

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 高次規則配列複合構造体を用いたエネルギー変換デバイスの創製

2. 研究代表者名: 金村 聖志 (首都大学東京大学院工学研究科 教授)

3. 研究概要

電気化学反応を利用したエネルギー変換デバイスを、全固体で構築するために、テンプレート法による三次元および二次元規則配列多孔体の作製を行った。この多孔体の孔内部に異なる物性を有する物質を充填することにより、複合構造体を作製し、電気化学的機能デバイスの構築を行った。燃料電池用コンポジット電解質膜、全固体リチウム電池用電極活物質・固体電解質複合体、キャパシタ用規則配列多孔性炭素材など、種々の新規電極システムおよび電解質膜を創製した。ナノからマイクロの構造の規則化が材料創製にとり有益であることを明らかにした。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームは、首都大学東京(金村グループ、益田グループ)、横浜国立大学(渡邊グループ)及び早稲田大学(門間グループ)から構成されており、当初の計画からするとやや遅れているテーマもあるが、ほぼ計画通りの進捗である。エネルギー変換デバイスの電極材料と電解質材料のバルク及び界面構造の制御を全固体系で自由自在に行えるようにするため、高次規則配列構造体に関する要素技術の確立を行っており、セラミックス電解質を用いた全固体リチウム二次電池、新規なポリマー電解質膜を用いた燃料電池は予定通りの進捗であり、キャパシタに関しては、研究業績はやや少ないものの、三次元規則配列構造を有する多孔性カーボン電極の開発に成功し、電気二重層キャパシタ用電極材料として実用化レベルの性能を得ている。今後、これらの要素部材の更なる特性向上と実際のデバイス作製へと研究開発のシフトが望まれる。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

高次規則配列複合構造体を利用して、リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタを全固体で構築し、これらの全固体デバイスのエネルギー変換効率、耐久性、安全性、エネルギー密度及び出力密度などの特性評価を行い、ナノ構造の制御とエネルギー変換材料との関連性を実践的に示した。そのことにより、これまで考えられなかった新規電気デバイスの構築の可能性が示唆され、ナノ化学とエネルギー変換の関係、ナノ構造制御の重要性を明確に示しつつある点で、社会的な意義は大きい。その中で特筆すべき成果は、リチウム二次電池では、全固体型で動作する正極および負極複合材の作製に成功し、この技術を基礎に実電池の構築を開始している点が挙げられる。既に具体的な応用検討(電子ペーパー、医療用デバイス、電気自動車用途)に入っている点も評価される。燃料電池では、Nafion[®]膜を超える低メタノール透過性コンポジット電解質膜の

作製に成功し、かつ実燃料電池への応用段階にある点である。キャパシタでは、 100Fg^{-1} 以上の容量を有する炭素を開発しており、既に実用レベルにある点は特筆すべき成果である。

今後は、更に、それぞれの要素部材の電極と電解質からなる界面反応や充填率の向上を図り、デバイス化検討に期待する。

4 - 3 . 今後の研究に向けて

これまで要素技術・材料の開発を中心に進めてきたので、今後は、全グループが協力してデバイスの実現を進めてもらいたい。具体的には、リチウム二次電池用合金負極の高容量化と多孔質構造導入による高出力化、規則配列多孔カーボンの合成と電気二重層キャパシター用電極の開発、イオン液体・シリカ多孔体の複合化膜の中温動作無加湿燃料電池への適用などである。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

高次規則配列複合構造体を利用して、リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタを全固体で構築し特性評価することにより、ナノ構造の制御とエネルギー変換材料との関連性を示したので、コロイド結晶鑄型法による全固体リチウム二次電池及びプロトン伝導性コンポジット電解質膜の燃料電池については、多くのメーカーが興味を示し、既に、数社と共同研究を開始しており、環境保全・エネルギーの高度利用の戦略目標に向けて、今後の展望に期待がもてる。

4 - 5 . 総合的評価

本チームの研究は、リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタなどのエネルギー変換デバイスを、全固体で構築しナノ構造の制御とエネルギー変換材料との関連性を示したパイオニアとしての意義は大きい。これまでに要素部材の評価はある程度進んでいるので、今後は要素部材の更なる特性向上と充填率の向上を図り、デバイス化と実用化の推進を希望する。