

家畜排せつ物の堆肥化における臭気低減技術

西村和彦

I. はじめに

農林水産省の平成25年畜産統計調査によると、我が国の畜産経営は乳牛が飼養戸数19,400戸と飼養頭数約142万頭、肉用牛61,300戸、約264万頭、豚5,570戸、969万頭、採卵鶏2,730戸、約17,478万羽、ブロイラー2,420戸、約13,162万羽で、家畜排せつ物の発生量は、乳牛約2,357万トン、肉用牛約2,442万トン、豚約2,238万トン、採卵鶏約745万トン、ブロイラー約514万トンで合計約8,295万トンと推計されている^{1,2)}。

大阪府の畜産業は乳牛33戸、飼養頭数1,500頭、肉用牛10戸、840頭、豚8戸、6,170頭、採卵鶏17戸、87千羽となっており（平成25年度畜産統計）、生産額も25億円/年に留まっている。しかしながら、市場近接や食品廃棄物の利用によるいわゆるエコフィードの有利性を生かして大阪ウメビーフ、大阪地玉子、大阪家鴨などユニークな畜産物を生産し、都市の消費者に新鮮でおいしい畜産物を提供している。



第1図 昭和60年度に建設された日本で初めての豚ふんと食品残渣を原料とするメタン発酵施設(大阪府泉佐野市)

さらに、家畜排せつ物処理においては昭和46年から堺市周辺の酪農家が酪農団地を形成して一元的に牛ふんをハウス内で乾燥し、主に冬の堆肥化時に乾燥ふんを水分調整材として用いて発酵を促進している。また、養豚でも昭和60年11月に豚ふんと食品廃棄物を原材料としたメタン発酵装置が日本で初めてを設置された（第1図）。こうした取り組みの結果、住宅地が隣接する都市部でも畜産経営が存続している。

大阪府では家畜ふんの堆肥利用を推進するために毎年、大阪府家畜堆肥共励会を開催して畜産農家が生産する家畜排せつ物堆肥の高品質化を促すとともに、大阪府家畜堆肥利用マニュアルを作成して、堆肥の利用を促進している。大阪府の畜産農家は住宅地に隣接しており、家畜排せつ物の処理や養豚における飼料調製には細心の注意を払っているが、特に悪臭発生量が多い堆肥の切り換えし時や残飯の加熱処理時に発生する臭気に対して万全の対策を取っていないとたちまち周辺住民から苦情が寄せられる。苦情処理の対応に時間を割いていると安定的な経営ができなくなる。今後とも畜産農家が存続していくためには畜産農家から発生する悪臭抑制のための適正な対策が欠かせない。そこで、本稿では最近の家畜排せつ物処理、特に堆肥化処理における臭気対策について述べる。

II. 家畜排せつ物の処理と悪臭防止に関する法的規制

1. 家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律

家畜排せつ物を適切に処理・利用することは、畜産環境保全による安定的な畜産経営の継続と消費者ニーズに対応した畜産物の安定供給に欠かせない。平成11年7月に施行された「食料・農業・農村基本法」（「新基本法」）第32条「自然循環機能の維持増進」において国は農業の自然循環機能の維持増進を図るため、農薬及び肥料の適正な使用の確保、家畜排せつ物等の有効利用による地力増進その他必要な施策を講ずるものとするとしている。

これを受けて、環境三法と呼ばれている「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」（「家畜排せつ物法」）、「肥料取締法の一部を改正する法律」（「改正肥料取締法」）、「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」（「持続農業法」）の三法が平成11年11月に施行され、平成16年11月から本格施行となった。

「家畜排せつ物法」は畜産経営者に家畜排せつ物の適正な管理を求め、家畜排せつ物の保管・処理の管理方法や堆肥化施設の管理方法を具体的に定め、堆肥などに処理された家畜排せつ物の利用を促進することによって畜産業の持続的な発展を目論んでいる。また、「改正肥料取締法」は堆肥等特殊肥料の品質表示制度を設け、堆肥等の肥料成分の名称、肥料の種類、届出を受理した都道府県、表示者の氏名又は名称及び住所、正味重量、生産した年月、原料を表示することを義務化している。これによって耕種農家が堆肥や乾燥ふん等を利用しやすくなっている。さらに、「持続農業法」は第1条で「持続性の高い農業生産方式の導入を促進するための措置を講ずることにより、環境と調和のとれた農業生産の確保を図り、もって農業の健全な発展に寄与することを目的とする。」と定められており、堆肥等を利用した土づくりや化学肥料と農薬使用の低減を推進しようとしている。これらの環境三法によって畜産農家と耕種農家が家畜排せつ物の堆肥等を活用した土づくりを一体化に推進することで持続性の高い農業生産を進めようとしている。

家畜排せつ物法では家畜排せつ物の管理基準を次のとおり定めている。

管理基準

① 施設の構造に関する基準

- (a) ふんの処理・保管施設は、床をコンクリートその他の不浸透性材料で築造し、適当な覆い及び側壁を有するものとする
- (b) 尿やスラリーの処理・保管施設は、コンクリートその他の不浸透性材料で築造した構造の貯留槽とする

② 家畜排せつ物の管理の方法に関する基準

- (a) 家畜排せつ物は、施設において管理すること
- (b) 送風装置等を設置している場合には、その維持管理を適切に行うこと
- (c) 施設に破損があるときは、遅滞なく修繕を行うこと
- (d) 家畜排せつ物の年間発生量、処理の方法、処理量について記録すること等

これら環境三法は施行後14年以上経過した現在、家畜ふん堆肥の利用が進められ、平成24年12月の法施行状況

調査では管理基準対象農家の49,236戸のうち49,228戸99.98%が管理基準適合農家となっており、国内の家畜排せつ物が適正に処理・保管されていることがわかっている³⁾。

2. 悪臭防止法

悪臭防止法では22種類の規制対象物質(許容限度)としてアンモニア(1ppm)、メチルメルカプタン(0.002ppm)、硫化水素(0.02ppm)、硫化メチル(0.01ppm)、二硫化メチル(0.009ppm)、トリメチルアミン(0.005ppm)、アセトアルデヒド(0.05ppm)、スチレン(0.4ppm)、プロピオン酸(0.03ppm)、ノルマル酪酸(0.001ppm)、ノルマル吉草酸(0.0009ppm)、イソ吉草酸(0.001ppm)、プロピオンアルデヒド(0.05ppm)、ノルマルブチルアルデヒド(0.009ppm)、イソブチルアルデヒド(0.02ppm)、ノルマルバレールアルデヒド(0.009ppm)、イソバレールアルデヒド(0.003ppm)、イソブタノール(0.9ppm)、酢酸エチル(3ppm)、メチルイソブチルケトン(1ppm)、トルエン(10ppm)、キシレン(1ppm)が悪臭と定められており、敷地境界線で許容限度以下でなければならない。

また、平成12年5月の悪臭防止法の一部改正により臭気測定の業務に従事する者に関する制度が法律に位置づけられ、同年6月に排出水に係る臭気指数規制基準の設定方法が定められたことで規制基準が整った。それを受け、平成13年3月に臭気指数規制ガイドラインが策定された。臭気指数とは嗅覚検査であらかじめ嗅覚が正常とされている被検者が臭気を感じなくなるまで試料を無臭空気希釈したときの希釈倍率(臭気濃度)を求め、その常用対数値に10を乗じた数値である⁴⁾。

$$\text{臭気指数} = 10 \times \text{Log}(\text{臭気濃度})$$

都道府県知事は、関係市町村長の意見を聴取(法第5条)して事業場から発生する悪臭を防止すべき地域を規制地域に指定(法第3条)する。都道府県知事、指定都市の長、中核市の長及び特例市の長(以下「都道府県知事等」という)は規制地域を指定し、特定悪臭物質の濃度(法第4条第1項)または臭気指数(法第4条第2項)のいずれかの規制基準を定める。大阪府内で臭気指数規制が導入されている市町は大阪市(平成18年4月)、泉佐野市、泉南市、阪南市、田尻町、岬町(平成18年6月)、堺市(平成20年1月)、松原市(平成20年7月)、岸和田市(平成20年10月)、吹田市(平成21年4月)、貝塚市、高石市、熊取町(平成22年4月)、高槻市、箕面市(平成23年4月)、茨木市(平成24年4月)である⁵⁾。

3. 水質汚濁防止法

畜産農家から家畜の尿、畜舎や搾乳施設の洗浄水などを河川や湖沼、港湾沿岸海域など、公共水域等に排水する場合、水質汚濁防止法に基づく排水規制の対象となることがある。養豚の場合、豚房の総面積が50㎡、酪農や肥育農家などの養牛農家の場合には200㎡の牛房がある場合、都道府県または市町村に届出が必要となる。すべての特定事業場を対象として、健康項目として、アンモニア、アンモニウム化合物及び亜硝酸・硝酸化合物（硝酸性窒素等）の暫定排水基準700mg/lが平成28年6月末まで適用される。それ以降の排水基準を一般基準である100mg/lにするか検討される。

また、排水量50m³/日以上の特特定業所では生活環境項目として生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、浮遊物質（SS）、大腸菌群数、窒素含有量、リン含有量などが規制対象となっている。特定事業場の場合、一年に一回以上排水の水質項目について測定・記録・保存が義務付けられており、違反すると罰金が科せられる。なお、内湾に河川等を通じて排水が流入する地域の窒素・リンの排水基準である一般排水基準（窒素120mg/l、リン16mg/l）を達成することが著しく困難と認められる一定の業種（畜産農業（豚房を有するものに限る）を含む）に対しては暫定排水基準（窒素170mg/l、リン25mg/l）が平成25年10月～平成30年9月末日までの間、設定されている⁶⁾。

また、瀬戸内海、東京湾及び伊勢湾を対象として、化学的酸素要求量（COD）、窒素含有量、リン含有量の3項目について濃度規制だけでなく、総量規制が実施されている。対象となる事業所は平均排水量が50m³/日以上の法で定める指定地域内事業場で、畜産農家も規制の対象となる⁷⁾。

4. 廃棄物の処理及び清掃に関する法律

本法の目的は第1条で、「廃棄物の排出を抑制し、及び廃棄物の適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処分等の処理をし、並びに生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的としている」と定められており、法施行令第2条第10項で動物のふん尿（畜産農業に係るものに限る）が産業廃棄物として定められていることから、家畜排せつ物は産業廃棄物となる。したがって、畜産業者は自らの責務及び義務として処分しなければならない。その場合、家畜排せつ物の運搬または処分は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令に規定する廃棄物の収集、運搬、処分等の基準及び海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令に規定する埋立場所等に排出する廃棄物の排出方

法に関する基準に従って適正に行われなければならない⁸⁾。

さらに、罰則規定はないが、市街の形態区域においてふん尿を肥料として利用するには発酵処理、乾燥・焼却、化学処理、ふん尿施設による処理を行い、十分に覆土する必要がある。つまり、家畜排せつ物は有価物で取引される以外は廃棄物で、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に則して適切に処理されなければならない。また、家畜の死体も同法による規制の対象となる。

ただし、この場合、「廃棄物とは、占有者が自ら利用し、又は他人に有償で売却することができないため不要になった物をいい、これに該当するか否かは占有者の意志、その性状等を総合的に勘案して判断するもの」（「廃棄物処理法の解説」廃棄物法制研究会編著、（財）日本環境衛生センター）と解釈されるのが一般的であると考えられ、家畜排せつ物の場合にあっても、当該家畜排せつ物が「廃棄物」であるか否かについては、ケースバイケースで判断されるべきものと考えられる。

また、腐敗によって悪臭を放つ家畜・家さんの死体は家畜伝染病予防法、化成場等に関する法律、牛海绵体脳症対策特別措置法などによっても適正な管理が求められている。

III. 家畜排せつ物の堆肥化

1. 畜産業から発生する臭気

HartungとPhillipsは畜舎から発生する物質は136種類あり、そのうちアンモニアとメタンが環境に影響を及ぼす最大のリスク物質であると述べている⁹⁾。畜舎から発生する臭気の原因は飼料や動物の呼気なども考えられるが、家畜排せつ物が最も大きな発生源である。

平成9年度の農林水産省統計情報部の調べによると、搾乳牛の排せつ物量は1頭当たり生重で58.9kgであったが、平成23年の山田らの調査によると64.1±7.4kg/頭/日、乾物で8.8±1.1kg/頭/日、水分量は86.3%であった。これは、十余年で乳牛の産乳能力が向上し、乳牛の飼料摂取量が増えたことが原因と思われる。また、山田らは乾乳牛の排泄したふん尿は生重で37.7±3.5kg/頭/日、乾物で4.9±0.3kg/頭/日、水分含量は86.8%であったと報告している¹⁰⁾。その他の家畜排せつ物の排せつ量は第1表に示す¹¹⁾。

家畜排せつ物の処理法として堆肥化が最も一般的である。堆肥化は水分や悪臭のある生ふんや尿の水分を調製して好気発酵させる方法で、微生物の作用によって60℃以上の高温になり、水分も減り、悪臭もほとんどなくなる。良質な堆肥は保管や散布、作物の成長や品質、雑草管理の面で利用者にとってメリットがある。羽賀は良質

第1表 家畜・家きんの排せつ物量(kg/頭/日)

		ふん	尿	合計
乳牛	搾乳牛	45.5	13.4	58.9
	乾・未経産牛	29.7	6.1	35.8
	育成牛	17.9	6.7	24.6
肉牛	2歳未満	17.8	6.5	24.3
	2歳以上	20.0	6.7	26.7
	乳用種	18	7.2	25.2
豚	肥育豚	2.1	3.8	5.9
	繁殖豚	3.3	7.0	10.3
産卵鶏	雛	0.059	-	0.059
	成鶏	0.136	-	0.136
ブロイラー		0.130	-	0.130

な堆肥づくりのメリットとして次の3点を挙げている¹²⁾。

- ①汚物感や悪臭をなくし、病原菌や寄生虫などを死滅させることによって、使用者にとって取り扱いやすい良質で安全な有機質肥料を製造できること。
- ②堆肥が土壌や作物にとって良質な有機質肥料となること。十分に腐熟し、有害物質や雑草の種子などが分解・死滅し、肥料成分をほどよく含む有機質肥料が製造できる。
- ③有機資源リサイクルによって資源循環社会に貢献できる。

流通に耐える良質な堆肥とは悪臭が少なく、衛生的で安全で、取り扱いやすく、品質表示していることが必須となる。そのような堆肥の生産には水分調整と切り返しが必要で、完熟させるためには、水分、送風方法と量、肥料成分、易分解性有機物割合、微生物、温度、堆肥化に要する期間などを考慮する必要がある。発酵がうまくいくと発酵温度が70℃以上に上昇し、大腸菌0-157、病原菌、寄生虫卵、雑草の種子などを死滅させることができる¹³⁾。

堆肥化の過程で発生するアンモニア量は一次発酵期間中に堆肥原料1トン当たり約1kgとなるが、最初の2週間でその9割が発生する¹⁴⁾。それ以外に牛ふんの堆肥化過程で硫化水素、メルカプタン、硫化メチル、二酸化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、イソ吉草酸などが発生する。これら以外にも、悪臭物質ではないが、温室効果ガスであるメタンや亜酸化窒素が堆肥切り返し時や第1回切り返し後5~10日に緩やかな揮散のピークを示しながら発生する¹⁵⁾。

豚ふんと尿の混合物からはトリメチルアミン、硫黄化

合物、低級脂肪酸、フェノール類、インドール類が発生する。通気式発酵槽での15日間の堆肥化で堆肥化開始時にアンモニア、トリメチルアミン、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルが発生し、堆肥化の進行とともに減少し、15日後にはほぼ検出されなくなる¹⁶⁾。

家畜ふん中に含まれる窒素は有機体で、作物はほとんど吸収できない。家畜ふんは堆肥中および土壌への施用後、微生物の作用によって無機化され、アンモニア態となって作物に吸収される。家畜ふんの堆肥化に伴う窒素の無機化のパターンは20℃ではほとんど無機化せず、30℃で2ヶ月目から無機化する牛ふん型、日数の経過とともに直線的に無機化する豚ふん型、20℃及び30℃ともに1ヶ月目から易分解性窒素の50%以上が無機化する鶏ふん型に分けられる¹⁷⁾。また、堆肥化過程で有機物、全炭素、ヘミセルロース、セルロースの含有量は減少し、一方灰分、全窒素、リグニンの含有量は相対的に増加し、その結果C/N比は減少する¹⁸⁾。

2. 堆肥製造のための水分調整

家畜排せつ物から良質な堆肥を製造するには最初に水分を60~70%に調整する必要があるが、水分調整材を選ぶ場合、安全性、資材のコスト、吸水性、通気性、C/N比、肥料成分量、悪臭発生の有無などを検討して選ぶ必要があり、一般的にはおが屑やもみ殻などが副資材として利用されている。前田らは乳牛ふんに副資材としてもみ殻、おが粉、廃紙をそれぞれ乾燥質量比で全体の15%と30%混合して堆肥化した場合、副資材混合により乳牛ふん堆肥化時のアンモニア揮散を抑制できないとみられるとの結果を得ている¹⁹⁾。これらの副資材以外にブドウやモモ²⁰⁾、ナシ²¹⁾、ウメ²²⁾などの剪定枝や、小ネギ下葉残さ²³⁾、メロンなどの茎葉残さ²⁴⁾、ユズ絞り滓²⁵⁾、シイタケ菌床²⁶⁾、コーヒーチャフ²⁷⁾、水生植物のヒシ²⁸⁾、カニ殻²⁹⁾、使用済みのポリ乳酸³⁰⁾などの利用法が検討されている。

上記の副資材は主に地域で発生している有機性廃棄物の再利用を目的としている。堆肥の高温発酵を目的に廃食油³¹⁾や生ごみを添加して堆肥化することがあるが、生ごみの添加量によっては悪臭が発生することがあるため注意が必要である³²⁾。

また、完熟たい肥を家畜排せつ物に添加して堆肥化する戻し堆肥は水分調整と微生物による脱臭効果を目的としており、豚ふん尿混合物に戻し堆肥を混合して堆肥化することで、悪臭物質が大幅に低減できる³³⁾。敷料として戻し堆肥を用いることで畜舎内や堆肥化時に発生する臭気を抑えられるが、戻し堆肥を繰り返し敷料として使用する場合は塩類濃度が高くなるため、おが屑、もみ殻を添加して塩類濃度を薄める必要がある³⁴⁾。

炭化した水生植物を牛ふん堆肥に添加することで硫化メチル、プロピオン酸、ノルマル酪酸に低減傾向が認められている³⁵⁾。また、鶏ふん炭ももみ殻を混合して容積重を調整した鶏ふんに容積比で10%添加することによっても臭気指数で8~10ポイント低下させることができる³⁶⁾。しかし、各家畜ふん炭のアンモニア脱臭性能(家畜ふん炭, 14~111mg/l)は活性炭(247mg/l)に比べて1/2~1/20と低い³⁷⁾。したがって、家畜ふん炭を家畜ふん等に混合して堆肥化する場合や脱臭塔に入れて脱臭剤として利用する場合、用いる家畜ふん炭の脱臭能力を事前に調べておく必要がある。

さらに、家畜排せつ物に微生物を添加して堆肥化時における悪臭の発生を抑えようとする研究が進んでいる。Kurodaらは家畜ふん堆肥から分離された高いアンモニア耐性を有する好熱性菌を家畜ふんに添加して堆肥化することでアンモニア発生量を抑えることができると報告している³⁸⁾。小山らも*Bacillus* sp. TAT105株添加によって豚新鮮ふんと尿、パーライトの混合物の堆肥化過程において硫酸にトラップされる窒素量を無添加区に比べ約60%低減できることを報告している³⁹⁾。また、森本は家畜ふん堆肥から分離したアンモニア酸化菌を乳牛のふん尿に 10^9 cfu/g添加することによって堆肥化初期に発生するアンモニアの総量を約20%抑制できることを報告している⁴⁰⁾。

3. 堆肥化において発生する悪臭の脱臭

家畜排せつ物の堆肥化によって発生する悪臭を脱臭する方法として生物脱臭、燃焼、吸着、薬液処理などがある⁴¹⁾。コスト面から最も普及しているのは生物脱臭で、一定の水分を保って微生物が生息しているロックウール、土壌、完熟堆肥などに堆肥化過程で発生する悪臭を導入して悪臭を除去することができる。完熟堆肥には多種多様な微生物が豊富に存在し、脱臭装置に利用することができる。堆肥の通年平均脱臭率はアンモニア97%、硫黄化合物86~95%、プロピオン酸を除く低級脂肪酸では22~59%となる。ただし、プロピオン酸は87%の増加を示した⁴²⁾。また、田中は堆肥化初期の2週間に発生するアンモニア等の強い悪臭成分を完熟堆肥に吸着させて速効性窒素成分を多く含む高窒素濃度堆肥を製造することができることを示している⁴³⁾。

微生物脱臭法では処理能力以上の高濃度の悪臭を処理できないため、腐葉土を用いたシャワーリング装置が開発されており、生物脱臭装置の拡張よりも低コストであることが示されている⁴⁴⁾。また、排出臭気の捕集が可能な縦型密閉発酵装置から排出される高濃度の悪臭を脱臭して臭気濃度3.5以下にするには水洗浄法による一次処

理と生物脱臭法による二次処理を組み合わせ、脱臭微生物起源としては、液状で取り扱い易い活性汚泥がよく、微生物固定化担体としては、カキ殻・軽石・鉢底の石(軽石と竹炭の混合物)が有望であると報告されている⁴⁵⁾。

通常、一般的な堆肥化では堆積した家畜排せつ物の下に配管したパイプから空気を送って好気発酵を促進するが、逆に堆積した家畜排せつ物を吸引通気して堆肥化する技術が開発されている。この技術では吸引した気体を脱臭装置で脱臭すれば堆肥化過程で発生するアンモニアなどの悪臭を周辺環境に放出することはほとんどなくなる。また、同法によって堆肥化された堆肥の品質は圧送通気式と大きな差は認められない⁴⁶⁾。さらに、堆肥化過程で発生するアンモニアを硫酸で回収した場合、中和によって生産される硫安液肥を飼料用イネの追肥として6kgN/10aの施用することができる⁴⁷⁾。

貯留中の新鮮な家畜排せつ物や一次発酵の済んだ堆肥からの悪臭の発生を防止するため、一般的には排せつ物や堆肥の表面におが屑を散布するが、米ぬかや腐葉土、製紙工程で生じる残さを炭化した炭化パルプスラッジが有効であることが示されている。米ぬかを家畜ふんや堆肥の表面に厚さ2cm散布することによって1時間以内にアンモニアの発生がなくなり、その抑制効果は数日間持続することが示されている⁴⁸⁾。また、炭化パルプスラッジを被覆することで硫黄化合物や低級脂肪酸の揮散が大幅に抑制される⁴⁹⁾。

4. 栄養水準の変更や給与飼料への資材の添加による脱臭

梅本らは粗蛋白質率15.9%の標準飼料に比べ、粗蛋白質を8.2%、粗繊維水準を5%に調製した低蛋白質飼料を肥育豚に給与した場合、アンモニア揮散量が40分の1に低下することを示した⁵⁰⁾。また、もみ殻炭を0.5~2%の割合で飼料に添加することによって肥育豚の発育や健康に害を及ぼすことなく、硫化水素とメルカプタン類のみならず臭気強度も低減できる⁵¹⁾。肥育豚に5%のワイン粕乾燥粉末添加飼料を給与した結果、尿中窒素濃度が給与開始3週後で有意に低く(P<0.05)、ふん尿混合物の揮散アンモニア性窒素量もやや低い数値を示した⁵²⁾。

肉用鶏の場合、飼料中に竹粉サイレージ資材を約5%添加することにより、また、採卵鶏の場合は、約10%添加することにより、排せつ物から揮散する硫黄化合物の濃度低減の可能性が示唆されている⁵³⁾。また、ニンジン葉を乾燥、粉末化後、産卵鶏の配合飼料に重量比で5%添加し、9羽の産卵鶏に4週間給与した結果、鶏ふんの主要な臭気物質であるアンモニアガス濃度がニンジン葉給与1週目から低下しはじめ、給与4週目には給与前の1/2以下に低下することが示されている⁵⁴⁾。さらに、ニンジン屑と豆

腐粕を1:1で混合し、フスマなどを加え、乳酸菌を添加して調製したニンジン・豆腐粕サイレージを給与することで、乳牛ふんからの揮散アンモニアと硫化水素の濃度が低くなり、官能試験においても、ニンジン・豆腐粕サイレージを給与した試験区が対照区に比べて有意に悪臭が低減されることを我々も報告している⁵⁵⁾。

また、残飯養豚でもコーヒー炭を飼料に添加するとともにオゾンによって豚舎を脱臭している事例も報告されている⁵⁶⁾。そのほか、栄養面からの家畜排せつ物の性状の制御については畜産環境整備機構の古谷修氏の総説を参考にされたい⁵⁷⁾。

IV. 摘要

家畜排せつ物の堆肥化における臭気低減は都市畜産における長年の課題であるが、脱臭装置のコストや設置スペースの問題で小規模な畜産農家ではいまだに脱臭装置が設置されていないところもある。今後、低コストでコンパクトな脱臭装置の開発が望まれるが、そのためには悪臭分解能の高い光触媒や空気中の化学物質や微生物を破壊できる装置などの開発やそれらと生物脱臭等との組み合わせ技術の開発も必要になるであろう。一方、畜舎から発生する悪臭はこまめな清掃と速やかな処理が原則である。また、周辺住民との軋轢を生まないためには周辺住民への挨拶と周辺環境の整備として植栽や花壇の設置、ハエ対策などに気を付けることが有効である⁵⁸⁾。

V. 引用文献

- 1) 農林水産省・畜産統計調査・畜産統計平成25年(2013).
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/>.
- 2) 農林水産省・畜産環境対策・家畜排せつ物の発生と管理の状況(2013).
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisa/ku/t_mondai/02_kanri/.
- 3) 農林水産省・畜産環境対策・家畜排せつ物法管理基準と施行状況(2012)
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisa/ku/t_mondai/04_zyokyo/pdf/25housekou.pdf
- 4) 環境省・大気環境・自動車対策・臭気規制ガイドライン(2001).
http://www.env.go.jp/air/akushu/guide_ind/00.pdf
- 5) 大阪府・悪臭対策に関する情報・市町村別規制マップ(2012).
<http://www.pref.osaka.lg.jp/jigyoshohido/akusyu2/map.html>
- 6) 農林水産省・畜産環境対策・畜産経営に関する排出基準について(2013).
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisa/ku/t_info/02_haisui/index.html
- 7) 大阪府・大阪湾と河川の環境保全・水質総量削減制度について(2012).
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kankyohozen/osaka-wan/souryoukisei.html>
- 8) 環境省・法令・告示・通達・廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令.
<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=11000450>
- 9) Hartung J., Phillips VR. (1994). Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 57:173-189.
- 10) 山田明央・張建国・青木康浩・河本英憲・小林良次・野中和久・加茂幹男(2009). フリーストール牛舎における搾乳・乾乳牛の1日当たり糞尿排泄量. *日本家畜管理学会*. 45(3):124-130.
- 11) 農林水産省統計情報部編. 平成9年度畜産統計(1998).
- 12) 羽賀清典(2001). 家畜排せつ物の特性と堆肥化処理の基礎. 中央畜産会技術研修会資料 畜産環境保全 I. 41-72.
- 13) 羽賀清典(1998). あなたの堆肥は流通に耐え得るか 有機連携時代, 耕種農家と理解し合い, 堆肥を供給すべし. *DAIRYMAN*. 48(8):54-56.
- 14) 田中章浩(2003). 堆肥脱臭装置つき低コスト強制通気式堆肥舎の開発. 新技術内外畜産環境情報 1 新技術情報 その2
- 15) 田村忠・片山武彦・羽賀清典(1999). 牛糞の堆積式堆肥化過程における悪臭成分・温室効果ガスの揮散パターン. *日本畜産学会報*. 70(4):235-239.
- 16) 小山太・松原英隆・今村弥生・尾上武・近藤隆一郎(2011). 養豚堆肥化施設における発生源別の臭気物質の挙動. *日本畜産学会報*. 82(4):397-404.
- 17) 高橋朋子・山田正幸・鈴木睦美・浦野義雄(2001). 畜ふん堆肥の窒素無機化パターン. 群馬県畜産試験場研究報告. 7:107-112.
- 18) 原田靖生・羽賀清典・長田隆・伊澤敏彦・西村洋(1998). 牛ふん堆肥の腐熟過程における有機物の分解. *日本畜産学会報*. 69(12):1085-1093.
- 19) 前田武己・小藤田久義・立石貴浩・築城幹典(2009). 異なる副資材を用いた乳牛ふん堆肥化早期のアン

- モニア揮散. 農業機械學會誌. 71(5):81-87.
- 20) 古屋栄(2010). 鶏ふんを利用したブドウ, モモせん定枝の堆肥化技術. 農業および園芸. 85(2):258-264.
- 21) 森聡(2010). カンキツおよびナシ剪定枝, カンキツ果実搾りかすの堆肥化と施用効果. 農業および園芸. 85(6):617-625.
- 22) 武田知明・岡室美絵子(2012). ウメせん定枝の小規模簡易堆肥化法(1). 和歌山県農林水産総合技術センター研究報告. 13:49-55.
- 23) 安部貞昭・椎原誠一・奈良絵美(2010). 小ネギ下葉残さを用いた堆肥の作成方法と施用技術. 農業および園芸. 85(5):533-538.
- 24) 行弘恵・森永茂生・山崎浩司・北村明久(2006). メロン茎葉残さの堆肥化. 高知県農業技術センター研究報告. 15:45-54.
- 25) 吉川省子・村上敏文・藤原伸介(2010). ユズ滓と牛ふんを組み合わせた堆肥の製造とその特性. 農業および園芸. 85(6):626-632.
- 26) 小島陽一郎・阿部佳之(2011). 発酵乾燥させたキノコ廃菌床の乳牛ふん堆肥化における副資材利用. 農業施設学会. 131:39-45.
- 27) 高田修・篠倉和己(2005). コーヒーチャフの堆肥副資材適性試験. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 畜産編. 41:35-38.
- 28) 梅本英之・宇野史生・北田敬宇(2008). 水生植物「ヒシ」の高速堆肥化. 石川県農業研究センター研究報告. 28:45-47.
- 29) 南部奈津紀・笹木教隆(2012). カニ殻添加による牛糞の堆肥化への影響 カニ殻形状の変化. 福井県畜産試験場研究報告. 25:37-41.
- 30) 中谷洋・加藤隆久・鈴木良地・増田達明・原田英雄(2008). 牛ふんにポリ乳酸を添加した発酵堆肥と野菜栽培. 畜産の研究. 62(9):959-964.
- 31) 崎元道男(2000). 廃食油でたい肥づくり. ちくさんナビ4.
<http://www.jilia.lin.gr.jp/magazine/vol4/003html>
- 32) 内田啓一・白石誠・脇本進行・古川陽一・奥田宏健(2003). 牛ふんと生ゴミの混合堆肥化における高温発酵と悪臭低減効果. 岡山県総合畜産センター研究報告. 14:83-88.
- 33) 小山太・松原英隆・今村弥生・尾上武・近藤隆一郎(2011). 養豚堆肥化施設における発生源別の臭気物質の挙動. 日本畜産学会報. 82(4):397-404.
- 34) 羽賀清典(1998). 堆肥化を促進する水分調整と微生物添加の効果 戻し堆肥—そのメリットとメカニズム. DAIRYMAN. 48(4):46-47. デーリイマン社
- 35) 小林宙・白石誠・中町康人・疇地勲和(2009). 水生植物炭化物の添加による堆肥化時臭気低減効果の検討. 岡山総合畜産研報. 18:67-69.
- 36) 幸野拓矢・高木良弘・千歳健一・桑水郁朗(2009). 鶏ふん炭の悪臭抑制資材としての利用および, 大豆への施用効果に関する試験. 鹿児島農総セ研報(畜産). 3:11-18.
- 37) 石崎重信・大泉長治・岡崎好子(2005). 家畜ふん炭化物の脱臭性能, 畜産汚水脱色性能, および生ふんの通気性改善効果. 千葉県畜産総合研究センター研究報告. 5:37-42.
- 38) Kuroda K, Hanajima D, Fukumoto Y, Suzuki K, Kawamoto S, Shima J, Haga K. (2004). Isolation of thermophilic ammonium-tolerant bacterium and its application to reduce ammonia emission during composting of animal wastes. Biosci Biotechnol Biochem. 68(2):286-92.
- 39) 小山太・黒田和孝・浅田研一・尾上武・近藤隆一郎(2011). *Bacillus* sp. TAT105株添加による豚糞堆肥化過程のアンモニア揮散低減効果. 日本畜産学会報. 82(2):163-169.
- 40) 森本佐樹(2011). アンモニア酸化細菌による家畜ふん尿堆肥化過程におけるアンモニア発生低減効果. 東京都農林総合研究センター研究報告. 6:19-23.
- 41) 道宗直昭(2009). 最近の研究動向 悪臭対策技術. 畜産環境情報 43:3-8.
- 42) 田中章浩(2003). 堆肥脱臭装置つき低コスト強制通気式堆肥舎の開発. 新技術情報. 畜産環境情報第21.
- 43) 田中章浩(2003). 堆肥脱臭による臭気低減化と高窒素濃度堆肥の製造 【特集】酪農における窒素循環効率化のための技術シリーズ. J A T A F F ジャーナル1, 2.
- 44) 石橋誠・石原健・富森健助(2003). シャワーリングによる低コスト脱臭技術. 熊本県農業研究センター研究報告. 12:88-93.
- 45) 田村章・内田順子・串田光祥・岩崎幹男・藤田淳二(2004). 畜産系コンポスト処理時の臭気低減化に関する研究 残留臭気の高減化(二次処理)に関する研究. 香川県環境保健研究センター所報. 3:73-83.
- 46) 阿部佳之(2008). アンモニア排出を低減する吸引通気式堆肥化処理. 養豚の友. 472:51-57.
- 47) 森田昌孝・石川恵・吉田宣夫・堀口健一・高橋敏能(2012). 吸引通気式堆肥化システムで回収した硫安液肥が餌料用イネの生育および収量に与える影響. 日本草地学会誌. 58(3):166-172.

- 48) 高橋俊夫・村中謙昭・古本史(2003). 米ぬか等を利用した家畜ふんと堆肥の脱臭. 広島県立畜産技術センター研究報告. 13:72-76.
- 49) 庄野俊一・黒田和孝・鈴木一好(2005). 炭化パルプスラッジによる貯留豚糞の臭気抑制:鳥取県中小家畜試験場研究報告. 55:57-62.
- 50) 梅本栄一・折原惟子(2005). 飼料環境改善による畜舎発生臭気の軽減技術の検討(2) 蛋白飼料・高繊維質飼料利用による豚舎臭気の軽減. 神奈川県畜産研究所研究報告. 90:61-64.
- 51) 佐々木浩一・鈴木人志・遠田幸生・熊谷誠治・濱野美夫・栗本康司(2010). 粃殻炭添加飼料給与による豚糞からの臭気低減効果(第2報). 秋田県畜産試験場研究報告. 24:18-31.
- 52) 松葉賢次・甲斐敬康・竹之山慎一・後藤史明・丸田喜義・今林寛和・村上斉・河原聡・六車三治男(2010). ワイン粕給与が肥育豚の排せつ物の性状, 臭気および微生物菌叢に及ぼす影響. 宮崎大学農学部研究報告. 56:119-125.
- 53) 中村茂和・松井繁幸・杉山典・黒田博通(2009). 竹粉サイレージの給与が肉用鶏および採卵鶏の排せつ物臭気に及ぼす影響. 静岡畜技研中小研セ研報. 2:43-48.
- 54) 崎元道男・出雲章久(2001). ニンジン葉給与による鶏ふんの臭気軽減. 大阪府立農林技術センター研究報告. 37:39-42.
- 55) 大阪府環境農林水産総合研究所(2009). 平成20年度中小企業組合等活路開拓事業に係る受託研究成果報告書 豆腐粕・野菜屑等を活用した乳酸菌発酵飼料の調製と飼料評価.
- 56) 社団法人中央畜産会(2005). 平成17年度全国優良畜産経営管理技術発表会 都市と共存できる養豚経営確立.
<http://jlia.lin.gr.jp/superior/05prize/pdf/9.pdf#search='%E6%AE%8B%E9%A3%AF%E9%A4%8A%E8%B1%9A+%E6%82%AA%E8%87%AD%E5%AF%BE%E7%AD%96'>.
- 57) 古谷修(2004). 家畜排せつ物の栄養生理学的制御技術. 中央畜産会技術研修会資料 平成16年度畜産新技術A, B:133-147.
- 58) 財団法人畜産環境整備機構(2010). 畜産環境緊急技術開発普及事業(平成20~22年度) 悪臭苦情低減技術等開発 事例解説集 悪臭苦情を減らすために ~ 養豚・酪農経営をささえる技術と知恵~.