

サンドイッチ型グラフェン・規則性メソポーラスシリカ複合構造制御と酵素充填への応用

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

近年、抗生物質や鎮痛薬といった残留医薬品による水質汚染が問題となっており、それらの分解方法として酵素触媒を用いる方法がある。酵素触媒は高い活性と選択性をもち、固定化すると活性の向上、活性の維持、再利用性の向上が期待できる。そこで酵素固定化剤としてサンドイッチ型グラフェン・規則性メソポーラスシリカ(G-PMS)複合体に注目した^{1, 2, 3)}。図1に示すようにG-PMSはグラフェンの両側をメソポーラスシリカで挟み込んだ構造で、メソポーラスシリカのポアがグラフェンに対して垂直に配向しているという特徴を持つため、細孔1つ1つが酵素触媒の有効な反応場になると考えられる。本研究では、膨潤剤を適用して複合体のポアサイズを広げる試みを行い、酵素固定剤としての応用を検討した。

■ 活動内容

1. 実験方法

純水、オルトけい酸テトラエチル(TEOS)、ステアリルトリメチルアンモニウムブロミド(STAB)、塩酸、酸化グラフェンを0.53 mol:1.3 mmol:0.38 mol:0.24 mol:1.29 gの割合で混合した。1 mol STABに対してn=0, 1, 2, 3 molのデカン(D)を添加し室温で24 h攪拌した。遠心分離後の粉末試料をN₂雰囲気下で500°C、3時間焼成することでそれぞれのG-PMS(G-PMS(Dn)と表す)を得た。同様の方法で純粋なPMS(D3)とrGOを作製した。作製した試料は小角度X線回折法を用いて構造解析を行った。

100 ppmのβラクタマーゼ溶液2 mlにG-PMS(D3)、PMS(D3)、rGOをそれぞれ20 mg加え、4°Cで16 h攪拌しβラクタマーゼを吸蔵させた。窒素吸着測定を用いて各試料のβラクタマーゼ吸蔵前後のポア容積を比較し、βラクタマーゼの吸蔵状態を評価した。

2. 結果と考察

図2に作製した試料の小角度X線回折パターンを示す。メソポーラスシリカに現れる典型的な回折ピークが $2\theta=2.5 \sim 1.4^\circ$ に確認されたため、周期的なメソポア構造を持つ試料が合成できた。また、膨潤剤添加量の増加に伴うピークの低角度側へのシフトが確認されたため、ポアサイズが拡大できたといえる。

G-PMS(D3)、PMS(D3)、rGOへのβラクタマーゼ吸蔵実験では20 mgの試料に対してすべてのβラクタマーゼが吸蔵した。吸蔵前後のポア容積を比較するとG-PMS(D3)は 1.31 ml g^{-1} から 0.86 ml g^{-1} 、PMS(D3)は 1.11 ml g^{-1} から 0.64

ml g^{-1} 、rGOは 0.055 ml g^{-1} から 0.019 ml g^{-1} に減少した。ポア容積の変化量が多いG-PMS(D3)、PMS(D3)はポア内部に、変化量が少ないrGOは表面にβラクタマーゼが吸着した状態だと考えられる。

3. 今後の展望

βラクタマーゼを吸蔵させたG-PMS(D3)、PMS(D3)、rGOを用いてアンピシリン分解実験を行い、各試料の分解速度を評価する予定である。

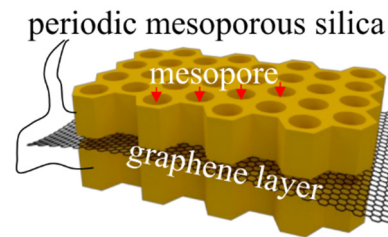


図1 サンドイッチ型グラフェン・規則性メソポーラスシリカ(G-PMS)複合体の模式図³⁾

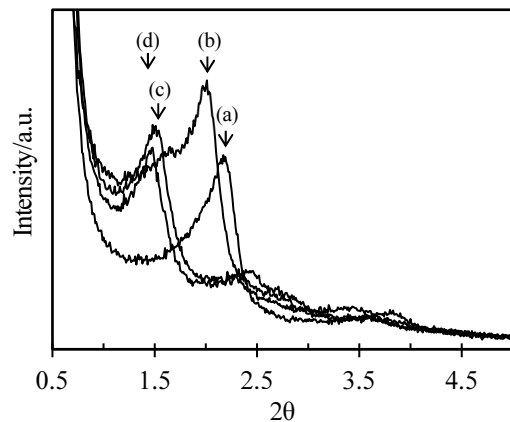


図2 小角度X線回折パターン (a)G-PMS(D0), (b)G-PMS(D1), (c)G-PMS(D2), (d)G-PMS(D3)

■ 参考文献

- (1) Z. -M. Wang, et al., ACS Nano 2010, 4, 7437.
- (2) Z. -M. Wang, et al., Adv. Funct. Mater. 2017, 27, 1704066
- (3) Z. -M. Wang, et al., Acc. Mater. Surf. Res. 2021, 6, 20.

■ キーワード: (1) グラフェン
(2) メソポーラスシリカ
(3) 酵素充填

■ 共同研究者: 佐藤 由也 (産業技術総合研究所)
吉澤 徳子 (産業技術総合研究所)
高橋 伊久磨 (千葉工業大学)
王 正明 (産業技術総合研究所)

代表発表者 川上 晴生 (かわかみ はるき)
所属 千葉工業大学大学院 工学研究科
先端材料工学専攻
産業技術総合研究所 環境創生研究部門
問合せ先 〒275-0061 千葉県習志野市津田沼2丁目17-1
E-mail: s19A3031XT@s.chibakoudai.jp