

ガス流通下における吸着特性評価

キーワード：動的ガス吸着測定、破過曲線

はじめに

排ガス処理装置、脱臭装置、ガス分離膜、およびガスマスクなどの性能はガス流通下における吸着剤の吸着特性（動的吸着特性）に大きく影響を受けます。

当研究所では、2019年度に導入することで触媒・吸着剤評価装置を利用して動的ガス吸着特性の評価が可能となりました。

本稿では、動的なガス吸着測定の概要、導入した装置の仕様や特徴、およびモレキュラーシーブ 5A (MS5) を吸着剤とした二酸化炭素の動的吸着特性についてご紹介します。

動的ガス吸着測定について

動的ガス吸着特性は、一定濃度 (C_0) の吸着質（吸着される分子）を含むキャリアガス（通過前ガス）を試料に連続通気し、試料を通過後のキャリアガス（通過後ガス）中に含まれる吸着質濃度 (C) を測定することで評価します。図1に測定中の試料の状態と得られる測定結果のイメージを示します。通過前ガスの試料への通気直後は、全吸着質が試料に吸着されるため、通過後ガス中に吸着質は含まれていません。通気を続けると、一部の吸着質は試料に吸着されずに通過し、通過後ガス中にも含まれるようになります。これを「破過」と言います。最終的に、試料は吸着質を全く吸着できなくなり、試料通過前後においては、キャリアガス中の吸着質濃度が等しくなります。試料通過前後の吸着質の濃度比 (C/C_0) を時間に対してプロットした

曲線を「破過曲線」と呼び、破過曲線の形状や面積から動的吸着特性に関する情報が得られます。

装置の特徴

今回、導入した装置は、装置本体（マイクロトラック・ベル株式会社製 BELCATII）とオンラインガス分析計（マイクロトラック・ベル株式会社製 BELMAS）から構成されています。図2に装置の外観を、表1、表2に装置本体およびガス分析計の仕様を示します。



図2 装置の外観

本装置は、測定プログラムの作成により、吸着試験終了後、引き続き、キャリアガスパージによる脱離試験や昇温脱離試験などが可能です。これにより、試料の吸着特性だけでなく、脱離特性の評価も一連の測定で実施できます。また、オンラインガス分析計は四重極型質量分析計により、16個の質量数を高感度で同時に検出できます。

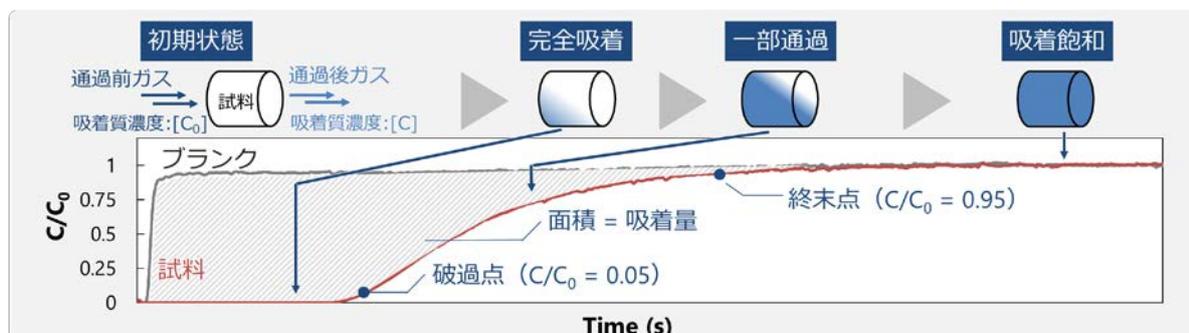


図1 破過曲線測定

表 1 装置本体の性能

| | |
|------------|--|
| 装置名 | BELCATII |
| 電気炉 | 常用温度：1,100 °C 最高温度：1,200 °C |
| 使用可能なガスボンベ | 純ガス：H ₂ 、O ₂ 、Ar、He 混合ガス： H ₂ (5 %)/Ar、NH ₃ (5 %)/Ar、 CO(10 %)/Ar、CO ₂ (5 %)/Ar、 CO ₂ (1,000 ppm)/Ar |
| 蒸気導入 | 水蒸気、トルエンなど |
| 検出器 | 半拡散型 4 素子熱伝導度 検出器 (TCD) |

表 2 オンラインガス分析計の性能

| | |
|---------|----------------|
| 装置名 | BEL MASS |
| 測定原理 | 四重極型質量分析計 |
| 測定質量数範囲 | 1 ~ 200 a.m.u. |
| 検出限界 | < 1 ppm |
| ガス導入部温度 | 最高 150 °C |
| ガス導入量 | 1 mL/min 以下 |
| 測定チャンネル | 最大 16 チャンネル |

二酸化炭素の動的吸着特性

本稿では、吸着剤として MS5、吸着質として二酸化炭素を用いた測定例をご紹介します。

今回の測定は、25 °C の定温環境下、2.5 % の二酸化炭素を含むアルゴンを、試料に 75 分間通気し、二酸化炭素を吸着させた後、アルゴンのみを 180 分間試料へ通気し（パージ処理）、さらに試料を 300 °C まで加熱しました（昇温脱離測定）。また、吸着量・脱離量の計算に必要なブランク測定も同様の条件で行いました。

MS5 における二酸化炭素の動的吸着・脱離特性の評価結果を図 3 に示します。測定開始直後、試料通過後のアルゴン中に二酸化炭素は検出されませんでした。試験開始 480 秒後に破過点 (C/C₀ = 0.05) を迎え、試料通過後のアルゴン中の二酸化炭素濃度が上昇し始め、2200 秒後には終末点 (C/C₀ = 0.95) に達しました。吸着測定によって試料に吸着した二酸化炭素は、アルゴンパージ処理によって徐々に脱離し、最終的に、通過後ガス中にほとんど検出されなくなりました（試験開始 15000 秒後）。ここで、試料を加熱すると、温度上昇に伴い、パージ操作のみでは脱離しなかった二酸化炭素が脱離し、明確な脱離ピークが認められました。

得られた曲線から MS5 の二酸化炭素に対する動的吸着量、パージによる脱離量、および昇温による脱離量をそれぞれ計算しました。その結果、動的吸着量は 2.1 mmol/g、パージによる脱離量は 1.8 mmol/g、および加熱による脱離量は 0.2 mmol/g となり、吸着量と脱離量がほぼ一致することが分かりました（物質収支:95.2 %）。

最後に

本装置は蒸気導入も可能であり、二酸化炭素と水蒸気のような 2 成分の流通下での測定も可能です。動的なガス吸着特性評価に関するご相談ならどんなことでも構いません。遠慮なくご相談ください。

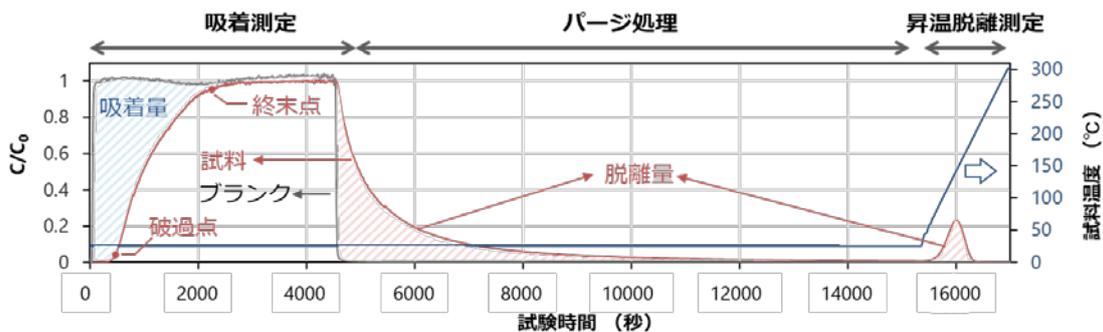


図 3 MS5 における二酸化炭素の動的吸着・脱離特性評価

発行日 2021年 4月 12日
 作成者 高分子機能材料研究部 生活環境材料研究室 前田和紀、青戸義希、道志 智
 Phone: 0725-51-2733 E-mail: maedak@tri-osaka.jp