

平成27年7月 7日

山形大学

## 世界初

### 雷が落ちても壊れない複合材料用の電気が流れるプラスチック開発に成功

山形大学が参加したJAXAオープンラボ公募制度における共同開発チーム(JAXA・東京大学・山形大学・三菱樹脂・GSIクレオス)は、耐雷撃性と軽量性を両立させた航空機材料を実現し得る新しい複合材料用高導電性樹脂の開発に世界で初めて成功した。山形大学 後藤晃哉博士・高橋辰宏教授らのグループが開発した導電性複合体をベースに共同開発チームで開発された複合材料用高導電性樹脂を適用した炭素繊維強化複合材料(CFRP)を製作し、模擬落雷試験を行った。その結果、汎用エポキシ樹脂からなる炭素繊維強化複合材料には大きな損傷が見られたが、新しい導電性複合体を用いた炭素繊維強化複合材料では損傷が大幅に低減できることが、世界で初めて実証された。

#### 1. 経緯

近年、航空機にとって運行中の雷撃による損傷の影響は無視できないものとなりつつある。一般的な航空機の構造材料としては、アルミニウムを主原料とした材料(ジュラルミン)が用いられてきたが、軽量化のため、炭素繊維複合材料が幅広く用いられ始めてきている。従来の炭素繊維強化複合材料は電気をとおしにくいエポキシ樹脂などがベース材料として用いられているため、運行中の被雷時の損傷を受けることがある。航空機を運航中の被雷から防ぐために表面に金属製メッシュを適用するなどの適切な防御措置が実用化されているが、航空機開発・製造コストの増大や補修作業の煩雑さなどが問題となっている。JAXAオープンラボ公募制度における2011年から2014年の3年間の共同研究で、JAXA・東京大学・山形大学・三菱樹脂・GSIクレオスのチームは、落雷時の耐損傷性に優れた炭素繊維複合材料の開発に取り組んできた。

#### 2. 概要

新しいベース材料として約 $1\text{ S/cm}$ の導電特性を有する世界初の熱硬化性(熱をかけると固まる)導電性ポリアニリン複合体の開発に成功した。開発チームは、JAXA(樹脂評価、耐雷性評価)・東京大学(研究統括・複合体評価)・山形大学(ベース樹脂開発)・三菱樹脂(炭素繊維複合体作製)・GSIクレオス(用途開拓)で、それぞれ担当し進めてきた。複合材料への実用化にあたっては、製造性、力学特性、耐熱性などの課題は残るが、複合材料の落雷時の破損を大幅に抑制しうる新たな樹脂の開発に成功した。

山形大学は有機材料分野での世界的な研究拠点化を進めている。その有機エレクトロニクス関連材料の1つである導電性高分子を、輸送・エネルギーシステム(航空機、自動車、風車等)の構造材料向けへの研究開発の展開もしてきている。本発表はその成果の一環である。

#### お問い合わせ先

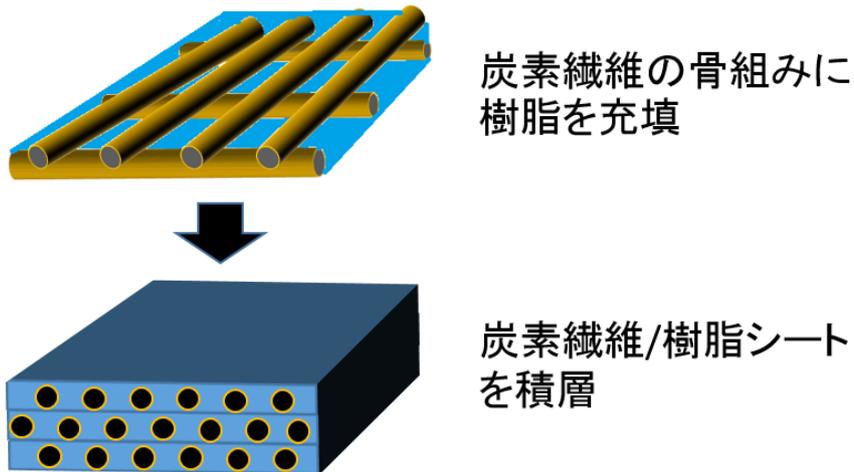
山形大学 有機材料システム研究推進本部

副本部長 特命補佐 高橋辰宏

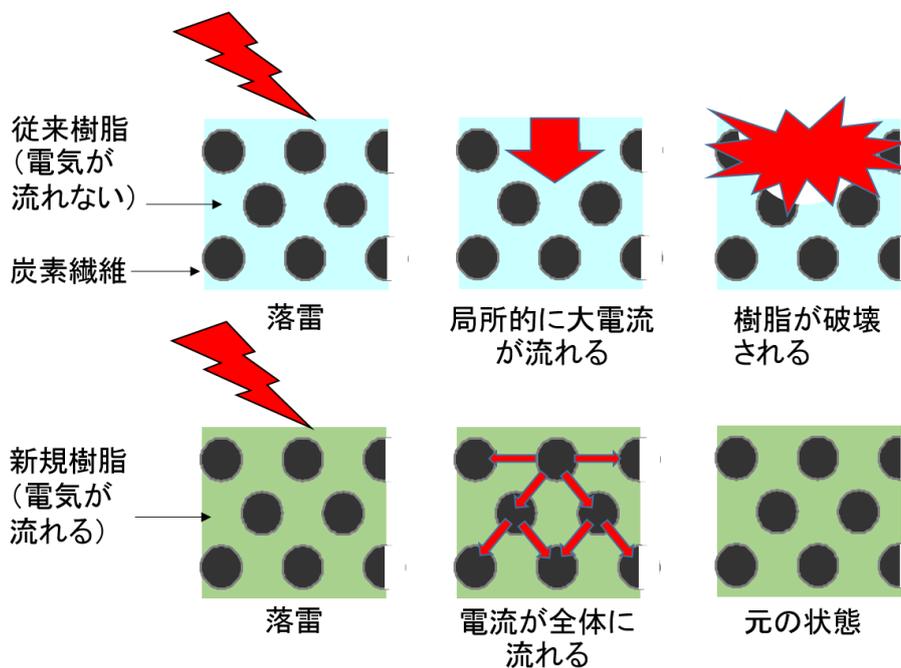
電話： 0238-26-3585 または 090 7339 4650

## 炭素繊維強化複合材料（CFRP）について

炭素繊維強化複合材料（CFRP）とは、炭素繊維と樹脂とを組み合わせた材料であり、鉄よりも軽く、高強度であることから様々な用途に使われはじめている。特に、飛行機や車などの材料を金属から炭素繊維強化複合材料に置き換えると、より軽くできることから、燃費の大幅な向上、環境への負担軽減といった効果が期待される。



炭素繊維強化複合材料の課題として、落雷による損傷がある。雷が落ちた場合、金属のように電気を流す材料であれば、雷電流がそのまま流れる。一方、電気を流しにくい炭素繊維強化複合材料の場合、適切な保護措置を取らないと、雷が落ちた部分を中心に大電流による発熱が発生し、材料に部分的な損傷が発生する。課題解決のために、樹脂を金属と同じような電気を流す性質のものに変えることが以前から提案されていた。しかし、炭素繊維強化複合材料とするための樹脂の取り扱いやすさと電気の流れやすさを両立することは困難であり、複合材料用の高導電性樹脂の実現が急務となっていた。



## 模擬雷撃試験条件

落雷を模擬したインパルス波形の大電流（瞬間的な大電流）を試験片に与えて、雷撃後の損傷挙動の比較を行った。インパルス電流の最大値は40kAであり、これは、日常に起こる**平均的な雷**（雷現象全体の50%程度）の強さである。

## 模擬雷撃試験結果

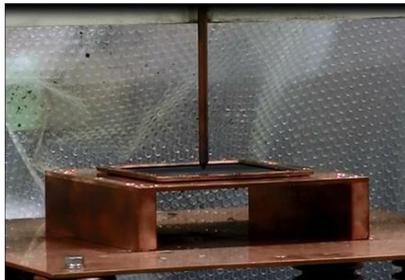
模擬雷撃試験では、従来型の炭素繊維／エポキシ樹脂複合材料（一般産業用）と新開発の炭素繊維強化複合材料では、明らかな違いが見られた。**電気を流さない、従来型の炭素繊維強化複合材料では、雷撃時に樹脂の分解、劣化に伴って炎があがり、材料の落雷点を中心に大きな損傷**が見られた。一方、**新開発の電気を流す樹脂を用いた炭素繊維強化複合材料では、雷撃時にも目立った変化はなく、雷撃後の材料の剥離損傷が大幅に低減**されていた。

なお、実際の航空機では落雷時の破損を防ぐために表面に金属製メッシュを適用するなどの適切な防御措置がされており、かつ航空機用の高耐熱エポキシ樹脂が使用されているため、雷撃損傷は大幅に低減されている。

雷撃前

雷撃時(左)と雷撃後の材料(右)

従来型  
炭素繊維強化  
複合材料  
(一般産業用)



新規  
炭素繊維強化  
複合材料



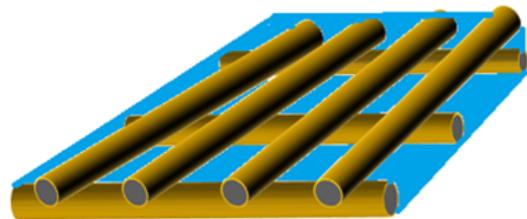
プレス発表資料(平成27年7月7日)

## 世界初

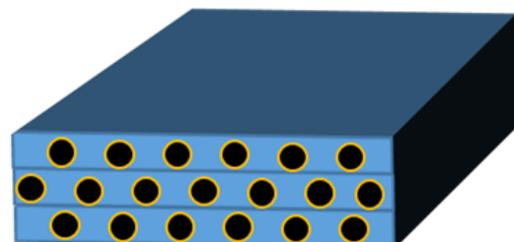
雷が落ちても壊れない複合材料用の  
電気が流れるプラスチック開発に成功

山形大学  
後藤晃哉 博士

### 従来の電気が流れないプラスチック

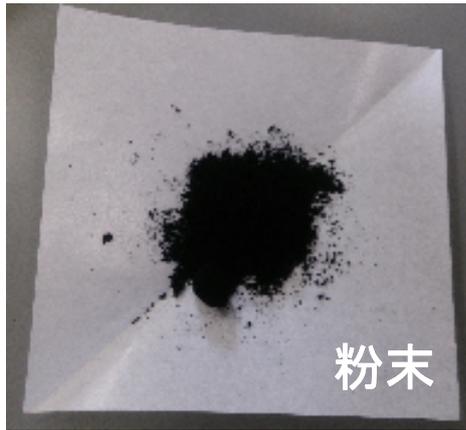


プラスチックを固める

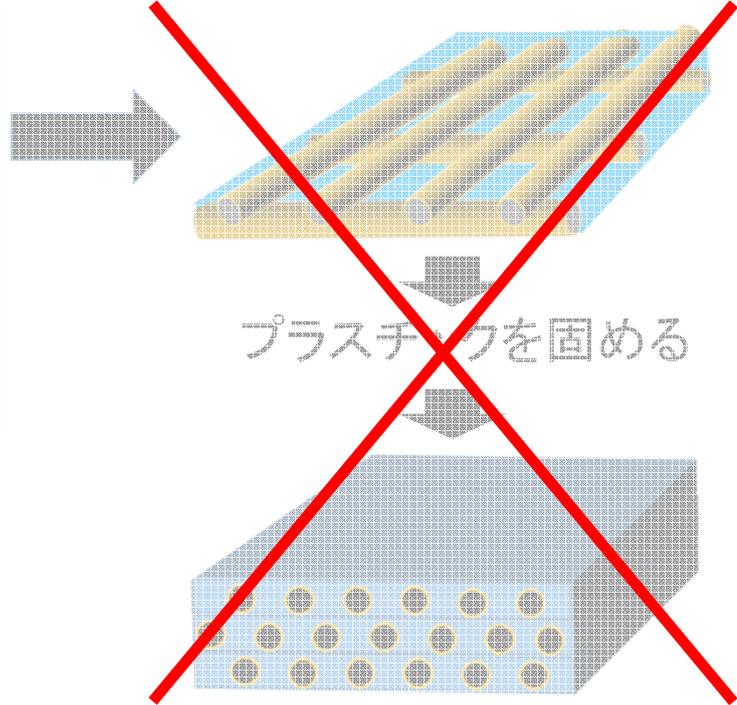


CFRP(電気が流れない)

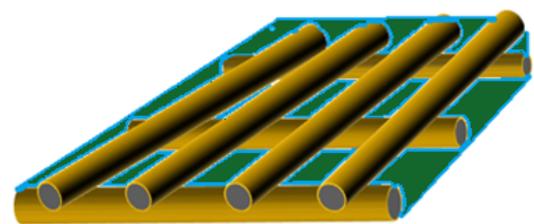
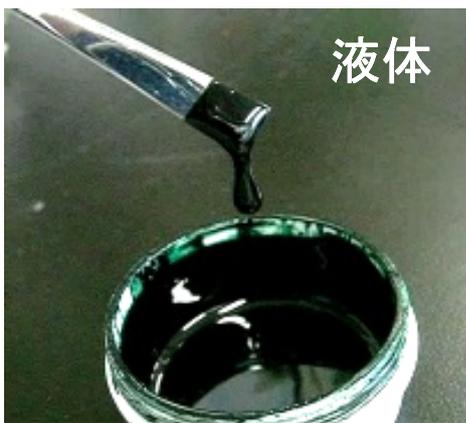
## 電気が流れるプラスチック



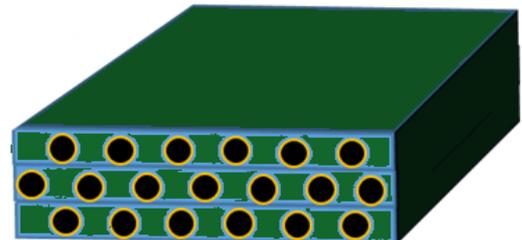
CFRPを作ることができない



## 世界初 新開発した電気が流れるプラスチック



プラスチックを固める



CFRP (電気が流れる)

分子レベルから設計した  
「熱硬化型導電性ポリアニリン」

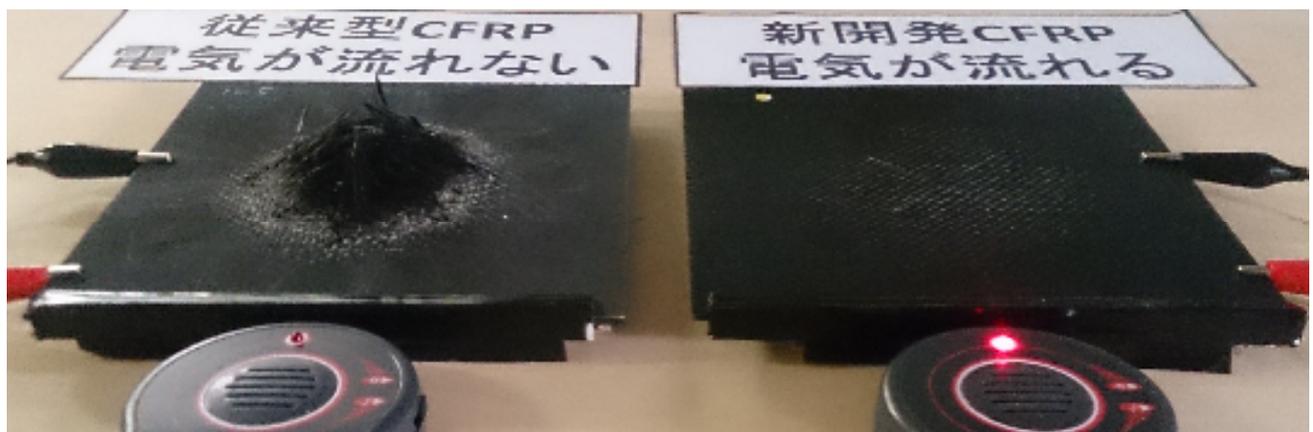
- ・粘度が低い液体 (液体化)
- ・熱で固められる (熱硬化)

# 新開発した電気が流れるプラスチックの特長

世界初 新開発した電気が流れるプラスチックの特長

	従来の 電気が流れない プラスチック	電気が流れるプラスチック	
		開発前	新開発品
電気が流れる	×	○	○ (1 S/cm)
液体化	○	×	○
熱による硬化	○	×	○

# 雷撃試験後のCFRPの外観と電氣的性質の比較



従来CFRP

- ・雷撃部分が大きく損傷
- ・電気が流れない  
(LEDが光っていない)

新開発CFRP

- ・雷撃後も変化なし
- ・電気が流れる  
(LEDが光っている)

## 参考、発表予定

JAXAオープンラボ【技術提案型】

「導電性樹脂を用いた複合材料の開発」(H23年～H27年)

[http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/case/offer/cases/case\\_60.html](http://aerospacebiz.jaxa.jp/jp/case/offer/cases/case_60.html)

論文

Composites Science and Technology(掲載予定)

国際学会

20<sup>th</sup> International Conference on Composite Materials (ICCM20)

2015年7月19日～24日(発表予定)

特許

「熱硬化型導電性高分子組成物」

## プレス発表概要

山形大学の後藤晃哉博士らは、JAXA、東京大学、山形大学、三菱樹脂、GSIクレオスとの共同開発で、従来固体粉末で加工ができない導電性高分子ポリアニリンを分子レベルから設計することで、「液体化」と「熱による硬化」ができ、「高い導電性(1S/cm)」を達成できる熱硬化型導電性ポリアニリンを世界で初めて開発することに成功した。

さらに、この熱硬化型導電性ポリアニリンを用いて作製したCFRPは、従来のCFRPに比べ大幅に落雷時の損傷が低減されることを世界で初めて実証した。