

オゾン水による真菌類と芽胞菌の不活化試験

Inactivation Test of Eumycetes and Spore-forming Bacteria by Ozonized Water

萩谷 宏三*
Kōzō Hagiya

安達 嗣雄**
Tsugio Adachi

芦川 正行***
Masayuki Ashikawa

要 約

オゾンは酸化力が非常に大きく、有害な副産物を生成しないので食品分野をはじめ多方面で殺菌、脱色、脱臭等に利用されている。しかし、今後オゾンを有効に応用して行く上で、オゾンに関する基礎的データの集積が重要となる。

技報 VoL.8「オゾンを利用したバイオクリーンエアシステムの可能性」の中で、オゾン水によるウイルス、細菌及び原虫（鶏コクシジウム）の不活化効果について報告した。本論では、オゾン水による真菌類と芽胞菌に対する不活化試験を東京農業大学 家畜衛生学研究室の協力を得て行った結果について報告する。

真菌類については、溶存オゾン濃度 4～5 ppm で有効時間(菌数10個/m³以下になるのに要する時間)が3分以下3例、5分以下1例、10分以下2例及び7分を越えるものが1例であった。また芽胞菌については、溶存オゾン濃度 2～3 ppm で有効時間が5分以下5例、10分1例及び15分越えるものが1例であった。なお真菌類の場合、オゾンに対する抵抗性に多少菌種の差が見られた。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 試験装置及び方法
- §3. 真菌類の不活化試験
- §4. 芽胞菌の不活化試験
- §5. おわりに

§1. はじめに

微生物を抵抗性の弱い順に並べると、一般に栄養型細菌、ウイルス、細菌の芽胞そして真菌類となる。代表的な細菌、ウイルス及び原虫（鶏コクシジウム）については、技報 VoL.8「オゾンを利用したバイオクリーンエアシステムの可能性」の中で述べた。1.0ppm という僅かな溶存オゾン濃度で、しかも数秒の接触時間でウイルス

を始めとする8種類の微生物を不活化することができた。

さらに、抵抗性の強い真菌類と細菌の芽胞に対するオゾンの不活化効果を把握することにより、オゾンの広い分野への適用を確立することができると考える。

現在、オゾンの利用分野は水処理(中水道、し尿等)、食品産業(原料水処理、原材料の殺菌、製造工程または最終段階での殺菌等)及び医療(医療器具の殺菌、オゾン治療等)などである(Table 1)。

このようにオゾンが再び注目されはじめ、オゾン発生器の改良・開発等がさかんに行われている。しかし、ここで原点に戻りオゾンの基礎的な特性を把握することが、今後オゾンの応用を考える上で非常に重要であると考える。

この度、東京農業大学 家畜衛生学東研究室の協力により、オゾン水による真菌類と芽胞菌の不活化試験を行う機会を得たのでその結果を報告する。

*技術研究部原子力室
**技術研究部建築技術課長
***技術研究部建築技術課

§ 2. 試験装置及び方法

ここでいう試験装置とは、溶存オゾン濃度 2～3 ppm のオゾン水を製造する一連のシステムのことである。すなわち、オゾン発生機、接触槽（オゾン水と微生物を接触させる容器）、排オゾン処理装置及びオゾン濃度測定機から構成される。なお試験装置の概要を Fig. 1 に、各部の仕様を Table 2 に示す。

Table 1 オゾンの利用分野

利用分野	利 用 内 容
水 処 理	前塩素処理の代替 水の再利用(中水道、工業用水) 受水槽、高架水槽の浄化 バイオフィアリング(スライム)の防止 超純水の製造 二次処理水の高度処理(ウイルス対策、脱色など)
食 品	冷凍食品、生鮮食品の鮮度保持 原材料の殺菌、漂白 工場、冷蔵庫、貯蔵庫などの殺菌
大 気	ホテル、トイレなどの脱臭 廃ガス処理(有害ガスの分解、臭気制御など)
医 療	手術室、医療器具の殺菌 オゾン治療(ガン、肺病、気管支炎、火傷など)

Table 2 試験装置の仕様

装 置 名	仕 様
オゾン発生機	沿面放電型セラミックスオゾン発生機 オゾン発生量 20g/hr×2 スライダックにより出力調整可能
接 触 槽	三角フラスコ (2ℓ) オゾンはガラスろ過器を通じて溶解 スターラーにて攪拌
排オゾン処理装置	活性炭 (セカード：品川白煉瓦(株))
そ の 他	溶存オゾン濃度の測定 よう化カリウム法 (JIS B 7957-1976) 試験温度条件は室温

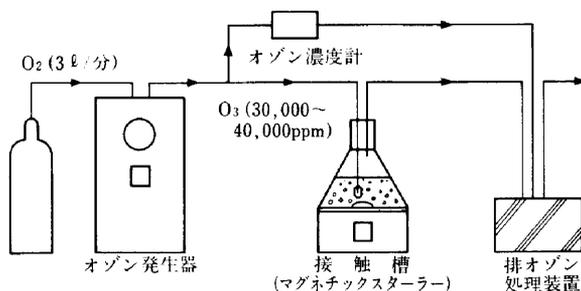


Fig.1 試験装置の概要

試験方法は、接触槽に滅菌した蒸留水ないしは必要に応じて調合した水溶液を入れる。その中に滅菌したガラスろ過器を通じてオゾンを吹き込む。溶存オゾン濃度を測定し目標値を維持していることを確認した後、胞子または芽胞浮遊液を投与する。その後、定時的にサンプリングを行いオゾン水による微生物の不活化効果を判定する。なお浮遊液投与前及び試験終了時に、フラスコ内の溶存オゾン濃度を測定した。

§ 3. 真菌類の不活化試験

3-1 真菌類とは

真菌類とは、主として菌糸を伸長して栄養を吸収し、繁殖のために各種の胞子を形成する高等微生物である。いわゆるかび、キノコ、酵母の全てを含む。この胞子が適当な環境のもとで発芽して菌糸となる。また胞子の性状、形及び形成位置などは、真菌類を分類する一つの基準となる。

一方、真菌類と人間生活との関わり合いは非常に古く、Table 3 に有効面及び有害面から見た関係を示す。

試験に供した真菌類は一般的なもので、その特徴を Table 4 に示す。また Table 5 は、わが国において大気中に浮遊している真菌類を調査 (1979年1月～1980年1月) したもので、クラドスポリウム属、アルターナリア属及びペニシリウム属が主要な位置を占めている。すなわち、供試菌がいかに代表的なものであるかがわかる。なお、大気中の真菌類は春先から晩秋にかけて多く、その他の期間は比較的少ないといわれている。

3-2 胞子浮遊液の調整

(1) 菌株の培養

Table 4 の No.1～No.5 の糸状菌は、ポテトデキストロース寒天培地“栄研”(栄研化学株)を入れたバチ形培養びんで培養した。25℃、7～14日間培養を行い、胞子を良く形成させ成熟させた。

Table 3 真菌類と人間生活との関わり

真菌類の有効面	真菌類の有害面
発酵食品工業 アルコール飲料の製造 発酵食品の製造 (みそ、しょうゆ、チーズの熟成など)	食品の変質、変敗 植物の疾病 人間及び動物の病原 真菌症、アレルギー
医薬品工業 ペニシリンの製造 ビタミン、ホルモンなどの製造 酵素の製造 その他 有機物の分解	ミズカビ病(淡水魚) マイコトキシン(カビ毒) その他

Table 4 供試菌株及びその特徴

No	供試菌株名	特徴
1	<i>Aspergillus fumigatus</i> BF1	一般にアスペルギルス属は、コウジカビのグループである。土壤、貯蔵米、発酵食品などいろいろな基質から分離される。また角膜炎、外耳道真菌症の原因菌である。
2	<i>Aspergillus niger</i> M#518	一般名をクロカビといい、塗料、プラスチックの試験菌に製定されている。また角膜炎、外耳道真菌症の原因菌である。
3	<i>Penicillium frequentans</i> M#658	一般にペニシリウム属は、アオカビのグループである。世界的に広く分布し、国内では生薬、腐敗野菜、土壤、竹製品、バターなどから発見される。
4	<i>Alternaria alternata</i> M#1038	一般名をアルターナリア病菌といい、極めて普通に見られ、植物、食品、土壤などから腐生的に発生する。アレルギー性病変の原因ともなりうる。
5	<i>Cladosporium tenuissimum</i> M#710	一般にクラドスポリウム属は、クロカワカビとも呼ばれ土壤、腐朽物、食品、空気中などいたる所に存在する。諸材料の劣化、植物病原となるものが多い。
6	<i>Candida albicans</i> 0583	酵母型の真菌の一つで、カンディダ症の原因菌である。粘膜気管支、肺などほとんど全身の臓器をおかすが、健康者からも分離される。
7	<i>Malassezia pachydermatis</i> CBS 1879	温血動物(犬や猫など)の外耳道に生息し、外耳道炎の原因となる。

Table 5 主要な空中真菌類

(1979.1~1980.1) (信太ら)

場所	真菌類の種類						
札幌	<i>Cladosporium</i> > <i>Alternaria</i> > <i>Penicillium</i> > <i>Epicoccum</i> , <i>Phoma</i> > <i>Arhhrinium</i> , <i>Aspergillus</i>						
東京	<i>Cladosporium</i> (19.8%)	<i>Alternaria</i> (16.8%)	<i>Epicoccum</i> (6.9%)	<i>Penicillium</i> (6.7%)	<i>Fusarium</i> (3.4%)	<i>Mycelia sterilia</i> (19.2%)	
秦野	<i>Cladosporium</i> (31.8%)	<i>Alternaria</i> (17.5%)	<i>Penicillium</i> (9.1%)	<i>Aureobasidium</i> (5.0%)	<i>Fusarium</i> (3.3%)	<i>Mycelia sterilia</i> (4.6%)	
神戸	<i>Cladosporium</i> (15.0%)	<i>Alternaria</i> (10.9%)	<i>Penicillium</i> (5.6%)	<i>Aureobasidium</i> (4.8%)	<i>Phoma</i> (2.8%)	<i>Epicoccum</i> (2.5%)	<i>Aspergillus</i> (2.3%)
福井	<i>Epicoccum</i> (28.4%)	<i>Alternaria</i> (24.4%)	<i>Cladosporium</i> (15.5%)	<i>Pithomyces</i> (2.8%)	<i>Nigrospora</i> (2.3%)	<i>Mycelia sterilia</i> (12.2%)	
長崎	<i>Cladosporium</i> (23.7%)	<i>Nigrospora</i> (10.4%)	<i>Penicillium</i> (5.4%)	<i>Penicillium</i> (4.6%)	<i>Mycelia sterilia</i> (10.2%)		

また No.6 と No.7 の酵母は、グルコース・イースト・ペプトン寒天培地 (The yeasts の記載に基づき調整) を入れたシャーレに植え付け、37°C、24~48時間培養を行った。

(2) 孢子浮遊液

孢子とオゾン水溶液中で接触させる。その水溶液には、滅菌した0.05%ラウリル硫酸ソーダ液(陰イオン界面活性剤)に消泡剤(シリコン KM70: 信越化学製)を加えたものを用いた。すなわち孢子が疎水性で、水溶液表面に浮遊するため、それを防止し均一な濃度の孢子浮遊液を作成するためである。

No.1~No.5については、全菌苔表面の着生孢子を渦巻き白金耳で十分にかけ取り、上記水溶液50ml に良く混和して孢子浮遊液とした。消泡剤は、界面活性剤による泡立ちを防止するためである。

また、No.6 と No.7 についても同様に、50ml の水溶液に各々の菌を良く混和して浮遊液とした。ただし、これら酵母の場合には界面活性剤を入れなくても混合するが、糸状菌の場合と試験条件を合わせるために上記水溶液を用いた。

(3) 菌数 (孢子数) の測定

各菌株の孢子浮遊液を 10^{-1} ~ 10^{-7} まで段階的に希釈し、その 10^{-4} ~ 10^{-7} の各希釈孢子浮遊液を用いた。これらの各浮遊液から1ml を採り、3枚づつシャーレで混和培養した。No.1~No.6についてはポテトデキストロース寒天培地“栄研”を、No.7についてはグルコース・イースト・ペプトン寒天培地を用いた。培養温度はNo.5の菌株に対して25°C、その他の菌株に対して37°Cである。

3-3 真菌類の不活化試験, 結果及び考察

三角フラスコ (容量 2 l) に, 滅菌済みの0.05%ラウリル硫酸ソーダ液350mlを入れる. 続いてフラスコ内にセットしたガラスろ過器を通じて, 目標濃度 (2~3 ppm) になるまでオゾンを吹き込む. その中に孢子浮遊液40mlと消泡剤を投与し, 定時的に生残菌数濃度を測定し不活化効果を判定した. 各菌株とも, 各接触時間毎にシャーレ3枚に混釈培養した.

なお孢子浮遊液投与前及び試験終了後に, フラスコ内の溶存オゾン濃度を測定した. 試験は二回行い, その結果を Table 6 に示す.

一回目の試験では, 平均 (混合前と終了時の算術平均) 溶存オゾン濃度が¹1.80~4.20ppm, 有効時間が²短いもので5分以下, 長いもので10分を越えた. 溶存オゾン濃度は, 水温, pH, 溶液中の有機物等の影響を受け易く不安定である. しかし, No.6の溶存オゾン濃度が³, 終了時において検出限界以下となった理由については不明である.

10^{8.0}以上の菌数で供試した No.1 と No.3 の内, 後者は完全死滅時間 7分, 有効時間 5分以下とそれぞれ明らかにされたが, 前者はいずれも10分を越え明確な時間を得ることができなかった. しかし, 接触時間を大きくとるにつれて, 生残菌数の減少しているのが平板上の菌の

発育密度によって確認された. また完全死滅時間は, No.3を除いて最大接触時間 (No.1~No.5は10分, No.6と No.7は5分)を越えていた. しかし, 有効時間が No.1を除いて5分以下, 5分あるいは10分であることから, 完全死滅を示さぬ菌の存在が本来的な菌のオゾンに対する抵抗性に由来するものかどうか疑問である.

二回目の試験では, 一回目の試験結果を考慮して接触時間を設定した (Table 7). すなわち, 有効時間が5分以下のものについてはより短い3分, 10分あるいはこれを超えるものについてはより長い15分の接触時間を加えた. また5分のものについては, より長い7分を加えた.

Table 7 二回目試験の接触時間

菌株No.	一回目試験の有効時間(分)	二回目試験の接触時間(分)
1	> 10	10, 15
2	≤ 5	3, 5
3	≤ 5	3, 5
4	≤ 5	3, 5
5	10	10, 15
6	5	5, 7
7	5	3, 5, 7

Table 6 オゾン水による真菌類の不活化試験結果

試験	供試菌		溶存オゾン濃度 (ppm)			菌数 (個/ml)	各接触時間における生残菌数 (個/ml)						完全死滅時間 (分)	有効時間 ^{*3} (分)
	No.	菌株名	混合前	終了時	平均		1分	3分	5分	7分	10分	15分		
I	1	A. fumigatus BF1	3.12	2.40	2.76	>10 ^{8.0}	*1	-	*2	∞	269.3	-	>10	>10
	2	A. niger M #518	3.84	4.56	4.20	10 ^{8.1}	-	-	4.7	0	1.0	-	>10	≤ 5
	3	P. frequentans M #658	4.08	4.08	4.08	>10 ^{8.0}	-	-	1.3	0	0	-	7	≤ 5
	4	A. alternata M #1038	3.60	3.60	3.60	10 ^{4.9}	-	-	1.0	1.0	0.3	-	>10	≤ 5
	5	C. tenuissium M #710	1.92	2.88	2.40	10 ^{5.0}	-	-	91.0	52.0	3.7	-	>10	10
	6	C. albicans 0583	3.60	0.00	1.80	10 ^{8.1}	∞	∞	4.7	-	-	-	> 5	5
	7	M. pachydermatis CBS1879	3.60	2.40	3.00	10 ^{8.2}	∞	42.3	4.7	-	-	-	> 5	5
II	1	A. fumigatus BF1	5.28	4.68	4.98	10 ^{8.2}	-	-	-	-	1.0	0	15	≤10
	2	A. niger M #518	6.12	4.32	5.22	10 ^{8.0}	-	4.7	0	-	-	-	5	≤ 3
	3	P. frequentans M #658	3.72	4.80	4.26	10 ^{7.0}	-	0.3	0	-	-	-	5	≤ 3
	4	A. alternata M #1038	4.08	4.20	4.14	10 ^{6.0}	-	0.7	0	-	-	-	5	≤ 3
	5	C. tenuissium M #710	5.64	5.16	5.40	10 ^{6.1}	-	-	-	-	0.3	0	15	≤10
	6	C. albicans 0583	4.08	5.16	4.62	10 ^{7.4}	-	-	0.7	0	-	-	7	≤ 5
	7	M. pachydermatis CBS1879	4.56	4.32	4.44	10 ^{8.8}	-	448.7	210.0	115.0	-	-	> 7	> 7

*1 : no test *2 : 計数不能 *3 : 菌数10(個/ml)以下になる時間 *4 : 検出限界以下

平均溶存オゾン濃度は、4.14~5.40ppmと目標濃度(2~3 ppm)に比べて高いが安定していた。完全死滅時間はNo.7を除いて確定した。No.1やNo.5は、No.2~No.4に比べて3倍の安全死滅時間を費やしており、オゾン水による不活化効果に菌種の差があると考えられる。有効時間についてもNo.7を除いて最少設定接触時間を下回っており、さらに短くなる可能性がある。

なお、一回目と二回目の完全死滅時間及び有効時間に差が生じたことは、主に溶存オゾン濃度の違いによるものと考えられる。

§ 4. 芽胞菌の不活化試験

4-1 芽胞菌とは

芽胞菌とは、外界の影響に対して強い抵抗性を示す、休止的な繁殖体である芽胞(孢子:無性生殖器官)を形成する細菌である。芽胞の形と菌内での形成位置とは、菌種によってほぼ一定しているので菌の鑑別に役立つ(Fig. 2)。

細菌はその形によって、球菌(coccus)、桿菌(bacillus)及びらせん菌(spiral form)に区別され、芽胞菌はその中の桿菌に属する(Fig. 3)。

また芽胞は、細菌にとって個体維持のためのもので、1個の菌体に1個の芽胞しか形成しない。芽胞は、熱、乾燥、消毒剤などに対する抵抗性が著しく高い。土壤中などで長年月にわたって生存し、適当な環境に置かれると発芽、増殖する。

なお、一般的に真菌類と細菌は生育条件が相反しており、それをTable 8に示す。真菌類は生育が遅く、好気

的で中温多湿を好む。

試験に供した芽胞菌は、No.7を除いて一般的なものでその特徴をTable 9に示す。

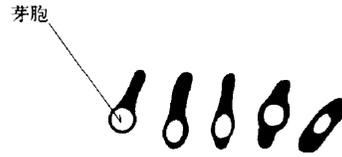


Fig.2 細菌の芽胞の位置

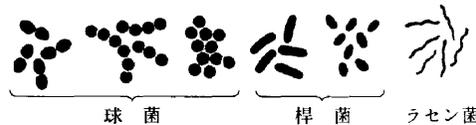


Fig.3 細菌の形態

Table 8 真菌類と細菌の違い

生育条件	真菌類	細菌
形態	多細胞で複雑	単細胞で単純
酸素	主として好氣的	嫌氣的, 好氣的
生育速度	遅い(経時的)	はやい(経時的)
温度	最適生育温度低い(20~28℃)	高い(30~37℃)
※1 死滅温度低い(平均60℃)		高い
水分活性(Aw)	乾燥, 高温, 高糖濃度など 低温に強い(Aw0.70以上生育)	好湿 (Aw0.90以上生育)
酸度	低pH濃度に強い 至適pH弱酸性	酸性側では生育しにくい 至適pH中性
化学的, 物理的 作用	菌種により薬剤や光線 照射に強い	一般に薬剤や光線 照射に弱い
変異	変異し易い	変異し難い
生活環	複雑(有性, 無性)	単純(無性)

※1: 相対湿度(%)の1/100

Table 9 供試菌株及びその特徴

No.	供試菌株名	特徴
1	Bacillus subtilis 3	一般名を枯草菌といい、土壌、枯草など自然界に広く分布する。米飯、パンなど各種食品の腐敗菌であるが、人間や動物には病原性はない。また遺伝子工学の宿主の一つでもある。
2	Bacillus licheniformis 196	この芽胞は枯草菌のそれに比べて、一般に耐熱性である。100℃、数時間の煮沸に耐える。また遺伝子工学の宿主としてβインターフェロンを生産する。
3	Bacillus pumilus 235	枯草菌群の一つで、No.1やNo.2と菌型はよく似ているが、それぞれのコロニーに特徴があり見分けがつく。土壌中に広く分布しており、病原菌となることは稀である。
4	Bacillus circulans 783	空中雑菌の一つである。No.1と混ぜて葉巻き煙草の処理に加えると、芳香を強めるといわれている。
5	Bacillus cereus 291	土壌、水系、空気中など自然界に広く分布している。また人間の食中毒の原因菌でもある。
6	Bacillus megaterium 384	蛋白性抗菌物質メガシンの生産やカップリングシュガー(虫歯予防甘味料)の製造に関与する。
7	Bacillus anthracis 34F ₂	羊、牛、馬など草食動物の急性熱性伝染病である炭疽の原因菌である。人間への感染は創傷、経口、経気道によるが、故意に患畜の肉を食する以外自然感染例は少ない。

4-2 芽胞浮遊液の調整

(1)菌株の培養

Table 8 の No.1 ~ No.7 に対して、トリプトソイ寒天培地“栄研”(栄研化学株)で斜面培地を作成し、各菌を植え付けた後7~10日間、30°Cで培養し十分に芽胞を形成させた。

(2)芽胞浮遊液

滅菌した蒸留水 2 ml に、トリプトソイ寒天斜面培地より芽胞形成が十分な菌を2白金耳浮遊させた。

(3)菌数(芽胞数)の測定

一回目の試験では、各菌の浮遊液を 10^{-1} ~ 10^{-8} まで段階的に希釈し、その 10^{-5} ~ 10^{-8} までの希釈浮遊液を用いた。また二回目では、各菌の浮遊液を 10^{-9} まで希釈し、その 10^{-6} ~ 10^{-9} までの希釈浮遊液を用いた。そして各希釈浮遊液から 1 ml 採り、3枚づつシャーレで混釈培養した。培地には普通寒天培地を用い、37°Cで培養を行い各菌の浮遊液の菌数を求めた。

4-3 芽胞菌の不活化試験、結果及び考察

滅菌した蒸留水396ml にオゾン吹き込み、目標濃度(2~3 ppm)のオゾン水とする。その中に各希釈浮遊液(一回目: 10^{-2} , 二回目: 10^{-4})を4 ml 投与し、その不活化効果を把握した。各菌株のオゾン水に対する接触時間は、5、10及び15分間とし、各接触時間毎に試験液を1 ml サンプルングしシャーレ3枚に混釈培養した。

なお孢子浮遊液投与前及び試験終了時に、フラスコ内の溶存オゾン濃度を測定した。試験は2回行い、その結果を Table 9 に示す。

一回目の試験では、平均溶存オゾン濃度が1.98~2.82

ppmであった。有効時間は、5分以下2例、10分1例、15分2例そして15分を越えるものが2例であった。しかし5、10及び15分の各接触時間での生残菌数は、必ずしも各菌株とも段階的に減少しなかったため、明確な効果の判定はできなかった。これは、供試菌数の過多が原因となったとも考えられるので、二回目の試験では菌数を減らした。また完全死滅時間は、各菌株とも15分を越えた。

二回目の平均溶存オゾン濃度は、2.16~2.64ppmで、一回目とはほぼ同濃度に調整できた。有効時間は、No.7を除いて同じか大幅に短縮した。従って、最初の供試菌数の差が有効時間に影響したものと考えられる。また完全死滅時間は、一回目と同様に全菌株とも15分を越えたが、各接触時間での生残菌数に差が見られた。

なお、No.2とNo.7以外のものは有効時間が5分以下であり、それ以下の時間について確認をしていないが、さらに短くなる可能性がある。

今回供試した芽胞菌は、No.7以外はごく一般的な腐生菌種であり、真菌類の場合に比べてオゾンに対する抵抗性の差は余りないように思われる。また冒頭に記したように、真菌類の方が芽胞菌よりもオゾンに対する抵抗性が大きいといわれているが、今回の試験ではそれを確認できなかった。これは、投入菌数や溶存オゾン濃度等に違いがあったためと考えられる。

§5. おわりに

これで殺菌、ウィルス、原虫、真菌類及び芽胞菌に至る一連の微生物に対するオゾン水の不活化効果を把握す

Table 10 オゾン水による芽胞菌の不活化試験結果

試験	供試菌		溶存オゾン濃度 (ppm)			菌数 (個/ml)	各接触時間における生残菌数 (個/ml)			完全死滅時間 (分)	有効時間 (分)
	No.	菌株名	混合前	終了時	平均		5分	10分	15分		
I	1	B. subtilis 3	3.24	2.40	2.82	$>10^{6.0}$	4.0	29.0	2.0	>15	15
	2	B. licheniformis 196	1.92	2.64	2.28	$10^{5.0}$	83.7	24.7	5.3	>15	15
	3	B. pumilus 235	2.04	2.64	2.34	$>10^{6.0}$	0.7	5.0	2.3	>15	≤ 5
	4	B. circulans 783	2.88	2.40	2.64	$>10^{6.0}$	15.7	5.7	10.7	>15	>15
	5	B. cereus 291	2.16	2.16	2.16	$>10^{6.9}$	7.3	30.3	23.3	>15	>15
	6	B. megaterium 384	2.40	2.28	2.34	$>10^{6.0}$	7.0	4.3	2.7	>15	≤ 5
	7	B. anthracis 34F ₂	2.04	1.92	1.98	$>10^{6.0}$	42.7	7.3	10.0	>15	10
II	1	B. subtilis 3	2.76	2.52	2.64	$10^{4.61}$	2.0	0.3	1.3	>15	≤ 5
	2	B. licheniformis 196	3.12	1.44	2.28	$10^{5.21}$	16.3	2.0	0.7	>15	10
	3	B. pumilus 235	2.76	2.04	2.40	$10^{4.40}$	3.0	1.0	2.3	>15	≤ 5
	4	B. circulans 783	2.52	2.28	2.40	$10^{5.09}$	2.0	1.0	0.3	>15	≤ 5
	5	B. cereus 291	2.40	2.04	2.22	$10^{5.57}$	7.0	8.3	3.3	>15	≤ 5
	6	B. megaterium 384	2.52	1.80	2.16	$10^{5.62}$	7.0	1.0	1.0	>15	≤ 5
	7	B. anthracis 34F ₂	2.16	2.28	2.22	$10^{5.67}$	5.3	6.3	16.0	>15	>15

ることができた。他の殺菌剤に比べ優るとも劣らぬ成果を確認するとともに、有害な二次生成物を残さないメリットは大きい。

一方、オゾン発生機は改良・開発がさかんに行われ、発生効率が高く安定性も徐々に良くなってきている。また管理面から見た場合、オゾン濃度計の信頼性向上や低価格化等が進み、オゾン普及のための基盤が整いつつある。従って、無菌に近い空間が必要とされる医療や食品工業などの分野には、近い将来オゾンが適用される可能性が大きい。

今後、オゾンの効率的利用を図るため、オゾンの使用量を最小限に抑える必要がある。そのため真菌類については3分以下、芽胞菌については5分以下あるいはさらに溶存オゾン濃度を下げた試験を行う予定である。特にpH、水温、有機物の存在がオゾンの効果に大きな影響を与えるため、これらのファクターも考慮して行く。

最後に試験施設の提供及び試験の御指導等で御協力をいただいた東京農業大学 家畜衛生学研究室の東先生や渡邊先生はじめスタッフの方々に厚く御礼申し上げます。また本論の執筆に当たり、内外の書籍、雑誌等を参照させていただいたが、それらの著者及び発行者に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 飯田廣夫：微生物学入門，理工学社，1984
- 2) 宗宮 功他：オゾン利用の新技术，三秀書房，1986
- 3) 高鳥浩介：カビ（真菌）の試験法と防止対策，テクノシステムセミナー
- 4) 内藤茂三：食品工業へのオゾンの利用，フードケミカル，1987.12
- 5) 宇田川俊一他：菌類図鑑（上・下），講談社，1986
- 6) 芝崎 勲：微生物制御用語事典，（株）文教出版，1985
- 7) 日経バイオテク 日経メディカル編：日経バイオテクノロジー最新用語事典，日経マグロウヒル社，1985
- 8) 井上真由美：建物のカビ，（社）日本建築士会連合会，1979
- 9) （社）東京都私立短期大学協会編：微生物学（基礎・応用・実験法），（株）酒井書店・育英堂，1984