

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

2019年度 研究開発成果等報告書

課題名：統合型材料開発システムによるマテリアル革命

チーム番号：B1

研究開発課題名：多機能CFRPの開発による高付加価値化

研究期間：2019年4月1日 ～ 2020年3月31日

研究 責任者	氏 名	吉岡 健一
	所属機関	東レ株式会社
	部 署	複合材料研究所
	役 職	所長

研究開発成果等の概要

B-1 テーマ「多機能 CFRP の開発による高付加価値化」は、材料設計、材料のデータベース作成、シミュレーションの 3 つの軸をもつため、担当機能ごとに 3 つのグループで活動を実施した。

材料設計については、各種フィラーの評価を含め幅広くスクリーニングを実施し解析用のデータ群を取得した。A3（原子（分子）・構造デザイン）チームから導入した自己組織化マップを活用することで、大きくスクリーニングした範囲からフォーカスすべき範囲を絞り込めることを確認した。絞り込みに基づき構築したモデル樹脂系を評価したところ樹脂レベルで高い難燃性をもつことが示した。本樹脂を 2020 年度以降の難燃モデル樹脂とした。従来のエポキシ樹脂でなく難燃性の期待されるシアネートエステル系を評価した。難燃性の高いポリマーとの相分離制御可能であること示し、熱伝導性フィラーを選択的に配置可能であることを示した。

材料シミュレーションについて、サイバー（理論および数値計算）とフィジカル（実験）の整合性を検証した。特に、多成分系エポキシの混ぜ合わせた状態における活性化エネルギーを考慮に入れた計算スキームを構築し、その実験的評価を行った。昨年までは 1 成分系で MD シミュレーションと実験の誤差が 10%程度の誤差に収まることを確認していたが、それを拡張した多成分系でも密度、弾性率について MD シミュレーションと実験評価は 10%程度の誤差で収まり、ガラス転移温度の誤差も 20℃以内に収まるなど、概ね一致することが示された。

A3（原子（分子）・構造デザイン）チームとの連携により、CFRP 製造時の樹脂の硬化プロセスや種々の環境条件を考慮した、連続体ベースのマルチスケール解析手法を構築する役割を担った。特に、A3 の MD シミュレーションから算出した樹脂の物性を用いて均質化法に基づく数値材料試験（ミクロスケール）を継続した。

機能性のシミュレーションとして、多機能 CFRP を構成する炭素繊維を不活性材料、樹脂を燃焼時に固相から気相へと相変化する材料としてモデル化し、熱伝導解析と熱分解構成式を連成して、熱分解過程の解析法の構築を検討してきた。計算手法として、PGD 法（Proper Generalized Decomposition（固有一般化分解））により、逆問題 MI で問題となる計算量を下げられることを確認した。

材料データベースについては、金沢工大と物質・材料評価機構とで分担し評価を開始した。東レの航空機ベンチマーク材や難燃ベンチマーク材を用いて、静的 OHT 試験および静的 OHC 試験における初期損傷ひずみ域を同定し、あわせて実施した OHT 疲労試験および OHC 疲労試験の結果得られた s-N（最大応力-疲労寿命）関係との相関について評価した。

また、材料の観察のためのサンプル調整技術の向上にとりくみ、疲労試験片の調整技術を確立した。それをもちいて試験中定期的（負荷 5N 増加ごと）に撮影を行い、画像相関法を使うことでひずみの分布を解析し負荷荷重の増加に伴うひずみの分布の変化を捉えることが可能であることを示した。電子線レジストにより、CFRP 表面にグリッド線を作成しさらに解析を進める予定としている。