NETZSCH
Proven Excellence.

同時熱分析装置
STA 509 *Jupiter*® シリーズ

Method, Technique, Applications

Analyzing & Testing

Flexible, Sophisticated & Technically Outstanding

同時熱分析は、ある 1 つの試料について、熱重量測定（TGA)と示差走査熱量測定（DSC)を 1 台の装置で同時におこなう技術です。次のような測定条件を TGA と DSCでまったく同じにして一度に測定できるところが大きな利点です。

- 雰囲気
- ガス流量
- 試料蒸気圧
- 昇温速度
- 試料容器との熱的接触
- 輻射の影響　など

また、1 試料で熱重量測定(TGA)と示差走査熱量測定(DSC)を同時に測定できれば結果的に測定ごとの処理量が増えることになり、同じ時間でより多くのデータを収集できます。さらに STA 509 *Jupiter®* シリーズは各種規格にも対応しています。

DSC測定分析項目

- 比熱容量
- 融解/結晶化
- 固体-固体 相転移
- 多形性
- ガラス転移
- 結晶化度
- 酸化安定性
- 架橋
- 温度変調
- 純度
- 反応速度論解析
- 熱的挙動シミュレーション

TGA測定分析項目

- 質量変化
- 分解
- 酸化/還元
- 温度安定性
- 組成
- 腐食
- 反応速度論解析
- 熱的挙動シミュレーション

STA 509 *Jupiter*® シリーズ

優れた性能と最先端の技術

モジュールで スムーズにカスタマイズ

加熱炉やセンサーをユーザーが簡単に交換して使用できるモジュール型設計を採用しており、-150℃ ~ 2400℃ という広い温度範囲の測定にシームレスに対応します。

上皿型天秤

上皿型構造にデジタル補正を搭載した天秤は、取扱いが容易でありながら理想的な性能を達成します。守備範囲の広い TG-DSC 分析システムにガス分析システムを接続したいニーズに応えるベストな選択肢です。

効率を最適化し持続可能性を追求

自動温度安定機能にEco Modeを組み合わせてエネルギーとガスの消費を最小限に抑えながら最大限の性能を発揮します。コストと加熱 / 冷却エネルギーを大幅に節約します。

雰囲気ガス制御

真空気密環境で雰囲気ガスの流量を細かく調整できるため、さまざまな種類の不活性 / 酸化性 / 還元性ガス、腐食性ガスを高純度で正確に取り扱うことができます。

高精度の正確性

ナノグラムレベル分解能の天秤に高性能熱流束 DSC を組み合わせ。ドリフトを極限まで低減し、さまざまな測定項目について広い温度範囲で大容量試料の高精度測定を可能にしています。

豊富なアクセサリーと発生ガス分析への対応力

水蒸気発生装置を含む、種類豊富なアクセサリーを使用することで測定の可能性が広がります。
さらに、MS / FT-IR / GC-MS など発生ガス分析システムとのカップリングは装置のポテンシャルを飛躍的に向上させます。

STA 509 *Jupiter*® シリーズ

Classic

同時熱分析の多様なニーズに応える装置ラインナップ

STA 509 *Jupiter*® *Classic, Select* and *Supreme*

- 室温 ～1600℃
- SiC 炉
- 天秤分解能: 0.1 μg
- 20 試料対応 ASC（オプション）

360°

抜群の
コストパフォーマンス

Classic バージョンの最大の特長はルーチン作業に適した

コストパフォーマンスです。高性能 SiC 炉は、室温～1600℃の試料温度範囲に対応します。35 g天秤と DSC 機能を備えた、基本測定向けの STA 測定装置をリーズナブルな価格で導入できます。

Select

- -150℃ ～ 2400℃
- 交換型加熱炉 12 種類
- 天秤分解能: 0.1 μg
- 20 試料対応 ASC / 加熱炉追加（オプション）

シリーズ最大の温度範囲と アクセサリーオプション

Select バージョンはシリーズのなかでもっとも用途が広く、要求される理想的な機能をハードウェアとソフトウェアの両面から実現します。複数の加熱炉とセンサーをユーザーがフレキシブルに交換して使用でき、-150℃～2400℃という幅広い温度範囲に対応。高感度の熱流束 DSC を備え、あらゆる種類の材料を分析します。高い適応力と性能を備え、産業用途にも学術研究にも欠かせないツールとして幅広い活用が期待できます。

Supreme

- -150℃ ～ 2000℃
- 交換型加熱炉 9種類
- 天秤分解能: 0.025 μg
- 20 試料対応 ASC / 加熱炉追加（オプション）

長期安定性を備えた 高分解能天秤

シリーズ最上位の *Supreme* バージョンはすぐれた分解能に上皿型天秤の利便性をシームレスに統合した高性能 STA です。25 ng という極めて精度の高い天秤分解能を長期にわたって維持し、ハードウェアとソフトウェアの両方でもっとも厳しい基準を上回るように設計されています。*Supreme* は精度と信頼性が求められる最先端の研究開発分野で顕著に存在感を示すツールです。

用途に応じて加熱炉を選択

-150℃から 2400℃までの広い温度範囲に対応するため、用途に応じて交換可能な各種炉が用意されています。ダブル炉リフト機構により、異なる 2 種類の炉を同時に装着することが可能で、試料処理能力の向上や、同一装置での低温・高温試験の切り替えが容易になります。炉の交換はオペレーター自身で簡単に行うことができるため、本システムは将来的な用途拡張にも柔軟に対応可能です。

日常使用に最適な主力炉

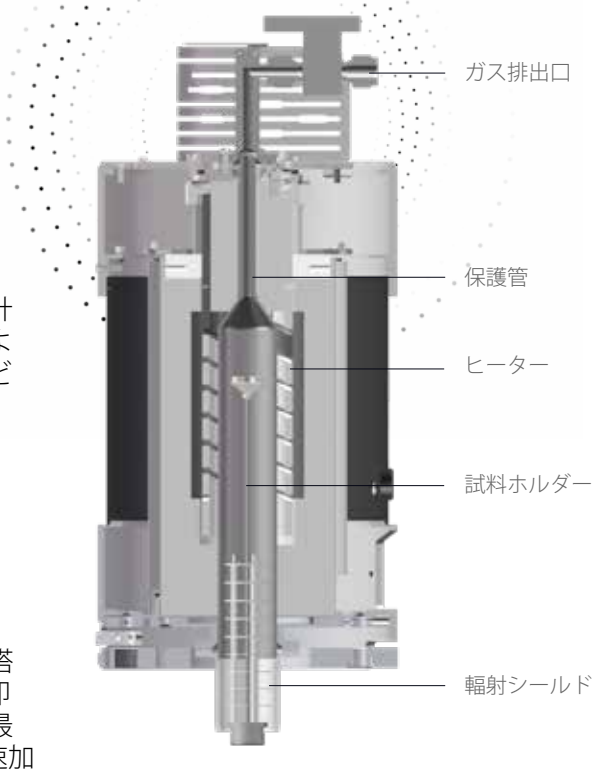
シリコンカーバイド（炭化ケイ素）炉は、STA 509 Jupiter®の堅牢な主力炉であり、室温から1600℃まで対応します。アルミナ（酸化アルミニウム）製の保護管を備えており、腐食性雰囲気や攻撃性の高い試料にも対応可能です。
また、ユーザーフレンドリーな設計により、保護管の交換もオペレーターが容易に行うことができ、ダウンタイムの最小化に貢献します。

高性能炉による優れた測定精度

白金炉およびロジウム炉は、最高レベルの性能を追求して設計されています。高精度に加工された金属ヒーターシステムにより、優れた炉性能を実現し、高温域における比熱容量測定などの高度な測定でも、正確かつ信頼性の高い結果を提供します。

急速冷却による最大効率の実現

急速冷却炉は、圧縮空気を用いたアクティブ冷却システムを搭載しており、1600℃から100℃までを30分未満で効率的に冷却することが可能です。さらに、金属ヒーターシステムにより最大100 K/minの高速昇温にも対応しています。このような高速加熱と急速冷却の組み合わせにより、測定サイクルの短縮とスループットの最大化が実現され、高性能用途に最適な炉となっています。



SiC 炉

加熱炉	温度範囲	冷却装置
シリコンカーバイド炉	室温 ～ 1600℃	空冷
白金炉	室温 ～ 1500℃	空冷
ロジウム炉	室温 ～ 1650℃	空冷
急速冷却炉	室温 ～ 1600℃	圧縮空気冷却

最高温度までの測定

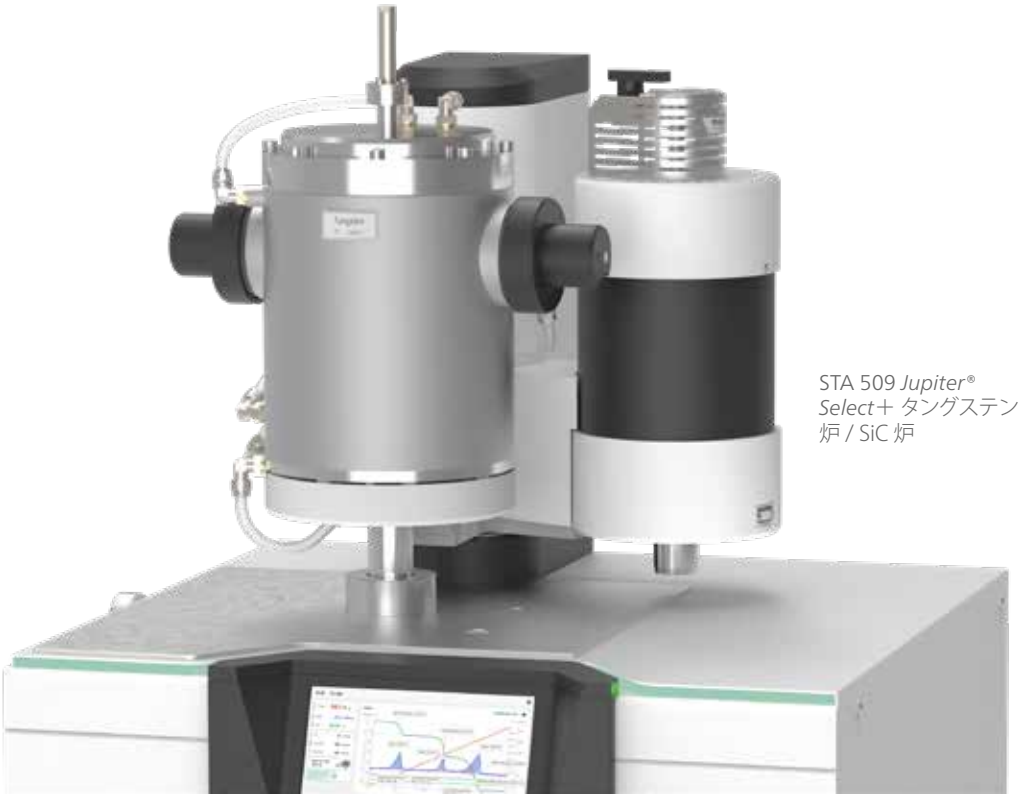
グラファイト炉は2000℃、タングステン炉は2400℃までの測定に対応。超高温環境下で材料特性や安定性を分析できます。セラミックス、金属、耐火材料などさまざまな用途で、高温プロセスを含む包括的な調査に活用できます。

高速測定で結果を出力

高速加熱炉は最高 1000 K/min の昇温速度でリアルな加熱プロセスを再現します。金属ガラスや高性能金属 / 合金の製造などの工業プロセスをシミュレーションできます。

最低温度までの測定

シルバー炉とスチール炉ではボルテックスチューブもしくは液体窒素冷却システムを利用して室温を下回る温度範囲で測定をおこなうことができます。
シルバー炉は比熱などの DSC 性能に優位性があり、スチール炉は-150℃ ~ 1000℃ という広い温度範囲をカバーします。



STA 509 *Jupiter®* *Select*＋ タングステン炉 / SiC 炉

加熱炉	温度範囲	冷却装置
シルバー炉	-120℃ ～ 675℃	ボルテックスチューブ/液体窒素*
スチール炉	-150℃ ～ 1000℃	ボルテックスチューブ/液体窒素*
高速加熱炉	室温 ～ 1250℃	空冷
グラファイト炉	室温 ～ 2000℃	水冷
タングステン炉	室温 ～ 2400℃	水冷

* ボルテックスオプションの場合は 0℃ 前後～

特殊用途対応

高沸点蒸気のガス分析

SKIMMER 炉は、質量分析計（MS）に直接接続できるため、ガス移送経路を可能な限り短くすることができます。
炉と同じ温度条件下で2段階の圧力低減を行うことで、凝縮のリスクを抑え、検出感度を向上させます。

高温対応材料を採用した SKIMMER は、最高 1950°C の温度で効率的に動作します。そのため、金属蒸気や塩蒸気の分析、高沸点有機化合物の分析など、発生ガス分析における高度な測定ニーズに適しています。

腐食性雰囲気

腐食性ガスバージョンの STA 509 Jupiter® を提供可能です。このバージョンは、還元性雰囲気などの腐食性雰囲気下での測定に最適化されています。

水蒸気濃度 100% まで対応する高湿度雰囲気

銅炉および水蒸気炉は、高湿度雰囲気下での測定に対応するよう設計されています。いずれのシステムにも補助ヒーターが搭載されており、水の凝縮を防ぐことで、露点が高い条件下でも安定した測定を実現します。雰囲気中の水蒸気濃度は最大100%まで対応可能です。

銅炉には、室温以下の温度域でも長時間にわたって精密な温度制御を行えるアクティブ冷却システムが搭載されています。一方、水蒸気炉は最高1250°Cまでの幅広い温度範囲に対応し、高温用途に適しています。

ソフトウェア制御によるガス切替

水蒸気炉または銅炉を用いて高湿度雰囲気下で測定する際、ガス切替バルブシステム（GSV 500）により、測定中に湿潤雰囲気と乾燥雰囲気を切り替えることができます。

STA 509 *Jupiter®* ＋水蒸気炉＋GSV 500＋蒸気発生装置

加熱炉	温度範囲	冷却装置
水蒸気炉	室温 ～ 1250℃	空冷
銅炉	-150℃ ～ 500℃	ボルテックスチューブ/液体窒素*
SiC-*SKIMMER*	室温 ～ 1450°C	自然冷却
Graphite-*SKIMMER*	室温 ～ 1950°C	水道水または冷却水

* ボルテックスオプションの場合は 0℃ 前後～

多様なニーズに正しく応える

各種試料ホルダー

STA 509 *Jupiter*® シリーズの最大の特徴は幅広いラインナップの試料ホルダーをユーザーが容易に交換できるシステムです。幅広い用途に対応して目的に合わせたカスタマイズが可能で、試料物性、測定条件、研究目的に応じて柔軟に構成を変更できます。クイックコネクト機能によって少ないアクションでホルダーを簡単に交換でき、シームレスにさまざまな用途に適応して測定試験データの有益性と有効性を最大限に高めます。

熱電対

NETZSCHはあらゆる用途に対応する各種の熱電対（タイプ S / P / E / K / W など）を提供しています。詳細はアクセサリーカタログを参照してください。

TGA-DSC and TGA-DSC (c_p) ホルダー

は TGA 測定とDSC 測定の同時測定を実現し、包括的な熱分析を可能にしています。特に c_p ホルダーを用いると高度な比熱容量測定が可能になり、分析精度をさらに向上させることができます。

TGA-DTAホルダー

でTGA測定とDTA測定の同時測定をおこなうことができます。コストパフォーマンスにすぐれた、日常検査業務向けのホルダーです。また、腐食性雰囲気や2400 ℃ までの高温など、極端な条件にも対応が可能です。

TGAホルダー

では質量変化を正確に測定します。形状や容量のバリエーションが豊富で、さまざまな測定に対応しています。吊り下げ型や網型など特殊形状の試料ホルダーも用意されており、試料とガスの接触を最適化して高度な解析をおこなうことも可能です。

熱分析の持続可能性を追求

STA 509 *Jupiter*® Eco Mode

熱重量測定で正確な結果を得るにはドリフト挙動を抑える必要があり、冷却水循環を用いた温度制御が広く使われてきましたが、このようなサーモスタットを連続作動させるには多くのエネルギー消費を要するうえに、発生した余分な熱をエアコンで調節しなければならないという問題も存在していました。
そこで NETZSCH は外部温度制御装置を省略し、安定性と正確性を維持しながら装置温度をデジタルで制御する技術を実現させました。サーモスタットの廃止によって平均的な稼働ではエネルギーの消費量を約 70%* 削減し、

年間を通じて 5,000 KW/h の電力を節約できるようになっています。さらに費用を削減する対策として、不要なときはガスフローを停止するEco Modeも導入しました。これらの技術により装置のランニングコストを下げ、二酸化炭素の排出量を低減させることに成功しました。
予測的なメンテナンス、長期耐用部品の提供、製品寿命保証など、将来にわたって持続可能性を高めるサービスも充実しています。

* 年間 250 日の稼働で 1 日あたり3 回の測定を想定した場合

Eco Mode搭載装置の特長:

- 余分な排熱を削減
- スペースを節約
- 予測的メンテナンス
- 高性能を実現

エネルギーとコストを 70% 削減–
外付けのサーモスタットを廃止

アクセサリーパーツ

オートサンプラー（ASC）

オートサンプラーは最大 20 個の試料をセットできるオプションパーツです。試料容器を適切に配置でき、最大限の処理能力を引き出します。あらかじめプログラムを設定しておけば夜間や休日でも測定を実行でき、自動解析機能や解析マクロを用いた自動解析も可能です。

試料容器

幅広いラインナップの試料容器が物性を解明します。セラミックス、金属、グラファイトなど各種の高品質容器を取り揃え、高融点合金、溶融塩、耐火材といった測定難易度の高い試料の分析にも信頼性を担保します。穴あきタイプや網状試料ホルダータイプなど、ガスとの接触を最適化できる容器も用意されています。

自動穴開け器

オプションの自動穴あけ器をグリッパーに装備して、測定開始直前にアルミ容器のフタに穴を開けることができます。

磁気浮上衝撃吸収システム

STA 509 *Jupiter* シリーズはオプションとして脚部を磁気浮上システムベース（特許取得済）に置き換えることができます。振動などの外乱から機器を効果的に保護できるため、環境の影響を抑えて結果データの信頼性を高めます。

熱分析＋水素（H_2）

持続可能な行動や環境問題対策のグリーンテクノロジーにおいて、水素活用のポテンシャルが注目を集めています。環境負荷を大幅に低減する、地球にやさしいソリューション開発のために、水素と材料の相互作用に関する研究の重要性が高まっています。たとえば、鉄鉱石還元などの冶金プロセスでは二酸化炭素が大量に排出されますが、水素の活用により排出量の大幅な削減が可能になるなど、顕著な成果が出始めています。

NETZSCHの「H_2セキュア」は濃度を変化させた水素を用いる環境で最大限の安全性を確保しながら測定試験を実施するための安全対策コンセプトです。
システムには包括的な安全プロトコルが搭載されており、複雑な酸化-還元サイクルをシームレスに再現してさまざまな測定条件で試料の正確な挙動分析や反応速度論解析をフレキシブルに実行します。

STA 509 *Jupiter*®

H_2 セキュア– 水素安全対策

装置構成

1 水素ガス供給システム
水素発生器または水素ボンベの H_2 ガスを STA 装置本体背面部にある専用の安全弁内蔵引込口から供給します。

2 ガス経路の最適化
たとえば 100% H_2ガスの濃度を正確に保って引きこみながら、天秤部へ保護ガスを供給するというような雰囲気環境を可能にします。

3 ガス濃度モニター
STA 排気部でH_2 / O_2 ガスの濃度を監視します。

4 H_2セキュアボックス
集中管理コントロールボックス。本体と通信してシグナルを制御し、濃度上限設定に応じてH_2 / O_2 ガスフローのオン/ オフを切り替えます。

水素ガス量を限定

水素は加熱炉の上部から導入され、天秤上部の専用スペース内に密閉されます。天秤には常に保護ガスがパージされます。

H_2セキュアボックス

通信コントロールボックスで濃度情報を受信し、上限設定に応じてガスフローのオン/ オフを切り替えます。

H_2 / O_2モニタリング

H_2 / O_2 ガスの濃度を継続的に測定して取扱い時の安全性を確保します。

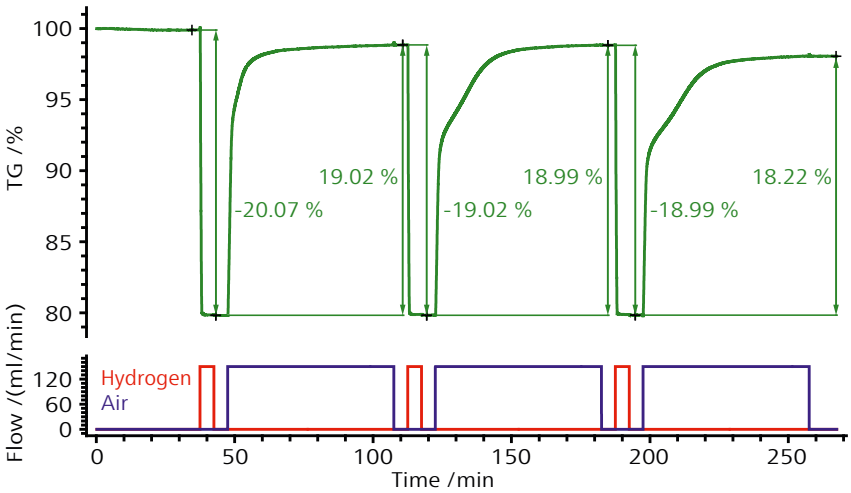
停電対策

停電時には磁気弁が開いて不活性ガスをフローし、システムから水素を除去します。

銅(Cu) – 酸化銅(CuO) 酸化還元反応の可逆性

右の図は、酸化銅（CuO）と水素 / 空気との反応プロセスサイクルにおける全体の質量変化をモニターして、可逆性について調べたグラフです。まず水素雰囲気下で 酸化銅（CuO）の還元が起こり、銅（Cu）が生成されます。続いて酸素雰囲気（空気導入）下で 金属 Cu は再び酸化して CuO になります。このサイクルを繰り返すと酸化還元電位の損失が増え、触媒能力が低下していくことがわかります。

酸化物ベースの触媒材料でこのように熱重量測定を活用すると、物質のメカニズム、反応速度論的特性、熱力学的特性といった物性に関してさらに深い洞察と理解を得ることができ、触媒材料の研究開発においてプロセスや材料の最適化を進めていくことができます。



酸化銅粉末(29.975mg)の酸化還元測定。温度: 500 ℃、雰囲気: 水素 / 空気を交互に切替

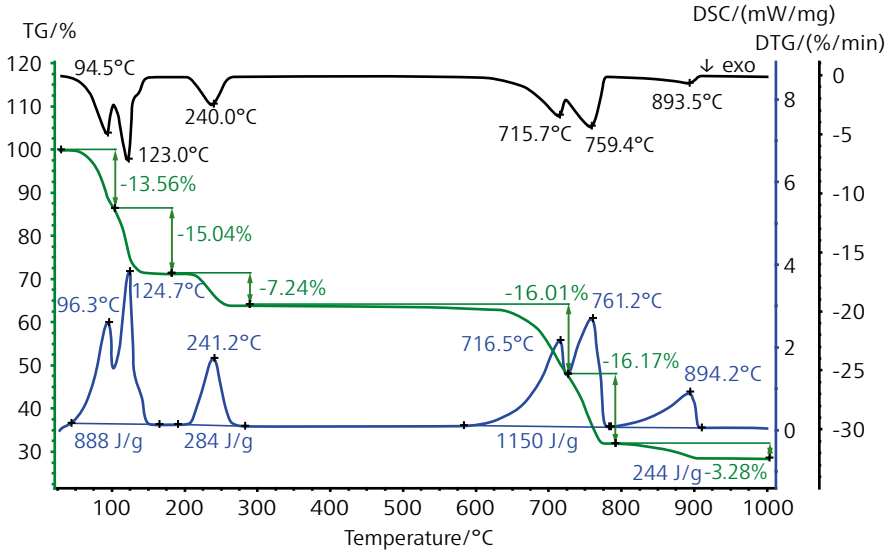
STA 509 *Jupiter*®
＋ 高機能ソフトウェア *Proteus*®

AutoEvaluation – 測定結果データを客観的にすばやく解析

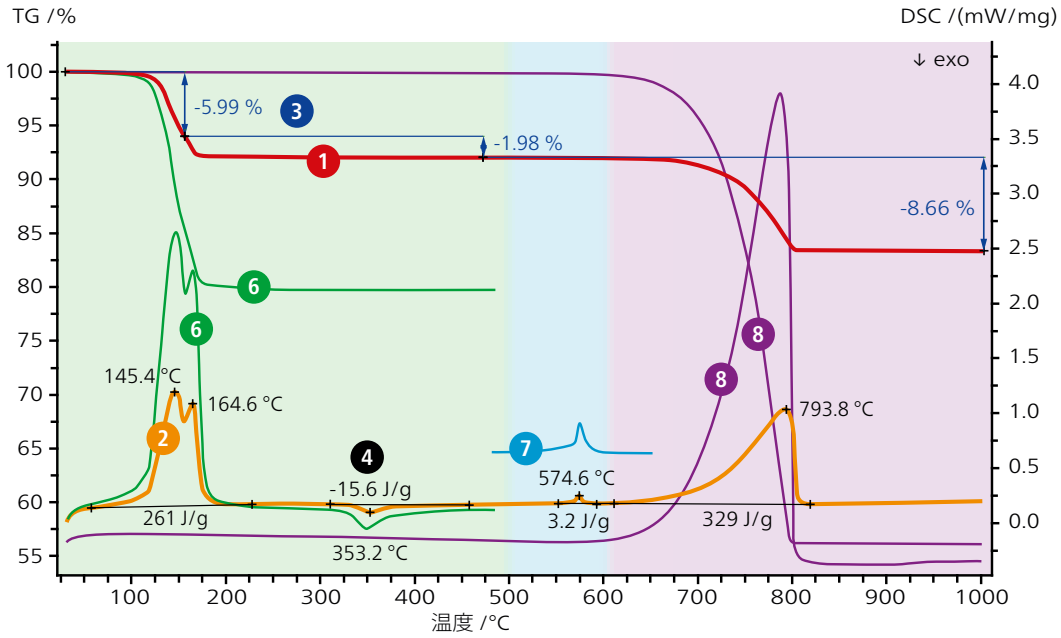
AutoEvaluation（自動解析）は市販の TGA / DSC 装置で最初に導入された自律型解析システムです。ユーザーの入力を必要とせず、大幅な質量変化、吸熱反応、発熱反応を解析して自動的に DTG 曲線を生成し、ピーク温度を識別します。リアルタイムで測定を解析してグラフを表示し、検出設定と結果表示はカスタマイズすることができます。分析時間を短縮しつつデータの客観性を提示する *AutoEvaluation* は、経験の少ないユーザーにも豊富な専門知識を持つユーザーにもメリットをもたらします。
下の図は硫酸銅五水和物（$CuSo_4 \cdot 5H_2O$）の熱分解測定結果を自動解析したグラフです。300℃以下で結晶水（H_2O）の放出開始、550℃～800℃で硫酸銅（$CuSo_4$）の分解、800℃ 以上で酸化銅（CuO）→ 酸化銅(II)（Cu_2O）の還元が起きることがわかります。

Identify – 材料同定および品質管理のためのデータベース

Identify は測定データをデータベースに照合して、試料物質の識別と分類をおこなうことのできる当社オリジナルのソフトウェアツールです。標準搭載のデータベースライブラリーには、さまざまな分野で応用されている高分子化合物、有機物、医薬品、食品、化粧品、無機物、セラミックス、金属、合金などについて、約 1300 項目のデータが格納されています。現在は DSC、DSC-c_p、TGA、TGA-c-DTA ®、STA、DIL、TMA、DMA に対応しています。必要に応じてユーザー独自のデータを数量制限なく追加してデータベースを拡張することもできます。エントリーと測定条件を追加しておくと新たな測定試験も円滑に準備できるようになり非常に便利です。



$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 試料（13.72 mg）のSTA測定。昇温速度: 10 K/min、雰囲気: 窒素（70 ml/min）、試料容器:PtRh。測定からDTG曲線（黒線）を作成し*AutoEvaluation*による自動解析を実行



1 未知物質の TGA 測定曲線
2 未知物質の DSC 測定曲線
3 *AutoEvaluation* による TGA 測定の自動評価
4 *AutoEvaluation* による DSC 測定の自動評価
5 *Identify* 結果 (選択範囲内でもっともよく一致する物質)
6 *Identify* データベースとTGA-DSC 測定の比較
7 *Identify* データベースとDSC 測定の比較
8 *Identify* データベースとTGA-DSC 測定の比較

5	測定値 / 文献値	一致率 [%]
	二水石膏_STA	99.2
	石英_DSC	96.7
	炭酸カルシウム_STA	99.8

*Identify*では同定処理時に TGAとDSC / c-DTA ®など 2 種類の測定データを同時に読みこめるというすぐれた機能があります[1]。
上の図は *Identify* を用いた未知物質の同定解析例です。500 ℃ までの TGA-DSC 測定結果はデータベース内の石膏二水和物（二水石膏、$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）のデータと非常によく似ており、575 ℃で検出された DSC ピークは該当する温度範囲における石英の $\alpha \rightarrow \beta$ 転移のデータ、600 ℃ 以上の TGA-DSC 測定結果は炭酸カルシウムの分解のデータによく一致していることが示されました。したがって未知物質は二水石膏、石英、炭酸カルシウムで構成されていることがわかります。

[1] A. Schindler, M. Doedt, S. Gezgin, J. Menzel, S. Schmölzer, J Therm Anal Calorim (2017) 129:833–842, DOI 10.1007/s10973-017-6208-5

Proteus® Search Engine & LabV®

Proteus® Search Engine – データをスマートに管理

試料や測定条件設定の異なる測定データや解析データを処理する場合には、データに直接アクセスできたり指定した条件でデータを抽出できたりすると非常に使い勝手がよくなります。*Proteus®* の検索エンジン機能は測定データを選択したディレクトリーに自動で同期して瞬時にフィルタリングします。測定曲線や解析ステータスはワンクリックでプレビュー表示できます。

自分で設定した検索条件に "My Ceramics" などの好きな名前を付けて保存したり、既存の条件で検索するように切り替えたりすることもできる、強力なデータ管理ツールです。

Proteus® Search Engine の検索機能

- 効率的なデータ管理
- 指定した条件でデータに直接アクセスして並べ替え
- ファイルを開かずに測定 / 解析結果をプレビュー表示
- データをすばやく簡単に取得
- 装置名、メソッド、オペレーター名、ファイル名、シグナル、日付、測定条件、反応の解析など、さまざまな条件で検索を実行

LabV® – ラボで AI を活用

本装置には LabV®データ管理プラットフォームを搭載しています。測定技法やデバイスによらず、すべてのデータを自動収集して一括表示画面での整理、分析、検索を可能にしたユーザーフレンドリーなソフトウェアソリューションです。
LabV®はデータ分析を簡略化して深い洞察をすばやく与えてくれるチャット AI アシスタントです。ChatGPT のように自然な日常の言葉で指示を出して、測定や解析の結果をさまざまなグラフに表示させたり、データ傾向や複雑な相関関係を把握したりすることができるようになります。

LabV®の機能

- **自動ワークフロー**
  試験手順を合理的に自動化して直感的に操作できるインターフェイスから測定を実行
- **データプラットフォーム**
  装置やすべてのデバイスと IT システムを接続してエンドツーエンドのプロセスをフラットに統合
- **デジタルチャット AI アシスタント**
  データ管理プラットフォームに自然言語 AI を導入

LabV®-primed

その他のソフトウェア機能

BeFlat® –自動補正で時間を節約

指定した測定条件に応じて TGA / DSC 曲線を適切に補正します。校正用のブランク測定をおこなう必要がありません。.

レポート作成ツール

複数のレポート作成テンプレートが用意されており、自社のロゴマーク、表、説明テキスト、グラフなどを簡単に追加してレポートを作成できます。*Identify* を用いた物質同定結果を追記することもできます。

Peak Separation

異なる測定（TG、DSC、MS、FI-IR）の曲線上で重なったピークを分離表示します。測定データは個々のピークの合計としてグラフ化し、分離したピークをそれぞれ解析することができます。

比熱測定（c_p）

ASTM E1269 / DIN 51007 / DIN 11357-4 等の規格に定められた比率とステップワイズ法の手順で DSCシグナルから比熱容量 c_p(T)を算出することができます。また、DIN 51007 には DSC 熱流速シグナルから自動的に比熱を算出する方法も規定されています。c_p(T)の結果は不確実性マージンと共に曲線表示できます。

Kinetics Neo – 反応予測からプロセスを最適化

Kinetics Neo はさまざまな温度条件下でおこなわれた一連の測定結果に基づいて化学反応と熱物性プロセスの解析モデルを作成します。多段階反応からも活性化エネルギー、前指数因子、反応の順序などの速度論的パラメーターを細かく検出してモデリングすることができます。ユーザー設定の温度条件からも反応挙動をシミュレーションしてプロセスを最適化させることが可能です。

Proteus® Protect

21 CFR Part 11 に準拠して監査証跡を残し、データの整合性を保証するオプション機能です。

ソフトウェアの特徴	*Supreme*	*Select*	*Classic*
AutoEvaluation (TGA & DSC)	■	■	■
*BeFlat®** (TGA & DSC)	■	■	■
c-DTA®	■	■	■
OIT 酸化誘導時間 / 温度	■	■	■
レポート作成	■	■	■
Eco Mode	■	■	■
Identify	■	□	□
Proteus® Search Engine	■	□	□
Peak Separation	■	□	□
比熱 (c_p)	■	□	□
温度変調 (TGA-DSC)	■	□	□
SuperRes®	■	□	□
TauR	■	□	□
純度 (*TauR*に付属)	□	□	□
LabV®	□	□	□
Proteus® Protect (CFR 21 part 11準拠)	□	□	□
Kinetics Neo (反応速度論解析)	□	□	□
Termica Neo** (温度分布シミュレーション)	□	□	□
EGAサポート	□	□	□

■ 標準機能
□ オプション機能
* MFC 仕様に搭載
** Kinetics Neo に追加可能

記載事項以外のカスタマイズもご相談ください。

KINETICS NEO

物質はある明確な性質を持っていても、反応物質との化学反応によって別の性質を持つ物質に変化する可能性があります。爆発のように一秒にも満たない短時間で瞬間的に終わる反応もあれば、鉱物の生成のように何千年、何百万年という長い時間をかけて進む反応もあります。
反応速度論は化学反応速度論やカイネティクスとも呼ばれ、速度の観点から化学変化の進行を調べて物質の反応速度を決定する方法論です。速度を左右する要因についても検討します。この知識があれば、基本的な化学反応の背景にある分子の詳細なメカニズムについても深い洞察を得ることができます。

応用例

- 物性変化時の硬化時間測定を含む硬化プロセス中の硬化度予測。硬化プロセスにおける自己触媒反応、拡散律速反応、ガラス転移温度の変化等を考慮したシミュレーション
  → 自動車産業、航空宇宙産業、塗料、エポキシ樹脂コーティング、複合材料、接着剤など
- 塗装プロセスにおける材料の粘度変化 → 塗料、コーティング、接着剤
- プロセスが複雑な反応のメカニズム。各反応とそのパラメーター情報（活性化エネルギー、反応次数、反応ステップ数、プロセス全体への寄与度など）
- ポリマーの急冷結晶化 → 射出成形
- バインダーの燃焼（脱脂）工程の最適化（短時間化 / 高品質化の追求）
  → 粉末冶金の焼結プロセス
  → セラミックス製造プロセスにおける焼結挙動
- 医薬品が活性を維持できる保存期間 → 医薬品研究 / 製造
- 特定の温度条件やある地点における実際の気候条件に即した 、エポキシ樹脂コーティングやポリマー絶縁体のガス / 液体 / 電気系統への耐用時間
  → 包装材料
- 高エネルギー物質や危険物質の保管可能期
  → 化学産業、軍需産業
  → 熱暴走予測
- 断熱環境で 24 時間後に温度上昇率が最大となる（熱暴走に至る）ときの温度（ATD24）

  →熱的なリスク/危険性の予測

測定データ

TGA, DSC, DTA, DIL, DEA

あらゆる化学反応に...

Kinetics Neo

温度依存性の反応プロセスを速度論的に解析

NETZSCH Kinetics Neo では温度依存性の化学反応プロセスを速度論的に解析します。解析結果からは速度論的反応モデルやメソッドが得られ、さまざまな温度条件における測定データが正確に記述されます。これらのメソッドやモデルを使用することで、ユーザー設定の温度条件下で化学反応挙動を予測したり、プロセス最適化に応用したりすることができます。

試料物質の反応プロセスの測定で得られた、物性変化を示すさまざまな熱挙動を解析することが可能で、熱重量測定、熱膨張測定、示差走査熱量測定、フーリエ変換赤外分光法、質量分析、レオロジー測定、断熱の温度分析など、各種の測定をデータソースとして活用することが期待できます。

モデル解析機能では多段階反応の反応ステップ数を明らかにし、それぞれの反応について次のようなデータを把握できます。

- エンタルピー（DSC 発熱/吸熱 反応）
  質量損失（TGA）
- 反応の種類
- 活性化エネルギー
- 前指数因子
- 反応の順序
- 自己触媒反応の順序
- その他の速度論的パラメーター
- 結晶化パラメーター

メリット

Kinetics Neo の主な利点は不均一反応と界面反応の両方を解析できること、そして拡散や核生成を伴う反応を解析できることです。

さらに、たとえば物質がガラス状態から非ガラス状態へと変化するプロセスなど、拡散律速段階を含む測定分析もおこなうことができます。

反応速度論解析
モデル解析
モデルフリー解析

→

予測
ユーザー定義の
温度プロファイルについて

→

プロセス最適化

信頼性の高い 反応予測 とプロセス

エポキシ系接着剤の硬化挙動分析

- 所定時間で目標の硬化度を達成するのに必要な最低温度は？
- 指定した温度プログラムでの硬化率は？

熱硬化性樹脂の架橋中にガラス転移が起こる場合、異なるメカニズムで支配された 2 つの領域に反応を分けて考えることができます。

ガラス転移点より上の温度での反応は化学変化で、アレニウスの式であらわすことができます。ガラス転移点付近では拡散により挙動が支配されます（拡散律速）。ガラス転移点付近の反応速度は両プロセスの影響を受けるため、反応挙動の速度変化を考慮するには拡散律速アルゴリズムを用いて速度論的反応モデルを拡張する必要があります。

図 A は 7 パターンの昇温速度で硬化プロセスの DSC 測定をおこなったデータ（点線）に、拡散律速を考慮したモデルによるシミュレーション（実線）をフィッティングしたグラフです。このモデルを使用すれば異なる温度条件下での反応速度を予測できることがわかります。

図 B はガラス転移温度と硬化度の測定データ（点）に Di Benedetto の式（実線）をフィッティングしたグラフです。

図 C は複数パターンの等温保持条件で硬化測定をおこなったグラフです。反応率が高くなると拡散律速により硬化速度は遅くなります。たとえば反応率 90% の状態で硬化が達成されるのに、110℃ では 52 分、120℃ では 26 分、140℃ では 8.7 分かかります。

図 D は長時間の反応をシミュレーションした時間-温度変態（TTT）図のグラフです。

Figure A

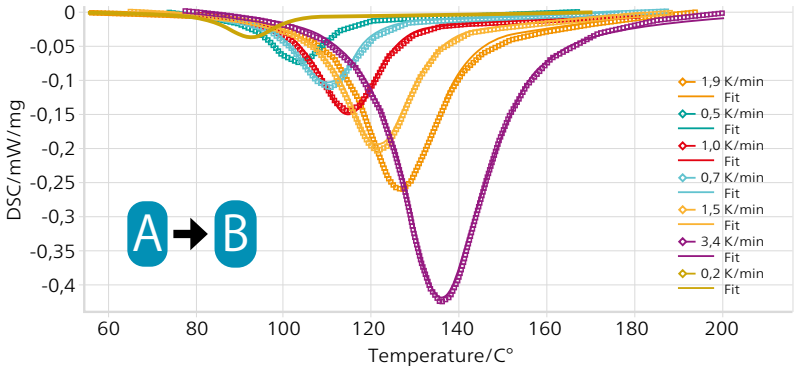


Figure B

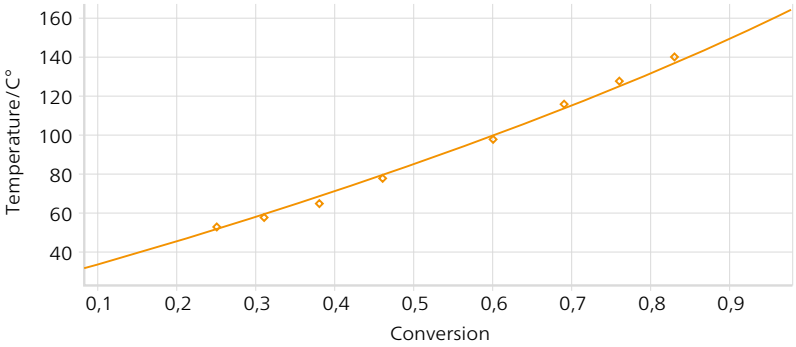


Figure C

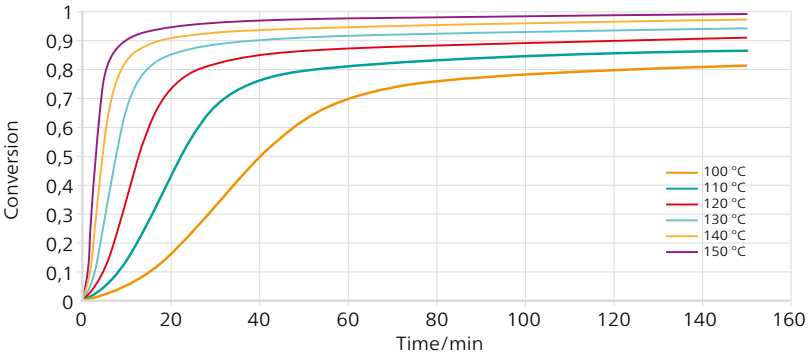
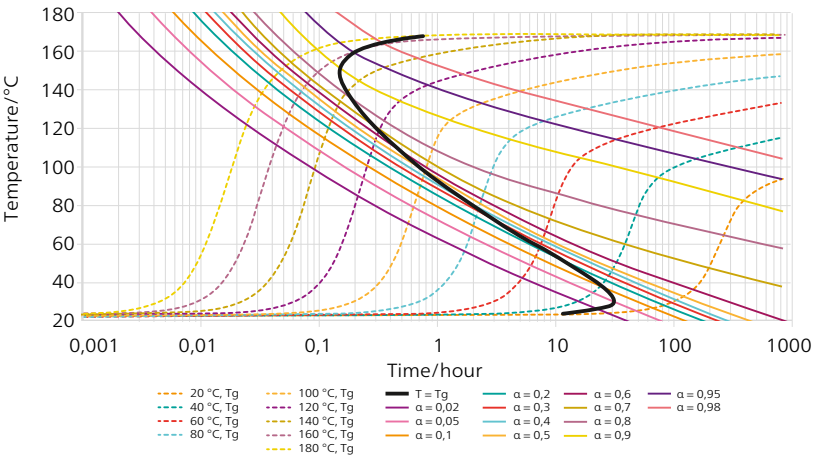


Figure D



ポリマーバインダー燃焼（脱脂）プロセス最適化による品質向上

粉末冶金の製造工程では、結合性向上のためにポリマーバインダーが添加されます。
しかし焼結時の一次昇温速度が速すぎると、バインダーから発生した気体により微細なひびができることがあります。
実際の製造工程では、次の 2 点について両者のバランスをよく考慮する必要があります。

- 昇温速度が遅いと処理時間が長くなる
- 昇温速度が速いとポリマーの熱分解による気体発生が急激になり、製品損傷のおそれがある

トンネルキルンを用いた焼結工程では、処理時間と製品品質のバランスが最適化されるように、プロセス全体の温度条件を決定していく必要があります。

図 A は複数パターンの昇温速度で熱重量測定をおこなったデータの解析結果です。ここで使用した 3 ステップ反応モデルがすべての測定データによくフィットしています。適合度が高いほど、予測の精度も向上します。

図 B はバインダー燃焼（脱脂）プロセスの温度プロファイルを最適化したグラフです。プロセスを通じて質量損失速度を0.05%/min に維持することで品質が保たれます。

図 C は 5 段階トンネルキルンの焼結工程でバインダーバーンアウト（脱脂）プロセスを最適化させる温度プログラムを各ゾーンに適用したときの質量損失を予測したグラフです。

Figure A

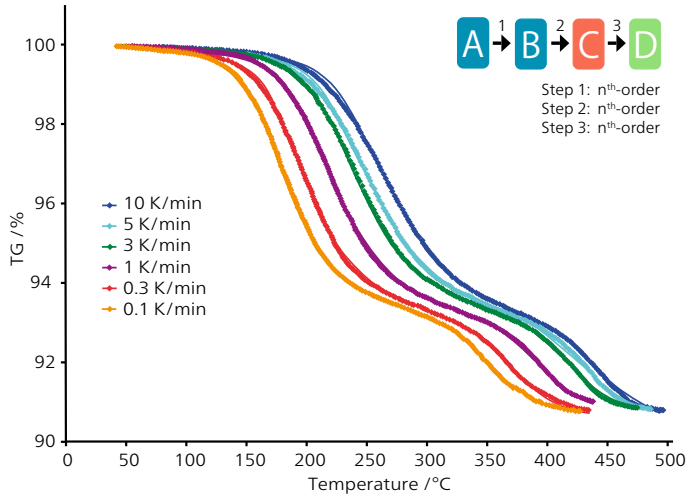


Figure B

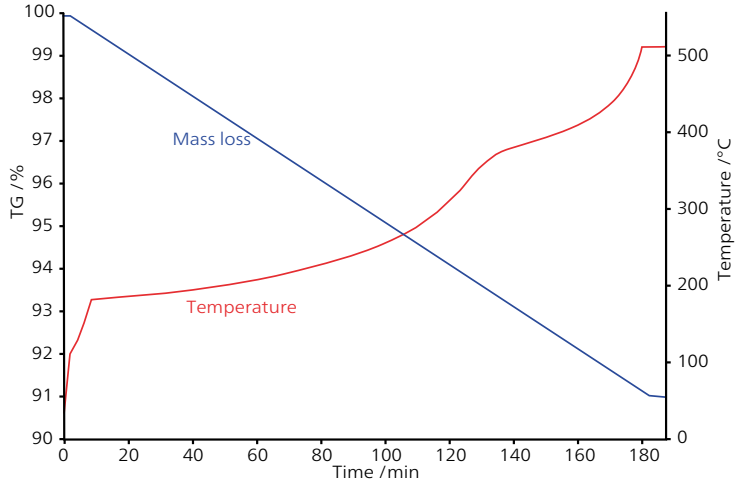
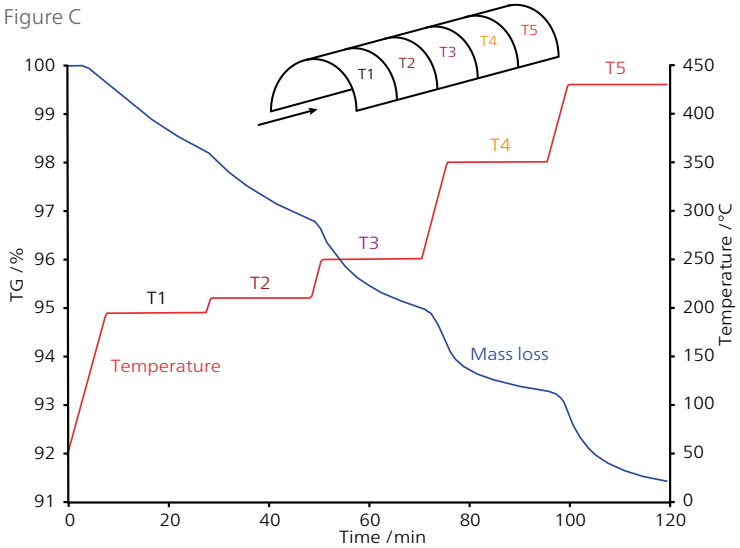
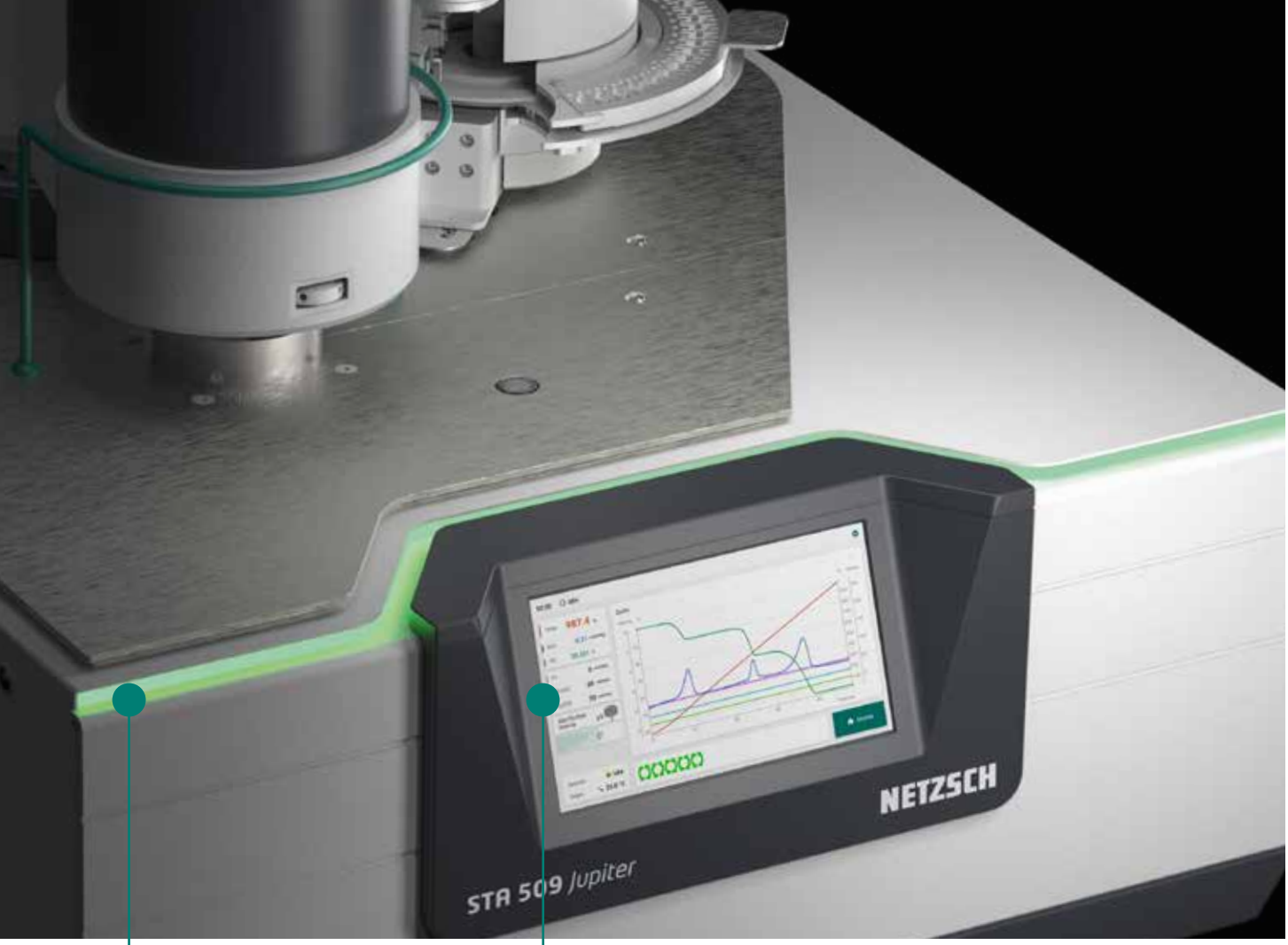


Figure C





装置状態を目視でチェック - LED ステータスバー

本装置には装置状態を目視で確認できる LEDライト表示を採用しています。ライトの色がステータスに応じて変化するため、 PC にログインせずに離れたところから、測定が順調に進捗しているかどうかといったことや、次のような装置状態を確認できます。

- スタンバイOK
- 測定実行中
- 測定の進捗状況
- 加熱 / 冷却 セットポイント到達
- 入力操作要求エラー

生産性と作業効率を向上させるユーザーインターフェース

Proteus®で事前に準備したデータを用いて本体のタッチパネルディスプレイモニターから測定を開始することができます。測定のアイコンボタンをタッチすると測定パラメーターの設定内容が表示されます。続いて画面から最終確認をおこなうと実際に測定が開始されます。

画面には次のような情報が表示されます。

- 測定開始の画面タッチ指示
- 前回の測定内容
- 測定の進捗状況と残り時間
- 現在の温度
- ガス流量 / ガス種類の確認と変更
- 天秤のテア（風袋）シグナル（自動排気 - *AutoVac* ）サイクルの開始と確認
- 天秤圧力レベルのモニタリング

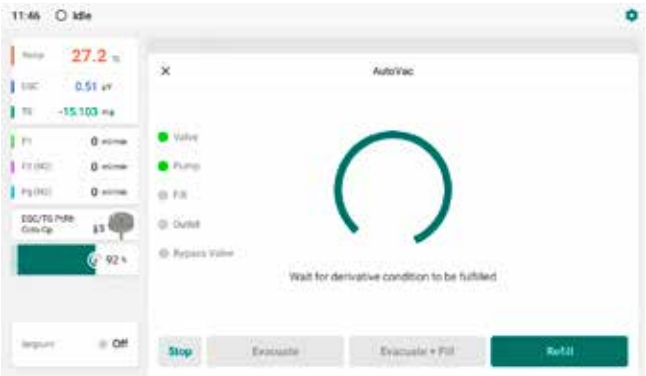
STA 509 *Jupiter*®
タッチパネルで
本体操作と設定確認

測定状態確認を簡略化：進捗状況モニタリング、セットポイント / ガス流量の確認と設定

AutoEvaluation（自動解析）：　測定終了後に結果データを客観的に解析

測定の設定で *AutoEvaluation* 機能を有効にしておくと、測定終了直後に取得データの客観的な自動解析を実行します。元の測定データ曲線も表示したままにできます。

PC にログインせずに 天秤のテアシグナル（風袋）を調整



自動排気（*AutoVac*）ステータスを装置本体上に見やすく表示

発生ガス分析(EGA)

STA 509 *Jupiter*®

STA 509 *Jupiter*®は FT-IR（フーリエ変換赤外分光計）、MS（質量分析計）、GC-MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）などの発生ガス分析装置とのカップリングが可能です。発生ガスの性質に関する情報を時間または温度の関数として求めることができ、試料物質固有のスペクトルデータを得られます。

FT-IR 接続

共同開発パートナーである Bruker Optics 社の FT-IR（フーリエ変換赤外分光計）を組み込んだ包括的カップリングシステムは「それぞれの合計を超えるものを（"More than just the sum of its parts"）」というスローガンを掲げています。

TGA のガスパージから発生した揮発ガス成分は短経路の加熱トランスファーを通じて FT-IR の真空気密セルに導入されます。

双極子モーメントが変化するすべての発生ガスはこの吸光スペクトルで特定され、複雑な混合気体は分光的に分離されます。

PERSEUS® STA 509 *Jupiter*®

PERSEUS® STA 509 *Jupiter*® はBruker Optics 社との強力な提携から生まれた省スペース型のコンパクトな TGA-FT-IR システムです

最先端の技術を備えた TGA 装置と FT-IR 装置を統合したこのカップリングシステムは市場に新機軸を打ち出しました。TGA 炉のガス排出口と内蔵の加熱セルが直接接続されており、トランスファーも短経路で容量が少ないため、設置面積が小さく高速輸送手段での運搬が可能です。

MS 接続

QMS 505 Aëolos®（四重極質量分析計）と接続して物質の特性をより詳しく分析することもできます。
発生したガスは、350℃に加熱されたキャピラリー管を通じて MS の電子衝撃イオン源に導入されます。

GC-MS 接続

GC-MS（ガスクロマトグラフィー質量分析計）は揮発性 / 半揮発性化合物の分析に適した高分解能の測定技法です。ガス混合物は固定相（キャピラリー管の内部コーティングなど）と移動相（パージガス（ヘリウム）など）の、成分分布の違いをベースに分離されます。分離されたガスを質量分析計で検出されます。

詳細はカップリングシステム製品の関連文書を参照してください。

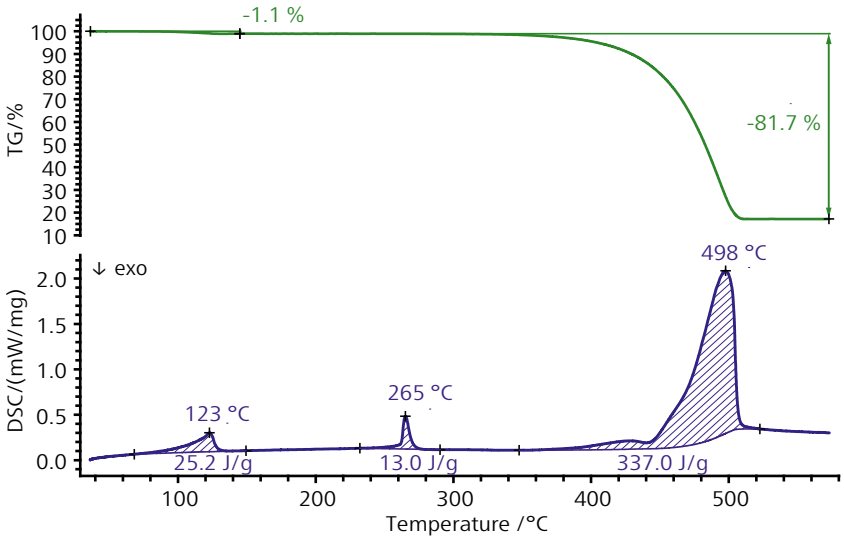
STA 509 *Jupiter*® ＋ FT-IR Bruker Invenio ＋ QMS 505 *Aëolos*カップリングシステム

APPLICATIONS

電解質の熱挙動

電池類には過熱や熱暴走などの潜在リスクがあり、電池を含むシステムの性能と安全性を確保するには電解質の熱挙動を理解することが不可欠です。

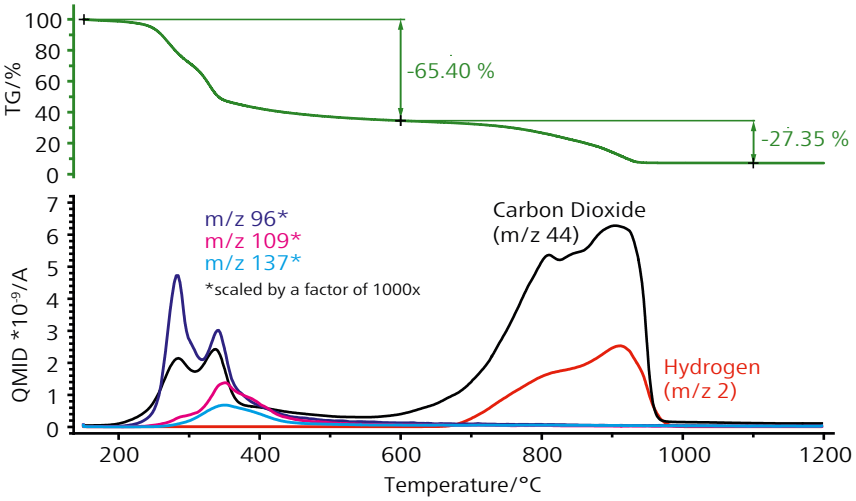
右の図は一般に広く使用されている電解質 LiAsF6（リチウムヘキサフルオロアンチモン酸塩）の TGA-DSC 測定をおこなったグラフです。窒素雰囲気下で加熱すると150 ℃で水分不純物（1.1%）の減量が検出されました。さらに加熱を続けると、265 ℃のピークで固体-固体相転移が、350 ℃ を超えたところで分解が起きたことがわかります。



LiAsF6 試料（12.1mg）の測定。雰囲気: アルゴン、昇温速度: 10K/min、アルミナ容器

水蒸気を用いたバイオマス資源のガス化

バイオマスガス化プロセスは、生物資源を使用可能なエネルギーやメタノールなどの汎用性化学物質に変換する技術です。
右の図は、クルミ殻片を水蒸気雰囲気で 1200 ℃ まで加熱してガス化させ、TGA-MS 分析をおこなったグラフです。まず有機物が熱分解して複雑な有機ガス混合物（m/z 86、109、137）が放出され、第二段階では生成された炭素が気化して二酸化炭素ガス（m/z 44）と水素ガス（m/z 2）を生成することが示されています。窒素雰囲気下の一酸化炭素の文献値とよく一致しています。

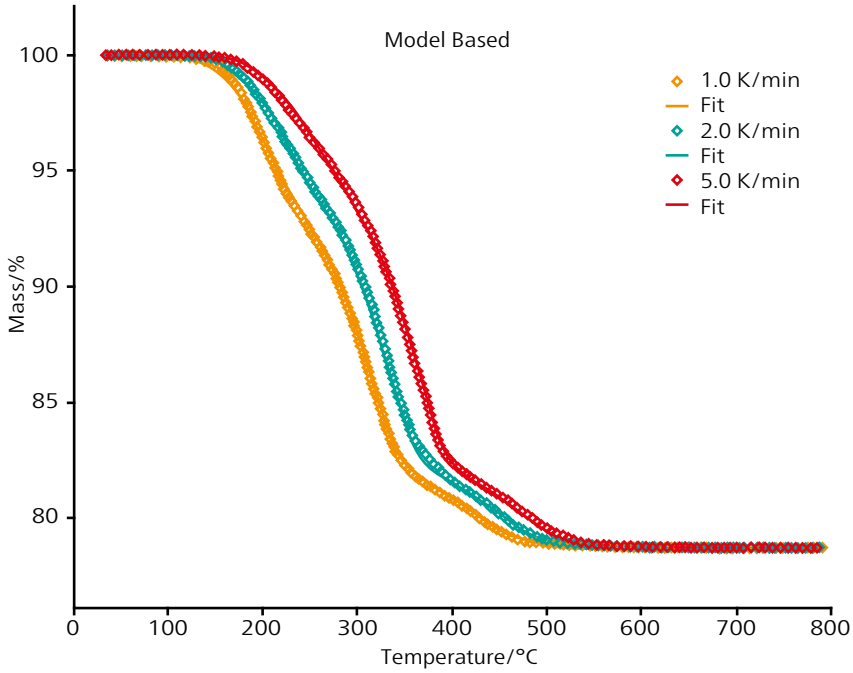


クルミ殻片試料（253.15 mg）の TGA-MS 分析。雰囲気: 純水蒸気、昇温速度: 10 K/min

ENERGY

METALS, ALLOYS & CERAMICS

ポリマーバインダーのバーンアウト（脱脂）プロセスの最適化

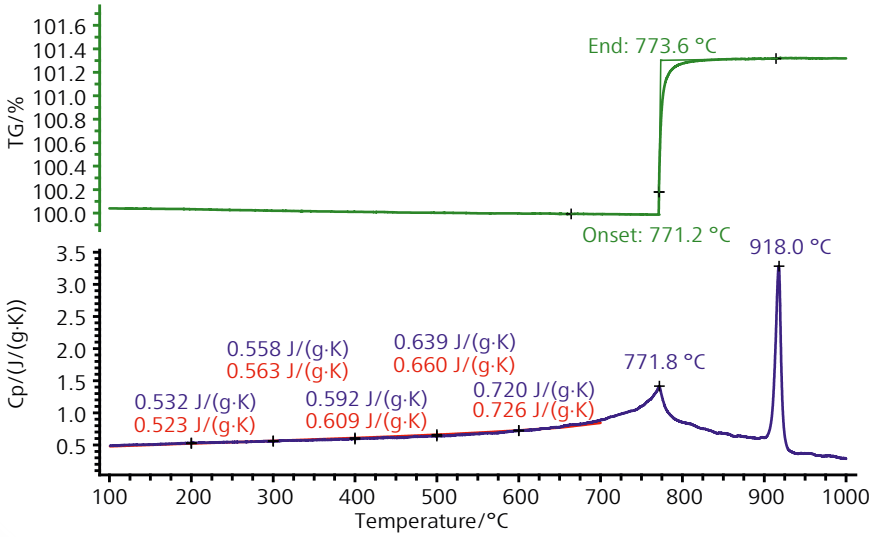


空気雰囲気下で昇温速度を複数パターンに変化させたセラミックス脱脂（脱バインド）の例

セラミックスの製造プロセスでは、焼成の初期段階で重要な要素である接着性が低減するため、防止措置としてセラミックス粉末にポリマーバインダーを付加して接着性を高めています。このプロセスでは昇温速度とのバランスがキーポイントになります。昇温速度を遅くすると生産時間が長くなりますが、急速な昇温は高分子の分解中にガスの発生を増加させ、品質を低下させる恐れがあるためです。

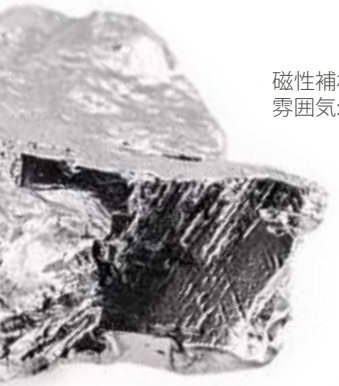
TG 測定ではこうした複雑で微細な反応を分析できます。高機能ソフトウェアの Kinetics Neoを活用すると昇温速度を変化させたシミュレーションをおこなってプロセスを最適化させることができます。

高度分析 - 金属 / 合金の比熱と相転移



磁性補材を利用したFe 試料（121.871 mg）のTGA 測定。
雰囲気: アルゴン、昇温速度: 10 K/min

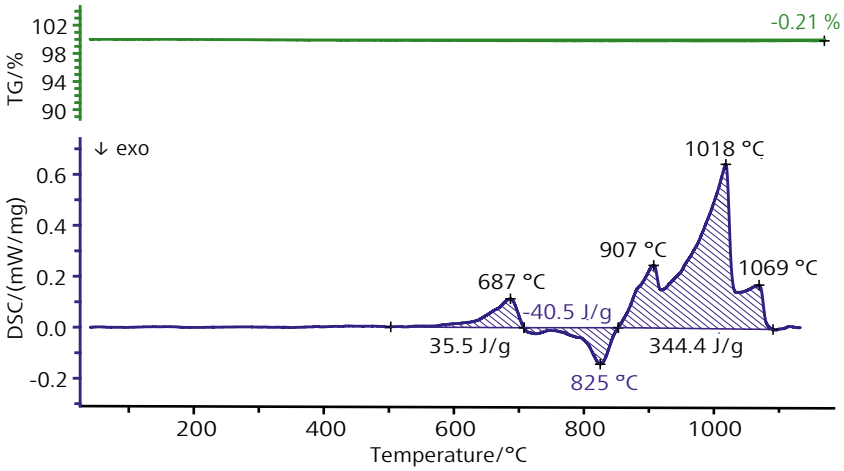
左の図は Fe 合金の物性について比熱測定を中心に網羅的な解析をおこなったグラフです。
700 ℃までは鉄（Fe）の文献値と測定値がよく一致しています。この温度を超えるとキュリー転移に起因する吸熱反応があらわれます。試料に磁場があれば TGA シグナルでもこの転移を識別できます。さらに 900 ℃ 以上では 合金の $\alpha - \gamma$ 相転移が起き、結晶構造が変化しています。
これらの結果から金属鋳造などの多くの産業プロセスで重要となる金属や合金の熱物性と相転移について詳しく知ることができます。



歯科用ガラスセラミックスの熱挙動

ガラスセラミックスは強度、審美性、生体適合性にすぐれ、歯科治療用として大きな魅力をもつ材料です。融解–鋳造–焼成プロセスは古くからおこなわれているガラス製造方法のひとつで、前駆体ガラスを熱的に処理して核形成と結晶成長を開始します。歯科技工などの実際的な焼成をおこなう時点で最終的な結晶化が達成されます。

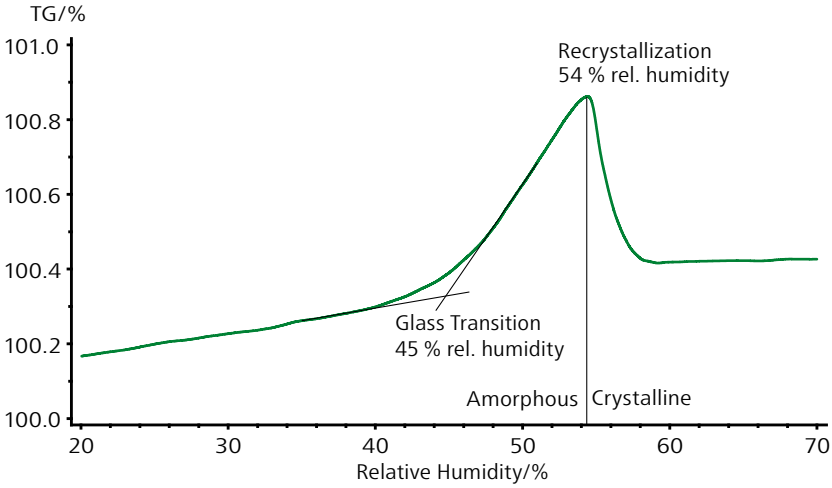
右の図は、比熱測定用の超高感度 DSC センサーを用いて未焼成の歯科用ガラスセラミックスの DSC 測定をおこなったグラフです。DSC シグナルからさまざまな反応が観察されますが、特に 825 ℃ の発熱ピークによって結晶化が顕著にあらわれています。歯科用の材料として安定した信頼性の高いガラスセラミックスを製造するのにこの温度範囲が最適なプロセス温度であることがわかります。



歯科用ガラスセラミックス試料の TGA-DSC 測定。試料質量: 15.462 mg、昇温速度 : 10K/min、雰囲気: 窒素

乳糖（ラクトース）の結晶化挙動における水分の影響

乳糖は医薬品の添加剤として世界中で広く使用されている材料です。右の図は非晶質乳糖における湿度変化の影響を調べた測定のグラフです。最初は表面吸着のみが起こり、質量が線形に増加します。ガラス転移点に達すると分子運動が活発化し、大量の水分を吸着できるようになります。この遷移は吸着プロファイルの変化を示しています。さらに湿度を上げると再結晶化が起きて結晶相の水親和性が低下するため、質量が減少します。

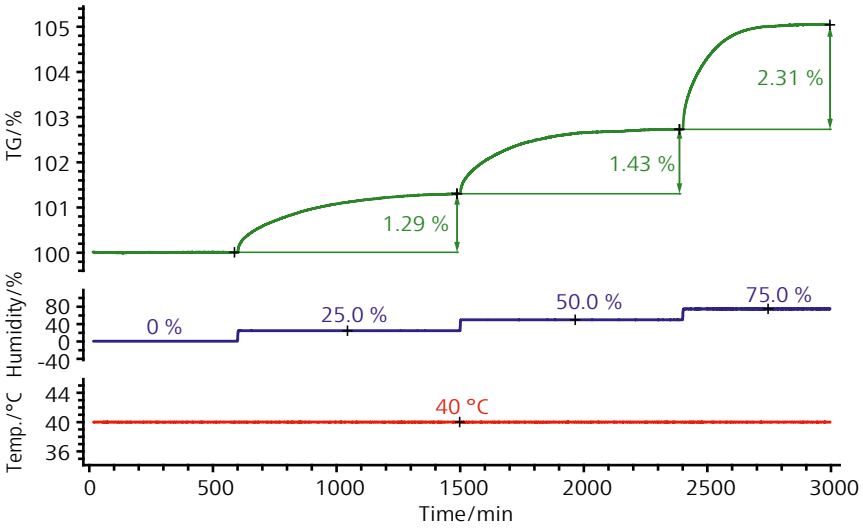


非晶質乳糖試料(101.23mg)の加湿測定。温度: 25℃、雰囲気: 窒素

LIFE SCIENCES

POLYMERS

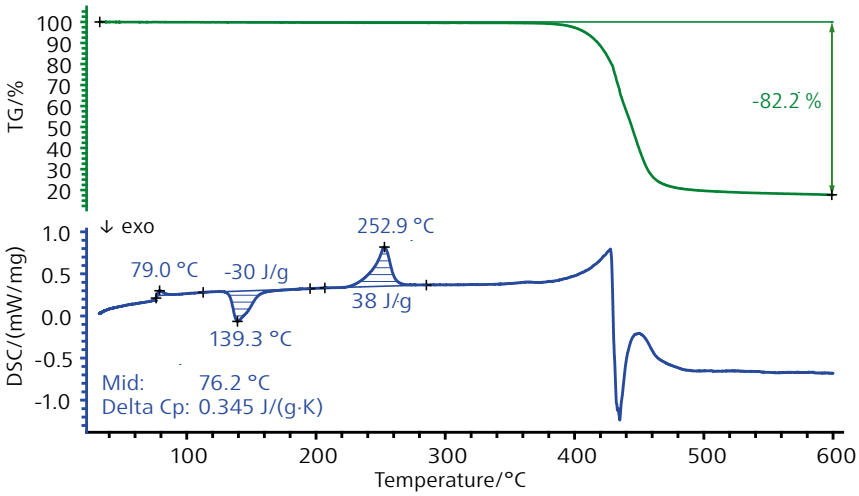
湿度変化によるポリアミド 6（6 ナイロン）の質量変化



PA6 フォイル試料（250 μm 厚）の動的湿度変化測定

幅広い用途で使用される工業用熱可塑性樹脂のポリアミド 6（6ナイロン、PA6）は湿度の影響を受けると機械的 / 熱的な特性や寸法が変化してしまいます。
左の図は湿度調整機能を装備した STA を用いてPA 6 ホイルの水分吸着を分析したグラフです。周囲雰囲気の湿度レベルによって取りこまれる水分量が大きく変化します。40℃の環境では 相対湿度が75% になると 5% 以上の水分を吸収する可能性があります。

ポリエチレンテラフレート（PET）の熱挙動



PET 試料（10.121 mg）の STA 測定。加熱炉: SiC 炉、昇温速度: 10 K/min、雰囲気: 窒素、試料容器: PtRh 容器＋穴あきフタ

PET の用途はペットボトル、繊維、食品用パッケージフィルムなどがよく知られています。
左の図は窒素雰囲気下で PET の STA 測定をおこなったグラフです。段階的な DSC シグナルが観察され、100 ℃ 未満では 0.35 J/(g · K)の比熱増加を伴うガラス転移も検出されています。緩和による吸熱ピークが79℃、結晶化による発熱ピークが139℃、融解による吸熱ピークが253℃で示され、360℃を超えると試料の熱分解が起こり、全体の質量が82.2% 減少したことがわかります。

準拠規格

規格*	概要
ISO 11358	プラスチック – 重合体の熱重量測定法（TGA）
ISO 11357 シリーズ	プラスチック—示差走査熱量測定（DSC）
ASTM E793	示差走査熱量計による融解および結晶化エンタルピーを測定するための標準試験方法
ASTM D3418	示差走査熱量測定によるポリマーの転移温度と融解および結晶化のエンタルピーを決定するための標準試験法
ASTM C1470	ファインセラミックスの比熱(c_p)測定標準試験ガイド
DIN EN ISO 19628	ファインセラミックス（先進セラミックス、先進技術セラミックス）–セラミック複合材料の熱物理特性–比熱容量測定
DIN EN ISO 22674	歯科–固定用および取り外し可能な修復物と器具に適した金属材料
DIN 51006	熱分析 - 熱重力測定（TG）原理
DIN 51007	熱分析 – 示差熱分析（DTA）原理

* 装置設定に応じて適用

STA 509 *Jupiter*®グローブボックスバージョン（手袋画像省略）

グローブボックス / ホットセル構成

放射性物質、有毒物質、酸素/水分に敏感な物質などの物質を取り扱う場合は、オペレーターの安全を確保して環境への暴露を防ぐ措置を講じる必要があります。NETZSCHでは機器の取り扱い制限など、物質固有の要件を満たすように設計された専用のグローブボックス / ホットセル 追加構成バージョンを提供しています。

技術仕様

	STA 509 *Jupiter*®		
	Supreme	*Select*	*Classic*
天秤仕様	上皿型天秤	上皿型天秤	上皿型天秤
本体操作部	タッチディスプレイモニター	タッチディスプレイモニター	ランプパネルまたは タッチディスプレイモニター （オプション）
温度範囲	-150℃ ～ 2000℃	-150℃ ～ 2400℃	室温 ～ 1600℃
温度分解能	0.001 K	0.001 K	0.001 K
加熱炉 ホイスト機構	電動ダブルホイスト（加熱炉 x 2 または加熱炉+ASC）		電動ホイスト
加熱炉	室温 ～ 1600℃ （SiC炉）		室温 ～ 1600℃ （SiC炉）
	室温 ～ 1500℃ （白金炉）		—
	室温 ～ 1650℃ （ロジウム炉）		—
	-120℃ ～ 675℃ （シルバー炉）		—
	-150℃ ～ 1000℃ （スチール炉）		—
	室温 ～ 1250℃ （高速加熱炉）		—
	室温 ～ 2000℃ （グラファイト炉）		—
	室温 ～ 2400℃ （タングステン炉）		—
	室温 ～ 1250℃ （水蒸気炉）		—
	-150℃ ～ 500℃ （銅炉）		—
昇温速度	加熱炉によって異なる		0.001 ～ 50 K/min
試料ホルダー	▪ TGA ▪ TGA-DTA ▪ TGA-DSC	▪ TGA ▪ TGA-DTA ▪ TGA-DSC	▪ TGA ▪ TGA-DTA ▪ TGA-DSC
排気システム	手動排気またはソフトウェア制御の自動排気システム（*AutoVac*）		
気密性	10^{-4} mbar*	10^{-4} mbar*	10^{-2} mbar*
雰囲気	不活性、酸化性、減圧、腐食性(オプション)		
オートサンプラー （ASC、オプション）	20 試料	20 試料	20 試料
穴開け器 （オプション）	可	可	可
ガス流量制御	マスフローコントローラー（MFC）x 3（パージガス 2、保護ガス 1）（4 MFC オプションあり）		
OTS (酸素除去システム) (オプション)	可	可	可
天秤分解能 （全秤量範囲）	0.025 μg	0.1 μg	0.1 μg

	STA 509 *Jupiter*®		
	Supreme	*Select*	*Classic*
最大積載量	5 g	35 g	35 g
天秤 ドリフト	< 2 μg/hour	< 5 μg/hour	< 5 μg/hour
DSC分解能 (デジタル)	1 μW (DSC/ タイプ S センサー)	1 μW (DSC/ タイプ S センサー)	1 μW (DSC/ タイプ S センサー)
DSC エンタルピー精度	1% (インジウム)	1% (インジウム)	1% (インジウム)
試料最大容量	▪ TGA: 5 ml ▪ DSC: 0.19 ml ▪ DTA: 0.9 ml	▪ TGA: 10 ml ▪ DSC: 0.19 ml ▪ DTA: 0.9 ml	▪ TGA: 10 ml ▪ DSC: 0.19 ml ▪ DTA: 0.9 ml
発生ガス分析 (オプション)	QMS接続(キャピラリー)、 GC-MS / FT-IR 接続	QMS接続 (キャピラリー / SKIMMER) 、GC-MS / FT-IR 接続	QMS接続(キャピラリー)、 GC-MS / FT-IR 接続
PulseTA® (オプション)	可	可	可
特別仕様	▪ グローブボックス ▪ 耐腐食	▪ グローブボックス ▪ 耐腐食	–
重さ	87 kg	85 kg	85 kg
寸法(W×D×H)	600 mm × 600 mm ×650 mm		

* 気密性は真空システムの性能に依存

STA 509 *Jupiter*® *Classic*
ランプパネルバージョン

NETZSCH Groupは、ドイツに本社を置く国際的なテクノロジー企業です。
事業部門は Analyzing & Testing（分析・試験）、Grinding & Dispersing（粉砕・分散）、Pumps & Systems（ポンプ・システム）に分かれており、それぞれが高度な専門業務を担い、ソリューションを提供しています。36か国の営業・サービス拠点に4000人以上のスタッフを擁し、世界中のお客様に専門的なサービスを身近でご利用いただいています。

わたしたちは高いパフォーマンス基準を自らに課しています。1873年からその正しさを証明し続ける、すべてにおいて卓越したパフォーマンスを提供する「Proven Excellence」をお約束します。

熱分析、熱量測定（断熱・反応）、熱物性測定、レオロジー、耐火試験はNETZSCHにおまかせください。わたしたちは60年にわたるアプリケーションの経験、幅広いラインナップの最新装置、包括的なサービスを提供し、お客様のあらゆる要求を満たすだけでなく、あらゆる期待を上回るソリューションをお届けします。

Proven Excellence.

NETZSCH®

ネッチ・ジャパン株式会社

営業本部・テクニカルサポートセンター
〒221-0022　横浜市神奈川区守屋町3-9-13
Tel：045-453-1962（代）　Fax：045-453-2248

大阪営業所
〒532-0011　大阪府大阪市淀川区西中島3-23-15
Tel：06-6308-5550（代）Fax：06-6308-5610

NETZSCH®

www.netzsch.com

発行日：2026年11月1日