

## 博士学位論文審査結果要旨

西暦 2024 年 2 月 20 日

研究科、専攻名 工学研究科 サステイナブル工学専攻

学位申請者氏名 船山 泰弘

論文題目 電気泳動・静電スプレー機能を有するポリイミド/無機複合  
微粒子の材料設計と電気絶縁機能

### 審査結果の要旨

近年、脱炭素化のために石油エネルギーから電気エネルギーへのパラダイムシフトが急速に進んでいる。それに伴いモビリティにおいてもガソリンから電気自動車への転換が進められており、電気モーターの小型化、高出力化、高効率化が重要な課題となっている。その実現のためには耐部分放電性と高耐熱性を有する絶縁材料の開発が技術革新の鍵となっている。また、電気デバイスの高性能化・高機能化に伴いデバイスの形状が複雑化するため、従来の浸漬法などの技術では絶縁塗工できないという問題がある。

そこで本研究では、優れた耐熱性を有するポリイミドに電着機能、及び静電スプレー塗工機能を付与した新規絶縁材料を開発した。

これまでにポリイミド系電着材料として、ポリアミド酸をアミン類で中和したポリアミド酸塩を用いる方法、側鎖にカチオン性基を導入する方法、および可溶性ポリイミドを用いる方法が開発されている。ポリアミド酸塩は耐熱性等に優れた材料であるが、加水分解のため材料の安定性に問題があり、またフィラーとして用いるベーマイトアルミナと凝集が起こるという問題があった。

そこでカプトン型ポリイミドの前駆体ポリアミドエステルを合成した。これにベーマイトアルミナを複合化し微粒子化した分散液は、均質で、高い保存安定性を示した。カチオン電着により得られた塗膜は、300°Cで焼成することにより完全にイミド化し、10%重量減少温度は、580°Cと高い耐熱性を示した。

次に側鎖にメタクリル基を有する可溶性ポリイミドを合成した。これをベーマイトアルミナと複合化し調整した微粒子分散液を用いてカチオン電着することにより皮膜厚 122  $\mu\text{m}$ の厚い皮膜が得られた。塗膜の10%重量減少温度は412.7°Cであった。

さらに、非石油材料として杉から抽出されたグリコールリグニンを絶縁材料とした電着材料を合成した。グリコールリグニンをメタクリル基で修飾し、これとメタクリル修飾ポリイミドとベーマイトアルミナを複合化し微粒子化した分散液を調整した。これを用いて平角線に電着した塗膜は、48~115 $\mu\text{m}$ と厚い皮膜を形成でき、ピンホールがなく、絶縁破壊電圧は9kV以上と高い値を示し、バイオマス材料から画期的な絶縁材料を得ることに成功した。

また、ポリイミド種々のフィラーを添加し、静電スプレー法による塗膜形成能を検討し、8kV以上の高耐圧の絶縁膜を得た。

以上の研究は、次世代電気モビリティや航空機用モーター、発電機など脱炭素化を実現するデバイスの高性能化を実現する画期的な技術であり、サステイナブル工学の進展に寄与する新規な知見を有するものと認められる。

2024年2月20日東京工科大学において、学位申請者船山泰弘氏の最終試験(学位審査公開発表会)を行い合格であると認められた。また、2024年1月26日に筆答による学力試験を行い十分な学力を有していると認められた。

以上の結果から学位申請者は博士(工学)の学位を授与するにふさわしい十分な学識と能力を有していると認める。

審査委員 主査

東京工科大学 教授 高橋 昌男