

# 畜舎におけるエアロゾル制御技術

## 畜舎におけるエアロゾル制御技術

東京農工大学大学院連合農学研究科 名出貴紀

### 1. はじめに

畜舎内の環境は飼養している家畜の生産性を向上させるために適切な状態が提供される必要がある。畜舎内の環境要素として、熱環境と空気の衛生環境の2つに分けられる。熱環境の環境要因は、温度、湿度、放射等があり、空気の衛生環境は各種ガス、エアロゾル、微生物である。熱環境は家畜の成長や飼養に影響しており、暑熱による生産量低下が問題となっている。一方、空気衛生環境では臭気ガスや空気中微生物等が悪臭問題や防疫の課題の因子として挙げられる。特に、家畜感染症の発生は畜産業界への安全な畜産物の生産に対する消費者からの懸念や農場経営への壊滅的な打撃を与える。家畜感染症が発生した場合、移動制限や道路の各所に消毒ポイントが設置される等により人の流れや物流が滞り、観光業も含め地域経済全体に甚大な被害を及ぼす。病原微生物は感染動物や汚染媒介物を介して伝播するほか、エアロゾルに付着して空気伝播する。また、エアロゾルには臭気成分が付着しており、エアロゾルの拡散によって悪臭が拡散する。このようにエアロゾルは悪臭の拡散、家畜伝染病の伝播の重要な要因である。

養豚業において離乳後の死亡原因の多くは呼吸器病に起因するとも言われ、いかに畜舎内のエアロゾルを低減するかが重要になる。ここでは、畜舎におけるエアロゾルや低減方法として機能水噴霧によるエアロゾルや空気中微生物に及ぼす影響について紹介する。

### 2. 畜舎内環境の現状

家畜の種類、成育ステージ、畜舎のタイプ(開放型、閉鎖型)によって、舎内環境は大きく異なる。一般的に無窓鶏舎内のエアロゾル、ガス、空気中微生物濃度等は他の畜種と比較して最も高くなる。開放型牛舎は最も低くなる傾向がある。

#### (1) エアロゾル

エアロゾルとは気体中に浮遊する微小な液体または固体の粒子と定義されている。性状は、粒径や化学組成、形状、光学的・電気的特性など多くの因子によって表され、きわめて複雑である。分子やイオンとほぼ等しい  $0.001 \mu\text{m} = 1 \text{ nm}$  程度から花粉のような  $100 \mu\text{m}$  程度まで約 5 桁にわたる広い範囲が対象となる。濃度の表現方法は、単位容積あたりの質量で表す質量濃度、単位容積あたりの個数で表す個数濃度がある。

#### (2) バイオエアロゾル

バイオエアロゾルとは、生物に由来する浮遊粒子状物質のことであり、その中には真菌や細菌などの微生物、ウイルス、花粉、有機粉じん等が含まれる。微生物やウイルスはそのままの形で空気中に浮遊せず、エアロゾルに付着して浮遊・伝播している。主に疾病に関与するのはこのバイオエアロゾルであり、畜舎内でのバイオエアロゾルを低減することがバイオセキュリティ上重要な要因の一つとなる。

### (3) 畜舎内のエアロゾル

畜舎内のエアロゾル研究は、約 30 年前に欧州で作業者の呼吸系の疾病と畜舎内のエアロゾルとの因果関係を調査するところから始まった。人体の影響として、10  $\mu\text{m}$  のエアロゾルは換気による空気の流れに影響されにくく、重力で沈降し、鼻腔に堆積する。5~10  $\mu\text{m}$  では気管に沈降する。5  $\mu\text{m}$  以下のエアロゾルは空気の流れと一緒に動き、肺まで到達する。エアロゾルの単位体積当たりの個数濃度は、2~5  $\mu\text{m}$  以下の粒径で全濃度の約 9 割近くを占めている。無窓鶏舎において空気中に浮遊する微生物濃度とエアロゾル濃度との間には高い正の相関関係があることが認められた<sup>1)</sup>。これらのピークは、給餌やふんの搬出の鶏舎内作業管理と密接な関係があり、作業管理が行われる間と直後に濃度が高くなった。また、世界的に問題となっている離乳豚の多臓器発育不全症候群の原因ウイルスである豚サーコウイルス 2 型(PCV2)の濃度とエアロゾル濃度との間に正の相関があることが報告され、長距離(約 5 km 以上)を風で移動する可能性があることが指摘されている<sup>2)</sup>。筆者らも、国内養豚農場の離乳豚舎において、エアロゾル濃度と空気中の豚繁殖・呼吸器障害症候群ウイルス(PRRSV)に関係がある可能性が示唆されたと報告した<sup>3)</sup>。このように家畜感染症の一要因としてエアロゾルが関係していることを考慮すれば、畜舎内のエアロゾルを低減させることは防疫の観点から重要である。

### 3. 畜舎内のエアロゾル低減技術

畜舎の空気清浄化技術として欧米では、植物油を畜舎内に散布することでエアロゾルの低減が試みられている。噴霧方法は畜舎内で汚染物質を低減させながら周囲への拡散を防止することが可能であり、かつ低コストでメンテナンスが容易であるメリットが挙げられる。今回は、弱酸性水を噴霧することにより豚舎内のエアロゾル濃度及び空気中微生物濃度に及ぼす影響を調べた。

#### 【実験方法】

福島県天栄村に位置する一貫経営農場の折衷型離乳豚舎で夏季の期間に噴霧試験を行った。噴霧資材として、pH: 6.0、有効塩素濃度:50 ppm の弱酸性水(ウェルクリンテ, OSG 社)を使用した。弱酸性水噴霧は室内試験において噴霧粒径: 100~200  $\mu\text{m}$  に低減効果が見られたと報告がある<sup>4)</sup>ことから、本試験では噴霧粒径 100  $\mu\text{m}$  及び 200  $\mu\text{m}$  とした。噴霧量は豚の健康の観点から、5.0 ml/m<sup>3</sup>・回、10.0 ml/m<sup>3</sup>・回とした。測定項目は、エアロゾル個数濃度(OPS3330, TSI 社)、エアロゾル質量濃度[PM10](HV500, 柴田科学)、空気中微生物[一般生菌, ブドウ球菌, 大腸菌]濃度(コリオリス  $\mu$ , ベルタン社)、畜舎内温度・湿度とした。試験は、適切な噴霧条件(噴霧量、噴霧時間、噴霧間隔)を選定するため、空気中微生物濃度及びエアロゾル濃度の低減効果の持続時間を調べた。また、2 日間の連日噴霧による空気中微生物濃度及びエアロゾル濃度の低減効果を検証した。

【結果と考察】

I. 噴霧による空气中微生物及びエアロゾル濃度の低減効果持続時間の検証

噴霧量 5.0 ml/m<sup>3</sup>・回の場合、噴霧粒径 100μm、200μm とともにエアロゾル質量濃度の減少は見られたが、空气中微生物濃度の変化は見られなかった。噴霧量 5.0 ml/m<sup>3</sup>・回では弱酸性水により空气中微生物を低減・消毒するには量が少なかったと考えられる。一方、噴霧量 10.0 ml/m<sup>3</sup>・回の場合は噴霧粒径 100 μm 及び 200 μm においてエアロゾル濃度及び空气中微生物濃度に低減効果が見られた。空气中一般生菌濃度及びエアロゾル質量濃度の時間変化を図 1、表 1 に示した。空气中一般生菌濃度は噴霧粒径 100 μm と比べ、噴霧粒径 200 μm では噴霧の低減持続効果の時間が長かった。感染リスク低減を考える場合、低減持続時間が長い方が望ましいと考えられる。空气中ブドウ球菌及び大腸菌濃度においては粒径 100 μm 及び 200 μm とともに噴霧 30 分後においても低減効果が確認された。PM10 のエアロゾル質量濃度では粒径 100 μm 及び 200 μm とともに噴霧後 20 分に元の値に戻る傾向が確認できた。感染リスクの低減を考えた際、噴霧間隔は微生物及びウイルスが付着するエアロゾル質量濃度が元の値に戻る前に再度噴霧を行うことが望ましい。そのため、連日噴霧試験は噴霧間隔 15 分に設定した。

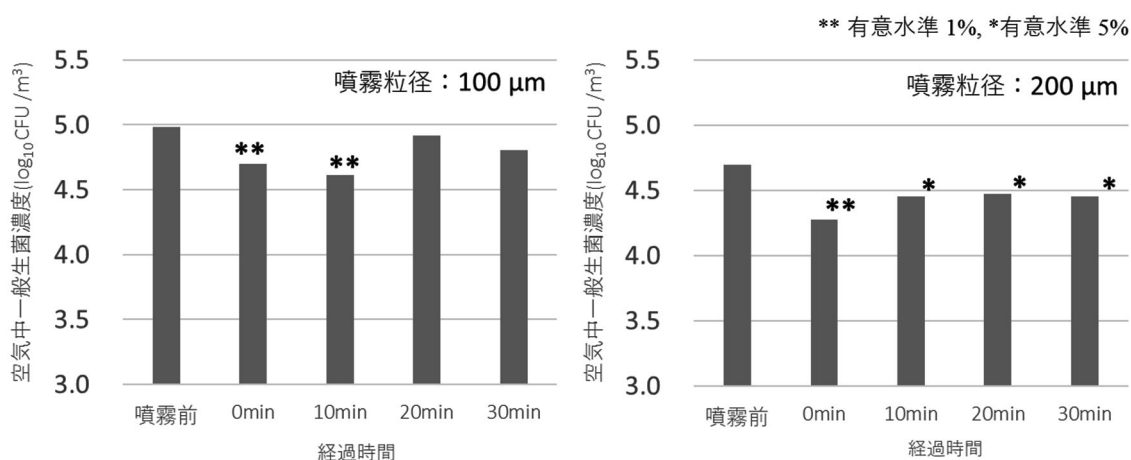


図 1 噴霧粒径における空气中一般生菌濃度の時間変化

表 1 噴霧粒径におけるエアロゾル質量濃度の時間変化

噴霧粒径	エアロゾル質量濃度 (mg/m <sup>3</sup> )				
	pre	0min	10min	20min	30min
100 μm	0.52	0.44 (84.6%)	0.45 (86.5%)	0.51 (98.0%)	0.43 (82.6%)
200 μm	0.40	0.32 (80.0%)	0.25 (62.5%)	0.40 (100%)	0.36 (90.0%)

## II. 連日噴霧による空气中微生物濃度及びエアロゾル濃度の低減効果

連日噴霧は、噴霧条件を噴霧量 10.0 ml/m<sup>2</sup>・回、噴霧粒径 200μm、噴霧間隔 15 分として 2 日間行った。噴霧処理の有無による効果を検証するため、離乳豚舎の 2 室を区分して、弱酸性水噴霧を行う試験区と何も散布しない対照区を設けた。散布ノズルは約 2.5 m の高さに設置した。夏季の離乳豚舎にて試験を行ったため、窓が開口され、換気扇が動いた状態において、弱酸性水の噴霧を行った。弱酸性水噴霧 1 日後において噴霧処理の有無による空气中微生物濃度及びエアロゾル濃度を表 2 に示す。空气中一般生菌濃度及び粒径 5.0-10.0 μm のエアロゾル個数濃度において減少傾向が見られ、粒径 5.0-10.0 μm のエアロゾル濃度は有意に低下した。弱酸性水噴霧 2 日後において噴霧処理の有無による空气中微生物濃度及びエアロゾル濃度を表 3 に示す。噴霧 1 日後に低減傾向が見られた空气中一般生菌濃度及び粒径 5.0-10.0 μm のエアロゾル個数濃度に加え、ブドウ球菌濃度及び PM10 のエアロゾル質量濃度に低減傾向が見られた。今回の試験では空气中微生物濃度に有意な低下が見られなかったが、微生物やウイルスを媒介するエアロゾル濃度を有意に低下しており、Alonso ら (2015) は豚インフルエンザウイルスや豚繁殖・呼吸器症候群ウイルス、豚流行性下痢ウイルスに関して大きい粒径のエアロゾルほどウイルス遺伝子量が多い<sup>5)</sup>と報告があることから、今回の試験で弱酸性水噴霧により粒径が大きい 5.0 - 10.0 μm のエアロゾル濃度及び PM10 のエアロゾル質量濃度に低減効果が見られたことから空気感染のリスク低下が期待できることが示唆された。また、換気量が少なくなる冬場ではエアロゾル濃度及び空气中微生物濃度が高くなる傾向があるため、夏場と比較して弱酸性水噴霧による低減効果が期待できる。

空气中の豚由来ウイルスとして、糞便由来の豚サペロウイルス濃度を調べた。試験区では全ての空気検体において検出限界以下であり、対照区では 8 検体中 7 検体検出された。しかしながら、試験区で噴霧処理前から検出限界以下であったことから今回の試験では弱酸性水噴霧による空气中ウイルス濃度の低減効果を検証するのは困難であった。

表 2 噴霧処理の有無による空气中微生物・エアロゾル濃度（噴霧後 1 日目）

		対照区	噴霧区	噴霧区/対照区
		** 有意水準 1%, *有意水準 5%		
空气中微生物濃度 (log <sub>10</sub> CFU/m <sup>3</sup> )	一般生菌	5.06	4.96	79.7%
	ブドウ球菌	4.28	4.39	129.1%
	大腸菌	3.74	4.05	201.1%
エアロゾル質量濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	PM 10.0	0.18	0.17	92.7%
エアロゾル個数濃度 (log <sub>10</sub> 個数/m <sup>3</sup> )	0.3 - 0.5 μm	7.73	7.99	203.9%
	0.5 - 1.0 μm	6.65	7.02	293.5%
	1.0 - 2.0 μm	5.76	5.90	154.9%
	2.0 - 5.0 μm	5.71	5.60	81.6%
	5.0 - 10.0 μm	5.29	4.89	<b>41.2% **</b>

表 3 噴霧処理の有無による空气中微生物・エアロゾル濃度（噴霧後 2 日目）

		** 有意水準 1%, *有意水準 5%		
		対照区	噴霧区	噴霧区/対照区
空气中微生物濃度( $\log_{10}$ CFU/m <sup>3</sup> )	一般生菌	5.08	4.88	<b>62.9%</b>
	ブドウ球菌	4.65	4.37	<b>53.0%</b>
	大腸菌	4.13	4.14	103.2%
エアロゾル質量濃度(mg/m <sup>3</sup> )	PM 10.0	0.27	0.20	<b>72.9% *</b>
エアロゾル個数濃度( $\log_{10}$ 個数/m <sup>3</sup> )	0.3 - 0.5 $\mu$ m	7.48	7.71	166.4%
	0.5 - 1.0 $\mu$ m	6.30	6.56	177.3%
	1.0 - 2.0 $\mu$ m	5.47	5.55	117.7%
	2.0 - 5.0 $\mu$ m	5.62	5.56	86.8%
	5.0 - 10.0 $\mu$ m	5.30	5.04	<b>55.8% *</b>



写真 1 離乳豚舎における弱酸性水噴霧の様子

#### 4. 参考文献

- 1) Ikeguchi, A. (2001). Relationship between airborne bacteria and dust concentration in layer house. Proceeding of Sixth International Livestock Environment Symposium.
- 2) Verreault, D., Letourneau, V., Gendron, L., Masse, D., Gagnon, C.A., Duchaine, C. (2010). Airborne porcine circovirus in Canadian swine confinement buildings. Veterinary Microbiology. 141, 224-230
- 3) 名出貴紀, 池口厚男, 中久保亮, 石田三佳, 宮崎綾子, 鈴木亨, 鈴木孝子, 高木道浩 (2015). 閉鎖型離乳豚舎内の空气中微生物濃度とエアロゾル濃度の関係, 農業施設, 46(1), 1-8
- 4) 横関正直, 影山吉壮, 村野祐司, 金子晴寿, 西芳秀(1982). 消毒液を噴霧するノズルの性能が消毒及び浮遊塵埃の除去効果に及ぼす影響, 鶏病研究会報, 18(2), p55-57
- 5) Alonso, C., Raynor, P.C., Davies, P.R., & Torremorell, M. (2015). Concentration, size distribution, and infectivity of airborne particles carrying swine viruses. PLoS ONE, 10(8)

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 平 30- 1 資料

平成 30 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 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  
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8593、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 30 年 11 月 8 日

印刷所