(14) 医器学 Vol. 52, No. 1 (1982)

原 著

医療用具のエチレンオキサイドガス滅菌

——特に滅菌効果と残留エチレンオキサイド
および二次生成物濃度について——

古 橋 正 吉* 宮 前 卓 之* 上田伊佐雄*

Ethylene Oxide Sterilization for the Medical Devices
——With Special Reference to the Sporicidal Activity
and Residual Concentration of Ethylene Oxide and its
Secondary Products——

*Masayoshi FURUHASHI, Takuyuki
MIYAMAE and Isao UEDA*

*Department of Operating Center, Hospital
Attached to the Faculty of Medicine,
Tokyo Medical and Dental University*

Abstract

For sterilized disposable medical devices, the ethylene oxide gas is used as a sterilization in most cases. When this sterilization method is used, ethylene oxide (EO) and its secondary products, i. e. ; ethylene chlorohydrin (ECH) and ethylene glycol (EG), remain in the medical device after its sterilization. If their concentration is high, these residues are liable to cause a hemolytic activity and dermal or mucous membrane irritability in human bodies. For this reason, FDA submitted a proposal to regulate EO, ECH and EG residual limits in 1978.

In view of the above, our studies have been made to examine the conditions of EO sterilization from the viewpoints of the sterilization effect and the residual chemical substances and, to find out the optimum sterilization conditions.

Further, an aerator has been fabricated for the exclusive purpose of reducing, within a brief period, the concentration of EO and other substances remaining in the medical devices after their sterilization and the condition for its use have been examined by using this aerator.

As the result, it has been found out that a satisfactory sterilization effect can be obtained under the sterilization conditions of an EO gas concentration of 500 mg/liter, a sterilizing temperature of 55 to 60°C and a sterilizing time of two hours, and under these conditions the concentration of residual substances such as EO can be made comparatively lower.

It has been also clarified that the minimum required aeration conditions by using the exclusive-use aerator are a temperature of 55 to 60°C and an aeration time of about 24 hours.

* 東京医科歯科大学医学部附属病院手術部
(原稿受付：昭和56年8月10日)

はじめに

エチレンオキサイド (EO) は、古くから滅菌に利用されてきた^{1,2,3,4,5)}。現在、ディスポーザブル医療用具の滅菌は、大部分がEOガスによって行われている⁶⁾が、この滅菌法を適用した医療用具には、滅菌後、EOおよびその二次生成物であるエチレンクロルヒドリン (ECH), エチレングリコール (EG) が残留する。そしてその濃度が高い場合には、適用した生体に対して溶血作用などの傷害を起こす危険性がある^{7,8,9)}。米国のFDAはこのために規制案をFederal Register¹⁰⁻¹²⁾ (1978. 6. 23) として発表し、カナダも規制案を検討している¹³⁾。この点にかんがみ、本研究では、滅菌効果が十分であり、しかもEOなどの残留物質濃度が低く押えられる滅菌条件を見いだすことと、滅菌後の医療用具を専用のエアレータに收容してエアレーション (空気洗浄) し、残留物質濃度を早期に低減するための適切な条件を見いだすことを目的とした。

実験方法

1. 基礎的検討

1) biological indicator¹⁴⁾ (Attest®, Spordi®) および chemical indicator (ICカードE®) を用い滅菌条件と滅菌効果の関係を検討した。

2) 血液回路用塩化ビニールチューブ (外径 15mm, 内径 10mm) を長さ 20cm に切断して試料とし、滅菌条件と残留物質濃度、エアレーション条件と残留物質濃度の関係を検討した。

2. 基礎的検討結果の確認

ディスポ製品13品目を試料にし、基礎的検討結果に基づき、病院で日常使用している大型滅菌器 (内容積700~800l) で、EO 500mg/l, 55~60°C, 2時間の滅菌を実施し、滅菌効果の確認と、滅菌後の残留物質濃度をエアレータに收容した場合と通常室内に放置した場合について経時的に測定した。

3. 実験用滅菌装置とエアレータ

基礎的検討に用いた滅菌器は、特に実験用に設計したもので、滅菌器内 (内容積 40 l) を一定のEO濃度、温度、湿度に保持した状態のま

まで試料の出し入れをする機構を備えており、反応時間を秒単位で区切ることのできる特殊仕様の滅菌器である (図1)。

図1 本研究に用いた実験用滅菌器 (特殊仕様)

滅菌器内のEOガス濃度は、ボンベ内EO濃度を確認したボンベを用い、このガスを滅菌器内に導入した後さらに滅菌器内のガスを抜きとり、ガスクロマトグラフ法でEO濃度を定量し、プレバキュームの減圧度、滅菌温度の補正を行って滅菌器内が所定のEO濃度になるように設定圧力で滅菌条件を整えた。

滅菌器内の湿度は、TRH-AD型温湿度計 (神栄機製) で測定し、湿度の調節は滅菌器内のヒータ上に置いたシャーレ内に入れる水の量で調節した。

spore stripを含む試料の加湿は、底部に水を入れた密封できる容器内の金網の上に置いて行い、3時間と18時間加湿したものをを用いた。加湿の効果は、次の4つの条件下で比較検討した。①滅菌器内、試料 (spore strip) とともに加湿せず。②滅菌器内は加湿 (45~55% RH) し、試料は加湿せず。③滅菌器内は加湿せず、試料を加湿。④滅菌器内加湿 (50~62% RH), 試料も加湿。

また実験に用いたエアレータは、当手術部で独自に設計したもので、HEPA フィルタで汙過した空気が加温、加湿されて上部から吹き出し、收容物の間を流れ、下部からダクトを通過して外部に放出される仕組みになっている。エアレータ内の温度は30~100°C, 湿度は20~60% RH, 換気回数は毎時25~300回の範囲内でそれぞれ調節が可能である。滅菌器材の收容容積は約0.5m³である (図2)。

滅菌後の残留物質濃度測定は各試料から4g

図 2 温・湿度、換気回数可変のエアレータ
(当手術部設計、扉を開放している)

を切り取り細断して抽出ビンに入れ、99.5%エタノール 25ml を加えて、70°C で 1.5 時間抽出し、冷却後試料から抽出液を分離し、溶液法でガスクロマトグラフにより定量した。

滅菌に用いたガスは、EO 20%w/w%, CO₂ 80w/w% の混合ガス (カボックス®) である。

実験成績

1. 滅菌条件と滅菌効果および残留物質濃度との関係

滅菌効果については滅菌時の EO 濃度、反応温度、湿度、包装材料別にその影響を個々に検討した。

まず EO 濃度別の影響について spore strip を用いて調べた(表 1)。指標菌の D 値は反応温度 55°C で、EO 400mg/l のとき 7~7.5(分)、500mg/l のとき 5~7.5(分)、600mg/l のとき 5~7(分)、800mg/l のとき 4~6(分) である。EO 濃度が高まるにつれて小さくはなるが、EO 濃度を 1.25, 1.5, 2 倍にしている割には小さくはない。

これに対して、反応温度の影響は、40°C と 55°C を比較すると、15°C の温度上昇で 10⁶ 個の孢子の死滅時間は $\frac{3}{4} \sim \frac{1}{2}$ に短縮された。滅菌効果をあげるためには、EO 濃度を高めるよりも、反応温度を上げる方が有利であることが分かった。

加湿条件は 50~60% RH が効果的というのが定説^{15,16)} であるが、沱紙片に付着させた *B. subtilis* var. *globigii* の spore を用いた実験では、湿度を特に加えない場合と比べて加湿の効果は認められなかった。

以上の 3 因子の実験成績を考慮し、滅菌前生菌数を *B. subtilis* var. *globigii* で 10⁶ 個、滅菌後の菌生残確率を 10⁻⁶ と仮定すれば、反応温度 55°C での滅菌に必要な時間は、EO 濃度別にそれぞれ次のように算出される。

$$400\text{mg/l} \quad (7 \sim 7.5) \times 12 = 84 \sim 90 \text{分}$$

$$500\text{mg/l} \quad (5 \sim 7.5) \times 12 = 60 \sim 90 \text{分}$$

$$600\text{mg/l} \quad (5 \sim 7) \times 12 = 60 \sim 84 \text{分}$$

$$800\text{mg/l} \quad (4 \sim 6) \times 12 = 48 \sim 72 \text{分}$$

この時間に包装材料の影響による spore の死滅時間の遅れを加え、それにある程度の安全率を見込んだものが滅菌所要時間となる。

包装したための spore の死滅時間の遅れは、滅菌包材として常用されている片面フィルムで片面紙の袋の場合 6~12 分であった。

したがって EO 400~500mg/l, 55°C での滅菌だけに必要な時間は 2 時間程度となる。これはあくまでも実験上の結果である。

一方、滅菌時に医療器具に吸着され滅菌後に残留する EO は滅菌器内の EO 濃度が高ければ高いほど、また滅菌時間が長くなればそれだけ

表 1 EOG 濃度別の滅菌効果

(55°C ± 2.5°C, 加湿せず)

spore strip 反応時間 EOG 濃度	Attest®							Spordi®				
	18 分	20 分	22 分	24 分	30 分	36 分	42 分	18 分	24 分	30 分	36 分	42 分
400mg/l	....	$\frac{10}{10}$	....	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{0}{10}$	....	....	$\frac{10}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{0}{10}$
500mg/l	....	$\frac{8}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{10}$	....	....	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{0}{10}$
600mg/l	....	$\frac{6}{10}$	....	$\frac{1}{10}$	$\frac{0}{10}$	....	....	....	$\frac{8}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{0}{10}$	....
800mg/l	$\frac{4}{10}$	$\frac{1}{10}$	....	$\frac{0}{10}$	....	....	....	$\frac{10}{10}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{10}$	....	....

表中の数値は $\frac{\text{菌生残標本数}}{\text{実測標本総数}}$ (以下同じ)

図3 被滅菌物の残留EO濃度(PVCチューブ)

高値を示した(図3). またEO濃度が一定(600mg/lで測定)ならば, 反応温度が高い方(40°Cより55°C)が残留EO濃度は低いという結果になった(図3).

滅菌効果の検討成績は滅菌器内のEO濃度を高めるよりも反応温度を上げる方が有利という成績であり, 残留ガス濃度の検討でも滅菌器内のEO濃度が低く反応温度が高い方がよいという結果であった. この両方に共通する条件が合目的な滅菌条件となる.

すなわち滅菌器内のEO濃度は, 400~500mg/l程度で, あまり高くせず, 滅菌効果をあげるためと, 滅菌時間内に医療用具に吸着されるEO量を少なくするために滅菌温度を55~60°Cとし, 直接ガスが作用する最低時間は2時間程度滅菌するのがよいというのが基礎的実験結果から考えられる滅菌条件¹⁷⁾である.

2. 滅菌後のエアレーション条件

1) エアレータを使用した場合の効果

滅菌直後の残留EOが3300ppm, ECH 25ppmの塩ビチューブを, エアレータに収容して47~54°C, 湿度40~60%RH, 換気回数毎時25回の条件でエアレーションすると, 残留EOは24時間後には14ppmに低下し, 48時間後には3ppmになり, ECHは24時間後に5ppm, 48時間以後

図4 被滅菌物の残留ガス濃度
(PVCチューブ, 片面クラフト紙の滅菌バッグ)

は検出限界(2ppm)以下であった(図4). またEGは滅菌直後から検出限界(10ppm)以下で, 残留EOやECHが経時的にEGに変化する傾向も見られなかった.

これに対して同時に滅菌したものを通常の室内に放置した場合は, 残留EOが数ppmに低下するのに5日間を要している(図4). ECHについても同様の傾向が見られた.

次にこのようなエアレーション効果にエアレータ内の温度, 湿度, 換気回数, 包装形態がどのようにかわっているかを検討した.

2) 加温の効果

エアレータ内温度47~54°Cの場合と15~25°Cの場合の残留ガス濃度の低下速度を比較した. その結果, EO, ECHともに保持温度を上げるとかなり速く濃度が低下することがわかった.

3) 加湿の影響

エアレータ内47~54°C, 換気回数毎時25回で, 40~50%RHになるように加湿した場合と加湿しない場合, すなわち除塵した室内空気を加湿しただけでエアレータ内に導入した場合とで残留ガス濃度の低下速度を比較した. その結果, 両者の間には差がなかった.

4) エアレータ内の換気回数の影響

(18) 医 器 学 Vol. 52, No. 1 (1982)

表 2 ディスポーザブル医療製品滅菌後の残留物質濃度 (ppm)
ゴシック体で示した数値は FDA の規制案の限度値を越えているもの

ディスポーザブル製品	エアレーション	E O						E C H						E G					
		直後	24	48	72	96	120	直後	24	48	72	96	120	直後	24	48	72	96	120
◎輸血用ウォーマーコイル (PVC)	A R	2666	48	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
◎輸液セット (PVC)	A R	1644	27	5.5	2.2	—	—	21.6	12.4	11.4	8.3	8.8	5.5	—	—	—	—	—	—
人工心臓回路用チューブ (PVC)	A R	7013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48.7	—	—	—	—	—
人工じん臓回路用チューブ (PVC)	A R	3312	14.4	2.9	—	—	—	25.7	14.7	11.4	18.3	40.7	12.3	—	—	—	—	—	—
気管内チューブ PORTEX® (PVC)	A R	3297	13.6	—	—	—	—	15.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
気管内チューブ RUSCH® (PVC)	A R	1934	76.7	4.5	—	—	—	95.2	60.2	—	—	—	—	14.4	12.1	—	—	—	—
◎ネラトンカテーテル (天然ゴム)	A R	475	1.4	—	2.2	—	—	309	125	—	—	—	6.2	—	—	—	—	—	—
気管内チューブ IGARASHI® (ラテックス)	A R	957	—	—	—	—	—	18.7	—	—	—	—	—	121	133	68	71	—	—
手術用ゴム手袋 サンコ® (ラテックス)	A	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	382	180	151	113	—	—
ニッコン® (ラテックス)	A	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	234	241	228	—	—
PIONEER® (ラテックス)	A	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gammex® (ラテックス)	A	2.6	—	—	—	—	—	8.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
◎ベンローズドレン (ラテックス)	A R	4.7	—	—	—	—	—	10.6	7.7	3.7	—	—	—	181	101	113	102	—	—
◎留置カニューレ (テフロン)	A R	256	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
◎持続硬膜外チューブ (ポリエチレン)	A R	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
◎ベンローズドレン (シリコーン)	A R	8.1	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
◎透析用コイル (キユプロフアン)	A R	13.5	—	—	—	—	—	14.2	6.0	—	—	—	—	306	240	—	—	—	—
◎透析用ホローファイバー (キユプロフアン)	A R	82	26	36	—	—	—	22	22	—	—	—	—	294	347	—	—	—	—
									28	—	—	—	—		183	—	—	—	—

A : エアレータ内 (47~54°C, 毎時25回換気) R : 通常室内放置 — : 検出限界以下 / : 測定せず

エアレータ内 47~54°C で、換気回数毎時25回、毎時100回と、強制換気なしの3条件下で残留ガス濃度を比較したが、残留EO, ECHの低下速度に差はなかった。

5) 滅菌包装形態の差

試料の塩ビチューブを片面がクラフト紙の滅菌バッグとガーゼ通気口のある両面ポリプロピレンの滅菌バッグで包装した場合について比較した。残留EO濃度の低下はほとんど同じであったが、ECHは片面クラフト紙の方が速く低下した。

以上のようにエアレーション効果に影響を及ぼすと考えられる因子について個々に調べたところ、加温が最も効果的で、換気回数、加湿など他の因子の影響はあまり大きくないことが判明した¹⁸⁾。

3. ディスポーザブル医療用具の滅菌効果確認とエアレーション条件の確認

基礎的検討結果をさらに確認する目的で、ディスポ医療用具13品目をEO 500mg/l, 55~60°C, 2時間滅菌して滅菌効果を確認し、滅菌

器から取り出した後専用エアレータ内で47~54°C, 毎時25回換気の条件下でエアレーションしたものと、通常室内に放置しただけのものについて経時的に残留物質濃度を調べた¹⁹⁾。

1) 滅菌効果

9品目(表2の◎印)の中で、輸血用ウォーマーコイル以外は、上述の滅菌条件下1時間で、その内部に挿入した指標菌孢子の10⁶個が死滅した。したがってこの条件下で2時間の滅菌を実施すれば、初発菌数としてEOに抵抗性の強い菌が10⁶個付着していたとしても、滅菌後菌が生残する確率はほぼ10⁻⁶となり滅菌効果の点からは十分であろう。

ウォーマーコイルは、同上の条件下で1.5時間までは指標菌孢子が生残していたが、2時間では死滅した。

2) EOなどの残留物質濃度

残留物質濃度を低く押える滅菌条件を選んだため、一般に残留物質濃度が高いとされている塩ビやゴム製品の滅菌直後でも、残留物質濃度は比較的低い値となった(表2)。

表 3 米国 FDA の規制案 (1978年)

医 療 器 具	残 留 限 度 (ppm)		
	エチレンオキサイド	エチレンクロルヒドリン	エチレングリコール
体内に埋入する器具			
小 (10g以下)	250	250	5000
中 (10~100g)	100	100	2000
大 (100g以上)	25	25	500
子宮内避妊器具 (IUD)	5	10	10
義 眼	25	25	500
粘膜と接触する器具	250	250	5000
血液と接触する器具 (体外使用のもの)	25	25	250
皮膚と接触する器具	250	250	5000
スポンジ付き外科用手洗ブラシ	25	250	500

このことによって、経時的な濃度の低下もいちだんと早くなっている。

またポリエチレン、シリコーン、テフロン、キュプロファン各製品では、滅菌直後でもEOは数ppm~25ppmでECH, EGはほとんど検出限界以下の濃度であった。

考察ならびに結論

医療用具、医薬品に対するEO等の残留濃度について、安全上の見地から米国FDAはFederal Register (1978)で規制案を公表した(表3¹⁰⁾)。米国以外の諸国においても同様の規制を考慮する傾向にある。わが国ではまだ公的の規制をするに至っていない。

私どもは昭和53年より3年間厚生省特別研究費の交付を受けEO滅菌後医療用具に残留するEO等の安全性に関する研究を国立衛生試験所と協同して実施した。私どもはEO滅菌条件の設定と滅菌効果およびエアレーションの条件と残留EO, ECH, EG等の濃度測定を中心に分担研究を実施した。

研究の結果、次のような成績を得た。

1. 滅菌条件と滅菌効果

本研究において、滅菌効果に関する検討では包装材料を片面がクラフト紙で片面がプラスチックフィルムの滅菌バッグで行った。したがって私どもが滅菌効果と残留物質濃度の点から適切であるとしたEO濃度400~500mg/l, 55~60°C, 2時間程度という滅菌条件は、病院にお

けるEO滅菌にはそのまま実施時の参考値となるであろう。

一方、ディスポ製品メーカーでの滅菌では、包装形態が製品によって異なるし、個々に包装したものをいくつかまとめて小箱に入れ、さらに段ボール箱に入れた状態で滅菌することが多い。このため私どもが検討した状態よりもEOガスがディスポ製品の深部に達しにくくなると考えられ、包装材料によって消費されてしまうEOガスもかなり多いと思われる。このことからメーカーでの滅菌では、私どもが提示した滅菌条件よりもEOガスの濃度を高めたり、滅菌時間を長くすることが必要になると思われる。しかしその場合でも、個々の製品について滅菌包装の仕方を配慮して、滅菌効果と残留物質濃度の関係を詳細に検討すれば、それぞれの製品について最適な滅菌条件、つまり滅菌効果が十分であり、しかも残留物質濃度を低く押えられる条件が求められるはずである。

2. 滅菌条件、エアレーション条件と残留物質濃度

本研究で実施したディスポ製品のEOなど残留物質の測定成績を全般的にみると、滅菌直後においても、比較的低い濃度になっている。これは効果的かつ残留物質濃度が低い滅菌条件を選んで滅菌したための効果が現われたものと考えている。

滅菌後の残留物質濃度を経時的にみると、通常室内(15~25°C)に放置しただけの場合の

(20) 医器学 Vol. 52, No. 1 (1982)

96~120時間値は、エアレータ内(47~54°C, 毎時25回換気)に収容した場合の24時間値に相当し、エアレーションの効果は顕著である。エアレーション効果は加温が大きな要素で、加温によって被滅菌物の素材の中に残留するガスの離脱が促進されるためと考えられる。エアレータ内の換気回数は、残留物質の低減にはあまり影響を与えないから、エアレータ内は清浄な空気で多少の陽圧に保ち換気は毎時10~25回でよいと考える。

以上の研究結果から次の結論に達した。

1) EO滅菌では被滅菌物に残留するEO, ECH, EGの濃度は材質や形状による差が大きいが、滅菌条件によっても差が生じ、これも無視できない。滅菌に当たっては、滅菌効果と残留物質濃度の点から滅菌条件を十分に検討し、効果的でかつ残留物質濃度をできるだけ低く抑さえられる滅菌条件を吟味選択すべきである。

2) 被滅菌物の残留物質濃度の早期低減には、滅菌後、専用のエアレータに収容して、所定の加温、換気によるエアレーションが効果的であり、エアレータの使用が必要である。

その場合のエアレーション条件は、55~60°C, 換気回数毎時10~25回、24時間程度でよい。包材は両面ともクラフト紙か、片面クラフト紙で片面がプラスチックフィルムで作られたものがすすめられる。

(本研究は、昭和53, 54, 55年度厚生省特別研究費によって実施したものである)

参 考 文 献

- 1) Phillips, C. R. and Kaye, S.: The sterilizing action of gaseous ethylene oxide I. Review., Amer. J. Hyg. 50: 270-279, 1949.
- 2) Phillips, C. R.: Gaseous Sterilization, 2nd Ed. Lea & Fabiger, Philadelphia. 1957.
- 3) Recent developments in the sterilization of surgical material, April, 1961, The Pharmaceutical Press, London.
- 4) Kereluk, K. and Lloyd, R. S.: J. Hosp. Research, 7: 7-75, 1969.
- 5) Bruch, C. W. and Bruch, M. K.: Gaseous disinfection. pp. 149. In Benarde (Ed), Disinfection, Marcel Dekker Inc. New York. 1970.
- 6) 村山良介, 藤田和子: 医療用ディスポーザブル製品, 病院資料センター(京都)発行, 1975.
- 7) Snow, J. C. et al.: Sterilization of anesthesia equipment with ethylene oxide, New Eng. J. Med. 266: 443-445, 1962.
- 8) Stanley, P., et al.: Toxicity of ethylene oxide sterilization of polyvinyl chloride in open heart surgery, J. Thoracic and Cardiovasc. Surg. 61: 309-314, 1971.
- 9) 古橋正吉: ガス滅菌, 感染症, 1(2): 1, 1971.
- 10) U.S.A. Food and Drug Administration: Federal Register, July, 23, 1978.
- 11) 大場琢磨 監修: エチレンオキサイドに関する最近の諸情報, 日本衛生技術研究会刊, 1978.
- 12) 大場琢磨: エチレンオキサイドのFDAにおける規制について, 医器学, 49(5): 28~32, 1979.
- 13) Canadian Standards Association: CSA Standard Z314. 2-M1977, July, 1977.
- 14) 日本医科器械学会, バイオリジカルインディケータ規格調査委員会調査報告書: 医器学, 48(11): 38, 1978.
- 15) Ernst, R.R. and Shull, J.J.: Appl. Microbiol. 10: 337, 1962.
- 16) Ernst, R.R.: Ethylene oxide Gaseous sterilization for industrial applications. p.p. 181. In Phillips and Miller (Ed), Industrial Sterilization. Duke University Press, Durham North Carolina.
- 17) 宮前卓之, 上田伊佐雄, 古橋正吉: 滅菌用 chemical indicator の色調変化と指標菌芽胞の死滅時間の関係: 医器学, 49 (Suppl.), 4~6, 1979.
- 18) 宮前卓之, 上田伊佐雄, 古橋正吉: 酸化エチレンガス易吸着性物品のエアレーション条件の検討: 第2回手術部研究会論文集, 91~93, 1981.
- 19) 宮前卓之, 上田伊佐雄, 古橋正吉: エチレンオキサイドガス滅菌とエアレーション条件: 医器学, 51 (Suppl.) 33~35, 1981