

養豚家の明日をサポート!

養豚の友

10
2007
OCTOBER

特集・オーエスキー病清浄国への道



銘柄豚探訪記/美濃ヘルシーポーク(岐阜)
オゾン水を利用した新しい消毒技術

殺菌効果が高く環境に優しい ナノピコオゾン水の養豚への利用

神奈川県畜産技術センター 小嶋信雄

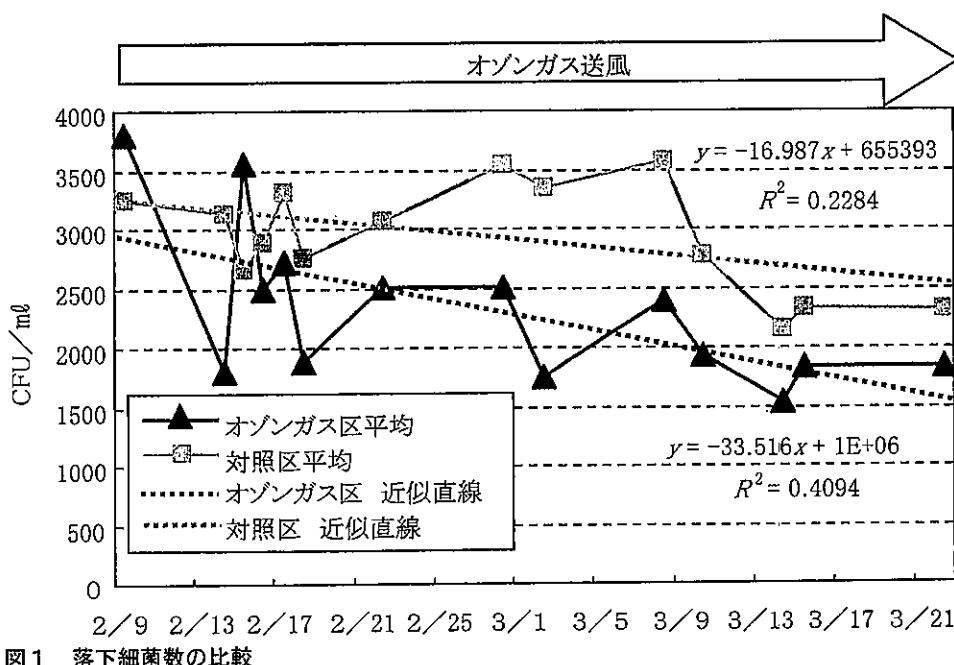


図1 落下細菌数の比較

はじめに

神奈川県畜産技術センターでは、オゾンの持つ「強い酸化力」と「時

間とともに酸素に戻る」という特徴に注目し、オゾンガスを豚舎内に送風し、豚舎内に浮遊する細菌を減少させることを目的として平成十三年度から試験を実施してきました。その結果、

オゾンガスの送風を開始してから日数が経過するにつれて豚舎内の落下細菌数が減少しました

(図1)。

また、オゾンガス送風開始四五日目に試験豚の鼻腔内を綿棒で拭い、細菌数を計測したことにより、オゾンガスを送風することにより鼻腔内細菌数は有意に減少しました(図2)。

このことから、オゾンガスを豚舎

内に送風することにより、豚舎内の衛生環境を改善する効果があることを確認しました。しかし、開放豚舎でオゾンガスを利用するには、風、ゾンガス濃度が左右され、濃度を一定に保つことが難しいことも分かりました。

そこで現在は、濃度管理が容易で、豚舎や豚体、長靴、車両の洗浄など

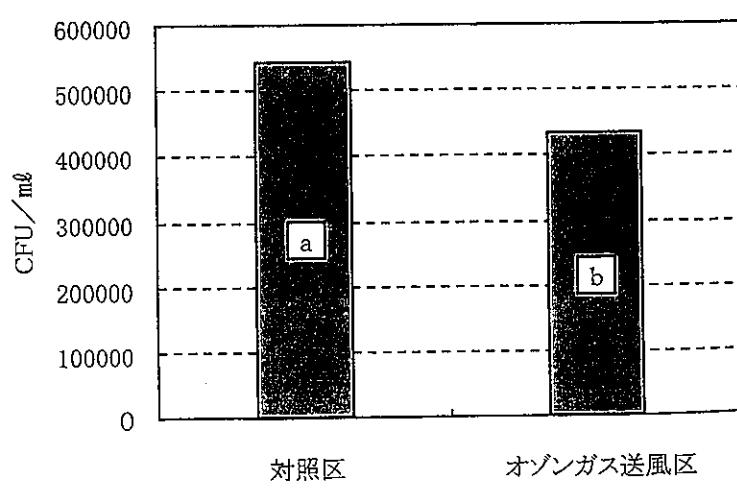


図2 鼻腔内細菌数の比較 (異符号間に有意差あり)

用途が多岐にわたるオゾン水（オゾンガスを水に溶解させたもの）を使用した試験研究を実施しています。

今回は、このオゾン水（ナノピコTMオゾン水）を使用した豚体、豚舎、長靴の洗浄効果について紹介します。

オゾンとは？

最近「オゾンホールの出現」や「オ

ゾン層破壊」など地球規模の環境問題が取り上げられ、「オゾン」という言葉をよく耳にすることと思います。オゾンとは、もともとギリシャ語で「におう（ozein）」という意味で、その名のとおり青臭い特徴的な臭気を持ち、〇・〇二 ppmという低濃度でもその臭気が感じられるといわれています。

私たちはさまざまなものでこのオゾンに出会っています。例えば紫外線を発生する誘蛾灯や殺菌灯、一

昔前のコピー機など、これら機械装置の周辺で発生するのと特有のにおこしがオゾンなのです。また、海浜や森林中には〇・〇五 ppm程度のオゾンが存在するといわれています。オゾン（O₃）は酸素分子（O₂）に酸素原子（O）が結合した物質ですが、非常に不安定な気体なので常温で速やかに分解され、もとの酸素（O₂）に戻るという性質があります。実際に放出された酸素原子（O）が細菌や臭いのもとなる物質と結合します。殺菌や脱臭を行います。この反応を酸化といいますが、

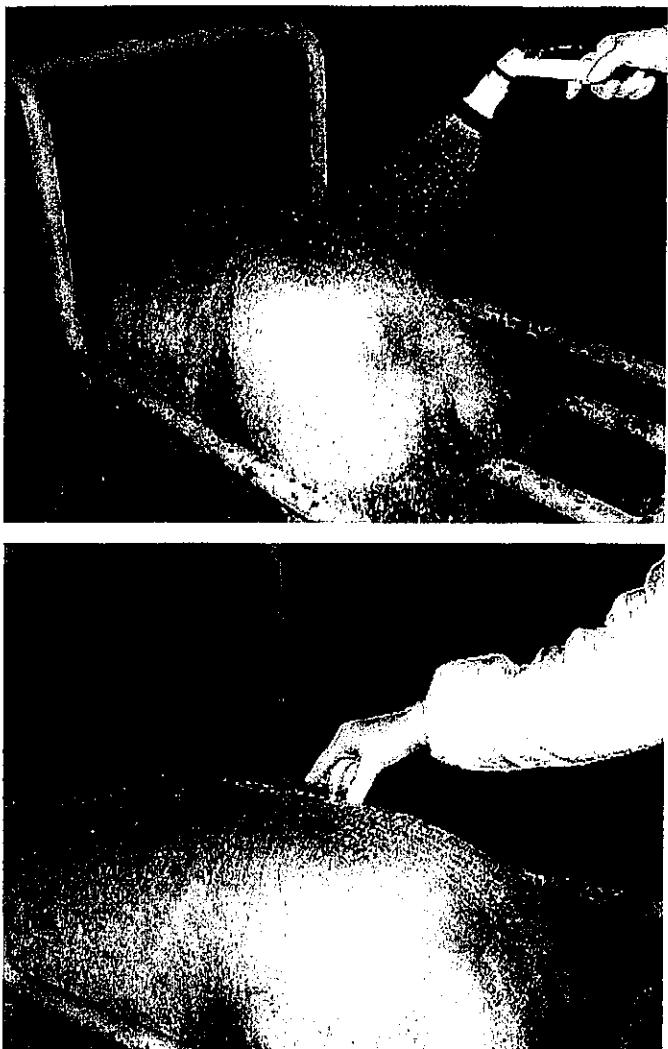


写真1 豚体の洗浄方法および採材方法
上：ナノピコオゾン水で洗浄している様子
下：体表の細菌を接触平板培地で採材している様子

オゾンは非常に酸化力が強く、地上最強の酸化剤であるフッ素に次ぐものであり、その殺菌力は、大腸菌の場合、一 ppmのオゾン水で処理すると99%以上が瞬時に殺菌されたといふ報告があります。

ナノピコオゾン水とは？

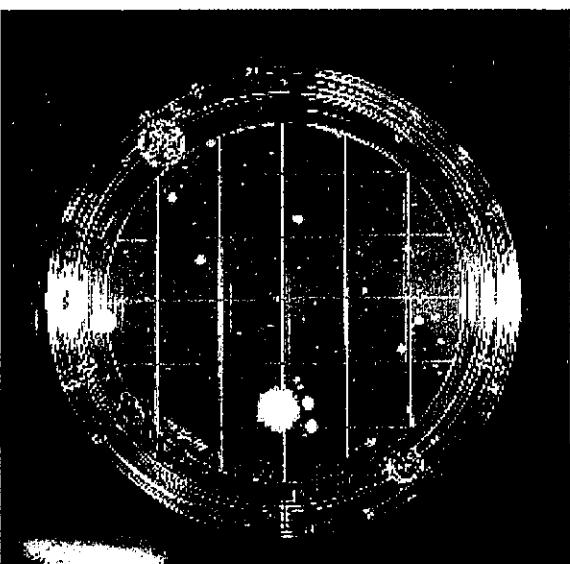
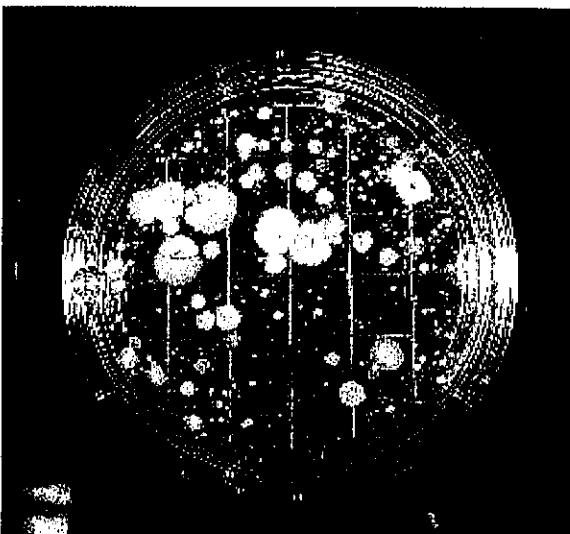
オゾン水とは、水中にオゾンガスの気泡がたくさん分散・浮遊している状態のものです。水中にあるオゾンガスの気泡が大きければ、浮力を受け水面から飛散しやすく、また、散水したときの衝撃により容易にガス化してしまいます。今回試験に使用した、共同研究者であるネイチャーズ㈱が開発したナノピコオゾン水は、溶解しているオゾンガスの粒径が一般的なオゾン水の一、〇〇〇分

は高い殺菌効果を持ち、残留性がない環境に優しい物質として各方面で注目されています。しかし、高濃度のオゾンガスは人体に影響を及ぼすため、日本産業衛生学会では労働衛生許容濃度を〇・一 ppmと定めており、利用するには注意が必要です。

豚についての影響は、当センターで実施した試験結果では、〇・一 ppmのオゾンガス濃度下では、豚の体には影響は認められませんでした。

表1 洗浄前の体表細菌数に対する割合 (%)

	1分後	2分後
ナノピコオゾン水	38.0 (n=15)	15.2a (n=15)
水道水	35.4 (n=9)	27.9b (n=11)

異符号間に有意差あり ($P < 0.01$)写真2 ナノピコオゾン水の殺菌力
上：ナノピコオゾン水洗浄前
下：2分間洗浄後

がオゾン水と反応してしまい、水道水と洗浄効果はさほど変わりませんが、一定時間以上の洗浄を行うと高い殺菌効果が得られることが確認されました（表1、写真2）。また、ナノピコオゾン水で洗浄した後に皮膚の炎症や発熱、食欲不振などの臨床症状を示す豚は認められませんでした。

豚房床の洗浄効果

の一である五畳（ナノメートル）にまで微細化されています。そのため長時間にわたり安定化し、高い殺菌効果が期待できます。

接豚体に散布する」とから、人体に対して使用されている濃度である「四ppm」で実施しました。

分娩舎にいる授乳豚、妊娠豚の背中から腰にかけて四畳のナノピコオゾン水で洗浄し、体表に付着している細菌がどの程度減少するか水道水で洗浄した場合と比較しました。それぞれ洗浄前、一分間洗浄した後、二分間洗浄した後に減菌したキムタオルで水分を軽く吸収させ、背部中央と腰部に接触平板培地を二秒間押しつけて採材し、細菌数を比較しました。

オゾン水は手指の洗浄や歯科治療の口腔内の消毒など医療分野でも利用されていますが、その際は四畳のオゾン水が使用されています。今回の試験では、豚体に付着している有機物などを、豚体に付着している有機物などを

した（写真1）。

その結果、ナノピコオゾン水で一分間洗浄した後の体表細菌数は洗浄前の約三八%、水道水で洗浄すると約三五%に減少し、両方に差は認められませんでした。しかし、二分間洗浄した後には、水道水では二七・九%までしか体表細菌数が減少しないのに対し、ナノピコオゾン水は一五・二%と有意に減少しました。

これらのことから、ナノピコオゾン水で洗浄すると、短時間の洗浄で

豚房床の細菌に対してナノピコオ

床と長靴洗浄の試験には一〇〇一二畳の高濃度に調製したナノピコオゾン水を使用しました。今回の試験では一二畳という高濃度であるため、事前にナノピコオゾン水で豚舎を洗浄した際に発生するオゾンガス濃度を計測し、〇・一畳以下であることを確認した後、試験を実施しました。

ゾン水がどの程度殺菌効果があるか調査しました。汚れた豚房床を滅菌した綿棒で拭い、その拭い液を一〇倍、一〇〇倍、一、一〇〇〇倍に希釈し、それを一〇～一二回のナノピコオゾン水と混合し、生理的食塩水と混ぜた場合（コントロール）に比べ、細菌数がどの程度減少するか調査しました。

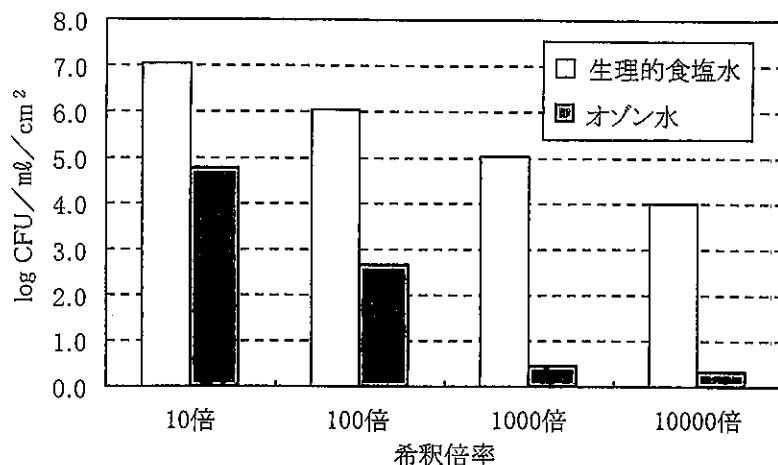


図3 豚房床拭い液に対するナノピコオゾン水の殺菌効果

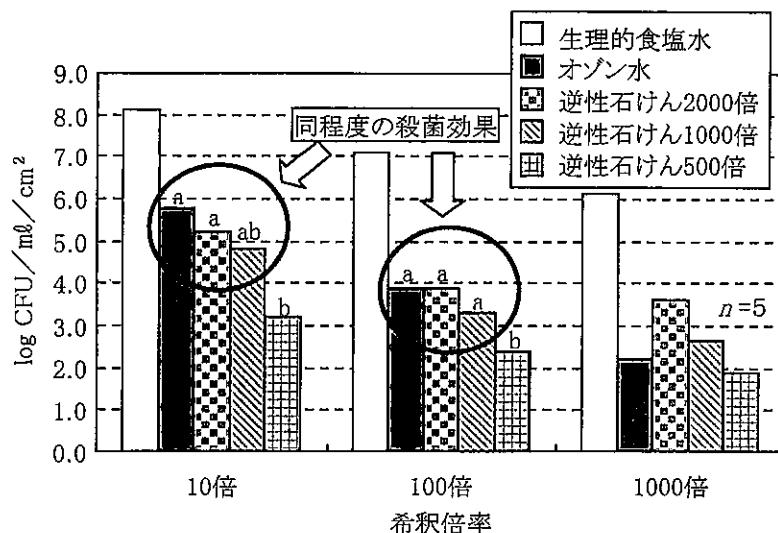


図4 ナノピコオゾン水と逆性石けんの殺菌効果の比較
(異符号間に有意差あり、P < 0.05)

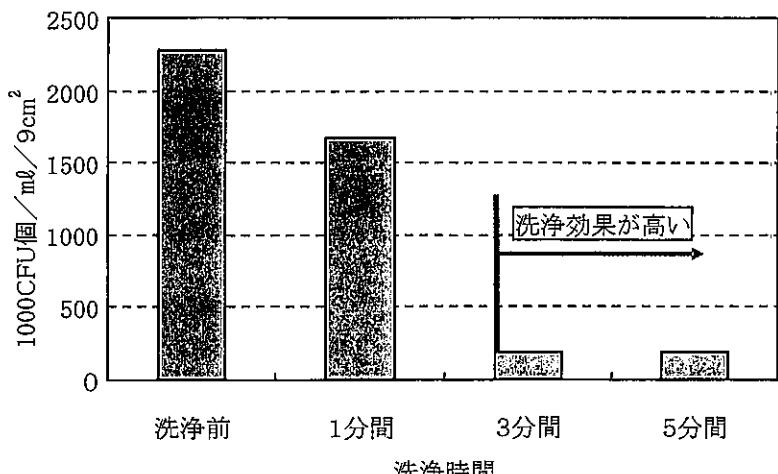


図5 ナノピコオゾン水による豚房床洗浄効果

石けん液の殺菌効果を比較しました。図4に示すとおり、一〇～一二回のナノピコオゾン水は一、一〇〇〇倍・二、一〇〇〇倍希釈の逆性石けん液とほど高い殺菌力を発揮するといえます。

また、同様な方法で一〇～一二回のナノピコオゾン水と五〇〇倍、一、一〇〇〇倍・二、一〇〇〇倍希釈（有機物量少ない状態）以上になると細菌数はコントロールの一〇・〇一%まで減少しています。このようにナノピコオゾン水は有機物が少なくなるほど高い殺菌力を発揮するといえます。

そこで、実際の豚房洗浄への利用方法を検討するため、水洗後乾燥させた豚房の床（八〇×八〇cm）を一〇～一二回のナノピコオゾン水（一四〇／分）で洗浄しました。

結果を図3に示しました。縦軸は細菌数を対数で表示しています。一〇倍希釈（有機物量多い状態）のときは、コントロール（滅菌した生理的食塩水と混合）の細菌数は 10^7 個あります。しかし、一〇〇〇倍希釈（有

機物量少ない状態）以上になると細菌数はコントロールの一〇・〇一%まで減少しています。このようにナノピコオゾン水は有機物が少なくなるほど高い殺菌力を発揮するといえます。

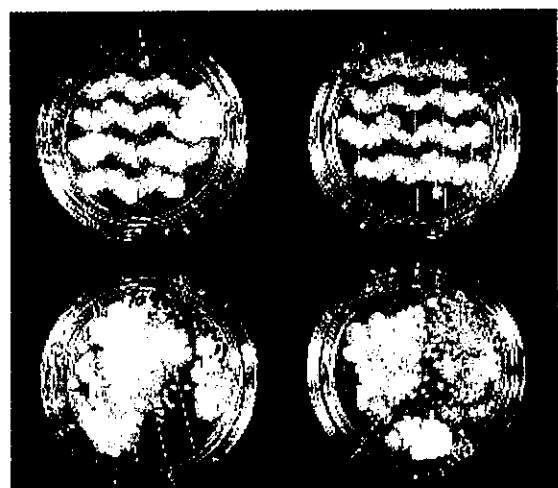
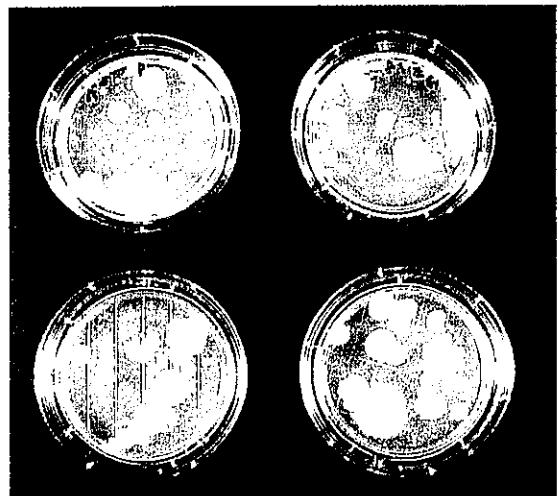
また、同様な方法で一〇～一二回のナノピコオゾン水と五〇〇倍、一、一〇〇〇倍・二、一〇〇〇倍希釈の逆性石けん液とほど高い殺菌力を発揮するといえます。

そこで、実際の豚房洗浄への利用方法を検討するため、水洗後乾燥させた豚房の床（八〇×八〇cm）を一〇～一二回のナノピコオゾン水（一四〇／分）で洗浄しました。

洗浄後、三分間洗浄後に九cmの大きさをそれぞれ三カ所ずつ滅菌した綿棒で拭い、細菌数がどの程度減少するか比較しました。その結果、三分間以上洗浄すると細菌数は洗浄前の八%まで

表2 長靴底を洗浄した後の細菌数の比較

	右靴底	左靴底
ナノピコオゾン水洗浄($n=5$)	654	465
水道水洗浄($n=2$)	1383	1038

単位: CFU/25cm²写真3 ナノピコオゾン水と水道水洗浄後の長靴底細菌の比較
上: ナノピコオゾン水洗浄後
下: 水道水洗浄後

減少し、〇・六m当たり三分間以上の洗浄することによって洗浄効果が認められることが分かりました(図5)。

長靴洗浄に対する効果

使用頻度や種類の異なる複数の長靴で、豚房内を一分間歩いた後、長靴の靴底を一〇~一二回のナノピコオゾン水(一四ml/分)および水道水(一四ml/分)で長靴底に付着しているふんなどが落ちるまで(約三

〇秒間)洗浄したうえで、靴底の先端とかかとの部分を接触平板培地で採材し、細菌数を計測しました(表2、写真3)。

長靴はナノピコオゾン水で洗浄した後、さらにナノピコオゾン水に三〇秒、六〇秒間漬け、水道水で洗浄後一、五〇〇倍に希釈した逆性石けん液に漬けた場合と同程度の殺菌効果があることが確認されました(表3)。

さらにナノピコオゾン水で洗浄後に六〇秒間オゾン水に漬けると、水道水洗浄後に一、五〇〇倍希釈の逆性石けん液に漬けた場合と同程度の殺菌効果があることが確認されました(表3)。

その結果、水道水で洗浄するだけでは、十分な除菌効果は得られず、ナノピコオゾン水で洗浄することにより、細菌数が大幅に減少しました。

おわりに

今回の試験結果から、ナノピコオゾン水は、豚体、豚房床、長靴洗浄

表3 ナノピコオゾン水と逆性石けん浸漬による殺菌効果の比較

	30秒浸漬	60秒浸漬
ナノピコオゾン水洗浄+ナノピコオゾン水浸漬	451	292
水道水洗浄+逆性石けん浸漬(1500倍)	469	225

単位: CFU/25cm²

ゾン水は、環境に優しい消毒方法としてフィードで利用できます。しかし、フィードでナノピコオゾン水の殺菌力を発揮させるためには、有機物量を減少させること、十分な感作時間をとること、生成されたオゾン水はできるだけ早く使用すること、など、ナノピコオゾン水の特性をよく理解し使用することが重要です。今後は例数を重ねるとともに、繰り返し使用した場合の衛生環境の改善効果や天井からの散布、豚への飲水などと組み合わせた養豚施設へのナノピコオゾン水の応用についてさらに検討していく予定です。



ポジティブリスト、HACCPに対応した新しい消毒技術――

ナノピコTMバブルオゾン水の特性および効果 世界最小ナノバブルを超えた超微細気泡オゾン水

ネイチャーズ(株) 代表取締役 松村栄治

表1 各種消毒資材のサルモネラに対する試験管内殺菌効果試験成績(有機物生存有/無)

感作時間		10秒	30秒	1分	2分	3分	5分
消毒資材	濃度	有/無	有/無	有/無	有/無	有/無	有/無
焼成カルシウム	0.01%	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	0.02%	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	0.04%	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
強酸性水A	50ppm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	80ppm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
強酸性水B	80ppm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	200ppm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
強酸性水C	50ppm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	4 ppm	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
オゾン水	1 ppm	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	250ppm	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	500ppm	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	1000ppm	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
ヒノキチオール (植物抽出物)	10 μm/ml	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	50 μm/ml	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	100 μm/ml	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
逆性石鹼A	500倍希釈	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	2000倍希釈	-/-	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-
逆性石鹼B	500倍希釈	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	2000倍希釈	-/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-

注: +は殺菌効果あり、-は殺菌効果なし

強酸性水A、B、Cは、次亜塩素酸Na・塩酸希釈混合水

ロールできればよいのですが、それは、換気された広い畜舎内では非常に難しいことです。畜舎内全域にオゾンを充満させよ

かつて養豚業界では、オゾンガスを脱臭用に畜舎に噴霧する例が比較的多く見られました。オゾンは、湿

度がある環境では硫黄系臭気を瞬間に分解します。一方、乾燥した環境では、臭気が多量にあっても反応時間が著しく弱まり、数十分という長い時間、室内に滞留することすらあります。

オゾンは、気相(ガス状)の状態

では低濃度でも大変危険な物質です。作業環境における濃度基準である〇・一

オゾン水洗浄による畜舎の清浄化

オゾンは水に溶存した状態では人畜に非常に安全で、しかも湿気がある環境以上に酸化性能が高まることが知られています。人の医療現場では、手洗いから、眼科・歯科の施術前後の消毒に用いられるほど、粘膜や傷口にまで安全であることが実証されています(ただし、オゾン水濃度は四ppm以下の低濃度)。

畜産関連では、一九八九年ごろ以降、サルモネラ汚染に起因する食中

うとすると、吹き溜まりに高濃度のオゾンガスが滞留することになります。「悪臭は減るのだけれども、作業担当者から胸が苦しい、気分が悪くなるなどクレームが出る」など、気管支炎と同様の症状を示す場合も多々あります。

オゾンガスに殺菌力があつても、低濃度では効果は微弱で、高濃度ガスを吸引すればオゾンそのものが人畜に害を及ぼす点でも、この用法には限界がありました。

毒が頻発・増加し、消費者の関心が強まったことから、一九九九年に汚染防止技術の確立を目的に機能水の消毒効果の研究として試験された結果があります（表1）。この試験では、サルモネラに対し一回および四回のオゾン水を用いた試験を行いました。しかし、強酸性水などが相応の効果を示したのに對して、オゾン水

は有機物の有無にかかわらず、まったく殺菌効果が得られないという結果になりました。試験で、オゾン水を生成容器から試験管に移すわずかな衝撃でオゾン水からオゾンが瞬間に脱気し、ガス化してしまったのが主な理由と考えられます。

このように、従来のオゾン水の弱点は、脱気しやすく瞬時に濃度が低下して殺菌効果も低下することです。ふん尿やホコリが多い豚舎内では、クリーンな実験室の試験でさえ効

果の出ないオゾン水に、十分な殺菌力、殺ウイルス力が發揮できるはずもなく、試された農家でも効果は得られないというのがこれまでの実状のようです。

ナノピコバブルオゾン水

オゾンは、水に対して難溶解性のガスです。オゾン水とはミクロの視線で見ると、水中にオゾンガス気泡がたくさん分散・浮遊している状態

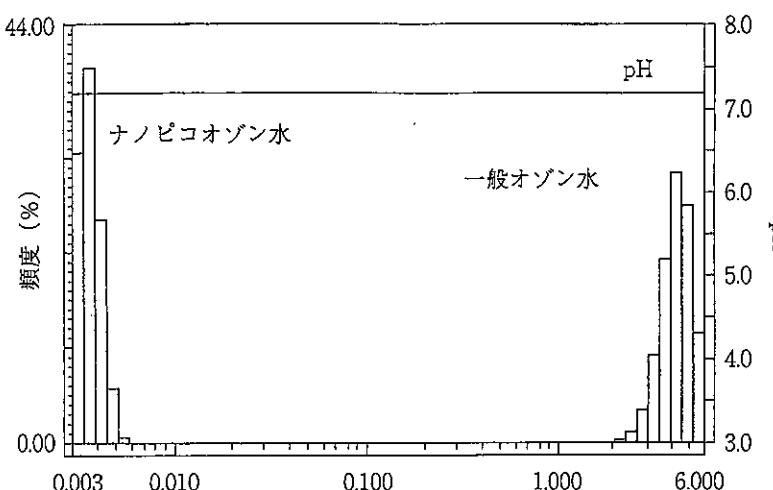


図1 ナノピコオゾン水の気泡サイズの違い
(計測器:動的光散乱光度計による)

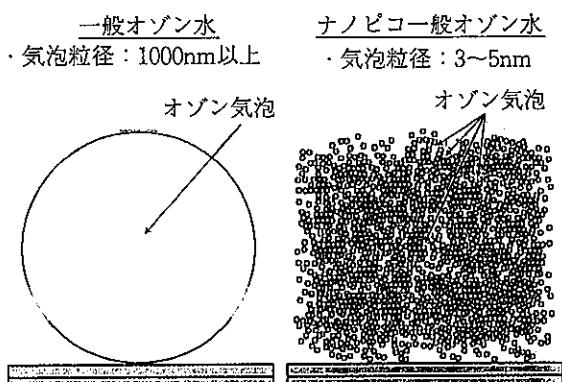


図2 オゾン水気泡モデル比較

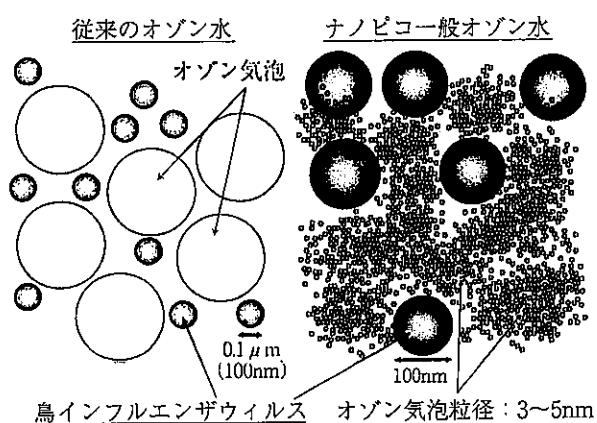


図3 オゾン水気泡イメージ図
(一般オゾン水気泡は1～5 nm)

近年、マイクロバブルやナノバブルという微細な気泡の生成方法が考案され、「泡」が小さくなればなるほど特別な効果を發揮することが解明されました。ネイチャーズ誌では、従来オゾン水で平均五回（五、〇〇〇回（ナノメートル））であった気泡を、最先端の特許技術により飛躍的に微細化する技術を実用化し、〇・〇〇五回（五回）未満のピコメートル領域にまで極限に細かくしたオゾン気泡を水中に分散することに成功しました（図1）。これをモデルにすると図2および図3のようになります。

例えば、PRRSウイルスや鳥インフルエンザウイルスにも、ナノピコバブルなので著しく高い密度で接触し、瞬間で確実にオゾンが反応して病原体を不活性化することが分かります。

サルモネラに対する殺菌効果について、次亜塩素酸ナトリウム一五〇ppm溶液と比較した試験を実施しました（表2）。豚に直接かけることなどできない塩素液よりも、ナノピコオゾン水は確かに強い殺菌効果をあげること（一〇倍濃度）も確認できました。

また、ナノピコバブルオゾン水だ

ピコメートル領域の オゾン気泡の特性

けを豚に飲水させた場合に、異常がないことも検証され、日本家畜衛生学会（二〇〇七年七月／第六回）で発表もされています。

敷設した配管を三〇〇m送水しても濃度低下は一〇%以下。

④pHは中性で腐食性が微弱です（強力な消毒薬や、機能水などとなり、pHが原水のままなので腐食の問題がありません）。

⑤井戸水の滅菌ができ、同時に極めて高濃度の純酸素（四〇ppm以上）微細気泡を含有するので、安全な飲用

表2 ナノピコオゾン水サルモネラ試験結果

コントロール(菌数)	サルモネラ	
	470,000個/ml(10 ⁴)	4,300,000,000個/ml(10 ⁸)
塩素消毒水(濃度150ppm)	殺菌	生存
ナノピコオゾン水(5ppm)	殺菌	生存
ナノピコオゾン水(10ppm)	殺菌	殺菌

接種菌量：4.7×10×5乗CFU

4.3×10×9乗CFU

※財団法人畜産生物科学安全研究所にて実施

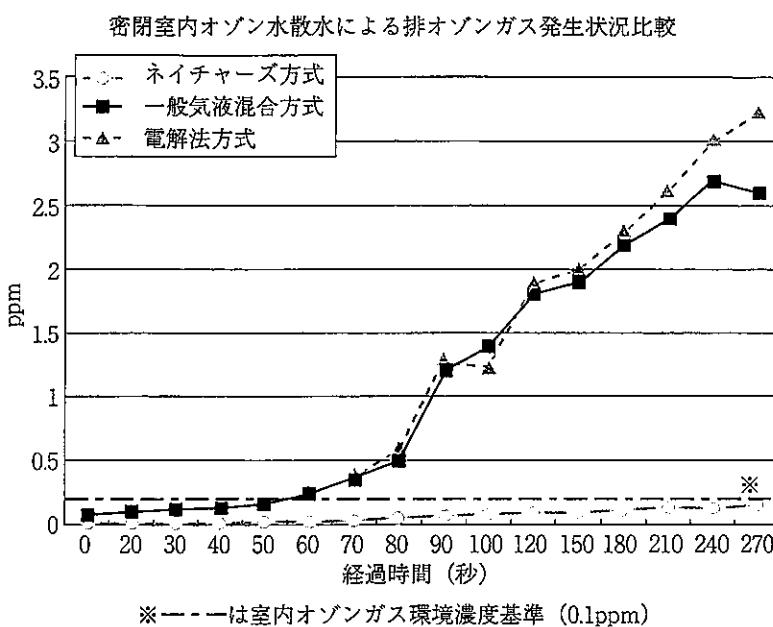


図4 密閉された室内でのオゾンガス暴気量の比較
(紫外線吸収式オゾンモニター)

域に分布する、世界最小のオゾン気泡を溶存させることで、次のさまざまな特性が得られます。

①溶解度が増したために、効率よく濃度を高めることができます。（通常オゾン水が一～三ppmのところ、ナノピコバブルオゾン水では五～一五ppmが可能）。

②散水した際に発生する排オゾンガスが激減し、オゾン水の効果と安全性が向上しました。（従来法の二五分の一～五〇分の一に減少、図4）。

③塩ビの長い配管内を送水しても、濃度低下がわずかです（例えば一インチ径で露天に

畜舎内の清潔度を高め維持することで、伝染病の感染を予防し、健康レベルを向上させることができるのには飼養技術の基本です。一方、ポジティブブリスト制度がスタートし、可能な限り残留する薬剤を使用しない

残留の心配がいらない ナノピコバブル

水により豚の健康が増進されます。⑥一〇〇%残留がなく、排水処理に必要な好気性バクテリアなどにダメージを与えません。日常洗浄で大量に散水をしても、消毒薬と比べ排水への負荷を軽減させます。

⑦悪臭のもととなる、畜舎内の汚れを徹底除去でき、発生臭気を軽減できます。

管理が求められています。一〇〇%残留しないオゾンを、有機物存在下でも強力な殺菌ができるほど超微細に溶かしこみ、危険なオゾンガス脱気も抑制して安全なナノピコバブルオゾン水は、HACCPに適合した新たな養豚技術といえます。

