

# 人工関節用 MWCNT 添加超高分子量ポリエチレンの放射光 IR 解析 SR-IR analysis of Multi-Wall carbon Nano Tube added ultra-high-molecular-weight polyethylene for artificial arthrosis use

西村 直之<sup>a</sup>, 井上 俊之<sup>a</sup>, 池本 夕佳<sup>b</sup>, 森脇 太郎<sup>b</sup>, 斉藤 直人<sup>c</sup>

Naoyuki Nishimura<sup>a</sup>, Toshiyuki Inoue<sup>a</sup>, Yuka Ikemoto<sup>b</sup>, Taro Moriwaki<sup>b</sup>, Naoto Saito<sup>c</sup>

<sup>a</sup>ナカシマプロペラ(株), <sup>b</sup>財高輝度光科学研究センター, <sup>c</sup>信州大学

<sup>a</sup>Nakashima Propeller Co.,LTD, <sup>b</sup>JASRI, <sup>c</sup>Shinshu University

カーボンナノチューブ添加超高分子量ポリエチレンにおけるカーボンナノチューブ/ポリエチレン界面付近の構造に関して、高輝度である SR-IR を用いて解析の可能性など基礎的な知見を得る目的で実験を行った。結果、ポリエチレンの結晶性バンド  $\gamma$  ( $\text{CH}_2$ ) を示す  $730\text{cm}^{-1}$  付近のピークに変化が見られた。これら界面の構造に関して今後検討を加えてゆく。

キーワード： カーボンナノチューブ、超高分子量ポリエチレン、人工関節

## 【背景と研究目的】

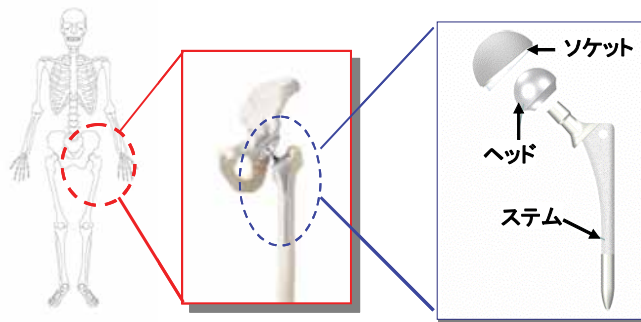


図 1. 人工股関節

高齢化社会の到来と共に、変形性関節症、関節リウマチ、骨折などの関節疾患が増加し、股関節や膝関節に人工関節置換術を行う患者数が急増している。図 1. に人工股関節の模式図を示す。これら人工関節は長期使用によりその機能が破綻する症例が 20 年成績で 10~20%あり、人工関節の再置換手術も急増している (図 2.)。現在、人工関節の国内使用は 13 万例以上であり、今後も高齢者が増加し、人工関節の需要は増加していくと予想される。

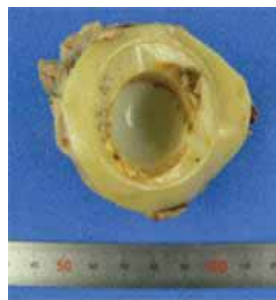


図 2. 破損した人工股関節ポリエチレン

人工股関節などにおいてもその寿命を左右する因子として、人工関節部材の一部であるポリエチレンの磨耗などが挙げられる。ポリエチレン材料はその摩擦係数の低さから摺動部材として用いられている。しかし長期に渡る使用によりポリエチレン材料の磨耗が発生し、その結果磨耗してできる磨耗粉が生体反応を惹起し、人工関節周囲の骨を溶解することがわかっており、人工関節が破綻して再置換手術が余儀なくされる最大の原因になっている。

このような発生原因を防止し、ポリエチレン材料の磨耗を防止する手段として現在カーボンナノチューブを加えることにより、その物性を強化する開発を進めている。一方赤外分光法はポリエチレン材料を評価する手段として非常に有用であるが、カーボンナノチューブ材料の赤外吸収能力が高く、ポリエチレン材料に添加した場合、ポリエチレン部分の赤外吸収が観察できなかった。カーボンナノチューブ/ポリエチレン界面構造はその機械特性に大きな影響を与えるため、その界面構造の情報は材料の開発の促進に大きな役割を果たす。今回高輝度である SR-IR を用いてポリエチレン/カーボンナノチューブ複合材の界面分子構造に関して解析の可能性など基礎的な知見を得る目的で実験を行った。

### 【実験】

解析に用いた試料は超高分子量ポリエチレンにカーボンナノチューブを 0.1wt% 添加した試料を用いた。この試料を 220°C にて成形し、マイクロトームにて薄膜試料を作成し、バルク及び界面構造付近を SR-IR にてポリエチレンの結晶化ピークと考えている  $730\text{cm}^{-1}$  付近<sup>[1][2]</sup>のピークを基に解析を行った。

### 【結果および考察】

結果を図 3. に試作したサンプルの光学顕微鏡写真を示す。カーボンナノチューブはポリエチレンの周囲を取り囲む状態で存在している。ポリエチレン粒子のサイズは約  $100\mu\text{m}$  前後であるため解析には  $100\sim 500\mu\text{m}$  厚みの試料を用い、カーボンナノチューブが多い部分及びバルク部分に関して透過法による分析を実施した。

結果の 1 例を図 4. に示す。カーボンナノチューブを添加していない試料と対比した場合、結晶化を示す  $730\text{cm}^{-1}$  付近のピークは透過度の違いにより、透過度の低い部分では高波数側に若干シフトが認められるなど違いが認められた。このデータからカーボンナノチューブ/ポリエチレンの界面構造の推測を行っている。

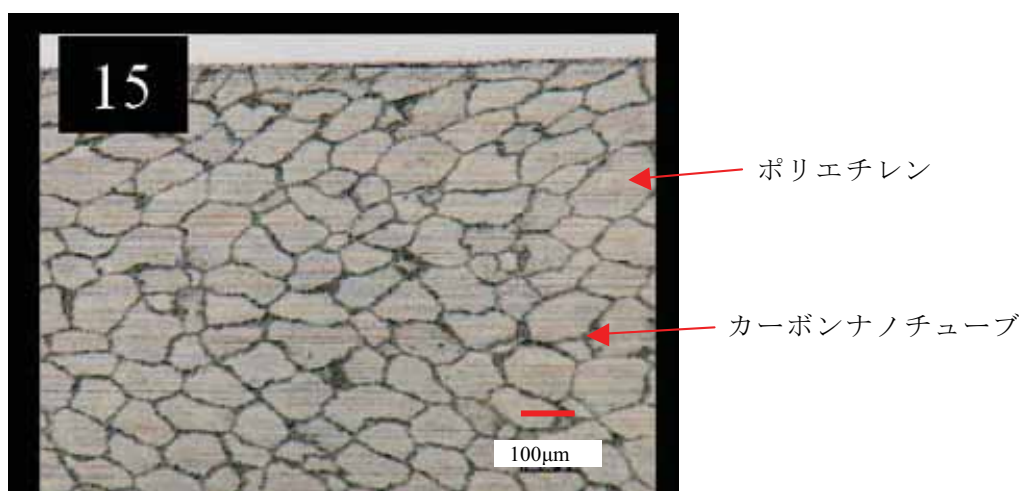


図 3. カーボンナノチューブポリエチレンの断面光学顕微鏡写真

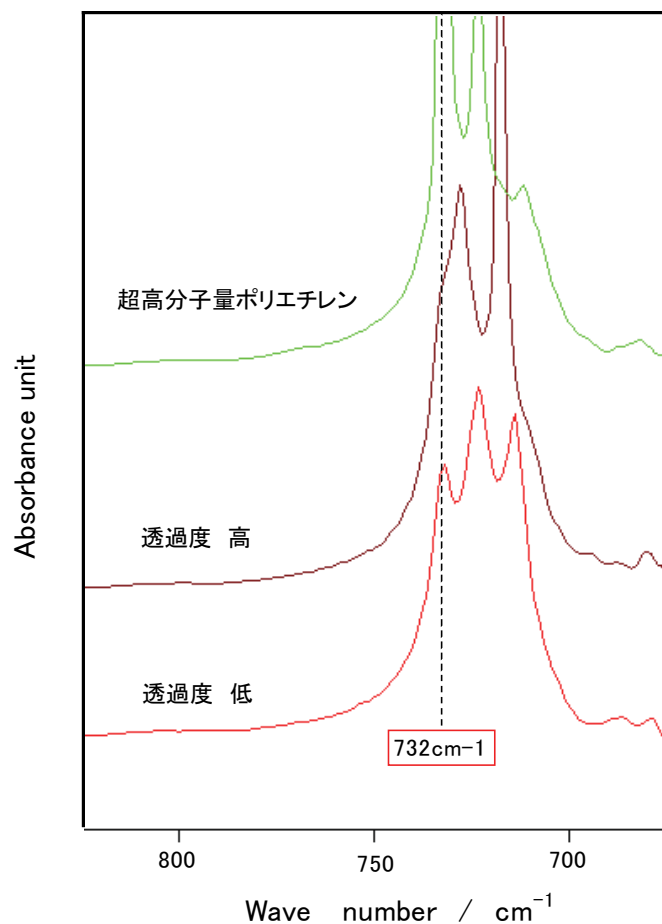


図 4. カーボンナノチューブ/ポリエチレンの赤外吸光分析結果

【今後の課題】

これら SR-IR を含めた分光分析及び熱分析結果よりカーボンナノチューブ/ポリエチレン界面でのポリエチレンの結晶化に関する検討を進めている。またカーボンナノチューブ表面の官能基解析などについても SR-IR にて検討を進める。

【参考文献】

- [1] 岩本令吉、錦田晃一（1986）「赤外法による材料分析」講談社サイエンティフィック 245pp
- [2] Yuji Nakashima, Satoshi Hasegawa, Akihiko Takada and Yoshiaki Takahashi, Journal of the Society of the Materials Science Japan , Vol.56, No1,pp31-34,Jan 2007