

審査の結果の要旨

氏 名 圖 子 博 昭

複合材料は高価格・難リサイクルであることが原因で、これまで一般産業分野への用途展開は限定的であった。すなわち、複合材料はその名の通り複数の素材を複合化させて性能を設計できる材料であるが、従来は既存材料にない高い性能を設計することで独自の適用分野を開拓することに重きを置いてきたと言える。ところが、昨今のエネルギー問題や地球環境問題の解決技術としてその超軽量性を輸送機器の消費エネルギー削減に役立てられないかという問題意識が高まってきている。

このような中、本論文は、一般産業用途に複合材料を適用させるべく、性能を抑えてコストや生産速度などを設計することに着眼し、従来の複合材料工学とは全く異なる視点からのアプローチを行ったユニークな内容となっている。具体的には、まず複合材料が最も貢献できると考えられる運輸部門に関して中長期的な環境エネルギー問題を予測することから始め、達成すべき目標を明らかにし、それを満足できる素材として炭素繊維とポリプロピレンによる繊維強化複合材料等いくつかの選択肢を抽出している。中でも、炭素繊維強化ポリプロピレンは界面接着性と樹脂含浸性の点から従来は複合化が極めて困難とされていたものであるが、リサイクラビリティ、コスト、製造速度の面から最も環境問題解決のポテンシャルが高いと考えられることから、界面接着性向上のための化学処理と成形方法の検討を続け、最終的に本論文中で従来の複合材料と同等の性能を持っていながらコストとリサイクラビリティを著しく改善した複合材料が開発されている。

本論文の概略は以下の通りである。

すなわち第2章では、現在のエネルギー消費構造の分析および有力新興国BRICsの経済成長の予測から、中国を筆頭とする途上国の乗用車保有台数の増加が世界的な環境・エネルギー問題の原因になること、そして、これらに対抗する技術開発要素として、乗用車自体を超軽量化することを挙げ、これからの材料に要求されるサステナブルな条件、すなわち「環境配慮」、「4Rの推進」という条件について考察している。

第3章では、有力新興国・中国のモーターゼーションと題して、BRICsの中で人口も多く、おそらく最初で最大のモーターゼーション国である中国を例に取り、将来の乗用車増加に起因するエネルギーの使われ方、消費量の推移を、将来予測として示している。ここでの予測には、ロジスティック関数を用いた独自のモデルを用い、エネルギー消費量およ

びCO₂排出量の将来にわたる増加量を予測し、超軽量車の導入が必要とされる時期についての具体的な考察を行っている。

第4章では、各種基礎素材の性能の現状と技術開発状況を比較検討して、CFRPの乗用車軽量化ポテンシャルが極めて高いこと、また、LCAに基づくライフサイクルでの省エネルギー効果やそれをさらに高めるためのリサイクルシナリオなどが検討されている。また、現在の乗用車の構造分析を行い、連続繊維強化と短繊維強化のCFRPを考え、その成形法などから双方の利点・欠点を示し、それを乗用車製造にどのように生かしていくかが検討されて、結論として、これまで実現困難とされてきた炭素繊維強化ポリプロピレンの実現可能性について検討が行われている。

第5章では、炭素繊維強化ポリプロピレンの性能向上に関する検討として、無水マレイン酸によるポリプロピレンの極性化、結晶化制御、繊維の湿式解繊と表面改質についての独自の検討結果についてまとめられている。また、開発された炭素繊維強化ポリプロピレンの力学的性質（3点曲げ試験、アイゾット衝撃試験、引張疲労試験）を示すと共に、X線による分析などに基づく性能改善の要因分析が行われている。

第6章では、従来の炭素繊維強化エポキシおよび炭素繊維強化ポリプロピレンのリサイクル（再利用）について、その性能低下度合いやリサイクル時の環境負荷を勘案したリサイクルパスの提案と、実際の再利用材の力学的性質評価を行っている。また、補強材、パッチ補修材として利用できる薄い炭素繊維強化ポリプロピレンシートを用いた4R技術を提案しており、著しい性能回復が実現できることを示している。

第7章では、本研究が地球規模の省エネルギーやCO₂排出抑制に与える効果を定量的に示すために、軽量化のみの場合と他の省エネルギー技術革新等と併用できた場合にわけてパラメータスタディが行われている。結果として、各種省エネルギー技術の中でも乗用車の軽量化は即効的できわめて効果が大きいこと、中国やほかの途上国の成長速度に勝って確実に省エネルギーの効果をあげていくためにはできるだけ早い時期に導入する必要があることなどが具体的に議論されている。

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。