

空洞を有するフェノール性リング状分子集合体の焼成によって 分子レベルで空洞サイズを調整できるカーボン材料を開発

Pillar[n]arene を基にした 2 次元超分子集合体の焼成による
カーボンポーラス材料の創製 [2G18]

(金沢大院自然・JSTさきがけ) ○生越友樹、吉越久美子、山岸忠明

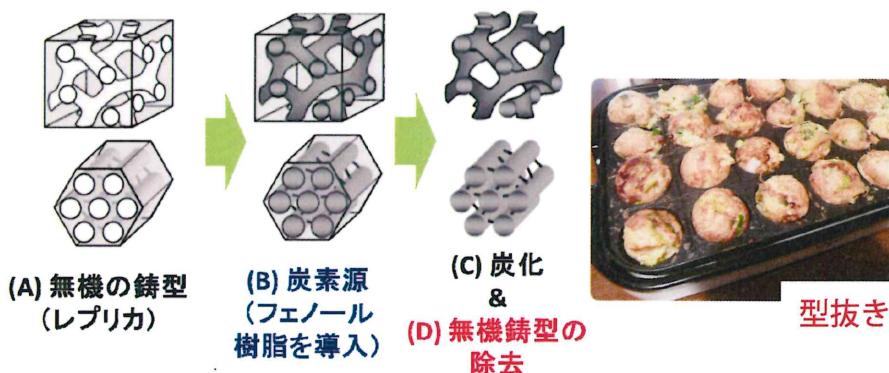
Tel: 076-234-4775 E-mail: ogoshi@se.kanazawa-u.ac.jp

本研究では、独自に開発したフェノール性リング状分子「ピラー[n]アレーン」を集積化し、高温で炭化させることで、原料のピラー[n]アレーンの空洞サイズと同じ空洞を有したカーボンポーラス材料ができるこことを発見した。

「カーボンポーラス材料」とは、ポーラス（空洞）を有したカーボン（炭素）である。カーボンポーラス材料が利用される分野は、

1. 「分子ふるい」：空洞サイズよりも小さなガス・分子は通ることが可能だが、それよりも大きなガス・分子は通ることができない
2. 「電池電極材料」：カーボンが電気を流すことから、カーボン内の空洞をイオン輸送・貯蔵スペースとして利用、などであり、非常に重要な材料である。

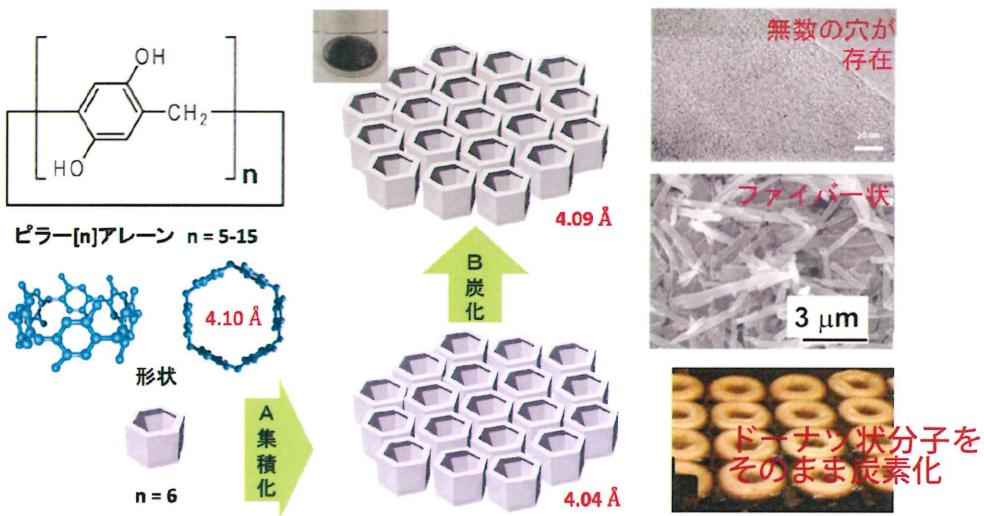
カーボンポーラス材料の有力な合成法は、無機の鋳型（レプリカ）を利用したいわゆる“型抜き”による手法である。（A）高温でも安定な無機成分からなるポーラス材料（メゾポーラスシリカなど）の鋳型に、（B）カーボンの原料となる有機物（フェノール樹脂やポリアクリロニトリル）を導入し、（C）高温で炭化させた後に、（D）鋳型を除去する手法である。



鋳型を用いた方法は、鋳型の形を反映したカーボンポーラス材料が得られるが、

1. 炭化後に (D) 鋳型を除去する必要（うまく除去できない・コストが高い）
2. 分子レベルの無機鋳型がないため、分子レベルでの空洞サイズ調整は困難といった問題点がある。

一方、「ピラー[n]アレーン」とは、2008年に我々の研究グループが初めて合成したフェノール性のリング状分子である。対称性の高い柱状の構造をしていることから、パルテノン神殿の柱（Pillar）をモチーフとして、ピラー[n]アレーンと名付けた。ピラー[n]アレーンの特徴は、ピラー[n]アレーンのn(繰り返しユニット数)に対応した空洞を有していることである。nの数が5のピラー[5]アレーンからピラー[15]アレーンまで合成することができる。nの数の違いから、空洞サイズを4Å ($\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$, ピラー[5]アレーン) から 15Å (ピラー[15]アレーン) まで、穴のサイズの違う分子を作り分けることができる。



カーボンの原料となる有機物がフェノール樹脂である。そのため我々は、フェノール樹脂と同様の骨格を有するピラー[n]アレーンが、穴の開いたフェノール樹脂であると考え、無機の鋳型を用いずに、直接分子レベルの空洞サイズを有したカーボンポーラス材料ができると考えた。つまり、ドーナツ状のリング分子をそのまま炭素化する手法である。(A) ピラー[n]アレーンを集積化し、(B) 得られたピラー[n]アレーン集合体を高温で炭化させた。その結果、出発原料のピラー[n]アレーンの空洞と全く同じ空洞サイズを有したカーボンポーラス材料が得られた。この手法では、ピラー[n]アレーン集合体を炭化するのみで、分子レベルで空洞の大きさが制御されたカーボンポーラス材料が得られる。

鋳型を用いた手法に対して、本手法では1. 鋳型は必要なく、2. 分子レベルでの空洞サイズが調整可能である。さらに、空孔サイズよりも小さなガス・蒸気分子は吸着できるが、大きなガス・蒸気分子は吸着しないといった分子ふるいとしての特徴を示した。また、ピラー[6]アレーンを用いた場合は、その対称性の良さからファイバー構造を形成したポーラスカーボンファイバーが得られる。空洞を多数有していることから、密に詰まった空洞を有していないカーボンファイバーよりも軽いといった性質を有していると期待される。

＜適用分野＞ 分子ふるい・電極材料・軽量化が求められるカーボンファイバーの利用分野（航空機や釣竿、テニスラケットなど）