

## 資料

## 畜舎空气中微生物の低減化に対する取り組み

勝田 賢<sup>1)</sup>、名出貴紀<sup>2)</sup>、池口厚男<sup>2)</sup>、中久保 亮<sup>3)</sup>、宮崎綾子<sup>1)</sup><sup>1)</sup>国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究部門、<sup>2)</sup>国立大学法人 宇都宮大学農学部、<sup>3)</sup>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)

Katsuda, K., Naide, T., Ikeguchi, A., Nakakubo, R., Miyazaki, A. (2016).

The recent approaches to decrease air-borne bacteria in pig barn.

*Proc. Jpn. Pig Vet. Soc.* 69, 13-17.

キーワード：エアロゾル、空气中微生物、微酸性水、  
光触媒

## はじめに

養豚や養鶏では施設型畜産の進展に伴った大規模化・集約化により、国内の畜産物消費の需要増加に対応して来ており、近年は肉用牛や乳用牛においても数千頭を飼育する大規模農場が認められる。しかし、生産性向上を目的として行われてきた畜産の大規模化・集約化に伴い、農場での微生物蓄積が起りストレス増加も加わって多様な疾病の常在化や感染症の発生リスクが増大するなどの弊害も生じている。このため、規模拡大が必ずしも生産性向上に結びついていない事例も認められる。H27年度畜産統計よれば、我が国では4,830農場において931,300頭の豚が飼養されており、1戸当たりの平均飼養頭数は昭和55年度の27.2倍の1,928.2頭となる。1戸当たりの飼養頭数の増加に伴い離乳後死亡率も増加傾向にあり平成21年度養豚基礎調査によれば10%前後で推移しており、離乳豚の死亡原因の約7割は肺炎等の呼吸器病と報告されている。豚の呼吸器病は、複数のウイルスや細菌などの病原体が関与することや、不適切な飼育密度、低い換気率、気温の日較差、畜舎内の粉塵やアンモニア濃度などの環境要因が複雑に関与することから、生産現場では豚呼吸器病症候群とも呼ばれている。豚の呼吸器病は一年を通して発生するが、特に保温のため換気量が低下し、畜舎内の粉塵や空气中微生物が増加する時期に発生が多い傾向にある。このため、畜舎内の粉塵や空气中微生物などを低減することは、呼吸器病発生を抑え、生産性向上に繋がると考えられる。

現在、農研機構・動物衛生研究部門では、畜舎空气中微生物低減技術の開発を目指し、国立大学法人宇都

宮大学、農研機構・畜産研究部門などの機関と共同研究を実施している。今回、これらの共同研究において見えてきた畜舎での空气中微生物低減技術の現状とその問題点について紹介したい。

## エアロゾルと空气中微生物

エアロゾルは空气中に浮遊する微小な液体または固体の粒子と定義され、その生成過程の違いから粉塵、フェーム、ミスト、煤塵などと呼ばれている。性状は、エアロゾルの粒径や化学組成、形状、光学的・電気的特性など複数の要因によって表され、極めて複雑である<sup>4)</sup>。

畜産におけるエアロゾルの発生源は、飼養動物の咳・くしゃみ・吐息など呼吸器に由来するものが挙げられる。ヒトでは咳やくしゃみで100万個/回のエアロゾルが発生することが報告されている<sup>7)</sup>。また、畜舎では排尿や排便時の飛沫や乾燥した糞便、敷料や飼料もエアロゾルの発生源になる。豚舎内でのエアロゾル濃度は1.3~23.5 mg/m<sup>3</sup>程度で、豚舎内エアロゾルの80~90%は餌由来、2~8%は糞尿由来、2~12%は豚の体(ふけ等)由来と報告されている<sup>1,10)</sup>。エアロゾルの発生は気温や湿度などの気象条件に影響を受け、畜舎でのエアロゾルの発生やその濃度は、温度、湿度、重力、気流、家畜の活動状況などの影響を受ける。このため給餌時や日中家畜の活動が活発となる時間に高くなる傾向があり、家畜の活動と密接に関連していると考えられる<sup>9)</sup>。

エアロゾルの沈降速度はエアロゾル粒子の大きさと関連しており、粒径10nmの粒子の沈降速度は0.03 cm/hr、粒径1000nmの粒子の沈降速度は12.5 cm/hrとされている<sup>11)</sup>。また、粒径5mm以下のエアロゾル粒子は気流と共に動くが、それより大きな粒子では重

力の影響を受けるので気流とは異なった動きをする。

微生物は単体で空気中に浮遊することはなく、エアロゾルとして空気中に浮遊している。エアロゾル粒子が細菌やウイルス等の微生物、花粉、生体断片などで構成されるとバイオエアロゾルと呼ばれる<sup>4)</sup>。さらにバイオエアロゾルが感染性微生物を含んでいる場合には感染症や伝染病を媒介しうると考えられ、感染性エアロゾルと呼ばれている<sup>3,13)</sup>。空気感染は感染性エアロゾルを吸入することによって病原体に感染することであり、①感染性エアロゾルの発生、②感受性動物への伝播、③感受性動物による吸入と感染の3つのステップから成り立っている<sup>14)</sup>。

感染性エアロゾルに含まれる病原体の濃度は、豚群内における感染動物数と感染の持続期間に依存する。豚群に感染動物が多いほど発生源からの感染性エアロゾル飛散量が多くなり、また、感受性動物が絶え間なく感染し群内で伝染病が持続するような状況であれば発生源からの飛散持続時間は長くなる。

#### 閉鎖型離乳豚舎の空気中微生物とエアロゾル濃度の関係

30日齢から70日齢の離乳豚約120頭が収容可能である閉鎖型コンテナ式離乳豚舎 (12m×2.2m×2.2m) 内のエアロゾル濃度と空気中微生物濃度の関係を調査したところ、エアロゾル濃度と空気中の一般細菌数には相関が認められ、特に粒径5.0 $\mu$ m以上のエアロゾルと一般細菌数には強い正の相関が認められた (R = 0.78)。また、冬季 (2 - 3月) には舎内温度維持のため、夏季 (9 - 10月) と比較して換気回数が約25% (1時間当たり11回) 減少し、それに伴い、畜舎内エアロゾル質量濃度と空気中一般細菌数はそれぞれ夏季に平均2.8mg/m<sup>3</sup>および平均3.8万CFU/m<sup>3</sup>であったものが、冬期にはそれぞれ平均6.2mg/m<sup>3</sup> (約2.2倍) および平均23万CFU/m<sup>3</sup> (約6.0倍) となり、換気回数が減少する冬期に上昇する傾向が認められた。豚の導入後日数、活動状況および飼育頭数の変化に伴ってエアロゾル濃度と空気中一般細菌数は増減し、特に、豚の活動が活発であった時期にエアロゾル質量濃度が最高8.3mg/m<sup>3</sup>に達し、この時期に空気検体より豚繁殖呼吸障害症候群ウイルス (PRRSV) 遺伝子が検出されたことから、空気中の同ウイルス遺伝子は高エアロゾル濃度と関連して検出される可能性があると考えられた。尚、試験対象の離乳豚舎豚では豚の口腔液からも同ウイルス遺伝子が検出されている<sup>8)</sup>。

以上のことから、空気中一般細菌数とエアロゾル個数および質量濃度とに強い正の相関が認められ、リアルタイム測定が可能なエアロゾル濃度を畜舎空気中微生物数の制御指標として用いることが可能であると考えられる。また、エアロゾル濃度と空気中の病原微生物消長については、PRRSV以外の病原ウイルスも含めて今後より詳細に検討する必要がある。

エアロゾルや空気中微生物の主要な発生源が家畜なので飼育中のエアロゾルや空気中微生物数をゼロにすることは不可能である。しかし、給餌や家畜の活動時に増加するエアロゾル濃度のピークを抑えることは可能と考えられる。また、豚舎や鶏舎において空気中の一般細菌数とエアロゾル濃度との間には高い正の相関が認められた。このためエアロゾルの発生を抑えることが畜舎内の空気中微生物低減にも繋がると考えられる。これ以降は、これまでに我々が畜舎内のエアロゾルや空気中微生物を低減させるために行った試験について紹介したい。

#### 電気集塵によるエアロゾルおよび微生物低減

電気集塵とは静電気力を利用した集塵方式で、直流高電圧によってコロナ放電を発生させ、空気中のエアロゾルなどの粒子を帯電させて、この帯電粒子を静電気力で捕集する方法で、家庭用空気清浄機にも利用されている。

コンテナ型離乳豚舎 (12m×2.2m×2.2m) に市販の電気集塵式空気清浄機 (ダイキン: ACEF12L-W) を通風量12m<sup>3</sup>として2機設置し、1時間稼働後の空気清浄効果をエアロゾル濃度および空気中一般細菌数を指標として評価した。電気集塵式空気清浄機の稼働によりエアロゾル個数濃度はいずれの粒子径レンジにおいても70~80%削減され、畜舎空気中一般細菌数は平均して約80%削減された (図1)。豚舎空気中のウイルスに対する影響は確認できなかったが、コンテナ型離乳豚舎への電気集塵式空気清浄機の設置は有効な空気清浄手法であると考えられた。今後は電気集塵式空気清浄機の長期設置試験を実施してエアロゾルや空気中微生物に対する影響に加え、豚の発育や損耗率に対する効果についても調査する必要がある。

#### 微酸性次亜塩素酸水のミスト噴霧

微酸性次亜塩素酸水 (微酸性水) はHClまたは塩化ナトリウム水溶液を電気分解することにより得られる次亜塩素酸 (HOCl) を主成分とする水溶液で、pH5.0

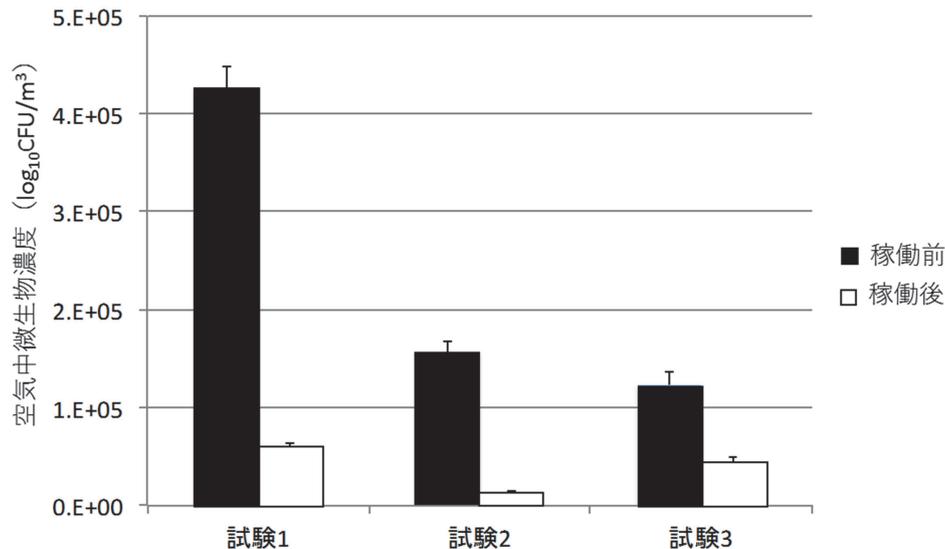


図1. 電気集塵式空気清浄機の空气中微生物低減効果 (平均値±標準偏差)

～6.5の酸性域で高い殺菌効果を呈する。生体への影響がないことから食品工場や病院・介護施設などで広く使用されている<sup>2)</sup>。畜産分野でも豚舎や鶏舎でミスト噴霧により暑熱対策や畜舎内エアロゾル対策への利用が期待されている消毒資材である。我々が実験施設内や畜舎において実施した微酸性水の噴霧効果試験について紹介する。

実験施設内における効果判定試験は、動物衛生研究所内BSL2動物実験施設内の密閉空間内に大腸菌と豚サペロウイルスを噴霧後、微酸性水をミスト噴霧し、空气中微生物の低減効果は無噴霧および蒸留水噴霧と比較した。

微酸性水や蒸留水を噴霧することで、無噴霧に比較して空气中微生物数や落下細菌数の減少が認められた。また、蒸留水噴霧に比較して微酸性水の方が、空气中微生物に対して高い低減効果が認められた。これは、微酸性水による消毒作用により、噴霧したウイルスや細菌が減少したためと考えられる。

コンテナ型離乳豚舎 (11.9m×2.2m×2.15m) での試験では、微酸性水の21分間の間欠噴霧 (噴霧量 (9.69g/m<sup>3</sup>/min)) により、エアロゾル質量濃度は約50%低減し、落下細菌数は約50%低減する効果が認められたが、空气中一般細菌に対する低減効果や5μm未満の粒子径のエアロゾル低減効果は確認されなかった。また、噴霧に伴い畜体・床面のぬれや湿度の上昇が認められた。豚体表へのミスト付着を回避するため、噴霧条件変更した場合 (ミスト粒径7.6μm、噴霧時間1分、インターバル3分、噴霧量260mL/min)、ミス

ト噴霧による明確なエアロゾル低減効果は認められなかった。これは噴霧時間が短いためインターバル中に発生・再飛散するエアロゾルや空气中細菌が、ミスト噴霧による削減効果を打ち消したためと考えられた。このため、ミスト噴霧はコンテナ型離乳豚舎の空気清浄化手法にはあまり適さないと考えられた。一方、沖縄県畜産研究センターが実施した、開放型豚舎でのミスト噴霧試験では、損耗率の低下や細菌数の減少が認められ、また、噴霧により畜舎内温度の低下が認められることから暑熱対策への有用性など示されている<sup>5)</sup>。

#### 光触媒換気装置による微生物低減の試み

光触媒は、紫外線などに反応して触媒作用を示す物質の総称で、植物の光合成も光触媒反応に含まれる。現在、実用化されている代表的な光触媒として、二酸化チタンが広く知られている。二酸化チタン光触媒材料はセルフクリーニング機能を有していることから、二酸化チタンを塗布したガラスやタイル、自動車の窓やミラー、建物の外壁等、身近なところに利用されている。また、消臭・脱臭、抗菌・殺菌、有害物質の除去機能なども有しており、環境分野での幅広い応用が可能と考えられている<sup>12)</sup>。畜産分野においても畜舎排水の脱色処理や光触媒を利用した脱臭技術の開発などの研究が行われている。

光触媒の大腸菌や黄色ブドウ球菌などの細菌に対する不活化効果については既に報告されているが<sup>6,12)</sup>、抗ウイルス効果についてはファージを用いた報告がされているだけで、家畜由来のウイルスに対する不活化

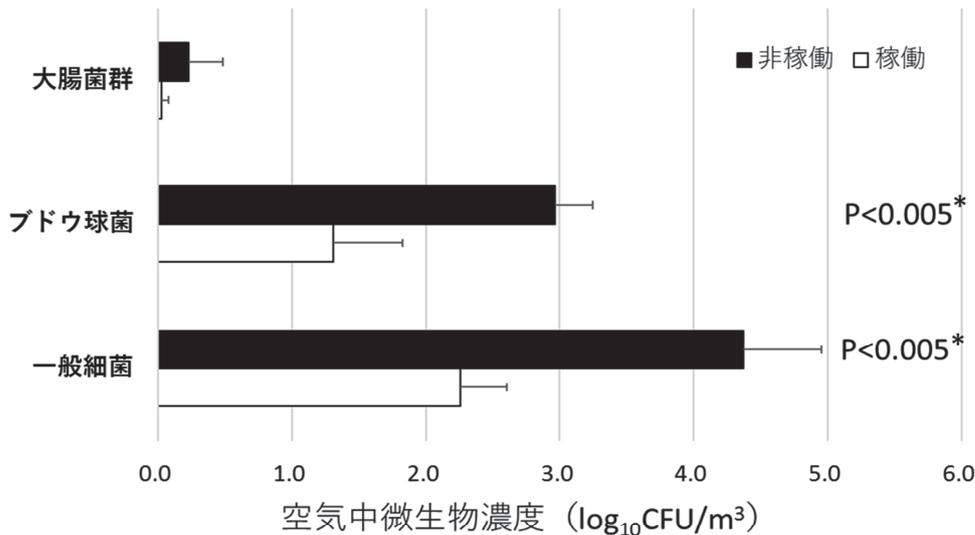


図2. 光触媒空気清浄機による空气中微生物低減効果(平均値±標準偏差)

\*空気清浄機の稼働前後のブドウ球菌数および一般細菌数細菌数にそれぞれ有意差有り

効果は不明であった。そこで実験室において豚サペロウイルスおよび豚コロナウイルスに対する効果判定試験を実施した。光触媒の作用により、豚サペロウイルスおよび豚コロナウイルスは、それぞれ99.5%と99.8%不活化され、家畜の病原ウイルスに対しても不活化効果が認められた。

光触媒による空気清浄を目的とした光触媒空気循環換気装置は、農林水産省「新たな農林水産政策を実現する実用技術開発事業(H23-H25)」で、(地独)岩手県工業技術センター、農研機構動物衛生研究部門、(株)釜石電機製作所など本プロジェクト参画機関で開発した高性能光触媒循環換気装置で、試験的に開放型畜舎に設置したケースでは、畜舎空气中に浮遊している細菌数の有意な減少が確認されている(図2)。

寒冷地では冬季に畜舎内温度の低下を防ぐために換気が不十分となり、呼吸器病などの疾病が発生しやすい環境となる。本装置は畜舎内の空気を循環させながら浄化できるため、気温が低い冬季でも内部温度の低下は殆ど起こすことなく、畜舎内の空気を清浄化出来ると考えられる。本装置を長期間設置している養豚場では、設置前と比較して死亡率の低下、発育良好、屠畜場での肺炎スコアの改善などの効果が認められている(詳細なデータは現在集計中)。本装置については畜舎内、特に豚舎での粉塵による光触媒フィルターが目詰まり対策や装置に用いる光触媒の更なる機能向上などが今後の解決すべき課題と考えられる。また、畜舎空气中ウイルスに対する効果については、今後、詳細

に確認していく必要がある。

#### 引用文献

- 1) Boutin P, et al. (1988) Atmospheric bacterial contamination from land spreading of animal wastes: Evaluation of the respiratory risk for people nearby. *Agric Engi Res*, 39: 146-160.
- 2) 土井豊彦 (2006) 微酸性電解水の特徴と効果に関する最近の話題 (特集 2 広がる電解水利用). 月刊フードケミカル, 22(3): 58-62.
- 3) Hartung J, (1994) The effect of airborne particulates on livestock health and production. In: Dewi RFE, et al., eds. *Pollution in livestock production systems*. 1st ed. p55-69, CAB International, Wallingford, Oxfordshire.
- 4) Hirst JM, (1995). Bioaerosols: Introduction, retrospect and prospect. In: Cox CS, et al., eds. *Bioaerosol handbook*. p1-10, CRC Lewis Publishers, Boca Raton.
- 5) 稲嶺 修ら (2011) 殺菌水の煙霧散布利用、畜産環境コントロールシステム、豚生産向上煙霧システム開発. 沖縄県畜産研究センター試験研究報告, 48: 29-36.
- 6) Ireland JC, et al. (1993) Inactivation of *Escherichia coli* by titanium dioxide photocatalytic oxidation. *Appl Environ Microbiol*, 59(5): 1668-1670.
- 7) Knight V, (1973) Airborne transmission and pul-

- monary deposition of respiratory viruses. In: Hers JFP, et al., eds. Airborne transmission and airborne infection, 4<sup>th</sup> International Symposium on Aerobiology. p175-182, Oosthoek Publishing Company, Utrecht, The Netherlands.
- 8) 名出貴紀ら (2015) 閉鎖型離乳豚舎内の空気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
  - 9) Pedersen S, (1993) Time based variation in airborne dust in respect to animal activity. In: Collins E, et al., eds. Proceeding of 4<sup>th</sup> International Livestock Environment Symposium, p718-725.
  - 10) Rankin DJ, et al. (1996) A study of some disease hazards which could be associated with the system of applying cattle slurry. Vet Rec, 85: 578-581.
  - 11) Robertson JF, (1993) Dust and ammonia concentration in pig housing: The need to reduce maximum exposure limits, In: Collins E, et al., eds. Proceeding of 4<sup>th</sup> International Livestock Environment Symposium, p694-700.
  - 12) 渡部俊也 (1999) 酸化チタンの光触媒反応を利用した抗菌作用. 無機マテリアル, 6: 532-540.
  - 13) Wathes CM, (1994) Air and surface hygiene. In: Wathes CM, et al., eds. Livestock housing, p123-148, CAB International, Wallingford, Oxfordshire.
  - 14) Winkler KC, (1973) The scope of aerobiology. In: Hers JFP, et al., eds. Airborne transmission and airborne infection. 4<sup>th</sup> international symposium on aerobiology, p1-11, Oosthoek Publishing Company, Utrecht, The Netherlands.