

平成10年度

試験研究成績書

(畜産環境・経営流通・企画調整)

平成11年6月

オゾンによる畜産臭気の脱臭試験 (平成10年度)

(1) オゾンによる豚舎臭気の脱臭試験

○ 川村英輔・倉田直亮・本多勝男

オゾンを豚舎内に放出し、ウインドレス豚舎及び開放豚舎内の臭気成分の濃度推移を見たところ、ウインドレス豚舎ではオゾン脱臭後3日目までにメチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの濃度が検出限界以下にまで低下し、官能検査においても、オゾン脱臭による低下が認められた。

しかし、アンモニア濃度は低下しておらず、アンモニアへの効果は確認できなかった。

また、開放豚舎では開放部から外気が入るため、希釈効果が高く、オゾンを放出してもすぐに希釈されてしまい、ウインドレス豚舎で見られた硫黄化合物を低下させる効果は確認できなかった。

豚舎内のオゾンによる衛生効果は、オゾン脱臭前に豚舎内に浮遊していた落下大腸菌が、オゾン放出後に確認できなかったことから、オゾンによって落下大腸菌やその他の病原性微生物についても減少させる衛生効果が示唆された。

キーワード：オゾン、ウインドレス豚舎、開放豚舎、大腸菌群数、

1. 目的

本県における畜産経営に起因する苦情問題では、臭気関連が常に過半数を占めている。

本県は、畜舎と一般住宅が混住化している都市型経営のため、臭気の問題について解決策を種々検討してきたが、最近オゾンの持つ強い酸化力を用いて臭気成分を無臭な成分へ分解するオゾン脱臭法が注目されている。

オゾン脱臭は、コストが高く、作業員や家畜に対する安全性が危惧されているなどの理由で畜産現場にはあまり普及していないが、県内の導入を希望する地域からの要望により、本試験ではオゾン脱臭法による畜舎臭気の種類試験を行い、その脱臭効果、安全性、経済性について検討した。

2. 試験期間 平成10年6月～平成11年2月

3. 試験方法

(1) 試験豚舎

Y市のY養豚場のウインドレス豚舎及び開放豚舎を使用した。

ウインドレス豚舎は、1棟6室で1室4豚房の構造で各部屋の空気を換気ファンで抜き取ることで換気を行い、外気導入は通路側の入気口から外気を取り込み、各部屋の屋根から導入される方式である。

豚舎の大きさは、全長42m、幅8mで豚舎内の

1室は縦横6mの大きさである。

開放豚舎は、側面が巻き上げ式のカーテンになっており、開閉が自由に行える構造で前述のウインドレス豚舎と同程度の面積である。

(2) 試験装置

100V、480Wで1時間当たり8gのオゾンを発生させることができるオゾン発生機を用いた。

オゾン発生機は無声放電方式でオゾンを発生する。

(3) 豚舎へのオゾン供給方法

オゾン発生機によって発生させたオゾンをブローで送風し、塩化ビニール製の配管内を通してウインドレス及び開放豚舎内にオゾンを供給した。

上記塩ビ配管は各豚房上部にまで延びており、オゾンを含む空気を豚房上部から送風し畜舎内全体にオゾンを充満させた。

畜舎内オゾン濃度は、産業衛生学会許容濃度委員会で定められた労働環境における許容濃度値の0.1ppm以下になるようにオゾンの発生量を調整した。

(4) 豚舎臭気の脱臭試験及び衛生試験

オゾン脱臭を開始する3日前から運転日まで1日1回、ウインドレス豚舎内の2室及び開放豚舎内の2地点について臭気を採取し、オゾン

脱臭する前の豚舎内臭気を分析した。

オゾン発生機運転日の豚舎内臭気を採取後、オゾン発生機を運転させ、オゾンを含む空気を豚舎内に送風し、24時間後に上記の2室及び2地点の臭気を採取し分析を行った。脱臭は、運転開始後3日目まで行い、1日1回豚舎内臭気を採取し、分析を行い脱臭効果を検討した。

また、臭気採取時に豚舎内空気の衛生試験として病原性微生物の指標に、豚舎内の落下大腸菌群数を5分間の落下法で測定した。

(5) 分析・測定方法

臭気成分について、アンモニア及びオゾンは検知管により直接測定し、低級脂肪酸及び硫黄化合物はガスクロマトグラフにより、臭気指数は3点比較式臭い袋法により測定した。

落下大腸菌群数については、衛生試験法に基づき大腸菌群数測定用デソキシコレート寒天培地を用い培養条件37℃、20時間で計測した。

4. 結果及び考察

(1) ウインドレス豚舎内臭気の脱臭試験

ウインドレス豚舎内のA、B両室内臭気の脱臭試験結果について表1、2に、図1、2には経過日数による濃度推移を示した。

ウインドレス豚舎内の脱臭前のA室の平均アンモニア濃度は、12.8ppm、B室は、14.2ppmであった。脱臭後のアンモニア濃度は、A室で13

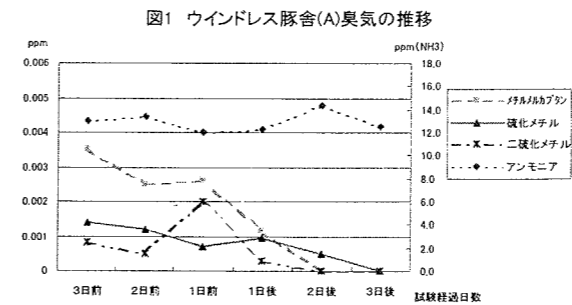


表1 ウインドレス豚舎内(A)臭気分析結果

試験区分	オゾン脱臭前			オゾン脱臭後		
	3日	2日	1日	1日	2日	3日
アンモニア	13.0	13.4	12.0	12.2	14.3	12.5
メチルメルカプタン	0.0035	0.0025	0.0026	0.0011	n.d.	n.d.
硫化メチル	0.0014	0.0012	0.0007	0.0009	0.0005	n.d.
二硫化メチル	0.0008	0.0005	0.0020	0.0003	n.d.	n.d.
プロピオン酸	0.0543	0.0707	0.0228	0.0422	0.0448	0.0768
ノルマル酪酸	0.0663	0.0723	0.0136	0.0705	0.0565	0.0863
ノルマル吉草酸	0.0463	0.0577	0.0218	0.0463	0.0314	0.0323
イソ吉草酸	0.0069	0.0059	0.0013	0.0089	0.0028	0.0079
臭気濃度	309	741	550	174	174	174
臭気指数	24.9	28.7	27.4	22.4	22.4	22.4

単位: ppm (但し、臭気濃度、臭気指数を除く)

ppm、B室で14.6ppmであった。

オゾン脱臭前に検出していた硫黄化合物の臭気は、A室においてはオゾン脱臭を開始して3日目までに硫黄化合物のメチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルが検出限界以下にまで減少した。また、B室の硫黄化合物は若干減少する傾向が見られた。

低級脂肪酸は、A、B両室においても濃度が減少する傾向はみられなかった。

官能検査を行った結果、A、B両室とも脱臭後に臭気指数、臭気濃度が減少し、官能的にはオゾンの効果が認められた。

ウインドレス豚舎内は豚の発育に合わせ温度と換気量を自動調節する機能が付いているが、臭気採取時の室温と換気量は20～22℃、25～30m³/hで安定していたため、室内のオゾン濃度は0.1ppm前後で安定していた。

今回行ったウインドレス豚舎臭気の脱臭試験では、豚舎内温度が大きく変化することはなかったため、換気量が安定していたが、夏期は最大換気量で冬季は最小換気量で換気を行うため、最大換気時には室内のオゾン濃度が低下し、逆に最小換気時には室内のオゾン濃度が上昇すると考えられるため、季節ごとにオゾン発生量を調節する必要があると思われる。

今回使用したオゾン発生機は、スライダックで簡単に発生量を抑えることができるため、最

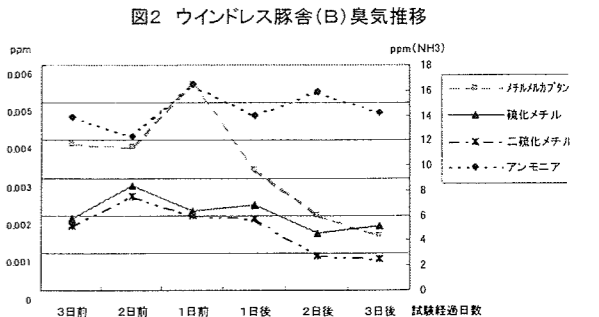


表2 ウインドレス豚舎内(B)臭気分析結果

試験区分	オゾン脱臭前			オゾン脱臭後		
	3日	2日	1日	1日	2日	3日
アンモニア	13.8	12.3	16.5	13.9	15.8	14.2
メチルメルカプタン	0.0039	0.0038	0.0055	0.0032	0.0020	0.0015
硫化メチル	0.0019	0.0028	0.0021	0.0023	0.0015	0.0017
二硫化メチル	0.0017	0.0025	0.0020	0.0019	0.0009	0.0008
プロピオン酸	0.0888	0.0787	0.0358	0.0416	0.0213	0.0759
ノルマル酪酸	0.1103	0.0959	0.0264	0.0445	0.0173	0.0941
ノルマル吉草酸	0.0641	0.0571	0.0378	0.0390	0.0271	0.0436
イソ吉草酸	0.0074	0.0070	0.0029	0.0019	0.0009	0.0043
臭気濃度	741	550	550	174	174	174
臭気指数	28.7	27.4	27.4	22.4	22.4	22.4

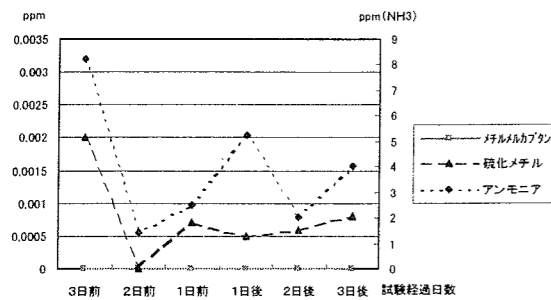
単位: ppm (但し、臭気濃度、臭気指数を除く)

表3 開放豚舎内(C)臭気分析結果

試験区分	オゾン脱臭前			オゾン脱臭後		
	3日前	2日前	1日前	1日後	2日後	3日後
アンモニア	8.2	1.4	2.5	5.2	2.0	4.0
メチルメルカプタン	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
硫化メチル	0.0200	n.d	0.0007	0.0005	0.0006	0.0008
プロピオン酸	0.0797	0.0374	0.0088	0.0085	0.0524	0.0179
ノルマル酪酸	0.1047	0.0441	0.0066	0.0071	0.0516	0.0433
ノルマル吉草酸	0.0077	0.0024	n.d	0.0007	0.0023	0.0031
イソ吉草酸	0.0381	0.0115	0.0027	0.0063	0.0105	0.0137
臭気濃度	309	550	309	309	234	550
臭気指数	24.9	27.4	24.9	24.9	23.7	27.4

単位: ppm(但し、臭気指数、臭気濃度を除く)

図3 開放豚舎(C)臭気の推移



小換気時にはスライダックで発生量を抑えることで、家畜に対して影響を与えることもないと推測される。

(2) 開放豚舎内臭気の脱臭試験

開放豚舎の臭気分析結果を表3、4に示した。オゾン脱臭前の開放豚舎内のアンモニア濃度は1.4~8.3ppmと大きく変動していた。

また、脱臭後のアンモニア濃度も2~6.5ppmと大きく変動していることから脱臭の効果が確認できなかった。ウインドレス豚舎で効果の見られた硫黄化合物の経時的変化を図3、4に示した。

ウインドレス豚舎内では、経過時間とともに硫黄化合物の減少傾向が見られたが、開放豚舎内臭気ではサンプリング日による濃度の変動が大きいため、オゾン脱臭の効果を判断できず、また、官能検査の結果からも脱臭による臭気濃度、臭気指数の値が減少する傾向が確認できなかったため、オゾンによる脱臭効果の判定はできなかった。

開放豚舎では舎内の温度条件などによって側面のカーテンを大きく開いたり閉じたりするため舎外の影響が大きく現れる結果となった。

また、豚舎内のオゾン濃度は、検出限界以下でウインドレス豚舎に放出した時のように豚舎内に残存するオゾンは検出されなかった。

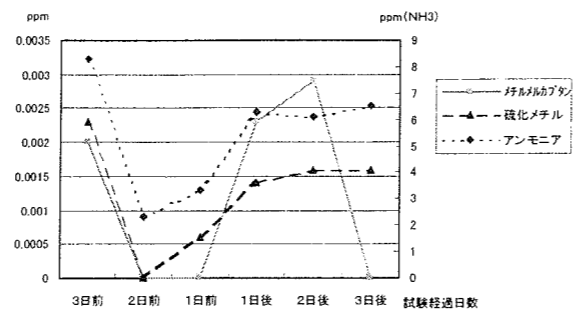
このことから開放豚舎は、側面の窓から新鮮な空気が絶えず吹き込んでおり、豚舎内の臭気

表4 開放豚舎内(D)臭気分析結果

試験区分	オゾン脱臭前			オゾン脱臭後		
	3日前	2日前	1日前	1日後	2日後	3日後
アンモニア	8.3	2.3	3.3	6.3	6.1	6.5
メチルメルカプタン	0.002	n.d	n.d	0.0023	0.0029	n.d
硫化メチル	0.0023	n.d	0.0006	0.0014	0.0016	0.0016
プロピオン酸	0.0550	0.0686	0.0692	0.0512	0.0106	0.0801
ノルマル酪酸	0.0849	0.1072	0.1034	0.0818	0.0081	0.0725
ノルマル吉草酸	0.0068	0.0071	0.0062	0.0031	n.d	0.0036
イソ吉草酸	0.0371	0.0346	0.0299	0.0316	0.0039	0.0160
臭気濃度	550	550	550	550	417	550
臭気指数	27.4	27.4	27.4	27.4	26.2	27.4

単位: ppm(但し、臭気指数、臭気濃度を除く)

図4 開放豚舎(D)臭気の推移



の濃度を低下させる働きがあり、オゾンを放出してもすぐに拡散してしまうため残存するオゾンが少なくオゾン脱臭の効果が現れなかったのではないかと推測される。

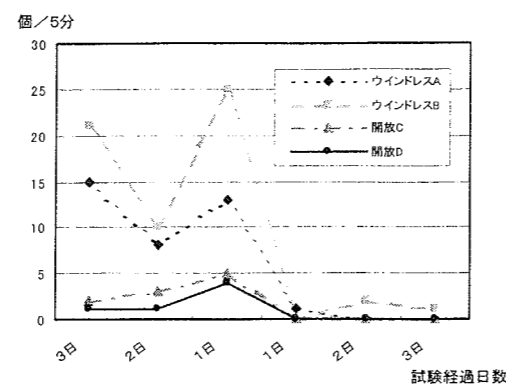
3) オゾンによる豚舎内空気の衛生試験

ウインドレス及び開放豚舎内の落下大腸菌群数について表5に、時間的推移を図5に示した。

ウインドレス及び開放豚舎ともオゾン脱臭開始直後に落下大腸菌群数が減少する傾向が見られた。特に開放豚舎では、オゾン脱臭後、落下大腸菌群数が確認されなかった。

このことからオゾンを畜舎内に放出することで畜舎内の浮遊大腸菌を死滅させ、落下大腸菌群数を減少させる衛生効果がみられた。

図5 落下大腸菌群数の推移



今回落下細菌数を調べるために使用した培地は大腸菌群数測定用の培地を用いた。これは豚舎内がふん便に由来する細菌に汚染されているため、豚舎内の空気の浄化を見る指標に病原性の細菌に置き換えて大腸菌群数を測定した。

この試験結果から畜舎内へのオゾンの放出が大腸菌群数の低下に効果があることから、大腸菌以外の病原微生物の殺菌効果も期待でき、畜舎内空気の衛生管理に効果があることが示唆された。

3) 経済性の検討

今回豚舎の脱臭試験に用いた機材を表6に示した。

オゾンを発生させるためにスライダックとオゾン発生機が必要になる。また、発生機でのオゾン生成量は、送り込む空気が乾いていないと生成量が低下するので、梅雨時や湿度の高い日でも安定した発生量にするため、除湿機を併設する必要がある。

今回使用したウインドレス豚舎内の実容積は540㎡、実面積は216㎡であり、各部屋でオゾン濃度が0.1ppm存在したことから、今回使用した機

表5 落下大腸菌群数の推移

試験区分	オゾン脱臭前			オゾン脱臭後		
	3日	2日	1日	1日	2日	3日
ウインドレスA	15	8	13	1	0	0
ウインドレスB	21	10	25	0	2	1
開放C	2	3	5	0	0	0
開放D	1	1	4	0	0	0

単位: 個/5分(デスキコロト寒天培地、37℃、20時間、落下法)

材で十分なオゾンが供給できることが解った。

表6の機材を購入する際には、約340万円/棟(配管は別工事)必要である。

また、電気代を20円/kwh、負荷率を0.8とすると約19kwh/日使用する計算になり、1棟当たりの電気代は約380円/日になる。

1室に25頭収容すると仮定し、1棟で150頭収容できる計算になり、ランニングコストとして電気代が1頭当たり2.53円/日かかる計算になる。

表6 豚舎に設置した機械類

1除湿機	100w	×0.8×24h=	1.92kwh/日
2ブロー	0.55kw	×0.8×24h=	10.56kwh/日
3オゾン発生機	240w	×0.8×24h=	4.61kwh/日
4スライダック	100w	×0.8×24h=	1.92kwh/日

負荷率を0.8として計算

オゾンによる畜産臭気の脱臭試験（平成10年度）

（2）オゾンによる強制発酵装置排出臭気の脱臭試験

○ 川村英輔・倉田直亮・本多勝男

強制発酵装置排出臭気をオゾンガスで脱臭するガス区、水に溶解してオゾン水を作り、オゾン水とオゾンガスで脱臭を行うオゾン水区、対照として水で脱臭する水区を設定した。

ガス区では、硫黄化合物の除去率が高く、特にメチルメルカプタンや硫化メチルでは90%以上の除去率を示したが、アンモニアは除去率35%以下の低い除去率であった。

水区では、アンモニアの除去効果が5日目まで認められ、水1m³当たり約850gのアンモニアを除去できた。硫黄化合物は除去率50%以下と低い値であった。

オゾン水区では、アンモニアと硫黄化合物の高い除去効果が認められ、水1m³当たり約670gのアンモニア除去ができ、硫化メチル、二硫化メチルは90%以上の除去率を示した。

キーワード：強制発酵装置、オゾン、アンモニア、硫黄化合物、除去率

1. 目的

本県における畜産経営に起因する苦情問題では、臭気関連が常に過半数を占めている。

本県は、畜舎と一般住宅が混住化している都市型経営のため、臭気の問題について解決策を種々検討してきたが、最近オゾンの持つ強い酸化力を用いて臭気成分を無臭な成分へ分解するオゾン脱臭法が注目されている。

オゾン脱臭は、コストが高く、作業者や家畜に対する安全性が危惧されているなどの理由で畜産現場にはあまり普及していないが、県内の導入を希望する地域からの要望により、本試験ではオゾン脱臭法による強制発酵装置排出臭気の脱臭試験を行い、その脱臭効果、安全性、経済性について検討した。

2. 試験期間 平成10年6月～平成11年2月

3. 試験方法

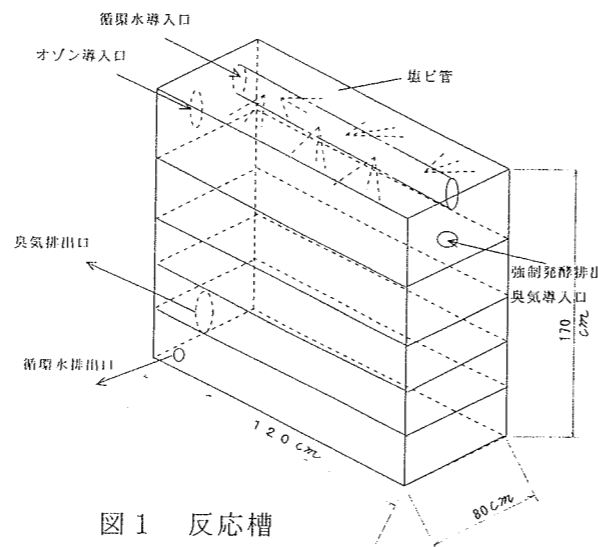
（1）供試臭気

当所設置の有効容積6m³の縦型円筒形の発酵槽を持つ密閉型強制発酵機に水分75%程度の豚・鶏ふん約500kgを毎日投入し、毎分1.5m³程度の下部送風と連続的な攪拌を行って堆肥化発酵させ、その時に発生した高濃度のアンモニアを含む臭気を供試した。

（2）試験装置

図1のような1.6m³の反応槽にブローを用いて強制発酵機からの排出臭気を導入し、豚舎臭

気の脱臭試験で用いたものと同一能力のオゾン発生機を用いて、各種脱臭試験を行った。



（3）試験区の設定

1) ガス区

強制発酵機からの排出臭気を反応槽の中でオゾンガスと反応させ脱臭する乾式脱臭試験区をガス区と設定した。

2) オゾン水区

排出臭気を湿式脱臭試験としてオゾン水を水に

溶解しオゾン水を生成して、反応槽上部よりシャワーリングし脱臭を行うと同時にオゾンガスを導入しオゾン水とオゾンガスを併用し脱臭を行うオゾン水区を設定した。

3) 水区

オゾン水区の脱臭効果を水による水脱臭と比較するため、対照区として水区を設けた。

水区及びオゾン水区で使用した水はポンプで循環させて使用し、実験が終わるまで水の追加は行わなかった。

サンプリングは試験期間中、脱臭開始1日目の昼間にアンモニアは日に3回、他の臭気成分については日に1回臭気を採取し、2日目以降は、昼間にアンモニアは2回、他の臭気成分は1回臭気を採取し分析を行い、脱臭効果について検討した。

また、脱臭に使用した水は日に2回採取し、水質分析を行った。

（4）分析・測定方法

臭気成分について、アンモニア及びオゾンは検知管により直接測定し、低級脂肪酸及び硫黄化合物はガスクロマトグラフにより、臭気指数は3点比較式臭い袋法により測定した。

水質については、pH、ECは計測器を用いて、NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻の各イオンについては、イオンクロマトグラフにより測定した。

4. 結果及び考察

1) ガス区の試験結果

毎秒10ℓで臭気及びオゾン反応槽に導入し、脱臭した結果を表1に示した。

ガス区の脱臭試験では、臭気とオゾン反応槽に毎秒10ℓずつ導入しているため、2倍希釈を換算して、アンモニア及びその他の臭気成分の除去率を図2に示した。

アンモニアの除去率は、アンモニア濃度によって変化せずに35%以下の低い除去率を示していた。逆に硫黄化合物は高い除去率を示し、特に硫化メチル、メチルメルカプタンの除去率は高く90%以上の除去率を示した。硫化水素や二硫化メチルはアンモニア濃度が低い状況下では88～100%と高い除去率を示していたが、アンモニア濃度が高くなると除去率も

低下した。

次に臭気濃度、臭気指数であるが、オゾン脱臭を行うことで減少する傾向が見られた。

アンモニアを含む臭気とオゾン水を10ℓ/sで1.6m³の反応槽に送風しているため臭気とオゾンの接触時間は約80秒であった。

これらのことから、乾式脱臭法はアンモニア以外の硫黄化合物の除去や臭気濃度、臭気指数の低下に効果があることが確認された。

2) 水区の試験結果

強制発酵装置排出臭気を反応槽にブローを用いて毎秒10ℓで導入し、170ℓの水を循環させながら脱臭を行った。

表2に水区の臭気分析結果を、図3にアンモニアの除去状況を、図4にその他の臭気成分の

図2 オゾンガスによる純除去率

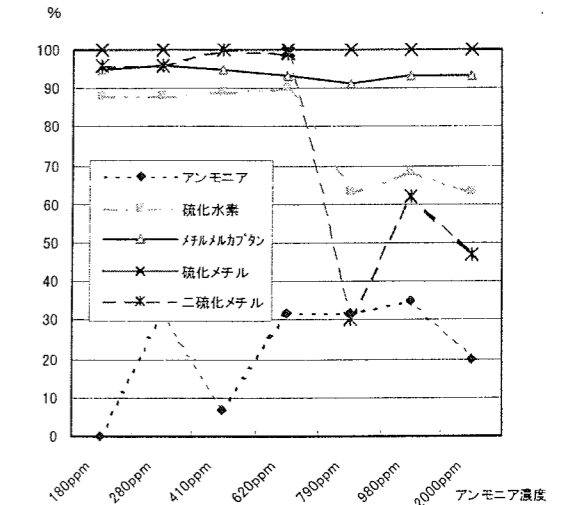


表1 オゾンガスによる脱臭効果

単位: ppm (但し臭気指数、臭気濃度は除く)								
経過時間	臭気名	アンモニア	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル	臭気濃度	臭気指数
1日目AM	原臭	2000	1.090	0.980	0.100	0.740	30903	44.9
	処理臭	800	0.199	0.035	n.d.	0.195	3090	34.9
1日目PM	原臭	980	1.110	1.600	0.370	0.800	30903	44.9
	処理臭	320	0.178	0.060	n.d.	0.154	9772	39.9
1日目PM	原臭	790	1.140	2.000	0.370	0.860	54954	47.9
	処理臭	270	0.211	0.089	n.d.	0.301	3090	34.9
2日目AM	原臭	620	0.900	0.770	0.080	0.440	5495	37.4
	処理臭	210	0.045	0.026	n.d.	0.003	1738	32.4
2日目PM	原臭	280	0.810	1.170	0.210	0.270	5495	37.4
	処理臭	96	0.049	0.023	n.d.	0.006	1738	32.4
3日目AM	原臭	410	0.800	0.670	0.060	0.230	5495	37.4
	処理臭	190	0.042	0.017	n.d.	n.d.	977	29.9
3日目PM	原臭	180	0.820	0.940	0.330	0.260	5495	37.4
	処理臭	90	0.050	0.023	n.d.	0.005	1738	32.4

備考：臭気導入とオゾン導入による2倍希釈を含まず

除去状況を示した。

アンモニアは5日目まで高い除去率を示していたが、6日目以降急激に除去効果が低下した。

また硫黄化合物は、水による除去率が50%以下と低い値で推移していた。

このことから以前から各種試験で示されているように水による脱臭は、アンモニア除去に高い効果があるが、硫黄化合物には効果が低いことが示された。

臭気指数、臭気濃度は排出アンモニア濃度が100ppm以下の1日目付近までは低い値を示したが、試験日数が経過するにつれ、徐々に上昇する傾向を示した。

これは、処理臭に含まれるアン

表2 水脱臭の臭気分析結果

経過時間	臭気名	単位: ppm (臭気指数、臭気濃度を除く)					
		硫化水素	チルマルカブタン	硫化メチル	二硫化メチル	臭気濃度	臭気指数
スタート	原臭	1.070	3.340	0.140	0.900	17378	42.4
	処理臭	1.070	2.850	0.110	0.610	1738	32.4
1日目	原臭	0.830	1.390	0.110	0.560	17378	42.4
	処理臭	0.830	0.900	0.090	0.590	1738	32.4
2日目	原臭	0.109	0.208	0.023	0.422	9772	39.9
	処理臭	0.123	0.158	0.019	0.370	3090	34.9
3日目	原臭	0.740	0.790	n.d.	0.180	5495	37.4
	処理臭	0.730	0.610	n.d.	0.150	3090	34.9
4日目	原臭	0.940	2.850	0.090	1.090	17378	42.4
	処理臭	0.880	1.600	0.060	0.770	5495	37.4
5日目	原臭	0.900	0.371	0.834	0.620	9772	39.9
	処理臭	0.890	0.285	0.705	0.560	3090	34.9
6日目	原臭	1.080	1.291	0.265	0.534	9772	39.9
	処理臭	1.070	0.970	0.203	0.457	5495	37.4
7日目	原臭	0.970	1.331	0.166	1.210	17378	42.4
	処理臭	0.970	1.180	0.112	1.086	5495	37.4
8日目	原臭	0.909	0.720	0.452	0.350	17378	42.4
	処理臭	0.870	0.580	0.386	0.289	9772	39.9

図3 水によるアンモニア除去状況

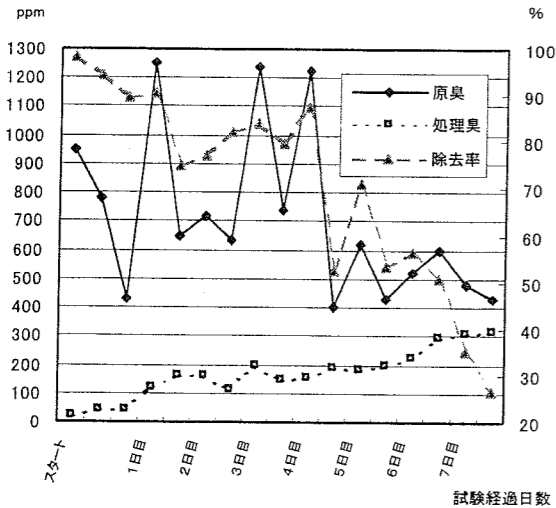
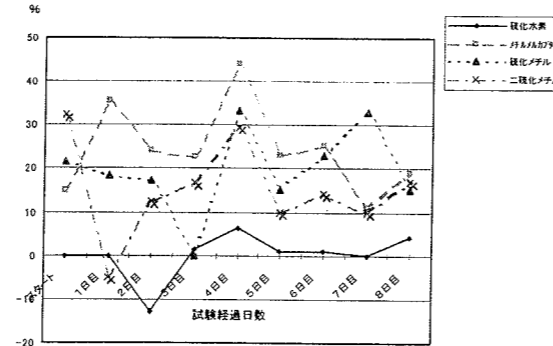


図4 水による各臭気成分の除去状況



モニア濃度が経過日数を追うごとに上昇することから、処理臭の官能試験結果にアンモニア濃度が大きく影響していることが示された。

表3に水脱臭時の水質分析の結果を、図5に経過日数ごとの水質変化状況を示した。

水脱臭を開始してすぐにpHが8から9台に上昇しアルカリ性を維持していた。

また、アンモニウムイオン濃度が上昇していくことからガス体のアンモニアが速やかに水中に溶解していることが示された。

アンモニウムイオンは経過時間ごとに上昇し、7日目以降5,000ppm付近で安定していた。

また、アンモニウムイオン上昇に伴いECも上昇し、6日目以降2,000mS/m付近で安定していた。

この結果から水によるアンモニアの除去効果の限界点を判断すると、水質分析結果からアンモニウムイオンが5,000ppm付近で、ECが2,000mS/m付近で安定したことから7日目付近に水脱臭の効果がなくなるのではないかと推察できる。

また、上述の結果から水の脱臭効果は、今回

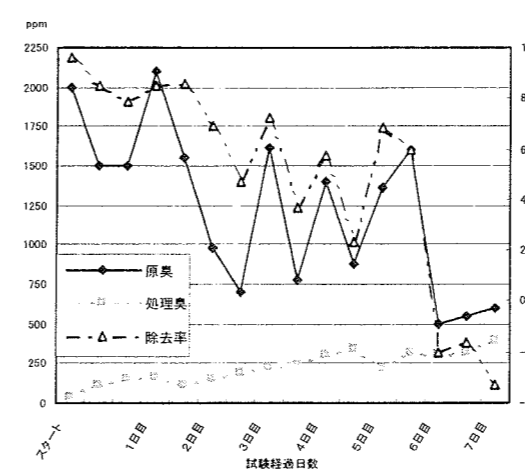
使用した水が0.17m³であるので、平均あたり850gのアンモニアを除去できる計算になる。

(平均水温10℃)

「バイオフィルターによる畜産臭気の脱臭試験に関する試験(平成7~10年度)」の成績から当所設置の有効容積6m³の密閉型強制発酵機からは、アンモニアが約3,143g(2,386g)/日(平成9年度の試験成績書から)排出される。

この臭気を水脱臭で行った場合、約2.4g/m³の水があれば脱臭が可能であることが推察される。

図6 アンモニアの純除去率



3) オゾン水区

臭気及びオゾン毎秒10ℓを導入し、170ℓの水にオゾンバブリングしてオゾン水を作り、オゾン水のシャワーリングとオゾンガスを併用して臭気の脱臭を行った。

オゾン水区の臭気分析結果を表4に示した。

オゾン水区もオゾン区と同様に、臭気とオゾン反応槽に毎秒10ℓずつ導入しているの

で、2倍希釈を換算して、アンモニア及びその他の臭気成分の純除去率を図6・7にそれぞれ示した。

アンモニアは3日目付近まで高い除去率を示していたが、5日目以降除去率が急激に減少する傾向が見られた。

逆に硫黄化合物の4物質については高い除去率を示しており、特に硫化メチルは7日目まで検出限界以下であった。

また、臭気濃度、臭気指

表3 水脱臭水質分析結果

経過時間	分析名				
	EC	pH	NH4	NO2	NO3
スタート	53	8.37	48.9	0	0
	105	9.54	234.5	0	0
1日目	154	9.43	255.6	0	0
	487	9.42	1032	0	0
2日目	590	9.32	1416	0	0
	905	9.36	2080	0	0
3日目	910	9.25	2109	0	0
	1230	9.21	2954	0	0
4日目	1327	9.26	3155	0	0
	1597	9.13	3334	0	0
6日目	1682	9.14	3789	0	0
	1897	9.08	3922	0	0
7日目	1809	9.04	4682	0	0
	1910	9.04	4909	0	0
8日目	1900	9.04	4785	0	0
	2040	9.16	4987	0	0
	1940	8.97	4766	0	0

単位: ECは、mS/m

NH4、NO2、NO3は、ppm

図7 臭気成分の純除去状況

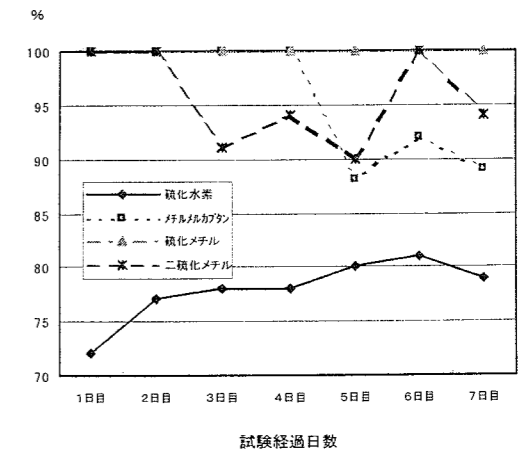


図5 水脱臭の水質変化状況

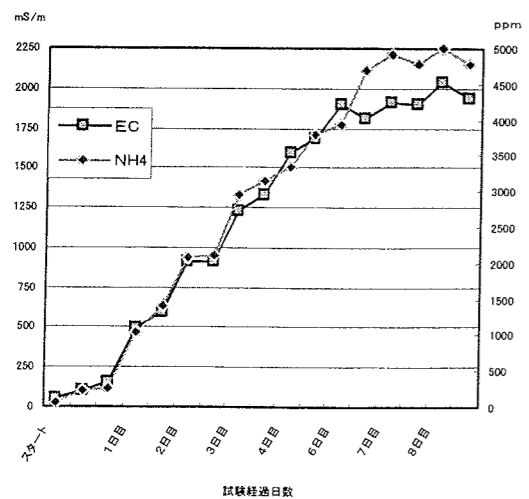
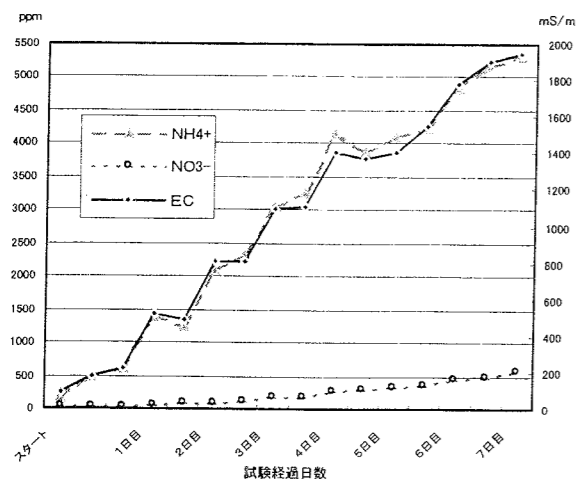


表4 臭気成分分析結果

経過時間	臭気名	アンモニア	単位: ppm (臭気指数、臭気濃度を除く)					
			硫化水素	チルマルカブタン	硫化メチル	二硫化メチル	臭気濃度	臭気指数
スタート	原臭	2000	0.9000	0.7700	0.0500	0.6200	17378	42.4
	処理臭	80	0.1280	n.d.	n.d.	n.d.	309	24.9
1日目	原臭	2100	0.0880	0.0270	0.0110	0.0230	9772	39.9
	処理臭	160	0.0205	n.d.	n.d.	n.d.	977	29.9
2日目	原臭	700	0.8300	0.7000	0.1400	0.3300	17378	42.4
	処理臭	185	0.0913	n.d.	n.d.	0.0147	550	27.4
3日目	原臭	690	1.1400	1.2900	0.9700	0.8300	54954	47.4
	処理臭	220	0.1245	n.d.	n.d.	0.0230	1318	31.2
4日目	原臭	1400	0.9000	0.3500	0.0800	0.5300	74131	48.7
	処理臭	300	0.0880	0.0215	n.d.	0.0275	550	27.4
5日目	原臭	1360	1.0300	1.0300	0.1600	1.3100	54954	47.4
	処理臭	220	0.0965	0.0395	n.d.	n.d.	550	27.4
6日目	原臭	500	0.9700	0.7000	0.2800	0.6500	73780	52.4
	処理臭	300	0.1005	0.0375	n.d.	0.0190	1738	32.4

備考: 臭気導入とオゾン導入による2倍希釈を含まず

図8 オゾン水の水質変化状況



数は低い値を示しており、オゾン水による脱臭が官能的に高い効果を示すものと推察される。

表5及び図8に水質分析結果を示した。

脱臭開始からpHが9台に上昇し、アルカリ性を呈していたことから、臭気中のアンモニアが速やかにオゾン水に溶解込みアンモニウムイオンとなっていることを示している。

水区の水質分析時には検出されなかった亜硝酸イオンや硝酸イオンが検出され、硝酸イオンについては経過時間とともに濃度が上昇することから、オゾン水をバブリングしてオゾン水を生成する過程でアンモニウムイオンを酸化して亜硝酸イオンから硝酸イオンに速やかに酸化しているものと考えられる。

また、アンモニウムイオン濃度が5,000ppm付近でECが2,000mS/mを示していることから、水区の試験結果と同じように脱臭効果の限界点を示すものと推察される。

水区と比較するとオゾン水区はアンモニアの除去率の低下が急激であった。

これは水質分析の結果から水区には存在しなかった硝酸イオンが検出されているため、硝酸イオンの上昇がアンモニア溶解能力を阻害しているか、もしくはオゾンガスを導入している空気がシャワーリングの水を空气中に奪い取りながら排出されるため、アンモニア濃度が高い処理臭となって排出されたと仮定できる。

7日目に脱臭試験を停止した際、循環して使用していた水が約36.5ℓ減少していることが確認された。

今回のオゾン水区からオゾン水のアンモニア脱臭効果は、今回使用した水が0.1335m³であるので、m³当たり667.8gのアンモニアを除去できる計算になり、水区の除去より若干劣る結果となった。

表5 オゾン水の水質分析結果

分析名 経過時間	EC	pH	NH4+	NO2-	NO3-
スタート	87	9.00	137	0	34
1日目	179	9.75	498	0	35
	217	9.75	618	0	40
2日目	520	9.54	1405	4	62
	487	9.48	1251	0	85
3日目	810	9.48	2106	1	100
	807	9.46	2300	1	117
4日目	1093	9.51	3044	0	177
	1110	9.42	3242	1	187
5日目	1407	9.47	4164	0	261
	1373	9.46	3872	0	304
6日目	1399	9.40	4088	0	340
	1544	9.37	4237	0	370
7日目	1783	9.37	4827	0	460
	1902	9.38	5160	0	483
	1947	9.39	5319	0	582

単位: ppm (ECはmS/m、pHは除く)

水区と同様に当所設置の有効容積6m³の密閉型強制発酵機の脱臭には、約0.48m³/日のオゾン水があれば脱臭が可能である。

(平均水温13.5℃)

これらのことからオゾン水とオゾンガスを併用した脱臭は、ガス区では除去できなかったアンモニアを、水区では除去できなかった硫黄化合物をそれぞれ除去でき、さらに臭気指数、臭気濃度からオゾン水とオゾンガスの脱臭が官能的にも効果が高いことが示された。

3) 経済性の検討

有効容積6m³の強制発酵機からの排出臭気を今回試験に使用した反応槽で、アンモニア及び硫黄化合物の除去に効果のあったオゾン水区のようにオゾンガスとオゾン水を併用した脱臭方法では、表6のような機材が必要になる。

ランニングコストとして電気代は、約27kwh/日の使用で約540円/日、水が3.6m³必要になる。

表6 強制発酵機排出臭気脱臭に設置した機材類

1水中ポンプ	200w	×0.8×24h×1台=	3.84kwh/日
2ブロワー(臭気導入)	200w	×0.8×24h×2台=	7.68kwh/日
3ブロワー(オゾン水用)	135w	×0.8×24h×1台=	2.59kwh/日
4オゾン発生機	240w	×0.8×24h×2台=	9.22kwh/日
5スライダック	100w	×0.8×24h×2台=	3.84kwh/日
負荷率を0.8として計算			

(5) 総合考察

オゾンを利用した脱臭方法は、オゾンの酸化力を用いた化学的脱臭法である。

今回の各種試験よりオゾンが硫黄化合物の臭気を酸化させることが明らかとなった。

図9に示した反応図は、硫黄化合物がオゾンによって酸化される一般的な反応式を示した。

これによるとメチルメルカプタンと二硫化メチルは酸化によってメチルスルホン酸に分解され、硫化メチルはジメチルスルホオキシドに酸化される。

試験結果からもオゾン脱臭前に検出されていたメチルメルカプタンや二硫化メチルは、オゾン脱臭によって検出限界以下にまで脱臭されている。

実際に採取臭気をガスクロマトグラフで分析した際にオゾン脱臭前の臭気には現れなかったピークが、オゾン脱臭後の臭気を分析した際に現れていた。しかしながら、硫黄化合物がオゾンによってどのような物質に酸化されたかは分析したガスクロマトグラフからは確認できなかった。

強制発酵機からの排出臭気を乾式脱臭法と湿式脱臭法の2種類の脱臭方法を検討したが、乾式脱臭法ではアンモニアの酸化分解は期待できず、オゾン水を反応槽にブローで送り込む際の空気が希釈効果となって現れていることとオゾンが持つマスク効果が大きく影響しているものと考えられる。

一方、湿式脱臭法は水を使用しているためアンモニアの除去も可能で

あり官能検査での除去効果も高く現れていた。

家畜ふん堆肥化時に発生する臭気はアンモニアが高濃度であるため、アンモニア除去を考え湿式脱臭法を用いるのがよいと思われる。

豚舎内臭気の脱臭試験では、閉鎖系であるウインドレス豚舎でオゾン脱臭の効果が見れていたが、アンモニアの脱臭効果は確認できなかった。

しかし、オゾンの持つマスク効果や落下大腸菌群数を低下させる衛生的効果は、オゾンの持つ大きな効果と言える。

今後は、これらの衛生的効果が家畜の成育状態や死亡率など経済面の効果の検討をする必要がある。

図9 硫黄化合物の酸化反応図

