

## 病院等から排出される酸化エチレンの排出状況の検討

樋口 雅人 辰市 祐久 太田 祐嗣\* 岩崎 好陽

(\*都立科学技術大)

### 要 旨

病院等における酸化エチレンガスの排出状況の実態調査を行った。その結果多くの施設から、高濃度の酸化エチレンガスが排出されていることが明らかになった。調査施設の中には最大 $63,000\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ の濃度で大気中に排出している施設もあった。また水封式ポンプを用いる排気方式では排水経路中から酸化エチレンが再揮散していた。そのためこの方法は酸化エチレンの処理としては適切ではないことが明らかになった。一方、排出ガスの処理装置を導入している病院等において同様に測定を行った結果、排出ガスの処理効率は99%を越えており、処理装置の有効性が確認された。

**キーワード**：酸化エチレン 滅菌器 排出ガス 排出ガス処理装置

## Study on the Discharge Situations of the Ethylene Oxide Exhausted from Hospitals

Masato Higuchi, Sukehisa Tatsuichi, Yuji Oota\*, Yoshiharu Iwasaki

\*Tokyo Metropolitan Institute of Technology

### Summary

The actual conditions of ethylene oxide gas in hospitals were investigated, and it was clearly shown that the maximum concentration of  $63,000\text{ mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$  was discharged in the atmosphere. Since ethylene oxide had evaporated again out of the course of drainage, it became clear that stream pump was not suitable as processing of ethylene oxide. Furthermore, we measured in the hospital that has introduced the processing equipment of discharge gas. The exhaust gas was less than the regulation standard, and the validity of processing equipment was checked.

**Keyword** : ethylene oxide, sterilization machine, exhaust gas, processing equipment

### 1 はじめに

病院等において用いられている様々な医療器具は使用する前に滅菌が行われることで、患者の健康と安全が確保されている。滅菌は高温に耐えられる金属製の器具であれば水蒸気を用いたオートクレーブ方式により行われるが、内視鏡等の精密機器やプラスチック器具は熱に弱いため、より低温の穏和な条件で滅菌が行える酸化エチレンガスを用いる滅菌が一般的である。

しかしながら、酸化エチレンは急性毒性および慢性毒性があり、近年発ガン性があることも明らかにされている。<sup>1)</sup> そのため法規制も整備されはじめ、大気汚染防

法では健康リスクが高いと考えられる優先取組物質に指定され、そのほかにも労働安全衛生法、PRTR法、高圧ガス保安法などにより規制されている。また東京都でも、平成13年度に制定された環境確保条例に基づき酸化エチレンの排ガス規制を開始した。このように酸化エチレンに対しては様々な方面から法規制が行われている。全国で滅菌器は数千台の規模で出荷されていると推計されているが、病院等における酸化エチレンの使用実態、および排出状況は環境に対する負荷という視点では今までほとんど調査されていなかった。そのため著者らは病院等における酸化エチレンの排出実態を把握するため、排出

ガス中の酸化エチレン濃度の調査を行った。また酸化エチレンの処理装置を設置している病院等において、排出ガスの濃度を測定し、装置の処理効率についても調査したので報告する。

## 2 病院における滅菌器の使用法の概要

### (1) 滅菌工程

滅菌器による滅菌工程は前処理、滅菌、排気、エアレーション（通気）の4段階に分けられる。前処理は被滅菌物を滅菌器に入れ、滅菌効率の向上のために減圧・加温（40～60℃）・加湿が行われる。滅菌は酸化エチレンガスを注入し、数時間かけて行われるが、排気は30分から1時間ほどかけて行われる。この際に高濃度の酸化エチレンが放出される。その後エアレーションによって被滅菌物に酸化エチレンの残留することがないように空気を通気させ、酸化エチレンを除去する。

### (2) 病院における滅菌サイクル

各病院における一日の滅菌サイクルは様々であるが、一般的には朝、被滅菌物を滅菌器にセットし半日程度で滅菌が終了し、その後10数時間かけてエアレーションを行っている。しかし、病院によっては排気が終了した時点で被滅菌物をエアレーション専用の機器に移し、滅菌器はその後次の滅菌処理を行う場合もある。

### (3) 滅菌器の種類

酸化エチレン滅菌器は各メーカーにより開発されているが大きくわけて2種類に分類でき、高濃度（酸化エチレン98%～100%）のカートリッジを用いるタイプ（カートリッジ方式）と、低濃度（酸化エチレン20～30%）の炭酸ガス混合ポンペを用いるタイプ（ボンベ方式）がある。カートリッジ方式の滅菌はカートリッジを滅菌器にセットして用い、高濃度であるため大気圧以下で短時間（2～3時間）で滅菌が終了する。排気は圧縮空気により連続的に行われ、大気に直接放出している。ボンベ式は2気圧程度で4～6時間かけて滅菌を行い、排気は断続的（水封式ポンプにより排気、外気取り入れを繰り返す）に行われ、酸化エチレンガスの外部放出は大気・下水の両方または下水のみである。

## 3 試料の採取

10ヶ所の病院等において測定を行った。酸化エチレンガスの排気口の位置は病院等により異なるが、屋上もし

くは屋上に近い階などの比較的高い位置が多い。排気口の構造も直径5cm程度の配管から壁に設置された直径15cm程度の排気口まで様々であった。カートリッジ式ではいずれも独立した配管を用いて排気しているが、ボンベ式では独立した配管だけでなく、医療機器、他の病室等からの排気と併せてダクトから排出している病院もあった。

排出ガスの採取は排気口の大きさに合わせてホースを接続し離れた場所まで誘導し、ホースの途中から挿入したテフロンチューブからポリエチレンバッグに採取を一定の時間（5分）ごとに行った。酸化エチレンの排出は連続炭化水素計（島津HCM-1B）により確認した。

またボンベ式の滅菌器では、水封式ポンプより排水が発生し、雑排水槽・汚水ますに排水が流入するため、流路が確認できたものについては雑排水層等の上部ガスを簡易ポンプによりポリエステル袋に採取した。

現場で試料を適当な濃度に希釈し、注射器により適量をとり捕集管（臭化水素酸に含浸させ乾燥させたグラファイトカーボン系吸着剤を充填した捕集管（ORB0-78 SPELCO製））に吸着させ、実験室に持ち帰った。希釈は大気をもちいて注射器によって行った。

捕集管は環境庁のマニュアル<sup>2)</sup>に従い、トルエン/アセトニトリル（1：1）で抽出し、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC/MS）によって分析した。GC/MSの条件を表1に示した。

表1 GC/MS条件

GC/MS	島津 QP-5000
分析カラム	Polyethyleneglycol (DB-WAX) 内径 0.25 mm 長さ 60 m
キャリアーガス	He
昇温条件	40 (1分間保持) 200 (10 /min)
インターフェイス温度	200
検出モード	SIM 検出法

## 4 結果および考察

### (1) 病院等における酸化エチレンの排出濃度

各病院等における排出ガスの酸化エチレンの最大濃度、およびボンベ式で排水経路が特定できた病院においては汚水ます、または雑排水槽等の上部ガス中の酸化エチレンの最大濃度を表2に示す。CおよびE病院においては排水の経路が特定できなかったため、測定は行っていない。

酸化エチレンガス濃度は最大で63,000mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>となった。カートリッジ式ではほぼ100%の酸化エチレンガスが圧縮空気により追い出されるため最大濃度は30,000～60,000 mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>と高濃度となり、また独立した配管であるため滅菌器以外の排出ガス等による影響は少ないと考えられる（A～C病院）。一方、ポンベ式では水との接触の状況により酸化エチレンガスが排出ガスと排水にどのような割合で分配するかにより酸化エチレン濃度が大きく変化している。そのため10～63,000mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>と病院により最大濃度の幅が広い（C～H病院）。排出ガス濃度と排水上部ガス中の濃度の関係は相関が見られず、構造の相違等による影響を受けやすいと考えられる。また配管が他の

部屋や器具と共通のダクトになっている場合は最大濃度が大きく低下していた（E病院）

(2) 排出開始からの時間経過と濃度の関係

C病院におけるカートリッジ式およびポンベ式の排出開始からの時間と濃度の変化について表3、表4および炭化水素計により連続で記録したチャートを図1、図2に示した。

カートリッジ式・ポンベ式はともに排出開始後10分以内に酸化エチレン濃度のピークがあり、その後30分程度で濃度が低下しているのが分かる。しかしながら初期濃度の高いカートリッジ式は30分近く経過した後も3,000mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以上の高濃度となっていた。

表2 酸化エチレンの排出濃度

病院等	排出ガス中最大濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	排水の上部中最大濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	滅菌器の種類	排出ガス処理装置
A病院	42,000	-	カートリッジ式	なし
B病院	36,000	-	カートリッジ式	なし
C病院	60,000 1,700	- 経路が特定できず	カートリッジ式 ポンベ式	なし なし
D病院	5,400	1,600	ポンベ式	なし
E病院	89	経路が特定できず	ポンベ式	なし
F病院	63,000	8,700	ポンベ式	なし
G病院	10	2,200	ポンベ式	なし
H病院	-	770	ポンベ式	なし
I病院	12.6	-	カートリッジ式	触媒燃焼方式
J社	3.2	-	カートリッジ式	薬液洗浄方式

表3 カートリッジ式滅菌器の排出ガス中の酸化エチレン濃度（C病院）

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
0分～1分	60000
2分～3分	50000
6分～7分	27000
10分～11分	18000
15分～16分	7700
25分～26分	3700

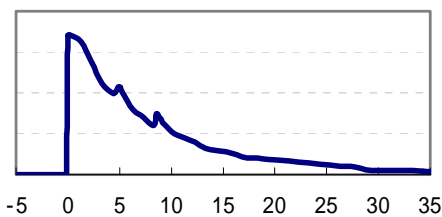


図1 カートリッジ式滅菌器の排出ガス中の連続炭化水素計チャート

表4 ポンベ式滅菌器からの排出ガス中の酸化エチレン濃度（C病院）

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
0分～5分	1100
5分～10分	1700
10分～15分	1000
15分～20分	640
25分～30分	450

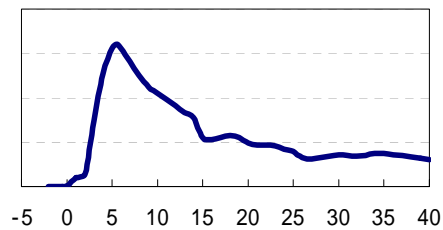


図2 ポンベ式滅菌器の排出ガス中の連続炭化水素計チャート

(3) ボンベ式滅菌器における排水への影響

F病院におけるボンベ式滅菌器における排出ガスと排水の上部ガスの酸化エチレン濃度の時間経過について表5、表6に示す。酸化エチレンは水に対し任意で溶解し、水と反応するとエチレングリコールになる。そのためボンベ式では水封式ポンプは減圧、排気以外に水と接触させることで酸化エチレンガスを処理する機能をもちうると考えられていた。しかしながら実際には水との接触により溶解したのち、水と反応する前に再揮散していると考えられる。そのため排水の上部ガス中で短時間ではあるが8,700mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>と高濃度の酸化エチレンが認められた(表5、表6)。

表5 ボンベ式滅菌器からの排出ガス中の酸化エチレン濃度 (F病院)

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
1分 ~ 6分	3300
6分 ~ 11分	63000
11分 ~ 16分	22000
16分 ~ 21分	6800
21分 ~ 26分	4400
26分 ~ 31分	4000

表6 ボンベ式滅菌器からの排水の上部ガス中の酸化エチレン (F病院)

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
0分 ~ 2分	8700
3分 ~ 6分	3000
6分 ~ 7分	1200
9分 ~ 11分	400
12分 ~ 13分	180

(4) 酸化エチレン処理装置の性能

酸化エチレンの処理装置を設置しているI病院、J社等において排出ガスの濃度を測定し、処理効率についても調査した。結果を表7~9に示す。いずれも滅菌器はカートリッジ方式であるが、酸化エチレンの処理方法はI病院は触媒燃焼、J社では硫酸性水溶液による薬液洗浄方式であった。いずれも排出ガスは20mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以下と無処理の場合を大幅に下回り、処理が十分に行われていることがわかる。I病院では配管の構造上処理装置の入口濃度を測定することができなかったが、カートリッジ方式であることから処理装置には30,000mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub>以上の濃度

で導入されているものと推測され、除去効率は99%以上確保されていると考えられる。触媒燃焼では急激な酸化エチレンの流入は触媒温度の上昇を招くため、この処理装置では弁の開閉により流量を制御している。そのため図3の の時間では濃度の変動が見られる。その後、流入濃度が低下すると制御をはずし処理を行うため、処理後の濃度が一時的に上昇している(図3の )。

表7 触媒燃焼方式処理装置による処理後の酸化エチレン濃度 (I病院)

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
4分 ~ 9分	7.3
14分 ~ 19分	11.0
24分 ~ 29分	2.0
34分 ~ 39分	12.6
44分 ~ 49分	6.3

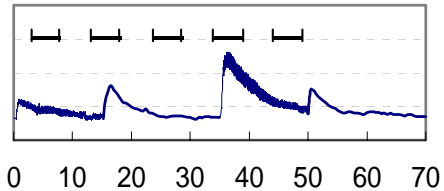


図3 触媒燃焼方式処理装置による (分) 処理後の連続炭化水素計チャート

表8 薬液洗浄方式処理装置による処理前の酸化エチレン濃度 (J社)

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
1分 ~ 4分	1100
4分 ~ 7分	2400
7分 ~ 12分	1900
12分 ~ 16分	1700
16分 ~ 21分	1200
21分 ~ 26分	1100

表9 薬液洗浄方式処理装置による処理後の酸化エチレン濃度 (J社)

排出開始からの時間	酸化エチレン濃度 (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
0分 ~ 5分	3.2
5分 ~ 10分	2.6
10分 ~ 15分	1.0
15分 ~ 20分	0.7
20分 ~ 25分	0.5

今回の測定時は2台の滅菌器が稼働していたが、同時に排気が開始しないように処理装置から制御が行われ、2台目の排気を遅らせている(図3の、)。また薬液洗浄方式を用いるJ社でも除去効率は99%以上となっており、有効性が認められる。このJ社では水封式ポンプからの排水を酸化エチレンガスとともに水タンクに移し、曝気により徐々に揮散させることで急激な濃度変化を押し込んでいる。

## 5 まとめ

病院等の滅菌器において用いられている酸化エチレンの排出ガス実態について測定を行った結果以下のような点が明らかになった。

- 1) 排出ガス中の濃度は最大  $63,000\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$  であった。
- 2) 水封式ポンプでは再揮散により排水経路中から酸化エチレンが検出された。
- 3) 排出ガス処理装置の処理効率は99%を越えており、処理装置の有効性が確認された。

## 6 おわりに

現在、酸化エチレンガスを用いる滅菌器は病院や滅菌専門業だけではなく、警察や消防などでも使用されている。これらは100L以上の中・大型な機器よりも20~50L程度の小型滅菌器数の方がはるかに多く、また排出ガスに対する対策はほとんど取られていないのが現状である。今回の調査で排出ガス処理装置の有効性が確認されたことから技術的には十分に対応可能であり、今後の処理装置の普及が期待される。

### 参考文献

- 1) ACGIH: Documentation of Ethylene Oxide  
ICSC: ICSC(International Chemical Safety Cards)
- 2) 環境庁 有害大気汚染物質測定方法マニュアル(酸化エチレン)