

## 畜産農場からの臭気拡散に関する実態調査

福島正人、田崎稔<sup>1)</sup>、高柳晃治<sup>2)</sup>、小堀優海<sup>1)</sup>、添田若菜、池田純子、齋藤憲夫、岩淵守男<sup>3)</sup>、  
1)現 河内農業振興事務所、2)現 那須農業振興事務所、3)元 農業大学校

### 要 約

畜環研式ニオイセンサに外付けロガーを取り付けることで、1か月にわたる長期間の臭気調査手法である「定点モニタリング手法」を開発した。臭気と粉じんの関係性調査では、粉じんが観測された場合は必ず臭気が観測されるという結果だった。ドローンによる農場上空の臭気を調査したところ、強制発酵施設の稼働時は高度約60mでも臭気を観測し、その臭気が農場上空に拡散していることが確認された。

### 目 的

令和4年の栃木県における畜産環境に係る苦情は、全体で延べ70件あり<sup>1)</sup>、そのうち悪臭関連は42件(60%)と半分以上を占めている。

しかし、臭気は「どこから」、「どの強さで」発生しているのかを視覚的に確認することができない。また、私たちの嗅覚は、ある特定の臭気に長時間さらされるとその臭気を感知できなくなる「順応」という反応があるため<sup>2)</sup>、農場内にいる農場主は臭気を認識しにくいことが対策を難しくしていると考えられる。

この対策技術として、当センターでは畜環研式ニオイセンサ(以下、ニオイセンサ(春日工機社製、XP-329III-R-LK))とGPSを組み合わせた「臭気マッピング手法」を開発し<sup>3)</sup>、畜産農場で臭気対策のツールとして活用している。ただし、この技術は調査を行っているその瞬間の臭気を測定しており経時的な測定には対応できていない。また、農場内の粉じんは臭気を媒介すると言われているが<sup>4)</sup>、明らかになっていない。さらに、臭気は気体のため平面だけで無く上空にも拡散していると想定されるが、その実態は明らかになっていない。

そこで、農場周辺の民家にニオイセンサを設置し経時的な臭気調査である定点モニタリング手法の開発や畜産農場における臭気と粉じんの関係性調査、無人航空機(以下、ドローン)を活用した農場上空の臭気調査を実施した。

### 試験Ⅰ 臭気の定点モニタリング手法の開発

#### 材料及び方法

当センターで開発した臭気マッピング手法は、調査しているその時点の臭気を測定し、地図にすることで臭気を見える化する技術である。しかしながら、畜産農場内から発生する臭気は、農場内作業を行う時間だけでなく、気象条件や地形など様々な影響を

受けて拡散することが考えられることから、長時間にわたる臭気調査手法が求められている。

一方で、ニオイセンサは乾電池での稼働時間が約8時間であり、ニオイセンサ内部に記録するメモリーは記録間隔が最長の1分ごとでも約5日間である<sup>5)</sup>。

そこで、ニオイセンサに外部電源と外付けのデータロガーを取り付けることで、任意の場所で長期間にわたる臭気継続測定を行う定点モニタリング手法の開発に取り組んだ。

用いた機材は、ニオイセンサ用のACアダプター、外付けのデータロガーとしてMCR-V4(T&D社製)、ニオイセンサを風雨から守るためのコンテナボックス及びニオイセンサを格納したコンテナボックスを設置するためのカメラ用三脚等を用いた。

ニオイセンサに外付けデータロガーを取り付ける場合、ニオイセンサの臭気レベル「1」に対して「0.1mV」で出力されることから<sup>5)</sup>、電圧測定用のデータロガーを用いた。なお、記録間隔はニオイセンサで自動記録間隔が最も長い1分ごととした。

ニオイセンサと外付けデータロガーを格納できる大きさのコンテナボックス(本試験では、縦:約40cm、横:約29cm、高さ:約15cm)にこれらを格納した。ニオイセンサがコンテナボックスの外の臭気を吸引できるように、ニオイセンサの吸引口に長さ5~10cm、内径約4mmのテフロンチューブを取り付け、コンテナボックスに1cm程度の穴を開けてここにテフロンチューブを通し、テフロンチューブの先端から雨水を吸引することを防ぐため、プラスチックの試験管を取り付けた。また、外部電源からACアダプターを通じてニオイセンサに給電するため、ACアダプターをとす穴をコンテナボックスに開けた(図1)。

当該コンテナボックスはカメラ用三脚に取付け、三脚が倒れないように、テント用のペグで地面と固定した(図2)。

作成したこの装置を、県内の畜産農場の近隣住民

宅の軒先に設置し、令和5年4月19日から5月31日にかけて約1か月間臭気を観測した。



図1 コンテナボックスの様子

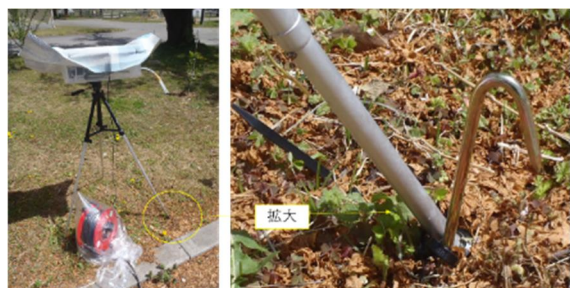


図2 設置の様子

### 結果及び考察

近隣住民の軒先に設置したデータを図3に示した。ニオイセンサに外部電源と外付けデータロガーを取り付けることで、約1か月の長期にわたる臭気調査が可能となり、得られたデータをグラフ化することで経時的な臭気の発生状況を視覚的に示すことが可能になり、「定点モニタリング手法」を開発することができた。

なお、ニオイセンサ内部のポンプは、長時間の使用を想定したものではないことから、稼働状況は定期的に確認することが望ましい。

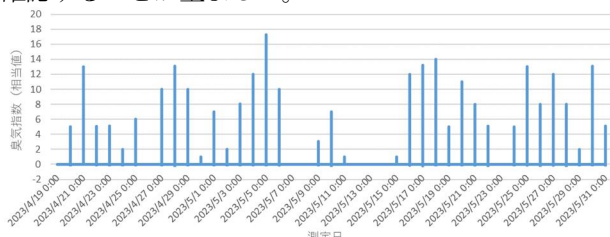


図3 約1か月間の臭気測定の結果

## 試験Ⅱ 臭気と粉じんの関係性調査

### 材料及び方法

農場内で作業を行うと、それに伴い粉じんが発生し、この粉じんに臭気が付着することで臭気が拡散すると考えられるが、臭気と粉じんの関係性は明らかになっていない。

そこで、光散乱式デジタル粉じん計（カノマックス社製、MODEL3442）とニオイセンサを同時に稼働させ10秒ごとに測定し、臭気と粉じんの相関性を調査した。2022年8月29日に当センター及び10月18日に県内の畜産農場で測定しを実施した。

### 結果及び考察

図4に当センター、図5に県内畜産農場の結果を示した。どちらの調査でも、粉じんが観測されなくても臭気は観測されたが、粉じんが観測された際は必ず臭気が観測された。そのため、粉じんの発生は臭気の拡散に関係していることが示唆された。

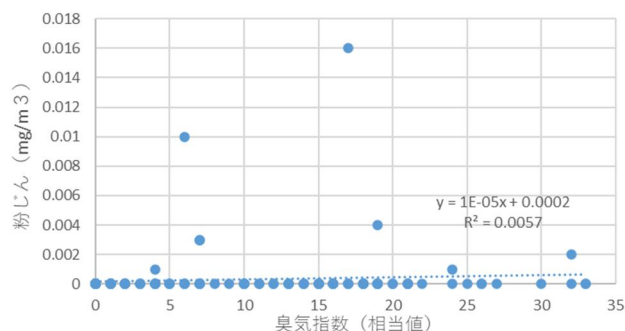


図4 当センターにおける臭気指数（相当値）と粉じんの関係性

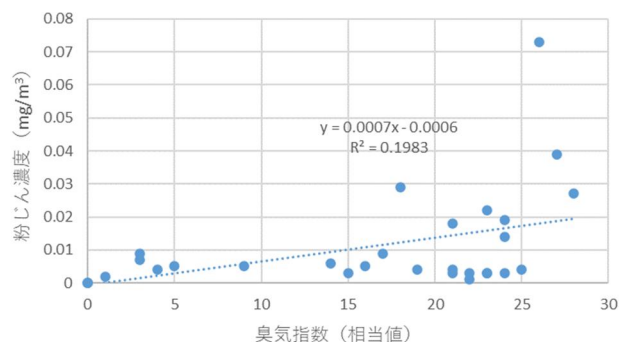


図5 県内畜産農場の臭気指数（相当値）と粉じん濃度の相関性

## 試験Ⅲ ドローンを活用した農場上空の臭気調査

### 材料及び方法

臭気の水平方向だけでなく立体的に拡散すると考えられることから、拡散状況を知ることは対策を講じる上で重要である。また、臭気の大部分は気体のため、臭気が発生した際には上空などに拡散することが考えられるが、上空に拡散した臭気を調査する試験研究の事例は見られない。そこで、昨今広く普及したドローンを活用し、県内の畜産農場上空における臭気調査を実施した。なお、測定は令和2年12月28日午前7時50分から9時にかけて実施した。

ニオイセンサを搭載できるように改造したドローンMATRIRICE 600 PRO (DJI社製)に、10秒ごとに記録するニオイセンサとGPSを搭載し飛行することで、上空の臭気調査試験を実施した。なお、試験の実施に当たり、あえて臭気を拡散させるため建屋の扉や窓などを開放し強制発酵施設を稼働させた。

強制発酵施設上空では、鉛直方向に高度13~150mまで飛行し、高度の違いによる臭気の拡散状況を調査し

た。また、農場上空における臭気の水平方向の拡散状況を確認するため、高度 25m、飛行速度は時速 4km で飛行することにより測定した。なお、測定時の風向風速は最寄り（直線距離で約 5 km）のアメダスデータ（黒磯）を利用した。

### 結果及び考察

図 6 に強制発酵施設を稼働させ高度の違いによる臭気拡散状況を調査した際の臭気指数（相当値）を示した。

高度 13m では臭気指数（相当値）26 と強い臭気を観測したが、鉛直方向に上昇するに従い臭気指数（相当値）は低下し、高度 65m で臭気を観測しなくなった。

図 7 には、強制発酵施設稼働時の高度 25m の臭気調査結果を「臭気マッピング手法」を用いて示した。強制発酵施設の北にある豚舎上空でも臭気を観測した。強制発酵施設上空 13～25m の臭気指数（相当値）は 28～20 であり、豚舎上空の臭気指数相当値は 10～14 だったこと、アメダスデータで農場上空の臭気を観測している時刻である午前 8 時の風向風速は静穏（表 1）だったことから、強制発酵施設で発生した臭気が徐々に農場上空に拡散し、直線距離で約 150m 離れた豚舎上空で臭気を観測したと考えられた。

また、好気条件下で豚ふんを放置し 24 時間後に臭気を測定したところ、アセトンや 2-ブタノン、パラクレゾールなどが検出された報告がある<sup>6)</sup>。空気の分子量は約 28.8 に対して、アセトンは約 58.1、2-ブタノンは約 72.1、パラクレゾールは 108.1 と空気より重い。発酵熱により大気中にゆるやかに上昇、拡散されたと考えられる。

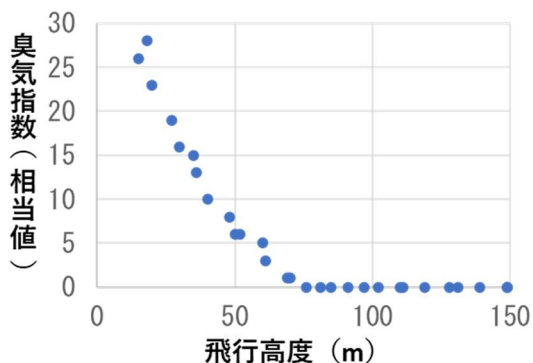


図 6 鉛直方向の臭気指数（相当値）の分布

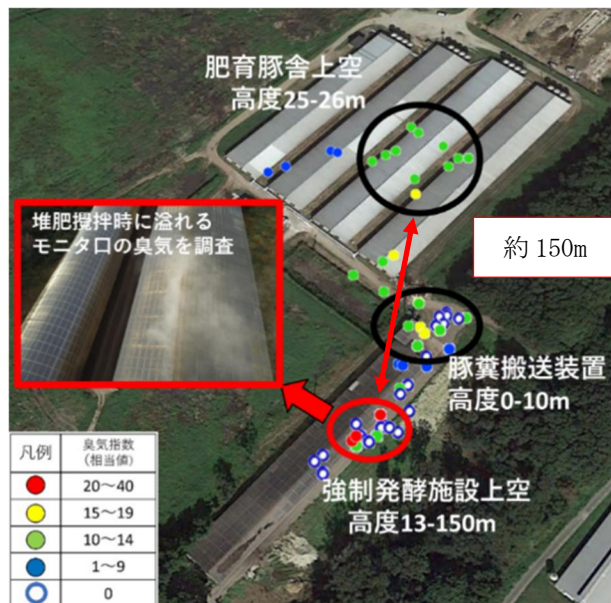


図 7 農場上空の臭気の拡散状況

黒磯（栃木県）2020年12月28日（1時間ごとの値）									
時	降水量 (mm)	気温 (°C)	露点 温度 (°C)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風速・風向 平均風速 (m/s)	風向	日照 時間 (h)	雪 降雪 積雪 (cm) (cm)
1	0	0.8	///	///	///	0.4	北東	///	///
2	0	1.6	///	///	///	1.3	北北西	///	///
3	0	1.6	///	///	///	0.6	北	///	///
4	0	1.7	///	///	///	0.5	北北西	///	///
5	0	2	///	///	///	1.2	北北東	///	///
6	0	0.8	///	///	///	0.4	北	///	///
7	0	2	///	///	///	1.9	北	0	///
8	0	3.8	///	///	///	0	静穏	0.1	///
9	0	6.4	///	///	///	0.8	北北西	0.9	///
10	0	8.5	///	///	///	1.7	北東	0.9	///
11	0	9.1	///	///	///	2.1	南東	0.2	///
12	0	10	///	///	///	1.3	東南東	1	///

表 1 2020 年 12 月 28 日 1 時から 12 時のアメダスデータ

## 農家指導への応用

### 材料及び方法

県内の畜産農場で、臭気対策前後の臭気指数（相当値）と粉じんを測定し、対策の効果を確認した。

また、当該畜産農場から半径約 1 km 以内の民家 3 戸の軒先で定点モニタリング手法（図 8）により測定を実施した。なお測定は、平成 30（2018）年から令和 4（2022）年にかけて、対策の前後等の要所で行った。

当該農場での臭気対策として、①堆肥生産手順の見直し②堆肥化施設から臭気や粉じんが漏れ出ないように目張りをした上で、堆肥化施設内の臭気を新設した脱臭槽へ送り込む対策を講じた。

当該農場での堆肥化方法は、搬出された生の家畜ふんに戻し堆肥と木片を混合し、通気式堆肥舎である一次発酵槽に5日間程度堆積発酵させ、その後ロータリー式攪拌機で20日程度毎日攪拌し堆肥化している。最後にふるいにかけて木片を取り出し、堆肥が完成する。なお、完成した堆肥の一部と木片は堆肥化の副資材として再利用され、生産された堆肥はバラ堆肥またはペレット堆肥として耕種農家等へ流通している。

### 結果及び考察

臭気対策前の農場内の臭気指数（相当値）及び粉じんの分布を調査したところ、図9及び図10のとおりだった。特に農場内の中央部は家畜ふんの一次発酵槽であることから、臭気指数（相当値）は高い数値を観測したと考えられた（図9）。また、粉じん濃度も一次発酵槽付近で高い数値を観測した（図10）。

堆肥化施設の内部の臭気指数（相当値）を調査したところ、堆肥の攪拌場所と保管上の両地点とも高い数値が観測された（図11、12）。特に堆肥保管上の屋根がモニター形状であることから、開放部分から農場周辺に臭気が拡散していることが考えられた。

各種臭気調査を実施し、堆肥化施設内での臭気が強いのことが明らかになり、外部へ臭気が漏れ出していることが推察されたことから、堆肥化施設における建屋の隙間の目張りや堆肥の篩に手製の囲いを付けて臭気の拡散を抑制した（図13）。また、堆肥化施設の隣接地に散水式の脱臭槽を設置し臭気低減を図った（図14、15）。さらに、粉じんが発生し臭気が拡散していることが確認されたことから、堆肥化途中の水分を測定したところ、過乾燥していることが判明した。そこで、堆肥化スタート時の水分を適正にすることで良好な堆肥化が起こるように生産工程を見直した（図16）その結果、農場内の臭気指数（相当値）及び粉じん濃度を抑制することができた（図17、18）。

周辺住民の軒先（図19）で定点モニタリング手法による経時的な臭気調査を実施したところ、臭気対策前は高い臭気指数（相当値）が観測されていたが（図20）、対策後は、臭気指数（相当値）が大幅に低下した。また、測定結果をグラフ化することで対策の効果を見える化することができた（図21）。



図8 民家での定点モニタリング手法の様子

強制発酵施設から漏れていると推察される臭気 一次発酵槽

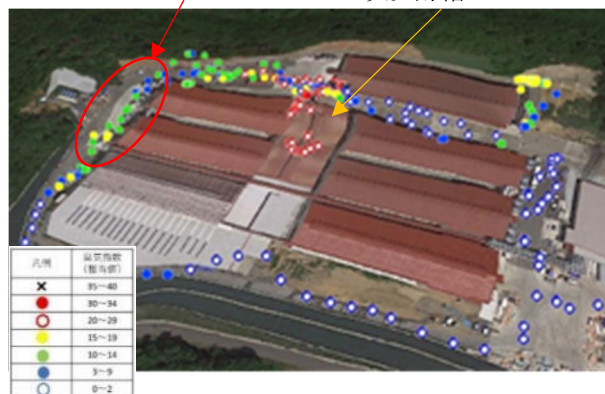


図9 臭気対策前の畜産農場内における臭気指数（相当値）の分布図

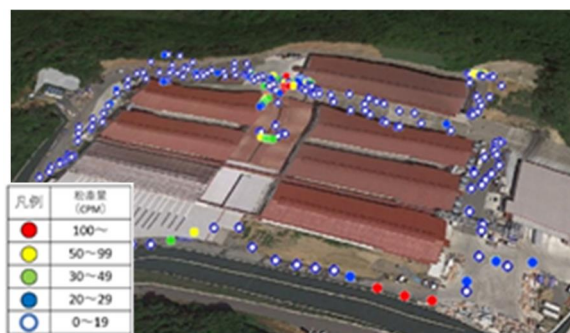


図10 臭気対策前の畜産農場内における粉じん濃度の分布図



図 11 堆肥化施設内部の臭気指数（相当値）

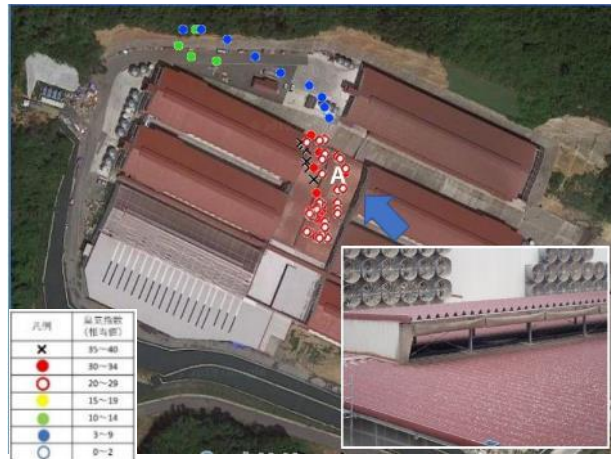
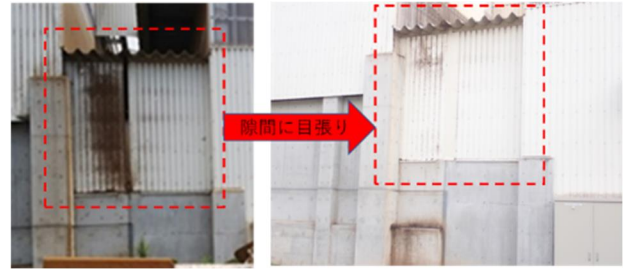


図 12 堆肥化施設内部の臭気指数（相当値）とモニター形状の写真



図 13 強制発酵施設の目張り等の対策を実施した部分



図 14 脱臭槽の設置図



図 15 脱臭槽の原理

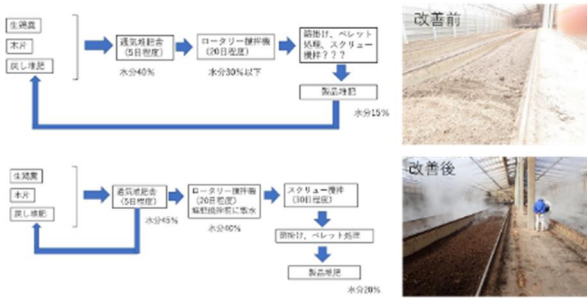


図 16 堆肥生産手順の見直し

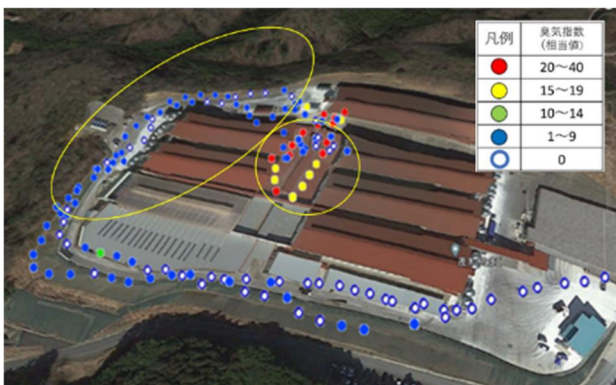


図 17 臭気対策後の畜産農場内における臭気指数 (相当値) の分布図

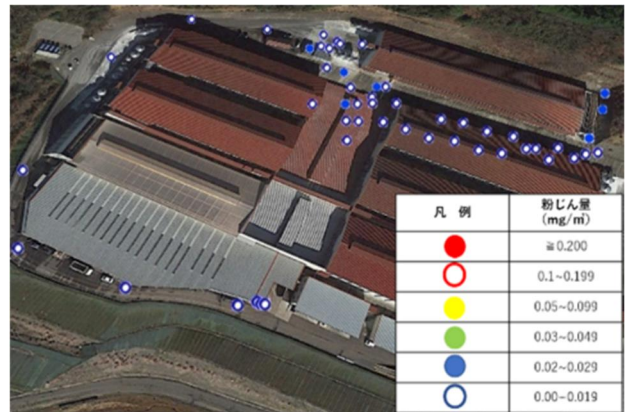


図 18 臭気対策後の畜産農場内における粉じん濃度の分布図



図 19 畜産農場と民家の配置図

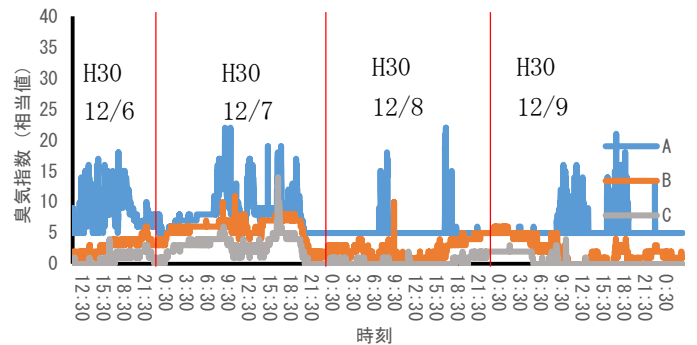


図 20 臭気対策前の周辺民家における臭気指数 (相当値) の変化 (平成 30 年度)

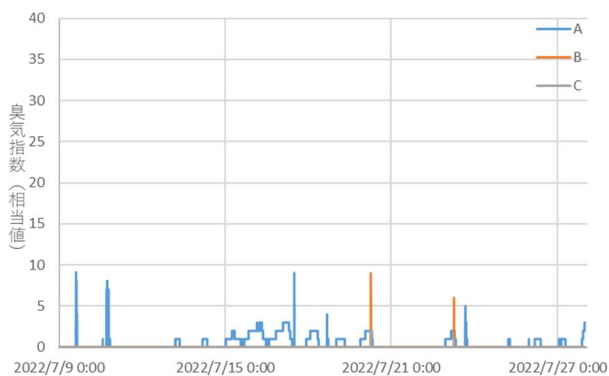


図 21 臭気対策後の周辺民家における臭気指数（相当値）の変化（令和4年度）

なお、本試験結果は、農林水産省の農林水産研究の推進（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」（JP18065025）の成果の一部を取りまとめています。

### 参考文献

- 1) 栃木県農政畜産振興課、とちぎの畜産 2023
- 2) 公益社団法人におい・かおり環境協会、誌上セミナー悪臭について第1回においに関する基礎知識、ちょうせい 第105号（令和3年5月） [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000749376.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000749376.pdf)
- 3) 木下ら、Microsoft Excelによる臭気マップの作成方法と指導への応用、栃畜酪セ研報第6号：(30-35) 2019
- 4) 岡重 畜産の臭気対策について、畜産環境シンポジウム（平成29年7月25日）  
[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/02\\_shigeoka.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/02_shigeoka.pdf)
- 5) 新コスモス電機株式会社 ポータブル型ニオイセンサ XP-329ⅢR 取扱説明書
- 6) 代永ら、別枠研究「環境保全」試験成績書（6）、農林水産技術会議事務局 556-567(1979)