

樹脂の還元作用を利用した樹脂内への金属ナノ粒子の埋め込み

酒井俊郎^{*,**†}・渡邊崇久^{**}・徳田将宗^{**}^{*}信州大学工学部物質化学科 長野県長野市若里4-17-1 (〒380-8553)^{**}信州大学大学院総合理工学研究科 長野県長野市若里4-17-1 (〒380-8553)[†] Corresponding Author, E-mail: tsakai@shinshu-u.ac.jp

(2023年10月12日受付, 2023年11月18日受理)

要 旨

金属と樹脂との複合化技術を開発するため、金属イオンを還元する作用を有する部位が含まれる樹脂を用いて樹脂内での金属イオンの還元、樹脂内での金属ナノ粒子の形成・埋め込みについて検討した。その結果、2級アミンを含むナイロン66やポリウレタンを金属塩水溶液に浸漬して加熱すると、樹脂内に金属ナノ粒子が形成されて、埋め込まれることが明らかとなった。また、金属塩エタノール溶液にナイロン66やポリウレタンを浸漬して加熱すると、樹脂内での金属ナノ粒子の形成・埋め込みが促進されることがわかった。さらに、形状の異なるナイロン66 (球, チューブ, 板, ワイヤ) においても同様にナイロン66内に金属ナノ粒子が形成されて、埋め込まれることが明らかとなった。このように2級アミンのような還元作用を有する部位を含む樹脂は、溶液中で金属イオンを樹脂内に取り込み、金属イオンを還元して金属ナノ粒子を形成し、自発的に金属と複合化することができる。

キーワード：樹脂, 複合化, 金属イオン, 金属ナノ粒子, 埋め込み

1. はじめに

金属と樹脂の複合材料は、それぞれの特性を併せもった高性能なデバイスへと形を変えて、自動車、航空機、エレクトロニクス分野など、多岐にわたり活用されている。そのため、近年では金属と樹脂との複合化技術の重要性が一段と高まっている。さらに、デバイスの小型化により小さな樹脂部材への金属複合化が求められている。金属と樹脂を複合化する代表的な方法として、樹脂の表面を金属被覆するプラスチックめっき (無電解めっき法)¹⁻³⁾、金属ナノ粒子を直接基材に接着するナノ粒子めっき法⁴⁻⁷⁾、Nano Molding Technology (NMT) 法、Laser Assisted Metal and Plastic (LAMP) 法^{8,9)} などがある。おもに化学的・物理的・電気化学的手法が用いられている¹⁻¹²⁾。このように、従来の方法では樹脂の表面を加工して金属と樹脂を接合して複合化する。一方、筆者らは樹脂表面の加工による金属と樹脂の複合化ではなく、樹脂の特性に注目して樹脂内部に金属ナノ粒子を埋め込み、金属と樹脂を複合化することを検討してきた。高分子の中には水中に溶存する金属イオンを還元する作用を有する高分子がある¹³⁻¹⁵⁾。たとえば、ポリエチレンオキシド (PEO) 鎖を有する水溶性高分子¹⁶⁻²⁸⁾ やアミノ基を有する水溶性の高分子²⁹⁻³⁶⁾ は水中に溶存している金属イオンを還元する。そのため、水に不溶な樹脂であっても、樹脂内に金属イオンが浸透し、樹脂が有する金属イオンを還元する作用により樹脂内で金属イオンが還元されれば、樹脂内に金属ナノ粒子が形成されることが期待される (Fig. 1)。そこで、本研究では、2級アミンを有する樹脂 (ナイロン66, ポリウレタン) を用いて樹脂による水中に溶存している金属イオンの還元、樹脂

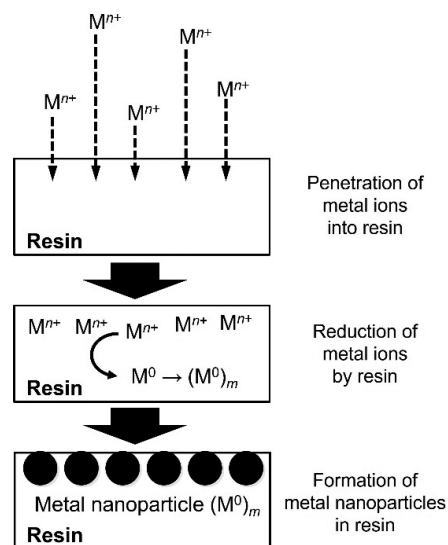


Fig. 1 Schematic illustration on implanting of metal nanoparticles in resin using reducing function of resin.

内での金属ナノ粒子の形成・埋め込み (複合化) について検討した。

2. 実験方法

樹脂内への金属ナノ粒子の形成・埋め込みは、0.1 mM金属塩水溶液 (50 mL) あるいは金属塩エタノール溶液 (50 mL) 中に樹脂基材を浸漬して所定の温度において所定時間静置させた後、さらに25℃で24 h静置することにより行われた。樹脂として、球状、チューブ状、板状、ワイヤ状ナイロン66、板状