氏　　名	たけ　せこう **武　世　宏**
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第 468 号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　先端ファイブロ科学専攻
学位論文題目	**CNF/UPR ナノコンポジット材料の電気的・力学的特性に関する研究**
審査委員	(主査) 教授　藤井善通 教授　鋤柄佐千子 教授　木村照夫 名誉教授　岩本正治

論文内容の要旨

本論文では，優れた電気的・機械的特性を有する直径が異なる２種類のカーボンナノファイバーと不飽和ポリエステル樹脂を原料として，複合させた混合物を用いて，CNF/UPR ナノコンポジット材料を創製し，それらの電気的特性・力学的特性について実験的及び理論的の両面から評価し，カーボンナノファイバーの分散性・配向性・界面の接着特性をも検討した．ナノコンポジット材料の弾性率およびダンピング係数を *Halpin-Tsai* 式により算出し，その妥当性を検討した．パーコレーション閾値において排出体積法およびモンテカルロ法に基づいてシミュレーションを行い，計算結果と実験結果を比較し，材料の電気伝導メカニズムをも検討した．また，CNF/UPR ナノコンポジット材料に SMA 粒子の添加により三相複合材料を創製し，その電気的特性・力学的特性を調べた．

CNF/UPRナノコンポジット材料の電気的特性に関しては，VGCFおよびVGNF含有率の増加に伴い電気抵抗が減少した．パーコレーション閾値はそれぞれ約1.8wt%，2wt%であることが示された．温度の増加に伴い電気抵抗率が増加し，PTC効果が表れたが，PTC強度は大きくなかった．特にVGCF/UPRよりVGNF/UPRナノコンポジット材料は温度依存性が小さいことが分かった．熱サイクル数が増えることに従い電気抵抗率は減少した．一定温度条件下で電気抵抗の時間依存性は，初期では電気抵抗が急激に上昇し，最大値になってから急激に低下し，その後にほぼ緩やかに形変化になるという現象を示した．過電流保護効果を発現することが分かった．CNF/UPR ナノコンポジット材料のパーコレーション閾値において排出体積理論およびモンテカルロ理論に基づくシミュレーションを行った．その予測結果は実験結果と差があるが，妥当性を有すると考えられ，今後の導電性繊維を用いた複合材料の設計（導電性の制御）に有効な方法を示唆している．

CNF/UPR ナノコンポジット材料の力学的特性に関しては，CNF 含有率の増加に伴いナノコンポジット材料のヤング率と貯蔵弾性率が向上するが，ダンピング係数 tan δ は CNF 含有率の増加に伴い減少した．　VGCF に比べてサイズが小さい VGNF を用いたナノコンポジット材料のヤング率と貯蔵弾性率は他方より高く，ダンピング係数 tan δ は逆に減少した．*Halpin-Tsai* 式を用いた貯蔵弾性率およびダンピング係数の算出は，算出値と実験値には若干の差があるが，算出法とし

ては妥当であると考えられる

論文審査の結果の要旨

本論文では，優れた電気的・機械的特性を有する直径が異なる２種類のカーボンナノファイバー（CNF）と不飽和ポリエステル樹脂（UPR）を原料とする，均一混合が困難な混合物を超音波で照射することにより溶液及び直接混合法を用いて, CNF/UPRナノコンポジット材料を創製し, それらの電気的特性・力学的特性について実験的及び理論的の両面から評価し，カーボンナノファイバーの分散性・配向性・界面の接着特性を検討した．ナノコンポジット材料の弾性率およびダンピング係数を*Halpin-Tsai*式により算出し，シュミレーション結果と実験結果を比較してその妥当性を確認している．

CNF/UPRナノコンポジット材料の電気的特性に関しては，CNF含有率の増加に伴い電気抵抗が減少するパーコレーション閾値はそれぞれ約1.8wt%，2wt%と驚くほど少ない添加量で導電性を示すことが分かった．パーコレーション閾値において排出体積法およびモンテカルロ法に基づいてシミュレーションを行い，計算結果と実験結果を比較し，材料の電気伝導メカニズムを検討した．その予測結果は実験結果と差があるが，妥当性を有すると考えられ，今後の導電性繊維を用いた複合材料の設計（導電性の制御）に有効な方法を示唆している．また，CNF/UPRナノコンポジット材料にさらにニッケルチタン粒子の添加により三相複合材料を創製し，その電気的特性・力学的特性を調べフィラー系への展開を期待させる結果を得ている．

本論分の内容は、次の４編の論文に掲載及び掲載予定されており、すべてが申請者を筆頭者とするものである。

1）武　世宏、倉鋪　憲、倪　慶清、夏木敏明、岩本正治
CNF/UPR ナノコンポジットの電気および力学特性に及ぼす CNF サイズと含有率の効果
材料　Vo l . ５５（１）89－94（2006）

2）Shi-Hong Wu, Toshiaki Natsuki, Ken Kurashiki, Qing-Qing Ni, Masaharu Iwamoto and Yoshimichi Fujii
Conductivity stability of carbon nanofiber/unsaturated polyester nanocomposites
Advanced composite materials　　投稿中　　掲載決定

3）Shi-Hong Wu, Masaharu Iwamoto ,Toshiaki Natsuki, and Qing-Qing Ni
Electrical Conduction and Percolation Behavior of Carbon Nanotubes/UPR Nanocomposites
Journal of reinforced plastics and composites ,Vol. ２５,No.18,p.1957-1966,2006

4）武　世宏、倪　慶清、小岩康三、倉鋪　憲、岩本正治
CNF/NiTi/UPR 三相複合材料の創製とその力学的･電気的特性
材料　Vo l . ５５（8）766－771（2006）

以上の結果より、本論分お内容は新規性および独創性があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。