



触媒分析装置

BELCAT II

www.microtrac.com/jp/products/gas-adsorption-measurement/catalyst-evaluation/belcat-ii/

BELCAT II

触媒分析装置

固体触媒の性能は、その表面特性に大きく左右されます。活性点の数や分布、酸・塩基強度、酸化還元挙動、電子構造、表面構造などが、触媒の活性・選択性・安定性を左右する重要な要素です。

固体酸・塩基触媒では、その酸・塩基点の強度および数が触媒活性を左右します。貴金属担持触媒においては、担持金属の金属分散度、金属表面積、平均粒子径がその性能やコストと密接に関係しています。

また、吸着材では、ガスあるいは蒸気の吸着量がその性能を示す重要な指標です。特に水蒸気存在下における吸着性能は、実用条件下における性能を示す重要な指標であり、多成分の破過曲線測定による吸着量や分離性能評価が重要となります。

さらに、触媒反応や吸着はその材料表面で起こるため、BET比表面積も重要なファクターです。

BELCAT IIは、触媒および吸着剤分析、さらにその他の様々な測定にも応用できるように、必要な機能を1台に集約し、幅広い用途と柔軟なカスタマイズ性で、多様な研究開発ニーズに対応しています。



1台で様々な測定を可能にする全自動触媒分析装置

選ばれる理由 – BELCAT II

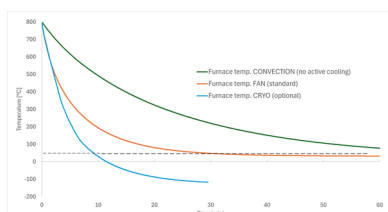
BELCAT IIの特長をご紹介します。触媒分析に必要な機能を一台に集約し、幅広い研究開発ニーズに柔軟に対応します。

8つのガスポート、ガス混合機能を標準搭載

8つのガスポートを備え、すべてのガスを前処理やパルスガスライン、標準搭載されたガス混合機能（MIXガスライン）にも使用できます。

ガスポートをつなぎ変えることなく、ソフトウェア上でガスの混合を制御し、試料の前処理から、様々な測定、校正まで自由にアレンジが可能です。ガス混合機能は、昇温還元（TPR: Temperature Programmed Reduction）などの測定にも使用できます。従来のようにH₂/Arなどの特殊ボンベなどを準備する必要はなく、装置内で混合ガスを調整して測定を行うことが可能です。

	BELCAT II	従来製品
前処理・パルスガスライン	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar, 4. H ₂	5ライン：1. He, 2. N ₂ , 3. O ₂ /He, 4. H ₂ /Ar, 5. CO/He
MIXガスライン	5. CO, 6. O ₂ , 7. N ₂ O, 8. NH ₃	5ライン：1. H ₂ , 2. CO, 3. NH ₃ /He, 4. O ₂ , 5. N ₂ O
キャリアガスライン	1. He, 2. N ₂ , 3. Ar	3ライン：1. He, 2. N ₂ , 3. Ar
合計	計8ラインで対応。ガス混合機能も利用可能	計13ライン必要



優れた吸着温度制御

独自の電気炉（温度制御範囲：50℃～1100℃）を用いて、前処理時の温度だけではなく、測定中の吸着/反応温度も制御します。昇温速度は、50～500℃で最大110℃/分、50～1000℃で最大80℃/分が可能です。専用の冷却ファンを用いて30分で400℃から50℃までの急速冷却を達成しました。

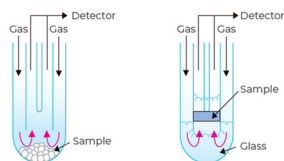
BELCAT II

研究開発のための設計



安全性を追求した設計

電気炉などの加熱部を保護する前面カバーが付いており、加熱時にはロックがかかるため、装置の前面カバーを開けることができません。また、すべての加熱部には、制御と別回路の過昇温防止機能を備えており、設定値を超えるとアラームと共にガス供給と加熱を停止します。圧力や流量警報、ガス検知器*の接続によるインターロックも備えています。*ガス検出器はお客様にてご用意ください。



3重試料管の採用

試料管には熱分析分野で実績のある3重構造の試料管を採用しました。この構造により、電気炉に近い外周部であらかじめ予熱されたガスをサンプル部に導入できます。さらに、パルス測定においては外管を外すだけでサンプリングが可能となり、作業性が大幅に向上しました。



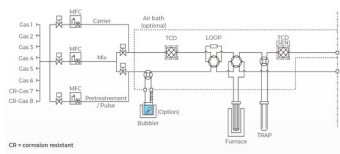
モジュール構造による高い拡張性

本装置はモジュール構造を採用しており、将来的なアップグレードや機能追加に柔軟に対応できる設計となっています。蒸気導入ユニット、別置き型MIXガスユニット、低温電気炉（CATCRYO II）、大気非暴露測定モジュール（AIRGUARD）、破過曲線測定用プローブ、オンラインガス分析計（BELMASS II）など、各種オプションを組み合わせることで実装することが可能です。



ソフトウェアによる多様な測定条件設定

簡易な設定により、パルス測定、昇温スペクトル測定、シーケンス測定を、前処理からデータ取得まで完全自動化できます。オンラインガス分析計 BELMASS II などの外部機器と連動させる場合でも、同様に前処理工程より自動化することが可能です。「自動ゼロ点調整」および「自動多点検量」にも対応しています。



精度を追求した専用設計

マニホールド化によってデッドボリュームの最小化に成功しました。ガス流量は高精度マスフローコントローラによって制御されます。温度制御を搭載した高感度な4素子熱伝導検出器（TCD）を採用し、基盤の改良により高分解能化を実現しました。

BELCAT II

オプション

多彩なオプションを組み合わせ、触媒・吸着材の測定用途に対応します。



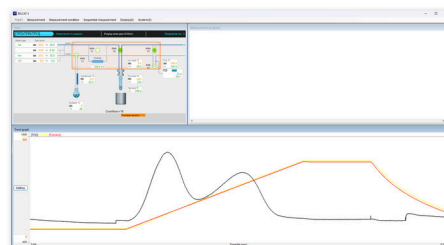
蒸気導入ユニット	空気恒温槽、バブリング、ヒーターと凝縮器で構成されます。凝縮器で余分な蒸気を除去することで、正確かつ安定した濃度で蒸気を供給することができます。
MIXガスユニット	3種以上のガスを混合するためのユニットです。1ユニットに最大6ラインまで搭載可能です。腐食性ガスにも対応可能です。
低温電気炉：CATCRYO II	液体窒素蒸気をふきかけることで、試料温度を-120℃から連続制御することが可能です。内部構造の最適化により冷却性能を高め、液体窒素の消費量を大幅に削減しました。セリア担体の金属分散度測定や室温以下からのTPR測定などにご使用いただけます。
オンラインガス分析計：BELMASS II	BELMASS II は、BELCAT II に接続できるシステム化された四重極型質量分析計（Q-mass）です。BELCAT II のソフトウェアと連動させることで、熱伝導度検出器（TCD）では分離できない複数成分のガスを定量的に測定できます。
AIRGUARD 測定システム	一部の機能性材料（触媒、吸着材、電池材料など）は、空気中の水分や酸素と反応して構造が変化したり、腐食性ガスを発生したりする場合があります。AIRGUARD測定システムを用いることで、測定試料を大気に晒すことなく、安全に評価することが可能です。
CO ₂ /H ₂ O分離性能評価（破過曲線）	直接空気回収（DAC）、CO ₂ 回収・利用・貯蔵（CCUS）、CO ₂ 回収・貯蔵（CCS）の用途において、CO ₂ やH ₂ Oを含む複数のガス成分を対象とした破過曲線測定を可能にします。専用の高精度なCO ₂ プローブと湿度計を搭載し、CO ₂ およびH ₂ Oの吸着・脱離挙動を高い再現性で評価できます。詳細はお問い合わせください。

BELCAT II

ソフトウェア

本ソフトウェアは、使いやすさと高い作業効率を両立させた、次世代型の分析プラットフォームです。複雑な測定も簡単に操作でき、高精度かつ再現性の高いデータを短時間で取得できます。取得した測定データは、各種理論モデルに基づいて自動解析され、解析結果はExcel形式で保存可能です。

- | 簡単操作の測定ソフトウェア
- | 自動ゼロ点調整
- | 特殊測定モード（シーケンス測定モード）
- | 自動多点検量測定による測定結果の高い信頼性
- | オンラインガス分析計 BELMASS II 連動ソフトウェア(オプション)
- | 解析ソフトChemMaster II（昇温スペクトル解析・波形分解・パルス吸着解析）



BELCAT II 測定画面

BELCAT II

ソフトウェア仕様

簡単操作で測定可能	測定項目ごとに専用のタブ(TPR, TPD, TPO, BET) を備え、簡単な条件を入力するだけで全自動測定が可能です。測定中は装置の動作状況、TCDチャートや温度などがリアルタイムで表示されます。
自動ゼロ点調整が可能	測定前にTCD（熱伝導度検出器）のゼロ点を自動で調整します。常に同じベースラインで測定できるため、データ比較が容易です。また、異なるキャリアガスをを用いた連続測定も安定して行うことができます。
特殊測定モード（シーケンス測定モード）	バルブの開閉動作、ガス流量制御、サンプル温度の設定など、各種パラメータをプログラム上で任意に制御できます。ユーザーが独自に作成した測定シーケンスを適用できます。
自動多点検量測定による測定結果の高い信頼性	TPDやTPR測定の後、信頼性の高い多点検量測定ならびに計算を自動で行います。面倒な手計算が不要となります。
解析ソフトウェア ChemMaster II	TPD測定、TPR測定等で得られたスペクトルからピーク面積を計算します。レイヤー重ね書き、波形分解、パルス測定結果のレポート自動作成、担持量や化学量論比計算が可能です。

BELCAT II

代表的な用途



触媒



電池材料



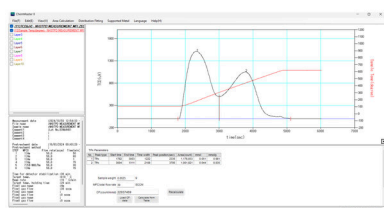
セメント

- 触媒
- 電池材料
- CCUS
- カーボン
- ゼオライト
- セメント
- セラミックス
- 燃料電池
- ガス分離
- MOF / PCP
- 石油化学

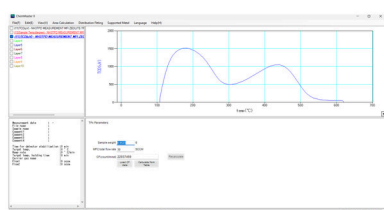
その他

BELCAT II

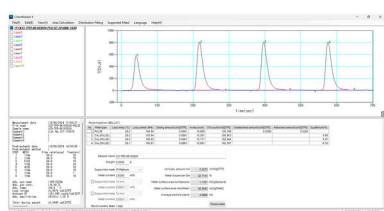
測定例

MFIゼオライトのNH₃-TPD測定結果

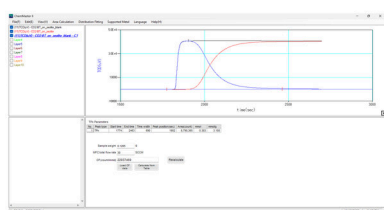
脱離量 (High ピーク) : 0.835 mmol/g、ピーク温度 : 440 °C

MFIゼオライトのNH₃-TPD測定結果

横軸を時間から温度に簡単に変更可能

COパルスによるPt/Al₂O₃の金属分散度測定

単位吸着量 : 0.527 cm³/g、金属分散度 : 22.7%、金属表面積 : 1.13 m²/g、金属粒子径 : 4.99 nm。自動ベースライン補正とパルス吸着測定結果の積分計算により簡単に評価可能

CO₂ 吸着破過曲線評価 (単成分)

CO₂吸着量 : 3.18 mmol/g。ブランク測定 (黒)、吸着剤充填時の出口ガス濃度 = CO₂吸着破過曲線 (赤)、CO₂吸着量変化 (青)。CO₂やH₂Oプローブ (オプション) により2成分 (CO₂/H₂O) 破過曲線評価が可能

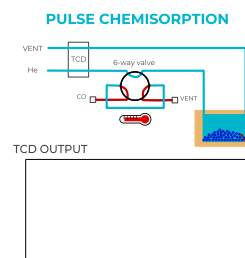
BELCAT II

触媒評価の基礎

パルス測定

パルス測定とは、試料に一定量のガスを繰り返し導入し、試料が飽和するまで測定を行う方法です。未飽和時と飽和時で得られるピーク面積の差から、試料がどれだけガスを吸着したか（吸着量）を求めることができます。

CO や H₂ のように金属表面へ選択的に化学吸着するガスを使うことで、金属分散度（金属触媒の全金属原子のうち、触媒表面に露出している金属原子の割合）を算出できます。これにより、金属表面積や金属粒子径も算出可能です。O₂ パルス法による OSC（酸素貯蔵能）測定や N₂O パルス法を用いた Cu 担持触媒の金属分散度評価などにも応用されます。



昇温脱離測定 (TPD)

固体表面上の化学吸着特性を調べる方法として知られている手法です。測定結果は、通常、縦軸に脱離ガスの濃度、横軸に温度をとったスペクトルとして示されます。試料温度を連続的に上昇させ、脱離したガスを検出します。

- 脱離ピークの数：吸着点の種類
- 脱離温度：脱離の活性化エネルギー
- 脱離量：吸着点の量

固体酸触媒の酸性質評価として NH₃-TPD、固体塩基触媒の塩基性評価として CO₂-TPD が広く用いられています。

BELCAT II

昇温スペクトル測定

固体表面の反応特性を調べるための方法として知られ、縦軸を反応物の消費量または生成量、横軸を温度としてスペクトルで表されます。触媒反応の温度特性が連続的に測定でき、段階的な反応の場合、それぞれの反応を個別に観察することができます。

昇温還元測定 (TPR)

昇温酸化測定 (TPO)

- 昇温還元測定 (TPR) : 金属酸化物などを水素流通下で一定速度で昇温させ、還元スペクトルを取得することで、還元特性 (還元温度や還元量) を評価します。セリアの酸素放出、NO_xの還元評価にも利用可能です。
- 昇温酸化測定 (TPO) : 金属や貴金属触媒上のコークスなどを酸素流通下で一定速度で昇温させ、酸化特性を評価します。カーボン材料の耐酸化特性評価にも利用可能です。
- 昇温反応測定 (TPX) : 反応ガス流通下で一定速度で昇温させ、反応開始温度や反応量や生成量を反応スペクトルから評価します。
- 昇温表面反応測定 (TPSR) : 吸着種を触媒表面にあらかじめ吸着させ、その後、反応ガス流通下で昇温させ、生成物の挙動を追跡します。

吸着破過測定

吸着ガスを試料に流通させ、試料下流側の検出器で吸着ガスの濃度を測定します。初期段階では下流側の濃度がほぼゼロになり、吸着サイトが埋まるにつれ上昇し、飽和すると上流と同じ濃度になります。飽和に達するまでの変化から吸着速度や吸着量を評価します。破過点は導入濃度の5%、終末点は95%の濃度に達した点と定義します。2成分以上の競争吸着挙動も調べることが可能です。

ガス流通法によるBET比表面積評価

BET比表面積とは、固体の単位質量あたりの表面積です。ヘリウムで希釈した窒素ガスの流通下で試料を液体窒素温度まで冷却し、窒素を吸着させます。その後室温に戻して窒素の脱着量をTCDで測定し、一般的にはBET1点法で比表面積を計算します。

BELCAT II

製品仕様

測定原理	ガス流通式（常圧）
検出器	半拡散型4素子熱伝導度検出器 (TCD)
測定/ 前処理ポート	1
導入可能ガス	He, Ar, N ₂ , O ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , NH ₃ , N ₂ O, NO 等
ガス接続ポート数	8
ガス接続ポート：キャリアガス	3
ガス接続ポート：Mix	8（耐食仕様 2）
ガス接続ポート：前処理/ パルス	8（耐食仕様 2）
マスフローコントローラ: キャリアガス	F.S. 100 sccm
マスフローコントローラ：Mix	F.S. 30 sccm
マスフローコントローラ：前処理/ パルス	F.S. 100 sccm
測定用電気炉	測定温度: ~ 1100 °C（電気炉） -120 °C ~（低温電気炉：CATCRYO II） 昇温速度: 110 °C/min (50~500 °C) 80 °C/min (50~1000 °C) 急速冷却時間: 30 分 (400~50 °C, ファン利用時) 10 分 (800~30 °C, CATCRYO II利用時)
蒸気導入（オプション）	H ₂ O, CH ₃ OH, C ₂ H ₅ OH, トルエン, ベンゼン 等
寸法、重量	500 (W) x 750 (H) x 500 (D) mm, 80 kg
ユーティリティ：ガス	測定ガス: 0.1 MPa (ゲージ圧) 圧縮空気: 0.45 to 0.55 MPa (ゲージ圧) 1/8" Swagelok接続
ユーティリティ：電源	単相 AC110/220V
CE認定	はい
蒸気導入（オプション）：温度範囲	バブリングボトル容量：100cc（パイレックス製）／空気恒温槽：~ 150°C、バブラー：~ 100°C、凝縮器：3 ~ 100°C
CATCryo II（オプション）：温度制御	LN ₂ 蒸気 + 電気炉
CATCryo II（オプション）：温度範囲	-120 ~ 1100°C
CATCryo II（オプション）：LN ₂ タンク容量	10 L
MIXガスユニット（オプション）：ガスポート	1 ~ 3 (upgradable to a maximum of 3 MFCs) Joint: 1/8-inch Swagelok connection
MIXガスユニット（オプション）：マスフローコントローラ	F.S.: 30sccm (0.6 ~ 30sccm(N ₂)校正) 耐食性有

BELCAT II

お問い合わせ →

www.microtrac.com/jp/contact/contact-form/?prefilltext=contact_form.request&product=605

見積依頼 →

www.microtrac.com/jp/contact-services/quote-request-form/?prefilltext=contact_form.quote_request&product=605



MICROTRAC
a **VERDER** company

www.microtrac.com/jp/products/gas-adsorption-measurement/catalyst-evaluation/belcat-ii/

© Microtrac – www.microtrac.com / Content may be subject to modifications or corrections