

*Nihon Spindle Technical Report*

日本スピンドル  
**技報**  
No.58 2021



# 日本スピンドル技報

NO. 58 2021

## NIHON SPINDLE TECHNICAL REPORT

### 目 次

卷頭言	近藤 茂雄
<b>フローフォーミング特集</b>	
◆Leifeld Metal Spinning GmbH (LMS) のご紹介	1 NILLIES Benedikt, HILTROP Beate
◆自動車用モーター部品のフローフォーミングによる製造	9 檜垣 孝二, 鈴木 崇司
◆排気系部品加工機 SRS150E-T4 のご紹介	14 小林 宗太, 外館 捷矢
◆VF-LMS 新ブランド「Global Metal Forming Group」のご紹介	16 斎藤亜弥子
<b>技術報告</b>	
◆ハイドロダイナミックキャビテーション効果を利用した「ジェットペースタ」について	18 浅見 圭一
◆超低露点ドライサーマル <sup>®</sup> の開発	29 増田 克洋
知財報告	33

# NIHON SPINDLE TECHNICAL REPORT

NO. 58 2021

## CONTENTS

Message .....	KONDO Shigeo
<b>FEATURE: FLOW FORMING</b>	
◆ Company Profile of Leifeld Metal Spinning GmbH .....	1 NILLIES Benedikt, HILTROP Beate
◆ Manufacture by flow forming of automobile motor parts .....	9 HIGAKI Koji, SUZUKI Takashi
◆ Introduction of the exhaust parts processing SRS150E-T4 .....	14 KOBAYASHI Sota, SOTODATE Katsuya
◆ VF-LMS New Brand “Global Metal Forming Group” .....	16 SAITO Ayako
<b>TECHNICAL REPORT</b>	
◆ “JET PASTER” using Hydrodynamic Cavitation Effect .....	18 ASAMI Keiichi
◆ Static elimination function of NS Dry Booth .....	29 MASUDA Katsuhiro
INTELLECTUAL PROPERTY REPORT .....	33

# 卷頭言

代表取締役社長 近藤茂雄



今年8月、北極圏のグリーンランドの最高気温がこの時期の平均気温を18度も上回り、観測史上初めて雨が降るというニュースがありました。また、同じ月にイタリア南部のシチリア島では欧州における最高気温となる48.8度を記録しました。毎日のように報道される世界の環境問題の中でもとりわけ地球温暖化に対するカーボンニュートラルへの対応が求められる中で、自動車のEVシフトが急速に進んでいます。世界のEV保有台数(BEV+PHV)は昨年1,020万台でとうとう1千万台を突破し、10年後の2030年

には1億台を大幅に超えるであろうと言われています。このEVシフトは世界の中でも特に欧州において加速しており、EUは2035年にハイブリッド車を含むガソリン車の販売を事実上禁止する方針を発表しました。一方、ハイブリッド車で先行していた日本の自動車メーカーはガソリンを使用しないBEVで海外メーカーに後れを取ることとなり、各社はBEV開発への多額の投資計画を相次いで発表し、挽回を図ろうとしています。また、EVに使用される部品はガソリン車の部品よりもモジュール志向が強くなる傾向で参入障壁が低くなるため、新規メーカーを含む多くのメーカーが業界のイニシアチブを取ろうと模索し開発に力を注いでいます。

こうした状況の中で当社もEVシフトに対応する開発を進めており、本号では自動車部品の加工方法の一つであるフローフォーミングを中心に紹介しています。昨年6月から当社グループに加わったライフェルト社(Leifeld Metal Spinning GmbH)は、130年の歴史と卓越した技術によりフローフォーミングの業界で世界トップシェアを持つ企業であり、今後のEVシフト対応、ひいてはカーボンニュートラルに貢献する企業グループの構築を目指す当社にとってはこれ以上ないパートナーであり、これからも互いに学び合い成長していくことを期待しています。

本号では上記以外にも、二次電池材料の製造設備であるジェットペースタとその製造環境を支える設備機器のドライサーマルに関する技術を紹介しています。今後も脱炭素社会の実現やその他の様々な社会課題の解決に貢献する新商品を次々に生み出していくけるよう積極的に取り組んでいきましょう。



# Leifeld Metal Spinning GmbH (LMS) のご紹介

## Company Profile of Leifeld Metal Spinning GmbH

Leifeld Metal Spinning

NILLIES Benedikt, HILTROP Beate

### Abstract

Leifeld Metal Spinning (LMS) was established in Germany in 1891 as a pioneer of spinning machines, and joined Nihon Spindle Group in June 2020. The company manufactures machine tools and delivers them from four bases to about 60 countries around the world. In this report, we introduce the history, the latest technology, and the main products of LMS.

### 1. 会社概要

Leifeld Metal Spinning GmbH (以下、当社) はチップレス金属成形用工作機械を開発・製造・販売している。ドイツ、アメリカ、中国、ロシアの各拠点に150人以上の従業員が勤務し、すべての大陸に数多くの支店を持ち、世界の主要市場に進出している。コア事業は自動車、航空宇宙、エネルギー分野および産業用途であり、生産拠点と本社の所在地(図1)はドイツのアーレンにある。

取扱製品は、さまざまな中間製品や最終製品を製造するための工作機械である。これらの機械には多種多様な自動化ソリューションが装備されており、顧客要求に合わせて個別に設計対応している。創業より130年の間に6,125台以上の機械を製造し、納入先は60か国に及んでいる。

また、製品のライフサイクル全体を対象とした包括的サービスにより顧客をサポートしており、研究開発から技術サービス、予備部品の調達、コンサル

ティング、トレーニング、および中古機械の改造まで、あらゆるサービスを提供している。新しいプロセス、技術、および製品を開発し、これまでに140件以上の発明について特許出願を行っている。

### 2. 沿革

130年前に木製の樽を製造するメーカーとして創業した当社は、以下の歩み(図2)により、現時点において金属塑性加工業界のリーディングカンパニーとなっている。

#### 1891~1920年：創業初期

1891年、ヨーゼフ・ライフェルトが、桶、樽、バター遠心分離機および藁の押し切り機を製造する「Böttcherei Leifeld

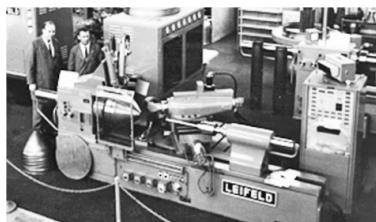


図1 本社工場概観

（ライフェルト桶屋）」を設立した。1920年、ヨーゼフ・ライフェルト2世はこの桶屋を金属加工工場「Josef Leifeld Blechwarenfabrik」（ヨーゼフ・ライフェルト板金工場）に発展させた。

### 1921～1967年：スピニング加工機に変革をもたらす

1930年、世界初の手動式スピニング加工機を開発し、1945年には世界初の油圧式スピニング加工機を開発した。15年後、倣い加工と自動プログラム制御を搭載した最初の油圧式スピニング加工機を発売し、1967年には世界初のNCスピニング加工機を開発した。



### 1968～1999年：技術革新

1971年、世界初のCNC制御メタルスピニング加工機を開発した。1988年、マルチコンポーネントのアルミホイールを製造するための最初の機械を開発し、その翌年には鍛造ホイールと同等の強度を有し、重量を最適化した一体型鍛造アルミホイールを製造する新しいプロセスを開発した。1995年にはクラッチプレートサポートを製造できる初の機械を発売した。



### 2000～2010年：チップレス金属成形で世界市場のリーダーに

一体型鍛造アルミホイールの重量を最適化できる初の機械を開発し、また、鍛造アルミホイールと鍛造アルミホイールだけでなくアルミホイールとスチールホイールを製造するための最初の縦型機械を開発した。2007年にはGeorg Koflerグループとなり、2010年、長さ30mを超える世界最長のフローフォーミング加工機を製造した。



### 2011～2019年：国際的成長

2011年は中国に進出し、上海にLeifeld Machinery Tradingを設立した。2013年にはアルターンに工場を設立し、同年、世界最高の加工力を有するフローフォーミング加工機を開発し、1年後には世界最大の水平型CNCメタルスピニング加工機を開発した。2015年にはアメリカに進出しLeifeld USA Corp.を設立した。2016年には創業125周年となり6,125台目の機械の納入を達成した。2017年、ロシアに新拠点を開設し、2018年にはアーレンにさらなる生産施設を建設して操業を開始した。

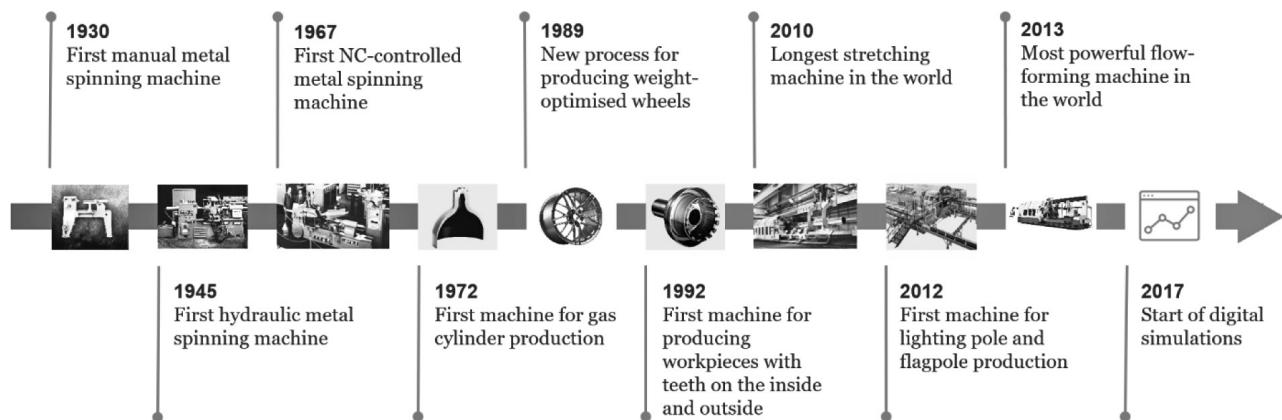


図2 研究開発の推移

## 2020年～現在：パイオニア精神

継続的なパイオニア精神が評価され、「世界のマーケットリーダー」・「イノベーションリーダー」として表彰され、ソーシャルメディアでのオンラインプレゼンスのほか、デジタルソリューションも拡く展開している。2020年、日本スピンドルグループとなって戦略的パートナーシップを結び、2つの強力なブランドと拡大された製品ポートフォリオに加えて、世界中での共同販売とサービスネットワークを強化している。新技術やスマート制御を搭載した機械が市場に投入される日も近い。



## 3. 市場をリードする金属成形加工技術

ドイツ工業規格においては、当社の金属成形加工技術は5つに分類される。

### 3.1 メタルスピニング



DIN 8584に準拠したメタルスピニングは、ローラーを使用したチップレス成形によって円盤を回転対称の中空体に変える工法である。

プリフォームをスピニング加工用金型でクランプした状態で回転させ、スピニング加工用ローラーによって、材料が金型に密着するまでプリフォームを少しづつ成形させる。回転するローラーが、同じく回転している加工物の表面にさまざまなラインを作り出すことで、加工物の最終的な形状が作られ、表面が滑らかになる。

その他、同じクランプの状態で追加の工程を行うことで、輪郭部分の形状付け、切削、外縁の縁取りなどが可能である。これにより、複雑または入り組んだ形状、非常に狭い公差、およびなめらかな表面を備えた中空体を製造することができる。

#### メタルスピニングの利点：

メタルスピニングは費用対効果と柔軟性の面で明らかに有利である。材料を節約できることと、安価な工具費用かつ高速加工であらゆる種類の形状変更が可能であることから、回転対称部品にとって小・中ロットのメタルスピニングは、深絞り加工などの

他の加工と比べて最も競争力のある選択肢の1つになっている。高い加工硬化率により、より費用対効果の高い材料を使用できるのに加えて完成品の安定性と必要な強度の向上は保証されている。その結果、材料や重量を大幅に削減できる可能性をもっている。何よりもまず、メタルスピニング用工具（スピニング加工用ローラー）は加工物の形状にこだわらない。つまり、簡単なプログラム変更を行うだけで加工物のほぼすべての領域で形状を変更することが可能となる。

### 3.2 フローフォーミング



DIN 8583に準拠したフローフォーミングでは、円筒形、円錐形、または曲線の表面ラインを持つ回転対称の中空体がチューブやカップ素材から成形される。

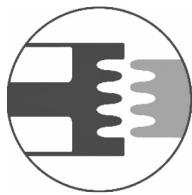
マンドレルの上にプリフォームをしっかりと固定する。通常2～3ヶ、またはそれ以上のフローフォーミング用ローラーが、回転する加工物を中心に向かって押し材料が軸方向に流れるようにする。これにより肉厚が薄くなり、加工物が長くなる。このプロセスはシリンダーフローフォーミングと呼ばれることが多く、前方フローフォーミングと後方フローフォーミングに区別される。使用するプロセスを選ぶ重要な基準は、加工物が単にチューブ状であるか、あるいはカップ形状で底部があり、クランプできるかという点である。前方フローフォーミングの場合はスプラインを成形することも可能なので、さまざまな内歯車部品を製造することができる。

#### フローフォーミングの利点：

フローフォーミングの目的は常に肉厚を薄くすることである。最終的な特性は圧縮荷重によって達成される。材料にかかる圧力は、まず材料を塑性変形させ加工物を長くするとともに材料の強度を高める。その結果、金属切削加工で作られた部品よりも材料特性が向上し、高い耐荷重性と長い耐用年数を備えたワーカピースを得ることができる。

### 3.3 プロファイリング

プロファイリングとは円形プリフォームなどにいくつかの段階を経てノッチや溝などを作ることである。最も重要なのは、分割、曲げ、圧縮、肉厚化、および圧延の各工程である。ハブ成形もプロファイ



リング技術と関連している。主軸と心押し軸の間にプリフォームや円形ブランクを固定して回転させる。ここで、さまざまなプロファイリング用ローラーが複数の連続した作業ステップで加工物に向かって移動する。ローラーの形状は徐々に成形する様に調整されており、最終的に加工物の材料分布と輪郭が作り出される。

#### プロファイリングの利点：

チッププレスプロファイリングは最適な材料や表面特性と小さい公差が得られるため、ブレーキ部品のピストンなど、特に安全性が求められる部品には不可欠である。少ない材料で耐摩耗性や設置性に優れた表面を形成し、材料のオーバーフローによる切削加工を最小限に抑え、サイクルタイムを非常に短くすることで、大幅なコスト削減を実現していることも強調しておきたい。

#### 3.4 シアフォーミング



シアフォーミングでは、円形ブランクやプリフォームをシアフォーミング用ローラーの外部工具の輪郭に配置する。シアフォーミングはメタルスピニングと関連した段階的なフォーミングプロセスである。

回転するチャックと心押し台ディスクの間にプリフォームを固定して回転させる。円形ブランクは、シアフォーミング用ローラーによって工具の外郭に平行に成形され、工具に装着される。段階的なメタルスピニングプロセスとは対照的に、材料は1パス加工が適用される。

#### シアフォーミングの利点：

シアフォーミングはプロセスがシンプルなことが利点である。角度が18°以上の円錐状のテーパー部品はすべて、1回のクランプで作ることができる。このプロセスは材料の移動のみで構成されているため、完成品の肉厚の変化を最適に計算することができる。シアフォーミング用ローラーが回転するチャックと平行に移動する間に、円錐角度 ( $S_1 = S_0 \sin \alpha$ ) との関連で肉厚はますます薄くなる。このプロセスにより公差が小さくなり、表面が磨かれる。

#### 3.5 ネッキング加工



ネッキング加工は、プリフォームの直径を徐々に小さくすることである。この方法は、圧力容器、ガスボンベや他の金属ボトルなどの中空部にネックを形成するのに特に適している。ネッキング加工は容器の底とネックの両方に適しており、鋼製の底には永久的な気密シールが得られる。

プリフォームはネッキング加工機の機外にある誘導加熱装置で加熱され、自動供給装置によって加工機のチャックに固定されて回転する。100°のスイベルサポートに取り付けられたネッキング加工用ローラーが、材料をパイプから回転の中心に向かって徐々に成形していく。スイベルステップの数によって、容器の底またはネックの肉厚は決定される。肉厚は最大で素材の4倍まで膨らませることが可能である。スチール製の底の中心部にスラグが入らないようにするために、オプションの切断トーチを使用して均一な材料分布と容器の究極の気密性を確保することができる。

#### ネッキング加工の利点：

ネッキング加工は、縮径部の肉厚コントロールを最適にできる。短いサイクルタイム、生産におけるプロセスの信頼性、高い機械稼働率、および安定した製品品質により、費用対効果の高い製造が可能となる。

#### 4. 重量が最適化されたホイールを製造するための加工機とプロセス

軽量化は  $CO_2$  排出量の削減を意味する（これは自動車とトラックの両方に当てはまる）。ホイールリムは  $CO_2$  を削減できる可能性を多分に持っています。当社のフローフォーミング加工機を使用すれば、ペイロードを損なうことなく、重量が最適化されたホイールをチップレスで製造することができる。

当社の加工機と技術を用いて自動車やトラックのスチールリムを設計することにより、従来のホイールの強度を維持したまま大幅に軽量化することができる。当社はチップレス金属成形加工用のツールを開発しており、世界中の自動車産業、航空宇宙技術、

エネルギー産業、およびさまざまな消費財や工業製品の分野で使用されている。ある顧客は、ペイロードが580 kg のリムを当社の技術を使って製造することで、他の製造プロセスよりも約900 g の軽量化ができた。これは、特に燃料消費量の点で効果をもたらしている。このホイールの採用を増やすことでさらに効果が得られる。6つのホイールを持つトラクタユニットに加えて、スペアホイールとトレーラーホイールを備えたトラックを考えてみるとよい。

確かに、アルミホイールはスチール製のものに比べてはるかに美しく、塗装や鏡面仕上げ、つや消し、場合によってはクロームメッキが施されている場合は車の購入者にとても人気がある。しかし、アルミホイールは高価であり、路面の塩分や衝撃などに弱いという欠点がある。修理には多額の費用がかかり、場合によっては不可能であることもある。スチール製のリムははるかに弾力性があり、適切な製造プロセスを用いれば自動車分野では実際にさらに軽量化することができる。これはトラック分野とは異なるが、デザインよりも経済性を重視するメーカーと購入者にとって、軽量化は魅力的となりうる。

#### 4.1 軽量化と弾力性の向上

アルミ製リムは一体で鋳造や鍛造されることが多いのに対し、スチール製リムは通常、リムリングとホイールディスクで構成されている。リムリングは自動車分野で、リムリングとホイールディスクはトラック分野で、それぞれフローフォーミング加工プロセスを用いて製造することができる。加工硬化により材料の微細構造が改善され、最終強度が向上する。材料の断面を特定の箇所で縮小し、ホイールの

荷重要件に合わせて柔軟に調整できる。

#### 4.2 リムリング重量の最適化

当社は、後方フローフォーミング加工用の FFM シリーズ（図4）と、二重円錐前方フローフォーミング用の RSC+RC 加工機（図5）という2つの異なる機械製造シリーズとフローフォーミング加工プロセスを提供している。これらの違いは、ローラーの送り方向と材料の流れ方向である。どちらも大量または少量のチューブレススチール製ホイールを成形する。

FFM 機ではリムリング（図3）のような円筒形部品を製造することができる。正確なリング幅を得るために、測定装置が円形リングの公差を記録し、その公差は機械の制御システムにより補正されるため、追加でトリミング加工する必要はなく、リングの断面が修正されることで、軽量化を実現している。実際のプロセスを紹介する。帯板から切り出され、丸めてリング形に溶接されたプリフォームがベルトコンベアにより測定装置に運ばれる。すべてが合致すれば、ロボットが部品をピックアップし機械の装着装置に設置する。ここで、プリフォームは自動的にマンドレルに押し付けられて固定される。主軸駆動によりプリフォームが装着されたマンドレル



図3 リムリングはフローフォーミング加工技術により重量が最適化される。

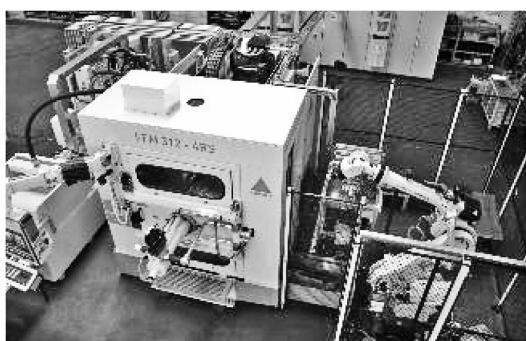


図4 FFM 機は後方フローフォーミングにより重量最適化されたリムリングを成形する。サイクルタイムは約12秒である。



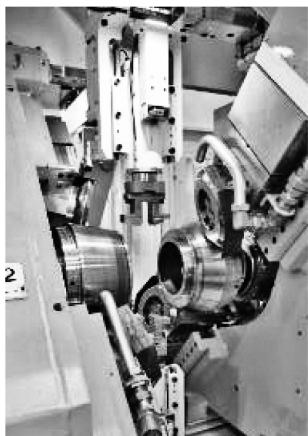


図5 4本のフローフォーミング加工用ローラーを装着したRSCシリーズは、対称的な力配分と非常に高い回転精度が確保できる。

が回転する。CNC制御により、主軸と反対方向に移動するローラーが、材料を軸方向にフローフォーミング加工する。プリフォームの肉厚は設定厚まで薄くされる。

最終部品長は常に監視されており、最終リムリング幅に達すると機械加工プログラムが停止する。次に、完成品が機械側のスクレーパーによりマンドレルから取り外され、払出し用シートに載せられる。最後に、ロボットがフローフォーミング加工された部品を機械から取り出す。マンドレルとローラー用の自動クイッククランプ装置により、段取り時間が最小限に抑えられ、費用対効果が向上する。

円筒形の後方フローフォーミングでは、ホイール幅に応じて汎用性のある工具を使用することができる。プリフォームの測定が容易で、加工硬化性が高く、余分な材料を削る必要がない。この機械が顧客に支持されている理由はそこにある。

### 4.3 自動車用ホイールリムの前方フローフォーミング加工

二重円錐前方フローフォーミング（図6）では、リムリング用プリフォームを最適化された重量で製造することができる。ただし、これは、円筒の内径と軸方向の締め付け範囲（ドロップセンター領域など）を備えた二重円錐部品の場合にのみ可能である。

当社は、この目的のためにRSC+RCシリーズを販売している。装着装置やロボットは、予備成形された部品をピックアップして機械の中にセットする。その場合、2つのマンドレル形状に倣って材料が持ち上げられ、強制的にロックされる。2本の共回転ローラーは、それぞれ軸方向の送り方向にある材料を反対方向に押し付ける。フォーミングプロセスにまだ入っていない領域は、ローラーの前に押し出される。このようにして、この機械では力の対称的配分と部品の非常に高い回転精度が確保されている。前方フローフォーミングでは、追加の校正をしたり断面の長さを測定したりする必要はない。より大きなプリフォームや公差が大きい材料も使用できる。次に、設定された材料の厚さと長さが正確に得られるように余分な材料が別の機械で取り除かれる。したがって、部品には、加工前材料の板金の厚さの公差に起因する重量差はない。当社の機械を使うことで、自動車メーカーが要求する軽量で高いペイロードのホイールを設計することができる。これにより、将来における競争力の高まりにも確実に応えることができる。

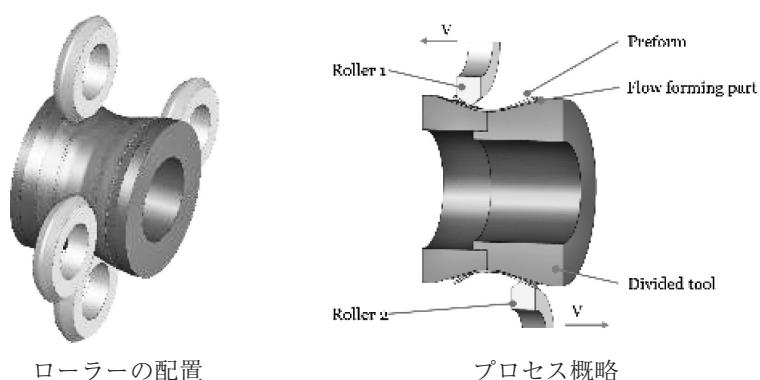


図6 二重円錐前方フローフォーミング加工はRSC・RCシリーズで行える。



図7 SC シリーズ



図8 加工品事例

## 5. フラッグシップモデル

多くの製品の中から、当社の2つのフラッグシップモデルを以下に紹介する。

### 5.1 SC シリーズ (図7)

#### 特徴

- ・多種多様な機械を装備したスピニング加工機シリーズは、直径が5000 mmまでのブランクをカバーしている
- ・円形ブランク、チューブ、またはプリフォームから回転対称の中空形状を製造できる(図8)
- ・家庭用から風力発電機まで広い範囲に柔軟な適用が可能
- ・品質と成功の証として、世界中で950台以上の当社製自動スピニング加工機が使用されている。

### 5.2 WSC シリーズ (図9)

#### 特徴

- ・鋳造および鍛造ホイールプリフォームのフローフォーミング加工、分割、およびプロファイリング
- ・鋼、アルミ、およびその他金属に適用可能



図9 WSC シリーズ

- ・材料に応じた温間または冷間加工
- ・年間500,000個以上のホイール生産
- ・フローフォーミング加工を使用して円筒形リングを作り、重量が最適化されたリムを成形することで自動車、トラックおよびバスの重量とCO<sub>2</sub>排



図10 加工品事例

出量を大幅に削減できる。

ホイール業界向けに開発された当社のソリューションにより、リムリングだけでなく、応力耐性が高く、軽量のホイールリムとディスクも製造可能である（図10）。

# 自動車用モーター部品のフローフォーミングによる製造

## Manufacture by flow forming of automobile motor parts

産機モリヤマ事業部

檜垣 孝二, 鈴木 崇司

HIGAKI Koji, SUZUKI Takashi

### Abstract

We introduce an example of using the flow forming method for the structural parts of automobile motors, mainly for motor shafts. And we introduce an example of using flow forming for forming a high-cost raw tube.

### 1. はじめに

現在、自動車の電動化が急速に進みつつある。中国では2035年に新車販売を電気自動車（以下EV車とする）とハイブリッド車（以下HEV車とする）に限定し、ガソリン車とディーゼル車の販売を禁止する。同様の動きはフランス、米国とカナダの州単位でも見られ、英国にいたっては、2030年に前倒して実施すると発表した。日本においても、2050年のカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収で合計ゼロとする）へ向けた取り組みの一環として2030年代半ばにガソリン車とディーゼル車の販売を禁止するとの政府見解が発表され、我が国の自動車業界を一層困惑させてている。

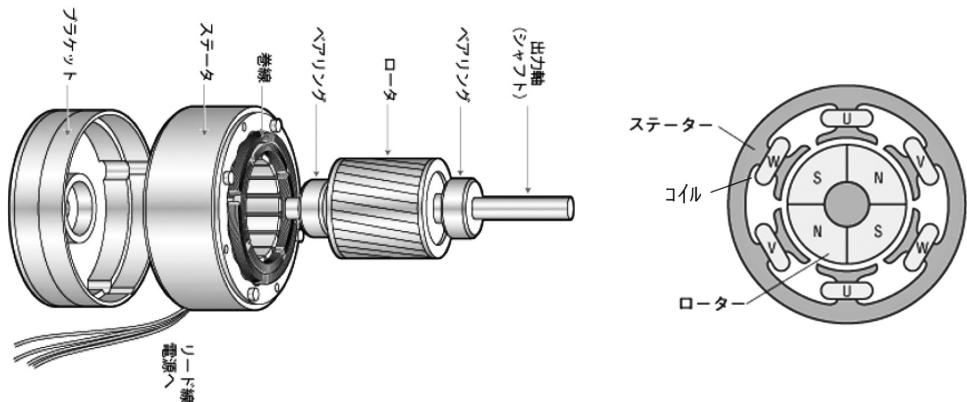
このような革命的な変遷の時期を迎え、これまで主に内燃機関を採用してきた殆どの自動車メーカーがHEV車からEV車へと開発を促進しており、電池、モーター関係については、各モーター専門メーカーから電機メーカー、自動車関係の各サプライヤーに至るあらゆる団体で開発競争が激化しつつある。これらのユニットの開発については、常に大容量化と高効率化が望まれるもの、各々の部品重量についてはあまり大きくできないというジレンマが大きな課題となっている。モーターの重量の約半分は構造部材が占めており、モーターシャフトなどの回転部品については、高トルクを目指しながらも軽量化が図れる点でフローフォーミング工法による中空化は注目されつつある技術である。また、パイプ素材から鍛造で縮径加工する場合、金型の都合上、加工されない側は開放されている必要があるが、フローフォーミングでは両側の縮径が可能である。ま

た必要に応じてフランジ加工や素管の途中に溝を設けるなど比較的複雑な形状についてもツールチェンジとプログラム変更により簡単に対応が可能である。

本技報では、最初に、これまでの自動車用モーターの構造と課題について紹介し、殆どの形式のモーターで存在するモーターシャフト（ローターシャフト）の製造方法の現状について整理する。次にフローフォーミング工法がモーターシャフトの機能向上と製造コスト低減に対して貢献できる項目について、当社が取り組んでいる事例について紹介する。この中には、約10年前に日産自動車株が当社と開発したハイブリッドユニット部品（ローターシャフト）で用いた裂開工法を採用した事例についても説明する。最後にモーターシャフト以外で取り組んだ部品（ステーターハウジング、ウォーター・ジャケット）の加工事例について簡単に紹介する。

### 2. 自動車用モーターの構造について

図1にHEV/EV車に搭載されているブラシレスモーターの一般的な構造について示す。ここに示しているモーターの構造では外側のステーターにコイルが配置され、内側にローターが位置している。ローターは磁性体を支えるコアと出力軸としてトルクを伝達するシャフトから構成される。通常の車載モーターは限られた車両スペースに搭載する必要性があることから、小型化・高効率化しやすい永久磁石をローターに使用するものが主流となっている。

図1 車載用モーター構造<sup>1)2)</sup>

### 3. EVモーターが抱える課題について

各国で行われる規制によって、将来の新車販売がEV車に限定されてしまうのでは、と危惧される状況で、EV車の性能目標の1つに「航続距離」がある。フル充電状態での航続距離は約600 kmを目標とされており、これは現在の内燃機関車の平均的な航続距離と同等の数値である。現在のEV車の航続距離はバッテリー1 kWhあたり6~7 km程度と言われているが、テスラモーターズの2020年モデルSに搭載されたバッテリー容量は100 kWhで航続距離はカタログ値で647 kmとなっている。このモデルSのバッテリー重量は700 kgにもなっており、内燃機関車のガソリンタンク重量が約35 kg程度であることを考えると、EV車におけるバッテリーの占める重量は相当なものである。目標の航続距離を目指してバッテリー容量を大きくするほど、車両重量とコストが増大してしまうため、各カーメーカーは「高効率モーターの開発」「冷却性能の向上」「バッテリーエネルギー密度の向上」「軽量化」に躍起になっている。

現在の自動車用モーター開発では、小型化と高効率化については、コイル部において銅損を減らすために銅線を丸線から角線に変更して占積率を向上し、ローター部では積層コアの薄肉化などにより鉄損を減少、またバッテリーエネルギー密度の向上では全固体電池が注目をされている。そして部品の軽量化については、一例としてモーターの出力軸の中空化が検討されている。モーターユニットの構成部品において、永久磁石とコイルは軽量化が難しく、これまで中実材で製作されていたシャフトはモーターユニットの中で占める重量が大きいからだ。このモーターシャフトの中空化に対し、フローフォー

ミング工法が各所で検討されており、次項で本工法の有効性について説明する。

### 4. モーターシャフト形状について

まずは、初期のEVで搭載されていたモーターシャフトについて紹介する。熱間鍛造または丸棒材料から切削にて外形状を成形し、中実材のまま使用されているというものが主流であった(図2(a))。モーターシャフトの外側にはローターコアが挿入され、冷却ユニットはステーターの外側にだけに搭載されていた。2010年頃、我が国でのEV発売当初はとにかくバッテリーコストが莫大であり、初期型EVに搭載されたバッテリー容量は16~24 kWh程度、モーター出力は80 kW前後で街乗りが中心といったものだったため、冷却ユニットも相応のものでよかったと考えられる。その後、冒頭で述べた地球環境重視によるEVの実用性向上のために内燃機関車と同等の航続距離と走行性の向上を追求し、近年車載モーターの出力は飛躍的に増大している。出力を上げるために、モーターを大型化するだけではなく、高速回転とすることも考慮されている一方、出力増大に伴う発熱を抑制することが常なる課題となっている。特に永久磁石を搭載するEV用モーターでは、使用されるネオジム磁石の温度上昇による減磁によってモーターとしての性能が損なわれてしまう。そこで現在では、シャフト内部からの冷却を目的として中実であったシャフトをドリル切削しているものが見受けられる(図2(b))。しかしながらこうした中空のシャフト成形では、従来の工程(中実)にドリルによる穴開け工程が加わることにより製造コストが跳ね上がってしまうという問題がある。

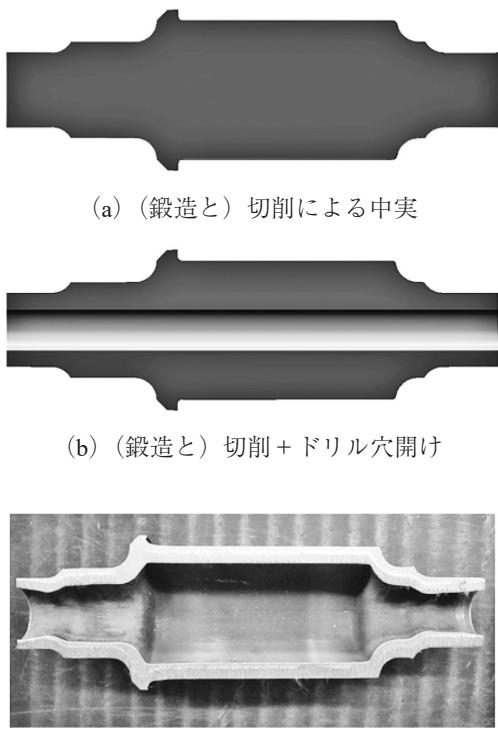


図2 工法別のモーターシャフト断面

## 5. フローフォーミング工法による中空シャフト成形

モーターシャフトの製造にフローフォーミング工法を用いれば、鍛造+切削で製造した製品よりも中空スペースを大きくでき、安価なシャフト成形が可能となる。フローフォーミング工法によるシャフト成形には、パイプ材と円盤材の2種類の素材からの成形が可能である。

### 5.1 パイプ素材からの成形 (図2 (c))

パイプ素材の片側を縮径加工し、素材を反転させ反対側を縮径加工する。こうすることで、内径側に中空部分を大きくとったものが成形できる。モーターシャフトの材質にS45Cなど高硬度の材料が選択されることから、加工時には素材を予め加熱する温間工法を用いる。両端を縮径加工した後、専用のローラーで加工することによって、ローターコアを挿入する際にストッパーの役割をするフランジを成形することも可能である。温間工程の為、成形荷重も小さく板厚が10 mm程度のパイプ素材からの成形は比較的容易である。但し、次項で述べるようにパイプ素材は鍛造素材と比較すると、素材コストが高くなってしまうことが課題となっている。

### 5.2 円盤材からの加工

モーターシャフトは高回転数で使用され、その回転性能上、同軸度や円筒度など非常に高い精度を要求される。そのため素管はシームレスパイプとなり加工後の熱処理性も含めて高価な材料となることが多い。シームレスパイプの製造方法として、引き抜き加工などの他にフローフォーミング工法を用いた円盤材からの加工が可能である。

図3に円盤素材から裂開工法を使って、肉厚の円筒形状材を加工する工程を示す。本来はそれほど細長くはないハブ形状を想定してこの工法を開発したが、本工法を用いてモーターシャフトの素管を成形した例を以下に紹介する。

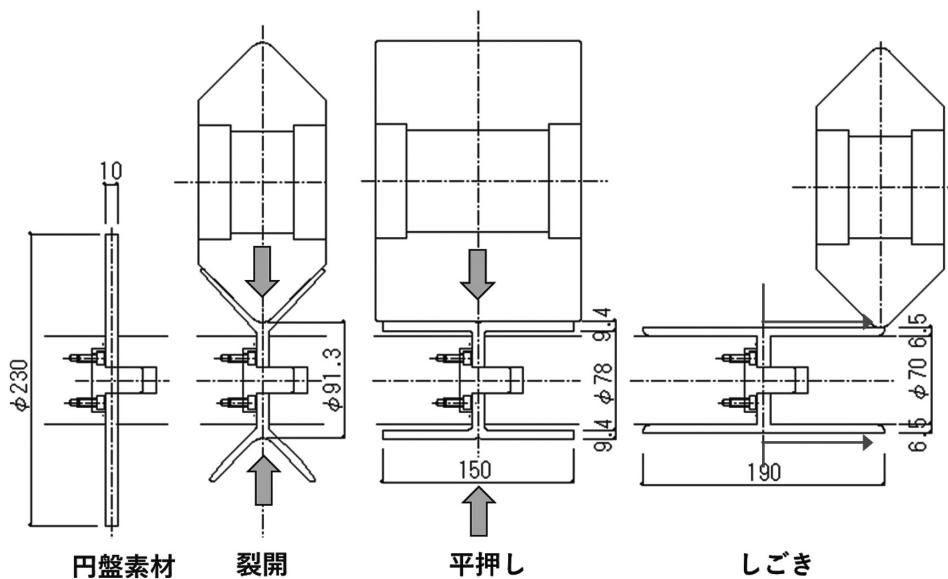


図3 裂開工法による素管成形

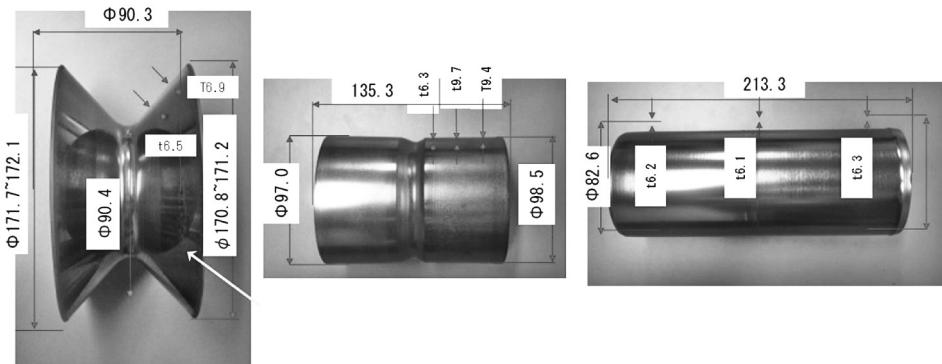


図4 素管成形の各工程

円盤素材の材質はS35CからS45Cクラスの炭素鋼とした。この場合の板厚は10mmで、材料ボリュームが大きいので比較的幅の大きいRローラーにて裂開加工を行う。高炭素鋼を裂開するので冷間加工では加工中に割れてしまうため温間加工(予熱時点700°C以上)としている。裂開加工された時点での加工部分の板厚は6~7mmであるが、次工程の平押し加工(フラットなローラーで加工部分を回転軸と平行に加工)を実施することで中央付近を除いて板厚は9mm以上となる。最後に当初使用したRローラーで内径を金型に沿わせて伸ばす、しごき加工を実施し板厚は6.5mm程度に均一化できる。

この後、前述の縮径加工を行うことで縮径された先端付近の板厚はさらに大きくなるため、現時点ではEV、HEV用の一般的なモーターシャフトに対しては今回の加工例にて対応できるものと考えている。この工法の長所として小さな設備から安価な材料のものを使用してシャフト素材を製作できることと、内径は金型に押し付けるため後加工が不要。金型径さえ変えればプログラムを変更することにより、ある程度までの自在な長さと板厚を選択できる利点がある一方、短所としては中央にチャッキングのための壁が残ってしまうという点と逐次成形で工程数が多いため加工時間が長くなる点が上げられる。前者は壁が不要な場合、素管成形後に別工程で除去するしかないが、後者については、これから課題として、できるだけ短い加工時間とすることを目指している。

## 6. その他のモーター部品の取り組み

### 6.1 ステーターハウジングの加工

図5にモーターのステーター構造の一例を示す。

図5 ステーター構造<sup>3)</sup>

(ステーターの外殻部分をハウジングと称している)。この構造では円筒部の一端にフランジ部分が一体化した形状となっており、フランジ部分は後工程の機械加工にて取り付けボルトのピースとして使用される。

一般的には製品状態でのフランジ部の板厚は円筒部よりも大きく設定されるが、円筒部よりも直径が大きいためフランジ部の板厚は減肉されてしまう。

今回、実施した加工では、1工程目をテーパーローラーで斜めに倒した後、2工程目を平ローラーで直角に倒したことで、減肉率を80%にまで抑制した。

### 6.2 ウオータージャケット

ウオータージャケットはハウジングの外側に位置し、ハウジングとの間に空洞部分を形成し、冷却水を通することで、モーターを冷却するための部品である。材料歩留まりから鉄板を巻いて溶接した円筒材からプレスで両端を加工することが一般的で有ったが、外径が大型化するにつれてプレスでの加工は難しくなっている。フローフォーミングで加工する場合は図7のように偏心型を用いた加工となるが、モーター部品に要求される真円度などの厳しい精度に対して、素材段階での歪を矯正しきれず、公差範

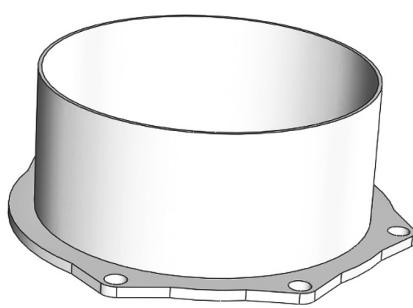


図6 ステーターハウジング構造とフローフォーミングによるフランジ加工例

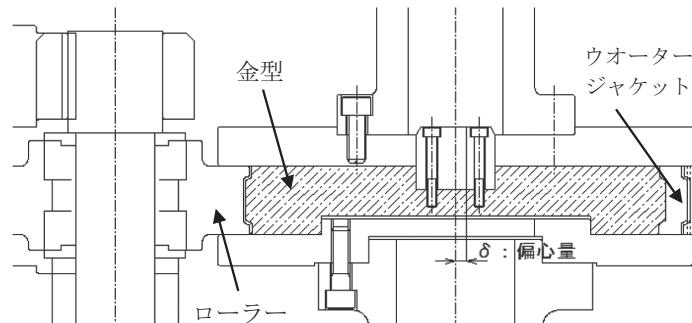


図7 ウオータージャケットのFF加工

周の加工が難しいことが課題となっている。また、前述のステーターハウジングのフランジ加工において図8のように段差を一つ設けることで、ウォータージャケットの加工を片側のみとすることが提案できる。片側加工とすることで寸法調整が容易になり、最終的に歪についても低減が見込まれるため効果が大きい。

## 7. 今後の展望

冒頭に述べた2050年におけるカーボンニュートラルの達成という大きな目標に対して、現状では世界的にガソリン車からEV車への置き換えが主流であるが、わが国の自動車業界では、走行時の炭酸ガスの発生量だけでなく、自動車の製造や輸送、廃棄、リサイクルといったライフサイクルでのCO<sub>2</sub>の削減に着目され始めている。今後は全てのサプライヤーや設備メーカー、材料メーカーなど製造業全般が、各々の製造工程においてカーボンニュートラルへの貢献を求められることになる。

## 8. 関連特許

特許第5707624号 平成27年3月13日

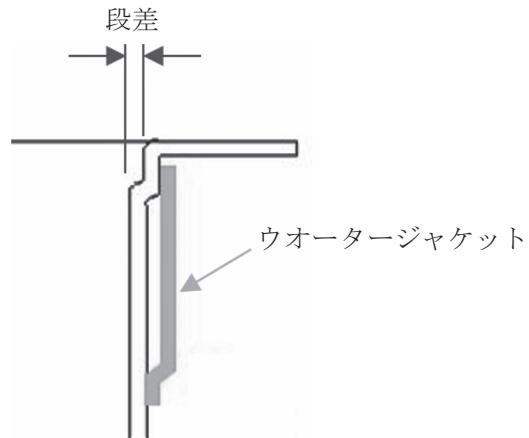


図8 ハウジングの段差加工

## 9. 出典

- 1) 日本電産株式会社 ホームページ,  
<https://www.nidec.com/jp/technology/motor/basic/00002/>
- 2) オリエンタルモーター株式会社 ホームページ,  
[https://www.orientalmotor.co.jp/tech/webseminar/sp\\_kiso\\_4\\_3/](https://www.orientalmotor.co.jp/tech/webseminar/sp_kiso_4_3/)
- 3) 三菱電機株式会社 ホームページ,  
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/automotive/products/motor/index.html>

# 排気系部品加工機 SRS150E-T4 の紹介

## Introduction of the exhaust parts processing SRS150E-T4

Leifeld Metal Spinning 小林 宗太

産機モリヤマ事業部 外館 捷矢

KOBAYASHI Sota, SOTODATE Katsuya

### Abstract

We have released new model of spinning machine for exhaust system parts which is hydraulic-free (fully electric), more compact than the conventional model, and has shorter cycle time. In this report, we introduce the details.

### 1. はじめに

産機モリヤマ事業部の主力製品の一つに、自動車のマフラーや触媒コンバータを加工する排気系部品加工機がある。自動車業界は急速にEVシフトが進んでいるが、バッテリーやインフラ等に課題があり、内燃機関（エンジン）が完全に無くなる事は当面無いという見方も多くある。とはいっても需要が減少していく中、従来の主力製法であった大型プレスは金型費も含めて非常に大きなイニシャル投資が必要とされ敬遠されており、その逆に投資単位の小さいスピニング加工機の需要は当面、手堅いものがある。この排気系部品加工機はバリホーマ<sup>®</sup>の製品の一つであり、スピニング加工によって筒状のワーク

から自動車用のマフラーや触媒コンバータを加工するための装置である。さらに排気系部品加工機は、直管部品専用加工機と偏心傾斜部品加工機に大別される。直管部品と偏心傾斜部品の加工後製品を図1に示す。

今回、直管部品専用加工機であるSRS150-T4を改良した新モデル“SRS150E-T4”を発売した。その特徴について紹介する（図2）。



(a) 直管製品



(b) 傾斜製品

図1 加工後製品例

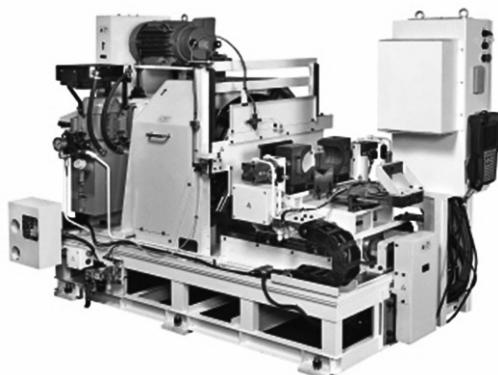


図2 設備写真

### 2. SRS150E-T4 の特徴

SRS150E-T4の特徴を従来機SRS150-T4からの改良点にフォーカスして紹介する。

#### 2.1 油圧レス

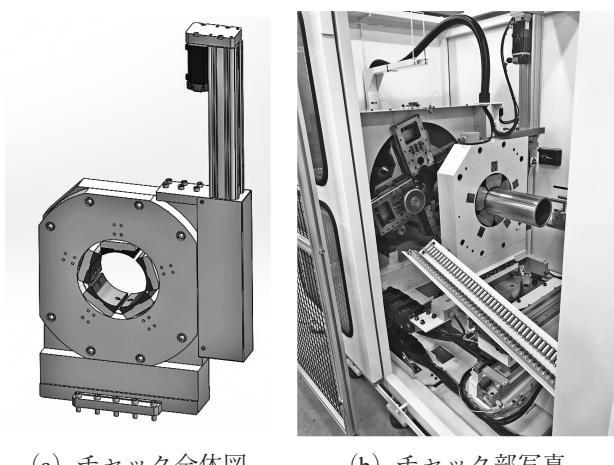
電動式ワーククランプ装置の開発により、従来機において油圧式クランプ装置に使用していた油圧装

置を排除し、設備の全電動化を達成した。これにより、設備型式に電動式を示す“E”を付加した。従来機の油圧ユニット用電動機容量1.5 kWに対して0.5 kWのサーボモータでワーククランプすることが可能であり、なおかつ待機中の消費電力削減、及び作動油を不要とすることにより省エネ省資源な設備となっている。

## 2.2 電動式薄型スクロールチャック

従来機の油圧式ワーククランプ装置は2種類存在する。半円形状の2つ割りクランプブロックを使用した方式と、8分割の爪によるコレットチャック方式である。半円形状のタイプは構造が単純で安価であるが、製品外形のばらつきを±0.3 mm程度しか許容できない。8爪コレットチャックは製品外形のばらつきを±2 mmまで許容できるが、装置自体が大きく比較的高価である。

これに対し、今回開発した電動式スクロールチャックは、製品外形のばらつきを±2 mmまで許容するとともに、クランプ幅を100 mmと薄型化し、クランプ装置自体を180°旋回できる構造としたことで、1チャックで製品の両側を加工することが可能となった。電動式スクロールチャックの構造を図3に示す。



(a) チャック全体図 (b) チャック部写真  
図3 電動スクロールチャック

## 2.3 省スペース化

制御盤を小型化するとともに設備と一体構造とすることで、設備の設置面積を従来の同様仕様設備比で40%の大幅縮減を実現した(図4)。

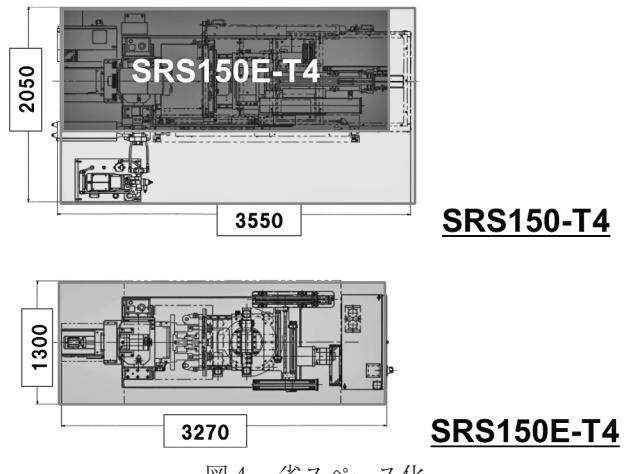


図4 省スペース化

## 2.4 サイクルタイム短縮

前述の電動式スクロールチャックの採用に伴い、1チャックで製品の両側を加工することで、サイクルタイムを約15秒短縮することが可能となった。図5に示す概略1サイクルの内、下線を引いた工程が不要となる。

ワーク搬入 → 位置決め → クランプ → 加工  
→ アンクランプ → ワーク引出し → 180° 反転  
→ 位置決め → クランプ → 加工 → アンクランプ → ワーク搬出

図5 排気系部品加工サイクル

## 3. おわりに

サイクルタイムの大幅短縮や省スペース化とともに、省エネ省資源によって当社のみならず顧客のCSR向上に貢献することができる設備である。今後SRS150E-T4の拡販を目指すとともに、類似の観点から新製品の開発を進めていく。

## VF-LMS 新ブランド「Global Metal Forming Group」のご紹介

### VF-LMS New Brand “Global Metal Forming Group”

企画・経理部

斎藤 亜弥子

SAITO Ayako

#### 1. はじめに

2020年5月29日付けでフローフォーミング加工のパイオニア企業であるドイツ／Leifeld Metal Spinning社（以下LMS）を当社グループに加えた。両社共同でPMI（Post Merger Integration）を進めており、マーケティング戦略の協議も重ねてきた。

その協議の中で、両社が共同で事業を行っていることを対外的により強く示す必要性を感じ、その証としてグループネームとロゴを制定することとした。

#### 2. VF-LMS 新ブランド「Global Metal Forming Group」について

今回制定したグループネームとロゴは下記の通り。

グループ名：Global Metal Forming Group

ロゴ：図1

当社グループでは他の機種も扱っていることから、当社のVF事業（産機モリヤマ事業部の回転塑性加工機事業（スピニング加工機、フローフォーミング加工機）、製品名バリホーマ®）とLMSでの共通ブランド（＝アンブレラブランド）の位置付けとする（図2）。

「グローバルブランドとして顧客に安心と信頼を感じていただく」ことを目的に、①強さ、②信頼、



図1 Global Metal Forming Group ブランドロゴ



図2 Global Metal Forming Group ブランドの位置付け

» **Strength**  
beyond shear force

Our machines are rendering maximum levels of performance. With our effective chipless forming methods using minimum force we follow our eco-friendly approach. But it's not just about mechanical power. Today, resilience, endurance and willpower are just as much signs of a strong company. Building on these qualities, we stand as a reliable partner to our clients. Our strength creates advantages and opens up new ways of metal forming.

» **Trust**  
based on integrity

We are partners you can rely on. Our strong stance creates the trust that's necessary for long-term, successful partnerships. This is confirmed every day by our technological leadership, determination as high performers, and long-term cooperations. On the inside, it is about trust in the people working for us, enabling them to do their best work.

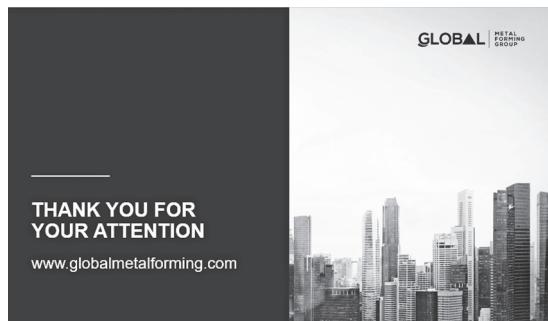
» **Aspiration**  
achieving together

We set high standards for our work, trying to achieve best results in everything we do. This passion to deliver high value for our clients is first and foremost driven by our own aspirations, grounded in the personal ambitions of our staff. And it is built on a culture of teamwork and commitment, allowing us to meet and oftentimes excel expectations.

» **Transformation**  
never standing still

The transformation of one form into another is part of our day-to-day work – the core of what our machines do. But transformation is about more. It is about being open-minded and embracing change: advancing technological progress, reacting to shifting markets, meeting new client needs. To meet the challenges these transformations pose, it is essential to constantly challenge and thus transform ourselves.

図3 Global Metal Forming Group ブランドの4つの価値



(ランディングページでの活用案)

図4 Global Metal Forming Group ブランドのアピール例

③大志、④変革の4つを本ブランドの価値と位置付けた(図3)。なお、ロゴは日本スピンドルロゴ(赤い形)とライフェルトロゴ(三角形)の両方の要素を組み合わせ、1つのチームとしてのそれぞれの会社、両社の歴史、両社の価値観を表している。

### 3. 今後のスケジュールと活用案

2021年5月にEUでの商標登録が完了し(欧州連合登録商標 No.018357801)、2021年8月末時点での他の国(日本、韓国、中国、米国、台湾、タイ、インドネシア、インド、ブラジル、ロシア、メキシコ、トルコ)向けに商標の国際出願中である。コミュニケーション資料(プレゼンフォーマット、チラシ、パンフレット)、ランディングページ、LinkedIn等での活用を検討しており、本ブランドを

活用することで両社の連携を強く社内外にアピールし、ブランド価値の向上に努めていく(図4)。

# ハイドロダイナミックキャビテーション効果を利用した 「ジェットペースタ」について

## “JET PASTER” using Hydrodynamic Cavitation Effect

ミキシング事業センター

浅見 圭一

ASAMI Keiichi

### Abstract

In this report we explain about the next generated lithium ion battery slurry and polymer electrode fuel cell (PEFC) slurry by “JET PASTER” using Hydrodynamic Cavitation Effect.

### 1. はじめに

「ジェットペースタ」<sup>®</sup> は、ハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーションにより発生する気泡（マイクロバブル）の膨張収縮効果を利用したユニークな混合・分散装置である。

キャビテーションは、大きく分類してハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーションとアコースティック（超音波）キャビテーションの二種類に分けられる。アコースティック（超音波）キャビテーションは、超音波振動により溶媒に溶解している気体が凝集し気泡となり対象物と衝突した際にその気泡が爆発し発生した衝撃力により分散させる方式である。そのため分散だけでなく装置のエロージョンも起こりやすいという欠点も有する。

それに対し、当社が利用しているハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーションは、ローターの回転などにより発生した気泡が装置内の気圧変動により膨張・収縮を繰り返すことにより分散を進める方式であり気泡の爆発による衝撃力を利用す

るものではない。

### 2. ハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーション効果とジェットペースタ

図1は吐出口から流れ出ているハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーション（以下ハイドロダイナミック（流体力学的）キャビテーションのことを本報告ではキャビテーションと略する）により発生した気泡（マイクロバブル）の高速度カメラ写真である。均一で非常に細かい気泡が吐出口から排出されている様子が観察される。この気泡により電極活物質、カーボンナノチューブ、カーボンブラック及び白金などの触媒を担持させたカーボンブラックの凝集体を比較的簡単に分散させることができる。

リチウムイオン電池スラリー作製では必須と言われていた固練り工程が必要でない画期的な分散装置である。

神戸大学細川准教授との共同研究により検討した

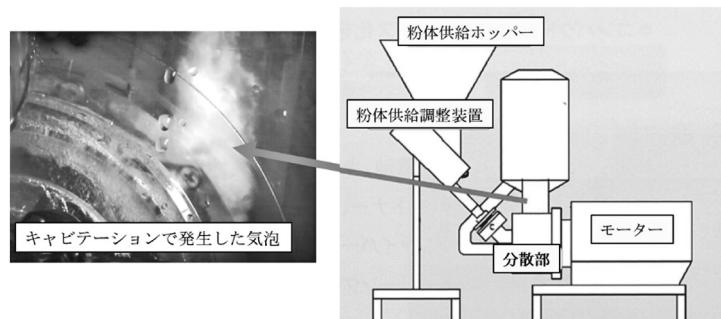


図1 キャビテーションを利用した分散装置「ジェットペースタ」

結果、キャビテーションにより発生した気泡が分散に大きく寄与していることが判明した<sup>1)</sup>。

図2にキャビテーションにより発生した気泡による分散機構を示す<sup>2)</sup>。キャビテーションによる分散機構は次のように進行する。図2の左端の電極活物質、カーボンナノチューブ、及び燃料電池に使用される白金などの触媒を担持させたカーボンブラックなどの凝集体が核となり凝集体内部からキャビテーションによる気泡が発生し膨張する。その気泡は大気圧に近づくにつれ収縮する。このサイクルを繰り返すことにより凝集体内部から分散が進行する。その為、せん断力のみに頼る従来型ミキサーでは不可能であった絡み合ったカーボンナノチューブのような纖維状物質も損傷なく均一に解碎分散できる。

粒子が微粒子化（ナノ化）すると、従来攪拌機では分散が非常に困難であったが、本装置ではキャビテーション気泡の膨張収縮により分散が起こるため高速で均一な分散が可能となる。

### 3. 既存の分散装置とジェットペースタについて

種々上市されている分散装置の特長などを表1に

示す。

これらの装置を使用する際に課題となる点を列挙する。

1. 難溶解性高分子（例：CMC、小麦粉など）を溶解することが困難。
2. アセチレンブラック、カーボンナノチューブなどの微小カーボン材料の分散が困難。
3. 強力なせん断力に依存するため活物質の破壊がおこりやすい。

表1に記載した分散装置以外にも強力なせん断力を利用したインラインミキサーや豊型の高速ミキサーが上市されているが、上記装置と同様1～3の課題が存在する。それに対してキャビテーションを利用した高速分散装置「ジェットペースタ」は次のような特長を有している。

1. 高速分散が可能
  - ・難溶解性高分子の短時間溶解や微小カーボン材料の分散が可能
  - ・各種粉体材料の連続供給またはドライブレンドして一括供給が可能
  - ・粉体材料を減圧吸引力により連続供給し溶媒に溶解・分散が可能

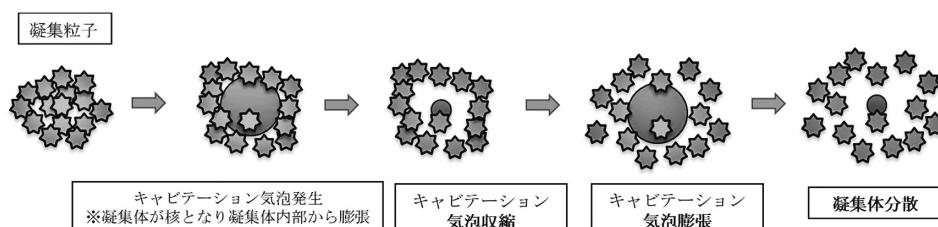


図2 キャビテーションにより発生した気泡による分散機構

表1 各種分散装置の比較

分散装置	プラネットリーミキサー	プレミキサーで一時混合 ⇒分散装置⇒後工程へ	横型二軸混練機
分散方法	せん断力	せん断力	せん断力
生産方法	バッチ	バッチ	連続
増粘剤溶液・ バインダー溶液	必要	必要	必要
活物質の粉碎	されやすい	されやすい	されやすい
粉体	気液界面円周上に堆積していく	・比重の小さな粉体はプレミキシングが困難 ・プレミキサーの気液界面に粉体が堆積しやすい	粉体により定量供給が困難な場合がある
固練工程	必須	不要	必須
工程	複雑	プラネットリーより簡単	プラネットリーより簡単
生産性	悪い	プレミキシング容易な場合は高い	条件が決まれば高い
備考	実績多数	-	-

2. ソフトで均一な分散
    - ・二次凝集の解碎が可能
    - ・一次粒子は破壊しない
  3. コンパクト設計で省スペース化を実現
  4. 完全分解可能な構造
- 1 の中で特に重要なのが、難溶解性高分子の短時間溶解と粉体材料の一括供給である。キャビテーション効果を利用することによりこれらの特長が生み出されている。

#### 4. 電気自動車 (EV) と燃料電池自動車 (FCV) の流れ

フォルクスワーゲンのクリーンディーゼル不正から EU では環境対策としてクリーンディーゼルから EV へと大きく舵を切った。現在、EU ではスウェーデンのノースボルトが、ギガファクトリーを建設中である。さらに数箇所で計画されており車載用リチウムイオン電池の開発が活発に行われている。

また、中国でも CATL、BYD などのリチウムイオン電池メーカーが世界の自動車メーカーにリチウムイオン電池を供給するためのギガファクトリーの増設計画を進めている。

日本においては、トヨタ自動車が、2025年に EV を100万台、HV/PHV を450万台生産すると発表しており CATL などと電池供給で提携している。また、2020年4月にはトヨタ自動車とパナソニックが合弁会社「プライム プラネット エナジー & ソリューションズ」を設立し、EV の大量生産に向けてリチウムイオン電池の供給体制を整えている。

EU を中心に EV 化が世界を巻き込んで進んでいくことに加え、日本、米国、中国も含め自動車メーカー主体に EV 技術の主導権争いが本格化していくと考えられる。

また、燃料電池自動車 (FCV) についても日本ではトヨタ自動車が「ミライ」を開発上市している。中国では EV に続き FCV に大きな補助金が出ており開発競争が活発になっている。

#### 5. リチウムイオン電池 (LiB) 次世代スラリーについて

車載用リチウムイオン電池では、航続距離の向上を目的とした電池の高容量化が継続した課題である。正極活物質では高容量のハイニッケル系／三元系の利用、負極活物質では Si、SiO などの合金系材料が求められている。

しかしながら、次世代正極活物質として期待されている高容量のハイニッケル系化合物は、現状では、NMP などの有機系溶媒でしか電極スラリーが作製できないという欠点を有している。また、バイオレーターとして利用されるポリフッ化ビニリデン (PVdF) が極微量の水に溶解した水酸化リチウムのためゲル化するという問題がある。そのため活物質からアルカリ成分を除去する工程や有機溶媒中に微量に存在する水の完全除去が必要など複雑な工程が必要である。また、低露点環境で製造しなければならないという問題も存在している。

それに加えて、有機溶媒を使用するため塗工後乾燥する際、蒸発する有機溶媒を回収・再使用するために多額の設備投資費用がかかりランニングコストも高いという欠点があった。有機溶媒を使用するため環境及び人体に対する負荷（特殊健診が必須）も大きく課題であった。

黒鉛に代わる高容量の負極材料であるケイ素系負極材料である Si や SiO は充放電時の非常に大きな体積膨張・収縮（2～5倍）があるため現状では 5～10%を黒鉛に添加して使用することが限度であり性能を十分引き出せていないという課題もある。

このような現状を考慮し我々は、次世代正極活物質であるハイニッケル系化合物と負極活物質として有望であるケイ素系負極材料の水系スラリー化に取り組んでいる。

#### 6. 次世代高容量正極活物質の水系スラリーへの適用<sup>3) 4) 5) 6) 7)</sup>

自動車の航続距離を伸ばすために高容量正極活物質の研究開発もさかんである。

高容量正極活物質としては、三元系 (NCM=6/2/2, 8/1/1 など) や、NCA のようなニッケル化合物を高含有したハイニッケル化合物の検討がされている。しかしながら、ハイニッケル化合物は水に触れると過剰に含有されている水酸化リチウムが溶出し pH12 以上の強アルカリ性になる。この強アルカリが集電体であるアルミ箔と反応し水素を発生するためコーティングし作製した電極が穴だらけとなり電池作製が不可能となる。このような強アルカリ化を抑制するために硫酸、塩酸などの強酸あるいは、シュウ酸、クエン酸及び硫酸アンモニウムなどの弱酸を添加して中和する方法が提案されている。しかし、硫酸などの強酸を使用した場合は中和が非常に困難であり少し過剰に添加すると強酸になり集

電体であるアルミを溶解してしまうことになる。また、弱酸の場合も同様であるが、添加した酸がLiと反応し生成した塩が電池性能に悪影響を与えるおそれがあること、硫酸アンモニウムの場合は、乾燥時に発生するアンモニアなどの臭気の問題など解決すべき点が多い。

本報では、前述した化合物ではなく炭酸ガスを利用する中和方法を研究開発し高速分散装置「ジェットペースタ」に適用し電極性能を評価したので報告する。

### 6.1 炭酸ガスの優位性

炭酸ガスは、常圧あるいは減圧下で水に大過剰に添加してもpH4程度にとどまるため強酸性になることがなくアルミ箔にスラリーを塗布してもアルミが溶解することがないという特長を有している。

アルミ箔は、図3に示すようにスラリーがpH3～10の範囲であれば反応しないという特長がある。

### 6.2 NCAの場合

ハイニッケル化合物として現状で最もアルカリ性が強いと考えられているNCAを利用しキャビテーションを利用した分散装置「ジェットペースタ」で中和したスラリーを作製した例について説明する。

使用した装置は図4に示すJPSS-Xである。150～300mlのスラリーが作製可能な小型ラボ用分散装置である。炭酸ガス供給治具を装着して使用した。

### 6.3 電極スラリー及び電極の作製

JPSS-Xのカップに所定量のNCA、CB、VGCF及びアクリル系バインダーを次の組成NCA:CB:

VGCF:アクリル系バインダー=92:3.5:0.5:4で添加した後、炭酸ガスを供給することによりpH8.3のスラリーを作製した。ちなみに炭酸ガスを使用しない系ではpH12.2であった。

炭酸ガスは、JPSS-Xを稼働させると系内が負圧になるため系内に吸引されキャビテーションと同様の効果で迅速に水に溶解、中和反応が生じる。キャビテーション効果を利用した炭酸ガス中和メカニズムを図5に示す。ジェットペースタによる減圧吸引力を利用して炭酸ガスを減圧吸引により供給する。分散機内部は減圧になっているのでキャビテーションと同様の炭酸ガスを含有したキャビテーション気泡が膨張収縮することにより水との接触界面が増加し

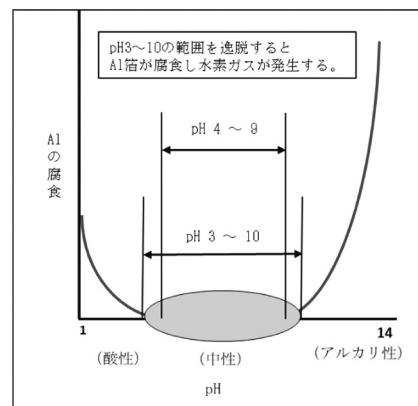


図3 アルミ箔が反応しないpH



図4 JPSS-X

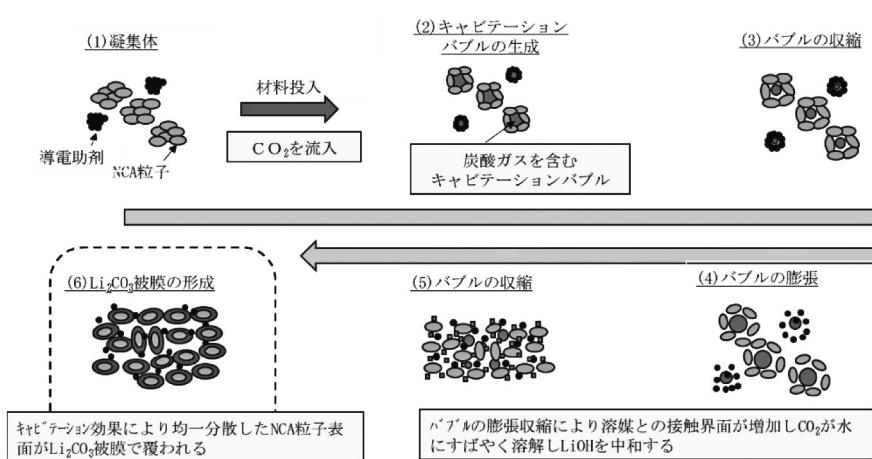


図5 キャビテーション効果を利用した炭酸ガス中和メカニズム

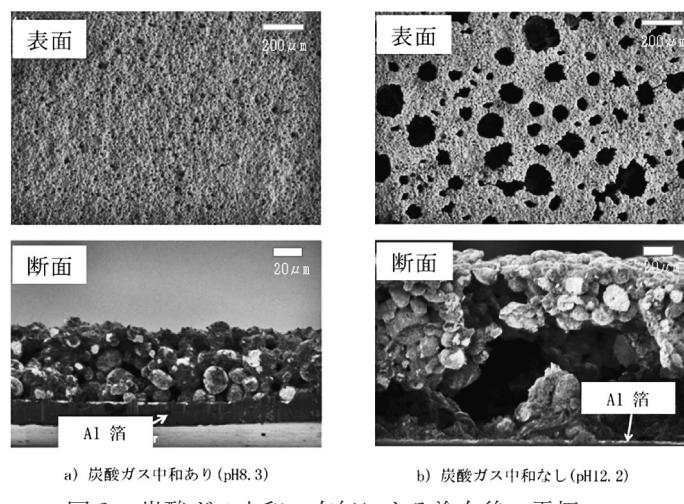


図6 炭酸ガス中和の有無による塗布後の電極 SEM

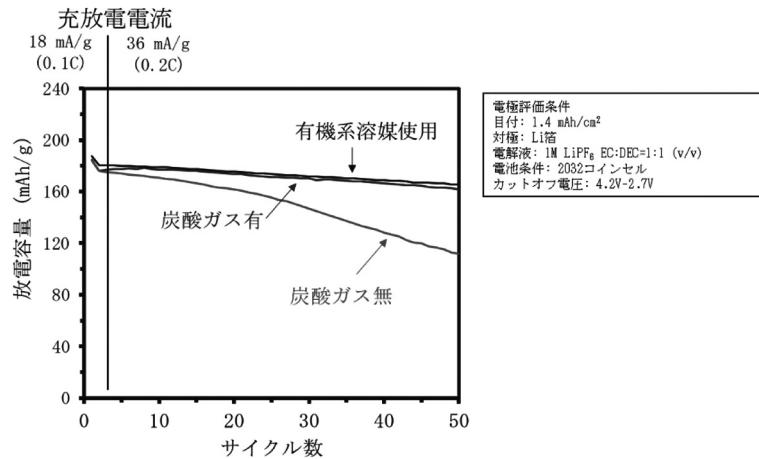


図7 炭酸ガス中和有無によるサイクル特性

炭酸ガスが迅速に溶解し水酸化リチウムを中和する。なお、過剰に供給された炭酸ガスはキャビテーション効果で除去されスラリー中にはほとんど残存しないというメリットもあり、スラリー作製後すぐに塗工可能である。

これらのスラリーをアルミ箔に塗布し乾燥させた電極のSEM写真を図6に示す。pH12.2のスラリーを塗布した場合、アルミが反応し大量の水素を発生し大量の穴が生じるが、中和した系では全くアルミと反応は起こらず滑らかな表面、断面の電極が作製できた。

#### 6.4 電極特性

図7に各々の電極からCR2032のコイン電池を作製し、対極がLiである半電池を作製し電極特性を測定した結果を示す。また、有機系溶媒中でバインダーとしてPVdFを利用し作製した電極からなる電池のサイクル特性も比較として示した。

二つの水系電極の初期特性は類似しているがサイクルを重ねていくと炭酸ガス中和していない方は劣化が激しいことがわかる。

この結果は、中和していないスラリーでは内部抵抗（被覆抵抗と電荷移動抵抗）がサイクルを繰り返すにつれて大きく増加するためである（図9）。

炭酸ガス中和したスラリーでは、生成した炭酸リチウムが活物質の表面を被覆するため電解質との反応を抑制しているものと推定している。このことは図8に示す活物質表面を被覆している炭酸リチウムのTEM像からも理解できる。

さらに、抵抗が増大しない理由は、炭酸リチウム層にも導電助剤が取り込まれているためと考えている。

また、水系でも炭酸ガス中和することにより有機系溶媒中で作製したスラリーとほぼ同等の性能を示すこともわかった。

これらのことから、キャビテーションを利用した

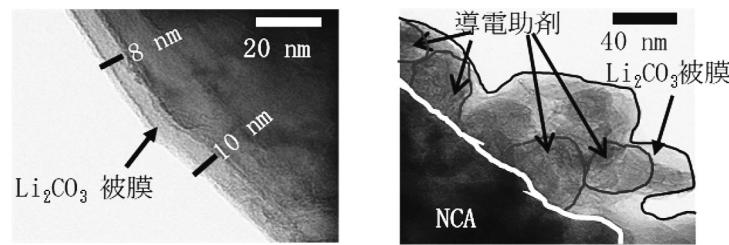


図8 NCA表面の炭酸リチウム被膜状況

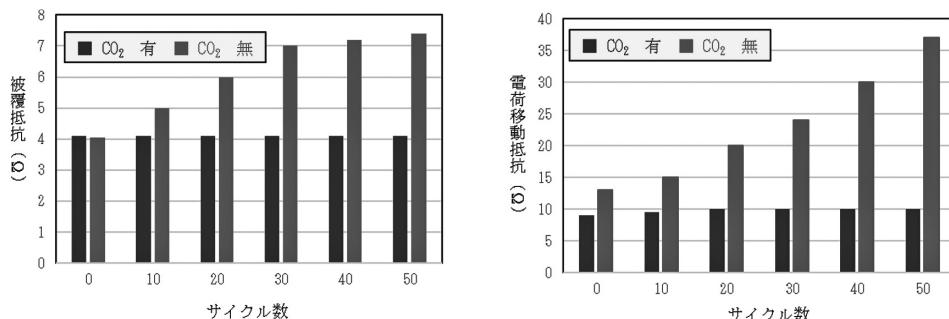


図9 炭酸ガス中和有無による電池の内部抵抗（被覆抵抗と電荷移動抵抗）

分散装置「ジェットペースタ」と炭酸ガスを組み合わせたシステムによりアルミ箔に塗布可能かつ良好な電池特性を示すハイニッケル系活物質の水系スラリーを簡単に得られることがわかった。また、炭酸ガス中和を行ってもキャビテーションを利用した分散装置「ジェットペースタ」の高速分散性は損なわれることがないことも確認している。

ハイニッケル系活物質には、NCA だけでなく NCM622や811なども開発検討されている。それぞれの活物質に最適な炭酸ガス中和条件があることも見出している。

キャビテーションを利用した分散装置「ジェットペースタ」は、高生産性かつ水系ハイニッケル系電極スラリーの作製に最適であり、将来のギガファクトリーに十分対応可能であると考えている。

## 6.5 次世代高容量負極活物質の水系スラリーへの適用<sup>7,8)</sup>

ケイ素系など次世代負極材料の水系スラリー化にも取り組んでいる。一つの例として負極活物質として SiO の水系スラリーへの適用を報告する。

SiO の理論容量は、2007 mAh/g であり黒鉛372 mAh/g に比較して非常に大きく次世代の負極材料として期待されている。しかしながら充放電中の体積膨張、収縮が2～3倍あり集電体として利用する金属箔との密着性が保持できないという欠点を有している。

そのため、現在広く使用されている黒鉛と複合化して使用されることが多い。だが、使用量は、黒鉛に対して3%程度、多くて10%程度であり SiO の能力を十分生かすことができていない。

我々は、高容量負極活物質として SiO 単独電極作製を目的として水系ポリイミドバインダーを利用しキャビテーションを利用した分散装置「ジェットペースタ」を使用して作製したスラリーから電極を作製し評価した。さらに、前項で説明した炭酸ガスを利用したハイニッケル系水系正極スラリーからなる正極電極と組み合わせた全電池も評価した。

## 7. SiO を利用した高容量水系負極スラリーについて

SiO : KB : 水系ポリイミド (PI) バインダー = 97-x : 3 : x wt% ( $x = 3, 5, 8, 10, 15$  wt%) のスラリーをキャビテーションを利用したラボ用小型分散装置 (JPSS-X) で作製し SUS 箔に塗布し電極とし電池性能を評価した。なお SiO 100% を利用したスラリーでは通常 PI バインダーは15～18% 使用されている。当社でも水系 PI バインダーの添加量を3～15%まで変更したテスト結果により10%添加した系の電極性能が最も良い結果を示した。その結果を図10に示す。

これは、キャビテーションを利用することにより分散性が良くなり少ない水系 PI バインダー量でも良好な電極性能を有するスラリーが作製できたため

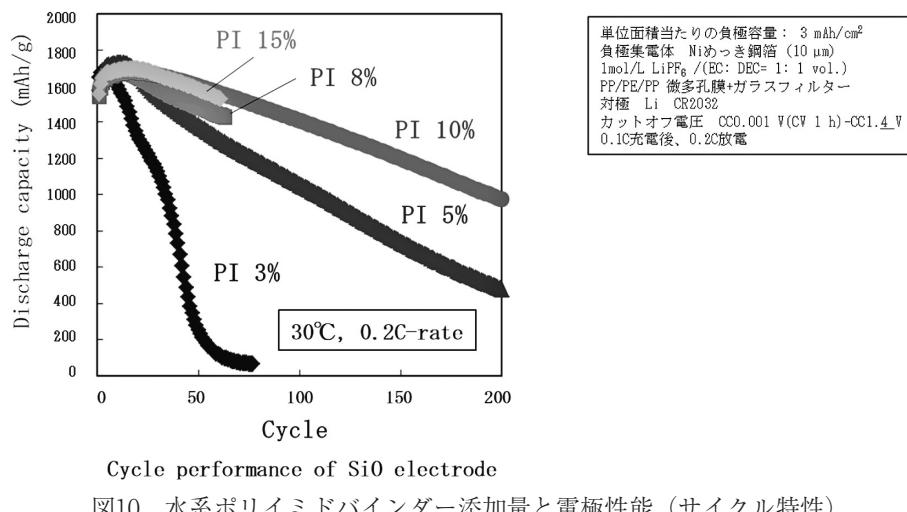


図10 水系ポリイミドバインダー添加量と電極性能（サイクル特性）

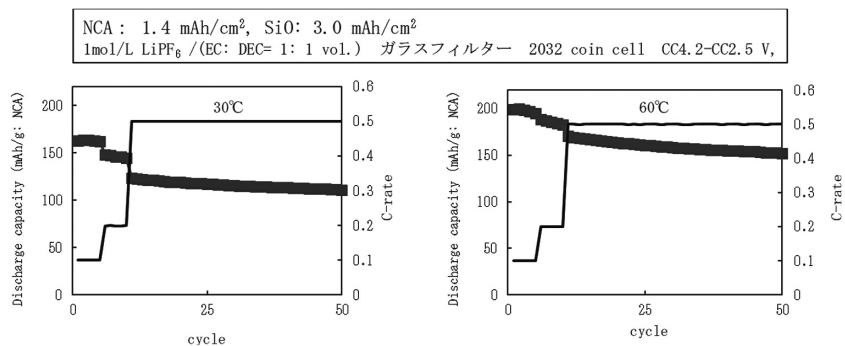


図11 NCA/SiO全電池サイクル評価

と推定している。PIが15%となると活性物質表面を厚く覆ってしまい充放電ができにくくなるため性能が落ちるものと推定している。従来装置であると分散性があまり良くないため15~18%使用しないと電極形態を保持できないものと考えている。

## 8. 高容量ハイニッケル水系スラリーと高容量SiO水系スラリーからなる全電池

JPSS-Xを用い、正極用に高容量ハイニッケル水系スラリー組成としてNCA:CB:VGCF:アクリル系バインダー=92:3.5:0.5:4を使用し炭酸ガス中和を実施したスラリーを作製した。同様に負極用として、SiO:KB:水系ポリイミド(PI)バインダー=97:3:10wt%を使用してスラリーを作製した。これらのスラリーを用いた正・負極で全電池を組み評価した。

30°Cと高温特性として60°Cにて充放電特性を評価した。両方とも良好なサイクル特性を示すことが明らかとなった。なお60°Cでは電解液のイオン伝導度、電極のイオン拡散速度などが30°Cより向上する

ため容量が向上したものと推定している。

このように水系スラリーから作製したNCA/SiO全電池で良好なサイクル特性を有することが判明した。このことから、リチウムイオンバッテリー高容量正極、負極の水系スラリー化の可能性が大きく膨らんできた。

また、ポリイミドバインダーを利用しない次々世代負極活性物質Si金属の水系スラリー化にも取り組んでおり成果が出た段階で報告する予定である。

## 9. 固体電解質型燃料電池(PEFC)用白金担持カーボンブラックスラリーへの適用<sup>9)10)</sup>

固体電解質型燃料電池(以下PEFCと略する)の構造を図12(A)に、(B)に触媒層構造、(C)に三相界面について示す。

PEFCは、自動車用や家庭用定置型燃料電池として普及が開始されたが、大規模普及に至るには解決すべき課題が残されている。その課題の一つとして、PEFCの中核部である膜電極接合体(MEA)の量産プロセス確立が挙げられる。MEAは、電解質

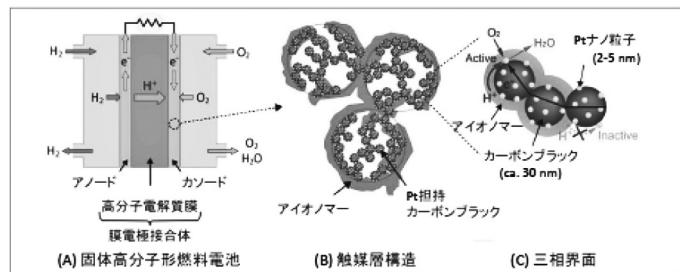


図12 (A) 固体電解質型燃料電池の構造 (B) 触媒層構造 (C) 粒子三相界面

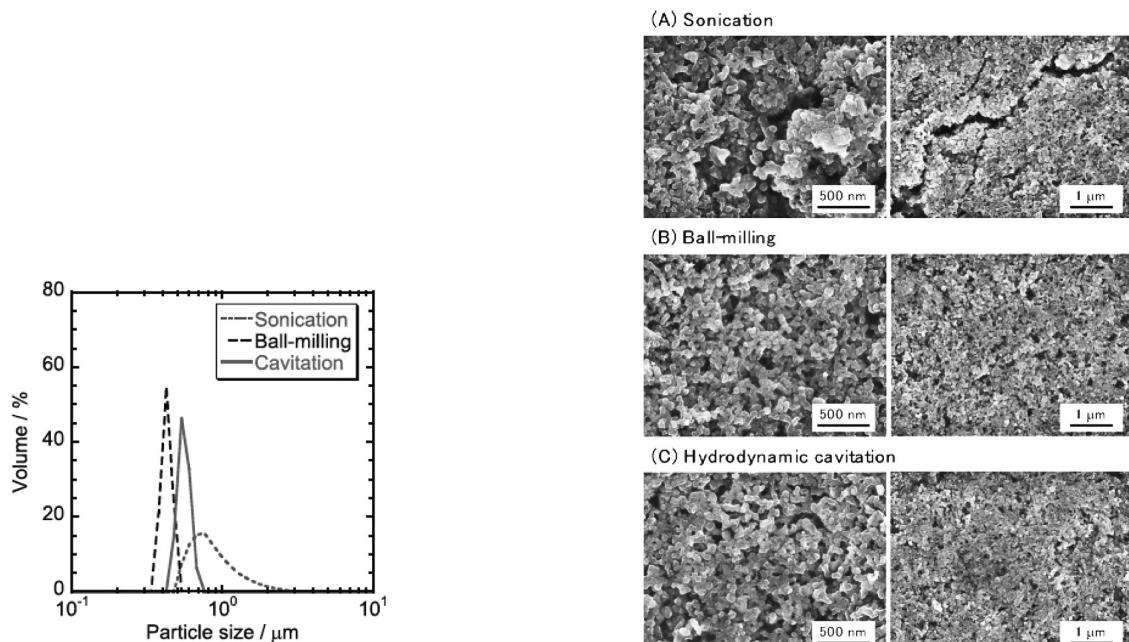


図13 触媒スラリーの粒度分布

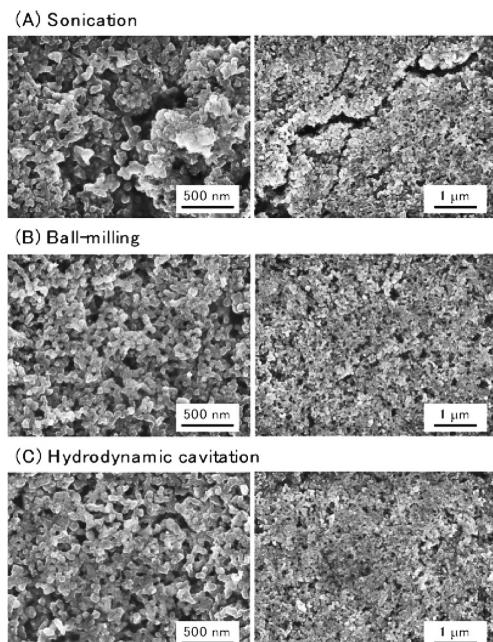


図14 電極の表面 SEM

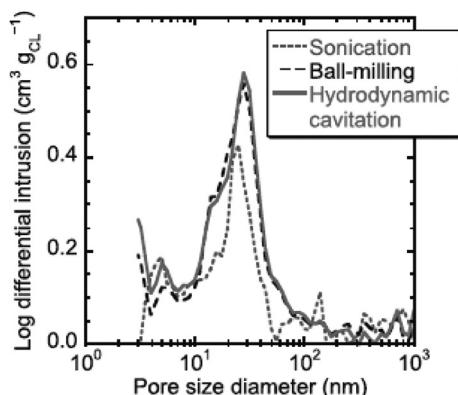


図15 水銀圧入測定法による細孔構造

膜の両側をアノード・カソード電極（触媒層・ガス拡散層）で挟んだ構造を持つ。MEAの中で、触媒層は白金ナノ粒子担持カーボン（Pt/C）とプロトン伝導性アイオノマーで構成された燃料電池反応が起こる部分であり、触媒層構造は電池性能に大きく影響を及ぼす。そのため、触媒層構造の制御として、触媒スラリーの分散法に関する研究は精力的に為されており、その中でボールミル法は高い発電性

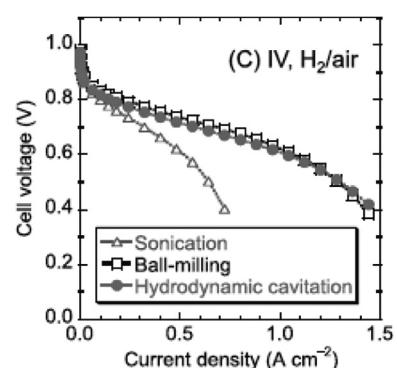


図16 MEA の電池性能

能を達成している。しかし、ボールミル法は小容量のスラリーしか作製できない。MEAを量産するためには、スラリーの調製、そしてスラリーを塗布・乾燥し触媒層を形成させる量産プロセスが必要となる。

この章では、東京工業大学 山口猛央教授と共同でジェットペースタを利用してスラリー作製し電池特性等を評価した結果を報告する。比較装置として

表2 「ジェットペースタ」のラインアップと使用方法

電源	AC200V 50/60Hz		
モータ	2.2 kW	5.5 kW	18.5 kW
主要部材	接液部: SUS304		
用途	開発用		パイロットライン
ラボ研究用	少量パイロットライン	量産ライン	
処理量	150~300m l	5L~10L	40L~数百L
外観写真	JPSS-X 	JP-S 	JP-L 

は、よく利用されるボールミル及び超音波分散装置を用いた。分散処理を施した触媒スラリーの粒度分布を図13、SEMを図14に示す。

図13からボールミル、及びキャビテーション法を用いた場合、数  $\mu\text{m}$ ~数十  $\mu\text{m}$  の大きな触媒の凝集体は、500 nm 程度まで小さくなることが確認された。一方超音波処理では、同様に凝集体サイズは小さくなるものの、数  $\mu\text{m}$  の大きな凝集体がまだ存在していた。

このスラリーの分散状態を SEM で観察した結果を図14に示す。超音波処理は、触媒層形成に影響を及ぼし、凝集体やクラックが多数観察された。一方で、ボールミルやキャビテーション法を用いた場合、平滑な触媒層が観察された。

さらに、触媒層の水銀圧入測定から、ボールミルとキャビテーション法はほぼ同じ細孔構造を有することが確認された(図15)。続いて、異なる分散処理を用いて作製した MEA の電池性能(80°C, H<sub>2</sub>/air)を図16に示す。キャビテーション法を用いた MEA は、既存の確立された技術であるボールミル法と同程度の高い発電性能を示した。超音波処理を用いた MEA は、他の 2 つの分散法よりも低い性能を示した。

MEA の電気化学測定から、この性能の違いは、カソードでの酸素ガスの物質移動抵抗に主に起因することが分かり、適切なスラリー調製、触媒層形成は高い電池性能の発現に重要であることが示唆された。

以上の結果から、キャビテーションバブルの膨潤収縮を利用したキャビテーション分散法により、高性能な MEA を作製できることが実証できた。

キャビテーションによる分散処理が可能である本手法は、MEA 量産プロセスへの貢献が期待できる。

## 10. 「ジェットペースタ」のラインアップと使用方法

我々は、表2に示すようにラボ用小型装置から量産用装置まで取り揃えておりあらゆる用途に応えることができる体制を整えている。表2の他に1000~2000 L のスラリーを 1~2 時間で作製可能な JP-LL も近々上市予定である。

### 1) ラボ用「JPSS-X」の使用方法

この装置は、使用容量が150~300 ml と少量作製用であり組成検討など研究開発用である。粉体は、カップにスパチュラや袋から少量ずつ供給することになるため多少時間がかかる場合があることはご承知いただきたい。

### 2) 「JP-S」「JP-L」の使用方法

これらのパイロットプラント用、量産用のジェットペースタの場合は、図17に示すように外部攪拌槽とポンプなどを介してジェットペースタと循環運転をすることにより溶解・分散を進行させる。粉体は、ホッパからジェットペースタにより発生する減圧力により空気と共に吸引される。

初期ではまだ分散・溶解が十分に進んでいないため攪拌能力の不十分な攪拌翼(パドル翼、アンカー

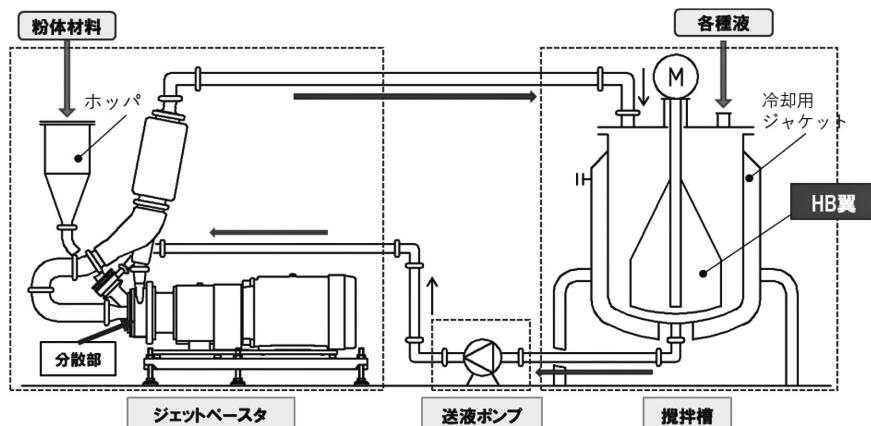


図17 ジェットペースタとHB翼を備えた攪拌槽との組み合わせ

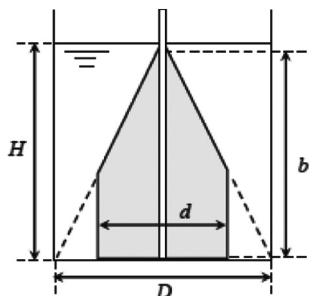


図18 ホームベース (HB) 翼形状

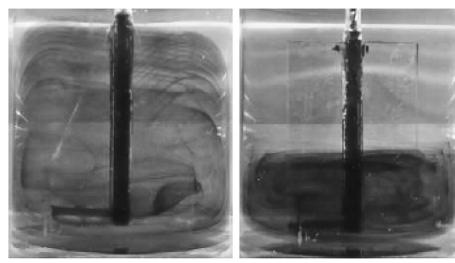


図19 HB翼とパドル翼のヨウ素の分散状態

翼など)を使用すると攪拌槽内でショートパスが生じジェットペースタの能力だけで均一な溶液・スラリーを得ることが難しくなる。

そのため、我々は、名古屋工業大学大学院 加藤禎人教授の協力のもとに同研究室で研究・開発された「ホームベース (HB) 翼」を採用している。<sup>11) 12) 13)</sup> 特長は次の3つである。

1. 形状: シンプル
2. 混合性能: スピーディー
3. 流脈: 安定

図18にHB翼の形状、図19に分散状態を示す。図19の左側はHB翼、右側はパドル翼である。HB翼ではヨウ素が均一に分散できていることがわかる。

加藤教授らは、HB翼はマックスブレンド翼やフルゾーン翼と同等以上の攪拌性能を有していることも報告している<sup>11)</sup>。

### 3) 炭酸ガス中和

「ジェットペースタ」は、炭酸ガス発生装置（炭酸ガスボンベなど）及び流量制御装置を設置すれば炭酸ガス中和も簡単にできる装置である。

### 4) その他

炭酸ガス中和方法と同様に極低露点のドライ空気、アルゴン、窒素などをジェットペースタ内に供

給することにより硫化物系全固体電池用スラリーもドライルーム内でグローブボックスを使用しないで作製することも可能では考えている。

また、「ジェットペースタ」は、粉体を減圧吸引することにより分散部に取り組む構造となっているため、高粘度になると吸引力が低下するために作製できる粘度に上限が存在する。粘土のような高粘度のものには対応困難であることは承知いただいたい。

また、兵庫県尼崎市にテスト場「テクノステージ」を設置している。レオメーターなど評価装置も整備して立会テストに備えている。

## 11. おわりに

キャビテーション効果を利用した「ジェットペースタ」により、次のことが明らかになった。

- 1) LiB正極では、二酸化炭素中和技術により、ハイニッケル活物質の水系スラリーが作製できることが可能になった。
- 2) 負極については、高容量のSiO材料と少量の水性PIバインダーを組み合わせることで電極の高容量化を実現した。
- 3) 2つの電極を組み合わせることで、これまで

- にない大容量リチウムイオン電池の開発の可能性が広がった。
- ただ、水系 PI バインダーを硬化させるためには250°C 以上の高温が必要となるため現状の水系黒鉛用乾燥炉の使用が困難であるという課題も残っている。
- 我々は、この課題を解決するため次々世代 Si 金属微粒子での負極検討も進めている。
- 4) 「ジェットペースタ」にて作製したスラリーからなる全電池の用途として東京大学海洋研究所と共同でバイオロギング用電池も開発中である。評価がそろった段階で報告したいと考えている。
- 5) 燃料電池用スラリーもジェットペースタで作製できることも判明し電極特性も良好であることもわかった。

キャビテーションを利用した「ジェットペースタ」を活用することにより EV の航続距離を延ばすだけでなく電池製造工程での溶剤回収装置などの初期設備投資抑制、有機溶剤による環境負荷、人体への悪影響低減及びジェットペースタの高生産性によるランニングコスト低減などが期待できる。

また、燃料電池用スラリーへの適用にも大きな可能性を感じている。日本だけでなく中国、EU、米などにも展開できるよう努力するつもりである。

EV、FC 両方ともガソリンエンジンからの脱却として世界各国で開発競争が起こっている。コロナウイルスの影響があるかもしれないが、大きなトレンドには変化がないと考えている。Lib 及び FC 分野で我々の装置が微力ながら貢献できることを期待している。

## 12. 引用文献

- 1) 細川茂雄：「2014年度共同研究報告書：神戸大学大学院」。
- 2) 浅見圭一：“リチウムイオン電池用スラリー製造装置「ジェットペースタ」”，工業材料，Vol. 63, No. 12, pp. 73-75, 2015.
- 3) K. Kimura, T. Sakamoto, T. Mukai, Y. Ikeuchi, N. Yamashita, K. Onishi, K. Asami and M. Yanagida: “Improvement of the Cyclability and Coulombic Efficiency of Li-Ion Batteries Using Li [Ni0.8Co 0.15Al 0.05] O<sub>2</sub> Cathode Containing an Aqueous Binder with Pressurized CO<sub>2</sub> Gas Treatment”, *Journal of The Electrochemical Society*, 165, A16

(2018).

- 4) 浅見圭一：“水系プロセスによるハイニッケル系正極スラリー製造技術”，工業材料，Vol. 66, No. 10, pp. 77-81, 2018.
- 5) 浅見圭一：“キャビテーション分散装置を利用した次世代水系電極スラリーの開発”，工業材料，Vol. 67, No. 11, pp. 45-50, 2019.
- 6) K. Kimura, K. Onishi, T. Sakamoto, K. Asami and M. Yanagida: “Achievement of the High-Capacity Retention Rate for the Li [Ni0.8Co0.15Al0.05] O<sub>2</sub> (NCA) Cathode Containing an Aqueous Binder with CO<sub>2</sub> Gas Treatment Using the Cavitation Effect (CTCE)”, *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (3) A5313-A5317 (2019).
- 7) 浅見圭一：“キャビテーションを利用した高速分散装置について”，粉体技術，8月号, pp. 22-29, 2020.
- 8) 浅見圭一：“キャビテーションを利用した高速分散装置による LIB 次世代水系スラリーについて”，化学装置，9月号, pp. 31-35, 2020.
- 9) Hidenori Kuroki, Keiichiro Onishi, Keiichi Asami and Takeo Yamaguchi: “Catalyst Slurry Preparation Using a Hydrodynamic Cavitation Dispersion Method for Polymer Electrolyte Fuel Cells”, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2019, 58, 19545-19550.
- 10) 黒木秀記, 大西慶一郎, 浅見圭一, 山口猛央：“流体力学的キャビテーション分散法を用いた触媒スラリーの調製と PEFC 発電性能”，第85年会 化学工学会 (2020) 要旨集 L308.
- 11) 大谷祥太, 加藤禎人, 古川陽輝, 多田豊：“シンプルな HB 翼の開発”，第80年会 化学工学会 (2015) 要旨集 XB213.
- 12) 加藤禎人, 平松将, 大谷祥太, 吉田愛実, 塩原克己：“流脈観察に基づく HB 翼の開発”，名古屋工業大学化学工学論文集, 41巻, 1号, pp. 16-20, 2015.
- 13) Y. Kato, H. Furukawa, Y. Ikeda, T. Nakanishi, T. Sano and K. Tomioka: “Development of a Mixing Process Using an HB-Type Impeller to Easily Achieve Scale-UP by Maintaining Geometrical Similarity”, *International Journal of Chemical Engineering* Vol 2018.

# 超低露点ドライサーマル®の開発

## Static elimination function of NS Dry Booth

空調・冷熱事業部

増田 克洋

MASUDA Katsuhiro

### Abstract

We have developed a system that improves the capability of the current dry thermal and achieve a blowing dew point temperature of  $-80^{\circ}\text{C}$  or less.

### 1. はじめに

二次電池市場において現在主流のリチウムイオン電池の製造工程では露点温度  $-40^{\circ}\text{C}$  以下が要求されているが、次世代の全固体電池製造工程では  $-80^{\circ}\text{C}$  以下が要求されることが明らかとなっている。しかし、現行のドライサーマルでは吹出露点温度  $-55^{\circ}\text{C}$  と限界がある。そのため次世代の全固体電池製造工程に対応するため、ドライサーマルの能力を向上させ吹出露点温度を  $-80^{\circ}\text{C}$  以下を達成させる必要がある。そこで、ドライサーマル吹出露点温度に影響する取込み気に対し除湿を行う為の空調機を開発し組み合わせることで、ドライサーマル吹出露点温度の  $-80^{\circ}\text{C}$  以下を達成した。ここではその開発及び装置の概要について報告する。

### 2. ドライサーマル概要

ドライサーマルは、送風機・冷凍機・冷却器・ヒーター・除湿器を1筐体に収めた省スペースタイプの低露点型空調機である。図1に概略図を示す。また、ドライサーマル内に収められている前述の機器配置を図2に示す。

### 3. 基本仕様

現行ドライサーマルの基本仕様を表1に示す。

### 4. 開発のポイント

現行ドライサーマルでは取込んでいる周囲空気(OA)に含まれる水分量により吹出露点温度が変化することがわかっている。周囲空気の水分量を減少させドライサーマルへ供給させることができれば吹出露点温度を下げることが可能となると考え、現行

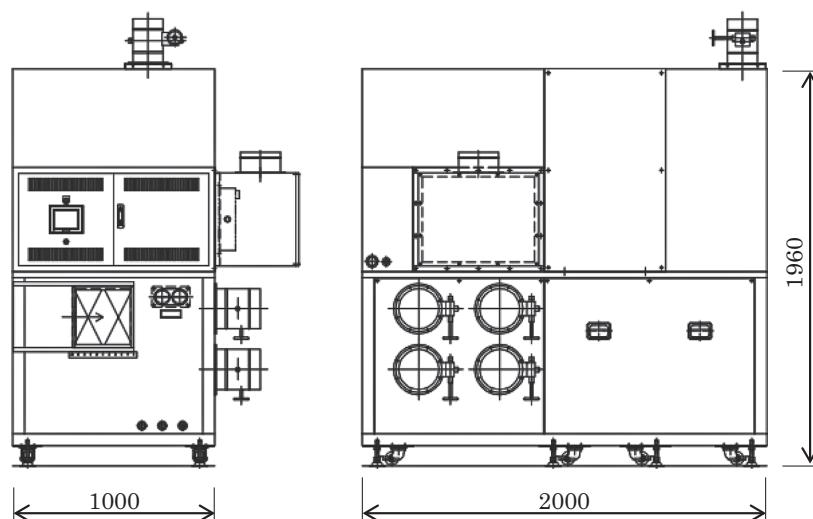


図1 ドライサーマル概略図

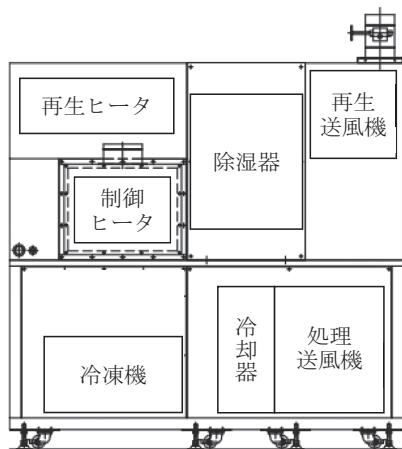


図2 ドライサーマル内部機器配置図

ドライサーマルが取込む周囲空気（OA）を除湿させる空調機（以下プレドライ）の開発・設計及び現行ドライサーマルとプレドライとの接続（図3参照）による現行ドライサーマルの吹出露点温度性能向上の検証を行った。また、目標は現行ドライサーマル吹出露点温度-80°C以下とした。

#### 4.1 プレドライ基本仕様

プレドライの基本仕様を表2に示す。

#### 4.2 プレドライの特徴

開発したプレドライの特徴として省スペースかつ現行ドライサーマルとの接続方法を一体及び分離の2パターンを選択でき、設置箇所に合わせた配置が可能であることが挙げられる。

### 5. 開発成果

#### 5.1 性能測定結果

吹出露点温度測定結果として、最低到達露点温度-94.1°Cを達成し、24時間の運転中概ね-90°Cを維持し、目標吹出露点温度である-80°C以下を達成することが出来た。性能測定結果を図4に示す。

表1 現行ドライサーマル基本仕様

名称	項目	単位	仕様
仕様	吹出露点温度	℃ D.P.	-55 <sup>**1</sup>
	吹出乾球温度	℃ D.B.	周囲温度 -1 ~ +4
	給気風量	m <sup>3</sup> /min	16~20
	排気風量	m <sup>3</sup> /min	8~9
	外気取込風量	m <sup>3</sup> /min	8~10
	外形寸法	—	1000W × 2000D × 1960H
	本体材質	—	鋼板製
周囲条件	温度	℃ D.B.	20~26
	湿度	% R.H.	30~70

※1 周囲条件により吹出露点温度は変化します。

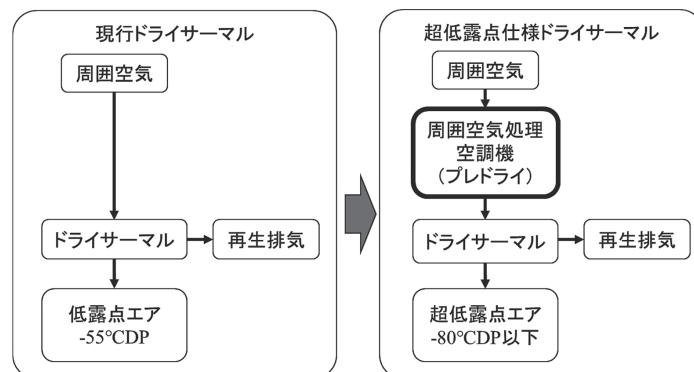


図3 周囲空気処理空調機（プレドライ）接続概略図

表2 プレドライ基本仕様

名称	項目	単位	仕様
仕様	処理風量	$m^3/min$	12~15
	排気風量	$m^3/min$	2~3
	除湿量	g/kg	2.5
	外形寸法	—	900 W × 1400 D × 1340 H
	本体材質	—	鋼板製
	重量	kg	600
周囲条件	温度	℃ D.B.	20~26 <sup>※1</sup>
	湿度	% R.H.	30~70 <sup>※1</sup>

※1 周囲条件範囲は湿球温度19℃以下とします。

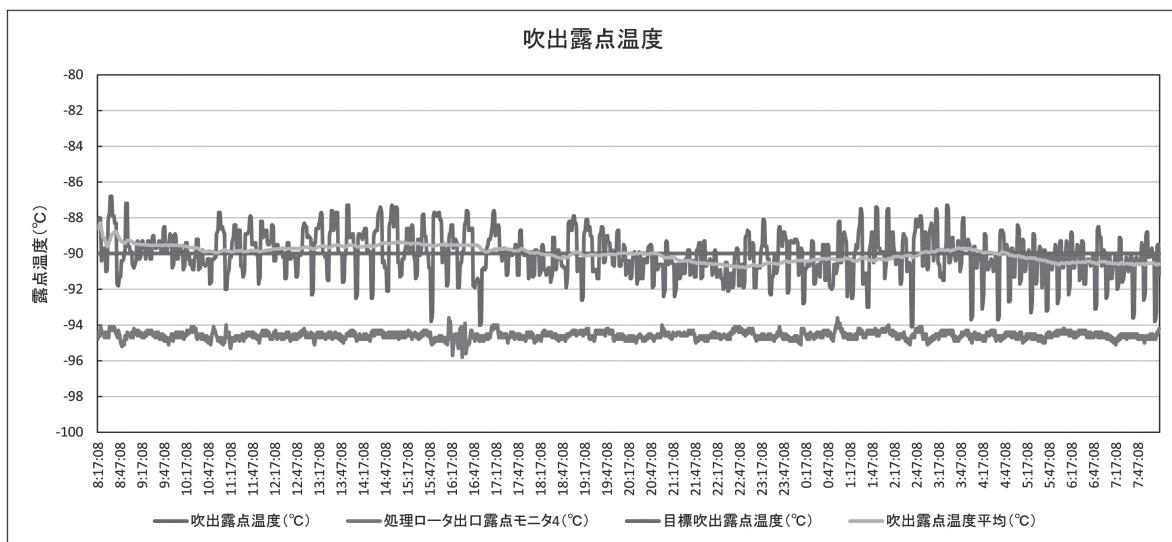


図4 性能測定結果

## 5.2 外形図

本開発にて製作したプレドライと現行ドライサーマルを接続した状態の外形図を図5に示す。本図はプレドライと現行ドライサーマルの接続に給気(SA)及び還気(RA)ダクトを内蔵したユーティリティユニットを設けている。このユーティリティユニットはSA・RAダクトのブース接続の作業性を向上させることと、プレドライの接続向きを90度回転させることも可能としている。

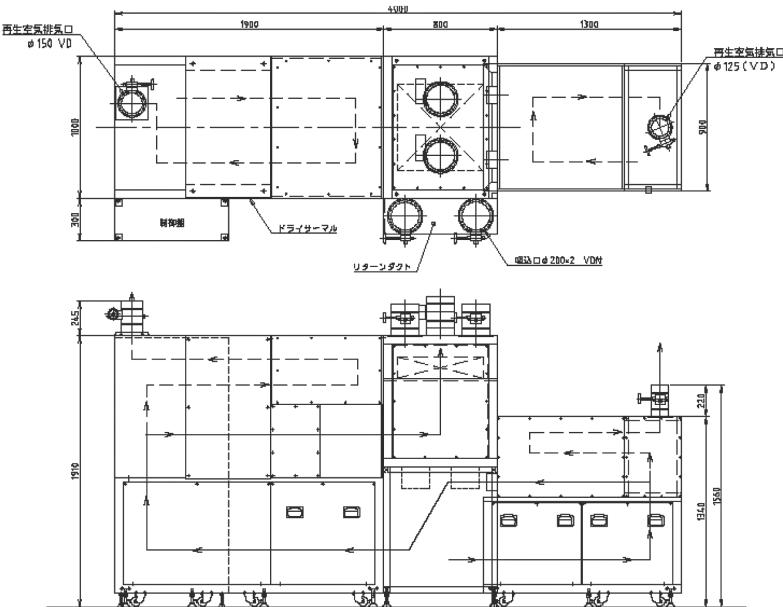


図5 超低露点ドライサーマル外形図

## 6. 終わりに

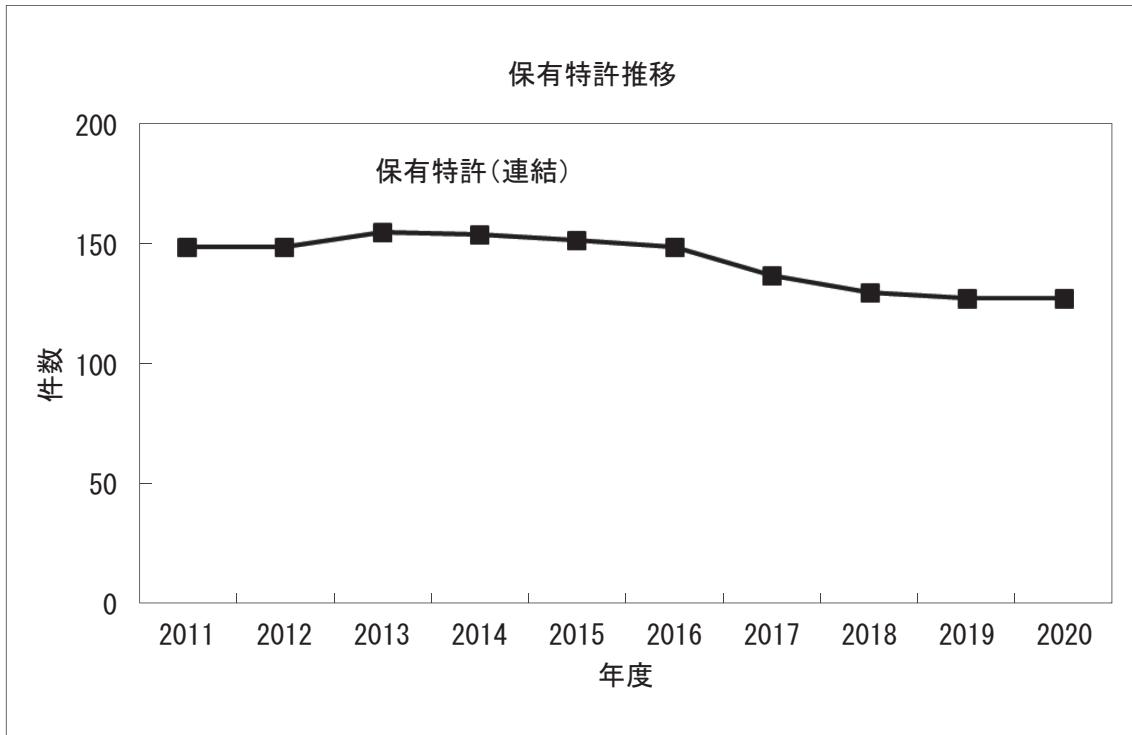
超低露点のドライエアを供給するために必要な要素として、現行ドライサーマルが取込んでいる外気処理に着目し、周囲空気処理空調機（プレドライ）を開発し、現行ドライサーマルとセットすることで超低露点ドライエアの供給を可能とすることが出来た。また、現行ドライサーマル単体においても吹出露点温度を下げるこことを可能とするデータも得られた為、ドライサーマル設置環境を整える必要性についても客観的に提案できると考える。

## 7. 関連特許

- 1) 国立研究開発法人産業技術総合研究所・日本スピンドル製造(株)、低湿度空間における静電気除去構造、特許第6376577号
- 2) 日本スピンドル製造(株)、ドライブース、特許第6080202号
- 3) 日本スピンドル製造(株)、ドライブース、特許第6066188号

## 知的財産報告 (Intellectual Property Report)

### ◆国内保有特許権の推移



### ◆登録特許紹介 (2018年度)

#### 【産機モリヤマ事業部】

特許番号	発明の名称
6426664	ディスクロータ及びその製造装置、並びにローラ、並びにディスクロータの製造方法
6426930	スクリーンチェンジャー
6430902	密閉式混練機

#### 【環境事業部】

特許番号	発明の名称
6436459	滤布構造体
6462453	滤布を用いた排ガス処理装置

#### 【空調・冷熱事業部】

特許番号	発明の名称
6376577	低湿度空間における静電気除去構造

### ◆登録特許紹介 (2019年度)

#### 【産機モリヤマ事業部】

特許番号	発明の名称
6532694	回転塑性加工装置
6562504	ストレーニング機構及びそのストレーニング機構を備えたスクリュー押出機
6583884	円筒状素材のスピニング装置及びスピニング成形方法

#### 【環境事業部】

特許番号	発明の名称
6660267	セラミックフィルタの保護装着用部材
6664847	集塵機における圧縮空気の噴射動作の制御装置及び制御方法

#### 【空調・冷熱事業部】

特許番号	発明の名称
6654330	気液接触用充填板
6673702	軸流送風機を備えた冷却塔

#### 【ミキシング事業センター】

特許番号	発明の名称
6576452	非水電解質二次電池の正極用スラリーの製造方法及び非水電解質二次電池の正極用スラリー
6610851	カーボンを含有したペーストの製造方法
6666668	微粒子分散方法及び微粒子分散装置
6671683	液状物質の殺菌方法及び装置

## ◆登録特許紹介（2020年度）

### 【産機モリヤマ事業部】

特許番号	発明の名称
6751008	混練状態判定システム、混練状態判定装置、混練状態判定システムの操作画面、および混練状態判定補助システム
6759112	回転塑性加工装置
6815160	回転塑性加工装置、回転塑性加工システムおよび加工ローラ支持ユニット
6837312	回転塑性加工システムおよびユニット搬送台車

### 【ミキシング事業センター】

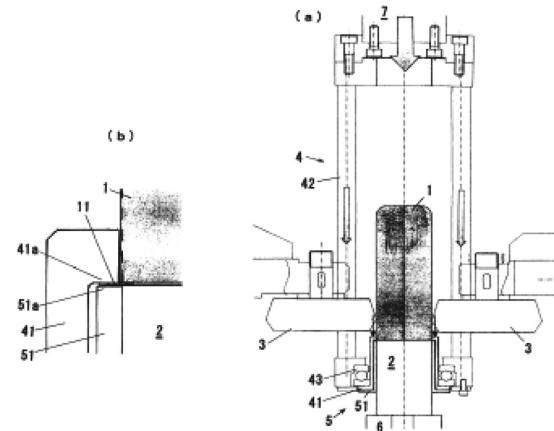
特許番号	発明の名称
6687422	分散システム
6693668	分離装置及び分離方法
6698998	ナノ粒子合成装置
6707779	被処理物質の分散方法並びに分散装置並びにそれによって生成される被処理物質及び分散媒が混合した液体の生成方法
6744569	非水電解質二次電池の負極用スラリーの製造方法及び非水電解質二次電池の負極用スラリー
6817719	分散混合装置及びその運転方法
6843894	液中プラズマ装置

## ◆注目特許の概要紹介

### 特許第6583884号「円筒状素材のスピニング装置及びスピニング成形方法」

【技術分野】本発明は、円筒状素材のスピニング装置及びスピニング成形方法に関するものである。

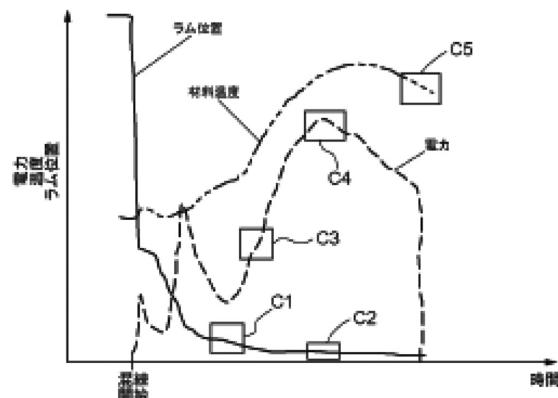
【請求項1】円筒状素材をマンドレルに被せるようにして装着し、該円筒状素材の軸方向に張力を付与しながら、円筒状素材の外周側からローラで押圧するしごき加工を施すことによって円筒状素材の伸長と薄肉化を図るようにした円筒状素材のスピニング装置において、円筒状素材の外周に突設した被挟持部を介して円筒状素材の軸方向に張力を付与する張力付与機構と、該張力付与機構との間で前記円筒状素材の被挟持部を挟持する支持機構とを備え、該支持機構は、移動機構を有し、当該移動機構により前記円筒状素材の被挟持部を、張力付与機構と支持機構とで挟持した状態で前記マンドレルの軸方向に移動させることにより、円筒状素材の軸方向に張力を付与しながら、しごき加工を施すようにしたことを特徴とする円筒状素材のスピニング装置。



### 特許第6751008号「混練状態判定システム、混練状態判定装置、混練状態判定システムの操作画面、および混練状態判定補助システム」

【要約】【技術分野】本発明は、混練状態判定システム、混練状態判定装置、混練状態判定システムの操作画面、および混練状態判定補助システムに関する。

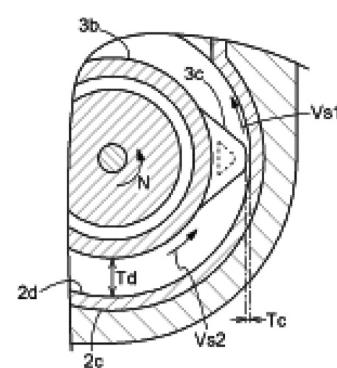
【請求項1】混練部と、判定部とを有する混練状態判定システムであって、前記混練部は、混練材料を混練し、混練の状態を示す混練状態値を前記判定部に送信し、前記判定部は、前記混練部から送信された前記混練状態値に基づいて、設定された判定条件に沿って前記混練部における混練材料の混練について判定を行うものであり、前記判定条件は、判定期間と状態値範囲とを含み、前記状態値範囲は、前記混練状態値に対する範囲として設定され、前記判定期間は、前記混練部における混練の開始から終了までの期間のうちの一部の期間であり、前記状態値範囲が、前記一部の期間において前記混練状態値が含まれる範囲である混練状態判定システム。



### 特許第6430902号「密閉式混練機」

【要約】【技術分野】本発明は、混練材料を収納する混練槽と、混練槽内に配置された一対のロータとを備えた密閉式混練機に関する。

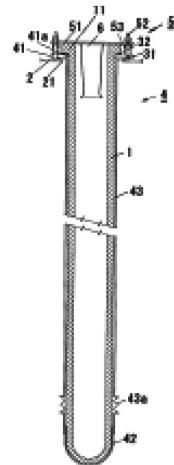
【請求項1】混練材料を収納する混練槽と、前記混練槽内に配置された一対のロータとを備えた密閉式混練機であって、前記ロータは、円筒状のロータ軸と、前記ロータ軸の表面に形成されたロータ翼とを有し、前記ロータ翼が対向する一対の前記ロータの間で相互に重ならない接線方式とされており、前記ロータを回転させて前記混練材料を混練する際の、前記ロータ翼の先端における翼先端ずり変形速度は、前記ロータ翼の先端の旋回速度を前記ロータ翼の先端と前記混練槽の内面との距離によって除した値と定義し、前記ロータ軸の表面における軸表面ずり変形速度は、前記ロータ軸の表面の旋回速度を前記ロータ軸の表面と前記混練槽の内面との距離によって除した値と定義し、前記翼先端ずり変形速度を前記軸表面ずり変形速度によって除した値であるずり変形速度比が5.0以上40以下であり、前記ロータ軸の直径が、前記混練槽の内面の直径の0.65倍以上0.80倍以下である密閉式混練機。



特許第6660267号「セラミックフィルタの保護装着用部材」

【技術分野】本発明は、セラミックフィルタの保護装着用部材に関し、例えば、隔壁型式集塵装置に用いられるセラミックフィルタの保護装着用部材に関するものである。

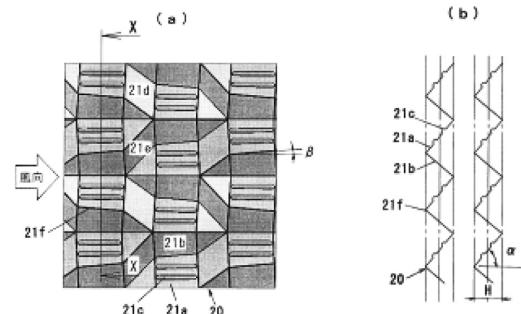
【請求項1】セラミックフィルタを、シンプルプレートに装着するために用いられるセラミックフィルタの保護装着用部材であって、セラミックフィルタのフランジとシンプルプレートとの間に介在して、シンプルプレートに取り付けられる固定部材と、セラミックフィルタの反フランジ側の外面に配設してセラミックフィルタを支持する支持部材と、前記固定部材と支持部材とを連結する接続部材とからなり、該接続部材が、セラミックフィルタの長手方向のテンションを付加するテンション付加部材を、接続部材の途中又は端部に連結部として備えてなることを特徴とするセラミックフィルタの保護装着用部材。



特許第6654330号「気液接触用充填板」

【要約】【技術分野】本発明は、冷却塔の充填材に用いられる気液接触用充填板に関するものである。

【請求項1】シート状の板材の表面に沿って処理水を流下させながら、空気との直接接触により熱交換を行なう気液接触用充填板において、前記板材の表面が、縦断面においてジグザグ状となる上向きの傾斜面及び下向きの傾斜面が上下方向に繰り返して形成されたものからなるとともに、該上下方向に繰り返して形成された上向きの傾斜面及び下向きの傾斜面の列が、気液接触用充填板の幅方向に位相をずらして並列するようにされ、かつ、前記上向きの傾斜面及び下向きの傾斜面が交わる稜線が、水平面に対して、角度をなして形成されたり、前記板材の表面に、処理水の流れの抵抗となる流動抵抗付与部を形成してなることを特徴とする気液接触用充填板。



特許第6576452号「非水電解質二次電池の正極用スラリーの製造方法及び非水電

解質二次電池の正極用スラリー |

【要約】【技術分野】本発明は、非水電解質二次電池の正極用スラリーの製造方法及び非水電解質二次電池の正極用スラリーに関するものである。

【請求項1】アルカリ金属複合酸化物を含んだ非水電解質二次電池の正極用スラリーの製造方法において、炭酸ガスを0.12 MPa以上、100 MPa以下の圧力で導入し、スラリー中のアルカリ成分を中和する中和工程と、当該中和工程の後、スラリー中の無機炭素を炭酸ガスとして脱気する脱気工程と、を含むことを特徴とする正極用スラリーの製造方法。



# ＜営業品目＞

## 産業機器

- パリホーマ® (スピニングマシン・フローフォーミングマシン)
  - 排気系部品加工機
  - ホイール加工機
  - プレイベック NC スピニングマシン
  - ブーリ加工機
  - ドライブプレート加工機
  - クラッチケース加工機
  - 特殊スピニングマシン・フローフォーミングマシン、増肉加工機
- 研削液浄化装置
- 工業用粉体溶解・分散装置 (ジェットペースタ®)
  - JPSS-X (ラボ研究用)
  - JPSS (開発試作用)
  - JPS (少量産用)
  - JPL (量産用)
- 混練機
  - 双腕型ニーダー (G・減圧仕様: GV)
  - 双腕型弁付ニーダー (GB・減圧仕様: GBV)
  - 双腕型ニーダールーダー (KR・減圧仕様: KRV)
  - 加圧型ニーダールーダー (KRD)
  - 小容量双腕型ニーダー (S・減圧仕様: SV)
  - 加圧型ニーダー (DS・DX・DP)
  - ワンドニーダー® (WD)
  - 強力型高速ミキサー (HS)
  - 混練試験装置ミックスラボ (ML)
  - シートプレフォーミングマシン (SPM)
- アンダーミキサー
- ペレット・シート製造装置
- 押出機
- その他機械
  - ホットメルト製造装置
  - ゴム切断機
  - バッヂオフマシン
  - バケットコンベア (BKC)

## Leifeld Metal Spinning GmbH

- SC Series
- EN Series
- WSC Series
- ST.. RS Series
- ST Series
- FFC Series
- PFC Series
- KSA Series
- AFPM Machines

## 環境装置

- 集塵装置
  - 高炉用集じん装置
  - 電炉用集じん装置
  - ゴミ焼却炉用集じん装置
  - 省スペース・省エネ集じん装置エコパルサー®
  - 湿式集じん装置
  - 集じん装置周辺設備
  - マルチサイクロン
  - SP フィルタ
  - ダストップ®
- 小型集じん装置
  - NS ミストミスト集じん装置
  - NS オイルミスト集じん装置 ODB
  - 衝突慣性式ミスト集じん装置 SMT
- 静電式コレクタ
- 気体搬送装置
- ダスト処理装置
- 電炉ダスト用パン型造粒機

## 空調装置

- クリーンルーム
  - クリーンルームシステム
  - クリーンルーム機器 エアシャワー、クリーンブース、パスボックス、陽圧ダンパー、クリンサプライ®、HEPA フィルタ、クリーンベンチ、クリーンユニット
  - サーマルキューブ® 精密空調ユニット、恒温ブース
  - ドライルーム、ドライブース
  - NS エアフィルタ NU型 (帯電フィルタ)、EX型、P型、PK型、CG型、E型
  - NS エアフィルタ F シリーズ 30/30型、GF型、KF型
  - NS エアフィルタ セルフレッシュ® (自動再生フィルタ)
  - NS ロールフィルタ
  - 開放式丸型冷却塔 NE/NL シリーズ
- 空気清浄装置
- 冷却塔

## 新日本ファスナー工業株式会社

- ねじ
  - 端子ねじ
  - 座金組込みねじ
  - サミタイト®
  - O 番精密ねじ
  - LH スティックス
  - ねね座金
  - 平座金
  - 歯付座金
  - ピン
  - リベット
  - 多段品
  - 切削品
  - プレス品
  - 複合加工品
- 座金
- 冷間圧造品
- 特殊品

本号に関するお問い合わせは、技術開発部技報編集事務局（所在地、電話番号は下記）宛お願いします。

## 日本スピンドル技報 NIHON SPINDLE TECHNICAL REPORT

第 58 号 [非売品]

令和 3 年 12 月 1 日 発行

発行所 日本スピンドル製造株式会社

〒661-8510 兵庫県尼崎市潮江 4 丁目 2 番 30 号

電話 06-6499-4304

編集兼  
発行人 加藤 安孝

本誌掲載記事、写真、イラストの無断転載を禁ず

**本社・支店・事業所**

本 社 ／ 〒661-8510 兵庫県尼崎市潮江4-2-30	TEL 06-6499-5551
東京支社 ／ 〒110-0014 東京都台東区北上野1-10-14 (住友不動産上野ビル5号館)	TEL 03-5246-5610
関西支社 ／ 〒661-8510 兵庫県尼崎市潮江4-2-30	TEL 06-6499-5830
中部支店 ／ 〒461-0005 愛知県名古屋市東区東桜1-10-24 (栄大野ビル)	TEL 052-957-7380

日本スピンドル製造株式会社のホームページ <http://www.spindle.co.jp>

***Nihon Spindle***

日本スピンドル製造株式会社

---

NIHON SPINDLE MFG. CO., LTD.  
4-2-30, SHIOE, AMAGASAKI-SHI, HYOGO, JAPAN 〒661-8510