

審査の結果の要旨

氏名 肖 冰

モノの AI 化・電動化・共有化への急速な変革の一方で社会のレジリエンス向上への意識が高まる中、軽量性・耐久性・意匠性に加え、再加工性・補修性・再利用性等に優れた新素材が社会の持続可能性を高めながら新たなサービス創出の可能性を広げると期待される。本論文は剛性・強度・信頼性が求められる一次構造物への適用可能性を維持したまま新たなサービスを創出できるリサイクル CFRP（炭素繊維強化プラスチック）についての多様な製造法を実験的・理論的・数値解析的に検討したものである。

第 1 章では、CFRP のリサイクルの必要性ならびにこれまでの世界の研究開発動向と、本研究で新たに対象とする幅広い実用化に向けた現在の課題についてまとめ、特に、本論文で検討する手法の理論的背景と限界について詳しく論じた上で、本研究の位置づけとアプローチの新規性を整理している。

第 2 章では、長さ 50mm 程度のリサイクル炭素繊維を不織布にする手法に関し、新たに導入したストレッチ工程が力学特性に及ぼす影響を X 線 CT 像と弾性論を併用する手法により理論的に明らかにし、その結果として強度 800MPa を超える現時点での世界チャンピオンデータを持つ自動車用準複雑形状部材の製造に成功している。

第 3 章では、CPT（炭素繊維ペーパー強化熱可塑性樹脂）の靱性向上を検討している。すなわち、リサイクルを繰り返すと炭素繊維が短くなり不織布法が適用できず、抄紙法により長さ 10mm 程度の CPT を製造することになるが、その難点は脆さであった。そこで、延性が高く生産量が炭素繊維と同等なリサイクルアラミド繊維とのハイブリッド化を検討し、曲げ剛性・曲げ強度・リサイクル性を損なわずに衝撃エネルギー吸収量を 5 倍以上に向上させることに成功している。

第 4 章では、不連続繊維でかつ面内に均質に繊維が配向された熱可塑性 CFRP を用いることではじめて製造可能となる水に浮く一次構造用 CFRP を検討している。すなわち、CPT を樹脂の融点まで加熱するとスプリングバックを起こして数倍の板厚の平滑な板材となり、その比重は水の数分の 1 となるが、この材料もまた脆性が問題となる。そこでこの材料に対しては、スプリングバック力を利用したサンドイッチ板の製造方法を提案し、サンドイッチ板で問題となる層間剥離問題を解決すると同時に脆性問題も解消した水に浮く高弾性・高強度なり

サイクル熱可塑性 CFRP の製造に成功している。

第 5 章では、以上の結果を総括し、CFRP のクローズドリサイクルにおいての本論文の寄与とさらなる課題などが整理されている。

以上、リサイクルにより不連続となることが避けられない炭素繊維を用いたリサイクル CFRP の問題点を克服し、自動車の一次構造用超軽量部材のみならず水に浮く一次構造用 CFRP として使用可能な高性能材料の製造方法が複数考案され、それぞれの特性発現メカニズムが本研究により明らかにされており、工学的寄与の非常に高い結果が得られていると言える。

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。