

カーボンナノチューブやグラフェンをはじめとするカーボン系ナノ構造は、機械的、電氣的、そして光学的に興味深い特性を示すことで知られており、すでに材料科学、電子工学、そして生命科学などの多岐にわたる分野で応用されている。これは、炭素が多様な結合を用いて、多彩な構造をつくり出すことに起因している。多彩な構造は、形状だけでなく、機械的安定性や電気伝導性などの物性にも影響し、全く異なる興味深い性質をもたらす。そのため、新規カーボン系ナノ構造の創製・物性解明はさらなる応用展開につながる。

本研究では、新規微細構造を発見し、それらは2~4本のファイバーが離散と接近を周期的に繰り返す構造を成していることから、これを*Periodically-structured stretchable carbon microfiber* (以下、PSCMF) と命名した。しかし、PSCMFの発見当初は、再現性に問題があった。当初の生成方法では、試薬に炭素源としてパルミチン酸、添加物としてサッカリン(硫黄を含む有機化合物)を使用していたが、添加物の硫黄の量と試薬の調合方法に着目し、硫黄の量がサッカリンより約6倍多い純物質の硫黄を使用し、試薬は十分に混合することで再現性の問題を解決し、PSCMFの生成方法を確立した。さらに、PSCMFに関する詳細な形状・結晶構造、機械的・電氣的特性の評価、生成メカニズムの検討も行なった。詳細な形状・結晶構造を評価するために、TEM電子線トモグラフィーによる3次元構造データの取得や高分解能TEM画像の解析を行なった。電子線トモグラフィーから得られた3次元構造データより、PSCMFの断面が楕円(もしくは腎臓型)をしていることや、断面サイズが周期的に変動し、不均一であることが明らかになった。よって、機械的安定性や電気伝導性は、断面サイズが小さい部分に依存することが考えられる。実際、引張試験または通電試験では、断面サイズが小さい部分で破断した。また、高分解能TEM画像より、グラファイトがPSCMFの成長方向に積層した構造であることがわかった。よって、PSCMFの強度や電気伝導性はあまり期待できないが、引張試験で約6%の伸びを確認でき、たわんだ構造に起因する伸縮性は優れていると考えられる。PSCMFの生成メカニズムを解明するために、触媒粒子の正体を明らかにすることが重要であると考え、PSCMFの触媒粒子を解析した。その結果、触媒粒子は $\text{Ni}_3\text{S}_2$ であり、切頂八面体を形成していた。また、触媒粒子の $\{111\}, \{1\bar{1}\bar{1}\}$ 面もしくは $\{111\}, \{11\bar{1}\}$ 面を含む稜線からPSCMFが選択的に成長していることがわかった。触媒粒子の $\{111\}, \{11\bar{1}\}$ 面においては硫黄もしくはニッケル原子が六回対称性を持つ配置をしており、さらに格子定数がグラフェンのC-C結合距離に近く、成長方位も $\{111\}, \{11\bar{1}\}$ 面に対して垂直であるため、PSCMFは $\{111\}, \{11\bar{1}\}$ 面でエピタキシャル成長をしている可能性がある。しかし、たわんだ形状の説明ができていないなど、生成メカニズムをエピタキシャル成長で結論付けるのは、現段階ではまだ難しい。