

# 液晶性を発現する 水系カーボンナノチューブ分散液

SATテクノロジー・ショーケース2024

## ■ はじめに

カーボンナノチューブ (CNT) は直径がナノスケールでありながらその1000倍以上の長さを持つ繊維状のナノ炭素材料である。CNTは金属以上に高い電気伝導性と引張強度を持つことで知られており、宇宙エレベーターのワイヤーなど機能性材料への応用が期待されている。一方でCNTの特性はその軸方向に特異的に発現することから、材料性能は内部のCNT配向と強い相関を持つ。そのため、高機能CNT材料開発におけるCNT配向制御は極めて重要な課題であり、その有効な解決手法として液晶性を示すCNT分散液を原料とするプロセスが検討されている。

液晶性CNT分散液は棒状に分散されたCNTを濃縮することで得られる。一方、CNTは分散プロセスにより $\mu\text{m}$ サイズの凝集体から $\text{nm}$ サイズの1本のCNTまで幅広いサイズに分散されるため、棒状CNTの作製にはCNT分散状態を高度に制御する必要がある。我々は安定的な液晶性CNT分散液作製を目指して、遠心沈降法を用いたCNT分散状態の最適化、および液晶相転移挙動の体系化を行った。

## ■ 活動内容

### 1. 遠心沈降法を用いたCNT分散状態の最適化

我々は遠心沈降法がサイズ分布の広いCNT分散状態評価に有効であることを見出してきた。図1は分散プロセスの異なるCNT分散液を遠心沈降法と光学顕微鏡により評価した結果を示している。粒径分布測定結果から数十 $\mu\text{m}$ の凝集体は0.1  $\mu\text{m}$ 付近に、直径が数 $\text{nm}$ の棒状CNTは0.01  $\mu\text{m}$ 付近に検出されており、図1右の分散液は棒状CNTを主成分とすることが評価された。分散液の作製プロセスと遠心沈降法によるCNT分散状態の定量評価を平行して行うことで、液晶性CNT分散液に適した棒状CNTを主成分とする分散液を安定的に作製することに成功した。

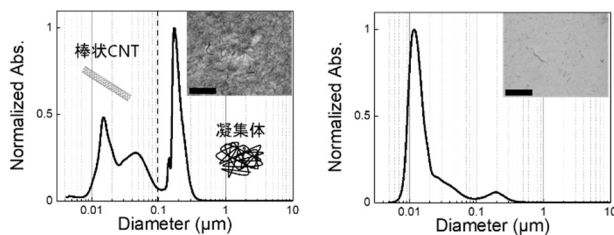


図1 分散プロセスの異なる分散液の遠心沈降法による粒径分布測定結果 (スペクトル)、および、光学顕微鏡観察像 (挿入図、スケール: 100  $\mu\text{m}$ )

### 2. 液晶相転移挙動の体系化

CNT分散液はCNT濃度変化により液晶相転移を起こす。遠心沈降法により均一性を評価した分散液はCNT分散状態を維持しながら濃縮することで、ネマチック相と呼ばれる液晶相を発現した (図2右)。さらに、等方相 (図2左) とネマチック相の中間濃度において、部分的に紡錘形のネマチック相 (タクトイド) が発現する二相共存状態が観察された (図2中央)。また、分散プロセスの異なる4種類の液晶性CNT分散液の比較から、液晶相転移濃度は棒状CNTのアスペクト比 $L/D$ に反比例する傾向が見られた。

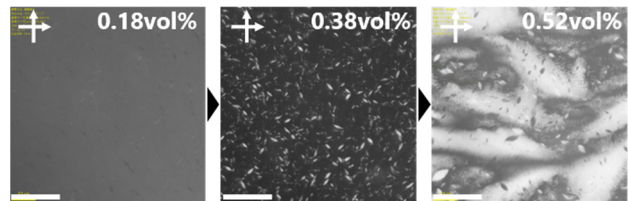


図2 CNT分散液の偏光顕微鏡観察像 (スケール: 100  $\mu\text{m}$ )、それぞれ等方相 (左)、二相共存状態 (中央)、ネマチック相 (右) を示す

### 3. 液晶性CNT分散液内部のCNT配向評価

ネマチック相ではCNT配向が不連続となるトポロジカル欠陥が観察された (図3)。これらはシュリーレン組織と呼ばれ、偏光顕微鏡では欠陥中心から2本の黒い帯が伸びた様相で観察される。詳細な観察により、欠陥周囲のCNT配向が異なる2種類の組織を評価した。本観察は水系の単層CNTにおけるシュリーレン組織の初めての観察例である。

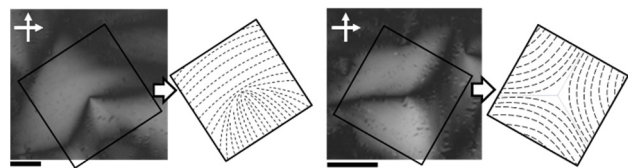


図3 シュリーレン組織の偏光顕微鏡観察像 (スケール: 100  $\mu\text{m}$ )、および、その組織内部でのCNT配向概略図

## ■ 関連情報等 (特許関係、施設)

- [1] K. Kojima *et al.*, *Appl. Phys. Express* **2022**, 15, 125003.  
[2] K. Kojima *et al.*, *Langmuir* **2022**, 38, 29, 8899–8905.

代表発表者 **児島 敬子 (こじま けいこ)**  
所属 **産業技術総合研究所  
ナノカーボンデバイス研究センター**  
問合せ先 **〒305-8565 茨城県つくば市東 1-1-1  
TEL: 029-861-3738  
kojima-sc14335y@aist.go.jp**

■キーワード: (1)カーボンナノチューブ  
(2)液晶  
(3)配向制御

■共同研究者: 小杉のどか (筑波大学大学院)  
岡崎俊也 (産業技術総合研究所)