

3D プリントを用いた電池用電極における 3D モデル形状設計と 焼成条件の評価

日大生産工(院) ○小林 陽太
日大生産工 工藤 祐輔

1. まえがき

近年、地球温暖化や資源枯渇が深刻化し、持続可能な社会の実現に向けて再生可能エネルギーの導入と安定利用が求められている。特に太陽光や風力は有望だが、天候や時間帯で出力が変動する課題がある。そのため電力の安定供給には、大容量で高性能な蓄電システムが不可欠である。

この解決策として注目されるのがレドックスフロー電池である。レドックスフロー電池(RFB)はバナジウムの酸化還元反応を利用し、劣化が少なく長寿命で、安全性や拡張性にも優れるため、再生可能エネルギーの安定利用に有望視されている。このシステムの性能向上の鍵は電極であり、電池の効率や耐久性に直結する。今後の材料開発や製造技術の進歩によって、これらの電池は脱炭素社会を支える重要なエネルギー技術となることが期待されている。

本研究の目的は、再生可能エネルギーの安定利用に有望なレドックスフロー電池の電極性能を高める手法を確立することである。3DCADで大きい表面積をもつモデルを作製し、3Dプリンタで印刷をしたのちに焼成し、電極とする方法について取り組んでいる。今回は焼成条件について調べた内容を発表する。

2. 実験方法および測定方法

本研究では、Fusion 360のボリュームラティス機能を用いて、メッシュ構造を有する電極モデルの設計を行った。ラティス構造にはシュワルツP型モデルを採用し、Fig.1に示す電極形状を作成した。得られた3Dモデルは、光造形方式3Dプリンタ (Form 3+, Formlabs) を用いて造形し、造形材料には耐熱性レジン(High Temp V2, Formlabs)を使用した。造形後の電極は、電気炉を用いて以下の条件で加熱処理を実施した。

420℃まで100分で昇温 → 420℃で60分保持
→ 100分で降温

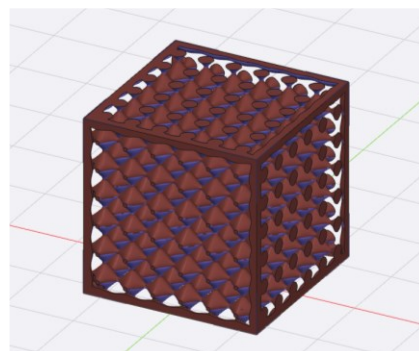


Fig.1 シュワルツ P 型モデリング



Fig.2 作成したカバー

焼成処理の過程では、電気炉内の温度分布の不均一性が問題となった。炉の熱源が上部にのみ配置されているため、試料が局所的に熔融する現象が確認された。この課題に対し、炉内の温度分布を均一化することを目的として、Fig.2に示したような電極より一回り大きい鋼製カバーを製作し、試料を覆う形で焼成を行った。この工夫により、熱伝達の緩和と温度分布の均一化が期待される。

実験では、鋼製カバーを装着した試料と装着しない試料を比較対象とし、焼成後の電極表面をレーザー顕微鏡(倍率20倍)で観察して表面状態の違いを評価した。

Evaluation of 3D Model Shape Design and Sintering Conditions
for Battery Electrodes Using a 3D Printer

Yota KOBAYASHI

3. 実験結果および検討

Fig.1に示したシュワルツP型電極モデルを3Dプリンタで造形した後、同一の焼成条件で電気炉による熱処理を行った。カバーを装着して焼成した試料の外観をFig.3(a)に、カバーなしで焼成した試料をFig.3(b)に示す。また、焼成後の各試料の表面をレーザー顕微鏡で観察した結果をカバーありはFig.4(a)、カバーなしをFig.4(b)に示す。

観察の結果、カバーを装着した試料では電極形状の維持が困難であり、全体的な溶融が確認された。一方、カバーを使用しない場合には、形状の保持が良好であった。さらに、レーザー顕微鏡観察より、カバーあり試料では表面に無数の微細孔が形成されていることが明らかとなった。

これらの結果から、カバーは炉内の熱を反射・蓄熱することで局所的な過加熱を引き起こし、電極の融解を促進した可能性が示唆される。ただし、カバーあり試料で観察された多孔質構造は、電極の比表面積向上に寄与する可能性がある。今後は、形状を保持しつつ多孔質な表面を形成できるよう、焼成条件の最適化を検討する。

4. まとめ

本研究では、3Dプリンタで作製したシュワルツP型電極の加熱処理において、鋼製カバーの有無が焼成結果に与える影響を検討した。その結果、カバーを装着して焼成した試料では電極全体の溶融が生じ、形状の維持が困難であることが確認された。一方、カバーを使用しない場合には形状保持性が高く、安定した焼成が可能

であった。カバーあり試料では、表面に多孔質構造が形成されており、この構造は電極の比表面積向上に有利に働く可能性が示唆された。今後は、形状を保持したまま多孔質表面を得るために、焼成条件の最適化を進める必要がある。

参考文献

- 1) ババク・レザエイ他:「Stereolithography-Derived Three Dimensional Pyrolytic Carbon/Mn₃O₄ Nanostructures for Free-Standing Hybrid Supercapacitor Electrodes」ACS Appl. Nano Mater 2022 Vol.5 p1808-1819
- 2) 前田真之介「3D プリンタ印刷物を加熱処理して作製した電池電極に関する研究」令和6年度 日本大学生産工学部 電気電子工学科 卒業論文

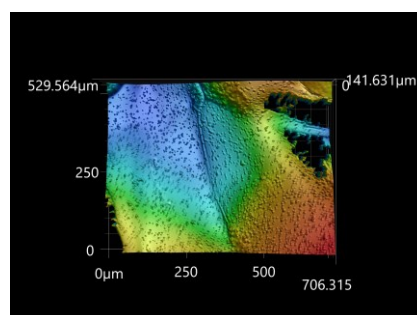


(a) カバー有り

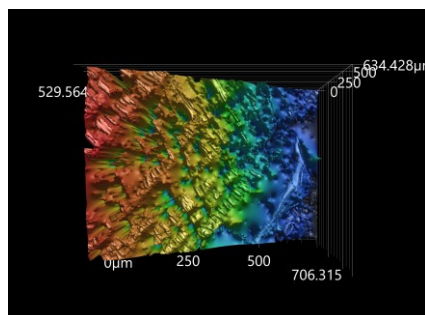


(b) カバー無し

Fig.3 焼成後の電極の写真



(a) カバー有り



(b) カバー無し

Fig.4 焼成後の電極表面のレーザー顕微鏡写真(20倍)