

名工研・技術情報 Vol.18 (No.863)

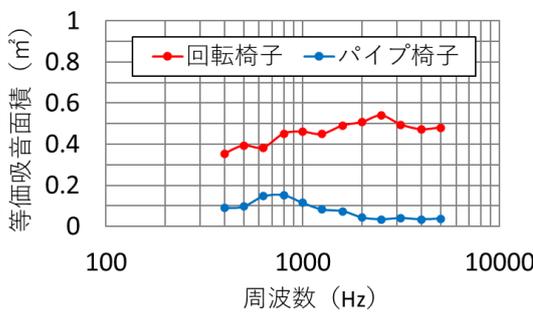
技術紹介特集（月刊名工研 2023年11月～2024年3月号編集版）

Vol.15、Vol.16、Vol.17 に引き続き 4つの分野の技術をご紹介します

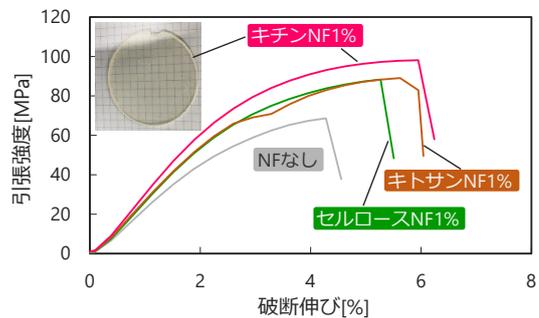
Vol.15 では、①物性評価、②不良・破損解析、③熱設計と電磁・光、④材料特性・構造の4分野を

Vol.16 では、①AI・IoT、②材料開発、③3D計測、④品質評価、⑤成分分析の5分野を

Vol.17 では、①不良・破損解析、②熱設計と電磁・光、③材料特性・構造、④物性評価の4分野を掲載しています。



等価吸音面積の測定結果
(詳しくは P2 へ)



NF含有エポキシ樹脂の外観写真と引張特性
(詳しくは P4 へ)

目次

特集1 音響特性・構造解析・DX (P2~P3)

- ・製品の吸音性能評価
- ・CAE 構造解析
- ・DX のための開発技術支援

特集2 材料開発 (P3~P4)

- ・連続向流泡沫分離法による希少金属の回収
- ・バイオマスナノファイバーによるエポキシ樹脂の高機能化
- ・廃電子基板の乾式分析前処理法の研究

特集3 3D計測 (P5~P6)

- ・非接触三次元デジタイザによる3D計測
- ・X線CT装置による3D計測
- ・レーザー顕微鏡による透明体計測

特集4 品質評価 (P6~P7)

- ・異種材料間に流れる電流値の測定
- ・包装貨物の振動試験
- ・促進耐候性評価

JKA 新規導入設備紹介 (P8)

- ・赤外線非破壊検査装置



特集 1 音響特性・構造解析・DX

製品の吸音性能評価

製品の吸音性能は、等価吸音面積(吸音力)で評価することができます。残響室と呼ばれる実験室内に評価したい製品を設置し、スピーカから発した音が何秒間響くか(残響時間)を測定することで、等価吸音面積を計算することができます。

図1、図2はそれぞれ回転椅子およびパイプ椅子の等価吸音面積を測定する様子を表しています。図3に示す測定結果から、パイプ椅子に比べて、回転椅子の吸音性能が高いことが分かります。



図1 回転椅子の等価吸音面積測定



図2 パイプ椅子の等価吸音面積測定

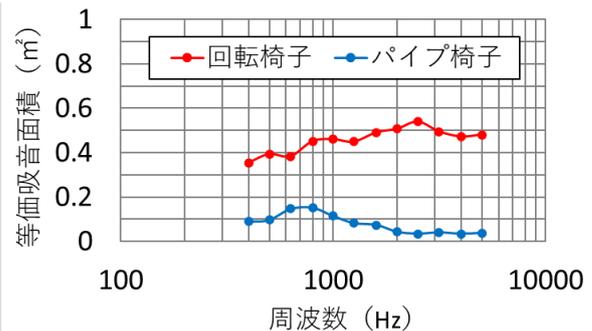


図3 等価吸音面積の測定結果

等価吸音面積は、測定対象物の吸音率と面積の積で与えられます。したがって、その値は製品のサイズによる影響を受けます。製品が大きいほど等価吸音面積は大きくなる傾向があるため、比較したい対象物のサイズにも注意する必要があります。

当所では製品の吸音性能評価をはじめとする様々な防音特性評価が可能です。ご興味ございましたら、お気軽にお問い合わせください。

(計測技術研究室 安藤 真)

TEL(052)654-9864

CAE 構造解析

近年、図面データを3Dモデルに取り込む動きやモデルベース開発の活発化によりComputer Aided Engineering (CAE)の重要性が高まっています。CAEは、製品設計から製造、検証に至るまでの工程を大幅に効率化し、信頼性を向上させるものです。中でもCAE構造解析は製品や部品の破損原因の検討にも非常に有用です。

当所では、各種構造解析のご相談や線形静解析のご依頼を承っています。また所内のCAEルームでSOLIDWORKS、Fusion360、DEFORM等の構造解析ソフトウェアをご使用いただくこともできます。

ここでは、線形静解析の例を紹介します。線形静解析では応力とひずみが比例する弾性変形内を仮定して応力、ひずみ、変位を計算します。解析には対象物の3Dデータ、材料物性、荷重条件、拘束条件が必要です。図1に金属部品の応力分布の例を示します。下部の2つの穴を固定し、荷重を上部穴の面(図1の橙色枠)垂直方向(矢印方向)に加えました。これにより、応力が集中している箇所(青、緑

赤の順に)応力が大きくなることを示す)を3次元的に把握できました。さらに複数のモデルを解析して、それぞれの強度の比較検討も可能です。

構造解析に関するご相談・ご依頼がございましたら、お気軽にお問い合わせください。

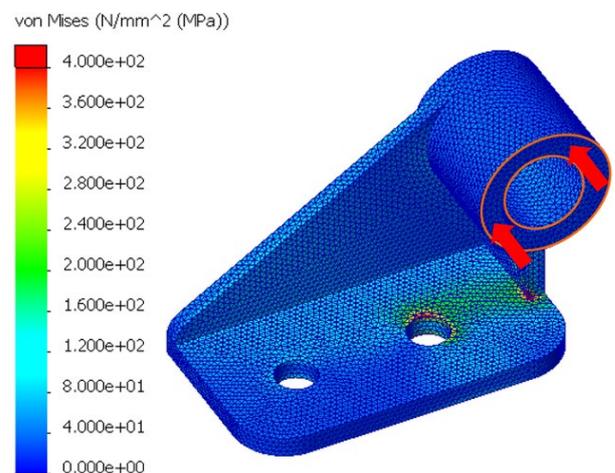


図1 金属部品の応力分布例

(生産システム研究室 山本 隆正)

TEL(052)654-9871

DXのための開発技術支援

近年、DX推進に取り組む企業が増える一方、人材不足により改革が進まない現状も見られます。そこでDX推進の一助とすべく当所で実施中のソフトウェアの開発技術支援について紹介します。

当所では開発技術支援の一端として下記のようなセミナーを開催しました。

- ・ [Windows 環境で始めるPython プログラミング](#)
- ・ [DXのためのRaspberry Piを使ったOpenCVによる画像解析入門](#)

これらの初学者向けのセミナーにおいては開発環境構築方法やRaspberry Piのセットアップ方法など導入の基礎から学べる内容となっています。開催済のセミナー内容に関して個別指導をご希望の場合には随時相談を受け付けております。PCやRaspberry Piなどのハードウェアを利用した開発の場合には図1のような研修室にあるPC等を用いた個別指導も承っております。具体的な相談事例を次項に列挙します。

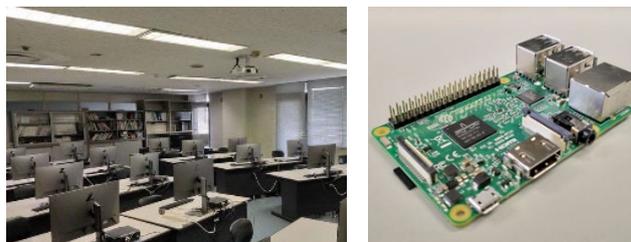


図1 コンピュータ研修室(左)、Raspberry Pi(右)

【相談事例】

- ・ Pythonを用いた画面キャプチャの半自動化
- ・ GitHubを利用するためのGitコマンド指導
- ・ 特定のWebページからのスクレイピング
- ・ Raspberry Piの環境構築とカメラ利用
- ・ プログラミングに関する指導

上記のような事例に関わらず、初歩的な質問でも気兼ねなくお問い合わせください。簡単な相談については無料で対応しております。

(情報・電子技術研究室 松原 和音)

TEL(052)654-9863

特集2 材料開発

連続向流泡沫分離法による希少金属の回収

生産・リサイクル工程における排液などからの希少金属回収を目的として、連続向流泡沫分離法(図1参照)を名古屋大学と共同開発しました。この手法は、気液界面(図1中の14)から連続上昇する泡沫相(図1中の2)に、金属溶液(図1中の4)ならびに界面活性剤溶液(ベース液、図1中の3)を導入し、泡沫表面に目的金属を選択的に吸着させて、その回収と相互分離を同時に促進する事で、目的金属の選択分離回収を可能にします。

これまでの実績として環境研究総合推進費やJOGMECなどからの支援を受けて、多成分の金属溶液からほぼ100%の回収率で選択的に金(名工研 No.742)、ガリウム(No.775)、パラジウム(No.799)、インジウム(No.819)の回収を達成しています。当所では、「サーキュラーエコノミー」の観点で「スループットの向上など」を目指して、本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。

連続向流泡沫分離法 (CCFS)

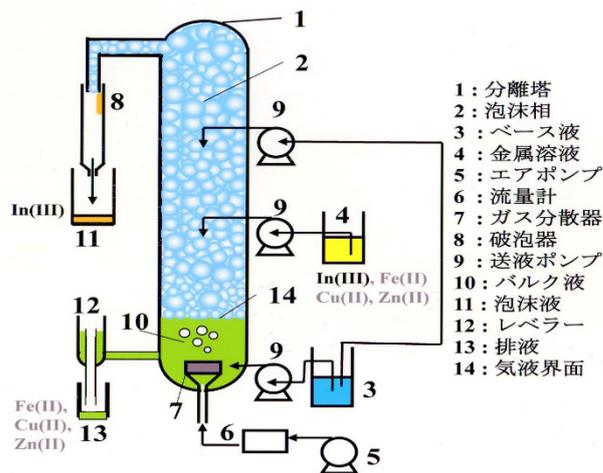


図1 本法の装置図

【参考】泡の生成・消泡の基礎と産業利用、pp.219-228、シーエムシー出版、(2022)。

(信頼性評価研究室 木下 武彦)

TEL(052)654-9922

バイオマスナノファイバーによるエポキシ樹脂の高機能化

セルロース、キチンなどのバイオマスをナノサイズの繊維状にしたバイオマスナノファイバーは、軽量で高強度などの優れた特性を持ちます。そのため、低環境負荷な高機能材料として注目を集めています。疎水性の樹脂中では凝集しやすいという課題があります。当所では、一般的なエポキシ樹脂であるビスフェノールA型エポキシ樹脂に、バイオマスナノファイバーを均一に分散した状態で複合化する手法を見出しました。図1は、セルロース、キチン、キチンの脱アセチル化体であるキトサンの各ナノファイバー(NF)を1%複合化したエポキシ樹脂の引張試験結果です。NFの添加によって引張強度が1.5倍程度かつ破断伸びも上昇しました。さらに、接着強度や耐衝撃性も向上しました。

一般に、エポキシ樹脂は塗料や接着剤、コンクリート補修材のほか、ガラス繊維強化樹脂(GFRP)やCFRPなどとして構造材料にも幅広く用いられています。本材料を活用することにより、接着剤の接着力及び収縮率の改善や、ひび割れや作業時の

液だれを生じにくい塗料の開発などが期待できます。また、透明性を活かした構造材料としても期待できるほか、電子基板や自動車部品などとして用いられる GFRP や CFRP を、バイオマスナノファイバーを含んだ樹脂で置き換えられれば、低環境負荷性の向上が期待できます。

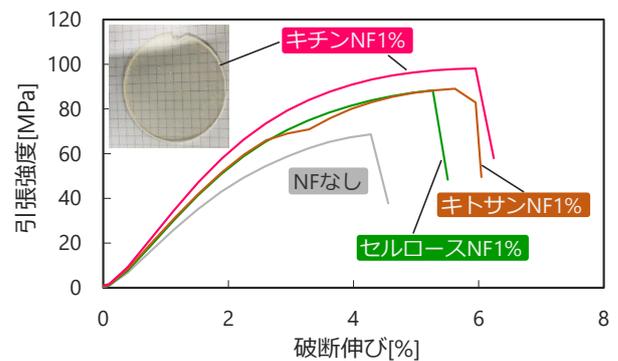


図1 NF含有エポキシ樹脂の外観写真と引張特性

(製品技術研究室 波多野 諒)

TEL(052)654-9954

廃電子基板の乾式分析前処理法の研究

廃電子機器中にある電子回路基板(廃電子基板)は有価物であり、資源として取引されます。そのため、基板の価値を知るための分析にはニーズがあり、分析法の研究を行っています。

廃電子基板の価値は含有される金銀銅でそのほとんどが占められています。基板に含まれる元素の分析には酸などで含有成分を溶出させた液をプラズマ発光(ICP-AES)分析する湿式法と、波長分散型の蛍光X線分析(WDX)などにより固体状態の試料を分析する乾式法があります。湿式法は高精度な分析に用いられますが、金銀を一度に溶出させることが困難です。一方、乾式法は同時分析が可能です。そこで本研究では廃電子基板を精錬のように銅合金とスラグに分離する前処理をし、金銀銅の均一化された合金を得て分析する方法を検討しました(図1)。

ある廃電子基板の金銀銅の含有量について、粉碎物の湿式分析値、粉碎物のWDX分析値、ならび

に本前処理を適用した場合の乾式分析値を表1に示します。粉碎物を乾式分析した場合には金銀の分析値が湿式分析と比べて低く、正しく評価できませんでした。一方、本前処理を適用した金銀の分析値は湿式法と同程度であることが確認できました。

ご興味のある方はお気軽にご相談ください。

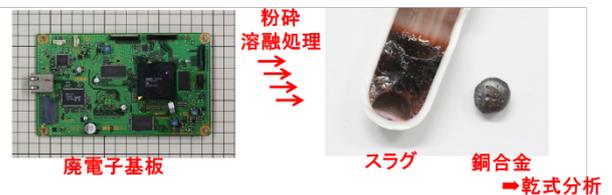


図1. 本研究の廃電子基板の乾式前処理法

表1. 廃電子基板の分析例

分析方法			分析値(%)	
			Ag	Au
湿式	粉碎+硝酸溶解	ICP-AES	0.132	—
	粉碎+燃焼+王水溶解	ICP-AES	—	0.060
乾式	粉碎	WDX	0.070	0.019
	本研究前処理	WDX	0.171	0.075

(環境・有機材料研究室 柴田 信行)

TEL(052)654-9882

特集 3 3D 計測

非接触三次元デジタイザによる3D 計測

近年、生産現場では個々の部品にも細かく精度を要求される事例が増えています。ノギスなどの通常の手法で測定できる場合は問題ありません。しかし、面同士の角度や異なる平面にある穴距離など通常の手段では測定が難しい場合は三次元データを基に計測する必要があります。三次元データから、近似平面・円筒・円などの幾何要素を作成し、距離や角度を求めることもできますし、断面を切ったり、仮想ノギスを当てたりして計測することもできます(図1参照)。

非接触三次元デジタイザは変化するパターン光を当てて、両眼カメラで測定することで三次元形状を取得する装置です。カメラの角度や対象物の向きを変えて撮影し、貼り合わせを行います。その際の誤差は0.02mm程度になります。測定範囲の異なるレンズを使用することで、数cm~1m角以上のものまで測定可能です。

しかし光学的な測定手法のため「見えない」部分

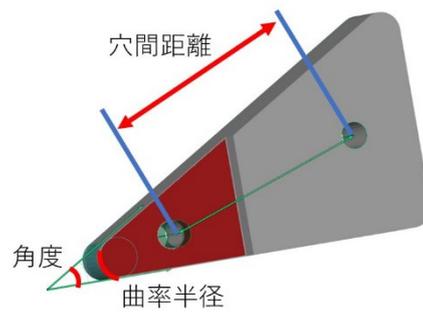


図1 通常手法では計測が難しい部品例

は形状データを得ることができません。具体的には深穴(径の2倍以上)やネジ穴の谷、隠れている場所などがあります。また光を透過する素材や光沢が著しい材料は、光沢防止スプレーを塗布することで測定できますが、他の計測手法を検討することも必要です。

当所には用途に応じて3D計測が可能な装置が各種ありますので、お気軽にご相談ください。

(信頼性評価研究室 松下 聖一)

TEL(052)654-9851

X線CT装置による3D 計測

三次元形状計測には、従来は接触式の三次元形状計測機(CMM)やカメラ式・レーザー式の非接触測定機などが使われてきました。しかしそれらの測定法では「届かない」「見えない」箇所の情報を得ることができません。そこで最近、X線CT装置を形状取得に用いる方法が研究され始めています。

X線CT撮影では医療分野でお馴染みのように、対象内部の画像が得られます。任意位置での断面画像観察のほか、表面形状データとして出力すると他方式の三次元計測機と同様の評価が可能となります。図1のような深穴部分の計測や、図2のように部品同士を組み付けた状態での評価も可能です。対象の表面状態の影響を受けずに撮影できますが、X線が透過しづらい高比重素材、微細構造まで撮影できない大型試料など不得意な対象物もあります。複合素材や薄板などはCT撮影の原理上画像歪みが大きくなるため、特に注意が必要です。

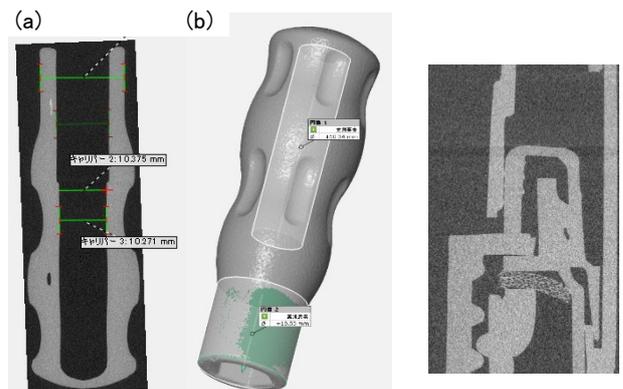


図1 深穴の直径計測

図2 組付部品評価

(a) 断面画像上での計測

(b) 円筒フィッティングによる三次元計測

近年では3Dプリント、CAE(シミュレーション)など三次元形状データの活用場面が増加しています。当所では測定対象物や用途に応じた形状計測装置が各種ありますので、お気軽にご相談ください。

(生産システム研究室 岩間 由希)

TEL(052)654-9951

レーザー顕微鏡による透明体計測

レーザー顕微鏡は光源にレーザーを使用した光学顕微鏡の一種で、立体的な微細形状を非接触で取得することができます。また電子顕微鏡のように試料のコーティングなどの前処理が不要で手間が少ないという特徴もあります。

本装置はガラスのような透明体の表面形状測定が可能です。図1はスライドガラスにのせたカバーガラスの表面形状で、4 μm の範囲内で高さを色分けして表示しています。

さらに透明膜の場合、膜の表側と裏側のそれぞれで反射光強度が大きくなるという特性を利用して膜厚の測定も可能です。図2はカバーガラスの断面像です。緑色の領域上側の境界はカバーガラス表面形状です。同様に下側の境界は裏側の形状となります。青色の領域はスライドガラスとカバーガラス間の隙間と考えられます。カバーガラスの屈折率1.52を補正值として計算すると厚さは142 μm でし

た。比較のためにマイクロメーターで測定した厚さは143 μm であり、同等の結果が得られました。

レーザー顕微鏡は半日単位で利用可能です。ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。

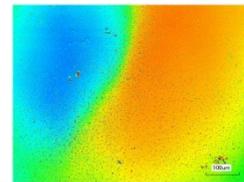


図1 カバーガラスの表面形状

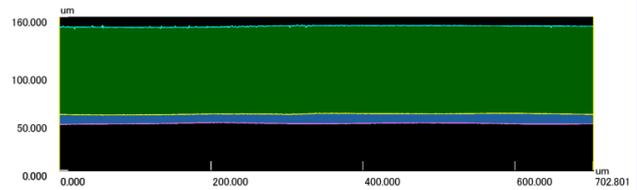


図2 カバーガラスの補正前断面像

(計測技術研究室 安井 望)

TEL(052)654-9906

特集4 品質評価

異種材料間に流れる電流値の測定

異なる材料を用途に応じて組み合わせた構造体や部材は、近年輸送機器など様々な分野で使用されています。しかし、組み合わせた材料の接触箇所が湿潤状態になると、電位の低い材料の腐食が促進される異種材料接触腐食という現象が生じるため、課題となっています。

当所では、内部抵抗が非常に小さい無抵抗電流計(HM-103A,北斗電工(株)製)を用いて、異種材料間の短絡電流などの微小電流を測定することが可能です。図1は、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)とアルミニウム(A1050)板を35 $^{\circ}\text{C}$ の3.5wt% NaCl水溶液に浸漬し、無抵抗電流計に接続してその間に流れる電流密度値を24時間測定した結果の一例です。電流密度値は3~11 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 間で変動を繰り返しました。これは、CFRP中の炭素繊維が表面に露出しており、電位の高い炭素繊維から無抵抗電流計を介して電位の低いA1050側に電流が流れたことを示しています。このときA1050表面ではアルミニウムが液中へ溶けてイオン化し電

子を放出する反応が生じるため、アルミニウムの腐食が促進されることがわかります。

異種材料接触腐食にお困りの方はお気軽にご連絡ください。

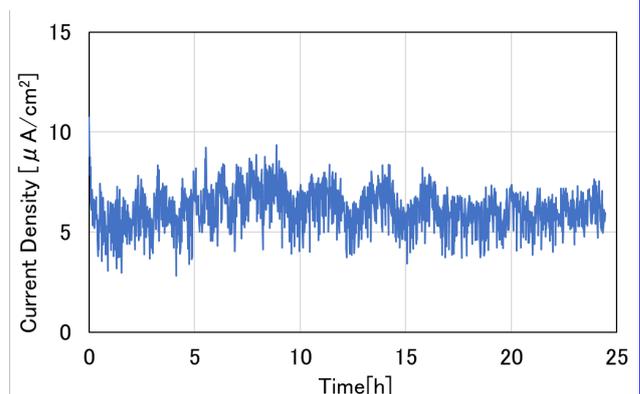


図1 CFRPとA1050間に流れる電流密度値

(製品技術研究室 田中 優奈)

TEL(052)654-9908

包装貨物の振動試験

当所では振動試験機により、製品の性能や品質を評価する試験を行っています。振動試験には目的により様々な試験方法があり、今回は“包装貨物が輸送中に受ける振動に対する評価”を行う試験方法を紹介します。日本産業規格(JIS)ではJIS Z0232:2020とこれを参照するJIS Z0200:2023で規定されています。JIS Z0232はトラック輸送時の垂直振動に対する耐振性を評価する試験方法で、ランダム振動試験が推奨されています。また、実際に測定した振動データが無い場合に利用する加速度パワースペクトル密度(加速度PSD)が付属書Aに示されています。加速度PSDはJIS Z0232の2020年の改訂により、試験条件の下限周波数が2004年の3Hzから2Hzに下がりました。2015年度に導入した当所所有の [振動試験機\(IMV\(株\)製 A30/SA3HM\)](#) は2004年の条件は対応可能ですが、最新条件は不可となっています。一般に振動の影響は共振する周波数の影響が大きく、当所で

扱う試験品の共振周波数は3Hzより遙かに高いため、2~3Hzの成分を除いた条件で試験を行っています。振動試験では通常は試験品を剛性の高い専用の固定治具を介して試験機に固定します。包装貨物の試験では輸送中の拘束方法および積載方法を模擬した状態で試験機に固定する必要があります。多くの場合、図1の例の様に荷締ベルトで固定して振動試験を行っています。



図1 包装貨物の振動試験例

(製品技術研究室 井谷 久博)

TEL(052)654-9933

促進耐候性評価

当所ではプラスチックや塗装製品の耐候性評価を行っています¹⁾。これら製品は紫外線や熱などにより劣化が生じ、特に屋外で使用する場合は劣化が早く進行します。劣化により、ひび割れの発生、強度の低下、変色・退色が起きるため、製品化する際には耐候性を評価して、使用場所に合わせた開発を行う必要があります。

耐候性試験は、屋外暴露試験と比較して時間を短縮して試験が可能な、耐候性試験機を使用した促進試験を行っています。図1のキセノンアークランプ光源のキセノンウェザーメーター(スガ試験機(株)製 SC700-WAP)や、カーボンアーク灯光源の



図1 キセノンウェザーメーター

サンシャインウェザーメーター(スガ試験機(株)製 S80HBBR)により、太陽光に近似した人工光の連続照射と断続的な水噴霧を行うことにより、試験機中のサンプルの耐候劣化を屋外より促進させます。

劣化解析および評価は、製品が要求される性能に応じ、以下の測定により定量的に行うことで、総合的な耐候性評価が可能です。

【外観】

色 色彩値、色差測定
光沢 光沢度、光沢残存率測定
質感 アピランス測定

【物性】

強度 引張試験、曲げ試験、圧縮試験
衝撃 シャルピー試験、パンクチャー試験
硬さ 鉛筆硬度試験 デュロメーター硬度測定

参考文献

1) [月刊名工研Vol.809 \(2019\) 10月号](#)

(信頼性評価研究室 丹羽 淳)

TEL(052)654-9901

JKA 新規導入設備紹介

赤外線非破壊検査装置

公益財団法人JKA 2023年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業により、[赤外線非破壊検査装置](#)(図 1、表 1)を導入しました。

本装置は、サンプルを加熱した後の温度変化を赤外線カメラで測定することで、サンプル内部の欠陥を検知する装置です。サンプル中に異物や空気などが存在するときに、熱エネルギーの伝搬状況の差異が生じ、温度変化が起きることを利用して欠陥の検知を行います。サンプルの加熱方法としてキセノンランプ(図2)、ハロゲンランプ(図3)、超音波加振機(図4)の3種類の熱励起装置を使い分けることにより、様々な材質や形状の製品の異物、クラック、気泡、剥離、接合不良などの欠陥の検出が可能です。

表1 主な仕様

装置名	赤外線非破壊検査装置
機器名称	サーモグラフィ非破壊検査装置
メーカー	株式会社ケン・オートメーション
設備仕様	<p>【赤外線カメラ】</p> <ul style="list-style-type: none">・検知器 InSb・波長 1.5-5.4μm・画素 640×512・15μmピッチ、f/3・フレームレート(フル画素時) 350Hz・レンズ構成 25mmMW, 50mmMW接写リング4枚セット・温度校正 5-300$^{\circ}$C <p>【キセノンランプ】</p> <ul style="list-style-type: none">・出力 最大 6kJ (3kJ×2) <p>【ハロゲンランプ】</p> <ul style="list-style-type: none">・連続消費電力 最大2000W (発振器能力:最大3600W)・出力制御 1.8kW×2(ランプ×2 供給) <p>【超音波加振機】</p> <ul style="list-style-type: none">・周波数範囲 15~25kHz・出力 最大2200W



図1 赤外線非破壊検査装置

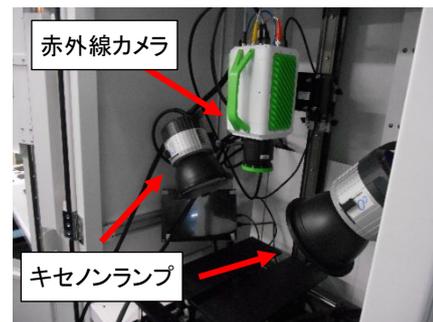


図2 キセノンランプ



図3 ハロゲンランプ

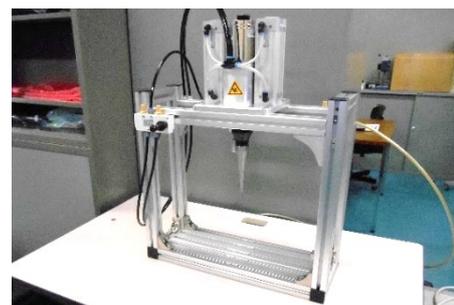


図4 超音波加振機

本装置の概要や活用事例等に関する技術相談がございましたら、お気軽にお問い合わせください。

(環境・有機材料研究室 上野 雄真)

TEL(052)654-9868

名工研・技術情報 Vol. 18(No.863)

発行日 令和6年4月1日
発行部数 1,500部
無料 特定配布
編集 名古屋市工業研究所 支援総括課

技術紹介特集

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: <https://www.nmiri.city.nagoya.jp>
E-mail: kikaku@nmiri.city.nagoya.jp