

原著論文

ニオイセンサによる養豚経営体からの臭気測定について

嘉数良子・玉城政信¹⁾・風岡雅輝・辻本卓郎・吉田 孝

一般財団法人沖縄県環境科学センター・元琉球大学農学部¹⁾
(受付 2018 年 11 月 13 日:受理 2019 年 3 月 12 日)

沖縄畜産研究会誌 No. 54 別刷: 29-33
2019 (令和元) 年

原著論文

ニオイセンサによる養豚経営体からの臭気測定について

嘉数良子・玉城政信¹⁾・風岡雅輝・辻本卓郎・吉田 孝

一般財団法人沖縄県環境科学センター・¹⁾元琉球大学農学部

(受付 2018 年 11 月 13 日 : 受理 2019 年 3 月 12 日)

要 約

沖縄県本島内の養豚農家で、2017 年 9 月から 12 月の間に平均肥育豚換算飼養頭数が 1356.7 ± 1017.6 頭規模 12 件について敷地境界における臭気について調査した。敷地境界で最もニオイセンサでの臭気レベル値が高い地点では、臭気強度 3.8 ± 0.8 、臭気指数 18.8 ± 5.5 、快・不快度 -2.3 ± 0.7 、臭気濃度 136.8 ± 145.2 倍希釈、アンモニア濃度 0.38 ± 0.23 ppm、メチルメルカプタン 0.003 ± 0.0001 ppm、硫化水素 0.0072 ± 0.0072 ppm、硫化メチル濃度 0.0011 ± 0.0002 ppm、二硫化メチル 0.0009 ± 0.0004 ppm、プロピオン酸 0.0050 ± 0.0033 ppm、ノルマル酪酸濃度 0.0027 ± 0.0034 ppm、ノルマル吉草酸 0.0005 ± 0.0006 ppm、イソ吉草酸 0.0005 ± 0.0005 ppm であった。臭気レベル値は、臭気指数との間に中程度の相関 ($r = 0.690$, $P < 0.01$) が認められ、臭気レベル値から臭気指数が導き出せることが示唆された。臭気強度、臭気濃度、快・不快度についても臭気指数と同様であった。臭気レベル値とアンモニア濃度との間に高い相関 ($r = 0.711$, $P < 0.01$) が認められ、ニオイセンサによる測定値からアンモニア濃度が推定できる可能性が高いことが考えられる。

緒 論

近年、沖縄県内における畜産の産出額は増加し、2016 年には 440 億円と農業全体の 43% を占めている¹⁾。その反面、畜産経営体由来の苦情が発生している状況である。1989 年には 294 経営体に苦情があったのに対し、2017 年には 15.6% にあたる 46 経営体に減少した。しかしながら、2015~2017 年間の苦情のうち、悪臭に関するものが全体の 6 割を超えている¹⁾。また、嘉手納ら²⁾は、沖縄県本島南部において畜舎由来と考えられるアンモニア濃度の上昇を報告している。嗅覚は数多くの化学物質を受容して生じる感覚である³⁾。環境省においては特定悪臭物質からの臭気の外に物質濃度による規制では捕捉できない複合臭や未規制物質による臭気も捕捉できる臭気指数制度の導入を進めている⁴⁾。

悪臭の基準である臭気指数の値は、パネルの選定試験に合格した 6 名の臭気モニタと臭気判定士により実施する必要がある⁵⁾、悪臭に対する現場での対応・評価が難しい状況にある。1980 年代後半に登場したニオイセンサ⁶⁾は、臭いの強さを電気信号に変換して数値化するものであり、比較的安価により入手可能で、現場でも測定可能な携帯型である。そこで、ニオイセンサを用い、養豚農家における悪臭の評価について検討した。

材料および方法

調査は 2017 年 9 月から 12 月の間に沖縄本島の養豚農家 12 戸 (表 1) を対象に実施した。調査項目は飼養頭数、豚房掃除回数とその内容、直近住宅地までの距離、敷地内温度、湿度、風速、臭気レベル、臭気強度、快・不快度、臭気指数、アンモニア濃度、硫黄化合物濃度はメチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルの 4 項目、低級脂肪酸濃度はプロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸およびイソ吉草酸の 4 項目とした。飼養頭数、豚房掃除回数は聞き取りにより、直近住宅地までの距離は地図から求めた。温度、湿度の測定は豚舎敷地内風上で、通風型乾湿計 (アスマ

連絡者 : 嘉数良子 (r.kakazu@okikanka.or.jp)

ン Y-5011 型、株式会社吉野計測、東京都北区)により、風速は、温度測定と同じ場所で風速計(風車型風程式風速計、株式会社いすゞ製作所、新潟県三条市)を用い臭気サンプル採取時に測定した。臭気サンプルは、臭気レベル値の高い敷地境界とその地点から平均 87 m 風下側に離れた敷地外(以下、敷地外地点とする)の 2 か所において臭気官能試験と硫黄化合物用のサンプルを、地上から 1.2 m の高さで直接採取法により採取した。官能試験用は携帯型ポンプ(DCI-NA、近江オドエアーサービス株式会社、滋賀県近江八幡市)で、Flek-Sampler (20 F、近江オドエアーサービス株式会社)を用い、硫黄化合物用は硫化水素用試料採取袋(F2s (PUDF) バッグ 10 L、アズワン株式会社、大阪西区)を用い捕集したのを分析に供した。アンモニアは臭気官能試験用サンプル採取と同じ場所で、捕集溶液(ホウ酸溶液)を用い、低級脂肪酸用は低級脂肪酸捕集管(GB-VA 3 g 充填済、ジーエル・サイエンス株式会社、東京都新宿区)で捕集し分析に供した。

臭気レベル値は、ポータブル型ニオイセンサ(XP-329Ⅲ 高感度酸化インジウム系熱線型焼結半導体式、新コスモス電機、大阪府淀川区、写真 1: 高さ 340 mm×横 84 mm×厚み 40 mm)を用い、地上から 1.2 m の高さで測定した。

臭気強度は、三点比較式臭袋法⁵⁾に準じ 6 名のパネラーと臭気判定士により実施した。また、臭気指数、快・不快度、臭気濃度についても同様に行った。

アンモニア濃度は、イオンクロマトグラフ(ICS-3000、サーモフィッシャー・サイエンティフックス、東京都港区)を用い分析した。メチルメルカプタンなどの硫黄化合物はガスクロマトグラフィー(FPD7890、アジレント・テクノロジー株式会社、東京都八王子市)とプロピオン酸などの遊離脂肪酸濃度はガスクロマトグラフィー(FID7890A、アジレント・テクノロジー株式会社)で分析した。

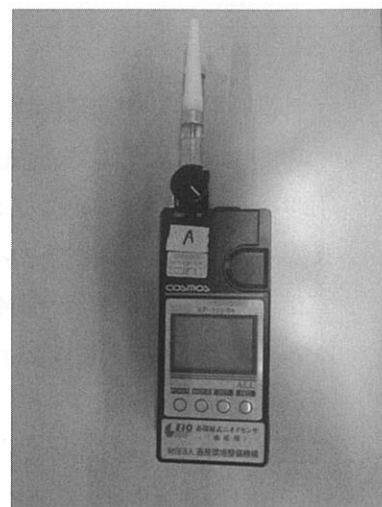


写真 1 ポータブル型ニオイセンサ

結果および考察

対象農家概要および調査時気象状況を表 1 に示した。経営区分は繁殖・肥育一貫経営が 6 戸、肥育経営 5 戸、繁殖経営 1 戸で、平均の肥育豚換算飼養頭数は 1356.7 ± 1017.6 頭である。1 日の豚房掃除回数は 0.69 ± 0.41 回で、その内容は、ぼろ出し 7 件、水洗 7 件であった。直近の住宅地までの距離は 213.5 ± 127.3 m であった。調査時の温度は $27.6 \pm 4.4^\circ\text{C}$ 、湿度 $60.6 \pm 12.4\%$ 、風速 1.9 ± 1.2 m/sec であった。

表 1 対象農家概要および調査時気象状況

経営区分	n	飼養頭数 (肥育豚換算)	豚房掃除回数 /日	掃除内容(件)		直近住宅地までの距離 (m)	調査時の気象条件		
				ぼろ出し	水洗		温度($^\circ\text{C}$)	湿度(%)	風速(m/sec)
一貫経営	6	1683.3 ± 1252.5	0.86 ± 0.35	5	3	180.8 ± 150.3	29.4 ± 4.1	63.5 ± 15.0	2.1 ± 1.5
肥育経営	5	1076.0 ± 742.0	0.29 ± 0.18	2	3	300.0	27.1 ± 1.6	51.8 ± 2.7	1.2 ± 0.3
繁殖経営	1	800.0	1.0	0	1	150.0	24.0	58.0	2.7
計または平均	12	1356.7 ± 1017.6	0.69 ± 0.41	7	7	213.5 ± 127.3	27.6 ± 4.4	60.6 ± 12.4	1.9 ± 1.2

注) 掃除内容は複数回答あり。値は平均値±標準偏差。肥育経営の直近住宅地までの距離は 3 農家が同じ団地グループで、他の 2 農家はデータなし。

農家周辺での臭気レベル値と臭気指数等の値を表 2 に示した。臭気レベルは値が高いほど悪臭となり、敷地境界では 6.1 ± 42.6 、敷地外地点では 40.1 ± 20.4 となった。

臭気強度は 0 (無臭) ~ 5 (強烈な臭い) の 6 段階で評価され、敷地境界で最も臭気レベル値が高い地点では、 3.8 ± 0.8 と 4 (強い臭い) に近い値となり、敷地外地点では 2.5 ± 1.0 と 2 (何の臭い) かわかる弱い臭い ~ 3 (楽に感知できる臭い) の中間だった。

各自治体で定める「悪臭防止法に基づく規制地域の指定及び規制基準の設定による告示」によるC区域での敷地境界線上の臭気強度3.5に対する臭気指数での相当値は21となり許容限度とされる。敷地境界で最も臭気レベル値が高い地点での今回の平均臭気指数は 18.8 ± 5.5 となったが、12件中5件が21の許容限度を超過した。敷地外地点では 14.5 ± 4.3 にとどまった。

快・不快度は9段階で表示され⁷⁾、+4(極端に快)~0(快でも不快でもない)~-4(極端に不快)と評価され、敷地境界で最も臭気レベル値が高い地点では、 -2.3 ± 0.7 と不快(-2)を超過した値となり、敷地外地点では -1.3 ± 0.7 とやや不快(-1)に近い値となった。

臭気濃度は悪臭を無臭空気でもめて臭気検知閾値で求めた。よって、値が高いほどに臭うということになる。敷地境界で最も臭気レベル値が高い地点では 136.8 ± 145.2 倍希釈で臭いを感じなくなり、敷地外地点では 48.5 ± 67.5 倍希釈で臭いを感じなくなった。

表2 農家周辺での臭気レベル値と臭気指数等の値

(n=12)

区 分	臭気レベル値	臭気強度	臭気指数	快・不快度	臭気濃度
敷地境界で最も臭気レベル値が高い地点	6.1 ± 42.6	3.8 ± 0.8	18.8 ± 5.5	-2.3 ± 0.7	136.8 ± 145.2
敷地外地点	-40.1 ± 20.4	2.5 ± 1.0	14.5 ± 4.3	-1.3 ± 0.7	48.5 ± 67.5

注) 値は平均値±標準偏差。臭気レベル値:ニオイセンサ測定値

最も臭気レベル値の高い敷地境界でのアンモニア濃度等の値を表3に示した。悪臭防止法で特定悪臭物質規制のある沖縄県内での臭気指数規制B区域では、畜産に係る特定悪臭9物質は臭気強度3.0相当が許容限度となっている。それぞれの臭気強度3.0相当値はアンモニア2 ppm、メチルメルカプタン0.004 ppm、硫化水素0.06 ppm、硫化メチル0.05 ppm、二硫化メチル0.03 ppm、プロピオン酸0.07 ppm、ノルマル酪酸0.002 ppm、ノルマル吉草酸0.002 ppmおよびイソ吉草酸0.004 ppmとなる。

本調査での平均アンモニア濃度は0.38 ppmと許容限度の19%、硫化メチル濃度は0.0011 ppmと許容限度の2%、プロピオン酸濃度は0.0050 ppmと許容限度の7%と8物質で許容限度以下であったが、ノルマル酪酸濃度のみが0.0027 ppmと許容限度より35%超過となった。鈴木ら⁸⁾が養豚施設ではノルマル酪酸濃度の上昇が特徴的であることとしているのと同じ。一方、豚房への水散布が低級脂肪酸濃度低減に効果があることが示されており⁹⁾、臭気の低減にはそれらの対策も必要と考えられる。

表3 最も臭気レベル値の高い敷地境界でのアンモニア濃度等の値

(n=12、単位:ppm)

区 分	アンモニア	メチルメルカプタン	硫化水素	硫化メチル	二硫化メチル	プロピオン酸	ノルマル酪酸	ノルマル吉草酸	イソ吉草酸
平均値	0.38	0.0003	0.0072	0.0011	<0.0009	0.0050	0.0027	0.0005	0.0005
標準偏差	0.23	0.0001	0.0072	0.0002	—	0.0034	0.0034	0.0006	0.0005

臭気レベル値と各項目の相関係数を表4に示した。ニオイセンサで測定した臭気レベル値は、ヒトによる嗅覚測定である臭気指数との間の相関係数0.690、臭気強度と0.638、臭気濃度と0.696、快・不快度と-0.628と中程度の相関が認められた。

山本ら¹⁰⁾は市販ニオイセンサ(XP-329Ⅲ、新コスモス電機、大阪)指示値と臭気指数相当値との関係は高く、市販ニオイセンサによって、精度よく臭気指数が推定できるとしている。本研究においても臭気レベル値と臭気指数(図1)の嗅

覚測定による検査項目と中程度の相関を示し、有意性($P < 0.01$)が認められたことから、臭気レベル値から臭気指数が導き出せることが示唆された。

臭気レベル値とアンモニア濃度との間に高い相関($r = 0.711$, $P < 0.01$)が認められた(図2)。このことから、ニオイセンサによる測定値からアンモニア濃度が導き出せる可能性も高いことが考えられる。

臭気レベル値と硫黄化合物濃度との相関は、二硫化メチルとの相関係数は中程度の相関($r = -0.418$)、硫化メチルとは低い相関($r = 0.288$)を示した。メチルメルカプタンと硫化水素の相関係数は0.2以下となり、調査したすべての硫黄化合物濃度と臭気レベル値の間に有意性は認めなかった。

臭気レベル値と低級脂肪酸濃度との相関は、プロピオン酸濃度($r = 0.574$, $P < 0.01$)、ノルマル酪酸濃度($r = 0.578$, $P < 0.05$)で有意に中程度の相関を認めた。ノルマル吉草酸濃度($r = 0.428$)は中程度、イソ吉草酸濃度とは低い相関($r = 0.389$)を示しが有意性は認められなかった。このことから、ニオイセンサによる測定値から低級脂肪酸のうちプロピオン酸濃度、ノルマル酪酸濃度との関連性が高いと考えられる。

表4 臭気レベル値と各項目の相関係数

表4 臭気レベル値と各項目の相関係数

項目	臭気指数	臭気強度	臭気濃度	快・不快度
n	23	23	23	23
相関係数	0.690**	0.638**	0.696**	-0.628**

項目	アンモニア濃度	メチルメルカプタン濃度	硫化水素濃度	硫化メチル濃度	二硫化メチル濃度
n	12	12	12	12	12
相関係数	0.711**	0.120	0.091	0.288	-0.418

項目	プロピオン酸濃度	ノルマル酪酸濃度	ノルマル吉草酸濃度	イソ吉草酸濃度
n	12	12	12	12
相関係数	0.574**	0.578*	0.428	0.389

注) **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$ を示す。臭気レベル値:ニオイセンサ測定値。

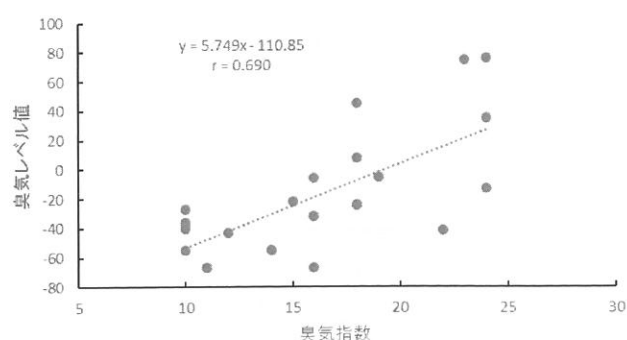


図1 臭気レベル値と臭気指数の相関

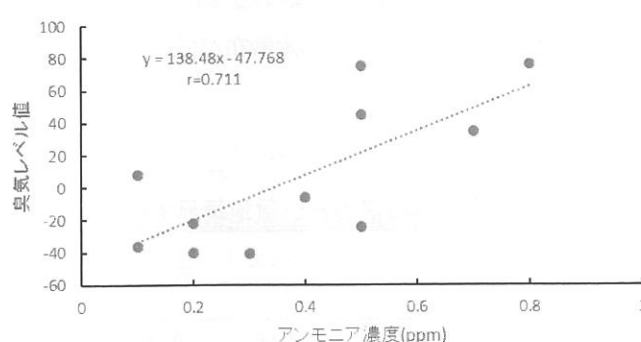


図2 臭気レベル値とアンモニア濃度の相関

引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部畜産課. 2018. おきなわの畜産. pp.2. 56-57. 沖縄県農林水産部畜産課編. 沖縄.
- 2) 嘉手納恒・友寄喜貴・城間朝彰・與古田尚子・与儀和夫. 2010. 沖縄県南城市における大気中アンモニア濃度の特徴. 沖縄県衛生環境研究所報, 44:57-60.
- 3) 南戸秀仁. 2009. 匂いセンサシステムの開発とその応用. 日本放射線安全管理会誌, 8:7-14.

- 4)環境省. 2003. 悪臭防止法に定める臭気指数制度導入のすすめ. pp.2-4. 環境省環境管理局大気生活環境室. 東京.
- 5)環境省. 2017. 三点比較式臭袋法について. pp.17.23. 環境省水・大気環境局大気生活環境室. 東京.
- 6)社団法人におい・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. 2002. 臭気簡易評価技術の活用に関する報告書.東京. pp.6-11.[引用 2018 年 10 月 13 日]. URL:<http://orea.or.jp/pdf/Kanihyoukagijutu.pdf>.
- 7)岩崎好陽. 2005. 臭気の嗅覚測定法. 社団法人におい・かおり環境協会. pp.15. 東京.
- 8)鈴木睦美・福光健二・高橋朋子. 1992. 畜産農家等の悪臭実態調査(第 2 報)-低級脂肪酸類を中心に-. 畜産の研究, 46(3): 398-402.
- 9)鈴木直人・稲嶺 修・宮城正男. 2007. 効率的臭気対策技術の確立(2)豚房への浄化処理水散布による臭気低減効果の解明. 沖縄県畜産研究センター研究報告, 45:33-41.
- 10)山本朱美・古谷 修・小堤恭平・小川雄比古・吉栄康城. 2008. 畜産臭気における臭気指数と市販ニオイセンサ指示値との関係. 日本畜産学会報, 79(2):235-238.