

# 風力発電等技術研究開発 /風力発電高度実用化技術研究開発 /風車運用・維持管理技術高度化研究開発

開発テーマ

「風車ブレード用高耐久ダイバータストリップの開発」

(株)守谷刃物研究所

(株)朝日FR研究所

(学)中部大学

(独)国立高等専門学校機構 松江工業高等専門学校

島根県産業技術センター

2023年2月3日

問い合わせ先  
株式会社守谷刃物研究所  
E-mail: qc-tec2014@moriyacl.co.jp  
TEL: 0854-23-1311

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : 2020年10月

終了(予定): 2023年 3月

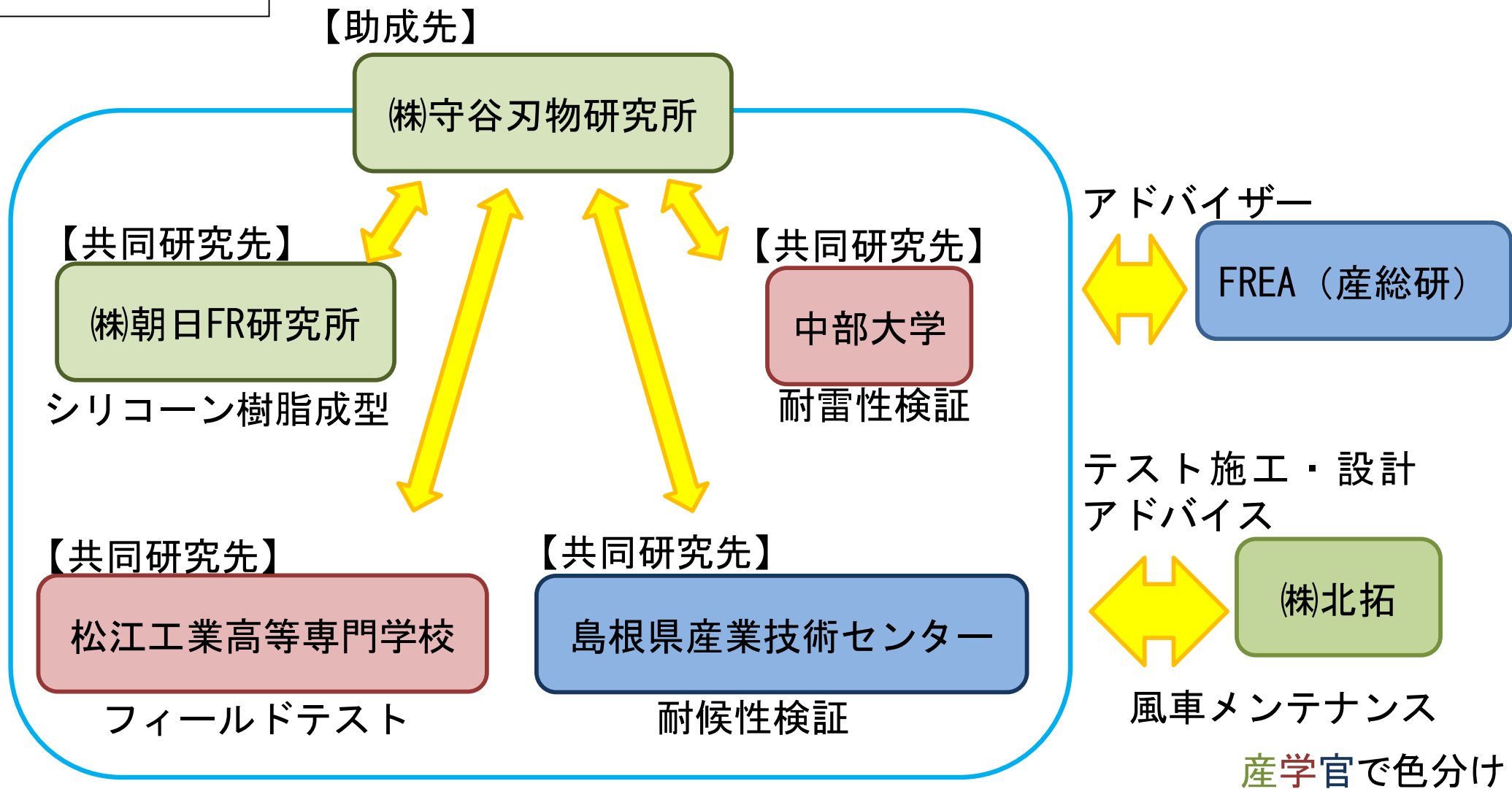
## 2. 最終目標

風車ブレードへの直撃雷被害を効果的に低減する方法を提供することを目的とする。その手段として、少なくとも1年以上の長期耐久性を有する、風車用ダイバータストリップを開発する。

## 3. 成果・進捗概要

繰り返しの落雷への耐久性、耐エロージョン性、耐塩害性について課題抽出を行い、これらを考慮した設計を盛り込んだ試作品を製作した。ラボテストにおいて良好な耐久性を示し、現在実風車へ取り付けてのフィールドテストを全国数か所で開催中。

# 開発体制



ものづくり企業を中心に、各分野での現象解明を行う学官を加えた推進力のあるチーム編成。アドバイザーとして、再生可能エネルギー研究の最先端であるFREA(産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所)および風車のメンテナンスに豊富な経験を有する(株)北拓を迎えた。

## 背景 ～風車の雷害～

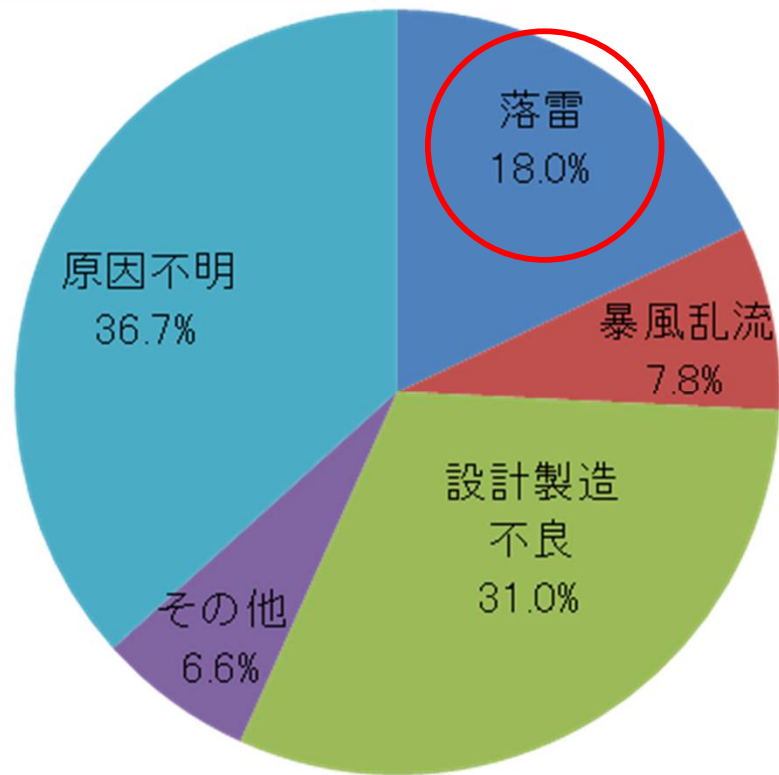
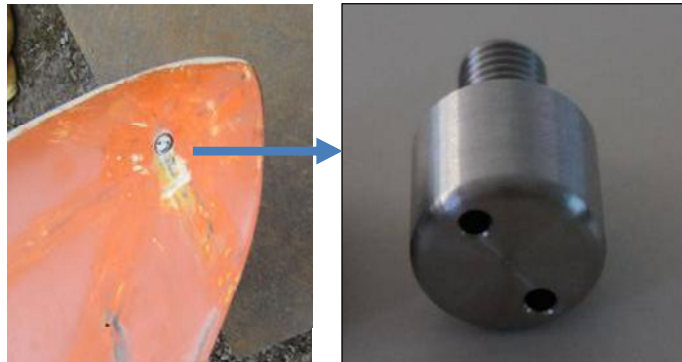
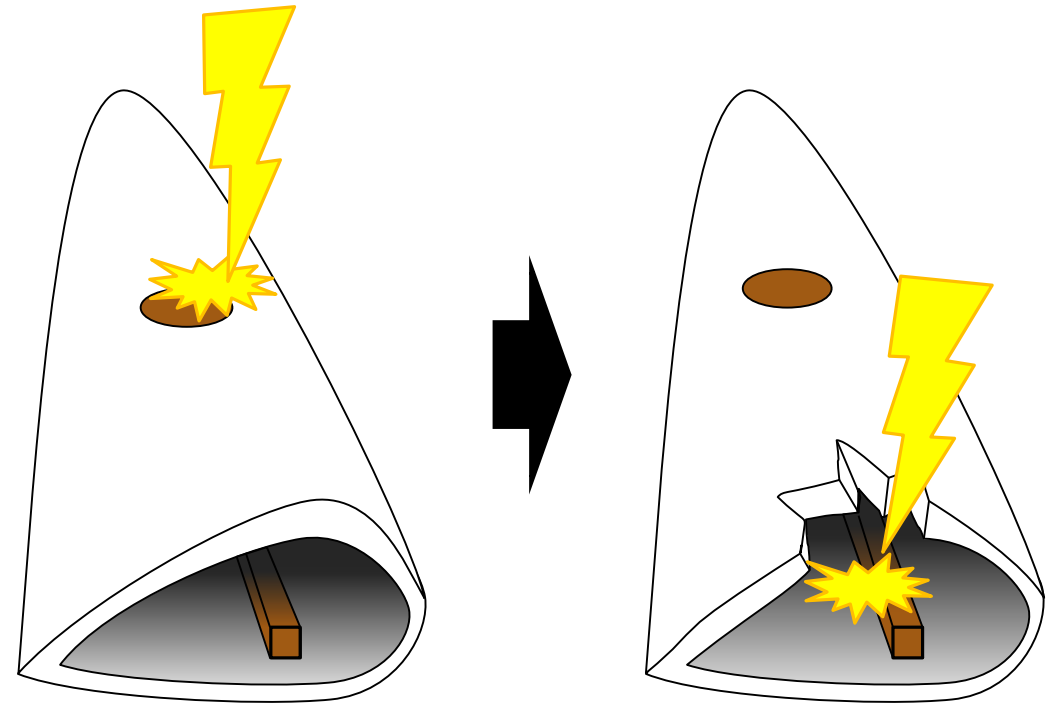
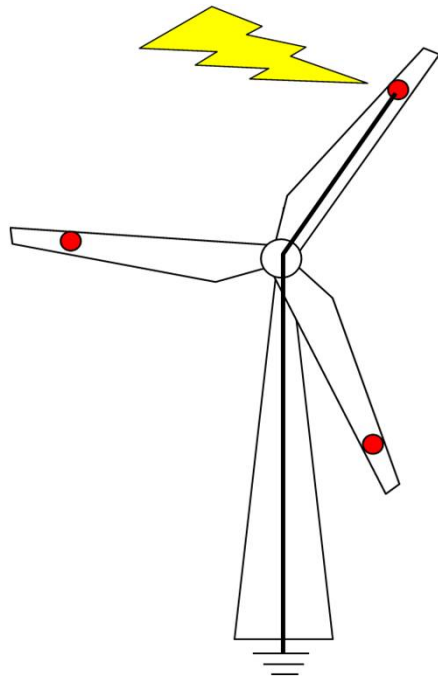


図 2003～2013年の風車の事故原因（末永大周・安田陽：事故レベルおよび停止時間に着目した風車雷事故統計分析，電気学会高電圧/新エネルギー・環境合同研究会，HV-15-068，TE-15-033(2015，5)）

風車の落雷被害の例，電気学会技術報告第1335号（2015）

日本国内の風車事故の2割近くが「落雷」。  
ブレードが大破するような場合もあり、修理コストのみならず停止期間中の逸失利益も大きい。  
発電事業の健全化、エネルギーの安定供給のためにも風車の雷対策は重要な課題となっている。

# 背景 ~風車の雷害~

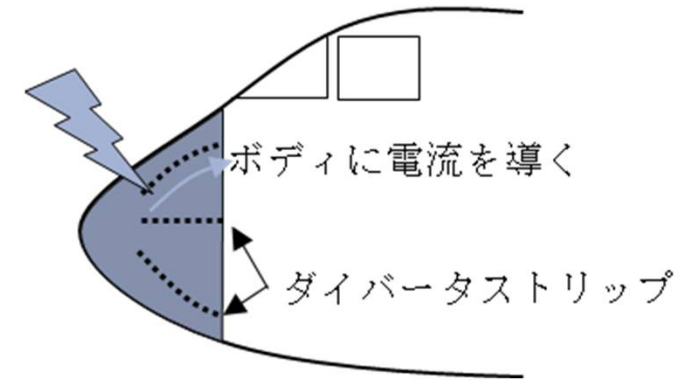


雷がレセプタに落ちる場合はほとんど問題とならない。しかし、レセプタから外れたブレード面に落雷する場合があります、この場合は雷貫通などの大きな破損を引き起こす場合があります。

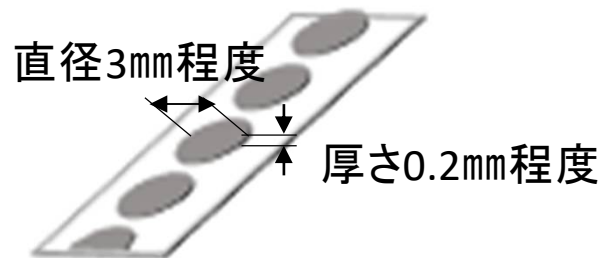
一般的な風車の雷対策：  
ブレードに設けたレセプタで雷を受け、アースする。

対策として「**ダイバータストリップ**」が有効

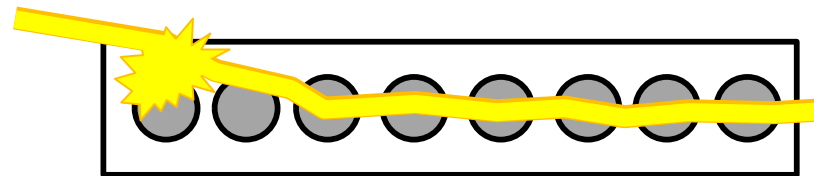
## 背景 ~ダイバータストリップとは~



ダイバータストリップは比較的古くより、航空機で絶縁性のレドームの雷保護のために用いられてきた。



航空機用ストリップの構造



構造は金属小片（直径数mm、厚さ約0.2mm）をテープ状樹脂基材に並べたもので、落雷時には金属小片間を放電しながら雷電流が伝わることで電流経路を提供する。

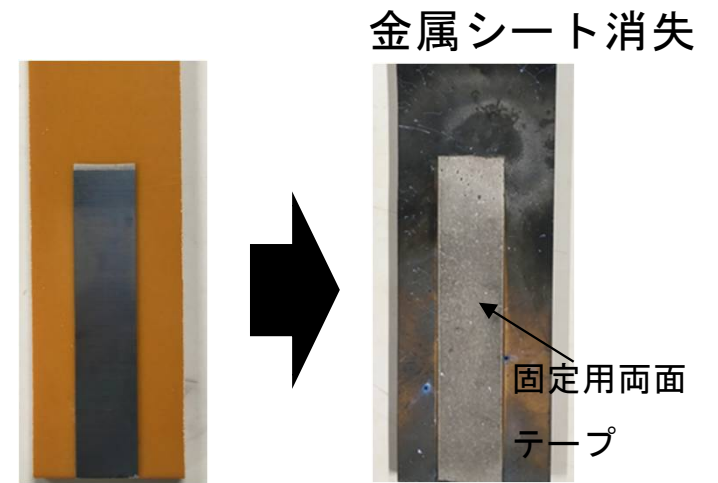
航空機用のものは金属片が薄く、一度の落雷で損耗する。

# 背景 ~ダイバータストリップとは~

課題：

フライト毎点検の可能な航空機と異なり、風車での使用は**長期（1年以上）耐久する必要**がある。

右図は航空機用ストリップと同等の厚さの金属シート（幅18mm）への人工雷試験結果（1回）だが、シートはほぼ消失しており、金属薄片では複数回落雷への耐久性が不足している。



厚さ0.1mmのモリブデンシートに冬季雷波形、約100Cの人工雷を印加した結果

## 風車ブレード用ダイバータストリップに想定される劣化要因

### ■ 雷撃への耐性

### ■ 塩害

### ■ エロージョン



高エネルギー・  
繰り返し雷撃

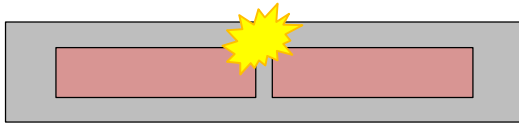


塩水噴霧試験を行った  
純銅（196hr.）



長期運用した風車ブレード  
のエロージョン

# 開発 ~金属チップの材質~



厚さ1mmの各種金属に1mmのギャップを設けたテストピースに大電流試験を実施。(中部大学、長波尾大電流発生装置使用)

チップ材		アルミニウム	銅	モリブデン	銅モリブデン
電荷 60C	外観				
	消失領域(mm)	9.1	2.9	1.9	1.9
	溶融領域(mm)	16.9	10.2	6.8	11.9
電荷 180C	外観				
	消失領域(mm)	25.2	16.0	3.3	5.8
	溶融領域(mm)	40.0	25.4	14.6	23.5

導電材として多用されるアルミニウムや銅は放電部で大きく消失。

高融点のモリブデンやその合金では溶融が大きく抑制。

→高融点金属が放電による溶損対策に有効

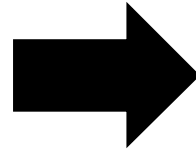


# 開発 ~金属チップの形状~

## ○形状の検討



航空用: 薄く小さい金属



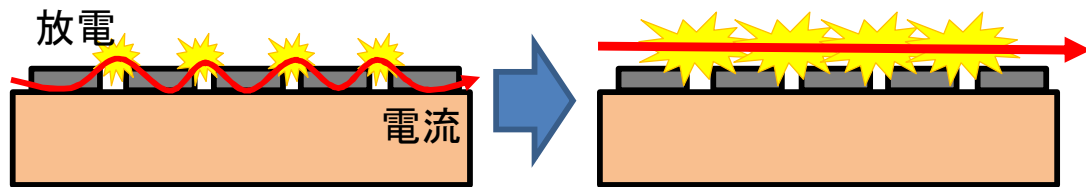
風車用: 厚く体積増

金属チップが薄いと導電断面積が小さくジュール熱が大きくなる。また体積が小さく熱容量が少ないため溶損が大きくなる。

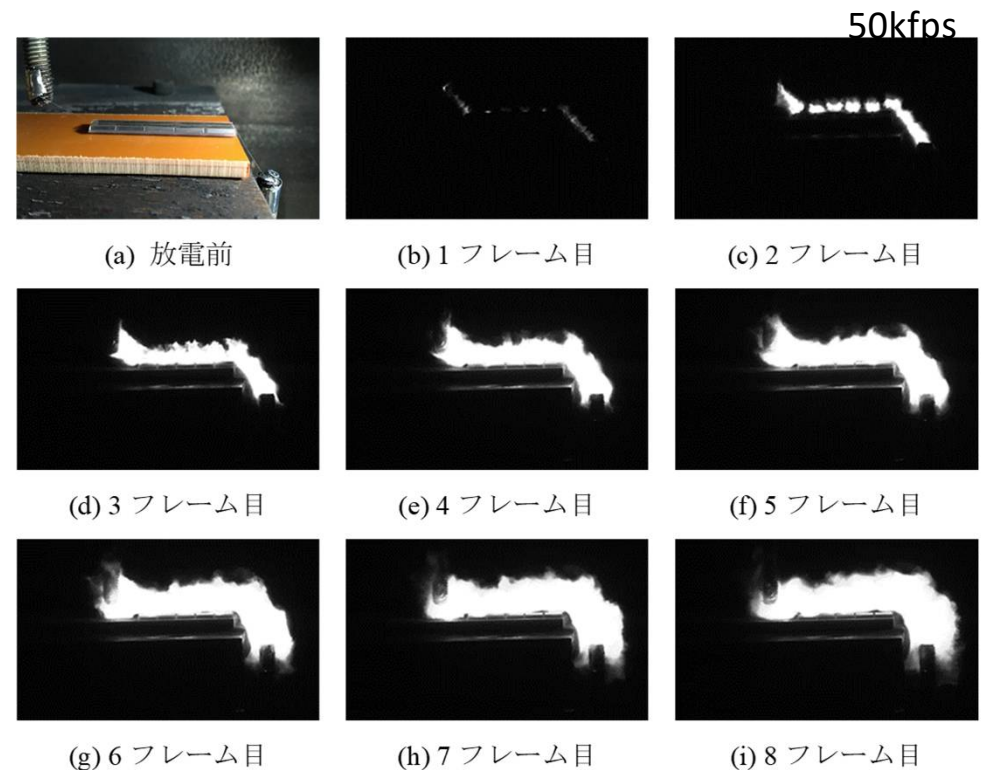
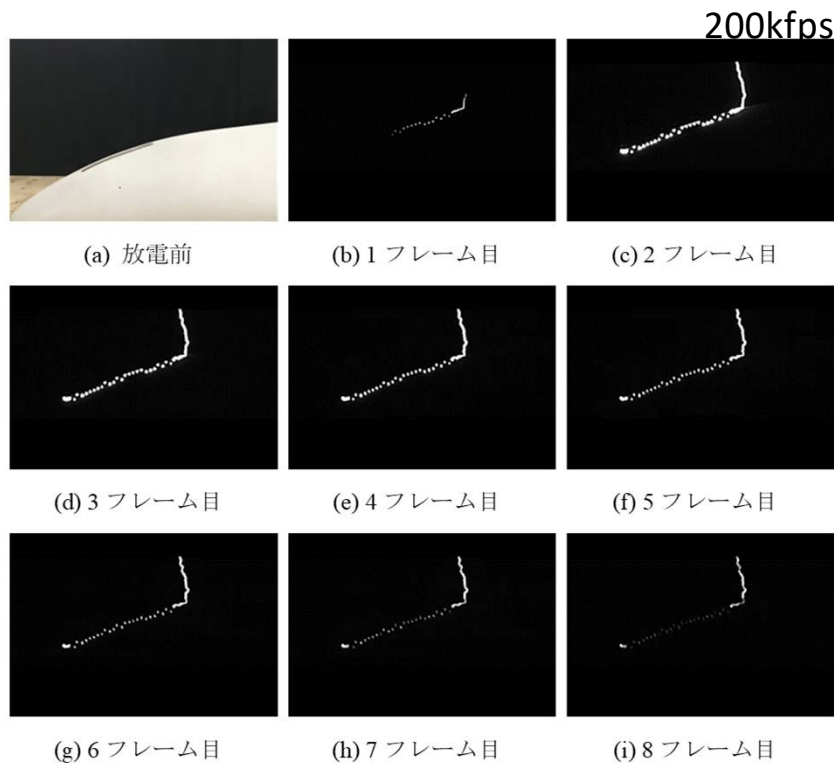
風車用として、金属の厚みと体積を増加させた設計とした。

# 開発 ~金属チップの形状2~

## ○連続プラズマチャンネルの活用

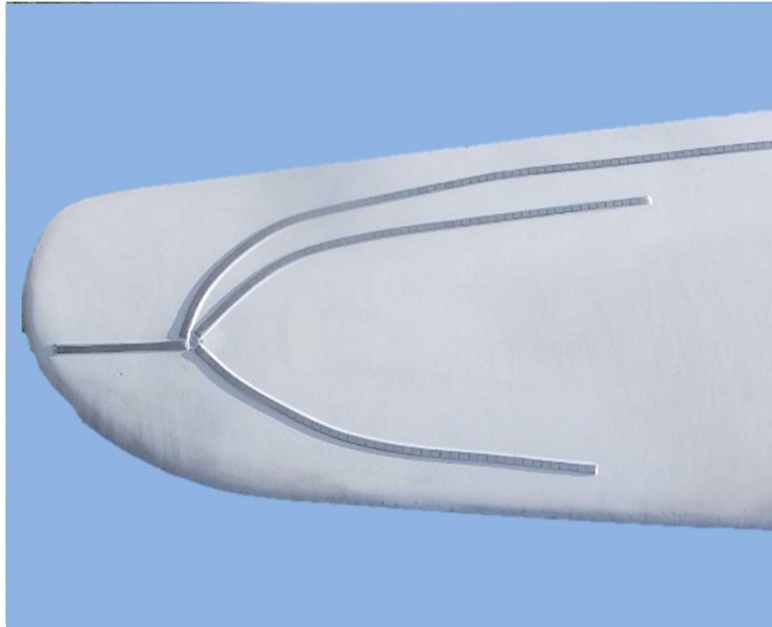
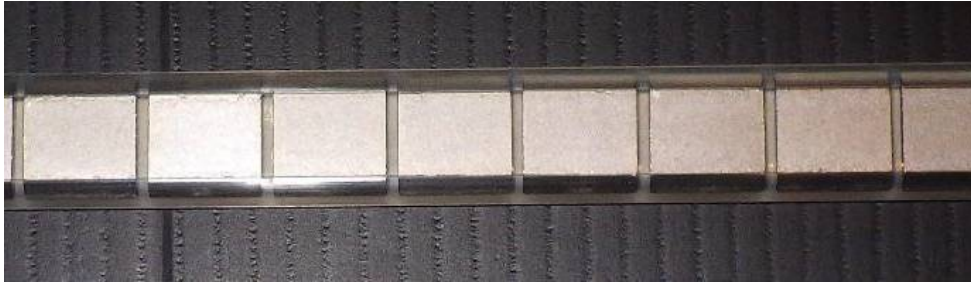
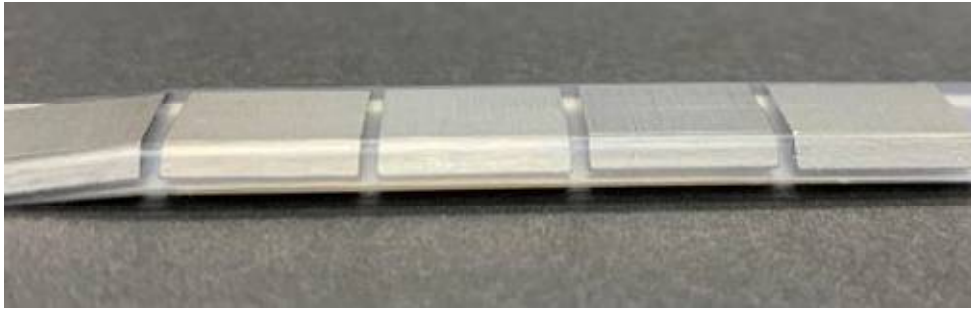


雷電流はダイバータストリップの金属間を放電しながら流れるが、放電部の設計によっては放電同士がつながり、連続プラズマチャンネルを形成する。連続プラズマチャンネル形成によりほとんどの電流がプラズマ中を流れるため金属チップの負担が減少する。



ただし連続プラズマチャンネルは波形や電圧電流により形成の可否が異なる(人工雷試験の高速連続写真、左図は未形成、右図は連続化)。ダイバータストリップの高耐久化には連続チャンネル形成を促す設計と同時に、高耐久素材の採用も必要と考えられる。

## 開発 ~シリコン基材~



金属チップを固定する基材には、耐候性、柔軟性を考慮して、シリコンゴムを採用した。

(株)朝日FR研究所の技術により、シリコンと金属チップは強固に接着されている。

塩水噴霧試験により、海水暴露1年に相当する試験を行ったが、強固な接合の維持が確認できた。

シリコンゴムは柔軟性が高く、曲線貼りにも対応できる。

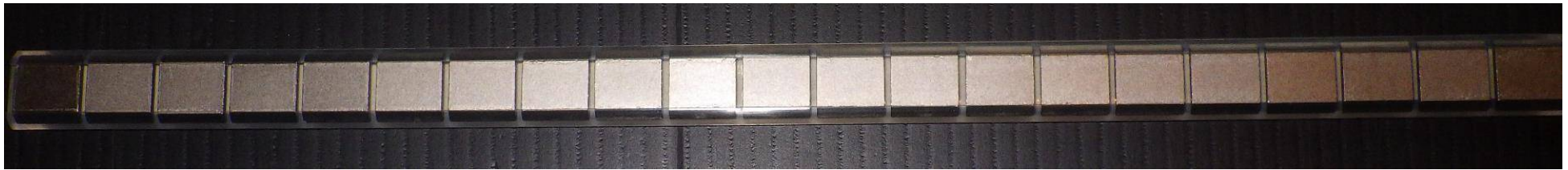
## 開発 ~施工~



施工にあたっては、強力両面テープで位置決めした周囲を接着剤で固化した。シリコンゴムは耐エロージョン性に優れるが、端部の処理についてはより耐エロージョン性を向上させるため、改良の余地がある。

この塗料は耐候性に優れ、長期間の野外環境での使用に耐える。

# 開発 ~プロトタイプ試作~



**開発中製品 新型ダイバータストリップ『雷伝』**  
 注意：開発中の製品につき、予告なく機能内容に変更がある場合があります。 特許019-200806

本製品は、株式会社北研・中部大学・鳥取県産業技術センター・松江工業専門学校との共同開発製品です。

### 日本の雷から風車を守る！

- 不正電圧を**らいじん器**\*へ誘導し、ダウンコンタクターへの直撃を低減
- 積雪時の経路に耐え、メンテナンスを軽減
- その他 ビル設備、送電設備、航空機材などの雷対策にも
- らいじん器**\*との併用で更なる効果を発揮！

**NEW**

新型ダイバータストリップ『雷伝』  
特許019-200806

**特徴**

- 耐久性**
  - 高電圧に耐える金属チップを採用
  - 耐候性に優れたシリコンゴムで封止
- 安全性**
  - 高下向動を防止する構造を採用
  - 分子接合技術でチップを強固に接合
- 施工性**
  - 柔軟な構造によりブレード表面にフィット
  - 切断せずに、連続設置が可能

**仕様・使用例**

寸法(標準) 1000×100

AT  
TA  
両面接着テープ

避雷針  
らいじん器(シセブタ)  
金属チップ  
アースケーブル

ブレード側面へ設置

2021.02

製造・販売元

株式会社 守谷羽物研究所  
Shoyu Curry Laboratory Ltd.  
本社 〒692-0002 鳥取県鳥取市東門外113-1  
TEL:0854-23-1311  
東京支店 〒115-0014 東京都豊台二丁目3-24 TEL:03-5717-0737  
TEL:03-565-7100

株式会社 朝日ラバー  
本社 〒320-0801 埼玉県さいたま市大宮区上甲1丁目7番2  
TEL:048-650-6031  
大宮支店 〒343-0256 大宮市大宮区中區久土甲1丁目1番20号  
東京支店 〒104-0048 東京都中央区銀座4丁目 TEL:06-6233-2523  
名古屋支店 〒450-0003 愛知県名古屋市中区栄6丁目1番20号  
TEL:052-414-4880

## 課題への対策を盛り込んだ設計

### ■ 雷撃への耐性

高融点金属の採用

厚さ、体積の大きなチップ形状

プラズマチャンネルを連続化しやすい配置

### ■ 塩害

シリコン基材の採用

### ■ エロージョン

シリコン基材

耐候・耐エロージョン塗料の塗布

# 開発 ~フィールドテスト~



試作品について、全国数か所の風車、落雷試験場にてフィールドテストを実施中。

R3から1年間の実績として、毎年のように落雷による被害を経験していた風車に試作品を装着したところ、**ブレード先端付近の貫通破壊が発生せずメンテナンスが軽減できた事例が認められた。**

## まとめ

- 風力発電機の落雷事故を大きくする要因のひとつであるレセプタ外の落雷によるブレード貫通について、これを抑制できるダイバータストリップの開発を行った。
- 長期の耐久性付与を目指し、ダイバータストリップの雷撃への耐性、塩害への耐性、エロージョンへの耐性といった課題への対策を行った試作を進めている。
- プロトタイプについて1年のフィールドテストを実施し、毎年落雷破損の補修を要していた風車で、雷貫通が発生せずメンテナンスが軽減できた例があった。