第34巻第12号(通巻415号)平成11年11月1日発行(毎月1回1日発行)昭和41年9月13日第三種郵便物認可 ISSN0915－9622

月刊 養豚界

THE PIG MAGAZINE

11

国際化時代に挑戦する養豚経営の羅針盤

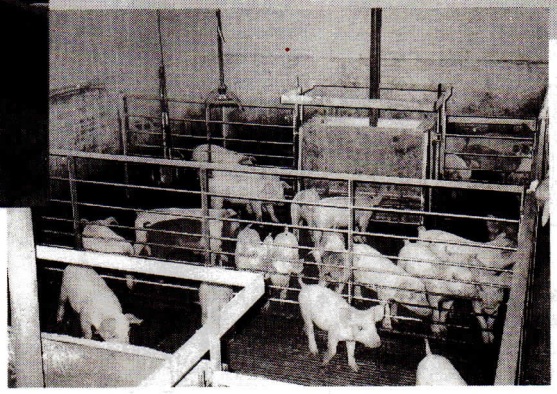
特集　脱・悪臭へのアプローチ

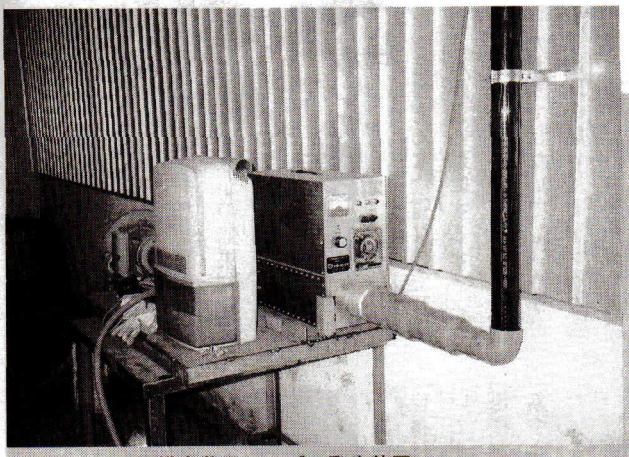
オゾン脱臭システム実用化の可能性を探る

特集

脱・悪臭へのアプローチ

オゾン脱臭システム 実用化の可能性を探る





㈲横山養豚のオゾン発生装置

悪臭問題により、畜産経営の継続が難しくなっている。近隣住民からの苦情にとどまらず、場合によってはやむなく移転・廃業に追い込まれるケースも。においは地形や、風向きなどの気象条件によって広範囲に被害が及ぶことがあるから厄介だ。地域の環境保全に対する配慮は、産業を営む側の義務であることからも、今後、生産者の方々の養豚経営に対する根本的な姿勢が問われてくる問題ともいえよう。さまざまな対策が模索される中、このたび、神奈川県畜産研究所で、オゾン発生装置を用いた脱臭方法が硫黄化合物に有効であるとの試験報告がなされたと聞き、早速、現地へ赴き、川村英輔氏にオゾン脱臭システムの解説とその効果についてのご説明を、堀与志美氏に実証地である横浜市泉区・㈲横山養豚でのルポをご執筆いただいた。

環境に配慮した畜産経営を実現するオゾンの可能性

オゾンの脱臭およびその殺菌効果

神奈川県畜産研究所
技師
川村　英輔

ウインドウレス豚舎内の様子

都市近郊における臭気対策

養豚に限らず、酪農、肉牛、養鶏など畜産経営を継続していくには、地域住民に配慮した環境対策を講じる必要があります。

ふん尿処理はもちろんのこと、私どもの神奈川県畜産研究所のある神奈川県内のように住宅と隣接した都市近郊で畜産経営を行っている地域では、臭気対策は欠かすことができません。そのため、当研究所では臭気対策に重点を置いて各種研究を進めています。

ところで、皆さんはさまざまな脱臭方法の一つにオゾン酸化法というものがあることをご存知でしょうか。オゾン酸化法とは、オゾンの持つ酸化分解力を用いた脱臭方法ですが、脱臭能力以外にも強い殺菌効果を持っていることから、畜舎内にオゾンを放出した場合、こうした脱臭能力や殺菌効果が発揮されるかどうかの効果判定試験を行いましたので報告いたします。

オゾンの基礎知識

オゾンとはどんな物質なのでしょう。皆さんがよく耳にするオゾンとは「オゾン層」とか「オゾンホール」といった言葉ではないでしょうか。オゾンは地球の周りにオゾン層を形成し、紫外線などの有害光線を透過させないといった役割や殺菌効果が知られています。

オゾンは、酸素（O_2）に酸素原子（O）が結合したO_3の形態で、酸素原子を放出しやすい性質を持っており、これが強力な酸化力を生み出します。一般にオゾンは、その強い酸化力で硫黄化合物を酸化したり、さらにオゾン特有の臭いによるマスキング効果を発揮したりすることが知られています。

しかし、高濃度のオゾンは人体に有害であるため、日本産業衛生学会では労働衛生許容濃度を〇・一ppmと定めています。ですから、今回豚舎内にオゾンを放出する試験の実施に当たり、作業者や家畜に与える影響を考慮して労働衛生許容濃度に準じ、オゾン濃度を〇・一ppm以下になるように調節を行いました。

オゾン放出前後で比較

試験には、写真1のような除湿機を通した乾いた空気をブロワーを用いてオゾン発生機に導入し、高電圧電極からの放電によって空気中の酸素をオゾン化させる装置を用いました。この装置のオゾン生成能力は、一時間当たり八gで、ここで生成されたオゾンを塩ビ配管を通して屋根裏から豚舎内に放出し、室内でオゾン濃度が〇・一ppm以下になるように発生量を調節しました。

オゾンの脱臭および殺菌効果についての判定試験は、住宅に密接した都市近郊経営で特に臭気対策に力を入れている横浜市の㈲横山養豚（母豚三〇〇頭の一貫経営）のウインドウレス豚舎および開放豚舎において実施しました。

実験に用いたウインドウレス豚舎は、室内面積二一六㎡、室内容積五四〇㎥、一棟六室で一室四豚房からなり、室内温度と換気量を自動調節できるようにコンピューター制御さ

それと室内面積が同程度で側壁に巻き上げ式のカーテンがついている豚舎で実験を行いました。

サンプリングは、オゾン放出前のデータとしてオゾン放出の三日前、二日前、一日前の室内の臭気および落下大腸菌数を、次にオゾン放出後のデータとして、室内にオゾンを放出してから一日（二四時間）後、二日（四八時間）後、三日（七二時間）後の室内の臭気および落下大腸菌数を採取し、オゾン放出前後での比較を行いました。

その際、オゾン放出時の豚舎内オゾン濃度を確認したところ、ウインドウレス豚舎で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ますが、臭気採取時の室温と換気量は安定しており、室内のオゾン濃度も〇・一ppm前後で安定していました。一方、開放豚舎ではオゾン濃度が検出限界以下で、豚舎内に残存するオゾンは検出されませんでした。

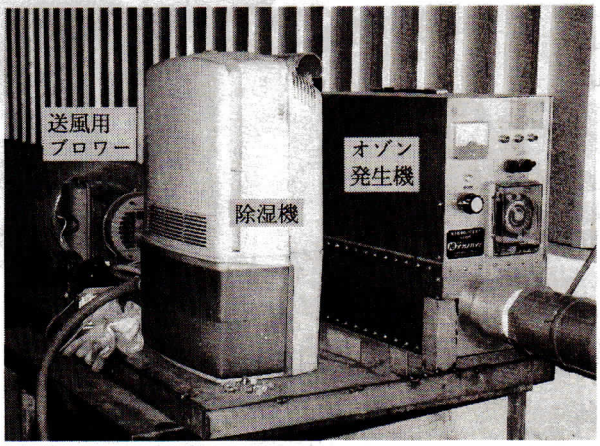


写真1　オゾン発生装置と送風用ブロワー

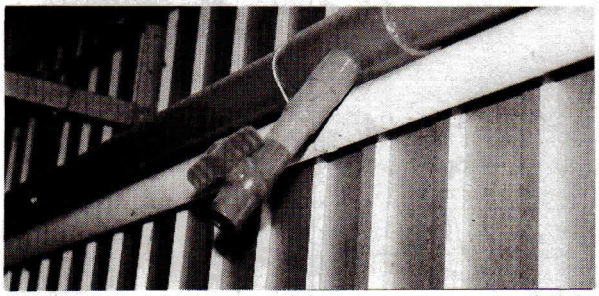


写真2　オゾン送風管と吹き出し口（通路）

ウインドウレスですぐれた脱臭効果

調査内容は、悪臭防止法上畜産経営に起因する臭気成分であるアンモニア、硫黄化合物、低級脂肪酸など計九物質を機器分析により濃度測定を行うとともに、人間の嗅覚による官能検査も行いました。

ウインドウレス豚舎内のアンモニアおよび低級脂肪酸濃度は、オゾン放出前後で変化しませんでしたが、硫黄化合物のメチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチルの濃度はオゾン放出後に低下しました（図1）。

官能検査においてもオゾン放出後に臭気濃度が低下し、脱臭効果が確認されています。

一方、開放豚舎では、ウインドウレス豚舎で脱臭効果の見られた硫黄化合物の濃度低下や、臭気濃度の低下を確認することはできませんでした（図2）。

このことから、畜舎内にオゾン放出をして脱臭効果を発揮させるためには、室内のオゾン濃度を〇・一ppm程度確保しなければならず、オゾン濃度を確保しやすいウインドウレス豚舎へのオゾン放出が効果的であることが示されました。

脱臭プラス畜舎内空気の消毒も

一方、オゾンの殺菌効果の確認は、室内の落下大腸菌数をシャーレ上の培地に五分間落下させる方法で計測しました。

その結果、ウインドウレス豚舎、開放豚舎ともにオゾン放出直後に落下大腸菌数の減少が見られたことから、大腸菌に対するオゾンの殺菌効果が期待できることが示唆されました（図3）。

豚舎内はふん便に由来する大腸菌などの細菌に汚染されていますが、オゾンを畜舎内に放出することで、落下大腸菌数を減少させる殺菌効果が確認され、豚舎内空気の消毒への利用の可能性が認められました。

今回の試験に用いた機材は表の通りですが、購入の際には約三四〇万円／棟（写真2のような配管は別工事）が必要になります。

使用電力は一棟当たり約一九kwh／日で、電気代を一kwh当たり二〇円

表　豚舎に設置した機材類と使用電力

1	除湿機	100w	×0.8×24h＝ 1.92kwh／日
2	ブロワー	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

＊スライダック：電圧調節機。100Vから7000Vに昇圧させる負荷率を0.8として計算

と計算すると、約三八〇円／日の電気代がかかります。一室に二五頭収容すると仮定し、一棟で一五〇頭収容とすると、一頭当たり二・五三円／日かかる計算になります。

また、今回使用したウインドウレス豚舎の室内面積は二一六㎡、容積は五四〇㎥ですが、各部屋でオゾン濃度が〇・一ppm存在したことから、今回使用した機材で十分なオゾンを供給できることが確認されました。

使用方法の確立と安全性が残る課題

今回の試験では室内のオゾン濃度を労働衛生許容濃度値の〇・一ppm以下になるように調整して脱臭および殺菌に関する効果判定試験を行ったのですが、その結果として、脱臭効果としては硫黄化合物の濃度低下が、殺菌効果としては落下大腸菌数の低下が確認できました。

一方、試験を行った㈲横山養豚では、オゾン発生装置を導入してから一年が経過しようとしていますが、試験期間中は二四時間運転させていたオゾン発生装置も、現在では作業をする人が豚舎内に入らない時間帯（一日に三回、二時間／回程度）にタイマーで運転をしています。これは、私も経験しましたが、作業時に豚舎内に長時間留まると軽い頭痛を起こすことがしばしばあったため、作業者の労働環境を考えて行っています。

このようにオゾン濃度が労働衛生許容濃度値〇・一ppm以下であっても、軽い頭痛など、作業者に与える影響を考慮し、オゾン放出には十分な注意を払うことが必要です。

そのため、作業者に影響がない程度にオゾン濃度を下げ、なおかつオゾンの持つ脱臭および殺菌効果が発揮される濃度値の確認や、放出時間をタイマーなどで制限した使用方法についても調査する必要があります。

さらに、今回の実験ではオゾンを豚舎内に長期間放出した場合の発育状況、死亡率といった家畜に与える影響を確認していないことからも、今後はそれらの安全性の検討を行う必要があります。

図1　ウインドウレス豚舎臭気の濃度推移

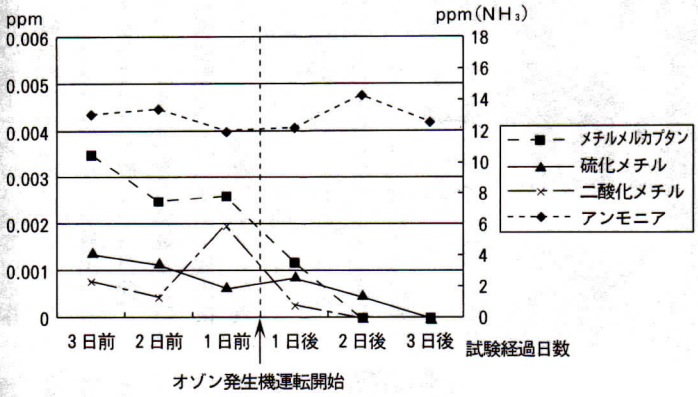


図2　開放豚舎臭気の濃度推移

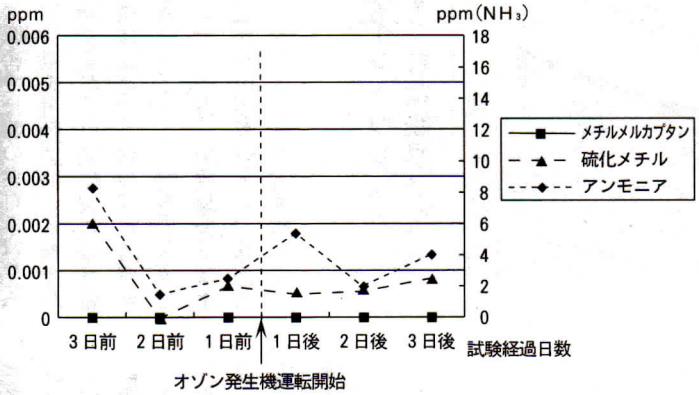
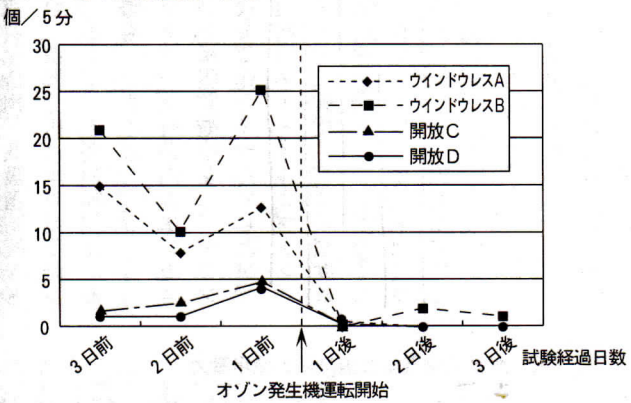
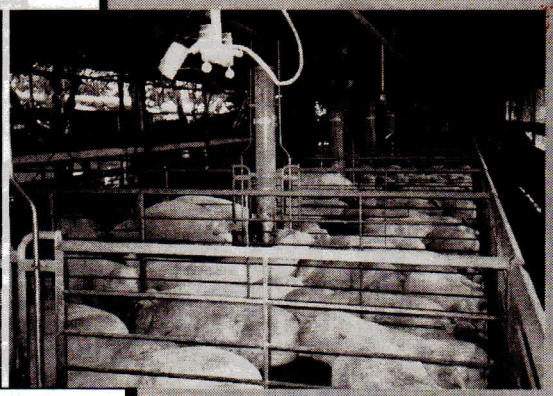


図3　落下大腸菌数の推移





ウインドウレス豚舎（左）と開放豚舎（右）

現地ルポ

横浜市泉区㈲横山養豚

豚舎環境を整えて より安全な豚肉を食卓に

オゾン脱臭の利用で事故率を八%改善

神奈川県農業振興課
専門技術員
堀 与志美

堀与志美氏　　㈲横山養豚・横山清氏

臭気対策が最優先

神奈川県横浜市泉区の㈲横山養豚（母豚三〇〇頭）は、この地で養豚業を始めてもう三〇年近くになる。この辺りは、二〇年ほど前から宅地化が進み、この農場もすぐ隣は民家がある。

「この場所で養豚業を営み、次世代にそれを引き継ぐためには臭気対策が最優先と考えました」と場長の横山清さんは語る。

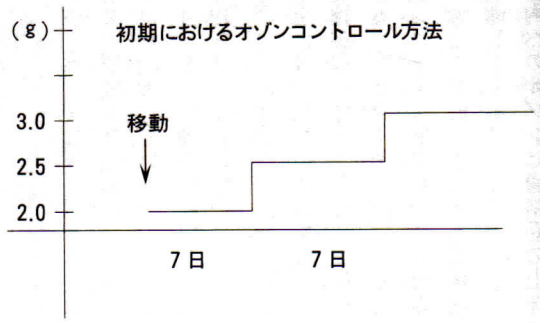
㈲横山養豚では、子豚生産性の向上策からも、平成九年度に国庫事業の導入のもと、県の都市型養豚施設整備事業を利用して、平成九年一〇月に離乳豚舎および育成子豚舎をウインドウレス豚舎に新築した。

「平成一〇年度に入ってから、県内で臭気軽減化のための研究が実施されているという情報を聞き、うちの養豚場に利用できないものかと模索していたところ、企業より実施研究をすすめられたのです」

それを機に、県畜産研究所と共同でオゾンの研究が実施されるようになった。従来、オゾンの畜産分野への利用に関しては、部分的導入はなされていたが、現場への普及はなかなか広がらないままになっていた。この装置の技術開発が定着していな

表1　離乳豚舎（ウインドウレス）での環境設定とオゾン稼働時間

調査日 8月17日　外気温 33.4 ℃	
舎内温度	31.9℃
換気量	32㎥／h
舎内温度設定	26℃
オゾン稼働休止時間帯	8:00～10:00 16:00～17:30 24:00～ 1:30



いことや、オゾンの人体への影響などが危惧されていることなどがその理由である。

敷地面積に合った生成量の把握でオゾンを均一に

当初オゾン発生装置は、ウインドウレス豚舎（離乳豚舎）だけに試験的に導入していたが、現在はすべての豚舎に取り付けてある。㈲横山養豚には、三アンペアで一時間当たり八gのオゾンを生成する機械が全部で八台あり、現在は七台が稼働している。一台は予備で、将来はオゾン水の生成専用にしようと考えているのだそうだ。

最初は実験的に取り付けたという経緯もあって、離乳豚舎は、部分的にマンホールへの送風を行うほかは、単独で利用している。

「以前は風向きによっては、マンホールのにおいが、農場入り口までしたのですが、オゾン発生装置を導入してからは、パッタリとしなくなりました」

この離乳豚舎以外の豚舎には、原則として二棟を一単位として設置が行われている。

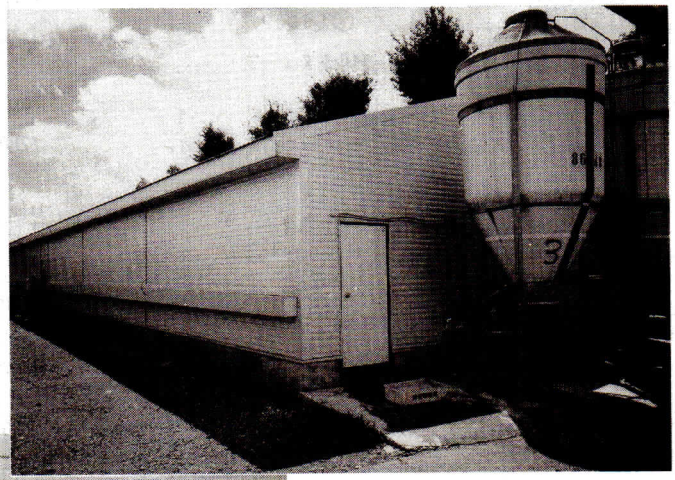
「最初は豚舎の数が増えるのだから、単純に生成量の大きなものをと思ったのですが、ダクト管に入れたオゾンは（空気より重いその性質のために）豚舎手前側で濃度が高くなってしまうのです」

オゾンを均一にするには、豚舎の敷地面積にあった生成量の機械を使用することが大切になってくる。

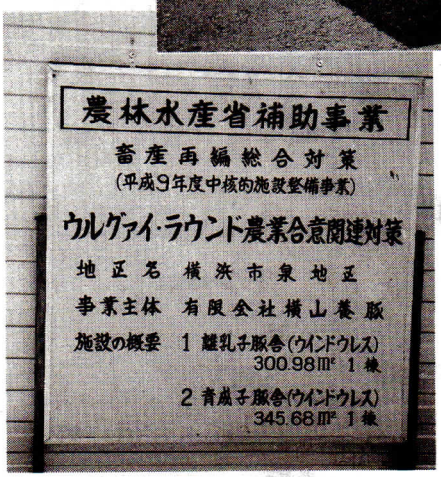
オゾン導入当初は、作業中にしばしば頭痛がすることがあったため、人体への配慮として、横山さんの農場では、一日の中で朝夕の作業時間帯と豚が行動しない深夜時間帯の三回をオゾン装置の運転休止時間帯としている（**表1**）。

装置からのオゾン送風には塩ビ管が用いられ、各豚舎の構造に合った配管が施されている。塩ビの配管工事においては、なるべく直線的に行い、送風時の抵抗を少なくし、各豚房ごとにバルブを設け、その状況下に応じて送風量が微調整できるようにする必要がある。

開放豚舎では自然環境によって、換気システムが変わるため、吹出口の高さ、角度、豚房への数などが考慮されている。また、ウインドウレス豚



平成九年に新築されたウインドウレス豚舎



舎では、舎内の環境条件をコンピュータで制御、オゾンの舎内での滞在時間、送風量を観察し、その日の条件に沿ってコントロールを行っている。

オゾンは酸素より重いため、ウインドウレス豚舎および開放豚舎とも舎内に均一に拡散できるように、吹出ノズルの設置場所は、舎内の最上部に取り付けるようにする。

均等なオゾン送風に有効なソフトエアーパネル

a 離乳豚舎

離乳豚舎は六室で一室八豚房となり、一豚房当たり子豚一四頭を収容できる。原則としてオールイン・オールアウト方式を採用し、豚の発育に合わせて温度・換気量をコンピュータで自動制御している。

天井裏全体を換気に利用し、室内の空気を均一にするため、チムニー（煙突）方式の換気扇を取り付け、通路上には、冷たい外気を暖める温湯配管が取り付けてある。これらの制御もコンピュータで行い、さらに、空調システムに異常が発生した場合には素早く対応できるよう警報機まで装備してある。

吹出口を設け、空気が部屋全体へ万遍なく広がるよう、天井には多数の小さな穴があいたソフトエアーパネルが利用され、オゾンは屋根裏を通してソフトエアーパネルを通じて、豚房に送風されるようになっている（**図1、2**）。仕切枠や床面などは耐久性を配慮した素材が使用されている。

また、室内のオゾンコントロールに関してだが「うちでは、子豚の導入時からオゾン発生量を段階的にコントロールしています。導入時は一時間当たり二gから開始し、二週間後には、それが三gになるようにコントロールして、その量を保っているのです」とのこと。オールイン・オールアウト後、七日ごとに徐々に濃度を上げることによって、子豚を

図1　離乳子豚舎（生後21～80日齢）の断面図

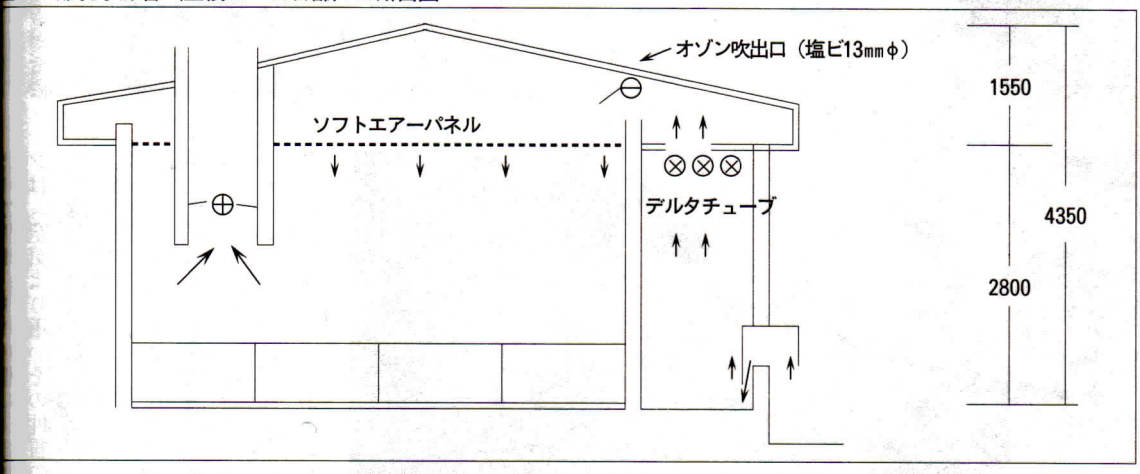


図2　離乳子豚舎（生後21～80日齢）の平面図

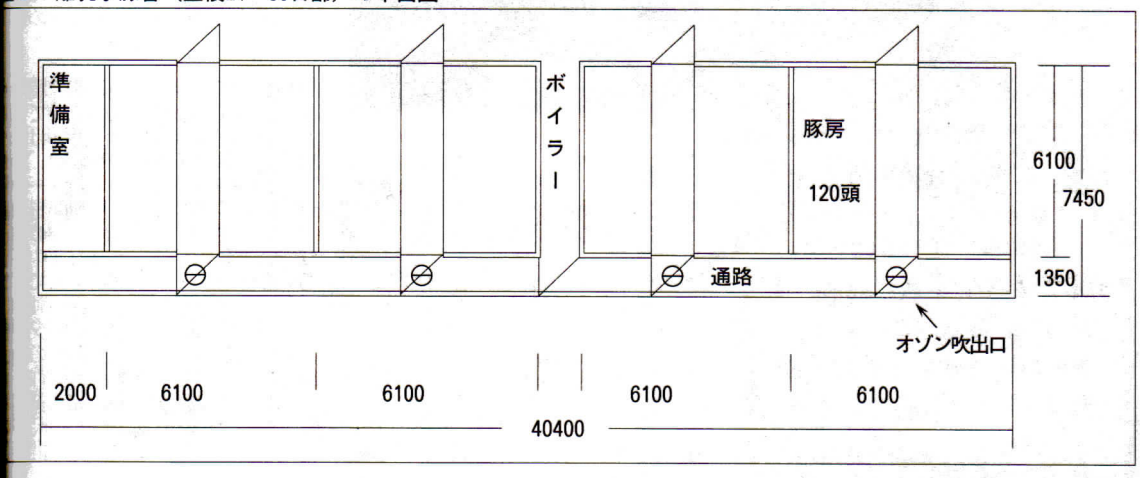
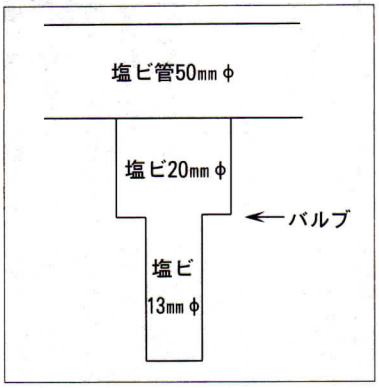
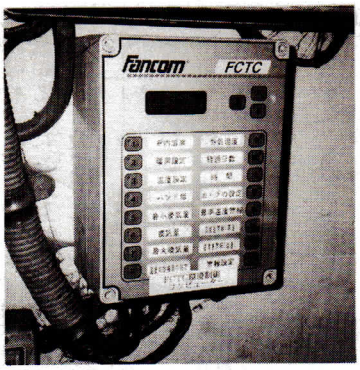


図3　離乳子豚舎でのオゾン排出断面





室内温度など環境を整えるコンピュータのコントロールパネル

いるのだ（**表1**）。

オゾン吹出口は、豚舎内に均一に拡散できるように工夫し、しかも突発的な故障時や通常の風量を微調整できるように各吹出口にバルブを付けるようにしておくとよい。

㈲横山養豚では、舎内におけるオゾンの送風は直径五〇㎜の塩ビ管により配管し、吹出口は**図3**のように徐々に細くし、途中にバルブを取り付け、送風量を調整できるようにしてあった。

b 育成豚舎

育成豚舎は離乳豚舎と同時に建設したため、構造的にはほとんどこれと類似した造りになっており、六室で一室四豚房、一豚房当たり子豚二五頭を収容することが可能だ。

給餌器にはPVPパイプを利用したウエットフィーダーを使用し、ふんは除ふん機（スクレイパー）により集ふん後、コンポストにおいて堆肥化され、尿は公共下水道に放流されている。

オゾン装置は隣接する開放肉豚舎との二棟で一単位とするシステム（**図4**）で稼働。室内へのオゾンの

図4　育成子豚舎と開放肉豚舎とのオゾンシステム

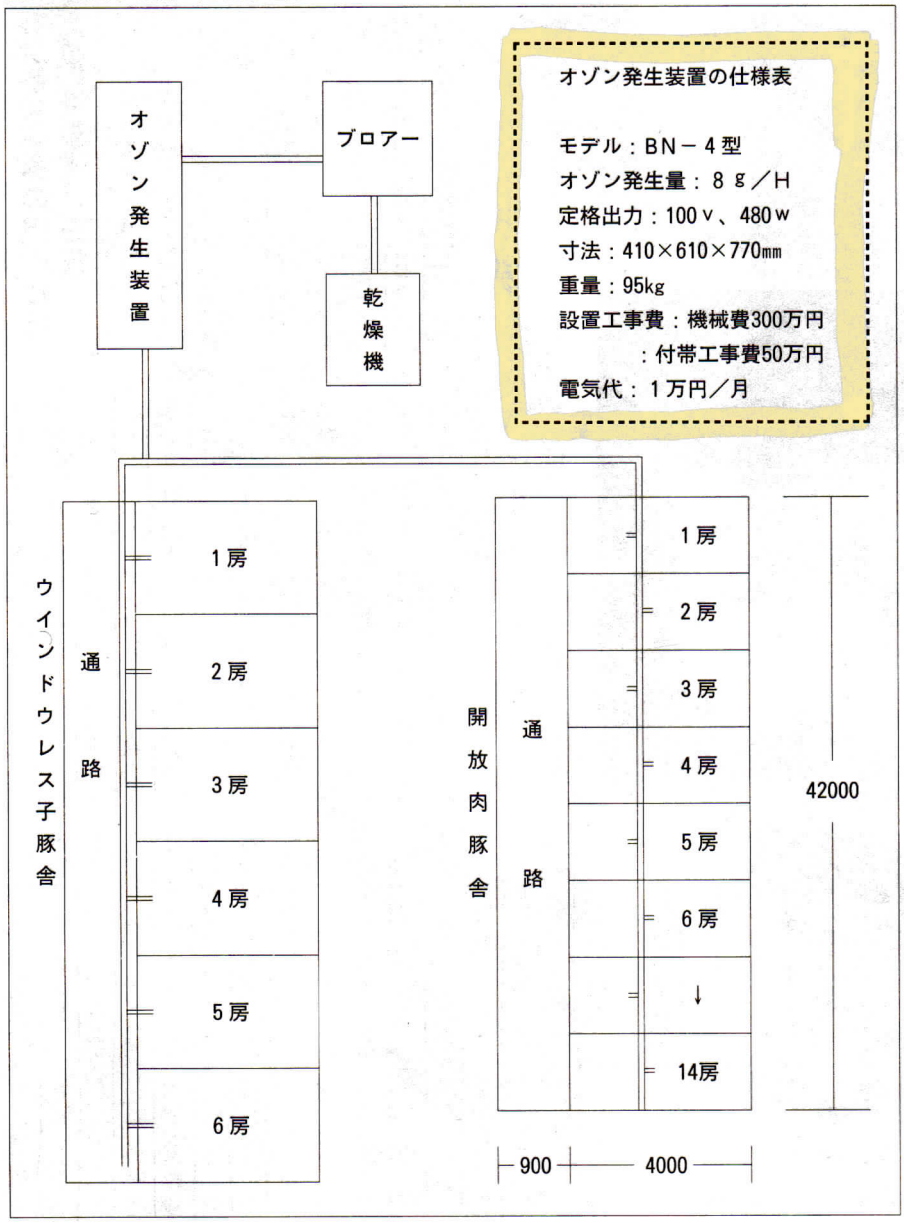
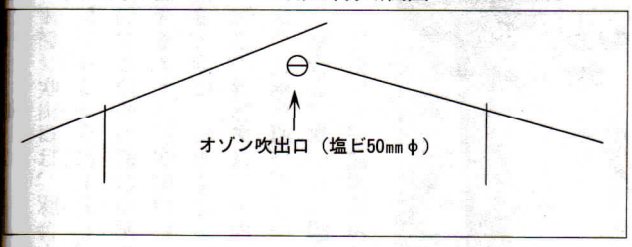


図5　開放肉豚舎でのオゾン設置部分断面図



送風システムは離乳豚舎のそれとほとんど変わらない。

ウインドウレス豚舎では、舎内環境は自動化されているため、当日の外部気象条件と豚の飼養密度を考慮し、コントロールパネルで換気量および温度などを設定することを忘れてはならない。

一方、開放豚舎のオゾン発生装置の吹出口には、離乳豚舎同様の材料が使用され、天井のモニターの上部に二mごとに左右互い違いの向きになるように設置されている（図5）。

より安全な豚の提供には豚舎環境整備は必須

これまで県畜産研究所ではウインドウレス子豚舎でのオゾン利用による臭気軽減効果についての現地調査を進めてきた。

その結果、硫黄化合物の低減化、アンモニアに対してのマスキング効果、さらには作業者への官能検査でも大幅な臭気軽減が確認されている。豚舎周辺からの苦情も聞かれなくなったという。

「子供たちが鼻をつまむような環境では豚を飼いたくありません。なんといっても、食品ですから、きれいに出荷しなくては…」

これと併行して進められた落下細菌の除去についての試験でも、除去率が九〇%以上という効果が確認された。

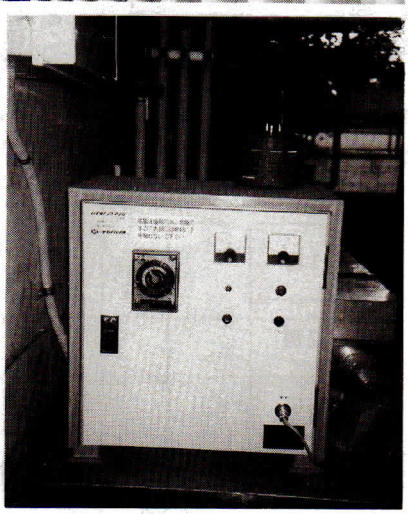
「これからは、生産性の向上のためには、舎内環境を整えることは必須になってくるのではないでしょうか。環境が良くなれば、発育が良くなり、病気も減ります。そうなれば注射も少なくてすむから、より安全な食品を提供することができると思います」

㈲横山養豚では、豚舎全部にオゾンを利用しているのだが、子豚に活気が出て、発育遅延はほとんど見られなくなったという。特に、分娩豚舎においては子豚の下痢症状が軽度となり、肥育豚では発育が均一となった。前年度に比べ事故率がおおむね八%程度改善され、と畜場への出荷豚についての調査でも流行性肺炎の症状が軽度になっていることがわかった。

横山さんはオゾン導入後の感想を「添加物を使った場合には、獣医師の人に面倒を見てもらわなくてはならないけれども、オゾン発生装置は、なんといっても、メンテナンスが自分でできるし、月一万円程度の電気代で済むのも魅力だね」と語っている。

オゾン発生装置は年一回位、分解しての掃除が大切である。㈲横山養豚では、オゾン発生装置を設置の際に、なるべく塵埃を避けるため、豚舎内ではなく独立した個室を設けるなど、メンテナンスを楽にするための配慮もなされている。

今回、横山さんに農場を案内していただき、オゾン発生装置の運転稼働の際に、細心の注意を払うことの大切さ、そしてオゾン脱臭の生む大きな効果を実感し、感じ入った次第である。



▶㈲横山養豚の、オゾン発生装置は全部で八台

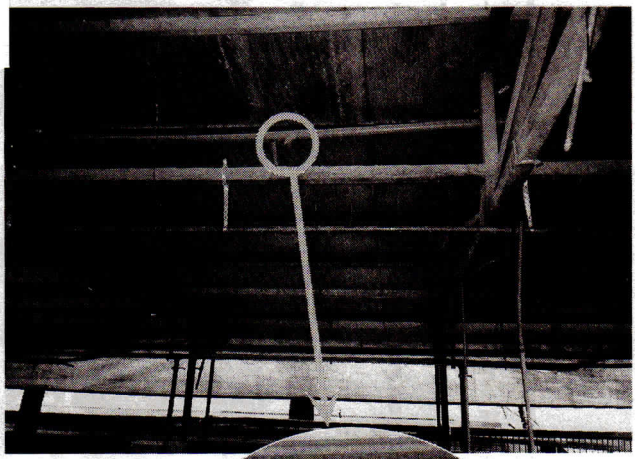
▲オゾンは屋根裏を通して豚舎内に万遍なく行き渡る

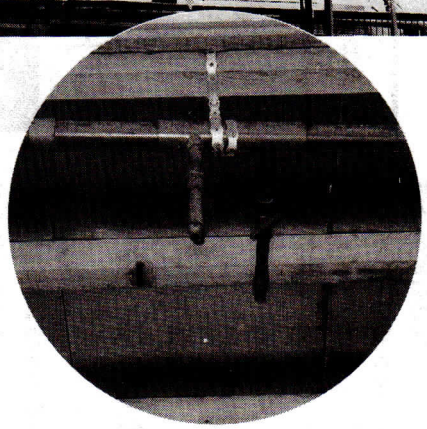
オゾン脱臭は経営存続の救世主

都市近郊での養豚経営においては臭気対策が大きな課題となっているが、オゾン脱臭は、硫黄化合物の低減化を図れ、かつアンモニアにおけるマスキング効果と官能検査効果が見られるという点からも画期的な方法であろう。

現在、設置するためのコストは高め（一台、二五〇万円前後）ではあるが、この分野については各企業とも関心が高く、一〇〇万円前後の機械開発が試みられているところである。

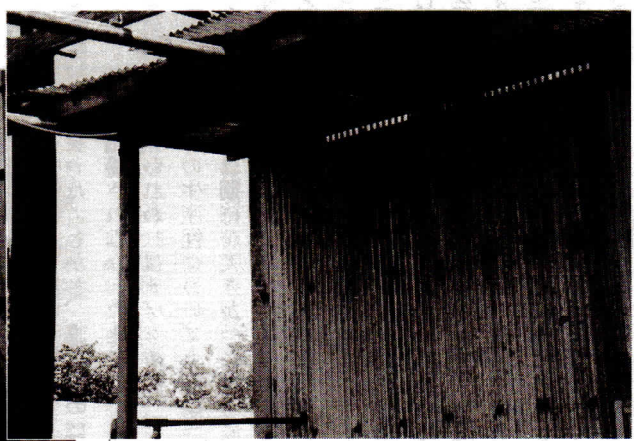
これが実現すれば、脱臭に関してはこれまでも菌体飼料等で部分的な対応がなされてきたが、これといった決め手はなかった。そのことを考えても、このオゾン効果が今後の養豚業界において、臭気問題に悩む多くの農家にとっての経営存続の救世主になるものと期待している。





吹出口を天井のモニター上部に互い違いの向きに設置（開放豚舎）

マンホールに送風することで、農場入り口のにおいの心配もなくなった



豚舎の外に向けてもオゾンを送風

すぐそばにある民家からの苦情もない