



Rigaku Polymer Application eBook

高分子アプリケーションブック

リガクについて



視るチカラで、世界を変える

1951年の創業以来、リガクは、分析および産業計測技術におけるリーディングカンパニーとして、最先端を走り続けてきました。

X線回折、薄膜分析、蛍光X線分析、小角X線散乱、単結晶X線構造解析、ラマン分光法、X線光学、半導体計測、X線源、X線源CT、非破壊検査、熱分析の分野で革新的なイノベーションを遂げてきたリガクグループは、「視るチカラで、

世界を変える」のビジョンの下、さらなる先進技術の開発に努めています。

企業理念

科学技術の進歩を通して人類社会の発展に貢献する

eBook掲載製品



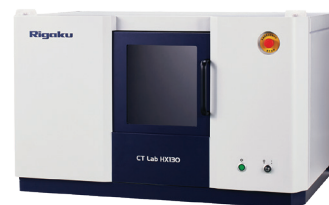
SmartLab

リガクの分析ノウハウを凝縮した「ガイダンス」機能搭載の全自動多目的X線回折装置



DicifferX WAXS Edition

高分子材料構造を解き明かす広角X線散乱 (WAXS) 装置



CT Lab HX

多様化する試料に最適な高速/広視野・高解像度を実現した、デスクトップ3DマイクロX線CT



nano3DX

1200 Wの高輝度X線源と疑似平行ビーム方式の組み合わせにより、低密度試料の高コントラスト撮影を可能にしたサブミクロン領域用X線顕微鏡



ZSX Primus IV

高速・高精度測定を実現した、高出力、上面照射タイプの走査型波長分散型蛍光X線分析装置



NEX DE

60 kV EDXRFによる迅速分析を実現。VSモデルは、内蔵カメラを活用した可変小スポット分析により、サンプルの精密な位置決めが可能



NEX CG II

2次ターゲット+偏光光学系で高精度・高感度を実現。研究開発から品質管理まで



DSCvesta2

炉の小型化により、高感度・高性能・低ノイズを実現した示差走査熱量計



STAvesta/HUM-1

水蒸気雰囲気ですぐにTG-DSC測定が可能な熱分析装置

eBook掲載製品



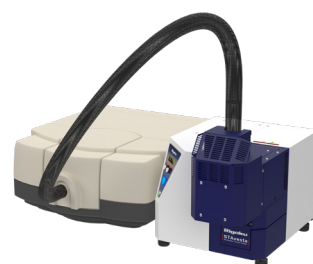
STA/GC-MS

2つの装置をインターフェースでつなぎ、TGDTA-MSシステムとして使用可能な示差熱天秤ーガスクロマトグラフィ質量分析測定システム



TMA8311

物質の温度をプログラムに従って変化させながら、試料の形状や機械的特性の変化を測定する熱機械分析装置



STA/FTIR

試料の重量変化および吸熱・発熱反応と、発生ガスを同時に測定可能な示差熱天秤ーフーリエ変換赤外分光分析測定システム

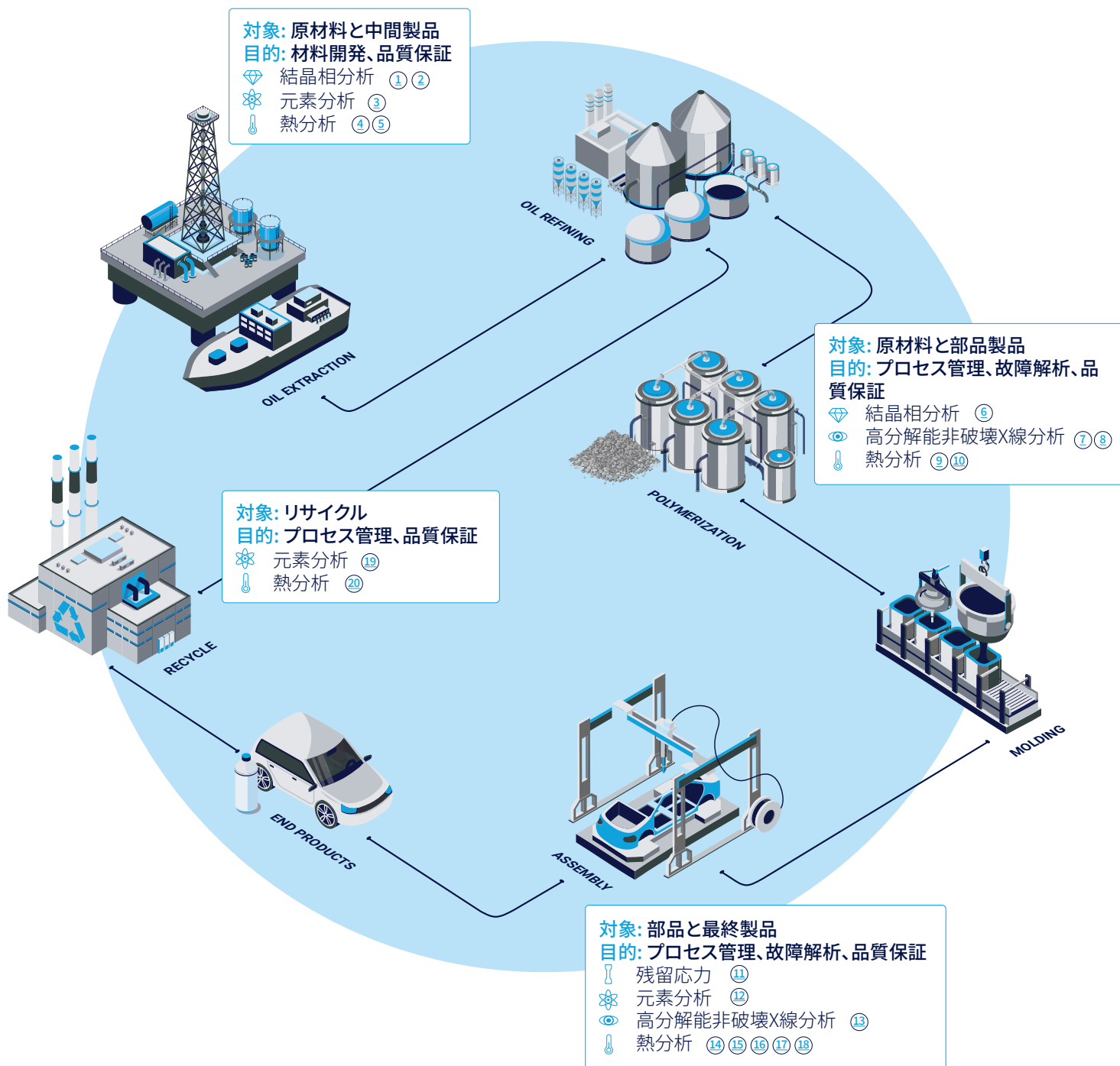


TRIDENT

粉体・ゲル・液体・固体試料の熱伝導率を迅速に測定する熱伝導率測定装置。屋外等でも測定可能

高分子材料製品のワークフロー

リガクの分析技術は、多様な産業における高分子材料生産の安全性と効率性を高めます



① アプリケーション番号 (e-book内を参照)

◆ X線回折法による結晶相分析(XRD)

✨ 蛍光X線分析による元素分析(XRF)

👁 X線顕微鏡による高分解能非破壊分析(XCT)

🌡 熱分析(TA)

📏 残留応力

高分子アプリケーション

リガクの分析技術は、多様な産業における高分子材料生産の安全性と効率性を高めます

原材料と中間製品		
	1	樹脂化材料の内部結晶構造を可視化するX線回折法
	2	透過2D-WAXS/SAXSによる樹脂材料の多スケール解析
	3	ナフサ中の微量Clの迅速定量分析
	4	ナイロンの融点・ガラス転移を定量化するDSC測定
	5	ダイナミックDSCによる非晶質ポリマーの熱特性解析
原材料と部品製品		
	6	成形条件と構造変化を可視化するin-situ X線回折測定
	7	ガラス繊維強化樹脂内の短繊維の配向解析
	8	引張試験時のin-situ X線CT撮影によるCFRPの内部構造観察
	9	DSCを用いたポリマー結晶化度の定量評価
	10	高耐熱樹脂に対する熱重量、光学像、発生ガスの三位一体評価
部品と最終製品		
	11	X線応力測定法による高分子材料の残留応力評価
	12	ABS樹脂上めっき層の非破壊膜厚分析
	13	マイクロX線CTによるプラスチック成型品の形状比較
	14	TG-FTIRによる酢酸ビニル系ポリマーの分解温度と発生ガスのリアルタイム分析
	15	水蒸気雰囲気下TG-MSによるPCの加水分解挙動評価
	16	熱履歴によるゴムの膨張率変化をTMAで可視化
	17	水蒸気雰囲気下での繊維の吸湿特定をTG-DTAで解析
	18	さまざまな形状試料に対応した熱伝導率評価法
リサイクル		
	19	廃プラスチックの有害元素分析
	20	TG-MSによるPETケミカルリサイクル時の生成ガス分析

- # アプリケーション番号 (e-book内を参照)
-  X線回折法による結晶相分析(XRD)
-  蛍光X線分析による元素分析(XRF)
-  X線顕微鏡による高分解能非破壊分析(XCT)
-  熱分析(TA)
-  残留応力

樹脂化材料の内部結晶構造を可視化するX線回折法

材料: フィルム
用途: 材料開発

分析材料:
ポリプロピレン

組成分析・非破壊分析

樹脂やフィルムの性能は、内部の結晶構造や結晶化度によって大きく変化します。しかし、これらの構造的な違いは外観や一般的な物性測定では把握できません。X線回折装置 (XRD) は、試料を破壊せずに内部の結晶構造を可視化・定量化できる手法であり、材料開発や製品検証の現場において、結晶性の“見える化”を可能にします。

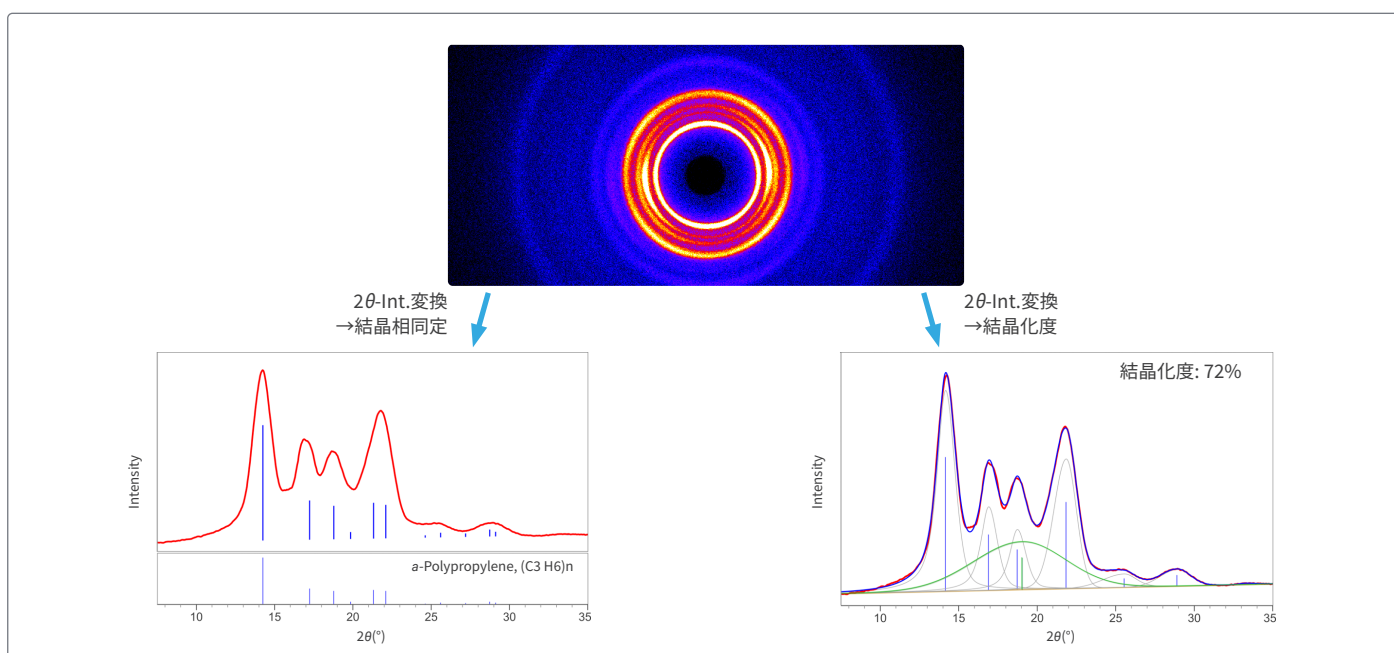


Figure 1: (上)ポリプロピレンの2次元測定結果

(左下)ポリプロピレンの1次元プロファイル・結晶相同定結果 (右下)ポリプロピレンの結晶化度算出結果

結論: ポリプロピレンに対して透過2次元XRD測定を実施し、得られたデータを1次元プロファイルに変換することで、結晶相の同定および結晶化度の算出を行いました (Fig.1)。本測定では、ポリプロピレンの特徴的な回折ピークが明確に観察され、回折ピークのフィッティング処理から結晶化度が約72%と定量されました。このように本手法は、非破壊かつ迅速に構造を定量評価できる点で優位性があります。



使用機器:
SmartLab

解析ソフト:
SmartLab Studio II



透過2D-WAXS/SAXSによる樹脂材料の多スケール解析

材料: フィルム
用途: 材料開発

分析材料:
ポリエチレン

◆ 非破壊分析

樹脂やフィルムの性能は、結晶格子やラメラ構造といった多階層の内部構造に大きく左右されます。しかし、こうした構造差は目視できず、設計判断の材料にしづらいという課題があります。透過2D-WAXSとSAXSを併用すれば、結晶性から配向状態までを一度に可視化でき、構造の違いを定量的に把握できます。

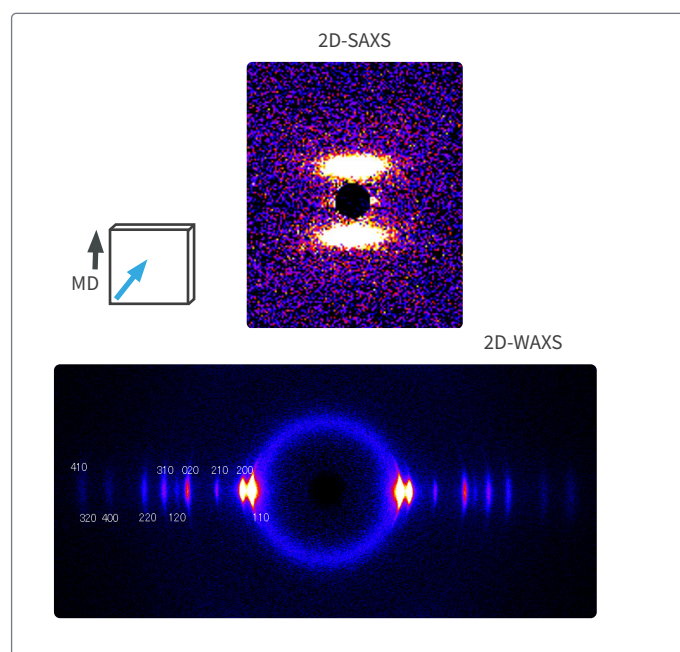


Figure 1: ポリエチレンの透過2D-WAXS/SAXS測定結果

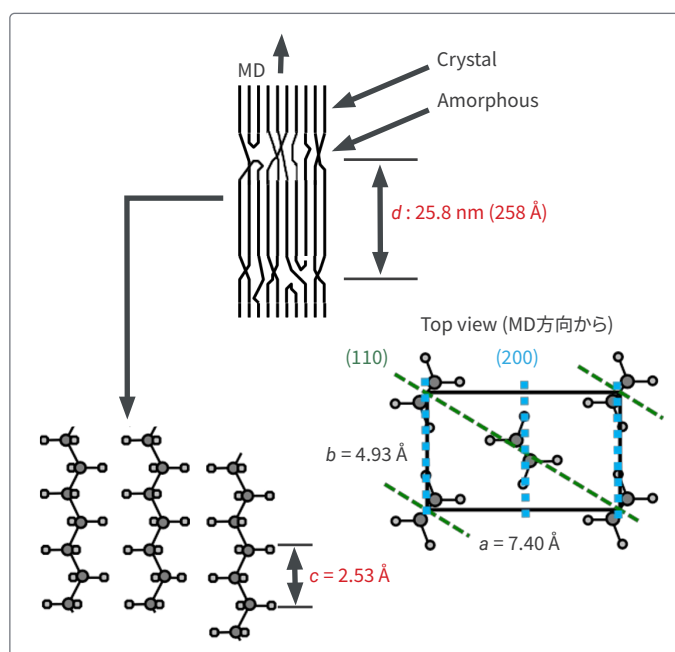


Figure 2: 算出結果の模式図

結論: ポリエチレンに対して透過2D-WAXSおよびSAXS測定を行い、Fig.1のような結晶格子とラメラ構造の情報を同時に取得しました。得られたプロファイルから解析を進めるとFig.2のように面間隔や格子定数を算出できます。このように樹脂内部の多階層構造を非破壊・短時間で解析可能であり、成形条件や物性差の原因となる構造変化を明確に捉える手法として有効です。



使用機器:
SmartLab

解析ソフト:
SmartLab Studio II



ナフサ中の微量Clの迅速定量分析

材料: 原材料
用途: 品質保証

分析材料:
ナフサ

※ 組成分析

ナフサを原料とするプラスチックの焼却時、微量のClは有害ガスの原因となるため、ppmレベルでの管理が求められます。Clの定量分析には燃焼-イオンクロマトグラフィー（燃焼-IC）法が一般的ですが、前処理が煩雑で時間もかかります。NEX CG IIは偏光光学系EDXを採用し、一般的なXRFでは困難だったClの微量定量を液体のまま迅速かつ簡便に実現します。



Figure 1: 試料調製

(ppm)

試料	標準値	定量値 (平均値)	標準偏差
A	2	1.82	0.07
B	10	10.14	0.1
C	100	100.6	0.2

Table 1: 繰り返し測定による精度確認結果

結論: 市販の鉱油標準試料を用いてClの検量線を作成し、NEX CG IIによる定量分析を実施しました。液体試料をそのまま充填するだけの簡便な前処理で、300秒測定におけるClの検出下限は0.15 ppmを達成しています。

さらに、繰り返し測定による精度検証の結果、広い濃度範囲において安定した再現性が確認されました (Table1)。この結果から、NEX CG IIが微量Clを対象とした迅速かつ高精度な定量分析を実現できることを示しています。



使用機器:
NEX CG II

解析手法:
検量線法



ナイロンの融点・ガラス転移を定量化するDSC測定

材料: 樹脂
用途: 材料開発

分析材料:
ナイロン(ポリアミド)

熱分析

ポリマーや高分子材料の加工適性は、融解・結晶化・ガラス転移といった熱挙動に大きく左右されます。しかし、こうした変化を正確に把握しないまま経験則に頼って温度設定が行われることも多く、成形不良やトラブルの要因となることがあります。DSCは、融解、結晶化、ガラス転移といった熱挙動を高感度かつ定量的に捉えることで、加工現場の“見えないリスク”を可視化し、確かな判断を支える手法です。

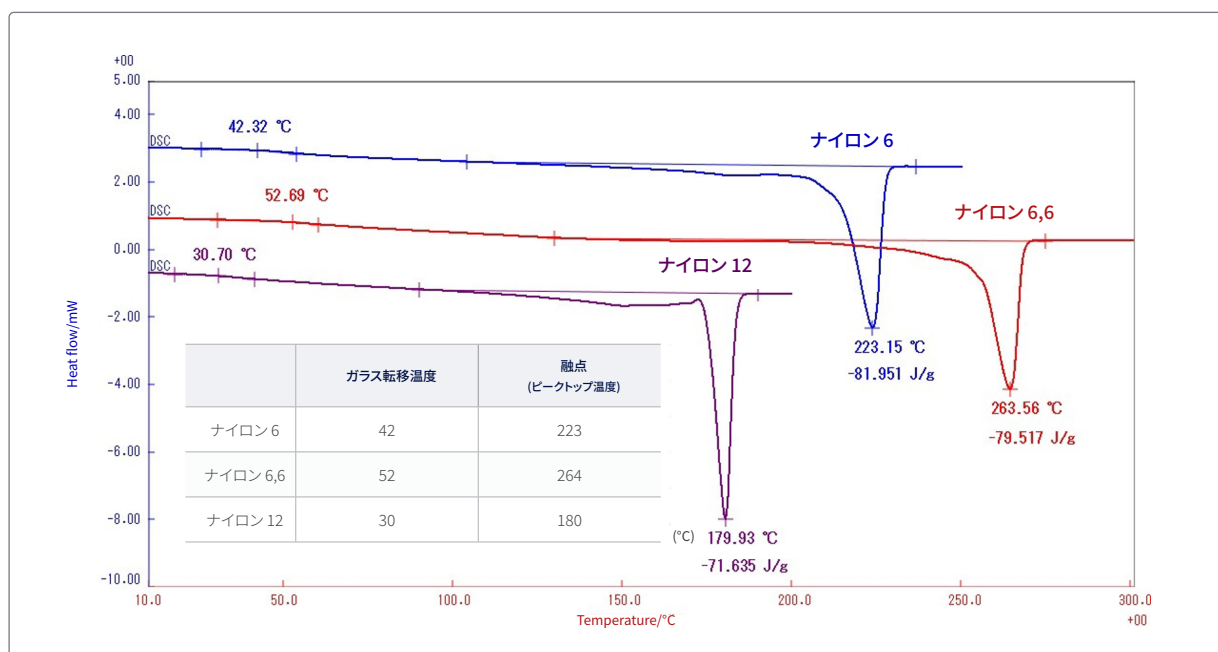


Figure 1: ナイロン3種のDSC解析結果

結論: 各種ナイロン樹脂に対してDSC測定を行った結果、それぞれのガラス転移温度や融点の違いを明確に確認できました。ナイロン6,6は他材に比べて高い耐熱性を示しました。このようにDSCによって得られた定量的データを基にすれば、感覚やカタログ値に頼らず、最適な加工温度や使用環境温度を根拠を持って設定できるようになります。



使用機器:
DSCvesta2



ダイナミックDSCによる非晶質ポリマーの熱特性解析

材料: 樹脂
用途: 材料開発

分析材料:
ポリエチレンテレフタレート (PET)

🌡️ 熱分析

ダイナミックDSCでは、従来の等速昇温に温度変調成分として正弦波を加えた温度制御を行います。これにより、ガラス転移や熱容量などの可逆成分と、結晶化やエンタルピー緩和などの不可逆成分を分離して評価できます。通常のDSCでは見えにくい熱挙動の解析が可能となり、材料の構造理解や最適な加工条件の設定に役立ちます。

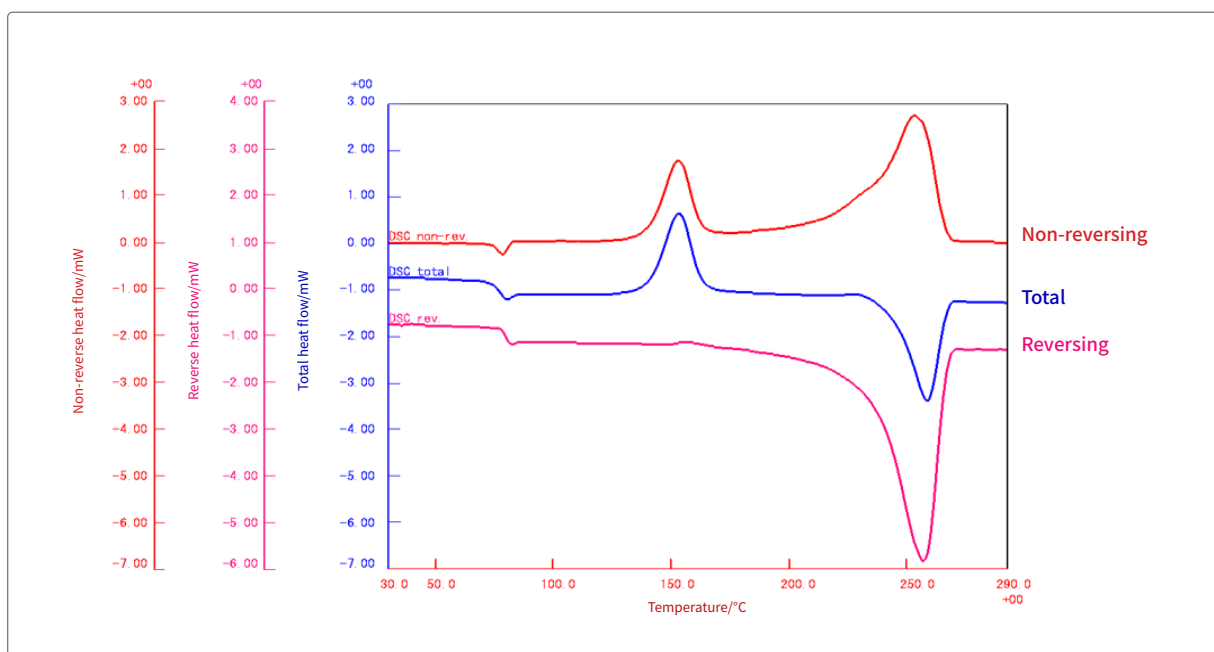


Figure 1: 非晶質PETのダイナミックDSC測定結果

結論: ダイナミックDSCにより、非晶質PETのエンタルピー緩和とガラス転移を明確に分離して観察できました。これにより、緩和ピークを転移と誤認してしまう従来の解析上のリスクを回避できます。さらに、等速昇温では見落とされがちな融解中の再結晶化挙動も捉えることができ、ポリマー材料の熱挙動をより正確に評価可能です。



使用機器:
DSCvesta2



成形条件と構造変化を可視化するin-situ X線回折測定

材料: フィルム
用途: 成型品分析

分析材料:
PET

組成分析

樹脂成形品の内部構造は、成形条件（温度・圧力・冷却速度など）によって大きく変化します。特に、結晶構造や結晶化度、配向状態などは、製品の強度・剛性・耐熱性・外観などに直接影響するので評価が欠かせません。リガクのX線回折装置では、温調アタッチメントを用いて加熱・冷却中の構造変化をリアルタイムに観察でき、成形条件と構造変化の関係を直接評価することが可能です。

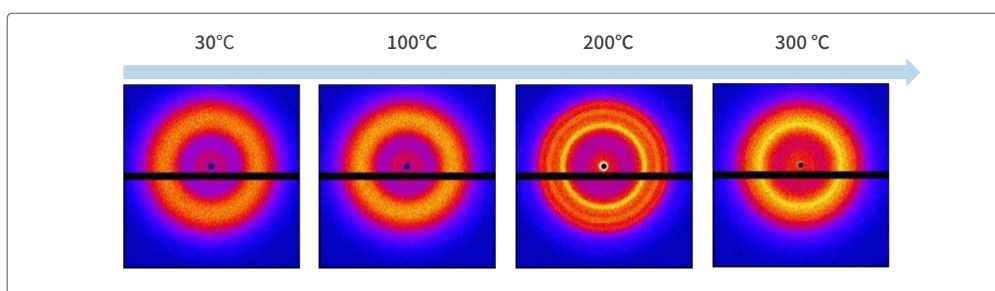


Figure 1: 各温度におけるPETフィルムの2次元測定結果

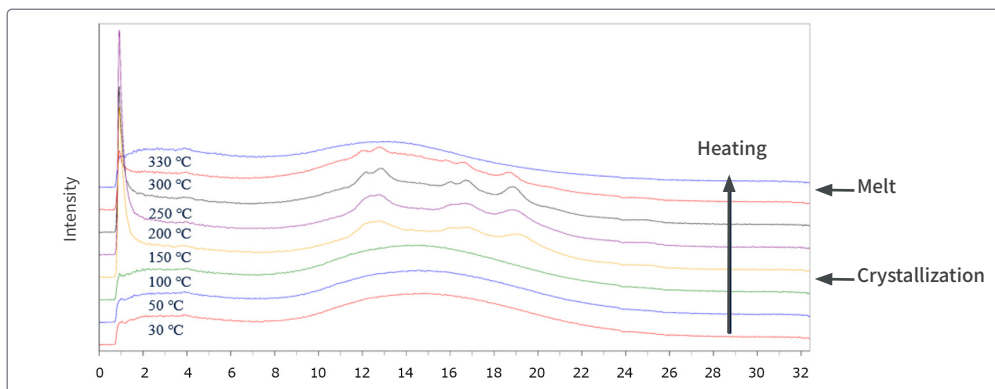


Figure 2: 各温度における2θ-Int.変換プロファイルの変化

結論: PETフィルムに対して温調XRD測定を行い、加熱中の結晶化と融解の進行を2次元像とプロファイルで可視化しました。回折ピークの発現などのピーク変化から、構造の発現タイミングと温度帯を明確に把握できました。in-situ測定により、構造変化をリアルタイムで追跡でき、成形条件の最適化に直結する定量データが得られます。



使用機器:
DicifferX WAXS Edition,
Linkam stage HFSX350

解析手法:
2DP



ガラス繊維強化樹脂内の短繊維の配向解析

材料: ガラス繊維強化樹脂
用途: 開発・品質管理

分析材料:
ファンブレード

👁️ 非破壊分析

繊維強化樹脂の強度設計においては、射出成形時に生じる繊維配向の乱れを把握することが重要です。同じ材料や金型を使用しても、「割れやすい」「強度不足」といった不具合が発生する背景には、繊維配向のばらつきが影響していることがあります。X線透過装置や顕微鏡では、三次元的な構造を捉えることが困難です。マイクロX線CTを用いることで、繊維の配向や分布を非破壊で三次元的に可視化・定量化でき、成形条件の最適化や強度設計の信頼性が向上します。

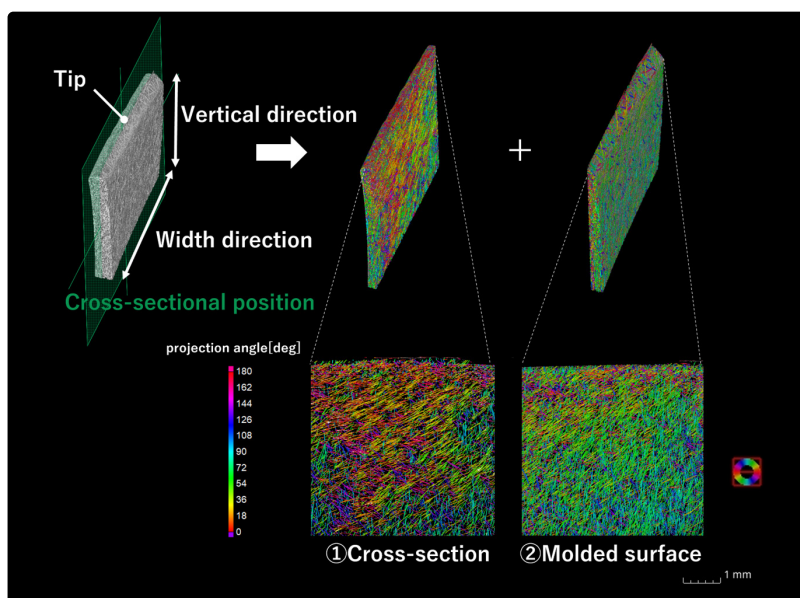


Figure 1: ファンブレードの断面と成形表面での繊維配向

結論: 厚さ約0.6 mmのGFRP製ファンブレードを10 mm幅に切り出し、3.6 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ 、17分でCT撮影を実施しました。①断面では、ブレード先端から約4 mmにわたりGFが赤～黄色に着色され、幅方向に配向している成分が多いことが分かります。②成形表面では、先端約1 mmを除き、広範囲でGFが青～緑色となり、上下方向に配向している成分が多いことが分かります。



使用機器:
CT Lab HX

解析ソフト:
VGSTUDIO MAX (繊維配向解析)



引張試験時のin-situ X線CT撮影によるCFRPの内部構造観察

材料: 炭素繊維強化樹脂 (CFRP)
用途: 開発

分析材料:
プラスチックの玩具部品

👁️ 非破壊分析

材料の耐久性を高めるには、壊れ方を正しく把握することが重要です。繊維強化樹脂 (FRP) は軽量・高強度である一方、複雑な破壊挙動を示すため、壊れる前の変化を捉えるのは容易ではありません。マイクロX線CTを使えば、試料を切断せずに三次元で内部の損傷進行を非破壊観察できます。破壊メカニズムの可視化は、設計や信頼性評価の精度向上に有効です。

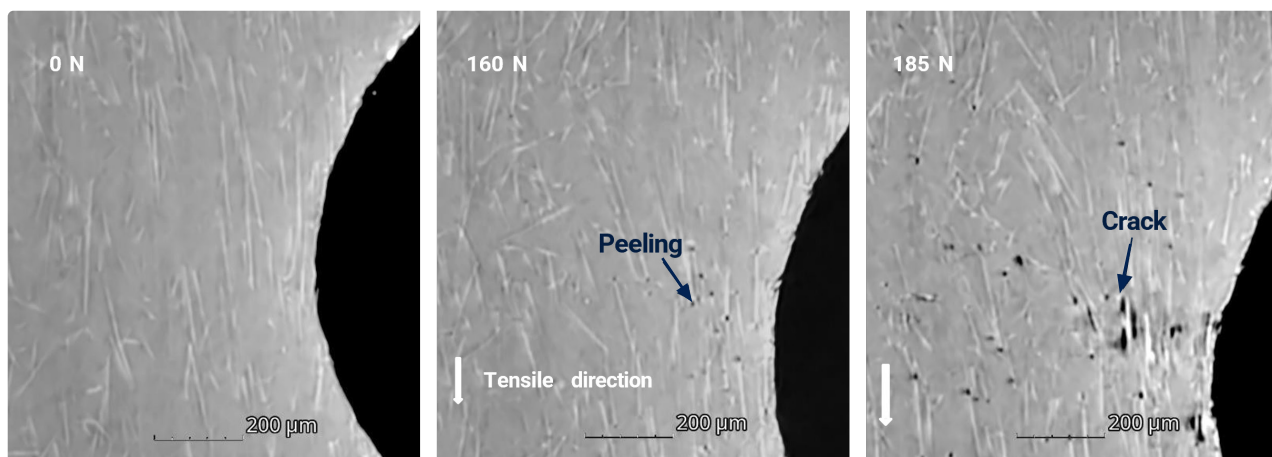


Figure 1: 各引張荷重におけるCFRPの断層画像

結論: CFRPに対して引張荷重を段階的に加え、任意のタイミングで8分間のin-situCT撮影を行いました。160 Nの荷重時点で、炭素繊維と樹脂の界面に剥離が生じて空隙が形成され、185 Nではその空隙を起点としたクラックの発生が確認されました(図1)。このように、破壊のプロセスを非破壊で可視化することで、初期損傷や界面異常の兆候を把握することが可能となりました。



使用機器:
nano3DX



DSCを用いたポリマー結晶化度の定量評価

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
高密度ポリエチレン (HDPE)

熱分析

ポリマーの結晶化度は、剛性や耐熱性、加工性などの材料特性に深く関わるため、正確な把握が不可欠です。しかし現場では、結晶化度を経験則やカタログ値に頼って判断している例も多く、製品設計や材料選定の根拠が曖昧になるリスクがあります。DSCを用いて融解エネルギーを評価することで、結晶化度を定量的に把握でき、設計の精度向上やトラブルの未然防止につながります。

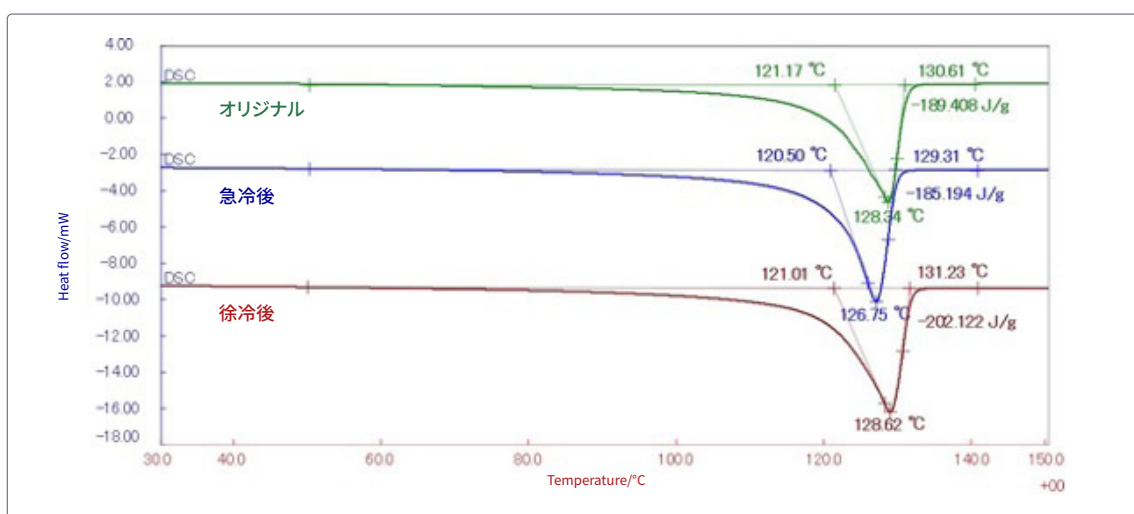


Figure 1: HDPEのDSC解析結果

	試料	エネルギー J/g	結晶化度 %
HDPE	オリジナル	189.4	65.31
	急冷後	185.2	63.86
	徐冷後	202.1	69.69

Table 1: HDPEの融解エネルギーと結晶化度

結論: HDPEでは90～130℃に融解による吸熱ピークが現れました。HDPEの完全結晶体の融解エネルギーは290J/gであり、これを基準に各試料の融解による吸熱ピークのエネルギーから結晶化度を求めることが可能です。曖昧だった結晶化度の判断を数値で裏付けることで、材料選定や設計条件の見直しに確かな根拠を与えることができます。



使用機器:
DSCvesta2



高耐熱樹脂に対する熱重量、光学像、発生ガスの三位一体評価

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
 ポリエーテルエーテルケトン
 (PEEK)

🌡️ 熱分析

高耐熱・高強度を誇るエンブラやスーパーエンブラでは、実使用環境に応じた熱安定性評価が欠かせません。加熱による分解や外観変化は、製品の信頼性や安全性に影響するため、熱挙動を多面的に捉えることが求められます。試料観察機能を備えたTG-MSを用いることで、加熱時の分解挙動や色・形状の変化、発生ガスの挙動を同時に確認でき、材料選定や設計判断に必要な定量的・視覚的情報を得ることが可能です。

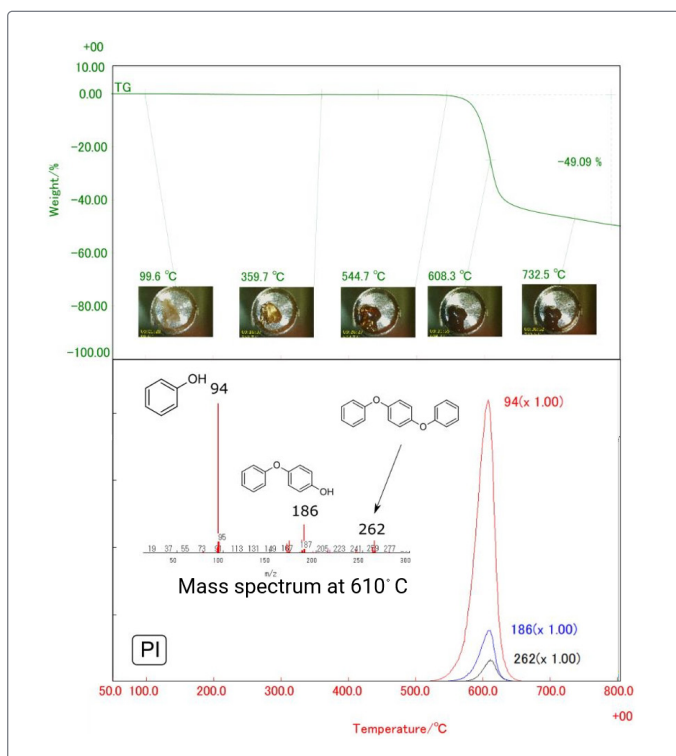


Figure 1: PEEKの試料観察TG-MS解析結果

結論: PEEKを加熱した結果、500°Cから減量が始まり、800°Cまでに約50%の減量が確認されました。観察像では、300°Cまではほとんど変化が見られず、330°Cで融解して流動性が増し、さらに500°Cを超えると炭化が進行します。また、減量時にはフェノールをはじめとする分解ガスが発生していることが確認されました。このように、重量変化だけでなく外観やガスの挙動を同時に把握することで、分解の初期兆候や安全設計上の限界点を見逃さずに捉えることができます。



使用機器:
 STA/GC-MS



X線応力測定法による高分子材料の残留応力評価

材料: 汎用エンブラ (結晶性)
用途: 開発, 品質管理

分析材料:
 ポリアセタール (POM)

非破壊分析

残留応力は製品の疲労強度や寸法安定性に大きく影響するとされ、特に構造部品ではその評価と管理が極めて重要です。近年では高分子材料も構造部品等に使用されることから、残留応力評価が必要になってきました。金属材料で広く用いられるX線応力測定法 ($\sin^2\psi$ 法) は、高分子材料にも適用できます。引張負荷試験を併用し応力定数を実測すれば、結晶性の異なる高分子でも十分な精度でX線応力測定が可能です。

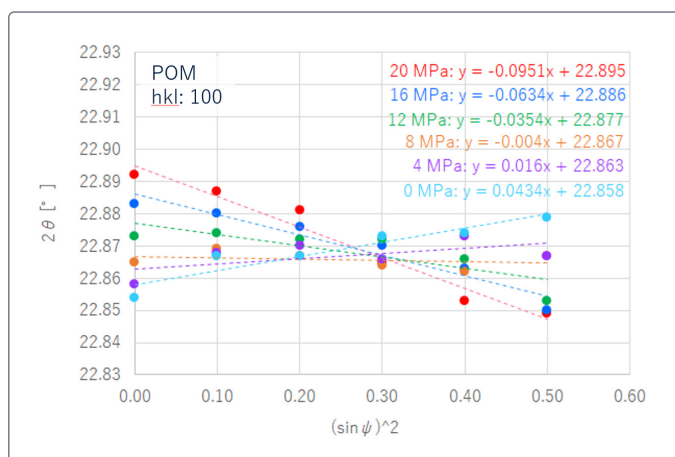


Figure 1: 負荷応力ごとの 2θ - $\sin^2\psi$ 線図

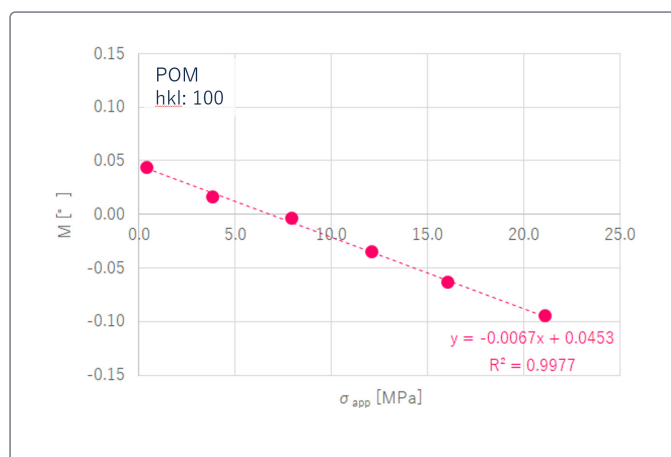


Figure 2: 負荷応力と 2θ - $\sin^2\psi$ 線図の傾きの相関 (M - σ_{app} 線図)

結論: 負荷応力ごとの 2θ - $\sin^2\psi$ 線図は良好な直線性を示し(図1)、さらに負荷応力と線図傾きの関係も良好な直線性を示しました(図2)。これにより、X線応力測定法 ($\sin^2\psi$ 法) による高分子材料の残留応力評価は十分な精度で行えているといえます。加えて、図2に示す回帰直線の傾きの逆数から応力定数を求め、それを用いて残留応力を評価することで、より信頼性の高い評価が可能となります。



使用機器:
 SmartLab, 引張アタッチメントヘッド



ABS樹脂上めっき層の非破壊膜厚分析

材料: 成形品
用途: 品質管理・製造工程開発

分析材料:
ABS樹脂めっき

✳ 非破壊分析

自動車外装に使用されるABS樹脂部品では多層めっきが施されています。製品の外観や性能の品質を管理する上で各層の膜厚を適切に評価することは重要です。破壊検査や断面研磨による手法は手間がかかるうえ、工程内での迅速なフィードバックには不向きです。XRFを用いれば、非破壊・短時間でnm～μmオーダーの膜厚を定量でき、工程内での品質安定化や不良流出の抑制に貢献できます。

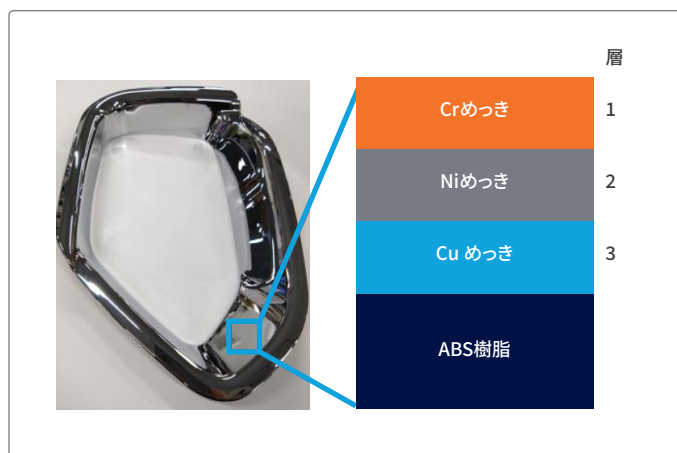


Figure 1: 試料とその層構造

	分析値 (nm)	標準偏差 (nm)	C.V. (%)
層 1	609	0.8	0.13
層 2	320	0.2	0.067
層 3	8305	9.8	0.12

Table 1: 繰り返し測定による精度確認結果

結論: ABS樹脂上にCu、Ni、Crの順でめっきが施された部品に対し、XRFによる膜厚分析を実施しました。1検体あたりの測定時間は約2分と短く、各層の膜厚を非破壊で同時に定量できます。また、繰り返し測定ではC.V.約0.1%という高い再現性が得られ、工程内での定量管理やばらつき評価に対応できます。



使用機器:
ZSX Primus IV

解析手法:
スタンダードレスFP法



マイクロX線CTによるプラスチック成型品の形状比較

材料: 炭素繊維強化樹脂
用途: 開発・品質管理

分析材料:
プラスチックの密閉容器

👁️ 非破壊分析

成形品のわずかな形状差が、操作感や組付け精度に影響することがあります。しかし、その差は目視ではわからず、図面上の寸法や公差だけでは設計や品質の不具合を説明できないケースも少なくありません。マイクロX線CTは、試料を破壊することなくミクロン単位の立体データを取得でき、異なる成形品同士の形状差を定量的に比較・評価できます。

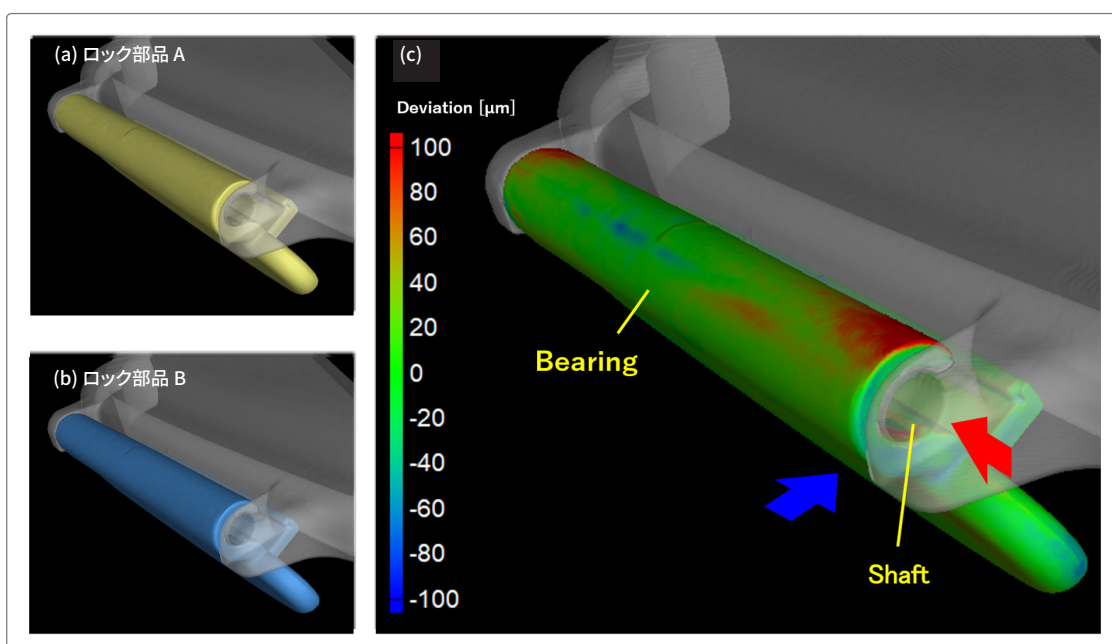
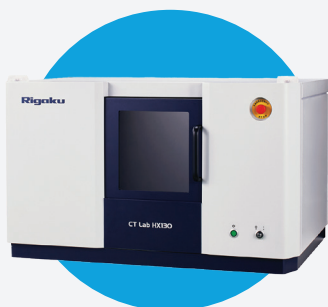


Figure 1: ロック部品の立体画像 (a) 部品A、(b) 部品Bと (c) 部品Aに対する部品Bの差の着色

結論: 開閉時の感触が異なる2種類のロック部品 (A:軽い/B:重い) を、それぞれ4分間でCT撮影し、取得した3Dデータを重ね合わせて解析しました。その結果、軸受け端部に微小な形状差が存在することが明らかとなり、この違いが操作感に影響を与えている可能性が示唆されました(図1(c))。本手法は、設計検証や成形条件の見直しといった品質改善の判断材料としても活用できます。



使用機器:
CT Lab HX
解析ソフト:
VGSTUDIO MAX



TG-FTIRによる酢酸ビニル系ポリマーの分解温度と発生ガスのリアルタイム分析

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
 ポリビニルアルコール
 (PVA)

🌡️ 熱分析

酢酸ビニル系のポリマーであるPVA、ポリ酢酸ビニル (PVAc)、ポリビニルブチラール (PVB) は、水溶性や可塑性に優れ、接着剤やバインダーなど多様な用途で使用されています。しかし、これらの材料は加熱時に複雑な熱分解挙動を示すため、処理温度や安全設計において予想外の反応が起きる可能性があります。TG-FTIRを用いれば、熱分解の進行とともに放出されるガス成分をリアルタイムで可視化でき、見えにくかった分解プロセスを定量的に捉えることで、耐熱性評価や工程設計の信頼性を高めることが可能です。

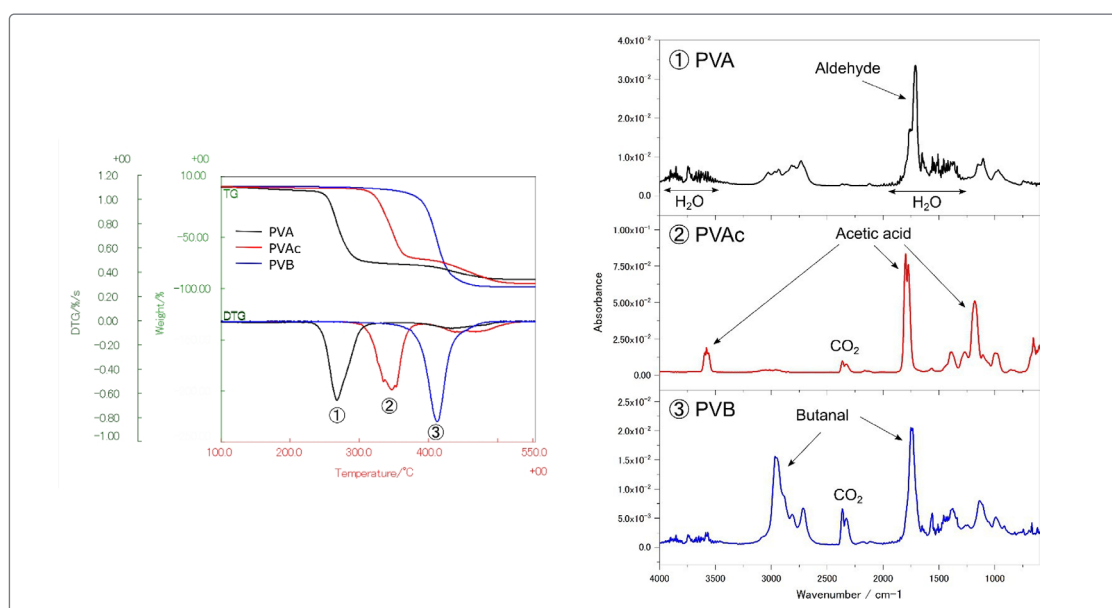


Figure 1: PVA、PVAc、PVBのTG、DTG及びDTGピーク温度のIRスペクトル

結論: PVA、PVAc、PVBのTG曲線から、分解開始温度はPVA、PVAc、PVBの順に高く、PVBが最も耐熱性に優れることが分かりました。FTIR同時測定により、減量時の反応生成物も特定されました。このようにTG-FTIRは、重量変化だけでは捉えにくい分解の進行や生成ガスを可視化でき、製造条件の見直しや安全設計の判断材料として有効です。



使用機器:
 STA/FTIR



水蒸気雰囲気下TG-MSによるPCの加水分解挙動評価

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
ポリカーボネート (PC)

TA: 熱分析

ポリマー材料の劣化評価では、加熱による分解挙動に加え、湿潤環境での安定性も見極める必要があります。特に燃料電池用の電解質膜や医療用デバイスなど、水分に長期間さらされる用途では、乾燥条件下の熱分析だけでは加水分解などの水蒸気起因の変化を見落とすリスクがあります。TG-MSを水蒸気雰囲気下で適用することで、加熱による変化とその生成物である発生ガス成分をリアルタイムで把握し、湿潤劣化の進行を定量的に捉える手段となります。これは、耐湿性に優れた材料の開発や、長期使用を前提とした信頼性評価において有効です。

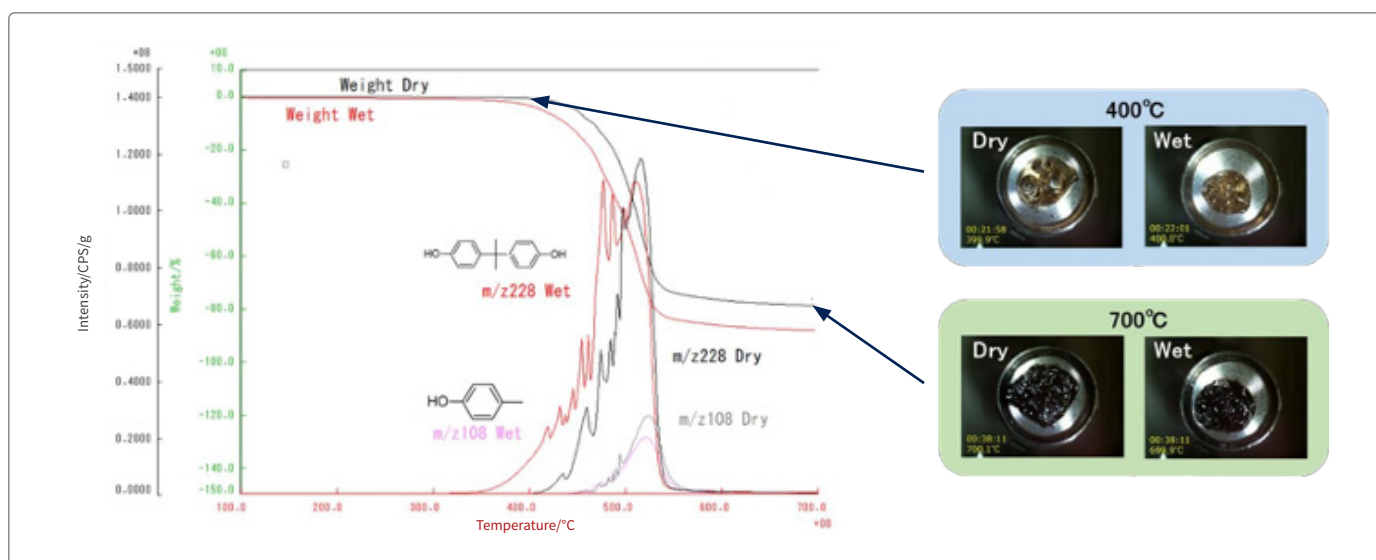


Figure 1: PCの乾燥 (Dry) 及び湿潤 (Wet) 雰囲気下のTG及び発生ガス挙動

結論: PCをWetおよびDryの雰囲気下で加熱したところ、分解開始温度や残差に明確な差が見られました。さらに、発生ガスの挙動にも違いが認められ、水蒸気による加水分解が促進されていることが示唆されました。この結果は、乾燥条件では把握できない反応が、湿潤環境で顕在化することを示しています。水蒸気下でのTG-MS測定は、耐湿性評価や信頼性設計におけるリスク把握に有効です。



使用機器:
STA/GC-MS



熱履歴によるゴムの膨張率変化をTMAで可視化

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
フッ素ゴム

熱分析

ゴム材料の劣化評価は、長期使用時の信頼性や安全性を確保するうえで欠かせません。しかし、外観や硬度といった従来の指標では、初期の変化や熱履歴による微細な劣化を見落とす可能性があります。TMAは、加熱に伴う膨張・収縮といった微小な形状変化を高精度に捉えることで、経年劣化や熱履歴の影響を定量的に把握できます。これにより、材料選定や寿命予測における判断の精度を高めることが可能です。

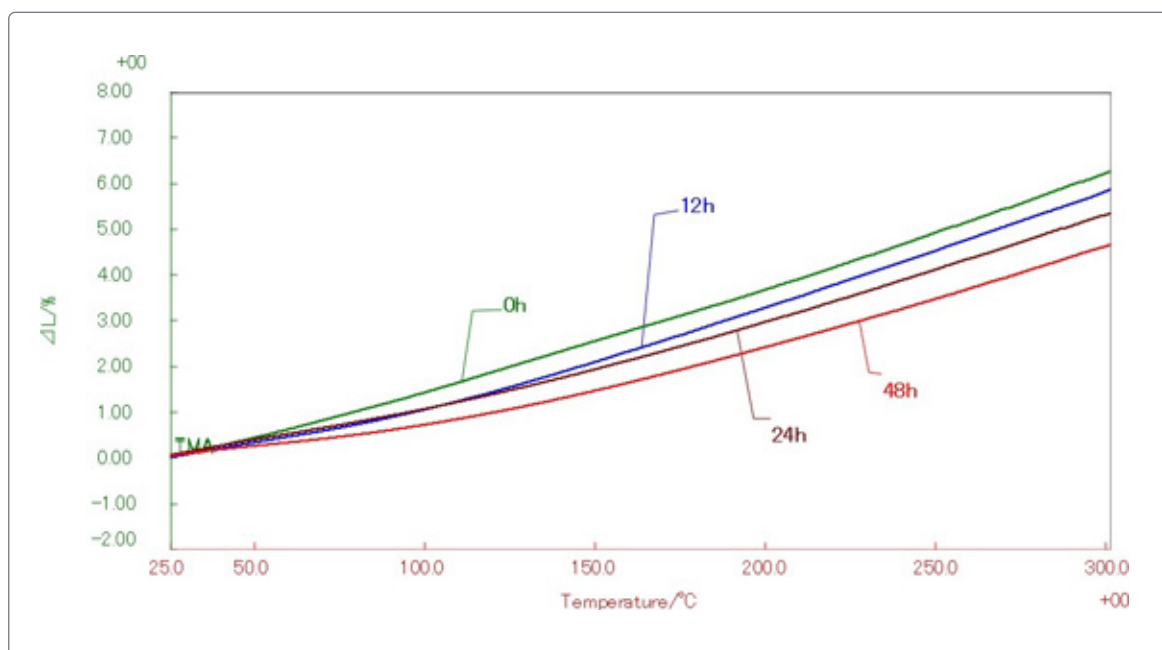


Figure 1: 300°Cでの各保持時間のフッ素ゴムのTMA測定結果

結論: 300°Cでの保持時間が長くなるにつれて、膨張率は低下する傾向を示しました。一般に、ゴムは熱劣化の初期段階で硬化が進行するとされており、本結果からも微細な形状変化を通じた初期劣化の兆候が検出可能であることが示唆されます。TMAを用いれば、こうした外観や硬度では捉えにくい変化を定量的に把握できるため、材料の耐久性評価や寿命予測の判断精度を高める有効な手段となります。



使用機器:
TMA8311



水蒸気雰囲気下での繊維の吸湿特定をTG-DTAで解析

材料: 樹脂・成形品
用途: 品質・開発・故障解析

分析材料:
絹、木綿、ナイロン

熱分析

繊維材料の吸湿性は、衣服の快適性や医療・産業用途での機能発現に直結する重要な特性です。しかし、乾燥条件下での単純な吸湿率測定では、実使用環境における吸湿挙動の違いや保持水分量の評価が困難であり、用途に応じた材料選定や設計判断に不安が残ります。水蒸気雰囲気下でのTG-DTA測定を用いれば、使用環境に近い条件で吸湿挙動や保持水分量を定量的に評価でき、機能性繊維の開発や用途別最適設計における信頼性を高められます。

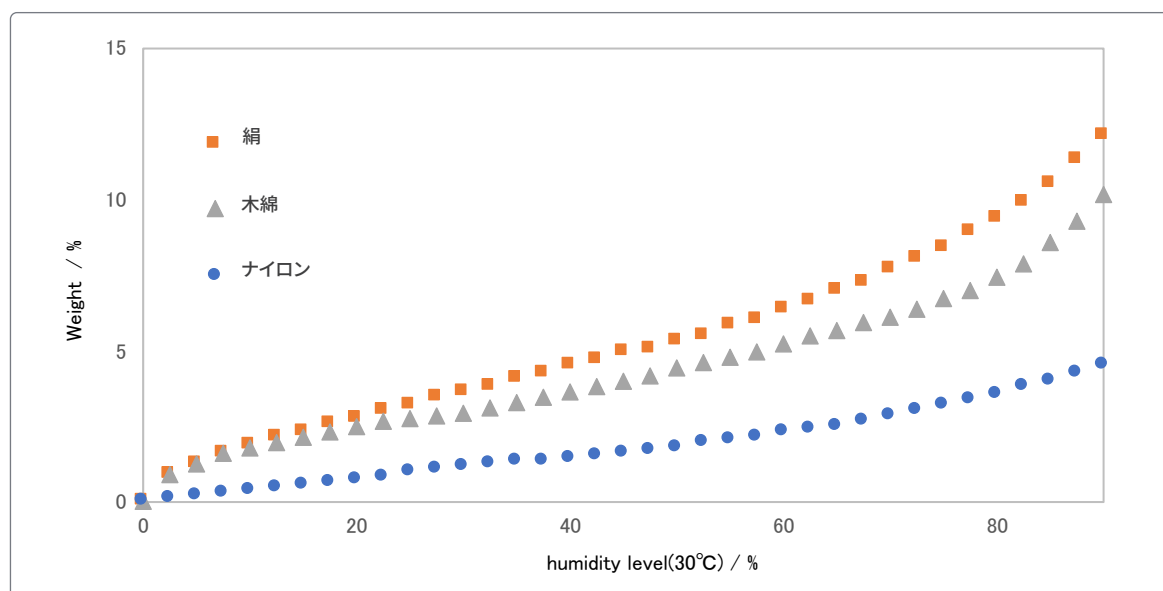


Figure 1: 各繊維の相対湿度に対する重量変化

結論: 絹、木綿、ナイロンについて、30°C下で湿度をdry~90%RHに変化させた際の吸湿率を比較したところ、吸湿性は絹>木綿>ナイロンの順で高いことが確認されました。水蒸気雰囲気制御可能なTG-DTAを用いれば、実環境に近い条件下で吸湿性を定量的に把握でき、用途適合性を見極めや材料選定の確度を高める実践的な判断材料となります。



使用機器:
STAvesta/HUM-1



さまざまな形状試料に対応した熱伝導率評価法

材料: 製品
用途: 品質・開発

分析材料:
メラミンフォーム

熱分析

ポリマーの熱伝導率は、電子部品の冷却性能や断熱材の機能性を左右する重要な物性ですが、柔らかい材料や不定形な形状では測定が難しいという課題があります。TRIDENTは、切断や加工を必要とせず、実際の試料形状のまま簡便に評価できるため、フォーム材やシート材など、従来評価が困難だった材料でも、設計段階での信頼性ある熱設計に貢献できます。

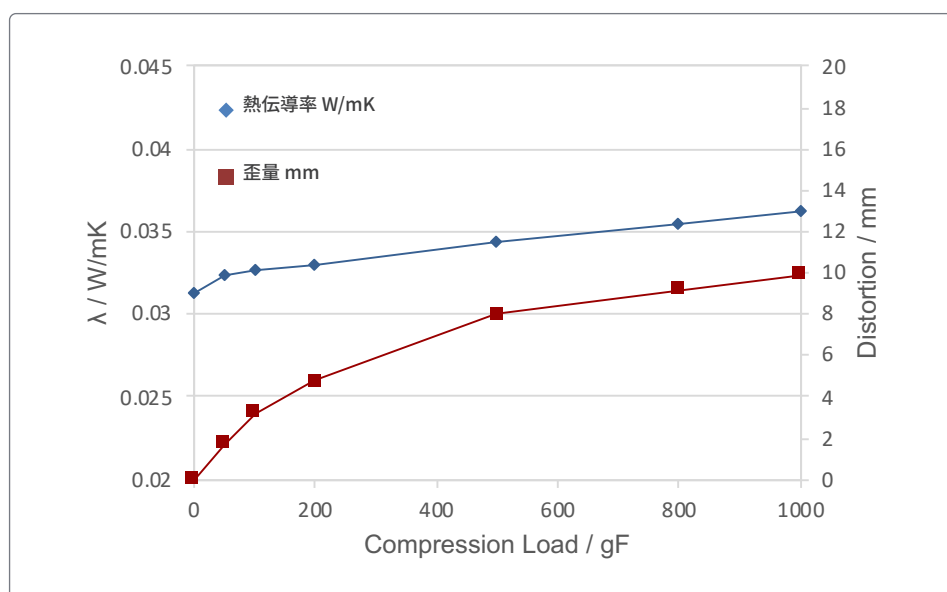


Figure 1: メラミンフォームの外力と熱伝導率、ひずみの関係

結論: メラミンフォームのような柔らかい材料では、外力によって大きく歪み、圧縮状態に応じて熱伝導率も変化することが確認されました。特に、歪みが進むにつれて見かけの熱伝導率は上昇する傾向が見られ、使用時の変形を無視した定常状態での測定では、実際の熱挙動を過小評価するリスクがあります。TRIDENTは、こうしたフォーム状材料に対しても対応可能で、変形状態そのままでの熱伝導率を定量的に測定できるため、製品設計や断熱・冷却性能の正確な見積りに直結する信頼性の高い評価手法です。



使用機器:
TRIDENT



廃プラスチックの有害元素分析

材料: リサイクル原材料
用途: 品質管理・製造工程開発

分析材料:
ポリエチレン (PE)

※ 組成分析

廃プラスチック由来の樹脂ペレットは、電気・電子機器や自動車部品の材料として再利用されますが、RoHSやELV指令により、含有する有害元素の管理が不可欠です。一般的なICP分析は高精度ながら、酸による溶解や希釈、廃液処理など前処理の手間が大きく、現場でのスクリーニングには不向きです。XRFであれば、ペレットをそのまま非破壊・前処理なしで迅速に測定でき、スタンダードレスFP法を用いることで標準試料や検量線の作成なしに正確な組成分析が可能です。



Figure 1: 試料調製

	(ppm)				
	Cr	Br	Cd	Hg	Pb
標準値	20.2	96	19.6	4.64	13.6
XRF分析値	20.4	107	23.4	4.25	13.0
検出下限値	1.8	0.2	0.84	0.41	0.6

Table 1: 市販の樹脂試料のスタンダードレスFP分析結果

結論: 市販の樹脂試料に対してスタンダードレスFP法によるXRF分析を行った結果、Cr、Br、Cd、Hg、Pbの分析値はいずれも標準値に近い結果が得られました。検出下限は数ppmオーダーと低く、実用濃度での定量性能が確認されました。再生プラスチックの受け入れスクリーニング分析としても有効です。



使用機器:
NEX DE
解析手法:
スタンダードレスFP法



TG-MSによるPETケミカルリサイクル時の生成ガス分析

材料: リサイクル
用途: 製造工程開発

分析材料:
PET

熱分析

ポリマーのケミカルリサイクルでは、分解反応の進行状況や生成ガスの把握が不十分なまま設計されているプロセスが多く、再資源化の効率に影響を及ぼすことがあります。従来の熱重量測定 (TG) では重量変化しか分からず、生成ガスの情報が得られないという課題がありました。TG-MSを用いれば、加熱に伴い発生するガス成分をリアルタイムで検出できるため、プロセスの確実性を高め、副生成物の管理や反応条件の見直しにもつながります。

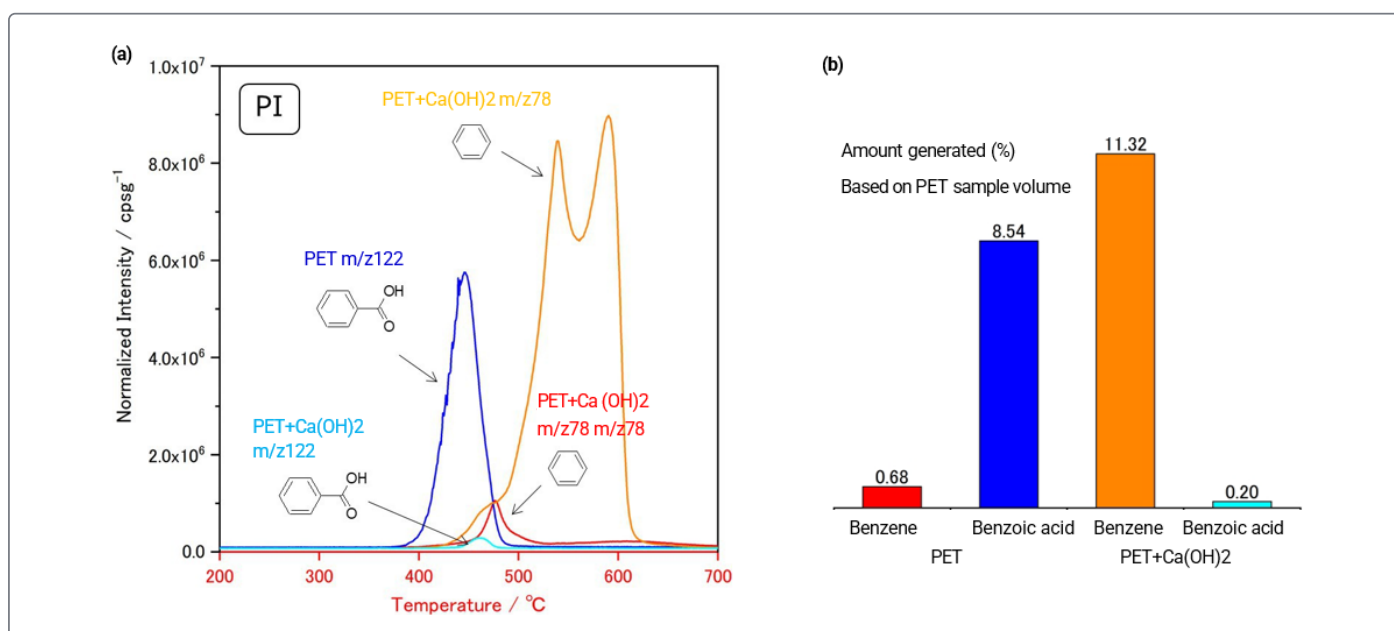


Figure 1: (a) PET分解時のMSシグナルの温度プロファイルと
(b) 発生ガスの定量値の比較

結論: PETの単独分解では、安息香酸が主生成物であり、ベンゼンの生成はわずかでしたが、水酸化カルシウムを添加するとその傾向が逆転し、ベンゼンの発生量が大きく増加しました。この結果は、分解条件が生成ガスの種類と量に大きな影響を与えることを示しており、副生成物の制御がリサイクル品質や環境安全性に直結することを示唆しています。



使用機器:
STA/GC-MS



お問合せ

高分子材料の分析に関する
お問合せから製品選びまで、
何でもお気軽にお問合せください。



オンライン相談申し込み:
[rigaku.com/
ja/talk-to-an-expert](https://rigaku.com/ja/talk-to-an-expert)

国内支店・営業所一覧

東京クロス・ポイント

〒151-0051

東京都渋谷区千駄ヶ谷5-32-10

TEL03-5312-7077 FAX03-5312-7078

E-mail: tky-www@rigaku.co.jp

大阪支店

〒564-0063

大阪府吹田市江坂町1-23-101 大同生命

江坂ビル9階

TEL072-696-3387 FAX072-694-5852

E-mail: osk-www@rigaku.co.jp

東北営業所

〒980-0804

宮城県仙台市青葉区大町1-2-16

TEL022-264-0446 FAX022-223-1977

E-mail: snd-www@rigaku.co.jp

名古屋営業所

〒461-0002

愛知県名古屋市東区代官町35-16

TEL052-931-8441 FAX052-931-2689

E-mail: ngy-www@rigaku.co.jp

九州営業所

〒802-0005

福岡県北九州市小倉北区堺町2-1-1

TEL093-541-5111 FAX093-541-5288

E-mail: ksh-www@rigaku.co.jp