

<p>研究代表者</p>	<p>所属学系・職名 応用理工学系・准教授 氏名 中村 和正</p>
<p>研究課題</p>	<p>原料へのナノ・マイクロ粒子付与による多重機能を有する材料の創製 Preparation of multi-performance materials derived from precursors alloyed with nano-and/or micro-particles.</p>
<p>成果の概要</p>	<p>【背景と目的】 循環型社会を意識した「ものづくり」において、最初に要求されることが材料作製時の環境負荷の低減である。一方、世界的なテクノロジーの発展により、材料に要求される特性も上昇している。これら、一見相反する課題を解決するために、ナノやマイクロレベルの物質を原料に付与し、複数機能を有する材料を簡便且つ低段階で作製することが考えられる。本研究では多々ある課題のうち、環境分野と医療分野に着目した。まず、環境分野に対し、浄化材料を使用する際、温和な条件だけでなく、時には過酷な条件下での使用も余儀なくされる。このために、本来、高温や酸化性溶液にも耐性がある材料を浄化材料として使用できれば、浄化材料の使用範囲が大いに広がる。これらの環境に耐性があり、軽量な材料として、バルク体炭素材料がある。バルク体炭素材料は本来閉気孔であるため、外界と細孔が接していない。つまり、このバルク体炭素材料に多数の気孔を空けることができれば、高耐性な浄化材料が作製できる。他方、医療分野に対し、マンモグラフィー検査や医療用ロボットなど様々な場面で使用できるセンサーが求められている。これらは、センサーに柔軟性や潤滑性が必要であり、ある程度達成はできているが、一番重要な特性である電気伝導性が高くない。つまり、柔軟性、潤滑性、電気伝導性を高度に維持できれば、センサーとしての使用の範囲が大いに広がる。そこで、本研究では、高耐性浄化材料として、流動性の高い原料段階でマイクロ物質を付与することにより、多孔質バルク体炭素材料を1度のプロセスにて作製した。また、センサー材料として、原料へナノやマイクロ物質を付与することにより、高電気伝導性を有する柔軟潤滑センサーを1度のプロセスにて作製した。</p> <p>【方法】 バルク体炭素材料の原料として流動性のある熱硬化性フラン樹脂初期重合体を使用し、これに球状マイクロプラスチックビーズを付与し混合することで、それらが高分散した前駆体を得た。この前駆体を不活性雰囲気下で熱処理をし、高耐性多孔質バルク体炭素材料を作製した。センサー材料の原料として、低粘性ゴム初期重合体に、ナノ金属粒子を付与し混合することで、それ</p>

成果の概要

らが高分散した前駆体を得た。この前駆体を電解重合し、柔軟潤滑センサー材料を作製した。これら作製した機能性材料に対し、組織や構造を調査するとともに、電気化学的特性、機械的特性など総合的に材料の性能を評価した。

【成果】

流動性のある熱硬化性フラン樹脂初期重合体に対し、数 μm または数十 μm サイズの球状プラスチックビーズを混合し、多孔質バルク体炭素材料が作製できた。数 μm サイズのビーズを付与したバルク体炭素材料は、表面と内部ともにそのサイズの気孔が多数開いた。一方、数十 μm サイズのビーズを付与したバルク体炭素材料は、内部にはそのサイズの気孔が多数空いたが、表面にはサイズダウンした気孔が少量空いたに過ぎなかった。炭素化収率は10%、見掛け密度は20%程度減少した。また、電気伝導率は、数 μm サイズのビーズを付与したバルク体炭素材料に対し、1000 $^{\circ}\text{C}$ 以上で熱処理をすることで、何も付与していないバルク体炭素材料と同程度となった。つまり、電気伝導性を維持しつつ、マイクロメートルサイズの気孔を多数開けることに成功した。これらの成果を査読付き英語論文として、発表した。

また、医療分野におけるマンモグラフィ検査や医療用ロボットなど様々な場面で使用できるセンサーの材料として最適な低粘性ゴム初期重合体をベースに用い、ナノ金属粒子を付与し混合した後、電解重合法により多孔質バルク体を作製することができ、その作製プロセスを確立した。さらにこのプロセスを発展させて、上記の医療分野に特化使用できる形態として人工指の作製とセンシングに成功し、その作製プロセスについても確立した。

【主な発表論文等】

K. Nakamura, C. Kubo, R. Horibe, "Preparation of glass-like carbon with micrometer-sized pores by mixing thermosetting resin with thermoplastic microbeads.", *Materials Letters*, **312** (2021) 131691,
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131691>.

K. Shimada, R. Ikeda, H. Kikura, H. Takahashi, "Morphological fabrication of rubber cutaneous receptors embedded in a stretchable skin-mimicking human tissue by the utilization of hybrid fluid.", *Sensors*, **21** (2021), 6834,
DOI: <https://doi.org/10.3390/s21206834>.

【組織】

研究遂行に当たっての研究体制は、研究代表者（中村）を中心に研究計画を遂行した。バルク体炭素材料に関しては中村が、センサー材料に関しては島田

が、材料の機器分析に関しては高瀬が分担して行った。その際、研究協力者（卒論学生と修士学生）に適宜、実験の協力を得て行った。