

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19360129

研究課題名（和文） リチウムイオン二次電池の過渡動作特性シミュレータの構築

研究課題名（英文） Development of Transient Performance Simulator of Lithium-Ion Secondary Battery

研究代表者

乾 義尚（INUI YOSHITAKA）

滋賀県立大学・工学部・教授

研究者番号：70168425

研究代表者の専門分野：エネルギー変換工学，電力工学

科研費の分科・細目：電気電子工学，電力工学・電気機器工学

キーワード：リチウムイオン二次電池，電圧過渡応答，モデル化，交流インピーダンス，等価回路，電力貯蔵，ハイブリッド車

### 1. 研究計画の概要

リチウムイオン二次電池を使用したハイブリッド自動車や小型分散電源用の蓄電装置の制御系を開発するためには，電池の過渡応答を考慮に入れた動作特性シミュレータが必要となる．しかし，リチウムイオン二次電池の過渡応答を考慮に入れた動作特性シミュレータについては，まだ開発されていないのが現状である．さらに，実用的なシミュレータであるためには劣化の影響も考慮されていることが必須であるが，そのようなシミュレータは構築の試みすらこれまでのところ皆無である．そこで，本研究では，リチウムイオン二次電池の劣化を考慮した過渡動作特性シミュレータを構築する．具体的には，以下の研究を行う．

(1) 劣化していないリチウムイオン二次電池を対象として，種々の温度と充電状態で交流インピーダンス特性を測定し，その過渡動作特性を模擬する等価回路を決定する．

(2) 測定した交流インピーダンス特性を等価回路にフィッティングすることにより，等価回路の回路定数を決定し，劣化していないリチウムイオン二次電池の過渡動作特性シミュレータを完成させる．

(3) リチウムイオン二次電池の加速劣化試験を行い，劣化にともなう電池の特性変化を詳細に測定し，電池の簡便な劣化度判定試験手法を確立する．

(4) 劣化度判定試験の結果から劣化時の電池等価回路を推定する手法を確立し，劣化も考慮したリチウムイオン二次電池の過渡動作特性シミュレータを完成させる．

### 2. 研究の進捗状況

本研究の初年度である平成 19 年度には，劣化していないリチウムイオン二次電池を対象として，種々の温度および充電状態のもとで交流インピーダンス特性の測定を行った．さらに，その結果を総合的に判断して，リチウムイオン二次電池の過渡動作特性を模擬する等価回路の形状を決定した．2 年目の平成 20 年度には，前年度に劣化していないリチウムイオン二次電池を対象として行った，種々の温度と充電状態のもとでの交流インピーダンス特性の測定により得られた結果と，やはり昨年度に形状を決定した電池の等価回路を利用して，劣化していない電池の過渡動作特性シミュレーションコードを完成させ，そのコードは劣化していないリチウムイオン二次電池の端子電圧の過渡応答を十分な精度で計算可能であることを確認した．3 年目の平成 21 年度には，高温状態で電池の充放電を繰り返すことにより，電池の加速劣化試験を行い，劣化にともなうリチウムイオン二次電池の交流インピーダンス特性の変化を詳細に測定し，その結果を総合的に判断してリチウムイオン二次電池の簡便な劣化度判定試験手法を確立した．具体的には，まず，電池を 50°C の高温環境下において定電流とパルス電流の 2 種類のモードで繰り返し充放電する加速劣化試験を行い，劣化の各ステージにおいて電池の容量と種々の温度と充電状態の場合における交流インピーダンス特性を測定した．この試験により，電池の劣化にともなう等価回路の変化は電池をどちらのモードで劣化させるのかに依

存せずほぼ同じとなることを確認するとともに、電池の交流インピーダンス特性が劣化の進行とともにどのように変化するかを明らかにすることができた。さらに、得られた電池の交流インピーダンス特性の測定結果を精査することにより、リチウムイオン二次電池の簡便な劣化度判定試験手法を提案した。

### 3. 現在までの達成度

- ① おおむね順調に進展している。  
(理由)

当初計画では、研究計画の概要に記された(1)~(4)の各項目の研究を、平成19年度から22年度までの4年間で、各年度に1項目ずつ、順に達成していく予定であった。従って、研究開始から3年経過した平成21年度末の時点では、(1)~(3)の研究が終了しているかどうか判断基準となると考えられる。そして、実際には、研究代表者の乾の豊橋技術科学大学から滋賀県立大学への異動にともなう研究の空白期間(平成20年度前半)や連携研究者の田中が博士論文の執筆に時間をとられ研究が手薄になった期間(平成21年度後半)等があったため、本研究の成果を取りまとめるための時間が十分にとれず、研究成果の発表は若干遅れ気味となつてはいるが、研究の進捗状況欄に記したとおり、研究そのものは研究計画の(1)~(3)のすべてを何とか終了することができている。以上より、研究は「おおむね順調に進展している」と判断している。

### 4. 今後の研究の推進方策

本研究はあと平成22年度の1年間を残すのみであるが、上述したように研究は現在までおおむね順調に進展しており、研究課題は当初の計画通り、研究計画の概要に記された(4)の部分のみが残されている。従って、平成22年度は、研究計画の変更等は特に考えておらず、この残りの研究を予定通り遂行・達成し、本研究のすべてを完了させる予定である。それと同時に、平成22年度は、これまでのところは若干遅れ気味となっている、本研究の成果の発表についても注力し、雑誌論文の執筆や国際会議での発表を積極的に行っていく予定である。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① I. Yusuf, Y. Kemmoku, Y. Inui, T. Sakakibara: "Management of Daily Charge Level Based on Weather Forecast for a Photovoltaic/Diesel/

Battery Power System", Journal of Japan Solar Energy Society, Vol. 33, No. 5, pp. 37-42 (2007) (査読あり)

- ② Y. Inui, Y. Kobayashi, Y. Watanabe, Y. Watase, Y. Kitamura: "Simulation of Temperature Distribution in Cylindrical and Prismatic Lithium-Ion Secondary Batteries", Energy Conversion and Management, Vol. 48, No. 7, pp. 2103-2109 (2007) (査読あり)

[学会発表] (計10件)

- ① 田中正志, 朝倉章太, 乾 義尚: 「リチウムイオン二次電池の定電流および間欠充放電による劣化前後の等価回路の検討」, 電気学会新エネルギー・環境研究会, 2009年12月2日, 長岡技術科学大学
- ② 朝倉章太, 田中正志, 大河幸太, 乾 義尚: 「高出力型リチウムイオン二次電池のパルス充放電電流に対する電圧過渡応答解析」, 平成21年電気学会全国大会, 2009年3月19日, 北海道大学
- ③ 朝倉章太, 田中正志, 大河幸太, 乾 義尚: 「リチウムイオン二次電池のパルス充放電時の電圧過渡応答解析」, 第49回電池討論会, 2008年11月7日, リーガロイヤルホテル堺
- ④ 朝倉章太, 北村保彦, 道久隆幸, 乾 義尚: 「高出力型リチウムイオン二次電池の電圧過渡応答シミュレーション」, 平成20年電気学会全国大会, 2008年3月21日, 福岡工業大学

[図書] (計1件)

- ① 立花和宏 監修, 乾 義尚 他著: 「インピーダンスの測定ノウハウとデータ解析の進め方」, 技術情報協会, 357ページ (pp. 196-202を担当) (2009)