

SICORP 日本－中国 (MOST)

「エネルギー利用の高効率化」領域

事後評価結果

1. 共同研究課題名

「電気自動車用電池における熱管理技術の研究開発」

2. 日本－相手国 研究代表者名(研究機関名・職名は研究期間終了時点):

日本側研究代表者 秋山 友宏(北海道大学大学院工学研究院・教授)

中国側研究代表者 **Shuangfeng Wang**(華南理工大学化学工学技術科・教授)

3. 研究実施概要

エネルギー高効率利用のため、高性能電池を搭載した電気自動車の普及が期待されている。近年リチウムイオン電池の開発が進み、電池の高出力化・高容量化が急速に進歩した。一方、電池特性の最適化、長寿命化、及び安全性の更なる向上には、高度な電池熱管理技術の確立が必須である。そのキーテクノロジーとして、本研究では「相変化物質(Phase Change Material: PCM)利用型電池熱管理技術」の開発を目指した。

PCM は、固液相変化潜熱を利用して高密度かつ一定温度で蓄熱可能な材料である。そのため、リチウムイオン電池からの発熱を吸収し、モジュール内を一定温度に維持する熱バッファとして利用できる。しかし、一般的に PCM の熱伝導率は低く、電池からの発熱を迅速に吸収できないことが問題となっている。また、PCM 相から電池モジュール系外へ効率的かつ迅速に熱を除去する技術は確立できていない。即ち、PCM 利用型電池熱管理技術の達成には、PCM 材料開発と熱移動技術開発の双方で解決すべき課題があった。

そこで本プロジェクトは、材料開発担当と熱移動技術開発担当の大きく 2 つのグループが研究を実施した。それらの結果、材料開発グループは、純 PCM の約 80 倍もの有効熱伝導率を持つ高熱伝導性 PCM 複合材の開発に成功した。その PCM 複合材はリチウムイオン電池のみならず、各種パワーデバイスの熱管理に適用が期待できる。熱移動技術開発担当グループは、特にヒートパイプによる熱移動技術に着目した。上記で開発した PCM 複合材とヒートパイプを搭載したハイブリッド熱管理システムを構築し、実際のラミネート型リチウムイオン電池を用いた発熱実証実験(通常発熱時)及び同形状の A4 サイズ大の板状模擬ヒータを用いての発熱実験(異常発熱時)でその性能を検証した。それらの結果、異常発熱時の電池の温度がクリティカルになるまで

の時間評価において、今回開発した熱管理システムの優位性、実用可能性を具体的に示した。また、これらの実験結果と整合性のある数値モデルの開発に成功し、熱管理システム全体の伝熱性能予測にも成功した。この予測手法に基づき、PCM 複合材に求められる熱伝導率を求めた結果、約 $10\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ で飽和していることが分かった。それらの結果は、今後の熱管理システムの高度化において、今回の研究対象とした PCM 材料の到達した性能をベースにすると、外部に熱を捨てるヒートシンクの能力向上がより重要になっていることを示した。

4. 事後評価結果

4-1 研究の達成状況及び得られた研究成果

(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

当初の構想は、高度な電池熱管理技術の確立として、いかなる状況下においても電池セル温度を最適な温度に維持可能とすることを狙いとし、高熱伝導性を有する PCM/PCM 複合材の開発及び PCM バッファからの効率的な熱移動技術の開発を主目的としていた。それらの研究成果は、従来の PCM の 80 倍の熱伝導率を有する PCM 複合材料を開発するに至り、実際の電池を用いた通常の発熱模擬試験では電池温度を適切に抑制することを実証した。板状のヒータを用いた異常発熱時を模擬した試験では、熱暴走によるクリティカルな温度に到達する時間を伸ばし、熱管理の無い場合と比べて 8 倍長時間化できることを示した。さらに、電池冷却システム全体の伝熱性能予測にも成功している。それらの結果から、当初目標を十分に達成していると判断される。特に、電気自動車の安全性において課題となる電池の熱暴走に対して、乗員の避難に対する時間的な余裕度を具体的に実証したことは、当初構想にはなかった重要な成果といえる。

研究成果として発表された国際・国内論文は、日本側と中国側の共著で 4 報、日本側単著で 6 報、中国側単著で 31 報ある。共著 4 報のうち 3 報はインパクトファクターが 5.6 であることから、質の高い成果をあげていることが判る。日本側は単著ではあるが 3 件の著作物も出版している。学会発表において共同発表はなかったが、日本側 16 件、中国側 12 件の発表により研究成果を効果的に報告していると判断できる。また、日本側から 1 件、中国側から 11 件の特許出願を行っており、研究成果を事業化に結びつけるための取組がなされていると評価できる。

以上のように、高い熱導電性に優れ、実用化が容易な材料が開発された。一方、今回の熱導電性に優れた蓄熱材の材料分野での成果を踏まえると、熱管理技術として、放熱部分としてのヒートシンクの重要性が相対的に高まったことも注目点である。今後

のトータルな熱管理技術の向上に対してヒートシンクの研究の強化の必要性を強く示唆しており、その点も重要な研究成果といえる。日本側と中国側双方の出張日はのべ**273**日に至るなど日中間の協力も良好であった。日中共同研究の達成状況と得られた研究成果は、当初の目標に照らして十分な研究成果が得られていると評価される。

4-2 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、わが国の科学技術力強化への貢献

発熱現象が安全性に密接に関係する電気自動車等において、効果的な冷却システムを有する熱管理技術の確立に直接的につながる成果であるといえる。現実には、電気自動車の安全性は、最終的には乗員の避難がどの程度可能であるかが問われるが、その時間の尺度を用いて、研究開発成果を評価して実証したことの社会的インパクトは大きいと考えられる。

また、今回研究開発した、熱伝導性に優れたPCM複合材の用途についても、電気自動車に限らず、太陽熱発電用蓄熱システム、各種パワーデバイスの放熱基板への応用が期待される。特に、PCM含侵用高熱導電性炭素繊維シートを用いたPCM複合材は、性能と生産性の点に優れた実用化に直結する十分な成果として高く評価できる。