

電気パルスを用いた CFRP 積層板の資源循環

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は高強度かつ軽量という特性から、航空機や自動車などの構造材料に用いることで、燃費向上効果を見込むことができる。一方で、高強度がゆえにCFRPの機械的粉碎による分解は困難であり、廃棄されたCFRPの大部分はリサイクルされず埋め立て処理されているのが現状である。そこで本研究では、高電圧・大電流を瞬間的に対象物に印加することにより導電体と絶縁体を界面で分離できる電気パルス法^{[1], [2]}に着目し、これを用いたCFRP積層板からの炭素繊維(CF)の分離、および層間剥離によるCFRPの粗解体について検討した。

■ 研究内容

1. 電気パルスによるCFRP積層板からのCFの分離

CFRP積層板をクランプ電極で挟み込み、積層板表面に電気パルスを印加した。その結果、電極と接したCFRP表面において、樹脂から分離したCFが剥離し、回収された(Fig.1)。導電体であるCFへの通電によりジュール熱が発生し、これによりCF周囲の樹脂が熱分解したことにより、CFが分離したと考えられる。回収されたCFの表面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、回収したCFの表面に樹脂がほとんど付着していないことを確認した。また、引張試験およびラマン分光法により、電気パルス法により回収したCFは、元のCFの約80%の強度を維持しており、黒鉛構造も変化していないことが判明した。

2. 電気パルスによるCFRP積層板の層間剥離

電気パルス法を利用したCFRP積層板の粗解体についても検討した。CFRP積層板の中心層の側面に円錐電極を接触させ、内部のCF配向に沿って通電するよう電気パルスを印加したところ、CFRP積層板を層間で剥離させることができた(Fig.2)。X線CTにより回収物を観察した結果、通電方向にCFが配向した層および電極との接触点の周囲でCFと樹脂の分離が生じていることがわかり、電界シミュレーションにより破壊部分は通電した部分に対応していることが明らかとなった。また、高速度ビデオカメラによる可視化により、電気パルスの通電によって発生したガスが膨張し、このガスの圧力により層間で剥離している様子が観察された。通電部分のCF周囲の樹脂が温度上昇し、気化したことで層間剥離が生じたと考えられる。

以上より、電気パルスはCFRP積層板からのCF分離および層間剥離に有効であることが明らかとなった。

■ 今後の展望

電気パルスによる CFRP 積層板からの CF 分離および層間剥離を組み込んだリサイクルループを提案するため、電気パルスと機械的粉碎や熱処理・化学処理を組み合わせることで回収した CF のリユース方法を検討する。電気パルスによる分解を軸として CFRP の資源循環ループを確立することで、製造時にエネルギーを多く消費するという CFRP の課題を克服できると考えられる。また、リサイクル CF を用いることで CFRP を安価に製造できるようになるため、モビリティや運輸などの産業で、安価に軽量で長寿命な CFRP が普及し、ひいてはカーボンニュートラル社会およびサーキュラーエコノミーの実現に大きく貢献できると期待される。

■ 参考文献

- [1] C. Tokoro *et al.*, Waste Manag., **125**, 58–66 (2021).
- [2] C. Tokoro *et al.*, IEEE trans. dielectr. electr. insul., **30**, 449–457 (2023).

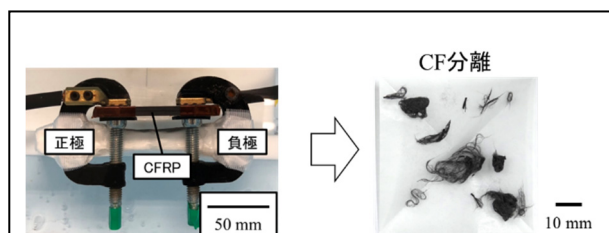


Fig. 1. 電気パルスによる CF 分離

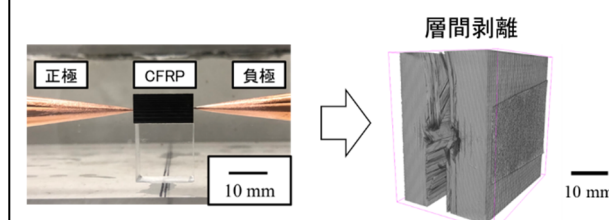


Fig. 2. 電気パルスによる層間剥離

代表発表者 佐藤 啓太(さとう けいた)
所 属 早稲田大学大学院 創造理工学研究科
地球・環境資源理工学専攻
問合せ先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1
51 号館 12 階 07 室 所千晴研究室
TEL: 03-5286-3320

■ キーワード:

- (1) 電気パルス
- (2) 炭素繊維強化プラスチック
- (3) リサイクル

■ 共同研究者:

- (1) 犬束 学 早稲田大学
- (2) 山口 晃司 東レ株式会社
- (3) 木村 正雄 高エネルギー加速器研究機構
- (4) 所 千晴 早稲田大学/東京大学