

# TEXEL 技報

Vol.6 2015.05

 **セイコー化工機株式会社**  
技術開発研究所

## 技術の統合と今後の展開について

技術統括執行責任者 中川 祥示

弊社は、2016年に創業60周年を迎えます。これを期に、これまで尼崎、明石両市に分散していた生産拠点を明石工場に集約し、より一層の生産効率をあげることができるよう計画しています。技術組織も例外ではなく、これまで分かれていたポンプ、送風機、環境の各事業部門の技術を統合し、技術者が横断的に交流し技術的課題や問題を効率的に解決する、その結果、常にお客様のニーズに応える新製品・技術の開発やモデルチェンジが継続的に行える組織にしたいと考えています。

さて、現在のニーズについては、高耐食に加え、環境負荷低減、高効率が進化してきています。

ポンプ、送風機事業では、ここ数年来、高効率マグネットポンプ、高効率低騒音送風機など上市していますが、今後ともCFD解析によりインペラ、羽根車の形状検討やケーシングとのマッチングを試行し、高効率化を他機種へ展開していきます。さらに、半導体純水ライン、医薬、高純度薬品ラインでは、コンタミレスが要求されており、本報で紹介している「磁気浮上ポンプ」「超伝導浮上ポンプ」の開発を産学共同で進めています。

環境負荷低減製品としては、本年度、「荷電式白煙除去装置」を上市しました。本報でもモニタ実施例を紹介していますが、静電気力で白煙を完全に除去する装置として力を入れています。

また、老朽化したFRP貯槽の安全性の判断という新たなニーズに対しては、経済産業省「中小企業・小規模ものづくり・商業・サービス革新事業」補助金を頂戴し、FRP超音波劣化診断の実用化に取り組んでいます。

一方、海外市場に目を向けると、国内以上に低コスト化が求められます。射出一体成形などの生産技術の充実とその効率化により世界に通じるコスト力を実現し、すでに生産拠点を置いた中国、米国、ベトナムで積極的に展開する考えです。

今年度は、本報で紹介している製品の他に、「立形ポンプ VEP 形」（口径 25~100A）の量産体制が整いました。下期からは「New-TRS（排ガス処理装置の省スペース高性能製品）」や「センタ吐出ターボファン」の販売開始を予定しています。

これからもお客様のニーズに応える製品・技術の開発に邁進していきますので、今後とも変わらぬご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

## 小型槽内立形ポンプ VSP 形

ポンプ事業部設計課 續木 毅

### 1. はじめに

小型槽内立形ポンプ VSP 形を開発する前身機種として、VDR/VSD 形ポンプがある。このポンプは小型スクラバ用の循環ポンプとして使用されることが多く、PVC（ポリ塩化ビニル）材を機械加工したものを溶接接続により組み立てた加工品ポンプである。また、PP（ポリプロピレン）材を使用した加工品ポンプもあり、小型めっき装置用の循環ポンプとしても使用されている。

既存加工品ポンプは寸法精度・性能の安定は望めるが、めっき装置やエッチングのような多台数が必要となるラインにおいて、加工や溶接等に伴う製作時間(納期)が必要となる。そこで樹脂加工部品を射出成形品で製作することで大量生産に対応する製品の開発に取り組んだ。

本報では、組み立て易さを考慮し構造をシンプルにし、さらに効率改善も行った、小型槽内立形ポンプ VSP 形ポンプについて紹介する。

### 2. 製品仕様

- 1) 開発機種（図 1）  
VSP 形ポンプ  
（VDR/VSD 形ポンプのモデルチェンジ）
- 2) 口径  
25A
- 3) 性能（図 2）  
50L/min × 5m（50/60Hz 共通能力）
- 4) 最大出力  
0.2kW、0.4kW（TEFC/ d<sub>2</sub>G<sub>4</sub>/ eG<sub>3</sub>）  
2P 仕様：50/60Hz
- 5) 本体材質

成形品：G-PP

（ガラス繊維強化ポリプロピレン）

#### 6) 構造

- ・主要部品…射出成型品
- ・駆動…電動機直結（継シャフト）タイプ
- ・ガスシール…V リング
- ・インペラ…セミオープンタイプ

#### 7) 使用可能温度範囲

0～80℃

#### 8) 回転方向

時計方向（電動機側より視）

#### 9) フランジ

25AJIS10KFF 相当

#### 10) 電動機

汎用フランジ 2 極誘導電動機



図 1 VSP 形ポンプ外観

### 3. VSP 形ポンプの構造と特長

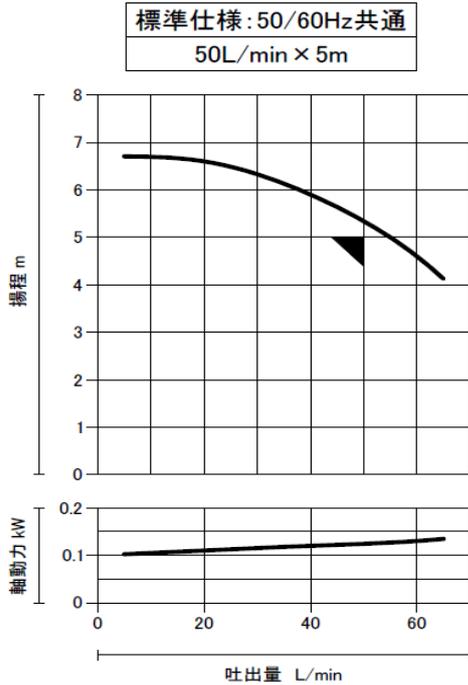


図2 性能曲線

主要部品である本体（ケーシング+胴管一体）、インペラ、ケーシングカバーには G-PP 材を使用した射出成形品、吐出管、ベッドプレート、主軸の軸スリーブには PP 材を使用しており、ヒュームやガス対策としてVリングによるガスシールを備えた耐食性ポンプとなっている。

既存小型立形ポンプの渦室は真円形状であり加工品としての加工効率は上がるが、性能効率は低かった。今回のポンプは新規性能設計による渦室を設けたケーシングによって、既存ポンプと比べ大幅な効率改善を実現している。本体とケーシングカバーの取り合いをねじ込み式構造としているほか、外周部にOリングがセットされたガスシールプレートを本体に嵌め込む構造とすることで、既存ポンプではボルトによる締付けを行っていた部分が、この構造を採用することで、ボルトによる締付け作業が不要となるため、部品点数の削減、組み立て易さを可能としている。

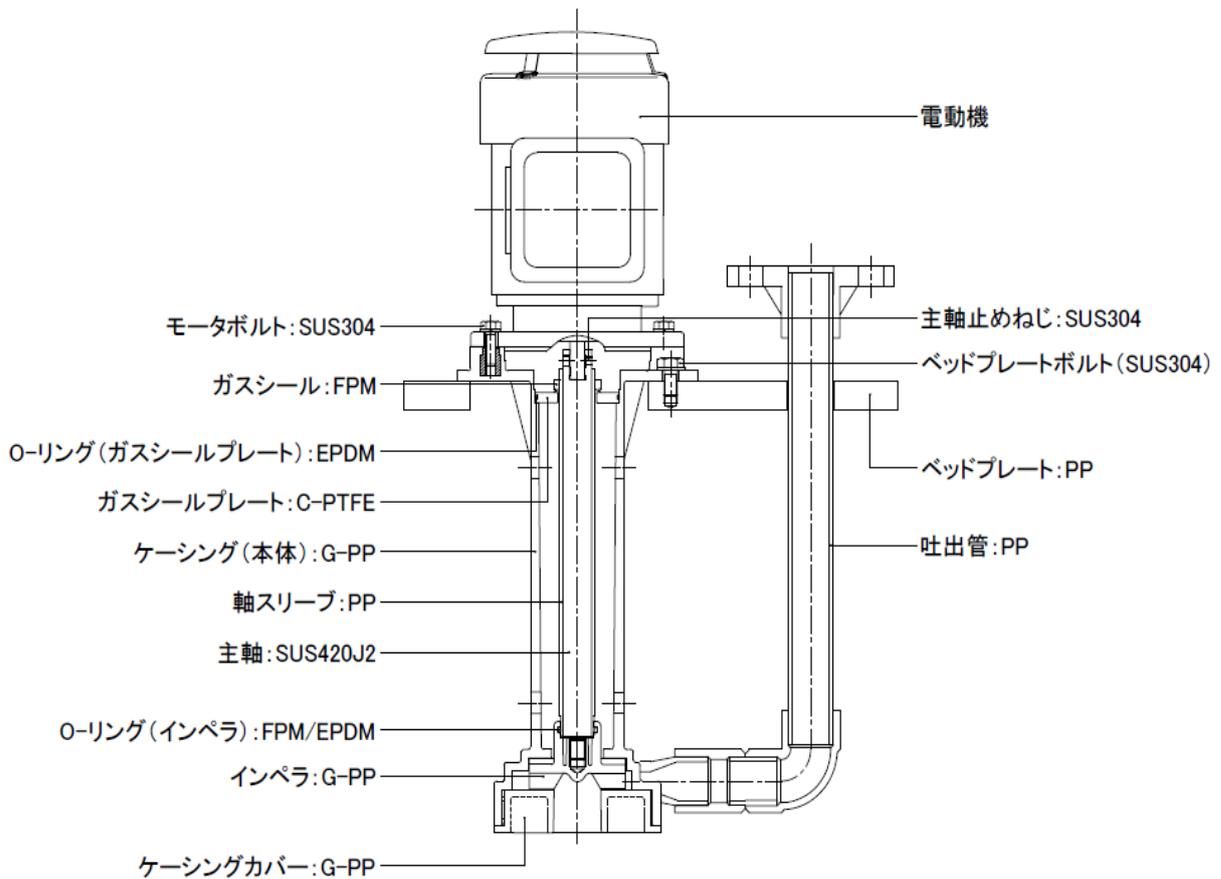


図3 VSP 形ポンプの構造



図4 射出成形部品

本体はケーシング、胴管、モータベースを一体で成形している(図4)。モータベースには、専用のインサートボルトを成形時に組み込んでいるので、既存ポンプで採用していた樹脂タップと比べて高い強度を持っている。

標準品として吐出口取合いを 25AJIS10KFF 相当としているが、ANSI、DIN、ユニオン等へもオプションとして変更は可能である。また、ベッドプレートの据付寸法も客先の取合いに合わせた寸法への対応が可能となっている。

#### 4. おわりに

小型槽内立形ポンプの市場はめっき装置やスクラバ循環用、酸・アルカリ溶液の移送用ポンプ等様々な使用条件で多数の国内外メーカーが競合している。

当該 VSP 形ポンプは、耐食性能に加え、射出成型、シンプルな構造による多台数への対応、ポンプ効率改善によるランニングコスト削減を実現し、これらの市場への納入条件を十分に備えたポンプとなっている。

今後とも、小型立形ポンプの様々なラインへの導入も視野にいれ、改善、開発を進めていく考えである。

## センタ吐出シロッコファン用防音ボックス

「BX-A101C」

送風機事業部設計課 吉川直希

## 1. はじめに

騒音は、都道府県条例によって区域や時間帯ごとに規制基準が決められおり、商業、工業用敷地境界の騒音基準値は、昼間 60dB(A)以下、夜間 50dB(A)以下である。送風機から発生する騒音も例外ではなく、送風機を内部に吸音材を貼った箱で囲む防音ボックス、ダクト内部に吸音材を貼ったサイレンサといった周辺機器にて、減音されている。

近年ではこのような周辺機器においても競合が激しくなっており、その対策の一環として、部品共通化による生産効率の向上を目的とした、センタ吐出シロッコファンCES101形用防音ボックスの開発を行った。

## 2. 製品仕様

## 2.1 製品コンセプト

現行のボックスでは吐出方向、またはモータ位置によって部品寸法が異なり、部品の共通化が出来なかった。

そのため、受注生産にて対応しており、納期、在庫管理が煩雑になっていた。

そこで、今回の部品共通化では幅広いオプション品のうち、要求の多いものを網羅したうえで、部品の共通化を行った。

また、要求仕様を満たしつつ、不要な部品を省くことで生産効率の向上を実現した。

具体的内容を以下に示す。

- ・防振装置は防振スプリングのみ対応
- ・換気扇および換気口の見直し
- ・標準のモータ位置、吐出方向での部品共通化
- ・減音量は 12dB 以上とする（他社製と同等以上の性能）

また、国土交通省仕様を満たすため、鋼板製ケーシング、厚み 1mm とし、吸音材としてグラスウール吸音ボード(40K 厚さ 25mm)を使用した。

## 2.2 製品構造

製品構造の模式図を図 1 に示す。

ボックスは底板付きの共通架台と、コの字型の本体を 2 枚のパネルで前後から挟む 5 面体形状のケーシングから構成される。

この形状を用いることで雨仕舞いを省きつつ、メンテナンス性を得ることができる。

次に内部構造図を図 2 に示す。

従来の接続板を省き、ケーシング、相フランジ、防振継手を共締めしているため、配管時は相フランジに直接配管を行う。

吸音材はグラスウールをガラスクロスで巻いたものを両面テープにて接着している。

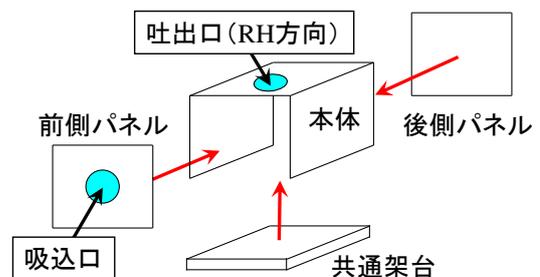


図 1 製品構造模式図

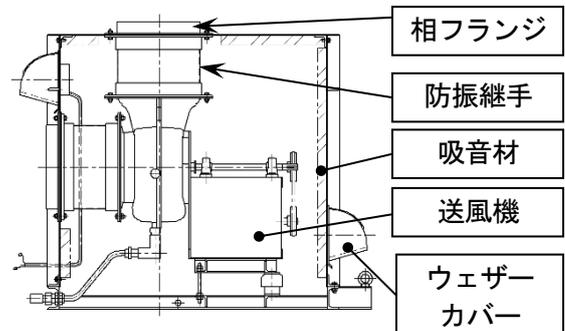


図 2 内部断面構造図

### 3. 部品の共通化

#### 3.1 方向性の無い形状

図3に示すように標準の3方向について、送風機吐出口から、ケーシングまでの距離を等しくした。

また、従来機では電動機位置によって変更していた換気口の位置を固定した。

これらの改善によって部品の方向性が無くなり、防振継手、共通架台、ケーシング等の部品を共通化することが可能となった。

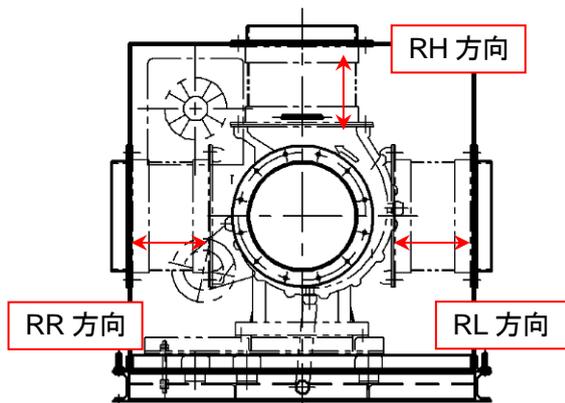


図3 標準の3方向

#### 3.2 製作方法の見直しにおける共通化

ケーシング寸法が吐出方向の影響を受けないため、製作方法を見直すことで、3種類の吐出方向に対して、2種類の部品で補うことが出来た。

また、従来品は換気ダクトとしてSS鋼板にて作製した部品をケーシングに溶接し、吸音材を内張りしていた。そのため工数が多くなり、生産効率の低下の原因となっていた。

それに対し、今回は、換気口に市販品のウェザーカバーを使用することで生産工程の短縮を行うことができた。

### 4. 減音効果について

#### 4.1 騒音測定

防音ボックスの減音効果を調査するため、騒音測定を行った。

音源はスピーカにて発生させた90dB(O.A.(C))のホワイトノイズ<sup>ii</sup>を用いた。

騒音測定位置はボックスの機側1mとし、吸込・吐出口に蓋をした状態にて、図4に示すようにA~Dの4点にて測定を行った。

図5に測定結果として、各中心周波数での騒音

レベルをC特性<sup>ii</sup>にて、オーバーオール値<sup>iii</sup>をA特性<sup>iv</sup>にて示す。

周波数毎の挙動はA、C位置とB、D位置とでそれぞれ類似しており、オーバーオール値がB、D位置に比べ、A、C位置で約5dB高くなっていた。

これは、A、C位置側に施工した換気口の影響であると考えられる。

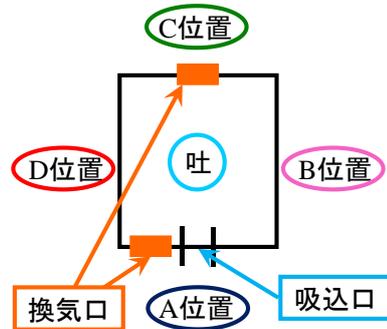


図4 騒音測定位置

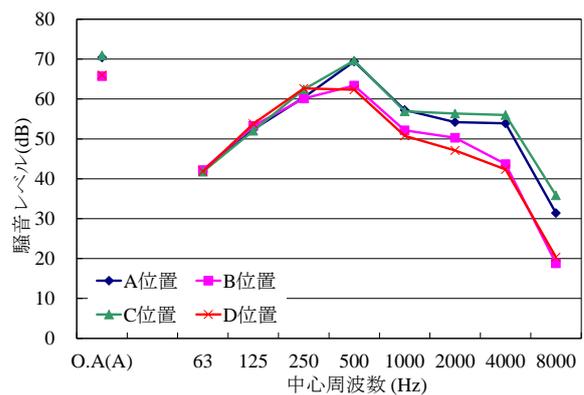


図5 騒音測定結果

#### 4.2 従来機との比較

従来機にて4.1と同様の試験を行い、その測定値を元に減音量の比較を行った。

比較結果について図6に示す。

減音量はオーバーオール値にて約15dBとなり、従来機の約18dBと比較して、約3dBの差がある。

この差異の原因として、底板に吸音材を施工していないこと、換気口に吸音ダクトを施工していないことが考えられる。

また、吸音材面積比で考えると、現行の約80%であり、 $18 \times 0.8 = 14.4$  (dB)と単純計算だが、吸音材の面積も影響していると推察できる。

以上より、従来機には劣るが、生産効率を改善した上での目標減音量12dBに対しては十分な減音効果を持つと考えられる。

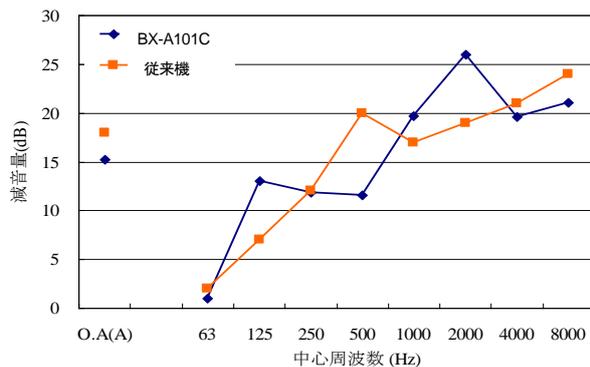


図6 従来機との減音量比較

## 5. ボックス内の温度

### 5.1 ボックス内許容温度の設定について

防音ボックス内は太陽光による外部からの加熱と電動機の発熱による内部からの加熱がある。

送風機で一般に使用している全閉外扇屋外形電動機の使用环境温度として、モーターメーカーの見解によると、冷却媒体である空気が40℃以下である必要がある。

よって今回の場合はBOX内平均温度が40℃以下であることが条件となる。

### 5.2 ボックス内温度測定

防音ボックスを直射日光の当たる屋外に設置し、温度測定を行った。

測定は夏場の晴れた日に行い、ボックス内に熱電対を設置し、送風機を運転した状態での温度変化を確認した。

換気扇は取り付けず、換気口のみ開放とした。

送風機は対応機種 CES101 における、ほぼ最大動力時の運転条件とし、電動機の発熱量が最も大きいと予測される状態にて実験を行った。

測定箇所はモータ外扇付近、ボックス内上部、ボックス内下部、換気口（吸気側）、換気口（排気口）とし、これらを平均したものをボックス内平均温度とした。

また、参考にボックス外部上板、外気温についても同様に測定を行った。

各測定箇所の温度について図7に示す。

ボックス内の各測定箇所の日中における時間平均温度は40℃前後であり、ボックス内平均温度は約40℃となった。

これは許容温度とほぼ同等の値だが、猛暑日、もしくは地域差により、数℃の上昇が見込まれ、風の強弱によってもボックス内の温度は上下する

と考えられる。

よって、40℃を超過する日があると予想され、現状、換気扇は必要であると判断した。

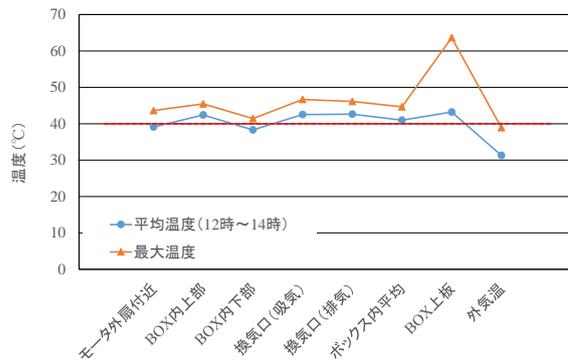


図7 ボックス内温度測定結果

### 5.3 換気口位置の固定

換気扇を取付けるにあたり、電動機位置に左右されない換気口位置を決定する必要であった。

そのため、5.2と同様の温度測定試験を行い、換気口位置による温度変化の差を確認した。

排気側換気口の位置は図8に示すように、①位置と②位置の2箇所とし、吸気口は1箇所のみとした。

測定結果として、ボックス内各場所の温度上昇値(測定温度と外気温の差)について図9に示す。

換気口位置による温度上昇値の差はほとんどみられないため、換気口の位置は電動機位置によらず、1箇所に固定することとした。

また、換気扇の有無による差は約6℃程であり、5.2の結果と比較し、ボックス内の温度は40℃以下に保つことが出来ると考えられる。

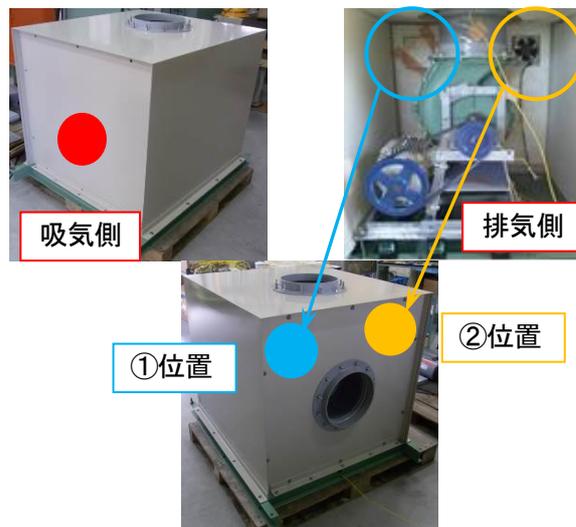


図8 換気口位置

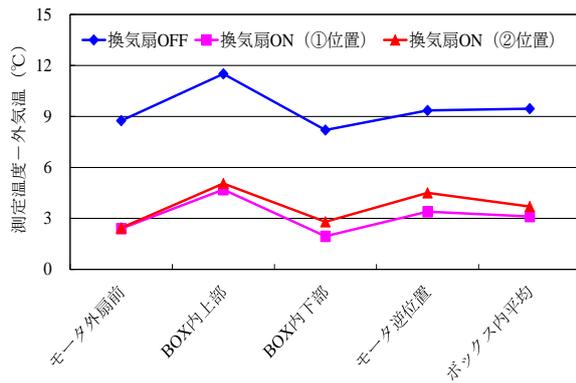


図9 換気口位置による上昇温度の比較

## 6. おわりに

今回、納入件数の多いCES101 1機種に的を絞リ、従来品の減音効果をそれほど低下させずに、部品の共通化による生産効率の改善を行った。生産工程、納期の短縮が顧客満足度の向上に繋がれば幸いである。また、この開発で得た知見を活かし、他製品にも応用したい。

### i ホワイトノイズ

不規則に上下し、すべての周波数で同じ強度となる音

### ii C 特性

各周波数に対してフラットに測定した音圧レベル

### iii オーバーオール値

各周波数の音圧レベルの総和

### iv A 特性

人間の聴覚が周波数によって異なる（低周波数で聞こえにくい）ことを考慮し、音圧レベルを人間の聴覚に近い形に補正したもの 一般に騒音レベルと呼ぶ

## 荷電式白煙除去装置モニタ実施例

環境装置事業部設計課 宮地 澄人

### 1. はじめに

酸ミスト、水溶性ヒュームによる白煙処理ニーズが根強く存在すると認識する中、従来の当社白煙除去装置 回転体スクラバでは、 $2\mu\text{m}$ 以下の白煙粒子に対して完全に除去できない領域となっている。

そこで発生ラインや既設設備で白煙処理に悩まれている顧客に対し荷電部（コロナ放電式）を規格スクラバや既設設備に組み込むことで、ガス処理+白煙除去が可能な荷電式白煙除去装置を開発した。

本報では、 $\text{SO}_3$ ヒューム処理を対象にした荷電式白煙除去装置モニタ機納入事例についてする。

### 2. 荷電式白煙除去装置概要

荷電式白煙除去装置は、有害ガスが同伴する $0.5\sim 2\mu\text{m}$ レベルの酸ミスト及び水溶性ヒューム白煙を高電圧に荷電し、静電気力で完全に消失させる。（＝白煙除去に特化した装置である。）但し、ガス処理は困難である為、スクラバと組み合わせた装置となる。

以下に本装置の特長を挙げる。

- ・低ランニングコストかつ高性能
- ・低圧損
- ・保守点検が容易（閉塞が無く、消耗品が無い。）

通常の電気集塵機と比べ、スクラバレベルの通過風速を採用しているため、設置スペースが小さく、イニシャルコストも低減している。

### 3. モニタ機

図1～2にそれぞれモニタ機外観、モニタ機フローシートを示す。

既設充填式洗浄塔（型式：TRS-D100,1997年製）排突ダクトから吸引ダクト（口径： $\phi 100$ ）を分岐させ、モニタ機にて $\text{SO}_3$ ヒュームの処理テストを行った。

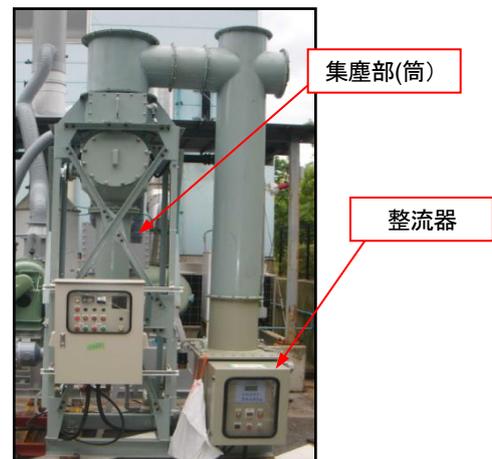


図1 モニタ機外観

図3にモニタ機の断面構造図を示す。

装置は、交流電流を直流高圧電流に変換する整流器、パイプに針状の突起を有した放電管（材質：Ti）、集塵筒（材質：導電性FRP）、直流高圧電流を放電管に流すブスバー、放電管を支持する碍子、碍子を耐食的に保護するためのヒータ及びシールファン、集塵筒を洗浄する散水ノズルから構成される。

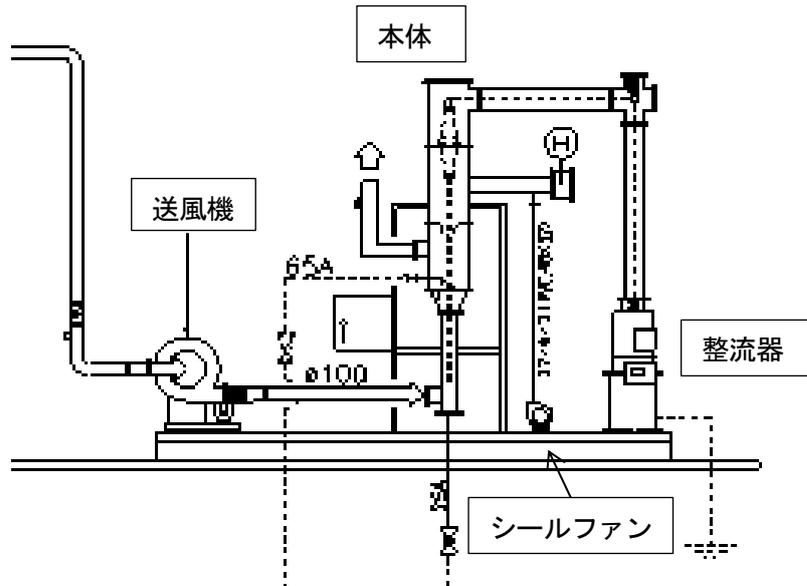


図2 モニタ機フローシート

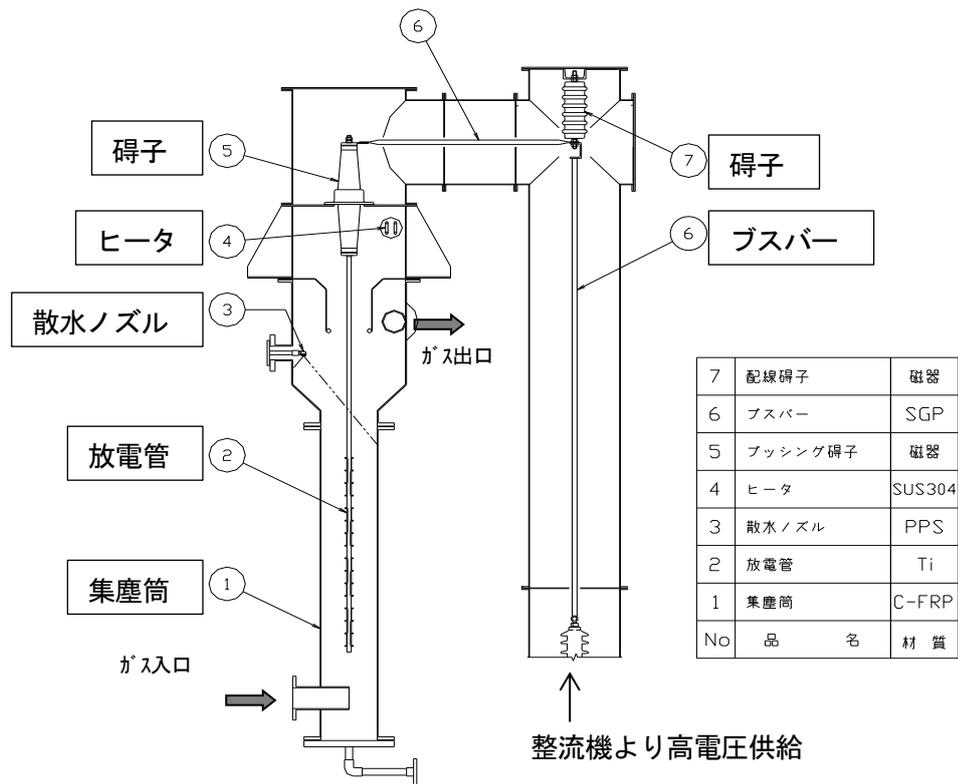


図3 モニタ機本体 断面構造図

モニタ機処理風量は、3~5m<sup>3</sup>/min、設置スペースは、2200W×3400L×4000H（前処理スクラバは含まない）、電気容量は、200V 3kW(送風機、ヒータ含む)、モニタ機専用にA種接地(10Ω以下)、集塵筒洗浄用水とし 4.5L/min(水圧 0.15MPa)×5min/day=23 L/day が必要となる。

放電管と集塵筒の間に 40kV 程度の電圧を加えると、放電管の突起部分にコロナ放電が発生し、周囲の気体に正イオン、負イオンが生じ、正イオンは放電管側、負イオンは集塵筒内壁へ移動する。その際、集塵筒に入った白煙粒子は、負イオンと衝突、荷電され集塵筒内壁に捕集される。捕集された粒子は、間欠的な洗浄により装置外へ排出される。

#### 4. 性能評価

##### 4.1 測定方法

風量は、熱線式風速計により調整し、白煙の除去の評価は、荷電時と荷電停止時の状況を目視にて確認した。また、モニタ機の入口、出口にて SO<sub>2</sub> ガス および SO<sub>3</sub> ヒュームをサンプリングし濃度を分析した。

サンプリングは、フィルタホルダーと過酸化水素吸収液の入った吸収瓶を連結し、等速吸引にてサンプリングした。SO<sub>3</sub> ヒュームは、フィルタ上に捕集されたもので、過酸化水素溶液に溶解(超音波洗浄による)させた後、硫酸イオンとしてイオンクロマトグラフ(DIONEX ICS-1500)により分析、換算した。SO<sub>2</sub> ガスは、吸収液をイオンクロマトグラフで同様に分析した。

モニタ機の操作条件は、以下のとおりである。

表 1. モニタ機 操作条件

項目	仕様
処理風量	3.6m <sup>3</sup> /min
ガス通過断面積	約 0.049m <sup>2</sup> (φ250)
通過風速	1.2m/sec
特高電圧	45kV (定格: 60kV)

##### 4.2 白煙処理状況

実際の製造工程から発生する成分は、SO<sub>2</sub> と SO<sub>3</sub> であり、白煙の原因物質は、SO<sub>3</sub> ヒュームである。

SO<sub>2</sub> ガスは、既設充填塔式洗浄塔にて処理されていたが、SO<sub>3</sub> ヒュームは、排突から白煙として排出されていた(図 4)。

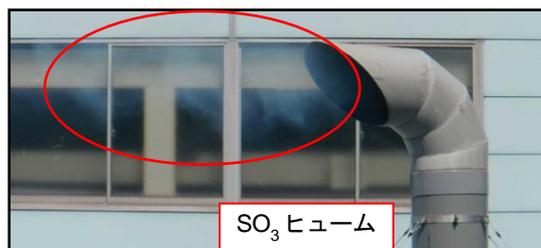


図 4 白煙発生状況(既設スクラバ排突)

図 5.にモニタ機 荷電時と荷電停止時の白煙処理状況を示す。

荷電停止時は、スクラバ排突同様に白煙が発生していたが、45kV まで荷電すると(写真右側)、白煙は目視で確認できないほど、十分に処理されていた。

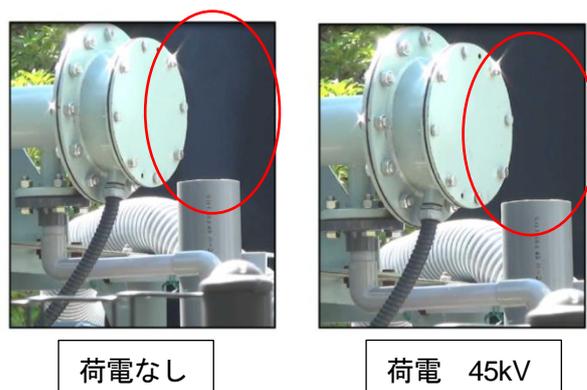


図 5 モニタ機の白煙処理状況

##### 4.3 SO<sub>2</sub> ガス,SO<sub>3</sub> ヒューム濃度分析結果

表 2.に SO<sub>2</sub> ガス及び SO<sub>3</sub> ヒューム濃度分析結果を示す。

今回のモニタ機には、ガス処理装置が付随していないため、SO<sub>2</sub> ガスは、ほとんど除去できていないが、SO<sub>3</sub> ヒューム除去効率は約 86%で、社内データと比較しても、モニタ機の除去効率は妥当であることを確認した。

表 2 SO<sub>2</sub> ガス,SO<sub>3</sub> ヒューム濃度分析結果一覧

	入口	出口	除去効率
SO <sub>2</sub>	141 ppm	139 ppm	1.4%
SO <sub>3</sub>	31 mg/Nm <sup>3</sup>	4.4 mg/Nm <sup>3</sup>	85.8%
温湿度	32.8°C/80.3%	32.3°C/69.2%	

---

## 5. おわりに

テストの結果、荷電式白煙除去装置が、実際の製造工程から発生される SO<sub>3</sub> ヒューム白煙の処理に適用できることが実証できた。

今後も要望があれば、モニタ機による性能確認を継続していく考えである。

モニタ機は、白煙除去装置本体のみの構成であるが、実装置は、処理風量 20~200m<sup>3</sup>/min でガス処理部（回転体スクラバ）と白煙除去装置本体を一体化したコンパクトな装置となる。本年度6月に処理風量 100m<sup>3</sup>/min の1号機を納入する予定である。

## 五軸制御型磁気浮上ポンプモニタ機

技術開発研究所 平楯 真男

## 1. はじめに

医薬品製造現場においては、安全性が高く優れた日本発の革新的な医薬品の創出が強く求められ、こうした安全性を確保する上でも製品に対する異物の混入を阻止するというニーズが強くなっている。また、半導体産業でも、高集積化に伴い、使用する薬液の高純度・高清浄性が求められてきている。それは、使用する薬液の純度が製品の品質に直結し、歩留まり向上等の効果に現れるためである。これらの製造工程で必要となる液体を移送する送液ポンプでは、その装置の軸受部からの発塵を抑えることが重要である。しかし、これまでは、駆動部に機械式ベアリングを使用しており、発塵をゼロにすることはできなかった。そこで、磁気浮上ポンプの開発に至った。

開発した磁気浮上ポンプは、図1に示すように、回転軸の方向をZ軸とするとスラスト方向（Z方向）の1箇所とラジアル方向（XY方向）の前後2箇所（2×2）の計五軸にて回転子の位置検出を行い、フィードバック制御にて浮上制御を行う五軸制御型磁気軸受となっており、インペラおよび回転子をポンプケーシング内に浮上させ、完全非接触支持を実現したポンプである。コンタミレスの他に、機械的接触のあるベアリング等の摺動部材がなくなるため、消耗部品がなくなり、メンテナンスフリーを実現することができる。また、送液の循環による軸受の冷却が、不必要となるため、空気混入運転等の軸受部の冷却が困難な状況でも異常熱発生等の問題が発生しない等の特長を有する。

本報では、モニタ機として完成した五軸制御型磁気浮上ポンプについて紹介する。

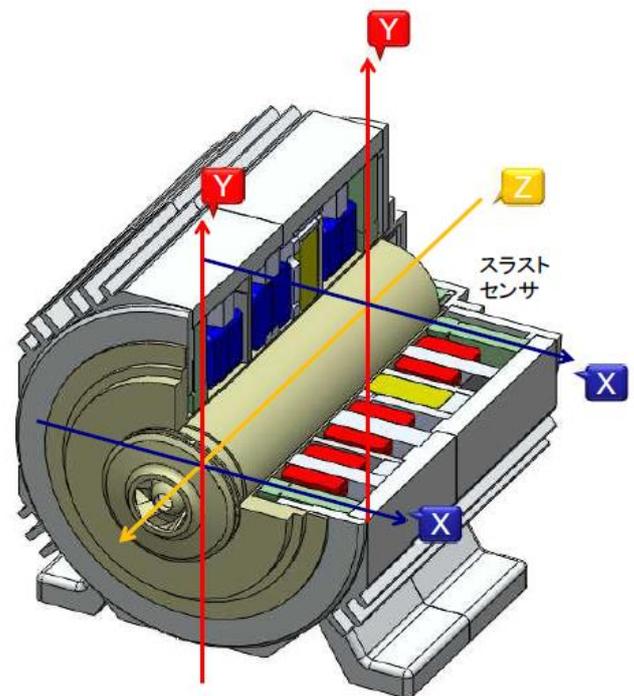


図1 五軸制御方式

## 2. 磁気浮上ポンプシステムの機器構成

図2に磁気浮上ポンプシステムの機器構成を示す。システムは、磁気浮上とシステム全体の制御を行うコントローラと、回転制御のみを行うインバータ、ポンプ本体の3つからなっている。浮上制御を行うコントローラと回転制御を行うインバータを分けることにより、今後、異なる容量の磁気浮上ポンプを開発した際に、汎用インバータのみの変更により対応することが可能となる。それぞれの働きは次に示したものとなっている。

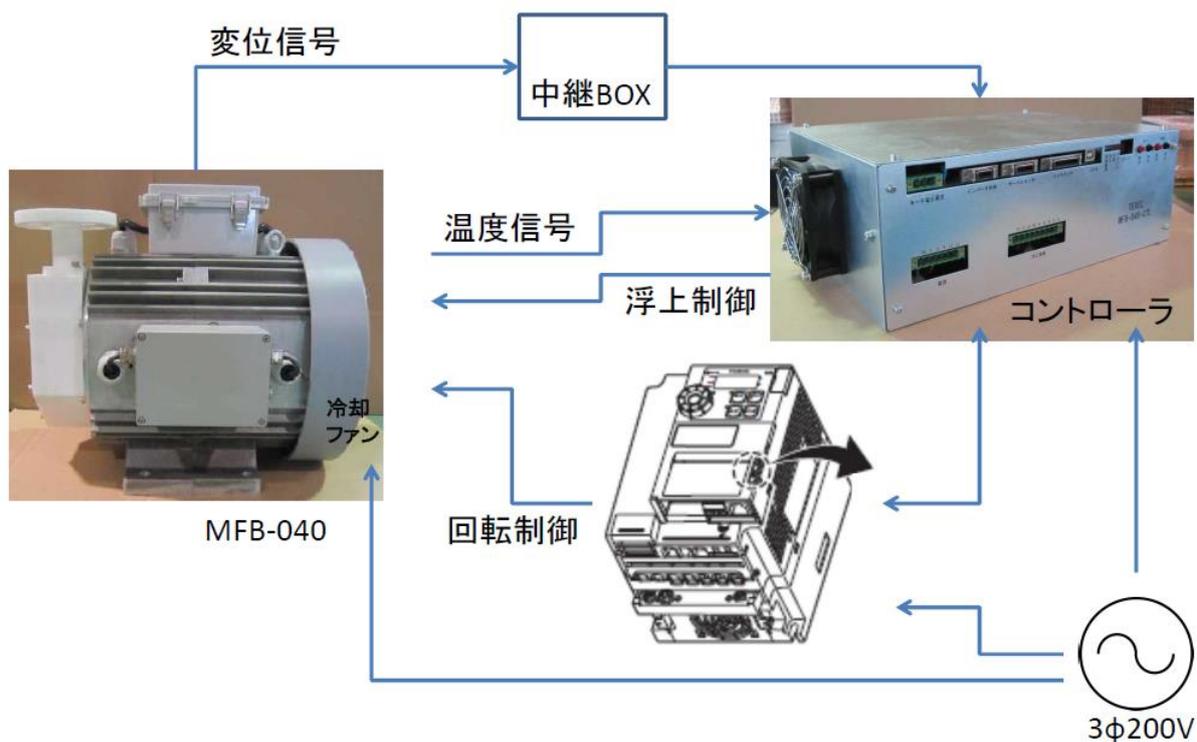


図2 磁気浮上ポンプ機器構成

## 2.1 コントローラ

図3にコントローラの前面を示す。磁気浮上のON/OFF、回転のON/OFFは、コントローラ前面のスイッチにより行われる。過電流・オーバーロード等の異常監視も本コントローラにより行われる。

また、運転回転数を変更する等の詳細な設定を行う際には、専用ソフトをインストールしたパソコンにより行うこととなる。

その他にパソコンからは、次のようなことができる。

- ・ 運転回転数の設定
- ・ 故障状態の監視
- ・ 浮上巻き線・電動機巻き線等の各巻き線の温度監視
- ・ 回転子の浮上位置浮上逸脱時にモータ自動停止
- ・ DRP機能<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DRP機能：DRP機能とは、ドライランプロテクタ機能の略であり、電動機運転電流値を監視する。空運転もしくは空気混入運転時には、電動機負荷が急激に減少し、電流値が低下することを利用して、異常運転を判定し、安全にポンプを停止することができる機能のことである。



図3 コントローラ前面

## 2.2 インバータ

市販インバータのPMモータ<sup>2</sup>制御モードを利用して運転を行う。コントローラの制御信号に従って、インペラを回転させるための電流制御を行う。

## 2.3 ポンプ本体

図4にポンプの接液部材質を示す。接液部材質は、インペラと回転子ライニングが、PFA、リアケーシングがPTFE、ケーシングが、PTFE製となっている。すべてフッ素樹脂であり、回転子ライニング、リアケーシングは、2mm以上の厚みを確保し、耐蝕性と耐浸透性に配慮したものである。

<sup>2</sup>PMモータ：回転子導体部分に永久磁石（Permanent Magnet）を埋め込んだ構造をもつ同期モータのこと。

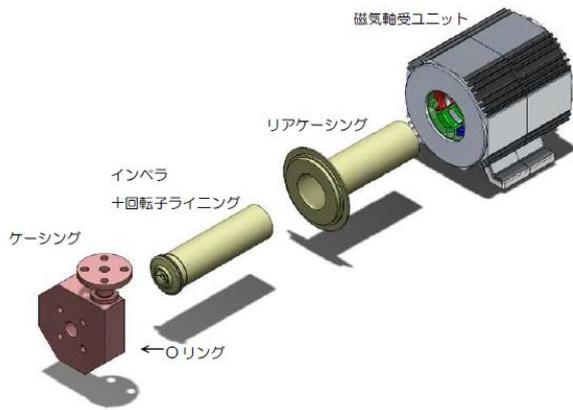


図4 接液部材質

### 3. モニタ機仕様

ポンプの吸込口径は、40A。吐出口径は25Aとなっており、一般のJIS10Kフランジが接続できる仕様となっている。図5に外形寸法図を示す。最大流量は、180 L/min、最高回転数である5000min<sup>-1</sup>では、締め切り点付近で最高揚程34mとなっている。電動機は、屋内仕様で出力は3kW相当、許容液体温度は40℃である。

また、すべり軸受は存在せず、送液での冷却水が不要であることから、連続的な空気混入に対して安定した運転が可能となっている。

### 4. 実際の磁気浮上運転状況

図6に5000min<sup>-1</sup>運転での回転子の各軸での変

位を示す。回転子とリアケーシングのすきまは2mmであるのに対して、X軸方向およびY軸方向の変位は350μm以下であり、安定的に制御されていることがわかる。また、その時のZ軸方向の変位を図7に示す。Z軸方向の変位は、さらに少なく100μm以下となっており、回転子前後方向でも安定制御がなされていることがわかる。

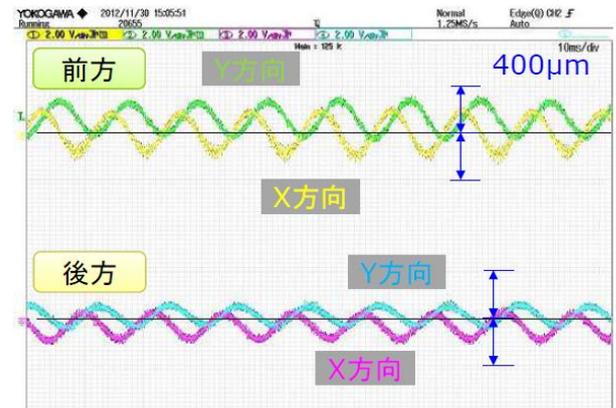


図6 5000min<sup>-1</sup>運転時の回転子のラジアル方向の変位



図7 5000min<sup>-1</sup>運転時の回転子のスラスト方向の変位

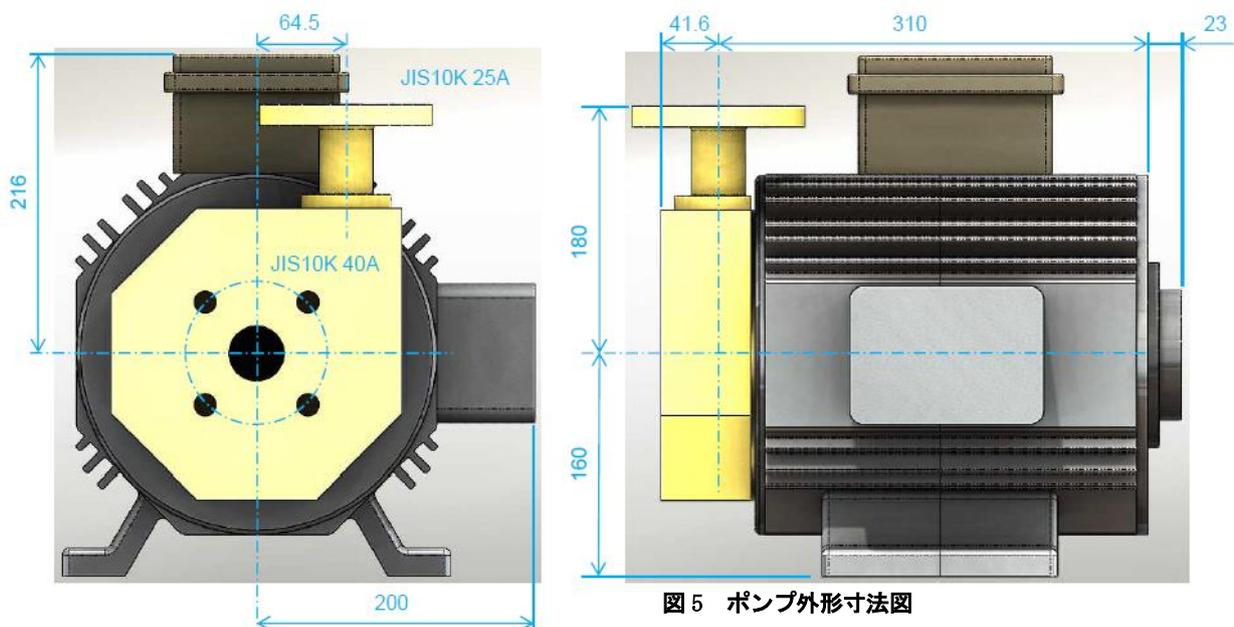


図5 ポンプ外形寸法図

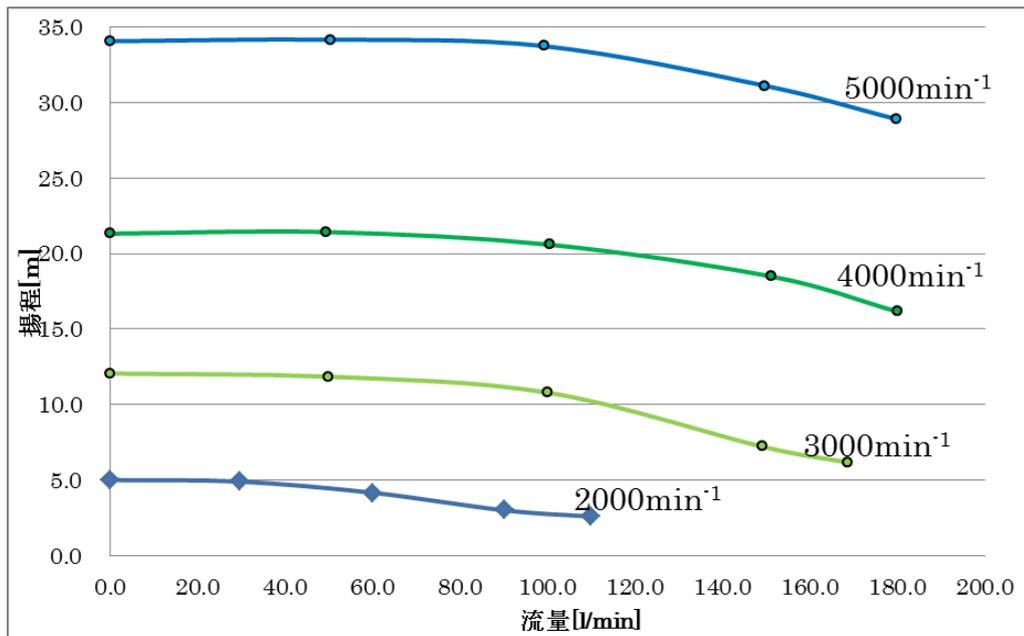


図8 ポンプの流量と揚程の関係

## 5. ポンプ性能

図8にポンプの流量と揚程の関係を示す。本ポンプは、コントローラの設定により最高5000min<sup>-1</sup>まで無段階に回転数を制御できる。代表として、1000min<sup>-1</sup>毎での関係を示した。様々な仕様点において無駄なくジャストフィットした性能で運転することができる。

## 6. おわりに

完全非接触駆動を実現した磁気浮上ポンプは、コンタミレス等のクリーンな送液だけでなく、機械的摺動部がないことによる長寿命、五軸制御型であることによる安定制御等、多くの特長を有する。また、連続的空気混入運転にも対応でき、クリーンだけでなく、過酷な状況下でも安定した運転が可能となっている。現在、異なる仕様やさらに改善した製品の検討を行っている段階であるが、モニタの要望があれば、弊社、営業所までお願いしたい。

今回紹介した五軸制御型磁気浮上ポンプが、半導体産業、医薬品関連産業や様々な産業分野での新たな付加価値創出の一助になれば幸いである。

## スクラバ循環タンクの劣化診断事例

技術開発研究所 杉本 健一

## 1. はじめに

化学系工場をはじめとして半導体工場や製鉄工場などにおいては、様々な酸やアルカリといった腐食性薬品を必要とする工程が多い。それらの薬品と接触する耐食部材には、プラスチックを基とした材料が主として用いられている。特に、薬液タンクやダクト、スクラバといった剛性と強度が耐食性に加えて要求される構造体に対しては、繊維強化プラスチック（FRP）が用いられる。

FRP は耐食性に優れているとため、腐食が極めて緩慢に進行するが、この故にその劣化の兆候や状況を正確に把握することが困難であるという問題がある。特に、比較的低濃度の薬品を常温付近で使用する場合、設置から 20 年以上経過したものでも継続して稼働している例は少なくない。しかしながら、老朽設備の継続使用は、突発的な事故による経済的な損失に加え、敷地内外の環境汚染や健康被害など、各種の甚大な損失の原因になり得る場合がある。

既報<sup>1)2)</sup>においては、非破壊検査手法である超音波探傷技術を応用した手法による経年塩酸系タンクの評価事例などを紹介した。本報では、稼働中の経年スクラバの苛性ソーダ循環タンクについての評価事例を報告する。尚、本スクラバは稼働中であるため、バーコル硬度やサンプルの切り出しといった破壊試験は実施していない。

## 2. スクラバ仕様

本スクラバは、1987 年に設置され、現在も稼働中である（当社製、27 年間使用）。塩酸ガスを苛性ソーダによって洗浄する装置であり、循環タンク内には常時 pH12 前後の苛性ソーダが貯蔵されている。

FRP は全体的に飴色を呈しており、構成樹脂は

ビスフェノール系の不飽和ポリエステルである。

経年による汚れはあるが、表面樹脂の損耗のような顕著な劣化の兆候は見られなかった。これは、タンクが日陰になることで直射日光を受けず、紫外線劣化が生じていないことによるものと考えられる。また、図 1 に示すように飴色の FRP の広範囲において FRP 内部の白い斑点模様が確認された。多くの場合、このような白化現象は層間はく離に見られる現象であるため、以後は白化部分と健全部分と称して評価を行った。

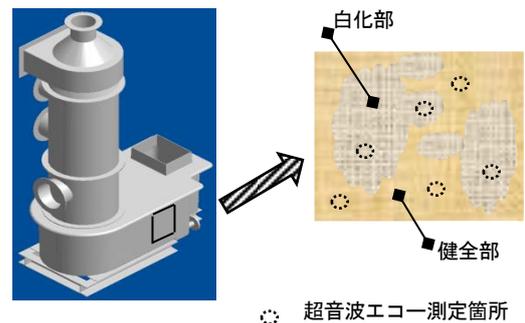


図 1 超音波エコー測定箇所

## 3. 超音波エコーの測定

## 3.1 測定方法

図 1 に示すように、健全部分と白化部分のそれぞれ無作為に決定した 5 個所の超音波エコーの測定を以下の要領で実施した。

- ・測定箇所における探触子と密着させるためにサンドペーパー（#60）による平滑化処理を行った（本品のようなハンドレイアップ成形による FRP 表面は凹凸があるため。測定完了後にトップコートを塗布）。
- ・平滑化した個所に探触子を押し当てて超音波エコーを測定した。

エコーの測定には、汎用の可搬型超音波探傷器（UI-25S、菱電湘南エレクトロニクス）と広帯域型探触子（4708\_2C15N-DL、2.2MHz、帝通電子研究所）を使用し、ゲイン50dBの条件とした。

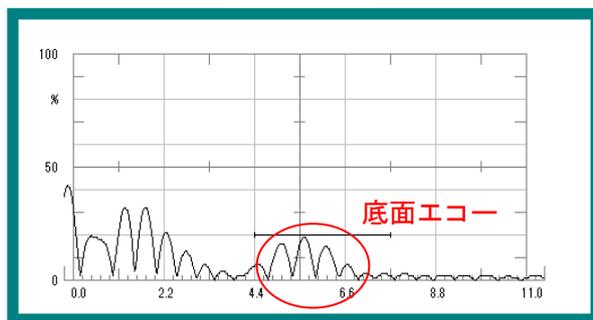
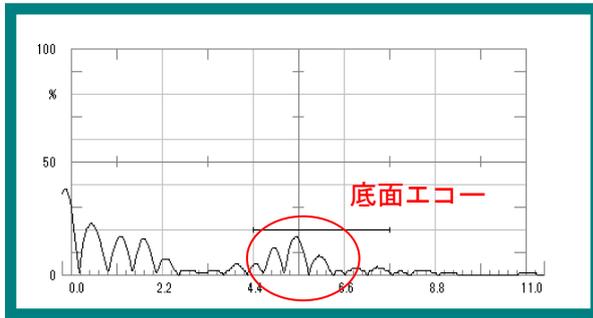


図2 循環タンクのエコー波形

### 3.2 エコー波形

図2に健全部、白化部それぞれにおける典型的なエコーと測定表面からの距離の関係を示す。健全部、白化部ともに表面からの距離が約5.5mmでエコーのピークが見られた。これは測定表面の反対面からの反射エコーを示しており、このことから当該部位の板厚が約5.5mmであることがわかる。

測定した5か所のエコー強度と板厚の関係をプロットしたグラフを図3に示す。健全部、白化部ともにエコー強度や板厚がばらついていることがわかる。このように、外観からは明らかに層間はく離であると判断できる白化部と健全部の超音波エコーには大差が見られなかった。図4に示すように、板厚はばらつきの範囲でほぼ同等であることから、はく離が生じているのは接液側の表面層であり、板厚方向の大部分は健全な状態にあったと考えられる。これにより、エコーには違いが見られなかったものと推察される。

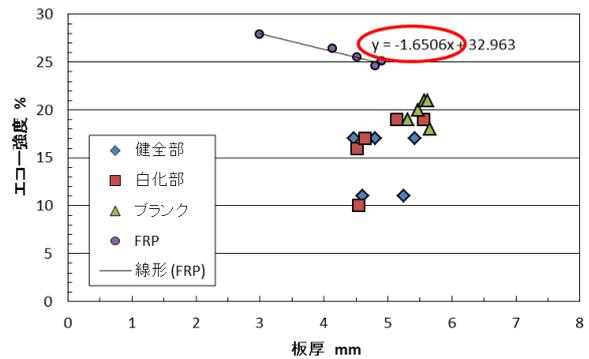


図3 エコー強度と板厚の関係



図4 ブランク材のエコー測定

### 3.3 ブランク材の超音波エコー

経年した既設品の劣化度合いを推定するにあたり、新品同等のブランク材と比較する必要がある。そこで、既設品と同様のガラス繊維積層構成（SM+M+M+M+R+M）によりブランク材を製作した（SM：サーフェスマット、M：チョップドストランドマット、R：ロービングクロス）。

ブランク材の超音波エコーを測定するにあたり、測定条件として苛性ソーダを貯蔵したタンクの測定と同様とするため、ブランク材の片面を水に接した状態でエコーを測定した（図4）。図3に5か所の超音波エコーと板厚のプロットを示す。ブランク材は実際のタンクと比較して約1mm大きいことが分かった。

### 3.4 板厚補正による超音波エコーの比較

超音波は透過距離が長くなるほど減衰するため、同材質においても板厚が異なればエコー強度も異なる結果となる。図3に板厚3mm～5mmの5枚のFRP板におけるエコーと板厚の関係を示すが、板厚の増加にしたがってエコーが線形的に減少し

ている。この線形関係を最小二乗近似によって求め、タンクとブランク材がそれぞれ板厚 5mm とした場合のエコー強度を式(1)により換算した。

$$B1_{5t} = B1_{exp.} - 1.65 \times (5 - t_{exp.}) \quad (1)$$

ここで、B1 はエコーレベル、t は板厚であり、添え字の 5t は板厚 5 mm、exp. は実験値であることを示す。補正係数となる -1.65 は、図 3 に示す近似直線の勾配である。タンクにおける健全部と白化部、ブランク材それぞれの板厚 5mm におけるエコー強度換算値を図 5 に示す。板厚をすべて 5mm としたときのエコー強度は、ブランク材が概ね高い傾向を示した。板厚換算値においても健全部と白化部には局所的な差は見られるが、全体として違いは見られなかった。

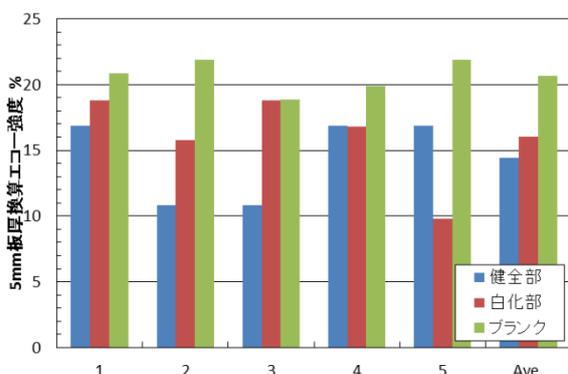


図 5 5mm に換算したエコー強度

次に、エコー強度比としての循環タンクとブランク材のエコー強度の比を図 6 に示す。エコー強度比は、循環タンク 5 か所の測定したエコー強度をブランク材の平均エコー強度で除した値とした。健全部、白化部ともにばらつきが大きく、最大で 90%、最小で 50%のエコー強度比となった。

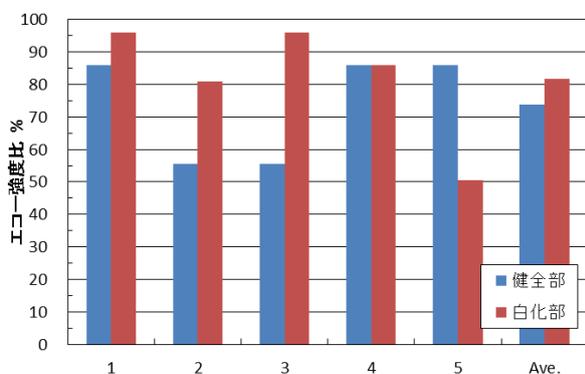


図 6 循環タンクのエコー強度比

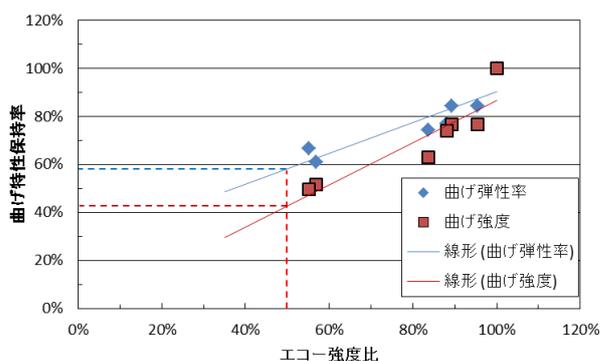


図 7 曲げ特性保持率とエコー強度比の関係

#### 4. 合否推定

超音波エコーの測定結果より、経年循環タンクはブランク材と比較して、最大で約 50%低下していることがわかった。図 7 にビニルエステル樹脂からなる FRP の曲げ特性保持率とエコー強度比の関係を示す。曲げ特性保持率とは、15%苛性ソーダ (70°C) への浸漬により促進劣化させた FRP サンプルを定期的に引き上げて測定した曲げ弾性率、曲げ強度をブランク材の弾性率、強度で除した値である。

樹脂の種類は異なるが、苛性ソーダに対して同様の挙動を示すと仮定して、図 7 に循環タンクのエコー強度比 (最小値の 50%) を適用すると、対応する曲げ弾性率、曲げ強度は、それぞれブランク材と比較して 58%、43%となることわかる。循環タンクのブランク材の曲げ弾性率、曲げ強度はそれぞれ 6390MPa、167MPa であるため、循環タンクにおいては曲げ弾性率 3710MPa、曲げ強度 70MPa と推定できる (表 1)。

JIS K7012「ガラス繊維強化プラスチック耐食貯槽」<sup>3)</sup>で要求される曲げ弾性率、曲げ強度はそれぞれ 4800MPa 以上、108MPa とされているため、エコー強度比の最小値で判定した場合、今後の使用は不可となる。エコー強度比の平均値においても要求される特性値とほぼ同等であり、今後の長期使用は避けるべきと判定できる。

表 1 曲げ特性の要求値と推定値

	ブランク	要求値	既設品推定値	
			最小	平均値
曲げ弾性率 (MPa)	6390	4800	3710	4860
曲げ強度 (MPa)	167	108	70	112

JIS K7012 表 3 より引用

## 5. おわりに

約 27 年間使用され、現在も稼働中のスクラバ循環タンク（苛性ソーダ貯蔵）の劣化診断を試みた。その結果、循環タンクの超音波エコーブランク材の超音波エコー、曲げ特性、そして基礎データとして収集した苛性ソーダ浸漬 FRP の超音波エコーと曲げ特性から現状の曲げ特性が推定できることが明らかとなった。

### 付録

被測定物底面におけるエコーの反射について、底面が気相に接する場合は入射波のほぼすべてが反射する。これは、式(2)に示す式で与えられる。

$$R = \left| \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \right| \quad (2)$$

ここで R はエコーの反射率、Z は音響インピーダンスを示し、添え字の 1、2 はそれぞれ入射側、反射側の媒質を示す。音響インピーダンス Z は、 $Z = \rho C$

で求められ、 $\rho$ 、C はそれぞれ媒質の密度、音速である。この式からわかるように、媒質間の音響インピーダンスの差が小さい場合は反射よりも透過が支配的になる。

FRP 中を透過したエコーが気相と接する底面に反射する場合、FRP（密度  $1350\text{kg/m}^3$ 、音速  $2150\text{m/s}$ ）と空気（密度  $1.204\text{kg/m}^3$ 、音速  $343\text{m/s}$ ）の音響インピーダンスはそれぞれ、

$$\begin{aligned} Z_{\text{FRP}} &= 1350 \times 2150 = 2902500 \\ Z_{\text{air}} &= 1.204 \times 343 = 413 \end{aligned}$$

となり、反射率は

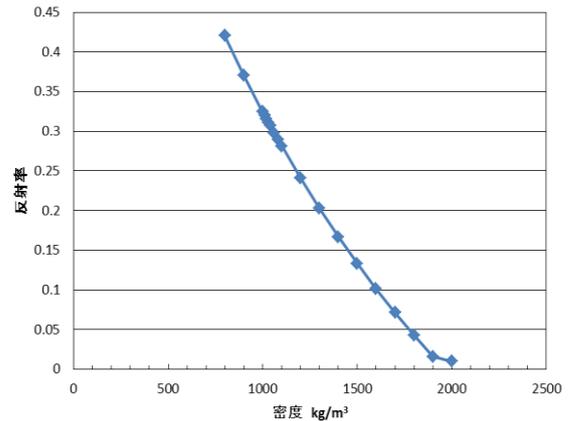
$$R = \left| \frac{413 - 2902500}{413 + 2902500} \right| = 1.000$$

となり、エコーは全反射することになる。一方の水（密度  $998.22\text{kg/m}^3$ 、音速  $1480\text{m/s}$ ）の音響インピーダンスは  $1477366$  となり、反射率は  $0.325$  となる。したがって、底面が水と接している場合は、空気と接している場合の  $1/3$  程度のエコー強度となるため、底面の接触状態はエコー測定に大きく影響する。

また、音響インピーダンスは密度と音速の積であるため、濃硫酸のような密度の高い液体におけ

るエコーの反射率は、水と比較してもさらに小さくなり、エコーの評価が困難となる。図 a は液体の密度を変化させ、音速が不変とした場合の反射率を示す。密度が濃硫酸と同等の  $1800\text{kg/m}^3$  になると、エコーの反射率は  $0.0428$  となり、ほとんど測定ができないことを示唆している。

本報における苛性ソーダの濃度は  $1\%$ 未満であり、密度と音速はともに水と同等とみなすことができるため、ブランク材は水を用いた相対評価で問題ないとした。



### 参考文献

- 1) 杉本健一; 超音波を用いた FRP の劣化診断事例, TEXEL 技報, pp.15-19, Vol.1(2012).
- 2) 杉本健一; 超音波による FRP の劣化診断事例 第 2 報 廃塩酸タンクの診断事例, TEXEL 技報, pp.16-21, Vol.4(2014).
- 3) JIS K7012, ガラス繊維強化プラスチック耐食貯槽, 日本工業規格(2013).

## 低透過性弗素樹脂について

技術開発研究所 中川 祥示

## 1. はじめに

古くからプラスチックやゴムなどの高分子をガスが透過する現象は、報告されている。当社のマグネットポンプには、耐薬品性の高い弗素樹脂が使用されているが、弗素樹脂も高分子材料であるため、酸性ガスが透過し、非耐食材料を腐食させたり、劣化させたりする場合がある。そこで、各種弗素樹脂の膜について塩酸 35%の透過速度を測定、透過性の評価を試みた。

本報では、透過速度測定の概要と低透過性弗素樹脂を用い、マグネットポンプリアケージングやインナーマグネット被膜の成形を試みた例を報告する。

本製品は、現在モニタを実施中で、長期間、問題なく運転できている。従来品からかなり寿命を延ばすことが期待できる。

## 2. ガス透過理論 [1]

ガス透過とは、まず、ガスが高分子膜の表面に溶解し、次に濃度の低い方に向かって膜中を拡散し、反対側の膜の表面から蒸発する現象である。

高分子に溶解する度合は、圧力に比例することが知られており、一般にガス、高分子膜の種類により異なる。一方、拡散度合は、膜分子間の空間をガス分子が通過する現象で、一般的にガスの分子量が大きいほど、膜密度が高いほど通過しにくくなる。

図1に気体透過モデルを示す。

単位面積、単位時間に透過する量  $q$  は、次式で表され、膜の厚さ  $L$  に反比例し、ガスの拡散係数  $D$  及び濃度差  $(C_1 - C_2)$  に比例する。

$$q = D (C_1 - C_2) / L \quad (1)$$

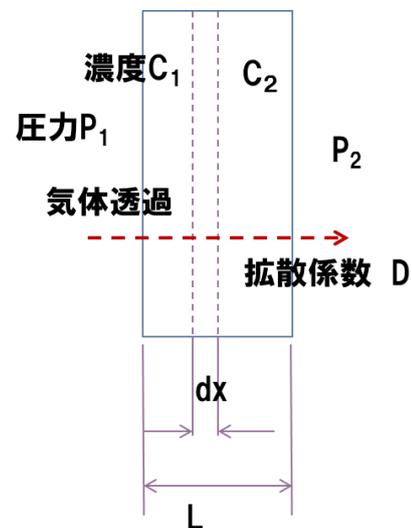


図1 ガス透過モデル

一方膜表面では、

$$C_i = S P_i \quad S: \text{溶解度係数} \quad (2)$$

が成立するため、

$$q = DS (P_1 - P_2) / L \quad (3)$$

拡散係数  $D$  と溶解度  $S$  の積  $p$  が透過係数と呼ばれるもので、透過係数が大きいほど、透過しやすいということになる

$$p = qL / (P_1 - P_2) \quad (\text{mol} \cdot \text{cm} / \text{cm}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{atm}) \quad (4)$$

## 3. 塩酸透過係数測定方法

## 3.1 実験装置

図2に示すように、プラスチック膜により仕切

った容器の片側に塩酸 35%をいれ、もう一方に超純水をいれた後、超純水側の濃度変化を測定した。室内温度は空調により 20~25°Cに保った。

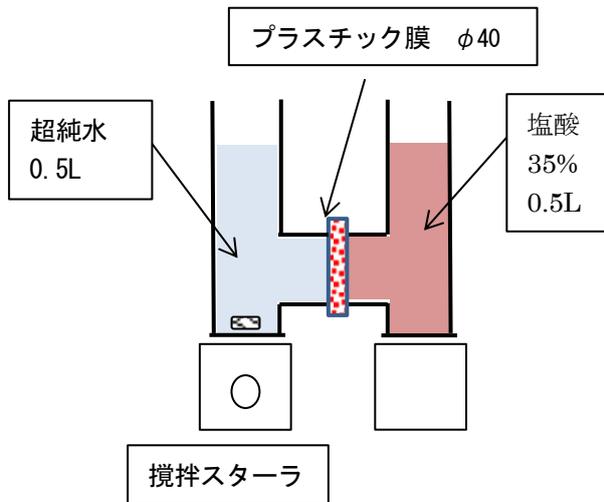


図 2 実験装置図

塩酸濃度は、イオンクロマトグラフ(DIONEX ICS-1500)を用い測定し、樹脂膜厚の測定はデジタルマイクロメータによった。

供試プラスチックサンプルは、PFA、変性 PFA、PVDF、ETFE、PP、 $\delta$ の 0.1~0.2 $\mu$ m の 5 種類の膜で、プレス加工にて成形したものである。

### 3.2 透過係数、拡散係数の算出方法 [1]

横軸に時間、縦軸に単位時間、単位面積、単位膜厚あたりの透過量をプロットすると、図 3 の傾向を示す。初期は、ほとんど透過せず、一定の時間を経たのち直線的に濃度が上昇する。初期状態は、膜を塩酸ガスが拡散する状態にあたり、膜の裏面に到達した時間(以後、透過到達時間と呼ぶ)から塩酸ガスの拡散係数を算出する。

$$\theta = L^2/6D \quad (5)$$

式(5)からわかるように、透過到達時間は、膜厚の二乗に比例する。

直線的に濃度が上昇する期間は、定常状態に達したことを示しており、その傾きが透過速度となり、式(4)により透過係数を算出する。

拡散係数が小さいほど、透過到達時間が遅くなり、透過係数が小さいほど、透過しにくい(低透過

性)プラスチックであるということである。

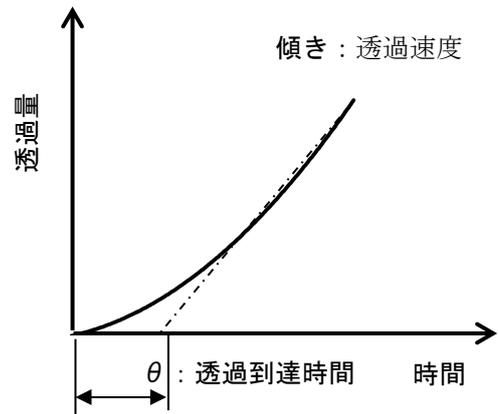


図 3 透過量の経時変化パターン

## 4. 各プラスチック膜の塩酸透過性比較

図 4 に各膜についての透過量の経時変化を示す。

各膜とも、図 3 に示すパターンで透過量が上昇しているのが分かる。

汎用プラスチックである PP は、4 種の弗素樹脂に比べ、透過速度が大きく(傾きが大きい)透過到達時間も短くなった。

図 5 にそれぞれ透過量の経時変化より算出した弗素樹脂の透過係数、拡散係数の比較を示す。拡散係数については、あまり差が表れなかったが、透過係数には差が認められた。

透過性の小さい順に

変性 PFA < PFA  $\approx$  PVDF < ETFE

であった。

特に変性 PFA については、透過係数が PFA の 1/18 であった。変性 PFA は、透過到達時間が長くなるわけではないが、透過速度がかなり抑えられるため、低透過性樹脂だと言える。

また、耐薬品性や機械的強度は PFA と同等であり、PFA と比べ低融点であるが 200°C 以下の条件で熱による機械的劣化がないことも確認されている。塩酸、弗化水素、硝酸、塩素水など、酸蒸気の透過心配される場合には有用な樹脂である。

ちなみに、硫酸 98% で同様の透過試験を行うと、硫酸が不揮発性であるため、硫酸透過は認められなかった。

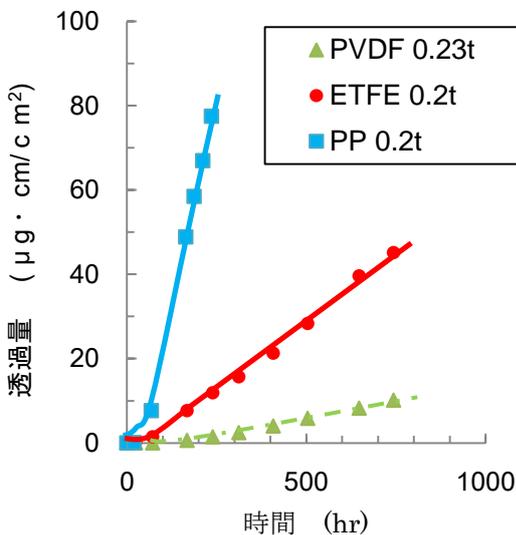
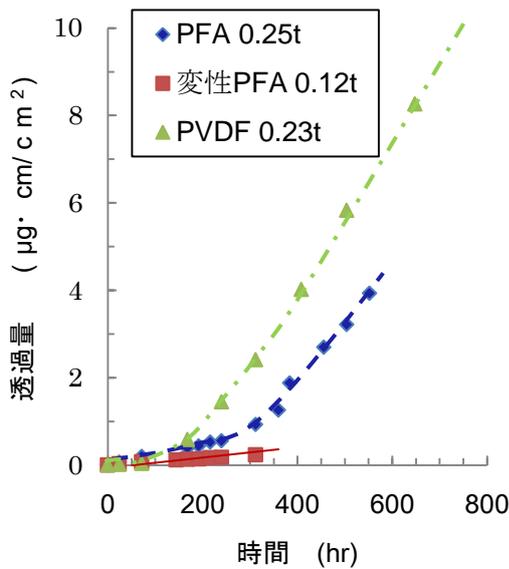


図4 各プラスチック膜における塩酸透過量の経時変化

### 5. 低透過性弗素樹脂によるポンプ部品の成形

マグネットポンプについて、リアケーシングの破損や内部インナーマグネット被膜の膨潤という現象が起きる場合があるが、原因は酸ガスの透過である。リアケーシングについては、高耐蝕高強度FRP、SiC製、また、インナーマグネットについてはチタン製で対応するが、高価であり、低透過性弗素樹脂で射出成形が可能であれば、廉価部品として供給が可能となる。

図6,7にそれぞれリアケーシングと内部インナーマグネット被膜について低透過性樹脂成形品の外観を示す。成形条件を検討することにより、問

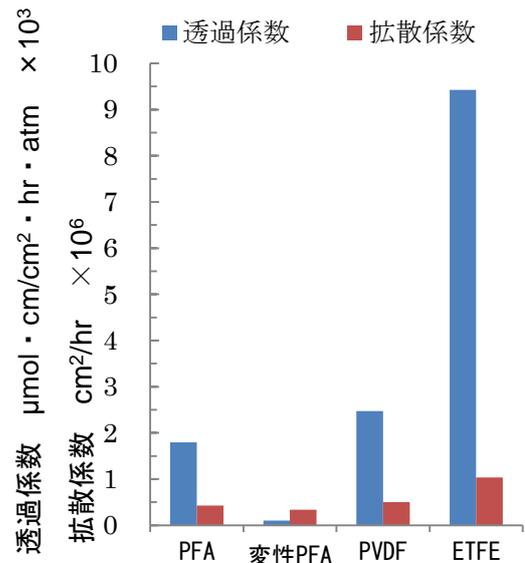


図5 各弗素樹脂膜の塩酸透過性比較

題なく成形を行うことができた。製品にした場合、成形条件や残留応力が透過係数に影響することがあるため、現在、成形品のモニタを実施中である。浸透問題で困られている方々に製品として提供できれば幸いである。

### 6. まとめ

- ・4種の弗素樹脂について透過性を調査した。
- ・その中で変性PFAが低透過性樹脂として評価できた。
- ・変性PFAは、PFAと同様の耐薬品性、強度を有しており、マグネットポンプのリアケーシング、インナーインナーマグネット被膜の成形が可能であった。

### 7 参考文献

[1] 伊藤, “高分子皮膜の透過遅れ時間から拡散係数の算出,” 工業化学雑誌 第63巻 第5号, pp. 181-185, 1960.



図6 低透過弗素樹脂リアケーシング成形品



図7 低透過性弗素樹脂  
インナーマグネット被膜成形品

---

<sup>i</sup> PFA：テトラフルオロエチレンとパーフルオロアルキル  
ビニルエーテルの共重合体

変性 PFA：PFA の主鎖に弗素系成分を導入したもの

PVDF：ポリ弗化ビニリデン

ETFE：テトラフルオロエチレンとエチレンの共重合体

PP：ポリプロピレン

## IE3 規格 VT モーター

技術開発研究所 高梨 武

## 1. はじめに

2015年4月1日より、経済産業省が進めている「トップランナーモーター」が施行されることになった。トップランナーモーターはIE3規格に乗っ取り、従来はプレミアム高効率と呼ばれていたモーター（以降IE3モーターと記す）である。

一方、CES-V形に搭載されるVTモーターは端子箱内部にインバータ基板を搭載して可変速制御できる、インバータと一体型になったモーターである。端子箱に設置されたキャップを外して回転数調整用トリマを運転しながら操作することができるので、風量や静圧調整が細かく設定できる。VTモーターはドラフトチャンバに多数採用されており、ドラフトチャンバの全面扉を開けながら風速を測定し、排気ファンの能力を調整する際に非常に便利である。

トップランナー制度はVTモーターも該当するので、モーターはIE3に変更される。本報では変更点などの概略を説明する。

## 2. トップランナー制度

トップランナー制度は産業用誘導モーターに適用される。次の条件を満たす三相かご形誘導電動機に適用される。以下に条件を示す。平成25年6月28日付の「三相誘導電動機判断基準小委員会最終とりまとめ」による。

- ① 定格周波数又は基定周波数が 50Hz±5% のもの、60Hz±5%のもの又は 50Hz±5% 及び、60Hz±5%共用のもの
- ② 単一速度のもの
- ③ 定格電圧が 1,000V 以下のもの

- ④ 定格出力が 0.75kW 以上 375kW 以下のもの
- ⑤ 極数が 2 極、4 極又は 6 極のもの
- ⑥ 仕様の種類が以下の（ア）または（イ）の条件に該当するもの
  - （ア）電動機が熱的な平衡に達する時間以上に一定負荷で連続して運転する連続使用のもの
  - （イ）電動機が熱的へ以降に達する時間より短く、かつ、一定な負荷の運転期間及び停止期間を一定周期として、反復する仕様で、一周期の運転期間が 80% 以上の負荷時間率をもつもの
- ⑦ 商用電源で駆動するもの
 

ただし、以下のものは除く

  - （A）機械（例えば、ポンプ、ファンおよびコンプレッサ）に組み込まれ、機械から分離して試験ができないもの
  - （B）インバータ駆動専用で作られたもの

## 対象範囲の適用除外適用除外

- ① 特殊な用途に使用されるもの
- ② 技術的な測定方法、評価方法が確立していないもの
- ③ 市場での使用割合が極度に小さいもの
  - （1）絶縁等級が H、N、R および 250 のもの
  - （2）デルタスター始動方式のもの
  - （3）船舶及び海洋構造物用に設計されたもの
  - （4）液体中で使用される構造のもの
  - （5）防爆形のもの
  - （6）同期速度と回転子速度との差の比率が以下の条件に該当するもの（ハイスリップモーター）

- (ア) 出力が0.75kW以上、110kW以下の場合：5%以上
- (イ) 出力が110kW以上、375kW以下の場合：3%以上
- (7) ダム及び堰のゲート用に設計されたもの
- (8) 固定子又は回転子を金属材料で覆ったもの（キャンドモータ）
- (9) 極低温環境下のもの
- (10) インバータ駆動専用で作られたもののうち、他力通風形のもの

VTモータのうち0.75kWおよび1.5kWの定格出力は適用条件をすべて満たすのでトップランナー制度が適用される。

また、該当する出力の目標基準値は表1の通りとなる。

表1 IE3モータの目標基準値

定格周波数又は 基底周波数	定格出力	目標基準値 [%]	現行機 (参考)
60	0.75kW以上 0.925kW未満	85.5	81.0
	0.925kW以上 1.85kW未満	86.5	82.6
50	0.75kW	82.5	79.0
	1.5kW	84.1	80.7

現行機に対して3~4%ポイント程、効率が上昇している。効率上昇は当該モータのように使用頻度が高い使い方をされるのであれば、省エネ効果も高い。また表1より、日本国内は50Hz地域と60Hz地域が混在しており、両周波数での目標基準値の達成は技術的には困難な面も有する。なお、本モータの規定周波数は60Hzに設定している。

表2 モータ仕様一覧（モータ単体での仕様）

主な適用規格	JIS C4210 (IE1:従来機)		JIS C4213 (IE3:新型機)	
	0.75kW	1.5kW	0.75kW	1.5kW
定格出力	連続	連続	連続	連続
極数	4極	4極	4極	4極
定格電圧	三相 200/200.220V	三相 200/200.220V	三相 200/200.220V	三相 200/200.220V
定格周波数	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
耐熱クラス	E	B	B	B
保護方式	IP44	IP44	IP44	IP44
冷却方式	IC411	IC411	IC411	IC411
軸受: 負荷側	6204 ZZ C3	6205 ZZ C3	6204 ZZ C3	6205 ZZ C3
軸受: 反負荷側	6204 ZZ C3 NCX	6205 ZZ C3 NCX	6204 ZZ C3 NCX	6205 ZZ C3 NCX
定格電流 (A)	3.7/3.4/3.3 <sup>(*)</sup>	7.2/6.6/6.4 <sup>(*)</sup>	4.6/3.7/3.9 <sup>(*)</sup>	8.6/7.3/7.5 <sup>(*)</sup>
回転数 (min <sup>-1</sup> )	1395/1675/1700 <sup>(*)</sup>	1430/1720/1735 <sup>(*)</sup>	1460/1755/1760 <sup>(*)</sup>	1460/1755/1760 <sup>(*)</sup>
モータ重量(kg)	約16.0	約21.0	約20.0	約27.0

### 3. 実際の変更点

#### 3.1 仕様の変更

モータの高効率化は主に電磁鋼板の高性能化、巻き線密度の増加などの対策により達成されており、寸法と重量が増加している。

表2に従来機と新型機のモータ仕様の一覧を示す。定格電流、回転数およびモータ重量以外は同じである。定格電流値は増加しているが、これは励磁電流の増加と一次抵抗および二次抵抗の低下により、電流値が増えるためである。結果として力率が低下するが、モータ効率が増加しているので、有効電力が小さくなる。定格電流値の増加に関しての詳細は添付資料を参考にされたい。

すべりに関しても高効率化により減少している。

#### 3.2 端子箱

端子箱自体の変更はなく、現行機との互換性を有する。

#### 3.3 モータ外形寸法

モータは高効率化により軸方向に長くなった。また、端子箱取り付け位置も0.75kWはケーシング側に移動している。(図1)

#### 3.4 モータ重量

コア密度が高くなり、重量も増加しているが実運転時には問題がない範囲での増加である。

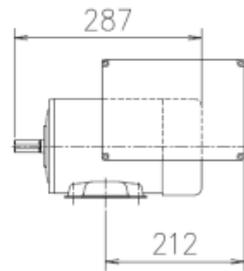
#### 3.5 モータ運転時の発熱量

効率が上昇しているため、発熱量は減少している。

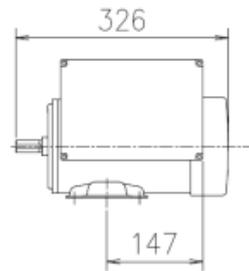
#### 3.6 インバータ設定

インバータ設定は変更していない。

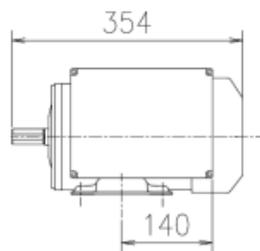
IE1: 0.75kW 80M



IE3: 0.75kW 80M



IE1: 1.5kW 90L



IE3: 1.5kW 90L

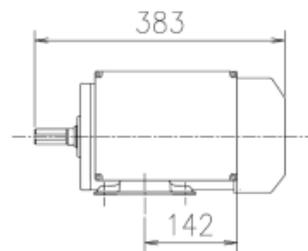


図1 IE1とIE3の外形寸法の比較

### 3.7 トルク特性

従来機と同等のトルク特性である。

### 4. 互換性

従来機とIE3機は互換性があり、基本的には交換可能である。実際の交換時には次の点を注意願いたい。端子箱位置が若干変更になるので、電線管の取り回しが難しい場合がある。

- 定格電流値が大きくなるので、サーマルなど設定変更などが必要になる場合がある。
- すべりが小さいので、仕様に対し超過する場合がある。この場合は回転数設定ボリュームにより適切な範囲への調整が必要。

図2に定格出力1.5kWVTモータの外観図を示す。線状のものは温度測定用の熱電対である。



図2 VTモータ外観 (1.5kW)

### 5. おわりに

VTモータは、現行機の在庫品がなくなり次第、プレミアム高効率モータ (IE3) に切り替えを予定している。

当該モータはインバータを利用した省エネ機器であり、IE3に変更することにより、従来機よりさらに省エネに寄与できると考えている。

## 高効率モータの電流が高くなる理由

$$\text{効率 } \eta (\%) = P_o / P_i \times 100$$

$P_o$ : 出力 (W)

$P_i$ : 入力 (W)

$$P_i = P_o + P_s + P_r + P_{fe} + P_{fw}$$

$P_s$ : 一次銅損 (W) (ステータの銅損)

$P_r$ : 二次銅損 (W) (ロータの銅損)

$P_{fe}$ : 鉄損 (W)

$P_{fw}$ : 機械損 (W)

高効率にするには

↓

$P_i \Rightarrow$  小 ( $P_o$ は出力のため大きくできない)

↓

$(P_s + P_r + P_{fe} + P_{fw}) \Rightarrow$  小 ( $P_o$ は出力のため小さくできない)

↓

高効率にするための方法

①  $P_s$

巻線抵抗 ( $r_1$ ) を小さくする。

②  $P_r$

ロータの抵抗 ( $r_2'$  ( $r_2$ )) を小さくする。

③  $P_{fe}$

グレードの高い電磁鋼板を使用して低減する。  
低グレードより同じ磁束密度であれば磁化力が低くなる。  
磁化力をUPさせるには励磁電流が必要になる。

④  $P_{fw}$

構造が変わらないため基本的にそのままの数値となる。

$$\text{力率 } \cos \theta (\%) = P_i / \sqrt{3} \times V \times I$$

$V$ : 相電圧 (V)

$I$ : 一次電流 (A) (一般に言われるモータの電流)

$$I = I_0 + I_1$$

$I_0$ : 励磁電流 (A) (無負荷電流)

磁束を発生させるために必要な電流である。

→ 高グレードの電磁鋼板を使用するので、励磁電流を増やす必要がある。

$I_1$ : 負荷電流 (A)

$$I_1 = V / [(r_1 + r_2' / s)^2 + x^2]$$

$r_1$ : 一次抵抗 ( $\Omega$ ) (ステータの1相分の巻線抵抗)

$r_2'$ : 二次抵抗 ( $\Omega$ ) (一次側に換算したロータ側の抵抗)

$s$ : 滑り (%)

$x$ : 一次と二次のリアクタンス ( $\Omega$ )

(コアの構造が大きく変わらないため、この数値も大きく変化しない。)

$I_0$  及び  $I_1$  共に大きくなる。

↓

$I$  が大きくなる。

↓

$\cos \theta$  が悪くなる。

効率がよくなっているため、 $P_i$  は小さくなる。