

愛知県内養牛農場における臭気対策事例と ニオイセンサによる効果検証

星野佑太¹⁾・黒柳 悟²⁾・瀧澤秀明¹⁾・三輪恒介¹⁾・高橋比呂³⁾・武田然也⁴⁾・山本一成⁵⁾

摘要:ニオイセンサにより愛知県内の養牛農場における臭気対策の効果検証を行った。まず、客観的に臭気の拡散状況を把握することができる臭気マッピング技術を用いて、県内の養牛農場内の生垣、樹木による臭気拡散抑制効果を調査した。その結果、畜舎やふん処理施設由来の臭気が、それを囲む生垣や樹木より外側で低く検知されることが確認できた。次にふん処理施設である乾燥ハウスのカーテンによる臭気拡散抑制効果を経時的に調査した。その結果、カーテンを閉じることでハウス由来臭気が11 m離れた場所で最大約91%減少することが確認できた。いずれも臭気の物理的な拡散抑制によるものと考えられた。

キーワード:ニオイセンサ、臭気マップ、生垣、カーテン、臭気拡散抑制

Effectiveness of Odor Control Measures at Cattle Farms in Aichi Prefecture of Using Odor Sensors

HOSHINO Yuta, KUROYANAGI Satoru, TAKIZAWA Hideaki, MIWA Kosuke,
TAKAHASHI Hiro, TAKEDA Zenya and YAMAMOTO Issei

Abstract: The study examines the effectiveness of odor control measures at cattle farms in Aichi Prefecture using odor sensors. Based on the odor-mapping method, which can objectively assess the diffusion of odors, we investigated the effect of hedges and trees on reducing odor diffusion within cattle farms. We confirmed that odors originating from barns and manure treatment facilities were scarcely detected beyond the hedges and trees surrounding them. We also investigated the time-dependent effect of curtains in a drying house (i.e., a manure treatment facility) on the reduction of odor diffusion. We confirmed that closing the curtains reduced the odors originating from the drying house by approximately 91% at 11 m distance. In conclusion, both effects were due to the physical regulation of odor diffusion.

Key Words: Sensor of odor, Odor visualization, Hedges, Curtain, Odor diffusion control

¹⁾畜産研究部 ²⁾畜産研究部(現研究戦略部) ³⁾畜産研究部(現尾張農林水産事務所) ⁴⁾畜産研究部(現畜産課)
⁵⁾畜産研究部(現畜産総合センター)

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「総合的な悪臭低減、臭気拡散防止技術の開発」により実施した。

(2025.9.3受理)

緒言

臭気は鼻により感知するが、その強さの感じ方や快、不快感は個人の嗅覚、好みや環境条件等で異なる。一方、畜産業界における苦情では悪臭由来の割合が最も高く¹⁾、人間の感覚の違いや対策の難しさも相まって苦情発生は後を絶たない。臭気は悪臭防止法により規制されており、規制値は悪臭物質濃度もしくは臭気指数で設定されている。愛知県内では多くの地域で臭気指数規制が導入されている。臭気指数は三点比較式臭袋法により²⁾、人間の嗅覚に頼って求められる数値である。しかしながら、この方法は手間や時間がかかる。また6段階臭気強度表示法³⁾も臭気の強さを示す方法であるが、嗅覚に依存した方法であるためどうしても個人差が生じる可能性がある。一方、臭気を機械的に数値化することができるポータブル型ニオイセンサが複数種市販されており、これを用いれば個人の感覚に依存せず臭気の状況を感覚ではなく数値で共有できる。それら機器のうち畜環研式ニオイセンサを活用した畜産由来臭気の評価手法について数多く報告^{4,5)}されている。本研究では、畜環研式ニオイセンサを用いて臭気の状況を数値化することで、県内の養牛農場における簡易的な臭気拡散抑制対策の効果を検証したので報告する。

材料及び方法

1 対象農場

調査対象農場は酪農及び乳牛と肉牛の複合(乳肉複合)養牛農場3戸で、それぞれの概要を表1に示した。各農場の調査日時及び気象条件は表2のとおりである。

2 簡易臭気対策の臭気抑制効果調査

(1) 生垣、樹木による影響

養牛農場のうち乳肉複合の農場2戸(A、B農場)を対象とした。図1の黒塗りに該当する、農場内の生垣、樹木と牛舎等臭気源になり得る場所との間の空間である内側と、生垣、樹木を挟んで外側の臭気マップ⁴⁾を作成し、臭気指数(相当値)の大小を比べた。

臭気マップ作成には、畜環研式ニオイセンサ(XP-329IIIR-LK、春日工機株式会社、東京、以下ニオイセンサ)、GPSロガー(M-241、Holux、台湾またはForetex601、GARMIN、アメリカ)を用いた。調査員の鼻で臭気を感じない場所を選定し、調査日当日の調査実施前にニオイセンサのゼロ補正を実施した。養牛農場の調査は、ニオイセンサを地面より約1mの高さに持ち、GPSロガーを持って、徒歩にて計測した。ニオイセンサ及びGPSロガーの記録間隔は10秒とした。ニオイセンサとGPSロガーの記録を同時に開始することで、GPSロガーが記録する位置においてニオイセンサが記録する臭気レベルを表すようにした。

調査後、基本的な臭気マップ作成手順として栃木県のマニュアル⁸⁾を参考に、パソコンでニオイセンサ及びGPSロガー内のデータを抽出し、国土地理院地図及び国土地理院マップシートを用い、地図に臭気指数(相当値)をプロットした。なお、臭気指数(相当値)とはニオイセンサが記録する測定値である臭気レベルを畜産臭気用の変換テーブルデータを用いて変換した値である^{9,10)}。

また、各農場の風通しの良い場所を1か所選定し、複合気象センサ(WS500、英弘精機株式会社、東京)を地面から高さ1m位置に設置し、気温、湿度、風向、風速を測定し、調査期間中の平均値をそれぞれ算出した。

(2) カーテンによる影響

酪農場1戸(C農場)を対象とした。C農場の概要を図2に示す。C農場は、ふん処理施設として乾燥ハウス、発酵ハウス、堆肥舎を保有しており、乳牛舎より排出されたふんは、まず乾燥ハウスにおいて乾燥処理が施されていた。乾燥ハウス内では攪拌機が稼働しており、南側の入口から北側の出口に向かって、ふんが攪拌されながら送られる構造になっている。攪拌レーンは並列に3本設置されており(図2)、入口付近には当日処理される生の乳牛ふんが積まれていた。乾燥ハウスは、生ふんの乾燥を目的で利用されていた。既報⁵⁾において本乾燥ハウスを臭気源として捉えていたため、本研究ではこの乾燥ハウスを対象に、入口に設置したカーテンの開閉状況に応じた乾燥ハウス外の私道における臭気指数(相当値)をニオイセンサで計測した。私道は、乾燥ハウスから東に約30m延び、公道に接続しており、公道との境界が敷地境界に相当する。臭気指数(相当値)の計測のためにニオイセンサを3か所定点設置した。具体的な場所は、乾燥ハウス入

表1 調査対象農場の概要

農場	畜種	飼養形態	調査敷地内のふん処理施設有無				
			堆肥舎	乾燥 ハウス	発酵 ハウス	密閉縦型 堆肥化装置	汚水 処理施設
A	牛	乳肉複合	○	○	○	○	—
B	牛	乳肉複合	○	○	○	—	—
C	牛	酪農	○	○	○	—	—

表2 A、B 農場における調査日とデータ取得時間の気象情報

農場	調査日時	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	主な 風向	風速 (m/s)
A	2020. 2.19	晴	9.8	46.9	北北西	4.0
	2021. 1.22	雨	8.9	85.0	北西	0.9
	2021.10.27	晴	20.7	53.4	南南西	0.7
B	2018.12.18	晴	-	-	-	-
	2020. 5.28	晴	24.8	35.9	南西	0.9
	2021.10.27	晴	19.8	60.1	南南西	0.8
C	2021. 6.17	晴	26.1	61.3	西	2.8

表中の - はデータ未取得

口より公道側に1.5 m、11 m、30 m離れた位置(それぞれ1.5 m地点、11 m地点、30 m地点と表記)とした(図2)。ニオイセンサの記録間隔は10秒とし、臭気レベルの測定時間は、午前カーテンを開けた状態で24分、カーテンを閉じた状態で53分、午後カーテンを開けた状態で45分、カーテンを閉じた状態で30分間をそれぞれ記録した。午前と午後それぞれ測定したのは風の状況が変化するためである。ニオイセンサで記録した臭気レベルは臭気指数(相当値)に変換した。計測時間中の臭気指数(相当値)の推移は線グラフとして表示し、同時に複合気象センサで観測された風速のうち、西寄りの風(360方位で南西～北西に分類したもの)を抽出し、プロットした。なお、各測定条件下において計測時間が異なるため、臭気指数(相当値)の合計値を記録回数で除した平均臭気指数(相当値)も算出した。気象情報については、上記(1)と同様に、複合気象センサを用いて1分間隔で記録した。さらに、各条件下における記録時間中の平均風速を算出し、風向については風配図を作成した。

結果及び考察

1 生垣、樹木による影響

A、B 農場とともに、図1の黒塗りの範囲において計測した臭気指数(相当値)の最大値、最小値を表3、4に、臭気マップを図3、4にそれぞれ示した。

A 農場では、生垣は農場全体を包囲するように設置されていなかった。しかしながら、農場南に位置する肉牛舎南側の生垣は牛舎由来臭気を半ば閉じ込めるような位置に存在し、臭気拡散抑制効果を臭気マップで確認することができた。すなわち、生垣の内側である肉牛舎南側の敷地で計測された最大臭気指数(相当値)は、3日間のうち1日は臭気指数規制の県内の第3種地域基準値¹¹⁾の18を超す19であり、その他の2日は第1種地域基準値¹¹⁾の12未満ではあるが11と高めの値を示した。生垣の内側での臭気に強弱はあるものの、いずれの調査日も生垣の外側の私道では臭気指数(相当値)は0～4であった。生垣の内側で計測された高い臭気指数(相当値)が生垣の外側で計測されなかつたことから、生垣により私道側への臭気拡散が防がれていることが確認できた。B 農場は農場中央付近でいずれの調査日も臭気指数(相当値)19以上の値が計測されており、最大27を計測し

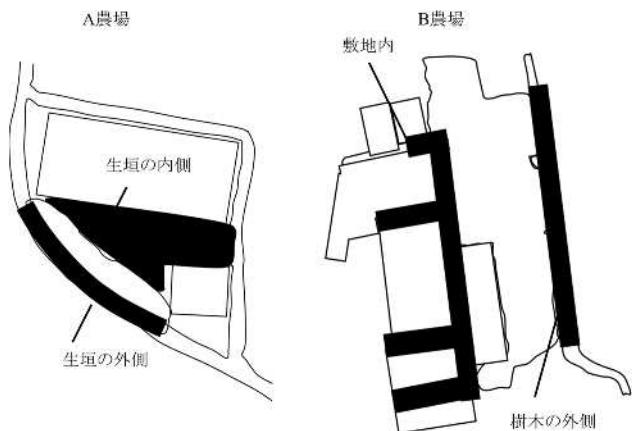
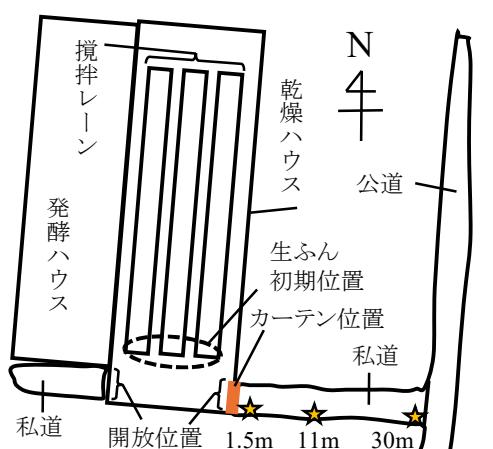


図1 農場 A、B の最大、最小
臭気指数(相当値)取得範囲



★ :ニオイセンサ位置
mは乾燥ハウス(東側開放位置)からの距離を示す

図2 農場C概要図

た日があった。その計測場所は肉牛舎、発酵ハウス、乾燥ハウス、堆肥舎周辺のいずれかであった。この時、農場東側の樹木を挟む位置にある南北に走る農道上の臭気指数(相当

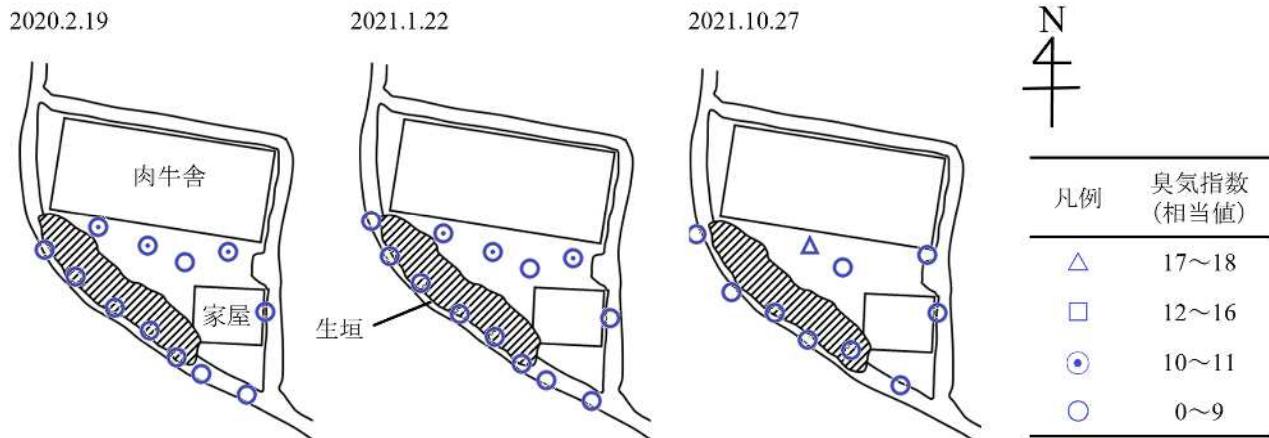


図3 農場Aの臭気マップ
プロットを見やすくするため一部のプロットのみを表示

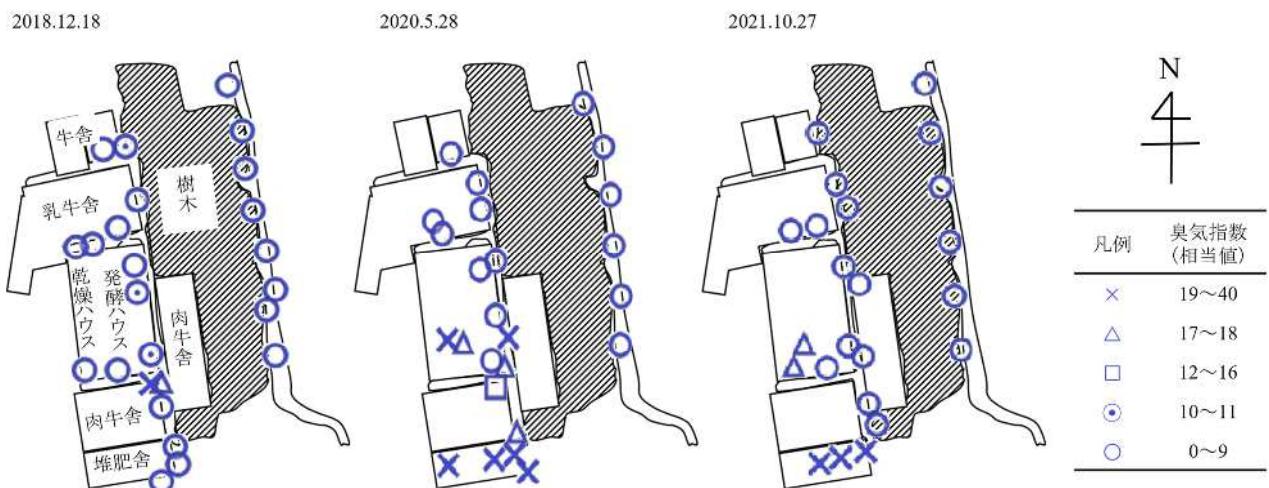


図4 農場Bの臭気マップ
プロットを見やすくするため一部のプロットのみを表示

値)は 0~6 であった。このことから、水平方向への臭気の移動は少なくとも樹木により阻まれていることが明らかとなった。

A、B 農場に共通するが、複合気象センサはなるべく周囲に建物が少ない場所に設置していた。そのため、当該センサで観測された風速及び風向が、農場内の局所的な地点における実際の風環境を正確に反映しているかについては判断が困難である。しかし、複合気象センサで計測された風向の影響下にあったと仮定した場合、A 農場の 2021 年 10 月 27 日及び B 農場でデータが取得されなかつた 2018 年 12 月 18 日を除く調査日では、風下側に位置する生垣や樹木によって臭気の拡散が抑制された可能性が示唆された。さらに、今回示した A 農場の臭気源の位置には北側や西側に別の建物が存在し、B 農場の臭気源の西側に樹木が配置されている。両農場における臭気源は記録された風向の直接的な影響を受けにくい環境にあると考えられた。したがって、風向

表3 農場Aの対象範囲内の最大、最小臭気指数(相当値)

	2020.2.19	2021.1.22	2021.10.27
最大	生垣の内側	11	11
	生垣の外側	4	4
最小	生垣の内側	0	0
	生垣の外側	0	0

対象範囲は図 1 に示している。

表4 農場Bの対象範囲内の最大、最小臭気指数(相当値)

	2018.12.18	2020.5.28	2021.10.27
最大	敷地内	23	27
	樹木の外側	6	0
最小	敷地内	0	0
	樹木の外側	0	0

対象範囲は図 1 に示している。

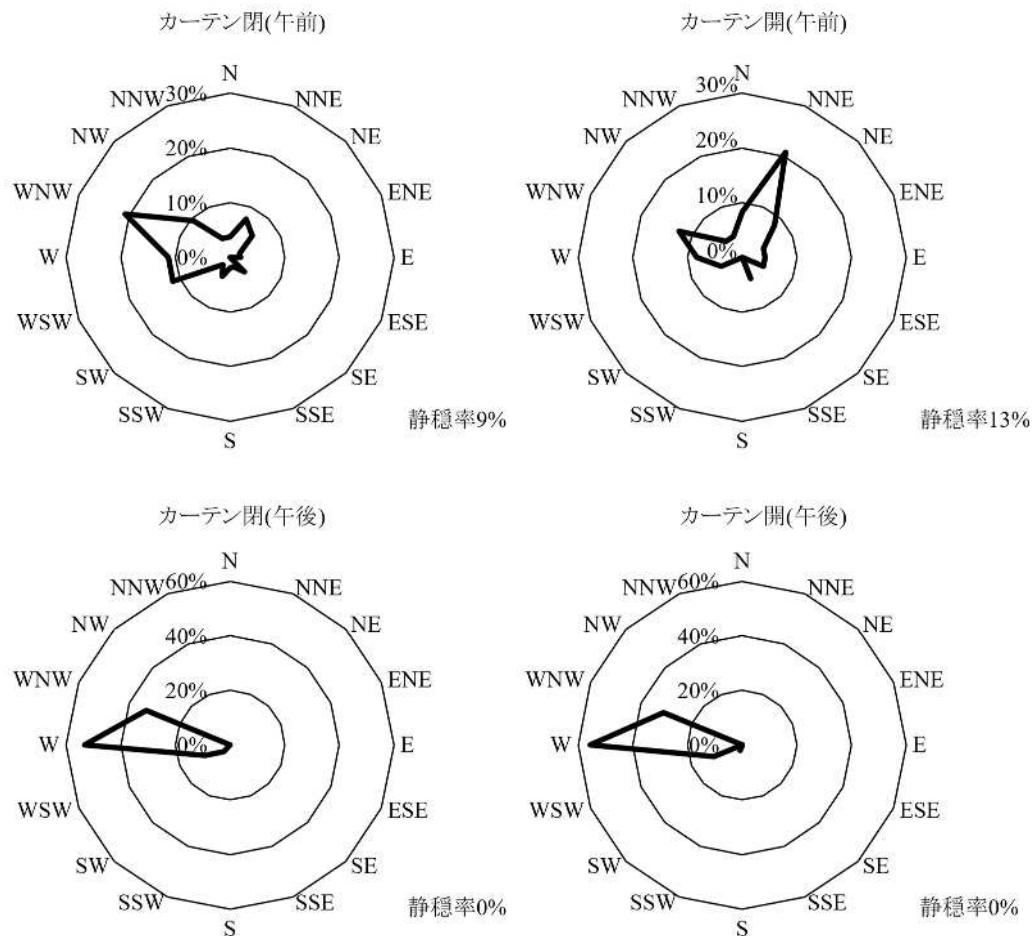


図 5 農場 C 各条件下における風配図

表 5 農場 C 各条件下における風の状況

		主な 風向き	風速 (m/s)
午 前	カーテン閉	北北東	0.9
	カーテン開	西北西	0.7
午 後	カーテン閉	西	2.7
	カーテン開	西	2.9

の仮定とは関係なく臭気は自然に拡散される状況にあったと推察されるが、生垣や樹木の外側で内側相当の臭気指数(相当値)が計測されることとなかった。以上の結果から、風の有無に関係なく、生垣や樹木が臭気の拡散を効果的に抑制していたものと考えられた。

なお、本研究では臭気マップによる確認のみを実施したが、樹種によってはアンモニアを吸着することが報告されている^{12,13)}。したがって、生垣や樹木による臭気拡散の抑制効果は、単に物理的障壁としての機能だけでなく、生化学的吸着作用も加味した多面的な評価が必要であろう。

2 カーテンによる影響

C 農場における風速及び風向を図 5 及び表 5 に示した。平均風速は午前中が 0.9 m/s 以下であったのに対し、午後は

2.7 m/s 以上と、3~4 倍程度の開きがあった。風向については、午前中は北北東から西北西の間で変動が見られたが、午後には西、西北西の風向がほぼ一定して観測された。また、風を感じない静穏状態の発生率は午前中が 9~13% であったのに対し、午後は 0% であった。

乾燥ハウスの造りから、これらの風の状況は臭気拡散に影響すると考えられた。具体的には、乾燥ハウスの開放部分は図 1 に示しているとおり東西方向に位置しており、西風が南端内部を通過して公道側へ吹き抜ける構造になっている。さらに、開放部付近はふんの初期位置付近であり、攪拌機による周期的な攪拌が行われるため、特に強い臭気が公道側に拡散しやすい環境であると推察された。

このような環境下において、乾燥ハウス入口に設置されたカーテンの開閉が臭気拡散に与える影響を検証するため、カーテンの開閉状況に応じた乾燥ハウス外の臭気指数(相当値)を調査した。図 6 には、同時刻に複合気象センサで観測された西寄りの風(360 方位で南西~北西に分類)を抽出した風速と合わせて示している。さらに、乾燥ハウス入口に設置されたカーテンを閉じることで、臭気が公道側へ拡散しにくくなると考え、カーテンの開閉状況に応じた乾燥ハウス外の臭気指数(相当値)を調査した。

図 6 に臭気指数(相当値)の調査と同時に複合気象センサで観測された風速のうち西寄りの風のみ抽出した風速を

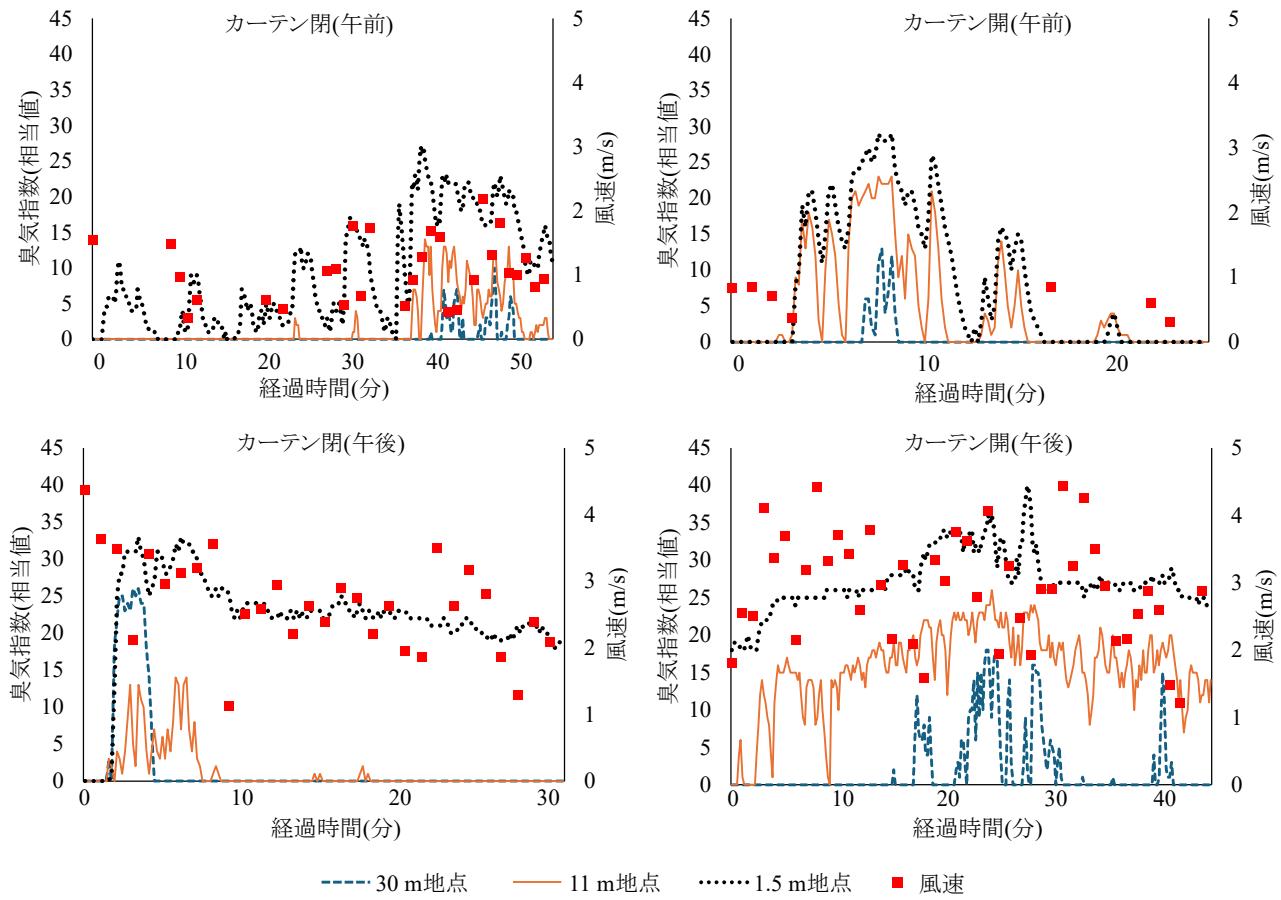


図 6 調査農場 C 乾燥ハウスのカーテン開閉による臭気指数(相当値)及び風速の推移

凡例の 1.5 m 地点、11 m 地点、30 m 地点は乾燥ハウスからの距離を示す。

風速のプロットは西寄りの風(360 方位で南西～北西に分類したものの)のみ表示した。

表示した。午前の調査状況では、カーテンを閉じた状態において乾燥ハウスから 30 m の地点で臭気指数(相当値)が 40 分経過時点から上昇し、46 分時点で最大 10 となった。1.5 m 地点では開始直後から臭気指数(相当値)の変動が激しく、38 分時点で最大 27 となった。11 m 地点では 1.5 m 及び 30 m 地点の中間的な推移が確認された。35 分以降、1.5 m 地点でのピークが大きくなつたが、これは同時に西寄りの風が集中して観測されたタイミングであった。乾燥ハウス入口は重機が通行可能な広さであり、そのためカーテンは重量があるものの、西寄りの風により押されて浮きあがり、柱に固定されていない側及び下部に 10 cm 程度の隙間が生じていた(図 7)。この隙間から臭気が漏出したことが 35 分以降の臭気指数(相当値)上昇の要因と考えられた。一方、カーテンを開けた状態では、乾燥ハウスからの距離が近いほど臭気指数(相当値)は高くなる傾向には見られたが、カーテンを閉じた状態で見られた風に応じた推移は確認できなかった。図 5 のとおり、静穏率が 13 %と高く、風向も安定していないことから、乾燥ハウス内の臭気が比較的自由に拡散し、濃度の高い臭気が公道側へ移動した際に、距離に応じて臭気指数(相当値)が高く計測されたと考えられた。以上の要因を踏まえ、カーテン開閉状況における平均臭気指数(相当値)(表 6)

表 6 農場 C 各条件下における平均臭気指数(相当値)

		乾燥ハウスからの距離(m)		
		1.5	11	30
午 前	カーテン閉	9.1	1.8	0.4
	カーテン開	8.1	4.9	0.5
午 後	カーテン閉	22.1	1.3	1.8
	カーテン開	27.2	15.7	2.0



図 7 西寄りの風が農場 C 乾燥ハウスのカーテンに与える影響

写真左:正面下部の隙間(矢印位置)

写真右:横の隙間(矢印位置)

を比べると、11 m 地点ではカーテンを閉じた方が低く、カーテンにより臭気拡散が抑制されていたものと考えられた。

午後の調査状況では、カーテンを閉じた状態において 1.5 m 地点では開始 2 分で臭気指数(相当値)が急上昇し、25～33 で推移した。10 分経過までにやや低下したものの、その後も 20～25 の範囲で推移した。午後の風は表 5 及び図 5 から西寄りであり、かつ午前よりも風速が大きかったことから、カーテンの隙間が開き続け、1.5 m 地点において比較的高い臭気指数(相当値)が連続的に計測されたものと考えられた。11 m 地点では開始 5 分で最大 14 を計測したが 10 分以降はほぼ 0 であった。30 m 地点では最大 25 を計測したが、以降は 0 であった。30 m 地点での高い臭気指数(相当値)は、乾燥ハウス以外の臭気源の影響を受けたものと考えられたが、明確な要因は不明である。カーテンが開いた状態では、1.5 m 地点で臭気指数(相当値)の推移は開始から緩やかに上昇し 20～30 分経過時点で複数の高いピークが見られ、最大 40 を計測した。11 m 地点では 1 分経過後から上昇し、約 10 分後から 8～24 の範囲で推移した。30 m 地点では、1.5 m 地点のピークに合わせて臭気が検知され、最大 18 が計測されたものの、11 m 地点よりは低い値で推移した。これらの結果から、午後の西寄りかつ強い風により、常に臭気が公道側へ拡散されていたと考えられた。特に搅拌機が入口付近で稼働していた際は、30 m 地点でも臭気指数(相当値)が上昇したと推察される。以上の結果から、カーテン開閉状況における臭気指数(相当値)の推移は、乾燥ハウスからの距離及び風向の影響を受けており、1.5 m 地点ではカーテンの開閉に関わらず臭気指数(相当値)が高くなり、30 m 地点では低くなった。一方、11 m 地点ではカーテンを閉じることで臭気指数(相当値)が上昇する頻度が少なく、カーテンによる拡散抑制効果が示唆された。

以上をまとめると、C 農場における乾燥ハウス由来の臭気指数(相当値)は、乾燥ハウスから 11 m 離れた地点において、カーテンを閉じた状態でカーテンを開いた状態に比べて 63～91 % の低減が認められた(表 6)。また 30 m 地点ではカーテンの有無に関係なく、敷地境界における最低基準値 12 より小さくなることが確認された。なお、1.5 m 地点では、カーテンを開じても隙間風により臭気が漏出し、カーテンが開いた状態と同等の臭気指数(相当値)となった。これらの結果は、宮崎県で報告された対策事例^{6,7)}と同様の結果であった。

3まとめ

以上の結果から、生垣、樹木、カーテン等の外側では臭気源に比べ臭気指数(相当値)が低くなり、物理的な遮断によって臭気の拡散を抑制していると考えられた。これらは、いずれも臭気の発生量自体を減らすものではなく、発生してからの臭気をターゲットとした対策である。したがって、日常管理において臭気の発生低減に取り組む¹⁴⁾等の工夫を行った上で、本研究で調査した物理的対策を加えることで、農場由来臭気の拡散抑制を進めていくことが望まれる。

謝辞: 本研究を行うにあたり、対象農場には調査へのご協力、県内農業改良普及課及び県内農事組合法人には調査農場の選定、農場との調整等多大な協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

引用文献

- 農林水産省. 畜産経営に起因する苦情発生状況. (2025) <https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/attach/pdf/index-191.pdf>. (2025.6.30 参照).
- 環境省. 三点比較式臭袋法について. (2017) <https://www.env.go.jp/content/900397475.pdf>. (2025.4.30 参照)
- 環境省. 臭気対策行政ガイドブック. (2002) <https://www.env.go.jp/air/akushu/guidebook/01.pdf>. (2025.6.30 参照)
- 木下強, 高柳晃治, 加藤大幾, 前田綾子. MicroSoft® Excel による臭気マップの作成方法と指導への応用. 栃木県畜産酪農研究センター研究報告. 6, 30-35(2019)
- 星野佑太, 黒柳悟, 瀧澤秀明, 三輪恒介, 高橋比呂, 山本一成. 愛知県内畜産農場における臭気拡散実態調査. 愛知県農業総合試験場研究報告. 56, 94-101(2024)
- 柴田翔平, 甲斐敬康, 鍋倉弘良. 「臭気マップ」を用いた畜産農場臭気低減対策の検証(1). 宮崎県畜産試験場試験研究報告. 32, 40-49(2021)
- 三角久志, 甲斐敬康, 鍋倉弘良, 柴田翔平. 「臭気マップ」を用いた畜産農場臭気低減対策の検証(2). 宮崎県畜産試験場試験研究報告. 33, 56-64(2022)
- 栃木県畜産酪農研究センター. Microsoft Excel を使用した臭気マップ作成マニュアル. (2017) <https://www.pref.tochigi.lg.jp/g70/documents/excelmap.pdf>. (2025.4.30 参照)
- 山本朱美. 畜産臭気測定のための畜環研式ニオイセンサー. 畜産技術. 659, 39-42(2010)
- 木下強. 畜産農場臭気マップ. 畜産技術. 755, 13-18 (2018)
- 愛知県環境局. 悪臭に係る規制地域及び規制基準. (2006) <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizutaiki/0000059935.html>. (2025.6.30 参照)
- 高橋朋子, 鈴木睦美, 福光健二. 樹木による悪臭防止技術. 群馬県畜産試験場研究報告. 1, 136-142(1994)
- Adrizal, Patterson, P. H., Hulet, R. M., Bates, R. M., Despot, D. A., Wheeler, E. F., Topper, P. A., Anderson, D. A. and Thompson, J. R. The Potential for Plants to Trap Emissions from Farms with Laying Hens: 2. Ammonia and Dust. The Journal of Applied Poultry Research. 17, 398–411(2008)
- 畜産環境整備機構. 日本国型悪臭防止最適管理手法(BMP)の手引き. (2017) <https://www.chikusan-kankyo.jp/newhomepage/JRAseika/bmp.pdf>. (2025.6.30 参照)