



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

畜産悪臭苦情軽減技術の手引き

～日本型悪臭防止最適管理手法を用いた畜産悪臭苦情軽減優良事例集～



令和2年3月

一般財団法人 畜産環境整備機構

はじめに

畜産経営に起因する苦情発生状況では、悪臭関連は 53.4%を占め依然高い状況が続いています(平成 31 年農林水産省生産部畜産局調べ)。悪臭苦情の畜種別の苦情発生戸数の割合は、養豚が最も高く悪臭苦情発生率(飼養戸数あたりの悪臭苦情数)についても高い状況です。これまでも様々な臭気対策が取られていますが、周囲の環境が厳しくなる中で臭気による苦情低減にまで至っていないのが現状です。

畜産環境問題の中で、特に、ニオイという目に見えないものへの対応は、人の感覚(嗅覚)に左右されるため、客観的な対応の難しさがあります。悪臭に関する苦情は、その対応が遅れると技術的な問題よりも感情的な問題に発展しやすいため、発生源からの臭気の低減が第一ですが、飼養管理の徹底や周辺地域への配慮等についても不可欠な要件となっています。

一般財団法人畜産環境整備機構では、平成 29 年 3 月に「日本型悪臭防止最適管理手法(BMP)の手引き」を作成し、畜産臭気対策の取り組み方法と対策について刊行し、畜産臭気低減に貢献してきました。本手引き書は、前事業の継続事業で、より実践的な臭気対策を試みた成果データをとりまとめました。技術開発として得られた知見を大きく 4 つ成果としてとりまとめております。また、畜舎からの臭気低減の取り組み例や、近年、悪臭苦情の多い密閉縦型堆肥化装置から排出される臭気の高減に取り組んでいる農家を調査し、優良だと思われる事例を紹介しています。

本手引き書が、畜産経営において臭気対策に取り組まれている生産者、行政機関等の関係者の皆様方の一助となり、畜産振興の推進に資することができれば幸甚です。

令和 2 年 3 月

一般財団法人 畜産環境整備機構

目 次

1	畜産悪臭防止の現状と課題	
	(1) 「臭気対策の課題」	1
	(公社)におい・かおり環境協会 重岡 久美子	
	(2) 「臭気対策の基本と新しい臭気対策技術」	11
	農研機構 畜産環境部門 安田 知子	
2	日本型悪臭防止最適管理手法を用いた畜産悪臭苦情軽減技術開発	
	(1) 遮へい壁を利用した脱臭技術	16
	(2) 臭気拡散予測・防止技術	18
	(3) バイオフィルターによる臭気低減効果	20
	(4) 不快臭軽減に寄与する資材効果	
	①散布型資材(消毒剤含む)による臭気低減効果	22
	②飼料添加型資材による臭気低減効果	24
	③マスク型資材による臭気の快・不快度に及ぼす効果	26
3	畜産悪臭苦情軽減優良事例集	
	(1) 日本型悪臭防止最適管理技術を活用した優良事例	
	①ハニカム脱臭(畜舎)(バイオフィルター)	28
	②プラスチックフィルター(畜舎)(バイオフィルター)	30
	③ハニカム脱臭(畜舎)(バイオフィルター)	32
	④ネットの利用(畜舎)(遮へい、吸着)	34
	⑤原尿槽の蓋とカーテン(処理施設)	36
	⑥ネットの利用(畜舎)(遮へい壁とネット)	38
	⑦ロックウール脱臭装置(バイオフィルター)	40
	(2) 密閉縦型堆肥化装置等の既存の脱臭装置の調査	
	①水洗脱臭 (水洗)	42
	②ウッドチップ(バイオフィルター)	44
	③ファイバーボール(バイオフィルター)	46
	④ガラス発泡材(バイオフィルター)	48
	⑤軽石脱臭 (バイオフィルター)	50

1 畜産悪臭防止の現状と課題

臭気対策の課題

公益社団法人 におい・かおり環境協会
重岡 久美子

1. はじめに

畜産に限らず、塗装工場や飲食業など様々な業種で悪臭問題があり、全国では年間約1万件の苦情が発生しています。これらの問題を解決するためには、まず現状のにおいが周辺住民の生活環境を損なう程出ているかを測定して確認することになります。悪臭を取り締まる法律（悪臭防止法）では、においを出してはいけないということではなく、弱いにおい（臭気強度2.5）以下に抑えましょうという考え方になっています。そして、もし測定した結果が弱いにおいを超えていた場合、どこが臭っているのかを探して、においが出にくいような工夫をして対策を進めていくことになります。

このような基準値との比較や対策をとる際、客観的ににおいを評価するために数値で表す必要があります（数値化）。しかし人がにおいを感じるという現象は、数十～数百種類の臭気物質が混合した状態で鼻から吸い込んで、鼻腔内の嗅細胞では臭気物質ごとに敏感な物質から鈍感な物質まで個々に反応し、それと同時に臭気物質間の相加・相乗効果が加味されて、脳内で初めて「におう！」と知覚されます。現段階では、臭気物質が多成分でその混合比も様々であることから、臭気物質と人のにおい知覚との関係式は導き出せていません。よって、においの数値化の方法には、図-1.1に示すように“吸い込む前の臭気物質の量を測る（機器分析）”方法と、“吸引した後に人がどう感じるか（官能試験）”を表す方法の大きく分けると2方法があります。さらに、図-1.2に示すように様々な測定方法に分岐されますが、各々一長一短がありますので、目的に応じて使い分けることが重要です。

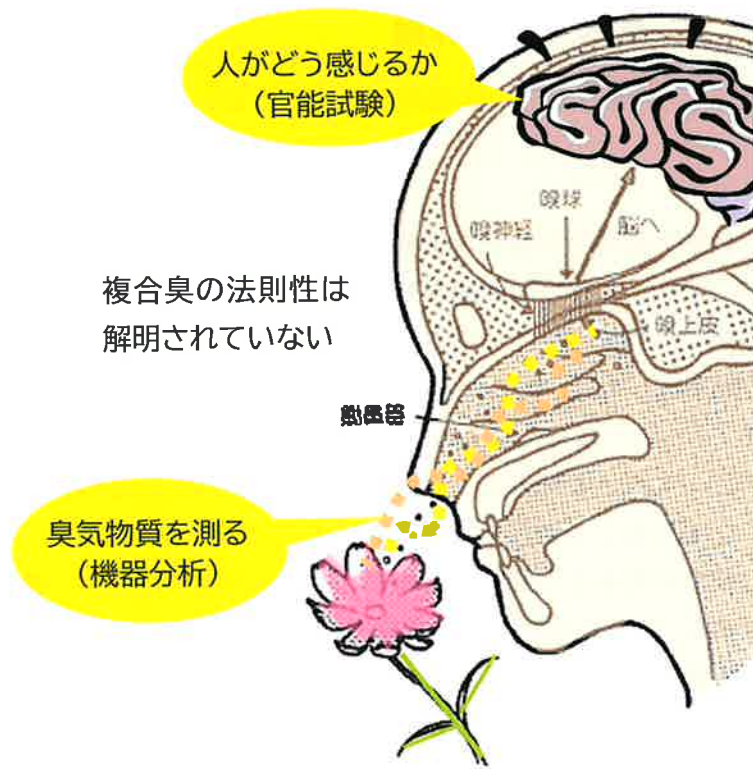


図-1.1 臭気の数値化の方法 (機器分析と官能試験)

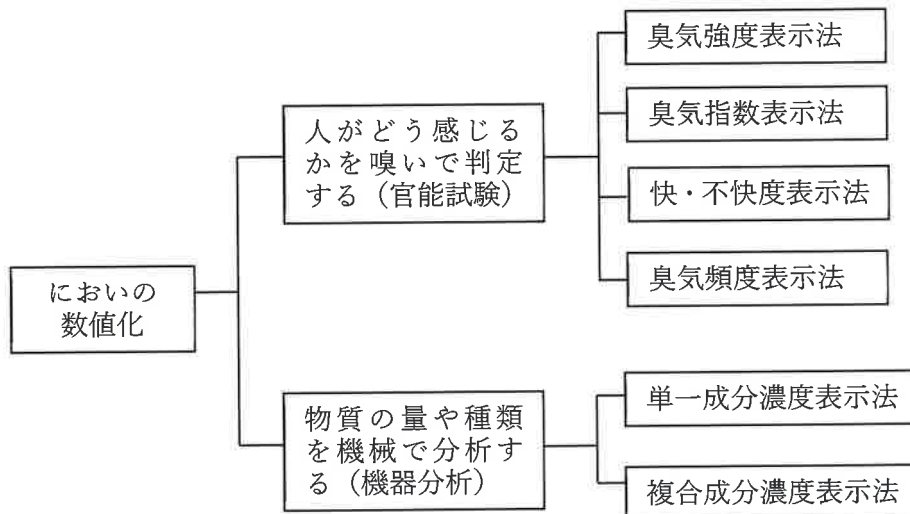


図-1.2 臭気の測定方法の種類

2. 畜産の臭気を数値化する手法

1) 臭気強度の表示法

人が感じる臭気の強さを直接数値化する方法で、日本では6段階臭気強度表示法が広く使われています(表-2.1)。この方法は、数値の意味が伝えやすいことや短時間で簡単に数値化できるというメリットがありますが、判定するパネルの個人差が出やすく、臭気強度1以下や臭気強度4以上は他の段階と等間隔ではないという欠点もあります。

なお、悪臭防止法における農場の敷地境界線の規制(第1号規制)基準を設定する際には、6段階臭気強度表示法における2.5から3.5に対する値の幅で設定することとなっています。しかし、臭気強度は測定時のばらつきがあることから、臭気強度に換えて後述する“特定悪臭物質濃度”または“臭気指数”で基準値を設定しています。

表-2.1 6段階臭気強度表示法(出典:ハンドブック悪臭防止法)

臭気強度	人の感じ方
0	無臭
1	やっと感知できるにおい(検知閾値濃度)
2	何のにおいであるかがわかる弱いにおい(認知閾値濃度)
3	らくに感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

2) 臭気指数(臭気濃度)の表示法

臭気の濃さを表す尺度で、人の嗅覚を用いた臭気の評価方法として最もポピュラーな尺度です(表-2.2)。この方法は、分析機器と同じくらい測定精度が高く、二つある規制手法の一つとして悪臭防止法に採用されていますが、測定器材が多く、測定人員も7名以上必要なため、測定を委託すると高いという欠点があります。

6名のパネルを用いて、臭気をどの程度希釈すればにおわなくなるか、臭気を無臭の清浄な空気希釈したとき、ちょうど無臭になるまでに要した希釈倍数を「臭気濃度」と定義しています。そして「臭気指数」とは、臭気濃度の対数に10を乗じた値を整数値で示したものです。

例えば、臭気指数20(臭気濃度100)の臭気は、その臭気を無臭の清浄な空気希釈100倍に希釈した時ににおいが感じなくなることを意味します。

臭気指数は、人間の感覚量は刺激量の対数に比例するというフェヒナーの法則に基づいており、住民の感じる感覚量に近い尺度として悪臭防止法に導入されました。現在は人の嗅覚を用いてにおいの濃さを総括的に測定できる「臭気指数」が臭気の評価に有効であり、図-2.1のとおり悪臭苦情を抱える畜産農家の4割は臭気指数を用いた規制が適用されています。

表-2.2 畜産業の臭気強度と臭気指数との関係

畜種	臭気強度 2.5	臭気強度 3.0	臭気強度 3.5
養牛業	臭気指数 1.2	臭気指数 1.5	臭気指数 1.8
養豚業	臭気指数 1.1	臭気指数 1.6	臭気指数 2.0
養鶏業	臭気指数 1.1	臭気指数 1.4	臭気指数 1.7

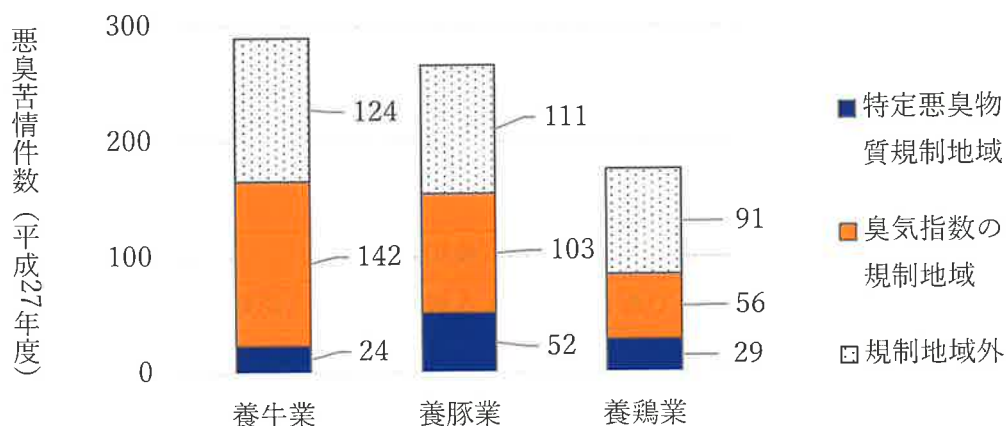


図-2.1 主な畜種別の悪臭苦情件数と規制地域
(出典：平成27年度悪臭防止法施行状況調査)

3) 快・不快感の表示法

人が感じる快・不快感を直接数値化する方法です。この方法は、同じ臭気指数でもにおいの質の違いによる被害の実態を比較的表しやすいという利点がありますが、嗅いでいる時間の長さに大きく影響されることや、個人差が出やすいという欠点があります。

例えば、香水を短時間嗅ぐ際には快いにおいであっても、長時間にわたって嗅がされると不快になったりします。一般的な表示としては表-2.3の9段階快・不快感表示法がありますが、目的に応じて7段階や5段階に減らした尺度を用いたりすることがあります。

表-2.3 9段階快・不快度表示法（出典：臭気の嗅覚測定法）

快不快度	人の感じ方
-4	極端に不快
-3	非常に不快
-2	不快
-1	やや不快
0	快でも不快でもない
+1	やや快
+2	快
+3	非常に快
+4	極端に快

4) 臭気頻度の表示法

人が臭気を感じる頻度を数値化する尺度で、周辺住民へのアンケート調査などで使います。臭気強度や快・不快度、臭気濃度が、どれも比較的短期的な評価尺度であるのに対し、この臭気頻度尺度は長期的な影響をみることができるというメリットがありますが、長期間張り付いていなければならないので、周辺住民以外が判定することが大変であるという欠点もあります。

カテゴリーとしては表-2.4 のようなものがあります。

表-2.4 臭気頻度表示法（出典：臭気の嗅覚測定法）

臭気頻度	人の感じ方
0	いつでもおわない
1	たまにおう（月に1回程度）
2	ときどきにおう（週に1回程度）
3	しょっちゅうにおう（日に1回程度）
4	いつでもおっている

5) 臭気物質の量や種類を機械で分析する（機器分析）

機械を用いて臭気物質の種類や量を数値化する方法です。ひとが臭気を感じる物質は40万種とも200万種あるとも言われていますが、悪臭公害を引き起こす主要な22物質については、悪臭防止法で特定悪臭物質として定められています。

さらに畜産農家から発生する特定悪臭物質濃度としては表-2.5が挙げられます。これらの臭気物質がどの程度発生しているかを測定するには、農場の敷地境界（風下）で試料ガスを採取し、地方自治体の研究所や民間の計量証明事業所などで分析機械にかけて、どんな成分が入っているか、どのくらいの濃度であるかを調べます。

また、表-2.5中の嗅覚閾値とはそのにおいが感知できる最小の濃度です。例えば、白

濁した温泉や箱根の大涌谷でも感じる“硫化水素”の嗅覚閾値は0.00041ppmですが、これをイメージしやすく言い換えると、長さ50mのプール（幅10m×深さ2m）に硫化水素を0.41mL（約10滴）を入れたら、においとして感じるということです。これほど敏感に感じとるのは、太古の時代から有毒な物や不衛生なものなど危険をにおいで察知するよう我々は進化してきたためと言われています。

なお、臭気強度2.5の欄は“弱いにおい”と“らくに感じる”の中間の強さで、規制の下限として住宅地区などに適用されることがあります。臭気強度3.0及び3.5は“らくに感じる”及び“らくに感じる”と“強いにおい”の中間の強さで、商業地域及び工業地域、市街化調整区域などに適用されることがあります。

農場の敷地境界での測定結果と表中の数値と比較して、嗅覚閾値の濃度未満であれば人はにおいを感じないことを意味し、臭気強度2.5～3.5の範囲内であれば農場が立地する地域区分によって規制を受けることがあります。

なお、ここで要注意なのは物質濃度と臭気の強さは、特定悪臭物質濃度が単独で含まれている場合の臭気強度との関係を示しており、複数の特定悪臭物質濃度が混ざり合った状態では個々の濃度が臭気強度2.5を下回る濃度であっても、相加・相乗効果で、全体においては臭気強度2.5を上回ることがあります。よって、臭気指数の測定も同時に実施されているケースが多く見られます。

表-2.5 畜産由来の特定悪臭物質濃度と臭気強度（出典：ハンドブック悪臭防止法）
（単位：ppm）

特定悪臭物質	においの質	嗅覚閾値 ※	臭気強度 2.5	臭気強度 3.0	臭気強度 3.5
アンモニア	し尿のようなにおい	1.5	1	2	5
メチルメルカプタン	腐った玉ねぎのようなにおい	0.00007	0.002	0.004	0.01
硫化水素	腐った卵のようなにおい	0.00041	0.02	0.06	0.2
硫化メチル	腐ったキャベツのようなにおい	0.003	0.01	0.05	0.2
二硫化メチル	腐ったキャベツのようなにおい	0.0022	0.009	0.03	0.1
トリメチルアミン	腐った魚のようなにおい	0.000032	0.005	0.02	0.07
プロピオン酸	刺激的な酸っぱいにおい	0.0057	0.03	0.07	0.2
ノルマル酪酸	汗くさいにおい	0.00019	0.001	0.002	0.006
ノルマル吉草酸	むれた靴下のようなにおい	0.000037	0.0009	0.002	0.004
イソ吉草酸	むれた靴下のようなにおい	0.000078	0.001	0.004	0.01

※嗅覚閾値とはにおいを感知する最小濃度で、値が小さい程人間が敏感に感じることを意味します。出典：永田氏ら「三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果」、第29回大気汚染学会講演要旨集, 1988。

3. 畜産における臭気測定の取り組み

1) 臭気発生源の特定のための測定（臭気排出強度）

畜産農家では、畜舎（牛舎、豚舎、鶏舎）、堆肥化施設及び排水処理施設といった臭気発生源があり、どこから発生する臭気が苦情の原因になっているか分からないという声をよく聞きます。このような場合には、臭気の発生濃度と屋外への排出量を掛け合わせた臭気排出強度を用います。

例えば、表-3.1 に示すような臭気測定結果があった場合、臭気濃度に排ガス流量を乗じた臭気排出強度を算出します。なお臭気濃度を測定していない排水処理施設については発生している悪臭物質の測定値を嗅覚閾値で除した値（閾希釈倍数といいます）の最大値を臭気濃度の代わりに用います。各発生源で比較し、最も臭気排出強度が高い畜舎が、悪臭苦情の主要原因である可能性が高いと言えます。

なお、山間部や海川の近くなど特殊な気象条件が発生する場所では計算通りにいかない場合があります。また畜舎、堆肥化施設、排水処理施設が密閉化されていない開放型の場合には排ガス風量の設定が難しいので、開口部からおおよその値を使うこととなります。

表-3.1 畜産農家の臭気測定の計算例

測定項目	嗅覚閾値 ^{※1} (ppm)	畜舎	堆肥化施設	排水処理施設	
				測定値	閾希釈倍数 ^{※2}
アンモニア	1.5	測定せず	測定せず	16	10.7
メチルメルカプタン	0.00007	測定せず	測定せず	0.063	900
硫化水素	0.00041	測定せず	測定せず	0.002	4.88
硫化メチル	0.003	測定せず	測定せず	0.004	1.33
二硫化メチル	0.0022	測定せず	測定せず	0.095	43.2
トリメチルアミン	0.000032	測定せず	測定せず	測定せず	—
プロピオン酸	0.0057	測定せず	測定せず	測定せず	—
ノルマル酪酸	0.00019	測定せず	測定せず	測定せず	—
ノルマル吉草酸	0.000037	測定せず	測定せず	測定せず	—
イソ吉草酸	0.000078	測定せず	測定せず	測定せず	—
臭気濃度(臭気指数)		1000(30)	3000(35)	測定せず	最大の900と仮定
排ガス流量(m ³ /分)		2500	180		400
臭気排出強度 ^{※3}		2,500,000	540,000		360,000

※1 嗅覚閾値とは、においを感知する最小濃度

※2 閾希釈倍数とは、測定値を嗅覚閾値で除した値(例:アンモニア 16/1.5=10.7)

※3 臭気排出強度とは、臭気濃度×排ガス流量(m³/分)で算出される値

2) 臭気対策の目標値の設定（総臭気排出強度）

畜産農家で表-3.1 に示す測定結果から、3か所の臭気排出強度の総和を計算すると3,400,000 (3.4×10^6) となります。この値は総臭気排出強度と呼ばれ、総臭気排出強度が大きい程、当然悪臭問題は起こりやすくなります。

そこで、表-3.2 に示す経験則がありますので、当てはめてみると“小規模の問題が起こっているか、その可能性を内在している”の状態であることが分かります。苦情を解決するためには農場と周辺住宅との距離に応じて、いくつまで総臭気排出強度を減らしたら良いかを検討することができます。

表-3.2 総臭気排出強度（TOER）の経験則

（出典：においの用語と解説）

総臭気排出強度 ($\text{m}^3\text{N}/\text{分}$)	悪臭問題の起こり具合	悪臭の影響範囲 (発生源からの距離)
10^4 以下	特殊な場合を除いて起こらない	—
$10^5 \sim 6$	小規模の問題が起こっているか、その可能性を内在している	最大到達距離は1~2kmで、悪臭苦情は500m以内が中心である
$10^7 \sim 8$	小・中規模の問題が起こっている	最大到達距離は2~4kmで、悪臭苦情は1km以内が中心である
$10^9 \sim 10$	大規模の問題が起こっている	最大到達距離は10km以内で、悪臭苦情は2~3km以内が中心である
$10^{11} \sim 12$	最大の発生源でその例は少ない	最大到達距離は数十kmで、悪臭苦情は4~6kmの範囲に及ぶ

4. 測定結果の臭気対策への活用

臭気指数を測定することによって、排出口を何メートルの高さに嵩上げすると着地するまでどの程度薄まるかを予測することができ、臭気対策にもつながります。

すなわち悪臭防止法では、排気口や換気扇などの気体排出口から出た臭気が周辺地域へ着地したところの濃度を予測して、排気口等での基準値を設定しています。排気口等から出た臭気が着地するまでにどの程度希釈されるかを表す尺度を「希釈度」と言います。希釈度は、環境省のホームページに掲載されているパンフレットまたは計算ソフト（無料ダウンロード）で簡単に求めることができます。

そして、この希釈度は基準値算出だけではなく、臭気対策にも応用できます。密閉された堆肥舎等から発生する臭気量を十分に減らしたあと、周辺住民に届くまでにできるだけ薄まるよう、大気拡散を意識した排出方法とすることも臭気対策の一環となりま

す。

具体的には、排出口から出た臭気は、周辺最大建物（畜舎や堆肥舎、事務所等）の影響を受けやすいので、周辺最大建物高さの2.5倍以上の高さに排出口を設けると希釈効果が得られます。逆に周辺最大建物の1.5倍未満の高さから排出した場合は、建物に巻き込まれ臭気が濃いまま周辺地域に漂いやすいことを意味します（図-3.4）。

また、排出口が上向きときは、排出時のガスの勢いにのり上昇しやすいですが、下向き・横向き・陣笠・H型などの場合には、高く上昇できないため改善が必要です。臭気の希釈効果を高めるには、できるだけ高く遠くへ拡散するように排出することがポイントとなりますので、雨などの水抜きは下部に設け、できるだけ排出口を上向きにすることが重要です。

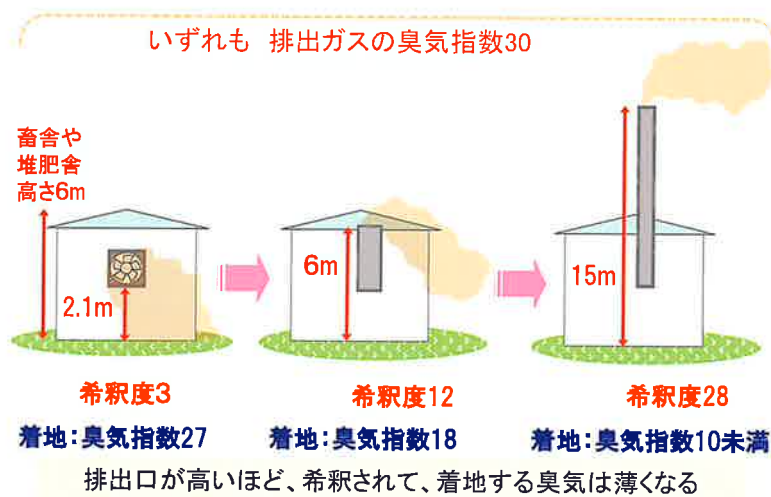


図-3.4 排出を高くする臭気対策例

5. おわりに

畜産農家を営む上では臭気発生は避けられない問題です。そして、悪臭苦情は周辺住民の感覚によるところであり、お互いの共通尺度をもつことが大事なことです。

そこで、まずは現状の臭気を測定して、一般的な畜産農家と比較し現状を把握することが必要となります。次に、現状では不満がある場合には何らかの対策を行い、改善効果を数値で定量的に示すことが重要です。

悪臭対応が優良な農場の方の共通点として、地域とのコミュニケーションを図ることを実践されていました。これまでの臭気対策の取り組み内容や効果をHPで積極的に公開することや農場見学や実習などを積極的に受け入れることも、お互いの理解を促進することにつながります。農場側では見学に来たときに農場の印象が悪くならないよう、ハエの予防や植栽など農場をきれいにする意識が芽生えるし、見学した方も畜産業への理解が深まるきっかけとなります。

また、臭気がどうしても出る作業は住宅の方が風下にならないときを選ぶことや、周辺地域でのイベントに積極的に参加することなど、地域と共存するための配慮が重要となります。

多くの畜産農家が臭気対策を意識しており、臭気の発生量を最小限にすることで悪臭苦情の未然防止に努めることは可能だと思っています。

臭気対策の基本と新しい臭気対策技術

農研機構 畜産研究部門

畜産環境研究領域 大気環境ユニット 安田知子

1. はじめに

日本の畜産の産出額は、農業全体の約 35%を占め (H29 年現在)¹⁾、栄養価の高い食品の安定供給に貢献している。一方で、家畜の飼養に伴う様々な環境問題の原因ともなっている。中でも悪臭は、畜産業に由来する苦情のトップであり、平成 30 年においても、53%を占めている²⁾。日本の畜産業は、必ずしも土地基盤と密接に関係したのではなく、集約化や飼料生産基盤の脆弱さも悪臭問題の発生の一要因になっていると考えられる。苦情の発生戸数は前年からわずかに減少しているが、飼養戸数に対する苦情発生農家の割合は、減少していない。経営規模が大きくなるに従い、苦情発生率が高くなる傾向もみられており、経営規模が大きい場合、2 割近い農家で苦情が発生している²⁾。

本稿では、畜産臭気の特徴と、畜産における臭気対策の基本、防脱臭技術について近年の動きも踏まえて解説する。

2. 畜産臭気の特徴

畜産現場で臭気が発生する主な場所は、畜舎とふん尿処理施設、および堆肥や液肥の散布場所であり、多岐にわたる。梅雨時から夏季の高温多湿時や、臭気が希釈・拡散されにくい気流条件では、畜産現場付近に臭気が滞留する可能性が高くなる。環境中の悪臭の規制は悪臭防止法に基づいて行われており、悪臭防止法では、臭気規制について自治体が規制地域ならびに規制基準を指定している。一方、畜産農業に関わる悪臭苦情は規制地域内の事業場に対するものが約 52%、規制地域外の事業場に対するものが約 48%という報告もある³⁾。近隣に観光地、別荘地がある場合や、谷筋に沿って臭気が団塊状に流れて問題が起きる場合もあるため、畜舎等が住居から離れて存在していても臭気対策を無視することはできない。

発生する臭気はエサに由来しており、畜舎内で適度な気温と湿度下で細菌やカビによって排せつ物が分解される過程でも発生する。鶏では 150 種、牛で 94 種、豚で 230 種もの非常に多数の物質が畜舎や排泄物関連の臭気成分として検出されている⁴⁾。アンモニア、アミン類、有機酸類、フェノール類、インドール類、硫黄化合物、アルデヒド類、アルコール類、エステル類、ケトン類、テルペン、アルカンなどを含む。畜種に共通している成分も多いが、畜種、発生場所によって各臭気成分の発生量が異なり、特徴的な複合臭となる。畜舎では、新鮮ふんからの臭気と、排泄後に分解をされて発生する臭気

が混ざるため、臭気の組成はふんのおかれた状態や畜舎管理に大きく依存する。ふんと尿を混ぜるとアンモニア、トリメチルアミンの発生が多くなることや、ふんを嫌気的な状態にしておく、低級脂肪酸類やアルコール類など、臭気成分が増えるが、通気条件では、臭気成分の種類と量が減少するといったことがよく知られている⁵⁾。ふんに通気をし、好気的な状態にした場合では、アンモニアの発生は増大するが、不快臭の発生は少なくなる。ただし、堆積物では、表面は乾燥していても、内部が嫌気的な状態になっていることがある。

このように、家畜の飼養に伴い発生する臭気の定性的な変化が、これまでに明らかにされてきている。一方、人の嗅覚で畜産臭と感ずる臭気成分の特定、ならびに定量的な把握は十分ではない。近年、豚舎臭気のキー成分として、特定悪臭物質であるトリメチルアミン、低級脂肪酸類、硫黄化合物のほかに、フェノール類、インドール類等が除去のターゲットとして挙げられている⁶⁾。におい嗅ぎGC/MSなど、複合臭の分析において、臭気に寄与する成分を同定できる方法を利用できるようになり、これらの手法を活用し、畜産現場で問題となる臭気成分の定量的な把握を行う試みが始まっている。これらの基礎データは、新たな臭気対策技術の開発に活用できるよう、畜産環境整備機構が畜産環境対策技術総合設計基準調査普及事業の成果として公開していく予定である。

3. 臭気対策の基本

畜舎における臭気対策の基本は、排せつされたふん尿を速やかに舎外へ搬出し、換気を良好にして舎内を乾燥状態に保持することである。さらに、軟便等を防止すること、排粉じんの発生を抑制すること、といった飼養管理も臭気の発生を抑制することが非常に大切である。臭気成分は粉じんに着着するため、浮遊している塵埃も臭気に関与していることが知られている。先日、酪農肉牛複合経営の農家を調査させていただく機会を得た。フリーバーン方式の牛舎で、床面の一部について1日に1~2回搬出、牛舎内、敷地内も清掃、整理整頓が行き届いていた。敷地面積に余裕があり、牛舎の敷料管理に労力とコストをかけることで、臭気対策ができていると思われる。

飼養戸数に対する苦情発生農家の割合の高い養豚では、また状況が異なる。私達が実際に行った養豚農家の調査事例では、清掃が行き届いており豚舎内の環境が良好に制御されているウインドウレス畜舎内の臭気について、悪臭防止法で規制対象となっている臭気成分について、人がらくに感知できるレベルである臭気強度3をゆうに超えるにおいが発生することがあること、水洗および微生物脱臭を組み合わせた脱臭システムが有効であることが示されつつある。

堆肥化处理、圃場等への堆肥散布時の臭気については、堆肥原料の水分調整と良好な通気環境を維持して完熟堆肥を作り、利用することが基本となる。排せつ物処理は、本来、環境汚染を起こさずに、再利用を含めて自然に還元するという目的があり⁷⁾、そのような処理を行うことが臭気対策にもつながる。

一方、好氣的な分解によって良好な堆肥化が行われているときに、大量に発生するアンモニアは悪臭防止法で規制された特定悪臭物質であるほかにも、毒物及び劇物取締法、労働安全衛生法、大気汚染防止法など様々な法令で規制の対象となっており、家畜や作業者の健康に悪影響を与える。環境に放出された後には酸性雨、河川の富栄養化の原因や、温室効果ガスの間接排出源となり、国際的にも排出規制が行われている（国連欧州経済委員会（UNECE）の Gothenburg 議定書）。地球環境への影響の低減も考慮しつつ、持続可能な環境保全型の畜産の在り方が問われ始めており、アンモニアの処理は、悪臭苦情対策とは別の観点からも対策が求められている。

4. 脱臭技術、臭気抑制資材の利用

脱臭技術の分類には、物理的、化学的、生物学的等の原理から大別して分ける場合や、燃焼法、洗浄法（水洗法、薬液洗浄法）、吸着法、生物脱臭法、消・脱臭剤法など技術の種類によって分ける場合がある。表1に、畜産現場で利用される主な脱臭技術をまとめた⁸⁾。

表1. 畜産現場で利用される主な脱臭技術

分類	メカニズム	ターゲット臭気	特徴	問題点
燃焼法	臭気ガスを燃焼し、酸化分解。	ほとんどの有機物質	脱臭効率高い。 負荷変動の影響受けにくい。	燃料費が高い。 ハロゲン系の腐食物質を含むガスには適さない。
洗浄法	水、酸・アルカリ水溶液に臭気成分を溶解・吸収させる。	水溶性成分	脱臭効果安定している。 圧力損失低い。	臭気成分が分解されるわけではない。 廃液処理が必要。
吸着法	活性炭、ゼオライトなどの吸着材に臭気ガスを吸着させて除去。	アンモニア、アミン類、硫黄化合物、低級脂肪酸	装置が簡易。 吸着材によって吸着物質の選択性が異なる。	吸着材の交換必要。
生物脱臭法	微生物を保持した脱臭材料に臭気ガスを送風し、微生物分解により除去	生分解性成分	畜産現場の複合臭の脱臭性能高い。 維持管理費が低い。	装置が大きくなる。
消・脱臭剤法	化学反応（吸収効果） 相殺（中和効果） マスキング（隠蔽効果）	消・脱臭剤による	臭気の種類や現場の状況によって適用方法の検討必要	消・脱臭剤費

水洗法はアンモニアの一時的な対策にはなるものの、高濃度のアンモニアでは吸収できなくなり、水の交換が必要となる。水処理施設をもたない農家では、アンモニアと粉じんを吸収した後の水処理が問題であり、有効な解決策がないのが実情である。薬液洗浄法は高濃度のアンモニアには有効であるがこれについても廃液処理が問題となる。吸着法は、吸着材の交換を行わないと、脱臭性能が著しく低下する。洗浄法と吸着法は、

単独では臭気物質の分解まで行なうことができないので、その後の処理が必要となる。また、洗浄法、吸着法、消・脱臭剤法は、異なる物理化学的な性質を持つ臭気成分を同時に処理できる方法ではない。一方、畜舎等で臭気に寄与する物質が特定されるなど、問題となる臭気成分が明らかな場合には、ランニングコストやメンテナンスの問題をクリアできれば、低コストな技術として有効な方法になりうる。燃焼法は脱臭効率が高く、高濃度の臭気の処理に適しているが、設備費、燃料費とも高くなる。蓄熱式の燃焼装置の検討も行われている²⁷⁾。生物脱臭は、他の方法と比べて運転コストが低く抑えられ、水洗法と吸着法の要素も併せ持ち、畜産現場で問題となるような様々な特性をもつにおい成分が混ざった複合臭の処理に適している。一方で、広い設置スペースを要することと、微生物の活性を維持するためのメンテナンスが必要となる。脱臭技術を選択する際には、悪臭ガスの濃度や、温度、成分、設置スペース、周辺環境、経済性、メンテナンスの難易度、脱臭性能などを十分に把握する必要がある²⁴⁾。先に述べたように、畜産現場で問題となる臭気はその発生源が多岐にわたり、排せつ物のおかれた環境で、臭気の種類と濃度が大きく異なる。畜種は何か、排せつ物はふん尿分離処理か混合処理か、堆肥や液肥の利用先が確保できるかといったことで、利用できる脱臭技術が異なってくる。堆肥化時では、先に述べたように、発生するアンモニア濃度が高いため、大量に発生するアンモニアを回収し、再資源化する吸引通気式堆肥化方式や堆肥脱臭システムも開発されている。餌のアミノ酸バランスを改善することで、臭気の原因となる窒素分の無駄な供給をなくすことで、ふん尿処理過程由来のアンモニアの発生を抑制できる技術の開発も進められている。

脱臭技術には一長一短があり、畜産経営を圧迫することなく、環境保全的な畜産を行うためには、家畜飼養管理技術や排せつ物処理技術の高度化にリンクさせる形で、改善が求められており、コストパフォーマンスのよい脱臭技術の研究開発が必要である。

4. 終わりに

今後も飼養規模の拡大や都市化の進展に伴って、畜産農家の臭気対策への負担が増していくことが予想される。先にも述べたように、臭気対策は、一つの技術ですべて解決するというわけではなく、適切な飼養管理と排せつ物処理に加え、消臭・脱臭資材、脱臭装置等の利用、近隣住民との良好な関係構築など、様々な角度からの地道な取り組みが求められるものである。こうした臭気対策の効果は、悪臭問題の解決に限定されたものでなく、アニマルウェルフェアや地球温暖化の抑制、資源循環等の持続可能な環境保全型の畜産の在り方そのものと密接にかかわってくるものではなからうか。飼養環境の今後の変化も見据えて、技術開発を行っていきたい。

5. 参考文献

- 1) 農林水産省 生産農業所得統計.
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nougyou_sansyutu/
- 2) 畜産経営に起因する苦情発生状況 (2019) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/kujyou_30.pdf
- 3) 悪臭防止法施行状況調査 (2019) 環境省水・大気環境局大気生活環境室
- 4) 田中 博 (1989) 畜産臭気の特徴について. 農業機械学会誌. 51:99-104.
- 5) 田中ら (1979) 悪臭防除技術に関する研究. 別枠研究-家畜排泄物の処理利用技術の開発-, pp527-609. 農林水産技術会議事務局.
- 6) Hansen et al. (2018) Key odorants from pig production based on improved measurements of odor threshold values combining olfactometry and proton-transfer-reaction mass spectrometry (PTR-MS). Sensors. 18:788.
- 7) 黒田 (2019) 酪農における臭気の特徴と対策. 新版マニュアル・マネジメント. デーリイマン社. pp.176-180.
- 8) 安田 (2018) 畜産現場の脱臭技術や家畜排泄物の処理・利用について①. 鶏の研究. 93:22-26.

2 日本型悪臭防止最適管理手法を用いた 畜産悪臭苦情軽減技術開発

【成果 1】 遮へい壁を利用した脱臭技術

遮へい壁に散水ノズルを組み合わせると、ノズルの粒径が $200\mu\text{m}$ 以上であれば、豚舎外の臭気の低減が期待できることを明らかとした。

1) 試験内容

これまでに、豚舎の棟高さ分離れた位置（約 5m ）に、軒高さ（約 3.3m ）の遮へい壁を設置すると、ダストおよび臭気の拡散抑制技術を実証しました。本研究では、遮へい壁上部に散水ノズルを組み合わせることで、よりダスト及び臭気の拡散を抑制する、その効果を実証しました。

2) 試験結果

- (1) システムの概略を図 1、写真 1 に示した。試験日の気象条件を図 2 に示しました。ノズルの粒径が $200\mu\text{m}$ 以上であれば、豚舎外の臭気を低減させたが、豚舎外のダストの低減はしなかったケースがありました（上空 3.3m 辺りに浮遊しているダストを測定地である地上付近に落下させている可能性がある）（図 3、4）。
- (2) 養豚農家からの臭気やダストの拡散を抑制するために、遮へい壁に散水ノズルの組み合わせたシステムに必要な部材やコストを示しました。

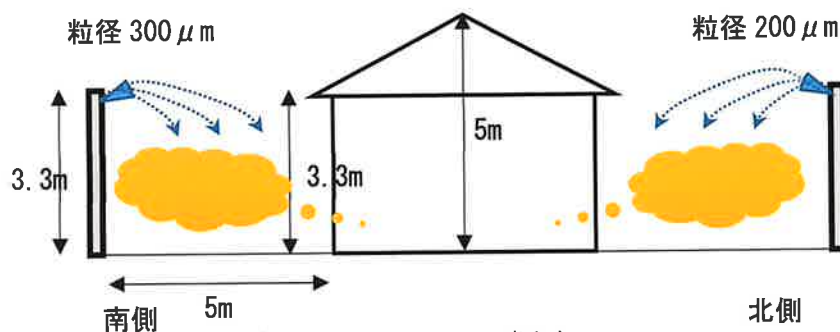


写真 1 システムの外観

平均気温 24.9±1.5°C、平均湿度 57.5±3.0%
 平均風速 0.8±0.6m/s、風向 南南東

図2 気象条件

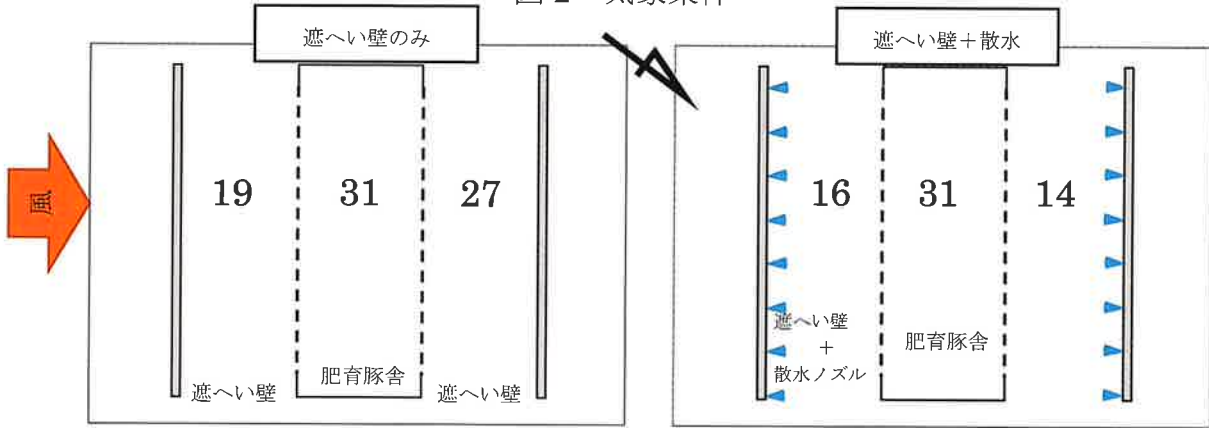


図3 嗅覚測定法による臭気指数（開放豚舎）

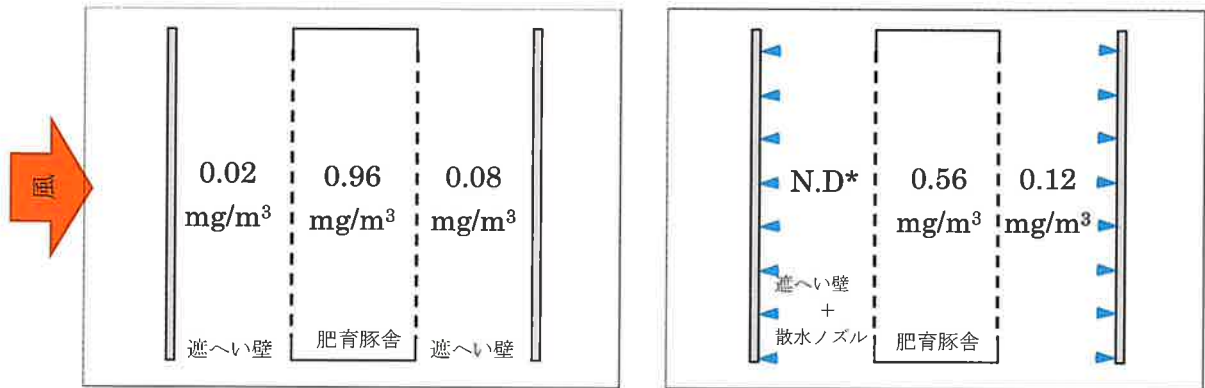


図4 ダスト濃度（開放豚舎）

*N.D=not detect 未検出
 検出下限値<0.01mg/m³

表1 遮へい壁と散水システムのコスト*

No.	品名	数量	単価	価格	用途	No.	品名	数量	単価	価格	用途
1	支柱 3600mm	124	3000	372,000	足場	13	スエジビニパーα(3m/本)	75	779	58,425	遮へい壁
2	ブラケット支柱間隔 400mm	124	1000	124,000	足場	14	かるかんハイロング	2	19,900	39,800	遮へい壁
3	アルミ踏板 幅 400mm×長さ1800mm	62	3500	217,000	足場	15	PO フィルム(22m²)	1	4,884	4,884	遮へい壁
4	ジャッキベース	124	1500	186,000	足場	16	19mm 用パッカー	50	20	1,000	遮へい壁
5	クランプ φ48.6	186	250	46,500	足場	17	固定用ペグ	120	32	3,840	遮へい壁
6	補強用単管パイプ 5m	32	3000	96,000	足場	18	ポンプ CRN-112	2	180,000	360,000	散水
7	2mm 防風網(幅 3.5m×長さ 45m)	1	30,000	30,000	遮へい壁**	19	200µm ノズル(TX-2)	30	1,410	42,300	散水
8	2mm 防風網(幅 3.5m×長さ 65m)	1	20,000	20,000	遮へい壁	20	300µm ノズル(TPU730116)	25	1,190	29,750	散水
9	4mm 防風網(幅 3.5m×長さ 1m)	20	276	5,520	遮へい壁	21	16A 塩ビ(4m)+継手類	30	1,200	36,000	散水
10	農業用棒 (5.5m/本、φ19mm)	20	578	11,560	遮へい壁	22	16A 塩ビ取付用金具	50	2,590	129,500	散水
11	タフスプリング	220	159	34,980	遮へい壁	23	貯留タンク(1m³)	1	20,000	20,000	散水
12	パイプ止め金具	130	209	27,170	遮へい壁	合計	1,834,079				

*組立の人件費、各種加工費は含まず。

**遮へい壁の面積は、合計 3.3m×45m と、3.3m×65m で合計 368m² とした。

【成果 2】 臭気拡散予測・防止技術

CFD によるシミュレーションより、遮へい壁に噴霧装置を組み合わせると、風下方向への臭気の拡散が抑えられていることが示された。

1) 試験内容

畜舎の両側に遮へい壁を設置し、噴霧装置を取り付けて風向きにより、噴霧する制御システムを構築しました。風下側の噴霧時間を風上側の倍の時間とし、その効果を検証することを目的とし、また、CFD (Computational Fluid Dynamics) により、遮へい壁の外側の拡散について効果の予測を行うことを目的としました。

2) 試験結果

- (1) 噴霧装置は風向風速計の移動平均データをもとに両側の噴霧装置をある時間 ON にし、噴霧後は必ずある時間停止する制御としました。噴霧を行う風向風速の閾値、風上・風下毎に噴霧時間、噴霧停止時間を変数として入力できるプログラムを作成しました。制御フローを図 1, 2 に示しました。
- (2) 制御を開始し、制御ロジック通りを可動したか、風向風速データとともに噴霧の ON-OFF を確認しました。噴霧前後のエアロゾル (PM10) 質量濃度を計測することで噴霧の効果調べました。噴霧は風上側が 5 分、風下側が 10 分、噴霧後の休止時間を 10 分としました。
- (3) CFD によるシミュレーション
解析対象は、標準 $k-\epsilon$ 乱流モデルを有限差分法により計算するモデルを用いて、I 農場の開放型豚舎を対象としました。x、y、z 方向にそれぞれ、 $424 \times 226 \times 143$ 分割し、約 1370 万セルで計算を行いました。開口部はすべて開放しました。遮蔽壁に直角となる方向で、棟高さの風速 3 m/s の自然風を想定しました。解析の結果、風下方向への臭気の拡散が抑えられていることが示されました (図 3、4)。

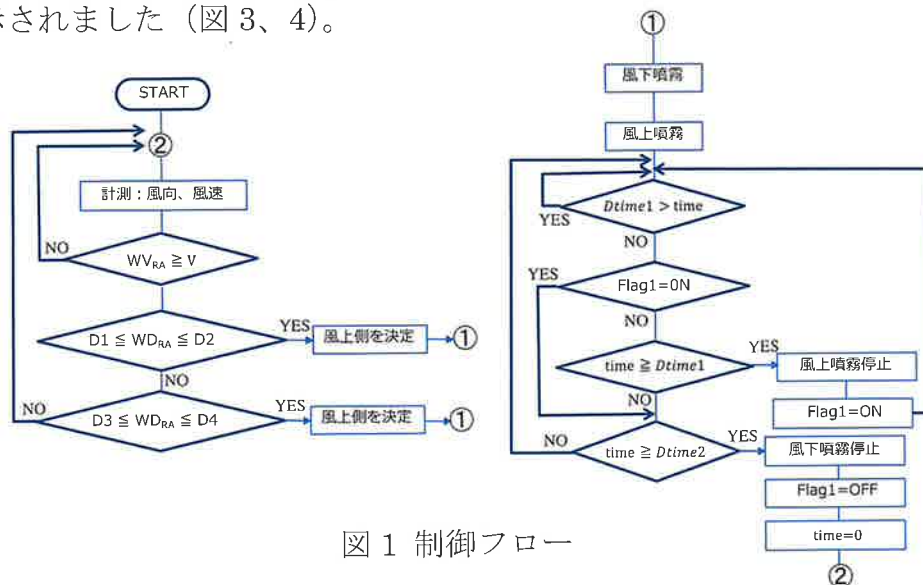


図 1 制御フロー

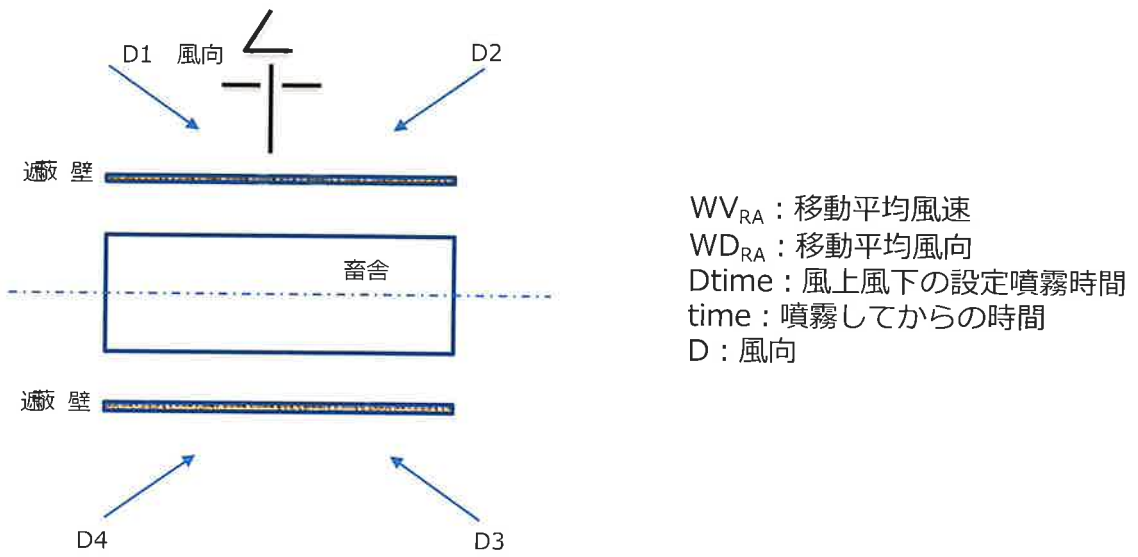


図2 制御フロー

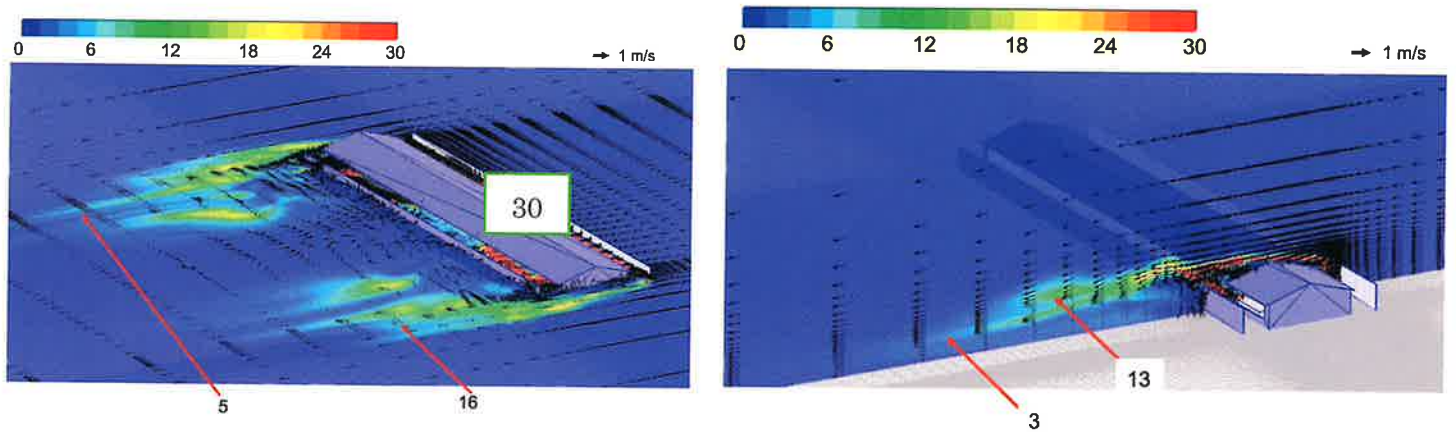


図3 噴霧無しの場合の拡散 (平面図と立面図の臭気指数)

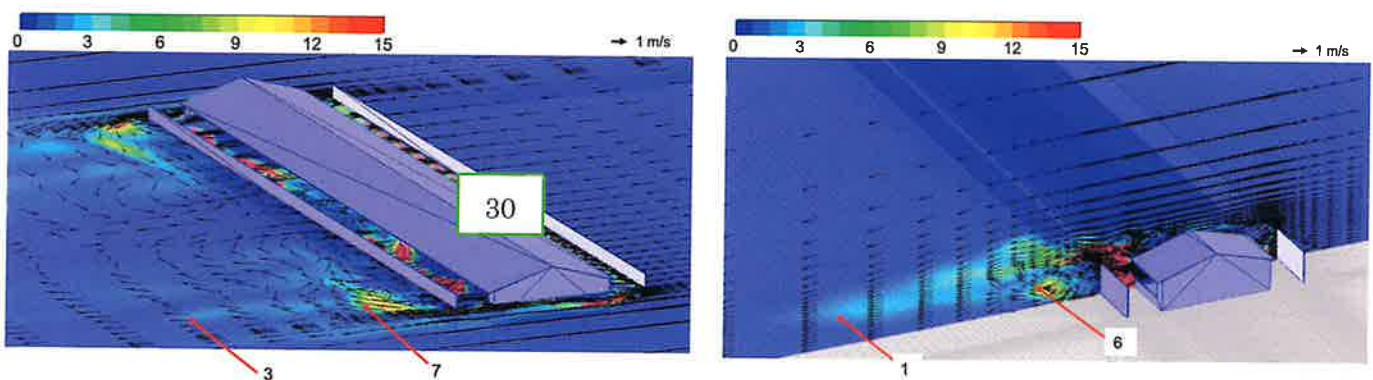


図4 噴霧ありの場合の拡散 (平面図と立面図の臭気指数)

【成果3】 バイオフィルターによる臭気低減効果

ヤシガラハスクを脱臭資材とした脱臭装置で豚舎換気の不快臭を脱臭できる技術を開発した。

1) 試験内容

ヤシガラハスクを脱臭資材とし、厚さ 10 cm の脱臭層からなる脱臭装置を製作し、子豚舎の換気空気を脱臭層に通して脱臭するシステムを構築しました。平型脱臭槽と縦型脱臭槽の 2 方式の脱臭装置で脱臭試験を行い、脱臭層に入る前と脱臭層を通過したあとの換気中に含まれる臭気を測定し、脱臭性能を調べました。性能調査では、検知管、畜環式ニオイセンサー、におい識別装置及び公定法である臭気指数（嗅覚測定法）、臭気物質濃度を導入して調査しました。

2) 試験結果

- (1) 平型脱臭槽での良好な脱臭性能を得て、豚舎の換気扇のみで送風できる設置面積の小さな縦型脱臭槽で約 5 ヶ月間の連続試験を行い、脱臭装置の性能を調査しました（図 1, 2）。
- (2) 畜環式ニオイセンサー、におい識別装置による臭気指数相当値は、脱臭層通過後で大きく低下しており、特に不快臭の原因となっている有機酸系の臭気を低減することができました（図 3、表 1）。
- (3) ヤシガラハスクを脱臭資材としたバイオフィルター脱臭装置の諸元：
 - バイオフィルターの厚さ（堆積高さ）：10 cm
 - 送风量：900m³/h / 脱臭槽面積 1 m²
 - 静圧（通気抵抗）：50Pa 以下、間欠散水装置の設置が必要

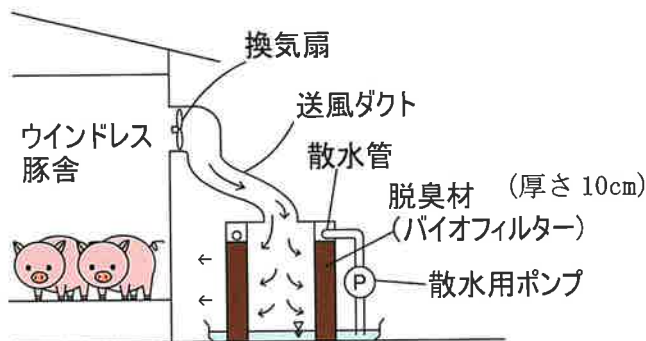


図1 縦型脱臭装置の概要



図2 豚舎に設置した概要
(脱臭槽面積：1.8m X 0.9m X 2面 = 3.2m²)

図3 縦型脱臭装置の脱臭試験結果(脱臭性能) (2019.9.5~2020.1.20)

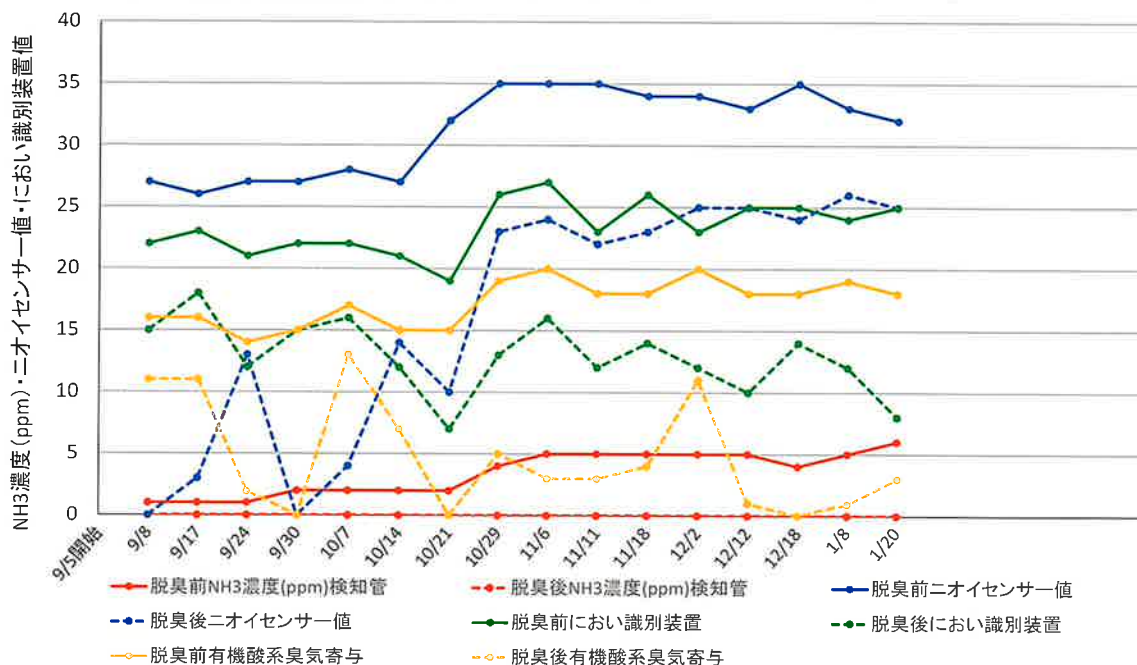


表1 嗅覚測定法と臭気物質濃度(公定法)の測定結果

測定日 : 令和2年1月20日(月)

測定場所: 塩田ファーム(天栄)

測定方法	脱臭前	脱臭後	臭気強度3相当値	
臭気指数(嗅覚測定法)	31	22	15	(公定法)
アンモニア	6	0	2	(検知管法)
メチルメルカプタン	0.02	0.0062	0.004	(公定法)
硫化水素	0.012	0.0140	0.06	"
硫化メチル	0.0091	0.017	0.05	"
二硫化メチル	0.0016	0.002	0.03	"
プロピオン酸	0.03	0.0009	0.07	"
ノルマル酪酸	0.0046	<0.0005	0.002	"
ノルマル吉草酸	0.0046	<0.0005	0.002	"
イソ吉草酸	0.0014	<0.0005	0.004	"
畜環式ニオイセンサー	32	25		臭気指数相当値
におい識別装置	25	8		臭気指数相当値

注<0.0005は定量下限値以下、臭気物質濃度はppm

アンモニアは北川式ガス検知管

臭気強度3は敷地境界での規制値

【成果 4】 不快臭軽減に寄与する資材効果 ①散布型資材（消毒資材）による臭気低減効果

市販されている散布型資材（12 資材＋消毒剤 9 資材）の臭気低減効果を評価したが、脱臭効果が認められるものはなかった。消毒薬においては不快臭物質（ふん尿臭）そのものを低減しているのではなく、マスキング的な役割をしている可能性が示唆された。

1) 試験内容

これまでに畜産施設等からの臭気低減資材について脱臭能力を調査し、その多くが豚ふん尿スラリーに対しての脱臭効果は限定的であり、効果があるとしても即効性の脱臭は低いことを報告してきました。市販消毒薬についても畜舎由来の臭気の脱臭効果を謳っているものがあり、その効果については不明なところが多いのが現状です。今回新たに選定した散布型の臭気低減資材（12 資材）と、市販消毒薬（9 資材）について脱臭能力の評価を実施しました。

2) 試験結果

- (1) 脱臭能力の判定には、「畜産で利用される臭気対策資材の効果判定方法（畜産草地研究所 2005）」に掲載されている実験装置を改良（写真 1）し、回収した臭気ガスを、におい識別装置（島津製作所）によって測定しました。
- (2) 新たな臭気低減資材 12 資材と市販消毒薬として、ヨウ素系、塩素系など 5 種類の 9 資材を選定しました。ろ紙に塗布するスラリー量は、豚房床面を想定して薄く広がる 0.5 g（5.66 kg/m²）としました。各資材の散布量および希釈率は、各メーカーの使用方法に準拠しました。実験室内温度は夏期を想定して 30℃としました。においサンプルの採取は、試料（各資材＋スラリー）を入れる前（0 時間）、試料を入れてから 1、6、24 時間後に行いました。評価する資材の対照区は、滅菌蒸留水とし、各資材と同量散布しました。
- (3) 臭気低減資材（代表的な 2 資材のみ図 1 に入れました）と消毒薬を評価した結果、散布 1 時間目は対照区（水）の臭気指数相当値が最も低く（18）、散布 6 時間目は消毒薬 C が最も低く（17（対照区 19））、散布 24 時間目は消毒薬 D が最も低くはなかったですが（21（対照区 25））、臭気指数相当値の推移が、対照区にくらべて大きくは低下していませんでした（図 1）。特に、消毒薬においては不快臭物質（ふん尿臭）そのものを低減しているのではなく、マスキング的な役割をしている可能性が示唆されました（薬剤臭を使ってふん尿臭を感じなくさせている）。本来、消毒の目的は、微生物による疾病の感染経路を遮断することです。畜舎等の消臭を、臭気低減資材や消毒薬のみに頼るのではなく、小まめな清掃など、基本的な対応が重要であると考えられました。



写真1 効果判定装置の外観 (3台)

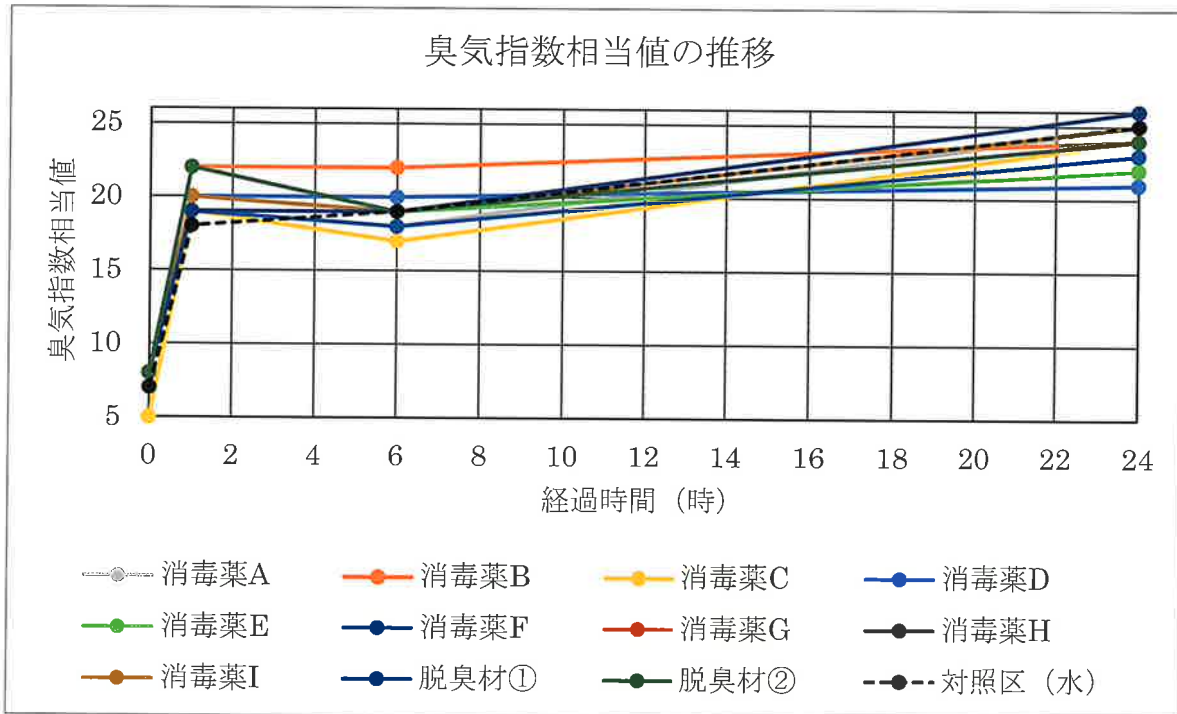


図1 各資材散布後のスラリー由来の臭気指数相当値の推移

【成果 4】 不快臭軽減に寄与する資材効果

②飼料添加型資材による臭気低減効果

飼料添加型資材によって、糞臭の低減は認められなかったが、水分含量が低下しており、明らかに下痢の症状を示す豚が少なかったことから、清掃時のハンドリングのしやすさ、汚物感の減少、堆肥化の副資材の使用量減少などに貢献していると考えられる。

1) 試験内容

飼料添加による排せつ物の臭気低減を謳う商品があり、その効果については不明なところが多いのが現状です。飼料添加型資材（8 資材）について脱臭能力の評価を実施しました。

2) 試験方法および結果

- (1) 試験は、開放豚舎型の肥育養豚施設（栃木県）で実施しました（写真 1）。
- (2) 5 ヶ月齢の肥育豚を 32 頭/区とし、試験環境に 1 週間馴致（予備飼育）しました（三元交配豚 LDB 種）。試験期間は、馴致含めて、4 週間としました。
- (3) 飼養方法は、不断給餌、不断給水（カップ）、日常の飼養管理の方法は各区同一条件で実施し、気温、湿度、通風等の環境条件を近似させた豚房で各群に群飼しました（写真 1）。給与飼料の配合設計を表 1 に示しました。
- (4) 飼料添加型資材（8 資材）の添加量は、各メーカーの方法に準拠しました。
- (5) 採糞は、予備飼育後、飼料添加型資材投入開始日（0 日目）、7 日目、21 日目に行い、嗅覚測定法にて臭気を測定しました。
- (6) 飼料添加型資材（E、F、G、H）は、21 日目に臭気の高減がありました、対照区に比べて下げ幅が小さかったです（図 1）。
- (7) 添加した資材のいくつかは、水分含量が低下しており（図 2）、明らかに下痢の症状を示す豚が少なかったです。
- (8) 飼料添加型資材は、排泄糞のハンドリングのしやすさ、汚物感の減少、堆肥化の副資材の使用量減少などに貢献していることが考えられました。

表 1 給与飼料の配合設計

配合飼料成分（形状マッシュユ）	
粗タンパク質量（CP）	13.5%以上
粗脂肪	1.5%以上
粗繊維	4.0%以下
粗灰分	8.0%以下
カルシウム	0.50%以上
りん	0.40%以上
可消化養分総量（TDN）	76.0%以上

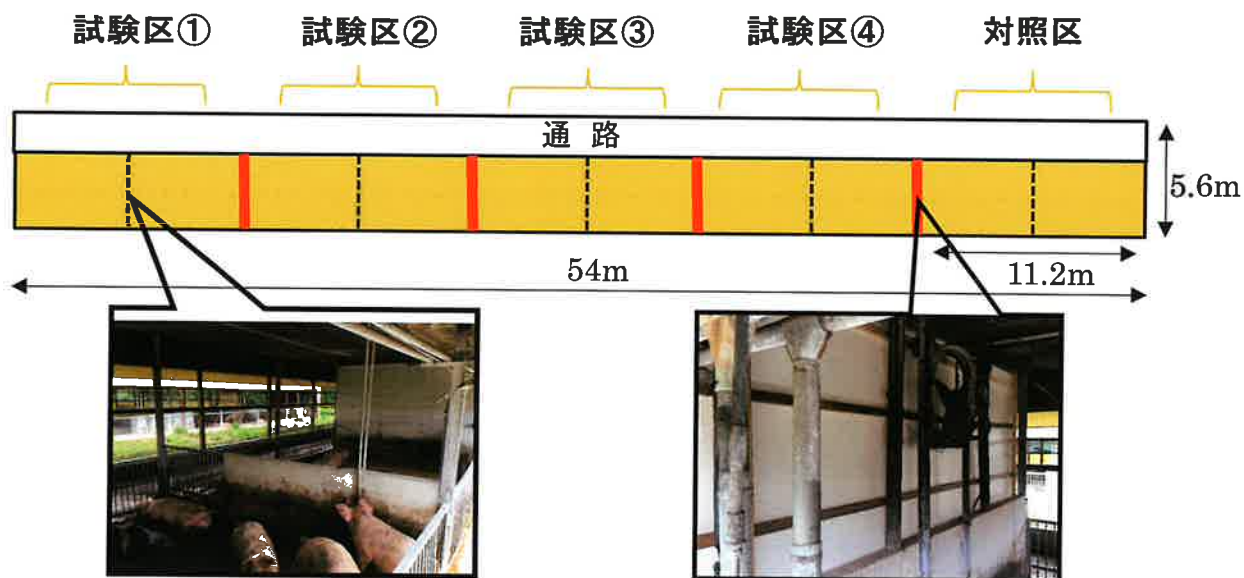


写真1 飼養施設の区分

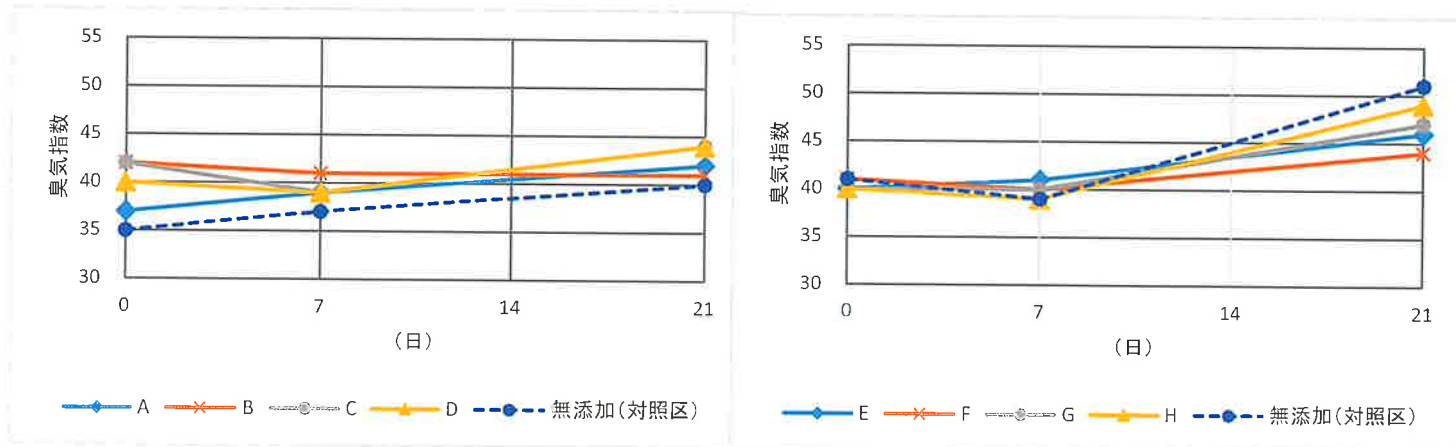


図1 糞の臭気指数

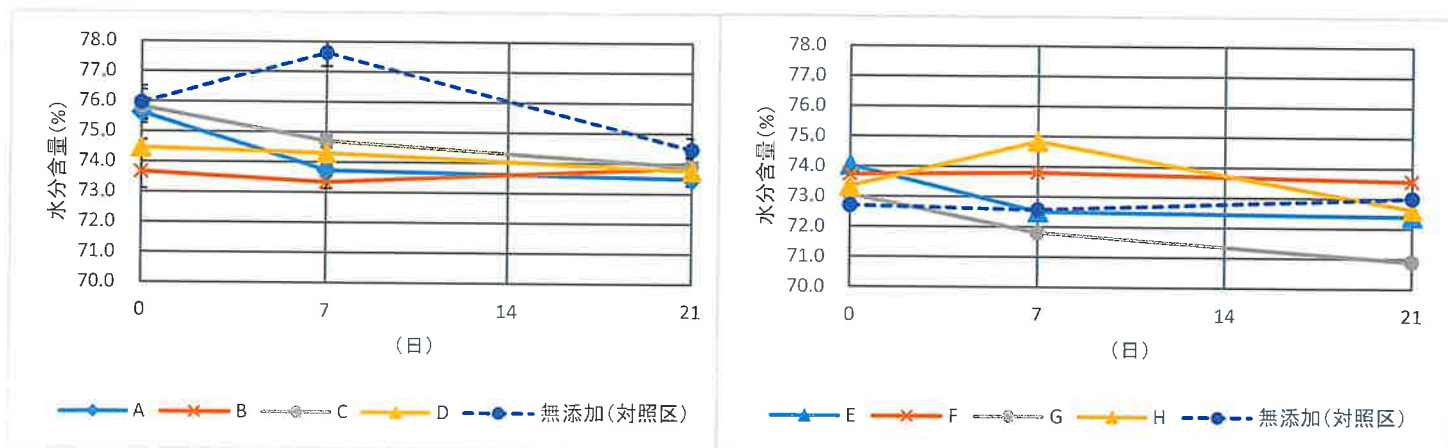


図2 糞の水分含量

【成果 4】 不快臭軽減に寄与する資材効果

③ マスキング型資材による臭気の快・不快度に及ぼす効果

養豚施設から資材散布した場合は、120m 風下まではマスキング剤を散布した方が、しなかった場合にくらべて不快度が軽減され、即効性の臭気緩和効果があることを明らかとした。

1) 試験内容

マスキング型資材（強い香りで悪臭を感じないようにする方法）による畜産由来の悪臭緩和が試みられているが、その効果について不明なところが多いです。マスキング型資材噴霧によって風下地域の臭気緩和効果を明らかにする目的で、9段階快・不快度表示法と6段階臭気強度表示法によって、評価を実施しました。

2) 試験方法および結果

- (1) 豚舎の屋根からマスキング型資材を連続噴霧（希釈倍率 300 倍）し、風下地域の臭気の緩和効果を評価しました（写真 1、2）。
- (2) 9段階快・不快度表示法および6段階臭気強度表示法を組み合わせ評価を行いました（図 1、2）。
- (3) 風下 250m までは、マスキング型資材を散布した方が、しなかった場合にくらべて臭気強度が高かったです。（図 3）。
- (4) マスキング型資材を散布した場合は、120m 風下までは、資材を散布しなかった場合にくらべて不快度が軽減されることを確認しました。

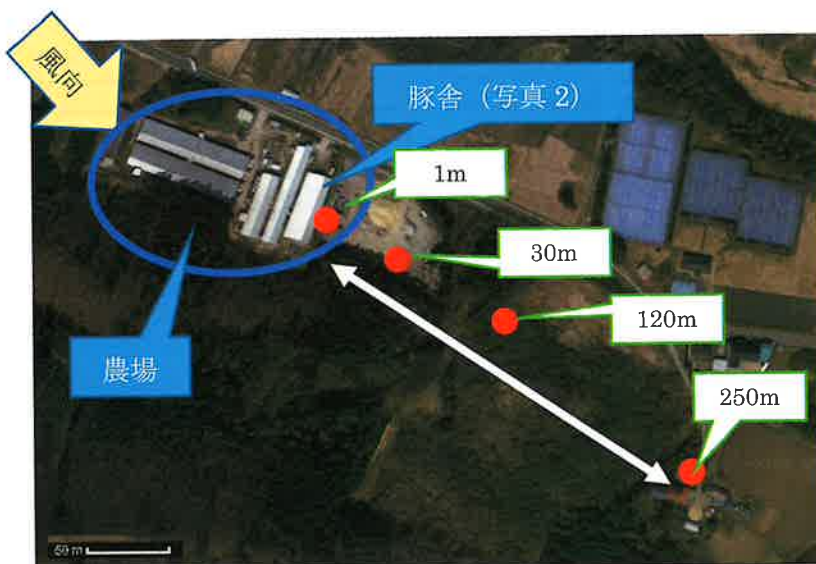


写真 1 農場とサンプリング位置 (●)



写真 2 資材の噴霧中の様子
・繁殖豚舎屋根から散布
・ノズル粒径 34 μ m
・噴霧量 270ml/分

快・不快度	ひとの感じ方
-4	極端に不快
-3	非常に不快
-2	不快
-1	やや不快
0	快でも不快でもない
+1	やや快
+2	快
+3	非常に快
+4	極端に快

図1 9段階快・不快度表

臭気強度	ひとの感じ方
0	無臭
1	やっと感知できる臭い
2	何の臭いであるかがわかる弱い臭い
3	らくに感知できる臭い
4	強い臭い
5	強烈な臭い

図2 6段階臭気強度表示法

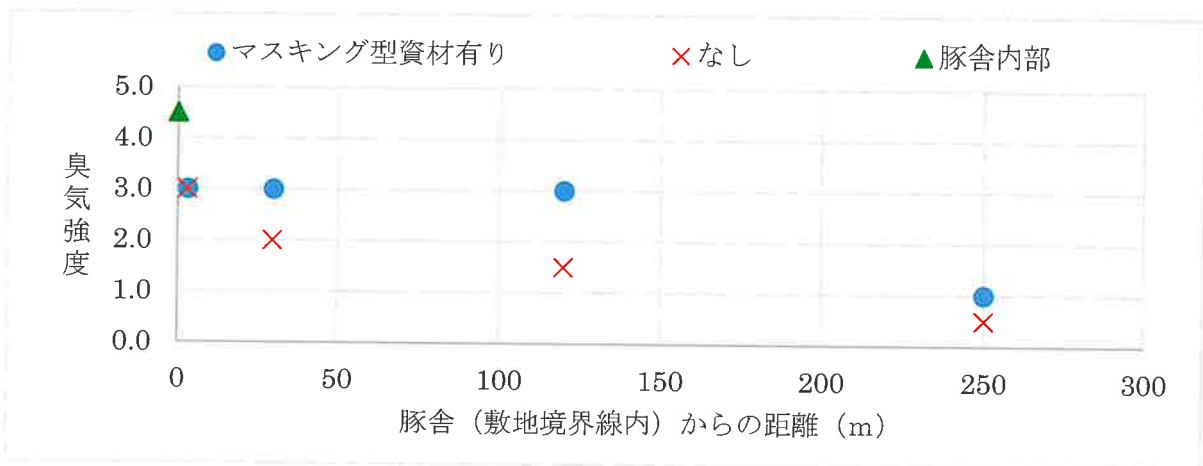


図3 各測定位置での臭気強度

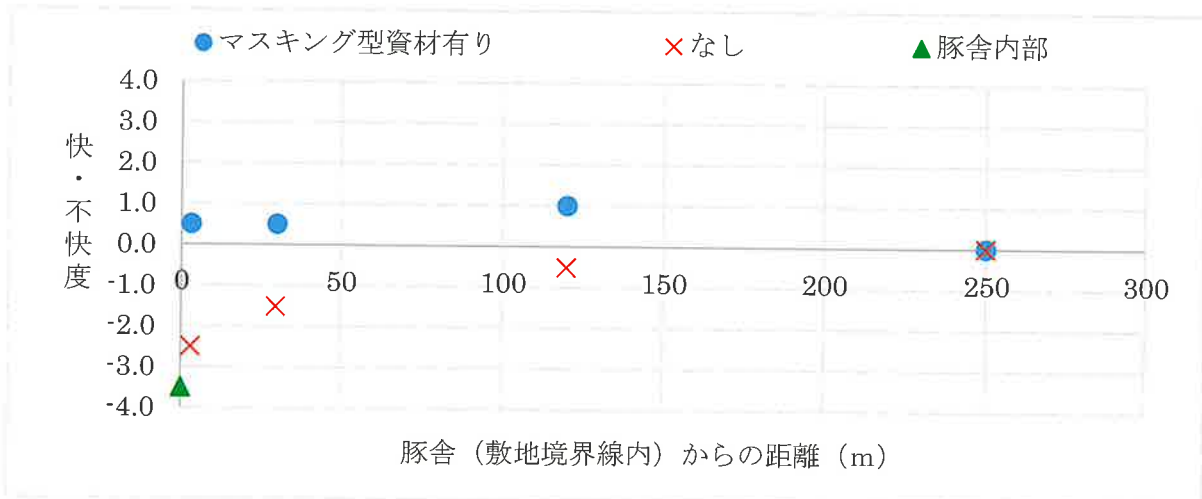


図4 各測定位置の快/不快度

3 畜産悪臭苦情軽減優良事例集

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例 (1) ハニカム構造体によるバイオフィルター①

【概要】

母豚約 270 頭規模の養豚経営、豚舎の周辺 200m 近くまで住宅が建ち並んでいる（写真 1）。豚舎(肥育)はウィンドレスで豚舎のなかで 2 種類のフィルターを使った脱臭装置を導入している。第 1 フィルターでは主に除じんを、第 2 フィルター（ハニカム構造体）では微生物を利用したバイオフィルターによる脱臭方法を採用(写真 2、3)。

【性能】

豚舎内の臭気指数（嗅覚測定法）36 であったが、豚舎外の換気扇直下では 25 まで低減していた。臭気の質は有機酸系寄与が低減していることから換気中の不快臭は大きく低減した。アンモニアガス濃度は、豚舎で 10ppm 程度であったが換気扇口では、検出されなかった（表 1）。



写真 1 豚舎周辺の民家 200m 先には住宅が建っている

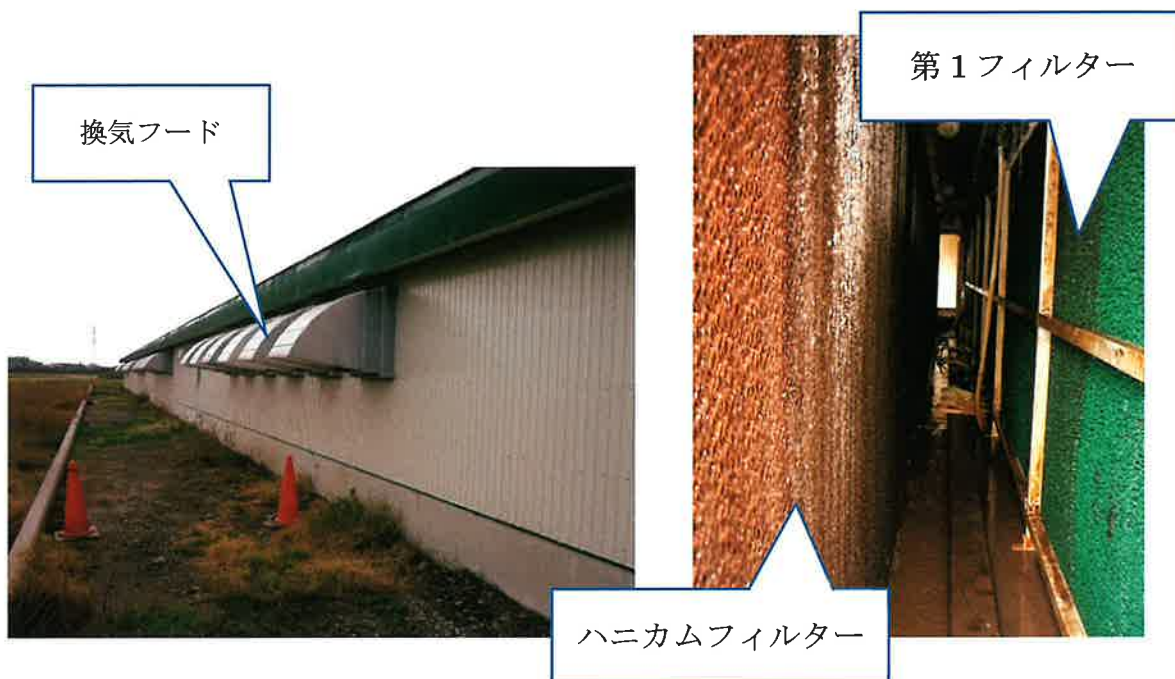


写真2 ウィンドレス豚舎の換気口

写真3 豚舎内部

(ハニカムフィルターの左側に換気口がある)

表1 バイオフィルター（ハニカム構造体）の臭気測定結果

ウィンドレス豚舎換気の脱臭(バイオフィルター)				
測定方法	豚舎内	第1フィルター後	換気扇下(脱臭後)	
臭気指数(嗅覚測定法)	36	32	25	公定法
におい識別装置(臭気指数相当値)	21	18	6	簡易法
有機酸系寄与	15	15	0	
畜環式ニオイセンサー(臭気指数相当値)		23	15	簡易法
アンモニア(ppm)		10	0	検知管法

注)有機酸系寄与はにおい識別装置による測定

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例

(2) 空調・脱臭システム

【概要】

空調・脱臭システムを導入した豚舎で、約 3000 頭の肥育豚を飼養。1 棟あたり肥育豚 576 頭（24 豚房×24 頭）に空調・脱臭システムを導入して（写真 1）豚舎換気を脱臭し、臭気対策を行った。

【性能】

豚舎の全景を写真 1 に示した。豚舎からの臭気の流れ（黄色線）と各施設を写真 2 に示した。各施設での臭気の測定結果を表 1 に示した。



写真 1 施設全景



写真2 臭気の流れ（黄色線）と各施設

表1 各施設での臭気の測定

No,	採取場所	アンモニア濃度 (検知管)	嗅覚測定法 (臭気指数)
1	最終排気口	2ppm	19
2	最終排気口下	2ppm	16
3	脱臭室入口	4ppm	31
4	豚舎 (原臭)	2ppm	25

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例 (3) ハニカム構造体によるバイオフィルター②

【概要】

母豚約 1300 頭の規模の繁殖経営農場。豚舎はすべてウィンドレス豚舎で、豚舎の換気はハニカム構造体の脱臭装置を通して排気されている。分娩舎の換気を二重にしたハニカム構造体のバイオフィルターで脱臭（写真 1、2、3）。

【性能】

分娩豚舎内の臭気指数（嗅覚測定法）は 40 であり、肥育豚舎等から比べると高めであった。脱臭後は 36 まで低下している。臭気の質は有機酸系寄与が低減していることから換気中の不快臭は大きく低減した。アンモニアガス濃度は、豚舎で 5 ppm 程度であったが換気扇口では、検出されなかった（表 1）。



写真 1 分娩豚舎の換気口(フードの部分、換気口から敷地境界まで 10m 程度離れている)



写真2 左に換気扇があり、右に第2フィルターがある



写真3 中央通路を挟んで左側に第2フィルター層、右に第1フィルター層

表1 バイオフィルター（ハニカム構造体）の臭気測定結果

豚舎(分娩)舎内換気のバイオフィルター通過前後の臭気測定			
測定方法	分娩舎内(脱臭前)	分娩舎排気(脱臭後)	
臭気指数(嗅覚測定法)	40	36	公定法
におい識別装置(臭気指数相当値)	25	17	簡易法
有機酸系寄与	16	7	
畜環式ニオイセンサー(臭気指数相当値)	28	13	簡易法
アンモニア(ppm)	5	0	検知管法

注) 有機酸系寄与はにおい識別装置による測定

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例

(4) ネットの利用

【概要】

繁殖母豚が 5300 頭規模。ゴルフ場と隣接する豚舎外側に散水装置付き遮へい壁を設置した臭気対策で、悪臭苦情を軽減した（写真 1、2）。

【性能】

2 分間水の散布を行い、8 分停止を 24 時間繰り返していた（ノズル粒径 25 μ m）。遮へい壁は 2mm メッシュを採用していた。各施設での臭気の測定結果を表 1 に示した。

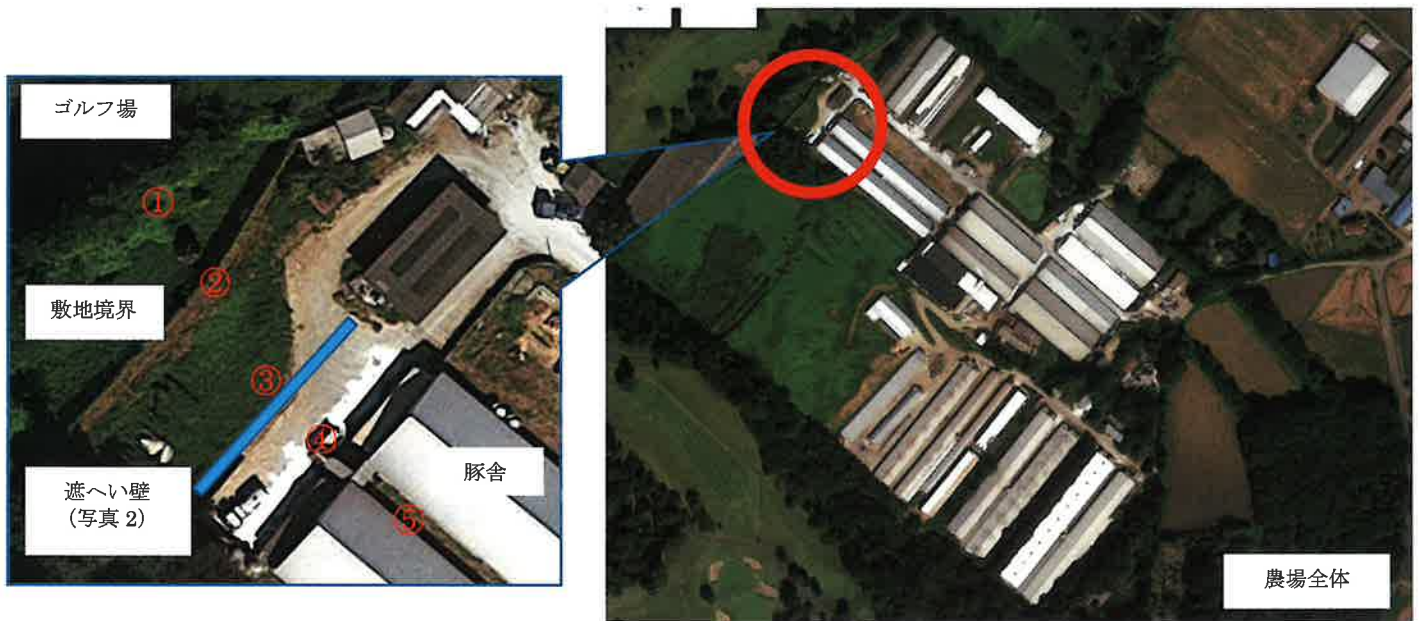


写真 1 農場全体と臭気測定箇所



写真2 遮へい壁と使用ネット（目合い2mm）



図1 臭気指数（水散布前／水散布10分後）

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例

(5) 原尿槽及び固液分離室の密閉

[栃木県畜産酪農研究センター提供]

【概要】

母豚約270頭規模の大型の一貫経営の養豚場。豚舎で固液分離された汚水は、原尿槽に貯留され、その後固液分離され分離液は汚水浄化処理装置へ、固形分は堆肥化装置へ搬送されている。原尿槽と固液分離時に強烈な臭気が発生し、周辺に臭気が漂い苦情が発生していたが、原尿槽に蓋をし固液分離室をカーテンで仕切ることにより臭気の農場外への流出がなくなり、苦情が減った（図1）。

【性能】

原尿槽へ蓋を設置する前は、畜環式ニオイセンサーの臭気指数相当値は40を越えていたが、蓋をすることで9まで低減した。また、固液分離機稼働時にカーテンを閉めることで臭気が漏れなくなった（写真1、2）。



図1 農場内の臭気マップによる臭気の測定



写真1 左：原尿槽に蓋がないときは強烈な臭気が拡散
右：原尿槽に蓋をして覆ったとき臭気の発生が大幅に抑制



写真2 左：固液分離室カーテンがないとき強烈な臭気が発生
右：固液分離機が稼働中はカーテンで覆うことで臭気が抑制

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例

(6) 遮へい壁とネットの利用

[栃木県畜産酪農研究センター提供]

【概要】

母豚約 200 頭規模の繁殖経営の養豚場。繁殖豚舎はウィンドレスで妻側に大型の換気扇が敷地境界に向かって設置されているため、外部から見えること、換気が外部に向かって排気されているため、風量が多いときは敷地境界を直接越えることがあるため、遮へい壁とネットを設置して、直接換気が敷地外へ出ないように対策した。また、外部から換気口が見えなくなった（写真 1、2）。

【性能】

豚舎の換気口付近の畜環式ニオイセンサーによる測定では、臭気指数相当値が 22 以上となっており（図 1）、遮へい壁とその上に消臭ネットを取り付けることによって、敷地境界から直接臭気が排気されなくなった。また、ネットを高くすることによって外部から換気口が見えなくなった。



写真 1 繁殖豚舎の妻側に大型の換気扇が配置されている

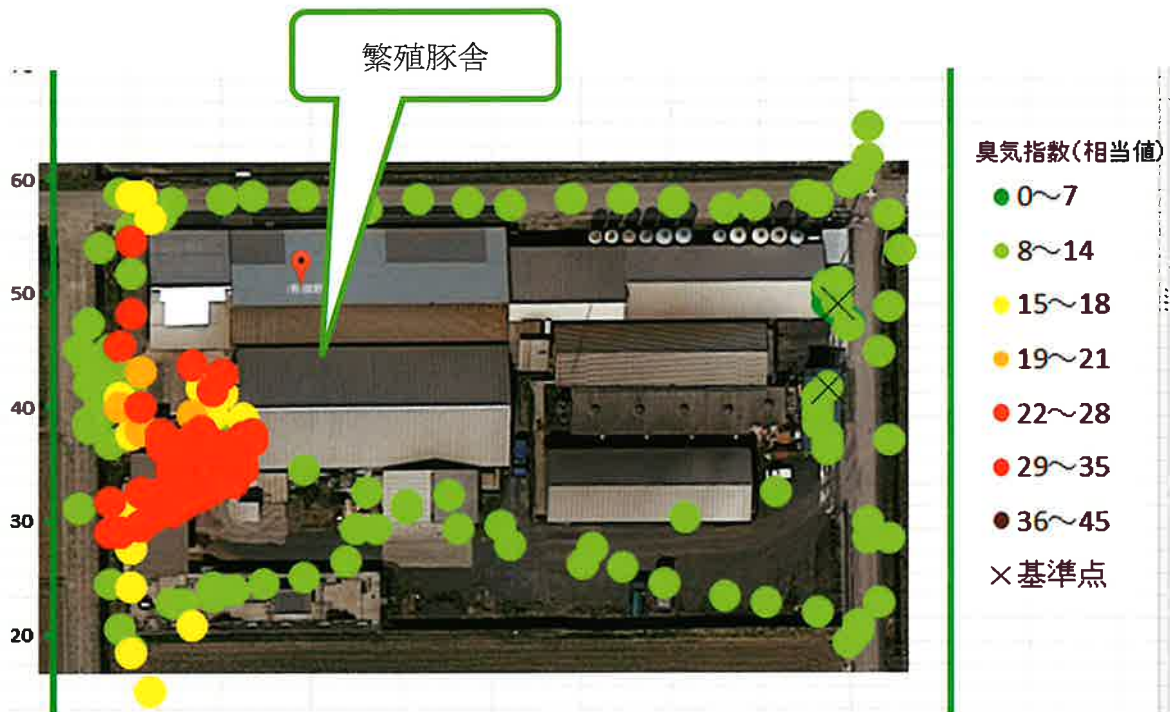


図1 臭気マップによる養豚場の臭気測定(赤点が臭気濃度が高い)



【対策前の農場外観】

臭気を発する豚舎排気口が一般道路から視認できた。



【対策後の農場外観】

柵を新設し、上部には脱臭作用を持つシートを設置。豚舎排気口は道路から視認できない。

写真2 遮へい壁とネットの設置前後の様子

日本型悪臭防止最適管理手法を活用した優良事例

(7) ロックウール脱臭装置

【概要】

市役所が管理運営している共同利用型の堆肥センターにおいて、堆肥化時に発生する臭気を発酵槽全体をビニールハウスで覆い、その中の臭気を吸引してロックウール脱臭装置（バイオフィルター）へ送り脱臭している（写真1、2、3）。施設の供用開始は平成17年7月からであり、堆肥原料のうけ入れ能力は27t/日である。脱臭装置は当初から稼働しており14年を経過している。

【性能】

発酵槽は直線型で幅約4m、長さ約50mでスクープ方式の攪拌機を具備している。14年経過後の臭気の測定では、発酵槽から脱臭装置へ送風する前では臭気指数が46であったが、脱臭後では26まで低下していた。アンモニアガス濃度は脱臭前で122ppm、脱臭後では2ppmまで下がっており、良好な脱臭性能を維持していた（表1）。



写真1 共同利用型堆肥センターのロックウール脱臭装置



写真2 左：カーテンを開けた状態（作業中）、右：閉めた状態



写真3 ロック脱臭槽上部（散水装置あり）

表1 堆肥センターの脱臭装置の性能

測定方法	脱臭前	脱臭後	
臭気指数(嗅覚測定法)	46	26	公定法
におい識別装置(臭気指数相当値)	33	19	簡易法
硫黄系臭気寄与	18	6	
有機酸系臭気寄与	22	16	
アンモニア(ppm、平28年)	122	2	検知管法

注) 硫黄系臭気寄与、有機酸系臭気寄与はにおい識別装置の測定

密閉縦型堆肥化装置等への既存の脱臭装置の調査

(1) 水洗脱臭

【概要】

母豚 200 頭規模の一貫経営（写真 1）の農場。密閉縦型堆肥化装置の排気を脱臭するために水洗脱臭施設を付属させた。豚舎構造はウインドレス型で、糞尿分離型の施設。

【性能】

堆肥化施設は、密閉縦型堆肥化装置（S-18 型）を使用し、すべての排気を水洗脱臭装置により処理していた（写真 2）。常時水を加水し、オーバフローした水は、汚水処理施設で処理していた。臭気の測定結果を表 1 に示した。



写真 1 農場全体



写真 2 密閉縦型堆肥化装置と水洗脱臭装置

表 1 各測定地点での臭気結果

No.	場所	臭気指数相当値	嗅覚測定法	アンモニア濃度 (検知管)
1	密閉縦型堆肥化装置 (原臭)	29	42	>200
2	水洗脱臭上部 (風上)	25	29	20
3	水洗脱臭上部 (風下)	16	27	10
4	風下敷地境界	13	19	1

密閉縦型堆肥化装置等への既存の脱臭装置の調査 (2) ウッドチップ脱臭材

【概要】

母豚約 300 頭規模の養豚一貫経営農場。豚ふんは密閉縦型堆肥化装置で堆肥化しその排気を脱臭するためにウッドチップ層(堆積高さ約 1 m、散水装置付き)に通して脱臭するバイオフィルターによる脱臭装置 (写真 1、2)。

【性能】

密閉縦型堆肥化装置 3 基の臭気を塩ビダクトで集めて水洗槽で除じんした後 (図 1)、ウッドチップ脱臭槽に通して脱臭する。堆肥化装置の排気の臭気指数は 49 と極めて高いが、水洗後ウッドチップ層を通過した臭気は 22 まで低下している (表 1)。ウッドチップ脱臭槽上部から下部の床面に散水した水が溜まらない程度まで間欠的に散水している。



写真 1 3 基の堆肥化装置、各排気ダクトが水洗槽へ繋がっている

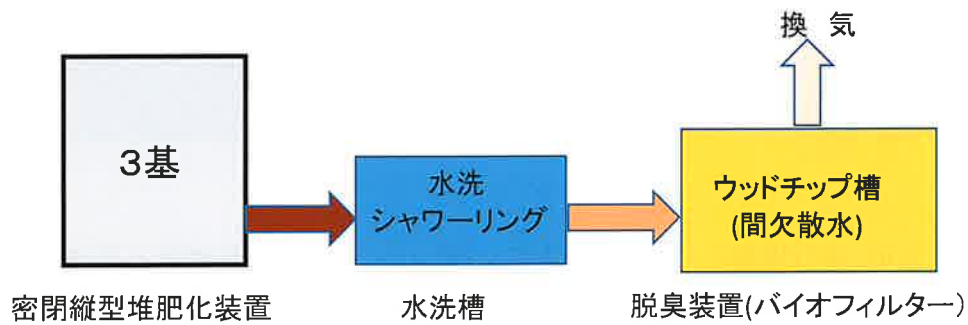


図1 堆肥化装置の排気の流れと脱臭方法の概要



写真2 ウッドチップ脱臭槽(上部から間欠散水)

表1 ウッドチップによる脱臭性能

ウッドチップによる脱臭(バイオフィルター)

測定方法	測定位置	コンポ排気	水洗後	ウッドチップ脱臭後	換気扇下(外)	
臭気指数(嗅覚測定法)		49	42	36	31	公定法
におい識別装置(臭気指数相当値)		34	31	22		簡易法
畜環式ニオイセンサー(臭気指数相当値)		>40	34	21	19	簡易法
アンモニア(ppm)		450	150	20	15	検知管法

密閉縦型堆肥化装置等への既存の脱臭装置の調査

(3) ファイバーボール脱臭材

【概要】

母豚約 200 頭の規模の一貫経営農場。豚ふんは密閉縦型堆肥化装置で堆肥化しその排気を脱臭するためにロックウールを粒状にしたファイバーボール脱臭装置に通して脱臭するバイオフィルターによる脱臭装置を導入（写真 1、2）。

【性能】

密閉縦型堆肥化装置からの排気を原臭として直接ファイバーボール脱臭装置へ送り、臭気濃度を調査した結果、原臭の臭気指数は 50 と高く、脱臭槽上部では 29 まで低下していた。また、臭気物質濃度も大幅に低減しており高い脱臭性能を維持していた。低級脂肪酸は原臭、脱臭後とも検出限界以下であった（表 1）。



写真 1 密閉縦型堆肥化装置に設置したファイバーボール脱臭装置



写真2 脱臭装置周囲はネットで囲われている

表1 ガラス発泡材による脱臭性能

測定方法	脱臭前(原臭)	脱臭後	
臭気指数(嗅覚測定法)	50	29	(公定法)
アンモニア	470	27	〃
メチルメルカプタン	2	0.027	〃
硫化水素	0.017	<0.0005	〃
硫化メチル	0.93	0.019	〃
二硫化メチル	3.4	0.026	〃
プロピオン酸	<0.0005	<0.0005	〃
ノルマル酪酸	<0.0005	<0.0005	〃
ノルマル吉草酸	<0.0005	<0.0005	〃
イソ吉草酸	<0.0005	<0.0005	〃
畜環式ニオイセンサー	>40	23~28	臭気指数相当値
におい識別装置	42	24	臭気指数相当値

注: <0.0005は定量下限値以下、臭気物質濃度はppm
 脱臭後の測定は、脱臭層上部30cmの高さ
 脱臭装置風下3mの位置での臭気指数は27

密閉縦型堆肥化装置等への既存の脱臭装置の調査

(4) ガラス発泡材

【概要】

母豚約 1300 頭の規模の繁殖経営農場。豚ふんは密閉縦型堆肥化装置で堆肥化しその排気を脱臭するためにガラス発泡材に通して脱臭するバイオフィルターによる脱臭装置を導入。

【性能】

堆肥化施設は、密閉縦型堆肥化装置（SK-70 型）を使用し、堆肥化装置からの排気を水洗塔で除じんしたあとガラス発泡材に通して脱臭（写真 1、2、3）。堆肥化装置の排気中の臭気は極めて高かったが脱臭後はかなり低減している（表 1）。また、脱臭後では有機酸系寄与も低減している。脱臭装置の周囲はネットで覆われており、脱臭槽上部から拡散されるように排出されている（写真 4）。



写真 1 堆肥化装置、水洗塔、脱臭装置の配置



写真2 脱臭層上部表面（散水装置付き） 写真3 ガラス発泡材



写真4 脱臭装置周囲はネットで囲われている

表1 ガラス発泡材による脱臭性能

ガラス発泡材による脱臭(バイオフィルター)			
測定方法	脱臭前	脱臭後	
臭気指数(嗅覚測定法)	42	34	公定法
におい識別装置(臭気指数相当値)	33	18	簡易法
有機酸系寄与	20	16	
畜環式ニオイセンサー(臭気指数相当値)	>40	24	簡易法
アンモニア(ppm)	200	100	検知管法

注) 有機酸系寄与はにおい識別装置による測定

密閉縦型堆肥化装置等の既存の脱臭装置の調査

(5) 軽石を利用した脱臭

【概要】

肥育生産 5400 頭規模（写真 1）の農場で、豚舎構造はウインドレス、糞尿分離型の豚舎である。豚ふんは密閉縦型堆肥化装置で堆肥化し、排気を軽石を利用した脱臭装置で脱臭している。

【性能】

密閉縦型堆肥化装置（SK-70 型）4 基分の排気を軽石脱臭装置にて脱臭。軽石脱臭層（堆積高さ約 4m）の上部から排水を出さないよう制御しながら間欠散水を行っている（写真 2）。



写真 1 農場全体

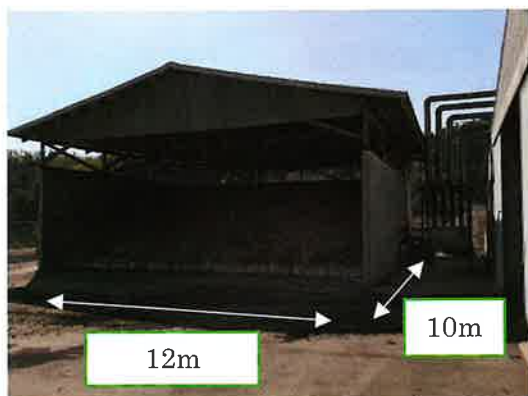


写真 2 軽石脱臭装置（軽石堆積高さ 4m）

表 1 各測定地点での臭気結果

No.	場所	臭気指数相当値	嗅覚測定法	アンモニア濃度 (検知管)
1	密閉縦型堆肥化装置 (原臭)	28	44	>500
2	軽石上 (散水 15 分)	24	25	24
3	軽石上 (散水 60 分)	23	27	30

日本型悪臭防止最適管理手法を用いた畜産悪臭苦情軽減技術開発普及事業

事業推進委員会委員

(敬称略、アイウ順)

泉 稔久	公益社団法人中央畜産会 施設・機械部会
栗木 鋭三	一般社団法人 日本養豚協会
澤村 篤	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター
重岡久美子	公益社団法人 におい・かおり環境協会
田邊 眞	神奈川県畜産技術センター 企画指導部 企画研究課
東城 清秀	国立大学法人 東京農工大学大学院 農学研究院 農業環境工学部門

執筆者

重岡久美子	公益社団法人 におい・かおり環境協会
安田 知子	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
小堤 悠平	(一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
道宗 直昭	(一財) 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所



本書は、下記の（一財）畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所のホームページにも掲載されており、ダウンロードも可能です。

畜産悪臭苦情軽減技術の手引き

令和2年3月31日発行

発行：一般財団法人 畜産環境整備機構

〒105-0001 東京都港区虎ノ門5丁目12番1号(ワイコービル3階)
TEL 03-3459-6300/FAX 03-3459-6315

編集及び連絡先：一般財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原1
TEL 0248-25-7777/FAX 0248-25-7540

メールアドレス：ilet@chikusan-kankyo.jp

ホームページ：<http://www.chikusan-kankyo.jp>