原 著

A 空気清浄器の除菌効果に関する検討*

相 良 徹** 増 田 正** 黒 田 和 資**
小 林 義 彦** 小 沢 偉 敦** 今 井 敏 雄**
木 所 正 直**

概要：最近病院，診療所における院内感染，製薬，食品事業関係における細菌汚染に対して，室内空気の除菌に多大の関心が払われるようになった。そのため現在多くの空気清浄器が開発市販されているが，室内に持ち込みうる空気清浄器は，除菌については，必ずしも効果的なものばかりではない。著者らは今回，A 空気清浄器本体の空気取り入れ口及び排出口の両側に，内容1.11m³の箱Bを取り入れ口側に，内容0.87m³の箱Cを排出口側に密着して接続した。箱Bの前面上にガラス製，0.3μ 飛沫粒子を散布しうる nebulizer を取り付け，この nebulizer に trypto-soy broth (30g を2000ml に加温溶解滅菌) 培養液中に *serratia marcescens* 菌を182×10⁶個/ml としたものを箱B内に噴霧し，A 清浄器を作動させ箱Bの吸引口と，箱Cの排出口の所で，SY 式 pin hole Sampler で菌を捕集した。測定時の風量はメインスイッチのⅠ (8.7m³/min)，Ⅱ (9.1m³/min)，Ⅲ (9.9m³/min)，で行なった。また本清浄器に内臓されている，フィルター，特殊フィルター，活性炭，殺菌燈の各機構部分を本体から取り出し，それぞれ単独に本体内に設置してそれぞれについて除菌に対する性能を測定した。(1) *serratia marcescens* 菌を用いての実験的測定では，A 清浄器の除菌効率はや92%であった。(2) 清浄器内の各機構ごとの除菌効果は電気集塵器が大きく86.7%，次がフィルターで45.7%，殺菌燈では約18.7%であった。(3) 殺菌燈のみでの除菌効果は内部の各機構を脱却した場合の除菌効率17.6%とほぼ同様であることから，殺菌燈の効果は殆んどみられていないと考えられる。(4) 本器に用いられたフィルターでは約45%の除菌率であった。除菌後の清浄器内の殺菌についても充分考慮することが必要である。

結 言

最近病院，診療所における院内感染^{1,2,3)}製薬，食品事業関係における細菌汚染に対して，室内空気の除菌に多大の関心が払われるようになった^{4,5)}。一般に室内空気中の除菌は，所謂パーツとして，空気調整器⁶⁾や紫外線あるいはオゾン殺菌⁷⁾を用いての装置が用いられている。現在多くの空気清浄器が開発市販されているが，室内に持ちこみうる空気清浄器は，簡易に使用しうる便利さはあるが，その効果，特に除菌については，必ずしも効果的なものばかりではなく，一様な成績を示すものではない。我が教室においても既に，末高等⁸⁾によっても基礎試験がおこなわれている。著者らは今回，A 空気清

浄器についての除菌効果を測定する機会を得たので報告する。

被検 A 空気清浄器の構造及び測定方法

1) 構造 A 空気清浄器の構造は，図1，表1の如くである。上面に横66cm，縦27cmの空気取り入れ口a。(取り入れ口aが使用不可能な際に使用するために，裏面に取り入れ口bがある。bは通常は密閉されている。)前面の高さ129.6cmの位置に横60cm，縦17cmの吹出しグリルcがある。内部機構は図2，3に示した如く，プレフィルター，電気集塵器，殺菌燈(10W×1)，イオン交換樹脂フィルター，活性炭フィルター，アフターフィルター，(一)イオン発生器等が順次内臓され，取り

* 第25回日本大学歯学会総会において口頭発表

* 昭和48年5月12日

** 日本大学歯学部衛生学教室 (主任：木所正直教授)

* Department of Hygiene and Dental Public Health, Nihon University School of Dentistry, Tokyo.
(Director: Prof. Masanao KIDOKORO)

昭和51年7月12日受付

図 1 A 空気清浄器の外観

入入口 a からはいった室内空気はこれを通過し除菌される機構であり、AC 100V, 250 W, 50cycle で運転される室内の状況により、メインスイッチの I で風量 $10 \text{ m}^3/\text{min}$, II で $13 \text{ m}^3/\text{min}$, III で $15 \text{ m}^3/\text{min}$ の 3 段階に調整使用しうようになっている。本器の性能は $48 \sim 80 \text{ m}^2$ の床面積において、 SO_2 90%, NO 75 %, NO_2 80 % 以上、塵埃 90% 以上の捕集効果を示すとしているが除菌効果については示されていない。

2) 測定方法 A 空気清浄器の効果を判定するには、測定に当たって資料とする空气中細菌の条件を一定の状態のものでおこなうことが必要であると考えたので、図 4, 5, 6 の如く、A 空気清浄器本体の空気取り入れ口及び排出口の両側に、内容 1.11 m^3 の箱 B を取り入れ口側に、内容 0.87 m^3 の箱 C を排出口側に密着して接続した。箱 B, C は厚さ 0.6 cm のベニヤ板に内面はビニールを貼布し、鉄製の骨格を用いて作成し、外気の侵入しない密な箱とした。箱 B には前下方に本体の吸引口と同面積の空気取り入れ口を設けた。箱 C には排出口と同面積の開口部を下部に位置して設けた。箱 B の前面上部にガラス製 0.3μ の飛沫粒子を散布しうる nebulizer を取り付け、この nebulizer に trypto-soy broth (30 g を 2000 ml に加温溶解滅菌) 培養液中に *serratia marcescens* 菌を 182×10^6 個/ml としたものを箱 B 内に噴霧し、箱 B 内の空気を清浄器を作動せしめて、箱 C に排出せしめた。菌液の箱 B 内への噴霧は $1.7 \text{ ml}/\text{min}$ の速さ

で噴霧するとく、歯科用コンプレッサー (100 V, 400 W, 回転数 $1430/\text{min}$) を用いておこなうた。空気清浄器の吸引口は吸引口 a を用いた。箱 B に噴霧した菌の aerosols が平等に浮遊し、直ちに落下することを防ぐために、扇風器 (100V, 33W, 風速 $150 \sim 176 \text{ m}/\text{min}$, 風量 $14 \sim 18 \text{ m}^3/\text{min}$) を用いて下から上方に向けて送風した。空气中細菌の捕集は図 7 に示す SY 式 pinhole sampler^{9,10} を用いた。SY 式 pinhole Sampler は上部に内径 3 cm の空気取り入れ口がある。その中に直径 1 mm の Slit が等間隔に 5 個並び、その Slit より外気を吸引する。Slit の下には 2 分間で 1 回転するターンテーブルがあり、その上にシャーレを置き空气中細菌を捕集する。Slit と培地の間隔は 2 mm に調節できるようになっており、吸引ポンプで $50 \sim 55 \text{ l}/\text{min}$ の空気を吸引する。図 8 は本装置で *Serratia marcescens* 菌を捕集したもので、左は空気清浄器の通過前、右が通過後である。箱 B 内の細菌の捕集は、図 4, 5 に示すごとく、吸引口 a に接近した位置にビニール管 (直径 3.8 cm , 長さ 40 cm) を用いて、これを SY 式 pinhole sampler^{9,10} に接続して行なった。清浄器を通過した空気からの細菌の捕集は図 6 に示す如く、排出口において、箱 B の場合と同様な方法で採取した。何れの場合も 1 回にシャーレ 3 枚宛を用い、trypto-soy 寒天培地で 31°C , 72 時間培養後のコロニー数を算定した。捕集後の排出空気は、図 6 に示す如くビニール風洞を径て排出せしめた。尚、排出には安全を期するため風洞内で 70% アルコール液を噴霧し排出した。今回は清浄器本体の両側に箱 B, C を取りつけておこなったことから、室内における場合は風量がやや異なることが考えられるので測定時の風量を測定した結果、メインスイッチの I では $8.7 \text{ m}^3/\text{min}$, II では $9.1 \text{ m}^3/\text{min}$, III では $9.9 \text{ m}^3/\text{min}$ であったので、全ての測定はこの 3 段階に合致させておこなった。また本清浄器に内蔵されている、フィルター (プレフィルターとアフターフィルター)、特殊フィルター (金属網フィルターと特殊化学フィルター)、活性炭、殺菌燈の各々の除菌に対する性能を見るために、各機構部分を本体から取り出し、改めてそれぞれを単独に本体内に設置して、前回と同様の方法で測定した。以上の測定に当たっては実験室内の空气中雑菌を可及的に少なくするために、測定開始前に、室内を 70% アルコール噴霧し実施消毒をおこない、1 時間後に測定を開始した。

成 績

1) 測定開始前 あらかじめ 70% アルコール液を噴霧

表 1 A 空気清浄器の仕様

形 式		PC-15A							
項 目									
電 源 電 圧		AC 100 V 単相							
電 源 周 波 数		50 サ イ ク ル				60 サ イ ク ル			
風 量 調 節 スイッチ		W	1	2	3	W	1	2	3
処理風量 (m³/min)		13	10	13	15	13	10	13	15
消 費 電 力 W		250				350			
遣 用 床 面 積		48～80m²(有効人員30人～50人)							
捕 集 性 能	SO₂	90%以上 (P ロザニン法)							
	NO	75%以上 (ザルツマン法)							
	NO₂	80%以上 (")							
	塵 埃	大気塵にて90%以上 (比色法)							
騒 音		標準風量にて43 dB							
送 風 機		片吸込シロッコ形 250φ×90W							
* 1. 気 流 方 向		上部吸込上部正面吹出							
*2 フ ィ ル タ	プ レ フ ィ ル タ	不織布濾材							
	電 子 式 集 塵 器	一段荷電誘電形電離集塵ユニット (特許 Jø 2880 74 288087)							
	金 属 網 フ ィ ル タ	アルミウール							
	特殊化学フィルタ	Rx-OH・NH₂, X, P							
	活 性 炭 フ ィ ル タ	活性炭 厚さ50mm							
	アフターフィルタ	不織布濾材							
殺 菌 灯		10W×1							
陰イオン発生装置		-5kV 放電式 発生数36,000個/cc/sec							
高 圧 電 源 装 置		CVT トランス倍電圧方式, 出力 DC ⊕10kVDC⊖5kV							
電 源 コ ー ド		2芯 1.25mm² キャップタイヤコード 2m付							
ア ス		丸小ネジ M4×10 BS 使用 1.25mm²・2.5m 附属							
外 形 寸 法		高さ 1695×幅 710×奥行 480(mm)							
形 式 認 可 番 号		〒 91-6778							
重 量		130kg							

し消毒後の空気中の細菌コロニー数は表2に示す如く、雑菌0.21個/l コロニーであったが、A 空気清浄器を通過した排出空気中の細菌コロニー数は、風量Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの何れも認められなかった。

2) 箱B内に *Serratia marcescens* 菌を噴霧した場合における除菌効果は表2に示す如くで、風量Ⅰでは吸引口側で8.3個/l コロニーが排出口側では0.53個/l であり、Ⅱでは吸引口側9.00個/l で、排出口側は0.70個/l、Ⅲでは吸引口側9.43個/l で排出口側0.79個/l となり、除去率はⅠで93.7、Ⅱで92.2、Ⅲで91.6%であり、風量の小さい方にやや効率が大きい傾向を示した。

3) A 空気清浄器内部の機構のそれぞれの除菌効果は表3の如く、フィルターでは44.8~46.2%、電気集塵器では84.9~88.2%、活性炭で28.9~30.7%、特殊フィルターでは31.2~36.0%で、殺菌燈では16.9~20.7%であり、さらにこれらの機構を全て除いた場合について同様の実験を行なった結果17.5~18.7%の除菌効果を示した。それぞれの除塵、除菌機構を取り去ったにも拘らず、約18%の減少を示したことは恐らく本体の内面に菌が付着したものと考えられる。

図 2 A 空気清浄器の各部名称 (1)

図 3 A 空気清浄器の各部名称 (2)

図 4 実験装置の外観

考察及び結論

空气中細菌の測定に関してはこれまで定性的なものと定量的なものについて種々の方法がおこなわれているが、定量的に一定の方法で空気 11 中何個といった基準は、いまだ確立されていない。従来から落下法¹¹⁾、濾過法^{12,13,14)}など多く用いられてきたが、最近では Slit sam-

pler 法¹⁵⁾、Andersen sampler 法¹⁶⁾などが用いられている。落下法は気流の影響を受けやすく定量的には確実でない。また落下菌と浮遊菌との関係についても明らかとはなしえない。glutamic acid filter 法^{12,13)}、impinger 法¹⁴⁾等の濾過法は取り扱いによっては種々の問題があり、技術的においても修練を要する等のことがある。Slit sampler 法¹⁵⁾は操作は簡単で捕集効果も良好

図 5 実験装置 (箱B)

図 6 実験装置 (箱C)

図 7 SY 式 pinhole sampler

左吸込み口側 右排出口側
 図 8 SY 式 pinhole sampler による *serratia marcescens* 菌の捕集

表 2 空気清浄器の除菌効果

	風量	吸引口側	排出口側	除去率%
		個/l	個/l	
外気を通過	I	0.21±0.02	0.00±0.00	100
	II	0.20±0.03	0.00±0.00	100
	III	0.19±0.02	0.00±0.00	100
菌を散布	I	8.35±0.44	0.53±0.08	93.7
	II	9.00±0.03	0.70±0.02	92.2
	III	9.43±0.05	0.79±0.03	91.6
		M±S.D	M±S.D	

測定時の温度及び湿度

温度……22°C~23°C 湿度……56%~60%

であるが、器具の重量がやや大きく、操作時に音が大きく、高価である等の難点がある。Andersen sampler 法¹⁰⁾は菌を大きさ別に採集することができるが操作がかなり複雑であり、これも高価である。そこで今回の測定には操作が比較的簡単で、持ち運びが容易で捕集効率の高い SY 式 pinhole sampler 法^{9,10)}を用いた。空気清浄器の重要な条件の一つは除菌効果の大きなことである。今回 A 空気清浄器の除菌効率についての基礎的な測定を実施した結果、(1)、今回の *Serratia marcescens* 菌を用いての実験的測定においては、A 空気清浄器の除菌効率は約92%であった。(2) 清浄器内の各機構ごとの除菌効果は電気集塵器が最も大きく86.7%、次がフィルターであり45.7%、殺菌灯では約18.7%であった。(3) 殺菌灯のみでの除菌効果は内部の各機構を脱却した場合の除菌高率17.6%とほぼ同様であることから、殺菌灯の効果は殆んどみられていないと考えられる。(4) 本器に用いられたフィルターでは約45%の除菌率であったが absolute filter を用いれば99.99%の除菌効率があるといわれているが^{17,18)}、抵抗が大となることから用いられていない。今後、更に効率を向上せしめることが必要であるが、同時に除菌後の清浄器内における細菌に対する殺菌についても充分考慮することが必要であろう。

表 3 空気清浄器の各部における除菌効果

	風量	吸引口側 個/l		排出口側 個/l		除去率%
フィルター	I	8.03±0.21		4.31±0.09		46.3
	II	8.27±0.09		4.45±0.12		46.2
	III	8.57±0.08		4.73±0.19		44.8
集塵器	I	7.90±0.11		0.93±0.05		88.2
	II	8.29±0.13		1.08±0.09		87.0
	III	8.65±0.14		1.31±0.10		84.9
活性炭	I	8.04±0.21		5.57±0.27		30.7
	II	8.42±0.10		5.99±0.43		28.9
	III	8.94±0.18		6.25±0.26		30.1
特殊フィルター	I	8.55±0.05		5.49±0.16		35.8
	II	8.78±0.11		5.62±0.07		36.0
	III	9.01±0.15		6.20±0.22		31.2
殺菌燈	I	8.29±0.10		6.89±0.14		16.9
	II	8.56±0.11		6.79±0.15		20.7
	III	8.90±0.10		7.25±0.23		18.5
完全脱却時	I	8.21±0.18		6.77±0.16		17.5
	II	8.61±0.10		7.10±0.06		17.5
	III	8.88±0.11		7.22±0.29		18.7

M±S.D

M±S.D

測定時の温度及び湿度

温度……22°C~23°C 湿度……56%~60%

参考文献

- 1) 土屋俊夫：院内感染, Modern media, 18 ; 1-4, 1972.
- 2) 坂部考：外科領域における院内感染 Modern media, 18 ; 5-6, 1972.

- 3) 茂田士郎(他)：病院における緑膿菌感染の実態, 臨床病理, 18(12) ; 885-888.
- 4) 笠井金盛：食品製造工程における衛生基準, 食品機械装置, 7(1) ; 93-99, 1970.
- 5) 住江金之：食品の汚染と返品防止対策, 食品開発, 6(1) ; 16-18, 1971.
- 6) 斉藤平蔵：病院の空気設備について, 空気調和, 衛生工学, 44(8) ; 696-710, 1970.
- 7) 滝沢邦宏：食品工場における殺菌燈の利用と効果, New Food. Industry. 8(6) ; 12-16, 1966.
- 8) 末高武彦(他)：空気清浄器の清浄効果に関する研究. 日大歯学, 42(2) ; 142-147, 1968.
- 9) 山崎省二：空中浮遊菌の測定法. 日本細菌学会第23回大会要旨, 1968.
- 10) 山崎省二：空中細菌について, 衛生院研究懇談会記事, 1970, 4, 28.
- 11) 日本薬学会編：衛生試験法注解, 金原出版, 1969.
- 12) 佐野信男：空中細菌の一定量の検査法, グルタミン酸ソーダーによる捕菌器について(第一報) 大阪大学医学雑誌, 6(1) ; 34-42, 1953.
- 13) Millipore Catalog MC/1, 2 B 080, Millipore. Corporation Masachasetto.
- 14) 吉沢晋：浮遊細菌の測定法(講義集より), 1966, 6, 18.
- 15) R. B. Bouredillon, et al. : A & lit Sampler for Collecting and Counting Airborne Bacteria. Journal of Hygiene. 41(2) ; 197-224, 1941.
- 16) Ariel A. andersen : New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration of Viable Airbone Particles Journal of Bacteriol. 76 ; 471-484, 1958.
- 17) H. M. Decker, et al., 訳者 井上宇市 : Air Filtration of Microbial particles. 病院設備, 8(4) ; 19-38, 1966.
- 18) 井上宇市：病院などにおけるバイオクリーンの技術, 医学誌, 42(6) ; 390-414, 1972.

Abstract: A Study on the Effectiveness of the Elimination of Bacteria by an A-Type Air Purifier, Tohru SAGARA*, Tadashi MASUDA*, Kazusuke KURODA,* Yoshihiko KOBAYASHI*, Hidetoshi OZAWA*, Toshio IMAI* and Masanao KIDOKORO*. In view of the intramural infection at the hospitals and clinics and the bacterial pollution of foods and pharmaceuticals in recent years, much attention has come to be paid to the elimination of bacteria from the air inside the rooms.

For this reason, there are commercially available many types of air purifiers, but not all the purifiers which can be placed inside the room are effective in eliminating air-borne bacteria.

In the present study, the authors concerned themselves with bacterial elimination by means of an A-Type air purifier.

For our experimental purposes, an inlet box (B) of 1.11 m³ in content and another box (C) of 0.87 m³ were respectively attached to the inlet and outlet sides of this A-Type air purifier. A nebulizer made of glass, which was capable of spraying the fine 0.3 μ particles was installed in front of the box (B) and, by means of this nebulizer a bacterial strain, *Serratia marcescens*, per 182 $\times$ 10⁶/ml, which was cultivated in a trypto-soy broth (in which 30 g was dissolved in heated water and sterilized to make 2,000 ml), was sprayed inside the box (B) and by activating the A-Type air purifier the bacteria were caught at two places, i.e., i) the suction inlet of the box (B) and ii) the outlet of the box (C) by use of an SY pinhole sampler.

For measurement purposes, three different wind velocities of 8.7 m³/min (main switch I), 9.1 m³/min (main switch II) and 9.9 m³/min (main switch III) were used. Moreover, the filter, special filter, activated carbon and sterilized bacterial container, which were the components of the purifier, were taken apart separately and each of them was subjected to careful examinations to measure the effect of bacterial elimination on these parts.

As a result of the present study, the authors arrived at the following conclusions:

1. In an experimental study with the use of *Serratia marcescens*, the amount of bacterial elimination by an A-Type air purifier was about 92 %.
 2. Of various the components of the air purifier studied, the electrical dust collector had the highest effectiveness, 86.7 %, followed in order by the filter with 45.7 % and the sterilizing lamp with 18.7 %.
 3. Since the effect of the sterilizing lamp was more or less similar to the 17.6 % effectiveness when all the other inside components were removed, the effect of the sterilizing lamp alone was far from adequate.
 4. The filter installed in the present air purifier was 45 % effective in eliminating bacteria.
- It is necessary after removing the bacteria from the air, to give due consideration to the disinfection of the bacteria still remaining inside the purifier.