

第50回博物館大会 2002 .11 .14 - 15

アルプ燻蒸法

エア・ウォーター株式会社

柴田 仁、小原 智、半田 孝雄

山本 和馬、赤江 奈美子

東京文化財研究所名誉研究員

学術博士

新井 英夫

 AIR WATER INC.

大いなる自然の恵みを糧として。

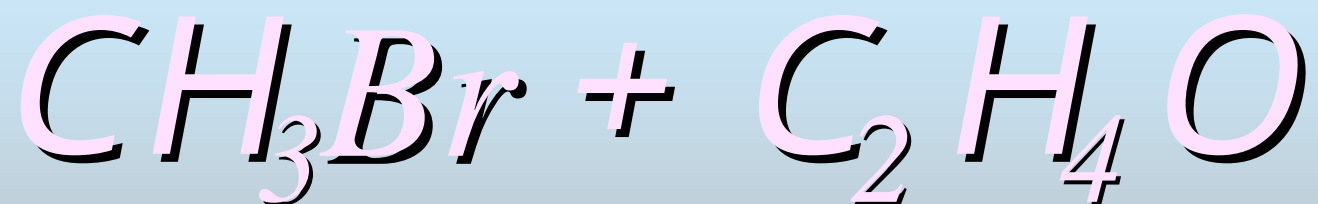
地球資源循環カンパニー



エアウォーター AIR WATER INC.

問題点

- 臭化メチルのオゾン層破壊物質指定 (2005年全廃)
- 酸化エチレンの発がん性指定に伴う 特定化学物質等 障害予防規則の適用 (2001年施行)



新薬剤の条件

- 環境負荷を与えない。
またはそれを防げる
(オゾン層破壊物質・温暖化物質でないこと)
- 文化財への材質影響がないこと
- 毒性が低いこと
- 浸透性が高いこと
- 拡散性が高いこと
(分子量が大きくないこと)
- 低価格
- 取扱いが容易であること
- 使用実績があること(米国)



希釈剤の選定条件

- 不燃性であること
- 不活性であること **PO燃焼性緩和**
POと反応しない 文化財への影響がない
- オゾン層破壊物質でない、温暖化物質でない
使用規制されてない
- 分子量がPO (8.08)と近いこと
PO 空気と拡散しやすい
- 毒性がない、または低毒性であること
- 低価格であること
- 使用実績がある (海外)



燻蒸剤 毒性比較

	酸化プロピレン (PO)	アルゴン (Ar)	酸化エチレン (EO)	臭化メチル
経口急性毒性 ラット LD50 マウスLD50	930mg/ kg 630mg/ kg	- -	72mg/ kg -	214mg/ kg -
ガン原生 IARC(1997.8)	グループ2B (人に発ガン性がある かも知れない物質)	- -	グループ1 (人に発ガン性がある物質)	グループ3 (人に発ガン性の証拠が不十分)
許容濃度 時間荷重平均 ACGIH(93~94) 勧告値	2ppm (2001年度改正)	-	1ppm	1ppm (2001年度改正)
日本産業衛生学会	-	-	1ppm	-
管理濃度(厚生労働省) 曝露防止措置 (防毒マスク、 空気呼吸器等)、漏洩防止措置 (12項目)、健康診断、作業 環境測定、掲示、資格	-	-	1ppm 滅菌作業に係わる 措置のみ規定され た	5ppm 燻蒸作業に係わる 措置がとられ運用可 能であった

IARC : International Agency for Research on Cancers (国際ガン研究機関)

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists (米国産業衛生監督官会議)

燻蒸剤 物性比較

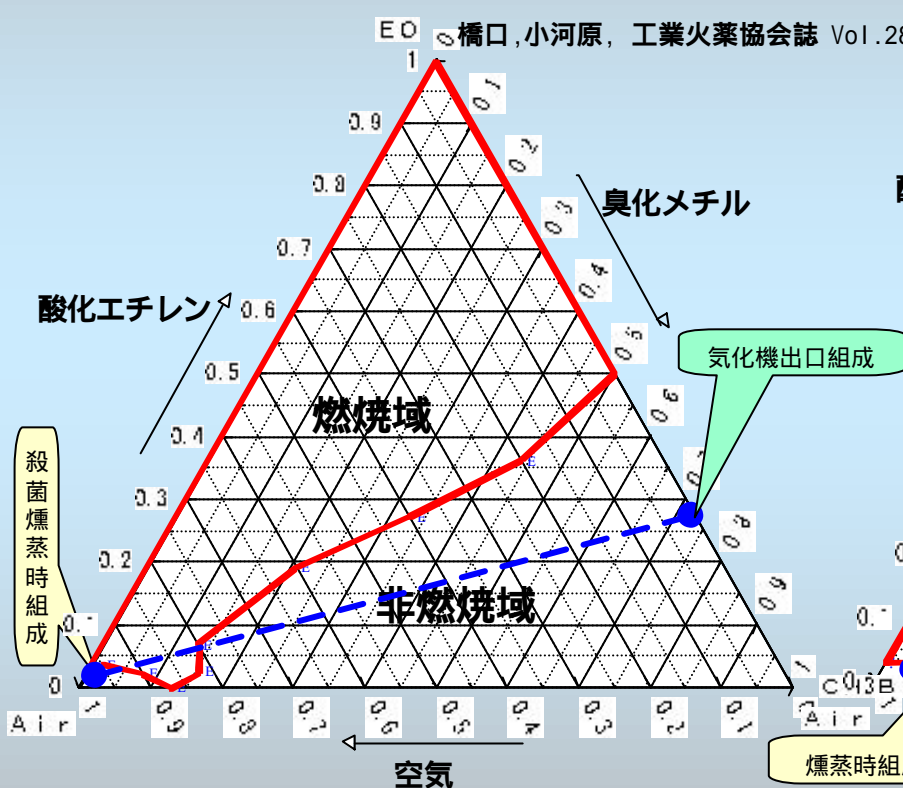
	酸化プロピレン (PO)	アルゴン (Ar)	酸化エチレン (EO)	臭化メチル
化学式	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$	Ar	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \\ \text{O} \end{array}$	CH ₃ Br
分子量	58.08	39.94	44.05	94.9
沸点	33.9	185.	10.7	4
蒸気圧	0.605kg/ cm ² (20)	7.	1.49kg/ cm ² (20)	1.70kg/ cm ² (20)
可燃域	2.8~ 37 vo%	-	3.0~ 100 vo%	10~ 16 vo%

殺虫殺菌条件

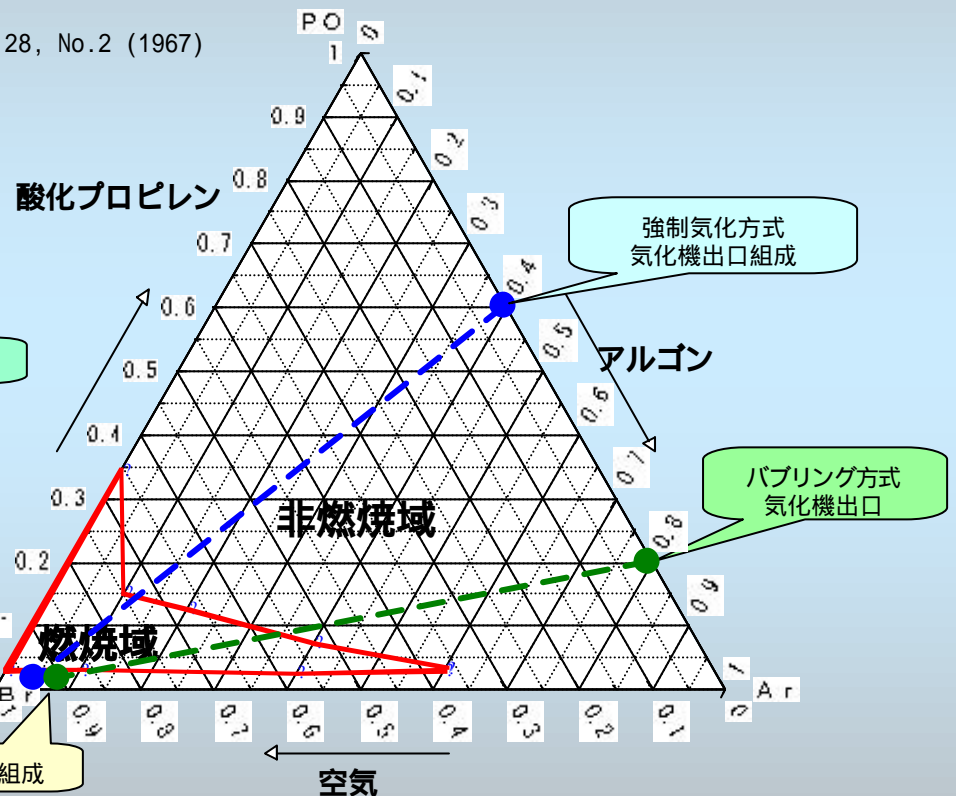
濃度	2.0 PO vo%を保持する。 (20 において48g/ m ³ に相当)	
湿度	45~ 70% RH	
時間	常温の燻蒸	48時間
	低温 (10 以下) の場合	72時間
その他	燻蒸中は適時防爆軸流ファンで攪拌すること	

燃焼範囲の比較

EO 橋口, 小河原, 工業火薬協会誌 Vol.28, No.2 (1967)



EO - CH₃Br - Air系の爆発範囲
(常温、常圧、スパーク放電点火)



PO - Ar - Air系の爆発範囲
(30、大気圧、スパーク放電点火)

アルプ燻蒸効果の一例

(栃木県立博物館での結果)

対象物件 :同館生物液浸収蔵庫

施工期日 :平成13年3月24日～29日

燻蒸条件 :20 65%RH (初発) , PO₂.0～2.2% ,48時間

被覆燻蒸 (20m³)

殺菌効果 :100% (ダイレクト)

供試菌 *Aspergillus niger* IAM2105 (黒色麹菌)

7日間培養

殺虫効果 :100% (ダイレクト,管内径1mm共に)

供試虫 *Sitophilus zeamais* Motschulsky (コクゾウ)

殺卵効果 :100% (ダイレクト,管内径1mm共に)

71日間孵化成虫数が皆無

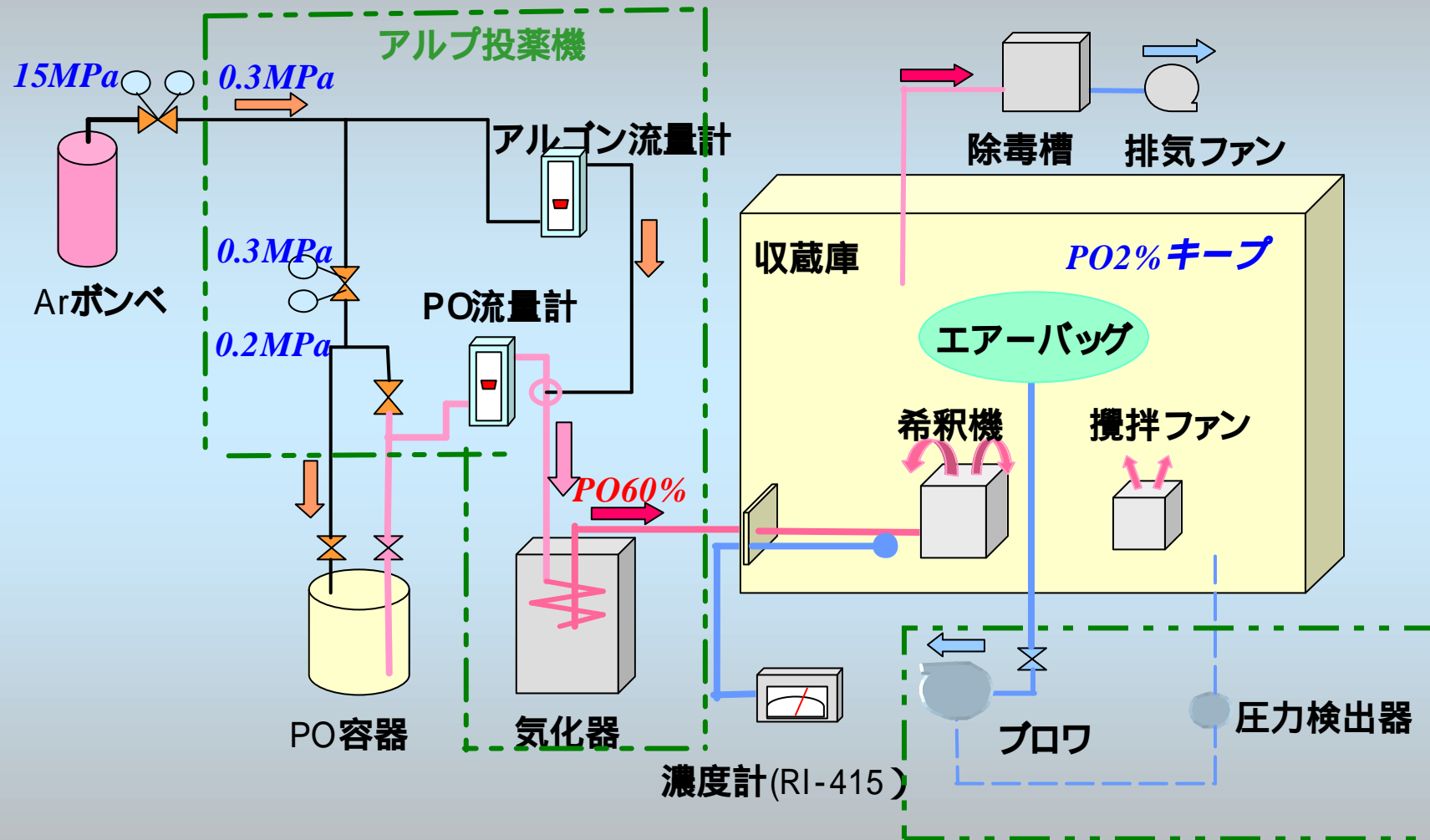
酸化プロピレン材質への影響 (1)

		材質への影響度	コメント		材質への影響度	コメント		材質への影響度	コメント
絵画材料	群青	-		卵白+インディゴ(青)	-		アラビアガム+インディゴ(青)	-	
	緑黄	-		卵白+カーマイン(赤)	-		アラビアガム+カーマイン(赤)	-	
	黄土	-		卵白+ピリジアン(緑)		E = 6.64 ~ 7.09	アラビアガム+ピリジアン(緑)	-	
	朱	-		卵白のみ	-		アラビアガムのみ	-	
	ベンガラ	-		ゼラチン+シルバーホワイト(白)	-		アクリル樹脂+シルバーホワイト(白)	-	
	漆塗膜	-		ゼラチン+オーレオリン(黄)	-		アクリル樹脂+オーレオリン(黄)	-	
	金箔	-		ゼラチン+インディゴ(青)	-		アクリル樹脂+インディゴ(青)	-	
	絹	-		ゼラチン+カーマイン(赤)	-		アクリル樹脂+カーマイン(赤)	-	
	フェルト	-		ゼラチン+ピリジアン(緑)	-		アクリル樹脂+ピリジアン(緑)		E = 0.98 ~ 5.18
	楮	-		ゼラチンのみ	-		アクリル樹脂のみ	-	
	卵黄+シルバーホワイト(白)	-		膠+シルバーホワイト(白)	-		シエラック	-	
	卵黄+オーレオリン(黄)	-		膠+オーレオリン(黄)	-		ダンマル	-	
	卵黄+インディゴ(青)	-		膠+インディゴ(青)	-		アクリル樹脂(パラロイト87)	-	
	卵黄+カーマイン(赤)	-		膠+カーマイン(赤)	-		ポピー油		E = 4.82 ~ 5.32
	卵黄+ピリジアン(緑)	-		膠+ピリジアン(緑)	-		リンシード油		E = 5.15 ~ 7.03
	卵黄のみ	-		膠のみ	-		白色のアルシュ水彩紙	-	
	卵白+シルバーホワイト(白)	-		アラビアンガム+シルバーホワイト(白)	-		青色キャンソン製ミュージメント紙	-	
	卵白+オーレオリン	-		アラビアンガム+レオリン(黄)	-		茶色キャンソン製ミュージメント紙	-	
金属	ブロンズ	-		材質への影響度 :若干変化あり -:変化無し AIR WATER INC.					
	Cu	-							
	Al	-							

酸化プロピレン材質への影響(2)

	材質への影響度	コメント		材質への影響度	コメント		
剥 製	キソネ	-	骨	コホカモシカ	-		
	オオガミ	-	植物標本	コムツジ	-		
	コホカモシカ	-		アリノウグサ (新緑 紅葉)	-		
	鳥類 (オンドリ・シマフクロウ)	-		民具	-		
	北極グマ	-	電子部品	ノートパソコン	-		
	ウサギ	-		3.5"フロッピーディスク	-		
	ガアウ	-		マウス	-		
	イヌ	-		CD-ROM	-		
	コホカモシカ	-		火災報知センサー	-		
	ツキノワグマ	-		書籍	-		
シカ	-	化学物質	ナフタレン	-			
ハヤブサ	-		パラジクロロベンゼン	-			
キノコ類	カンバタケ	-	材質への影響度 若干変化あり - :変化無し 生物試料(剥製・キノコ類・骨・植物標本)・書籍・化学物質は目視にて評価 電子部品は動作チェックにより確認				
	マンネンタケ	-					
	ベニタケ属	-					
写真材料等への影響							
カラ 1 写真紙 キャノン製	シアン	-	E=0.82	エプソン製	シアン	-	E=0.21
	マゼンタ	-	E=0.45		マゼンタ	-	E=0.30
	イエロー	-	E=0.28		イエロー	-	E=0.76
	シアン	-	E=0.33		ブラック	-	E=0.27
	マゼンタ	-	E=0.35	キャノン製:キャノン製インクジェットプリンターを使用した印刷紙を示す。 エプソン製:エプソン製インクジェットプリンターを使用した印刷紙を示す。			
	イエロー	-	E=0.44				
	ブラック	-	E=0.26				

アルプ燻蒸投薬システム



エアーバッグシステム (関東港業(株)特許)

アルプ使用実績

燻蒸方法	施設数	文化財虫害研究所合否判定		施設内訳
		殺虫殺卵	殺菌	
密閉燻蒸	44	合格 35	合格 35	博物館 19 資料館 18
		判定中 9	判定中 9	
被覆燻蒸	4	合格 4	合格 4	美術館 9 図書館 6
燻蒸庫	32	合格 28	合格 28	その他 28
		判定中 4	判定中 4	
合計	7	合格 67	合格 67	
		判定中 13	判定中 13	

本データは平成 13年 2月 ~ 平成 14年 10月までのものです。

平成 14年 9月 9日以降は文化財虫害研究所にて判定中。

ポンペの種類

PO充填容器



P400セット用PO容器
(内容積 48L、PO充填量 3.4kg)

P40セット用PO容器
(内容積 8L、PO充填量 3.4kg)

名 称	P40セット		P400セット	
標準被燻蒸容積	40m ³		400m ³	
内容物	酸化プロピレン	アルゴン	酸化プロピレン	アルゴン
容器内容積 リットル	8	47	48	47×2本
充填量	3.4kg	7m ³ (35)	3.4kg	7m ³ ×2本(35)
圧 力 Mpa	0.19 (Ar 加圧)	1.5	0.19 (Ar 加圧)	1.5
耐圧試験圧力 Mpa	3	2.5	3	2.5
純度 %	99.9以上	99.99以上	99.9以上	99.99以上
形 態	液体(加圧)	圧縮ガス	液体(加圧)	圧縮ガス
容器空重量 kg	約 7	約5.4	約2.4	約5.4×2本
総重量 kg	約 8.4	約6.3	約5.8	約6.3×2本
寸法 mm	275 H350	232 H1500	320 H920	232 H1500
法適用 : 内容物	消防法 危険物第4類 特殊引火物	高圧ガス保安法 高圧ガス	消防法 危険物第4類 特殊引火物	高圧ガス保安法 高圧ガス
法適用 : 容器	危険物運搬容器	高圧ガス容器	危険物運搬容器	高圧ガス容器

アルゴン集合装置



大規模燻蒸現場での作業効率向上に役立つ

燻蒸関連機材一覧

ガス投薬機	<ul style="list-style-type: none"> ・小流量タイプ 1機種 ・大流量タイプ 2機種
希釈機	<ul style="list-style-type: none"> ・2機種 風量：70m³/min及び20m³/min
除毒機	<ul style="list-style-type: none"> ・吸着式 3機種 ・触媒式 7機種 POアベーター別表参照
防爆軸流ファン	<ul style="list-style-type: none"> ・大西電気工業 BB-B、BM-B等
濃度測定器	<ul style="list-style-type: none"> ・理研計器 R1-415
ガス検知管	<ul style="list-style-type: none"> ・北川式 PO用（EO用と兼用）及びポンプGV-100S
残留濃度測定器	<ul style="list-style-type: none"> ・理研計器 GL-92A
ガス漏れ検知器	<ul style="list-style-type: none"> ・理研計器 GM-200
防毒マスク	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度吸収缶式（有機ガス用）JIS T 8152-1981相当 ・空気呼吸器 JIS T 8152-1983相当

所定の殺菌殺虫効果を確保するため、安全作業を確保するため、そして環境保全を図るため燻蒸機材は必要不可欠である。

アルプ気化器

アルプ「ArP」気化器

型式 D300Cu-PO



PO気化量0.1kg/min
熱源 AC100V, 1.5kw

販売元 関東港業株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町6-5
営業部 〒108-0023 東京都港区芝浦-17-11
Tel 03-34561314

製造元 株式会社カンコー

アルプ「ArP」気化器

型式 D500Cu-PO



PO 気化量 1 kg/min
熱源 AC200V, 7kw

販売元 関東港業株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町 26-5
営業部 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-17-11
Tel 03-3456-1314

製造元 株式会社カンコー **AIR WATER INC.**

投薬作業



投薬作業



A r P 希釈機

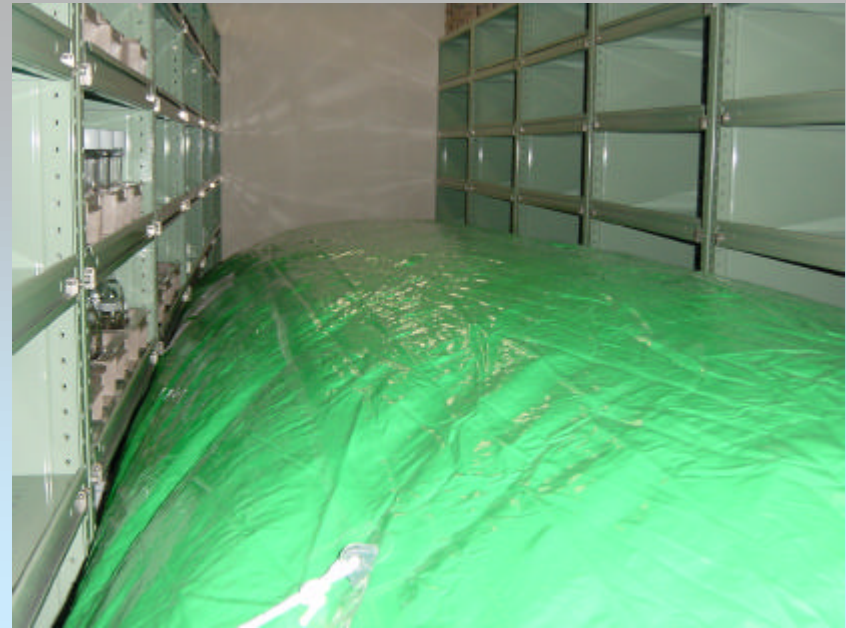
急速拡散に威力を発揮し、以前より安全性が向上した。



収蔵庫圧力調整

- ✿ エアーバッグシステム
- ✿ 収蔵庫内に設置された空気袋
- ✿ サイズ 10m³
- ✿ 25m³
- ✿ 50m³
- ✿ 投薬時、収蔵庫内に設置された空気袋から、空気を抜くことにより収蔵庫内の圧力上昇を自動で防止する。その結果外部に余剰ガスが排出されない。

関東港業(株)特許



AIR WATER INC.

収蔵庫入り口密閉状況

- ✿ エアーバッグシステム配管50A
- ✿ 投薬配管75A
- ✿ 除毒機配管50A
- ✿ 希釈機動力線100v
- ✿ 排気ファン動力線200v
- ✿ 攪拌ファン動力線100v
- ✿ ガス濃度測定用サンプリング口



燻蒸空間濃度測定

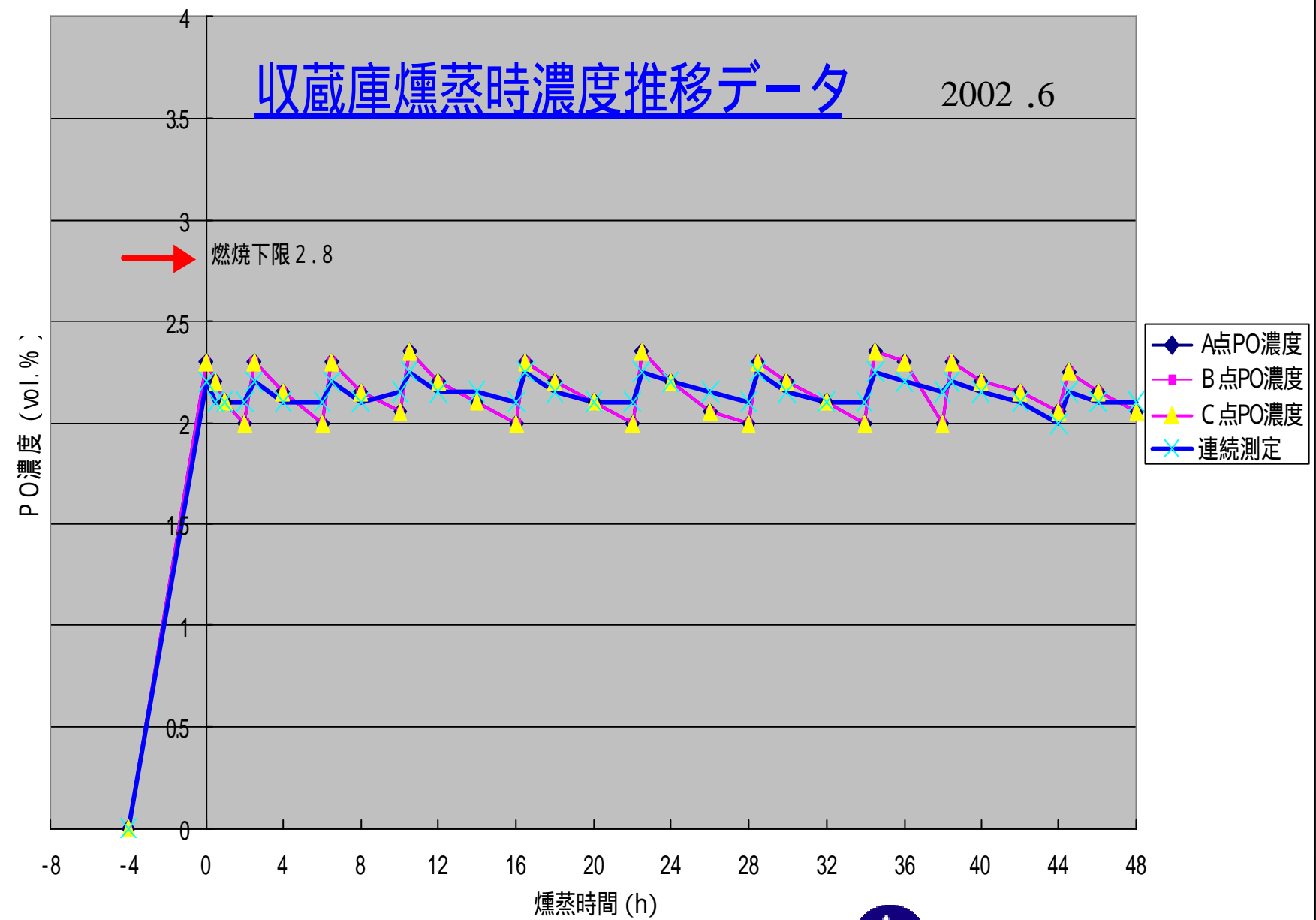


各所の濃度を集中
モニタリングし、
安全性が向上した。

これに加え連続
記録するレコーダー
(理研計器)も共同
開発し、燻蒸処理の
クオリティを向上さ
せた。

収蔵庫燻蒸時濃度推移データ

2002 .6



燻蒸時周辺漏洩検査

より安全な作業環境
管理を行っている。

ArP
除毒機

アルプ「ArP」除毒機

型式 Q1-1-PO



除毒風量 1.5 m³/min
動力 AC100V, 0.35kw

販売元 関東港業株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町 26-5

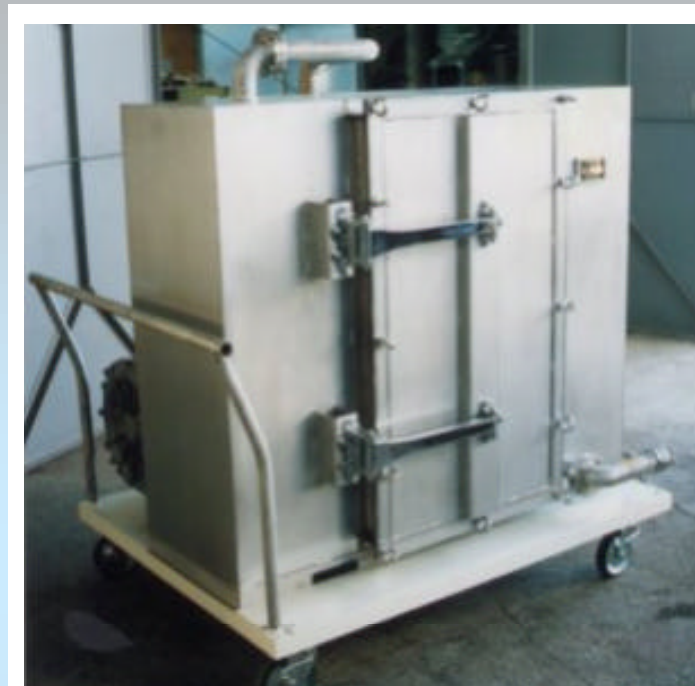
営業部 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-17-11

Tel 03-3456-1314

製造元 株式会社カンコー

アルプ「ArP」除毒機

型式 Q6-220-PO



除毒風量 5 m³/min
動力 AC200V, 3.3kw

販売元 関東港業株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町 26-5

営業部 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-17-11

Tel 03-3456-1314

製造元 株式会社カンコー

AIR WATER INC.

アルブ除毒機 (触媒式)



南九州エア ウォーター(株) アベーター#2000

モデルNo.	PO処理能力	吸入空流量	寸法	重量
	g/min	m ³ /min	奥行×幅×高さ m	kgf
#50	3.6	1.4	0.9×1.05×0.8	170
#100	7.2	2.8	0.82×0.88×2.07	400
#500	36	16.3	5.01×1.45×1.07	1180
#1000	72	32.6	7.38×1.81×1.42	1500
#2000	144	65.2	7.38×1.81×1.42	1815
#3000	216	97.7	7.94×3.56×1.48	3630
#6000	432	196	7.43×4.02×2.09	6800
#12000	864	391	10.0×4.53×2.47	17000

共通仕様:

処理効率 99%以上
 処理最高濃度 1000v/v ppm
 反応開始温度 138
 最高温度 230
 加熱源 #50,#100 電気 その他 LPG

能力計算例:

燻蒸容積 1000m³
 燻蒸濃度 50g/m³
 使用モデル #2000とすると

$$\text{処理時間} = 1000\text{m}^3 \times 50\text{g/m}^3 \div 144\text{g/min} = 347\text{min} (5.8\text{hr})$$

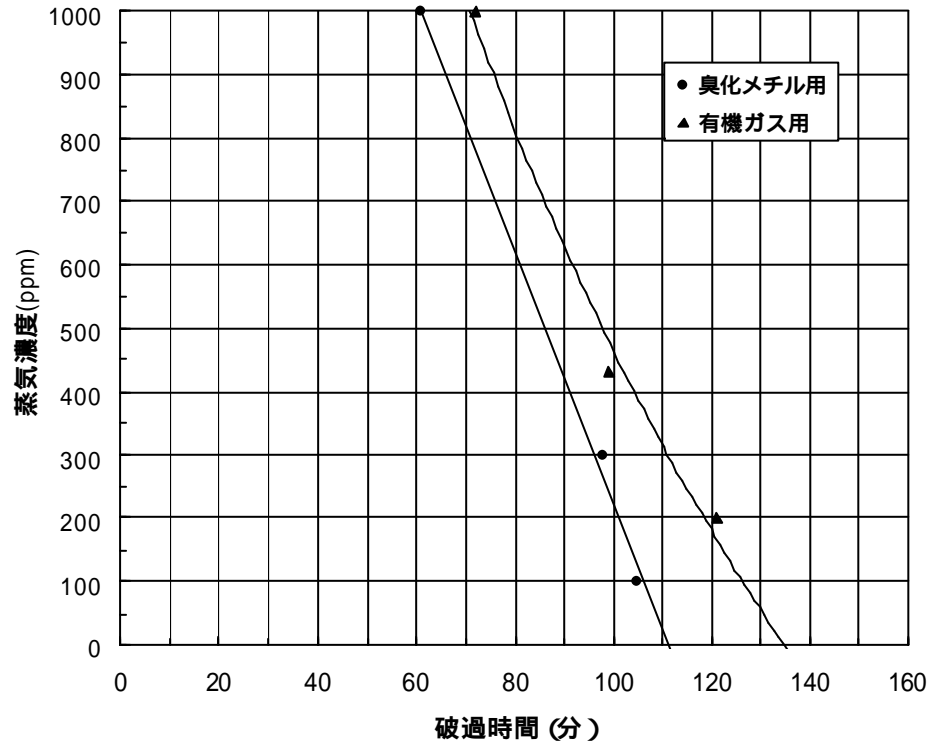
AIR WATER INC.

保護具の比較

酸化エチレンの破過曲線図

(破過濃度1ppm、20%、50%、30L/分) 沸点10.7

図 1 隔離式 1 型吸収缶の破過曲線

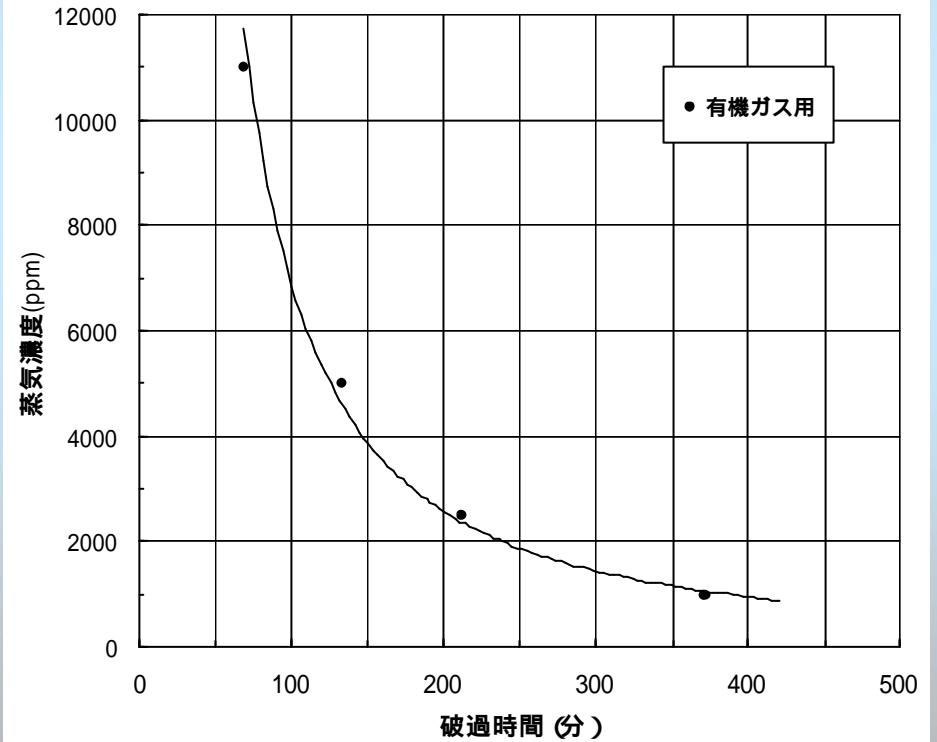


酸化プロピレンの破過曲線図

(破過濃度2ppm、20%、50%、30L/分) 沸点34

34

図 1 隔離式 1 型吸収缶の破過曲線



保護具と健康管理

1. 防毒マスク

- ・隔離式吸収缶のついた防毒マスクを使用する。
- ・吸収缶は、**有機ガス用**が最も適している。(臭化メチル用も使用可能)
- ・酸化プロピレン濃度と破過時間の関係図参照。
- ・湿度による影響では、高湿度になるほど破過時間は短くなる傾向。しかし大きな変化ではない。
- ・温度による影響では、高温度になるほど破過時間は短くなる傾向。

**管理すべき吸収缶の交換時期は増加率 5%を目安にするのが望ましい。
マスク装着時には、蛇管をおるなどして漏れ確認をチェックを行うこと。**

2. 防護手袋

- ・化学防護手袋では、**ポリエチレン/ナイロン多層手袋**、及び**ブチル製手袋**が望ましい。

3. 健康診断

- ・念のために一般健康診断を 6ヶ月毎に行うように指導する。
(労働安全衛生規則第 44条に定める定期健康診断項目)



燻蒸庫用投薬機

内容積 10m³未満
計量後自動投薬

燻蒸庫用投薬機



内容積 10m³
以上の燻蒸庫用

アルプ燻蒸システムの進化

—— トータルクオリティの向上 ——

1. 全般的な安全水準の向上
2. アルゴンガス取扱い作業効率向上
3. アルプ希釈機の導入と設置基準策定・・・急速拡散
4. 投薬時余剰ガスの抑制 (環境負荷低減)
5. PT (パーティション) パネルによる安全性 効率向上
6. 集中モニタリングと連続記録の技術開発
7. 低温時・低湿時の対策・・・専用機材の開発
8. 周辺作業環境の管理徹底
9. 除毒装置のラインナップ
10. 残留ガス対策・・・専用資材の開発
11. 燻蒸庫用自動投薬機の開発 (関東港業)
12. 殺虫殺菌剤追加認定と使用実績 効果の累積 (信頼性向上)

国内の進行状況

- ・2000.1月 文化庁文化財保護部の部長、建造物課、美術工芸課、伝統文化課に臭化メチルに代替可能な燻蒸法の実用化を報告。
- ・2001.1月 商品名を「アルプ」とし、(財)文化財虫害研究所の文化財虫菌害防除薬剤として認定取得。以後、各地で博物館、美術館の担当者を対象に研修会を開催して普及に努め、70館以上の施設において燻蒸を具現化している。
- ・2002 .8月 「アルプ」は文化財用殺虫殺菌燻蒸剤に性能追加認定された。

海外からの反響

- ・2001.11月 第5回国際文化財生物劣化会議 (ICBCP-5)にて発表。
(シドニー)
- ・2002.5月 第4回画像文化財保存科学国際シンポジウム (ARSAG-4) に招聘されアジアから唯一発表 (パリ)。その際、フランスの国立図書館、ハンガリーの国立文化財保存所、ドイツの専門家などから強い関心が示され、輸入に関する具体的打診があった。

2002.5月 第4回画像文化財保存科学国際シンポジウム (ARSAG-4)

オープニング



アルプ発表



質疑応答



OECD(パリ)



2002年秋

ご協力

国立西洋美術館 河口 公夫 塚田 全彦

十文字学園女子大学 人間生活学部教授
田中 茂 保健学博士

関東港業株式会社

敬称略

地球資源循環カンパニー



・・・ご清聴ありがとうございました。