

# ガス吸着によるカーボン材料の細孔構造評価について

## 1. はじめに

ナノ粒子や多孔体など、機能性固体材料は組成や構造だけでなく、粒子径や表面性状を制御したものが多く存在します。そのような固体材料の細孔構造や表面積を評価する有用な手法としてガス吸着法があります。ここでは、ガス吸着法をカーボン材料に適用した例を紹介しします。

## 2. 吸脱着等温線の分類

一定温度において圧力を変化させながら固体試料へガス(脱)着させ、吸着量を測定することで試料の表面積や細孔径分布を評価できます。ガス吸着量と相対圧の関係を吸脱着等温線といい、等温線の形と試料の細孔構造の間には密接な関係があります。つまり吸脱着等温線を得ることで、試料の細孔構造を推定できます。

この等温線の典型的な形について、1985年のIUPAC勧告でI~VIの型に分類され、広く用いられてきました。そして近年の多孔性材料や評価技術の発展に伴い、ガス吸着法の利点と注意点を含めた新たなIUPAC報告が2015年に公表されました<sup>1)</sup>。そこでは、I型とIV型についてさらに細かく分類されています(図1)。また、細孔の呼び方について50nm以上をマクロ孔、2~50nmをメソ孔、2nm以下をマイクロ孔と呼ぶことに加え、それらを含めた用語「ナノ孔」(上限100nm)が新たに導入されています。

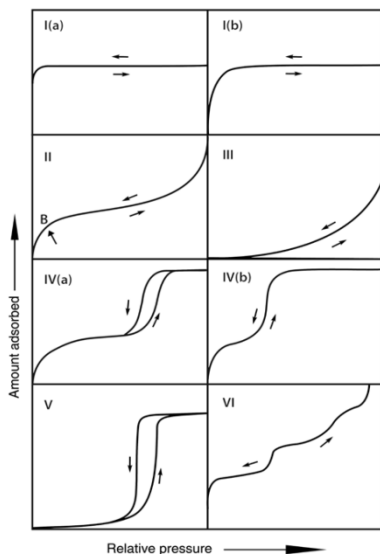


図1 吸脱着等温線の分類(2015 IUPAC<sup>1)</sup>)

## 3. カーボン材料の吸脱着等温線と比表面積

典型的なカーボン材料であるグラファイト粉末と活性炭の吸着温度77Kにおける窒素ガス吸脱着等温線を図2に示します。グラファイト粉末については、等温線が相対圧の低い領域でわずかに、また高圧部で大きく立ち上がることが特徴であり、II型に分類できます。これは無孔性またはマクロ孔を有する材料であることを示しています。活性炭については、等温線が低圧部で大きく立ち上がることが特徴であり、I(a)型に分類されます。このことから活性炭はマイクロ孔を有する材料であることがわかります。窒素ガス吸着ではI、II、IV型がよく見られ、IV型はメソ孔が存在する材料に対応します。

吸着等温線をBET法により解析することでBET比表面積が得られ、グラファイト粉末、活性炭でそれぞれ7.4、 $1.2 \times 10^3$  m<sup>2</sup>/gと求められました。ただし、BET法はII型およびIV型に適用できるものであり、I型のようなマイクロ孔を含む材料にBET法を適用したときは真の比表面積値を示しているとは言えなくなります。しかし、有用なデータとなり得るために広く用いられており、その際の注意点と指針が文献に提案されています<sup>1)</sup>。

## 4. おわりに

当センターでは、様々な固体試料についてガス吸着測定が可能です。是非ご活用ください。

## 参考文献

- 1) M. Thommes et al : *Pure and Applied Chemistry* **87**, 1051 (2015)

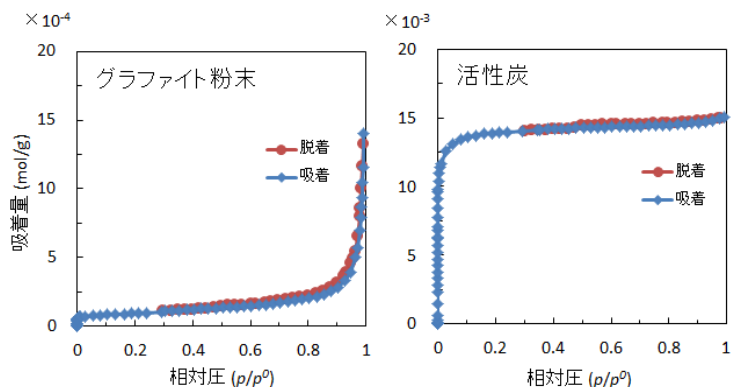


図2 吸脱着等温線



産業技術センター 化学材料室 梅田隼史 (0566-24-1841)  
 研究テーマ : 電池材料  
 担当分野 : 電池材料