

# 電気パルス集合粉砕によるCFRP積層板からの炭素繊維の分離・回収の基礎的検討

受付番号:13 ○佐藤啓太<sup>1)</sup>, 小坂丈敏<sup>2)</sup>, 清水浩二<sup>3)</sup>, 福永光成<sup>3)</sup>, 所千晴<sup>2), 4)</sup>

1) 早稲田大学創造理工学研究科 2) 早稲田大学理工学術院  
3) 新英金属株式会社 4) 東京大学大学院工学系研究科

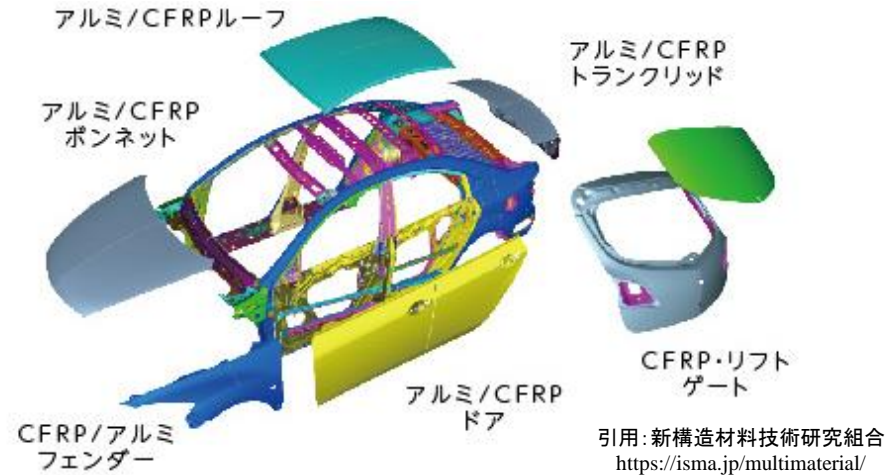
## ◆ 研究背景

### CFRP(炭素繊維強化プラスチック)の利用増加

CFRPは軽量材料として、自動車・航空・宇宙・風力発電などの様々な産業で近年用いられている

#### CFRPの特徴

- ・軽量 ・高強度 ・化学的・熱的に安定
- ・耐食性, 耐摩耗性, 耐疲労性に優れる



### CFRPのリサイクル・リユースの課題

廃棄されたCFRPは主に、焼却・埋め立てされるため、環境負荷の高いプロセスで処理されている

- 高強度の炭素繊維を分離・回収できる高効率・低環境負荷なプロセスが必要となる
- 本研究では、検討事例の少ない、電気パルス集合粉砕による炭素繊維の分離・回収を検討した

#### ＜自動車の車体へのCFRPの利用例＞

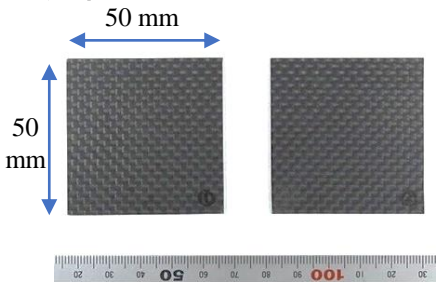
## 目的

CFRP積層板からの炭素繊維の分離・回収への電気パルス集合粉砕の適用検討

# 実験試料, 電気パルス集合粉砕の手法・結果

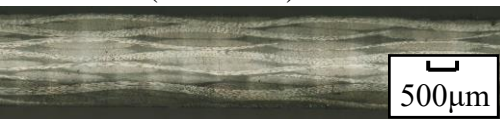
## ◆実験試料

CFRP積層板2枚  
サイズ: 50 × 50 × 1.73 mm



<上面写真>

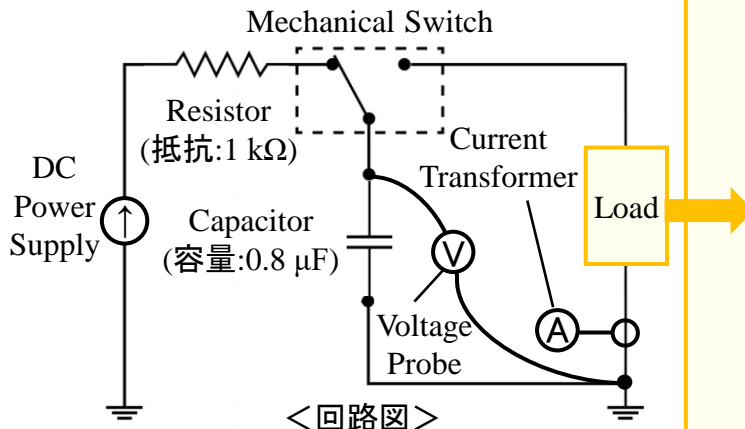
倍率140倍(画像連結)



<側面の顕微鏡写真>

・平織した炭素繊維の束を樹脂で固め、積層している

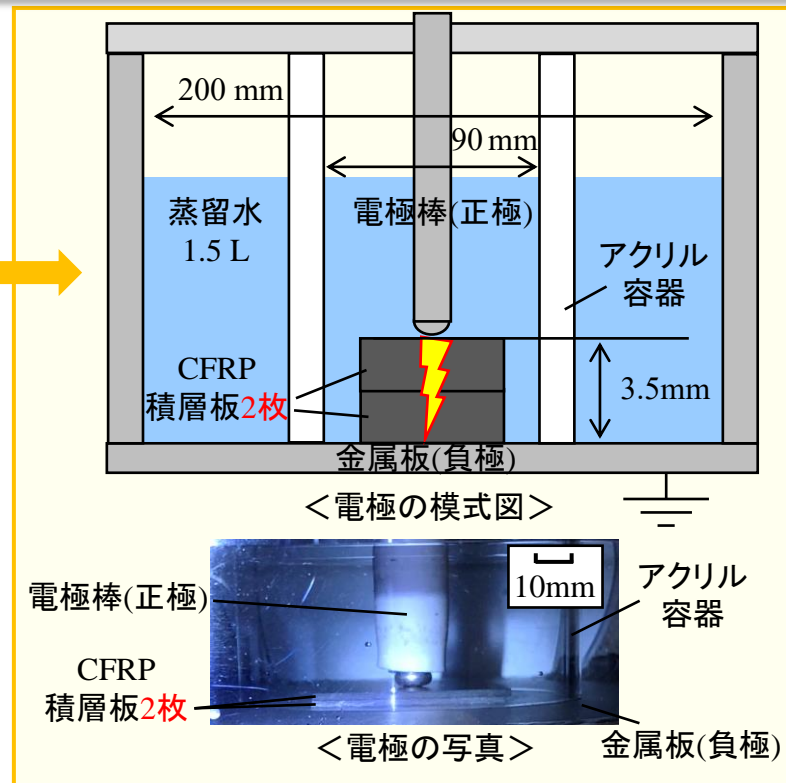
## ◆電気パルス集合粉砕の手法



<回路図>

表1. 電気パルス条件

コンデンサ容量 $C$ [ $\mu\text{F}$ ]	0.8
充電電圧 $V_c$ [kV]	36
放電回数 [times]	120



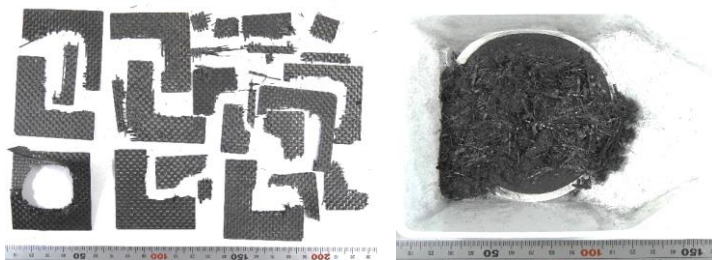
<電極の模式図>

<電極の写真>

## ◆電気パルス集合粉砕結果

➢ CFRP積層板の層が剥離され、かつ、CFRPの粉砕物が回収された

### 電気パルス後の粉砕物の写真



剥離したCFRP層

CFRP粉砕物

表2. 電気パルスによる回収量と粉砕率

CFRP積層板2枚の合計質量 $m_a$ [g]	12.729
回収されたCFRP板の質量 [g]	8.265
回収されたCFRP粉砕物の質量 $m_d$ [g]	4.203
粉砕率 $(m_d / m_a) \times 100$ [%]	33.015

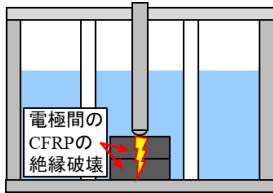
➢ 全質量の約33%が粉砕された

# 粉砕メカニズムの考察, 回収された粉砕物の顕微鏡観察結果, まとめ

## ◆電気パルスによるCFRPの粉砕メカニズム

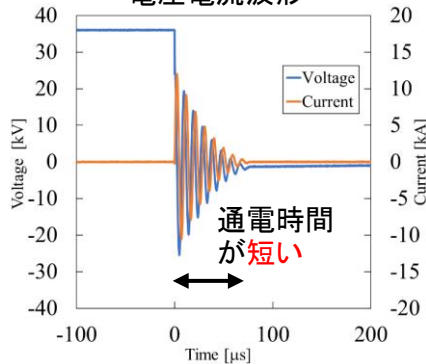
①パルス1~21回: CFRPが絶縁破壊・粉砕され, 層が剥離

②パルス22~120回:  
粉砕された炭素繊維が試験水(蒸留水)に分散  
→分散した炭素繊維をパスとして水中で放電

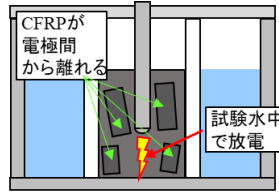


<①の放電経路のイメージ>

CFRP絶縁破壊の電圧電流波形

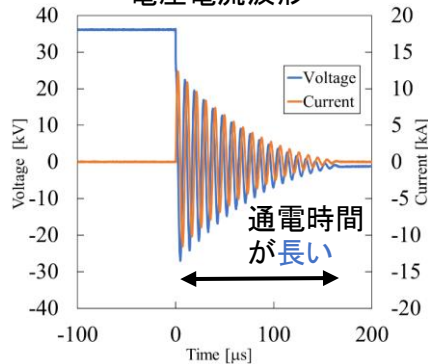


電気パルス1~21回印加時での典型的な波形



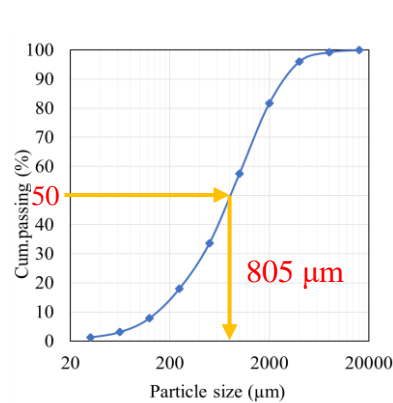
<②の放電経路のイメージ>

炭素繊維が分散した水中への放電の電圧電流波形



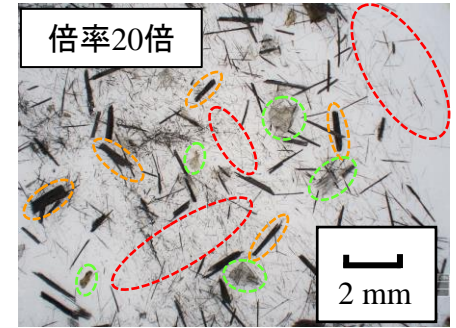
電気パルス22~120回印加時での典型的な波形

## ◆粉砕物の粒度分布および顕微鏡観察結果



<粉砕物の粒度分布>

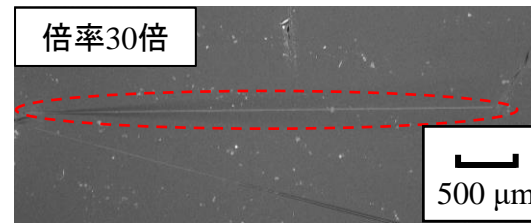
○ 炭素繊維    ○ 粉砕された樹脂  
○ 粉砕されたCFRP



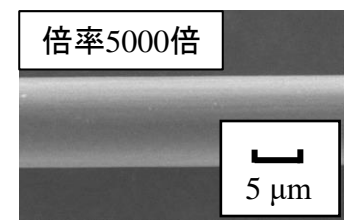
500-1000  $\mu\text{m}$ の粒群(50%粒径)の顕微鏡写真

➢ 炭素繊維・粉砕された樹脂・粉砕されたCFRPの3種類が観察された

## ◆回収された炭素繊維(4000-8000 $\mu\text{m}$ の粒群)の観察



繊維全体のSEM像



拡大した繊維のSEM像

➢ 約4 mmの長さの樹脂が分離した炭素繊維が回収された

**まとめ**

- ・電気パルス集合粉砕によりCFRP積層板の層間が剥離されることが分かった
- ・本粉砕によって, 長さ4 mm以下の樹脂が分離した炭素繊維を回収することができた

### 今後の検討案

・リユース検討のために, 電気パルス前後の炭素繊維の引張強度を測定し, 回収された炭素繊維の強度評価を行う