

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of porous carbon electrode for Li-air battery fabricated from supercritical carbon dioxide technique
著者(和文)	クナヌソント
Author(English)	Nattanai Kunanusont
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11479号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:下山 裕介,伊原 学,久保内 昌敏,多湖 輝興,森 伸介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11479号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	クナーヌソン ナッタナイ	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	下山 裕介	教授	森 伸介	准教授
	審査員	伊原 学	教授		
		久保内 昌敏	教授		
	多湖 輝興	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Development of porous carbon electrode for Li-air battery fabricated from supercritical carbon dioxide」と題し、英語で書かれており、6章で構成される。

第1章「Introduction」では、本研究の背景として、リチウム空気電池の特徴と現状の課題を概説し、リチウム空気電池に用いられる炭素電極の作製における、超臨界二酸化炭素技術の有用性について述べている。さらに、リチウム空気電池に用いられる炭素電極に関する既往の研究について紹介し、放電反応機構や、放電容量、ならびに充放電サイクルについて説明している。また、超臨界二酸化炭素に関する特性を紹介し、これらの特性を利用した多孔質材料の作製に関する研究例についても紹介している。これらのリチウム空気電池の現状の課題、ならびに炭素電極の作製に関する既往の研究より、本研究の目的と意義について述べ、本論文の構成を示している。

第2章「Phase behavior on supercritical carbon dioxide drying and phase inversion technique」では、超臨界二酸化炭素を媒体とした有機溶媒の乾燥過程、ならびに炭素微粒子、高分子バインダーを含む溶液の転相過程における相挙動について報告している。超臨界二酸化炭素による乾燥過程の相挙動では、有機溶媒種と均一相形成時間との関連性について明らかにしている。さらには、量子化学計算から得られる分子情報を用いた、超臨界二酸化炭素による乾燥過程における均一相形成時間の予測モデルを提案している。超臨界二酸化炭素による転相過程における相挙動では、高分子バインダーを含む溶液の画像処理により、グレースケール法を適用することで、高分子バインダーの析出挙動を把握している。また、超臨界二酸化炭素を媒体とした有機溶媒の乾燥過程、ならびに転相過程において、液相表面に新たな液相が形成されることを見出している。

第3章「Fabrication of porous carbon electrode using phase inversion and drying by supercritical carbon dioxide」では、炭素材料として carbon black を用い、超臨界二酸化炭素による転相、乾燥技術を利用した多孔質炭素電極を作製している。超臨界二酸化炭素を用いて作製した炭素電極は、加熱による溶媒蒸発法により作製した電極とは異なり、構造の破壊が生じず、自立した多孔質構造を有することが確認されている。また、超臨界二酸化炭素による転相、乾燥過程における圧力を増大させることで、炭素電極の空孔率が増大することが示されている。これは、高圧条件下において、carbon black ペースト中に多量の二酸化炭素が溶解することで、ペーストが大きく膨潤したためと考えている。さらに、超臨界二酸化炭素中で作製された多孔質炭素電極について、リチウム空気電池の放電試験において、空孔率の大きい電極を用いた場合、放電容量も大きくなることを確認している。

第4章「Porous carbon electrode with ionogel binder fabricated in supercritical carbon dioxide」では、多孔質炭素電極中の高分子バインダーに対して、イオン液体を添加し、イオノゲルバインダーを有する電極を作製している。ここでは、超臨界二酸化炭素の溶解によるイオン液体の粘度の低下を利用することで、炭素電極内に均一にイオノゲルを分散させている。イオノゲルバインダーを有する炭素電極では、高分子バインダーの電極と比較して、空孔率は低下しているが、リチウム空気電池の放電容量は高い値を示している。さらに、酸素の溶解度が高いイオン液体をイオノゲルに用いた場合、リチウム空気電池の放電容量は増大することを確認している。

第5章「Porous carbon electrode with redox mediator-functionalized ionogel binder fabricated in supercritical carbon dioxide」では、酸化還元媒体であるイオン液体を用いたイオノゲルバインダー炭素電極を作製している。酸化還元媒体を用いることで、リチウム空気電池の充放電特性が向上することを確認している。

第6章「Conclusion」では、本研究結果を総括し、超臨界二酸化炭素による転相、ならびに乾燥技術を利用した炭素電極の作製について、リチウム空気電池の性能向上に向けた設計指針と今後の展望について述べている。これを要するに本論文では、超臨界二酸化炭素を利用した多孔質炭素電極の作製手法を確立し、リチウム空気電池への応用に不可欠となる基礎的知見を得ており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。