

## 水吸着ナノポーラスカーボンの構造解析

### Structural analysis of water absorbed nanoporous carbon

長岡技術科学大学<sup>1</sup>, ヒューズテクノネット<sup>2</sup>,

○(M2)山崎 基信<sup>1</sup>, 小松 啓志<sup>1</sup>, 齋藤 秀俊<sup>1</sup>, 津田 欣範<sup>2</sup>

Nagaoka Univ. Tech.<sup>1</sup>, Fuse Technonet<sup>2</sup>,

○Motoaki Yamazaki<sup>1</sup>, Keiji Komatsu<sup>1</sup>, Hidetoshi Saitoh<sup>1</sup>, Yoshinori Tsuda<sup>2</sup>

E-mail: [hts@nagaokaut.ac.jp](mailto:hts@nagaokaut.ac.jp)

【緒言】 本研究室では水素、二酸化炭素、メタン、水に対して高い吸着特性を示す殻殻炭由来のナノポーラスカーボン(NPC)を報告してきた<sup>1)</sup>。当初は、窒素 BET(Brunauer, Emmett, Teller)法の結果から得た径 0.6 nm や 1.1 nm であるマイクロ孔がそれらを吸着していると考えてきた。吸着メカニズムを考えなおした結果、Fig.1のような分子吸着に伴い構造が変化し、吸着後は規則的な構造を構成するモデルを提案した<sup>2)</sup>。グラフェン同士の層間距離は、吸着する分子の大きさや量によって決定し、一定の規則性を生じると考えられる。山田は、水分子を吸着した NPC の層間距離は X 線回折(XRD)装置を用いることで 0.35 nm であったと報告している<sup>3)</sup>。0.35 nm とは、グラフェン間に一層の水分子が吸着した状態であると考えられる。しかし、Fig.1(b)のような吸着構造を NPC がとるとすれば、グラフェン間に水の分子が三層以上重なり 1 nm 以上のサイズの層間距離をとる構造も存在すると考えられる。福山らは活性炭にポリスチレンを吸着させると 30 nm 周期の規則的な細孔構造を生じることが小角 X 線散乱(Small-angle X-ray Scattering: SAXS)から明らかにした<sup>2)</sup>。SAXS であれば 1-100 nm の領域の測定が可能であるため、何層もの水分子がグラフェン内に吸着することで形成される構造由来の回折ピークの観測が可能であると考えた。本研究では、水を吸着させた NPC の XRD、SAXS 測定を行い、水吸着時の NPC の構造を議論する。

【実験方法】 比表面積 2822 m<sup>2</sup>/g、全細孔容積 2.98 cm<sup>3</sup>/g の NPC を試料とした。密閉容器内に NPC を入れ十分に乾燥した後、温度 20 °C、湿度 100 % の条件で 3,5,9 h 静置して NPC に水を吸着させた。この時の静置時間を吸着時間と定義し、吸着前後での質量変化を測定した。水の吸着前後の NPC の結晶構造を X 線回折(XRD : UltimaIV)および小角 X 線散乱(SAXS : Confocal ミラー付きベンチ型小角散乱測定装置)で評価した。

【結果と考察】 3,5,9 h 水を吸着させた NPC の水の吸着量はそれぞれ 0.76,1.20,1.69 g/g であった。Figure 2に水の吸脱着時における NPC の XRD プロファイルを示す。(a)-(c) 水吸着時にはグラファイトの乱層構造である(02)並びに(10)の回折線が確認できるが、乾燥時にはプロファイルは無定形を示していた。水吸着の際、無定形構造の層間に水が侵入吸着する事により、層間が約 0.35 nm の幅に均一化され、吸着後の XRD プロファイルに回折線が現れたと推測される。水を吸着させた NPC の SAXS 測定では、3.83 nm<sup>-1</sup> に顕著な周期構造が確認された。

1) K.Komatsu et al, J.Porous Mater., 25 (2018) 1765–1770.

2) 山田拓実,第 60 回応用物理学関係連合講演会 27p-B7-11.

3) 福山勝也 TANSO 231(2008) 21-29.

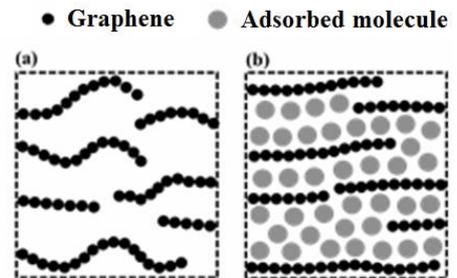


Fig.1. Structural model of NPC predicted by our group, (a)before adsorption and (b)after adsorption.

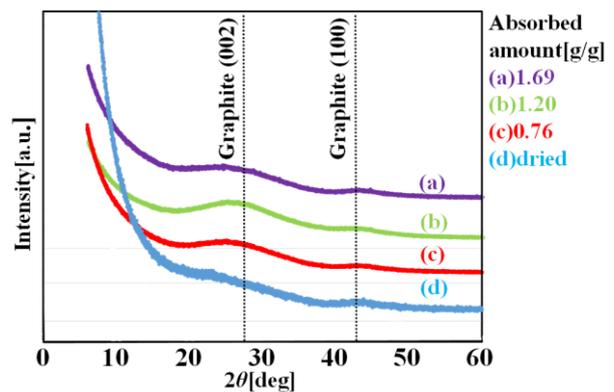


Fig.2. XRD profiles of and (a)-(c) H<sub>2</sub>O-adsorbed NPC for 3,5,9 h and (d) dried nanoporous carbon (NPC). Absorbed H<sub>2</sub>O amounts (g/g) were mentioned in Fig.2..