

# TEXEL 技報

Vol.2 2012.11

 **セイコー化工機株式会社**  
技術開発研究所

## 製品開発について

技術開発研究所 中川 祥示

弊社は、プラスチックによる耐蝕を基礎技術として、耐蝕ポンプ、耐蝕送風機、排ガス処理及び脱臭装置、冷却塔の製造・販売を行ってきました。耐蝕だけでなく、地球温暖化対策としての高効率モータ規制（国内では、2015年度から始まるといわれている）や2011東北大震災による電力不足から顕在化した省エネ＝高効率化製品の開発が現在の目標です。

さて、2000年以降、選択と集中という言葉がエレクトロニクス業界を中心にもはやされました。企業の得意（儲ける）の分野に資本・人材を集中的に投資する戦略です。拡大路線の失敗から一時的に効果はあげましたが、新事業の芽を摘んだり、集中投資が思惑と異なったりして今日の状態となっています。問題点は、リスクが大きいこと、長期的な視野にかけることであろうと推察します。二者択一的な選択と集中は、身を滅ぼすことになります。

弊社製品開発にあてはめると、高耐食、コンタミレス、高効率などの先端産業の要求にこたえる製品開発と国内企業の海外移転に端を発する海外でも通用する低コスト製品開発といった2way方式が必要であろうと考えています。

前者については、ポンプ・送風機の場合、3Dインペラや次世代プラスチック製品やその成形技術、ドライシールやマグネットシールの適用 排ガス処理の場合、超音波、マイクロ波、放電などによる処理等が考えられます。

後者については、規格製品の最適設計です。使用するお客様（特に国内と海外）により仕様は、当然ながら異なってきますが、部品を共通化するあまり、過剰設計になっている場合があります。仕様を特化して最適設計するという事です。当然、海外生産、資材購入という点も含まれます。

弊社は、前記のとおり、技術的には、省エネ＝高効率化製品、低コスト製品の開発を、営業的には、お客様に出向きニーズを得る活動を行っています。今後とも弊社製品をご愛顧のほどよろしくお願い致します。

今回、TEXEL技報第2報として、大型PFA製マグネットポンプ、大型PP製マグネットポンプの新製品、VTモータ、塩素搬送用ブロワ、燃焼排ガス用回転体スクラバといった既存製品、メンテ洗浄関係のドライアイス洗浄、長期的視野にたった微生物によるVOC処理について紹介しています。各種プラントに使用され、産業界に貢献できれば幸いです。

以上

## 大型 PFA 製マグネットポンプ MTA-101・125・150

## 大型 PP 製マグネットポンプ MEP-080

ポンプ事業部 設計課 上岡 正弘  
田邊 大蔵

### 1.はじめに

高耐食が要求されるだけでなく高温で使用可能及び金属イオンの溶出がないポンプとして接液部に PFA を採用したマグネットポンプ MTA 形をシリーズ化しているが、新たに 100、125、150A の大口径をラインナップした。従来の大口径ポンプと比較して、部品点数を最小限に抑え、低コストを追求、メンテナンス性をアップさせた製品である。

また、海水循環やめっき装置、スクラバ循環ポンプ用途で使用されている PP 製マグネットポンプで大容量化を実現した。大型ポンプに PP を使用できるため大幅なコストダウンが見込める装置である。

本報では、新製品である大型 PFA 製マグネットポンプ MTA-101/125/150 形及び大型 PP 製マグネットポンプ MEP-080 形について紹介する。

## 2. 大型 PFA 製マグネットポンプ

### MTA-101/125/150 形

#### 2-1 経緯

従来、当社における大流量域でのマグネットポンプ規格品選定では、MSX-100/125/150 形及び MTA-200 形を選定するしかなかった。

それらの中から特に、MSX 形は高温・高圧力にも対応する仕様となっており、この面では優位性を持った販売が可能である。しかしながら、高温・高圧力仕様を不要とする範囲においては、その仕様が価格競争に対してのマイナス材料となり、販売活動を阻害していた。

このため、既存の MTA 形と同程度の仕様を有し、価格競争力を持った大型マグネットポンプの開発を進めることにした。

#### 2-2 開発のポイント

##### 2-2-1 構造

コスト低減をするために、まず、MSX 形で採用をしていた「主軸回転形構造」から、「主軸固定

形構造」とすることを考えた。

「主軸回転形構造」として MSX-125 形の構造を図 1 に示す。

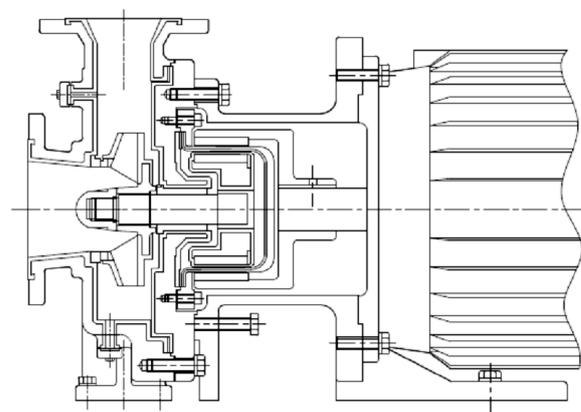


図 1 主軸回転形構造 (例: MSX 形)

「主軸回転形構造」は、主軸の先端にインペラを取り付け、後端側にインナーマグネットを取り付ける。その主軸中間部は、ベアリングプレートに取り付けられたベアリングによって支持される。これにより、主軸はインペラと共に回転するが、リアケーシングはその形状を簡素化されることで、SiC セラミックによる部品製作が容易に行え、従来のプラスチックでは不可能であった、高温・高圧仕様を実現している。

一方、今回採用した「主軸固定形構造」を図 2 に示す。「主軸固定形構造」は主軸先端側をケーシング吸込口に設けた主軸ハウジング部に、後端側をリアケーシング底部中央に設けた主軸ハウジング部へ主軸を挿入することで、主軸を支持し、インペラ (+インナーマグネット) にセットされたベアリングによって、主軸は回転をすることなくインペラが回転する。

この構造は「主軸回転形構造」のリアケーシング形状と比較をすると、リアケーシングが主軸ハ

ウジング部を有するために複雑な形状となるが、主軸を支持するためのベアリングプレートが不要であり、メンテナンス性での優位性を持つ。同時に、部品点数が少なくなることで、価格面へのメリットも有し、今回の開発における構造として採用した。

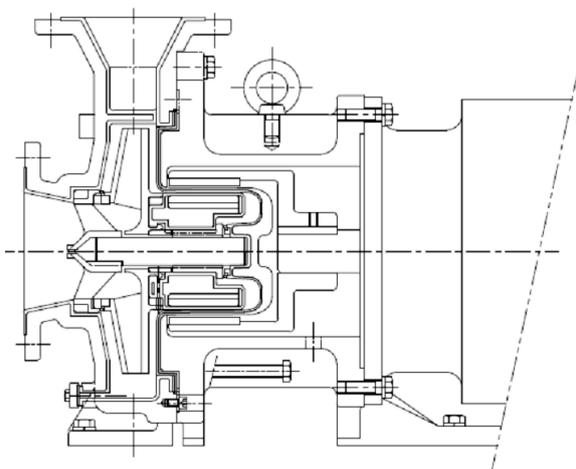


図2 主軸固定形構造 (例: MTA形)

今回のMTA形に採用されているPFA樹脂の熔融温度が高温であることから、その取り扱いも難しく、大きさに比例して成形の難易度は高くなるが、従来技術に基づいた成形テストを繰り返し、安定した製品供給が可能となった。

MTA-101/125/150形はPFA製マグネットポンプでは業界最大クラスの大きさを有しており、この成形技術レベルの向上も、大きな要因である。

### 2-3 仕様

MTA-101/125/150形の外形写真を図-3、概略構造図を図-4に示す。



図3 MTA-101/125/150形の外形写真

### 2-2-2 製作 (成形)

従来、大型ケーシングの成形は外部への委託をしていたが、既に有している成形技術を更に発展をさせることで社内へ取り込み、コスト低減を実現した。

主な仕様は以下のとおりである。

- ①最高使用温度：120℃
- ②最高保証耐圧：0.8MPa (at 40℃)
- ③容量図：図5

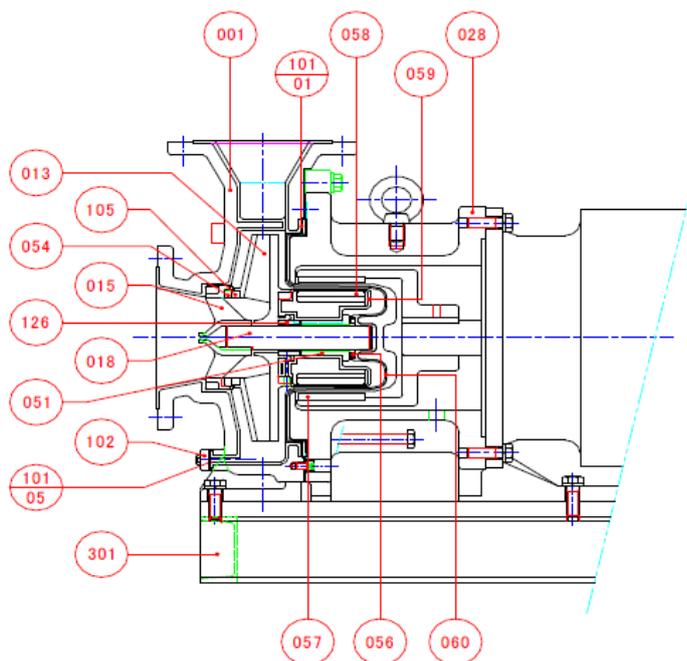


図4 MTA-101/125/150形 概略構造図

#### ■主要部品材質

番号	部品名	材質
001	ケーシング	PFA+FCD450
013	インベラ	PFA
015	シャフトサポート	PFA
018	主軸	AL203/SiC
028	ブラケット	FC200
051	ベアリング	C-PTFE/G-PTFE SiC/CARBON
054	フロントスラストリング	AL203/SiC
056	リアスラストリング	AL203/SiC
057	アウターマグネット	希土類
058	インナーマグネット	希土類
059	マグネットライニング	PFA
060	リアケーシング	PFA
101-01	ケーシングガスケット	PTFE(包み)
101-05	ドレンガスケット	PTFE(包み)
102	ドレンフランジ	FC200
105	マウスリング	C-PTFE/G-PTFE SiC/CARBON
126	インベラセットリング	PTFE
301	ベース	SS400

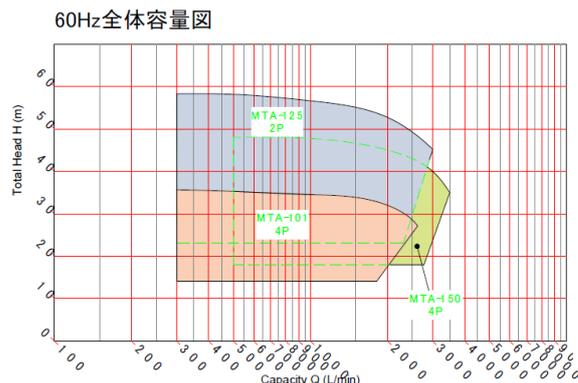
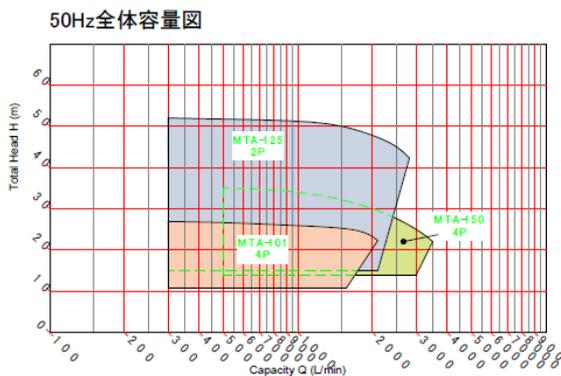


図.5 MTA-101/125/150 形 容量図

### 3.MEP-080 形

#### 3-1 経緯

高耐食及びそれに類するニーズに応えるべく製品開発をする一方、低コスト化として汎用プラスチックであるPP製マグネットポンプもシリーズ化している。

これまで MEP-040/050 形の 2 機種であったが、080 形の開発により大容量までカバーすることができる。

#### 3-2 開発のポイント

既にシリーズ化している MEP-040/050 形は樹脂単体のケーシングによってポンプ本体が構成されているが、MEP-080 形は大容量となるため、当然ながらケーシング自体が大きくなり、これに伴う高温・高圧時のケーシング変形、特に軸方向の変形が問題となる。

このため、MEP-080 形ではケーシングの軸方向の変形を抑制するため、簡易形状の鋳物製ケーシングカバーを採用し、安定した能力の維持を実現した。図-6 に外形写真を、図-7 に概略構造図を示す。



図-6 MEP-080 形 外形写真

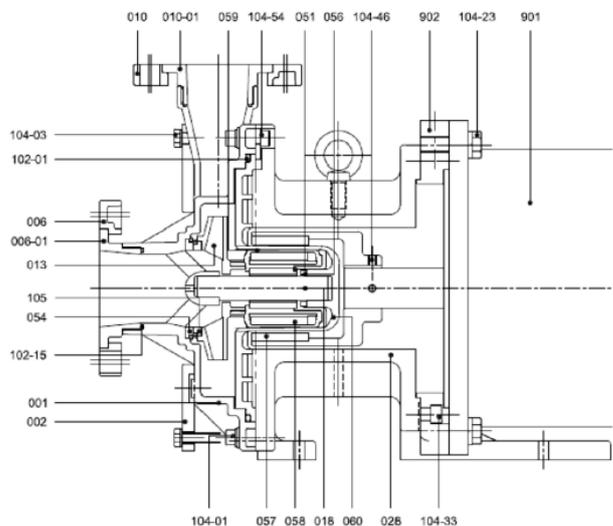


図-7 MEP-080 形 概略構造図

902	モータライナー	SS400	1	
901	モータ		1	
104-54	リアケーシングボルト	SUS304	4	
104-46	アウターマグネット止めネジ	SNCM	2	
104-33	モータライナーボルト	SUS304	4	
104-23	モータボルト	SUS304	4	
104-03	ケーシングカバーボルト	SUS304	4	
104-01	ケーシングボルト	SUS304	6	
102-16	Oリング(吐出フランジ)	FPM/EPDM	1	
102-15	Oリング(吸込フランジ)	FPM/EPDM	1	
102-01	Oリング(ケーシング)	FPM/EPDM	1	
105	マウスリング	カーボン	1	
060	リアケーシング	G-PP	1	
059	マグネットライニング	PP	1	
058	インナーマグネット	希土類	1	
057	アウターマグネット	希土類	1	
056	リアスラストリング	アルミナ	1	
054	フロントスラストリング	アルミナ	1	
051	ベアリング	カーボン	1	
028	ブラケット	FC200	1	
018	主軸	AlhO <sub>3</sub>	1	
013	インペラ	G-PP	1	
010-01	吐出フランジアダプター	G-PP	1	
010	吐出フランジ	G-PP	1	
006-01	吸込フランジアダプター	G-PP	1	
006	吸込フランジ	G-PP	1	
002	ケーシングカバー	FC200	1	
001	ケーシング	G-PP	1	
No.	部 品 名	材 質	個 数	備 考

### 3-3 仕様

MEP-080 形の主な仕様は以下のとおりである。

- ①最高使用温度：80℃
- ②最高保証耐圧：0.5MPa (at 40℃)
- ③容量図：図-8

### 4. おわりに

今回の新製品は、大容量への適応、イニシャルコスト低減を期待しているが、IE3 高効率モータ

規制や 2011 震災以降の電力不足に対して、省エネ＝高効率のニーズが顕在化している。耐蝕ポンプも例外ではなく、弊社も高効率化に着手している。次年度には、直流変換ブラシレス電動機とインナマグネットを一体化したマグネットポンプ（MDC 型シールレスポンプ）を上市の予定である。

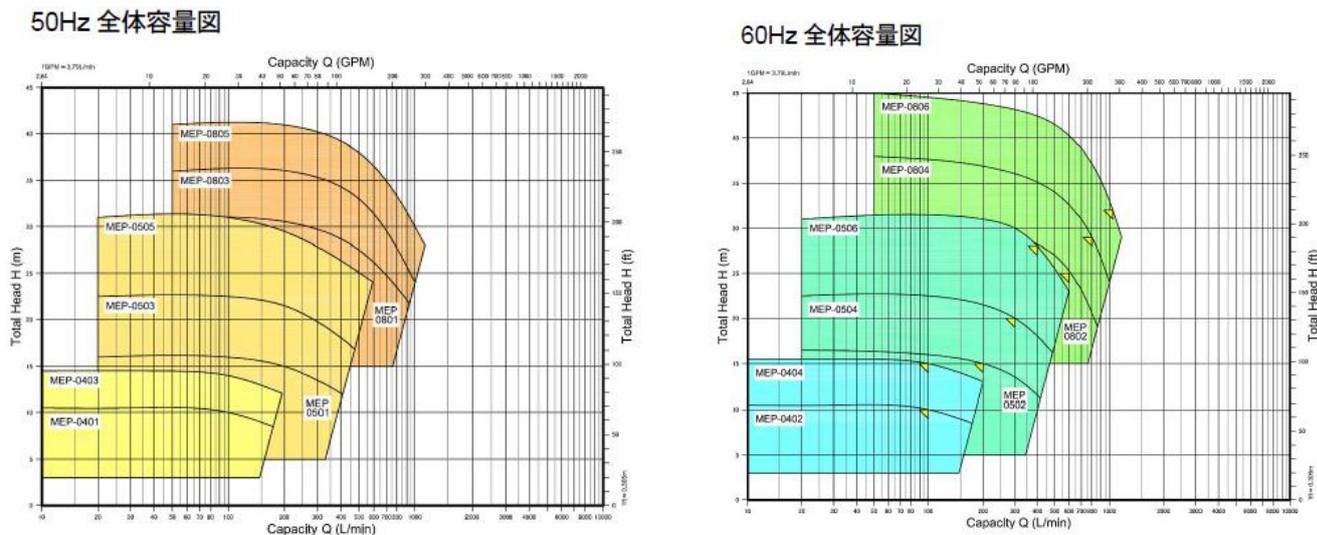


図-8 MEP-080 形 容量図

## インバータ搭載型電動機 VT モータ

技術開発研究所 高梨 武

### 1. はじめに

インバータ搭載型電動機を使用した CES-V 形直動式シロッコファンは、ドラフトチャンバーや化学工場・薬品工場等の腐食性ガスを搬送する用途に用いられている。

この形式の送風機はモータ端子箱内部にインバータ基板を装着しており、コインドライバなどでキャップを外して速度調整ボリュームを回すことで、簡単に回転数を調整できる。そのため、風量調整が自在で省電力化が可能となる。

本稿では CES-V 型の特徴であるインバータ搭載型電動機、「VT モータ」について紹介する。なお、VT は *Variable speed TEXEL motor* の略で、テクセル可変速モータを意味している。

### 2. 製品の特長と仕様

図-1 に CES-V 形送風機と VT モータ外観写真を、図-2 にインバータ基盤を示す。

### 2.1 特長

VT モータの特長は以下のとおりである。

- ・モータ端子箱のキャップを外し、速度調整用トリマを回すだけの簡単作業で回転数を自由に設定できる。
- ・インバータ形式や出力周波数の確認および運転時間やエラー履歴が記録され、設定器で確認可能。
- ・インバータ端子箱とモータが分離可能であるので、個別に交換可能。

### 2.2 仕様

インバータモータ部の主な仕様は表 1 のとおりである。日本国内での使用を考慮し、200V クラス、50/60Hz としている。出力は 0.4、0.75 および 1.5kW であり、小型ファンを対象にしている。



図-1 CES-V 形送風機と VT モータ外観



図-2 インバータ基盤

表-1 VT モータの主な仕様

適用送風機	CES-V 101、151 および 201
電源電圧	200V クラス 50/60Hz
モータ出力	0.4、0.75 および 1.5kW
出力周波数	30~110Hz (機種により異なる)
制御機能	V/f 一定制御 (周波数によっては一定ではない場合もある)
防水	IP44 相当
保護機能	過電流保護、電圧異常保護 サーマルシャットダウン、装置異常検出機能
表示機能	状態表示・異常表示
接点出力	1C 接点出力
停止時の制御方式	フリーランによる自然停止
外部通信機能	設定器 (別売品) による設定変更や設定内容確認が可能

### 3.開発内容

インバータとモータでは、インバータ部の方が開発において様々な制約・条件が多い。主な検討内容を示す。

- ・ 防水構造
- ・ 送風機本体との物理的干渉
- ・ インバータのパワーデバイス (IGBT) の放熱
- ・ モータ外扇ファンの冷却風によるインバータ内蔵端子箱の冷却
- ・ 各種保護機能の試験
- ・ 回転数-トルク特性試験など

図-3 に保護機能のフローチャートを示す。主に CPU、電源電圧、出力電流、IGBT (電力用パワートランジスタ) および装置内温度を監視している。運転の安全性で特に注意しなければならないのは、モータの保護を行う出力電流の監視である。何らかの原因で出力電流がモータの定格値を超えた場合に動作し、モータの焼損等の防止を行う。

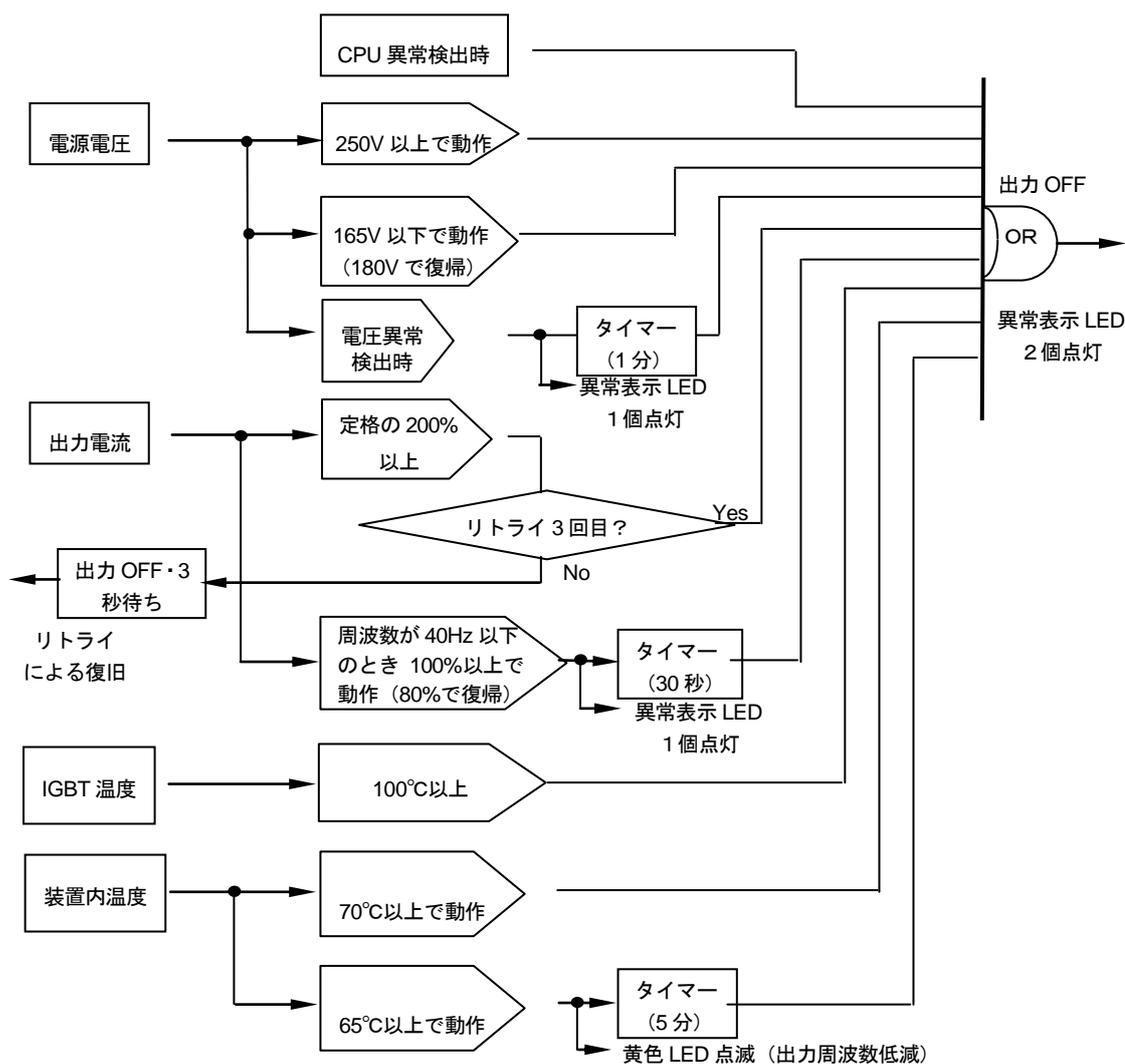


図 3 保護機能のフローチャート

定格電流値の 200%を超えた場合には即座に停止し、110%を超えた状態が 10 秒以上継続する場合は電流値が定格電流以下になるように回転数の低減を自動的に行う（ストール機能）。なお、リトライは 3 回行われるが、3 回失敗した場合は設定回転数には復帰せず、最低回転数で運転が継続される。これらの過電流やリトライ動作などは内部エラー履歴用メモリに記録される。

モータに関しては端子箱との接続部を防水仕様にし、モータ外扇の冷却風が積極的に端子箱冷却フィンに当たるように、位置関係を検討した。また、モータはインバータ用に若干のモディファイを行った。

図 4 に冷却効果を確認する目的の熱電対温度試験風景を示す。熱電対を耐熱アルミテープで貼り付けて温度を測定している。写真ではモータ外部の温度測定だけが示されているが、モータ内部のコイル等の温度測定も同時に行った。



図-4 モータ温度試験風景



図-5 設定器外観

図 5 に設定器外観を示す。形式、バージョン情報、出力回転数、電流値、上限・下限回転数等の情報を示すことができ、一部のパラメータも変更可能である。設定器は、携帯型でインバータ本体とは LAN ケーブルによって簡単に接続できる。

#### 4. 今後の展開

現在の対応機種は 0.4kW~1.5kW であり、将来的には 3.7kW 程度の容量に対応する予定である。ポンプにも対応可能であるので、今後検討を行っていききたい。

製品紹介

塩素ガス搬送用チタンブロワ FTB-CL 形

送風機事業部 村川 雅裕  
前田 信夫

1. はじめに

塩素ガスは、ほとんどが食塩電解により製造されている。電解槽から発生する塩素ガスは、水洗冷却後、硫酸との接触により水分を除去され、種々の塩素化合物の製造に利用される。

冷却後の湿潤塩素の性状は、塩素 90%以上、水分 2%以下、温度 40℃程度であるが、毒性、腐食性が強く、材料や軸封装置に考慮が必要である。

当社では、湿潤塩素ガスの搬送に対し、チタンブロワを製造している。チタンは、酸化性の酸に高耐蝕、耐熱性、軽くて強いといった特性を有しており、万能な素材ではないが、塩素ガスに対してはほぼ完全耐蝕を示す。

本報は、当社、塩素ガス搬送用チタンブロワ(以下、チタンブロワ)の製品概要、選定の注意事項について述べる。



図-1 チタンブロワ 外観

2. 標準仕様

標準仕様、容量図を図.2 に示す。

- (1)風量  
1.5~200m<sup>3</sup>/min
- (2)静圧  
max32kPa
- (3)軸封  
水封グランド
- (4)主要材質  
羽根車：チタン  
ケーシング：チタン  
または FRP

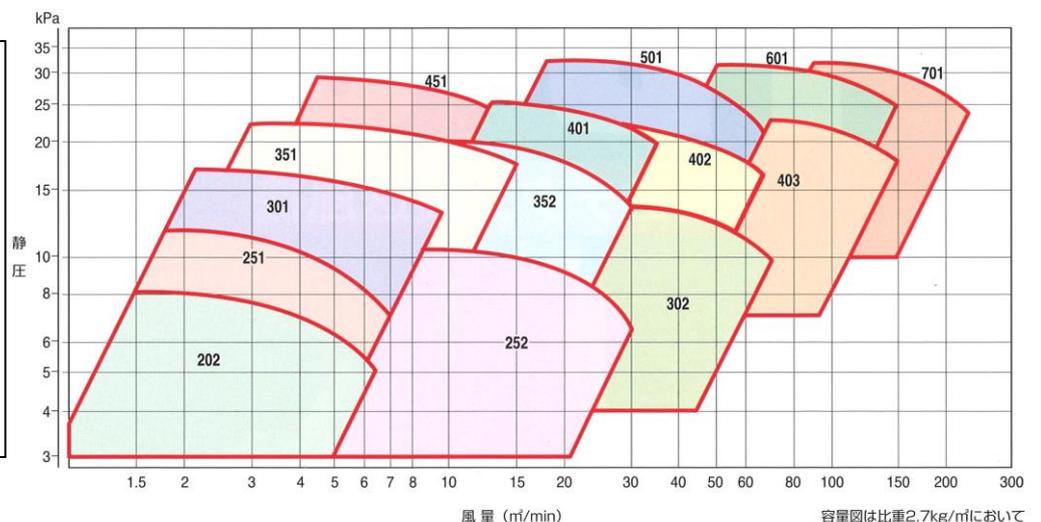


図-2 チタンブロワ 標準仕様・選定容量図

容量図は、比重量  $2.7\text{kg/m}^3$  に対するもので、比重量が異なる場合、換算が必要となる。(3.2項)

高濃度塩素に対し完全耐蝕を示すチタンを主材料にしているが、(ただし乾燥塩素ガスと接触すると燃えるので注意が必要)ケーシングを低コストであるFRPで製作することも可能である。

### 3. 選定注意事項

#### 3.1 換算

ブロワは、風量/静圧(吸込静圧、吐出静圧)/ガス比重量/温度/湿度により選定するが、風量が基準状態で示された場合、仕様温度における吸込風量への換算が必要である。また、塩素ブロワの場合、ガス比重量が試験空気の状態と異なるため、ガス比重量による圧力、軸動力の換算を行う。

#### (1)風量換算

風量が、基準状態〈N(ノルマル)表記〉で示された場合、その風量を仕様温度の吸込風量に換算して適用する。基準状態とは、 $0^\circ\text{C}$  1気圧( $101.3\text{kPa}$ )の状態である。

$$Q=Q_N \times (273+t)/273 \times 101.3/(101.3+Ps1)$$

ただし

Q：仕様風量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$Q_N$ ：基準状態の風量( $\text{Nm}^3/\text{min}$ )

t：仕様温度  $^\circ\text{C}$

Ps1：吸込側ブロワ静圧(kPa)

(圧力比が1.03以下の場合には、Ps1=0とみなす)

圧力比= $(101.3+Ps2)/(101.3+Ps1)$

Ps2：吐出側ブロワ静圧(kPa)

厳密な仕様を求める上では、湿度変化を伴う場合(途中で散水するなど)湿度による補正も考慮する必要があるが、蒸発量等が決定できない場合は、散水分の動力アップのみ考慮する。

#### (2)ガス比重量による換算

90%以上の高濃度塩素のガス比重量は、 $2.4\sim 2.7\text{kg/m}^3$  となり、試験空気の比重量と異なるため、静圧、軸動力は換算が必要となる。換算式は以下のとおりである。

$$P_2 = (\Gamma_2/\Gamma_1) \times P_1$$

$$L_2 = (\Gamma_2/\Gamma_1) \times L_1$$

ただし

$P_1$ ：試験空気でのブロワ静圧

$P_2$ ：比重量換算ブロワ静圧

$\Gamma_1$ ：試験空気比重量  $\text{kg/m}^3$  (=1.2)

$\Gamma_2$ ：取扱いガス比重量  $\text{kg/m}^3$

また、プロセスブロワとして使用される場合、ガス質量流量にて仕様を与えられる場合がある。その場合、モル流量に換算し、風量、及び比重量を求める。

#### <比重量計算例>

ガス温度  $40^\circ\text{C}$ 、 $\text{Cl}_2$   $3200\text{kg/hr}$ 、 $\text{O}_2$   $200\text{kg/hr}$   
 $\text{CO}_2$   $100\text{kg/hr}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$   $50\text{kg/hr}$  のガス比重量は、以下により求まる。

#### ①質量流量をモル流量に換算。

$$\text{モル流量} = \text{質量流量} \div \text{分子量}$$

表-1 モル流量換算

組成	質量流量 kg/hr	比率 wt%	分子量	モル流量 kg-mol/hr
$\text{Cl}_2$	3200	90.2	71	45.1
$\text{O}_2$	200	5.6	32	6.3
$\text{CO}_2$	100	2.8	44	2.3
$\text{H}_2\text{O}$	50	1.4	18	3.1
合計	3550	100	—	56.8

#### ②処理風量・比重量計算

1kg-molあたりの基準状態ガス体積は、 $22.4\text{m}^3$  であるので、

$$Q_N = 56.8 \times 22.4 = 1272.3 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

$40^\circ\text{C}$ 温度換算すると

$$Q = 1272.3 \times (273+40) \div 273 = 1458.7 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 24.3 \text{ m}^3/\text{min}$$

質量流量の合計は  $3550\text{kg/hr}$  であるので比重量は、以下となる。

$$\Gamma = 3550 \div 1458.6 = 2.43 \text{ kg/m}^3$$

吸込・吐出側の絶対圧力の比を表す圧力比が1.3以上になると断熱圧縮による温度上昇(シリンダー内の空気にピストンで圧力を加える場合の空気温度上昇と同一の現象)があるため耐熱性(FRPケーシングの選定可否)を検討する必要がある。

#### 3.2 軸封

高濃度塩素ガスは、非常に有毒なガスのため完全無漏洩が求められる。軸封装置選定には、以下の項目が必要となる。

- ・ ブロワ前後の静圧(圧力バランス)
- ・ 使用材質
- ・ 使用可能シール流体(水・窒素・空気)

- ・ ブロウ停止時のシール性要否
- ・ メンテナンス性

#### (1)水封グランド方式

水封グランドは、グランドボックスと回転子の隙間に水をいれ、回転子の遠心力で生じる水膜を利用してガスシールを行うもの（図-3）で、標準グランドとして採用している。

通常運転においては、周動部が無いいため、ほぼメンテナンスフリーであるが、吸込側圧力が高い（負圧が強い）場合、水膜が形成できずケーシング内にシール水が吸引されるため、選定できない。

また、設計上、回転子外径を大きく取る為（周速確保）ケーシングの小さいブロウには選定できない場合がある。

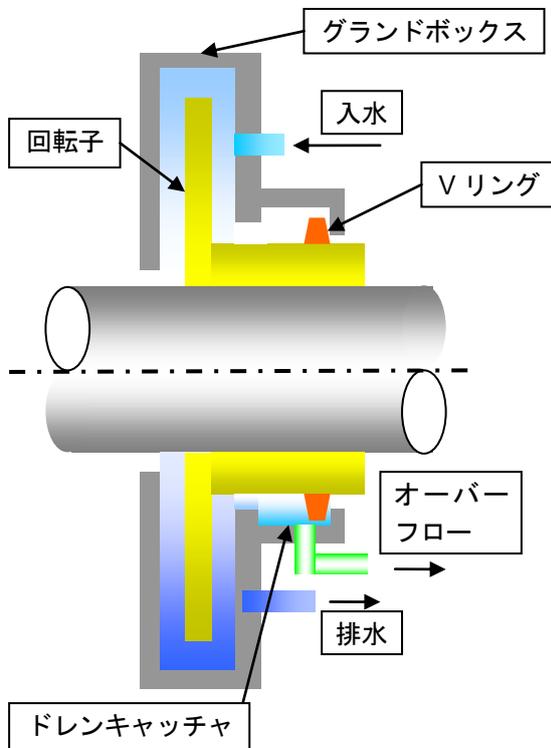


図-3. 水封グランド概念

#### (2)パッキンググランド方式

パッキングの押し圧と冷却水の水膜によってガスシールを行う方法である。小型、低濃度塩素に対して適用できるが、軸スリーブの摩耗、パッキング劣化が避けられず、パッキングの点検（増し締め）交換が必要となる。

#### (3)パージシール方式

エアまたは窒素のパージによりシールする方法で、構造的にはシンプルであるため、メンテナ

ンスの必要性は低いが、軸封効果については、シール板の摩耗程度に依存するため、パージガスの消費量が多くなる場合がある。パージガス量が適量であれば、ガス漏洩はおきないが、パージガスは、ブロウ内に供給される。

セグメントシールも同様の構造であるが、シール板が摩耗に対して追従する構造となっており、パージガス消費量は格段に少なくなる。

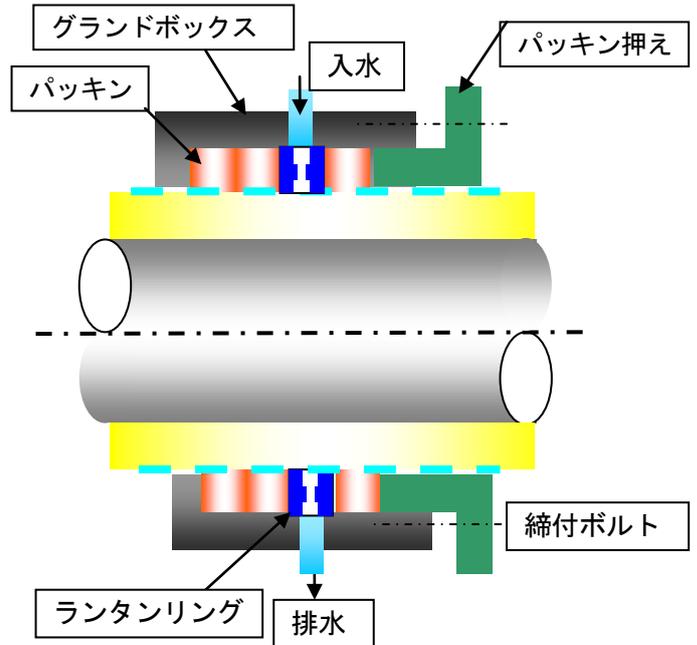


図-4 パッキングシールグランド概念図

#### (4) メカニカルシール

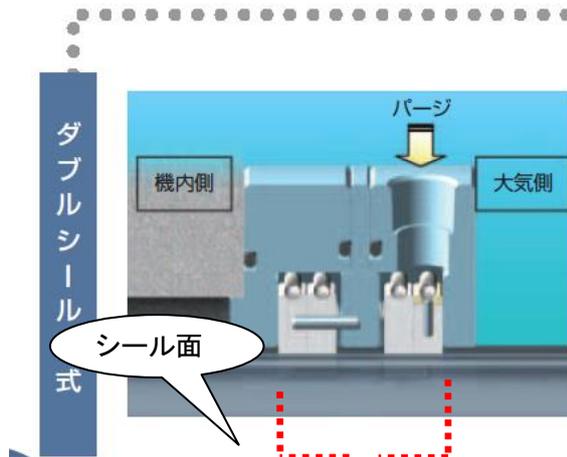
オーソドックスな水供給のメカ、パージガス供給のドライメカがあるが、国内需要家では、まだまだ実績が少ないこと、コストが非常に高いことが要因となり、ほとんど選定されていない。

ドライメカについては、運転時において非接触運転のため長寿命が期待でき、パージガス消費量もセグメントシールよりも優れているが、ハウジング・スプリング・スリーブなど耐蝕金属を選定する必要があり、非常に高価となる。

水封・パッキングシール・セグメントシール・メカニカルシールにおいては、シール流体の供給が切れると破損のおそれがあるため、十分な管理が必要となる。

### 3.3 耐食性

#### (1)乾燥塩素による腐食



ダブルシールの中間室にガスパージを行い、機内側流体の大気への漏出を防止する場合に選定します。

【代表的な適用例】

ブロー・堅型攪拌機 粉体機器・横型攪拌機	取扱い流体の大気への漏出を防止する場合
その他	シール部圧力が正圧・負圧に変動する場合

※パージガス圧力：機内圧力より0.01～0.03MPa高い圧力に設定します。

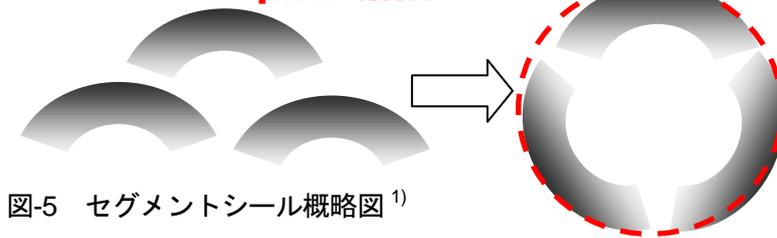


図-5 セグメントシール概略図<sup>1)</sup>

扇型に3分割された、シールリングをスプリングにて主軸へ拘束。  
摩耗がすすんでも、追従するため、漏れ量が最小となる

チタンは、とても活性な材料で、通常、接ガス部では、酸素と結合し不動態皮膜 (TiO、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>3</sub> 等) を形成し、この皮膜が優れた下地保護性を発揮するため、優れた耐食性を示す。

(但し、塩酸などの非酸化性酸には、侵される)

特に、湿潤塩素に対しては、完全耐食に近い性能を発揮するが、水分が不足すると激しく反応(=ほぼ燃焼)する。

不動態領域は、温度と相関があるが、ブロウ内の水分量の不均一さ、圧縮による温度上昇も考慮し 1～2%程度になるよう水分を供給する場合が一般的である。(図-7 参照)

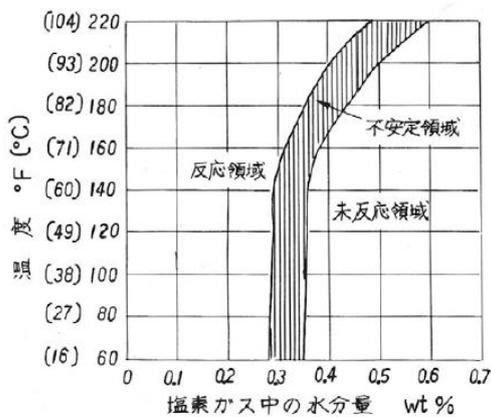


図-7 塩素ガス中の水分量とチタンの不動態化領域との関係<sup>2)</sup>



図-8 乾燥塩素による腐食事例 (羽根車)

## (2)隙間腐食

隙間腐食とは、塩素イオン  $\text{Cl}^-$  等が存在する環境で電食に似たメカニズムで進行する腐食で、隙間部では、 $\text{H}^+$ 濃度が上昇しPHの低下、及び  $\text{Cl}^-$  などの濃縮で不動態皮膜が崩壊し、Ti の溶出が起る。対策には古くから 0.15%Pd を添加すると格段に耐隙間腐食性が向上することが知られている。(図-9)

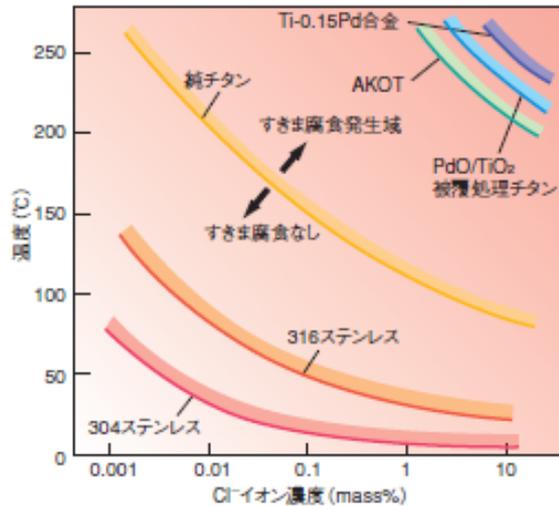


図-9 塩化物中の隙間腐食発生限界<sup>3)</sup>



図-10 隙間腐食事例

図-10に隙間腐食事例を示す。

ガスケット・Oリング部などの、接合部では隙間腐食を起こすことがあり、注意が必要となる。

## 4.まとめ

チタンプロワ選定に対する注意事項は、以下のとおりである。

- ・ 仕様（風量、静圧、ガス比重量、吸込ガス温度）
- ・ 静圧バランス（圧縮比及びグランド選定）
- ・ シール流体の可否（水、窒素、空気）
- ・ シール流体のプロセス側混入可否
- ・ 水分量

## 参考文献

- 1)(株)タンケンシールセーコウ,ABC シールカタログ
- 2)日本チタン協会,チタンデザインデータブック
- 3) <http://www.kobelco.co.jp/titan/files/details.pdf>

## 燃焼除害装置用回転体スクラバ ERS-15Z 形

環境装置事業部 設計課 村上 誠

## 1.はじめに

半導体製造プロセスでは、シリコン酸化膜等の絶縁膜の生成にプラズマ CVD（化学気相成長）法が用いられるが、CVD では成膜を重ねると、装置内基板設置部分以外にも余分な膜が堆積・剥離し、歩留まり低下の原因となるため、装置内に堆積した膜のクリーニングを定期的に行わなければならない。そのクリーニング方法としては、活性フッ素原子を堆積物と反応させ  $\text{SiF}_4$ （四弗化ケイ素）として排気する方法が広く普及している。そのクリーニングガスとして使用されるのが  $\text{NF}_3$ （三弗化窒素）である。 $\text{NF}_3$  は、地球温暖化係数が高く（炭酸ガスの 17000 倍）、毒性も高い。また、安定性が高く、湿式では処理できないため、燃焼除害した後に、分解後の HF（弗化水素）ガスを湿式処理するのが一般的である。

本報は、燃焼除害により分解した HF ガスの高濃度除去及びクリーンルーム内に設置するための省スペース化をコンセプトに開発した回転体スクラバについて紹介するものである。

## 2.概要

## 2.1.装置構成

本装置は大きく分けて回転体スクラバ、冷却塔、ミスト除去チャンバ、制御操作盤により構成され、ドレンパンを設置したキャビネット内に収納されている。図.1 に装置写真、図.2 に装置フロー図を示す。以下に装置仕様ならびに各々の部分について述べる。

## 2.2.装置仕様

処理風量：10~15 $\text{m}^3/\text{min}$ 周波数：50~60Hz（風量が $\uparrow$ にて調整）

外形寸法：1050W×1050L×1703H

主材質：FRP

設定静圧：1.14KPa

電源：200V×60Hz

電動機：2.2kW×2P×3 $\phi$ （回転体スクラバ）

処理ガス：HF

処理濃度：入口；3000ppm、出口；1ppm（目標値）

洗浄水： $\text{H}_2\text{O}$ 

水量：冷却；14L/min、洗浄；7L/min

処理方式：常時新水一過式

安全装置：ガス温度監視センサ、漏水センサ

給水流量監視センサ、非常停止装置

液面監視センサ、吸込圧監視センサ

## 2.3.回転体スクラバ

回転体スクラバとは、ターボ形特殊羽根車に液を直接散布し微細化した液滴とガスを接触させることによりガスの除害を行う装置である。電動機直動式送風機に排ガス処理機能を付属させたもので非常にコンパクトになっている。

洗浄液滴を微細化するほど気液接触面積が大きくなり、吸収が促進される。そのため回転数を低く設定すると性能が低下する傾向があり、インバータ使用範囲は 50~60Hz、また、洗浄液量は、7L/min（一過式）が必要である。

## 2.4.冷却塔

燃焼除害装置処理後の高温ガス冷却及び HF ガス除去の補助を目的に設置している。

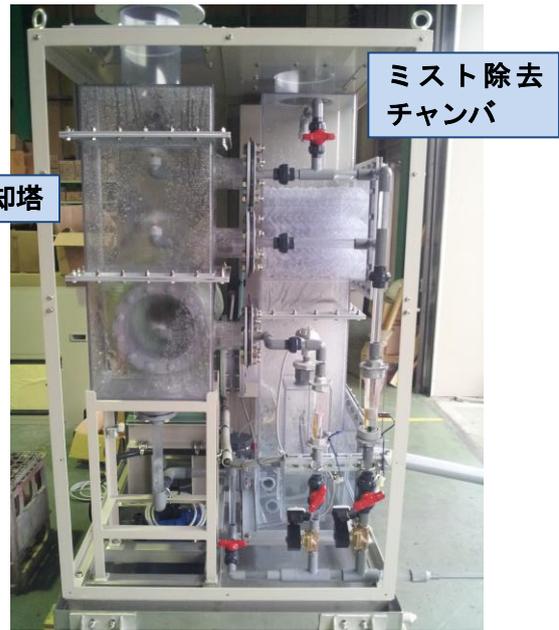
ガス流れ方向と対向する形に散水用のスプレーノズルを 2 個配置し、高速で冷却を行う。

## 2.5.ミスト除去チャンバ

チャンバ内上部に設置してあるミストキャッチャにてミスト成分を除去する。ミストキャッチャには慣性衝突式を採用している。



外形寸法 1050×1050×1703H



パネル内面 装置は展示用のため透明塩ビ製(実装置はFRP製)



図.1 装置写真

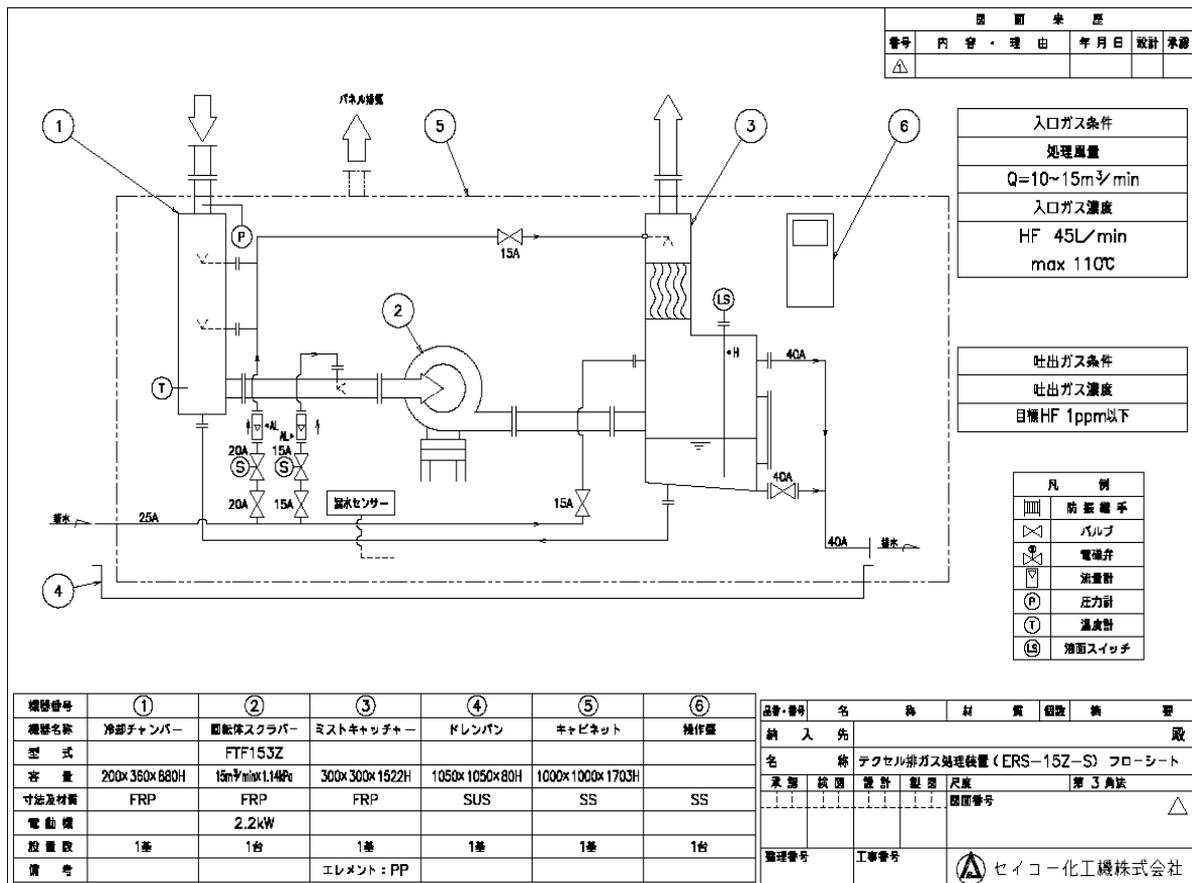


図.2 装置フロー図

## 2.6.制御操作盤

機器動力及び各種インターロックの制御を行う。操作盤はキャビネットに組込んである。

## 3.実験

### 3.1.評価テスト

HF 除害性能を確認するため、テスト機による評価テストを行った。評価方法として、実際の燃焼除害装置後段にテスト機を設置、NF<sub>3</sub> 分解後の HF ガスに対して冷却性能及び除害性能評価を行った。

### 3.2.評価時における留意点

評価時における留意点として①回転体スクラバ回転数、②散水量、③冷却チャンバ液濃度の3点が性能を決定する重要なパラメータである。

### 3.3.テスト条件及び機器仕様

#### 3.3.1.テスト条件

風 量：15m<sup>3</sup>/min

周 波 数：60Hz（風量<sup>ダンパ</sup>にて調整）

ガス条件：NF<sub>3</sub>；15L/min（燃焼除害前）

HF；45L/min（燃焼除害・分解後）

発 生 源：実験施設（燃焼除害装置）

洗浄水量：7・5・4L/min 条件変化

冷却水量：12・8・4L/min 条件変化

#### 3.3.2.機器仕様

処理風量：15m<sup>3</sup>/min

外形寸法：1100W×1200L×1650H

主 材 質：FRP

電 動 機：2.2kW×2P×3φ（回転体スクラバ）

0.2kw×2P×3φ（ポンプ）

ノズル数：冷却用；2基、洗浄用；1基

#### 3.4.冷却性能評価

水量に対する冷却性能を確認するために、スプレ流量を12・8・4L/minの3条件としてテストを行った。

入口温度に関しては燃焼除外装置内部に搭載されている温度センサ、チャンバ温度に関しては冷

却チャンバ下部に搭載されている温度センサによる計測とした。

### 3.5.除去性能評価

送風機回転数について、回転体スクラバによるガス除去を行う上で液滴を微細化させる必要がある。評価は、除去性能が安定する 60Hz に固定して行った。

次に散水液量について、液量低下による除去性能の変化を確認するために 7・5・4L/min の 3 条件にて評価を行った。

ガス濃度測定は HF 濃度計にて 20 秒毎に 1 回の測定とした。

## 4.結果及び考察

### 4.1.テスト機冷却性能

冷却性能について結果を表.1 に示す。

冷却水量低下によるガス温度への影響は見られ、最低水量 4L/min、入口温度 145.1℃に対し最大出口温度 41.7℃となった。

本装置の耐熱温度は回転体スクラバまでで 80℃、ミストキャッチャ塔部は 40℃としている。

表.1 冷却性能

	冷却水量 (L/min)	入口温度 (°C)	チャンバ温度 (°C)
①	12	140.1	32.2
②	8	142.2	38.4
③	4	143.7	40.4
④	4	145.2	41.3
⑤	4	145.1	41.7

条件：Q=15m<sup>3</sup>/min

テスト結果より冷却水量を低下させた場合、冷却チャンバ入口部分で 40℃以上となっており装置損傷の可能性が考えられる。また、冷却水量を変動させることにより HF ガス除去性能に影響を及ぼす傾向がみられるため、納入装置の冷却水量条件として 14L/min 以上とした。

### 4.2.テスト機除去性能

除去性能についての結果を表.2 に、各洗浄水量条件における出口濃度、温度の経時変化については図.3 に示す。

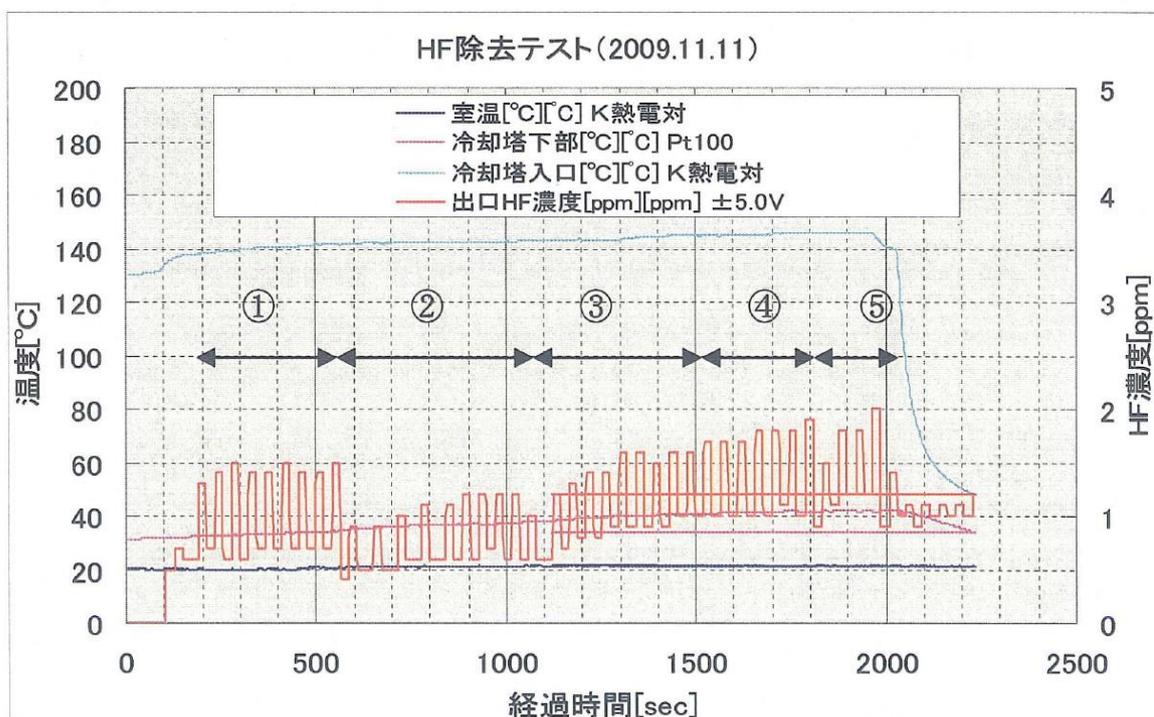


図.3 各散水条件における出口濃度、温度の経時変化  
①～⑤の水量条件は表.2 に対応

除去性能は、冷却水、洗浄水低下とともに低下する傾向がみられ、洗浄水量、冷却水最低水量 4L/min 時に最大出口濃度 2.0ppm（除去効率 99.93%）となった。

表.2 除去性能

	冷却水量 (L/min)	洗浄水量 (L/min)	出口濃度 (ppm)	除去効率 (%)
①	12	7	0.7~1.4	≥99.95
②	8	7	0.6~1.2	≥99.96
③	4	7	0.9~1.6	≥99.95
④	4	5	1.0~1.8	≥99.95
⑤	4	4	1.2~2.0	≥99.93

条件：Q=15m<sup>3</sup>/min 入口 HF3000ppm（換算値）

本結果より、操作条件としては、7L/min とした。

## 5.まとめ

本装置は、NF<sub>3</sub> ガスの燃焼除害後の湿式処理装置として 17 台の納入実績があり、問題なく稼働している。NF<sub>3</sub> 以外の地球温暖化係数の高いクリーニングガス、ドライエッチングでの PCF（パーフルオロカーボン）の燃焼ガス、または高濃度酸性ガスのプレスクラバとしても適用できる。

排ガス洗浄装置の商品価値として小型・省スペースがあるが、本装置は非常にコンパクトであり、従来、充填塔では難しかった建屋内への設置を検討いただければ幸いである。

## FRP 製品のドライアイス洗浄について

技術開発研究所 杉本 健一

## 1. はじめに

工場設備の安全な操業、不慮の故障やそれに起因した事故の回避において、定期的な保守・点検といったメンテナンスは欠かせない。具体的には定期的な部品の交換や調整、各値計測、清掃、点検などが挙げられる。特に、耐食機器として常時過酷な環境に曝される FRP については、メンテナンスの度に腐食状況や損傷状態を正確に把握する必要があるため、外観の目視検査が必須事項となる。

一方で、使用環境によるものの、汚れの付着が著しく、且つそれらの汚れが容易に清掃除去できない場合が少なくない。清掃が非常に困難である場合においても、メンテナンス後の使用可否を的確に判断するためには、可能な限り汚れを除去する事が要求されている。したがって、作業者に掛かる清掃の負担は甚大であるのが現状である。

そこで、近年一部で実施され、注目され始めているドライアイスを用いた洗浄について、汚れの付着が著しい FRP 製羽根車を対象として、その適用の可否や可能性について検討した(図 1)。特にフッ化水素酸(HF)を取り扱う排気ラインにおいては、白色の硬質な結晶物が付着する頻度が高く、その清掃除去において多大な労力が割かれている実情がある。この白色結晶物の除去に着目し、適用条件・範囲について言及する。以下の検証内容は、大阪コンテナサービス株式会社の協力を経て実施した。

## 2. ドライアイス洗浄

ドライアイスとは、常温・常圧下において気体として存在する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が-79℃で固体となったものであり、一般には食品の保冷材として広く使用されている。ドライアイスは、常温・常圧下において固体から気体へと状態変化(昇華)し、液体としてのCO<sub>2</sub>を目視する事は出来ない。洗浄材として使用するドライアイスは、保冷材



図 1 羽根車の洗浄前(上)、洗浄後(下)

によく見られる塊状の固体ではなく、ペレット状(米粒程度の大きさ)に調整されている。コンプレッサによる圧縮空気中にドライアイスペレット(図 2)を混入させ、被洗浄物の表面に噴射する事により表面の付着物を除去する手法がドライアイス洗浄の概要である。以下、洗浄による除去が容易に出来ない汚れの付着を“固着”と表現する。

## 2-1 原理 1 はく離効果

-79℃の固体であるドライアイスが被洗浄物表面の固着物に衝突することにより、常温下にあった固着物は氷点下まで急冷され、さらに固着物を介して被洗浄物表面も急冷されることになる。この際、被洗浄物や固着物はそれぞれの所定の熱



図2 ドライアイスペレット

膨張係数に則して収縮する事になる。被洗浄物(主に金型)と固着物の熱膨張係数が異なっていれば、被洗浄物と固着物の接触界面ではく離が生じやすくなり、結果として汚れとしての固着物が除去されるのがはく離効果である。換言すれば、両者の熱膨張係数が近似である程、はく離効果は減少する。

### 2-2 原理2 粉碎効果

常温下において、ドライアイスペレットは常に昇華によって気体へと状態変化している。この時、ペレットの表面近傍では750倍もの気体の体積膨張が生じている。噴射されたドライアイスペレットが固着物に衝突したと同時に、昇華による気体の急激な体積膨張による爆発作用を生じ、固着物は粉碎される。上記のはく離効果との相乗効果により、ドライアイス洗浄は従来では除去が困難であった汚れが短時間で効果的に除去される可能性を秘めた手法であるといえる。

### 2-3 利点と欠点

従来から洗浄除去が困難であった汚れの類は、金型表面に変質して固着した油分や堆積した結晶である。ドライアイス洗浄では、ドライアイスペレット以外に特別な除去剤が不要であり、また圧縮空気を噴射する設備を要する以外に、被洗浄物表面に損傷を与え得る一切の工具が不要である。除去された固着物は、最終的に粉末状に飛散する事になるため、閉じられたブース内での実施や作業者は防塵マスクや保護眼鏡により粉塵被害を防止する対策が必要となる。また、ドライアイスペレットは発泡スチロールの箱に梱包されて断熱されているとはいえ、数日間の保存しか出来ない。しかしながら、特別な廃液を生じる事もないために後処理が簡便であるという作業上および経済上の利点は大きいと推察できる。

一方で、噴射によって固着物が即時的に除去されない場合は、定点的な連続噴射となりがちである。この時、ドライアイスによる過度な急冷が被

洗浄物に致命的な損傷を付与する可能性がある。特に、熱伝導率の低い高分子材料や繊維強化プラスチック (FRP) が継続的なドライアイス噴射を受けると、表面と内部との間に過度な温度勾配を生じる事になる。これにより、表面層のクラックやはく離といった損傷を生じる恐れがあるという問題があり、操作上の留意が必要である。

したがって、汚れが固着した FRP 製品に対してドライアイス洗浄を実施する場合は、以下で検討したような噴射条件に基づく事が肝要である。

## 3. 洗浄対象となる FRP 羽根車

上述したように、フッ化水素酸 (HF) を取り扱う送風機を一定期間使用すると、羽根車の表面全体に硬質の白色結晶物が固着する事が少なくない。この白色結晶物の成分は、 $\text{SiO}_2$ (二酸化ケイ素)であるが、非常に硬質である。高圧水洗浄においてもほとんど全てを除去することはできず、サンドペーパーを用いて手作業により丁寧に除去する以外に有効な手段がない。

HF 仕様の FRP は、表面の耐食層に有機繊維製サーフェスマット (SM) で被覆するのが一般的である。標準的な耐食 FRP の表面層にはガラス繊維製 SM を使用しており、外観上も両者では異なっている。特に HF 仕様における表面は凹凸が目立っている。これは、伸縮性に富んだ有機繊維製 SM がシワ無く積層する際に延伸され、樹脂が硬化する過程で収縮することに起因している。

白色結晶物が表面の凹凸部に入り込むことによる物理的な接触 (アンカー) 効果により、洗浄における除去を困難にしている一面がある。したがって、ドライアイス洗浄における洗浄効果の確認や検討は、最も洗浄が困難な HF 仕様の FRP とすることとした。

## 4. 各種検証実験結果

### 4-1 定点噴射が表面層に及ぼす影響

ドライアイスが一箇所に連続して噴射される事により、FRP の表面にどのような影響が生じるかを確認した。FRP サンプルは、表面にポリプロピレン (PP) 製 SM を1枚積層したものであり、標準耐食仕様に用いられるビスフェノール系ビニルエステルを母材樹脂とした。

図3にドライアイス5、10、60秒間噴射した後の外観写真を示す。噴射5秒においてさえ表面のトップコートが剥落し始めている。噴射時間が増加する程、磨耗状態が進行しており、60秒間では表面の SM が確認できない程度となっている。

図4に未噴射と10秒間噴射した場合における表面の顕微鏡写真を示す。両者ともに表面のPP繊維が確認できるが、10秒間噴射においてはPP繊維が光源を反射しており、露出していることがわかる。トップコートは再塗布による復元が可能である。このことより、定点噴射は長くとも10秒以内に留めるべきと考えられる。

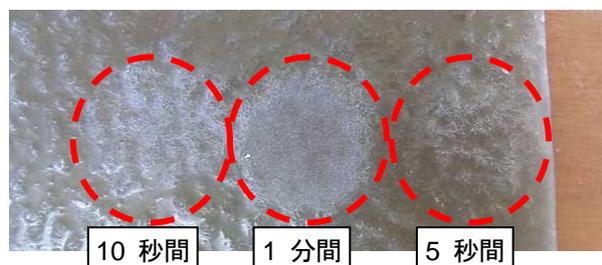
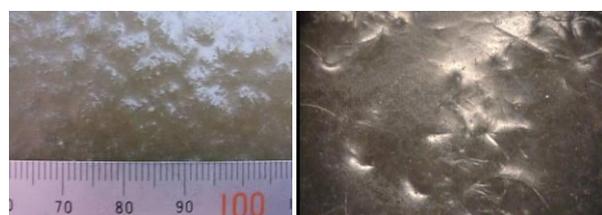


図3 噴射時間と外観



ドライアイス噴射前



ドライアイス噴射後

図4 噴射前後の表面状態

#### 4-2 板厚方向の温度勾配

FRPは熱伝導率が低いため、急冷される表面と内部では相当の温度勾配を生じる事が推察される。このことがクラック等の不具合を生じかねないため、熱電対を板厚方向に分布埋設したサンプルを製作した。実用上はありえないが、このサンプルに対してドライアイス5分間噴射した。このとき、非接触型温度計による表面の温度は $-50^{\circ}\text{C}$ となっており、その際の温度分布は図5に示す結果となった。表面から1.3mmの深さにおいても約 $0^{\circ}\text{C}$ となっており、温度勾配が顕著であることが示された。

#### 4-3 FRP/鉄鋼界面のはく離の有無

FRPと鉄鋼材料では熱膨張係数が大きく異なるため、ドライアイスの噴射によって羽根車のボ

スとそのライニングFRPがはく離するような事態は回避しなければならない。そこで、図7に示すような鉄鋼材をFRP中にインサートしたサンプルを製作した。鉄鋼材をボス材料と見立て、その上にガラスマット3枚とPPのSMを1枚積層した。定点噴射10秒以内においてははく離は見られなかった。

4-2で検証したように、FRP表面が極低温に冷却されても、その内部が同程度に冷却される事はないため、FRP/鉄鋼界面にははく離を生じさせる程度の熱収縮の違いはなかったものと考えられる。

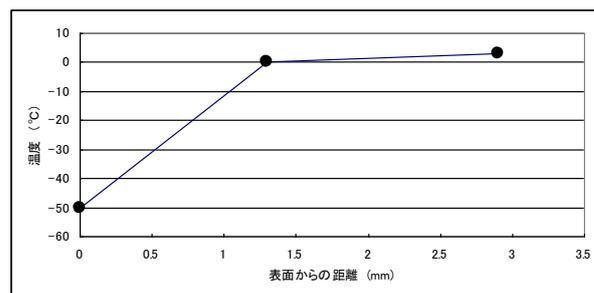


図5 板厚方向の温度勾配

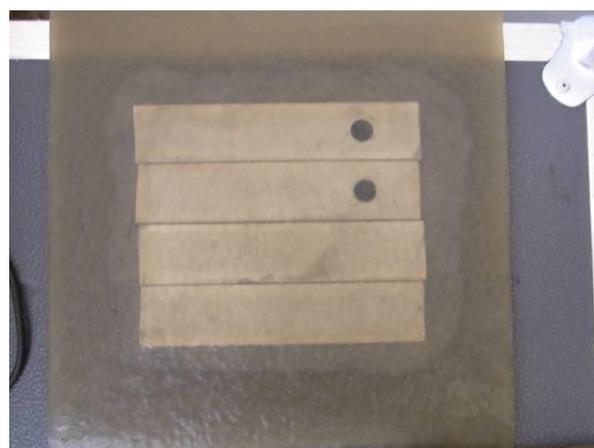


図6 鉄鋼材をインサートしたFRPサンプル (噴射後の変化なしの様子)

#### 4-4 特殊仕様の樹脂における外観不良

以上の各種検証実験は、全て標準仕様で用いられるビスフェノール系ビニルエステル樹脂を対象としている。当樹脂は粘度が低いために取扱い性が優れているのみならず、高じん性のためにクラックを生じにくいという特長がある。一方で、耐高温・耐溶剤仕様として用いられるノボラック形ビニルエステル樹脂や耐クロム酸仕様に用いられるポリエステル樹脂等は、耐食性に特長が見られる反面、低じん性のためにクラックを生じやすいという欠点がある。

これら特殊仕様の樹脂から成るFRPに対して

ドライアイス洗浄を適用する機会はほとんどないと推察されるが、適用の可否を検討するため、ドライアイスの噴射実験を実施した。

図7にノボラック系樹脂を母材としたFRPサンプルにドライアイスを噴射した事によって表面に生じたクラックを示す。噴射した直後から縦横無尽にクラックを生じており、ドライアイスが全く適用できない事が確認された。ポリエステル樹脂の場合もノボラック系樹脂と比較して発生量は少ないが、クラックが確認された(図8)。このように、ドライアイス洗浄は標準耐食仕様においてのみ適用できる事が示されたといえる。

## 5. まとめと今後の課題

様々な利点を有するドライアイス洗浄について、特に洗浄作業に時間を費やすHF仕様の羽根車に対する洗浄効果の妥当性について評価した。その結果、以下の事が明らかとなった。

- ・ 過剰な定点噴射は表面に著しい損傷を付与するため、FRPにおいては10秒以内の定点噴射が望ましい(噴射した箇所後はトップコートを塗布する)。
- ・ FRP表面はドライアイスにより急冷されるが、低い熱伝導性により内部は表面程度に冷却されない。10秒程度の噴射において鋳物ボス上のライニングFRPがはく離する事はない。
- ・ 特殊仕様として用いられる樹脂については、低じん性によってクラックを生じる可能性が高いため、ドライアイス洗浄を適用するべきではない。

固着した汚れを容易に除去できるドライアイス洗浄であるが、検証の結果として以下のような問題点が挙げられる。

- ・ 洗浄箇所が狭い場合は(図9)、噴射ノズルが該当部位に届かず、ドライアイスを均一に噴射する事が困難となる。このように、汚れを効果的に除去できる範囲、形状に限界がある。
- ・ このドライアイス洗浄を実施する場合、FRPについて一定の知識が伴っていなければ、不具合を発見する事が出来ないため、誰もが実施できるとは限らない。

特に前者で挙げた洗浄範囲の限界については、噴射ノズル形状によって改善されると考えられる。



図7 ノボラック系樹脂を母材とするFRPのクラック

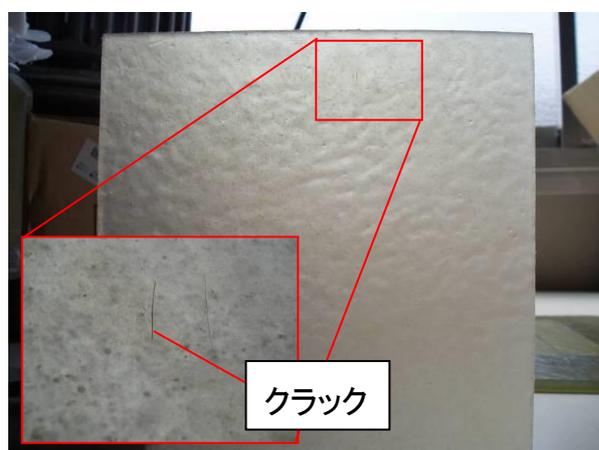


図8 ポリエステル樹脂を母材とするFRPのクラック



図9 狭い箇所の洗浄が出来ない様子

## 微生物による VOC 処理装置（生物処理法）について

技術開発研究所 中川 祥示

### 1. はじめに

VOC (Volatile Organic Compounds) とは、常温常圧で揮発し、大気中で気体状になる有機化合物の総称で、光化学反応による、光化学オキシダント及び浮遊粒子状物質の生成原因物質である。

VOC は、2006 年度から改正大気汚染防止法で規制が開始されたが、塗装、印刷、洗浄等、多種多様な業種での使用、中小企業が多い、比較的毒性が低いという観点から、排出規模の大きい 6 施設については排出規制し(表-1)、その他施設については自主的に業界毎に削減目標を定める仕組み(経産省に報告)であり、2000 年度比 30%削減が目標である。

表-1 法規制対象施設と排出基準値

(年 2 回以上の測定届出)

法規制対象施設		規模(～以上)	排出基準値 ppmC
塗装	吹付塗装	100000 m <sup>3</sup> /hr	700
	塗装乾燥炉	10000m <sup>3</sup> /hr	600
接着	印刷回路用銅貼積層板・粘着テープ・シート・合成樹脂積層板の製造に係わる乾燥施設	5000 m <sup>3</sup> /hr	1,400
	接着の用に供する乾燥施設	15000m <sup>3</sup> /hr	1,400
印刷	オフセット輪転印刷	7000m <sup>3</sup> /hr	400
	グラビア印刷	27000 m <sup>3</sup> /hr	700
化学製品乾燥施設		3000 m <sup>3</sup> /hr	600
工業製品洗浄施設		VOC が空気に接する面(洗浄槽面積)が 5m <sup>2</sup>	400
ガソリン・原油・ナフサ等 VOC 貯留タンク		1000kL	60,000

\*ppmC : 炭素換算濃度

排出 VOC の処理装置としては、触媒燃焼法が主流であるが、イニシャル、ランニングコストが高く、中小企業での採用は難しい。一方、VOC 分解菌については古くから研究されており、装置化できれば、低コスト VOC 処理装置が期待できる。

弊社では、代表的な水溶性 VOC である IPA (イソプロピルアルコール) の微生物分解を試みた。

本報は、微生物による IPA 処理結果及び装置について紹介するものである。

### 2. VOC の処理法比較

図-1 に各 VOC 処理装置の比較を示す。

風量、発生濃度により、いろいろな処理方式がある。燃焼法は、高濃度 VOC を高効率で除去できるが、直接燃焼法では、燃料費、CO<sub>2</sub> の排出が問題であり、触媒燃焼では、白金触媒の交換費用が高価、蓄熱式では装置が複雑になる。

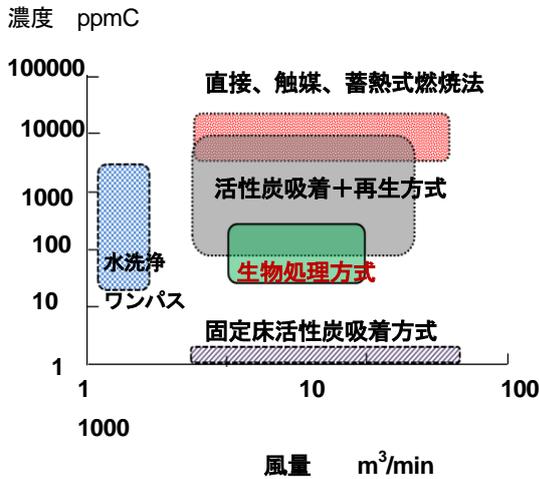
活性炭吸着+再生方式は、再生に熱源を必要とし、装置も複雑であるため、VOC 成分の回収の用途に利用される。多成分の VOC、水溶性 VOC 処理には不適である。

以上の VOC 処理装置は全般的にイニシャル、ランニングコストが高く、固定床活性炭吸着方式は、低濃度脱臭用途、水洗浄は、水溶性 VOC に限定され、液中濃度が高くなると処理性能が悪くなるためワンパス (一過式)が前提である。

生物処理方式は、微生物で VOC を水、二酸化炭素に分解させる方式である。微生物(細菌)は、窒素、リン等の微量栄養の存在下でたんぱく質、糖、アミノ酸等の有機成分をエネルギー源として増殖する。VOC 成分は、ほとんどが炭素、酸素、水素から構成された有機化合物であり、分解微生物も多く知られている。

既存装置と比較して、反応が遅く装置が大きくなる、季節変動に対する微生物の制御(目詰まり、低温時の活性維持)が難しい、オールマイティではない(菌により分解できる成分が限定、性能や

や低、限界負荷が存在) などから、国内での実績はあまりないが、①安全性が高い②ランニングコストが非常に安い等のメリットがある。



処理方式	直接燃焼	触媒燃焼	蓄熱燃焼	吸着再生	生物処理
性能	◎	◎	◎	○	○
インシャルコスト	中	中	高	高	中
ランニングコスト	高	中	中~低	中	低
設置スペース	中	中	大	大	中~大

図-1 VOC 処理装置の適用範囲と性能・コスト比較

### 3. 生物処理実験フロー・装置

弊社は、1986 年度から VOC の生物分解研究を開始し、土壌から水溶性 VOC 分解菌を探索した。その中からアセトン分解する菌 *brevibacterium sp.*<sup>1)</sup> を培養、集菌し、天然高分子に包括固定後、光硬化性樹脂に包埋したシート<sup>2)</sup> または菌を付着固定した合成繊維担体をタンク内に配置し IPA、アセトン、メタノールの混合ガスの処理実験を行った。その結果、混合 VOC ガスを分解することを確認したが、装置が大型化、菌体の大量培養、雑菌による担体閉塞の問題があり、実用化できなかった。

今回、微生物源として、活性汚泥を用い、プラスチック担体に付着固定し、担体をマイクロバブ

ル曝気により攪拌し(流動層)、閉塞防止と高速化を試みた。

図-2 に実験フロー、図-3 に実験装置外観を示す。

実験装置は、一端 VOC 成分をスプレー塔で吸収し、循環タンクで担体付着菌が分解装置する。

対象ガスは、易分解水溶性 VOC で最も使用される IPA300ppm(900ppmC)までとし、装置は、風量 1.3m<sup>3</sup>/min クラスとした。

栄養塩として、窒素、リン源を連続供給、pH は 6.5~7 にコントロールした。

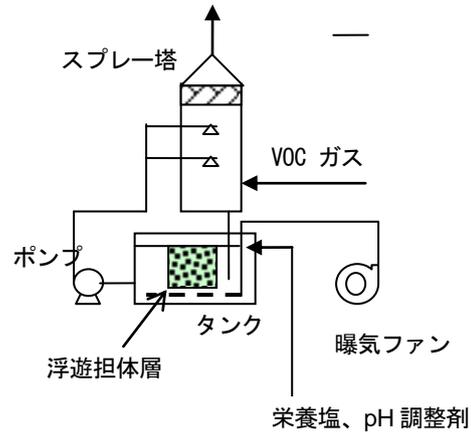


図-2 実験装置フロー

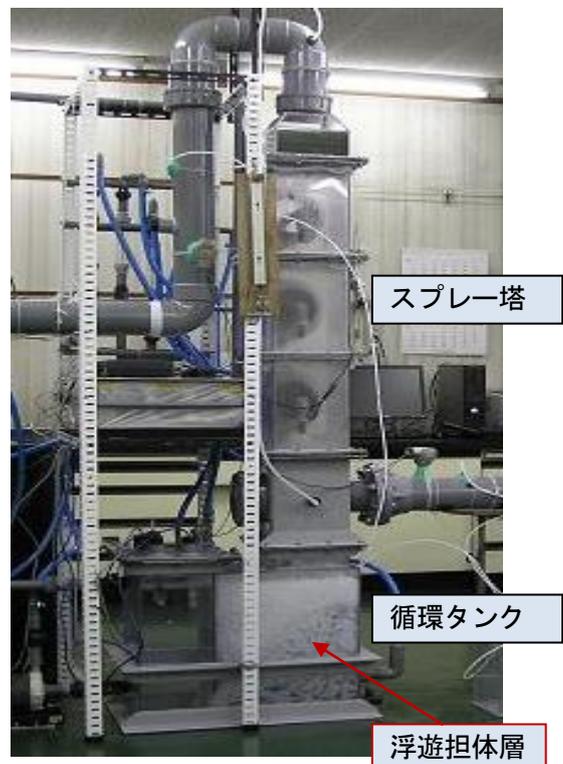


図-3 実験装置 外観

ちなみに、キシレン等の不溶性ガスの場合、担体充填固定層を並列配置し、交互に、直接ガスを接触させる方式（片側は洗浄により閉塞回避）が考えられる。

#### 4. IPA 処理実験

##### 4.1 担体選定

閉塞防止と高速化を実現するためには、適切な担体の選定が必要である。合成繊維担体、スポン

ジ担体、ポリプロピレン担体等いろいろ検討してみたが、硬質プラスチック多孔質担体が適していた。実験中の担体の断面をみると、表面部分のみ生物相ができており、性能には担体表面積が影響していることがわかった。担体選定のポイントは、表面に菌体が付着しやすい構造と表面積、攪拌のしやすさから担体の大きさ、比重などがある。

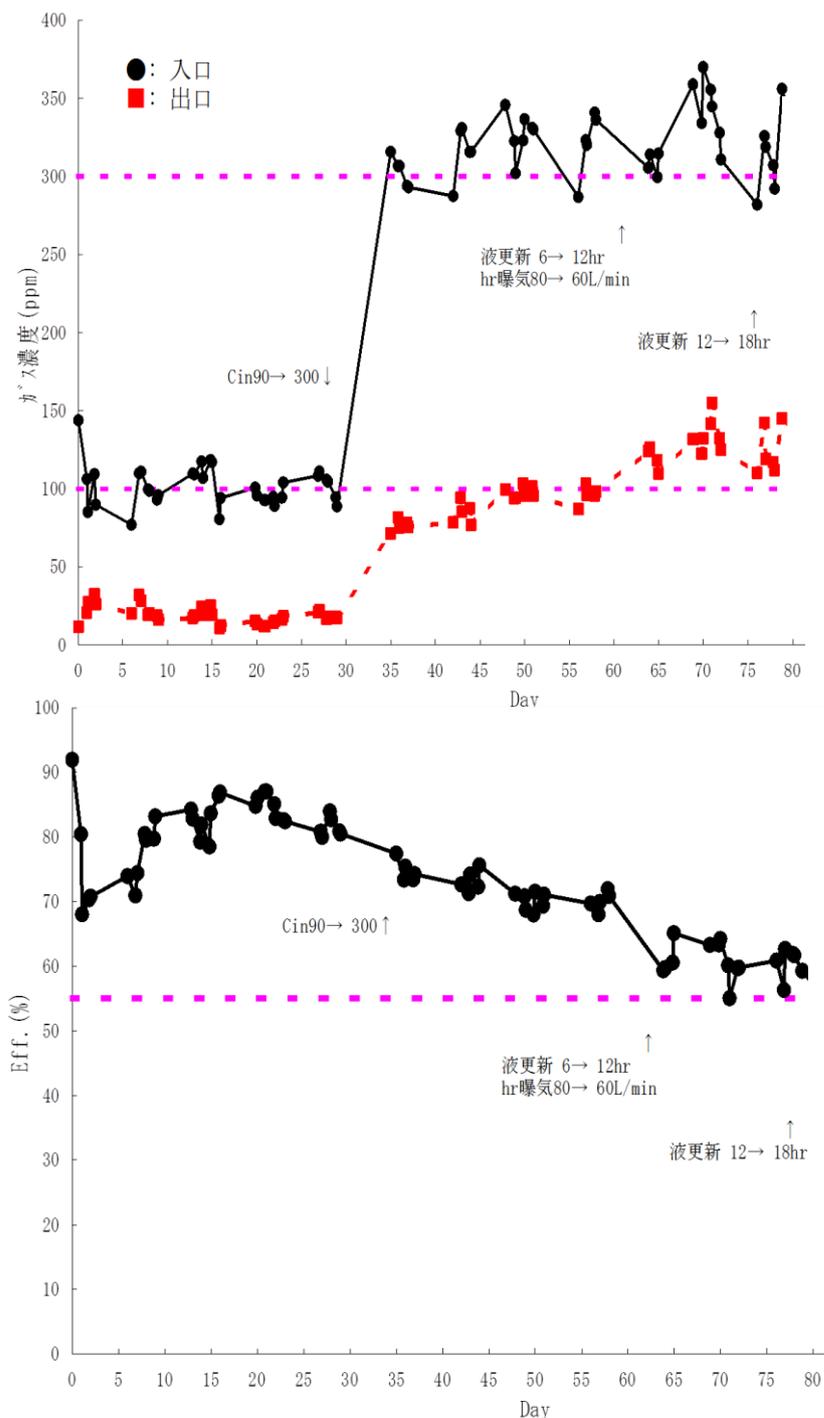


図-4 IPA 処理実験結果（入口、出口ガス濃度、除去効率経時変化）

## 4.2 IPA 処理結果

硬質プラスチック多孔質担体をタンクに投入後、活性汚泥液を循環、付着固定化し、IPA ガスを連続的に 80 日間供給した。

図-4 に IPA 処理結果（入口、出口ガス濃度、除去効率経時変化）を示す。濃度測定は、FID-GC（ガスクロマトグラフィー）によった。

IPA90ppm 供給開始直後は液中に IPA 成分が蓄積していないため 90%以上の除去効率を示すが、液中濃度が上昇しすぐに 70%まで低下、以降多少の上昇がみられ 7 日後には約 80%で安定した。すぐに微生物の分解がはじまったと考えられる。（液中濃度も蓄積傾向はない。）

30 日後、約 300ppm に濃度を上昇した直後は、徐々に性能が低下、60 日後 約 60%で安定した。

濃度変更後分解が安定するまで多少の時間はかかり、濃度が高くなるほど性能低下する傾向はあるが、継続的に安定した除去効率を示し、担体の閉塞は認められなかった。また、周囲温度については、別途実験で 15℃まで除去性能に影響する傾向は認められなかった。（分解速度は低下するが、循環液から吸収成分が揮発しにくくなるため）

## 5. VOC 処理装置の実装置イメージ

今回の実験をもとに、IPA 除去効率 80%以上とした場合の担体量を推定し、風量 50m<sup>3</sup>/min での実装置を検討した。

図-5 に実装置の概略フロー・仕様を示す。

設置スペースは概略 3m×5m×4.5mH(吸引ファン除く)で許容できる大きさにはできたと考えているが、さらに省スペース化を行う予定である。

## 6. おわりに

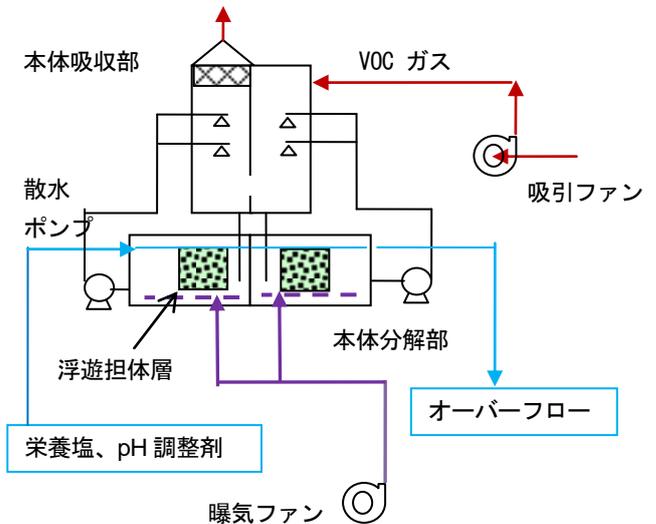
水溶性 VOC ガス処理としてのフローは、ほぼ確立、他の成分、混合ガスに対する性能は、ある程度予想できると考えている。現在、フィールド実証試験を検討中であるが、水溶性 VOC 発生源のフィールドを提供していただければ幸いである。

最終的に塗装、印刷で用いられているキシレン、トルエン、酢酸ブチル等のガス処理に低コスト VOC 装置が提供できればと考えている。

## 7. 参考文献

1)中川.持田他；新規微生物及びアセトンの除去方法,特許第 2980333 号

2)中川,矢島他；環境汚染物質浄化方法及び浄化システム,特開平 05-261239



形式	2 塔一体形浮遊担体分解方式	
容量	50m <sup>3</sup> /min	
性能	IPA 300ppm 80%以上	
本体 吸収部	寸法	1300W×3000W×2700H
	方式	2 塔一体スプレー方式
	圧損	200~300Pa
	数量	1 基
本体 分解部	寸法	2400W×3200H×1000H
	容量	3.7×2=7.4m <sup>3</sup> /min
	数量	1 (2 層式)
散水 ポンプ	仕様	720L/min×15m×5.5kW
	数量	2 台
曝気 ファン	仕様	5.0m <sup>3</sup> /min×10kPa×5.5kW
	数量	1 台
吸引 ファン	仕様	50 m <sup>3</sup> /min×0.8kPa×1.5kW
	数量	1 台
その他、 ユーティリティ	補給水量(処理水) 4.6L/min 窒素・リン栄養貯留タンク	

図-5 実装置概略フロー・仕様 (50m<sup>3</sup>/min)