

TEXEL 技報

Vol.8 2017.05

 セイコー化工機株式会社

FTF 形ターボファンの AMCA 認証

技術開発研究所 高梨 武

1. はじめに

米国で送風機を販売するにあたり、米国と日本国内では選定方法が異なる。米国で拡販を図るには AMCA (Air Movement and Control Association) による認証を得る必要がある。AMCA とはワールドワイドで活動する米国の認証協会であるが、特に米国内への影響は大きく、送風機の商談時に AMCA 認証を示す“AMCA Certified”を要求されることがある。“AMCA Certified”は引き合いで有利なだけでなく、特に性能に関する保証もされるので、顧客に対する高品質のアピールも可能である。

国内では送風機の選定は標準性能曲線を用いて、プーリの組み合わせにより回転数を変更さ

せる方法やインバータによる可変速を用いて、ユーザの仕様点に合わせる方法が一般的であるが、米国では、回転数、風量および静圧に対する動力一覧表から選定する。この点が国内と最も大きな違いであり、この表の作成が AMCA 認証とほぼ同義である。

本報では 2016 年 12 月 22 日に認証された AMCA の認証プログラムに関して説明する。認証された機種は FTF153、203、253、303、403、503 および 703 である。

2. 認証までの流れ

申請から認証までの流れは図 1 に示す通りである。Certified Rating Program^{*1} (以下 CRP と

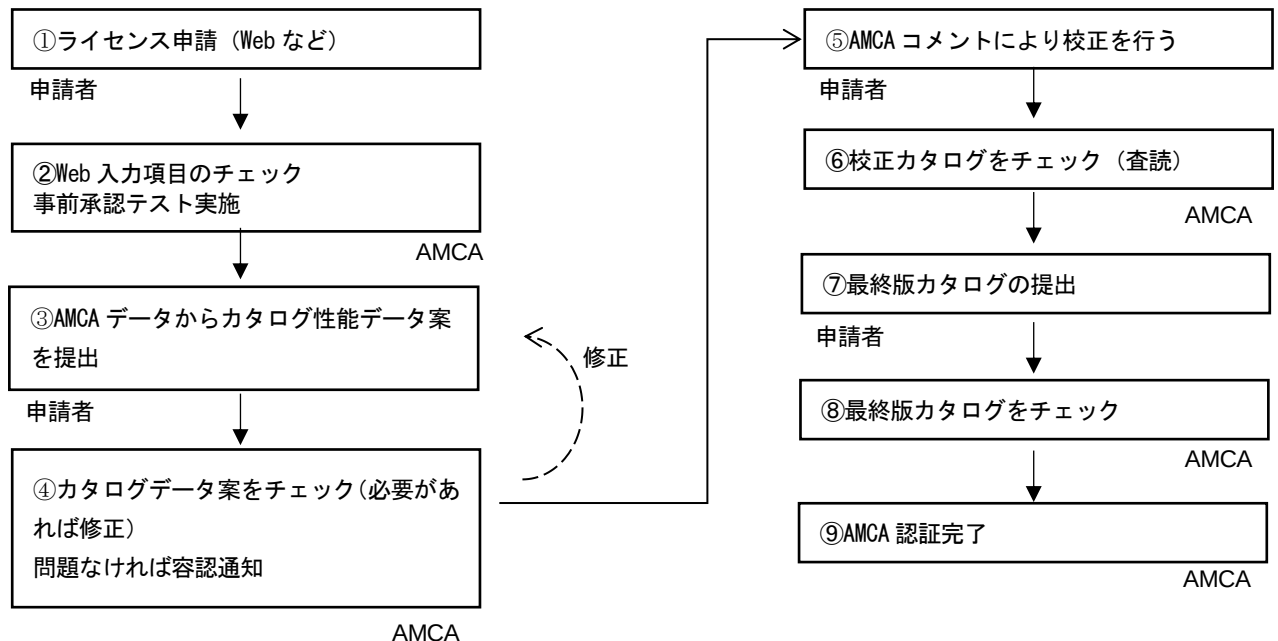


図 1 AMCA CRP (認証プログラム) フローチャート

略する：認証評価プログラム)に従って認証を行う。

実際の試験は図中の②であり、AMCA での測定データからカタログに記載するためにデータをまとめる。不適切なデータの場合は AMCA から差し戻される。

承認を得た後に、一般的なカタログフォーマットを作成し、承認データを記載すれば、最終的な認証を得ることができる。

認証後も定期的な更新手続きが必要になる。当然であるが、モデルチェンジの際にも再申請・再認証が必要となる。

3. AMCA HeadQuarter での性能試験

AMCA はワールドワイドに展開しており、アジア、ヨーロッパおよび中東にもオフィスがあるが、当社は、シカゴにある HeadQuarter での試験を行った。試験に関連する AMCA の規格を列記する。

<ANSI/AMCA Standard 210>

- Laboratory Methods of Testing Fans for Certified ... for rating or guarantee purposes.

概要：性能を保証するための試験方法の規約。

JIS B8330 に該当する。ピトー管や空気槽での性能試験方法に関して詳細に記述。

<ANSI/AMCA Standard 300>

- Reverberant Room Method for Sound Testing of Fans applies to fans of all types and sizes.

概要：残響室での騒音試験方法。国内外当規格は JIS B8346 の騒音測定方法と JIS Z8734 の残響室測定方法。

3.1 AMCA 測定方法の選定

国内規格の JIS B8330 ではピトー管、オリフィス、吸込ノズルおよび空気槽などの規定があるが、AMCA 210 では主にピトー管、マルチノズルおよび空気槽が規定されている。ピトー管での測定は社内でも行っているのですが、現状である程度の経験と知見を有しているが、空気槽はノズル開放面積の調整により、流速すなわち動圧を調整するので、空気槽内の流速の均一化が

なされ、安定した動圧の測定が可能である。AMCA は大容量の空気槽を複数保有しているので、本認証プログラムでは空気槽を選択した。

なお、試験装置はすべて AMCA が保有で校正検定済みの機器を用いる。



図2 AMCA HeadQuarter

3.2 空気槽との接続方法の選定

送風機は吸込側、吐出側または両側にダクトを接続する、あるいは大気へ開放するなど、接続方法により性能特性が若干であるが異なる。国内では一般的に性能曲線に明記する方法、引き渡し時の条件などで対応する方法がある。今回の測定プログラムでは、吐出側に空気槽を取り付けて、その先に空力的負荷が存在する接続方法を選択した。



図3 吐出側を設置した供試送風機 (FTF503)

3.2 空気槽での測定

空気槽の詳細な測定原理は AMCA 210、JIS B8330 および他の解説書に譲るとして、本報では概略の原理を説明する。図 4 は AMCA 210 Fig.12 Outlet Chamber Setup – Multiple Nozzle in Chamber (吐出側への空気槽の設置 – 空気槽中のマルチノズル) であり、本認証プログラムで選択した測定方法である。簡略化のため密度換算と詳細な式は除く。なお、計算式自体はピトー管と同様のものである。

(a) 静圧の測定

空気槽に流入後の壁面圧力 (図中 P_{s7})

(b) 動圧の測定

ノズルスクリーン前後の圧力差 (図中 ΔP)

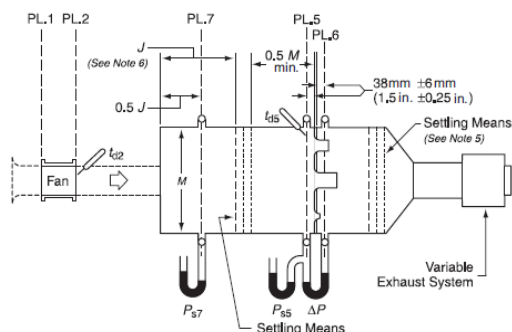
(c) 流量の算出

動圧から逆算した平均流速と開放ノズルの総面積を乗じる ($\sum A_i \times v$: A_i は i 番目のノズル面積、 v は平均流速)

(d) 軸動力の算出

モータテストレポートと電力計の有効電力から算出

トルクメータでの動力測定も可能



Outlet Chamber Setup – Multiple Nozzle in Chamber

図 4 AMCA 210 Fig.12 より

図中の用語説明

Settling Means

整流装置 (網など)

Variable Exhaust System

可変排気システム

具体的には軸流ファンなどで強制排出

ターボファンなどである程度の静圧が発生する送風機では問題ないが、軸流送風機などで低

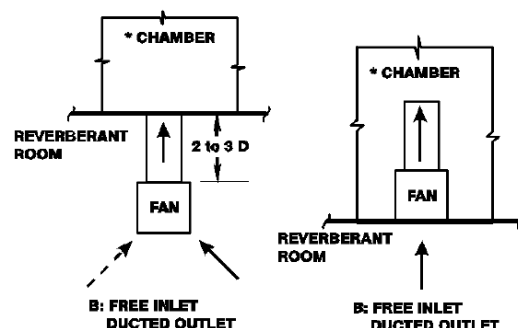
静圧の吐出の場合は、マルチノズルなどの配管抵抗により十分な流量を得られない。それを補助するために供試送風機以外の軸流ファンなどでガス搬送を助ける。当然であるが、可変排気システムとして取り付けられている軸流ファンは供試送風機の性能測定に影響を及ぼさない。

3.3 残響室での騒音測定

当社では現場作業者が曝される騒音に近い騒音である、機側 1m での周辺騒音を主に測定しているが、AMCA は大型の残響室も持っているために、精密測定が可能な残響室での騒音測定も行った。ただし、残響室内には大きな圧力をかけることはできず、静圧が 4 in w.g. (約 995 Pa) 以下の制限を受けるため、回転数を調整して測定を行った。

騒音測定でも性能測定と同様に接続方法を選択する必要がある。本プログラムでは吸込フランジを大気開放、吐出ダクトを残響室に接続して騒音を測定した。

残響室とは定在波が発生しにくいように壁面を 5 角形、床と天井を非平行にし、意図的に残響させるようにさせた騒音測定専用の試験室である。



(a) AMCA 300 Fig.2 (Free inlet ducted outlet)



(b) AMCA 残響室 (建物の奥の内部空間)

図 5 AMCA 残響室

この装置では、周波数毎に残響時間が異なるため、残響音を測定し、計算することで騒音パワーレベルを求めることができる。パワーレベルが求まれば、一般的な騒音基準である機側 1m の音圧レベルに換算できる。単位は SI 併用単位の dB やホンが用いられるが、米国では sone が用いられる。sone は非 SI 単位の騒音レベルを表す単位で、次式で与えられる。

$$S = 2^{(L-40)/10}$$

ここで、S が sone、L が dB である。

日本国内で騒音のボーダラインは 80～90dB であるが、sone では 16～32 が該当する。

4. AMCA データからカタログデータへの変換

試験完了後 1～2 週間ほどで、AMCA が作成したデータが届く。そのデータを基にカタログ用のデータを作成することになる。

表 1 に FTF153 のカタログ用のデータの一部を示す。縦軸に風量 CFM、横軸に静圧 in w.g. をとり、その使用を満たす回転数と軸動力をプロットするのみである。AMCA では誤差範囲が厳密に決められており、誤差範囲内に収めなければならない。数値は Microsoft 社の Excel のマクロを用いることで、提出前にチェックをすることができる。数値の入力は膨大になり、手間がかかる。

表 1 FTF153 カタログデータの一部
800CFM × 5" w.g.

CFM	OV FPM	5"		6"	
		RPM	BHP	RPM	BHP
300	811	3,538	0.65	3,826	0.81
400	1081	3,633	0.75	3,968	0.97
500	1351	3,647	0.81	3,972	1.01
600	1622	3,757	0.92	4,048	1.13
700	1892	3,884	1.04	4,171	1.27
800	2162	4,056	1.20	4,317	1.43
900	2432	4,239	1.38	4,485	1.62
1000	2703	4,438	1.59	4,671	1.85
1100	2973	4,649	1.84	4,870	2.11
1200	3243	4,871	2.12	5,082	2.40
1300	3514	5,102	2.43	5,303	2.73
1400	3784	5,340	2.78	N/A	N/A

<参考>

CFM・・・Cubic Foot per Minute
1CFM=0.02831685 m³/min
O V・・・Averaged Outlet Velocity
FPM: Foot Per Minute

1FPM=0.3048m/min=0.00508 m/s
BHP・・・British Horse Power
1BHP=746W

例えば、風量が 800CFM で 5 in w.g.の仕様を選定する場合は回転数が 4050min⁻¹、動力が 1.20BHP 必要である。実際には回転数を 4050 min⁻¹ で厳密に合わせることはプーリの組み合わせ上困難であるので、4100 min⁻¹ 程度で若干の余裕を持たせた選定をすることになる。

完全に形状が相似である機種は、代表機種の性能を基に送風機比例則が適用でき、試験の省略が可能であるが、相似測の適用条件は厳密に決められており、本認証プログラムでは FTF503 と 703 のみの適用(1 機種のみの試験省略)であった。

5. FEG (Fan Efficiency Grade)

AMCA の省エネに対するグレードとして FEG がある。FEG は 50～85 まで定められており全圧効率の最高値とインペラ径によって決まる。

図 6 にインペラ径と最高効率点の関係を示す。

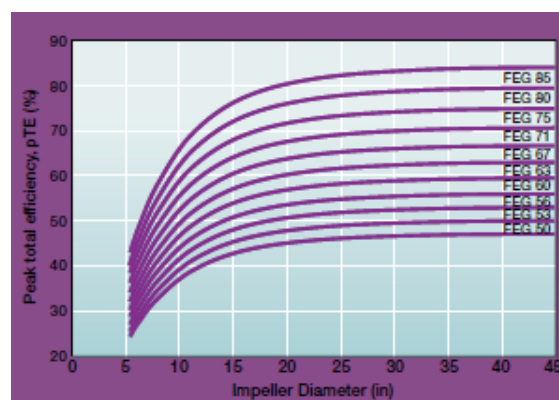


図 6 AMCA FEG グレード

横軸がインペラ径で縦軸が全圧での最高効率の値である。曲線の上下間に挟まれた FEG の数値が FEG グレードになる。曲線の上下間に挟まれた FEG の数値が FEG グレードになる。表 2 に認証機種と対応 FEG グレードの一覧を示す。小型の FTF153 と 203 は FEG グレードが低い、他機種は FEG が 80～85 と高効率を示しており、AMCA 認証を通じて商品価値を高められている。

表 2 認証機種と FEG グレード

機種	FEG	機種	FEG
FTF153	71	FTF403	85
FTF203	75	FTF503	85
FTF253	85	FTF703	85
FTF303	80		

6. 認証

正式に認証を受けた後は"AMCA Certified"を示すシールを製品に貼り付けることができ、AMCA の Web にカタログがアップロードされる。カタログは AMCA ホームページからメンバーをクリックし、会社名の英語表記や Japan などの検索語から検索できる*3。

AMCA 認証書類と AMCA ホームページ内の弊社掲載部をそれぞれ図 7 と 8 に示す。



図 7 AMCA 認証書類



図 8 AMCA ホームページの弊社項目

7. まとめ

2015 年 12 月に渡米し、2016 年 12 月に認証を受けているので、約 1 年がかりの仕事になった。データ作成は非常に苦勞し、何度も AMCA から修正依頼を受けた。AMCA とインターネットによるテレビ会議も行った。その甲斐があり、認証を受けることができた。

データの作成は社内の性能曲線作成ソフトと連携することができ、慣れてしまえば手間はかかるがルーチンワークで進めていける。

費用対効果を考えると、時間と費用はかかるが、将来的には十分にペイでき、有用な認証となったと考える。

引用文献

*1) AMCA 11-03 Certified Rating Program (CRP)

*2) <http://www.amca.org/index.php>

*3) http://www.amca.org/certified-listed/company_products.php?cid=3173&cn=Seikow%20Chemical%20Engineering%20&pid=1&pn=Centrifugal%20Fans%20-%20Residential,%20Commercial,%20&%20Industrial
(2017/03/31 現在)

超伝導浮上ポンプの開発

技術開発研究所 平櫛真男

1. はじめに

現在、薬液輸送の分野では、無漏洩を特長とするマグネットポンプが広く使用されている。

マグネットポンプは、永久磁石の組合せによる磁気カップリングであって、電動機に直結した駆動側磁石（インナーマグネット）と、インペラ又は回転軸と一体となった接液部表面を耐食性樹脂で被覆した駆動側磁石（アウターマグネット）が、液体側と大気側とを遮断する隔壁（リアケーシング）を介して同期回転することにより動力を伝達し、軸封部を有しない完全無漏洩構造を実現している（図1参照）。従動側磁石を渦室内で安定して同期回転させるためには、液中に設けたすべり軸受が必要となるが、このすべり軸受の摺動によりわずかに磨耗粉が送液中に混入する。高度な清浄性（＝コンタミレス）が求められる半導体業界や医薬製造の液移送では、この磨耗粉が問題となる。また、このすべり軸受は循環溝を有し、ポンプ内部の液体によって潤滑・冷却を図っているが、液体が含む異物やポンプ吸込み配管からの空気混入等による潤滑不良が生じ、軸受損傷、ポンプ損傷そして薬液の漏洩事故となる。

このようなすべり軸受に関する諸問題を解決するためには、回転軸と軸受部が機械的に接触しない、すべり軸受をなくした完全非接触回転機構が求められる。完全非接触回転機構ポンプとしては、電磁力浮上または超伝導浮上原理を利用したものがある。

本報では、超伝導浮上原理を応用した超伝導浮上ポンプの概略について述べる。

尚、本開発は、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業および平成26年度補正ものづくり・商業・サービス革新補助金に係る補助事業の支援を受け開発を行ったものである。

2. 超伝導

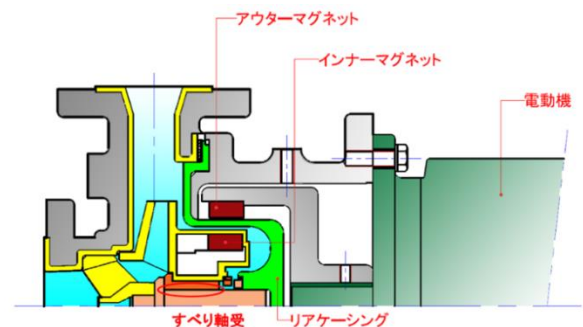
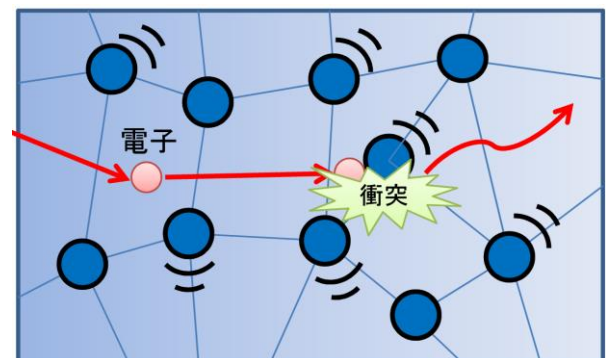


図1 マグネットポンプ構造

超伝導現象とは、電気抵抗が完全にゼロになる現象のことである。一般に電気を通す導電体に見られる電気抵抗とは、原子の振動(格子振動)が原因である。導電体の中を電子が流れる際、この格子振動が発生している中、原子にぶつかりながら、電子は導電体中を進むため、電気抵抗が発生する。ところが、絶対零度(-273℃)では、この格子振動が止まってしまうため、電気抵抗はゼロとなる。



格子は振動している(温度が高いほど振動は大きい)

図2 格子振動^[1]

超伝導状態になると後述するマイスナー効果がみられるようになる。この現象が超伝導浮上の原理となる。超伝導体としては、バナジウム、鉛な

どの25種の金属元素や1000種以上の合金や金属酸化物が発見されているが、実用化されているのは、金属系の数種類である。今回使用しているのは、超伝導現象が絶対零度ではなく液体窒素の沸点（ -196°C , 77 K）を越える温度で発生する結晶の塊（酸化物系高温超伝導体＝バルク超伝導体と呼ぶ）である。

3. マイスナー効果

マイスナー効果とは、電気抵抗ゼロと並ぶ超伝導体固有の性質である。超伝導体は、常温では常磁性体であり、磁場に対して何の影響も及ぼさないが、超伝導状態になった時、その物体内部に侵入しようとする磁場を排除する現象が現れる。この現象が、完全反磁性体として、反発する力＝浮上力となる。

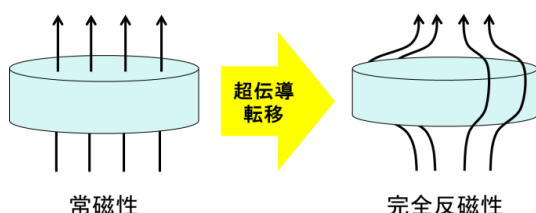


図3 マイスナー効果^[2]

4. ピン止め効果

完全な超伝導体は、超伝導状態になった時に侵入する磁場を排除するマイスナー効果が現れるが、この現象だけでは、空間に安定して浮上することはできない。しかし、超伝導体に、鉄粉等の磁性体の不純物を一定量混ぜたバルク超伝導体は、超伝導現象が発生した時に、この不純物が、磁場の侵入を許容し、その不純物の周りには、完全な超伝導体であるため、磁場の侵入を排除する状態となる。この現象は、磁場を補足し磁石を空間に固定する効果となる。

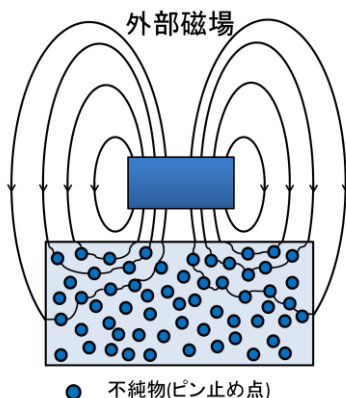


図4 ピン止め効果^[2]

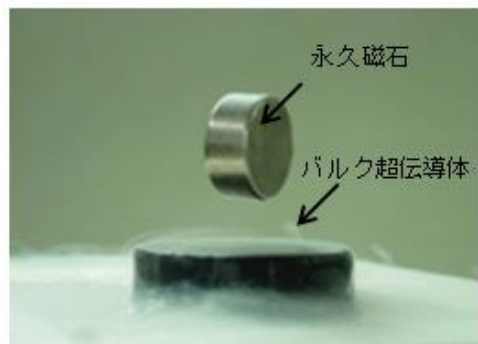


図5 ピン止め効果による浮上状態^[2]

以上バルク超伝導体が発生する2つの現象を利用し、超伝導浮上ポンプは非接触回転機構を実現している。マイスナー効果は、浮上力を発現し、ピン止め効果は、浮上時の保持力＝剛性を発現する。

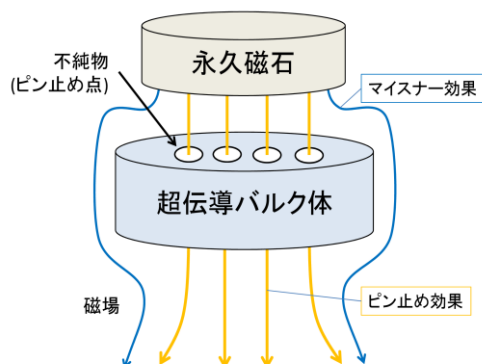


図6 超伝導浮上ポンプの浮上機構^[2]

5. 浮上磁石

ピン止め効果は、磁場を補足する現象であるため、磁場の変化がなければ、固定効果は発生しない。そこで図7に示したような同心円方向に同極である永久磁石の場合、磁石が発生させる磁場は、同心円方向には変化がなく、ピン止め効果が発生したとしても、同心円である回転方向には自由に回転可能となる。しかし、水平方向および垂直方向に移動しようすると、水平方向には磁極の変化が発生し、垂直方向には、磁石からの距離により磁場の大きさが異なり、磁場の変化が発生する。そのため、ピン止め効果が発現し磁石が固定されることになる。

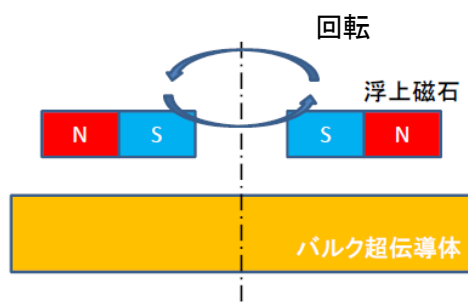
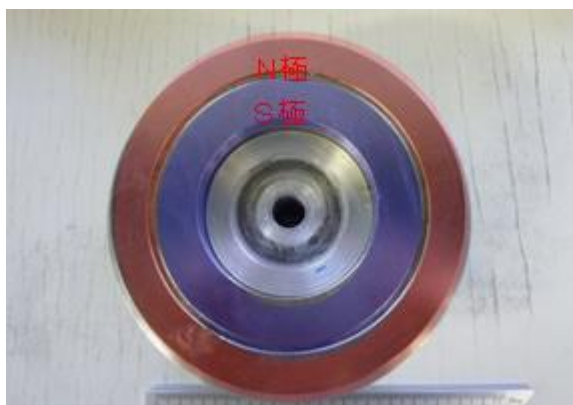


図7 浮上磁石の磁化状況^[2]

6. クライオスタット

図8に浮上実験の様子を示す。超伝導現象を生かせるためには、本ポンプに使用している高温超伝導体に属するバルク超伝導体であっても -196°C まで冷却する必要がある。冷却には液体窒素や冷凍機を使用するが、外気温との温度差が大きいため、バルク超伝導体を入れた容器には多くの霜がつく。これを防ぐには、容器を真空断熱したもの(クライオスタットという)にする必要がある。クライオスタットの材質には、非磁性体が求められ、本ポンプでは、ステンレスを採用した。



図8 浮上実験

図9に本ポンプで採用したバルク超伝導体とクライオスタットの内部構造を示す。バルク超伝導体は、大型の単結晶を製作することが非常に困難であるため、小型のバルク超伝導体を7個配置した構造である。浮上磁石の磁極が一体であり、バルク超伝導体に作用する磁場が回転方向に均一であれば、個々のバルクの境界は問題とならない。7個のバルク超伝導体は、熱伝導性に優れた銅製のコールドステージ上に配置されており、右側のコールドヘッド部を液体窒素または冷凍機で冷却することによりコールドステージ全体が -196°C まで冷却され、バルク超伝導体は超伝導現象を発現する。

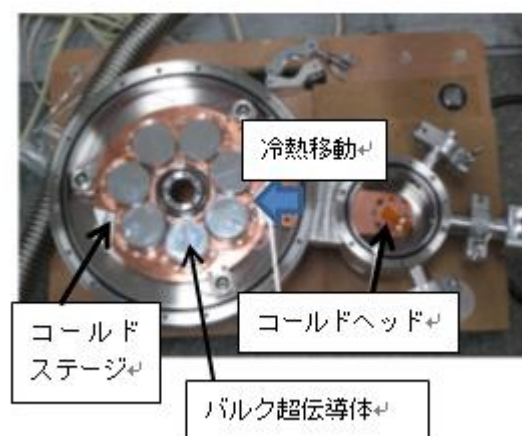


図9 クライオスタットの内部構造

7. 超伝導浮上ポンプ構造

超伝導浮上ポンプを構成する部品を図10に示す。送液を行うポンプ部のインペラは、浮上磁石である浮上部と一体になっている。マイスナー効果とピン止め効果により浮上部を空間固定するバルク超伝導体は、クライオスタットの内部に配置されており、外部とは完全に断熱され、液体窒素タンクもしくは冷凍機により冷却される構造となっている。浮上部であるインペラは、主軸で電動機により回転する駆動磁石カップリングと直結しており、電動機を回転させることによりインペラが、完全非接触で回転する構造となっている。

図11に実際の超伝導浮上ポンプ試作機の断面構造図を示す。ポンプ吸込が上面、ポンプ吐出が側面となっている。これは、浮上部および駆動部に作用する重力がポンプ運転時に吸込側に吸い寄

せられるスラスト力と相殺する方向とするためである。また、ポンプ運転によりインペラ横方向にラジアル力が発生するが、同方向に対して重力による影響を受けない方向とするため、立形構造とした。

ポンプ部、インペラ、駆動磁石カップリングの従動側(上)は、送液中に浸かり、樹脂製ケーシングにより密閉される構造となっている。

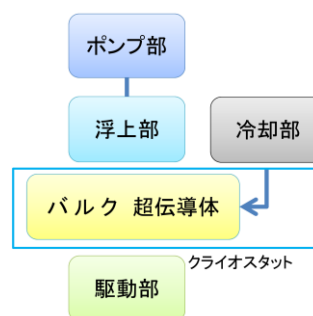


図 10 超伝導浮上ポンプの構成

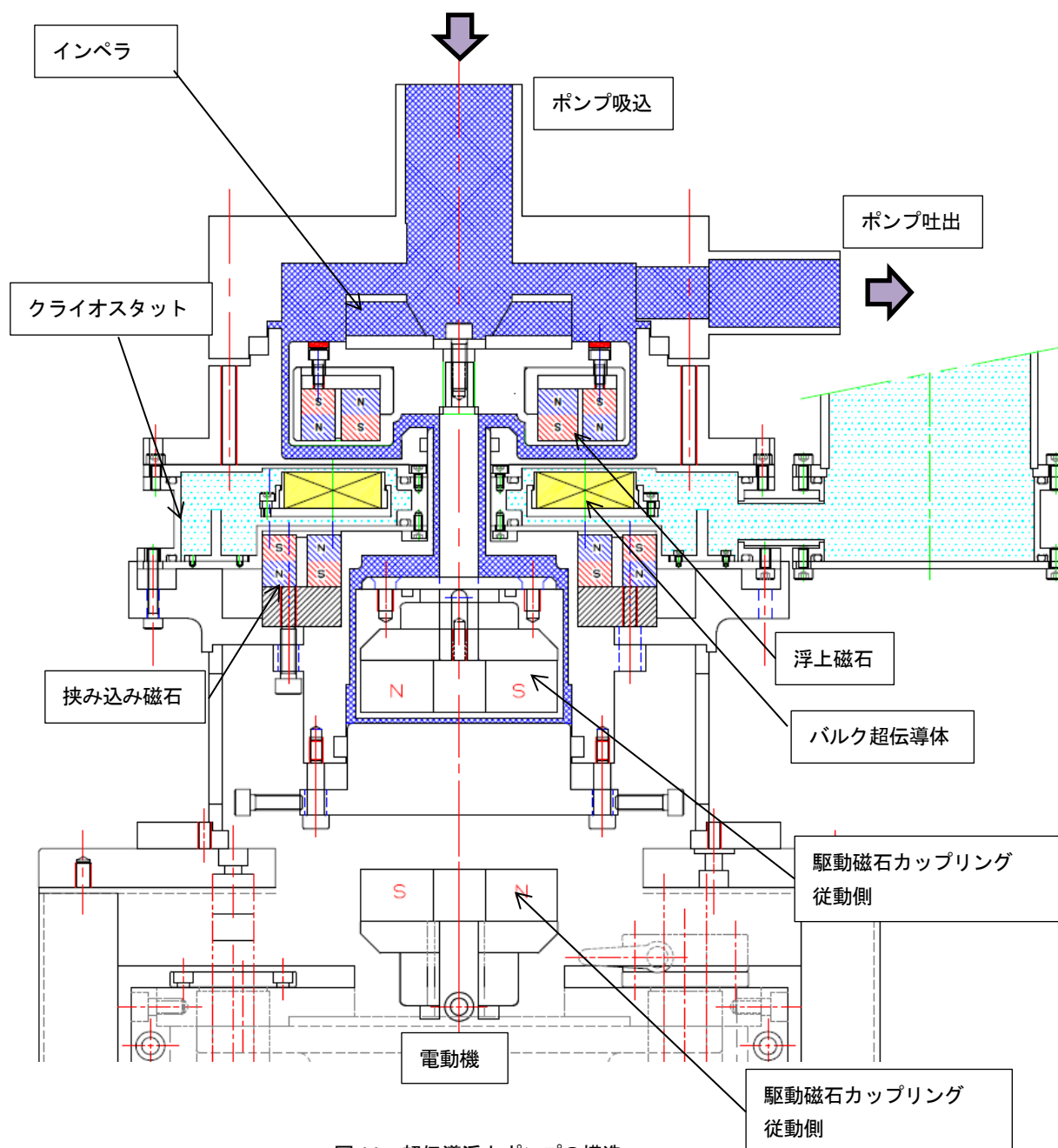


図 11 超伝導浮上ポンプの構造

8. 挟み込み磁石によるピン止め効果の改良

超伝導浮上ポンプを安定回転させるためには、回転体であるインペラを、特に横方向にポンプ内部に空間固定する保持力＝剛性力をアップさせることが必要となってくる。この剛性力は、ピン止め効果により発生させるため、浮上磁石のバルク超伝導体による捕捉状況を検討する必要がある。

図 13 に示したように、一般に永久磁石より発生している磁力線は、N 極から S 極の向きに発生しているが、単極としての永久磁石は存在しないため、多くの磁力線は N 極から発生した磁力線は、磁石自体の S 極につながり、遠くまで届かない。したがって、浮上磁石のみ場合は、バルク超伝導体を貫通する磁力線量は少なく、十分なピン止め効果を得ることはできない。

そこで、バルク超伝導体を挟んで浮上磁石の対極に浮上磁石とカップリングする磁極配置の挟み込み磁石を配置する方法を考案した。この場合、浮上磁石より出た磁力線は、挟み込み磁石の N・S 極とカップリングするため、遠くまで磁力線が到達する可能性が高い。

本構造を含む超伝導浮上ポンプの構造は、特許 5991690 号「超伝導軸受装置および超伝導回転装置」として工業所有権を有している。

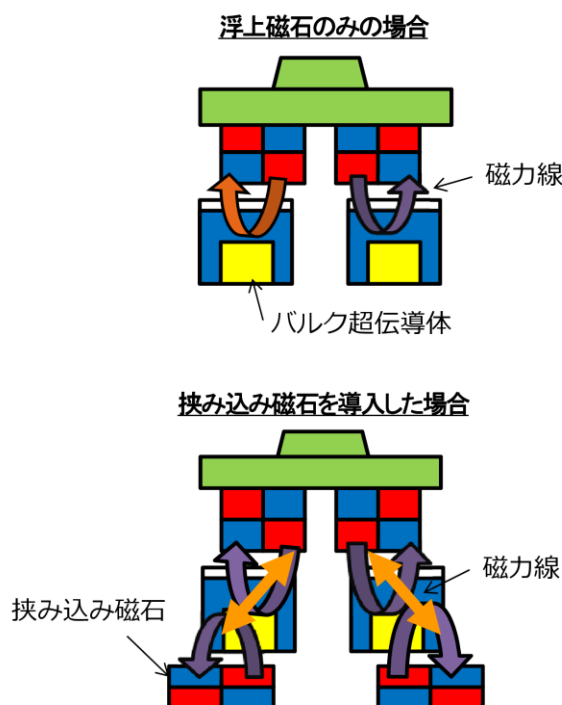


図 12 挟み込み磁石の効果^[2]

9. 試作ポンプ運転

図 14 に試作ポンプの運転に使用した実験装置を示す。本ポンプは、上側よりの吸込みとなるため、タンクは、ポンプより高い位置に設置し、超伝導浮上ポンプは押込運転となっている。装置には、吸込側・吐出側に圧力計および吐出側に流量計が設置されており、ポンプ性能を測定することができる。バルク超伝導体の冷却には、冷凍機を使用した。また、電動機はインバータによる運転を行っているため、ポンプ回転数は可変となっている。

冷凍機(消費電力 200W 以下)により、冷凍機先端で 50K(-223℃)、超伝導体部分で 73K(-200℃)まで冷却し、超伝導浮上ポンプの運転が可能となった。その時の性能は、 2400min^{-1} (40Hz)にて、 $26.4\text{ L/min} \times 6.4\text{ m}$ であった。



図 13 超伝導浮上ポンプ運転状況

10. おわりに

超伝導体のもつ特徴的な現象であるマイスナー効果、ピン止め効果を応用して完全非接触回転機構ポンプの開発を行った。非接触ポンプとして代表的なものに磁気浮上ポンプがあるが、コイルに流れる電流を制御するのが難しい。それに

対して、超伝導浮上ポンプは、極低温にするだけで非接触が実現する。高回転数の実現（揚程アップ）など、まだまだ改善の余地はあるが、試作ポンプを製作、清水運転を行うことができた。さらにポンプ部の形状など吟味していく予定である。

最後に本超伝導浮上ポンプの開発にご協力いただいた芝浦工業大学の村上先生、井上先生およびマグネオ技研の秋山社長、フジヒラの藤平社長その他多くのスタッフに感謝する。

引用文献

- [1] 村上雅人, 超伝導の謎を解く, C&R 研究所, 2007.
- [2] 芝浦工業大学, “超伝導ポンプ研究レポート,” 2014.

FRP 製大型送風機の納入事例

機械設計課 藤井厚徳・森岡啓人

1. はじめに

当社の FRP 製送風機は、1967 年から製造を開始し、国内化学工業、めっき工業、半導体工業の耐食送風機部門で確固たる位置を築いてきた。

この歴史の中で、納入実績がある送風機のサイズは多岐に渡り、とりわけ、大風量や高静圧が求められる大型送風機の実績も少なくない。

今回、国内 A 社の再生繊維製造工程および K 社の光ファイバー製造工程に、当社最大級サイズの FRP 製送風機を納入した。

その事例について報告する。

2. 送風機仕様

図 1 に送風機外観を示す。

FTF1403Z は、当初、韓国製の金属材料を主とした送風機が使用されていたが、羽根車の錆びによる振動が高く、補修頻度も多いことから、最終的に当社の FRP 製送風機が採用された。

使用ガスは、アンモニア臭気を含む空気相当であり、FRP 製送風機としては耐食性に問題はなく、羽根車に錆が発生する心配もない。

対して、FTB1001Z は、FTB951Z の納入実績から、さらなる大風量の高静圧 FRP 製ブロワの要求に応える形で、当社の FRP 製送風機が採用された。

使用ガスは、微量の塩素・塩酸・フッ酸に加え、二酸化ケイ素のダストが多く含まれ、耐食性に問題はないが、羽根車へのダスト付着による振動の発生が懸念された。

そこで、FTB1001Z の羽根車には、ダスト対策が施された。

各々の FRP 製送風機の構造図および使用を図 2 に示す。

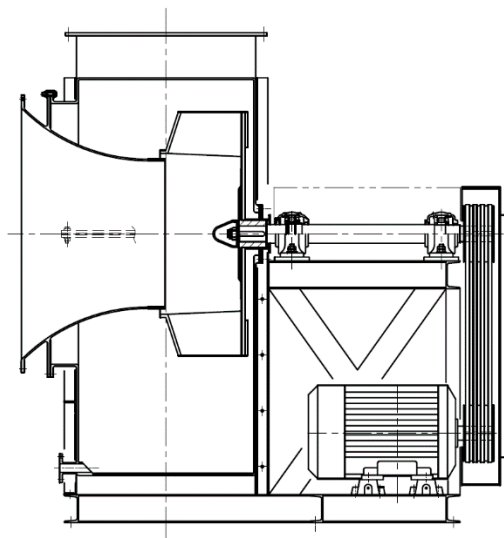


FTF1403Z

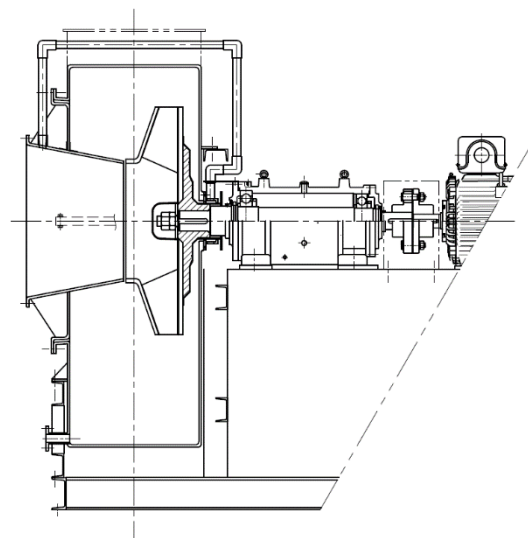


FTB1001Z

図 1 送風機外観



形 式： FTF1403Z
 風 量： 3400 m³/min
 静 圧： 0.77 kPa
 回転数： 550 min⁻¹
 電動機： 150 kW (3φ × 3000 V × 50 Hz × 8 P)



形 式： FTB1001Z
 風 量： 1100 m³/min
 静 圧： 6.6 kPa
 回転数： 1450 min⁻¹
 電動機： 250 kW (3φ × 400 V × 50 Hz × 4 P)

図 2 送風機仕様

3. ダスト対策

図 3 にダスト付着例を示す。

羽根車にダストが多量に付着し堆積すると、自重遠心力作用により、その一部が脱落すると、羽根車が不釣り合い状態となる。

羽根車の不釣り合いは、過大な振動源となり、さらには振動を励起し、送風機各部品破損が引き起こる可能性がある。

当社は、耐食送風機として、羽根車・ケーシングに FRP 材料を採用している。

FRP には軽量というメリットがあるものの、FRP 製羽根車に多量のダストが付着した場合、羽根車質量に対する付着ダスト質量の割合が大きくなるため、多量のダストを含む環境下では羽根車の不釣り合いを生じやすい。

そこで、羽根車の自重を増すことにより、同量の付着ダストに対して、相対的に不釣り合い質量の割合が小さくなるよう設計した。

つまり、回転体の釣り合いにおいて、羽根車質量が不釣り合い質量より優位とすることで、羽根車の許容不釣り合い残量が増し、不釣り合いによる振動発生の可能性を低減させることが狙いである。

表 1 にダスト対策による、羽根車不釣り合い残量の変化を示す。



図 3 ダスト付着例

表 1 羽根車不釣り合い残量の変化

	許容不釣り合い残量 (g)
通常設計	12.2
羽根車質量 アップ設計	34.8

今回、FTB1001Z に使用された羽根車の場合、許容不釣り合い残量は、ダスト対策によって 2.9 倍に増加した。

しかし、ダスト対策による羽根車質量の増加は、主軸にさらなる強度を要求し、軸受寿命を維持することが難しくなる。

そこで、当社最大サイズとなる特別設計品の軸受箱を製作することで、上記要求事項を満足させた。

4. 大型送風機用周辺機器

当社送風機には、防音ボックス、サイレンサ、ダンパ等の周辺機器を併せて使用される場合が多い。

今回、FTB1001Z は当社最大容積の大型防音ボックス（BX-F1001Z）と併せて納入した。

図 4 に BX-F1001Z の寸法を示す。

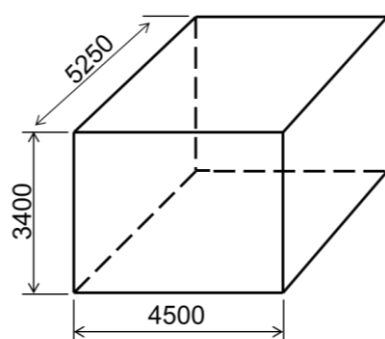


図 4 BX-F1001Z の寸法

通常、当社標準形防音ボックスは車上渡しを可能とするため、送風機と防音ボックスを一体構造としている。

しかしながら、大型送風機用の防音ボックスとなると、重量・容積・寸法の観点から、一体構造のままでは輸送に適さない。

そこで、防音ボックスをパネル分割式とし設計した。

小・中型送風機用の分割式防音ボックスは、パネル同士での支持構造を用いており、必要最小限の鋼板を使用している。

BX-F1001Z においては、パネル 1 枚の平均重量は約 300kg であり、パネル枚数は 15 枚にもなるため、強度の観点から鉄骨による支持構造を採用した結果、鉄骨 13 本・パネル 15 枚の構成となり、総重量約 6000kg もの大型防音ボックスとなった。

図 5 に BX-F1001Z 分割図を示す。

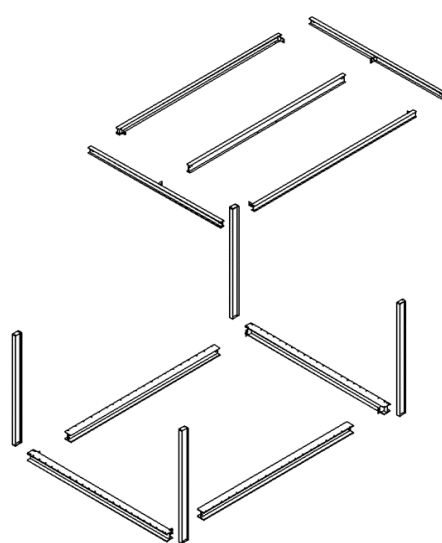
5. おわりに

当社大型送風機が採用された背景として、高耐食・大風量が挙げられる。

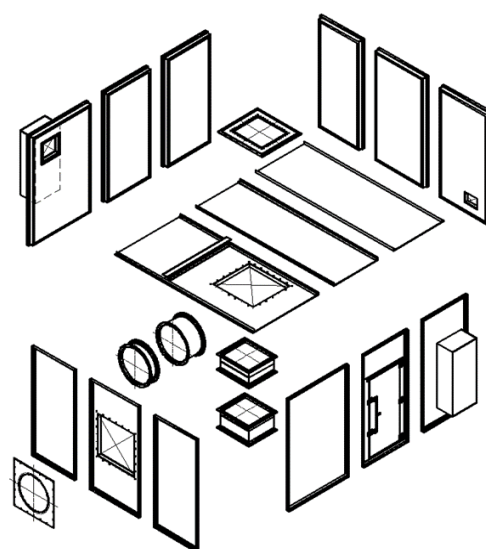
FTB1001Z の場合、中型送風機数台を 1 台に集約させる目的があり、FTF1403Z の場合、錆びない大風量送風機が求められていた。

また、更なる大風量や高効率の要求も存在する。

耐食送風機メーカーとして、これらの顧客要望に応えていき、産業の発展に貢献したいと考える。



鉄骨部分割図



パネル部分割

図 5 BX-F1001Z 分割図

荷電式白煙除去スクラバ（HES 形）の納入事例

環境設計課 宮地澄人

1. はじめに

白煙とは、空気中に $0.5\sim 3\mu\text{m}$ 程度の微粒子が浮遊し、光散乱により白くみえる現象である。濃塩酸、濃硝酸などの加熱により発生する酸ミストや反応により生成する SO_3 や塩化アンモニウムヒューム、金属ヒュームなどがあるが、通常の湿式スクラバでは除去できない。また、酸ミストでは、薬液が沸点以下の加熱であれば、当社で従来から販売している、慣性衝突を除去原理とする回転体スクラバ(RSC と称す)で対応可能であるが、沸点以上の加熱となると、発生粒子がさらに小さくなり、完全に白煙を除去するまでは至らない。そこで、反応ヒュームや微細酸ミスト白煙を完全に処理するため、静電気力を利用した荷電式白煙除去スクラバ（以降、HES と称す）を開発した（図 1 参照）。

本報では、初号機の納入事例について紹介する。

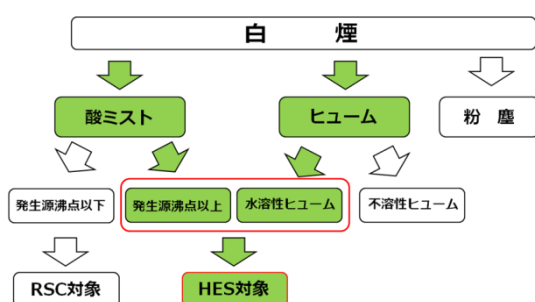


図 1 HES 処理対象白煙

2. 白煙除去原理

図 2 に白煙除去イメージを示す。
原理は、電気集塵理論と同じで、突起を有した

放電管と集塵極板の間に直流高電圧（特高電圧）をかけ、白煙粒子を荷電し、静電気力により白煙粒子を集塵極板に捕集する（図 2）。集塵極板に捕集された白煙粒子は間欠的に洗浄することにより装置外に排出される。

従来の電気集塵機と比べ高速処理を実現したため、省スペース、パイプフィルタ装置と比べ、フィルタ交換の必要性がなく、送風機動力も小さいため、ランニングコストが低い。

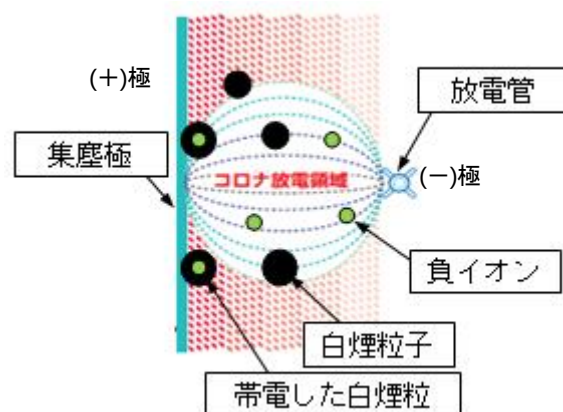


図 2 白煙除去イメージ

3. 納入 HES 仕様及び外観

図 3,4 にそれぞれ納入装置フロー、外観を示す。
納入装置は、電気炉から発生する SO_3 ヒューム白煙を除去する装置で、2014 年 8 月の小型テスト機で完全に白煙消失を実証する試験を行った後、2015 年 6 月、正式に納入に至ったものである。HES 形としては、ガス処理を行う前処理部と白煙除去部をコンパクトにまとめた装置であるが、今回は、発生源から同伴する SO_2 が既存洗浄塔で処理されていたため、送風機回転数をアップし、白煙除去部のみの納入とした。

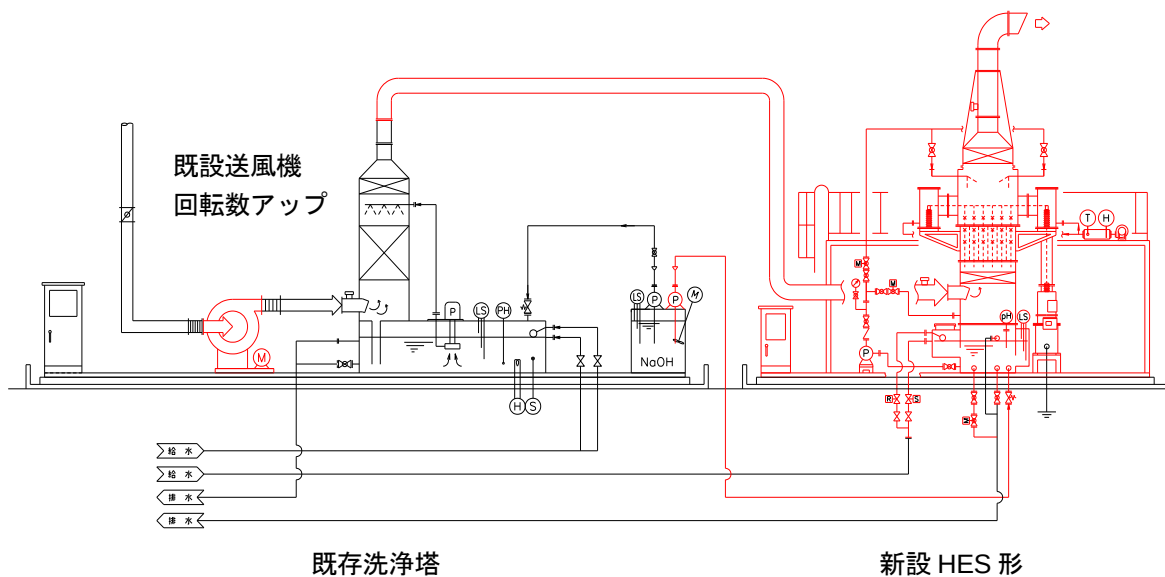


図 3 納入装置フロー

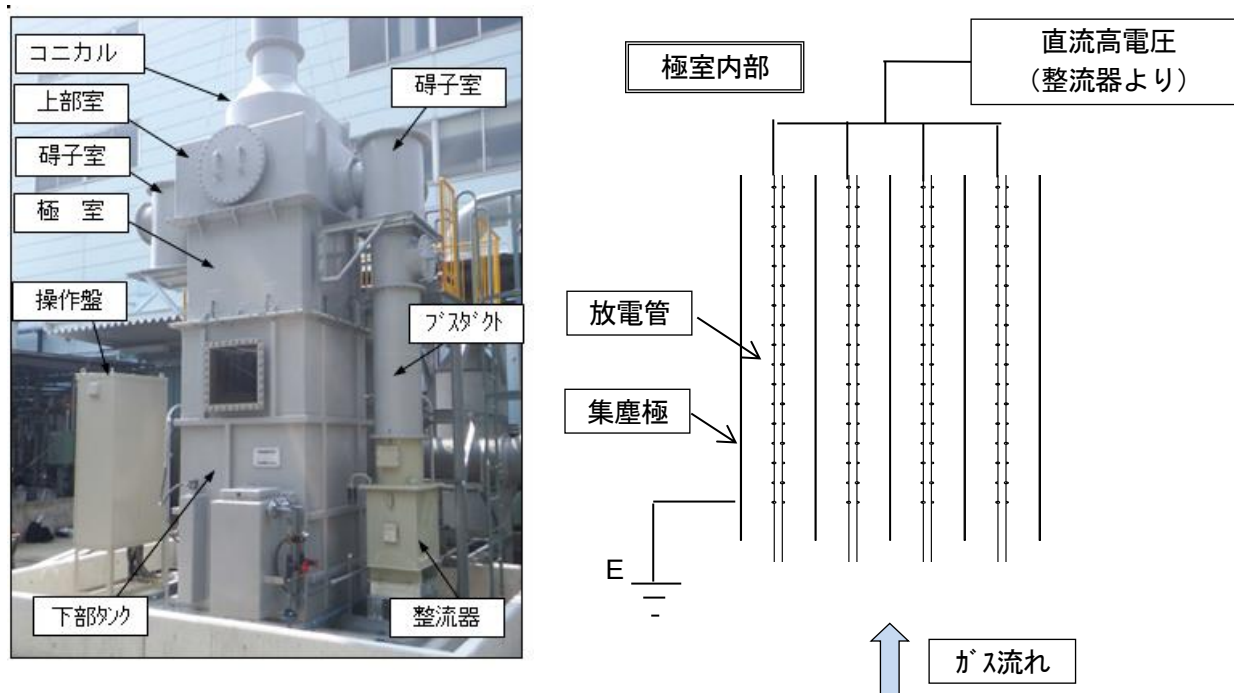


図 4 納入装置外観

装置は、商用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、極室、直流高圧電流を放電管に流すブスバーが内部に通るブスダクト、放電管を支持する碍子、極室を洗浄する散水ノズルから構成される。

極室は、集塵極面積を大きくするために筒状の

集合体となっており、その中心に放電管を設置する構造である。

本装置の仕様を表 1 に示す。

本体材質は、導電性 FRP、放電管は SUS316L である。放電管～集塵極間を 40kV まで荷電し、本体には、A 種接地をとっている。

表 1. 装置仕様一覧

項 目	仕 様
処 理 風 量	: 81.5m ³ /min
装 置 型 式	: HES-100
外 形 寸 法	: 1,235 ^W ×1,235 ^L ×5,518 ^H (全高)
整 流 器	: 40kV×50mA

4. 性能

(1) 測定方法

熱線式風速計により風量調整し、白煙除去性能は、白煙発生ピークにおいて荷電時と荷電停止時の状況を目視にて確認した。また、ガス出入口にて SO₃ ヒュームガスをサンプリングし濃度を分析した。

(2) 白煙処理状況

図 4 に荷電時と荷電停止時の白煙状況を示す。荷電時、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 4 白煙処理状況

(3)SO₃ ヒューム分析結果

表 2 に SO₃ ヒューム濃度分析結果を示す。ヒューム除去効率は、92.3%と良好で前回実証実験時から 6.5 ポイント高かった。

表.2 SO₃ ヒューム濃度分析結果

	入口 mg/Nm ³	出口 mg/Nm ³	除去効率 %
実証実験時	31.0	4.4	85.8
納入装置	17.0	1.3	92.3

5.おわりに

本報で紹介した HES は、十分な白煙除去性能を有しているとユーザーより高評価を得た。特にヒューム関係に対しては、従来のパイプフィルタに較べかなり低ランニングコストが期待できる。

白煙で困っているユーザーに採用検討いただければ幸いである。

現在、爆薬を燃焼する工程の白煙、黒煙の処理（風量 100m³/min、海外納入）を同ラインの実証試験をふまえ、納入することも決定している。

プッシュプルフードの流体解析例

環境設計課 村上 誠

1. はじめに

一般に、有害化学物質の製造、取扱等の行われる作業場では、有害物質等が飛散、拡散し最終的に作業場全体の空気を汚染する。このような有害物質の飛散を防ぐため、吸引排気装置が使用されている。プッシュプル方式とは吸引排気方式の一種であり、有害物質をプッシュ側フードの気流で包み込み、プル側フードまで搬送しプル側フード気流により捕捉吸引する方式である。主に有機溶剤の洗浄作業、粉体を取扱う作業、化学物質取り扱い作業などの作業現場で使用されている。

今回、現場雰囲気改善を目的にプッシュプル方式での吸排気とエアカーテンによる有害ガス遮断を組み合わせた方式での排気検討ができないかと某ユーザーから相談を受けた。一般的なプッシュプルフードの計算方法では、今回のようなプッシュプル間の距離が長い場合、膨大な量の吸気が必要になる。そこで、流体解析を用い気流の状態確認及び改善方法の検討を行った。

2. 解析方法

2.1 使用ソフト

流体解析手法は、解析対象を細かい要素に分割し（要素の集まりをメッシュという）、分割要素内で微分方程式を解き、それを組み合わせることにより全体的な挙動を予測する有限要素法である。

本解析に使用したソフトを以下に示す。

2D 図作成：AutoCAD LT（Autodesk）

3D モデル作成：SolidWorks

（Dassault systemes）,Inventor（Autodesk）

解析形状生成：ANSYS Design Modeler

メッシュ生成：ANSYS Meshing

ソルバー：ANSYS FLUENT 17.1

（ソルバーとは、計算を実行するソフトウェア）

2.2 解析空間の設定

プッシュプルフードの気流は不規則であり 3 次元的に変化していることが予測されるため、3 次元定常乱流モデルを採用し、気体組成等は標準状態とした。

2.3 解析モデル形状

ユーザーから提案のあった装置形状を元に基本形状、応用形状の 2 つの解析モデルを用意した。基本形状を図.1、2 に示す。解析対象は有害ガスの発生源である酸洗槽の上部空間（＝仕切りフード外形寸法：1510W×1150H（エアカーテンノズル側は 1000H）×奥行き 7500L）で、解析領域は酸洗槽上部空間周辺、2450W×2000H×奥行き 8550L とした。プッシュ側は口径φ300 の軸流ファンを 2 基使用し、酸洗槽の上部にはプッシュ気流を長く安定させ、仕切りフード外へ流出させないために吐出口 7500W×20H のエアカーテンノズルを設置したものである。プル側は 1510W×1000H×奥行き 650 のフード形状、吸引ダクト寸法はφ430 である。

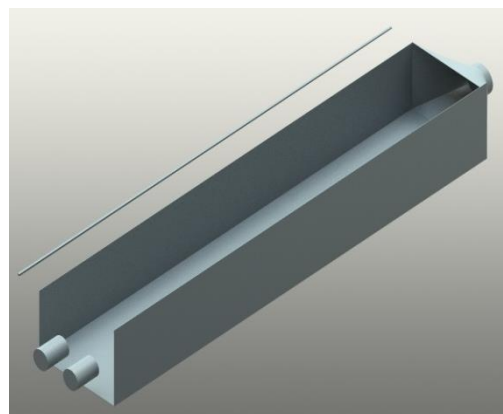


図 1 フード基本形状（等角投影）

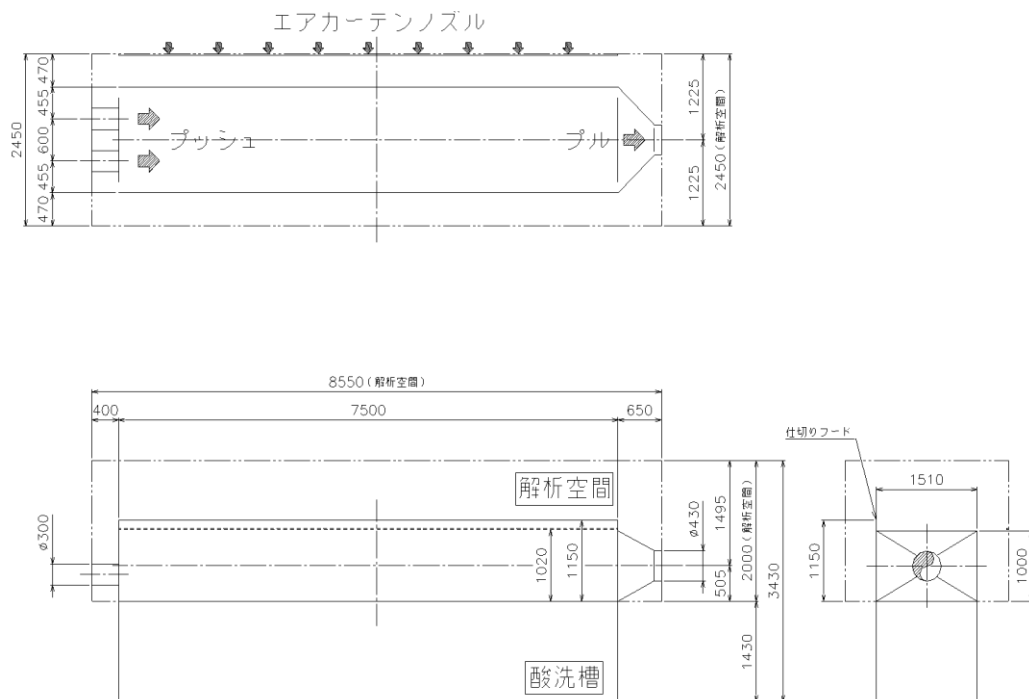


図2 フード基本形状詳細

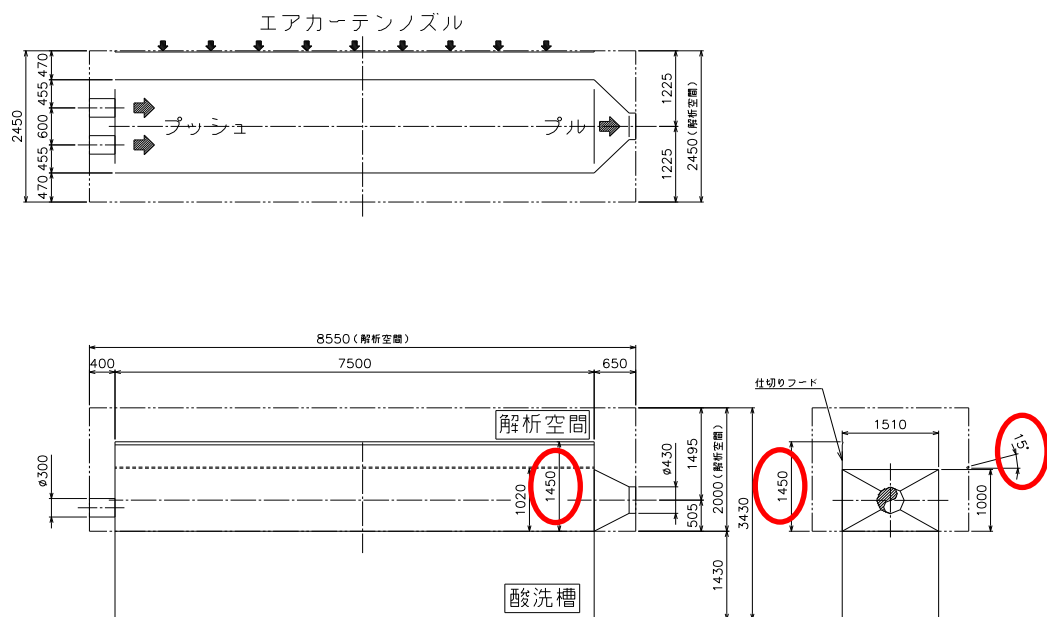


図.3 フード応用形状詳細

図.3 に応用形状を示す。基本形状からの変更点としてエアカーテンノズルの吐出角度を基本形状より 15° 下向きに傾斜させた。また、プッシュ気流の流出防止用としてエアカーテンノズル向かい側の仕切り板を 300mm 延長した (○部分)。

2.4 吸排気条件

プッシュ側については Mass-Flow-Inlet (質量入口流量) とし各軸流ファンの設定値は 20m³/min 相当の質量流量、エアカーテン部については 135m³/min 相当の質量入口流量とした。また、プ

ル側についても同様に Mass-Flow-Inlet (質量入口流量) とした。吸気風量についてはユーザスクラバ設置スペースの問題より 100m³/min にて検討した。周辺の空間については Pressure-Outlet (圧力出口) とすることで逆流等を許容できるように設定した。各設定値及び設定場所を表.1、図4に示す。

表.1 各設定値

Name	Type	Mass-Flow-Rate (kg/s)
プッシュ 1	Inlet-1	0.402
プッシュ 2	Inlet-2	0.402
エアカーテン	Inlet-3	2.71
プル	Outlet-1	2.01

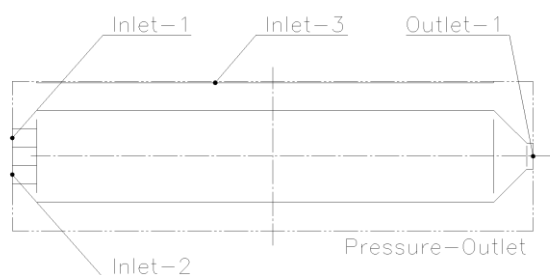


図.4 各設定場所

3. 解析結果及び考察

3.1 基本形状

基本形状に関する解析結果を図.5~6に示す。

図.5 はプッシュ側から排出された流体を示したものであり、時間が経過するほど青～赤色へ変化する。排出直後は酸洗槽内にとどまっているが吸気フードに近づくにつれて仕切り板を越え、流出している。図.6 はエアカーテンノズルから排出された流体を示している。プルフード側は仕切り板に沿って上部へ移動しているのに対し、プッシュ側は下部に移動している。この事よりエアカーテンノズルより排出された気流の一部がフード内へ流入することで不安定になり、プルフードに近づくにつれ仕切り板を越える状態になったものと考えられる。フード内部を観察しやすいよう仕切り板表示をなくしプッシュ側より排出された流体の経時変化を表示したものを図.7~10に示す。

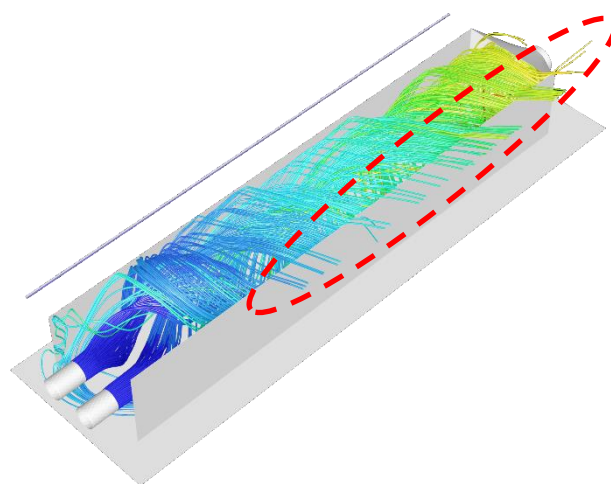


図.5 プッシュ側排気 (基本形状)

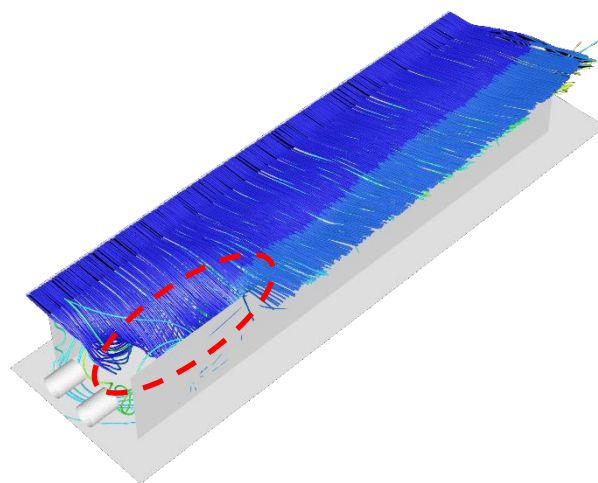


図.6 エアカーテンノズル排気 (基本形状)

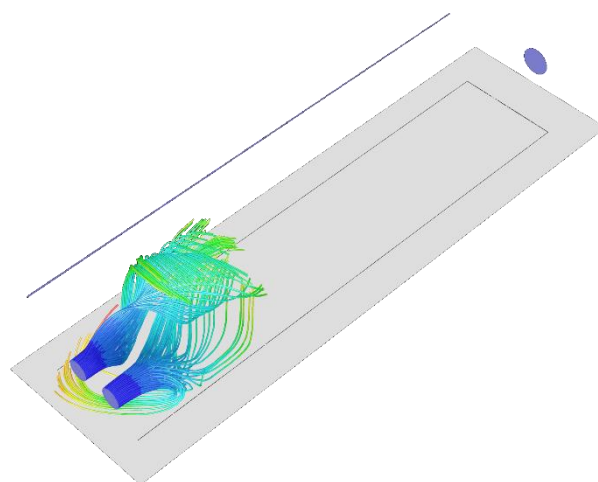


図.7 プッシュ側排気経時変化 (1.8sec)

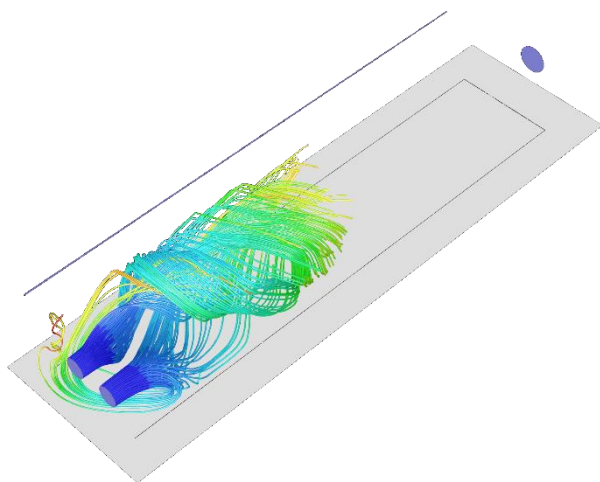


図.8 プッシュ側排気経時変化 (2.8sec)

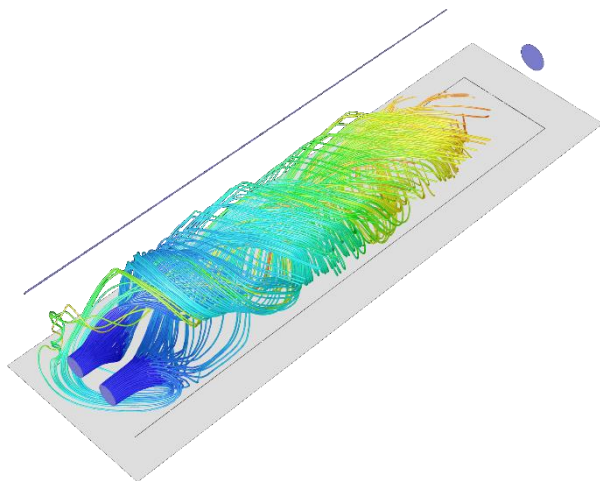


図.9 プッシュ側排気経時変化 (3.8sec)

3.2 応用形状

エアカーテン気流をうまく仕切りフード内に巻き込むことにより、プッシュ気流の流出量を減少させることができるのではないかと考え、基本形状を元にエアカーテンノズル先端角度を 15° 下向きに傾斜させ、仕切り板高さを 300mm 高くした。解析結果を確認したところ、プッシュ側周辺において一部エアカーテン気流が逆流しているのが確認できた。これは形状変更によってエアカーテン気流を多くフード内に取り込んでしまったことによる影響と思われる。また、仕切り板を越える気流の流出量に関しては減少の傾向が見えるが基本形状との大きな有意差はなかった。プッシュ側からの排気を図.11、エアカーテンノズルからの排気を図.12 に示す。

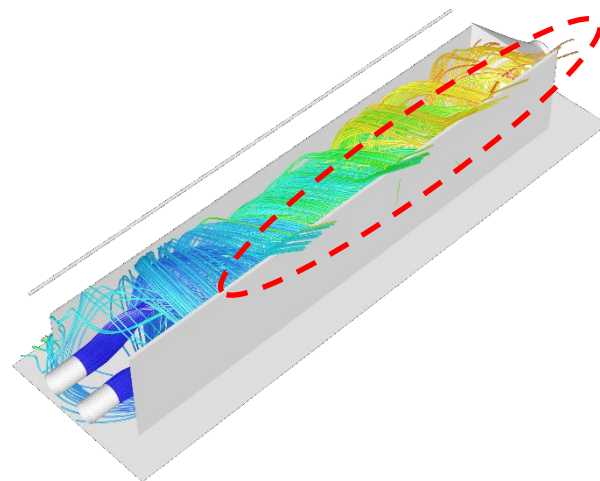


図.11 プッシュ側排気 (応用形状)

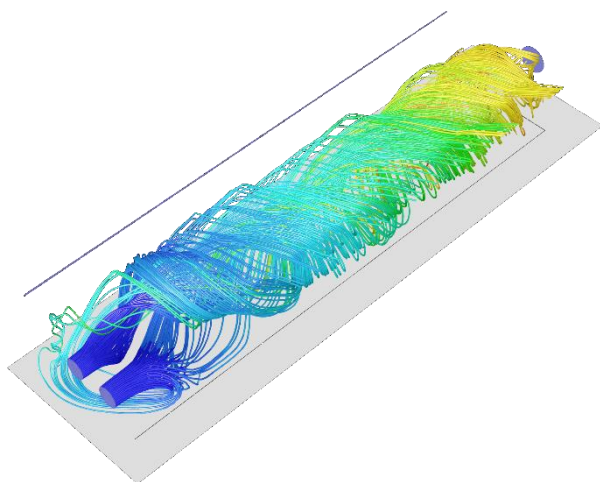


図.10 プッシュ側排気経時変化 (6.4sec)

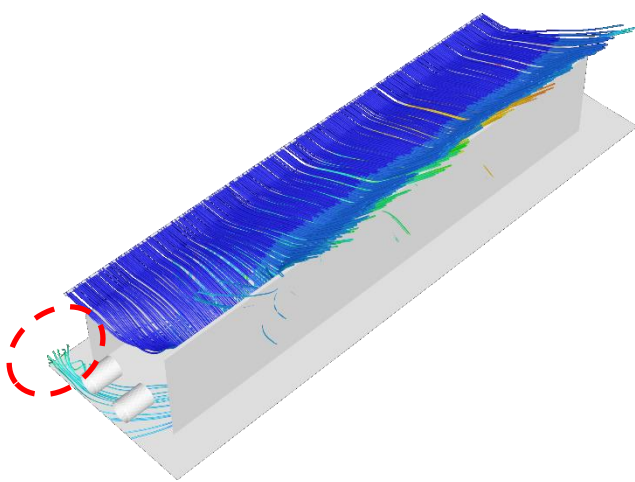


図.12 エアカーテンノズル排気 (応用形状)

3.3 プル風量条件変更

基本、応用形状に大きな有意差は見られず一定量の排気が仕切り板を越え、流出する解析結果が得られた。この事よりフード形状変更では気流の安定性を効果的に確保することが難しいことが分かった。フード形状を変更せず気流の安定性を確保する方法としてプル風量の増加が考えられる。

2.4 項で説明した通り、スクラバ設置スペースの問題でプル風量の制限があるがプッシュプル気流の改善提案の一つとしてプル風量を増加させて検討することとした。プル風量は現状の $100\text{m}^3/\text{min}$ から50%増加させるものとし $150\text{m}^3/\text{min}$ とした。また、その他条件に関しては基本形状解析時の条件と同様とした。結果、吸引量が増加したことによりプッシュプル気流の安定性が上昇し流出量を減少させることができた。解析結果については図.13~14 に示す。

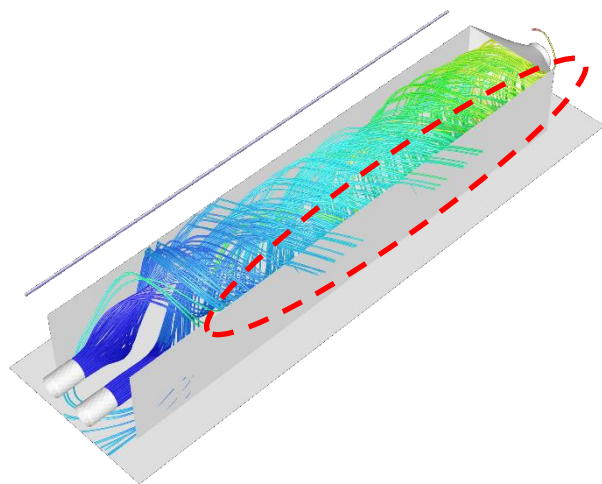


図.13 プッシュ側排気（プル風量増加）

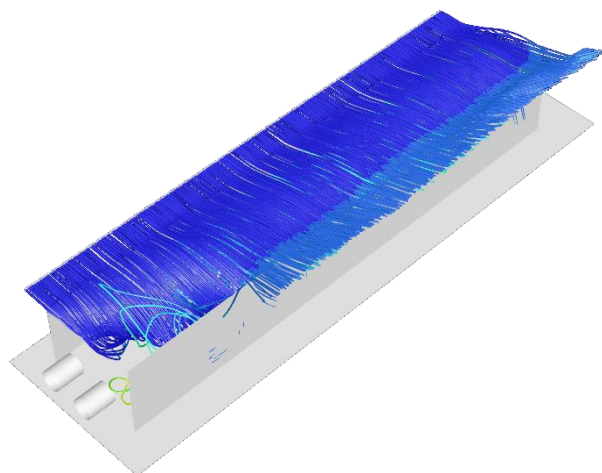


図.14 エアカーテンノズル排気（プル風量増加）

3.4 各解析結果比較

基本形状、応用形状、プル風量増加の3パターンの解析結果についてプッシュ気流の流出状態を比較するための平面図を図.15~17 に示す。

プル側風量を増加するとプッシュ気流の流出が小さくなる傾向があることが明らかである。

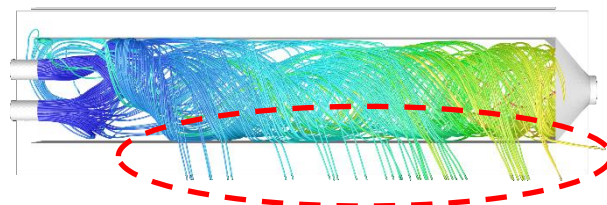


図.15 プッシュ側排気平面図（基本形状）

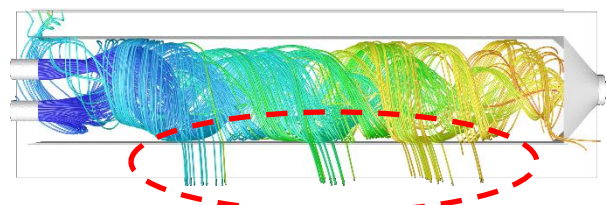


図.16 プッシュ側排気平面図（応用形状）

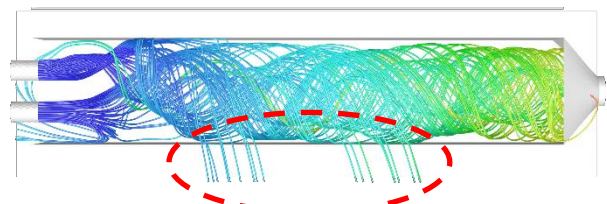


図.17 プッシュ側排気平面図（プル風量増加）

4. まとめ

流体解析結果より、酸浄槽上部に設置したエアカーテンはプル側から排気された気流を仕切りフード内に閉じ込め、安定させる効果があることが判明した。プル側風量を検討し、プッシュプル気流を安定させることで、より効果的にプッシュ気流の流出量を低減できるものとする。

耐蝕ポンプガイド

機械設計課ポンプ係

1. はじめに

当社は、創業以来、プラスチックの耐食性を利用して、耐蝕ポンプの製造・販売を行ってきた。当初は、硬質塩化ビニールを主材料であったが、産業の高度化に伴い、高温、高濃度の薬液や溶剤系の薬液移送などの過酷な環境下での使用が一般的となり、主材質をフッ素系樹脂とした無漏洩ポンプが求められるようになった。

本報では、当社がイチ押しするポンプを簡単に紹介したい。

2. 大口径 PFA 製マグネットポンプ MTA-150



図1 MTA-150の外観

■概要

完全無漏洩のマグネットドライブ構造で、大容量 Max.3500L/min の耐食ポンプ、高温でも優れた耐食性を有する PFA 樹脂を接液部品とし、金属イオンの溶出がなく高純度薬液の移送に最適

■用途

鉄鋼・化学・ソーダ業界等で完全無漏洩が要求

される化学薬液輸送用途

■特長

- 1)PFA 樹脂採用により高耐食かつ高温での対応が可能
- 2)ポンプ外周を鋳物で完全にカバー、内外部から衝撃に対し安全
- 3)バックプルアウト構造の採用により、分解容易（配管取り外し不要）

■仕様

口径：150A×125A
容量範囲：500～3500L/min
揚程範囲：15～33m[50Hz]、20～45[60Hz]

3. ケミカルスラリーポンプ TSU 形

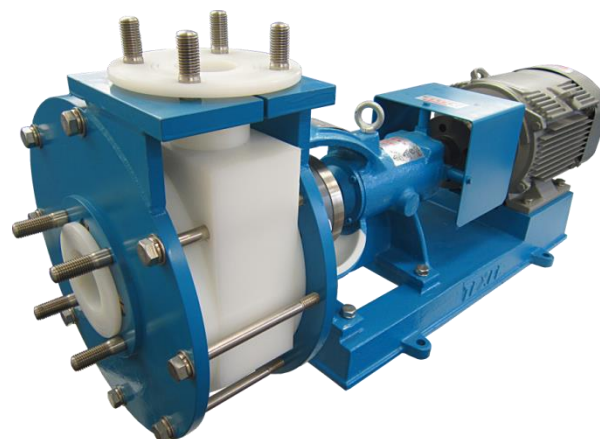


図2 TSU形の外観

■概要

耐摩耗性・耐食性を備え持つ UPE（超高分子量ポリエチレン）を主材質とするケミカルスラリーポンプで、デッドエンドタイプのメカニカルシールを搭載

■用途

鉄鋼・化学・電力業界等でのスラリー薬液の輸送用途

■特長

- 1)接液部を全て UPE で構成、耐摩耗性に優れる
- 2)摩耗部品だけ交換するビルト・イン構造の採用によりメンテナンスが容易
- 3)オープンインペラ、デッドエンドタイプメカニカルシールの採用による閉塞しにくい構造
- 4)メカニカルシール金属部品が接液しない高耐食メタルレス構造

■仕様

口径：40～150A
最大容量、揚程：1200L/min×40m、
2500L/min×20m

4. 五軸制御型磁気浮上ポンプ MFB-040

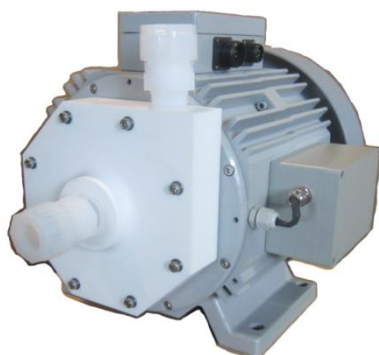


図3 MFB 形の外観

■概要

電磁力を用いて、ケーシング内にインペラ及び回転子を浮上と同時に回転させることにより、すべり軸受を必要としない完全非接触駆動を実現したポンプ

■用途

高純度薬液や超純水等、コンタミレスまたは金属イオンの溶出防止を要求される薬液輸送用途

■特長

- 1)接液部オールフッ素樹脂採用により高耐食、

金属イオン溶出防止が可能

- 2)機械的摺動部材であるすべり軸受がなく、磨耗粉の発生がない
- 3)専用コントローラ盤による磁気浮上制御と汎用インバータによる運転回転数制御
- 4)回転子の軸方向（Z 軸）と径方向（X・Y 軸、前後 4 箇所）の五軸制御により安定した運転が可能

■仕様

口径：40A
最大容量、揚程：150 L/min x 30 m、
許容液温度：60℃
最高回転数：5000min⁻¹

5. おわりに

大口径 PFA マグネットポンプは、これまで 90 台の納入実績（口径 100、125 を含む）があるが、ケミカルスラリーポンプ、磁気浮上ポンプについては、ユーザーにより取扱い液条件が多様であるため、顧客要求を満たすよう改善を続けている。

前者は、これまでの UPE よりさらに分子量が高いものを採用し、耐摩耗性がさらにアップさせた。現在は、耐熱性アップ、大口径化に対して、成形方法含め検討している段階である。

後者は、容量が 50 & 10L/min の小型機の開発を行っている。

どちらも、運転確認していただけるよう、モニタ機を用意している。