

次世代モビリティ技術評価



次世代モビリティ技術評価

～ 電動化、軽量化に有効な評価アプリケーション ～

島津グループは『次世代モビリティアライアンス』を新たに立ち上げました。
次世代モビリティアライアンスは、脱炭素社会を目指す全ての人々の強力なサポートを提供します。

自動車の xEV 化に伴う技術的な課題を、私たちが一手に引き受けます。
材料から完成車体までの全工程を見渡す眼で、あなたのビジネスが
次のステップへと進むための強力なパートナーシップを形成します。

本アプリケーション集は次世代モビリティアライアンスが主体となり、
次世代電動化モビリティの開発・製造・品質管理に関わる方々に向け作成しました。
本アプリケーション集に掲載がない評価につきましてもお気軽にご相談いただけますと幸いです。

最先端の技術と共に、脱炭素社会への道を切り開きましょう。

受託、分析試験相談、
設備購入などのお問い合わせはこちら▶▶▶



電動化

自動車の電動化は、環境意識の高まりとともに急速に進化しています。政府の支援や技術革新が後押しし、電気自動車 (EV) やハイブリッド車 (HV) の需要が急増中です。未来の交通社会を描く中で、CO₂ 排出削減への期待が高まり、持続可能な選択が求められています。しかし、バッテリー性能の向上や充電インフラの整備、コストの競争力、電力供給の安定性といった課題も立ちはだかります。これらを乗り越え、クリーンな未来を実現する挑戦が始まっており、各種新技術の評価が求められています。

e-Axle	モーター用中空シャフト、モーターステーター、バスバー、モーター減速機、ギヤ、制振部材、駆動部、機械加工部品、ECU、インバーター	P.4
電池	リチウムイオン電池、全固体電池、電極、セパレーター、電解液	P.25
先進安全	高速通信機器用基板、半導体、LiDAR、ミリ波レーダー、足回り部品	P.38

軽量化

自動車の環境負荷低減に向けた燃費・電費性能の向上のため軽量化開発が進められています。またEV化に伴う電池重量の増加対策としても軽量化は重要なテーマです。高強度かつプレス加工性の良い高張力鋼 (ハイテン材)、高強度アルミ材、GFRP・CFRPなどの複合材料といった様々な材料の開発において、材料特性を評価するための試験や分析、観察、計測が欠かせません。

複合材料設計	CAE と実測の妥当性検証 (V&V)、衝突解析、破壊解析	P.48
金属板材成形	スプリングバック解析、三軸応力度、降伏局面	P.64
樹脂成形	成形条件の影響、樹脂部品ベンチマーク、添加剤解析、組成解析、流動性評価	P.69
異種材料接合・積層造形 (3D プリンティング)	高張力鋼板アルミ接合、ブルーレーザー接合、接着、金属積層造形	P.79

Future Technology

環境意識の高まりや政府の規制強化が後押しし、持続可能な資源利用が求められる時代に突入しました。しかし、リサイクル技術の確立や CCUS のコスト、合成燃料の効率性、水素インフラの整備といった課題も山積みです。これらの挑戦を乗り越え、クリーンで革新的な交通社会を実現する道筋が求められています。

リサイクル	材料判別、劣化、規制物質、VOC、におい	P.86
CO ₂ 排出削減・利活用	塗装、人工光合成	P.91
合成燃料・バイオ燃料	一斉分析	P.93
水素	脆性、ガス不純物	P.94

Other Contents P.95

受託分析のご紹介 島津テクノロジー P.96

電動化 e-Axle

電動駆動系の開発では高出力、省エネルギー、ダウンサイジングと信頼性の両立が重要です。そのためモーター、減速機、インバーターおよびそれらのユニットを構成する各部品に求められる性能の最適化が図られます。例えば高出力化には部品の耐久性の向上、ダウンサイジングには材料自体の機械特性の向上、高密度実装化に伴い検討が求められる制御系の放熱対策などが求められます。機械特性評価、形状観察、組成分析（物性が変化する原因）など多面的に評価することにより部品特性の理解が深まると期待されています。電動駆動系の開発で用いられる評価をご紹介します。

- ▶ モーター用中空シャフトのねじり疲労試験 P.5
- ▶ モーター用中空シャフトに対して加工が与える影響とその原因に関する多角的評価 P.6
- ▶ EV 駆動用モーターステーターコアのレーザー溶接例と分析・評価技術 P.8
- ▶ モーターアウターケースの耐久評価と負荷中のひずみ分布の観察 P.10
- ▶ バスバーの耐久性評価 P.10
- ▶ モーター用中空シャフトの高速引張試験・破面解析 P.11
- ▶ モーター減速機の内部欠陥・異物観察 P.12
- ▶ 表面硬化された歯車の硬さ分布評価 P.13
- ▶ 制振部材に関する評価 P.14
 - ウレタンフォームの内部構造観察
 - ガスケットの圧縮疲労試験における微小変位の高精度測定
 - 黒鉛ガスケットの異物検査
- ▶ 駆動部の疲労耐久性評価 P.16
- ▶ アルミダイカスト・樹脂成型品の欠陥検査 P.17
- ▶ 金属機械加工品の表面付着物分析 P.18
- ▶ X線 CT による ECU の観察 P.19
- ▶ 大型電子基板の検査 P.20
- ▶ インバーター搭載チップの欠陥検査 P.21
- ▶ インバーターケースの鋳巣解析・肉厚測定 P.22
- ▶ その他のアプリケーション P.23
 - Nd 磁石の組成分布評価
 - 潤滑油の劣化評価
 - 潤滑油膜の形成状態観察
 - 摩擦材の圧縮試験
 - X線 CT を使用したはんだ上がり解析の実例
 - 電子部品（基板・はんだ接合部）の強度評価
 - 鉛フリーはんだの接合界面の分析
 - 鉛フリーはんだの微小 Ag 粒子の分析

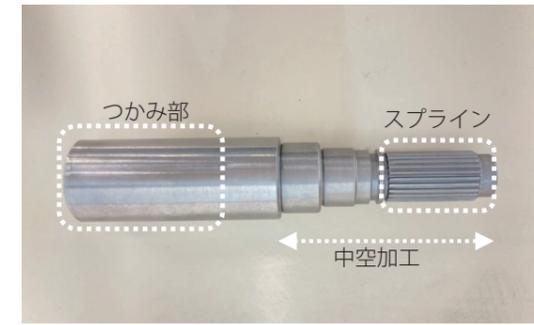
✓ 受託可能

モーター用中空シャフトのねじり疲労試験



Application >

中空シャフトはモーターやクランク等に活用されるため、ねじり負荷がかかる用途が多く、単純な引張・圧縮だけでなくねじり疲労試験も重要な評価となります。動的・疲労試験機により、加工の違いによる中空シャフトのトルク変化を評価することで、製品の信頼性評価と最適な加工条件の検討を行えます。

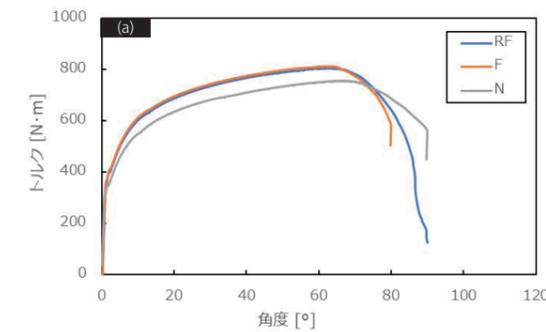


供試体形状 : 実製品 (中空シャフト: 図参照)
 供試体種類 : ラジアルフォーミング加工品 (RF) 鍛造品 (F) 削り出し品 (N)



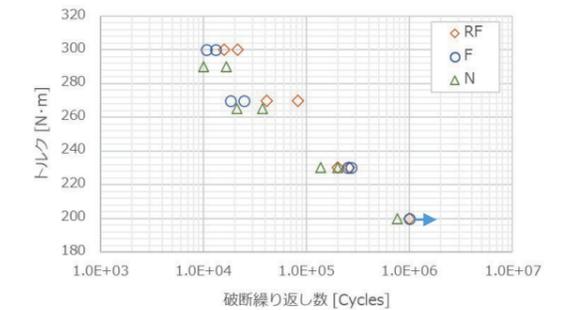
試験の様子

サンプル情報



制御 TD : 角度
 試験速度 : 10°/min
 試験数 : n = 2

静的ねじり試験トルク-角度線図



制御 TD : トルク
 周波数 [Hz] : 8
 最大負荷トルク [N・m] : 300, 270, 230, 200 (RF, F) 290, 265, 230, 200 (N)
 試験数 : n = 2 (最大負荷トルク 200 N・m は n = 1)
 応力比 : -1
 最大サイクル : 1,000,000回

ねじり疲労試験 S-N 線図

掲載したデータは株式会社島津製作所および株式会社都筑製作所様による共同取り組みにより得られた成果です。

疲労・耐久試験機 サーボパルス EHF-Eシリーズ



Product >

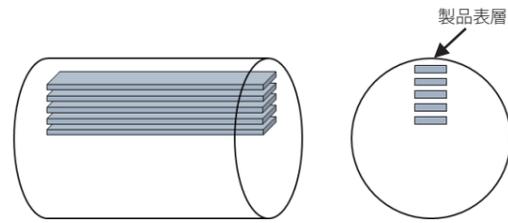
✓ 受託可能

モーター用中空シャフトに対して加工が与える影響とその原因に関する多角的評価



Application >

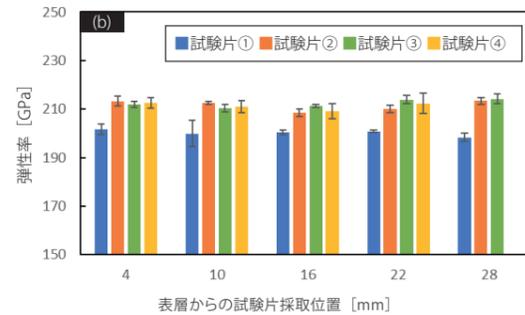
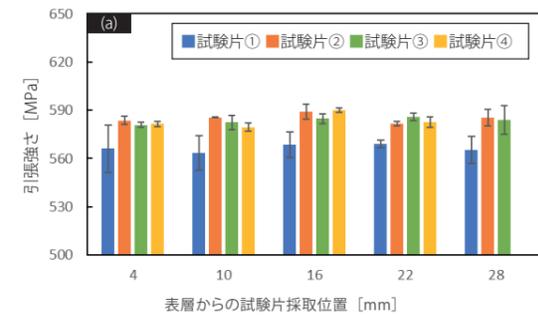
EVの普及には航続可能距離の向上が必須であり、車体の軽量化が進められます。中でも特に駆動用モーターシャフトの軽量化には、単に航続距離の改善だけでなく、慣性力を抑えることによるモーターの応答性の向上が期待されており、中空シャフトの採用が拡大しています。有力な中空加工技術としてラジアルフォーミング加工が注目されています。この新たな加工方法は、ハンマーにより中空シャフトの径方向から力を加えつつ、芯金を挿入し内径形状を転写させることで、内外径同時に成形する技術です。ここではラジアルフォーミング加工がシャフトの特性に与える影響とその原因について多角的に評価した事例を紹介いたします。



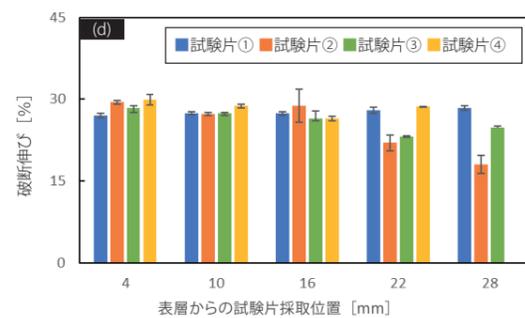
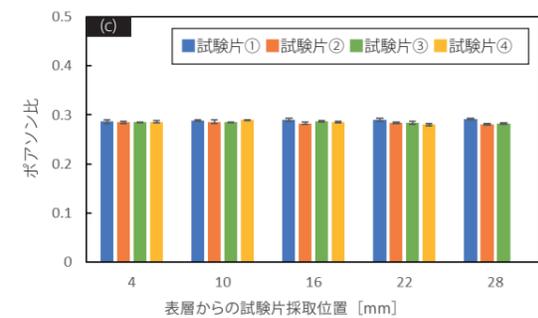
試験片の切出し位置のイメージ図

試験片情報	
試験片材料	: SCr420
試験片寸法	: 厚さ: 2.5 mm、幅: 11 mm 平行部長さ 56 mm
試験片種類	: 試験片① BLANK 品 試験片② ラジアルフォーミング品 (減面率 50%) 試験片③ ラジアルフォーミング品 (減面率 60%) 試験片④ ラジアルフォーミング品 (減面率 70%)
試験片切り出し位置	: 4、10、16、22、28 mm ※試験片④のみ 4、10、16、22 mm

(試料提供: 株式会社都筑製作所様)



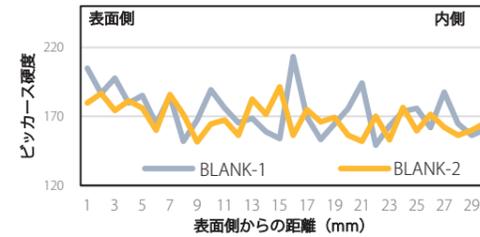
引張強さと弾性率はラジアルフォーミング加工で向上していますが、採取位置での差はありません。



ラジアルフォーミング加工品では、表面からの採取位置が深くなると破断伸びが低下しています。

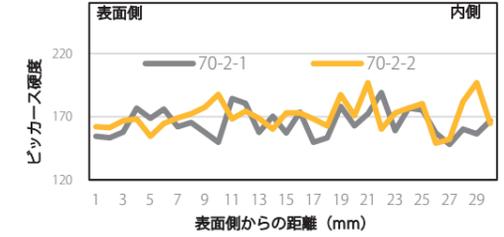
表層からの試験片切り出し位置に対する各力学的特性
(a) 引張強さ、(b) 弾性率、(c) ポアソン比、(d) 破断伸び

試験片① BLANK 品



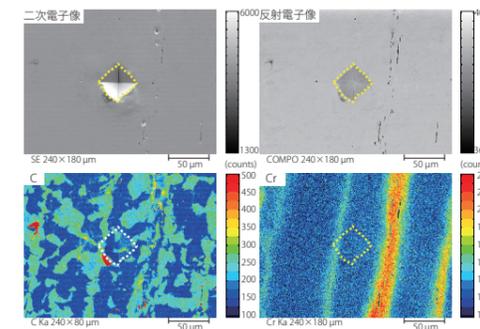
表層からの試験片切り出し位置に対する硬度の変化

試験片④ ラジアルフォーミング品 減面率 70%

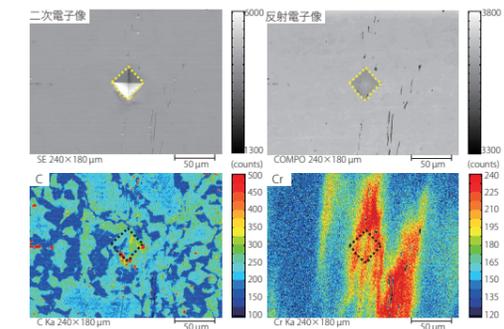


BLANK品は表面から6 mm 程度まで硬度が高く、ラジアルフォーミング品は硬度が一定になっています。

試験片④ ラジアルフォーミング品 硬度が低い箇所

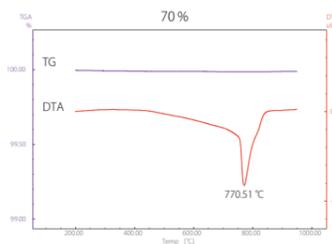


試験片④ ラジアルフォーミング品 硬度が高い箇所



含有元素の偏析が硬度に与える影響

硬度が高い箇所の圧痕付近はCやCrが多く、硬度はCやCrの偏析の影響を受けていると示唆されます。



試料名	ピーク (°C)
50%_①	771.7
50%_②	771.6
50%_平均	771.6
70%_①	770.5
70%_②	770.4
70%_平均	770.5

減面率による吸熱ピーク温度の差

掲載したデータは株式会社島津製作所および株式会社都筑製作所様による共同取り組みにより得られた成果です。

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2 シリーズ

Product >

電子線
マイクロアナライザ
EPMA-8050G

Product >

マイクロビッカース
硬度計
HMV-Gシリーズ

Product >

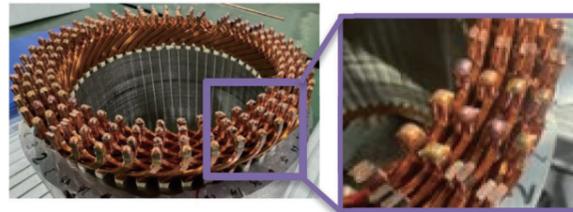
示差熱・熱重量
同時測定装置
DTG-60/60H
シリーズ

Product >

EV駆動用モーターステーターコアの レーザー溶接例と分析・評価技術

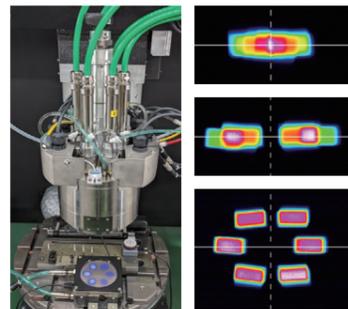
xEVで使用される駆動用モーターでは、従来のように長い被覆銅線を巻き付ける代わりに、平角銅線を差し込み、端同士を溶接するヘアピン方式のコイルが用いられています。ヘアピン方式では、となり合う平角銅線を溶接により接合しますが、コイルの小型化や軽量化の目的でレーザー溶接が使用されます。一方でレーザーによる溶接技術は従来のTIG溶接などに比べると新しい技術で、その工法は固まっておらず様々な工夫がされています。平角銅線のレーザー溶接では、レーザービームによるワークへのダメージや加工条件による溶接品質低下の問題が挙げられます。本項では当社独自のレーザー制御技術によるヘアピン溶接例と銅材料の溶接品質評価技術について紹介します。

EV 駆動用モータ用コイルの平角銅線溶接 (参考)

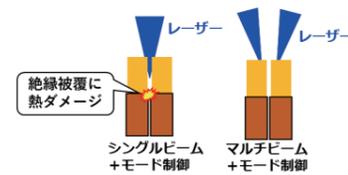


島津のブルーレーザー加工機の特徴

柔軟なプロファイル制御 (右)
マルチビーム式の加工ヘッド (左)



プロファイルによる加工性の違い



平角銅線の実溶接例



プロファイル制御技術を利用し、隣り合うワークそれぞれの中心にレーザー光が当たるようにプロファイル制御を行いました。これにより、各ワークに対して過剰な熱エネルギーを与えることなく加工ができ、不要な部分への光照射を抑えることで、絶縁被覆部への熱影響を最小限に抑えることができます。また、線間ギャップが1.5mmという大きな隙間があっても、良好な溶接結果が得られています。

EV生産の高精度・高効率化に貢献する青色半導体レーザーの銅溶接技術



Application >

高出力青色半導体レーザー光源による銅加工応用と分析計測機器による加工品質評価 (島津評論 Vol.79 [3・4])



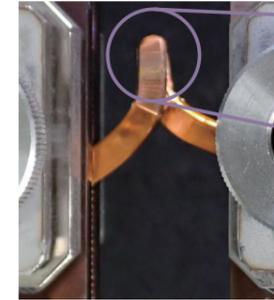
Application >

高輝度・高出力青色半導体レーザーの開発と金属加工への応用 (島津評論 Vol.78 [1・2])

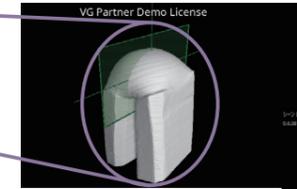


Application >

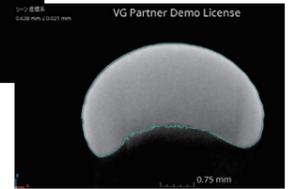
受託可能



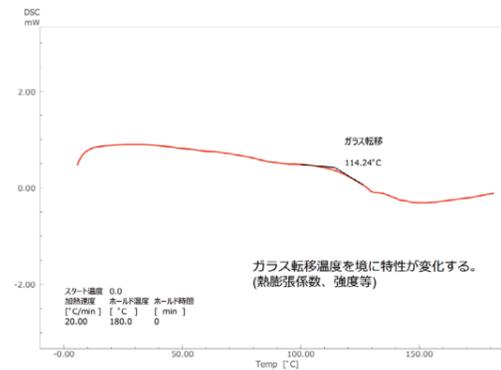
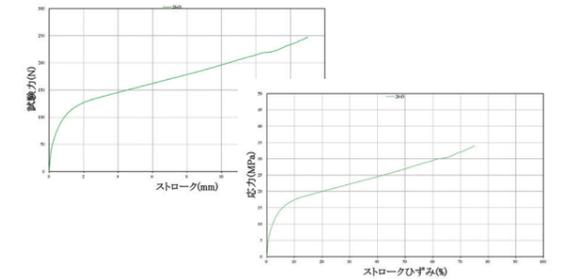
ステーターコイル接合部の外観



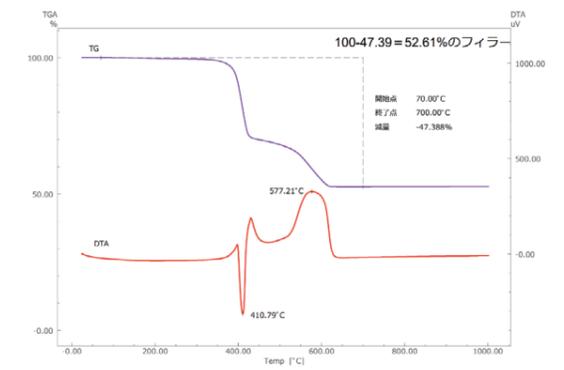
X線CTでの断面積測定



ステーターコイルの引きはがし試験の様子



180℃までの温度では溶融が確認されませんでした。



52%の無機充填剤が含まれることがわかりました。

試料提供にご協力いただいた、次世代自動車センター浜松様に感謝申し上げます。

疲労・耐久試験機
サーボパルサ
EHF-Eシリーズ



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT
FPD HR Plus



Product >

示差走査熱量計
DSC-60 Plus
シリーズ



Product >

示差熱・熱重量同時測定装置
DTG-60/60H
シリーズ



Product >

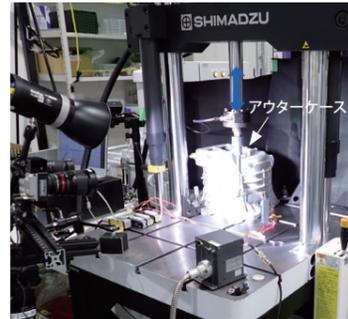
✓ 受託可能

モーターアウターケースの耐久評価と 負荷中のひずみ分布の観察

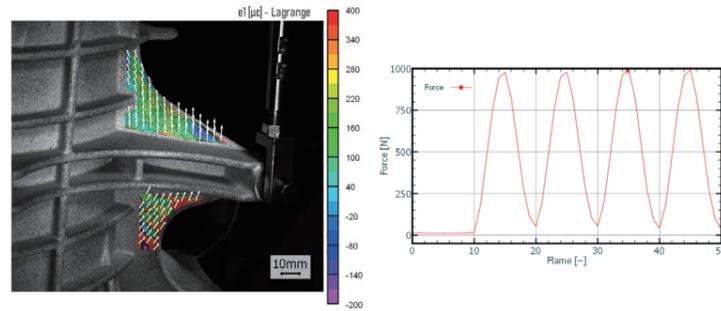


Application >

アウターケースは重量があり高速回転・振動する部品であるため、振動や加速度に対する高い安定性が要求されます。鋳物は凝固時の収縮や冷却速度の不均一によって内部応力が発生することから、割れが生じる可能性を考慮する必要があります。割れの発生は重大な事故につながる恐れがあるため、耐久性の評価は重要です。そこで、耐久性試験として、繰り返し負荷下でのひずみ分布を動的DIC解析により評価しました。



アウターケースの耐久性試験

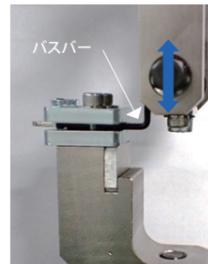


アウターケースの動的 DIC 解析
試験力波形と同期しての主ひずみのカラースケールとベクトル表示

試料提供にご協力いただいた、次世代自動車センター浜松様に感謝申し上げます。

バスバーの耐久性評価

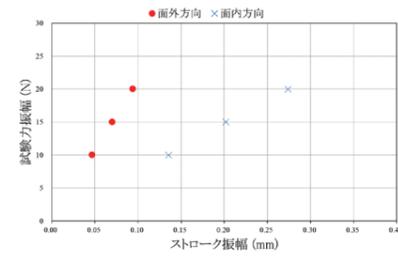
自動車の電動化に伴い、インバーターやバッテリーパックなどに使用されるバスバーの重要性が高まっています。しかし、高電流を扱うバスバーは振動や熱による疲労破壊のリスクが懸念されるため、耐久性を評価することが重要です。そこで、バスバーの繰り返し耐久性試験を行いました。



面内方向負荷



面外方向負荷



試験力振幅とストローク振幅関係図

バスバーの耐久性試験

試料提供にご協力いただいた、次世代自動車センター浜松様に感謝申し上げます。

疲労・耐久試験機 サーボパルス
EHF-Eシリーズ



Product >

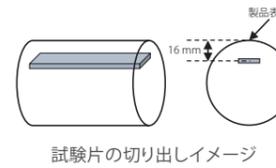
✓ 受託可能

モーター用中空シャフトの高速引張試験・ 破面解析

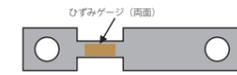


Application >

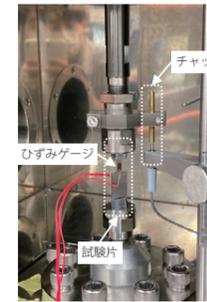
高速走行や衝突を想定し、過酷な状況下での部品の力学特性を把握することは、車両の性能と信頼性を確保するために不可欠です。例えば、力学特性の速度依存性を考慮せずに設計を行うと、実際の使用環境下で予期せぬ破損や性能低下が発生するリスクが高まります。高速衝撃試験機、電子線マイクロアナライザを用いることで、力学特性の速度依存性評価、破断後の試料破面解析を行えます。



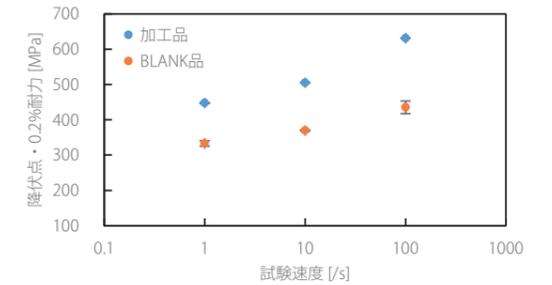
試験片の切り出しイメージ



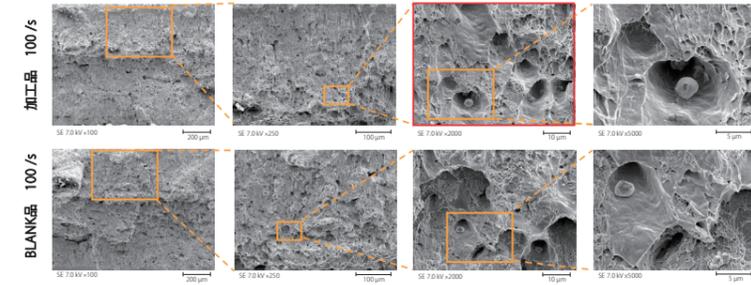
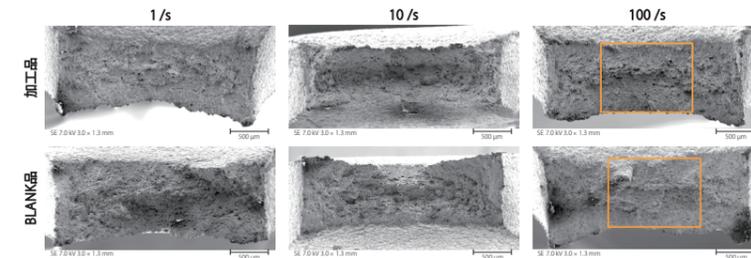
試験片形状



試験の様子



降伏点・0.2% 耐力と試験速度の関係



高速引張試験後の破面の二次電子像

掲載したデータは株式会社島津製作所および株式会社都筑製作所様による共同取り組みにより得られた成果です。

高速衝撃試験機
HITS-Xシリーズ



Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



Product >

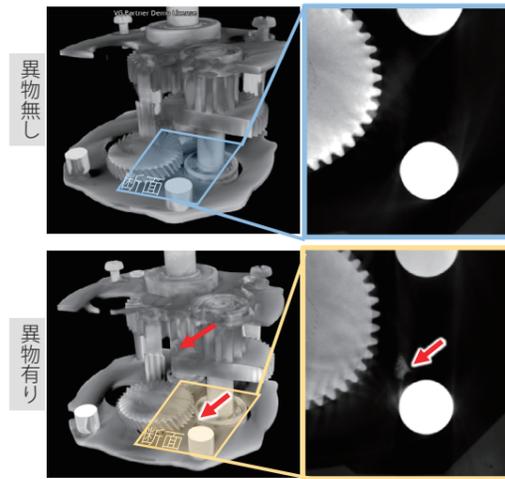
✓ 受託可能

モーター減速機の内部欠陥・異物観察

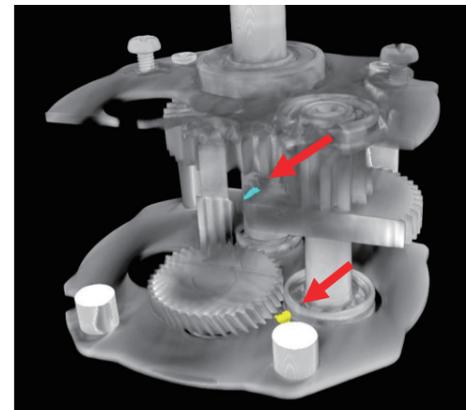


Application >

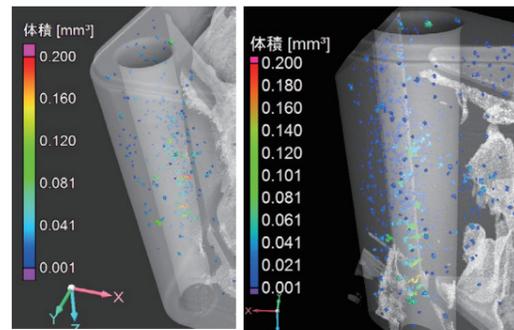
小型化・高性能化が進むモーター製品において、減速機のような機構部品の信頼性は製品全体の性能を左右する重要な要素です。製造工程で部品内部に発生する欠陥や異物は、製品の性能低下や故障の原因となるため、欠陥や異物の程度や種類を正確に把握して、品質を向上させる必要があります。X線CTシステムを活用することで、非破壊で部品の複雑な内部構造を可視化して、内部欠陥や異物を検出できます。



異物無し・有りのCT画像比較



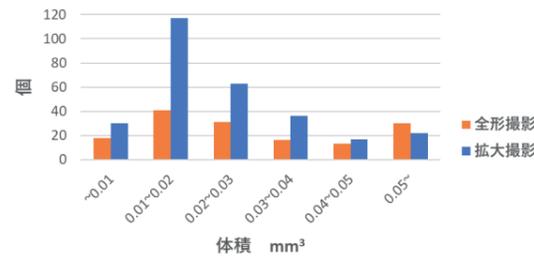
異物の色付け



全体像

拡大像

欠陥介在物解析



空孔の体積と検出個数

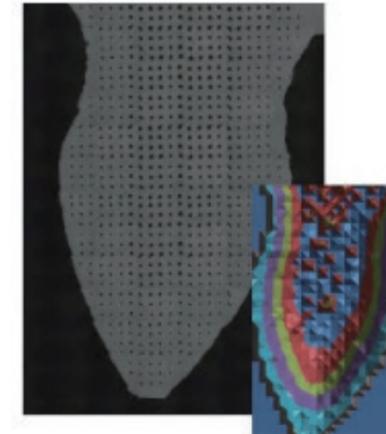
✓ 受託可能

表面硬化された歯車の硬さ分布評価

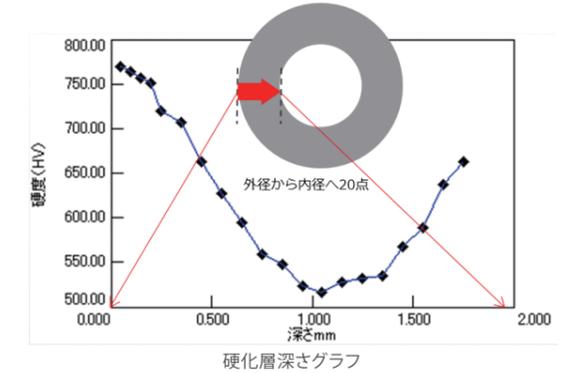


Application >

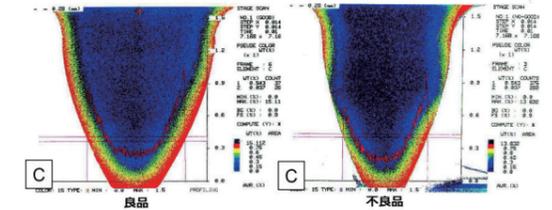
シャフト、軸受け、歯車などの機構部品は、高周波焼き入れ、窒化・炭化処理、コーティング技術などで硬さを高めることで摩耗性、耐久性を向上させています。通常は硬化層深さを測定することで品質を確認しますが、部品形状と処理条件によっては硬さにムラがでることもあり、硬さ分布を評価して品質を管理するニーズが増えています。また、硬さ分布とあわせて炭素含有量の分布も解析すれば、硬化のためのより良い表面処理条件を検討できます。



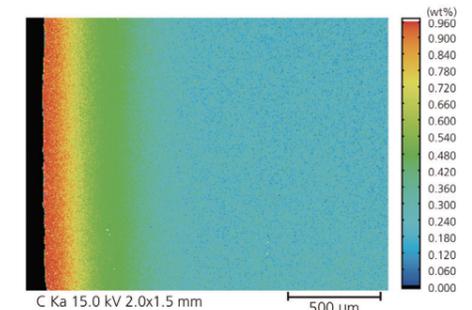
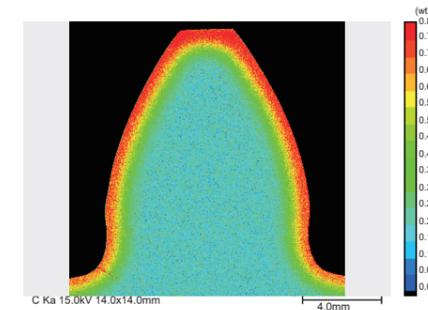
硬さ分布



硬化層深さグラフ



EPMA での炭素量マッピング



マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus

Product >

マイクロビッカース硬度計
HMV-Gシリーズ

Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G

Product >

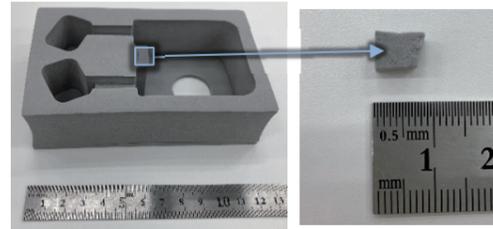
✓ 受託可能

制振部材に関する評価 ウレタンフォームの内部構造観察

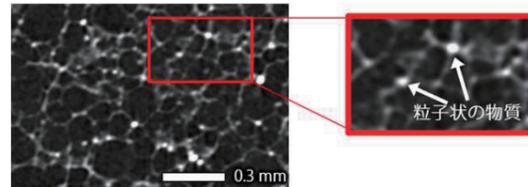


Application >

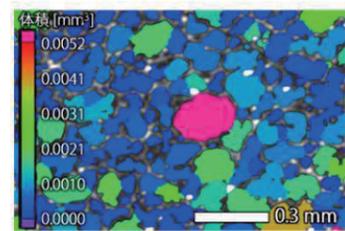
自動車の乗り心地は、エンジンや路面からの振動、そして構造物や風切り音といった騒音に大きく左右されます。近年、電動化が進み、従来の内燃機関車のエンジンにより隠れていた高周波モーター音が顕在化し、静粛性に対する要求が高まっています。このため、振動・騒音を低減し、より快適な乗り心地を実現する技術開発が活発化しています。ウレタンフォームは、自動車をはじめとした様々な製品に使用されます。その緩衝性、断熱性、吸音性といった優れた特性は、内部の空隙構造に大きく左右されます。このため、空隙構造の解析は製品品質の向上に不可欠です。マイクロフォーカスX線CTは、この解析に有効な手法です。



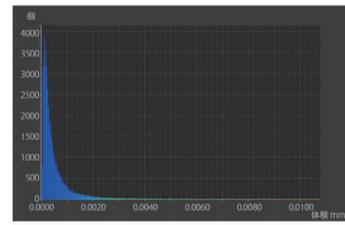
サンプル全体 & 観察用の切り出し片



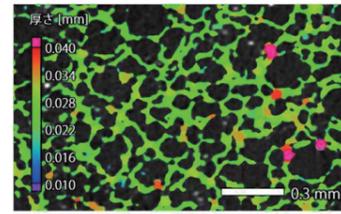
断面画像での空隙観察



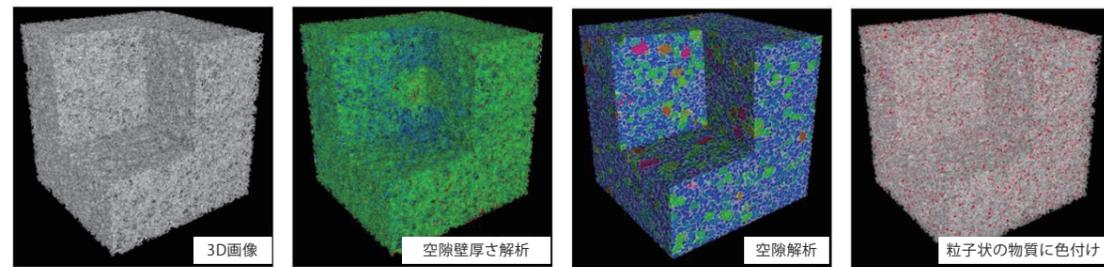
体積解析



体積分布ヒストグラム



壁厚解析



各種観察・解析の三次元表示

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

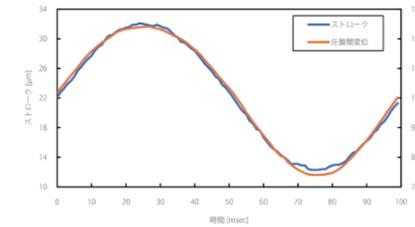
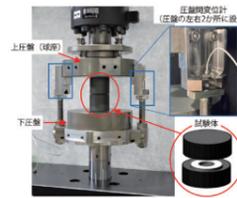
✓ 受託可能

制振部材に関する評価 ガスケットの圧縮疲労試験における微小変位の高精度測定



Application >

自動車用のガスケットは、エンジン内の圧力をシールする重要な役割を担っており、その変形はエンジン性能や耐久性に影響を及ぼす可能性があります。自動車で用いられるガスケットの厚さは薄いものが多く、変形量は数 μm 程度になると予想されます。圧盤間変位計を取り付けた動的・疲労試験機では、数 μm レベルの微小変位を精度よく測定できます。



圧縮変形量について、波形は類似していますが、変位計の値はストロークの約 1/3 倍です。変位計は、治具等の変形を含まないためストロークと比較して、より高精度な微小変位を測定が可能であり、ガスケットのような変形が微小な部品の評価に適しています。

疲労・耐久試験機 サーボパルス
EHF-Eシリーズ



Product >

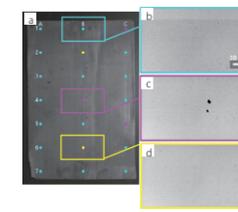
✓ 受託可能

制振部材に関する評価 黒鉛ガスケットの異物検査



Application >

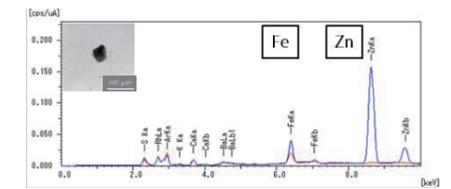
黒鉛ガスケットは膨張加工の工程でごく稀に砂や金属片といった異物を埋伏する可能性があり、異物のサイズによっては気密性を阻害する製品不良となります。加工の早い段階での検査と再発防止に向けた混入経路の特定が重要であり、X線透視検査による非破壊異物検査、蛍光X線分析による異物の元素分析が有効です。



黒鉛シートの透視検査結果
(a) シーケンス画面 (b) OK箇所透視画像
(c) NG箇所透視像 (d) 保留箇所透視像



異物の寸法計測



蛍光X線スペクトル
異物部分(青線) 正常部分(赤線)

試料提供にご協力いただいた、株式会社ダイネン産業様に感謝申し上げます。

マイクロフォーカスX線検査装置
Xslicer SMX-1010/1020



Product >

エネルギー分散型蛍光X線分析装置
EDX-7200



Product >

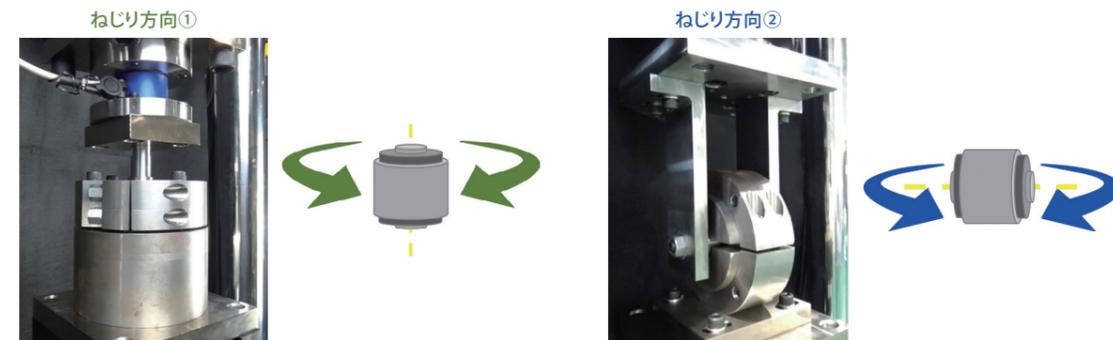
✓ 受託可能

駆動部の疲労耐久性評価

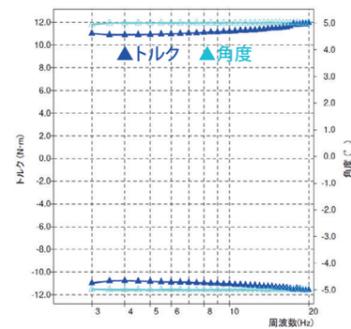
モーター、ドライブシャフト、タービンなどのジョイント部に使用される部品は、軸力方向の負荷だけでなく、トルク方向（ねじり）の負荷を受けます。ねじり疲労試験機では、このような複合的な負荷を制御して、より実走行条件に近い試験を実施して、製品の耐久性を評価できます。

防振ゴムのねじり試験

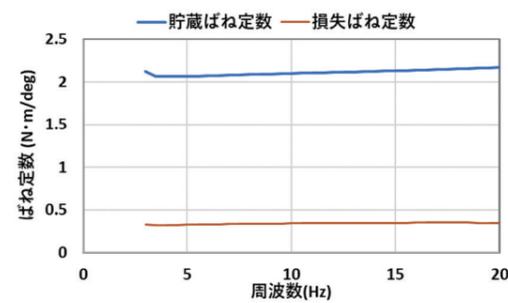
ねじり方向に合わせた2種類の器具を設計・製作し、トルクを測定評価



防振ゴムに2種類のねじり方向の負荷をかけた時のトルクを測定



トルク・角度 - 周波数線図 (ねじり方向②)



貯蔵ばね定数・損失ばね定数 (ねじり方向②)

軸力方向の引張負荷・圧縮負荷だけでなく、ねじり負荷を同時にかけることで、複合的な負荷試験が可能です。さらに恒温槽により低温から高温まで幅広い温度の試験に対応します。

動画

ねじり疲労試験機による防振ゴムの試験例 (ねじり・こじり負荷編)



Movie >

疲労・耐久試験機 サーボパルサ
EHF-Eシリーズ



Product >

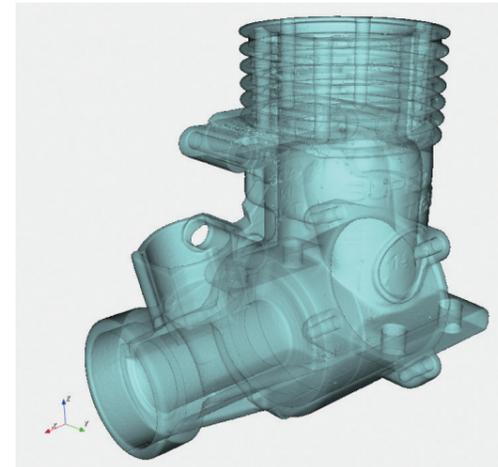
✓ 受託可能

アルミダイカスト・樹脂成型品の欠陥検査

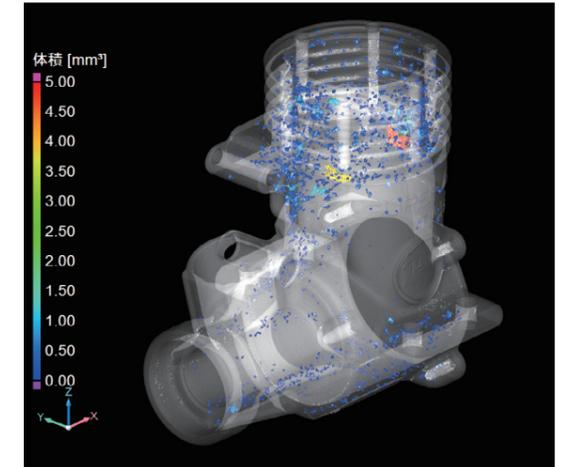


Application >

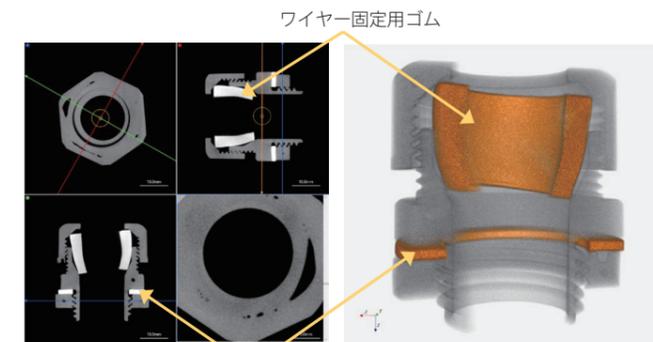
e-Axleは、アルミダイカスト部品や樹脂成型品などの多種多様な部品から構成されます。製品の信頼性を高めるためには各部品の欠陥を検出することが不可欠ですが、部品点数が多いため検査の迅速さも求められます。卓上X線CTシステムは、製品の内部構造を素早く可視化して欠陥を検査できることから、製品の品質向上に貢献します。



アルミダイカスト 三次元表示画像



アルミダイカスト 三次元表示画像 (空隙解析)



ケーブルクランプ用 樹脂成型品 三次元表示画像

卓上X線CTシステム
XSeeker 8000



Product >

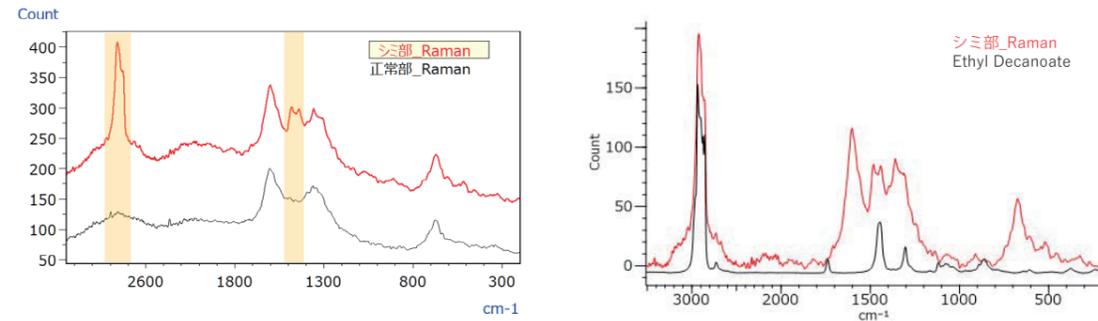
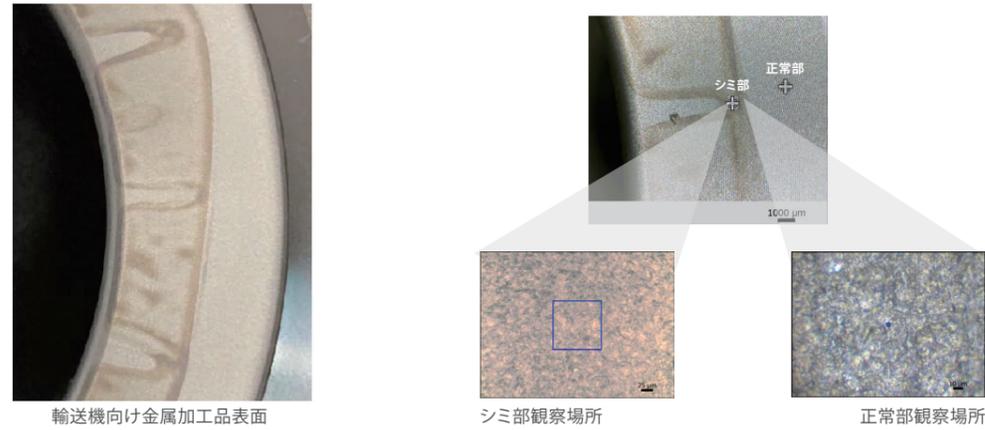
✓ 受託可能

金属機械加工品の表面付着物分析



Application >

金属機械加工品の製造工程では、工作機械の防錆油や洗浄液等が金属部品に残留し、シミ様の付着物となる可能性があります。そして、このようなシミは潤滑油と反応したり、めっきの密着不良につながるなど、様々なトラブルの原因となります。赤外ラマン顕微鏡AIRsightを用いて、輸送機分野向けの金属機械加工品表面上に発見されたシミ様付着物を測定した事例をご紹介します。



シミの原因を特定するため、John Wiley & Sons, Inc. 製ラマンスペクトルデータベースを用いて、シミ部から得られたラマンスペクトルの検索を行いました。色塗りされた波数域に限定した検索の結果、デカン酸エチルがヒットしました。検索でヒットしたデカン酸エチルは円形ワークに使用する防錆油または洗浄液自体の成分でないことから、両成分が反応して残留したもの、もしくは外部から付着したものであると推測されます。

赤外ラマン顕微鏡システム
IRXross
AIRsight



Product >

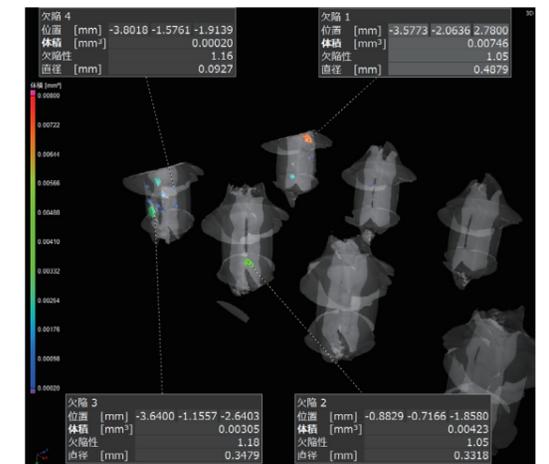
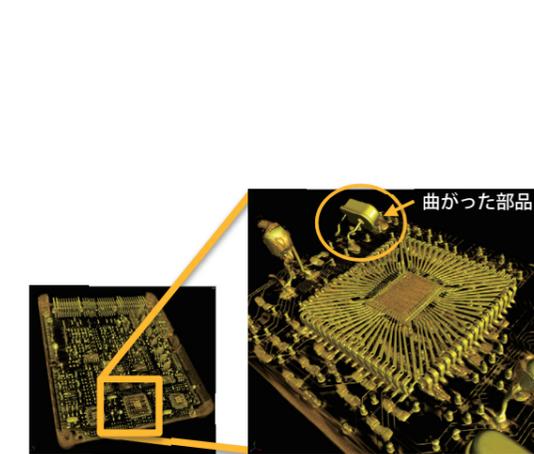
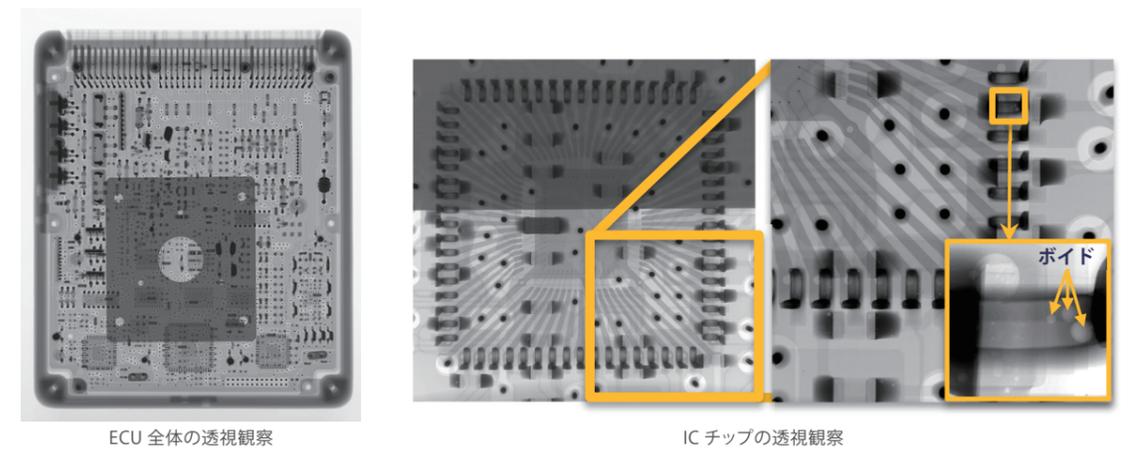
✓ 受託可能

X線CTによるECUの観察



Application >

自動車には、性能や安全性を左右する様々な電子機器が搭載されており、それらの制御はカーコンピュータとも呼ばれるECU (Electric Control Unit) によって行われています。自動車は走行中、振動や温度変化にさらされるため、過酷な環境下でも安定して動作するための高い信頼性が求められます。X線CTシステムを用いることで、製品を分解することなく、内部の部品配置や欠陥を詳細に検査できます。



ICチップ周辺のCT観察

はんだ内部の空隙解析

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

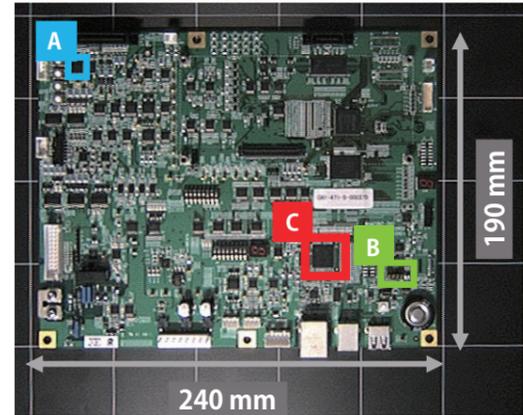
✓ 受託可能

大型電子基板の検査

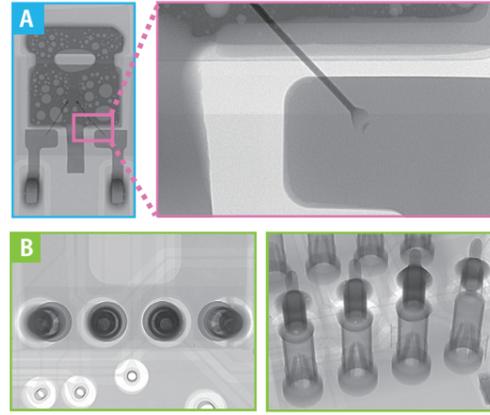


Application >

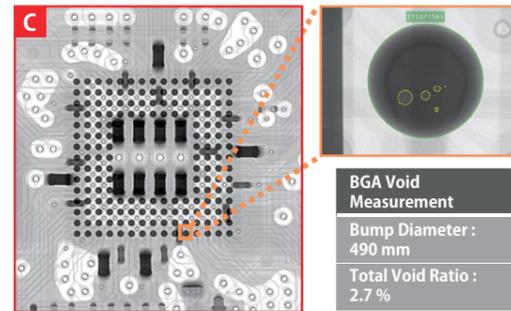
e-Axleを制御する電子基板が正常に動作するためには、搭載部品および接続部の不良がないことが不可欠です。しかし、製造工程において一定割合で不良品が発生することは避けられません。そのため、不良品を効率的に検出し、その原因を特定するための検査が求められます。X線透視検査は、非破壊で迅速に内部構造を可視化できるため、電子基板の効率的な検査手段として活用されています。また、部品の実装密度が高く、構造が複雑な場合には、X線CT検査を用いることでより詳細な内部構造の観察が可能となり、不良原因の特定に貢献します。



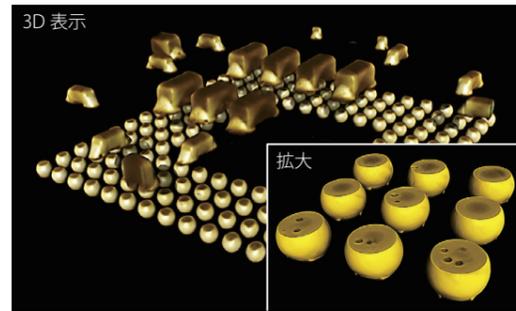
試料外観



観察箇所 A・B 透視画像



観察箇所 C 透視画像



観察箇所 C 三次元表示画像

高精細 & 高分解能 & 高スループットを実現!
最新 X 線検査装置の豊富な機能



Application >

マイクロフォーカスX線検査装置
Xslicer SMX-6010



Product >

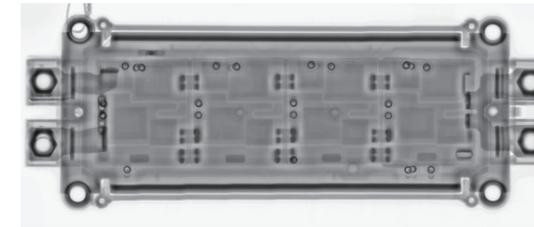
✓ 受託可能

インバーター搭載チップの欠陥検査

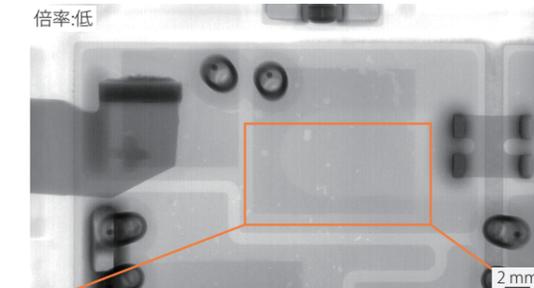


Application >

電費や動力性能の向上のために、なるべく低損失で大電流を通電できることがインバーターには求められますが、インバーター内の電子部品に流れる電流が大きくなるほど、発熱による故障リスクも大きくなります。そのため、発熱を抑える設計を検討するとともに、発熱につながる部品の欠陥を検査することが重要となります。X線検査装置では、分解することなく搭載された部品内部の構造を可視化して、欠陥の有無や程度を検査できます。



インバーター全体 透視画像



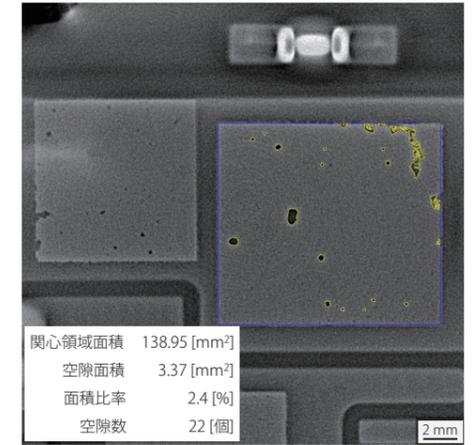
倍率:低



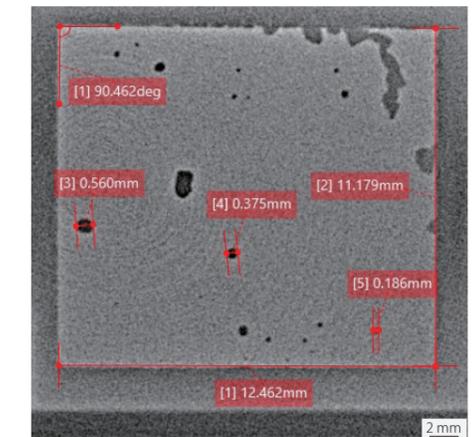
倍率:高

空隙

インバーター搭載部品 透視画像



断面画像 空隙率測定



断面画像 寸法測定

マイクロフォーカスX線検査装置
Xslicer SMX-6010



Product >

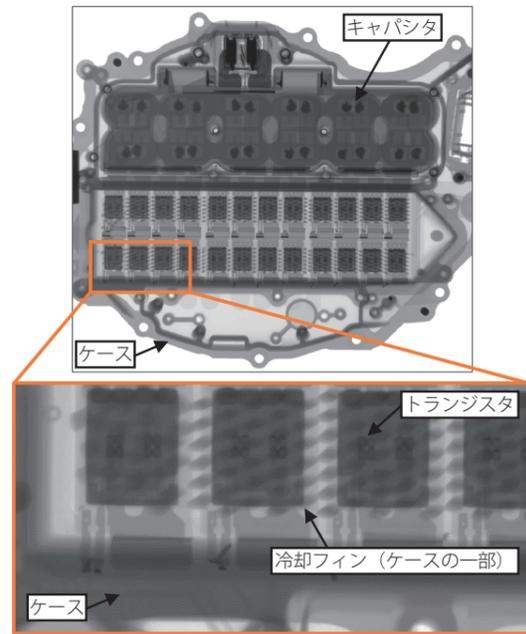
✓ 受託可能

インバーターケースの鑄巣解析・肉厚測定

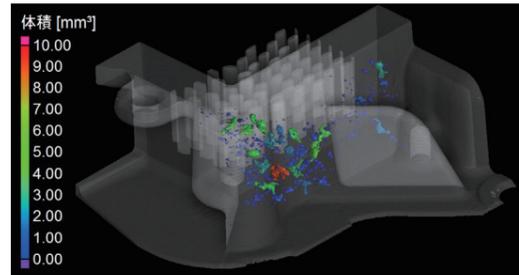


Application >

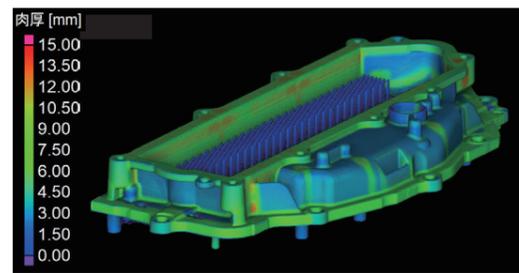
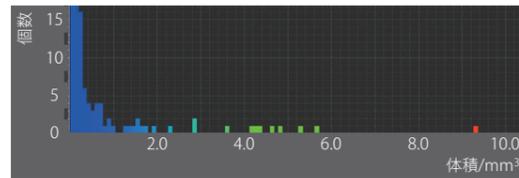
インバーターの動作時には、構成部品に大電流が流れて部品が発熱します。そのため、インバーターケースには放熱性の良さからアルミダイカストがよく用いられます。ただし、インバーターケースに発生する鑄巣や形状誤差について、その位置や程度によっては製品の強度や放熱性に悪影響が生じる可能性があります。X線CTシステムを用いることで、インバーターケース内部の鑄巣や形状を解析して、製品の品質管理や設計変更を効率よく行えます。



インバーター部品の透視画像



インバーターケースの鑄巣解析



インバーターケースの肉厚測定

試料提供にご協力いただいた、次世代自動車センター浜松様に感謝申し上げます。

その他のアプリケーション

Nd磁石の組成分布評価

モーター用磁石の評価をお手伝いします！
～FE-EPMAを用いた高感度・高空間分解能マッピング～



Application >



電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



Product >

潤滑油の劣化評価

Webinar

分析機器を用いた潤滑油の評価



Movie >

※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



レーザー回折式粒子径分布測定装置
SALD-2300



Product >

潤滑油膜の形成状態観察

Webinar

走査型プローブ顕微鏡 (SPM) による潤滑油
添加剤吸着膜構造の可視化



Movie >

※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



走査型プローブ顕微鏡
SPM-8100FM



Product >

摩擦材の圧縮試験

ブレーキ用摩擦材の圧縮試験



Application >



微小圧縮試験機
MCT シリーズ



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

その他のアプリケーション

X線CTを使用した はんだ上がり解析の実例

X線CTシステムを使用した
はんだ上がり解析の実例



Application >

X線CTシステムを使用した
パワーインダクタの観察事例



Application >



マイクロフォーカス X線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

鉛フリーはんだの 接合界面の分析

鉛フリーはんだの接合界面の分析



Application >



電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G

電子部品(基板・はんだ接合部)の 強度評価

電子部品(基板・はんだ接合部)
の強度評価



Application >



精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ



Product >

鉛フリーはんだの 微小 Ag 粒子の分析

鉛フリーはんだの微小 Ag 粒子の
分析



Application >



Product >

電動化 電池

電気自動車やハイブリッド車を普及させるためには、車体価格に占める割合が高い電池のコストを下けると同時に、電池性能の向上が重要です。技術的な開発課題は、航続距離を伸ばすためのエネルギー密度の向上、利便性を良くするための急速充電性能の改善、環境負荷を減らすための長寿命化の実現、発火・爆発のリスクを最小にする安全性の改善など多岐にわたります。こうした課題を解決するために、新しい材料および組み合わせの検討、電池構造の最適化、製造プロセスの改善などが実施されます。当社は長い歴史で培った評価・解析技術から、電池材料の特性評価、製品としての品質管理、劣化解析などに役立つ最適なソリューションを提供し、電池の性能向上や品質改善に貢献いたします。

円筒型リチウムイオン電池の内部構造観察・測定	P.26
小型リチウムポリマー電池充放電後の内部観察	P.27
全固体電池電極の表面電位評価	P.28
全固体電池正極・負極材料のSPM (AFM) 測定	P.30
リチウムイオン電池負極上のSEI被膜のXPS分析	P.31
電極材料粉末のかさ密度評価	P.32
負極材料の粒子径分布・粒子形状評価	P.33
セパレーターのひずみ特性評価	P.34
リチウムイオン電池材料の細孔分布測定・微小圧縮試験	P.35
電解液中の炭酸エステルおよび添加剤の分析	P.36
その他のアプリケーション	P.37

電極活物質や固体電解質粒子の圧縮試験
各種電池材料の熱特性評価
不活性雰囲気下における電解液の評価
充放電に伴う内部発生ガスの劣化評価
極微小領域の観察・元素分析
活物質粒子の粒子径分布測定および形状確認

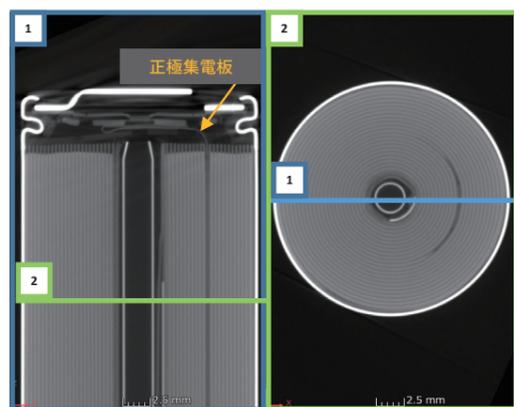
✓ 受託可能

円筒型リチウムイオン電池の内部構造観察・測定



Application >

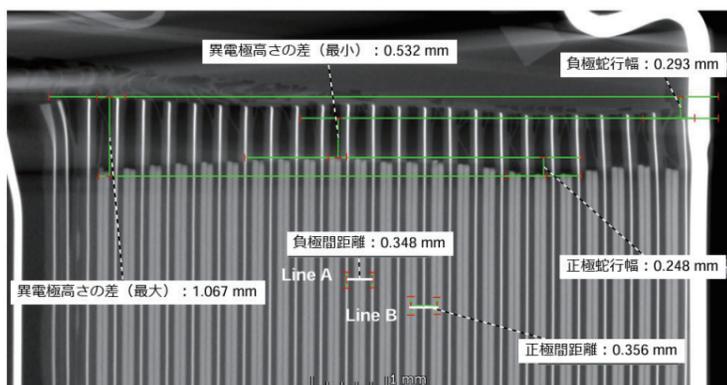
リチウムイオン電池には巻きずれや異物混入といった製造不良が発生することで、発火・爆発事故につながる恐れがあるため、開発試作品の製造条件出しや検査が重要になります。X線CTシステムを用いることで、リチウムイオン電池の内部構造を非破壊で可視化し、電極間の距離計測や異物の有無確認が行えます。



21700 型 LIB の断面画像



21700 型 LIB の三次元表示画像



断面画像における電極の距離計測

Webinar

リチウムイオン電池向け X線 CTシステムによる解析手法の提案
～円筒型・ラミネート型・車載用大型電池の観察～
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

✓ 受託可能

小型リチウムポリマー電池充放電後の内部観察

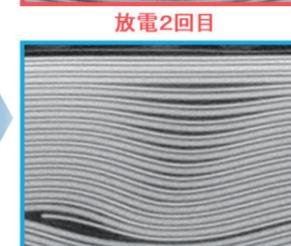
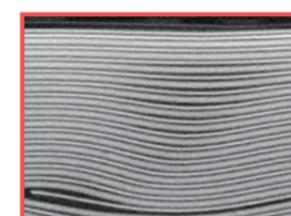
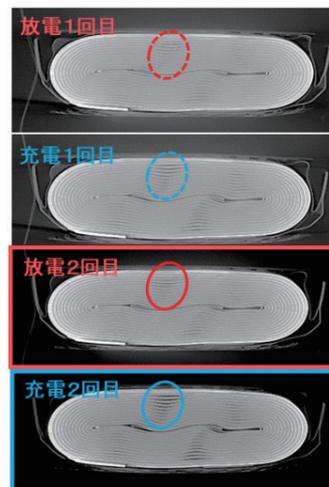


Application >

リチウムイオン電池では、繰り返しの充放電に伴う電池内部の活物質の膨張やガスの発生により、電極が変形して電池性能が低下することが懸念されます。X線CTでは、充放電に伴う電極の変形を非破壊で詳細に観察できます。小型リチウムポリマー電池の充電および、完全放電を繰り返し行い、その時の電池内部を観察した事例を紹介します。

電池全体の断層像

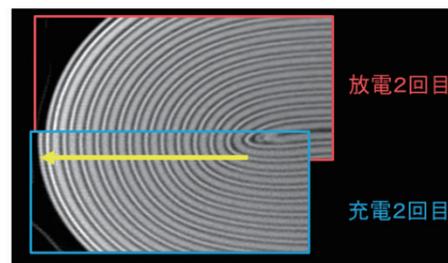
隙間部分の拡大



小型リチウムポリマー電池

隙間部分が増加したことが、観察できました。

折り曲げ部分の拡大



充放電後の各層が折り曲げられた部分に画像を重ね合わせ、厚みを比較しました。

ごくわずかに厚さが増加し、膨らんでいることがわかりました。

- 充電、放電後の非破壊での電池内部観察が可能です。
- X線透視では、in-situでの充放電時の観察が可能です。

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

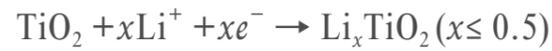
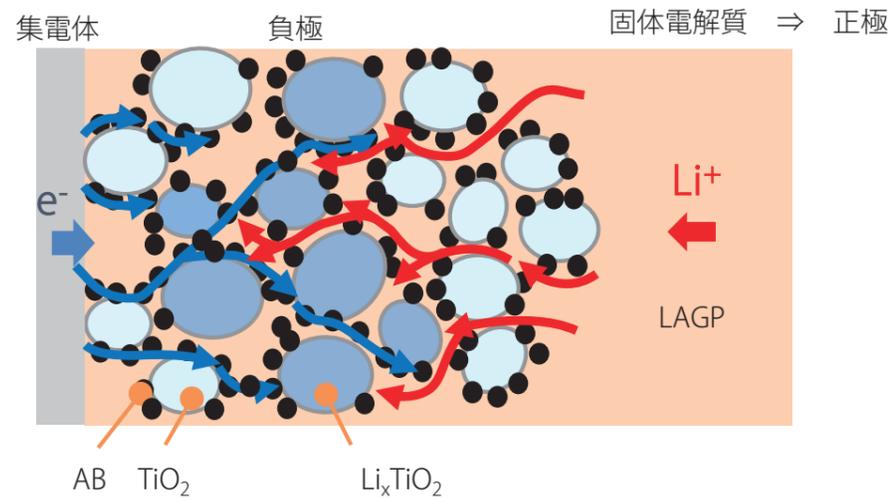
✓ 受託可能

全固体電池電極の表面電位評価



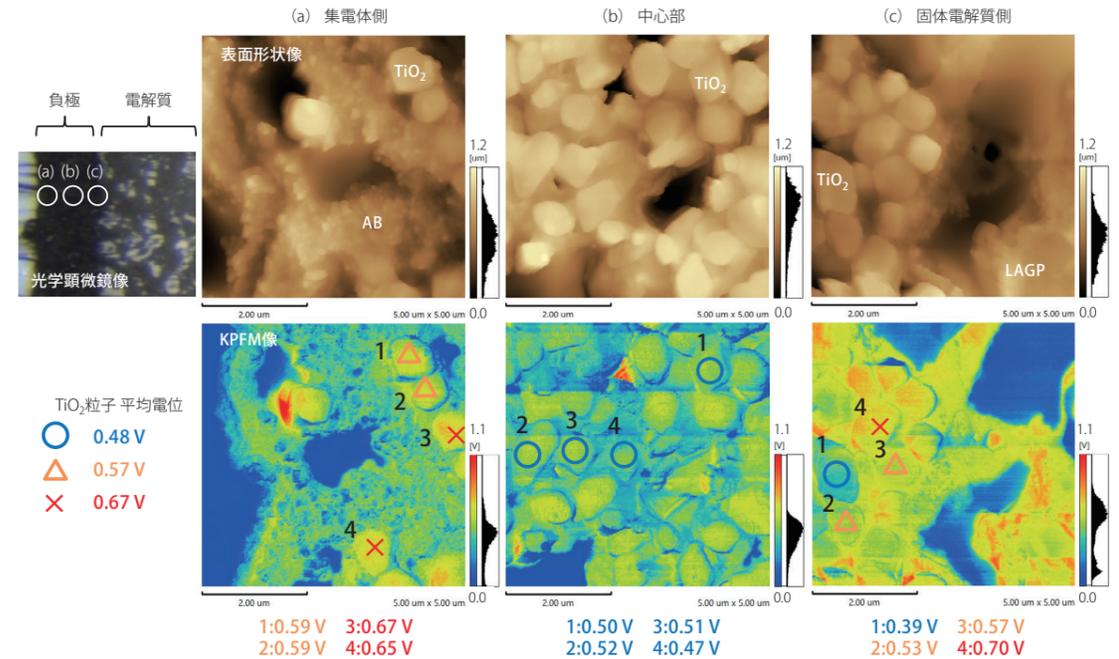
Application >

全固体リチウムイオン電池（All-Solid-state Lithium-ion Battery：ASSLiB）は、長寿命、高い安全性、高いエネルギー密度などの優れた特性から、電気自動車用途を中心に開発が進められ、さらなる高出力・高性能化が期待されています。ASSLiBの実用化に向けた課題の一つが電極-電解質における界面抵抗の低減です。界面抵抗が大きいことで、界面におけるリチウムイオンの移動度が悪くなり、容量や出力、充放電速度が低下します。電池性能向上には界面結合状態の改善が鍵となります。しかし、界面での現象や性能劣化のメカニズムは明らかにされておらず、その評価方法も確立していません。このような中、走査型プローブ顕微鏡による微視的スケールでの測定は、界面評価に有効な手法の一つとして注目されています。走査型プローブ顕微鏡による充電したASSLiBの負極-電解質界面の表面電位（KPFM）測定の実例を紹介いたします。



充電時のLiイオンと電子の伝導モデル

本測定で使用した電池は、酸化水系固体電解質を用いたNASICON型ASSLiBです。電池セルは、正極活物質：LiFePO₄、負極活物質：TiO₂、固体電解質：Li_{1.5}Al_{0.5}Ge_{1.5}(PO₄)₃ (LAGP)、導電助剤：アセチレンブラック (AB) から成ります。



負極上の3点 (a) 集電体側、(b) 中心部、(c) 固体電解質側で表面形状観察と表面電位 (KPFM) 測定を行いました。充電時、リチウムイオン (Li⁺) はLAGPを経由して正極から負極へ移動し、電子 (e⁻) は集電体からABを経由して負極内部へ移動します。このときTiO₂は、Li⁺とe⁻と反応してLi_xTiO₂に変化します。KPFM像では電位の値が低いほど、電子の量が多いことを示すため、電位の低い粒子ほど充電が進んでいることを示しています。図中の○で示したTiO₂粒子は、充電が進んでいますが、△と×で示したTiO₂粒子は、あまり充電が進んでいないと判断できます。負極の中心部にあたる (b) で充電が進んでいる傾向にあります。これは負極の中心部 (b) では、集電体側と電解質側から伝導するe⁻とLi⁺が適度に存在するためと考えられます。言い換えると (a) 集電体側は、Li⁺が不足し、(c) 電解質側は、e⁻が不足しているため、充電が進んでいないと考えられます。このことは、本試料では負極内のe⁻とLi⁺伝導パスが不十分である可能性を示唆しています。このように、KPFM測定から負極活物質の充電状態を把握し、充放電に寄与できる活物質と寄与できない活物質を区別することができました。

試料提供および評価におけるご指導をいただいた、長崎大学大学院工学研究科山田博俊准教授、堺化学工業株式会社様に感謝申し上げます。

走査型プローブ顕微鏡
SPM-Nanoa



Product >

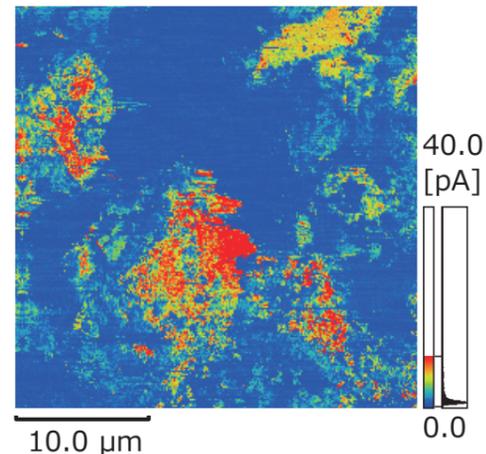
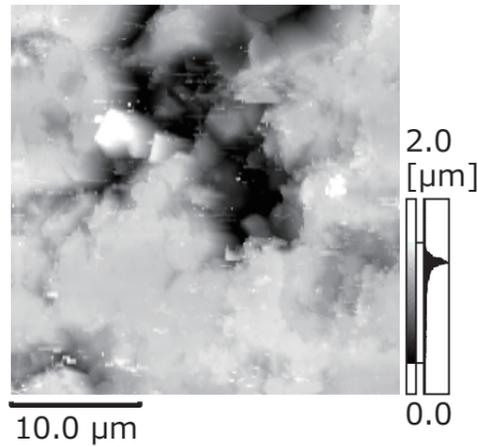
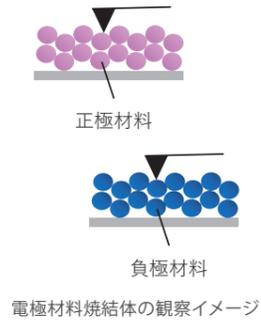
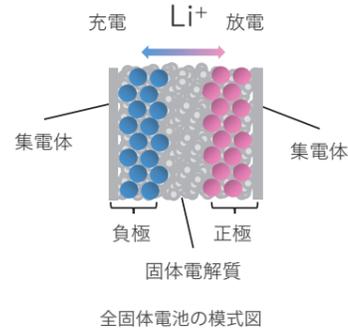
受託可能

全固体電池正極・負極材料のSPM (AFM) 測定



Application >

全固体電池の実用化に向けた課題の一つに電極 - 固体電解質における界面抵抗の低減があり、微視的スケールの形状観察や電流測定は、課題解決に向けた界面反応機構解明につながります。走査型プローブ顕微鏡は微視的スケールでの電流や電気力分布を測定できることから、固体電解質と電極の界面評価手法の一つとして期待されています。



Webinar

SPMが見せる! 全固体LiB電極材料の表面イメージング
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

走査型プローブ顕微鏡
SPM-Nanoa



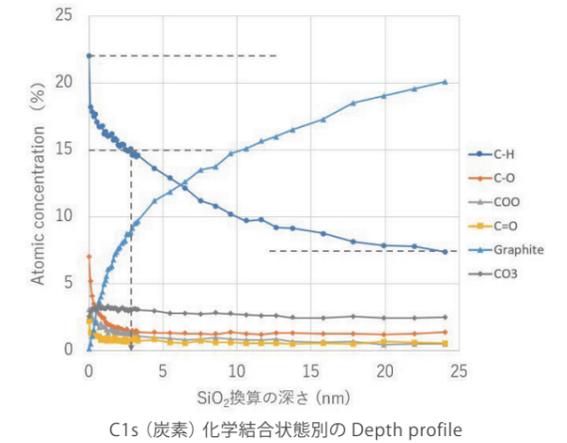
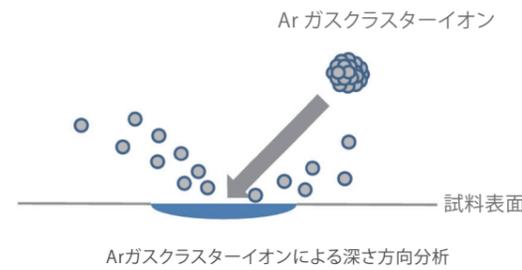
Product >

リチウムイオン電池負極上のSEI被膜のXPS分析



Application >

リチウムイオン電池の電池性能は、負極上に形成されるSEI (Solid Electrolyte Interphase) 被膜に大きく左右されます。充電時に負極表面で形成されるSEI被膜は、電解液の分解を抑制し、電池を安定動作させる重要な役割を果たします。しかし、SEI被膜は厚くなりすぎると電池の性能を低下させるため、その構造や厚みを解析し、SEI被膜を制御することは重要です。SEI被膜は、ナノオーダーの厚みで負極上に形成され、大気に触れると変質することが知られています。このため、表面から約 10 nm までの情報が得られ、かつ大気非暴露の環境下で分析できるXPSがその厚みや構造の解析に役立ちます。



Webinar

ArガスクラスターイオンによるLIB負極上のSEI被膜のXPS深さ方向分析
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

イメージングX線光電子分析装置
KRATOS ULTRA2



Product >

✓ 受託可能

電極材料粉末のかさ密度評価

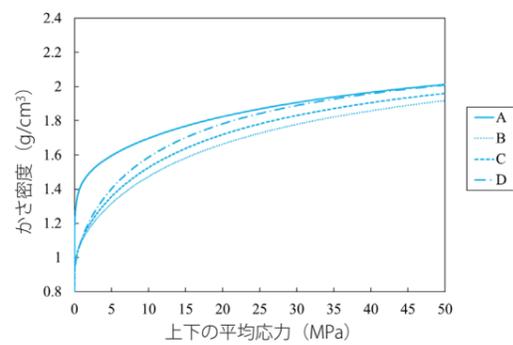
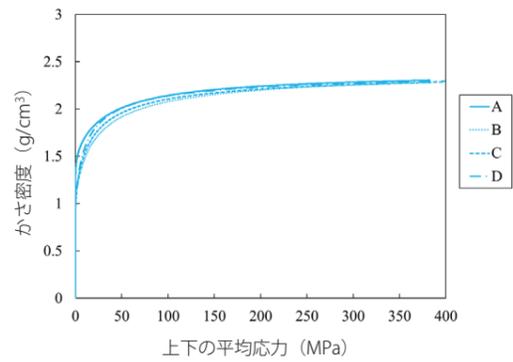


Application >

リチウムイオン電池の製造工程において、正極・負極活物質はバインダや溶媒と混合して集電体へ塗布・乾燥した後、充填密度を高めるためにプレスして電極が作製されます。リチウムイオン電池の体積エネルギー密度を向上させるためには、正極・負極活物質の充填性を向上させ、電極の高密度化を図ることが重要となります。このため、正極・負極材の密度評価は電池特性の向上において重要であると考えられ、目的とする電池性能の実現への寄与が期待できます。精密万能試験機AGX-V2シリーズを用いて、負極材として用いられる黒鉛粉末のかさ密度評価を行った事例をご紹介します。



試験力の低い領域ではサンプルごとに異なる挙動で、20 MPaの時のかさ密度は A>D>C>B の順になりました。しかし、試験力が大きい領域ではどのサンプルもかさ密度が約 2.3 g/cm³ と近い挙動を示していることがわかりました。



試料提供にご協力いただいた、株式会社ダイネンマテリアル様に感謝申し上げます。

精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ

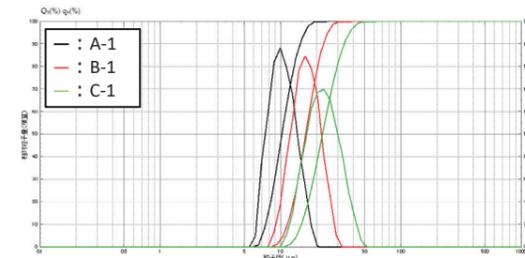


Product >

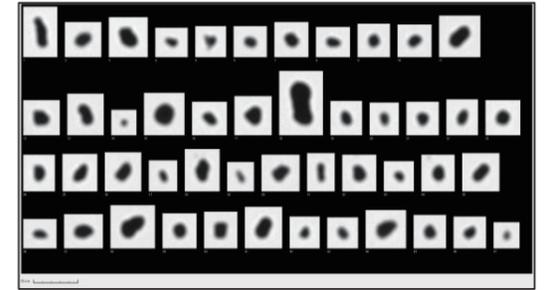
✓ 受託可能

負極材料の粒子径分布・粒子形状評価

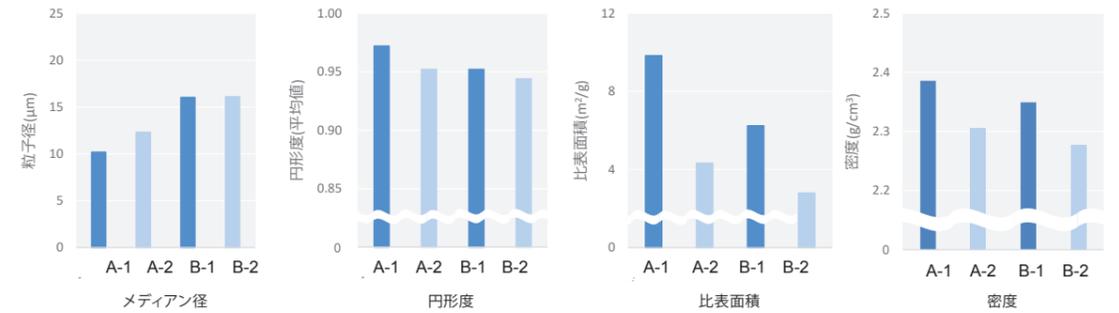
リチウムイオン電池において、負極材料の粒子径分布や粒子形状、比表面積は電池の充放電特性、サイクル寿命、安全性に深く関与しています。粒子径が大きすぎたり、形状が不定形であったりすると、電池容量・サイクル寿命の低下、局部的な劣化や短絡につながるリスクがあります。また、比表面積は、電極反応の速度などに影響します。負極材料の粒子径分布・粒子形状・比表面積などを多角的に評価することは、電池性能の最適化、新しい材料の開発、製造プロセスの改善など、様々な分野において不可欠です。



負極材の粒子径分布測定



負極材の粒子形状測定



負極材の多角的評価

Webinar

粒子特性評価装置によるリチウムイオン電池材料の評価
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

ダイナミック粒子画像解析システム
iSpect DIA-10



Product >

乾式自動密度計
アキュピック III
1350 *



Product >

レーザ回折式粒子径分布測定装置
SALD-2300



Product >

比表面積・
細孔分布測定装置
トライスターII
Plus 3030 *



Product >

* マイクロメリテックス社製

✓ 受託可能

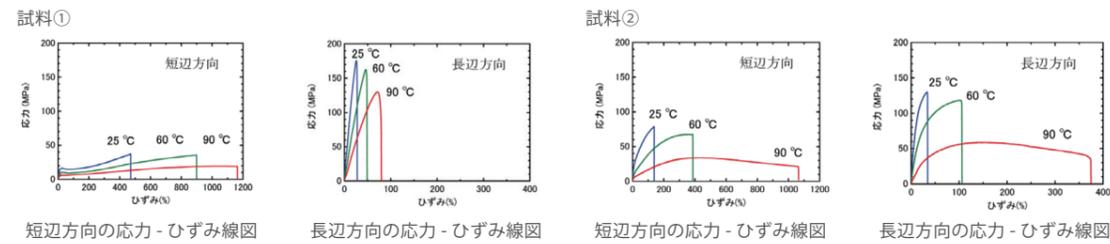
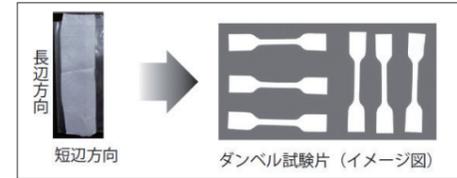
セパレーターのひずみ特性評価

リチウムイオン電池は充放電に伴い膨張収縮を繰り返します。この際、セパレーターには面方向の引張負荷、厚み方向の圧縮負荷が複合的にかかります。また、使用環境によっては発熱も発生します。このようにセパレーターには温度環境下で色々な負荷が加わることから、多岐にわたる試験が実施されています。

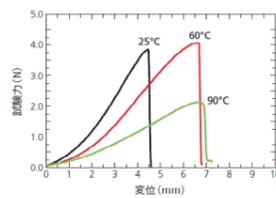


Application >

温度環境下での引張試験

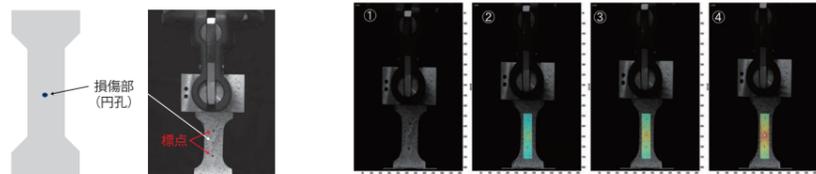


温度環境下での突き刺し試験



異物やデンドライトによるセパレーターの破れにくさを評価しました。

繰り返し引張過程でのひずみ分布観察



充放電過程におけるセパレーターの穴の広がり方を評価しました。

Webinar

試験機によるリチウムイオン電池部材の強度評価
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ



Product >

✓ 受託可能

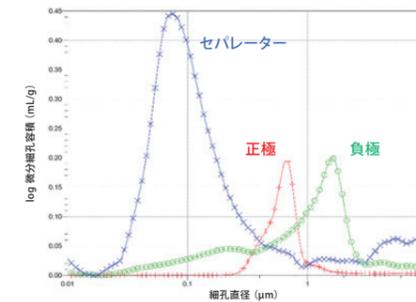
リチウムイオン電池材料の細孔分布測定・微小圧縮試験

セパレーター、正極、負極の細孔分布測定

リチウムイオン電池の細孔分布は、電解液の浸透性やイオンの透過性を左右する重要な要素であり、電池特性に影響を及ぼします。そのため、品質管理や研究開発における評価項目として細孔分布を把握することは必要不可欠です。リチウムイオン電池を解体し、セパレーター、正極、負極を取り出し、風乾した後、水銀圧入法により細孔分布測定を行いました。



Application >



試料	細孔容積 (mL/g)	メディアン径 (μm)	モード径 (μm)
セパレーター	0.28	0.09	0.08
正極	0.052	0.63	0.66
負極	0.12	0.99	1.6

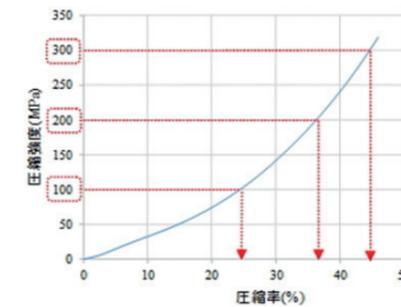
水銀圧入法で気孔率、かさ密度、見掛け密度、細孔表面積 (円筒モデル) などの物性値を算出可能です。

セパレーターの微小圧縮試験

リチウムイオン電池の製造工程において、セパレーターは巻き上げや積層の際に、大きな引張りおよび圧縮力を受けます。これらの力に耐え、電池の長期信頼性を確保するためには、セパレーターの機械的強度が重要です。微小圧縮試験機を用いて、セパレーターを圧縮し、得られた試験力-変位グラフを再計算することで圧縮強度-圧縮率の評価を行いました。



Application >



圧縮強度 (MPa)	圧縮率 (%)
100	24.4
200	36.3
300	44.7

セパレーターの繰り返し圧縮試験による耐久性評価にも対応可能です。

自動水銀ポロシメータ 細孔分布測定装置
AutoPore V 9620*

微小圧縮試験機
MCTシリーズ



Product >

※島津サイエンス東日本株式会社様ページ



Product >

*マイクロメリティクス社製

受託可能

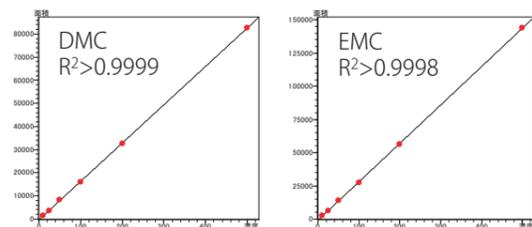
電解液中の炭酸エステルおよび添加剤の分析



Application >

電解液中の炭酸エステルや添加剤の組成や純度は、リチウムイオン電池の品質や性能を保つうえで重要です。近年急速に拡大するリチウムイオン電池市場では、品質管理の重要な要素として電池内の電解液分析が必要不可欠です。品質管理では、限られたラボスペース内でできるだけ多くの検体を分析する必要があります。

ガスクロマトグラフでは、電解液に用いられる炭酸エステルや添加物を、N₂ キャリアガスで高分離かつ再現性良く分析できます。省スペースかつ高い分析性能を誇るBrevis GC-2050はルーチン分析に最適です。



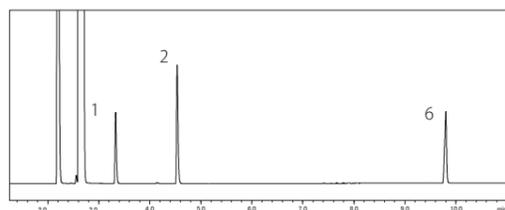
標準試料による検量線の作成

	電解質	炭酸エステル・添加物
Sample 1	LiFSI	DMC, EMC, EC
Sample 2	LiFSI	DMC, DEC, EC
Sample 3	LiPF ₆	DMC, EMC, EC
Sample 4	LiPF ₆	DMC, DEC, EC

分析した電解液の組成

No.	化合物名	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
1	DMC	278.7	284.1	291.2	301.9
2	EMC	283.5	—	294.9	—
3	VC	—	—	—	—
4	DEC	—	277.6	—	290.3
5	FEC	—	—	—	—
6	EC	402.8	397.0	402.5	414.5
7	PC	—	—	—	—
8	PS	—	—	—	—

電解液に含まれていた化合物の定量値



Sample 1 のクロマトグラム

ガスクロマトグラフ
Brevis GC-2050



Product >

その他のアプリケーション

電極活物質や固体電解質粒子の圧縮試験

リチウムイオン電池の負極材の圧縮試験



微小圧縮試験機
MCT シリーズ



Application >



Product >

各種電池材料の熱特性評価

電池材料の熱特性評価



示差走査熱量計
DSC-60 Plus シリーズ



Application >



Product >

不活性雰囲気下における電解液の評価

グローブボックスシステムによるリチウムイオン二次電池用電解液の測定



フーリエ変換赤外分光光度計
IR Spirit-X シリーズ



Application >



Product >

充放電に伴う内部発生ガスの劣化評価

劣化に伴う発生ガスの組成変化確認



リチウムイオン二次電池内部ガス
分析システム



Application >



Product >

極微小領域の観察・元素分析

リチウムイオン電池正極の分析



電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



Application >



Product >

活物質粒子の粒子径分布測定および形状確認

LIB 正極材料に含まれる粗大粒子の検出



ダイナミック粒子画像解析システム
iSpect DIA-10



Application >



Product >

電動化 先進安全

「先進安全自動車（ASV：Advanced Safety Vehicle）」は、高速通信、自動運転などの先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車であり、性能向上とさらなる普及に向けた開発が進められています。

通信機器を内蔵した自動車であるコネクティッドカーは車両の状態や道路状況、周囲の環境といった様々なデータを各種センサーを使って収集し、ネットワークを介して集積・分析します。自動車同士や自動車とインフラとが相互に通信することで、スムーズかつ安全な運転、移動を実現します。そうしたコネクティッドカーにおける通信には、高速かつ大容量通信が可能な次世代移動通信システムの適用が期待されますが、大幅に伝送速度を向上させるためにプリント基板等の電子部品には高周波対応が求められます。

日本では2020年に国土交通省によって、「自動運転システムが全ての運転タスクを代替する状態を自動運転車と呼ぶ」と定められています。自動運転はレベル1～5に分類され、自動車メーカーの多くがすでに自動運転レベル1～2の技術を市販車に搭載し、レベル3を搭載した自動車の市販も開始しています。自動運転レベル1～2では人が主体となって操作を行いますが、レベル3以降はシステムによる運転が主体となるため、運転中に障害となりうるものを捉える技術としてLiDAR等のセンサーの開発・搭載が重要となっています。

- 高速通信機器用基板の成分分布評価 P.39
- 高速通信機器用基板に用いられる樹脂の熱特性評価 P.40
- 高速通信機器用基板に用いられる樹脂と銅箔のマクロとミクロからの接合評価 P.41
- 半導体のバンドギャップ評価 P.42
- LiDAR 材料の光学特性評価 P.43
- ミリ波レーダーと車載カメラの構造観察・有機物分析 P.44
- 自動車運転時の脳機能計測 P.45
- その他のアプリケーション P.46
 - 走行時の操作性と耐久性の両立
 - 足回り部品の性能評価
 - 自動車用ショックアブソーバの減衰力特性評価
 - 5Gスマートフォン搭載基板のX線観察
 - 基地局用セラミックフィルタ評価
 - 高分子材料の熱特性評価
 - 近接センサ窓の透過率測定

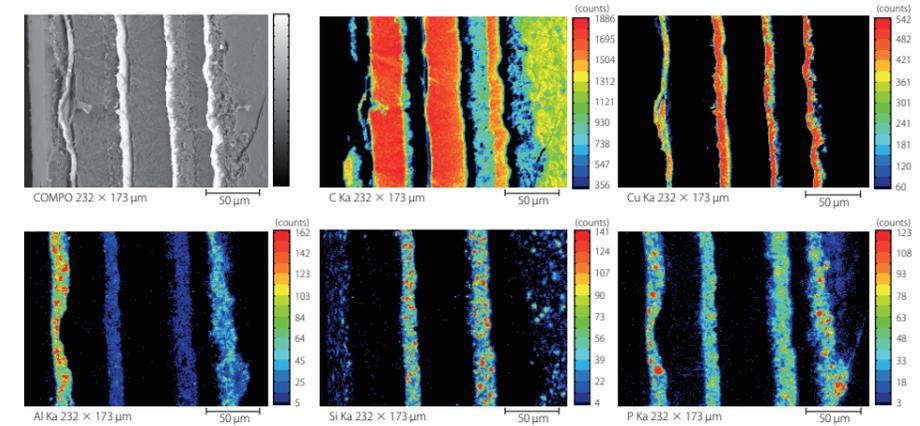


高速通信機器用基板の成分分布評価

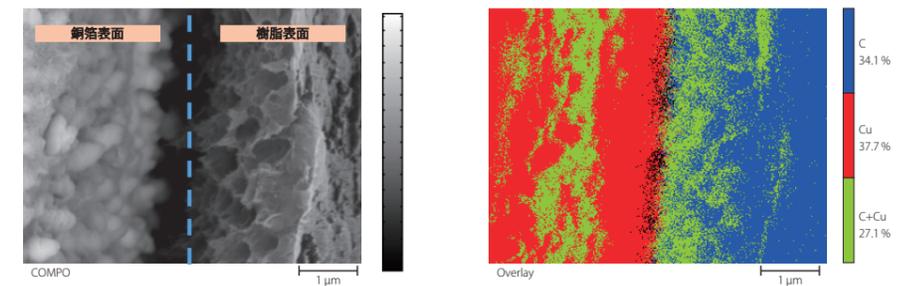


Application >

5Gなどの高速通信で使用される高い周波数帯域では誘電損失による信号劣化が課題であり、基板の絶縁材料としてフッ素樹脂（PTFE）や液晶ポリマー（LCP）などが注目されています。PTFEやLCPなどの絶縁層や導体層の形状や元素分布は基板の性能に大きく関わるため、それらを観察・分析することは重要です。電子線マイクロアナライザでは、5G用積層基板の各層界面の形状や元素分布を詳細に観察・分析できます。



積層基板の元素マッピングデータ



銅箔と樹脂界面のマッピングデータ

Webinar

続々公開中! 高感度・高分解能のEPMAならではの最新分析例を一挙ご紹介
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

電子線マイクロアナライザ EPMA-8050G



Product >

✓ 受託可能

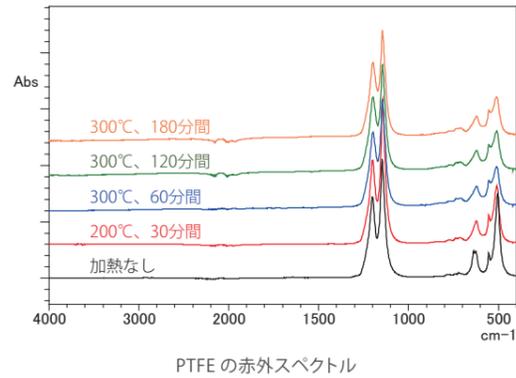
高速通信機器用基板に用いられる樹脂の熱特性評価



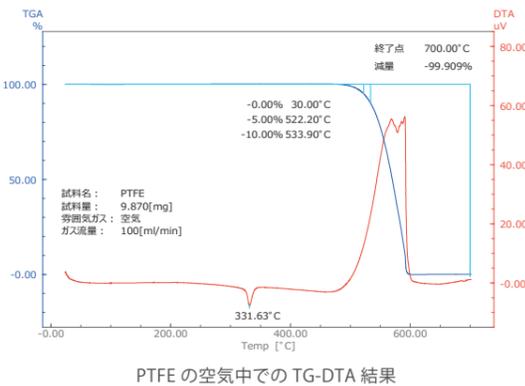
Application >

5G などの高速通信の普及に伴い、高周波特性に優れたフッ素樹脂（ポリテトラフルオロエチレン、PTFE）や LCP（液晶ポリマー）が、ガラスエポキシ基板やガラスポリアミド基板に代わる素材として採用されています。これらの材料は、基板の動作環境下で高い信頼性を確保するために、優れた熱安定性が求められます。フーリエ変換赤外分光光度計（FTIR）では加熱に伴う材料の化学構造変化、熱重量測定装置（TGA）では熱分解温度を調査し、材料の熱安定性を評価できます。

PTFE の赤外分光 測定条件	
装置	: IRTTracer-100 GladiATR (ダイヤモンドプリズム)
分解	: 4 cm ⁻¹
積算回数	: 40
波数範囲	: 4,000 ~ 400 cm ⁻¹
アポダイズ関数	: SqrTriangle
検出器	: DLATGS



PTFE の質量変化・示差熱変化 測定条件	
装置	: DTG-60H
試料量	: 9.870 mg
雰囲気ガス	: 空気
ガス流量	: 100 ml/min
測定温度範囲	: 30 ~ 700 °C



動画

FTIRとTGAによる5Gの普及を支えるフッ素樹脂の特性評価



Movie >

フーリエ変換赤外分光光度計
IRTracer-100



Product >

TG/DTA同時測定装置
DTG-60/60Hシリーズ

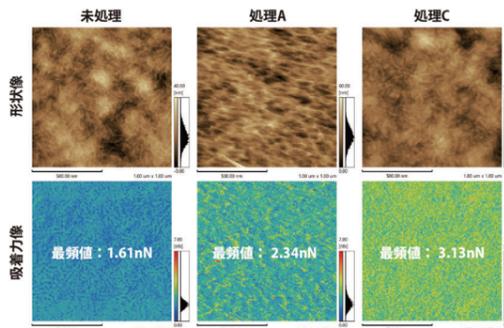
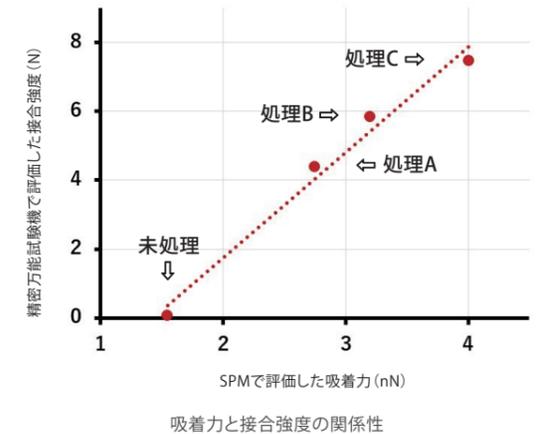
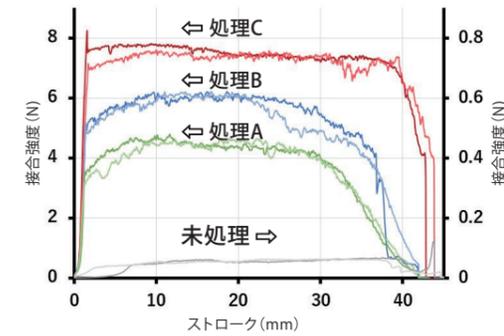


Product >

✓ 受託可能

高速通信機器用基板に用いられる樹脂と銅箔のマクロとミクロからの接合評価

高速・大容量通信では、高周波の電気信号を使用するため、絶縁体での誘電損失が問題となります。このため、フッ素樹脂などの低誘電率材料が用いられますが、非粘着性という特性から導体との密着が難しく、接合強度の改善が課題となっています。接合強度は、材料表面処理と接着の両工程に影響されます。そのため、接合強度が低い場合、どちらの工程に原因があるのかを特定することが困難です。そこで、材料表面処理工程において、接合強度と処理効果の相関性を事前に把握しておくことで、問題発生時の原因究明に役立てることが考えられます。走査型プローブ顕微鏡を用いた吸着力試験と、精密万能試験機を用いた接着強度試験を組み合わせることで、材料表面処理と接着工程をそれぞれ評価し、密着性の改善を検討できます。



走査型プローブ顕微鏡
SPM-Nanoa



Product >

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2 シリーズ



Product >

半導体のバンドギャップ評価

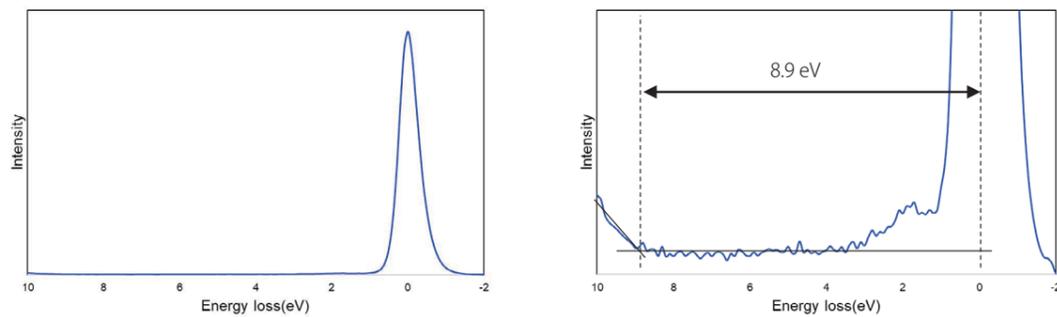


Application >

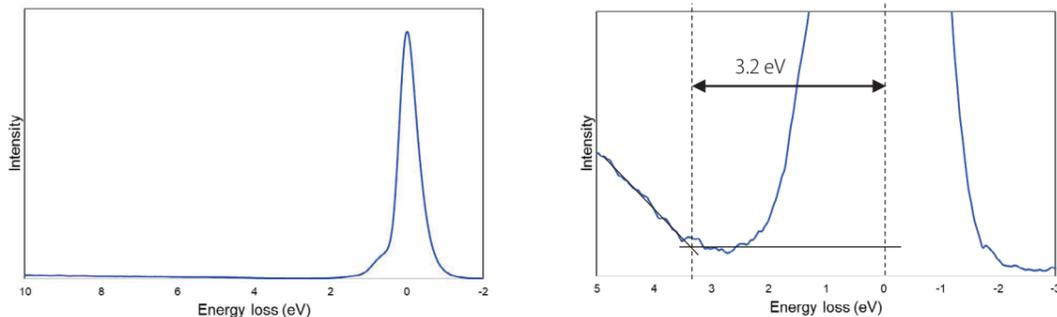
バンドギャップは材料の価電子帯と伝導帯間のエネルギー差を表した数値であり、半導体材料の特性を示す重要なパラメータの一つです。バンドギャップは半導体の電気伝導性に関するパラメータであり、電子デバイス設計などにおいてこの数値を評価することは非常に重要です。

反射電子エネルギー損失分光法（REELS）は、電子を試料表面に照射したときに発生する反射電子を測定する分析手法であり、反射電子のエネルギー損失スペクトルからバンドギャップなどの試料の電子状態を評価することが可能です。

ここでは、島津製のイメージングX線光電子分析装置（KRATOS ULTRA2）の分析オプションとして搭載されたREELSにより、SiO₂とITOガラスのバンドギャップを測定した事例をご紹介します。



SiO₂ の REELS スペクトル



ITO 膜付きガラスの REELS スペクトル

イメージングX線光電子分析装置
KRATOS ULTRA2



Product >

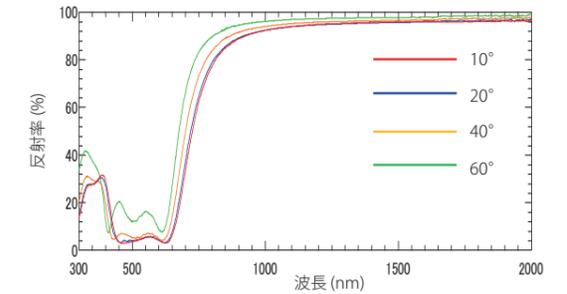
✓ 受託可能

LiDAR材料の光学特性評価

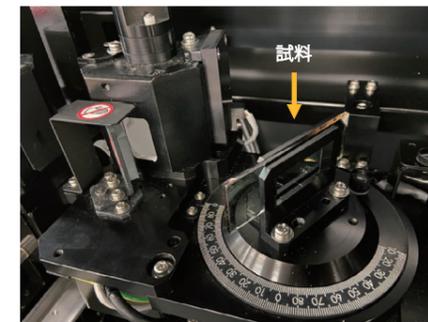


Application >

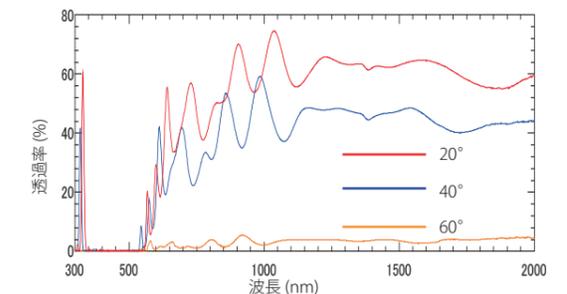
LiDAR（Light Detection and Ranging）は、レーザー光を照射し、反射光を受信することで、対象物までの距離や形状を精密に測定する技術です。自動運転においては、LiDARが周囲の環境を3次元で把握し、車両、歩行者、道路標識などを検出することで、安全な運転を支援します。そのため、LiDARのレーザー光の光学特性は重要です。紫外可視近赤外分光光度計は、LiDARに用いられる材料の光学特性を幅広く評価することを可能とし、高性能なLiDARの開発に貢献します。



ガラス基板の赤外光反射率測定（偏光子0度）



装置への試料セッティング



光学フィルタの透過率測定

Webinar

LiDAR材料の光学特性評価法のご紹介

※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >



Application >

LiDAR 評価システム ーバンドパスフィルタの透過率測定ー

紫外可視近赤外分光光度計
SolidSpec-3700i



Product >

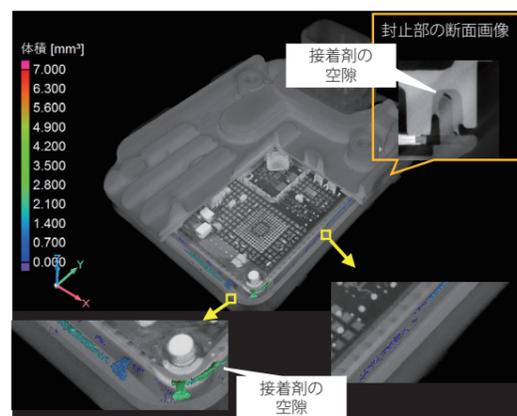
✓ 受託可能

ミリ波レーダーと車載カメラの構造観察・有機物分析

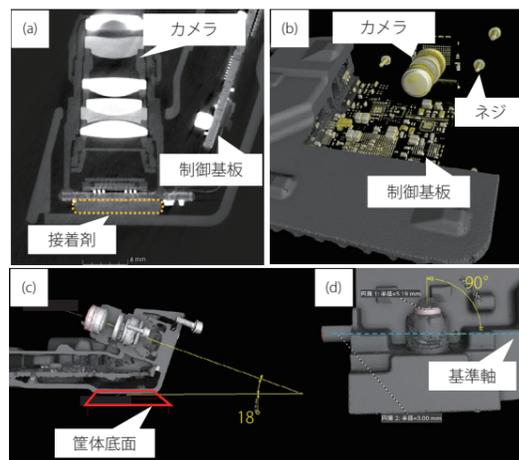


Application >

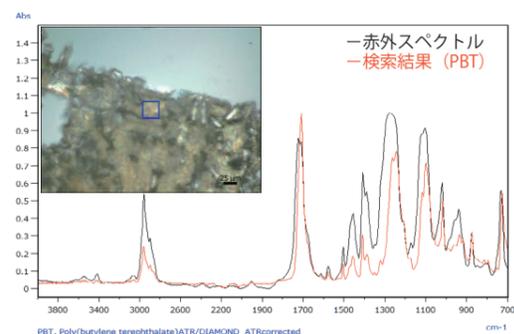
先進運転支援システム（ADAS）に用いられるセンサー類は過酷な運転環境の中で内部・外部からの熱にさらされるため、耐熱性や熱を受けた際の低そり性、長期間安心して稼働する信頼性などが求められます。部品として十分な性能を発揮させるためには、最適な部品設計の他に材料そのものの特性評価も重要になります。X線CTシステムによる三次元構造観察、赤外顕微鏡による有機物の定性分析を行うことで、開発段階の設計検討・耐久性評価、製造時の品質確認に有用な情報を取得できます。



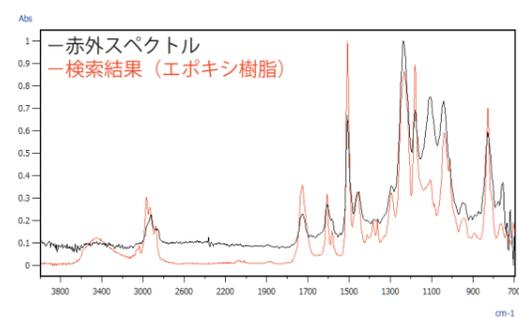
ミリ波レーダーの接着剤中の空隙体積を評価した三次元表示画像



車載カメラの断面画像と三次元表示画像



ミリ波レーダー樹脂部分の赤外スペクトルと検索結果



車載カメラの樹脂部分の赤外スペクトルと検索結果

試料提供にご協力いただいた、株式会社 Tech-T 高源様に感謝申し上げます。

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT
FPD HR Plus



Product >

赤外顕微鏡システム
IRTracer-100
AIMsight



Product >

自動車運転時の脳機能計測

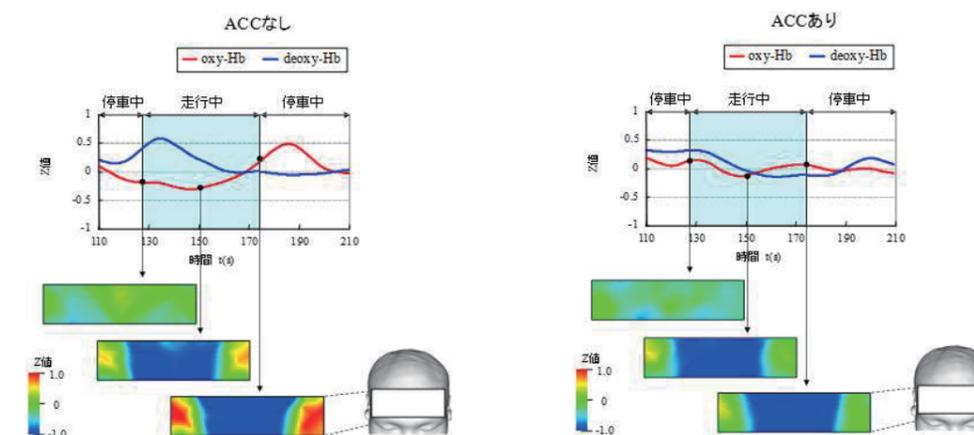


Application >

自動運転技術の発展に伴い、ドライバーの安全と快適性を確保するための先進安全機能が普及しています。この機能が、ドライバーの心理状態に与える影響を理解することは、より安全で快適な自動運転システムの開発に不可欠です。ドライビングシミュレーターと脳機能イメージング装置を用いて自動車運転時の脳機能を計測することで、先進安全機能がドライバーに与える心理的な負荷や、快適性、安心感などを定量的に評価できます。



ドライビングシミュレーターでの脳機能計測領域と評価風景



アダプティブ・クルーズ・コントロール（運転支援）の有無における酸化ヘモグロビン変化

動画

ドライビングシミュレーターにおける自動車運転時の脳機能計測



Movie >

研究用脳機能イメージング装置
LABNIRS



Product >

その他のアプリケーション

走行時の操作性と 耐久性の両立

軸での自動車用ステアリング機構
耐久評価



Application >



コンパクト油圧加振機
EHF-JF シリーズ



Product >

足回り部品の 性能評価

足回り部品の性能評価



Application >

自動車用ショックアブソーバの 減衰力特性評価

自動車用ショックアブソーバの減衰
力特性評価



Application >



動的・疲労試験機 サーボバルサ
EHF-E シリーズ



Product >

その他のアプリケーション

5Gスマートフォン搭載基板の X線観察

マイクロフォーカス X 線検査装置に
よる 5G スマートフォン搭載基板の
観察事例



Application >



マイクロフォーカス X 線検査装置
Xslicer SMX-6010



Product >

基地局用 セラミックフィルタ評価

5G 時代の到来とともに基地局のセ
ラミックフィルタと導電性銀ペース
ト技術の研究と生産を支援する当
社技術



Application >



マイクロフォーカス X 線 CT
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

高分子材料の 熱特性評価

温度変調 DSC による高分子材料の
物性評価



Application >



熱分析装置
DSC-60 Plus シリーズ



Product >

近接センサ窓の 透過率測定

スマートフォン近接センサ窓の透過
率測定



Application >



紫外可視分光光度計
UV-1900 シリーズ



Product >

軽量化 複合材料設計

軽量化と高強度化が求められる次世代モビリティにおいて、複合材料の利用が拡大しています。しかし、内部構造が複雑な複合材料の設計には、従来の材料とは異なるアプローチが必要です。

マルチスケールシミュレーションは、ミクロな繊維配向からマクロな積層構造まで、複合材料の複雑な内部構造を統合的に解析する手法です。これにより、製品の強度、剛性、耐久性などを設計段階から正確に予測し、最適な設計を実現します。ただし、正確な解析には、内部構造データ、材料特性値、シミュレーションモデルの検証が不可欠です。

また、安全なモビリティを設計するために、衝突時の挙動や破壊挙動の正確な予測は重要です。複合材料に用いられる樹脂は粘弾性を有することから、ひずみ速度により機械特性が変化します。このため、衝突時の挙動を正確に予測し、設計精度を高めるためには、様々な負荷条件下でのひずみ速度依存性を詳細に把握する必要があります。複合材料は複雑な破壊挙動を示すため、実際の破壊挙動の過程を把握することで、より現実的なシミュレーションモデルを構築し、破壊の起点や進行を正確に予測することが可能になります。

CAEと実測の 妥当性検証 (V&V)	FRPの面外せん断試験におけるV&V	P.49
	CFRTPの単軸引張試験におけるV&V	P.50
	X線CTを用いたCFRPの繊維体積含有率評価	P.51
	位相コントラストX線CTを用いた広視野での繊維配向評価	P.52
	その他のアプリケーション	P.53
衝突解析	疲労試験中のひずみ分布評価	
	X線CTを用いたリバースエンジニアリング	
	CFRTPの面外せん断試験におけるV&V	
	ASTM D6641 複合材料の圧縮試験	
	その他のアプリケーション	P.53
破壊解析	複合材料の温度環境下での高速曲げ試験	P.54
	複合材料の高速圧縮試験	P.55
	高速引張試験と高速挙動における破壊過程の観察	P.56
	CFRPのパンクチャー衝撃評価と衝撃過程の変形挙動観察	P.57
	その他のアプリケーション	P.58
衝突解析	複合材料の衝撃試験破断観察	
	衝撃せん断試験時のひずみ分布評価	
	複合材料の衝撃後圧縮試験	
	衝突時の高速度ひずみ分布評価	
	複合材料の破壊過程におけるin-situき裂発生・進展観察	P.59
	チャック切れを回避する複合材料引張試験のテクニック	P.60
	CFRPの疲労試験過程で発生するひずみ分布観察	P.61
	FRPの温湿度環境下での疲労特性評価	P.62
	その他のアプリケーション	P.63
	CFRPの引張試験の破壊観察	
有孔CFRPの引張試験の破壊観察		
CFRPのMixed Mode Bending Test		
有孔CFRPの圧縮試験		
ASTM D7078 せん断試験		

CAEと実測の妥当性検証 (V&V) GFRPの面外せん断試験におけるV&V



Application >

マルチスケールシミュレーションは、ミクロな繊維配向からマクロな積層構造まで、複合材料の複雑な内部構造を統合的に解析する手法で、製品の強度、剛性、耐久性などの正確な予測に有用です。X線CTで内部構造データをモデル化し、精密万能試験機で正確な材料データと負荷中のひずみ分布を取得することで、高精度なマルチスケールシミュレーションを実施できます。

三次元表示画像

内部構造データを用いた形状パラメータ固定
Synopsis® Simpleware

トウの体積含有率の自動最適化
Ansys® DesignXplorer

解析モデルの作成
CYBERNET® Multiscale.Sim

作成された解析モデル

X線CTを用いた内部構造の可視化と材料モデルの作成

層間せん断試験治具

層間せん断試験結果

実試験結果

解析結果

30 MPa 時のひずみ分布

拘束治具がある場合 拘束治具がある場合 拘束治具がない場合

摩擦係数：0.3

試験片中央のせん断ひずみ

1.2% 1.18% 1.97%

材料試験結果とシミュレーション結果の比較

実試験を模擬した解析モデル

実試験結果とシミュレーション解析結果はおおむね一致しています。
掲載したデータは株式会社島津製作所およびサイバネットシステム株式会社様による共同取り組みにより得られた成果です。

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2 シリーズ

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus

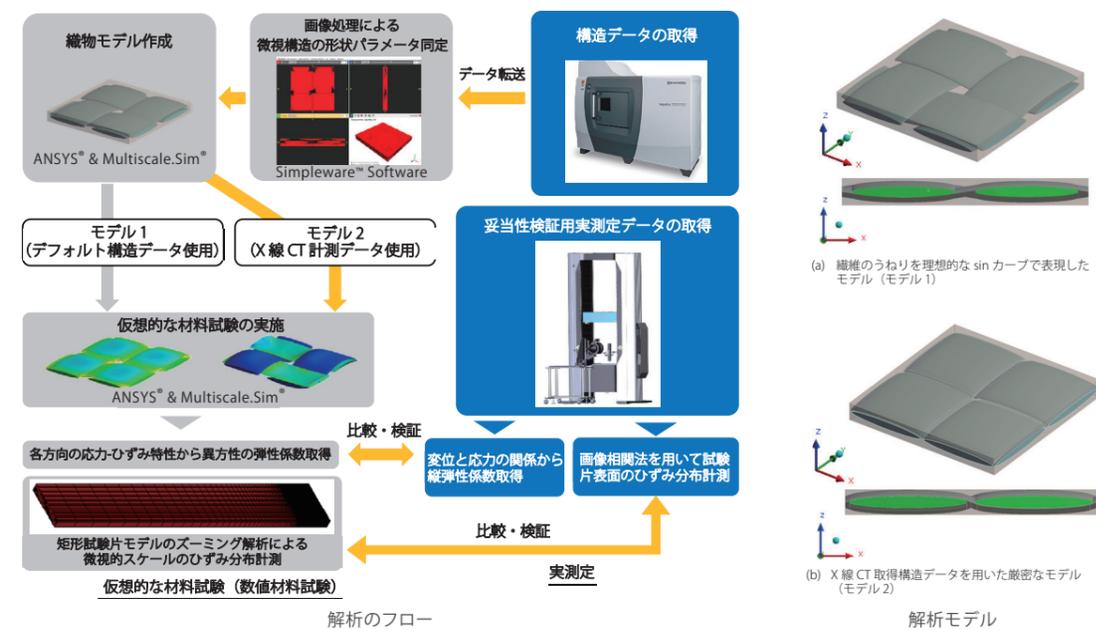
Product >

CAEと実測の妥当性検証 (V&V) CFRTPの単軸引張試験におけるV&V



Application >

複合材料は金属材料とは異なり、内部構造の複雑さから、精度の高い構造解析モデルの確立が難しい材料です。CAE (Computer Aided Engineering) 解析の再現精度を高めることで、開発の効率化、コスト低減が期待されるほか、実測定による評価が難しい複雑構造体、大型構造体の設計に対する信頼性向上が期待できます。マイクロフォーカスX線CTシステムを用いた高精度なシミュレーションモデルの作成、万能試験機による微視的な領域のひずみ分布評価は、シミュレーションの精度向上に貢献します。

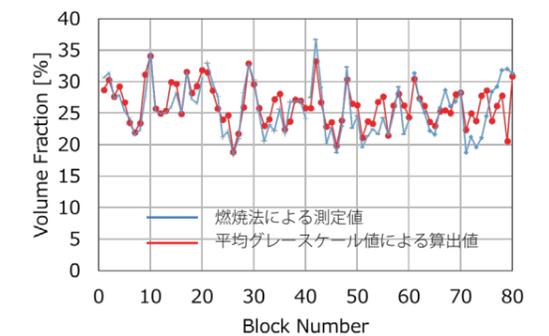
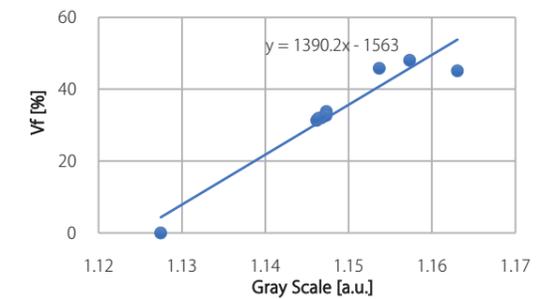
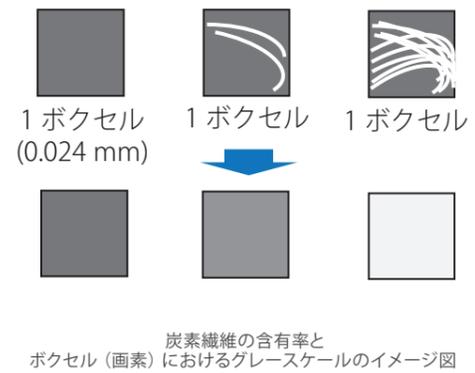


CAEと実測の妥当性検証 (V&V) X線CTを用いたCFRPの繊維体積含有率評価



Application >

LFT-D (Long Fiber Thermoplastics- Direct) というCFRP成形法は、比較的長い繊維長を維持した状態で複雑形状の部材をプレス成形できるため生産性と力学特性の両立が期待されています。一方で、混練条件や圧縮成型時の流動によって含有繊維の分布に偏りが生じ、強度が低下することが懸念されるため、局所的な繊維体積含有率の定量評価と分散性の可視化が重要です。X線CTシステムを用いることで、従来のように樹脂を燃焼させなくとも、CFRPの局所的な繊維体積含有率 (Vf) を非破壊で算出できます。



精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2 シリーズ



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

✓ 受託可能

CAEと実測の妥当性検証 (V&V)

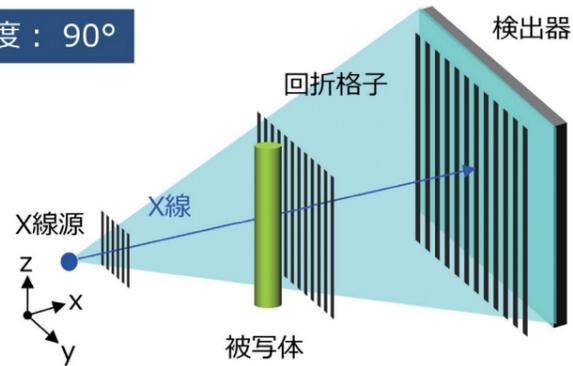
位相コントラストX線CTを用いた広視野での繊維配向評価



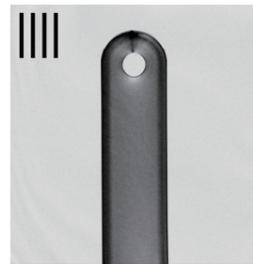
Application >

FRPにおいて、材料の強度や剛性に影響する繊維配向の評価は設計開発や品質管理のために重要です。位相コントラストX線CTシステムは、X線の位相変化を検出し計算することで散乱量や屈折角に基づく材質の違いを画像化する新しいイメージング手法で、従来のX線CTシステムでは難しい広視野での繊維配向解析を可能にします。

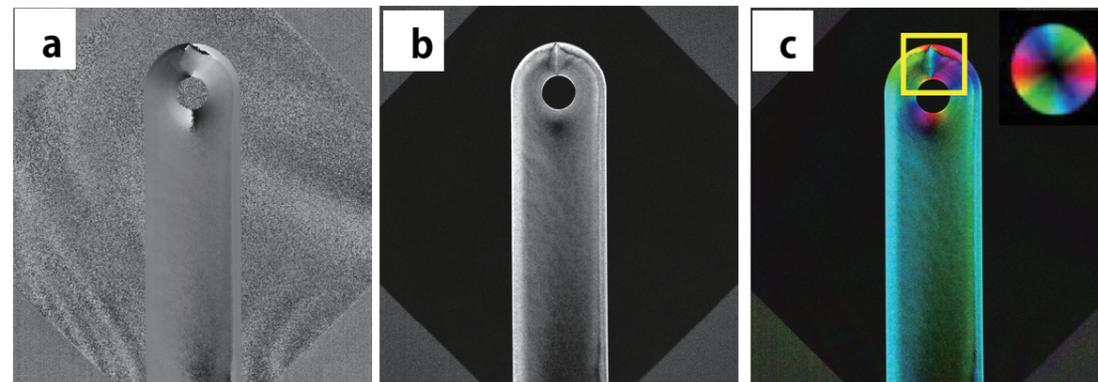
格子角度：90°



回折格子を回転させてCT撮影を行います。
配向透視観察のイメージ



格子と平行な配向を検出します。



(a)の配向度画像、(b)の散乱強度画像をマージすることで、(c)の配向解析画像が得られます。(c)の黄色枠箇所繊維流れが合流するウェルドラインを確認できます。

射出成形GFRPの繊維配向観察事例 (視野:85 mm)

位相コントラストX線CTシステム Xctal 5000



Product >

CAEと実測の妥当性検証 (V&V) その他のアプリケーション

疲労試験中のひずみ分布評価

3次元DIC解析システムを用いた
動的引張試験
～疲労破壊直前のポリプロピレンの
ひずみ分布観察とひずみ測定～



Application >



Product >

動的・疲労試験機
サーボバルサ EHF-U シリーズ

X線CTを用いた リバースエンジニアリング

複雑化する成型品の寸法測定工数
削減
～計測用X線CTによるリバース
エンジニアリングへの応用～



Application >



Product >

マイクロフォーカス X線 CT システム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus

CFRTPの面外せん断試験における V&V

複合材料のCAE解析精度向上に
寄与する強度評価手法
～ CFRTPの面内・面外せん断特性～



Application >

ASTM D6641 複合材料の 圧縮試験

動画

CFRP試験治具 (ASTM D6641) の
紹介



Movie >



Product >

精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ

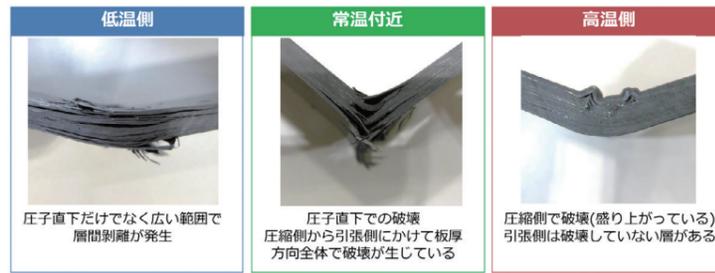
✓ 受託可能

衝突解析 複合材料の温度環境下での高速曲げ試験

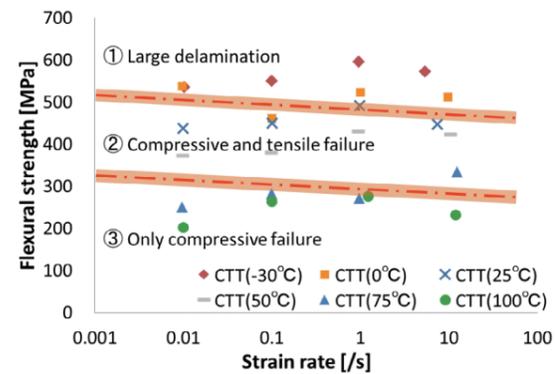
複合材料は、温度や変形速度によってその特性が大きく変化します。様々な環境下での衝突事故に備えるためには、材料の温度依存性と速度依存性を正確に評価することが重要です。高速衝撃試験機を用いて、様々な温度条件および変形速度での曲げ試験を実施することで、温度と変形速度が複合材料の強度や剛性に与える影響を定量的に評価できます。これにより、衝突解析の精度を向上させ、より安全な構造設計に貢献することが期待されます。



3点曲げ衝撃試験の様子



広域の層間剥離 局所的な圧縮および引張破壊 圧子直下の圧縮破壊



CFRTPの衝撃特性の温度・速度依存性

本研究は、経済産業省－NEDOプロジェクト「革新的新構造材料等研究開発」(平成26年度～)の一環として行われたものです。特に試料提供にご協力いただいた、東レ株式会社様に感謝申し上げます。

Webinar

複合材料の新たな設計勘所と試験評価技術の最先端
－複合材料における衝撃試験の意義と試験手法のご紹介－
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



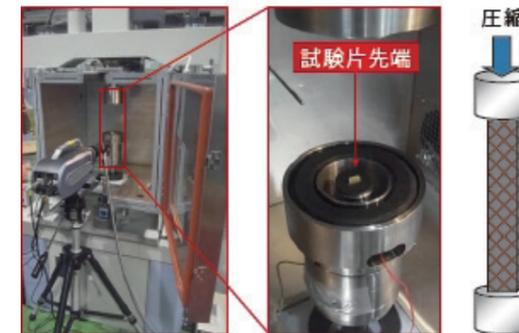
Movie >

衝突解析 複合材料の高速圧縮試験



Application >

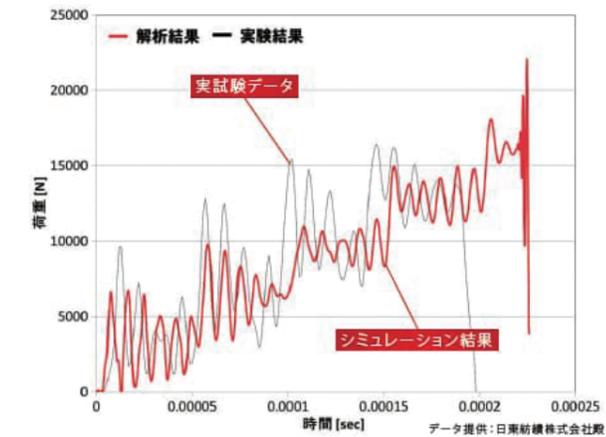
自動車の衝突事故が発生すると様々な部品に圧縮荷重が加わります。自動車の安全性を高めるためには材料に衝撃が加わった際の圧縮特性を評価することが重要です。高速衝撃試験機と高速ビデオカメラの組み合わせによって、高速圧縮時の材料の特性値と破壊挙動を併せて評価できます。また、衝撃を吸収する治具の使用により、治具がぶつかって装置を破損させるリスクを低減して安全に試験を実施できます。



衝撃試験機+高速ビデオカメラ

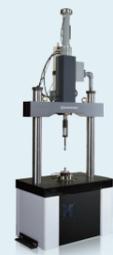


高速ビデオカメラによるGFRPの圧縮挙動の可視化



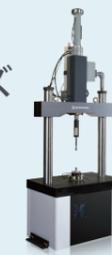
GFRP高速圧縮試験の実験データとシミュレーションデータの比較

高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ



Product >

高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ



Product >

高速ビデオカメラ
Hyper Vision HPV-X2



Product >

✓ 受託可能

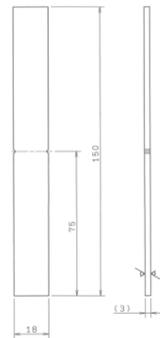
衝突解析

高速引張試験と高速挙動における破壊過程の観察



Application >

プラスチック材料はその熱的特性や軽量性などから、細かな歯車から自動車や航空機などの様々な製品で使用されています。輸送機においては、衝突事故や製品の落下などによって、部品に動的な変形が生じる可能性があります。材料の信頼性を確保するために、従来より実施されてきた静的試験だけでなく、衝撃試験も実施する必要があります。特にプラスチックのような高分子材料の力学的特性は、ひずみ速度依存性を示すことが知られています。また、材料の詳細なメカニズムの解明のためには、試験における破壊現象を観察することが重要になります。DIC解析を行うと材料表面のひずみ分布が明らかとなるため、試験中のひずみが集中している箇所の特定に役立てることができます。

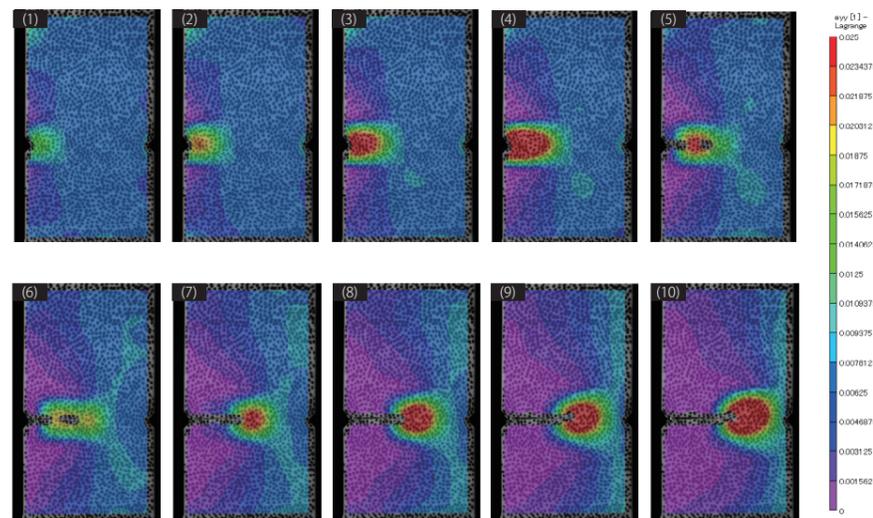


試験片形状 (mm)



試験セッティング

アクリル樹脂を 10 m/s の試験速度で引張試験を実施しました。1.6 μsec 毎のひずみ分布観察により亀裂の発生ならびに進展が可視化できました。



✓ 受託可能

衝突解析

CFRPのパンクチャー衝撃評価と衝撃過程の変形挙動観察

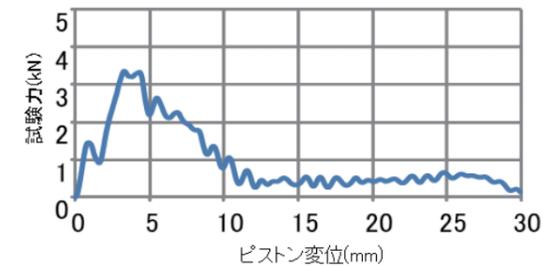


Application >

CFRPは異方性や層状構造を持つことから局所的な衝撃に対する応答が複雑です。安全な車両構造を設計するためには、衝突時のエネルギー吸収特性や変形挙動を詳細に把握して、衝撃時の挙動を予測・シミュレーションすることが有効です。

パンクチャー衝撃試験

負荷速度 10 m/sec 条件にて、CFRP材を測定しました。

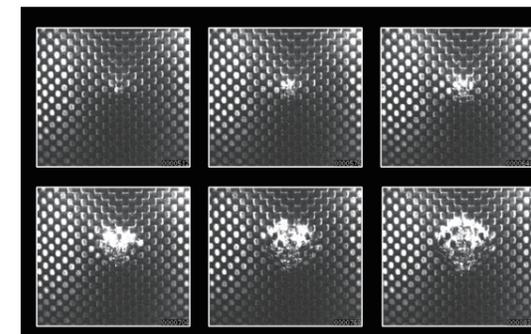


最大試験力 (kN)	最大点ピストン変位 (mm)	パンクチャー点エネルギー (J)
3.38	3.3	18.06

- ◆樹脂、複合材、金属箔などの試験片のパンクチャー衝撃試験が可能です。
- ◆静的 (0.1 mm/sec) から動的 (20 m/sec) まで広範囲の試験に対応します。
- ◆-40 °C ~ +150 °C の温度範囲での試験が可能です。

高速度カメラ撮影

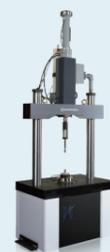
試験時の様子を高速度カメラで撮影しました。



高速度カメラ

- ◆コマ送り画像から、破壊時の挙動を克明に捉えることができます。
- ◆パンクチャー衝撃試験結果と高速度カメラ画像を組み合わせることにより波形と画像の同期が可能です。

高速衝撃試験機 HITS-X シリーズ



Product >

高速衝撃試験機 HITS-X シリーズ



Product >

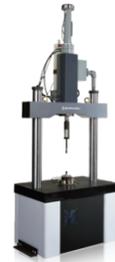
衝突解析
その他のアプリケーション

複合材料の衝撃試験破断観察

炭素繊維強化プラスチックの
衝撃試験破断観察



Application >



高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ

衝撃せん断試験時の
ひずみ分布評価

複合材料の層間せん断衝撃試験に
おける3D-DIC解析



Application >



Product >

複合材料の衝撃後圧縮試験

複合材料の衝撃後圧縮試験



Application >



精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ



Product >

衝突時の高速度ひずみ分布評価

高速飛行体の衝突における
CFRPの3D-DIC解析



Application >



高速度ビデオカメラ
Hyper Vision HPV-X2



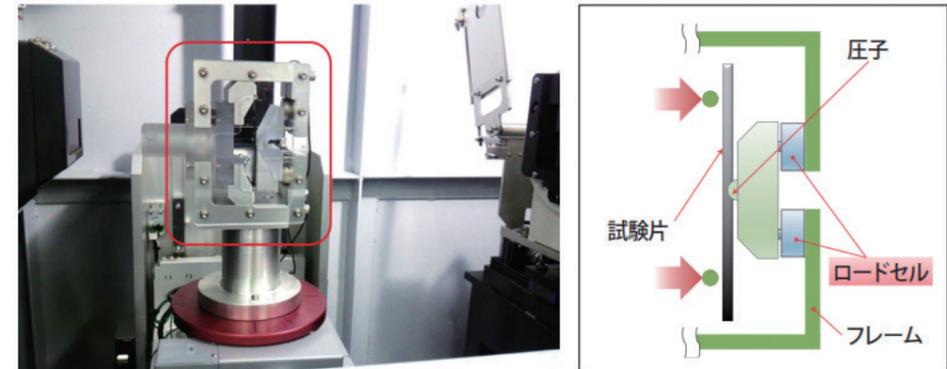
Product >

✓ 受託可能

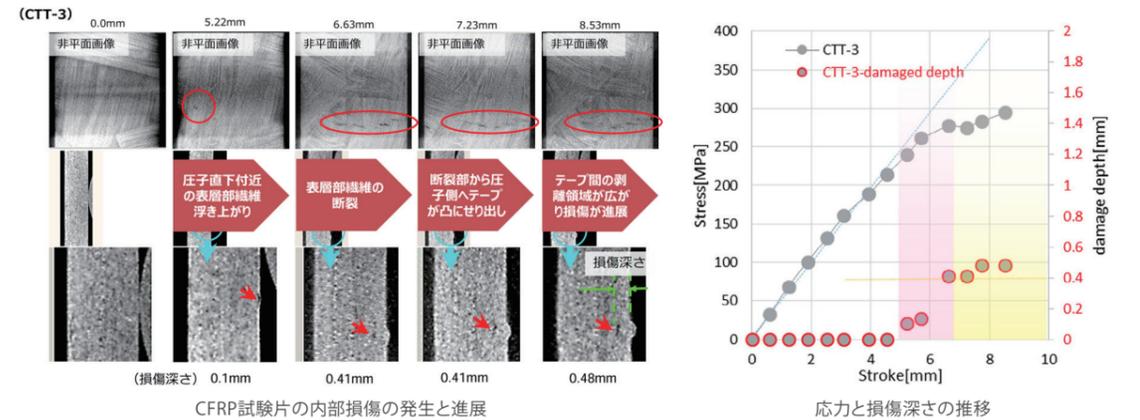
破壊解析

複合材料の破壊過程におけるin-situき裂発生・進展観察

優れた比強度・成形性から自動車へのCFRPの適用が広がっており、その信頼性や安全性を担保するために材料の破壊プロセスを評価するニーズが高まっています。小型試験機を搭載したX線CTを用いることで、CFRP試験片に負荷を加えた状態で内部構造を観察することが可能となり、試験片の内部損傷の発生と進展を詳細に追跡できます。



X線CTシステム内に搭載する3点曲げ試験機



CFRP試験片の内部損傷の発生と進展

応力と損傷深さの推移

Webinar

複合材料の新たな設計勘所と試験評価技術の最先端
—三次元X線CT用曲げ試験機を用いた複合材料の非破壊内部観察と試験システムのご紹介—
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2 シリーズ



Product >

✓ 受託可能

破壊解析

チャック切れを回避する複合材料引張試験のテクニック



Application >

複合材料の引張試験では短冊形状の試験片がよく用いられます。短冊試験片を用いる場合、つかみ部分で破断するチャック切れが発生する可能性があります。これはチャック滑りを防止するためつかみ歯面に設けられた凹凸で応力集中が発生することにより、試験片の中で最も破壊が発生する確率の高い点がつかみ部に生じるためと考えられます。このチャック切れを改善するため、つかみ歯やつかみ方に工夫が求められます。FRP用定位置くさび形つかみ具を用いて、ランダム配向熱可塑性CFRPの引張破壊評価を実施した事例を紹介します。



熱可塑性エポキシ樹脂をベースとした幅6~8mmのUDテープを、長さ6.5mm、13.0mm、26mmに切断し、繊維方向を様々な方向に配向させた後、プレス成形により厚さ3mmのランダム配向熱可塑性CFRP板を3種類作成しました。各CFRP板から、長さ250mm、幅25mmの試験片を切り出して評価を行いました。引張試験の際には#600番の布やすりを試験片把持部とつかみ具のつかみ歯の間に挿入する、仮想タブを用いた試験法を採用しました。UDテープの長さによらず、チャック切れなく標定部で引張破壊させることができました。



破壊状況
(UDテープ長さ 6.5 mm)



破壊状況
(UDテープ長さ 13 mm)



破壊状況
(UDテープ長さ 26 mm)

ここで紹介した成果は、経済産業省委託事業「炭素繊維強化熱可塑性プラスチックの基本特性に関する国際標準化」の一環として得られたものです。関係各位に感謝申し上げます。

精密万能試験機 オートグラフAGX-V2 シリーズ



Product >

✓ 受託可能

破壊解析

CFRPの疲労試験過程で発生するひずみ分布観察

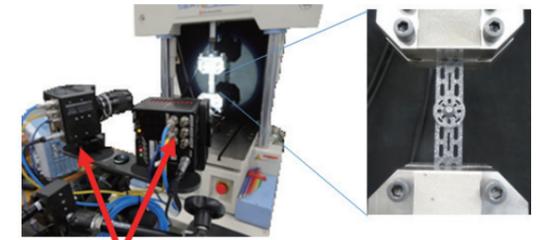
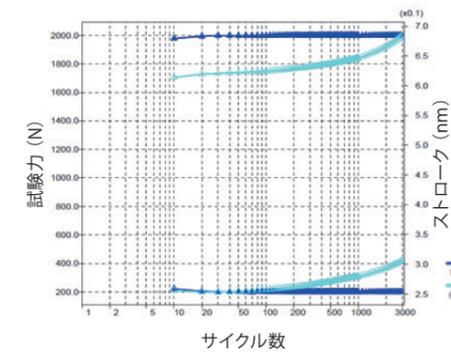


Application >

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) などの複合材料は、複雑な構造を有しているものが多く、面的な評価が必要となっています。また、部品や実製品においても、応力集中部の特定やひずみ分布の特定などのニーズがあります。

疲労試験

CFRP材穴あき試料を試験力制御 (試験力 200 N ~ 2000 N) で疲労試験を行い、その様子を高速カメラにて撮影を行いました。

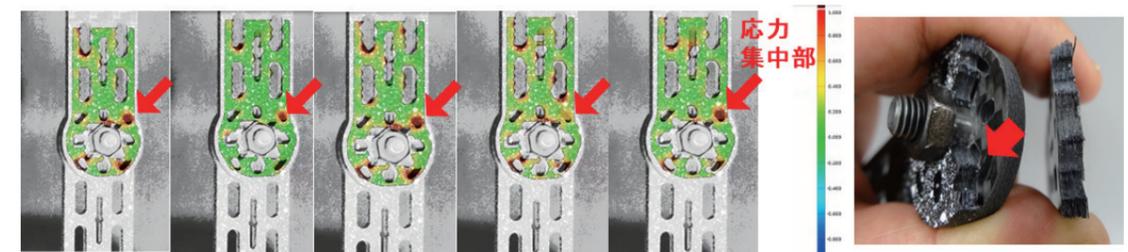


高速カメラ FASTCAM Mini AX200

徐々に変位が大きくなり、3000 サイクルで、変位量が 0.7 mm に達したところで破断しました。

高速カメラ撮影・3D-DIC 解析 (1 サイクル分)

高速カメラで撮影した画像から、3D-DIC解析を行いました。負荷のかかる箇所の偏りが確認できました。



3D-DIC解析結果の“応力集中部”と実際の“破断の起点”が一致しました。

油圧サーボ式疲労耐久試験機 EHF-L シリーズ



Product >

✓ 受託可能

破壊解析

FRPの温湿度環境下での疲労特性評価



Application >

FRPは、様々な温度や高湿度の使用環境下に晒されることで、材料の特性が変化する可能性があります。このため、温度だけでなく湿度もコントロールした環境で静的 / 動的試験を行い、特性の変化を評価することが必要となります。幅広いロードセルラインナップから試料に適したものを選択することで、1台の装置で様々な材質の試験片や部品・実製品を試験できます。

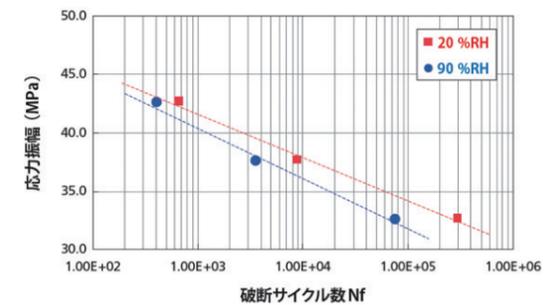
ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) の引張疲労試験

吸湿性の高いナイロン66をマトリックスとするGFRPについて、異なる湿度環境下で引張疲労試験を行いました。



試験外観

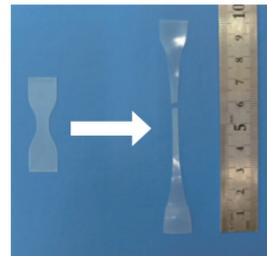
試験温度 80 °C
試験湿度 20、90 %RH



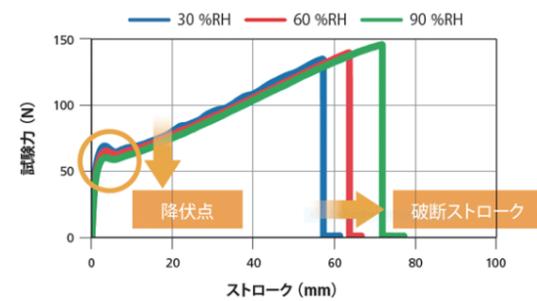
湿度が高いほど疲労強度が低下湿度が高いほど降伏点が低下しています。吸湿性のある材料の評価において湿度制御は欠かせません。

ナイロン66の静的引張試験

吸湿性の高いナイロン66シート(厚さ0.3mm)の静的引張試験を行いました。



試験温度 25 °C (一定)
試験湿度 30、60、90 %RH



吸湿性のある材料の評価では、湿度の違いによって物性が異なるため、恒湿環境下での試験が必要です。

油圧サーボ式疲労・耐久試験機 EHF-U シリーズ



Product >

破壊解析 その他のアプリケーション

CFRPの引張試験の破壊観察

一方向CFRPの静的引張試験における破壊観察



Application >

有孔CFRPの引張試験の破壊観察

有孔CFRPの引張試験における破壊観察
～2台の高速度ビデオカメラを用いた同期撮影～



Application >

CFRPのMixed Mode Bending Test

ASTM D6671に準拠したCFRPのMMB試験



Application >

動画

CFRP試験治具 (ASTM D6671) の紹介



Movie >

有孔CFRPの圧縮試験

複合材料の有孔圧縮試験



Application >

動画

CFRP試験治具 (ASTM D6484) の紹介



Movie >

ASTM D7078せん断試験

動画

CFRP試験治具 (ASTM D7078) の紹介



Movie >



精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ



Product >

軽量化 金属板材成形

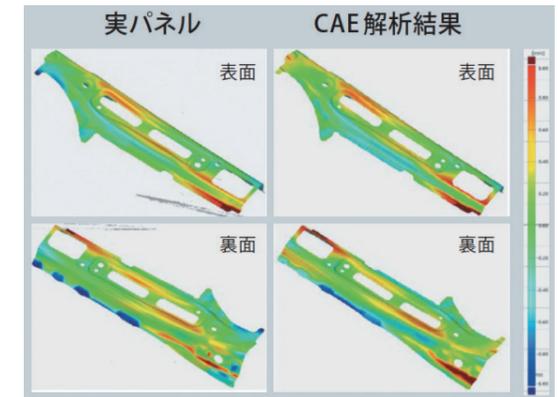
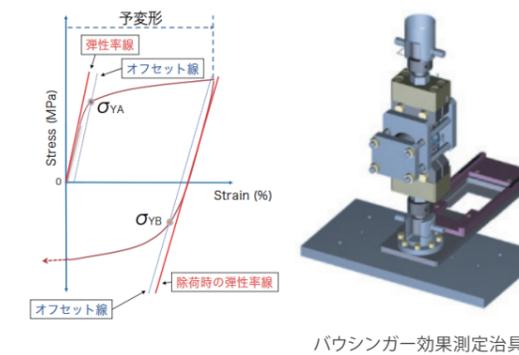
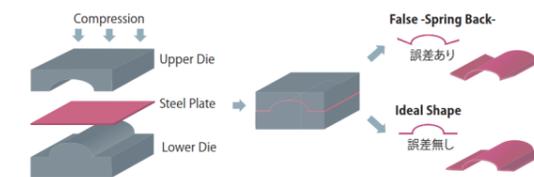
輸送機の軽量化には、比強度の高い高張力鋼、軽量なアルミニウム合金、マグネシウム合金などをプレス成形部品に採用することが必須になります。これらの材料はプレス加工が比較的難しいため、金型修正が繰り返し発生して、開発コストが増大したり開発期間が長期化することが懸念されます。この課題を解決するために、近年ではシミュレーションによって成形不良を事前に予測し、実物評価の回数を減らす試みが活発化しています。特に、板材成形におけるスプリングバック、割れ、しわなどの現象は、製品品質に大きく影響するため、正確な予測が求められます。これらの現象を正確に予測するためには、材料の異方性やバウシinger効果といった複雑な挙動を考慮した高精度な材料モデルが必要となります。ここでは、一般的な引張試験に加えて板材成形に有効な評価をご紹介します。

- ▶ バウシinger効果測定による高張力鋼板のプレス成形シミュレーション精度向上 P.65
- ▶ 広応力三軸度域における延性材料破壊挙動のDIC解析 P.66
- ▶ 金属試験片のプレス成形性に関連する指標の評価 P.67
- ▶ その他のアプリケーション P.68
 - ▶ プレス加工シミュレーション向け試験
 - ▶ 高張力鋼のヤング率・ポアソン比測定
 - ▶ 高張力鋼の高速引張試験

バウシinger効果測定による高張力鋼板の プレス成形シミュレーション精度向上

高張力鋼板はプレス成形後の形状不良が起きやすく、プレス金型の製作時に、多大な時間とコストを要するという課題がありました。近年、CAE（Computer Aided Engineering）解析技術の進歩やPCの計算速度の改善により、形状不良の原因の一つとなっているスプリングバック現象の予測精度が向上しています。プレス成形用の金型製作においてもCAE解析は活用されており、開発時間の短縮と大幅なコスト低減を実現する手段として注目されています。シミュレーションを高精度に行うためには、材料試験機を用いて各種特性値を取得し、これらの値をシミュレーションに適用することが必要です。特に、バウシinger効果を考慮した材料モデルを構築することで、複雑形状部品のプレス成形シミュレーションの精度を向上させることができます。

鋼板のプレス成形とスプリングバック



Webinar

板材成形シミュレーション高精度化のための材料評価事例
※閲覧には会員制サービス My SHIMADZU for Analytical への会員登録が必要です。



Movie >

精密万能試験機 オートグラフAGX-V2 シリーズ



Product >

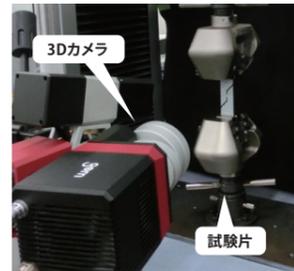
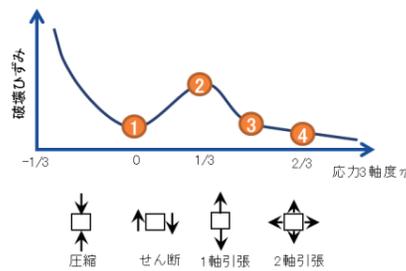
✓ 受託可能

広応力三軸度域における延性材料破壊挙動のDIC解析



Application >

自動車部品をはじめ、様々な用途で 사용되는アルミ合金などの延性材料は、製品内部の応力状態によって延性が変わり、破断ひずみが増えることが知られています。延性材料の強度予測を行う上で、広範囲な応力三軸度域における延性破壊特性を評価することが重要となるため、応力三軸度の異なる試験片について引張試験中の破壊挙動をDIC解析により評価しました。



3D-DIC解析

加工したアルミ鋳造材について引張試験 + DIC解析を行い、応力三軸度の異なる各試験片が破壊に至るまでの表面のひずみ分布の挙動をそれぞれ解析しました。

応力状態	①せん断	②一軸引張	③二軸引張 (R=3.75)	④二軸引張 (R=1.25)
応力三軸度	0	0.33	0.5	0.67
試験片写真				
ひずみ分布 DIC解析結果				

動画

広応力三軸度域における延性材料破壊挙動の3D-DIC解析



Movie >

精密万能試験機
オートグラフAGX-V2 シリーズ



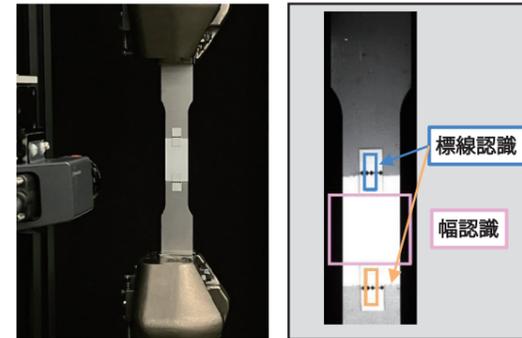
Product >

金属試験片のプレス成形性に関連する指標の評価

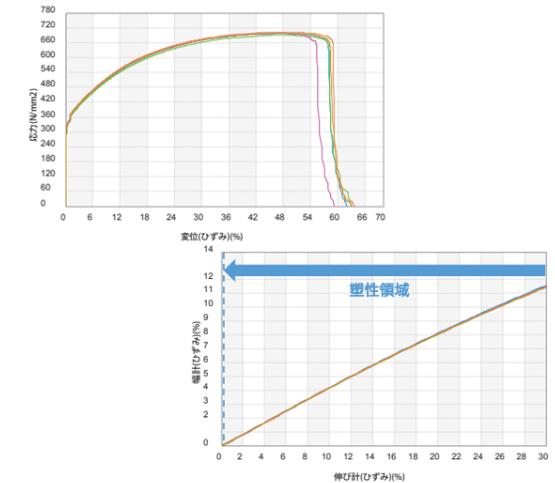


Application >

プレス加工シミュレーションの精度向上は、製品品質の安定化と開発期間の短縮に不可欠です。高精度なシミュレーションを実現するためには、板金のプレス成形性を示す指標であるランクフォード値 (r 値)、や塑性変形のしやすさに関する降伏曲面を評価し、シワや割れといった欠陥の発生を予測することが重要です。精密万能試験機と伸び幅計、専用治具を用いることで、ランクフォード値や降伏曲面を評価できます。

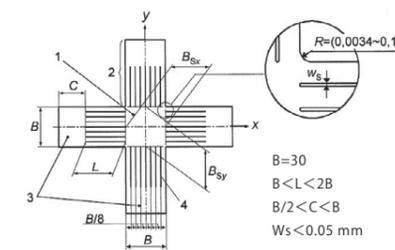


20% r 値 TRViewX	20% r 値 接触式伸び幅計	0.2% 耐力 [MPa]	引張強さ [MPa]
0.861 ± 0.0078	0.855 ± 0.012	325 ± 3.3	696 ± 4.2

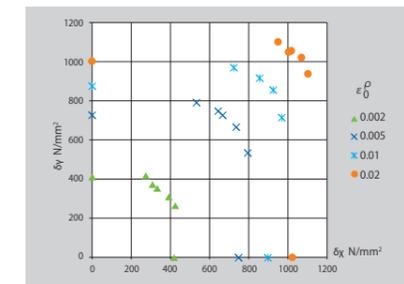


ビデオ式非接触伸び幅計を用いた r 値の測定

精密万能試験機とビデオ式非接触伸び幅計で、JIS Z2254:2021に準拠した測定を手軽に実施できます。



二軸引張による降伏曲面の評価



精密万能試験機に専用治具を取りつけるだけで、ISO規格16842に準拠した二軸引張試験を実施して降伏曲面を評価できます。

精密万能試験機
オートグラフAGX-V2 シリーズ



Product >

その他のアプリケーション

プレス加工シミュレーション向け 試験

プレス加工性評価
— シミュレーションに使える正確な
設計データ取得に向けて —



Application >



精密万能試験機
オートグラフ AGX-V2 シリーズ

高張力鋼のヤング率・ ポアソン比測定

改良型非接触式伸び幅計による
高張力鋼板のヤング率・
ポアソン比評価



Application >



Product >

高張力鋼の高速引張試験

HITS-TX による高張力鋼の
高速引張試験



高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ



Application >



Product >

軽量化 樹脂成形

車体軽量化のために、高強度かつ軽量の樹脂の開発と採用が進められています。樹脂は、形状の自由さと量産のしやすさから様々な部品に採用されますが、成形条件によって材料の特性が大きく変化するため、製品の品質を確保するためには成形条件と特性の関係性を把握することが重要です。樹脂部品が要求品質を満たさない場合、強度と内部構造、組成などを多角的に評価して、成形条件の改善を図ることが有効です。

- |
樹脂比率を高めたドアのベンチマーク評価
P.70
- |
成形条件の違いによる特性変化の多面的評価
PC/ABS の配合条件の違い
PC/ABS の混練条件の違い
PLA の熱処理条件の違い
P.72
- |
複雑な組成を持つ高分子材料の組成解析
P.75
- |
高分子材料に含まれる添加剤の詳細解析
P.76
- |
汎用樹脂の流動性評価
P.77
- |
繊維強化樹脂の流動性評価
P.78



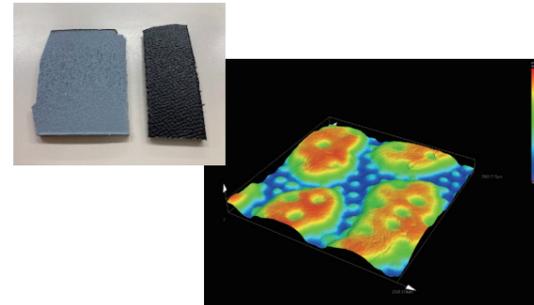
✓ 受託可能

樹脂比率を高めたドアのベンチマーク評価

自動車メーカー、部品サプライヤーにおいて、ベンチマークは開発の基本的な活動の一つと考えられています。ベンチマークでは自動車の「走る・曲がる・止まる」などの走行性能から始まり、部品の重量や点数・留め方、部品に用いられている材料の組成や寸法、構造、部品の材料特性、添加剤（特性評価は耐候試験との組み合わせ評価が必須）と様々な調査が行われます。ここではベンチマークの中でも部品の構造、部品に用いられる材料の物性と成分の確認に焦点をあてた事例を紹介します。



レーザー顕微鏡による凹凸観察



凹凸観察から、ドア表面は大きく深いシボで傷つきにくい、シボが三重で光沢を抑制し傷が目立たない工夫が採用されていると考えられます。

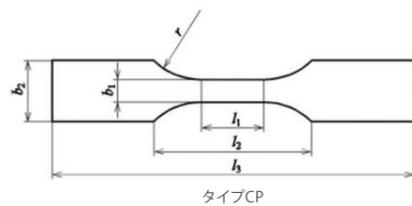
X線CTシステムによる内部構造観察



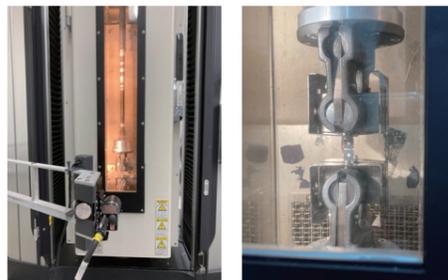
X線透視による内部構造観察

構造観察から、鉄フレーム以外は全て樹脂であることがわかります。

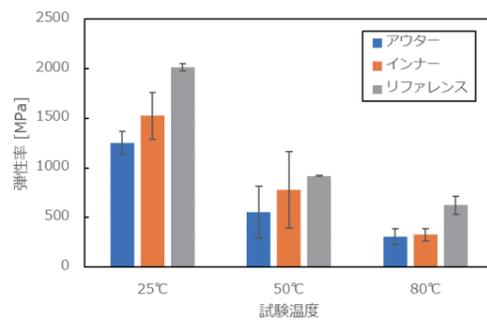
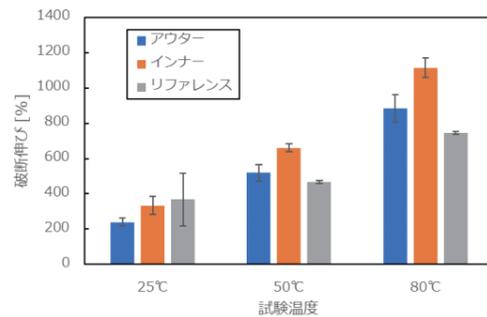
万能試験機による機械特性評価



引張試験の様子

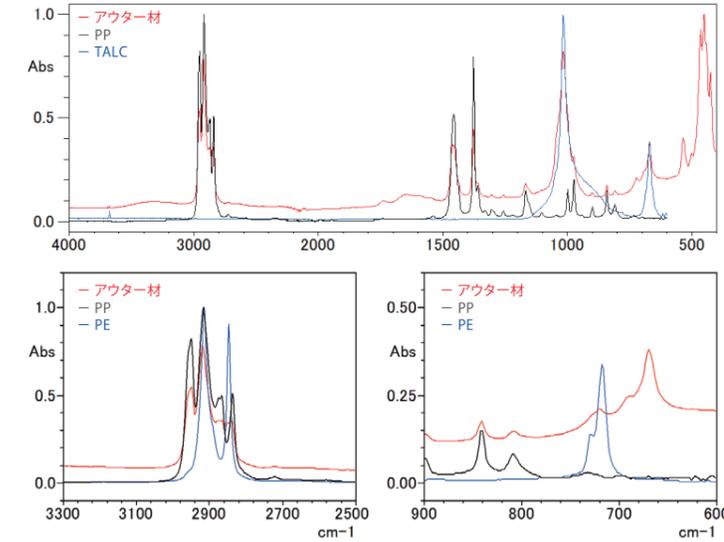


機械特性評価から、ドアに用いられる樹脂材料の温度依存性が把握できます。



✓ 受託可能

FTIRによる成分同定



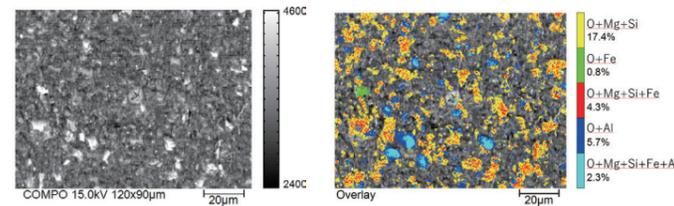
FTIRによる成分同定から PP、PE、タルクが含有されることがわかります。

熱分析による成分割合推定

成分割合	評価手段	
タルク割合	DTG	11.7 %

熱分析から、タルクは 11 % 程度含有されると示唆されます。

EPMAによるタルク成分同定と分布評価



EPMAによるタルク成分同定と分布評価から数~20 μm程度の不定形状タルクが含有されることがわかります。

EDXによる無機成分同定

定量分析結果	
分析対象	分析結果
Si	2.465 %
Mg	1.303 %
Ti	0.647 %
Al	0.179 %
S	0.054 %
Ca	0.048 %
Fe	0.042 %
Cl	0.016 %
K	0.010 %
P	0.005 %
Cr	0.005 %
Sb	0.003 %
C3H6	95.222 %

EDXによる無機成分同定からもタルクの成分 (Si、Mg) が含有されることがわかります。

マイクロフォーカスX線CTシステム

inspeXio
SMX-225CT
FPD HR Plus

Product >

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2シリーズ

Product >

エネルギー分散型蛍光X線分析装置
EDX-7200

Product >

3D測定レーザー顕微鏡
OLS5100

Product >

フーリエ変換赤外分光光度計
IRTracer-100

Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G

Product >

✓ 受託可能

成形条件の違いによる特性変化の多面的評価 PC/ABSの配合条件の違い



Application >

PC/ABS樹脂はPC樹脂の耐熱性、耐衝撃性および難燃性にABS樹脂の成形加工性、メッキ特性などが付加された熱可塑性樹脂で自動車内装部品、事務機器、家電機器などに幅広く使用されています。PC/ABS樹脂は組成比率を変化させることで要求仕様に合わせた特性を得ることができますが、万が一、成形機に投入する材料投入比率に間違いが発生した場合は成形不良となってしまいます。このため、成形前の材料投入比率を確認するだけでなく成形後の材料特性を評価して要求仕様に合っているかを確認することが重要です。複数の分析装置を組み合わせた試験により、PC/ABS試験の材料投入比率と各種特性の関係性、材料投入比率と成形後の組成比率の一致性を評価できます。

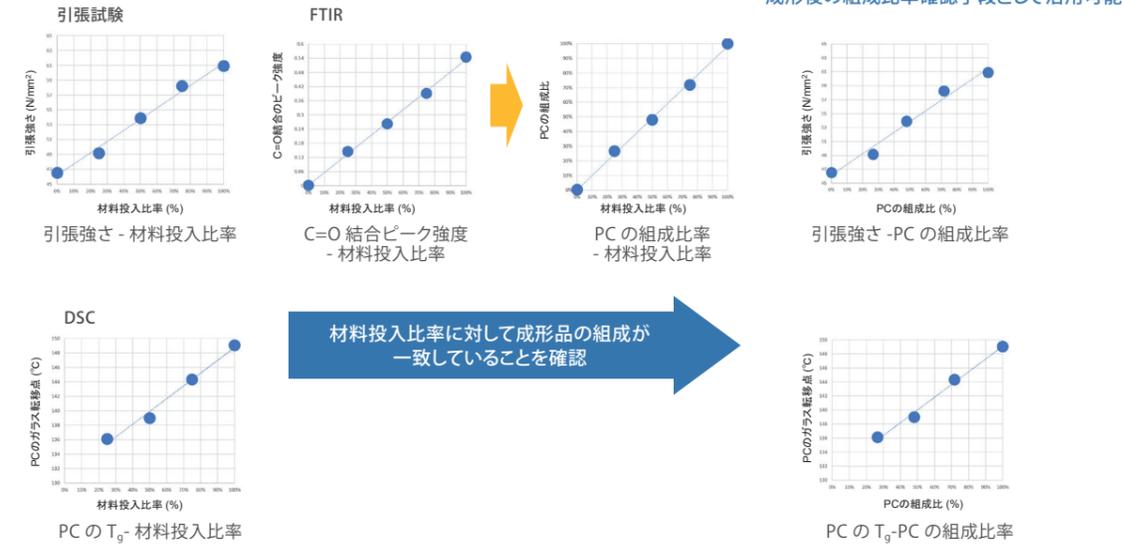


サンプル外観
左から PC : ABS = 0:100、25:75、50:50、75:25、100:0

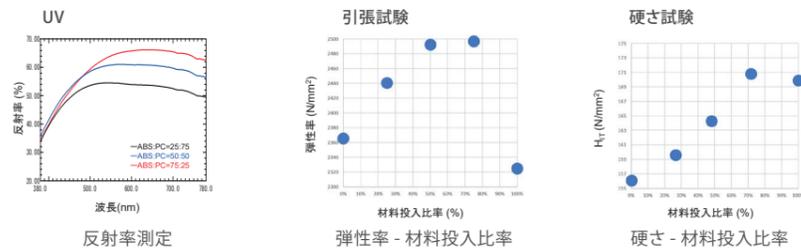
成形前の加熱条件

PC : ABS	混練機での混練	成形機での混練
0:100	なし	220℃、約250秒
25:75	260℃、約120秒	260℃、約250秒
50:50	260℃、約120秒	260℃、約250秒
75:25	260℃、約120秒	260℃、約250秒
100:0	なし	290℃、約250秒

材料投入比率に対する諸特性の比較を実施



材料投入比率に対して黄色度、弾性率、硬さの変化を確認



✓ 受託可能

成形条件の違いによる特性変化の多面的評価 PC/ABSの混練条件の違い

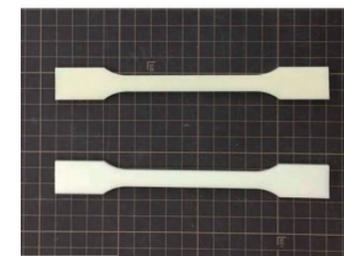


Application >

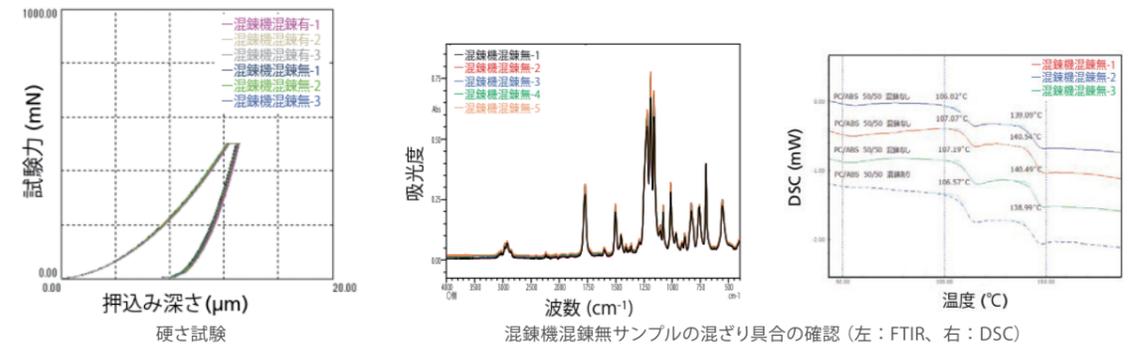
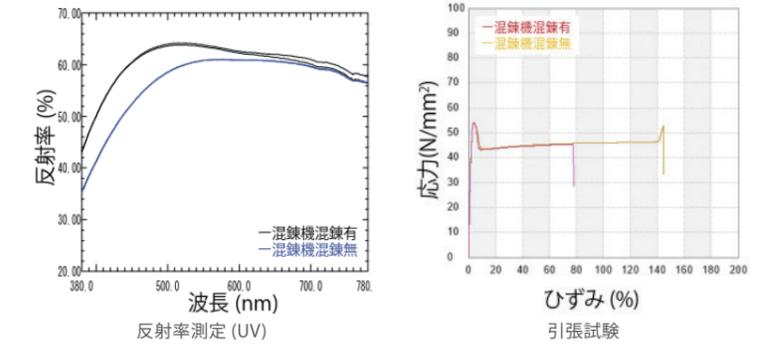
PC/ABS樹脂のようなブレンドポリマーは、混練条件によって機械的性質や加工性が変化するため、最適な混練条件の検討が高品質な自動車部品の製造において重要です。様々な評価装置で材料の諸物性を調べることで、最適な混練条件の検討に有用なデータを取得できます。

成形前の加熱条件

サンプル	材料投入比率 (PC:ABS)	混練機による混練条件	射出成形機による混練条件
混練機混練有	50:50	260℃、約120秒	260℃、約250秒
混練機混練無	50:50	なし	260℃、約250秒



サンプル外観
上が混練機混練有、下が混練機混練無



反射率測定と引張試験の結果から、混練機混練有のサンプルは黄色度が高く、破断伸びが低いことがわかりました。一方で、組成分析と熱分析の結果から、混練機混練無のサンプルも測定位置による特性のムラはなく、混練状態は問題ないことが確認できました。上記の結果と、混練機混練有のサンプルは加熱時間が長いことから、ABSの中で特に熱に弱いブタジエンの変化が、黄色度と破断伸びに差をもたらしたと考えられます。

✓ 受託可能

成形条件の違いによる特性変化の多面的評価 PLAの熱処理条件の違い

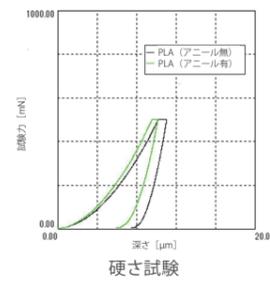
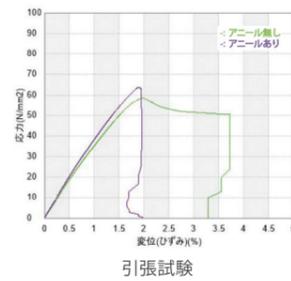


Application >

植物由来で環境負荷の少ない材料として注目される PLAは熱処理により材料特性が変化します。機械特性だけでなく、熱特性の評価を組み合わせることで、熱処理の影響を詳細に評価して最適な熱処理条件を検討することができます。

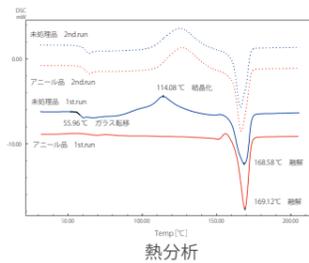
サンプル A と B の各種機械特性の違い

	アニール条件	引張強さ (MPa)	弾性率 (MPa)	破断伸び (%)	H _{IT} (MPa)
サンプルA	なし	58.7	3660.9	3.6	221.5
サンプルB	100℃、30分	62.5	4020.8	1.9	227.6



サンプル A と B の熱特性の違い

	T _g (°C)	結晶化 (°C)	融解 (°C)
サンプルA	56.0	114.1	168.6
サンプルB	—	—	169.1



サンプル B ではガラス転移点、結晶化のピークが見られないことから、アニールで結晶化を進め、それが機械特性の違いを生じさせていたとわかりました。

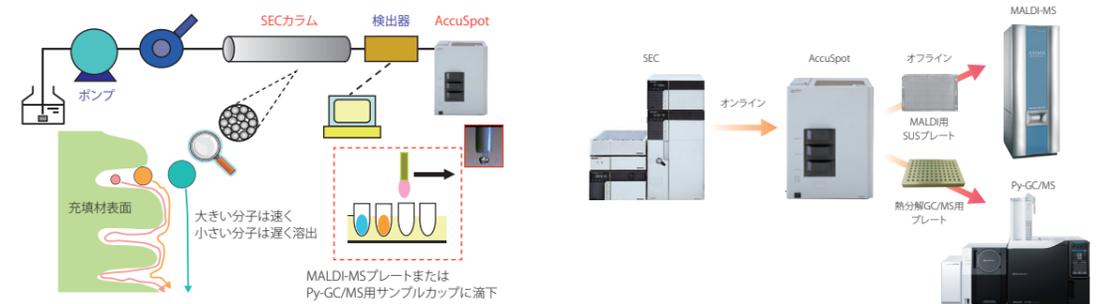
✓ 受託可能

複雑な組成を持つ高分子材料の組成解析



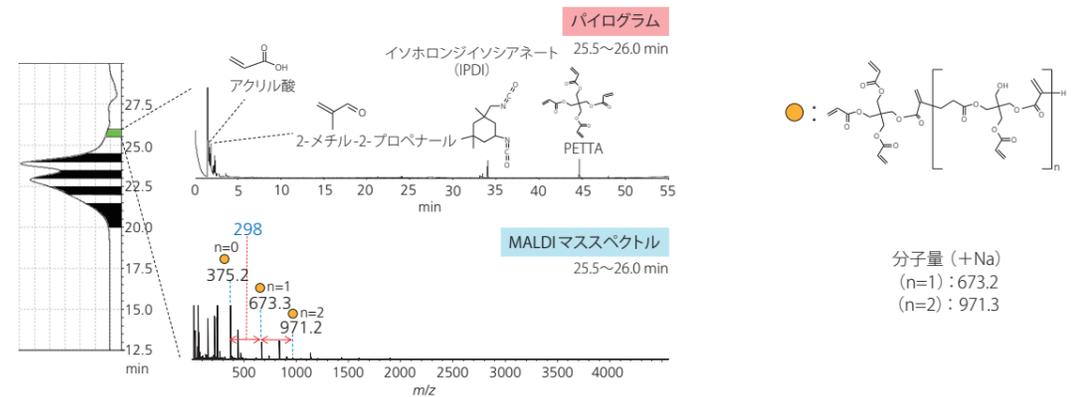
Application >

塗料原料などの高分子材料の品質管理や性能向上のためには、組成や構造の詳細な解析がしばしば必要とされます。しかし、現在の高分子材料には、複数の樹脂を混合して機能性を高めたブレンドポリマーや多様な添加剤を配合したものなど、そのままでは分析が難しい複雑な組成を持つものも多々あります。そうした材料の分析には、複雑な成分をできるだけ個別に分離した後、熱分解 GC/MS (Py-GC/MS) やマトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析法 (MALDI-MS) を適用するシステムが有効です。



SEC-AccuSpot の構成と機能

SEC-AccuSpot/MALDI-MS または Py-GC/MS の装置構成



サイズ排除クロマトグラフィー (SEC) で分離したフラクションの熱分解 GC/MS パイログラムと MALDI マススペクトル

分子量 (+Na)
(n=1) : 673.2
(n=2) : 971.3

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2シリーズ



Product >

超微小硬度計
DUHシリーズ



Product >

紫外可視分光光度計
UV-2600
シリーズ



Product >

フーリエ変換赤外分光光度計
IRTracer-100



Product >

示差走査熱量計
DSC-60 Plus
シリーズ



Product >

ガスクロマトグラフ質量分析計
GCMS-QP2050



Product >

床置き型MALDI-MS
AXIMA Performance +AccuSpot



Product >



Product >

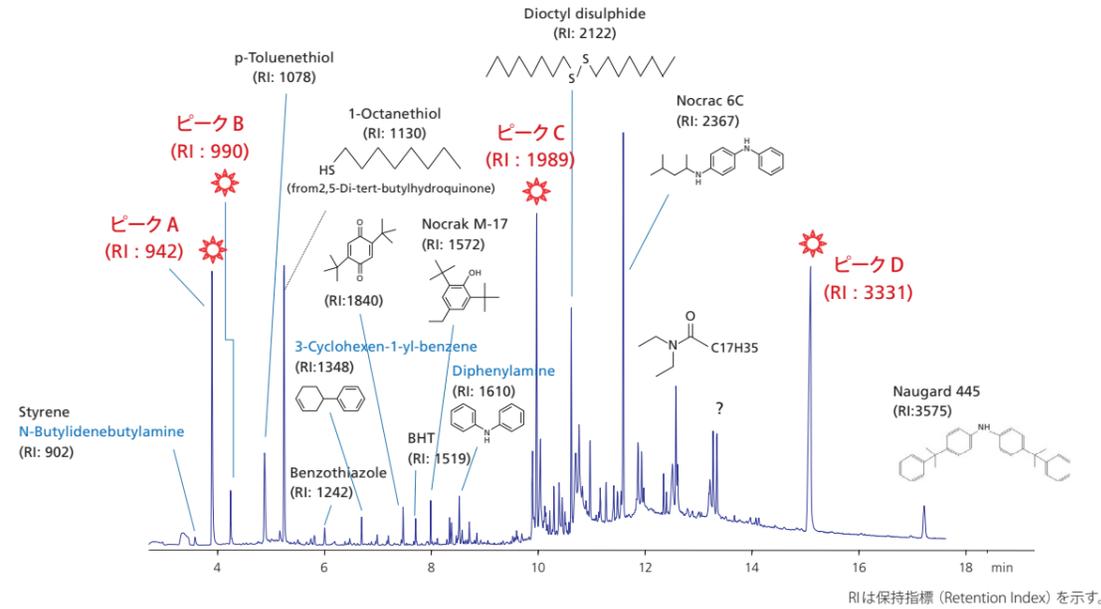
✓ 受託可能

高分子材料に含まれる添加剤の詳細解析



Application >

樹脂材料中の微量添加剤の分析は、品質管理や研究開発、化学物質規制対応などのため、重要性が高まっています。分析のためにGC/MSと汎用マススペクトルライブラリが広く用いられますが、添加剤の種類が多岐にわたる上に製造工程における熱分解や変性も発生するため、分析には長年の経験と知識が必要でした。高分子材料向け添加剤に特化したGC/MSマススペクトルライブラリを使用することで、樹脂材料中の添加剤分析を簡便かつ効率的に行えます。

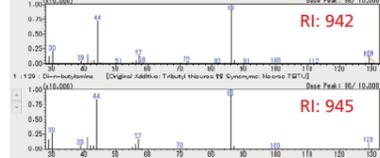


熱抽出 GC/MS 分析で得られたトータルイオンクロマトグラムと検出された各ピークの定性解析結果

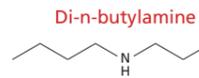
ピーク A

類似度: 96

測定
スペクトル



ライブラリ
スペクトル



老化防止剤
Tributyl thiourea
に由来

CAS 番号: 0-00-0 分子量: 129 シフト番号: 3297
化合物名: Di-n-butylamine [Original Additive: Tributyl thiourea] Synonyms: Nocrac TBTU
分子式: C₈H₁₉N 分類: Antidegradant

高分子添加剤ライブラリによるピークの定性解析結果

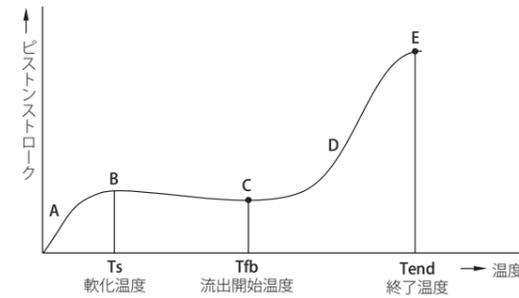
✓ 受託可能

汎用樹脂の流動性評価

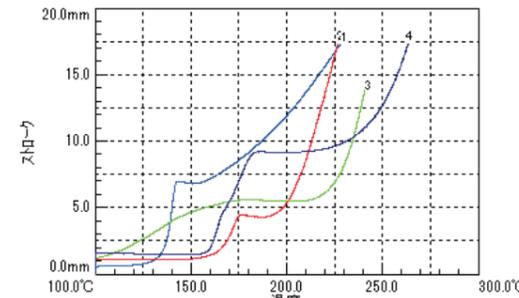


Application >

熱可塑性樹脂は加熱すると軟化し、冷却すると硬化するという可逆性から、繰り返し利用できる性質を持ちます。熱可塑性樹脂には、ペットボトルなどに使用されるポリエチレンテレフタレート (PET) や台所用品などに使用されるポリプロピレン (PP) など様々な種類があり、高温・軟化時における流動特性はそれぞれ異なります。そのため、材料となる樹脂がどのくらいの温度でどのような流動特性を示すかを評価することは、良質な成形品を製造するために必要です。このような評価にはフローテスタを用いた昇温法試験が有効であり、樹脂の温度に対する流動特性を簡易的に測定できます。



記号	呼称	定義
AB	軟化領域 (軟化曲線)	試料が圧縮試験力を受けて変形し、内部空隙が次第に減少していく段階。
TS	軟化温度	内部空隙が消失し、不均一な応力の分布を持ったまま外観は均一な 1 個の透明体あるいは相になる温度。
BC	停止領域 (停止曲線)	有限な時間内ではピストンの位置に明瞭な変化がなく、かつ試料のダイからの明らかな流出は認めがたい領域。
Tfb	流出開始温度	試料の熱膨張によるピストンのわずかな上昇が行われた後、再びピストンが明らかに降下し始める温度。
CDE	流出領域 (流出曲線)	試料が明らかにダイより流出する領域。



試料名	軟化温度 (°C)	流出開始温度 (°C)	1/2 法温度 (°C)	1/2 法粘度 (Pa.s)
PE	142.4	153.6	203.6	16,370
PP	175.6	187.2	215.6	5,716
PVC	175.3	208.2	234.4	6,138
PC	183.1	205.1	253.9	10,590

ガスクロマトグラフ質量分析計
GCMS-QP2020 NX



Product >

GC/MSマススペクトルライブラリ
高分子添加剤ライブラリ



Product >

定試験力押出形 細管式レオメータ フローテスタ
CFT-EX シリーズ



Product >

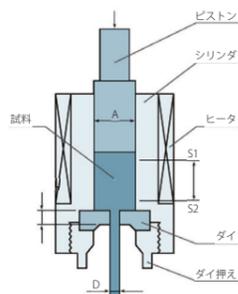


繊維強化樹脂の流動性評価

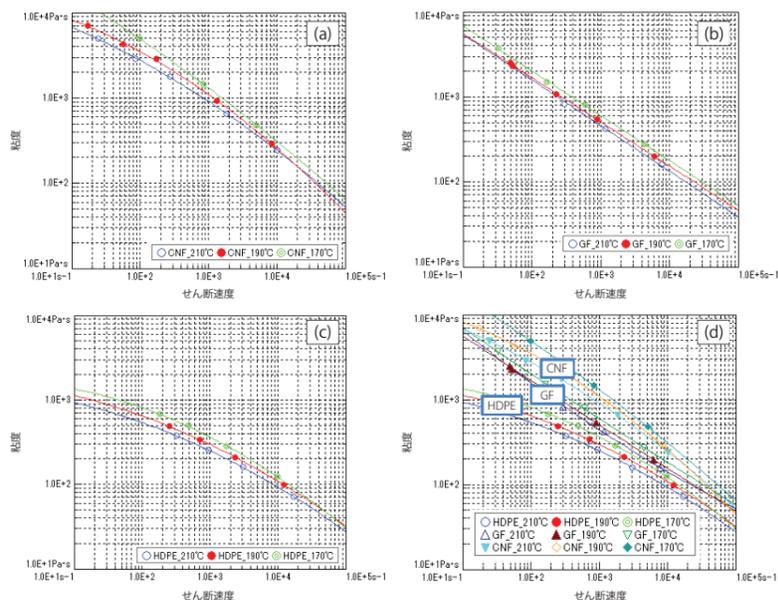


Application >

熱可塑性の繊維強化プラスチック（FRP）は成形性が良く軽量で強度が高いため、軽量化に資する材料として期待されており、高強度かつ軽量の複合材料を開発する研究が進められています。射出成形の場合、適切な温度や圧力は、樹脂の種類や金型形状などにより異なり、条件が悪いと充填不良・過充填・ひけ・ポイドなどの成形不良の原因になります。また、適正な条件で成形を行っても、原料の樹脂の状態が変われば、成形の不具合につながります。そのためFRPにおいても、最適な成形条件を求めることが重要になってきます。成形条件の特定に必要な流動性の評価を実施しました。測定サンプルは、セルロースナノファイバー強化高密度ポリエチレン（CNF強化HDPE）、ガラスファイバー強化高密度ポリエチレン（GF強化HDPE）、高密度ポリエチレン（HDPE）単体の3種類を用意しました。



全ての材料で測定温度が高くなると粘度が低くなる傾向、せん断速度が大きくなるにつれて粘度が低下していく様子が見受けられます。HDPEが最も低く、次にGF強化HDPEが高く、CNF強化HDPEが最も高くなりました。つまり、強化材を加えることで粘度が高くなるのがわかります。



軽量化 異種材料接合・積層造形

接合技術はマルチマテリアルから積層造形まで多様な用途で活用が検討されています。

特に、マルチマテリアルは従来の単一素材ではなく、複数の素材を組み合わせ、最適配置することで軽量化や高強度化を実現する手法のため、異種材料の接合・接着はその実現のために不可欠な要素となっています。しかし、従来の同種材の接合技術では、異種材料の接合強度が維持できないため、新たな接合技術開発が求められます。接着・接合強度は、材料毎の線膨張係数の違いや被接着体毎の界面特性、接着部の微細構造および接着剤の特性など様々な要素に影響を受けるため、多角的な評価が重要です。ここでは、マルチマテリアル異種接合に有効な評価をご紹介します。

シミュレーション技術の向上に伴い、部品の強度を維持したまま形状を変更することで軽量化を実現させる形状最適化（トポロジー）の技術が進歩しています。しかし、解析により同定された最適形状が複雑なケースも散見され、従来の製造方法で製作するのが難しい場合があります。このようなケースでは三次元造形（3Dプリンター）に期待が寄せられています。ただし、3Dプリンターは従来用いられてきた製造手段と異なり、内部構造や機械特性が特異な場合があるため、多面的な評価が求められます。3Dプリンターに有効な評価をご紹介します。

- | 高張力鋼板とアルミ合金板の異種接合に対する多面的評価 P.80
- | 異種材料のレーザー加工例と分析・評価技術 P.81
- | 実環境を想定した各種の接着強度評価 P.82
- | チタン合金を用いた積層造形における疲労寿命に対する欠陥の影響 P.83
- | その他のアプリケーション P.84
 - 接着部の高速引張試験
 - 緩やかに進行する接着剤の反応過程の分析
 - 短時間で進行する接着剤の反応過程の分析
 - 樹脂 3Dプリンター材料の熱特性評価
 - 金属 3Dプリンター材料の粒子径分布測定

定試験力押し形 細管式レオメータ フローテスタ
CFT-EX シリーズ



Product >



✓ 受託可能

高張力鋼板とアルミ合金板の異種接合に対する多面的評価

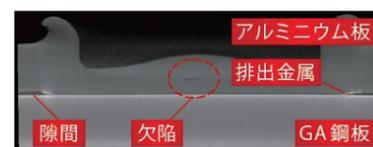


Application >

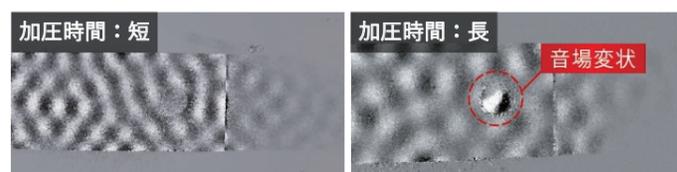
車体軽量化のために、高強度な材料と軽量な材料を接合して利用することが進められています。異種材料を接合して利用するには、接合部が弱くなるような欠陥や構造がないかを確認して十分な強度を確保することが重要です。様々な装置を組み合わせて接合材料を多角的に評価することで、接合部の欠陥や構造、強度を効率的に調べて材料の品質を確認できます。



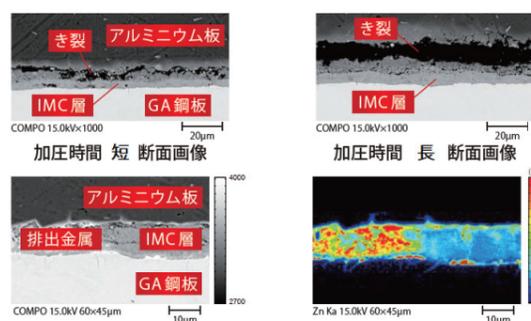
試料外観



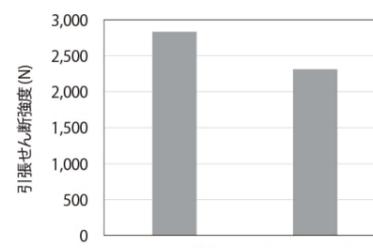
X線CTによる内部観察・寸法測定



超音波光探傷装置による欠陥検査



電子線マイクロアナライザによる断面観察・元素マッピング



精密万能試験機による引張せん断試験

技術紹介
異種金属の摩擦攪拌点接合に対する多面的評価



Application >

超音波光探傷装置
MIV-X



Product >

精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2シリーズ



Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio
SMX-225CT
FPD HR Plus



Product >

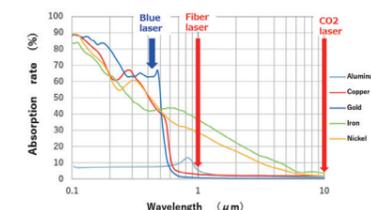
異種材料のレーザー加工例と分析・評価技術

レーザー粉末肉盛り (LMD, Laser Metal Deposition) は、金属粉末を基材表面に溶接する技術で、部品の表面に特定の材料を追加することで耐磨耗性や耐腐食性を向上させたり、修復や改良を行うために使用されます。特に銅は熱・電気伝導性や耐食性という観点で有用な材料ですが、全てを銅材料で作ると重量やコストが上がりやすいという欠点があります。そのため、銅材料はLMDにおける有力なアプリケーションです。一方で、一般的なファイバーレーザーを熱源した場合、光反射率の問題から銅粉末によるLMDは困難で、粉末の溶融不良によるワークとの接合不良や、粉末溶け込みの不均一さなどの課題が挙げられます。加工技術の妥当性確認に必要な評価技術を紹介します。

ブルーレーザーによる銅加工

一般的に使用されるファイバーレーザーに比べて、ブルーレーザーは銅の光吸収率が10倍以上高いため、より少ない投入エネルギーで銅を溶融させることができます。また、吸収率が高いことで昇温速度のコントロールがしやすく、接合不良の原因となるスパッタの発生を抑制できます。

島津のブルーレーザー加工機の特徴
3kWブルーレーザー (右)
金属材料の波長と吸収率の関係 (左)



銅粉末 LMD 材料の評価料の評価技術

SUS材料にCu-LMD加工を施したサンプルの評価をX線CTとEPMAにより行いました。サンプルはAとBの二種類でそれぞれLMD加工を行う粉末の供給量が異なります。(A>B) Cuコーティング層のX線CT像からサンプルAはサンプルBよりもボイドが多いことがわかりました。またEPMAによる元素分析から、サンプルAはサンプルBに比べてSUS母材の溶け込みが小さくCu層とSUS層の混ざり度合いが小さいことがわかりました。粉末供給量の違いにより、母材であるSUS層への溶融度が変化するため、Cu粉末との混ざり方やボイド状態に変化が見られたと考えられます。

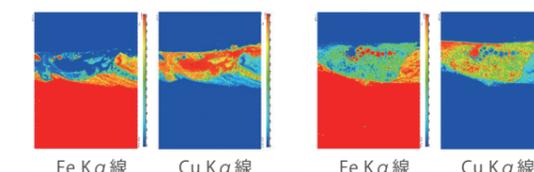
Cu粉末コーティングしたSUS材料



X線CTによるCuコーティング層の観察結果



EPMAによる断面層の元素分析結果



マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus



Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



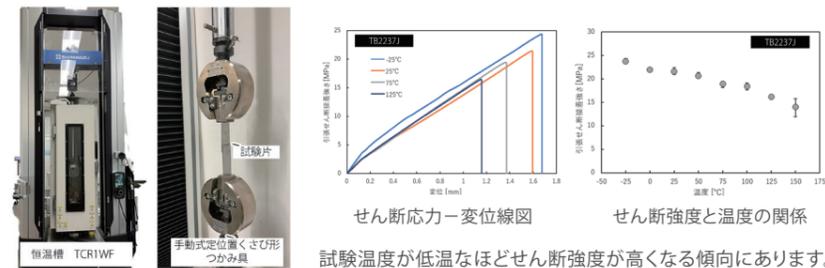
Product >

✓ 受託可能

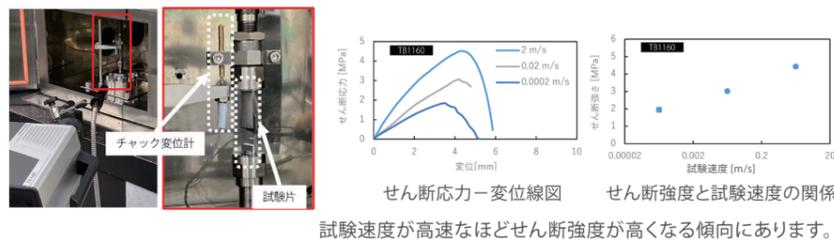
実環境を想定した各種の接着強度評価

マルチマテリアル化を進める上で、接着の採用が拡大しています。接着は防錆性、ねじり剛性、強度の向上だけでなく、異種材料間の線膨張係数の差により発生するひずみの緩和など、様々な性能向上に貢献します。また、溶接などの他の接合と接着を組み合わせた活用の検討も進められています。一方で、温度変化や振動、衝突時の衝撃など、自動車の実走行時に想定される環境は複雑で、接着部には多様な負荷が加わります。そのため、求められる接着性能やその評価方法も多様化しています。

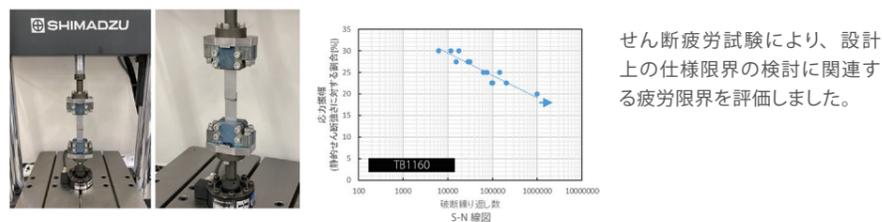
せん断強度の温度依存性評価 (精密万能試験機 AGX-V2)



せん断強度の速度依存性評価 (高速引張試験機 HITS-TX、高速ビデオカメラ HPV-X2)



接着剤のせん断疲労試験 (EHF-LV)

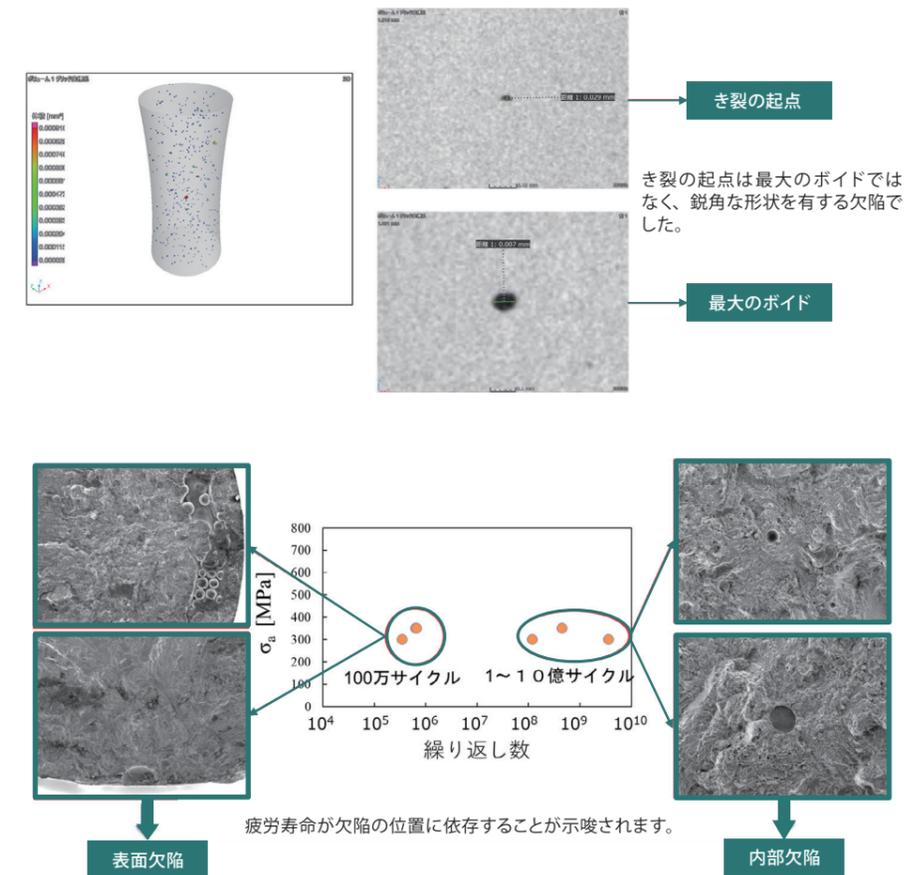


試料提供にご協力いただいた、株式会社スリーボンド様に感謝申し上げます。

✓ 受託可能

チタン合金を用いた積層造形における疲労寿命に対する欠陥の影響

3Dプリンターによる積層造形は欠陥が発生しやすく、これが製品の疲労寿命を短縮させる要因となります。そのため、製品の信頼性を確保するためには、欠陥の形状や分布、およびそれが疲労寿命に与える影響を評価することが不可欠です。X線CTを用いれば、非破壊で内部の欠陥分布と欠陥形状を観察できます。超音波疲労試験では、ギガヘルツオーダーの高周波振動を用いることで、短時間で疲労寿命を評価できます。EPMAを用いれば、破断起点の分析を行い、欠陥の位置が疲労寿命にどのような影響を与えるかを確認できます。



精密万能試験機
オートグラフ
AGX-V2シリーズ



Product >

動的・疲労試験機
EHF-L シリーズ



Product >

高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ



Product >

マイクロフォーカスX線CTシステム
inspeXio SMX-225CT
FPD HR Plus



Product >

超音波疲労試験機
USF-2000A



Product >

電子線マイクロアナライザ
EPMA-8050G



Product >

その他のアプリケーション

接着部の高速引張試験

高強度接着接合部の動的（衝撃）
割裂抵抗試験



高速衝撃試験機
HITS-X シリーズ



Application >



Product >

緩やかに進行する接着剤の 反応過程の分析

FTIR による塩化ビニル樹脂系
接着剤のタイムコース測定



フーリエ変換赤外分光光度計
IRSpirit-X シリーズ



Application >



Product >

短時間で進行する接着剤の 反応過程の分析

ラピッドスキャンによる紫外線
硬化樹脂の反応追跡



フーリエ変換赤外分光光度計
IRXross



Application >



Product >



フーリエ変換赤外分光光度計
IRTracer-100



Product >

樹脂3Dプリンター材料の 熱特性評価

3D プリンター用複合材料
フィラメントの熱特性



示差走査熱量計
DSC-60 Plus シリーズ



Application >



Product >

金属3Dプリンター材料の 粒子径分布測定

金属3Dプリンター用粉末の品質評価
— 円形度とタップ密度の関係 —



ダイナミック粒子画像解析システム
iSpect DIA-10



Application >



Product >

Future Technology

環境意識の高まりや政府の規制強化が後押しし、持続可能な資源利用が求められる時代に入りました。しかし、リサイクル技術の確立やCCUSのコスト、合成燃料の効率性、水素インフラの整備といった課題も山積みです。これらの挑戦を乗り越え、クリーンで革新的な交通社会を実現する道筋が求められています。

リサイクル プラスチック	不定形なプラスチックの材料判別の再現性向上	P.86
	劣化による材料特性変化の見落とし防止対策	P.87
	リサイクルプラスチックの規制物質評価	P.88
	内装材の VOC・SVOC 定量評価	P.89
	自動車内装材から発生する揮発性有機化合物の分析	P.90
CO ₂ 排出削減・ 利活用	塗装工程のエネルギー使用量削減に資する熱硬化条件検討	P.91
	人工光合成の分析ソリューション	P.92
合成燃料・ バイオ燃料	合成燃料・バイオ燃料の成分一斉分離分析	P.93
水素	水素環境下での強度試験による水素脆性評価	P.94
	水素ガス中の不純物測定による統合的な品質管理	P.94

✓ 受託可能

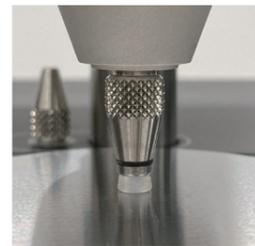
不定形なプラスチックの材料判別の再現性向上



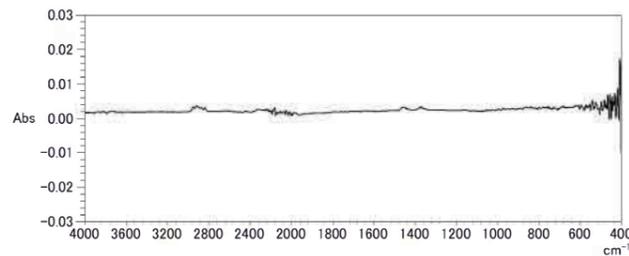
Application >

プラスチックリサイクルの工程では、プラスチック種の選別のため、比重選別、静電選別、近赤外/赤外線選別、ラマン分光選別、X線透過密度選別など、様々な技術が活用されています。光学選別は主要な手段の一つですが、黒色・濃色の判定ができない場合があります。その中でも、赤外線選別に用いられるFTIRは、高分子の正確な定性分析が可能で、色や粉末/固体を問わず判別できるため、様々なプラスチックの選別に有用です。また、回収時の定性分析だけでなく、資源プラスチック受け入れ時の組成比率の確認や、成形後の異物確認などにも使用できます。

リサイクルプラスチックをATR法で分析しました。標準装備のスペクトルアドバイザー機能を活用することにより、測定経験の少ない方でも試料の種類・形状によらず、正確な定性分析が可能となります。また、近赤外光を利用したプラスチック自動選別装置では測定できない黒色・濃色プラスチックを含む様々な試料の定性がFTIRでは可能であり、リサイクルプラスチックの選別に効果的であることがわかりました。



サンプルをATRプリズムに押しつけた様子



スペクトルアドバイザーにより示唆される原因への対策を実施

最も気になる点を選択してください

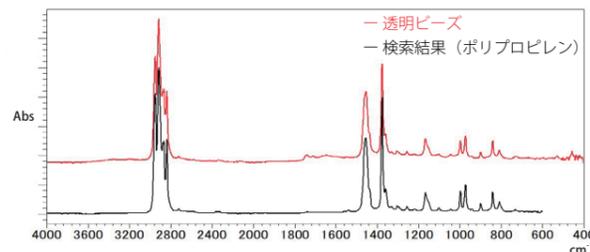
- ピーク関連
- 逆向きのピークがある
- サンプル由来のピークが検出されていない
- 2350 cm⁻¹に二股に割れたピークがある

スペクトルチェック結果

1. サンプルとATRプリズムの密着が悪い可能性があります。
良好な密着が得られる箇所を探してください。見つからない場合は以下を試してください。
・サンプル表面を平滑にする前処理をする
・固く平滑な下地に目的物をのせる
・クランプのチップの種類を変更する

サンプルが硬い場合、無理に押さえるとプリズムを破損する可能性がありますのでご注意ください。また、プリズムの種類も検討してください。

スペクトルアドバイザー機能による原因調査



サンプルの赤外スペクトルと検索結果

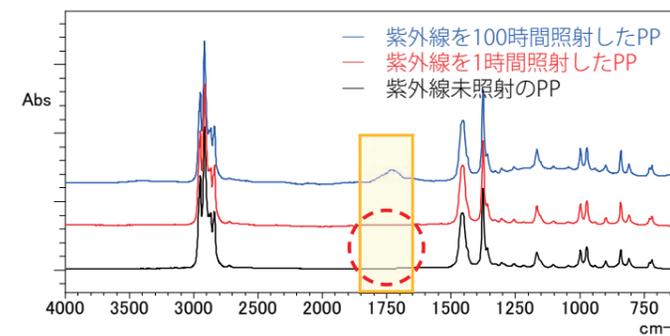
✓ 受託可能

劣化による材料特性変化の見落とし防止対策

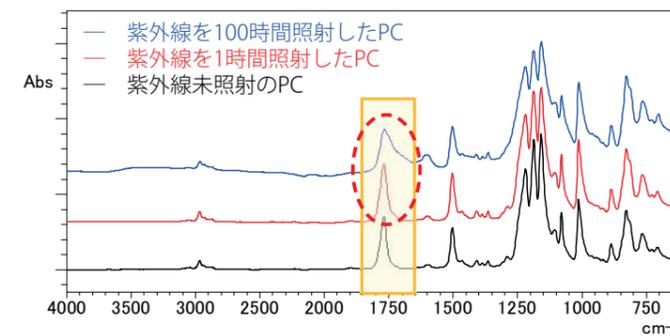
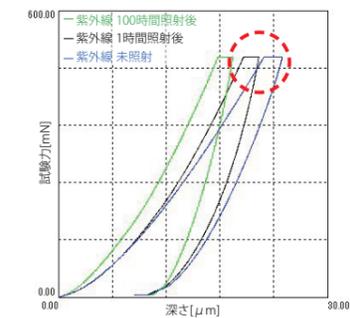


Application >

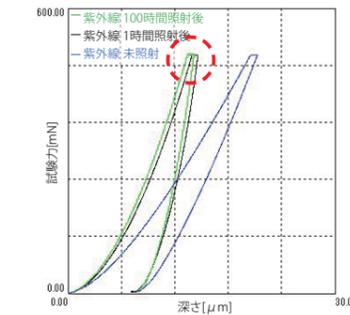
自動車部品、建材、工業用品、農業用品などの屋外で 사용되는プラスチック製品は、太陽光（主に紫外線）や雨、気温変化により経年劣化します。そのため、使用期間や使用環境、耐候性などを考慮し、安全に使用できる適切な素材を選定する必要があります。外的要因（光や熱）により劣化したプラスチックの状態や寿命を把握することは、プラスチック製品に使用する添加剤（酸化防止剤や充填剤など）の選定や高機能性素材の開発に役立ちます。紫外線劣化によるプラスチックの変化を機械特性と組成という複数の視点から評価した例をご紹介します。多角的に確認することにより劣化の見落とし防止にもつながると考えられます。



⇒ 1時間の紫外線照射で赤外スペクトルは変化していませんが、硬さは変化しています。



⇒ 紫外線照射で赤外スペクトルは変化していますが、硬さは変化していません。



上記のように紫外線照射によって赤外スペクトルと硬さの一方のみに変化が現れることがあるため、複数の視点から評価を行うことが有効です。

フーリエ変換赤外分光光度計
IRSpirit-Xシリーズ



Product >

超微小硬度計
DUHシリーズ



Product >

フーリエ変換赤外分光光度計
IRSpirit-Xシリーズ



Product >



リサイクルプラスチックの規制物質評価

脱炭素社会の実現に向け、自動車の燃費効率の向上、電動車の航続距離伸長のために車体重量の軽減が求められています。軽量化材料開発の中心にあるのがご存じの通りプラスチックです。強度や耐熱性を大幅に向上することで、金属やガラスからプラスチックに替える動きが進んでいます。他方、欧州での規制強化に伴いリサイクルプラスチックの採用が昨今求められていますが、出元不明の様々な素性の原材料を用いることから、有害元素混入を回避するための品質管理が重要となっています。RoHS/ELVなどの規制に適合した評価をご紹介します。

EDXによる規制物質評価

100%再生ポリエチレン(PE)について、RoHS 5元素+Cl、Sb、P、Snの計9元素のスクリーニング分析を行いました。その他、ゴムやガラスなどに対しても同様の評価が迅速・簡便に可能です。



EDXによる再生材の分析 [Application >](#)

エネルギー分散型蛍光X線分析装置 EDX-7200



[Product >](#)

Py-Screenerによる フタル酸エステルスクリーニング

フタル酸エステル類は玩具、食品包装などでその使用が制限され、また欧州における電気電子機器に含まれる特定有害物質使用制限指令(RoHS指令)でも使用制限物質として規制が予定されています。RoHS指令に輸送用機器は含まれていませんが、規制対象物質の削減は各業界で取り組まれており、自動車業界においても無視することはできません。フタル酸エステルスクリーニングシステム Py-Screener は、分析にかかる時間・コストを大幅に削減し、初めての方でも簡単に操作できるスクリーニングシステムです。

フタル酸エステル・臭素系難燃剤 スクリーニングシステム Py-Screener Ver.2



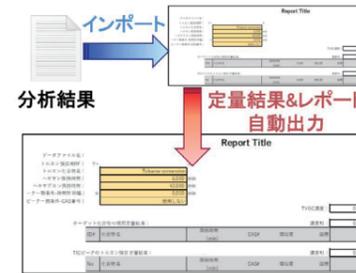
[Product >](#)

内装材のVOC・SVOC定量評価

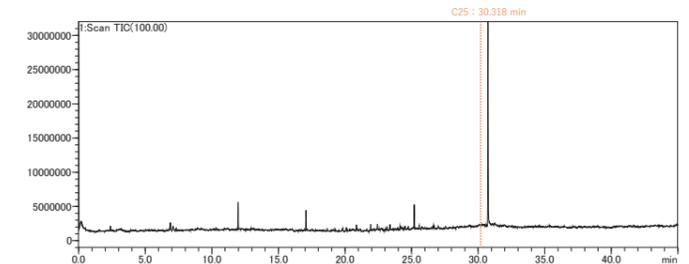


[Application >](#)

自動車内装材から放出される揮発性有機化合物(VOC)や中揮発性有機化合物(SVOC)は乗員の健康に悪影響を及ぼす可能性があるため、放出量の測定と低減が重要です。ドイツ自動車工業会が定めた規格であるVDA278では、TD-GC/MSを用いて自動車内装材から放出されるVOC・SVOCの測定方法が規定されています。GC-MSとサーマルデゾープションシステム(加熱脱着装置)、TVOC計算ツールの組み合わせは、VDAに準拠したVOC・SVOC測定を可能とします。



トルエン・ヘキサデカン換算ツール



自動車内装材のVOCクロマトグラム

自動車内装材中のVOC定量値 (μg/g)

データファイル名:
 換算用RF: Y= 2.5488655 X
 換算用化合物名: Toluene conversion
 開始保持時間: 0.000 min
 終了保持時間: 30.318 min
 ピーク一致条件-時間許容幅: ± 0.050 min
 ピーク一致条件-CAS番号: 使用しない

サンプル量: 11 mg

合計濃度: 10.319 μg/g

ターゲット化合物の精密定量結果:
 濃度相: 0.000 μg/g

ID#	化合物名	保持時間 [min]	CAS#	類似度	面積	濃度
TICピークの換算定量結果: 濃度相: 10.319 μg/g						
No	化合物名	保持時間 [min]	CAS#	類似度	面積	濃度
1	Heptane, 3-methylene-	6.882	1632-16-2	94	28145	1.004
2	1-Hexanol, 2-ethyl-	11.973	104-76-7	95	72914	2.601
3	Phthalic anhydride	17.073	85-44-9	97	53192	1.897
4	Sulfurous acid, pentadecyl 2-pentyl es	20.860	0-00-0	71	14195	0.506
5	Trichloroacetic acid, tetradecyl ester	21.927	74339-52-9	88	17948	0.640
6	Malonic acid, 2-butyl tetradecyl ester	22.434	0-00-0	73	11292	0.403
7	Octacosane	23.379	630-02-4	88	12558	0.448
8	Dibutyl phthalate	25.197	84-74-2	97	69347	2.473
9	Docosane, 1-iodo-	27.569	0-00-0	72	9731	0.347

自動車内装材のVOC定量レポート

ガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-QP2050



[Product >](#)

サーマルデゾープションシステム TD-30シリーズ



[Product >](#)

✓ 受託可能

自動車内装材から発生する揮発性有機化合物の分析



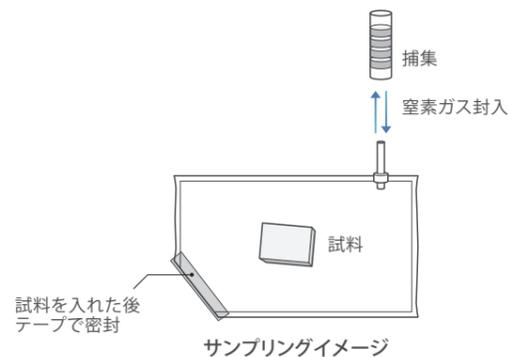
Application >

シックハウス症候群の問題を契機に、住環境における揮発性有機化合物（VOC）の対策が進められています。自動車メーカー各社は内装材部品のVOC 評価方法や基準値を定めた独自の低減方針を設定し、部品メーカーや素材メーカーに対して、購入する内装材部品ごとのVOC測定を要請しています。

当社は、様々な自動車用部材におけるVOC 発生量の調査・低減活動をお手伝いします。

前処理方法 サンプルバッグ法

使い捨てのバッグを使用したサンプリング方法です。バッグの中に試料を入れ、密閉状態にして窒素ガスを封入・加温し、一定時間保持後、内部のガスをサンプリングします。



サンプリング条件により、トルエン、キシレンなどの揮発性炭化水素類はTenax管に、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどのアルデヒド類はDNPHカートリッジに捕集します。

揮発性炭化水素類の分析

Tenax管に捕集された揮発性有機化合物の分析に、加熱脱着装置を備えたガスクロマトグラフ質量分析計（TD-GC/MS）を使用します。

アルデヒド類の分析

DNPHカートリッジで捕集されたアルデヒド類を溶媒で抽出し、高速液体クロマトグラフ-UV検出器（HPLC-UV）にて分析を行います。

✓ 受託可能

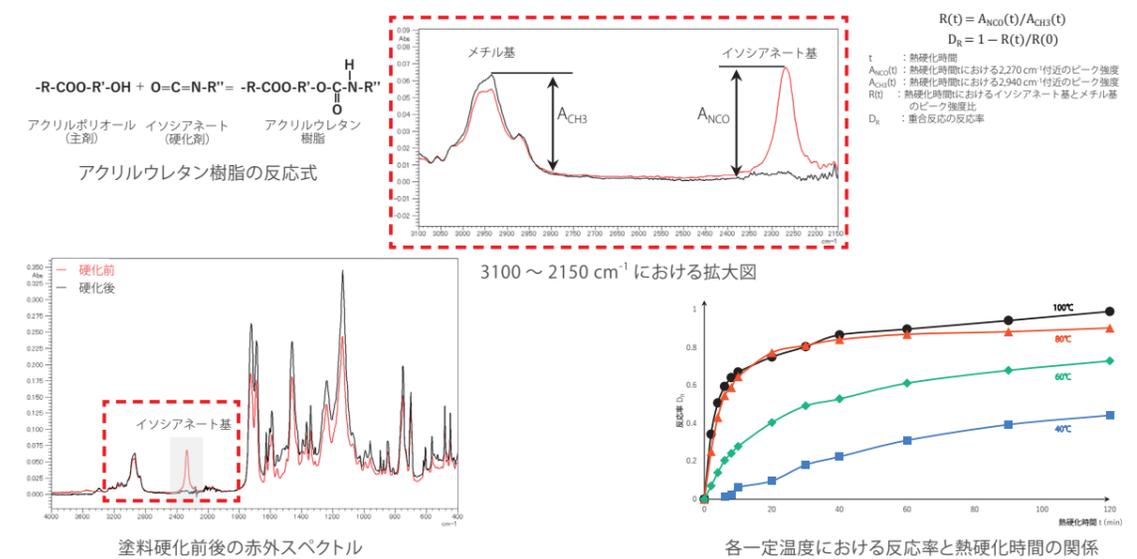
塗装工程のエネルギー使用量削減に資する熱硬化条件検討



Application >

様々な国と地域において、2050年までにカーボンニュートラルを実現するために、材料の製造から製品の廃棄・リサイクルに至るまで、CO₂ 排出量削減に向けた取り組みが行われています（中国政府は2060年までにゼロを実現予定）。自動車業界に注目すると、製造工程におけるCO₂排出量の約25% が塗料の塗膜工程から発生するとされており、自動車メーカーおよび塗料メーカーは同工程でのCO₂削減に向けた新規塗料開発を進めています。塗膜工程では塗料を塗布後、高温で焼き付け乾燥を行い、塗料を熱硬化させますが、硬化時間の短縮と低温での硬化が、CO₂排出を削減することに効果的であるといわれています。

FTIRと加熱ATR付属装置を用いて、塗料の熱硬化反応をリアルタイムで測定しました。塗料の熱硬化反応では、塗料の構造が一部変化しますが、この変化する構造に由来した官能基のピークに注目することで、最適な硬化条件を決定することができます。今回は、自動車に使われるアクリルウレタン塗料の熱硬化反応をリアルタイムで測定しました。アクリルウレタン塗料では温度上昇とともに熱硬化が進むことが確認されましたが、80℃以上では熱硬化反応速度に変化が見られなかったことから、熱硬化温度は80℃が適していると推測されます。熱硬化反応をリアルタイムに追跡することで、最適な熱硬化温度と時間の推測が可能となります。



本アプリケーションの作成にあたり、東北大学大学院理学研究科化学専攻の成田在弘様にご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

フーリエ変換赤外分光光度計 IRTracer-100



Product >

✓ 受託可能

人工光合成の分析ソリューション

人工光合成は、太陽光エネルギーを利用しCO₂から有用な化学品・燃料を合成することが可能なため、地球温暖化の解決、エネルギーの多様化と安定供給に貢献する技術として期待されています。

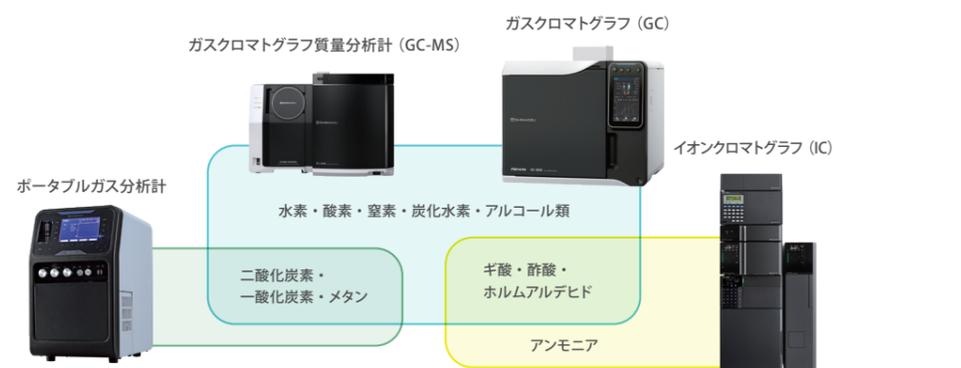
CO₂の分離・回収方法については化学吸着法や物理吸着法、膜分離法などの各種手法が存在し、反応効率やコストの改善に向けた技術開発が行われています。分離・回収手法の反応効率を定量的に評価するために各種分析装置が活用されています。

生成物の各種定量評価

生成物を定量評価することにより、反応効率の評価が可能です。

生成物は一酸化炭素やアルコール類、ギ酸、炭化水素など多岐にわたること、また、近年はin-situ測定やリアルタイム計測も求められていることから、生成物と目的に応じて最適な分析装置・技術の選定が必要です。

当社の幅広いラインナップにより、生成物評価に対してトータルでのソリューションをご提供します。

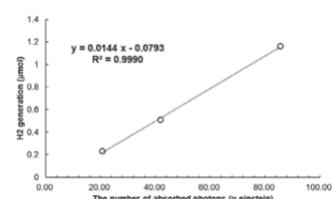


人工光合成の分析ソリューション
-光触媒キャラクタリゼーションと生成物定量- (C10G-0179)



光水素生成系の量子収率測定

人工光合成系のエネルギー変換効率の指標として、光子の利用効率を示す「光反応量子収率」があります。光反応量子収率の算出に必要な吸収光子数は、光反応評価装置、水素生成量はガスクロマトグラフを用いて測定が可能です。



吸収光子数と生成した水素の物質量の関係



Application >

光反応評価装置
Lightway



Product >

合成燃料・バイオ燃料の成分一斉分離分析



Application >

カーボンニュートラル社会を実現するために、二酸化炭素排出量を削減できる合成燃料・バイオ燃料への注目が集まっています。これらの燃料は、既存の内燃機関車両に適用可能であるため、インフラの大規模な変更を必要とせず従来化石燃料からスムーズに移行しやすい点が大きな特長です。

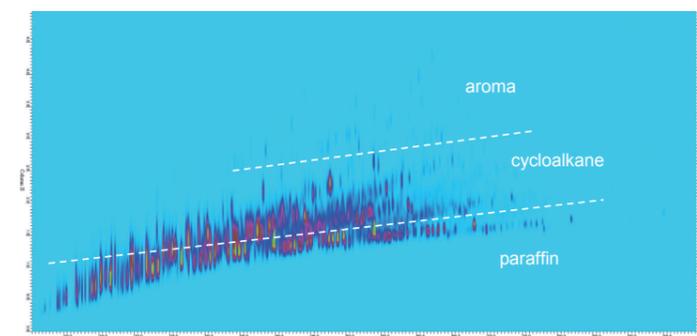
航空業界や海運業界でも同様に合成燃料・バイオ燃料への注目度は高まっており、市場の拡大に伴う生産コストの低下により、将来的には合成燃料・バイオ燃料の普及が加速すると期待されています。

GC×GCシステムによる高分離組成分析

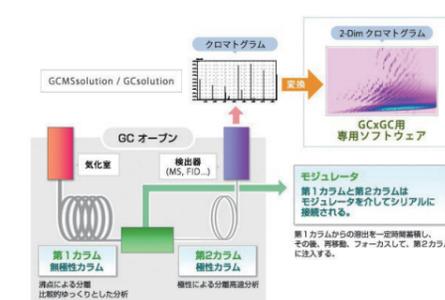
合成燃料・バイオ燃料を構成する化合物の組成は多種多様で、複雑なマトリクスを持つサンプルといえます。

GC×GCシステムを用いた包括的2次元ガスクロマトグラフィーは、高い分離能力で種々の化合物を分離し、測定対象の組成を一斉に分析することに優れた分析手法です。

また、成分組成を2次元画像として表現できるため、サンプル間の組成の違いを視覚的に捉えられます。



2次元クロマトグラフ



GC×GCのシステム概略図

GC×GCシステム



Product >

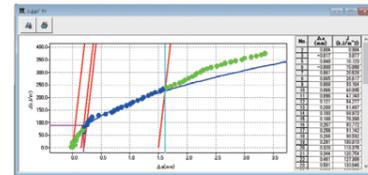
水素環境下での強度試験による水素脆性評価



水素は利用時に温室効果ガスを排出しない次世代エネルギーとして期待されますが、水素脆性や不純物の除去など幾つかの課題があります。水素燃料輸送機やインフラの安全性を確保するため、金属材料を脆くする水素脆性を考慮し、水素貯蔵・輸送部品の機械特性や水素環境下での劣化を評価することが重要です。

[Application >](#)

疲労試験機と環境槽の組み合わせにより、高圧水素 (70 MPa) や液体水素環境下での疲労試験が実施可能です。



低速ひずみ試験、き裂進展試験、破壊じん性試験も実施可能です。

水素環境下での強度試験

疲労・耐久試験機 サーボパルサ EHF-Eシリーズ



[Product >](#)

水素ガス中の不純物測定による統合的な品質管理



[Application >](#)

水素生成時に生じた不純物は、その後の工業プロセスに影響を与えるため、使われる水素には厳しい純度規格が定められています。FCV用水素燃料規格 (ISO14687 Type II グレード D) には多くの管理項目が定められており、複数の分析装置を用いた分析が必要になります。統合ワークステーションLabSolutions CSを用いることにより、全ての分析データがサーバーコンピュータのデータベースで管理されるため、ネットワーク上のどのパソコンからでもデータを読み込むことができます。



水素の品質管理分析ソリューション (C10G-0176)



分析ネットワーク LabSolutions CS



[Product >](#)

Other Contents

その他分野のソリューションガイド・アプリケーション集を下記よりご参照いただけます。



C10G-0169 リチウムイオン電池ソリューションガイド



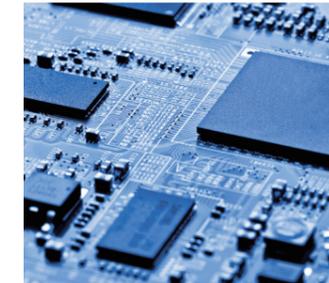
C10G-0188 リサイクルプラスチックの分析ソリューション



C10G-0180 RoHS/ELV 指令へのトータルソリューション



C10G-0176 水素の品質管理分析ソリューション



C10G-0164 電子デバイス解析・評価機器



C10G-0179 人工光合成の分析ソリューション



C10G-0105 CFRP 分析・試験・検査評価機器



C10G-0178 異物分析ソリューション



C10G-0154B セルロースナノファイバー分析・計測機器



受託分析のご紹介 — 島津テクノリサーチ

私たちは島津グループの受託分析会社として、「ものづくり」の現場で起きている様々な課題をお客様と共に解決することで、この社会に貢献することをミッションとしています。これからも自動車に求められる様々なニーズにソリューションを提供してまいります。

受託分析事例のご紹介



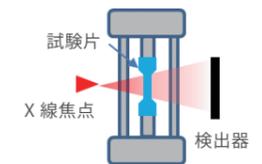
■ 島津テクノリサーチ オリジナル試験機による in-situ 評価

材料、製品、部品などの内部の破壊過程を詳しく知りたいという要望が増えています。当社では、X 線 CT 装置内部に設置可能な試験機 (当社開発) を用いて、引張・圧縮・曲げ試験を in-situ で行うことが可能です。

inspeXio SMX-225CT FPD HR



inspeXio SMX-100CT

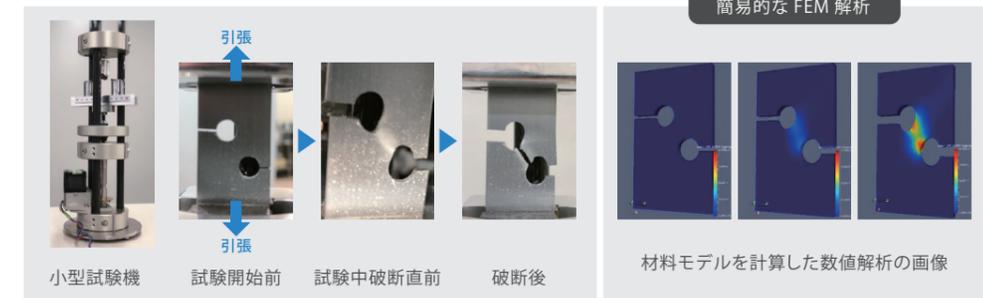


in-situ X 線 CT 用小型試験機

機械的な変形や破壊の観察だけでなく、加熱や冷却、リチウムイオン電池の充放電などにも in-situ (その場) オペランド (実動作環境下) の X 線 CT 撮影を行い、CAE 解析や破壊のメカニズム解明に活用できます。

■ アルミニウムの変形および内部き裂等の観察

アルミニウム試験片を当社オリジナルの in-situ 小型試験機により引張り X 線 CT 撮像しました。CAE との立体的構造変化の比較や、内部き裂の発生箇所と比較する用途にご利用いただけます。



実際の測定との比較によるシミュレーションの妥当性検証

■ 変形・破壊プロセスの 3 次元画像化

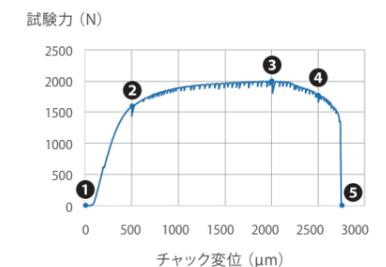
X 線 CT データを立体表示し、試験力 - 変位のグラフに試験片の立体像を関連付けました。破断直前に試験片にき裂が発生し、進展の様子を示しています。変形・破壊プロセスを解析することより、長寿命かつ安全性の高い材料設計をすることができます。

動画

動く X 線 CT



Movie >



試験力 - 変位のグラフ

拠点



京都本社
(京都市)

京都本社、中部事業所 (ATL) では
立ち会い試験が可能です

東京営業所

広島営業所



中部事業所・営業所
Automotive Testing Laboratory
(刈谷市)

九州営業所

お見積もり・
分析依頼



受託、分析試験相談、設備購入などのお問い合わせはこちら
https://www.an.shimadzu.co.jp/forms/e-book_case.html



お問い合わせ専用フォーム >

本文書に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。
なお、本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。
本製品は、医薬品医療機器法に基づく医療機器として承認・認証等を受けておりません。
治療診断目的およびその手続き上での使用はできません。
トラブル解消のため補修用部品・消耗品は純正部品をご採用ください。
外観および仕様は、改良のため予告なく変更することがありますのでご了承ください。

株式会社 島津製作所

分析計測事業部

604-8511 京都市中京区西ノ京桑原町1

製品情報



価格お問合せ



東京支社 (官公庁担当) (03) 3219-5631
(大学担当) (03) 3219-5616
(会社担当) (03) 3219-5622
関西支社 (06) 4797-7230
札幌支店 (011) 700-6605
東北支店 (022) 221-6231
郡山営業所 (024) 939-3790

つくば支店 (官公庁・大学担当) (029) 851-8511
(会社担当) (029) 851-8515
北関東支店 (官公庁・大学担当) (048) 646-0095
(会社担当) (048) 646-0081
横浜支店 (官公庁・大学担当) (045) 311-4106
(会社担当) (045) 311-4615
静岡支店 (054) 285-0124

名古屋支店 (官公庁・大学担当) (052) 565-7521
(会社担当) (052) 565-7531
京都支店 (官公庁・大学担当) (075) 823-1604
(会社担当) (075) 823-1603
神戸支店 (078) 331-9665
岡山営業所 (086) 221-2511
四国支店 (087) 823-6623

広島支店 (082) 236-9652
九州支店 (官公庁・大学担当) (092) 283-3332
(会社担当) (092) 283-3334

島津コールセンター ☎ 0120-131691
(操作・分析に関する相談窓口) IP電話等:(075) 813-1691