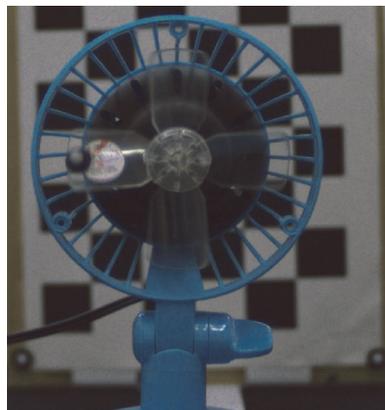
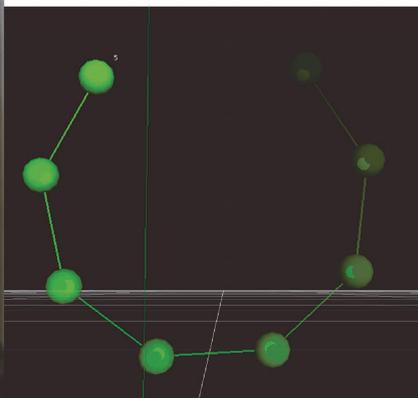


# 名工研・技術情報 Vol.8 (No.801)

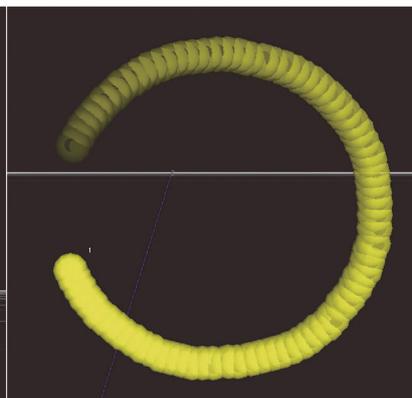
月刊名工研 2018年9月～2019年1月号編集版



小型扇風機



モーション  
キャプチャ



高速度カメラ

モーションキャプチャと高速度カメラによる扇風機の動作計測  
(詳しくはP6へ)

## 目次

### 特集1 設備紹介 (P2～3)

- ・ 大気圧プラズマ装置の紹介
- ・ 高解像度デジタルマイクロスコープ

### 特集2 技術・研究紹介 (P4～P12)

- ・ 3D造形物の低次幾何誤差の簡易な評価
- ・ 円孔を有するCFRPの微視的損傷の観察
- ・ モーションキャプチャを利用した動作計測
- ・ 安価なアルコキシシランを用いた耐水・防汚コーティング
- ・ 抽出試薬を用いた連続向流泡沫分離法によるパラジウム回収の検討
- ・ 環境に配慮した超はっ水紙材の紹介
- ・ 表面粗さの測定について
- ・ フラッシュ法による熱伝導率の測定
- ・ 切削・研削した微細な金属屑の再利用技術
- ・ 装飾ニッケルクロムめっきの評価について
- ・ X線回折装置を用いた薄膜の組成分析



# 特集 1 設備紹介

## 大気圧プラズマ装置の紹介

プラズマとは、電子、イオン、原子、分子、ラジカルが、ガス状に存在する状態のことです。産業への応用例としては、高温のプラズマを金属に当てることにより溶接・切断に利用されています。近年、室温程度の低温プラズマを大気中で発生させる装置の開発により大気圧プラズマの利用範囲が広がり、樹脂や金属などの表面処理への利用が進められています。例えば、自動車の部材に使用される難接着樹脂であるポリプロピレンに、大気圧プラズマを照射することで表面を親水化し、接着強度を高める効果が注目されています。また、工業だけでなく農業や医療への応用も進められています。

大気圧プラズマ装置は、窒素や空気などのガスを流しながら、電極間に高電圧をかけ、放電することによりプラズマを生成しています。生成したプラズマをガスの流れに沿ってノズルから放出し、対象物に照射します。

図1から図3に、当所で利用できる大気圧プラズマ装置を示します。図1、図2は、どちらも大気圧中で電極間の放電によりプラズマを発生する装置ですが、プラズマを放出するノズルの構造が異なります。ノズルまたは対象物を移動して、ポリプロピレンやポリエチレンなどの樹脂にプラズマを照射し、表面の親水化処理等に使います。図3の装置は、電極間に誘電

体を挟んで放電する誘電体バリア放電によりプラズマを発生します。長さ30cmの線状にプラズマが発生し、フィルムやシート状の試料など平坦で広い面積にプラズマ処理する場合に使用します。

名古屋市工業研究所は、(公財)名古屋産業振興公社と連携して、平成30年度より、大気圧プラズマ技術の産業応用支援を行っています。公社で培ったプラズマに関する企業支援や共同研究の実績と工業研究所が所有する基盤技術を活用し、産業応用の展開を図ってまいります。プラズマに関するご相談や試験のご要望がございましたら、お問い合わせください。

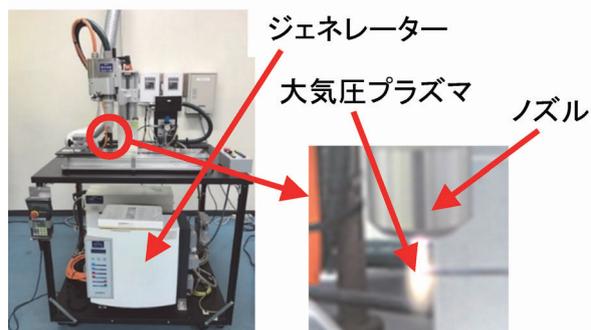


図2 プラズマトリート製 FG 5001(プラズマジェネレーター)、RD 1004(プラズマノズル)

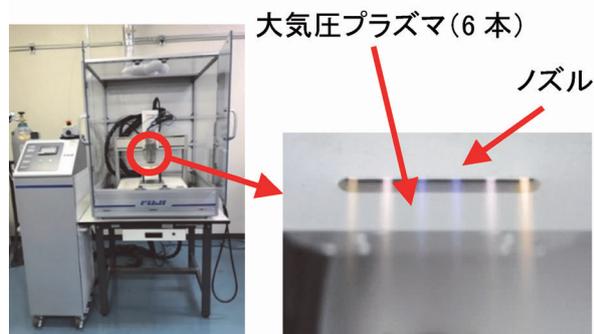


図1 FUJI製タフプラズマFPE 20 TYPE II

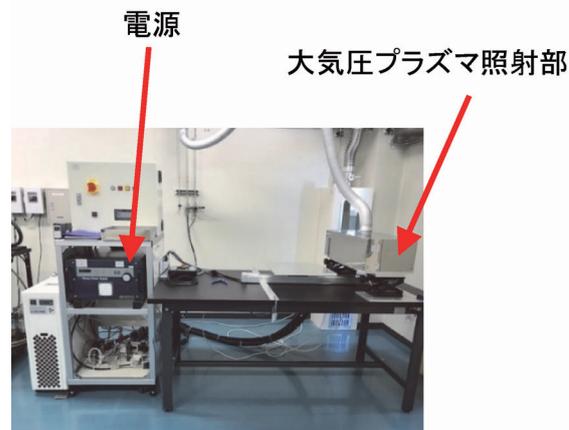


図3 イー・スクエア製 Precise 300 C

(プロジェクト推進室 山田 範明)  
TEL (052) 654-9913

## 特集 1 設備紹介

### 高解像度デジタルマイクロスコープ

工業研究所では、経済産業省の地域新成長産業創出促進事業費補助金（地域における中小企業の生産性向上のための共同基盤事業）の交付を受けて、『金属素形材の生産性向上に向けた「デジタルものづくり」協創基盤整備事業』に取り組んでいます。これは、東海地域の三重、岐阜、愛知の3県と名古屋市が連携して実施するもので、当地域の製造業の基盤とも言える金属素形材産業を技術面で支援し、生産性のさらなる向上を目指す事業です。その一環として、当所は高解像度デジタルマイクロスコープを導入しました。

当所ではこれまでも企業の皆様からの依頼を受け、金属製品を中心とする工業生産品の破損や不具合の観察・調査を実施してきました。これらの調査では拡大鏡によるマクロ観察や電子顕微鏡による細部観察、金属組織観察、成分分析などにより対象物を調べております。

そのうち、表面や破断面の細部拡大観察において多用する電子顕微鏡の2次電子像は、焦点の合う範囲が広く高倍率で観察できるという利点があるものの、色の区別がつかないため腐食や表面変質箇所等の観察においては判別がしづらいこともあります。今回導入したデジタルマイクロスコープは可視光による拡大画像の観察であるため、表面状態による色の違いも識別でき、電子顕微鏡などの併用により、対象物の状態を検討するための情報をより多く得られるようになりました。

本事業で対象とする素形材製品をはじめ、一般の工業製品の表面、破断面などは平坦でない場合がほとんどですが、観察範囲全体に焦点の合った画像を合成により短時間で得る機能（瞬時深度合成機能）を使って、視野全体を容易に把握できます。また、光の当たり方で細部の立体感など様相が変わって見えることから、簡単な操作で多方向から照らした画像を合成記録する機能（マルチライティング機能）も有しています。

観察倍率範囲は複数のズームレンズを使い分けることで1倍から5000倍までを確保し、錆肌や金属破断面などの実用的な観察倍率に対応しています。観察画像から観察面の3D画像を作成して表示することも可能です。さらに、鋳物製品など複雑な形状の対象物において奥まった箇所の観察ができるよう、ファイバースコープも備えています。

本装置は、三重県が今年度導入予定の砂型積層造形装置により成形した型で鑄込んだ試料の観察に使用するほか、平成31年度からは当地企業の皆様からの依頼による観察にも対応する予定です。

#### <主な仕様>

型式：VHX-6000

メーカー：(株)キーエンス

観察倍率：1～5000倍

撮像素子：1/1.8型CMOSイメージセンサ

実効画素（横×縦）：1600×1200

X-Yステージ移動量：±20mm

Zステージ移動量：49mm

θ回転角（首振り角）：±90°

観察支援機能：瞬時深度合成、マルチライティング、広範囲画像連結、3D表示



図1 デジタルマイクロスコープ外観

(製品技術研究室 夏目 勝之)

TEL (052) 654-9861

### 3D造形物の低次幾何誤差の簡易な評価

ものづくり工程のPDCAを有機的に回すことによって生産性を向上させる、クローズドループエンジニアリングに対する期待が高まっています。当所においても、3Dプリンタ、3Dスキャナ、X線CTを導入し依頼試験、受託研究等に活用しています。ここでは、クローズドループエンジニアリングにおける課題とその取り組みについてご紹介します。

クローズドループエンジニアリングにおいては、3Dプリンタで作製した造形物を3Dスキャナで測定・評価し、再び造形物にフィードバックします。このサイクルの中では様々な誤差が合成されて出力されるため、正確な情報をフィードバックするには誤差を分離し、評価する必要があります。そこで、四面体器物（直径20mm、球間距離80mm）及びダンベル器物（図1）を評価対象として造形し評価しました。また、中身の詰まったSolid及び間引きされたSparseの2種類を造形し評価をしました。

まず事前に、校正値付きダンベル器物（図2）を用いて測定器の誤差を補正しました。造形した器物を3Dスキャナで測定し、球間距離、直径、真球度を求めて、4球の位置から倍率誤差、直角度誤差を算出しました。ダンベル器物については各球間距離から仮想的に四面体を構成することで、四面体器物と同様に評価することができます。

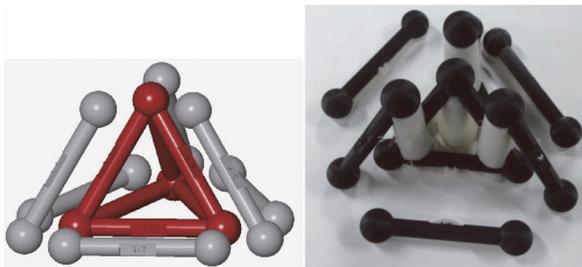


図1 CADデータと造形した器物



図2 校正値付きダンベル器物

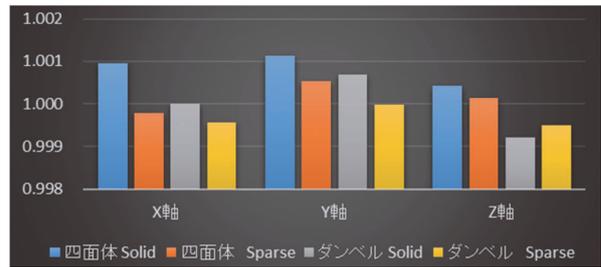


図3 倍率誤差 (=球間距離/80)

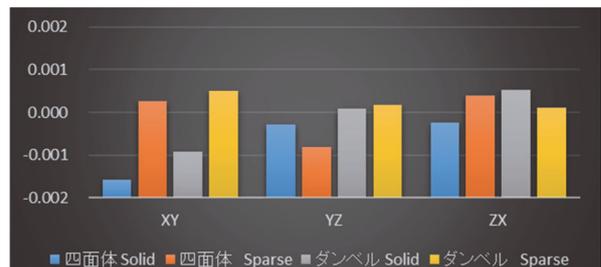


図4 直角度誤差 (mm)

結果は図3、4となり、SolidはSparseより幾何誤差が大きくなる傾向が見られました。中空のSparseは材料の収縮が少ないと考えられます。一方四面体とダンベルとの、誤差の値そのものは大きくありません。よって一定の範囲では、立体的な四面体器物での評価を単純形状であるダンベル器物で代替でき、測定に3次元スキャナよりも安価な1次元長さ測定器が利用できる可能性があります。

本稿で紹介した研究活動は、国立研究開発法人 産業技術総合研究所プロジェクトの平成28年度3D計測エボリューション（3D3プロジェクト）で実施したものです。この課題にはプロジェクト参加機関の45公設試のうち24機関が参加し、様々な装置を用いた評価を行うことで有意義な知見が得られました。ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

#### 参考文献

- 1) 3D3プロジェクト運営協議会, “3D3プロジェクト実施ガイドライン 地域課題1「低次の幾何誤差の簡易な評価」”, 2016
- 2) 3D3プロジェクト運営協議会, “3D3プロジェクト最終報告書 地域課題1”, 2017 (生産システム研究室 松下 聖一、岩間 由希、支援総括室 真鍋 孝顕)

TEL (052) 654-9851

## 円孔を有するCFRPの微視的損傷の観察

### 1, はじめに

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）は近年、自動車やスポーツ用品等様々な製品に使用されています。それに伴い欠陥の検出に関する研究も盛んに行われており、筆者はこれまで蛍光浸透探傷検査法をCFRP表面に適用して微視的損傷の観察<sup>1)</sup>を行ってきました。しかし、CFRPの疲労損傷の発生挙動を把握するには表面損傷だけでなく内部損傷も併せて知ることが重要です。当所では、疲労損傷を有するCFRP断面の微視的損傷観察も行っていますので、その一例をご紹介します。

### 2, 表面損傷観察

表層一層のみ平織材で内部が0°及び90°方向の一方材で成形されたCFRP試験片中央に直径5mmの穴開けを行った後、100サイクルの繰り返し引張り負荷（最大負荷荷重16kN）を加えて微視的損傷を発生させました。図1上段が室内灯点灯時の顕微鏡画像で下段が蛍光浸透探傷検査法適用時の顕微鏡画像です。

### 3, 内部損傷観察

図1の試験片について、A-A断面で切断し断面を蛍光浸透探傷検査法で観察した様子を図2に、その後B-B断面で切断、観察した様子を

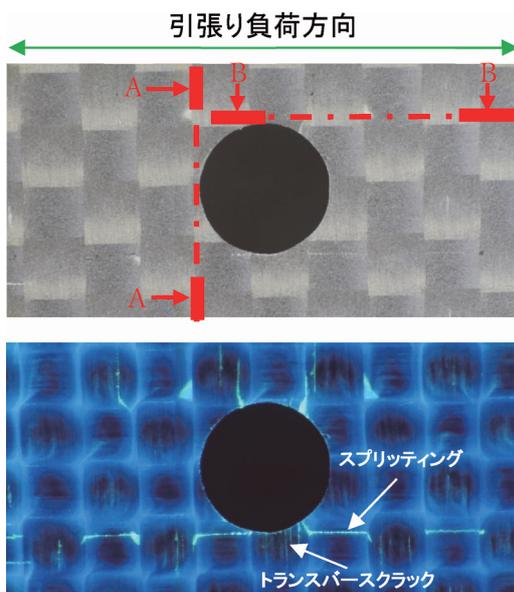


図1 CFRP表面の微視的損傷

図3に示します。図2より、円孔の引張り負荷方向に対する接線部を起点としてスプリットティングと呼ばれる微視的損傷が表面だけでなく内部にも発生して0°繊維層を伸びている様子が分かります。これは、円孔によって応力分布が不均一になると0°繊維層内でずれが生じ、そのずれがスプリットティングとして現出したものと考えられます。また図3では90°繊維層で多数のトランスバースクラックが生じ、層間剝離の起点となっている様子が確認できます。

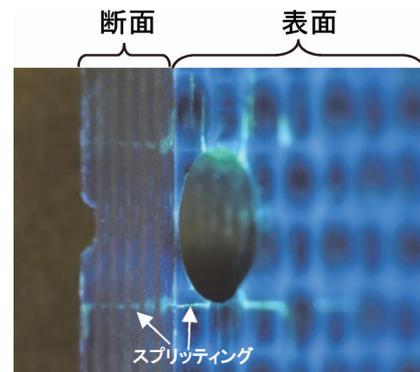


図2 A-A断面（斜め上方から）

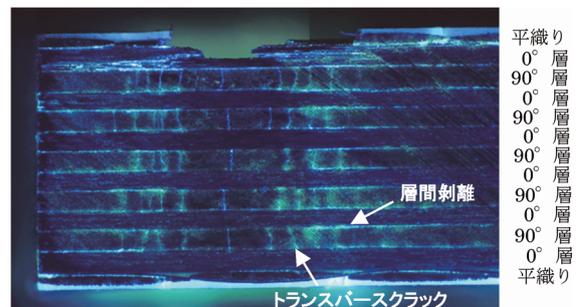


図3 B-B断面

引き続きCFRPの微視的損傷の発生進展挙動を明らかにするとともに、今後その発生抑止に関する研究に努めていきたいと考えています。ご興味のある方は下記までお問い合わせください。

<参考>1)「CFRP表面における疲労損傷の観察」  
月刊名工研・技術情報 No. 776, p. 3.

(製品技術研究室 深谷 聡)  
TEL (052) 654-9859

## 特集 2 技術・研究紹介

### モーションキャプチャを利用した動作計測

工業研究所では、三次元動作計測システム（モーションキャプチャ）による製品の可動部の動作計測を行っています。ロボットアームなどの工作機械はユーザーが動きを指定しますが、振動やひずみなどの影響でロボットアームが指定した箇所からずれた位置へ動く場合があります。モーションキャプチャを使用すれば動きをデータとして記録できますので、速度を変えた場合との比較や繰り返し動作時のばらつきなどの解析が容易に行えます。

当所のモーションキャプチャシステムには計測用カメラが8台あり、球体マーカを計測対象に張り付けて計測を行います。システムはマーカ中心位置の三次元座標を計算しており、連続で座標を記録することで対象の動きを記録します。三次元座標のサンプリングレートは最大で360Hz（1秒間に360回計測）まで可能です。図1(a)は簡易のロボットアームにマーカを貼り付けたもので、図1(b)はアームの動きを記録した結果を再生し、下向きに動いているときの様子を表示したものです。本システムでは三次元座標を時系列に記録しているため、速度や加速度を計算することができます。図1(c)はアームの先端部分の加速度を表示したものです。理想的な動きであればアームの動く方向が変わるたびにピークが表れるのみとなりますが、振動の影響により細かく加速度が変化しています。

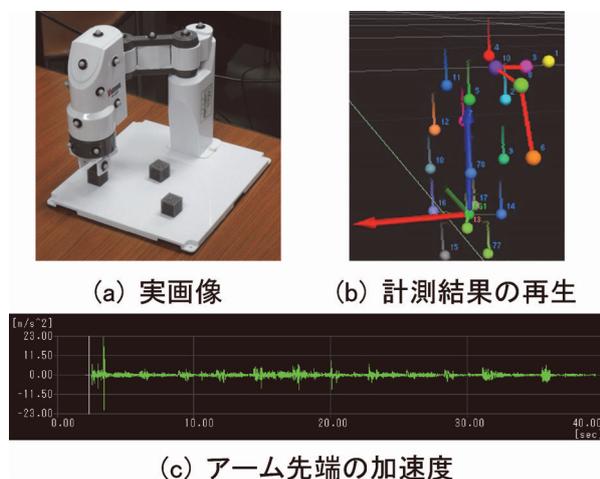


図1 アームの動作計測

動きの速い対象を計測する場合には、モーションキャプチャのサンプリングレートでは不足することがあります。このような場合は高速カメラによる高速撮影によりモーションキャプチャの計測を補助することができます。図2(a)は小型扇風機の羽にマーカを取り付けた写真、図2(b)はモーションキャプチャにて計測を行った結果であり、時系列で数フレーム前の計測結果を合わせて表示しています。扇風機の羽は動きが早く、モーションキャプチャでは1回転あたりの計測点が10未満となっており、動作確認に十分なサンプリングレートではありません。図2(c)はハイスピードカメラによる映像中のマーカを画像処理にて追跡することで作成した動きです。モーションキャプチャでの計測とは異なり、平面上での動きのみとなりますが、モーションキャプチャの10倍のサンプリングレートで計測が可能であり、動きを十分に把握することができます。

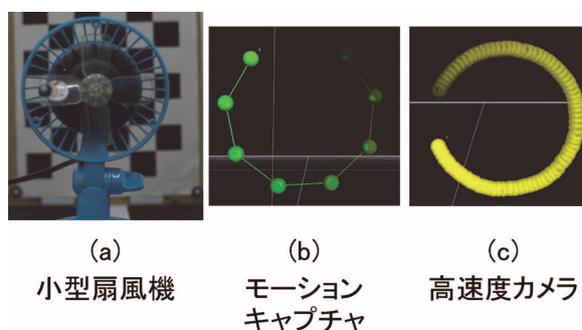


図2 扇風機の動作計測

今回紹介したような自動で動く製品の計測だけでなく、手で動かす機構であるハンドルや扉なども同様に計測できます。この場合は人間にもマーカを貼ることで人間の動作も合わせて計測することができます。動きの計測や解析に関するご相談がありましたら、お気軽にご連絡ください。

(電子技術研究室 長坂 洋輔)

TEL (052) 654-9858

## 特集2 技術・研究紹介

### 安価なアルコキシシランを用いた耐水・防汚コーティング

筆者は、これまで、様々な材料表面への耐熱性、耐食性、耐酸化性、耐擦傷性などの機能付与を目的として、環境に優しい低温プロセスによるコーティング技術の開発を行ってきました。

本稿では、平成27～29年度に当所で実施した重点研究「次世代環境材料の研究開発」の成果の中から、安価なアルコキシシランであるメチルトリエトキシシラン (MTES、 $\text{CH}_3\text{Si}(\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ) とポリビニルブチラール樹脂 (PVB) を用いて調製したコーティング溶液による耐水・防汚コーティング技術を紹介します。

アルコキシシランとは、加水分解するとシラノール基 ( $\text{Si}-\text{OH}$ ) を生じるアルコキシ基 (OR、R:メチル基、エチル基等) を有する化合物の総称です。

本研究では、コーティング膜の耐水性を評価する簡易な方法として、吸水性の高い紙を被コーティング材として用い、コーティング前後の重量差より求めた全体の吸水率を指標にしました。また、防汚性は、コーティング試料を青色色素であるメチレンブルー (MB) 溶液に浸漬し、浸漬後に膜に沈着した色素量で評価しました。

ろ紙でのコーティング試験において、PVB含有MTES溶液に1 mol%チタントライソプロポキシドを添加すると、MTESの重縮合反応が促進され、コーティング試料の吸水率が大きく低下するとともに、MB溶液浸漬後のコーティング膜での色素吸着量も少なくなり、高い防汚性を示しました。

組成を最適化した溶液でコーティングしたコンクリートブロックは、コーティングなしの試料に比べて、低い吸水率及び色素吸着性 (色差で89%減) を有し、優れた耐水性・防汚性を示しました (図1)。

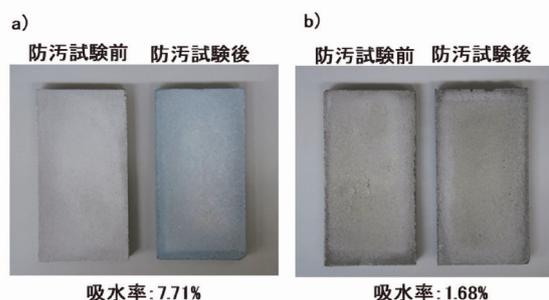


図1 コンクリートブロックの耐水性・防汚性評価  
a) コーティングなし、b) コーティングあり

図2に、PVB含有MTESコーティング膜の構造の模式図を示します。MTESを加水分解して調製したコーティング溶液より作製したゲル膜は、重縮合反応・乾燥過程を経て最終的に $\text{CH}_3\text{SiO}_{3/2}$ 膜になります。この $\text{CH}_3\text{SiO}_{3/2}$ 膜の構造において、ケイ素(Si)と酸素(O)で形成するネットワークの隙間をPVBが埋めるように存在することにより緻密な膜となり、高い耐水性を示すのではないかと考えています。

本技術にご興味のある方は、お気軽にお問い合わせください。

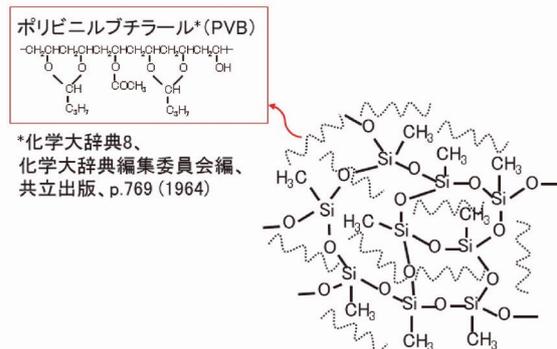


図2 コーティング膜の構造の模式図

(環境技術研究室 小野 さとみ)

TEL (052) 654-9855

## 特集 2 技術・研究紹介

### 抽出試薬を用いた連続向流泡沫分離法によるパラジウム回収の検討

当所が名古屋大学と共同開発した連続向流泡沫分離法は、泡沫相にフィード溶液（金属溶液）ならびに界面活性剤溶液を個別かつ同時に導入し、回収対象金属の回収と相互分離を同時に向上させる手法（図1参照）で、これまでに非イオン界面活性剤PONPEを用いて希薄溶液からの金やガリウムの選択的分離回収を実施してきました。しかしPONPEは特定金属以外との相互作用は示さず、この系での拡張・汎用化は困難でした。一方、SDSに代表されるアニオン界面活性剤を用いた場合では、多種の金属イオンと相互作用して選択分離に至らず、沈殿・析出物形成も伴う欠点も見られました。

そこで、抽出操作条件による幅広い金属種を選択分離可能な溶媒抽出の抽出試薬に着目し、界面活性剤との混合による本法への適用を探りましたが、消泡などの極端な泡沫の不安定化や、ICPによる金属濃度測定での干渉など、市販品での検討継続は困難でした。

本研究では、産業技術総合研究所で開発されたパラジウム抽出試薬TDGA（図2参照）を用いて、本法によるパラジウムの選択分離回収を検討しました。TDGAの溶媒抽出機構は下記に示す溶媒和型と報告されています。



この試薬を用いた成分溶液からの溶媒抽出では、パラジウムは100%、白金、鉄、銅、亜鉛はそれぞれ1%未満と、良好な選択抽出が得られました。

次に予備実験において、TDGAとノニオン界面活性剤との組合せで均一混合系を探索したところ、均一混合には至らずも、溶液中に極微小油滴の安定分散な系を見出しました。そこで本法への適用を行ったところ、頻繁な鬆(す)の発生に伴う泡沫相の分断によりパラジウムは45%程度と低い回収率であるものの、他の金属は全て1%以下に抑えられ、良好な選択分離を達成しました。既報のPONPE系では、泡沫表面自体が分離媒体であるため、泡沫相が分断される

と、相内の下方流による夾雑物洗浄効果が薄れて、選択分離が著しく低下する傾向が見られました。しかし本系では、極微小油滴が泡沫表面上の分離媒体として、周囲の同伴水との金属抽出を完了し、鬆の存在に影響を受けにくい事が分かりました。

また、より親水性の高い試薬を用いて同条件で試した処、高分離度を維持したままパラジウムの回収率は95%まで向上して、本法での良好な選択分離回収を達成できました。

当所では、連続向流泡沫分離法を用いた希少金属の分離回収方法の検討を続けています。お気軽にご相談ください。

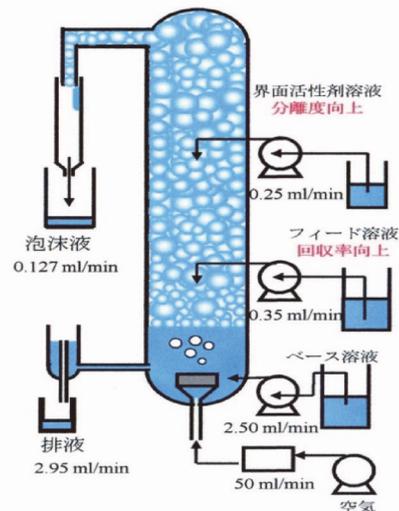


図1 本法の装置図

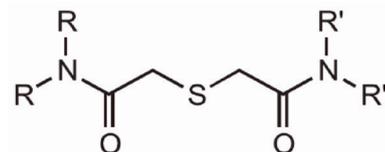


図2 TDGAの分子構造

【参考】日本金属学会誌 81(4), pp. 186-191 (2017).

(環境技術研究室 木下 武彦)

TEL (052) 654-9922

### 環境に配慮した超はっ水紙材の紹介

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染が大きな話題になっています。マイクロプラスチックとは、大きさが数ミリ以下の小さなプラスチックの総称です。現在、環境に流出するプラスチックの削減について国際的な課題解決が求められています。そのような中、プラスチック製品の代替として紙製品の活用が注目されています。植物由来の紙は安全性が高い、軽い、丈夫など多くの長所を有していますが、一方で水に弱いという特徴があります。はっ水性を必要とする場合、紙材表面をワックス等で加工してはっ水性を持たせていますが、はっ水材が含まれた紙はリサイクルに手間がかかり、また環境に排出された場合にも容易に分解しないといった懸念があります。用途に応じた十分な強度とリサイクル性を備えた紙材料が求められています。

我々はこれまで材料表面のはっ水化に関する研究を実施し、天然物由来のゲル化剤と飽和脂肪酸を利用した超はっ水表面の開発に成功しています<sup>1)</sup>。以下では当所で取り組んだ、段ボール紙の超はっ水化の研究事例についてご紹介します。

具体的には、ゲル化剤に12-ヒドロキシステアリン酸、ステアリン酸を用いてはっ水剤を調製しました。これらの原料はともに化粧品や廃油処理等に用いられる植物由来の化合物です。はっ水剤を塗布した段ボール表面は、水滴がコロコロと転がり落ちるような超はっ水性を示しました(図 1a)<sup>2)</sup>。

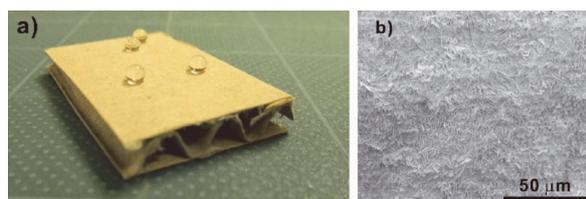


図 1a) 超はっ水化した段ボールと、b) その表面の電子顕微鏡写真

その段ボールの表面を電子顕微鏡で観察すると、表面に微小な結晶が析出している様子が観察されました(図 1b))。このことから、超はっ水性の発現は、ゲル中での微小結晶の析出により適度な表面粗さが形成されたためと考えられます<sup>1)</sup>。防水性について、短時間の水濡れであれば未処理段ボールに比べ、水平圧縮、垂直圧縮ともに高い強度を保持できていることが分かりました。

次に、超はっ水化した段ボールがリサイクル可能かどうかを検討しました。評価法として、超はっ水化段ボールを1M水酸化ナトリウム水溶液中で攪拌し、均一に離解・分散できるかを確認しました。分散溶液は均一となり、再度ろ過・乾燥すると、未処理の段ボールの場合と同様なパルプ状に戻りました(図 2)。今回作製した超はっ水化段ボールは容易に離解でき、通常の段ボールと同程度のリサイクル性を有することが示唆されます。

今回紹介した超はっ水化段ボールは、はっ水特性の物理的な耐久性や長期的な防水性は高くありません。そのため適用範囲は限られますが、比較的水との接触時間の短い生鮮野菜、冷凍食品向けなどへの利用が期待されます。このような、はっ水化技術の利用や評価にご興味ありましたら、お気軽にお問合せください。

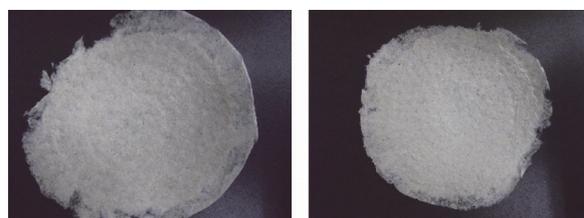


図 2 離解処理後、ろ過・乾燥した段ボール(左:未処理、右:はっ水加工)

参考

- 1) 月刊名工研 No. 744
- 2) 特許第5568799号

(有機材料研究室 山中 基資)

TEL (052) 654-9888

## 特集 2 技術・研究紹介

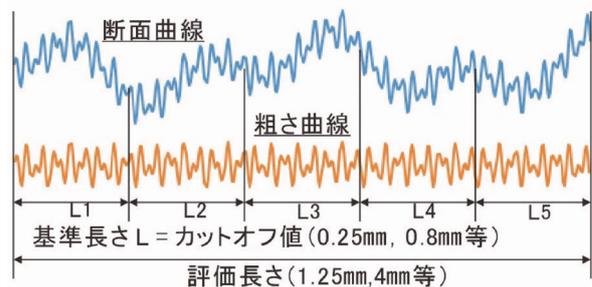
### 表面粗さの測定について

機械部品や製品の表面の凸凹を数値化したいというご相談がよくあります。ここでは、一般的に行われている触針式測定機による表面粗さの測定についてご紹介します。

測定機の特性は現在JIS B 0651により規格化されており、主な測定条件として、先端がダイヤモンド(R 2 $\mu$ m)のスタイラスを測定表面に直接接触(0.75mN)させて、0.5 $\mu$ mのサンプリング間隔で行います。測定方法は、まず対象面上にスタイラスを走査させ、その軌跡から傾斜を補正した曲線を取り込みます。これを断面曲線といいます。次に断面曲線に対し、うねり成分を遮断するために広域フィルタ(カットオフ値)を適用します。これが粗さ曲線となります。このカットオフ値は基準長さに等しく、各演算値の基となる長さになります。表面の加工方法や凸凹の大きさによって異なりますが、一般に滑らかな表面ほど短い設定となっています。測定する長さはこの基準長さの5倍が標準値で、評価長さと呼ばれています。最終的な測定結果

(RaやRz等)は各基準長さから得られた演算値(5個)の平均値を示しています。注意点としては、カットオフ値の大きさによって粗さ曲線にうねり成分の大小も付与されますので、測定値を比較検討する場合はカットオフ値を統一して測定する必要があります。

当所ではこのような表面粗さの測定や各種演算値による評価が可能です。お気軽にご相談ください。



(計測技術研究室 奥田 崇之)  
TEL (052) 654-9883

### フラッシュ法による熱伝導率の測定

電子機器の小型化・高密度化が進んでおり、効率よく放熱するための熱対策の重要性が増しています。その解決策として熱流体シミュレーション(CAE:Computer Aided Engineering)を使用した熱解析・熱設計が盛んに行われるようになってきています。ここで、精度良く解析するには材料の熱伝導率を正確に知る必要があります。熱伝導率は材料固有の物性値で、未知の材料の場合には測定する必要があります。そのため、熱流体シミュレーションを目的とした熱伝導率の測定の相談を多く受けています。

材料の熱伝導率(W/(m·K))の測定にはフラッシュ法と呼ばれる手法を用いるのが一般的です。フラッシュ法は熱拡散率を測定するもので、密度(kg/m<sup>3</sup>)・熱拡散率(m<sup>2</sup>/s)・比熱容量(J/(kg·K))の各測定値から

熱伝導率=密度×比熱容量×熱拡散率  
の式によって求められます。

フラッシュ法では試料の表面をパルス状の

レーザー等で均一かつ瞬間的に加熱して、裏面の温度変化を取得します。比熱容量は温度上昇の逆数から、熱拡散率は最高温度の半分となるのに要した時間から算出されます。フラッシュ法はJIS R1611によって工業規格に採用されています。

当所ではアルバック理工製のレーザーフラッシュ装置TC-7000Hを保有しており、金属やセラミックス等の熱伝導率の高い材料の測定が可能です。

熱伝導率の測定に関するご相談がありましたら、お気軽にお問い合わせください。



レーザーフラッシュ装置

(計測技術研究室 間瀬 剛)  
TEL (052) 654-9946

## 特集2 技術・研究紹介

### 切削・研削した微細な金属屑の再利用技術

切削油で冷却しながら金属材料を切削や研削した場合、削った金属屑にも切削油が付着します。この金属屑を再溶解する際に、油分が20%以上含まれていると溶解炉に悪影響を及ぼすため、買い取りを断られることがあります。このため、通常は含有する油分の低減、および運搬に適した形状付与を目的として、金属屑をプレスで圧縮成形します。しかし、仕上げ研磨で発生した金属屑の様に、微細でかつ硬い金属屑の場合はプレスによる圧縮成形や油分の分離・除去ができません。そのため、再溶解できずに産業廃棄物として埋立て処分されるのが現状です。

このような金属屑に対しては、過熱水蒸気処理を施すことで油分を分離・除去できます。過熱水蒸気とは、100℃で沸騰・蒸発した水蒸気を常圧下で、更に高温に加熱した無色透明のH<sub>2</sub>Oガスです。酸素濃度が極めて低いため、金属が酸化されることも少ないという特徴があります。近年では、過熱水蒸気機能を搭載した家電製品

も販売され、主に食品業界で利用されている技術です。

微細な金属屑を粉末と見なし、再溶解するのではなく、油分を完全に除去して焼結することで、固形化できないかを検討しました。企業と共同で検討した結果、様々な条件で過熱水蒸気処理した微細な金属屑で、油分を含まない条件を見出しました。得られた粉末を、加圧と同時に加熱することで緻密な固形物が作製できました。

産廃処理には費用が発生します。しかし、油分を分離することで業者が買い取ってくれて再利用が可能になり、また、固形化することにより商品として売ることができます。

金属屑に限らず、金属製品と切削油などの分離に過熱水蒸気処理は有効な手段です。

(金属・表面技術研究室 松井 則男)

TEL (052) 654-9880

### 装飾ニッケルクロムめっきの評価について

装飾ニッケルクロムめっきは光沢外観と耐食性に優れているため、自動車外装品、水栓金具、家具金物など幅広い用途があります。工業研究所では膜厚測定、耐食性試験、不具合品の調査などに取り組んでいます。

めっき膜厚はJIS H8617 5.3表2により等級が定められています。測定方法は非破壊で測定できる蛍光X線が多いのですが、自動車外装部品などはめっき層の膜厚が厚く、蛍光X線では測定不可能であるため、その場合は電解式で測定します。また、二層、三層のニッケル下地めっきが施されている場合は、走査型電子顕微鏡を用いた断面観察により各めっき層の厚さを測定します(図1)。

耐食性はキャス試験で評価を行います。JIS H8617 9.6表4にめっきの等級、使用環境、試験時間が定められています。

めっきのふくれ、はく離などが発生した場合は断面観察により解析を行います。過去の相談

では断面写真により不具合の発生位置がわかり、生産工程にフィードバックし、装置の改良により、不具合品の低減につながった事例もあります。

試験を検討している方はお気軽にご相談ください。

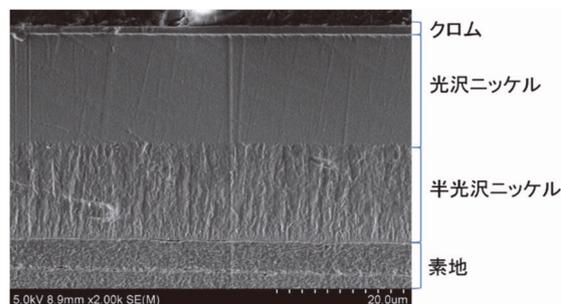


図1 二層ニッケルクロムめっきの断面写真

(金属・表面技術研究室 松本 宏紀)

TEL (052) 654-9911

## 特集 2 技術・研究紹介

### X線回折装置を用いた薄膜の組成分析

結晶性を持つ物質や材料の組成分析を非破壊で行う場合、一般的にX線回折装置（XRD）が用いられます。当所では、平成27年度にXRDを新規導入し（月刊名工研No. 764参照）、様々な材料の結晶相同定や定性分析に利用しています。

今回は薄膜の組成分析を行うための特殊測定を紹介します。試料測定部に照射する入射X線を $1^\circ$ 以下の角度に固定したまま回折された散乱X線を測定します（図1）。この方法は平行法と呼ばれ、組成分析によく利用される集中法に比べて測定感度は下がりますが、より材料表面からの結晶情報を得ることができます。

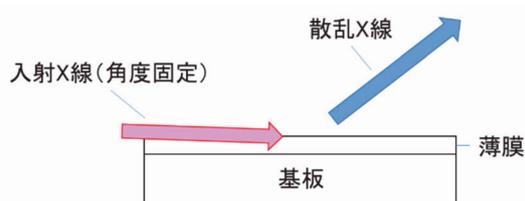


図1 平行法を用いたXRD測定

銅（Cu）基板上に厚さ $1\mu\text{m}$ 以下のニッケル（Ni）めっきを施した試料をXRDによって測定して、得られたスペクトルパターンを図2に示しました。図2（a）が集中法、（b）が平行法による測定結果です。集中法では基板であるCu由来のピークのみ観測されたのに対し、平行法では基板のCuピークと共に、Ni由来のピークが明瞭に観測されました。

このように、 $1\mu\text{m}$ 以下の薄膜試料でも測定が可能です。X線回折を用いた測定にご興味がありましたら、お気軽にお問い合わせください。

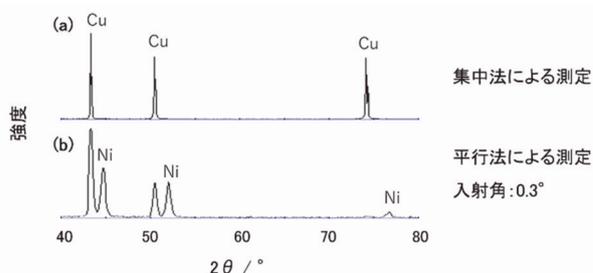


図2 Cu基板NiめっきのXRDスペクトル  
（環境技術研究室 岸川 允幸）  
TEL (052) 654-9884

### 名工研・技術情報 Vol.8 (No. 801)

発行日 平成31年2月1日  
発行部数 1,200部  
無料 特定配布  
編集 名古屋市工業研究所支援総括室

### 月刊名工研2018年9月～2019年1月号編集版

発行 名古屋市工業研究所  
名古屋市熱田区六番三丁目4番41号  
電話：052-661-3161 FAX：052-654-6788  
URL：http://www.nmiri.city.nagoya.jp  
E-mail：kikaku@nmiri.city.nagoya.jp