

Creation of Functional Nano- and Micron-Sized Spaces in Carbon Materials

炭素材料中への機能性ナノおよび ミクロスペースの創製

プロジェクトリーダー 高橋 洋一
中央大学 理工学部 教授



写真：
平成9年度成果報告会
(平成9年12月3日・愛媛大学)
における討論風景。

1. 研究の目的

炭素材料は極めて軽量であること、粒子、繊維、薄膜さらに大きなブロックと任意形状を持ち得ること、しかも高い耐熱性を持つと同時に高いヤング率、強度を持たせることも可能であることなど、多くの長所を持ち非常に広い分野に用いられている。これらの特徴の一つに、極めて高い比表面積を持たせ得ることがあり、活性炭として広く用いられてきている。この高い表面積は他材料の追従を許さないもので、ガス吸着用、水処理用、分子ふるいなど地球環境を守るために欠かせないものである。しかし、吸着剤一般としては、その気孔の大きさおよび気孔壁の性状をより厳密に制御することが求められており、ミクロからナノオーダーの均一サイズの気孔を持つ材料の開発が進められようとしている。

本研究では、多孔質で高い比表面積を実現できる炭素材料をベースにして、それら炭素材料中への異種物質のインターカレーションおよび異種原子の置換固溶、さらに前駆体の構造・組織を制御することによって、ナノあるいはミクロサイズの均一で性状の制御されたスペースを実現するための手法を確立し、そのスペースの評価を通して、新しい機能性を実現することを目的としている。

2. 研究の内容

1) インターカレーションによるナノスペースの創製と新機能の発現 (インターカレーション制御)

炭素材料の基本構造である炭素六角網面が積層した間隔にドナー (アルカリ金属) およびアクセプター (金属ハロゲン化物) をインターカレーション (挿入) することによって、網平面間にナノスペースを創製する。ナノスペースの大きさはインターカレーションするイオンあるいは分子 (インターカレート) の大きさおよび量によって制御が可能であると予想される。

これまでの研究によって、アルカリ金属、アルカリ金属と有機分子錯体、五フッ化砒素、五塩化モリブデンなどのインターカレーションによって、それぞれ特徴あるナノスペースが創製できることが明らかとなった。セシウム (Cs) のインターカレーションによって作り出されたナノスペース中には大量の炭化水素を吸着し得ることが明らかとなり (図1)、さらにこのナノスペースが分子の大きさのみでなく、化学結合性 (飽和結合か不飽和結合か) を識別でき、炭化水素の重合が生じる可能性が認められた。

2) 置換固溶によるナノスペースの創製と新機能の発現 (置換固溶制御)

炭素六角網平面内の炭素原子をホウ素、窒素あるいは他の原子によって置換・固溶させることによって、網平面に歪みを与えてナノスペースを創製するとともに、エネルギー帯中へ正孔あるいは電子を導入し、ホスト炭素材料の電子機能をはじめ各種機能を修飾し、新機能の発現を目指す。

これまでの研究によって、ホウ素のみでなく窒素も六角網平面中の炭素原子を置き換え、固溶することが可能であることが実験的に証明された。そして、窒素の置換固溶が網平面に大きな歪みを与え、そのために網平面の成長のみでなく、電子機能にも大きな影響を与えていることを明らかにした。また、ホウ素-炭素-窒素の新しい化合物の合成にも成功している (図2)。さらに、鉄原子の置換固溶が生じ、電子および磁気的な新しい機能が発現する可能性が明らかとなった。

3) 前駆体制御によるナノおよびマイクロスペースの創製と新機能の発現 (前駆体制御)

炭素材料の前駆体である芳香族ポリイミドやフェノール樹脂、木材は固相状態で炭素化するが、ポリイミドは黒鉛を、後2つは非晶質炭素を与えることが知られている。これらの前駆体の段階において構造・組織を制御することによって、壁の性状を制御したナノ・マイクロスペースを創製する。

これまでの研究によって、金属含有ポリイミドの炭素化によって、メソ孔に分類されるスペースを持ち、その壁の性状が黒鉛のである炭素材料が得られた (図3)。また、炭素材料中のスペースのサイズ、形状を制御することによって、優れた機械的機能および水中のクロロホルムの選択的吸着機能が発現し得ることを確認した。また、ナノスペースのサイズが、吸着分子集団の構造に強い影響を及ぼすことを、計算機シミュレーションによって予想するとともに、四塩化炭素ガスの吸着によって実証した。

3. 研究の体制等

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー2名、研究協力者12名 (内ポスドク3名)

実施場所：この研究は主拠点の中央大学理工学部を中心として、副拠点の北海道大学工学部、そして、武蔵工業大学工学部、大阪電気通信大学自然科学系、信州大学繊維学部、京都大学エネルギー理工学研究所、山梨大学工学部、千葉大学理学部、資源環境技術総合研究所、大阪市立工業研究所、長野工業高等専門学校との協力方式で進めています。

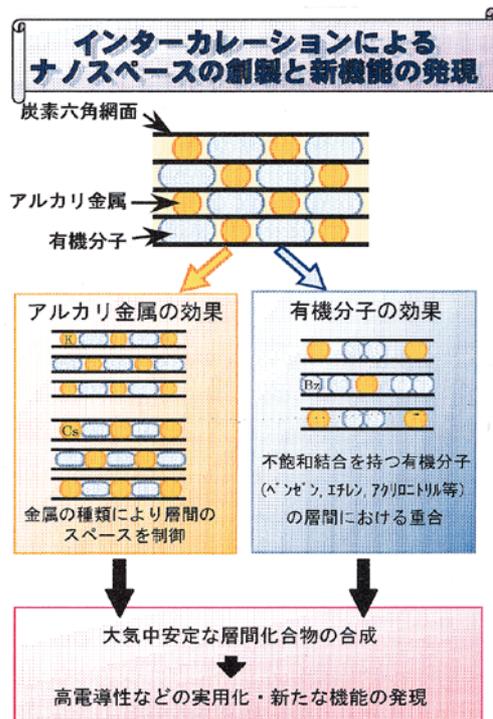


図1

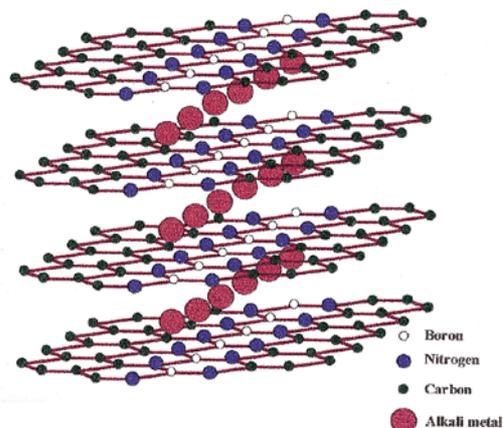


図2 BC_6N_2 intercalated by alkali metal.

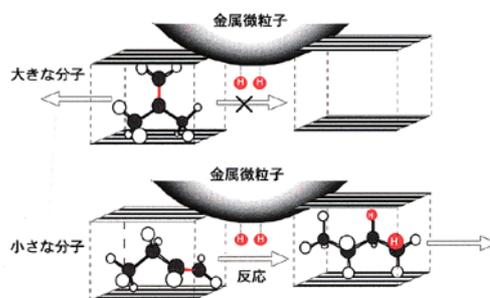


図3 分子選択性のある反応空間の創製