

# 酸化エチレンガス処理技術実証試験

(環境省環境技術実証モデル事業)

樋口 雅人 辰市 祐久

## 要 旨

環境省の「環境技術実証モデル事業（酸化エチレン処理技術分野）」に実証機関として参加し、酸化エチレンガス処理装置について公募を行った。6社について実証試験を行った結果、いずれの装置も滅菌器シミュレータから排出される酸化エチレンを数ppm以下まで低減させることができ、処理効率は99%以上であった。

キーワード：酸化エチレン 実証試験 環境技術実証モデル事業 酸化エチレンガス処理技術

## Verification test of Ethylene Oxide Treatment Technologies (The Pilot Project of the Environmental Technology Verification of Japan)

HIGUCHI Masato, TASUICHI Sukehisa

### Summary

We participated in "The Pilot Project of the Environmental Technology Verification of Japan (Ethylene Oxide Treatment Technologies)" of the Ministry of Environment as a Verification Organization. The Verification test was performed about six companies. Consequently, any equipment was able to reduce the ethylene oxide concentration discharged from a sterilization machine to several ppm or less, and there were 99% or more of processing efficiency.

**Key word** : ethylene oxide, verification test, Ethylene Oxide Treatment Technologies

### 1 はじめに

東京都では、環境確保条例において先駆的に酸化エチレンガスの規制を開始しているが、このガスを使用している都内病院について研究所が環境局環境改善部と調査を行った結果、排出ガス濃度が規制値である90 mg/m<sup>3</sup>N（約46ppm）を大きく上回る病院も存在するなど、対策が不十分である実態が明らかになった。<sup>1)</sup>しかしながらその調査時点では排ガス処理装置は設置に一千万円以上かかるなど高価であり、事業者としても容易に導入できる状況にはなかった。

一方、環境省は平成15年度より「環境技術実証モ

デル事業」を開始した。本モデル事業では、既に実用段階にありながら普及していない環境技術（処理装置）について、第三者機関が客観的に環境保全効果について実証することでユーザーが安心して導入でき、環境保全が図られることを目的としている。環境省は15年度の実証対象技術分野として酸化エチレン処理技術分野等3分野を選定した。

酸化エチレンガス処理装置の技術実証は東京都としても処理装置の普及に有益であることから、環境技術実証モデル事業（酸化エチレン処理技術分野）に実証機関として参加することにし、処理装置の公募を行っ

た。実証試験を行ったのは6社の装置で、うち5社が触媒燃焼方式、1社が薬液洗浄方式を採用している。

## 2 実証試験方法

### (1) 実証対象技術

実証試験を以下の6社6技術について行った。

表1 実証対象機器一覧

	実証対象機器	処理方式	実証試験申請者
1	酸化エチレン排出ガス処理装置 MEJ-101A	触媒燃焼	ムラキ ㈱
2	NS排ガス処理装置 NS-E0-01型	触媒燃焼	㈱ 日本触媒
3	卓上型酸化エチレン浄化処理装置 AW-E0A25	触媒燃焼	エア・ウォーター ㈱
4	エチレンオキシドガス除害装置 AJ-100	触媒燃焼	㈱ 三浦プロテック
5	E0ガス排出処理装置 E0 Abator 50	触媒燃焼	3Mヘルスケア ㈱
6	酸化エチレンガス除去装置 CNES-150	薬液洗浄	㈱ バックス

### (2) 試験条件

実証試験は、空気により希釈した酸化エチレンガスを一定流量で1時間実証対象機器に導入する標準酸化エチレンガス処理試験（標準ガス試験）と、実際の滅菌器からの排出パターンを再現するシミュレータにより調製されたガスを実証対象機器に導入する酸化エチレン滅菌器シミュレータ排ガス処理試験（パターン試験）の2つの方法により行った。パターン試験は使用状況におけるガス濃度の違いを再現するため、パターンAとパターンBの2種類の条件を用意した。いずれのパターンに対しても、処理装置の容量に合わせて、シミュレータの容量は約50Lまたは150Lに変更することが可能である。

各試験条件等を以下に示す。

#### ・標準ガス試験

酸化エチレンガスの濃度及び流量を、実証対象機器の最大処理量が測定できるように、実証試験申請者が設定する。

#### ・パターンA試験

想定滅菌器：ポンベ式酸化エチレン滅菌器

使用ガス濃度：20%

シミュレータ内圧変動パターン（図1）

給ガス・滅菌：-70kPaの状態のシミュレータにポンベより給気し、+100kPaまで加圧

排ガス：申請者の用意したポンプにより-70kPa

まで減圧

エアレーション：ポンプによる-70kPaまで減圧と±0kPaまでの外気給気を5回繰り返す。

シミュレータ内圧

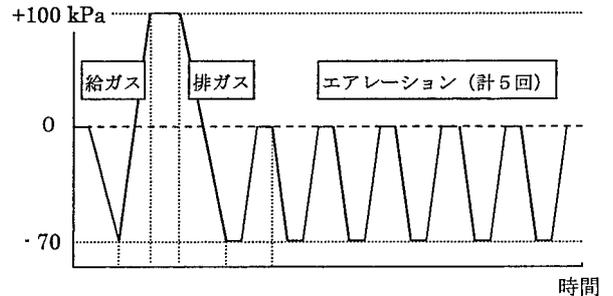


図1 シミュレータ内圧変動パターン（パターンA）

#### ・パターンB試験

想定滅菌器：カートリッジ式酸化エチレン滅菌器

使用ガス濃度：95%

シミュレータ内圧変動パターン

給ガス・滅菌：-80kPaの状態のシミュレータにポンベより給気し、-15kPaまで加圧

排ガス：エアージェクターまたは申請者の用意したポンプにより-80kPaまで減圧

給気：-15kPaまで外気を給気

エアレーション：外気給気と排気を同時に行い、-15kPaに保つ（60分）。

### (3) 実証試験項目

実証対象機器の導入部（入口）および排出部（出口）における酸化エチレンガス濃度、流量、温度を測定した（図2）。これらから酸化エチレンガス総量、処理率を算出した。

酸化エチレン濃度は入口側が全炭化水素計、出口側が固相捕集-溶媒抽出-GC-MS法<sup>2)</sup>により測定した。

流量は入口側がシミュレータ内の圧力の変動値より算出、出口側は熱線風速計値より算出した。

温度はいずれもK熱電対により測定した。

この他にも環境負荷項目として二次生成物、消費電力等使用資源量等についても実証試験項目として測定した。

処理率は入口側酸化エチレンガス総量に対する出口側酸化エチレンガス総量より求めた。

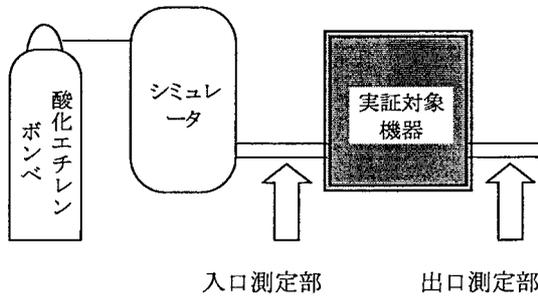


図2 実証試験 モデル図

### 3 実証対象機器概要

#### (3) ムラキ株式会社

処理方式：触媒燃焼方式

装置概要：酸化エチレンガスを触媒により二酸化炭素と水に分解する。初期の排ガス中の高濃度酸化エチレンガスを装置内のエアタンクで平準化し、希釈しながら触媒槽に導入し処理する。処理後の排ガスは熱交換器により排熱回収を行う。

省エネモードにより低濃度時は希釈をせずに触媒層を通気させることができるため、ランニングコストを削減が可能である（図3）。

試験条件を表2に示す。

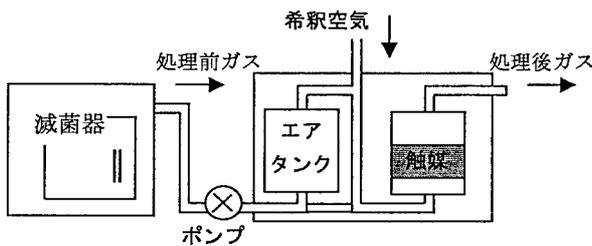


図3 実証対象機器イメージ図（ムラキ）

表2 実証試験条件（ムラキ）

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	24%	4.6 L/min	2.2 g/min
	チャンバー容量		
パターンA	50 L		
パターンB	50 L		

#### (2) 株式会社 日本触媒

処理方式：触媒燃焼方式

装置概要：酸化エチレンガスを触媒により二酸化炭素と水に分解する。滅菌器からの排出ガスを空気希釈し、触媒槽に導入・処理する。処理後のガスはさらに空気希釈・冷却を行い排出する（図4）。

試験条件を表3に示す。

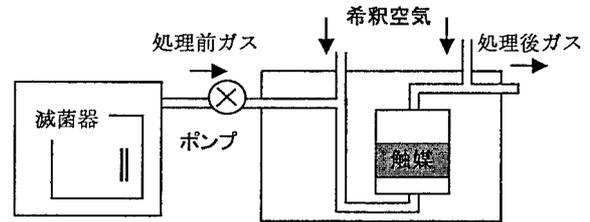


図4 実証対象機器イメージ図（日本触媒）

表3 実証試験条件（日本触媒）

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	23%	7.6L/min	約 3.4 g/min
	チャンバー容量		
パターンA	50 L		

#### (3) エア・ウォーター株式会社

処理方式：触媒燃焼方式

装置概要：酸化エチレンガスを触媒により二酸化炭素と水に分解する。触媒槽の前段で酸化エチレンを活性炭に吸着し、同時に滅菌器からの流入ガスで少しずつ脱着を行う。脱着された酸化エチレンガスを空気希釈し、触媒槽に導入・処理する。処理後の排ガスは熱交換器により排熱回収を行う（図5）。

試験条件を表4に示す。

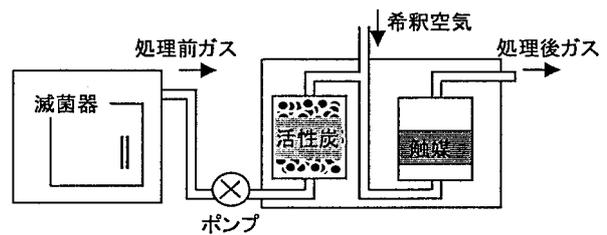


図5 実証対象機器イメージ図（エア・ウォーター）

表4 実証試験条件（エア・ウォーター）

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	0.87%	89L/min	約 1.5 g/min
	チャンバー容量		
パターンA	50 L		
パターンB	50 L		

#### (4) 株式会社 三浦プロテック

処理方式：触媒燃焼方式

装置概要：酸化エチレンガスを触媒により二酸化炭素と水に分解する。滅菌器からの排出ガスを空気希釈し、触媒槽に導入・処理する。処理後のガスはさらに空気希釈・冷却を行い排出する（図6）。

試験条件を表5に示す。

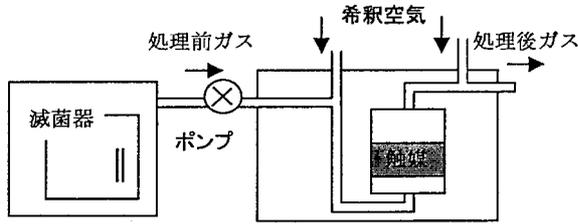


図6 実証対象機器イメージ図 (三浦プロテック)

表5 実証試験条件 (三浦プロテック)

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	2.8%	100L/min	約 5.0 g/min
	チャンバー容量		
パターン B	150 L		

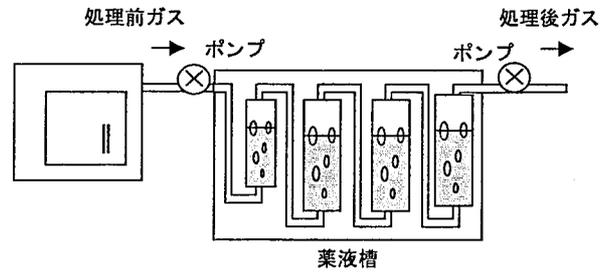


図8 実証対象機器イメージ図 (パックス)

表7 実証試験条件 (パックス)

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	4.6%	73L/min	約 6.6 g/min
	チャンバー容量		
パターン A	150 L		
パターン B	150 L		

(5) 3Mヘルスケア株式会社

処理方式：触媒燃焼方式

装置概要：酸化エチレンガスを触媒により二酸化炭素と水に分解する。滅菌器からの排出ガスを空気で希釈し、触媒槽に導入・処理する (図7)。

試験条件を表5に示す。

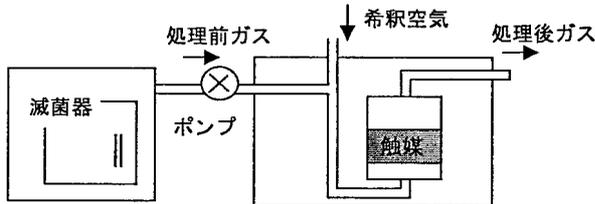


図7 実証対象機器イメージ図 (3Mヘルスケア)

表6 実証試験条件 (3Mヘルスケア)

	濃度	流量	酸化エチレン量
標準ガス試験	2.9%	87L/min	約 4.9 g/min
	チャンバー容量		
パターン B	150 L		

(6) 株式会社 パックス

処理方式：薬液洗浄方式

装置概要：専用の薬液を使用し、酸化エチレンを加水分解反応によりエチレングリコールにすることで薬液中に保持する。熱源が無いいため、爆発等の危険性が低いのが特徴である (図8)。

試験条件を表7に示す。

4 結果および考察

(1) ムラキ株式会社

測定結果を以下に示す (表8)。

表8 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	21°C	36.5°C
酸化エチレンガス濃度	平均 24%	0.04 ppm
導入総量	140 g	
排出総量	0.30 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	0.62 kWh/60 min	

パターンA試験

項目	入口	出口
温度	19.3°C	36.6°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.37 ppm
導入総量	30 g	
排出総量	3.5 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	0.81 kWh/60 min	

パターンB試験

項目	入口	出口
温度	24.5°C	33.3°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.13 ppm
導入総量	54 g	
排出総量	31.7 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	1.08 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスはいずれの試験条件でも平均 1 ppm以下となり、十分に処理が行われていた。熱交換器を用いているため消費電力および排熱温度は低く抑えられていた。特に排熱は40°C以下であるため、断熱配管等が必要ないため、配管工事への制限は少な

いと考えられる。

(2) 株式会社 日本触媒

測定結果を以下に示す (表9)。

表9 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	21.5°C	108.9°C
酸化エチレンガス濃度	平均 23%	2.86 ppm
導入総量	204 g	
排出総量	280 mg	
処理率	99.9%	
消費電力	0.82 kWh/60 min	

パターンA試験

項目	入口	出口
温度	22.7°C	69.4°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.81 ppm
導入総量	30 g	
排出総量	173mg	
処理率	99.4%	
消費電力	1.90 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスは標準ガス試験では3 ppm程度となったが、実際に滅菌器に接続する状況を模したパターンA試験においては1 ppm以下とより低くなっている。いずれにせよ都条例の規制値である90mg/m<sup>3</sup> (約46ppm) を下回っており、処理が有効であることが判った。

(3) エア・ウォーター株式会社

測定結果を以下に示す (表10)。

表10 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	23.5°C	54.8°C
酸化エチレンガス濃度	平均 0.87%	0.29 ppm
導入総量	91 g	
排出総量	14 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	0.53 kWh/60 min	

パターンA試験

項目	入口	出口
温度	19.5°C	38.3°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.01 ppm
導入総量	30 g	
排出総量	0.50 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	0.86 kWh/60 min	

パターンB試験

項目	入口	出口
温度	23.4°C	52.0°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.01 ppm
導入総量	58 g	
排出総量	0.50 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	0.93 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスは1 ppmを下回る値であり、特にパターン試験においてはいずれも0.01ppm程度と低い値となった。本装置では活性炭を使用しているため装置内に酸化エチレンの残留が懸念された。そのため、標準ガス試験において試験後、標準ガスを停止し空気のみを流した状態で排出ガスの濃度を測定した。その結果、試験時の平均濃度は0.29ppmだったのに対し、標準ガス停止後は0.03ppmと減少しているため残留の影響は少ないと考えられる。

(4) 株式会社 三浦プロテック

測定結果を以下に示す (表11)。

表11 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	25.1°C	97.5°C
酸化エチレンガス濃度	平均 2.8%	0.55 ppm
導入総量	305 g	
排出総量	228 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	2.35 kWh/60 min	

パターンB試験

項目	入口	出口
温度	24.5°C	77.9°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.13 ppm
導入総量	187 g	
排出総量	118 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	7.50 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスはいずれの試験も1 ppm以下となった。排出ガスは熱交換を行っていないため100°C前後と高温であるが、実際に病院等に設置する際には断熱配管工事を行うため、操作者が直接触れるような危険性は少ないと思われる。

(5) 3Mヘルスケア株式会社

測定結果を以下に示す (表12)。

表12 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	27.8°C	178°C
酸化エチレンガス濃度	平均 2.9%	0.04 ppm
導入総量	297 g	
排出総量	10 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	2.35 kWh/60 min	

パターンB試験

項目	入口	出口
温度	22.4°C	145°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.01 ppm
導入総量	159 g	
排出総量	4.3 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	7.50 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスはいずれの試験も1 ppm以下となった。排出ガスは熱交換を行っていないため100°C前後と高温であるが、実際に病院等に設置する際には断熱配管工事を行うため、操作者が直接接触するような危険性は少ないと思われる。

(6) 株式会社 パックス

測定結果を以下に示す(表13)。

表13 標準ガス試験

項目	入口	出口
温度	30.9°C	38.6°C
酸化エチレンガス濃度	平均 24%	0.96 ppm
導入総量	397 g	
排出総量	13 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	1.22 kWh/60 min	

パターンA試験

項目	入口	出口
温度	25.4°C	35.9°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.08 ppm
酸化エチレンガス総量	91 g	
酸化エチレンガス総量	10 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	1.65 kWh/60 min	

パターンB試験

項目	入口	出口
温度	12.9°C	28.0°C
酸化エチレンガス濃度	-	0.03 ppm
酸化エチレンガス総量	163 g	
酸化エチレンガス総量	0.30 mg	
処理率	99.9% 以上	
消費電力	1.65 kWh/60 min	

処理装置の排出ガスはいずれの試験も1 ppm以下となった。排気はヒータ等の熱源を使用していないた

め、温度は低く、また希釈を行う必要がないため流量が少ない。本装置では薬液槽内部への酸化エチレンの残留が懸念された。標準ガス試験において試験後、標準ガスを停止し空気のみを流した状態で排出ガスの濃度を測定した。その結果、試験時の平均濃度は0.96 ppmだったのに対し、標準ガス停止後は1.62 ppmと濃度の上昇がみられた。しかしながら実際に滅菌器に接続する状況を模したパターンA試験においては0.08 ppmであることから通常の使用条件であれば残留・再揮散の可能性は低く、都条例の規制値である90 mg/m<sup>3</sup>(約46 ppm)を下回る処理が可能であることが判った。

5 まとめ

6社について実証試験を行った結果、いずれの装置も滅菌器シミュレータから排出される酸化エチレンを数 ppm 以下まで低減させることができ、処理効率は99%以上あった。今回の試験条件下では十分に都条例の規制値を下回る濃度まで酸化エチレンガスを処理することが可能であることが実証された。今後は本実証試験結果が病院等のユーザーが購入の際に参考となり、処理装置の普及が促進されることが望まれる。

本実証試験は環境省の平成15年度環境技術実証モデル事業(酸化エチレンガス処理技術分野)に基づき行われた。詳細な内容については平成15年度環境技術実証モデル事業(酸化エチレンガス処理技術分野)結果報告書(環境省 平成16年3月)に記載されている。

引用文献

- 1) 樋口ら：病院等から排出される酸化エチレンの排出状況に検討、東京都環境科学研究所年報, pp.20-24(2003)
- 2) 「有害大気汚染物質測定方法マニュアル(酸化エチレン)」(環境庁大気保全局大気規制課 平成11年3月)