

半導体センサーを用いた畜産臭気の現場測定



小 堤 悠 平

1 はじめに

畜産経営に起因する苦情発生のうち、悪臭関連が約5割を占めており、緊急に解決を図らなければならない重要な課題となっている。悪臭防止法による悪臭の規制は、人間の鼻が感じる数値をもとにした臭気指数が使われている。畜産経営に由来する臭気（畜産臭気）を抑制するには、畜産農家自身による農場内の臭気発生源の実態把握や臭気対策が重要であるが、嗅覚には順応反応がみられ、ある特定の臭気に長時間暴露されるとしだいに感覚が低下し、最終的には感じなくなってしまう。また、従来の臭気測定には様々な問題がある。例えば、①畜産臭のような複合臭は、ガス検知管やガスクロマトグラフィーなどによる単一の臭気成分測定ではうまく実態を把握できないこと、②嗅覚測定法（公定法としての三点比較式臭袋法¹⁾）による臭気指数の測定では、多量の試料（10 L以上）を要し、熟練したパネラーが複数人必要でコストや労力がかかりすぎること、③ラボレベルの分析装置は、大型で現場への持ち込みができないことや即時性がないことが挙げられる。そこで、誰もが簡単に扱えて、畜産現場に持ち込んで臭気指数がすぐに測定できるポータブル型の半導体センサーが開発された。この装置を用いた、畜産臭気をオンサイトで測定・数値化する技術の説明と実際の畜産現場での実用例を紹介する。

2 測定原理と数値化の経緯

ここでいうニオイ分子とは、大気中に浮遊する分子量が300以下の主に有機物であり、およそ40万種あるとされている。ニオイ分子を検知するセンサーには、液晶、有機化学物質、生体物質、脂質膜、半導体など様々なものが報告されているが、悪臭測定では半導体センサーが主流である。特に、金属酸化物半導体センサーは他と比べて感度が高いことと湿度に対する影響が小さい

Analysis of the Livestock Odors with the Odor Sensor by
Institute of Livestock Industry's Environmental Technology.

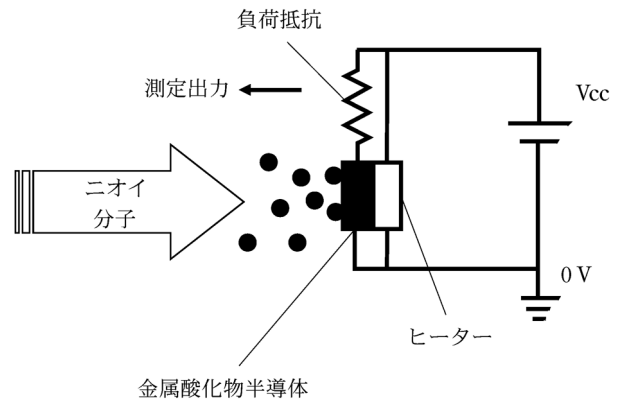


図1 半導体センサーの基本回路図

とされる²⁾。その測定原理は、白金線コイル状に金属酸化物を塗布し、燃焼させたもの（金属酸化物半導体）の表面にニオイ分子が吸着し、酸化反応が進行するとき生成する電子の流れにより起こる抵抗値の変化を、ブリッジ回路の偏差電圧として取り出しセンサー指示値として数値化する（図1）。

最初に述べたように畜産農家自身による測定を考えた場合、センサー指示値ではなく臭気指数による表示が望まれる。そこで、山本らは、この測定原理を採用しているポータブル型の半導体センサー指示値から畜産臭の臭気指数を簡易に推定できるように検討した³⁾。センサー指示値と臭気指数との相関は高く、推定精度として実用的には十分としているが公定法ではないため、「臭気指数（相当値）」として算出される。この半導体センサー自体は、①重量が650gと軽量で扱いやすく、②測定データをセンサー本体に記録し、パソコンでグラフ化するなどの解析ができ、③電池駆動（単三電池4本使用）で連続8時間以上使用できる特長がある（専用ACアダプターの使用可）。

3 畜産現場での実用例

畜産臭気を臭気指数として表示するこの半導体センサーを用いて、実際の現場での使用が試みられているので、実用例を紹介する（写真1）。前田は、半導体センサーとGPSロガーを組み合わせ、農場内の臭気指数を、その値によって色分けし、地図に表示することで農場内の臭気発生状況を一目で確認（臭気の見える化）できる臭気マップを考案した（図2）。これにより、臭気発生源を素早く特定し、外部への臭気拡散を防止する策（堆肥化施設の消臭ネット設置や污水处理施設の固液分離施設へのカーテンの設置など）を講じることで臭気低減が実現されると報告している⁴⁾。取り組んだ対策すべてが臭気低減に結びついているわけではないが、畜産農家自身が臭気発生場所を客観的に確認でき、臭気低減に向けたきっかけになっている側面もあると思われる。木下は、本機器を活用することにより一日に数十ヶ所の



写真1 半導体センサーを使用した農場調査の様子

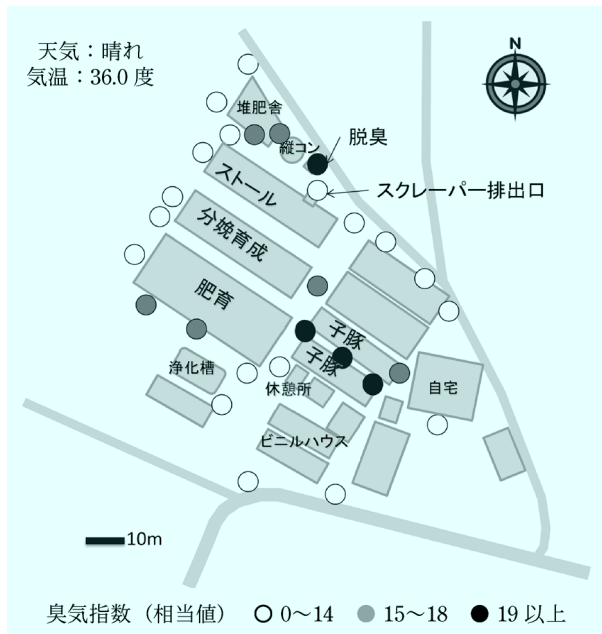


図2 養豚場内の臭気分布マップ

臭気指数を従来よりも迅速に測定できると報告している⁵⁾。また、斉藤は、酪農場から発生する臭気の調査で半導体センサーを使用した結果、牛舎内部の臭気指数は、朝と夕方の管理作業時やサイレージ類を含む混合飼料給与時に高くなることや、季節によって農場からの臭気指数に変動があることを報告している⁶⁾。

このように、今までは、農場の臭気発生源を客観的に把握できず、その場限りの臭気対策に徹し、対策の効果もよく分からなかった。しかし、半導体センサーにより、簡易にまた迅速に臭気指数を数値化することで、臭気対策の前後による脱臭効果の把握や、時間帯による臭気指数の推移を知ることができ、労力や臭気対策コストの削減に貢献している。

4 おわりに

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、人の嗅覚に左右されるため、客観的な対応の難しさがある。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。畜産農家自身は、自分の農場のニオイに慣れてしまい、客観的に臭気をとらえることが難しくなってい

る。そこで、常日頃からこのような半導体センサーによって臭気の発生源を知り、対策をあらかじめ取っておくことで、苦情があったとしても臭気指数データを示すことで、理路整然とその対応に望める面もある。そのために、センサーの機能の向上（例えば、半導体センサーは、消毒用アルコールや排気ガスなどの臭気物質以外の化学物質に反応することや、センサーの劣化による反応速度の変化を避けるための耐久性の改善）、現在約5分を要するキャリブレーション時間の短縮、より小型化して複数台所持できるようにするなどの開発が望まれる。

今後のセンサー開発として、より人の嗅覚機能に近いナノメカニカル膜型表面応力センサー（Membrane-type Surface stress Sensor : MSS）などの新しいタイプのセンサー類の開発も行われている。この技術は、同時に複数の臭気成分を検知することが可能で、従来の数十倍もの高い感度で検出できることが可能とされる⁷⁾。これらの新しい技術の普及によって、畜産農家は、臭気苦情によるストレスから解放され、本来の畜産物生産にコストを掛けられることに加え、周辺住民の臭気環境保全にも資することができるようになる。今後、人の嗅覚に左右されない化学センサーによる測定法が、公定法として採用されることを期待したい。

文献

- 1) “公益社団法人におい・かおり環境協会、嗅覚測定法マニュアル”，環境省水・大気環境局大気環境課大気生活環境室監修，1-233，(2013)，((公社)におい・かおり環境協会)。
- 2) 社におい・かおり環境協会測定評価部会臭気簡易評価技術標準化研究会，臭気簡易評価技術の活用に関する報告書，pp. 1-103，(2003)。
- 3) 山本朱美，古谷 修，小堤恭平，小川雄比古，吉栄康城：日本畜産学会報，79，235，(2008)。
- 4) 前田綾子：平成27年度家畜ふん尿処理利用研究会，p. 89 (2015)。
- 5) 木下 強：平成29年度家畜ふん尿処理利用研究会，p. 21 (2017)。
- 6) 斉藤健一：千葉県畜産総合センター研究報告，17，59 (2017)。
- 7) G. Yoshikawa, T. Akiyama, S. Gautsch, P. Vettiger, H. Rohrer : *Nano Lett.*, 11, 1044, (2011)。



小堤悠平 (Yuhei Ozutsumi)
 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)。東京農工大学大学院 連合農学研究科 生物生産学専攻修了。農学博士。《現在の研究テーマ》畜産現場からの臭気低減・緩和に関する研究。《主な著書》日本型悪臭防止最適管理手法 (BMP) の手引き (2017, 畜産環境整備機構発行)。《趣味》スノーボード、最近、落語の聴講、子育て (三児のパパ)
 E-mail : ozutsumi@chikusan-kankyo.jp