

# 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 (その3)

<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>・吾郷 健一<sup>1</sup>・菊嶋 敬子<sup>2</sup>・山崎 修平<sup>3</sup>・上垣 良信<sup>4</sup>  
寺澤 章裕<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 Waste and Reduction of Environmental Load Using Wine Compression Residues (3rd report)

<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>, Ken-ichi AGO<sup>1</sup>, Noriko KIKUSHIMA<sup>2</sup>, Shuhei YAMASAKI<sup>3</sup>,  
Yoshinobu UEGAKI<sup>4</sup>, Akihiro TERASAWA<sup>4</sup>, Taku MISONOU<sup>5</sup>, Hidehiro KANEKO<sup>5</sup> and Masayuki HAYAKAWA<sup>5</sup>

### 要 約

今年度は、堆肥の原料となる「豚ふん」を昨年度の2倍量(2,500kg)に増やし堆肥を作製した。このとき、ワイン製造にともなって生じるブドウ搾り滓(ワイン圧搾残渣)を嫌気発酵させ「発酵ブドウ搾り滓」を作製し、これを豚ふん1に対して0.2の割合で加えることにより、発生する悪臭物質を低減できることが再現できた。ブドウ搾り滓を嫌気発酵させることにより糖が分解され有機酸が合成されてpHが減少し、保存性に優れることが確認された。一方、発酵ブドウ搾り滓添加による悪臭物質低減作用に2種の放線菌(*Thermobifida fusca*, *Saccharomonospora viridis*)の関与が示唆されている。そこで、小型堆肥化実験装置を用いて、これら2種類の放線菌株を直接豚ふんに加え悪臭低減効果について検討した。その結果、これら放線菌の増殖により悪臭物質の発生が低減されることが示された。さらに、堆肥舎でこれら放線菌の増殖について検証した結果、発酵ブドウ搾り滓を豚ふんに加えて堆肥を作製すると、豚ふんのみで堆肥を作製した場合に比べ、これら放線菌の増殖が促進されることが明らかとなった。一方、発酵ブドウ搾り滓に含まれているポリフェノール類が堆肥発酵過程の初期において、悪臭物質発生の低減作用に関連していることが示唆された。スイートコーンとナスを豚ふん+ブドウ搾り滓堆肥を使って栽培した結果、この堆肥の施肥効果は他の堆肥と比べて劣ることはなかった。スイートコーンとナス栽培圃場の畦間土壌ならびにナス根圏土壌中の微生物相を解析した結果、豚ふん+ブドウ搾り滓堆肥を施用した区画では放線菌やバクテリアが多く、カビが少ない傾向が認められた。ライフサイクルアセスメント(LCA)手法を用いて、ブドウ搾り滓と豚ふんを処理する過程で発生する温暖化ガスと消費されるエネルギー、富栄養化に関する環境影響評価を行った。ブドウ搾り滓を産業廃棄物として焼却処分するシナリオと、ブドウ搾り滓を豚ふんに混ぜて堆肥を作製するシナリオを想定し、それぞれについて環境影響を解析・比較した結果、ブドウ搾り滓を豚ふんに混ぜる方が地球温暖化、エネルギー消費に関する負荷が小さくなると考えられた。また、発酵ブドウ搾り滓添加によっても低減しきれない悪臭は、セラミック電気管状炉を使用した金属酸化触媒式分解装置でほとんど完全に分解することができた。

### 1. 緒 言

山梨県は現在県内に約80社のワイナリーを有する日本一のワイン産地であり、その生産量は国内生産量の約4割を占める。特に最近では、この山梨県産ワイン(甲州ワイン)の輸出も積極的に進められている。しかしそれに伴って生じる大量のブドウ搾り滓の活用法はあまり開発されておらず、一部は滓とりブランデー製造や飼料、あるいは堆肥として使用されているものの、その大部分は有用な利用法もなく処分されているのが現状である。

しかし昨今の健康食品ブームにおいて、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、消臭作用への注目が集まり、その有用性を評価する動きが高まっている。

一方、畜産業においては、宅地開発などによって畜産農家と周辺住民との混住化が進み、悪臭を始めとする環境問題の解決が重要な課題となっている。これらの問題への対策は国や県によって講じられてはいるが、抜本的解決には至っていない。

このことから我々はブドウ搾り滓に着目し、これを豚ふんを原料として作られる堆肥の発酵過程に加えた<sup>1, 2)</sup>。

その結果、発酵過程で発生する悪臭を低減することができ、さらにこの堆肥の施肥効果は化学肥料と同等であった。今年度は、昨年の研究で明らかとなった悪臭分解微生物の解析、ならびにこれら微生物の土壌への影響を検討した。また、昨年度と同様にブドウ搾り滓を加えた堆肥の施肥効果をスイートコーンとナスで検討した。今年度は昨年の堆肥発酵過程における温暖化ガス発生に加え、エネルギー消費量・富栄養化を基に環境影響評価を行った。さらに、ブドウ搾り滓添加によっても低減しきれない悪臭への対策として、新たに構築した悪臭分解装置を堆肥舎に設置して、その効果を検証した。

## 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提供によるワイン製造過程で生じるブドウ搾り滓（ワイン圧搾残渣）を用いた。ブドウの品種には「甲州」を使用した。このブドウ搾り滓は、野外でビニールシートを掛け大気との接触を少なくし、46日間発酵させたもの（発酵ブドウ搾り滓）を用いた。なお、発酵過程のブドウ搾り滓



写真-1 収穫した甲州ブドウ



写真-2 ブドウ搾り滓の発酵



写真-3 46日間発酵させたブドウ搾り滓

の中心温度をデータロガーで記録し、糖度、有機酸量およびpHの測定を行った。

豚ふん：山梨県畜産試験場の豚房より採取したものをを用いた。

### 2-2 発酵ブドウ搾り滓の分析

糖度：試料25gに蒸留水75mLを加え粉碎後、その遠心上清をアタゴ式屈折計で測定して糖度を求めた。

有機酸：試料50gに50%エタノール400mLを加え粉碎した後、その遠心上清を4倍希釈（エタノールを12.5%に調整）して、高速液体クロマトグラフィー（ST3-R試薬を用いたポストカラム法）で有機酸（クエン酸、酒石酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸）を分析した<sup>3)</sup>。

pH：試料25gに蒸留水75mLを加えてホモジナイズし、遠心して得られた上清をガラス電極法で測定した。

### 2-3 堆肥作製

昨年と同様に山梨県畜産試験場の堆肥舎で豚ふんに発酵ブドウ搾り滓を1:0.2の割合で加えて堆肥を作製し、発生する臭気の分析を行った<sup>2)</sup>。原料に使用した豚ふんはオガクズを加え、水分含量が70%になるように調整



写真-4 発酵ブドウ搾り滓で豚ふんを覆っている様子

した。実験には二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2,500kgを原料とした。

第2区：豚ふん＋発酵ブドウ滓Cover，豚ふん2，500kgを発酵ブドウ搾り滓（500kg）で覆った。ただし、最初の切り返し以降は豚ふんとブドウ搾り滓は混合される。

堆肥化開始日を0日として、定期的に（7日，21日，36日目）重機（ホイローダー）で切り返しを行い、50日間堆肥化を行った。切り返し時に、検知管でアンモニアを直接測定し、ニオイセンサ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。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発熱量

発酵過程－堆肥サンプルを105℃で乾燥させた後、1gを熱量計（燃研式自動ボンベ熱量計 CA-4AJ，島津）で測定し、高位発熱量を算出した。

#### 2-5 アンモニアの測定

直接法：検知管を用いて直接測定した。

#### 2-6 ニオイセンサによる測定

ニオイセンサ（XP-329ⅢR，新コスモス電機）で臭気試料を直接測定し、臭気レベルを読み取った。

#### 2-7 堆肥発酵過程における堆肥のpH

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を測定した。

#### 2-8 *Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*孢子懸濁液の作製

*Thermobifida fusca* 5-1-1および*Saccharomonospora viridis* 5-1-2をそれぞれCMYCプレートに画線接種して前培養を行った。前培養をおこなった2種の菌株をガラスビーズと滅菌蒸留水の入った試験管に白金耳でかきとり、十分に懸濁した。

作製した孢子懸濁液についてはヘマサイトメーターを使用して放線菌孢子数を計測し、2種の菌株のオーダーが等しくなるように滅菌蒸留水で希釈した。

#### 2-9 小型堆肥化実験装置での放線菌の悪臭低減効果

豚ふん2kgを原料として、小型堆肥化実験装置<sup>4)</sup>（かぐやひめ）で堆肥を作製した。このとき、悪臭低減効果のあることが確認された2種類の放線菌分離株、*Thermobifida fusca* 5-1-1および*Saccharomonospora viridis* 5-1-2の孢子懸濁液50mLをそれぞれ豚ふんに加えて21日間堆肥化を行った。堆肥作製期間中毎日発生するアン

モニアを検知管で測定した。7日目，14日目に切り返しを行い、堆肥の一部をサンプリングして放線菌数を分離して計測した。

第1区：豚ふん

第2区：豚ふん＋*Thermobifida fusca* 孢子懸濁液

第3区：豚ふん＋*Saccharomonospora viridis* 孢子懸濁液

#### 2-10 *Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*の分離・計測

*Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*の分離・計測は、シクロヘキシミドとナリジキシン酸を含むHV平板培地を用いて50℃で培養し、出現したコロニーを計測し、さらに肉版および光学顕微鏡で形態観察して属を暫定的に決定した。必要に応じてコロニーをCMYCスラントで純粋分離した。

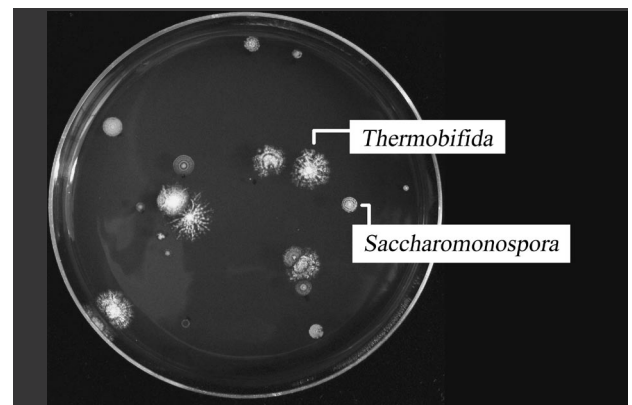


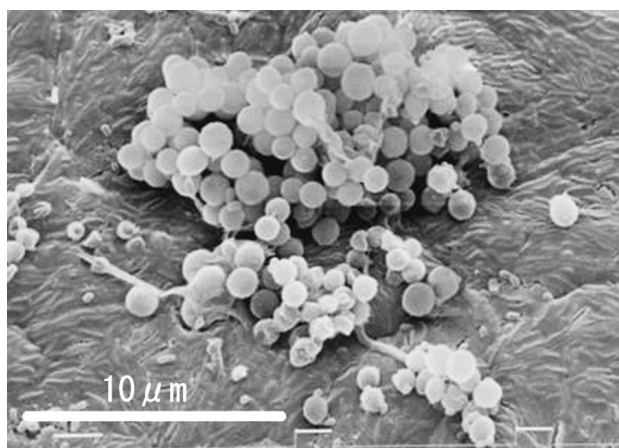
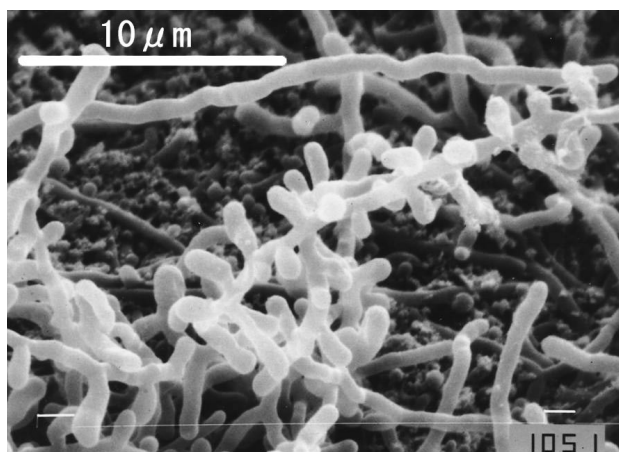
写真-5 放線菌の分離プレート

#### 2-11 *Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*の16S rDNAに特異的なプライマーの作製<sup>5)</sup>

*Thermobifida*属と*Saccharomonospora*属の標準株と対照となるそれぞれの近縁属の16S rDNAの塩基配列のデータを日本DNAデータバンクから収集し、当該2属の分離株の16S rDNAの塩基配列とあわせて、*Thermobifida fusca*と*Saccharomonospora viridis*に特異的な配列を基に、それぞれの種についてプライマーの検索を行った。検索されたプライマーの配列をDDBJのBLAST Searchで調査し、他属種に類似した塩基配列が存在しないことを確認した。このデータを基に*Thermobifida fusca*のプライマーをインビトロジェン社に、*Saccharomonospora viridis*のプライマーをOperon社に発注した。

#### 2-12 発酵ブドウ搾り滓添加堆肥作製過程における*Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*のDNA相対量<sup>5)</sup>

発酵過程－堆肥サンプルから糞使用DNA抽出キットを用いて堆肥中のDNAを抽出した。必要に応じ

写真-6 *Thermobifida* sp.の走査型電子顕微鏡写真写真-7 *Saccharomonospora* sp.の走査型電子顕微鏡写真

てPCRでDNAを増幅させ、*Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*の16S rDNAに特異的な塩基配列を持つプライマーを用い、二種類の放線菌のDNA量をリアルタイムPCRで測定した。

### 2-13 ポリフェノール類の悪臭低減効果

二次発酵済みコンポスト（ドッグフードと木くずの混合物を原料として、家庭用生ごみ処理機で一次発酵させたものを、さらに2年以上ポリバケツ内で保存したもの）に尿素3.3%を加え、含水率を60%に調整後、45℃で3日間培養してアンモニア臭気発生コンポストを作製した。

発酵ブドウ搾り滓は、昨年度、畜産試験場で発酵させた発酵ブドウ搾り滓を乾燥、破碎したものを使用した。茶殻は家庭から排出された緑茶殻を乾燥、破碎したものを使用した。

容量500mLのマヨネーズびんを用意し、それぞれにアンモニア臭気発生コンポスト15gを入れた後、発酵ブドウ搾り滓または茶殻を0, 0.5, 2.0, 4.0g添加して混合した。マヨネーズびんを密閉して45℃で3時間加温

し、気相中のアンモニアガス濃度（検知管法）を測定した。さらに三点比較式臭袋法による官能試験を行い臭気濃度を算出した<sup>6)</sup>。

### 2-14 ポリフェノール類の測定

サンプルを乾燥重量で2.5~10%になるように、50%エタノール溶液にて調整し全体で20mLとし、これを恒温震とう器（BW200, ヤマト）に設置し、60℃で100rpm震とうさせて約24時間抽出を行った。この抽出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（PA20, 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。

### 2-15 栽培試験（ライシメーター）

昨年と同様にライシメーターを用いた栽培試験を総合農業技術センター（標高312m）で実施した。ライシメーターには灰色低地土を表層から70cmまで充填し、その下層には砂層と礫層を40cmずつ充填した。試験規模は1区25㎡、反復なしとした。春作として一重トンネルスイートコーン（甘々娘）、夏作として抑制ナス（千両2号）を作付けた。スイートコーンの耕種概要は、施肥：2009年2月16日、播種：3月3日、第1回追肥：4月23日、第2回追肥：5月13日、収穫調査：6月12日であった。ナスの耕種概要は、施肥：6月23日、定植：7月1日、収穫開始：7月21日、収穫終了：11月20日であった。ナスの収穫期間中は毎週月・水・金曜日に収穫調査を行った。

各作の施肥量は堆肥を乾物相当量で1t/10a施用し、堆肥から供給される養分量を考慮して県施肥基準量になるように化学肥料で加減した。

ライシメーターの浸透水は貯水槽に集水し、浸透水量を測定するとともに、一定量ごとにプラスチック製容器に保存した。硝酸態窒素濃度の測定は浸透水サンプルを定量ろ紙でろ過し、ECが0.1mS/cm以下になるよう脱イオン水で希釈し、さらに0.2μmのメンブランフィルターでろ過した後、イオンクロマトグラフィーを用いて測定した<sup>7)</sup>。硝酸態窒素溶脱量は、浸透水の硝酸態窒素濃度に浸透水量を乗じて求めた。

### 2-16 土壤中微生物相の解析<sup>8)</sup>

ライシメーターでスイートコーンおよびナスを栽培した畦間土壤（株と株の間）を採取し（スイートコーン栽培12週目、ナス栽培9週目）1週間日陰で風乾させ、放線菌、バクテリア、カビをそれぞれの選択培地（放線菌：0.1%SDS処理後HV培地、バクテリア：TS培地、カビ：PDA培地）で培養してコロニー数をカウントした。なお、培養は30℃で行った。

2-17 根圏土壌の微生物相の比較

ナス栽培12週目にナス根の周りの土を崩さないように抜き取った。つぎに、根を覆っている余分な土壌を除去し、ついで空中で緩やかに振とうしながら根と根の間に残存する非根圏土壌を除去した。根に大きな団粒が付着している場合はピンセットなどで取り除いた<sup>9)</sup>。3サンプル分の根圏土壌の付着した根をピーカーに入れた100mL滅菌水中に移し、10分間攪拌することにより第一次希釈懸濁液を得た。その懸濁液を、放線菌は $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ 倍、バクテリアは $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ 倍、カビは $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ 倍に希釈しそれぞれHV寒天培地、TS寒天培地、PD寒天培地に10枚ずつにスプレッドした。30℃と50℃で培養を行い、バクテリア、カビに関しては菌数の確認、放線菌は肉眼によるコロニー観察と光学顕微鏡による大まかな属の同定により菌数の確認を行ってから分離を行った。

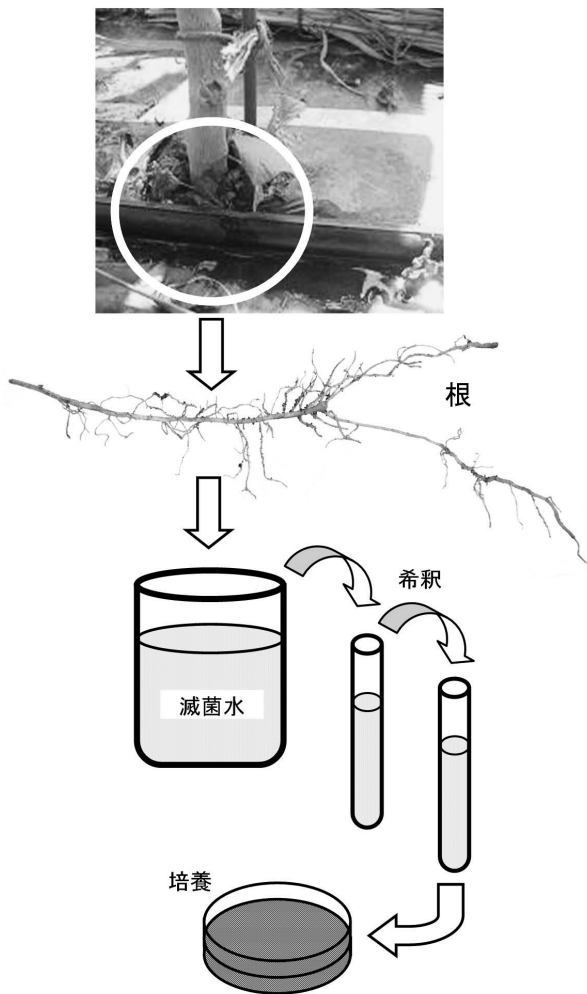


写真-8 根圏土壌微生物の分離・培養

2-18 根圏土壌の微生物相の同定<sup>8)</sup>

16S rDNA塩基配列に基づく系統解析により同定を行った。すなわち、分離した放線菌株からDNAを抽出

し、これを鋳型にしてユニバーサルプライマーを用いてPCRでそれぞれの分離株の16S rDNAを増幅した。増幅した16S rDNAは精製後、NITE (製品評価技術基盤機構)に委託し、ダイレクトシークエンスを行って塩基配列を決定した。分離株の16S rDNA塩基配列はDDBJ (BLAST)で相同性検索を行い、98.5%以上のものを既知種として同定した。

2-19 根圏土壌放線菌分離株の抗カビ活性試験<sup>10)</sup>

根圏土壌から分離した放線菌をISP2培地で充分生育させ、放線菌胞子懸濁液を作製した。その胞子懸濁液をNutrient培地 (CM0003)に一滴点接種し、30℃で5日間培養を行いコロニーを形成させた。非試験菌株である*Aspergillus niger* (黒カビ)はPDA培地で前培養後YEPD 0.7%寒天培地に接種した。*Aspergillus niger*が均一に混ざった寒天培地をコロニーを形成させた放線菌株のプレート上に重層し、48時間培養後生育阻止帯の有無により抗菌活性の評価を行った。

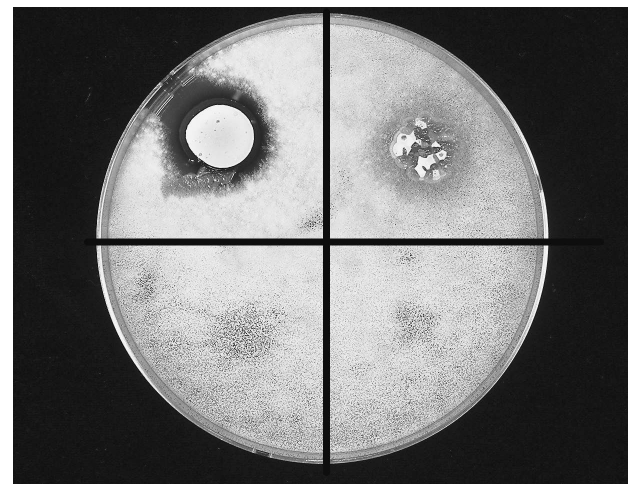


写真-9 抗カビ活性試験

左の上の菌株でカビの増殖が阻害されている

2-20 根圏土壌放線菌分離株のリン酸可溶性能試験<sup>11, 12)</sup>

根圏土壌から分離した放線菌をISP2培地で充分生育させ、放線菌胞子懸濁液を作製した。その胞子懸濁液をPVK培地 (リン酸カルシウムが含まれている)一滴点接種し、30℃で10日間培養を行い、コロニーの周りのハローの有無からリン酸可溶性能の評価を行った。

2-21 ブドウ搾り滓と豚ふんを処理する過程で発生する温暖化ガスと消費されるエネルギー、栄養化に関するライフサイクルアセスメント (LCA)

LCAによる検討は、畜産試験場の豚房より発生した豚ふんを堆肥化する際、ブドウ搾り滓を添加して堆肥化

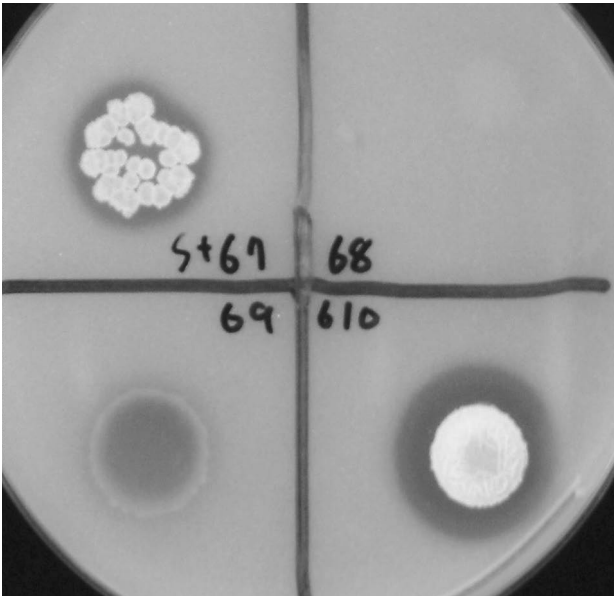


写真-10 リン酸可溶化能試験

白濁しているリン酸カルシウムの可溶化を評価する

した場合（ブドウ搾り滓添加シナリオ）と、ブドウ搾り滓を添加せずに従来の方法で堆肥化した場合（従来シナリオ）の2つを想定して、それぞれの環境影響についてJEMAI-LCA PRO Ver.2を用いて検討を行った。

昨年の解析では、小型堆肥化実験装置での検討を基に計算を行った。今回は、堆肥舎での実験スケールである豚ふん2,500kg、ブドウ搾り滓500kgを基に、豚ふん1,000kgあたりに換算して計算を行った。従って、堆肥化処理システムの機能単位は、豚ふん1,000kg、ブドウ搾り滓200kg、50日間で処理するものとした。従来シナリオとブドウ搾り滓添加シナリオについて、評価の対象とするシステム境界をそれぞれ図-1 および図-2 に示した。図中の破線で囲った内部の各プロセスについて、環境影響評価を行う。ここで、従来シナリオでは200kgのブドウ搾り滓を焼却によって処理しているため、焼却処理プロセスを追加して環境負荷の評価を行った。

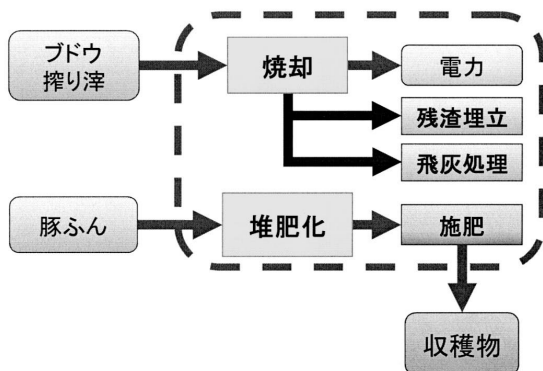


図-1 従来シナリオのプロセスフロー

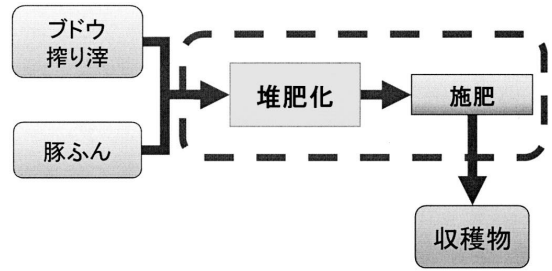


図-2 ブドウ搾り滓添加シナリオのプロセスフロー

評価する環境影響領域は地球温暖化、エネルギー消費、富栄養化とした。それぞれのインベントリデータは、堆肥化プロセス・施肥プロセスについては主に実測データを用い、得られなかった部分は文献<sup>13, 14</sup>、聞き取りから推算した値を用いた。また、焼却プロセスについては県内の焼却場への聞き取りや文献を基に推定した値を用いた。

## 2-22 工学的手法による悪臭物質の分解

銅-クロム酸化物触媒 (N201, 日揮化学) 270g (27mL) を充填した石英管 (直径33mm, 全長300mm) をセラミック電気管状炉 (ARF-30M, アサヒ理化製作所) にセットしてセラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置を構築した。

### 2-22-1) 小型堆肥化実験装置での検討

小型堆肥化実験装置 (かぐやひめ) の臭気排気ダクトに、セラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置をつなげた。分解装置の前後でのアンモニア濃度を検知管で測定した。なお、豚ふんは2kgを原料として、流量は2L/minに設定した。実験は悪臭が発生している9日目 (一回目の切り返しは7日目) に行った。

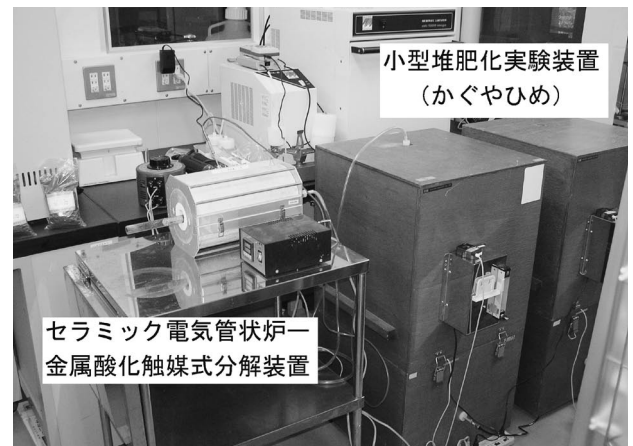


写真-11 セラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置

2-22-(2) 吸引機能付き堆肥舎での検討

畜産試験場の敷地内に建築した吸引通気装置を備えた堆肥舎<sup>15, 16)</sup>にセラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置を3台並列に設置し、悪臭(アンモニア)の測定を行った。流量は分解装置一台あたり200L/minで、セラミック電気管状炉の出力を50V(触媒温度:500℃)にセットした。

また、市販の堆肥作製用上掛けシート(穴あきポリエチレンシート)で堆肥を被覆した場合についても同様の検討を行った。

3. 結果

3-1 発酵ブドウ搾り滓の分析

山梨県内のワインメーカーから供試されたワイン製造過程で生じるブドウ搾り滓を、畜産試験場内で発酵させた。図-3に発酵過程の温度変化を示す。発酵開始10日後まで直線的に温度が上昇し、34℃前後で一定となった。発酵開始30日以降緩やかな温度の減少が認めら

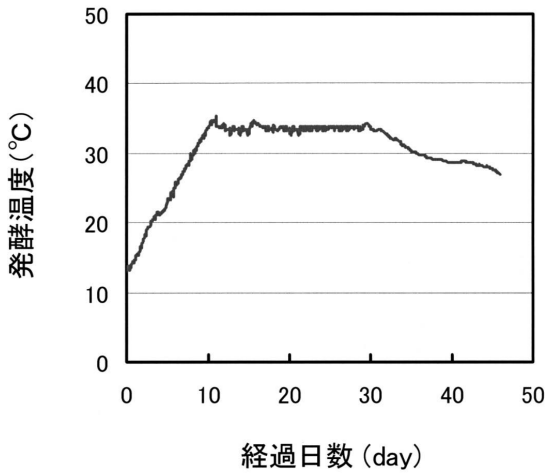


図-3 発酵過程における温度変化

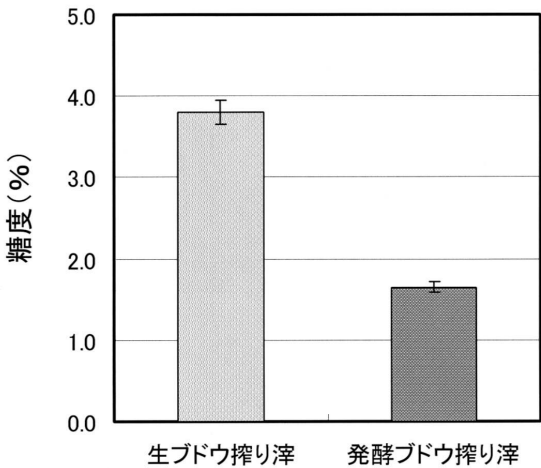


図-4 発酵ブドウ搾り滓中の糖度

れた。最高到達温度は35.5℃であった。発酵は46日で終了とした。この操作で作製した発酵ブドウ搾り滓の糖度、有機酸濃度およびpHを測定した(図-4, 図-5, 図-6)。

発酵により糖含量は3.8から1.7%に減少し、酢酸濃度が著しく上昇しpHは4.2から3.7に減少した。これらの結果から、発酵ブドウ搾り滓は発酵させていない生ブドウ搾り滓より保存性に優れていると考えられた。

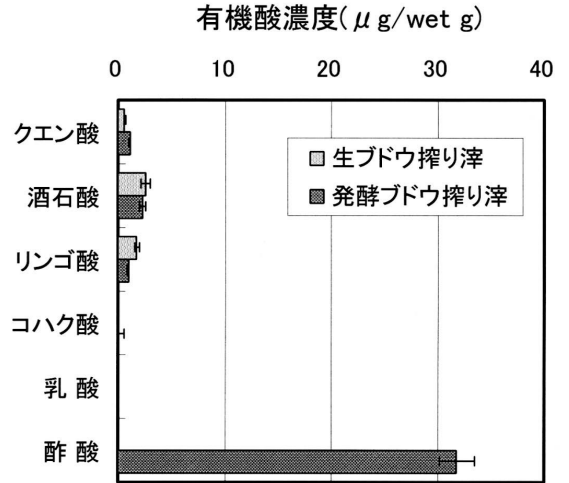


図-5 発酵ブドウ搾り滓中の有機酸分析

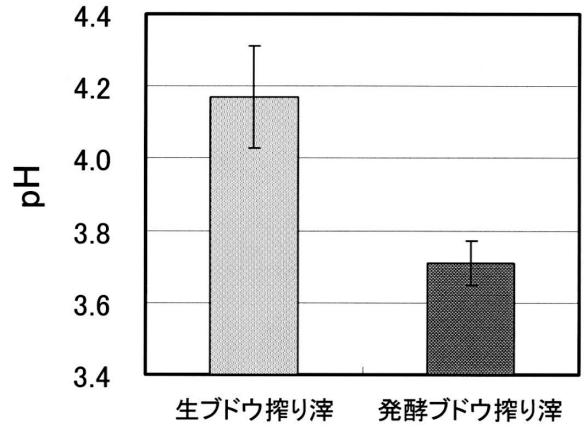


図-6 発酵ブドウ搾り滓のpH

3-2 畜産試験場堆肥舎による実用規模試験

昨年までの実験<sup>1, 2)</sup>と同様に、豚ふん1に対して発酵ブドウ搾り滓0.2の割合で、豚ふんを発酵ブドウ搾り滓で覆うCover方式で実用規模の検討を行った。なお、豚ふんと発酵ブドウ搾り滓の量は昨年度より増量し、豚ふん2,500kg、発酵ブドウ搾り滓500kgとし、実際の農家でのスケールにより近い量とした。

第1区: 豚ふん

第2区: 豚ふん+発酵ブドウ搾り滓(1:0.2) Cover

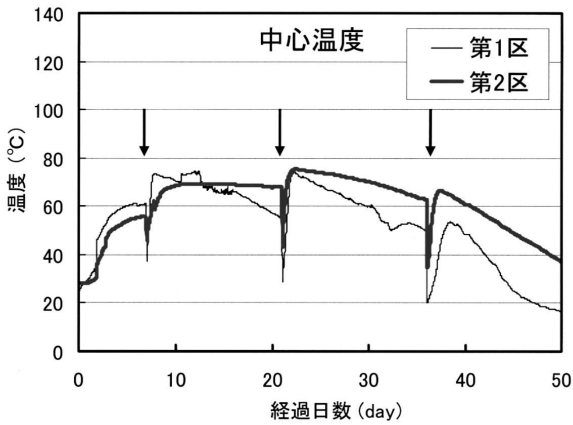


図-7 発酵温度の変化

第1区：猪ふん，第2区：猪ふん+発酵ブドウ滓Cover

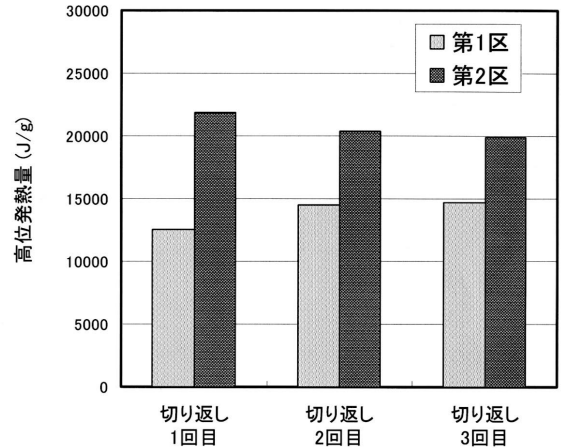


図-9 堆肥サンプルの熱量

第1区：猪ふん，第2区：猪ふん+発酵ブドウ滓Cover

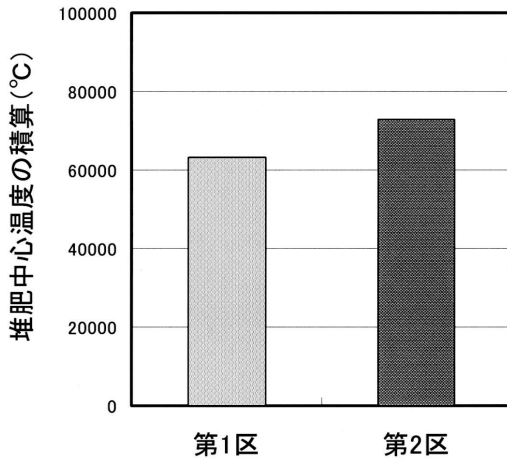


図-8 発酵温度の積算

第1区：猪ふん，第2区：猪ふん+発酵ブドウ滓Cover

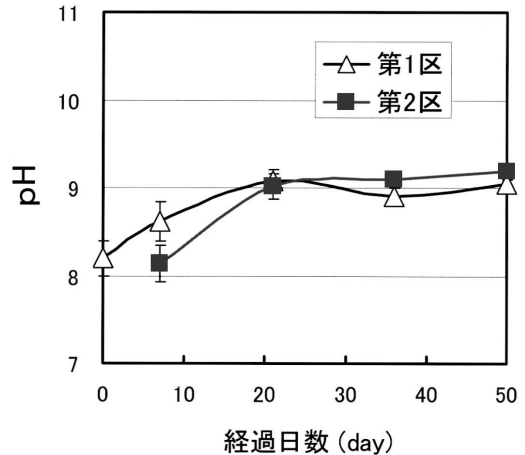


図-10 発酵過程におけるpHの推移

第1区：猪ふん，第2区：猪ふん+発酵ブドウ滓Cover

### 3-2-1) 発酵温度とpH

図-7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-8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。

また、図-8に示すように、発酵ブドウ搾り滓を加えた第2区の方が発酵温度が高いことがわかった。この現象はこれまでも観察されている。そこで、発酵過程一帯堆肥サンプルの熱量（高位発熱量）を測定した。その結果を図-9に示す。高位発熱量は、発酵ブドウ搾り滓を加えた第2区の方が高いことが示された。この熱量の違いが発酵温度に影響していることが考えられた。

図-10には切り返しごとに測定したpHの推移を示す。切り返し1回目で第2区の方が第1区よりpHが若干低いのは、発酵ブドウ搾り滓添加区においては酢酸の生成の影響が考えられた。

### 3-2-2) 悪臭物質の測定

一昨年<sup>1)</sup>および昨年<sup>2)</sup>の検討では、悪臭物質としてアンモニア以外にイオウ化合物（硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル）および低級脂肪酸（プロピオン酸、ノルマル酪酸、イソ吉草酸、ノルマル吉草酸）について分析を行い、これらの悪臭物質がアンモニアと同様の挙動を示すことを確認している。そこで、今年度はアンモニアのみの測定を行うことにした。官能試験においても、三点比較式臭袋試験とニオイセンサでの測定が同じ結果となることを確認しているので、操作が簡便なニオイセンサでの測定を行った。

堆肥発酵過程において、3回の切り返し時に発生するアンモニア濃度をそれぞれ測定した。その結果を図-11に示し、3回の合計（積算値）を図-12に示す。これらの結果で明らかのように発酵ブドウ搾り滓を混ぜた第2区は、猪ふんのみの第1区よりアンモニアの発生量が約半分に低減された。



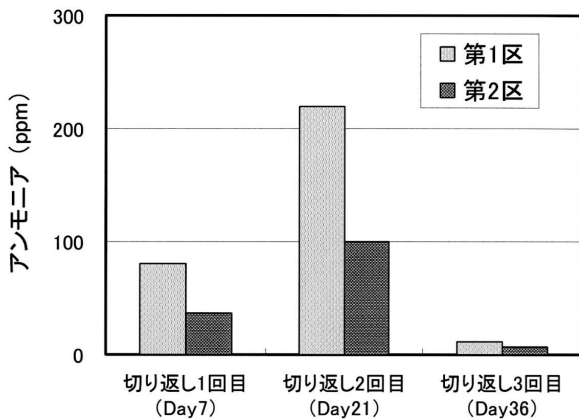


図-11 アンモニア発生量の推移

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん＋発酵ブドウ滓Cover

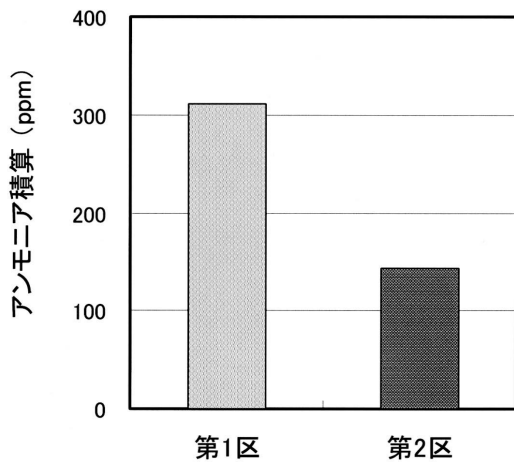


図-12 アンモニア発生量の積算

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん＋発酵ブドウ滓Cover

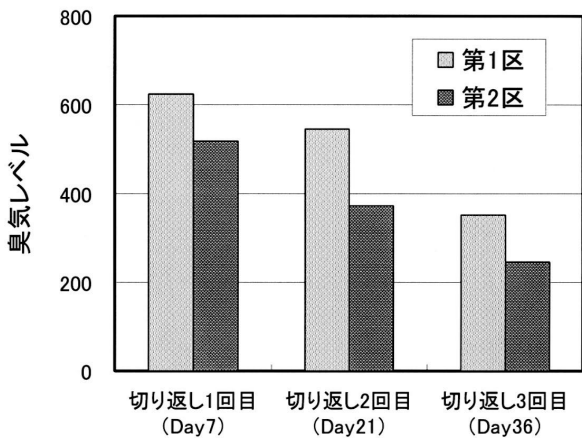


図-13 ニオイセンサでの測定結果

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん＋発酵ブドウ滓Cover

ニオイセンサによる官能試験を行った結果を図-13に示す。ニオイセンサによる測定においても、発酵ブド

ウ搾り滓を加えた第2区において、臭気レベルは低い結果が得られた。なお、ニオイセンサは三点比較式臭袋試験と同様にアンモニア、イオウ化合物および低級脂肪酸のような悪臭物質のニオイ以外に発酵ブドウ搾り滓のニオイも検知してしまうことを確認している。そのため、全体的に臭気レベルが高い値を示したと考えられる。

### 3-3 小型堆肥化実験装置による放線菌の悪臭低減効果

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>17-21)</sup>。昨年度、ブドウ搾り滓を豚ふんに加えることにより、いくつかの放線菌の増殖が促進すること、そして、増殖促進が認められた放線菌のうち、二種類 (*Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*) に悪臭低減効果のあることを明らかにした。そこで、今年度は悪臭低減効果の認められたこの二種類の放線菌についてさらに検討を行った。

#### 3-3-(1) 小型堆肥化実験装置での放線菌の悪臭低減効果

小型堆肥化実験装置を用い、豚ふんに直接 *Thermobifida fusca* 孢子懸濁液あるいは *Saccharomonospora viridis* 孢子懸濁液を加えた場合の悪臭低減効果について実験を行った。豚ふん区、豚ふん+*Thermobifida fusca* 区、豚ふん+*Saccharomonospora viridis* 区とも発酵温度には差が無く三つの試験区とも順調に発酵が進んだ (図-14)。

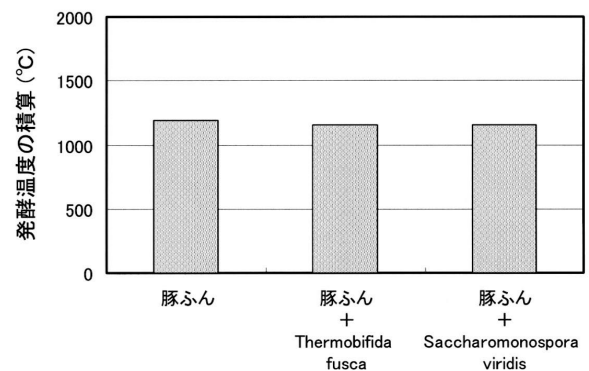


図-14 発酵温度の積算

アンモニアの発生量は、*Thermobifida fusca* 孢子懸濁液あるいは *Saccharomonospora viridis* 孢子懸濁液を加えた場合、豚ふんのみの対照区に比べて明らかに抑制された (図-15)。この結果は、昨年度テドラバックで行った実験の結果と同様であった。

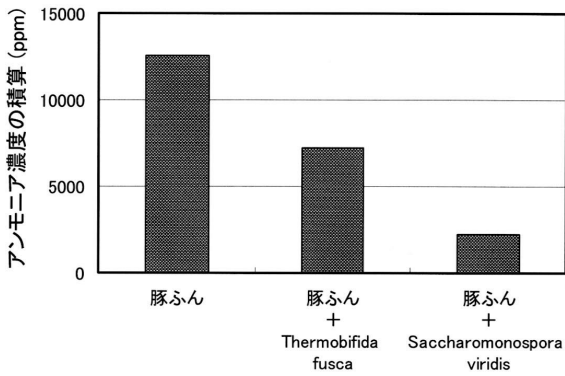


図-15 発生したアンモニアの積算

3-3-(2) 小型堆肥化実験装置での放線菌の増殖

3-3-(1)の実験において、アンモニアの発生が抑制された小型堆肥化実験装置内の放線菌の増殖を計測した。豚ふんのみを対照区に比べ、*Thermobifida fusca* 孢子懸濁液添加により *Thermobifida* が増殖したことが示された (図-16)。

一方、*Saccharomonospora* は豚ふんのみを対照区でも堆肥化初期にのみ増殖するが、*Saccharomonospora viridis* 胞

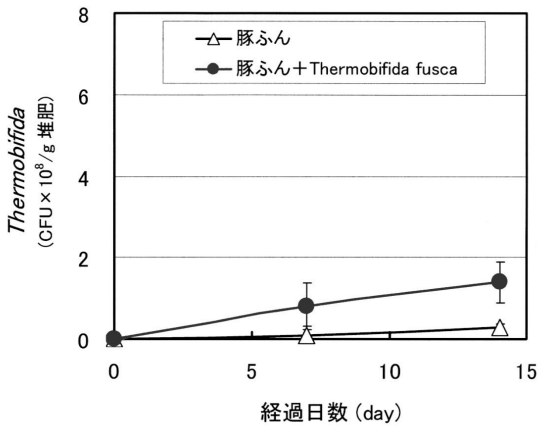


図-16 *Thermobifida*の増殖

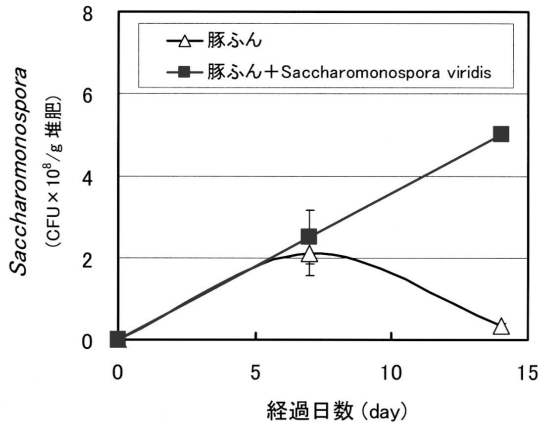


図-17 *Saccharomonospora*の増殖

子懸濁液を添加することにより、堆肥化後半でも増殖が維持されることが明らかとなった (図-17)。

そして、この増殖度合いは *Thermobifida* より多かった。この増殖の違いが、アンモニアの低減効果 (図-15) と関連していることが考えられた。

3-4 発酵ブドウ搾り滓を添加した堆肥中の *Thermobifida fusca* および *Saccharomonospora viridis* の増殖

これまでに、シャーレにブドウ搾り滓抽出液を加えると、*Thermobifida fusca* および *Saccharomonospora viridis* の増殖が促進されることを明らかにした。そこで、畜産試験場での堆肥作りにおいて、発酵ブドウ搾り滓を加えた場合、*Thermobifida fusca* および *Saccharomonospora viridis* の増殖がシャーレの実験と同様に促進するか検証

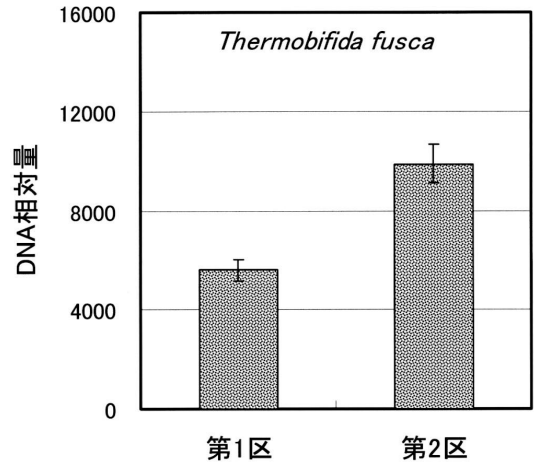


図-18 *Thermobifida fusca*の増殖

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover  
発酵開始0日目の豚ふん区のDNA量を1とした

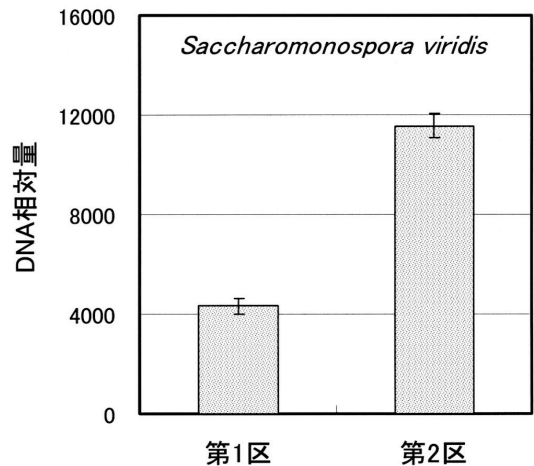


図-19 *Saccharomonospora viridis*の増殖

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓Cover  
発酵開始0日目の豚ふん区のDNA量を1とした

を行った。発酵過程一堆肥サンプルからDNAを抽出し、*Thermobifida fusca*および*Saccharomonospora viridis*のDNA量をリアルタイムPCRで測定した。放線菌の分離培養に比べ、リアルタイムPCRで測定することにより、属と種の同定が可能となる。その結果を図-18および図-19に示す。

発酵ブドウ搾り滓を添加した第2区において、*Thermobifida fusca*ならびに*Saccharomonospora viridis*のDNAが、発酵ブドウ搾り滓を添加していない第1区より多いことが明らかとなった。このことから、悪臭低減能を有する放線菌を加えることなく、発酵ブドウ搾り滓を豚ふんに添加することだけで、これらの菌が増殖し、その増殖が促進されることが明らかとなった。

### 3-5 悪臭低減効果におよぼすポリフェノール類の関与

堆肥発酵過程の初期（放線菌の増殖が高くなる前の段階）において、発酵ブドウ搾り滓中のポリフェノール類が悪臭低減効果に関与している可能性が、昨年度の検討において示された。そこで、堆肥化初期におけるポリフェノール類の直接的な悪臭低減作用に関して検討を行った。実験的に作製したアンモニア臭気発生コンポストに発酵ブドウ搾り滓および茶殻（対照）をそれぞれ加え、発生するアンモニアおよび臭気濃度を測定した（図-20、図-21）。また、発酵ブドウ搾り滓および茶殻に含まれるポリフェノール類の量を測定した（図-22）。

図-20に示すごとく、発酵初期（3時間加温）において、発酵ブドウ搾り滓をアンモニア臭気発生コンポストに2g添加することによって、ほとんどアンモニアの発生を抑えることができた。茶殻では0.5g添加で同様の効果が認められた。これは、茶殻に含まれるポリフェノール類の量が発酵ブドウ搾り滓より多いことによるためと考えられる（図-22）。一方、官能試験から算出し

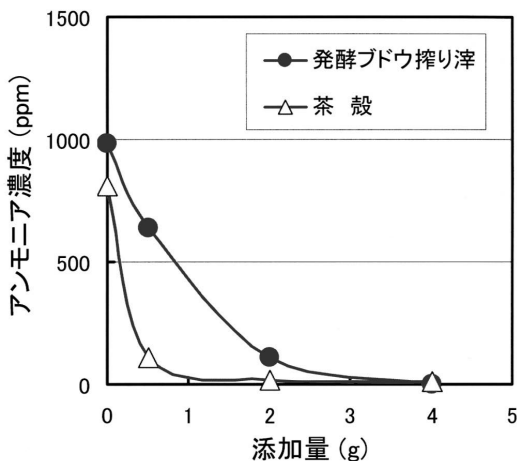


図-20 発酵ブドウ搾り滓のアンモニア発生への効果  
アンモニアの測定は3時間加温後に行った

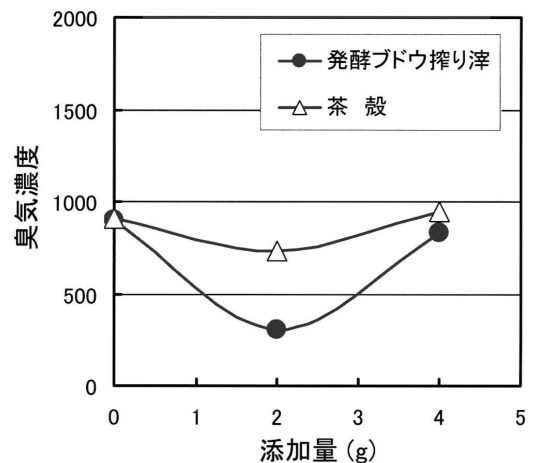


図-21 発酵ブドウ搾り滓の臭気濃度への効果  
臭気濃度の測定は3時間加温後に行った

た臭気濃度のグラフを見ると、発酵ブドウ搾り滓2g添加は、茶殻2g添加より臭気濃度が低い値を示した（図-21）。この理由として、アンモニア以外の悪臭物質の低減にも、発酵ブドウ搾り滓中のポリフェノール類が効果を示すことが考えられた。また、発酵ブドウ搾り滓を4g添加すると臭気濃度の上昇が認められた。これは、発酵ブドウ搾り滓特有のニオイによるものと考えられる。これらの結果から、発酵ブドウ搾り滓に含まれるポリフェノール類は発酵の初期段階において悪臭低減に効果を示すと考えられた。

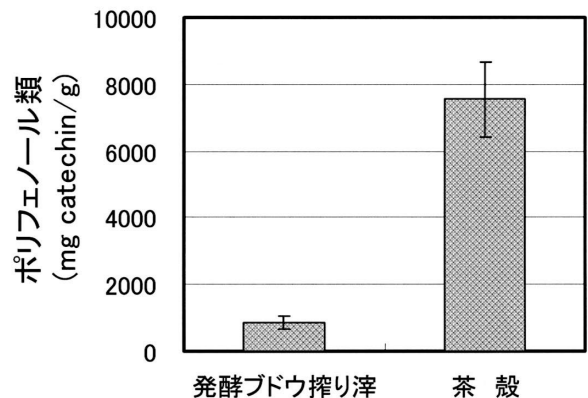


図-22 発酵ブドウ搾り滓および茶殻のポリフェノール類含量

### 3-6 栽培試験（ライシメーター）

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）とナスの果実の各収穫量を図-23および図-24に示す。なお、堆肥は昨年度に作製した物を用いた<sup>2)</sup>。

豚ふん+ブドウ搾り滓堆肥で育てたスイートコーンの収穫量の平均値は他の肥料で育てた収穫量の平均値より若干

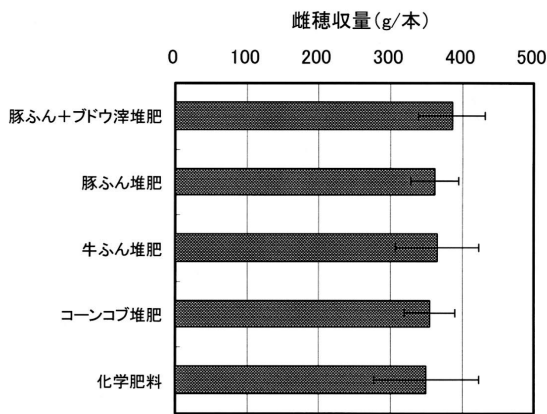


図-23 スイートコーンの収穫量

グラフの値は平均±標準偏差

多いが、有意な差は認められなかった (図-23)。

ナスの総収穫量は、化学肥料で育てた場合若干少なかったが、他の4種類の堆肥ではほとんど同じ収穫量であった (図-24)。従って、ブドウ搾り滓を加えた堆肥を用いても収穫量を減らすことはないと確認された。

図-25に、ライシメーターでスイートコーンとナス

の栽培試験を行った2008年3月から2009年11月までの浸透水への硝酸態窒素の溶脱量を測定した結果を示す。コーンコブ堆肥で28.8kg/10aと溶脱量は最も低く、次いで化学肥料 (32.2kg/10a)、牛ふん堆肥 (33.1kg/10a)、豚ふん堆肥 (37.6kg/10a)、豚ふん+ブドウ滓堆肥 (38.4kg/10a) の順に少なかった。しかし、豚ふん堆肥と豚ふん+ブドウ滓堆肥の値はほとんど等しかった。

### 3-7 スイートコーン・ナス栽培土壌中の微生物の解析

昨年度、ナス栽培土壌中の放線菌数を検討した。その結果化学肥料を施肥した区画に比べ、豚ふん堆肥や豚ふん+ブドウ滓堆肥を施肥した区画で放線菌やバクテリアが増殖していることが認められた。そこで昨年に引き続きナス栽培土壌の微生物相の解析を行うと同時に、スイートコーン栽培土壌においても同様の検討を行った。

すなわち、スイートコーンおよびナスを作付けしたライシメーターの畦間土壌 (株と株の間) を採取し、放線菌、バクテリア、カビについてその菌数を測定した。グラフには化学肥料施用区画で認められた菌数を100として、その相対量で示した。図-26に示すごとく、放線

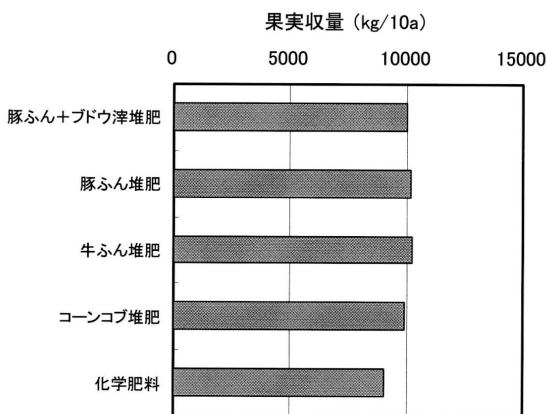


図-24 ナスの収穫量

グラフの値は総収穫量

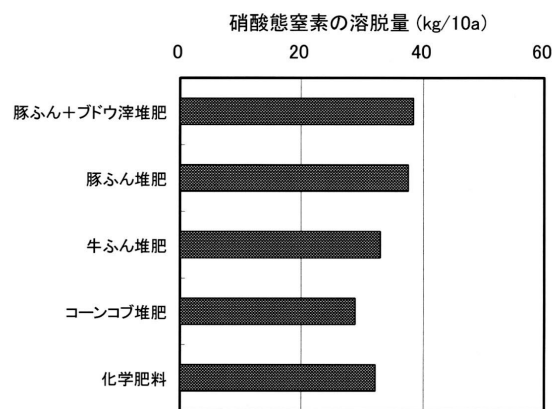


図-25 硝酸態窒素の溶脱量

グラフの値は総溶脱量

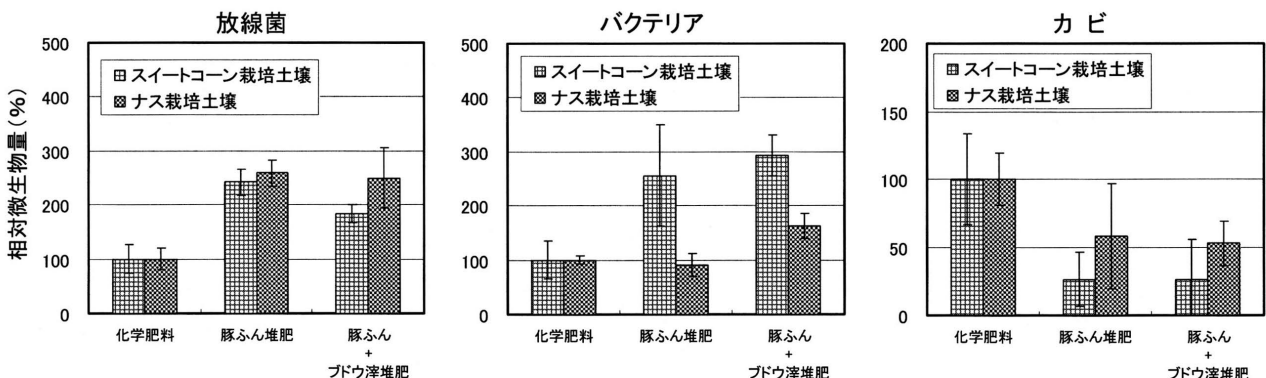


図-26 土壌中の微生物量

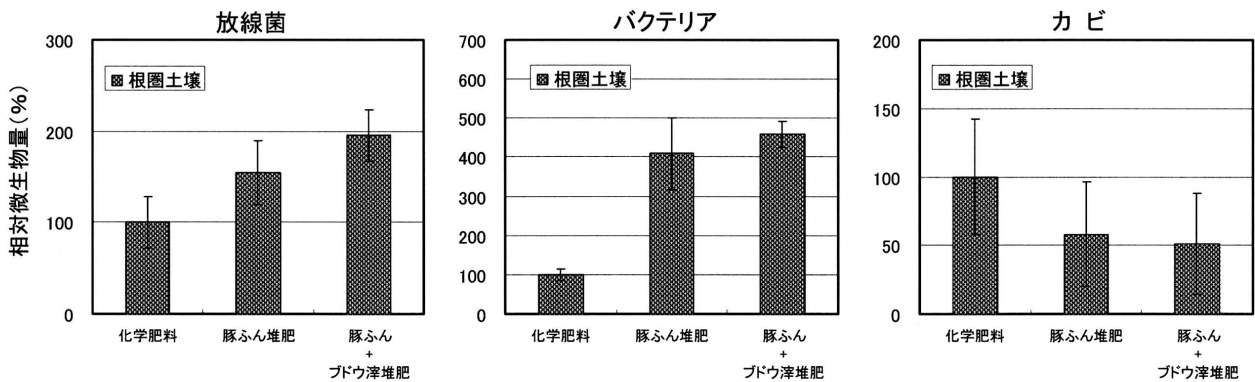


図-27 根圏土壤中の微生物量

菌は豚ふん堆肥区画と豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で、化学肥料区画よりスイートコーン栽培土壌、ナス栽培土壌ともに多かった。バクテリアは豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で、化学肥料区画よりスイートコーン栽培土壌、ナス栽培土壌ともに多かった。また、豚ふん堆肥区画でもスイートコーン栽培土壌で多かった。カビは豚ふん堆肥区画、豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で少なかった。

植物の根の周りの土壌（根圏土壌）に生息する微生物は、根から離れた部分の土壌中の微生物と異なり、植物と微生物の相互間で物質のやりとりがなされたり、互いに助け合ったりしていると考えられている。そこで、根圏土壌中の微生物の解析が重要となる。図-27にはナスの根圏土壌中の微生物相の解析を行った結果を示す。根圏土壌中の放線菌は豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で多かった。バクテリアは豚ふん堆肥区画および豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で共に多かった。カビは豚ふん堆肥区画および豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で共に少なかった。

### 3-8 ナス根圏土壌中放線菌の同定

ナス根圏土壌中の放線菌数は図-27に示すごとく化

表 1 根圏土壌中の放線菌の属の分類と種類

放線菌の属名	化学肥料	豚ふん堆肥	豚ふん+ブドウ滓堆肥
<i>Thermobifida</i>		1	1
<i>Saccharomonospora</i>		1	1
<i>Amycolatopsis</i>	1	1	2
<i>Glycomyces</i>	1	1	1
<i>Kitasatospora</i>	1	1	
<i>Kribbella</i>		1	2
<i>Microbispora</i>			1
<i>Nonomuraea</i>		1	1
<i>Streptomyces</i>	11	11	14
<i>Thermocrisium</i>		1	
合計	14	19	23

表の数値は、根圏土壌を30℃と50℃それぞれ培養した条件で認められた放線菌の種類合計（重複を除く）。

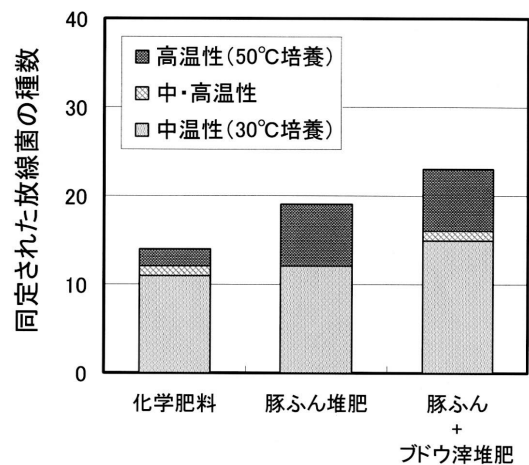


図-28 同定された放線菌の種類数

学肥料施用区画に比べ、豚ふん堆肥区画、豚ふん+ブドウ滓堆肥区画の順に多いことが明らかとなった。そこで、ナス根圏土壌中の放線菌の属と種の同定を行った。その結果を表-1に示す。化学肥料区画では4属14種、豚ふん堆肥区画では9属19種、豚ふん+ブドウ滓堆肥区画では8属23種の放線菌が同定された。

図-28は表-1で示したデータを基に、放線菌の培

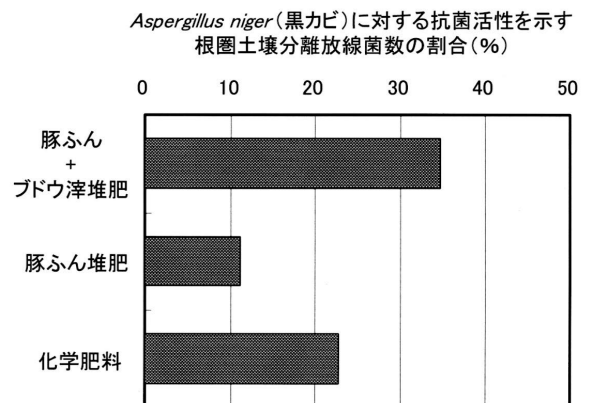


図-29 放線菌の抗カビ活性

養条件別に同定された菌数を示したグラフである。この結果から、豚ふん+ブドウ滓堆肥を施用すると根圏土壤中の放線菌の種類が多くなることが明らかとなった。

### 3-9 根圏土壌放線菌分離株の抗カビ活性

根圏土壌放線菌分離株の抗カビ活性を検討した結果、図-29に示すごとく、*Aspergillus niger* (黒カビ) に対して、豚ふん+ブドウ滓堆肥を施用した根圏土壌から分離した放線菌株の35%に抗カビ活性のあることが明らかとなった。さらに、抗カビ活性を示した35%の放線菌株の半数は豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で特異的に認められた放線菌株であった。

### 3-10 根圏土壌放線菌分離株のリン酸可溶化能

植物は可溶性の物質しか吸収することができない。一方、一部の放線菌には土壌中のリンを可溶化して植物利用を助ける働きのあることが知られている。そこで、放線菌のリン酸可溶化能について検討を行った。図-30に示すごとく、豚ふん+ブドウ滓堆肥を施用した根圏土壌から分離された放線菌株の42%にリン酸可溶化能のあることが示された。さらに、リン酸可溶化能が陽性であった42%の放線菌株のうち70%が豚ふん+ブドウ滓堆肥区画で特異的に認められた放線菌株であった。

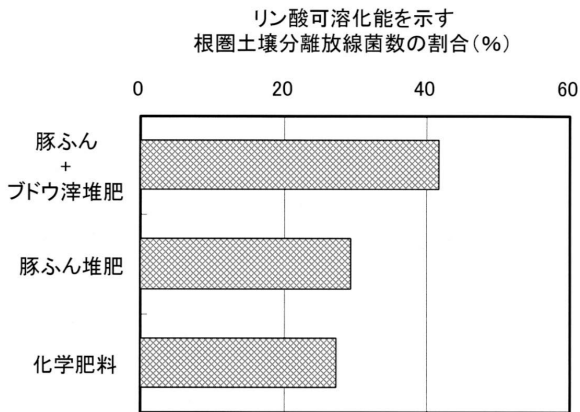


図-30 放線菌のリン酸可溶化能

### 3-11 ブドウ搾り滓と豚ふんを処理する過程で発生する温暖化ガスと消費されるエネルギー、富栄養化に関するLCA

実験方法 2-21 に示した二つのシナリオに従って、排出される温暖化ガス (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)、消費されるエネルギー (石油, 石炭, 天然ガスなど)、富栄養化 (窒素, リンなど) についてそれぞれインベントリ分析を行った。得られた各物質の排出量や消費量から、産業総合技術研究所によって開発された被害算定型環境影響評価手法LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) に基づいて地球温暖化指

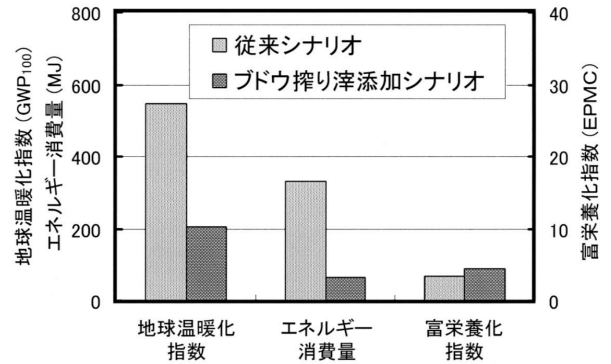


図-31 各環境領域のインパクト評価

数 (GWP<sub>100</sub>)、エネルギー消費量 (MJ)、富栄養化指数 (EPMC) を算定し、各シナリオについてそれぞれの環境影響領域への負荷を比較した。その結果を図-31に示す。

地球温暖化・エネルギー消費に関しては従来シナリオの方が影響が大きくなり、富栄養化に関してはブドウ搾

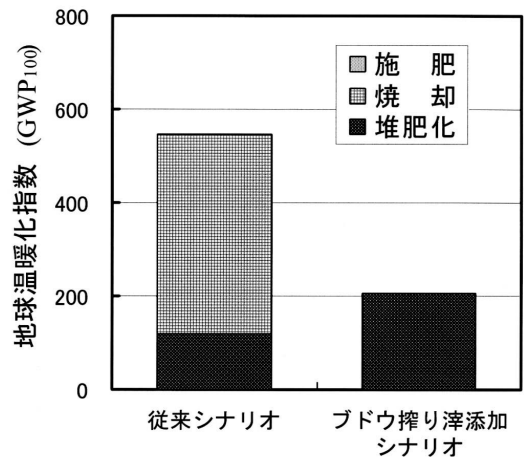


図-32 各シナリオの地球温暖化指数

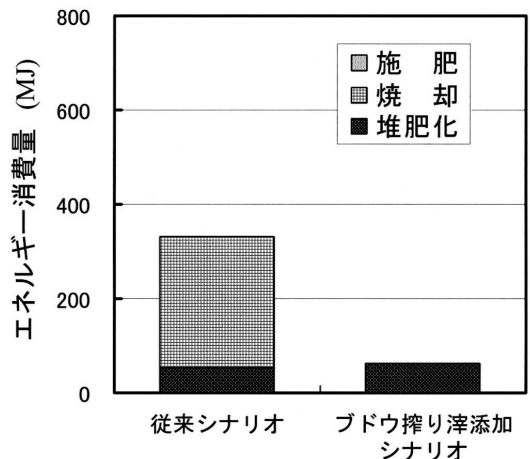


図-33 各シナリオのエネルギー消費量

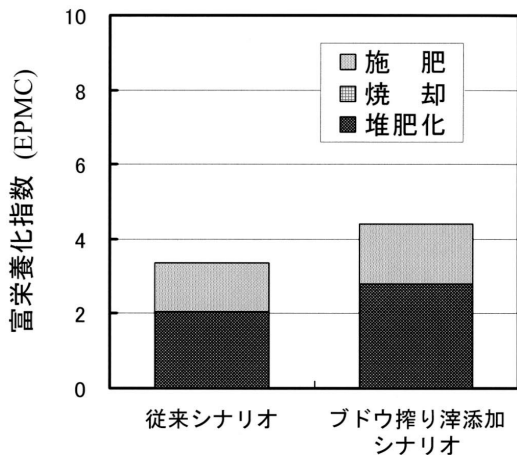


図-34 各シナリオの富栄養化指数

り滓添加シナリオの方が大きくなること示された。そこで、それぞれの環境影響領域への負荷について堆肥化・焼却・施肥のプロセスごとに分析をおこなった(図-32, 図-33, 図-34)。

地球温暖化指数とエネルギー消費に関しては、堆肥化プロセスのみを比較した場合、ブドウ搾り滓を添加した分従来シナリオよりもブドウ搾り滓添加シナリオのほうが温暖化への影響が大きい。従来シナリオではブドウ搾り滓を焼却によって処理するため、焼却プロセスで排出されるCO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>が加算され、結果的に従来シナリオの温暖化への影響が大きくなっていることが示された。また、富栄養化に関しては、ブドウ搾り滓添加シナリオの堆肥化・施肥プロセス共に従来シナリオの負荷よりも大きくなっている。これは堆肥化プロセスでブドウ搾り滓を添加した分流出する汚水が多くなることと、施肥プロセスにおいて作物や土壌へ固定されずに浸透水へ溶脱する窒素量が多くなっていることが原因だと考えられる。

以上の結果から、ブドウ搾り滓を豚ふんに添加して堆肥化させた方が地球温暖化への影響とエネルギー資源の消費を低減できるが、水域への富栄養化を促進させることが示された。ブドウ搾り滓を豚ふんに添加して堆肥化するシステムをより環境負荷の低いものとするため、今後は堆肥化プロセスでの汚水軽減対策と、堆肥の効率的な施用を検討することが必要だと考えられた。

### 3-12 工学的手法による悪臭物質の分解

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。昨年まで、金属酸化触媒をマイクロ波照射装置で加熱して悪臭物質を分解する実験を行ってきた。マイクロ波照射装置を用いると、悪臭物質の分解に必要な触媒温度(約500℃)を得るのに約1分と短時間ですむが、構造的にスケールアップすることが難しい。実際の堆肥舎で発生する大量の悪臭物

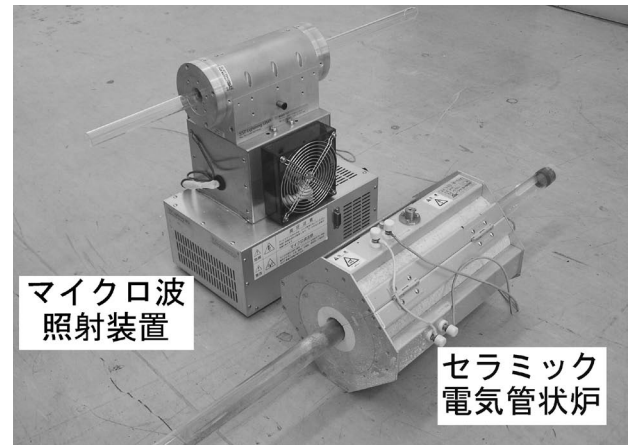


写真-12 マイクロ波照射装置とセラミック電気管状炉

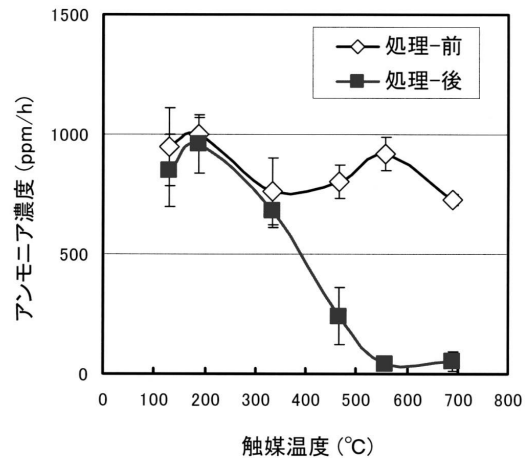


図-35 小型堆肥化実験装置から発生したアンモニアの分解

質の分解には、これまでに用いたマイクロ波照射装置一台では処理しきれない。また、マイクロ波照射装置は高価(約200万円)である。今回、比較的low価格(一台約8万円)で、スケールアップが容易なセラミック電気管状炉をマイクロ波照射装置の代わりに用いて検討を行った。

セラミック電気管状炉で金属酸化触媒を加熱し、小型堆肥化実験装置で発生する悪臭(アンモニア)の分解を検討した。セラミック電気管状炉を用いた場合、金属酸化触媒の温度上昇に約60分を要したが、約500℃以上の温度で小型堆肥化実験装置から発生する高濃度のアンモニア(約1,000ppm/h)を完全に分解できることが示された(図-35)。セラミック電気管状炉は温度が一旦上がると、安定して長時間使用することができた。

次に、この分解装置を実際の堆肥舎に設置して実験を行った。堆肥舎の吸引機能の容量から算出し、分解装置を3台並列に設置して検討を行った。その結果、図-36に示すごとく発酵ブドウ搾り滓の添加によっても除去しきれない悪臭(アンモニア)を完全に分解すること

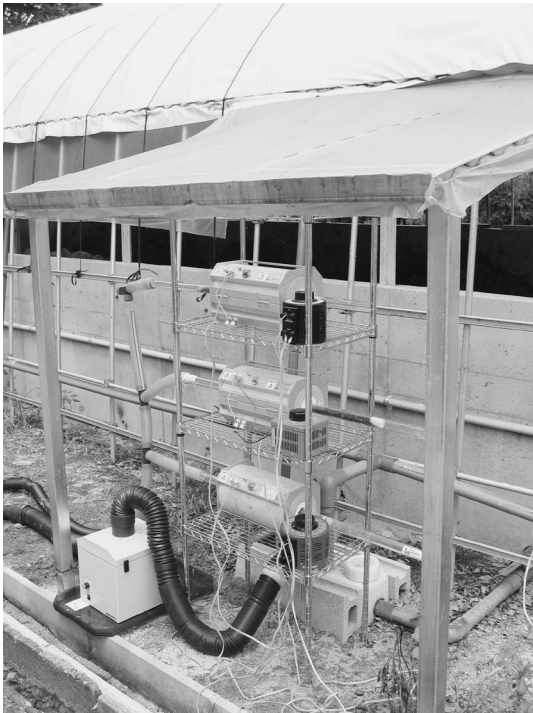


写真-13 堆肥舎に設置した三連のセラミック電気管状炉—金属酸化触媒式分解装置

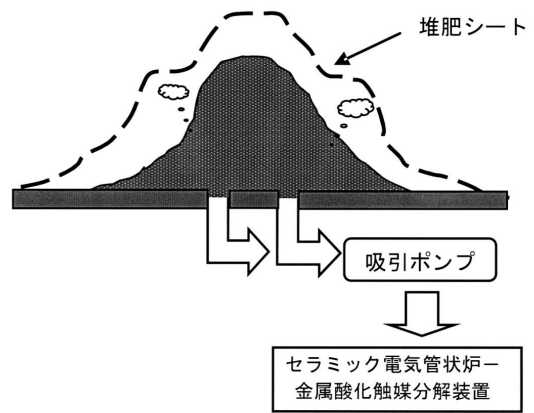


写真-14 堆肥シートで被覆した堆肥

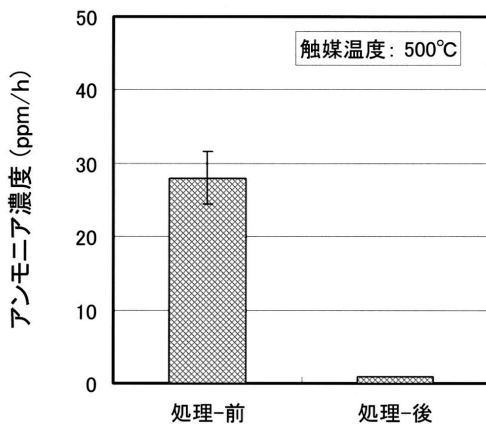


図-36 堆肥舎での堆肥発酵時に発生した臭気の分解

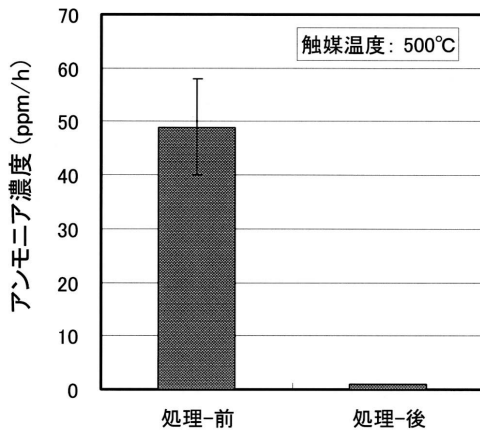


図-37 堆肥シートで被覆した条件での悪臭分解

ができた。

また、悪臭物質の吸引効率を上げるため、堆肥シートで堆肥を覆い、同様の検討を行った。図-37に示すごとく、この場合においても発生したアンモニアをほぼ完全に分解することができた。

#### 4. 考察・今後の展望

今年度で本研究は終了となる。これまでに畜産農家で実際に使える技術を提案することを目的として本研究を行ってきた。ブドウ搾り滓を豚ふんに加えることによる悪臭低減効果は、再現性があり実用化できると考えられる。以下にこの研究の考察および今後の展望を記す。

○豚ふんは畜産農家から一年中コンスタントに発生する。一方、ブドウ搾り滓はワイン製造が行われる時期にしか発生しない。そこで、ブドウ搾り滓を低コストで一年中保存する技術が必要となる。昨年度、冷凍ブドウ搾り滓と発酵ブドウ搾り滓で悪臭低減効果に差のないことを明らかにした。今回、発酵ブドウ搾り滓を分析した結果、糖が分解して有機酸が合成されpHが減少していることが示された。このことにより、ブドウ搾り滓の保存性が高くなり、一年中ブドウ搾り滓の供給が可能になることが示された。この技術は、ブド





写真-15 圧搾機から回収された甲州の搾り滓

ウ搾り滓を肉牛に飼料として与えている牧場でも使われている。

- ブドウ搾り滓には白ワインの製造過程で生じるものと赤ワインの製造過程で生じるものがある。我々は「甲州」ブドウを原料にして白ワインの作製過程で生じるブドウ搾り滓を用いて検討を行ってきた。残念ながら、三年間の研究でブドウ搾り滓の種類の違いを検討することはできなかった。今後、山梨県のワインの銘柄別生産量や悪臭低減放線菌の増殖促進効果、ポリフェノール類の含量等を総合的に検討して、最も適したブドウ搾り滓を検索することも必要となるかもしれない。
- 豚ふんにブドウ搾り滓を加え堆肥を発酵させると、豚ふんのみで発酵させた場合に比べ、悪臭低減作用が認められた二種類の放線菌 (*Thermobifida fusca* と *Saccharomonospora viridis*) の増殖が促進していることが明らかとなった。この二つの放線菌はブドウ搾り滓に含まれていないことを確認している。従って、ブドウ搾り滓中にはこれら二種類の放線菌の増殖を促進する化学物質が含まれている可能性が考えられた。
- Thermobifida fusca* と *Saccharomonospora viridis* の悪臭低減作用のメカニズムに関しては、今回の検討で明らかにすることはできなかった。推定できるメカニズムとして、これらの放線菌が豚ふんに含まれている尿素をアンモニアに変換する酵素 (ウレアーゼ) の阻害作用を示す抗生物質を生産する可能性がある。将来、放線菌のメタボローム解析に関する研究によって明らかにされるに違いない。
- 豚ふんにブドウ搾り滓を加えなくても、直接 *Thermobifida fusca* 孢子懸濁液あるいは *Saccharomonospora viridis* 孢子懸濁液を加えることにより悪臭の発生を低減することができた。これらの放線菌を豚ふん中で確実に増殖させる技術の研究が進めば、これらの菌を堆肥作製時に加えるだけで悪臭を低減できる新技術となるかもしれない。

- 豚ふん + ブドウ滓堆肥中で確認された *Saccharomonospora viridis* と豚ふん + ブドウ滓堆肥を施用した土壌で認められた *Saccharomonospora viridis* が同一の菌株であるか rep-PCR で解析した結果、同一の菌株であることが確認された (データ省略)。従って、堆肥中の放線菌が土壌に定着することが明らかとなった。
- ブドウ搾り滓添加によっても低減しきれない悪臭を、セラミック電気管状炉を用いた金属酸化触媒式分解装置で完全に分解することができた。セラミック電気管状炉はマイクロ波発生装置よりコストを安く、かつ処理量を多くすることが容易で、実際の堆肥舎での成績も良好であった。今後、この分解装置を堆肥の発酵期間中に連続運転するのか、あるいは、切り返し前後に単発的に運転するのかなど、運転の仕方について現場で畜産農家の人を交えて検討する必要がある。
- 豚ふんとブドウ搾り滓で堆肥をいくら作っても、栽培農家が使ってくれなくては、何もならない。この堆肥におけるスイートコーンとナスへの施肥効果を検討し

## ブドウかすで「エコ肥料」、 におい抑制効果

県環境研など 開発

山梨県環境科学研究所などが開発したブドウの搾りかすを使った堆肥と、同堆肥で栽培したナス

### ポリフェノール特性活用

ワイン醸造過程で発生する「ポリフェノール」類は、果物の果皮や種、葉などに多く含まれる。山梨県環境科学研究所は、このポリフェノール類を有効に活用し、ブドウの搾りかすを堆肥の原料として利用する。これにより、堆肥のにおいを抑制する効果が期待されている。

同研究所によると、開発した堆肥は、果物試験場の豚や鶏の飼料などに利用されている。この堆肥は、ブドウの搾りかすから取り出されたポリフェノール類が、堆肥のにおいを抑制する効果がある。約1カ月かけて発酵させた堆肥は、通常の堆肥と比べて、においを約半分に減らすことができた。ブドウかすは、約半分に減少。ブドウかすは、約半分に減少。ブドウかすは、約半分に減少。

山梨県環境科学研究所は、ワイン生産に生じるブドウの搾りかすを豚のふん、鶏のふんなどと混ぜ、堆肥に加工して、ブドウの搾りかすを堆肥の原料として利用する。これにより、堆肥のにおいを抑制する効果が期待されている。同研究所は、開発した堆肥は、果物試験場の豚や鶏の飼料などに利用されている。この堆肥は、ブドウの搾りかすから取り出されたポリフェノール類が、堆肥のにおいを抑制する効果がある。約1カ月かけて発酵させた堆肥は、通常の堆肥と比べて、においを約半分に減らすことができた。ブドウかすは、約半分に減少。ブドウかすは、約半分に減少。ブドウかすは、約半分に減少。

写真-16 平成21年度やまなし産学官連帯研究交流事業研究公開での発表が山梨日日新聞で紹介された

た結果、スイートコーンとナスの生長に特に良いと言う結果は得られなかった。しかし、土壤中の放線菌やバクテリアの数と種類を増やすことは認められた。この特徴をアピールして栽培農家に使ってもらおうことが今後の課題である。また、「やまなしワイン堆肥」などのネーミングで、一般家庭菜園用の製品としてマーケットを開拓することも必要であろう。

- ブドウ搾り滓の悪臭低減効果を、豚ふん以外の牛ふんや鶏ふんについて検討することはできなかった。放線菌の悪臭低減メカニズムがはっきりしていないため、牛ふんや鶏ふんに対する効果を予想することはできない。もし、牛ふんや鶏ふん中に放線菌の悪臭低減効果を阻害する物質が含まれていなければ、その効果は十分に期待できると考えられる。ただし、原料となるそれぞれの動物のふんに対するブドウ搾り滓の添加割合の検討が必要であろう。
- これらの三年間の研究成果を基に、今後は行政と農業・畜産関連の普及センターとが連携して、畜産農家・栽培農家への普及活動を進めていくことが望まれる。

## 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。そこで、このブドウ搾り滓に着目し、これらを豚ふんを原料として作られる堆肥の発酵過程に加えた。その結果、発酵過程で発生する悪臭を低減することができた。そして、完成した堆肥の施肥効果は他の堆肥と比べ劣ることはなかった。ブドウ搾り滓を豚ふんに加えることにより悪臭低減作用のある放線菌 (*Thermobifida fusca* と *Saccharomonospora viridis*) が多く増殖し、悪臭の低減に寄与していることが明らかとなった。また、ブドウ搾り滓を焼却処理することと比較すると、ブドウ搾り滓を豚ふんに加え堆肥化することは、地球温暖化防止に役立つことが示された。

## 6. 謝 辞

ブドウ搾り滓を快く提供してくださいました中央葡萄酒株式会社および小林牧場には厚く御礼申し上げます。堆肥発酵過程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中山三男氏、深沢 豊氏、宮川千加雄氏、永井 豊氏、平澤祥司氏には大変お世話になりました。片山 努研究員、赤尾友雪研究員には堆肥作製において適切なアドバイスをいただきました。環境科学

研究所の半田さおりさん、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ポリフェノール類の分析においてお世話になりました。ブドウ搾り滓中の有機酸分析においては、山梨県ワインセンターの原川 守特別研究員、恩田 匠研究員、小松正和研究員に御協力をしていただきました。心から感謝致します。また、ライシメーターでのスイートコーンとナスの栽培試験では、総合農業技術センターの長坂克彦研究員、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。山梨大学大学院医学工学総合研究部の山村英樹助教、大学院生の落合知君、川良香さん、功刀伸夫君にも協力をしていただきました。ありがとうございました。

最後に、研究開始一年目・二年目において研究分担者として研究に従事してくれた環境科学研究所齊藤奈々子元研究員、富士工業技術センター高尾清利研究員（現在、工業技術センター主任研究員）、畜産試験場高橋照美研究員（現在、中北林務環境事務所主任）にも御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 長谷川達也, 森智和, 齊藤奈々子, 高橋照美, 山崎修平, 上垣良信, 高尾清利, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸: 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. 山梨県総合理工学研究機構研究報告書第3号, 53-64, 2008
- 2) 長谷川達也, 森智和, 吾郷健一, 高橋照美, 山崎修平, 上垣良信, 寺澤章裕, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸: 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 (その2). 山梨県総合理工学研究機構研究報告書第4号, 11-27, 2009
- 3) 小松正和, 中山忠博, 恩田匠, 上垣良信, 鈴木幾雄, 荘富盛, 久本雅嗣, 奥田徹, 前島善富: 甲州種ワインの高品質化に向けた栽培・醸造技術に関する研究, 平成20年度山梨県工業技術センター研究報告, 38-44, 2009
- 4) 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
- 5) 川良香: 家畜排せつ物の堆肥化および環境負荷低減化技術に関する研究, 山梨大学大学院医学工学総合教育部 (工学領域) 平成21年度修士論文, 2010
- 6) 石黒辰吉: 臭気の測定と対策技術, オーム社, 2002
- 7) 日本土壤協会編: 堆肥等有機物質分析法, 2000
- 8) 功刀伸夫: 圃場における豚ふん堆肥の施用効果お

- よび微生物の多様性に関する研究, 山梨大学大学院医学工学総合教育部 (工学領域) 平成21年度修士論文, 2010
- 9) 土壤微生物研究会編: 新編 土壤微生物実験法, 養賢堂, 1992,
  - 10) 日本生化学会編集: 新生化学実験講座 微生物実験法, 化学同人社, 1992
  - 11) El-Azouni, L.M.: Effect of phosphate solubilizing fungi on growth and nutrient uptake of Soybean (*Glycine max* L.) plants, *J. Appl. Scienc Res.*, 4: 592-598, 2008
  - 12) Zhu, P., Yang, X., Xu, Y., Ouyang, H. and Shen, Q.: High effective phosphate-solubilizing bacteria: Their isolation and promoting effect on corn seedling growth. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 18: 107-112, 2007
  - 13) 長田隆: 家畜排泄物からの環境負荷ガスの発生について, *日本畜産学会報*, 72: 167-176, 2001
  - 14) 長田隆: 豚のふん尿処理に伴う環境負荷ガスの発生, 畜産草地研究所研究報告, 2: 15-62, 2002
  - 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
  - 17) 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
  - 18) 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
  - 19) 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
  - 20) 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
  - 21) 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
  - 22) 伊坪徳宏, 稲葉敦: ライフサイクル環境影響評価手法 LIME: LCA, 環境会計, 環境効率のための評価手法・データベース, (社)産業環境管理協会, 2005
  - 2) 川良香, 山村英樹, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸, 長谷川達也, 森智和, 吾郷健一, 高橋照美, 菊嶋敬子, 山崎修平, 上垣良信, 寺澤章裕 (2010) ブドウ搾り滓を添加した豚ふんの堆肥化における放線菌相の解析. 日本農芸化学会2010年度大会 (東京)
  - 3) 功刀伸夫, 山村英樹, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸, 長谷川達也, 森智和, 吾郷健一, 高橋照美, 菊嶋敬子, 山崎修平, 上垣良信, 寺澤章裕 (2010) ブドウ搾り滓添加堆肥の施用効果と土壤微生物相の解析. 日本農芸化学会2010年度大会 (東京)
  - 4) 吾郷健一, 森智和, 長谷川達也, 山崎修平, 川良香, 山村英樹, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸 (2009) ブドウ搾り滓を用いた豚ふん堆肥化過程におけるアンモニア発生抑制. 第20回 廃棄物資源循環学会 (名古屋)
  - 5) 川良香, 山村英樹, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸, 長谷川達也, 森智和, 吾郷健一, 高橋照美, 菊嶋敬子, 山崎修平, 上垣良信, 寺澤章裕 (2008) 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—ブドウ搾り滓添加堆肥の発酵に関する放線菌相の解析と悪臭発生抑制作用の検証—. 平成21年度 やまなし産学官連携研究交流事業 研究公開 (甲府)
  - 6) 功刀伸夫, 山村英樹, 御園生拓, 金子栄廣, 早川正幸, 長谷川達也, 森智和, 吾郷健一, 高橋照美, 菊嶋敬子, 山崎修平, 上垣良信, 寺澤章裕 (2008) 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—圃場におけるブドウ搾り滓添加堆肥の施用効果および微生物相の動態解析—. 平成21年度 やまなし産学官連携研究交流事業 研究公開 (甲府)

#### 論文発表

- 1) Hayakawa, M., Yamamura, H., Nakagawa, Y., Kawa, Y., Hayashi, Y., Misonou, T., Kaneko, H., Kikushima, N., Takahashi, T., Yamasaki, S., Uegaki, Y., Terasawa, A., Takao, K., Mori, T., Ago, K., Saito, N. and Hasegawa, T. (2010) Taxonomic diversity of actinomycetes isolated from swine manure compost. *Actinomycetologica*, in press

### 成果発表状況

#### 学会発表

- 1) 長谷川達也 (2008) ブドウ搾り滓を利用した堆肥の悪臭低減化技術と堆肥中の重金属の挙動. 第12回 MTKO MICE研究会 (熱海)