

磁場による炭素物質構造のコントロール

(信州大理) ○浜崎亜富・坂口あゆみ・関沼佑哉・尾関寿美男

【緒言】炭素材料の多くは sp^2 混成軌道で形成された平面状の六角網目構造を持つが、多様な集合形態をとるため、黒鉛、カーボンナノチューブ(CNTs)、ガラス状カーボンなど、様々な構造が存在し、鉛筆や活性炭、乾電池や脱臭剤、さらにはロケットの耐熱材にいたるまで、用途も幅広い。構造制御は機能を選択的に発現させる上で重要な意味を持ち、これまでは熱処理温度や原料の種類、添加物などが機能誘導に用いられてきた。磁場は物質透過性があるので、特に磁気配向が期待できる系では材料調製時での構造制御法として有用である。炭素物質は炭素六角網面の反磁性磁化率の異方性が大きく、磁気配向が期待できる系である。しかし、炭素物質調製に磁場を印加するためには超電導磁石で 1000 K 程度の高温を発生させる必要があり、これまでの研究例はほとんどなかった。我々はこの研究環境を構築し、石炭ピッチの加熱処理による活性炭前駆体（賦活前の状態）の調製過程、およびエタノールの分解による低分子量炭素物質からの CNTs 調製過程への磁場効果を検討した。

【実験】炭素物質は、最高保持温度 1523 K の電気炉を最高磁場 10 T の超電導磁石内に設置し、石英製の反応管を炉心に挿入して行った。活性炭前駆体は軟化点 553 K の石炭ピッチをセラミックボートに乗せて反応管内に挿入し、793K までの温度域で炭化して作成した。CNTs 調製はエタノールを原料にした化学気相成長 (CVD) 法で行った。973 K に保持した反応管内で、ステンレス基板と Co/Mo 触媒を担持した石英基盤上にそれぞれ多層 (MW) CNTs と単層 (SW) CNTs を生成させた。

【結果・考察】石炭ピッチを窒素雰囲気下、793 K で熱処理すると、X 線回折測定で得られた (002) 面のピーク強度は約 20 % 上昇し、7 T 付近で飽和した。石炭ピッチを不活性雰囲気下で加熱処理すると、800 K 付近でメソフェーズが発現することが知られており、この領域で炭素結晶子が磁気配向したものと考えられる。

CVD 法により基板上に生成させた MWCNTs を SEM で直接観察すると、MWCNTs は基板表面から垂直にバンドル状に成長した後、磁場の印加方向に平行および反平行になるように途中で屈曲した。磁場の印加方向と屈曲した MWCNTs バンドルの成長方向のなす角は反応時間に伴って小さくなり、反応時間が長く、チューブが長くなるほど、磁場の印加方向と平行になるように成長方向が変化した。SWCNTs の磁気配向は確認できなかったが、ラマンスペクトル中で直径方向の振動モードである Radial breathing mode は磁場中で変化した。優先的に生成する SWCNTs の直径が小さくなり、金属性の割合が増大することが示唆された。

Magnetic control of structure of carbon materials

A. HAMASAKI, A. SAKAGUCHI, Y. SEKINUMA, and S. OZEKI (Shinshu Univ., atom@shinshu-u.ac.jp)

In order to control structures and properties of carbon materials by magnetic field of up to 10 T, we studied magnetic field effects on synthetic processes of activated carbon precursor and multi- and single-wall carbon nanotubes (MWCNTs and SWCNTs). The (002) XRD peak intensity of carbons prepared from coal tar pitch in an electric furnace of up to 973 K with N_2 atmosphere increased with increasing magnetic fields and saturated over 7 T. It indicates that hexagonal carbon layers oriented under magnetic fields to develop their mesophase, which appeared in heating coal tar pitch containing small organic molecules. MWCNTs and SWCNTs were prepared from ethanol by the chemical vapor deposition (CVD) method in an electric furnace of up to 973 K. MWCNTs oriented in the direction parallel to magnetic fields. The magnetic orientation of MWCNTs may appear when its magnetic energy overcomes its bending energy. The diameter of SWCNTs decreased over 4 T. These results demonstrate that magnetic fields may control CNTs structures.