

技 術 論 文

光触媒脱臭装置を用いた養豚舎における環境保全の実証評価 Demonstration of Environmental Protection in Pigpen with a Photocatalyst Deodorizing Equipment



技術開発センター
事業化開発室 係長
山本 清司
Kiyoshi Yamamoto

技術開発センター
事業化開発室 主任
藤井 恵理子
Eriko Fujii

技術開発センター
事業化開発室 室長
樋口 友彦
Tomohiko Higuchi

技術開発センター
メカトロニクス開発室 係長
高巢 圭介
Keisuke Takasu

技術開発センター
メカトロニクス開発室 室長
博士(工学) 牟 用煥
Yong-Hwan Mo

要 旨

弊社は、畜舎由来の悪臭及び微生物の低減化を目的として、国立大学法人宮崎大学と共同で研究開発を行ってきた。本報では、熊本県内の民間養豚場で約2ヶ月間の実証評価試験を行い、一般的な豚舎におけるSR（弊社が独自に開発した大型光触媒脱臭装置）による環境衛生改善の観点から評価を行った。

2つのコンテナ豚舎を用いて、一方にSRを設置した試験群豚舎、他方を通常換気方式の対照群豚舎とした。各豚舎に離乳豚60頭を投入し、各豚舎内の環境と豚舎外に排出される空気の臭気及び微生物量を調査することでSRの有効性について実証評価を行った。

SRの設置により、豚舎外に排出される空気中の低級脂肪酸の低減化、さらに、アンモニア、豚舎内浮遊微生物の低減化傾向が認められた。しかし、豚舎内環境の改善については顕著な効果は示されなかったものの、今後空調設備を組み合わせたシステムを活用して大幅な環境改善も行っていく。

Synopsis:

In a series of studies, we have carried out research and development with University of Miyazaki for the purpose of reduction of the odor and microorganisms from the pigpen. In this paper, we carried out the test at a private pig farms in Kumamoto prefecture about two months, and we executed an evaluation from the viewpoint of environmental hygiene improvement according to SR (Solar Reactor) in a typical farm.

We used two containers pigpen, one was a test group pigpen with installed SR and the other was a control group pigpen with normal ventilation system. 60 weaned pigs were put into each pigpen. And the effectiveness of SR was evaluated by investigating the environment inside each pigpen and the odor and the amount of microbial of the air discharged outside the pigpen.

By using SR, we confirmed the decrease of short-chain fatty acids of the air discharged outside the pigpen and the decreasing trend of ammonia and floating microorganisms in the pigpen. Although the remarkable effect was not shown about the environmental improvement in the pigpen, we will make significant improvements to the environment by utilizing a system that combines air conditioning equipment.

1. はじめに

弊社は光触媒を用いた大型脱臭装置（ソーラーリアクター、以下SRと称する）を開発した¹⁾。この装置は太陽光だけで脱臭・除菌機能を発揮するため、ラン

ニングコストを大幅に低減できるという大きな特長が評価され、大規模工場のゴム生産ライン、汚泥処理場等で採用され始めている。

一方、養豚業における排せつ物に起因する悪臭は豚

舎規模の大型化に伴い、その影響も大きく悪臭対策が喫緊の課題となっている。2013年、畜産経営に起因する苦情の発生戸数が1,970戸であり、この内の約6割の1,316戸は悪臭関連によるものであった²⁾。また、豚舎外へ排出されるのは悪臭だけでなく、有害微生物も含まれている可能性がある。さらには豚舎内における高密度飼育形態によって、悪臭ガスや有害微生物の滞留で、従業員や豚の健康被害や感染症の急速水平伝播が危惧されている。畜舎内における浮遊微生物は飼養されている家畜のみならず、従業員の呼吸器障害を引き起こすこともあるため、低減化対策が必要である。また、その低減化対策として、畜舎外に無処置で排出することは畜舎周辺の環境汚染に繋がるので、対策が必要になる。

弊社では、2013年から2015年までの2年間、宮崎大学と共同で豚舎由来の悪臭および微生物の低減化を目的として小型豚舎内において、弊社が独自に開発した高殺菌素材(MaSSC)と大型脱臭装置(SR)を利用した評価試験を行った。その結果、SRによる豚舎内の消臭効果および微生物数の低減化が確認された^{3)・6)}。

本研究では、SRを一般的な民間養豚場の豚舎に設置し、飼育頭数を通常飼育数に増大させた環境における、豚舎内外の環境衛生改善効果の有無を検証するため実証試験を行ったので報告する。

2. 実証試験装置

以下に今回行った実証試験の概要を示す。

1) 試験農場

民間養豚場(ナガイエ緑川農場、熊本県上益城郡)で実施した。

2) 試験期間

2015年9月3日～10月27日までの55日間。

3) 豚舎

対照豚舎、試験豚舎ともコンテナ豚舎(イワタニ・ケンボロー、Fig. 1,2)を用いた。供試豚として、生後20日程度の離乳豚を試験群と対照群に分け、各豚舎に60頭ずつ導入し、飼育した。

両豚舎において、豚舎内が27℃以上になると大型の換気扇(処理流量60m³/min)で強制排気するように設定した。

(1) 対照豚舎

2箇所の換気扇から外気に排気される通常の換気方式とした。

(2) 試験豚舎

Fig. 3に示すように試験群豚舎には、排気用換気扇2箇所の内1箇所にSR用の配管を接続し、コンテナ上に設置したSRを通過した空気が再度給気口より豚舎内へ入るように設置した。そのため、試験群豚舎にはSR用給気口が1つと排気用換気扇1つ以外に、外気との換気が可能な給気口、外気用換気扇が1つずつ備え

付けている。

4) 試験豚舎のSR仕様と運転試験条件

(1) 仕様

Fig. 4に示すように、SRの内部構造は前半部の3/4の部分に光触媒材料を表面コートした山型のゼオライトボードを設置し、後半の1/4の部分に光触媒アルミ繊維フィルターを2層谷型で設置し、SRの手前には粉塵対策として、中性能不織布を3枚重ねたプレフィルターを設置した。

大型換気扇の処理流量は60m³/minで、SRに接続されている換気扇は40m³/minの処理流量となっており、27℃以上になると大型換気扇が稼働するため、換気量の40%がSRで処理されて豚舎内に還流し、残りの60%は外気に排気される。

(2) 運転試験条件

試験開始時の1週目におけるSRの処理流量は7m³/minで運転を行い、2週目に18m³/minに変更し、3週目以降は常時40m³/minで運転を行った。



Fig. 1 Photo showing inside of pigpen

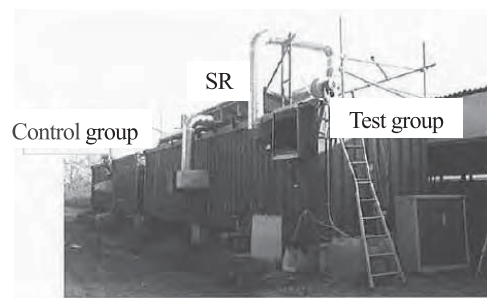


Fig. 2 Photograph showing appearance of container pigpen

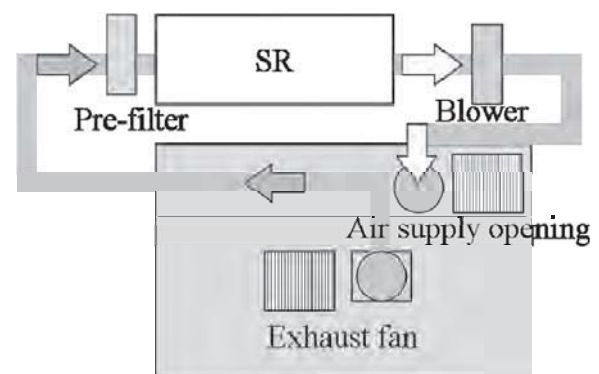


Fig. 3 Image showing component of test group pigpen

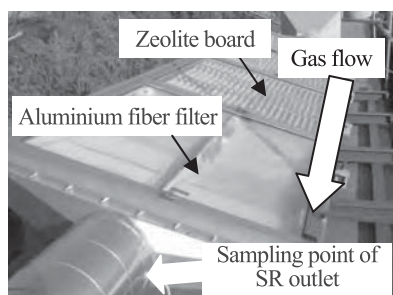


Fig. 4 Photograph showing overview of SR on test group pigpen

3. 試験方法

3.1 豚舎内の環境改善効果試験

両豚舎の換気扇から排出される空気を分析することにより、豚舎内の環境について比較評価を実施した。

3.1.1 ガス分析

1)分析対象

低級脂肪酸、硫黄化合物、アンモニア、アセトアルデヒド及び二酸化炭素。

2)測定方法

換気扇から排出される両豚舎内部において環境空気中のガス成分を測定した。

低級脂肪酸はアルカリビーズ法で試料捕集管に50L 捕集し、GC/FID (GC-2014, 島津製作所)で定性・定量分析を行った。

硫黄化合物は吸引ポンプを使用し、ガスバッグに捕集し、捕集したガスをGC/FPD (GC-2014, 島津製作所)で定性・定量分析を行った。

アンモニア、アセトアルデヒド及び二酸化炭素は光音響マルチガスモニタ1412i-5(INNOVA)及びマルチポイントサンプラ1309(INNOVA)を用いて測定した。

3)測定期間

アンモニア、アセトアルデヒド及び二酸化炭素は9月3日より試験終了まで連続で測定した。

低級脂肪酸及び硫黄化合物は、9月3日から10月6日までの週1回、合計9回測定を行った。

3.1.2 浮遊微生物分析

1)分析対象

一般生菌、ブドウ球菌、腸内細菌群及び真菌。

2)測定方法

両豚舎内環境空気中の浮遊微生物数を測定した。換気扇から排出される豚舎内空気をインピンジャー (SPC ミゼットインピンジャー G-1 型)を用いて50L 捕集した。インピンジャー内の5mL の滅菌リン酸緩衝生理食塩水 (以下PBS と称する) 内に浮遊微生物を収集し、10mL 遠沈管に移して、攪拌し、試料原液とした。この試料原液をPBS で10倍段階希釈し、一般生菌数測定にMueller-Hinton Agar (MHA, 関東化学

製)、ブドウ球菌数測定としてマンニト食塩培地 (MSA, ニッスイ製)を、腸内細菌群数測定にはDHL 寒天培地 (DHL, ニッスイ製)を使用し、各培地に塗抹して、37°Cで24時間培養後の発育コロニー数から生菌数(\log_{10} (CFU/mL))を平板寒天法で求めた。真菌数測定にはポテトデキストロース寒天培地 (PD, ニッスイ製)を使用し、25°C、120時間培養後の発育コロニー数から生菌数を求めた。また、ダブルチェックとして、一般生菌、大腸菌・大腸菌群、真菌数測定にはそれぞれ換気扇フード部分にペトリフィルム(3M)のACプレート、ECプレート、RYMプレートをスタンプさせ、プロトコールに従って測定した。

3)測定期間

臭気ガス測定と同様な日程と箇所から週1回、合計9回行った。

3.2 豚舎外の環境改善効果試験

豚舎から排出される空気がSR通過時に処理された成分及び低減量について比較評価を実施した。

3.2.1 ガス分析

SRを設置した試験群豚舎内の空気とSR通過後の出口空気(Fig.4)のガス成分を測定した。対象ガス及び方法は前述の3.1.1と同様の方法で行った。

3.2.2 浮遊微生物数分析

試験豚舎内の空気中とSR出口部(Fig.4)での浮遊微生物の数を測定した。方法は3.1.2と同様の方法で行った。

3.2.3 浮遊微生物数の測定

インピンジャー法により、検出菌数の少ないものについては、携帯型エアサンプラー (BIOSAMP MBS-1000, ミドリ安全)を用いて空気を10~100L 捕集し、実施した。供試培地は、MHA、MSA、DHL 及びPDを使用した。測定は3.1と同日程で計9回行った。

4. 結果

4.1 豚舎内の環境改善効果試験

4.1.1 ガス成分の低減化試験

試験群内と対照群内の各ガス成分の濃度をTable 1とFig.5、Fig.7、Fig.8にそれぞれ示し、低級脂肪酸及び硫黄化合物の臭気強度をTable 2とFig.6とFig.7に示す。

各豚舎間のガス濃度に関して、低減効果において有意差を示すガス成分はなかった。加えて、低級脂肪酸及び硫黄化合物については臭気強度の平均が3を超える成分もあり、両豚舎内の環境は良好ではない結果であった。

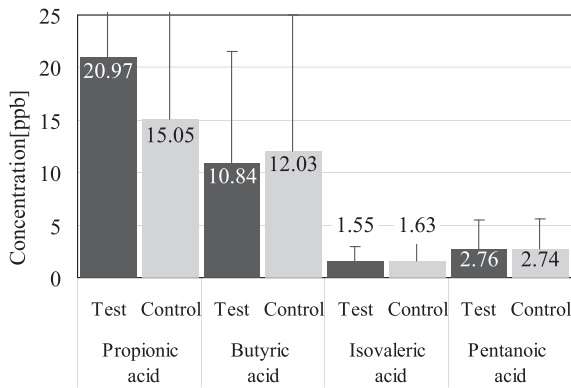


Fig. 5 Comparison of concentration of short-chain fatty acid in test and control pigpens

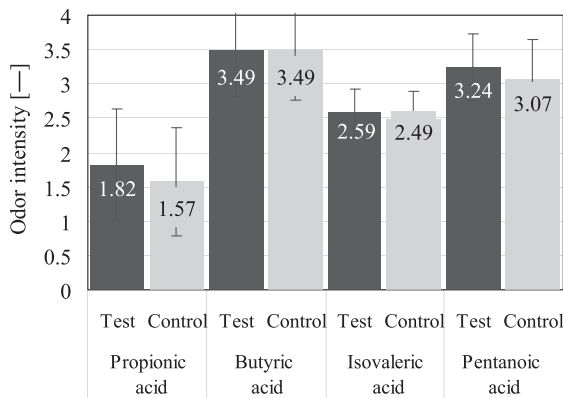


Fig. 6 Comparison of odor intensity of short-chain fatty acid in test and control pigpens

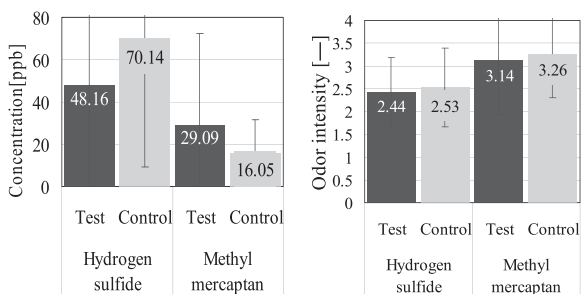


Fig. 7 Comparison of concentration and odor intensity of volatile sulfur compound in test and control pigpens

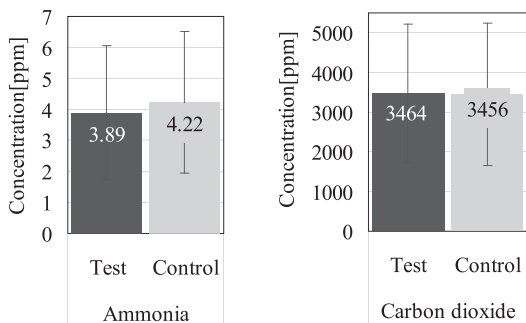


Fig. 8 Comparison of concentration of ammonia and carbon dioxide in test and control pigpens

Table 1 Average concentration list of detected gas components in pigpen

Component	Test group	Control group
	Mean ± SD	Mean ± SD
Propionic acid / ppb	20.97 ± 21.87	15.05 ± 19.21
Butyric acid / ppb	10.84 ± 10.63	12.03 ± 13.98
Isovaleric acid / ppb	1.55 ± 1.45	1.63 ± 1.69
Pentanoic acid / ppb	2.76 ± 2.68	2.74 ± 2.90
Hydrogen sulfide / ppb	48.16 ± 52.50	70.14 ± 61.04
Methyl mercaptan / ppb	29.09 ± 43.27	16.05 ± 15.37
Ammonia / ppm	3.89 ± 2.16	4.22 ± 2.28
Carbon dioxide / ppm	3464 ± 1743	3456 ± 1792

Table 2 Odor intensity of short-chain fatty acid and volatile sulfur compound in pigpen

Component	Test group	Control group
	Mean ± SD	Mean ± SD
Propionic acid	1.82 ± 0.82	1.57 ± 0.79
Butyric acid	3.49 ± 0.68	3.49 ± 0.72
Isovaleric acid	2.59 ± 0.34	2.49 ± 0.40
Pentanoic acid	3.24 ± 0.49	3.07 ± 0.57
Hydrogen sulfide	2.44 ± 0.74	2.53 ± 0.86
Methyl mercaptan	3.14 ± 1.21	3.26 ± 0.95

4. 1. 2 浮遊微生物数の低減化試験

各豚舎内の浮遊微生物の測定結果を Fig.9 に示す。一般生菌数については、試験豚舎及び対照豚舎の平均値 ±SD [log₁₀(CFU/m³)] はそれぞれ 3.23±0.22 と 3.40±0.44 であった。また、ダブルチェックとして、一般生菌を対象とした AC プレートの各平均値 ±SD [log₁₀(CFU/m³)] はそれぞれ 3.02±0.52 と 3.32±0.51 であり、同程度の結果を示した。

腸内細菌群数は、両豚舎において殆ど分離されず、EC プレートにおいても分離されなかった。

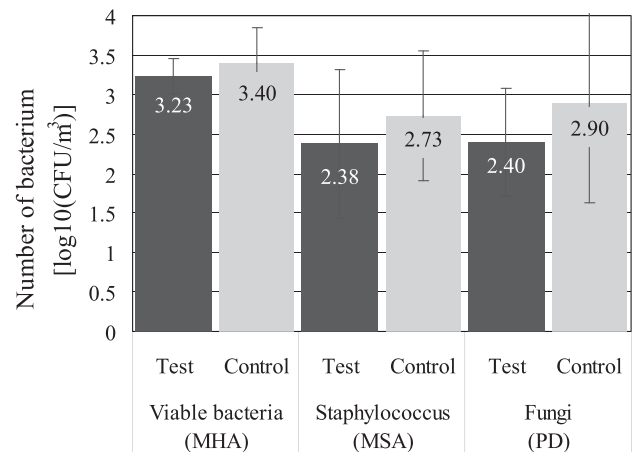


Fig. 9 Comparison of airborne bacterium number in test and control pigpens

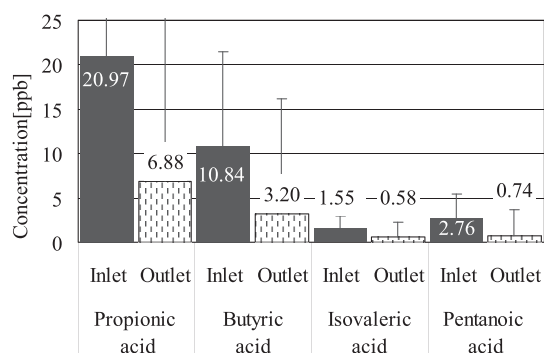


Fig. 10 Comparison of concentration of short-chain fatty acid at inlet and outlet for SR

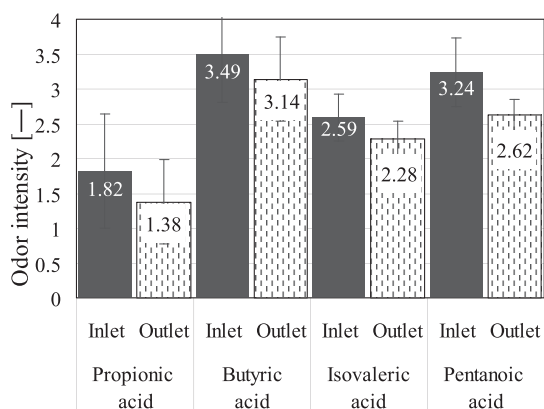


Fig. 11 Comparison of odor intensity of short-chain fatty acid at inlet and outlet for SR

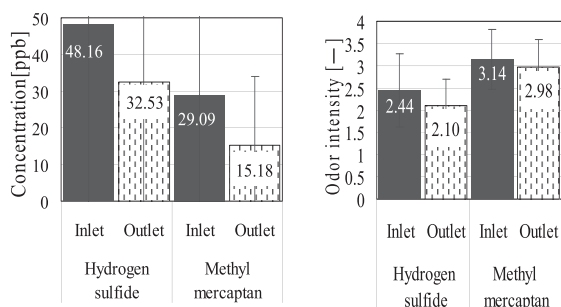


Fig. 12 Comparison of concentration and odor intensity of volatile sulfur compound at inlet and outlet for SR

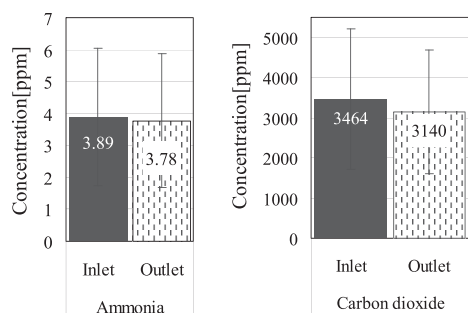


Fig. 13 Comparison of concentration of ammonia and carbon dioxide at inlet and outlet for SR

ブドウ球菌数は、試験群豚舎と対照群豚舎の平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 2.38 ± 0.94 と 2.73 ± 0.82 であった。

真菌数は、試験群豚舎と対照群豚舎の平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 2.40 ± 0.68 と 2.90 ± 1.27 であり、ダブルチェックの RYM プレートの各平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 2.28 ± 0.83 と 2.88 ± 1.06 であり、同程度の数値を示した。

対照群豚舎に比べて、試験群豚舎内では各菌数で低減が見られたものの、有意差は示されなかった。

4. 2 豚舎外の環境改善効果試験

4. 2. 1 臭気ガスの低減化試験

試験豚舎内(SR 入口)、SR 出口の各ガス成分の濃度を Table 3 と Fig.10、Fig.12、Fig.13 に示し、低級脂肪酸及び硫黄化合物の臭気強度を Table 4 と Fig.11、Fig.12 に示す。

低級脂肪酸は、SR を通過後に大幅に低減される結果が確認された。硫黄化合物についても、半減するほどの効果が認められた。しかしながら、両成分共に目標であった 90%以上の低減効果を示しきれていなかったことから、臭気強度においては十分な低減効果を示すことはできていない(Table 4、Fig.11、Fig.12)。

Table 3 Average concentration list of detected gas components in SR

Component	Inlet	Outlet
	Mean ± SD	Mean ± SD
Propionic acid / ppb	20.97 ± 21.87	6.88 ± 8.47
Butyric acid / ppb	10.84 ± 10.63	3.20 ± 4.41
Isovaleric acid / ppb	1.55 ± 1.45	0.58 ± 0.60
Pentanoic acid / ppb	2.76 ± 2.68	0.74 ± 0.65
Hydrogen sulfide / ppb	48.16 ± 52.50	32.53 ± 49.85
Methyl mercaptan / ppb	29.09 ± 43.27	15.18 ± 18.86
Ammonia / ppm	3.89 ± 2.16	3.78 ± 2.10
Carbon dioxide / ppm	3464 ± 1743	3140 ± 1536

Table 4 Odor intensity of short-chain fatty acid and volatile sulfur compound in SR

Component	Inlet	Outlet
	Mean ± SD	Mean ± SD
Propionic acid	1.82 ± 0.82	1.38 ± 0.60
Butyric acid	3.49 ± 0.68	3.14 ± 0.60
Isovaleric acid	2.59 ± 0.34	2.28 ± 0.25
Pentanoic acid	3.24 ± 0.49	2.62 ± 0.23
Hydrogen sulfide	2.44 ± 0.74	2.10 ± 0.88
Methyl mercaptan	3.14 ± 1.21	2.98 ± 1.26

アンモニアについては、試験豚舎内の全期間の平均濃度は 3.89ppm で、SR 出口の平均濃度は 3.78ppm であり、低減効果は軽微であった(Fig.13)。

アセトアルデヒドは、SR 出口においても全期間検出限界以下であり、中間生成物は検出されなかった。

二酸化炭素については、試験豚舎内の全期間での平均濃度は 3,464ppm であり、SR 出口の全期間の平均濃度は 3,140ppm であり、僅であるが SR 出口側で低い結果を示した(Fig.13)。

4. 2. 2 浮遊微生物数の低減化試験

Fig.14 に各浮遊菌数の SR 入口出口部における結果を示した。一般生菌数については、試験豚舎内空気及び SR 出口の平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 3.23 ± 0.22 と 0.69 ± 0.84 であった。また、ダブルチェックとして、一般生菌を対象とした AC プレートでの平均値±SD はそれぞれ 3.02 ± 0.52 と 1.19 ± 0.69 であった。

腸内細菌群数 [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]については、両豚舎において殆ど分離されず、EC プレートにおいても分離されなかった。

ブドウ球菌数の平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 2.38 ± 0.94 と 0.29 ± 0.54 であった。

真菌数の平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 2.40 ± 0.68 と 0.92 ± 0.73 で、RYM プレートはそれぞれ 2.28 ± 0.83 と 1.12 ± 0.61 であった。

各菌数ともに、SR 出口では有意に菌数が低減される結果が示された。特に、一般生菌においては 2 桁以上 (99%以上) の低減効果が示されており、豚舎内の浮遊菌が外部へ排出され、外気等を汚染する可能性がある場所においては有効である結果が得られた。

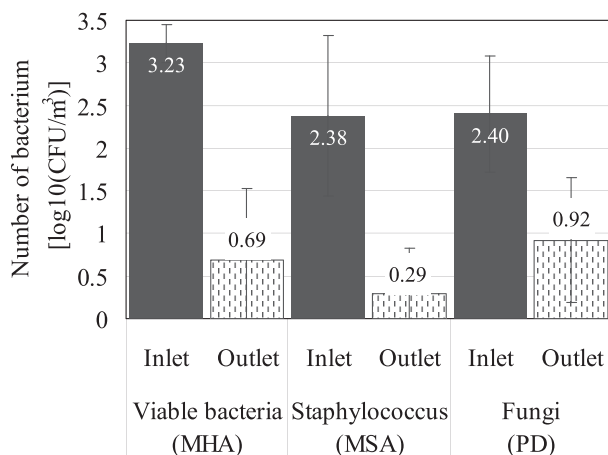


Fig. 14 Results of airborne bacterium at SR inlet and outlet

4. 2. 3 浮遊微生物数の測定

携帯型エアサンプラーによる直接採取では、一般生菌、ブドウ球菌および真菌の数が過多のため、測定できなかった。対して、インピンジャー法で分離

されなかった腸内細菌は Fig.15 から分かるように、試験豚舎排気口、対照豚舎排気口および SR 出口の各平均値±SD [$\log_{10}(\text{CFU}/\text{m}^3)$]はそれぞれ 1.81 ± 0.49 、 1.97 ± 1.47 、 0.58 ± 0.67 であった。

他の菌数と同様に、腸内細菌群数についても、有意差はないものの、対照群に比べて、試験群の菌数が低減されていることが確認された。加えて、SR の出口では菌数が大幅に低減される結果が有意に示された。

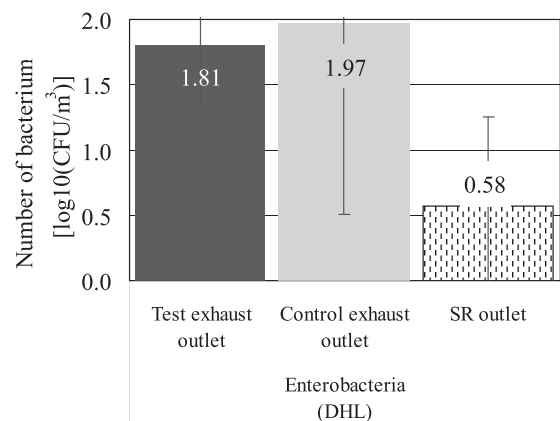


Fig. 15 Comparison of airborne enterobacteria number at exhaust outlet for test pigpen and control pigpen, and SR outlet

5. 考察

本研究では、SR を一般的な民間養豚場の豚舎に設置し、豚舎内外の環境衛生改善に応用可能であることを検証した。

臭気の高減化試験では、全9回の測定から、ノルマル酪酸とイソ吉草酸の濃度の平均値は試験豚舎の方が対照豚舎の値より低くなったが、プロピオン酸とノルマル吉草酸の濃度の平均値は試験豚舎が対照豚舎の値より高い値を示した。低級脂肪酸の中でノルマル酪酸、ノルマル吉草酸及びイソ吉草酸は畜産に関係する特定悪臭物質(22のうち10物質)に含まれており、悪臭防止法による規制対象物質である。低級脂肪酸類は、主として腸内微生物の作用により、消化管内容物中の脂肪や炭水化物及び蛋白質の分解物として発生する。蛋白質の分解物であるアミノ酸からの低級脂肪酸類の生成には、偏性嫌気性細菌であるクロストリジウム属などの菌が関与している。対照群と比較し、試験群において、ノルマル酪酸及びノルマル吉草酸については低減化傾向が示唆された。さらに、SR 出口では対照豚舎よりも平均値が低く、特にノルマル吉草酸では有意に低減化($p < 0.05$)していることが分かった。このことより、SR が生産現場一般飼養頭数の豚舎において、低級脂肪酸の高減化による豚舎外環境の改善に効果があることが示唆された。

また、試験豚舎の方が、対照豚舎よりもアンモニア濃度平均値が低くなり、アンモニアの低減化がみられた。アンモニアは畜産に關係する特定悪臭物質(22のうち10物質)に含まれており、悪臭防止法による規制対象物質である。SRが生産現場一般飼養頭数の豚舎において、アンモニアの低減化によって豚舎内環境の改善に繋がるものと考えられる。

浮遊微生物数の低減化試験では、対象微生物全てにおいて、試験豚舎の方が、対照豚舎よりも生菌数の平均値が低く、浮遊微生物の低減化傾向が確認された。さらに、SR入口に比較してSR出口では、一般生菌、ブドウ球菌および真菌の有意な低減化($p<0.01$)が認められた。このことより、SRが生産現場一般飼養頭数の豚舎において、浮遊微生物の低減化によって豚舎内環境の改善に効果が期待できるものと考えられる。

さらに、排気中の浮遊微生物数を携帯型エアサンプラーで直接採取し、測定したところ、SR出口での腸内細菌群の有意な低減化($p<0.01$)が確認できた。このような結果から、SRが一般飼養頭数の生産現場の豚舎において、浮遊微生物の低減化による豚舎外環境の改善に効果があることが示唆された。

SR設置による豚舎内部の環境改善が見られなかった理由として、豚舎に対するSR処理流量不足と豚舎内部の気流性状の設計検討不足が挙げられる。本試験に使用した豚舎内部は27°C以上になると大型換気扇が稼働し、強制換気が行われる仕様であった。Fig.16に示すように試験期間中、外気に比べて両豚舎共に気温が高く、ほとんど27°C以上であることが分かる。そのため、常時大型換気扇が稼働している状況にあり、対照群については外気に大風量で換気されることで豚舎内部の清浄度が保たれているが、試験群については総換気量の40%しかSRで処理されない期間が長かったことが豚舎間で環境改善の効果として、大きな差が表れなかった原因との一つとして考えられる。

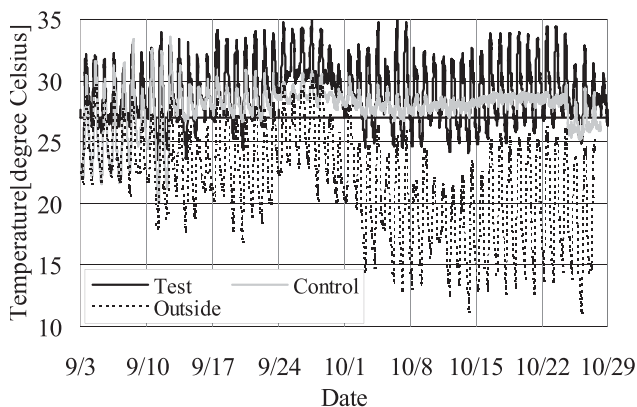


Fig. 16 Measurement results of temperature in two pigpens and outside

加えて、豚に直接風を当ててはいけない等の制約もあり、豚舎内部の気流を十分に制御できなかった点も効果が薄れた要因の一つであると考えられる。今後は、汚染箇所である床面から効率よくSRに臭気成分等を輸送する気流性状の検討が必要である。

また、試験開始1ヶ月後にプレフィルター内に白カビが大幅に発生したために大幅に流量が低下する事案も発生したため、諸対策も必要である。

6. まとめ

本試験において、SRが生産現場での一般飼養頭数及び飼養密度で、豚舎内外環境の改善への効果を検証するために評価試験を行った。その結果、SR設置による豚舎内部の環境改善については大きな有意差は示されなかったものの、SRによる排出ガスのノルマル酪酸とイソ吉草酸の低減、さらに、アンモニア、豚舎内浮遊微生物の低減傾向が認められた。

7. 今後の展望

今回の研究を通して、多くの課題点が見出された。SRを畜産業界により広く展開させるためにも、畜産の現場に合わせた更なる臭気ガス除去の技術開発及びコスト低減の課題解決が必要である。

具体的な技術課題として、夏場の大換気量に対応できるSRの開発と子豚へ直接空気が当る事無く、効率よく豚舎内の空気を循環させることができる気流の設計(プッシュプル型の検討)を達成することが必要である。

これらの課題解決を目標に継続して畜産現場での実証開発を進めていく。

謝辞

本研究は宮崎大学と共同で行っているものであり、末吉益雄教授含め関係者の協力に感謝いたします。

また、本研究の一部は経済産業省の助成事業(平成26年度地域イノベーション協創プログラム補助金(新事業展開実現可能性調査事業))を受けたものです。

参考文献

- 1) 永吉英昭：フジコー技報 No.23 (2015). 20
http://www.kfjc.co.jp/pdf/23/tsukuru_23_20_24.pdf
- 2) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課「畜産経営に起因する苦情発生状況(平成27年)」
<http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/kujuo2.pdf>
- 3) Sato S. et al. The proceeding of 23rd International Pig Veterinary Society Congress., P.218, (p.212). (2014)
- 4) 佐藤俊介ら. 平成26年度日本産業動物獣医学会(九州)要旨集. p.70(2014).
- 5) 佐藤俊介ら. 第101回日本養豚学会大会講演要旨集. p36(2014).
- 6) 末吉益雄ら. 獣医畜産新報. 68(6): 425-431(2015)