

# シクロデキストリンを用いた苦味マスキング法の検討と評価（第2報）

Study on Bitter Masking of Drugs by Cyclodextrins (The second report)

富山県薬事研究会製剤部会

Division of Drug Formulation Toyama Pharmaceutical Research Association

菅原 崇 Takashi SUGAHARA	キョーリンリメディオ株式会社 KYORIN Rimedio Co., Ltd.	早苗 秀敏 Hidetoshi SANAE	救急薬品工業株式会社 Kyukyuu Pharmaceutical Co., Ltd.
杉窪 克哉 Katsuya SUGIKUBO	小太郎漢方製薬株式会社 Kotaro Pharmaceutical Co., Ltd.	西村 友快 Tomoyoshi NISHIMURA	小林化工株式会社 Kobayashi Kako Co., Ltd.
布目 基倫 Motomichi NUNOME	新新薬品株式会社 Shinshin Pharmaceutical Co., Ltd.	奥谷 和寛 Kazuhiro OKUTANI	第一薬品工業株式会社 Daiichi Yakuhin Kogyo Co., Ltd.
山田 篤志 Atsushi YAMADA	テイカ製薬株式会社 Teika Pharmaceutical Co., Ltd.	霜鳥 武司 Takeshi SHIMOTORI	日本曹達株式会社 Nippon Soda Co., Ltd.
横山 慎一 Shinichi YOKOYAMA	日医工株式会社 Nichi-Iko Pharmaceutical Co., Ltd.	澤田 裕史 Hirofumi SAWADA	バイホロン株式会社 BIHOLON Co., Ltd.
廣谷 武史 Takeshi HIROTANI	バイホロン株式会社 BIHOLON Co., Ltd.	八木 清 Kiyoshi YAGI	明治製薬株式会社 Meiji Pharmaceutical Co., Ltd.
安住 新吾 Shingo AZUMI	株式会社陽進堂 Yoshindo Inc.	向 勝臣 Katsuomi MUKAI	株式会社パナケイア製薬 PANAKEIA SEIYAKU Co., Ltd.
明官 勇雄 Isao MYOKAN	富山県薬事研究所 Toyama Prefectural Institute for Pharmaceutical Research.	永井 秀昌 Hidemasa NAGAI	富山県薬事研究所 Toyama Prefectural Institute for Pharmaceutical Research.

## 緒言

口腔内崩壊錠に活用できる効果的な苦味マスキング法の確立を目的として、マスキング法の一種である化学的マスキング法について検討し、味認識装置を用いて苦味評価を行った。苦味マスキング効果の評価は、ヒトによる官能試験に頼る場合が多いが、味認識装置による苦味の定量化によって、客観的な苦味評価を試みた。

前報では、クロルフェニラミンマレイン酸塩 (CM) に対して、 $\alpha$ -もしくは $\beta$ -シクロデキストリン (CyD) を4倍モル比配合することで顕著な苦味マスキング効果が認められることを報告した。今回は、その結果に基づき、CMをCyDで包接化した顆粒を製造し、その顆粒を用いた錠剤について評価を行ったので報告する。

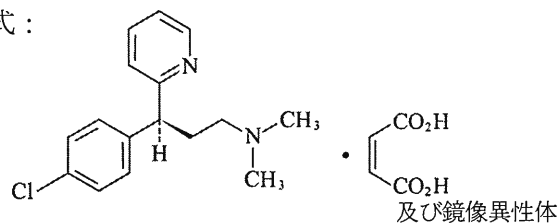
## 実験方法

### 1. 試薬

#### 1) 苦味薬物

*d*Hクロロフェニラミンマレイン酸塩 (CM, 金剛薬品(株))

構造式：



#### 2) 包接剤

$\alpha$ -シクロデキストリン ( $\alpha$ -CyD, 和光純薬工業(株))

MW: 972.84

$\beta$ -シクロデキストリン ( $\beta$ -CyD, 和光純薬工業(株))

MW: 1134.98

### 2. 装置

- 1) 噴霧乾燥造粒機：パルビス ミニスプレーGB-22 (ヤマト科学(株))
- 2) 乾式造粒機：ローラーコンパクター TF-LABO (フロイント産業(株))
- 3) 真空凍結乾燥機：ラブコンコ FD-10 (朝日ライフサイエンス(株))
- 4) ロータリー式打錠機：VELA5 (株菊水製作所)
- 5) 味認識装置：TS-5000Z (株インテリジェントセンサーテクノロジー)  
センサ：医薬品評価用苦味センサ 4 種 (BT0, AN0, C00, AE1)

### 3. 実験手順

#### 1) CyD との包接化溶液

包接化に用いた CyD は、前報で優れたマスキング効果を発揮した  $\alpha$ -及び  $\beta$ -CyD の 2 種類とした。また、CyD の配合比は前報で最も効果が認められた CM に対して 4 倍モルとした。CM7.82 g と  $\alpha$ -CyD 84.76 g を秤量し、蒸留水 1,000 mL に溶解させ、攪拌機で完全に溶解した。なお、理論上は CM の 4 倍モル量の  $\alpha$ -CyD は 77.83 g であるが、水分補正して 84.76 g とした (水分量 8.18%)。

また、CM2.44 g と  $\beta$ -CyD 33.11 g を秤量し、蒸留水 2,000 mL に溶解させ、攪拌機で完全に溶解した。なお、理論上は CM の 4 倍モル量の  $\beta$ -CyD は 28.38 g であるが、水分補正して 33.11 g とした (水分量 14.31%)。

攪拌機を用いてそれぞれ 60 分間攪拌して包接化し、包接化溶液を用いて 2) と 3) の実験を行った。

#### 2) 噴霧乾燥造粒機を用いての粉末化

包接化溶液を天秤に乗せ、ギアポンプを用いて噴霧乾燥造粒機に接続し、以下の条件で噴霧造粒を行い、生成した粉体を 850  $\mu\text{m}$  のふるいで篩過し、粉体を回収した。

風量：0.50  $\text{m}^3/\text{min}$ 、給気温度：180 $^{\circ}\text{C}$ 、出口温度：約 60 $^{\circ}\text{C}$ 、スプレー速度：約 15  $\text{g}/\text{min}$

#### 3) 真空凍結乾燥機を用いての粉末化

包接化溶液をステンレス製のトレイに入れてマイナス 20 $^{\circ}\text{C}$  で凍結させた後、下記条件で真

空凍結乾燥を行った。真空凍結乾燥後、生成した粉体を 850  $\mu\text{m}$  のふるいで篩過し、粉体を回収した。

真空度：65～50 mTorr、一次乾燥：-40～14°C、二次乾燥：14～29°C

#### 4) 錠剤の試作

2) と 3) で作成した包接化粉体を用いて錠剤を試作した。打錠はロータリー式打錠機を用い、直径 9mm の標準 R 杵を用いた。処方は下記の 5 処方で行錠し、錠剤は 1 錠 301.5mg、硬度 50N 程度となるように調整して打錠した。

なお、2) の噴霧乾燥造粒機を用いて得られた粉体は、極めて付着性が高く、打錠に適さなかったことから、あらかじめ CyD 包接化粉体と直打用乳糖水和物及びステアリン酸マグネシウムの半量を混合し、乾式造粒と整粒を行い、打錠処方に供した。

また、アスタリスク (\*) を付した原料については、それぞれ水分を測定し、水分補正した処方量とした。またその際、1 錠あたり 301.5mg となるように直打用乳糖の処方量を調整した。

#### 打錠処方

a) CyD 非配合処方 (コントロール)	(1 錠あたり)
CM	6.0 mg
直打用乳糖水和物 (ダイラク トーズ R)	219.0 mg
直打用結晶セルロース (セオラス UF702)	60.0 mg
クロスポビドン (コリドン CL)	15.0 mg
ステアリン酸マグネシウム	1.50 mg
合 計	301.50 mg

#### b) $\alpha$ -CyD 非包接化処方

CM	6.0 mg
$\alpha$ -CyD*	59.7 mg
直打用乳糖水和物 (ダイラク トーズ R)	159.3 mg
直打用結晶セルロース (セオラス UF702)	60.0 mg
クロスポビドン (コリドン CL)	15.0 mg
ステアリン酸マグネシウム	1.50 mg
合 計	301.50 mg

#### c) $\alpha$ -CyD 包接化処方

$\alpha$ -CyD-CM 包接化粉体*	65.7 mg	(CM 6 mg 含有)
直打用乳糖水和物 (ダイラク トーズ R)	159.3 mg	
直打用結晶セルロース (セオラス UF702)	60.0 mg	
クロスポビドン (コリドン CL)	15.0 mg	
ステアリン酸マグネシウム	1.50 mg	
合 計	301.50 mg	

#### d) $\beta$ -CyD 非包接化処方

CM	6.0 mg
$\beta$ -CyD*	69.7 mg

直打用乳糖水和物 (ダイラクトーズ R)	149.3 mg
直打用結晶セルロース (セオラス UF702)	60.0 mg
クロスポビドン (コリドン CL)	15.0 mg
ステアリン酸マグネシウム	1.5 mg
合 計	301.5 mg

e)  $\beta$ -CyD 包接化処方

$\beta$ -CyD-CM 包接化粉体*	75.7 mg	(CM 6 mg 含有)
直打用乳糖水和物 (ダイラクトーズ R)	149.3 mg	
直打用結晶セルロース (セオラス UF702)	60.0 mg	
クロスポビドン (コリドン CL)	15.0 mg	
ステアリン酸マグネシウム	1.5 mg	
合 計	301.5 mg	

5) 味の評価

検体を希釈する希釈液には 10 mM KCl を用い、4) で作成した錠剤 a) ~e) のそれぞれ 10 錠を測定用カップに入れ、CM の濃度が 1.7 mg/mL となるように調製した。味覚測定終了後、実験者数名による官能試験によって苦味強度の確認を行った。

4. 解析方法

各検体につき味認識装置のプログラムに従って 4 回測定し、最初の 1 回目のデータを除いた計 3 回のデータを以下の解析に使用した。

1) 電圧値での評価

得られた 3 回の測定データについて、専用の解析アプリケーションを用いて補完加算処理<sup>\*1</sup>し、平均して得られた値を各センサの電圧値として評価した。味認識装置では最初に検体溶液中で測定する先味に加え、各センサを 3 回の洗浄後に基準液中で測定する後味 (CPA 値) の測定も行った。なお、人工脂質膜がプラス荷電である C00 と AE1 は、マイナス側に出力するセンサであるため、結果のグラフは絶対値に変換して比較した。その際、正の値については、0 とみなして表示した。

※1 味認識装置では、測定を重ねるたびにセンサ出力が減少するため、ブランクとして用いた検体 (10 mM KCl) を用いてベースラインの補正を行う必要がある。

2) 推定値での評価

推定値は、得られた 3 回の測定データを専用の解析アプリケーションを用いて補完加算処理し、各センサ値に固有の係数を乗じることによって算出される値<sup>1)</sup>であり、1 以上の差で味の差を識別することができる味覚項目として表される。

実験結果

1. CyD 包接化溶液の顆粒化実験 (噴霧乾燥造粒法)

噴霧乾燥造粒法によって、CM を含む CyD 包接化溶液を粉体化し、下記の通り生成物を得た。

- ①  $\alpha$ -CyD-CM 包接化粉体 収量 : 85.65g 収率 92.9% 水分量 7.08%
- ②  $\beta$ -CyD-CM 包接化粉体 収量 : 24.76g 収率 73.4% 水分量 8.63%

## 2. CyD 包接化溶液の顆粒化実験（真空凍結乾燥法）

真空凍結乾燥法によって、CM を含む CyD 包接化溶液を粉体化し、下記の通り生成物を得た。

- ①  $\alpha$ -CyD-CM 包接化粉体 収量：84.69g 収率 95.0% 水分量 3.89%
- ②  $\beta$ -CyD-CM 包接化粉体 収量：24.70g 収率 75.5% 水分量 5.79%

## 3. CyD 包接化粉体の乾式造粒と打錠

噴霧乾燥造粒法によって得られた CyD-CM 包接化粉体を乳糖水和物、ステアリン酸マグネシウムと混合し、乾式造粒機で造粒した。得られたフレークは微粉を除去し、オシレーター式整粒機（目開き 0.8mm）を用いて整粒し、打錠用顆粒とした。これに直打用結晶セルロース、クロスポビドン、ステアリン酸マグネシウムを加えて混合し、ロータリー式打錠機にて打錠し、301.5 mg/Tab（硬度 50N）の錠剤を得た。また、真空凍結乾燥法によって得られた CyD-CM 包接化処方、CyD 非包接化処方及び CyD 非配合処方については、直打法により同様の錠剤を得た。

## 4. CyD 包接化によるクロルフェニラミンマレイン酸塩（CM）錠のマスクング効果

eCで試作した錠剤について、懸濁した溶液を味認識装置で評価した。その結果、CM の苦味に応答する BT0 センサの電圧値は  $\alpha$  及び  $\beta$ -CyD の包接化によって低下し、マスクング効果を示すことが確認され、顆粒化法として用いた噴霧乾燥造粒法及び真空凍結乾燥法の両者ともに効果が認められた。また、包接化していない CyD を配合する処方と比較しても若干の電圧値の抑制が認められた。 $\alpha$  及び  $\beta$ -CyD で比較した場合、噴霧乾燥造粒法では、 $\beta$ -CyD のマスクング効果が高く、真空凍結乾燥法では  $\alpha$ -CyD のマスクング効果が高い結果となっており、最もマスクング効果が認められた噴霧乾燥造粒法の  $\beta$ -CyD による包接化で、コントロールの 1/2 程度にまで苦味を抑制していた（Table 1, Fig. 1）。

また、解析アプリケーションを用いて電圧値を推定値に変換し、各味覚項目にて評価した。その結果、BT0 センサ値は塩酸塩苦味として表され、 $\alpha$  及び  $\beta$ -CyD の包接化錠剤に塩基性苦味の抑制作用が認められた（Table 2）。電圧値と同様に、噴霧乾燥造粒法の  $\beta$ -CyD による包接化法の抑制効果が最も高く、コントロールと比較して塩酸塩苦味（後味）が約 1/2 に抑制されていた。また、この結果は官能試験による結果とも相関していた（Table 2, Fig. 2）。

Table 1 クロルフェニラミンマレイン酸塩配合錠の味覚評価（電圧値）

平均	BT0	AN0	C00	AE1	CPA (BT0)	CPA (AN0)	CPA (C00)	CPA (AE1)
Control (CM 10Tablets)	100.77	63.57	-43.65	-48.80	63.99	11.99	-2.05	-3.88
$\alpha$ -CyD 包接化なし	94.29	63.92	-44.10	-47.45	50.79	9.26	-1.44	-3.68
$\alpha$ -CyD 包接化(噴霧乾燥造粒)	62.48	44.53	-35.56	-32.00	39.04	6.57	-1.26	-2.94
$\alpha$ -CyD 包接化(凍結乾燥)	70.50	48.77	-38.44	-36.78	41.29	7.36	-1.47	-3.20
$\beta$ -CyD 包接化なし	102.38	69.24	-53.71	-59.98	64.49	13.32	-1.80	-4.40
$\beta$ -CyD 包接化(噴霧乾燥造粒)	50.95	38.25	-30.31	-26.46	36.28	7.02	-0.92	-1.80
$\beta$ -CyD 包接化(凍結乾燥)	80.83	57.93	-46.78	-48.14	48.06	9.82	-1.55	-3.86

（各測定値は 3 回測定した平均値を示す）

Table 2 クロルフェニラミンマレイン酸塩配合錠の味覚評価 (推定値)

推定値	酸性苦味 (先味)	渋味 (先味)	塩基性苦味 (先味)	塩酸塩苦味 (後味)	酸性苦味 (後味)	渋味 (後味)
Control (CM 10Tablets)	6.11	7.69	21.58	19.2	0.43	6.11
$\alpha$ -CyD 包接化なし	6.17	7.48	16.66	15.24	0.3	6.17
$\alpha$ -CyD 包接化 (噴霧乾燥造粒)	4.98	5.04	11.83	11.71	0.26	4.98
$\alpha$ -CyD 包接化 (凍結乾燥)	5.38	5.79	13.24	12.39	0.31	5.38
$\beta$ -CyD 包接化なし	7.52	9.45	23.98	19.35	0.38	7.52
$\beta$ -CyD 包接化 (噴霧乾燥造粒)	4.24	4.17	12.63	10.88	0.19	4.24
$\beta$ -CyD 包接化 (凍結乾燥)	6.55	7.58	17.67	14.41	0.33	6.55

(各測定値は3回測定した平均値を示す)

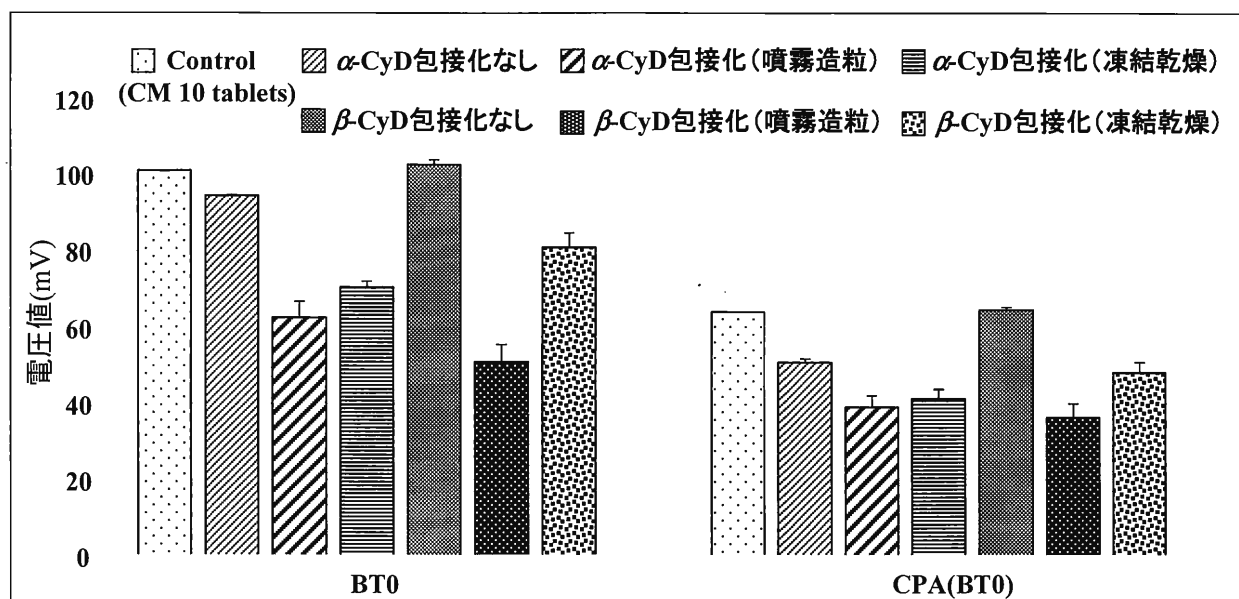


Fig. 1  $\alpha$  及び  $\beta$ -CyD 包接化によるクロルフェニラミンマレイン酸塩錠の BT0 電圧値

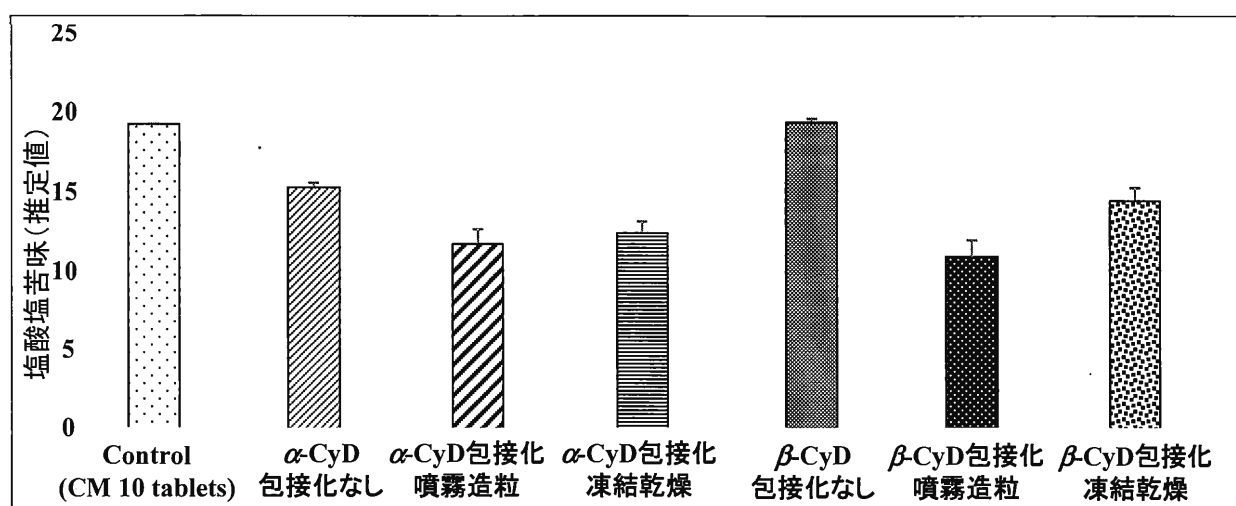


Fig. 2 CyD 包接化によるクロルフェニラミンマレイン酸塩錠の塩酸塩苦味

## 考 察

今回、我々は口腔内崩壊錠の製剤開発へ応用することを目的として、CyDを用いてクロルフェニラミンマレイン酸塩(CM)を包接化、顆粒化、さらに錠剤を製し、錠剤の苦味マスキング効果を味認識装置で評価した。

前報において、CyDとして汎用されている $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ -CyDに加え、 $\beta$ -CyDの誘導体で高い水溶性を持つHP- $\beta$ -CyDの4種類を用い、それらの濃度を変更して実験を行った結果、CMの苦味マスキングには薬物の4倍モル比の $\alpha$ -及び $\beta$ -CyDでの包接化が有効であることを報告している<sup>1)</sup>。

そこで今回は、CMを4倍モル比の $\alpha$ -及び $\beta$ -CyDで包接化させ、顆粒化することによって錠剤を試作し、苦味をマスキングした錠剤での評価を行った。顆粒化には噴霧乾燥造粒法及び真空凍結乾燥法を用い、得られた粉体をロータリー式打錠機で打錠し、錠剤を得た。この際、噴霧乾燥造粒機を用いて顆粒化した粉体は極めて付着性が強く、打錠に適さなかったが、乾式造粒を行うことによって、打錠に最適な顆粒を得ることができた。

錠剤の苦味を測定した結果、CMの苦味はBT0センサに応答する塩酸塩苦味が認められた。CMの4倍モル比の $\alpha$ -及び $\beta$ -CyDで包接化を行った錠剤では、先味・後味及び塩酸塩苦味でコントロールと比べて苦味の抑制が認められていた。また、包接化操作を行わず、CyDのみ配合した錠剤でも電圧値の抑制が認められたが、味覚測定時の錠剤の懸濁過程において、包接化が起きたと推測される。なお、結果には示していないが、錠剤中のCM含量をHPLCで定量した結果、規定値の98%が含まれていることを確認している。

前報では、CMのマスキング効果が最も顕著であったのは、 $\alpha$ -CyDであったが、錠剤化した今回の実験においては噴霧乾燥造粒法では $\beta$ -CyDが、真空凍結乾燥法では $\alpha$ -CyDに強い苦味の抑制が認められた。この詳細な理由は不明であるが、 $\alpha$ -及び $\beta$ -CyD自体、またはそれぞれのCyD-CM包接化粉体の溶解度の違いや乾燥工程における処理温度の違い(噴霧乾燥造粒：室温~60℃、真空凍結乾燥：-40~30℃)による包接化平衡のズレが影響した可能性も考えられる。

今回の実験により、苦味薬物をCyDによって包接化させ、顆粒化した錠剤においてもマスキング効果が認められることを確認した。また、CyD包接化溶液の粉末化法として、噴霧乾燥造粒と乾式造粒の組み合わせ法及び真空凍結乾燥法による顆粒化が有効であることが明らかとなり、今後、新たな口腔内崩壊錠を設計する上で、有用な手段であると考えられる。

## 文 献

- 1) 向勝臣ら、シクロデキストリンを用いた苦味マスキング法の検討と評価、家庭薬研究、35、29-38 (2016)

# 製造エリアの除染方法の検討 —二酸化塩素の有効性について—

Study on decontamination method in manufacturing area

—The effectiveness of Chlorine dioxide—

板坂建明

Tateaki ITASAKA

テイカ製薬株式会社

Teika Pharmaceutical Co.,Ltd.

本多充也

Mitsuya HONDA

中尾広次

Hirotsugu NAKAO

アース環境サービス株式会社

Earth Environmental Service Co.,Ltd.

## 緒言

日本薬局方の参考情報「消毒法及び除染法」には、除染剤の例として過酸化水素、過酢酸、ホルムアルデヒドが挙げられている。しかし、これらの除染剤については、当社では次のような問題があると考えている。

過酸化水素は、アイソレーターのような小空間においては有効であるものの、複数の作業室を含む製造エリアのような大空間では必要な濃度まで上げることが難しいと思われる。過酢酸は、過酢酸水溶液をミスト状に噴霧して使用するため、大空間への拡散性に問題がある。ホルムアルデヒドは、その水溶液であるホルマリンを加熱気化させて使用するため拡散性は良好なもの人体には有害であり、また設備への吸着などにより除染後の製造再開に大幅な時間がかかり、当社においては除染開始から3日後に再稼働を行っているのが現状である。

そこで、除染後の再稼働が短時間で済むと言われる二酸化塩素による除染を当社製造エリアにて検証した。

## 二酸化塩素ガスについて<sup>1) 2)</sup>

### 1. 二酸化塩素ガスの殺菌効果

二酸化塩素は、亜塩素酸ナトリウムと塩酸から生成される物質である。



図1. 二酸化塩素生成の反応式



また、微生物に対して、過酸化水素及び過酢酸と同様の高い殺菌効果があるとされている。

殺菌力	殺菌剤種類	一般細菌	黄色ブドウ球菌	真菌	芽胞形成菌
高度	過酸化水素	○	○	○	○
	過酢酸	○	○	○	○
	二酸化塩素	○	○	○	○
中度	ホルムアルデヒド	○	○	○	△
	次亜塩素酸ナトリウム	○	○	○	△
	エタノール	○	○	△	×
低度	両性イオン性界面活性剤	○	△	△	×
	塩化ベンザルコニウム	○	△	△	×

表 1. 各種殺菌剤の有効性

## 2. 二酸化塩素ガスの殺虫効果

二酸化塩素は、微生物に対する高い殺菌効果とともに、チャタテムシやダニに対する殺虫効果も確認されている。

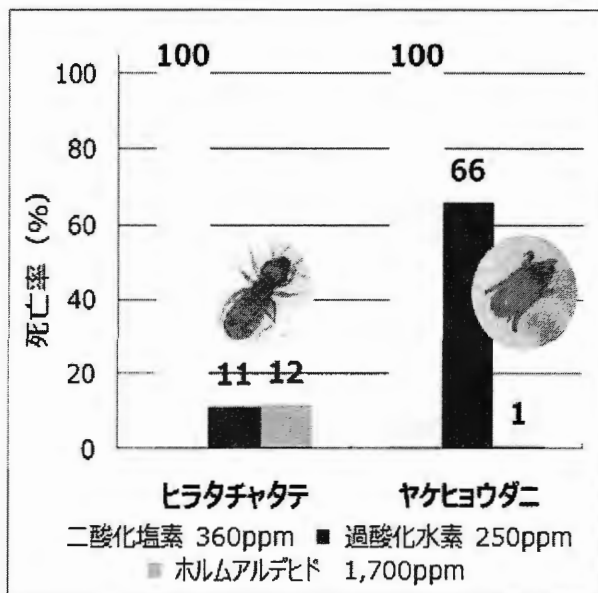
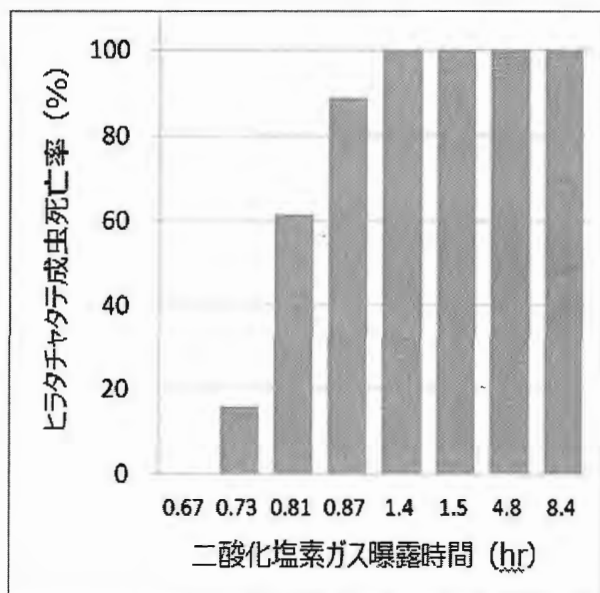


図 2. 殺菌剤による殺虫効果

### 3. 二酸化塩素ガスの留意点

二酸化塩素ガスは光により分解することから、避難誘導灯も含め除染エリアは消灯及び遮光する必要がある。また、二酸化塩素ガスは酸化力があり高温・高湿度で材質に影響を与える可能性があるため、温湿度の管理が必要である。

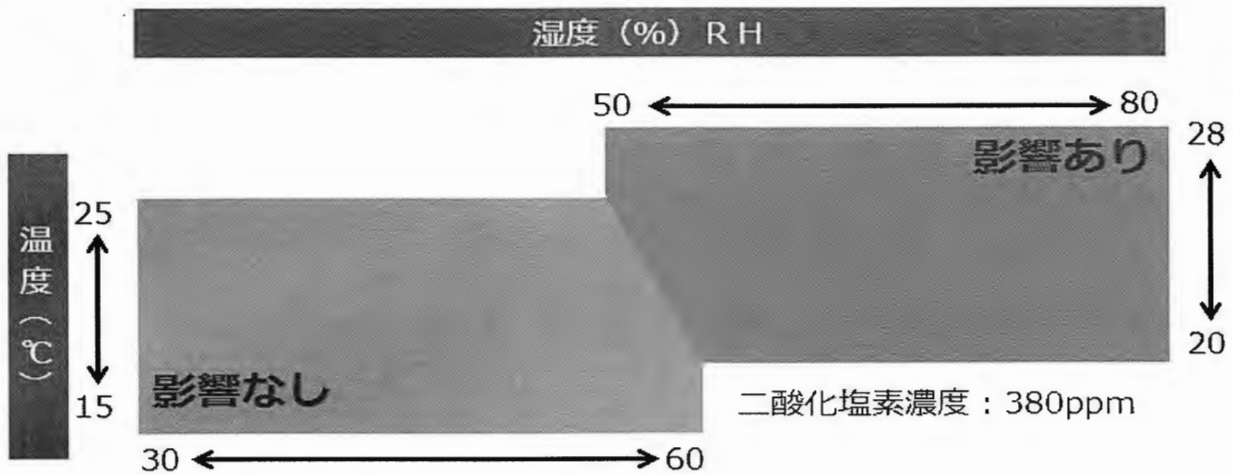


図3. 材質への影響範囲

## 実験方法

### 1. 実験条件

当社製造エリアにて二酸化塩素の除染効果を検証した。なお、除染レベルは日本薬局方参考情報では作業室においては3log以上の減少を求められているが6log減少を目標値とした。

- ・ 目標除染レベル：6logの減少
- ・ 対象場所：当社グレードBエリア 710m<sup>3</sup>  
(グレードA区域を含む)
- ・ 使用機器：
 

ESCO Willmaster ガス発生機 CD-700	2台
ガス計測器 CDM-5	2台
ガス回収機 CDR-SH	2台
サーキュレーター	12台
除湿機	3台
- ・ 使用薬剤：25%亜塩素酸ナトリウム及び9%塩酸
- ・ 検証用BI：*B. atrophaeus* (Mesalabs社製、  
Lot ACD-134、 $2.7 \times 10^6$ cfu/枚)
- ・ BI設置位置：各室に1~4枚(部屋の大きさによる)  
合計26ヶ所
- ・ 除染条件：ガス濃度380ppm以上で490分
- ・ 入室条件：0.1ppm以下  
(米国職業安全衛生局(OSHA)の定める職業性曝露基準参照)

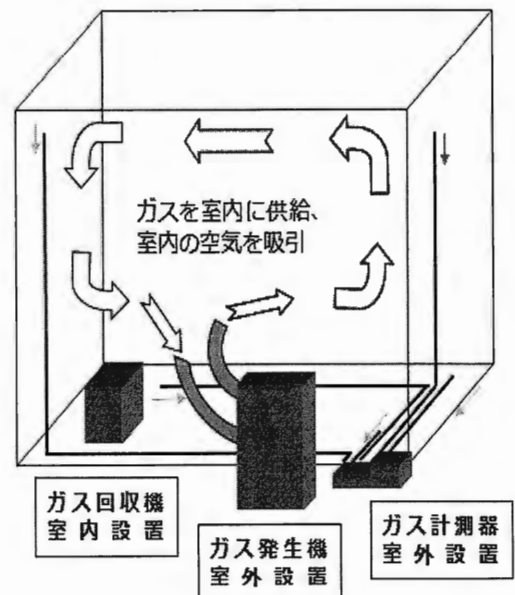


図4. システム概要

## 2. 実験要領

- ・実験エリアの遮光および消灯を行う。
- ・実験エリアの温度・湿度を確認する。必要に応じて温度・除湿調整を行う。
- ・25%亜塩素酸ナトリウム水溶液と9%塩酸水溶液を工事混合し1台当たり106mL/分で20分間吐出し二酸化塩素ガスを生成させる。(発生機2台で4240mL吐出)  
※ガスが生成され濃度が安定するまでに20分程度かかる予想。
- ・20分後、ガス濃度を測定し規定濃度を確認した後、規定濃度で490分間暴露する。  
(規定濃度保持のため発生機吐出量を2台で8mL/分と設定)
- ・曝露終了後、翌朝までガス回収機2台を作動させて、ガス回収を行う。
- ・翌朝ガス濃度を測定し0.1ppm以下であることを確認する。  
ガス濃度0.1ppm以下で実験エリアの入室可能

## 実験結果

実験エリアは遮光および消灯を行った。またエリアの温湿度を確認したところ25°C/46%であった。図3に示した限度値の25°C/50%よりも低湿度ではあったものの除染中の空調停止による温度の上昇が予想され、万一の設備への影響を避けるために湿度は40%付近まで下げることにした。除湿機により湿度を43%まで低下させたのち、充てん室(四部屋)の包装室コンベア開口部からガスを吹き込み、グレードBの充てん室、容器保管室、通路及び更衣室の除染を行った。なお、空隙は全て養生テープ等で塞ぎ、ガス漏れを最小限に抑えた。

立ち上げは計画通りにガスを吐出させたものの想定のガス濃度には達せず、さらに吐出量を増やしたものの最大濃度310~340ppmにとどまった。しばらくすると除染エリア以外にガス漏れがされたため吐出量を減らして継続して除染を続けたが、ガス漏れが激しくなり除染エリア以外で0.75ppmの濃度検知されたため、施設及び設備への影響を考慮し除染を中止し、ガス回収機を運転させた。

翌日には入室可能な0.1ppm以下まで濃度は低下しており、回収時間(除染終了から入室可能になるまでの時間)はおおよそ10時間であった。

また、各所に設置したBIは、いずれも6log減少が確認された。

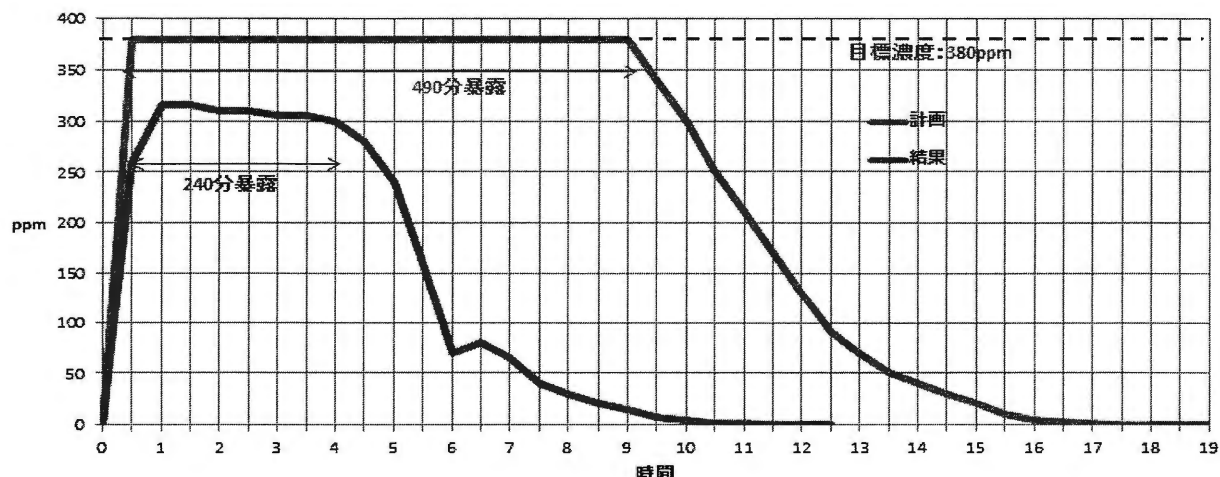


図5. 二酸化塩素の濃度推移

## 考 察

養生テープなどで気密性を上げる工夫はしたものの想定以上のガス漏れが生じ、除染条件のガス濃度まで達することができなかった。さらに、除染時間も想定より短く、除染はかなり緩和な条件となった。しかし、BI での検証では 6log 減少が確認され、ガス回収の時間においても短時間で完了させることができた。また、懸念されていた二酸化塩素の強い酸化力による金属類の錆などの影響は見られなかった。

以上のように二酸化塩素は除染剤として有効であることが確認された。但し、継続的、定期的な実施には、空調ダクトからと思われるガス漏れ対策として密閉ダンパーの設置など製造エリアの気密性を上げることや梅雨の季節のような湿度の高い時期の除湿対策などの更なる工夫が必要である。これらの対応でより有効かつ安定した使用が可能になるとと思われる。

## 文 献

- 1) 中尾広次、二酸化塩素ガスによる除染システム、クリーンテクノロジー、Vol25 No. 12、7-10、(2015)
- 2) アース環境サービス(株) ESCO Willmaster 資料