

## 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）

上垣 良信・寺澤 章裕・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>・御園生 拓\*<sup>4</sup>・金子 栄廣\*<sup>4</sup>・早川 正幸\*<sup>4</sup>

### Composting of Livestock Waste and Reduction of Environmental Load Using Wine Compression Residues (3rd report)

Yoshinobu UEGAKI, Akihiro TERASAWA, Tatsuya HASEGAWA\*<sup>1</sup>, Tomokazu MORI\*<sup>1</sup>, Kenichi AGO\*<sup>1</sup>,  
Noriko KIKUSHIMA\*<sup>2</sup>, Shuhei YAMASAKI\*<sup>3</sup>, Taku MISONOU\*<sup>4</sup> Hidehiro KANEKO\*<sup>4</sup> and Masayuki HAYAKAWA\*<sup>4</sup>

#### 要 約

堆肥の原料となる「豚ふん」を昨年度の2倍量（2,500 kg）に増やし堆肥を作成した。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」を作成し、これを重量比で豚ふん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pHが減少し、保存性に優れることが確認された。小型堆肥化実験装置や堆肥舎へ設置した分解装置を用いて、悪臭低減効果について検討した。発酵ブドウ搾り滓添加により除去しきれなかった悪臭は、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。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ある程度低減することができた。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に対する対策として、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75 ml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400 ml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25 g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。

\*1 山梨県環境科学研究所

\*2 山梨県畜産試験場

\*3 山梨県総合農業技術センター

\*4 山梨大学

### 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重量比で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2,500 kg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、発酵過程一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 アンモニアの測定

直接法：検知管を用いて直接測定した。

### 2-5 堆肥発酵過程における堆肥のpH

発酵過程一堆肥サンプル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。

### 2-6 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, 日揮触媒化成 (株)) 270g (27ml) 充填した石英管 (直径33 mm, 全長300 mm) をセラミック電気管状炉 (ARF-30M, (株)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。

### 2-7 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 (1回目の切り返しは7日目) に行った。

### 2-8 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>4)5)</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50 V (触媒温度: 500°C) 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 (図1)。



写真1 セラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置



写真2 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

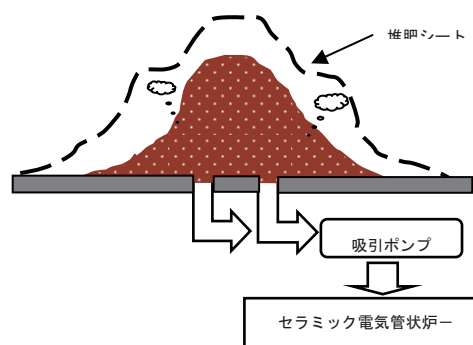


図1 セラミック電気管状炉-金属酸化触媒式分解装置設置状況

### 2-9 畜産試験場堆肥舎による実用規模試験

昨年度までの実験<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

### 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2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3、図4および図5）。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。

#### 3-2 発酵ブドウ搾り滓の分析

図6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7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。

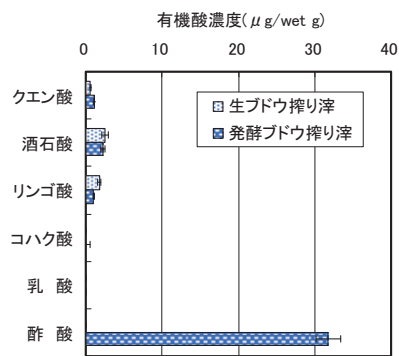


図4 発酵ブドウ搾り滓中の有機酸分析

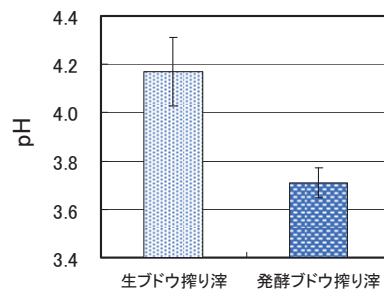


図5 発酵ブドウ搾り滓のpH

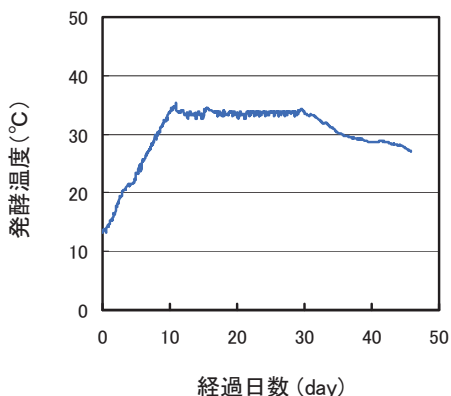


図2 発酵過程における温度変化

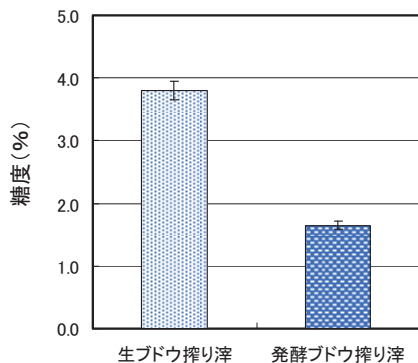


図3 発酵ブドウ搾り滓中の糖度

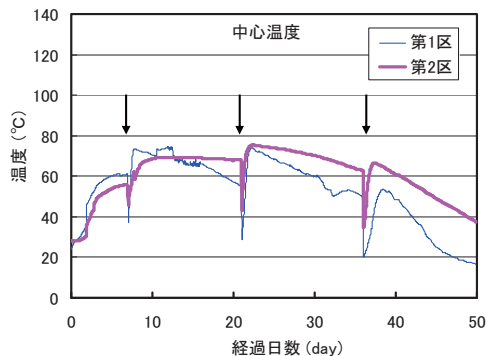


図6 発酵温度の変化

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓 Cover

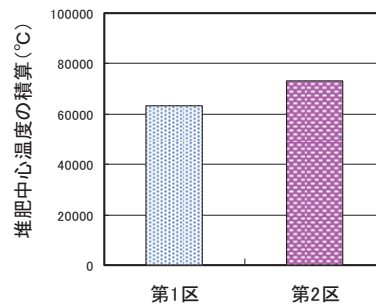


図7 発酵温度の積算

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓 Cover

### 3-3 悪臭物質の測定

一昨年度<sup>1)</sup>および昨年度<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。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8に示す。これら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、豚ふんのみ第1区よりアンモニアの発生量が約半分に低減されたが完全に除去することはできなかった。

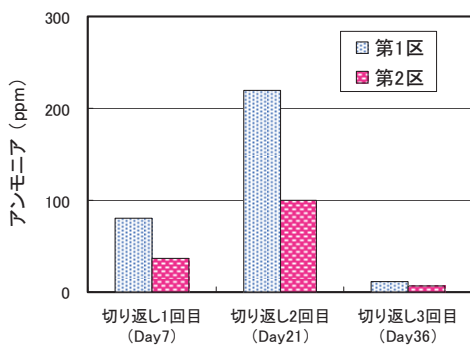


図8 アンモニア発生量の推移

第1区：豚ふん，第2区：豚ふん+発酵ブドウ滓 Cover

### 3-4 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た。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分と短時間で済むが、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、比較的低価格（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参加触媒を加熱し、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1,000 ppm/h）をほぼ完全に分解できることが示された（図9）。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。

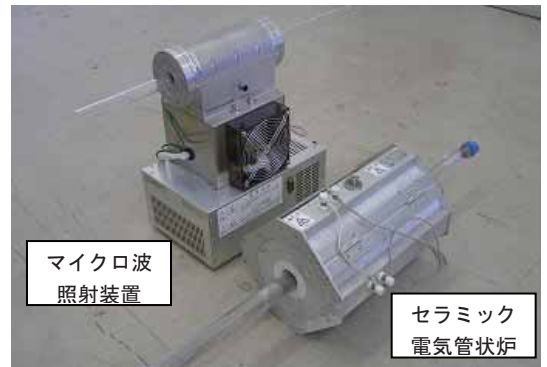


写真3 マイクロ波照射装置とセラミック電気管状炉

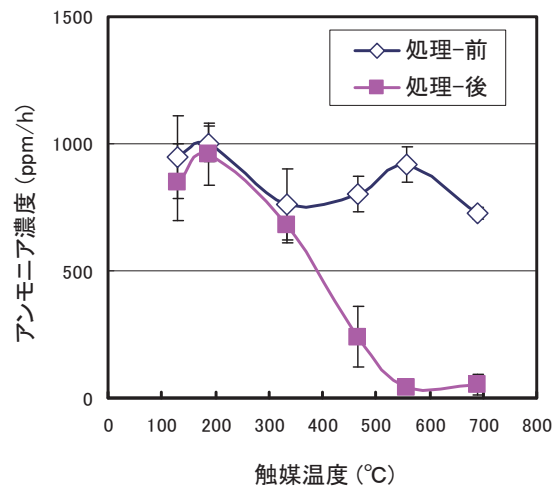


図9 小型堆肥化実験装置から発生したアンモニアの分解

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10に示すごとく発酵ブドウ搾り滓添加することによっても除去しきれない悪臭（アンモニア）をほぼ完全に分解することができた。

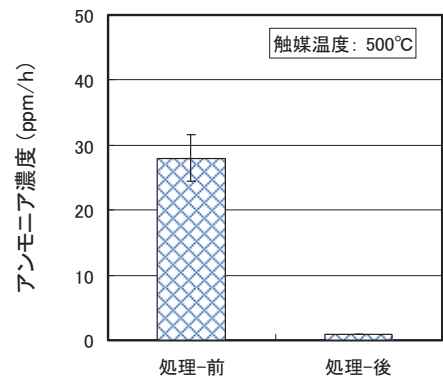


図10 堆肥舎での堆肥発酵時に発生した臭気の分解

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11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。

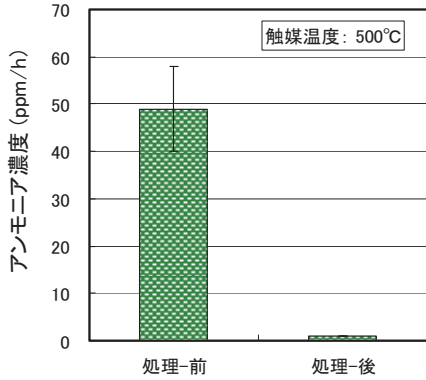


図11 堆肥シートで被覆した条件での悪臭分解

#### 4. 考察および今後の展望

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。また、堆肥作製時には触媒式分解装置を用いることで完全に臭気を除去することも可能である。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、繰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。

○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。除去しきれない悪臭について、堆肥舎へ分解装置を設置し99%除去することができた。

#### 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, No.3, P.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, No.4, P.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, 山梨県工業技術センター研究報告, No.23, P.38-44 (2009)
- 4) 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, **Vol.42**, P.157-164 (2005)
- 5) 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, **Vol.59**, P.28-33 (2006)