

審査の結果の要旨

氏名 鈴木 徹也

本論文は、ますますその必要性が増してきている運輸部門の省エネルギーに関し、軽量新素材がどのように寄与できるか、またそのためにはどのような技術開発が必要であるかをマクロ（エネルギー消費構造変化の要因分析）とミクロ（インベントリー分析に基づく未来原単位の予測と目標設定）の両面から緻密に論じたものであり、分析の対象としたものは主として炭素繊維強化複合材料（CFRP）であるが、分析手段と考察の論理は他の基礎素材に対しても適用可能な一般性を持ったものであり価値が高い。以下にその概略を示す。

すなわち第 2 章では、まず世界のエネルギー需給バランス変化の要因分析を通して、世界的な省エネルギーを考える上で（石油依存率が極めて高く、新技術導入のリードタイムが長く、また、規制の効果が低い一般大衆に委ねられている、などの理由から）運輸部門の省エネルギー技術開発が極めて重要であることを具体的に明らかにした後に、運輸部門における輸送機器別のエネルギー消費構造分析を詳細に行って、今後の増大要因と対策の可能性について論じている。

第 3 章では、運輸部門におけるエネルギー消費量を削減するために考えられている様々な手段を俯瞰的に比較し、燃費向上、中でも車両の軽量化の効果が大きいことを示した後に、軽量化材料として技術開発にしのぎが削られている各種基礎素材の現状と将来の可能性を総合的に比較検討し、中長期的な省エネルギー対策技術としての CFRP による車体軽量化のもつポテンシャルが極めて高いものであることを明らかにしている。

第 4 章では、このような高い軽量化ポテンシャルを発揮するために要求される CFRP の力学特性の目標値のみならず、量産車に適用されてマクロな省エネルギーに貢献するために必要となる加工性、リサイクル性、成形速度、ならびにコストの目標値を明らかにしている。具体的には、自動車の部材を剛性が優先される外板部材と強度が優先される構造部材の 2 つに大きく分けて、それぞれにおいてクリアすべき技術課題を明らかにし、それらの難易度から段階的な軽量化シナリオを提案している。

第 5 章では、第 6 章以降で車の LCA を行う上で不可欠となる基礎素材の製造原単位について詳細な比較検討を行っている。なかでも、CFRP 部品は製造原単位が大きいため、特に省エネルギー車の LCA においてはこの値が結果を大きく左右することに着目し、現在の技術ベースでの詳細なインベントリー分析を通して、将来の製造原単位を推定している。さ

らに、自動車リサイクルが自動車のライフサイクルでのエネルギー消費量削減に寄与することを示して、CFRP については 3R（リデュース、リユース、リサイクル）の目標値設定を行っている。

第 6 章では、従来のスチール製乗用車と 3 タイプの CFRP 製軽量乗用車の LCA を行い、高性能であるが高環境負荷である熱硬化性樹脂による CFRP は乗用車の骨格に用い、性能は若干落ちるが低コストで低環境負荷である熱可塑性樹脂による CFRP を外板に用いる場合に大きな省エネルギー効果が期待できることを示している。また、この種の省エネルギー車では、リサイクル率の向上がさらなる（ライフサイクルでの）省エネルギーに効果的であることを明らかにしている。ここでの結果は、これから開発競争が激化するであろう乗用車用 CFRP の開発指針として、貴重な工学的貢献であると考えられる。

第 7 章では、CFRP によるトラックの軽量化効果を LCA に基づき分析している。すなわち、トラックを大型・中型・小型の 3 サイズに分類して、それぞれについて従来車と CFRP 車のライフサイクルでのエネルギー消費量を比較し、統計量から推定したそれぞれのサイズの年間走行距離・貨物積載効率の差に起因して、異なる効果が得られることを明らかにしており、それぞれに適したより効果の高い運用方法などを示している。

第 8 章では、CFRP によるバスの軽量化効果を LCA に基づき分析している。すなわちここではまず、バスを大型・中型・小型・マイクロの 4 サイズに分類して、それぞれについてどれだけ CFRP で軽量化できるかを FEM（有限要素法）で解析し、その結果をふまえて従来車と CFRP 車のライフサイクルでのエネルギー消費量を比較している。さらに、バスの中でも特に普及の促進が進められているコミュニティバスに注目し、軽量化率以上に乗車率向上が省エネルギー効果に大きく効いてくることを明らかにして、多品種少量生産向けである CFRP の利点を活用した低環境負荷な交通サービスを提案している。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。