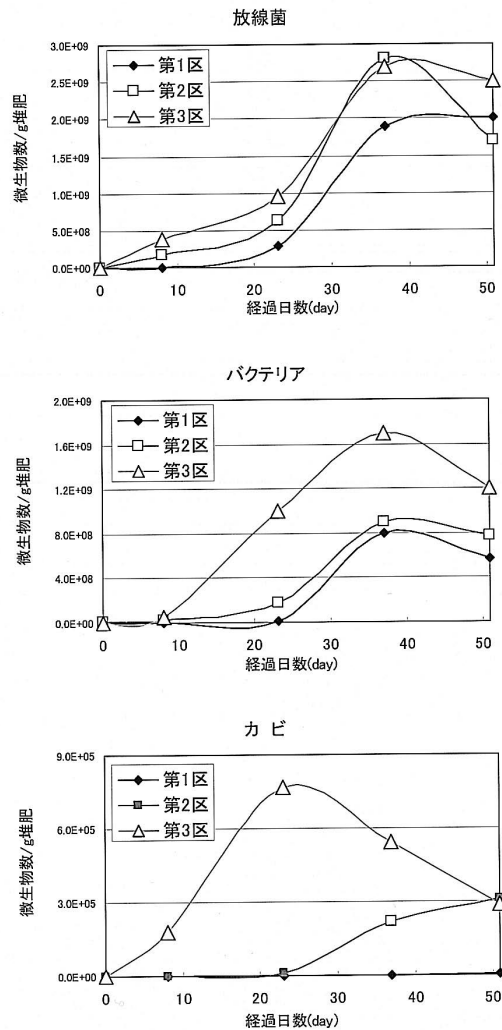


図-15 堆肥発酵期間における微生物数の推移

放線菌が第2区と第3区で、第1区に比べ多いことが明らかとなった。バクテリアは第3区が多かった。カビは第1区では全く認められないが、第3区では発酵の初期から、第2区では発酵の後半に多く認められた。

次に1回目の切り返し (Day 8) の時点で認められた放線菌についてさらに検討を行った。その結果を表-4に示す。これらの放線菌が悪臭分解作用を有するかは今後の検討課題である。



表-4 堆肥中の高温性放線菌相 (切り返し1回目)

	堆肥1g (乾燥重量) 当りの放線菌数*					総計 (全微生物**中の割合)
	<i>Saccharomonospora</i>	<i>Thermomonospora</i>	<i>Thermoactinomyces</i>	<i>Streptomyces</i>	その他の属	
第1区	$5.0 \times 10^4$	0	$6.5 \times 10^4$	0	$3.5 \times 10^4$	$1.5 \times 10^5$ (11%)
第2区	$8.4 \times 10^7$	$8.0 \times 10^7$	$5.0 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$1.7 \times 10^8$ (86%)
第3区	$2.2 \times 10^8$	$1.5 \times 10^8$	$1.0 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^7$	$3.9 \times 10^8$ (89%)

\*HV agar, 50°C, 10日間培養, \*\*放線菌+バクテリア+カビ

### 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、豚ふんにブドウ搾り滓を加え、ポリフェノール類の測定を行った。豚ふん：ブドウ搾り滓は1：0.2とし、ポリフェノール類はカテキンに換算した。その結果、図-16に示すごとく、豚ふん中のポリフェノール類の量は2,210mg/kg、豚ふんにブドウ搾り滓を添加した場合は3,080mg/kgで、その差870mg/kgがブドウ搾り滓由来のポリフェノール類であると考えられた。ブドウ搾り滓には12,470mg/kgのポリフェノール類が含まれていた。豚ふん中にもポリフェノール類が存在するが、ブドウ搾り滓中のポリフェノール類とは種類が異なることが容易に推測できる。今後、ブドウ搾り滓に由来するポリフェノール類が堆肥製造過程で発生する悪臭の低減、あるいは微生物の増殖に関与するか検討を行っていきたい。

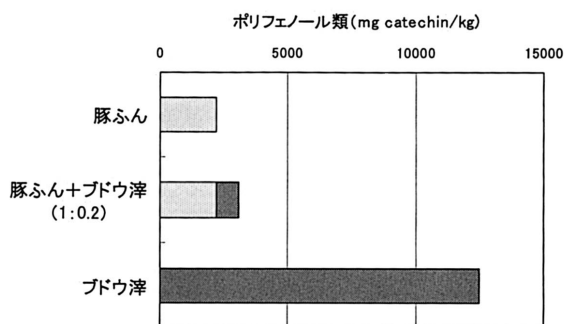


図-16 ポリフェノール類の量

### 3-6 堆肥の発芽試験および施肥試験

完成した堆肥について発芽試験を行った。その結果を図-17に示す。蒸留水の発芽数を100とした時の各区の発芽指数は、豚ふん堆肥で83%、豚ふん+ブドウ搾り滓堆肥で91%となり若干の差が見られたが、全て良好な結果であった。

コマツナを用いて堆肥の施肥効果についても検討を行った。図-18に示すように、ポット栽培によるコマツナの生育は、各堆肥を乾物として1t/10a単用した場合、化学肥料を単用して栽培した時と同等以上の収量が得られた。

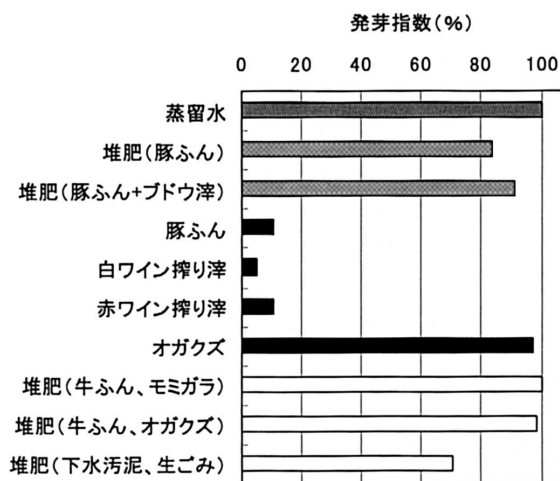


図-17 発芽試験の結果

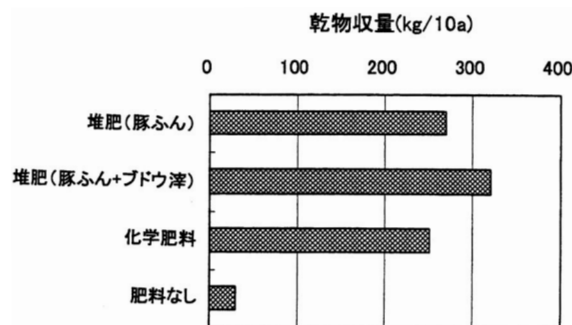


図-18 コマツナの乾物収量



写真-8 施肥試験 (ポット栽培)

堆肥由来の窒素成分吸収量は化学肥料を単用した場合よりも低い傾向が見られた。一方、リン酸と加里は化学

肥料単用区よりも高い吸収量を示し、効率よく吸収していることが示された。(表-5)

表-5 堆肥由来成分の吸収量 (kg/10a)

	窒素	リン酸	加里
堆肥 (豚ふん)	3.4	4.5	16.7
堆肥 (堆肥+ブドウ滓)	4.7	4.8	20.2
化学肥料	6.2	2.3	14.1

※化学肥料単用区の吸収量は化学肥料由来の成分

### 3-7 堆肥の成分分析

堆肥成分の分析を行った結果を表-6に示す。各処理区とも含水率が30%前後まで減少しており、過乾気味であったが、ブドウ搾り滓を添加した第2区および第3区では水分の減少が抑えられる傾向が見られた。窒素やリン酸および塩基類の含量は、ブドウ搾り滓を添加しなかった第1区と比較して、添加した第2区および第3区の方が低い傾向が見られたが、豚ふん堆肥として利用する上で、問題は無いと考えられた。

表-6 発酵過程における堆肥の成分含量

切り返し	0	1	2	3	4	5	6	7
経過日数	Day 0 6月11日	Day 8 6月19日	Day 16 6月27日	Day 23 7月4日	Day 30 7月11日	Day 37 7月18日	Day 44 7月25日	Day 51 8月1日
現物 水分率(%)	第1区 64.9 第2区 67.1 第3区 64.9	第1区 64.7 第2区 61.1 第3区 62.3	第1区 53.9 第2区 58.0 第3区 56.9	第1区 46.7 第2区 52.4 第3区 45.8	第1区 45.1 第2区 55.1 第3区 38.8	第1区 39.9 第2区 42.4 第3区 42.6	第1区 32.2 第2区 34.0 第3区 32.4	第1区 28.9 第2区 32.1 第3区 32.2
pH (1:10)	第1区 7.1 第2区 6.8 第3区 7.1	第1区 7.3 第2区 7.7 第3区 8.1	第1区 8.4 第2区 7.8 第3区 8.8	第1区 8.8 第2区 8.3 第3区 8.3	第1区 8.9 第2区 8.5 第3区 8.9	第1区 8.8 第2区 8.9 第3区 8.8	第1区 8.8 第2区 9.2 第3区 9.0	第1区 8.7 第2区 9.0 第3区 8.7
EC(mS/cm) (1:10)	第1区 3.7 第2区 2.8 第3区 3.7	第1区 4.9 第2区 3.9 第3区 3.3	第1区 4.9 第2区 3.7 第3区 2.6	第1区 3.8 第2区 2.6 第3区 2.0	第1区 3.1 第2区 3.0 第3区 2.4	第1区 2.9 第2区 2.6 第3区 2.1	第1区 3.2 第2区 2.8 第3区 2.6	第1区 3.0 第2区 2.7 第3区 2.5
窒素含量(%)	第1区 3.3 第2区 2.6 第3区 3.3	第1区 3.0 第2区 2.9 第3区 2.7	第1区 2.5 第2区 2.5 第3区 2.6	第1区 2.6 第2区 2.4 第3区 2.7	第1区 2.7 第2区 2.7 第3区 2.5	第1区 3.1 第2区 2.7 第3区 2.6	第1区 3.1 第2区 2.8 第3区 2.8	第1区 3.0 第2区 2.6 第3区 2.5
アンモニア態 窒素(%)	第1区 0.52 第2区 0.86 第3区 0.52	第1区 1.56 第2区 0.93 第3区 0.94	第1区 0.85 第2区 0.96 第3区 0.55	第1区 0.55 第2区 0.60 第3区 0.30	第1区 0.53 第2区 0.68 第3区 0.24	第1区 0.26 第2区 0.26 第3区 0.21	第1区 0.22 第2区 0.25 第3区 0.22	第1区 0.16 第2区 0.19 第3区 0.15
硝酸態 窒素(%)	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.00	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.00	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.00	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.01	第1区 0.00 第2区 0.02 第3区 0.02	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.01	第1区 0.00 第2区 0.00 第3区 0.01	第1区 0.00 第2区 0.01 第3区 0.06
リン酸含量(%) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	第1区 4.6 第2区 2.9 第3区 4.6	第1区 5.4 第2区 5.1 第3区 5.0	第1区 4.2 第2区 4.0 第3区 4.2	第1区 5.1 第2区 2.7 第3区 3.8	第1区 5.2 第2区 3.7 第3区 3.6	第1区 5.6 第2区 3.7 第3区 3.7	第1区 5.5 第2区 3.2 第3区 3.9	第1区 7.3 第2区 3.4 第3区 3.8
加里含量(%) K <sub>2</sub> O	第1区 2.1 第2区 1.7 第3区 2.1	第1区 2.2 第2区 2.0 第3区 1.8	第1区 2.1 第2区 2.0 第3区 1.9	第1区 2.1 第2区 2.2 第3区 2.0	第1区 2.1 第2区 2.3 第3区 1.9	第1区 2.4 第2区 2.3 第3区 2.0	第1区 2.5 第2区 2.5 第3区 2.2	第1区 2.6 第2区 2.6 第3区 2.3
苦土含量(%) MgO	第1区 1.7 第2区 1.0 第3区 1.7	第1区 1.9 第2区 1.6 第3区 1.4	第1区 1.7 第2区 1.4 第3区 1.4	第1区 1.7 第2区 1.0 第3区 1.3	第1区 1.8 第2区 1.3 第3区 1.3	第1区 1.8 第2区 1.4 第3区 1.2	第1区 2.2 第2区 1.5 第3区 1.5	第1区 2.1 第2区 1.4 第3区 1.2
石灰含量(%) CaO	第1区 4.3 第2区 3.6 第3区 4.3	第1区 4.5 第2区 4.8 第3区 5.8	第1区 4.3 第2区 3.8 第3区 5.3	第1区 4.1 第2区 3.1 第3区 4.7	第1区 4.2 第2区 3.7 第3区 4.8	第1区 5.0 第2区 3.8 第3区 4.3	第1区 5.3 第2区 4.1 第3区 5.6	第1区 5.6 第2区 4.1 第3区 4.7

※水分以外は全て乾物あたりの値

堆肥を使用する場合、堆肥中の重金属の含量が問題となる。特に、ブタの排せつ物は牛や鶏に比べは重金属が多いことが知られている<sup>13, 14)</sup>。また、ブドウの栽培において果樹農家はボルドー液を殺菌剤として使用することが多い。ボルドー液は硫酸銅 (CuSO<sub>4</sub>) と生

石灰 (CaO) から作られるため、高濃度の銅を含んでいる。従って、豚ふんにブドウ搾り滓を加える場合、銅をはじめとして重金属含量を測定しておくことは重要である。図-19に堆肥中の重金属の測定結果を示す。堆肥に含まれている銅濃度は、第1区で84mg/kg、第2区で62mg/kg、第3区で60mg/kgであった。亜鉛濃度は第1区で536mg/kg、第2区で339mg/kg、第3区は299mg/kgであった。ブドウ搾り滓を加えた第2区と第3区の方が重金属濃度の低くなることが示された。この原因として、堆肥の発酵終了時においてもブドウ搾り滓が完全に分解していないため、第1区に比べ完成した堆肥の質量が多いためと考えられる。また、肥料取締法では銅の濃度が300mg/kg以上、亜鉛が900mg/kg以上含まれている場合に、表示が義務づけられているが、今回の実験で作られた堆肥は重金属量を心配しないで使えることが示された。ほかの重金属についても低い値であった。

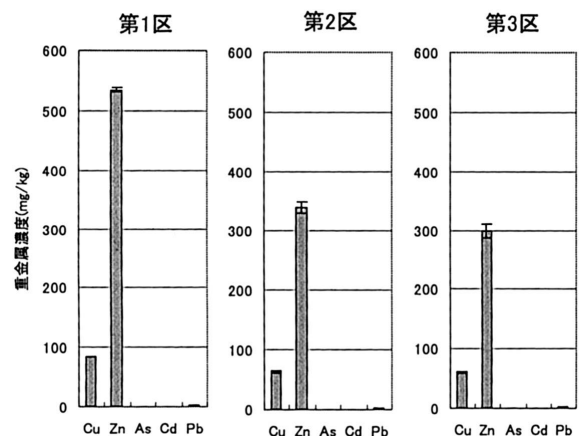


図-19 重金属含量

### 3-8 工学的手法による悪臭の分解

本研究では悪臭物質の分解の一つの手段として工学的手法の利用も視野に入れている。そこで本年度は実験室レベルで、マイクロ波と金属触媒を用いた分解法の検討を行った。

銅-クロム触媒を充填した石英管を円筒型マイクロ波照射装置にセットし、アンモニアガスを0.4L/minの流量で石英管の中を通過させた。その結果、80ppmあったアンモニアが石英管の出口では検出限界以下にまで分解されていた。(図-20)

このマイクロ波分解装置は電気エネルギーを効率よく熱エネルギーに変換できるため省エネルギーで分解できる。また、操作が用意で、100Vの家庭用電源で動き、小型なので持ち運ぶことも可能である。来年度から堆肥舎への設置を視野に入れ検討を行っていく予定である。

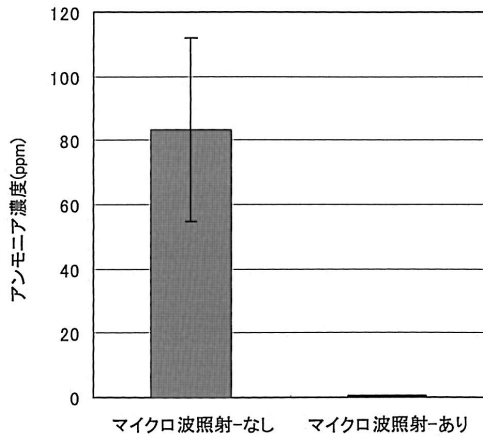


図-20 工学的的手法によるアンモニアの分解

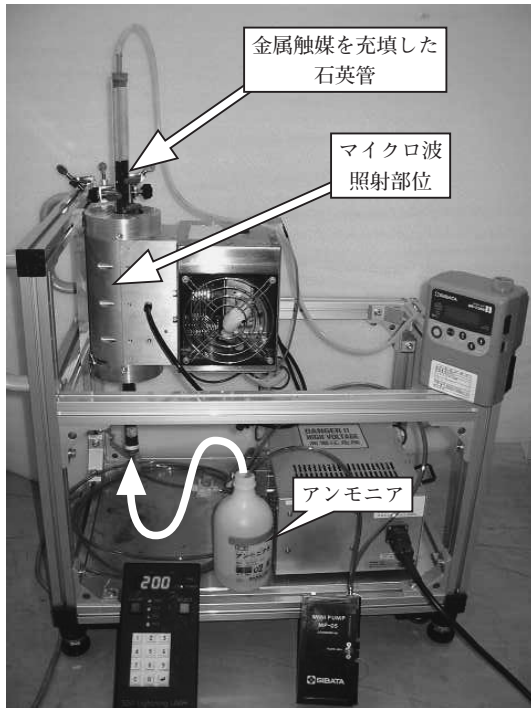


写真-9 マイクロ波分解装置

#### 4. 考察

本研究は、まだ、初年度であるため一年目で明らかとなった留意点および今後の検討課題を以下に記す。実用規模の堆肥化実験は実験期間が2ヶ月間必要で、天候および温度に堆肥の発酵が左右されるため、季節変動を考慮した再現性の検討が必要である。ブドウ搾り滓の保存手段を考慮し、発酵させたブドウ搾り滓の利用を検討する必要がある。悪臭物質として、硫黄化合物とアンモニアの測定を行ったが、脂肪酸の測定も検討して行きたい。消臭作用の機構として、微生物とポリフェノール類の関与が考えられるが、これらの効果を実証する検討が必要である。工学的消臭装置としてマイクロ波と金属触

媒を用いる方法を検討したが、光触媒による方法も検討したい。そして、これらの消臭装置を堆肥舎で使用する場合のスケールアップに関する検討も必要である。さらに、2年目からは、臭気を集め物理的に吸着する吸引通気装置<sup>15, 16)</sup>を備えた堆肥舎での検討、および、ライシメーターによる土壌・水系への堆肥成分の影響調査とライフサイクルアセスメントに関する検討も実施していく予定である。

#### 5. 結言

山梨県ではワイン製造過程で生じる多量のブドウ搾り滓の処理が問題となっている。これらの一部は飼料、滓とりブランデー製造あるいは堆肥に利用されているが、多くは有用な利用法が無く処分されている。我々はこのブドウ搾り滓に着目し、豚ふんを原料として作られる堆肥の発酵過程に、ブドウ搾り滓を加えた。その結果、発酵過程で発生する悪臭を低減できることができた。そして、豚ふんとブドウ搾り滓により作られた堆肥の施肥効果は化学肥料と同等以上であった。今後、ブドウ搾り滓添加による消臭メカニズムや、施肥における土壌や水系への環境負荷に関しても検討を行っていく予定である。

#### 6. 謝辞

ブドウ搾り滓を快く提供してくださいましたマンズワイン株式会社には厚く御礼申し上げます。堆肥発酵過程の毎週の切り返しにおいて、重機(ホイールローダー)の操作および臭気サンプルの輸送を担当していただきました畜産試験場の保坂幸次主任技能員、保坂和彦主任技能員ならびに村上高山氏、中山三男氏、深沢豊氏には大変お世話になりました。環境科学研究所の大森さおりさんと外川雅子さんには小型堆肥化実験装置での切り返し、ならびに重金属分析においてそれぞれお世話になりました。悪臭成分の分析においては、山梨県ワインセンターの原川守研究管理幹、小松正和研究員に御協力いただきました。心から感謝致します。また、コマツナの栽培試験および堆肥の成分分析においては、総合農業技術センターの望月久美子研究員、佐藤きよみさん、鈴木ゆかりさん、根津節子さんに御協力をしていただきました。御礼申し上げます。

最後に、本研究のコーディネイターとして、適切な御助言ならびに御指導を数多くしていただきました総合理工学研究機構乙黒親男特別研究員には心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 羽賀清典, 長田隆, 田中康雄, 黒田和孝, 花島大:

堆肥化実験装置，特許出願番号平成8年特許出願第235967号

- 2) 坂井隆宏，脇屋裕一郎，岩永到悦：茶がらを副資材として利用した豚ふんの堆肥化，日豚会誌，41：153-161，2002
- 3) 高橋正宏，泉 秀幸：硝酸カリウム添加が堆肥化に及ぼす影響，日畜会報，77：59-65，2006
- 4) 石黒辰吉：臭気の測定と対策技術，オーム社，2002
- 5) 日本土壌協会編：堆肥等有機物質分析法，2000
- 6) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，1987
- 7) 農林水産省消費・安全局農産安全管理課監修：ポケット肥料要覧2006，2007
- 8) 田中米実，林田晋策，本江元吉：糸状菌による畜産排泄物の処理，発酵工学，54：333-339，1976
- 9) 田中米実，林田晋策，本江元吉：真菌による鶏ふんの処理，発酵工学，55：134-140，1977
- 10) 田中米実，田中稔篤，南里信也，林田晋策：放線菌による畜産排出物の処理，発酵工学，56：788-793，1978
- 11) 太田欽幸，池田 貢：微生物による豚ふんの急速無臭化法，農芸化学，53：277-284，1979
- 12) 黒田和孝：家畜排せつ物の堆肥化における微生物を用いたアンモニア発生低減，資源環境対策，40：64-68，2004
- 13) 折原健太郎，上山紀代美，藤原俊六郎：家畜ふん堆肥の重金属含有の特性，土肥誌，73：403-409，2002
- 14) 高橋良三：豚ふん中の銅，亜鉛含量の低減に向けた飼料管理技術，日豚会誌，42：149-156，2005
- 15) 坂井隆宏，脇屋裕一郎，則武圭輔，四牟田修蔵，式町秀明：豚ふん堆肥化時に発生する臭気の活性汚泥曝気方法による脱臭，日豚会誌，42：157-164，2005
- 16) 開澤浩義：豚ふんの吸引式通気堆肥化と簡易脱臭技術，農業電化，59：28-33，2006

## 成果発表状況

### 学会発表

- 1) 長谷川達也，瀬子義幸：ブタの排せつ物中の重金属に関して，第9回MTノックアウトマウス研究会，八戸，2006
- 2) 齊藤奈々子，森 智和，長谷川達也，佐野慶一郎，金子栄廣：ブドウ滓を利用した家畜糞堆肥化の悪臭抑制効果，第39回化学工学会秋季大会，札幌，2007