

審査の結果の要旨

氏名 金 洪碩

電気自動車の省エネ化を図るためには熱マネジメントが重要である。蓄電池システム、パワートレイン、客室の空調における熱の流れを総合的にマネジメントすることによって、省エネを図る次世代技術の確立が望まれている。本研究は、蓄熱材(PCM)を利用した熱電池の概念を提案し、車載電池の排熱を熱電池に蓄え、必要な時に熱電池から熱を取り出す技術の開発を行った。潜熱蓄熱材を用いた熱電池の実証実験を行い、動的な蓄熱、放熱挙動のモデリングを構成した上に、電気自動車全体のシミュレーションモデル（蓄電池モデル、パワートレインモデル、空調モデル）に熱電池モデルを組み込み、特に冬季のエアコン除霜時の客室の暖房問題を解決することに成功し、省エネの実現に有効であることを示した。

本論文は全部で5章で構成される。

第1章には研究の背景、先行研究と研究目的を述べる。自動車業界におけるCO₂排出規制が日々厳しくなる中、電気自動車の普及への期待が大きい。しかし、電気自動車の技術課題の一つとして電気ヒータを用いて暖房するための走行距離の低減が顕著になる。電気ヒータの代わりにヒートポンプを用いた冷暖房手法は、外気温の低い冬期には外部の熱交換器に着霜が起り、暖房能力とCOPの低下及び霜取り運転時に電気ヒータを用いることによるエネルギー効率の低下などの問題がある。また、先行研究として内燃機車にPCM(Phase Change Material)を用いて暖房性能を持つ熱電池に関する研究が行われたが、PCMの蓄熱してからの断熱が必要なことや蓄熱に必要な熱源の確保、蓄熱時間の不足と33kgの重さなどの問題から車両への適用が困難である。本研究は、冬期において電気自動車にヒートポンプを適用するのにあたり、着霜による暖房能力低下及び霜取り運転での電気ヒータ使用を減らすことを目的としてPCMを用いた車両熱管理システムを提案し、そのシステムの構成、熱電池の設計と性能評価、電気自動車における冬季の通常運転及び除霜時の熱管理への適用性を実験及びサイクルシミュレーションによって評価を行う。

第2章には、電気自動車における熱負荷の予測手法をまとめる。各気候環境条件と走行モードでの電気自動車の熱管理対象である乗客室(CABIN)と蓄電池(BATTERY)における熱負荷を定義し、各熱負荷項目を定量・定性的に計算し、その結果を述べる。各気候環境条件と走行モードにおける熱負荷計算結果から客室の暖房に必要な空調負荷を求めて、PCMモジュールの最適設計のために必要になるPCMモジュールの要求性能を明らかにした。また、熱管理シミュレーションに用いる熱負荷の計算手法取りまとめた。

第3章にはPCMを用いたヒートポンプサイクルの構成を説明する。特に、本研究で考案したPCMモジュールの詳細な概念とそれを組み込んだサイクルの作動について紹介する。そこで必要とするPCMモジュールの熱挙動を明らかにするため、PCMとしてC20H42を用いてテストセクションを製作した。蓄熱及び放熱の特性を定量・定性的にまとめた。さらに、蓄電池の排熱を水介して蓄熱し、必要に応じて空気に放熱しキャビンの暖房に用いられるようなPCMモジュールを設計した。

第4章には、熱電池組み込みヒートポンプの熱管理シミュレーションについて分析を行い、本研究で提案す

る新たな PCM 熱管理システムの電気自動車への適用性を評価する。各気候環境条件及び走行モードにおいての熱負荷に対して、ヒートポンプで対応できる能力を計算できるようにヒートポンプサイクルシミュレーションを構築した。また、着霜時の霜厚さ、密度及び霜取り運転の周期と霜取りに必要な時間などの計算モデルも構築した。本研究で考案した PCM モジュールを組み込んで熱管理システムの省エネ効果を定量・定性的に解析した。

第5章では本論文で得られた結論を述べる。New York City Cycle モードの場合は、本研究で提案した PCM モジュールを用いた熱管理システムは従来の電気ヒータのみの場合に比べ、PTC ヒータの使用量が 35.3%減少し、ヒートポンプと PTC ヒータを用いた場合と比べても 9.7%の電気エネルギーの使用減少効果が得られた。

本論文について、電気自動車の省エネ化を図るため、蓄電池システム、パワートレイン、客室の空調における熱の流れの総合的なマネジメント手法を提案し、その省エネ性を評価した。本研究の学術上の独創性と有用性は十分である。本論文は博士の学位論文として合格と認められる。したがって、論文提出者に博士（環境学）の学位を授与出来ると認める。

以上 1803 字