

急峻インパルス電圧印加時の GFRP 絶縁バリアの厚みによるバリア下面放電発光の変化

飯田 脩平, 佐々本 凌, 劉 原野, 松本 宇生, 生澤 泰二, 西嶋 喜代人
(福岡大学)

1 はじめに

一般に, 大気圧中の放電ギャップに絶縁バリアを挿入すると絶縁耐力が向上することがよく知られている。絶縁バリアの研究では, 絶縁体バリアの材質と厚さ, さらに電極配置による絶縁性能に与える研究が多い。しかしながら, 絶縁バリアの下面で発生する放電発光についての研究報告は少ない[1]。

また, ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)は, 風力発電ブレードや飛行機, 車両の内装や外装に用いられている。しかしながら, 風力発電ブレードに関しては, 落雷がブレード内に侵入する現象も報告されている[2]。そのブレード内への放電侵入は風力発電ブレードを破壊することに繋がる。そのため, GFRP の絶縁性能について調査することは重要である。

本稿では, 厚みの異なる GFRP 絶縁バリアを棒対平板電極間に挿入して, 正極性または負極性の急峻インパルス電圧を印加してバリア下面で発生する放電発光の観測を行った。

2 実験方法

図 1 と図 2 に本実験で用いた実験回路と電極配置をそれぞれ示す。本実験は, 大気圧室空气中(室温 20 °C)で行った。急峻インパルス電圧の発生は, レーザートリガー式スパークギャップスイッチを用いて行った。棒電極は先端が円錐状で直径が $\Phi = 4 \text{ mm}$ の真鍮針電極を用いた。また, 平板電極は, 直径が $\Phi = 18 \text{ cm}$ の真鍮平板電極を用いた。そして, 厚み $t = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 \text{ mm}$ の 4 種類の GFRP バリア(120 × 120 mm)を用いた。棒電極と GFRP 絶縁バリア間のギャップ長は 2 mm, そして, GFRP 絶縁バリアと平板電極間のギャップ長は 5 mm に固定した。この時, GFRP 絶縁バリア上の沿面放電距離は 60 mm である。

レーザートリガー式スパークギャップスイッチを用いて発生した正極性の急峻インパルス電圧は波高値が約 $U_a = +48 \text{ kV}$, 負極性は約 $U_a = -48 \text{ kV}$ とした。この波高値の両極性とも電圧を印加した際, バリアを含む放電ギャップは火花破壊をしなかった。なお, 印加電圧の立ち上がり時間は約 60 ns と急峻であり, そのインパルスの半値幅は, 約 1600 μs であった。放電の繰返し頻度は, デレイパルスジェネレーターを用いて $f = 0.5 \text{ Hz}$ に設定した。

ところで, GFRP バリア下面で発生する放電発光は, 極めて微弱なため, 高感度冷却 CCD (ICCD) カメラを用いて側面の方向から観測した。この時, レーザートリガー式スパークギャップスイッチと ICCD カメラは, 数 ns のジッターでデレイパルスジェネレーター(i)と(ii)の同期をとった。

3 実験結果

図 3(a), (b)に, 正極性と負極性での GFRP 絶縁バリア裏面から観測した放電発光を示す。放電発光が点形状で見えている箇所, GFRP 絶縁バリアの上部で放電が発生している。放電発光から分かるように, 一筋の放電経路からは, 放電発光に対応する下面放電は発生しない。

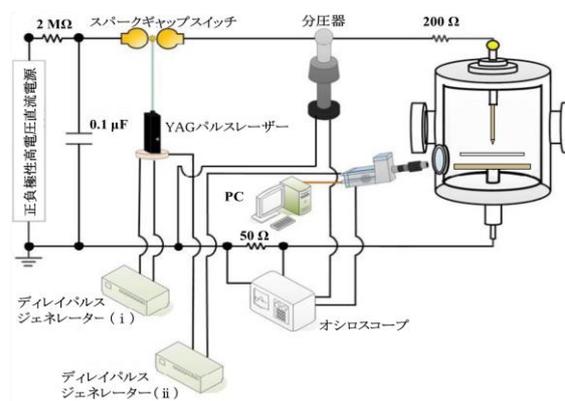


図 1. 実験回路

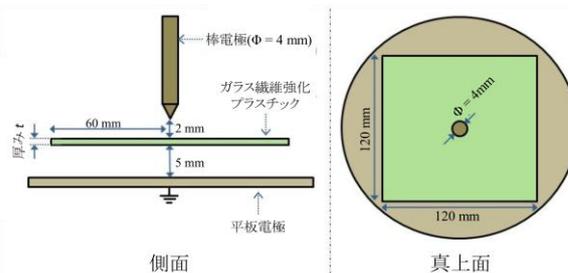
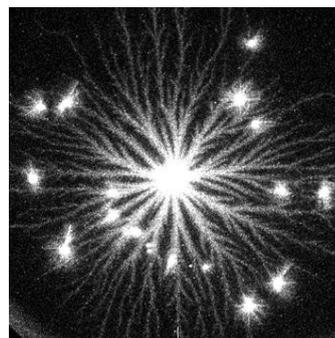
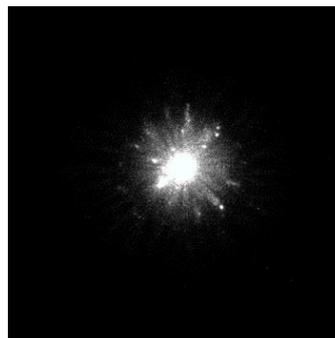


図 2. 電極配置



(a) 正極性 ($t = 0.4 \text{ mm}$, $t_e = 0 \sim 200 \text{ ns}$)



(b) 負極性 ($t = 0.4 \text{ mm}$, $t_e = 0 \sim 300 \text{ ns}$)

図 3. GFRP 絶縁バリア裏面から観測した放電発光

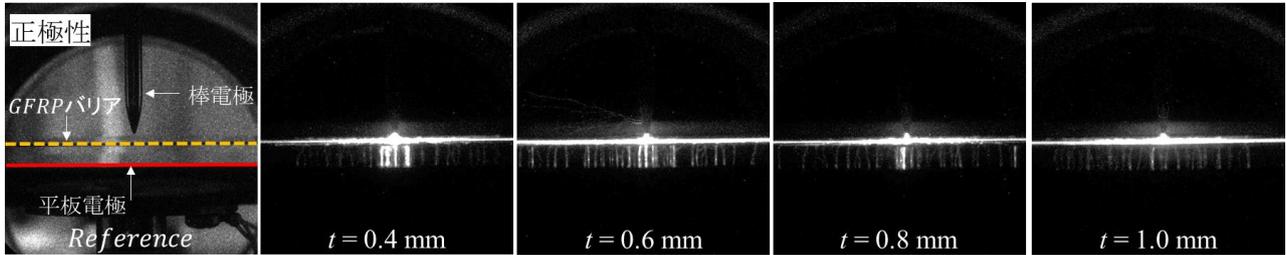


図 4. 正極性急峻インパルス電圧印加時の厚みの異なる GFRP バリアの下面放電現象

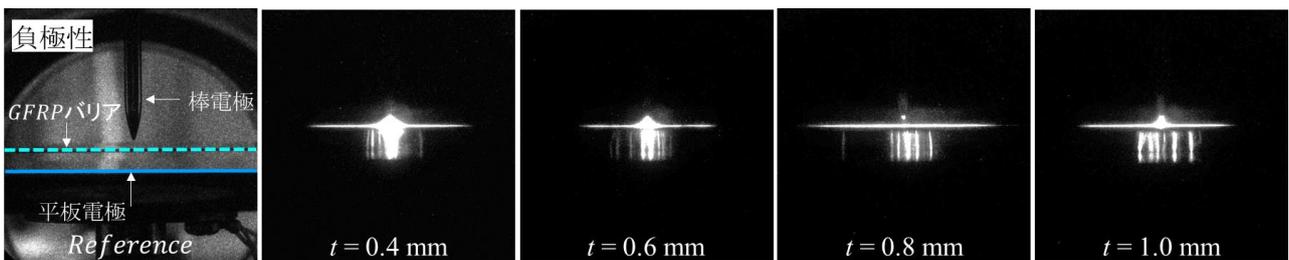


図 5. 負極性急峻インパルス電圧印加時の厚みの異なる GFRP バリアの下面放電現象

図 4 と図 5 に、正極性と負極性急峻インパルス電圧印加時の GFRP 絶縁バリアの厚みによるバリア下面放電発光の時間と印加電圧の極性による違いをそれぞれ示す。ICCD カメラの露光時間 t_e は、電圧の立ち上がり時間を $t_e = 0$ ns と定義した時、 $t_e = 0 \sim 300$ ns に設定した。図 4 と図 5 より、GFRP 絶縁バリア下面での多数の放電が発生していることが確認できる。

まず、正極性の実験結果について述べる。GFRP 絶縁バリアの厚みが $t = 0.4$ mm の時、GFRP 絶縁バリア下面で発生する放電は、GFRP 絶縁バリア中央部で特に明るい放電発光が観測された。そして、GFRP 絶縁バリアの厚みを増加させるにつれて、GFRP 絶縁バリア下面で発生する放電発光の強度は徐々に低下した。

一方、負極性の実験結果について述べる。正極性と同様に、GFRP 絶縁バリア中央部で特に明るい放電発光が観測された。バリアの厚みを増加させると、GFRP 絶縁バリア下面で発生する放電発光は本数を増加し、中央から GFRP 絶縁バリアの端に向かって広がった。しかしながら、GFRP バリア下面で発生する放電発光の明るさは、ほとんど変化しなかった。なお、GFRP 絶縁バリア上部を進展する放電の距離は短い(図 3 参照)。

4 まとめ

本実験は、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)絶縁バリアに正極性・負極性急峻インパルス電圧を印加した場合の GFRP 絶縁バリア下面で発生する放電発光を観測した。本実験で得られた主な結果を以下に簡単にまとめる。

- GFRP 絶縁バリア下面の放電発光は、一筋の放電経路からは、複数放電が発生しない。

- GFRP 絶縁バリア下面の放電発光の強さは、負極性の方が正極性と比較して明るい。
- GFRP 絶縁バリア下面で発生する放電の本数は、正極性の方が負極性と比較して多い。
- GFRP 絶縁バリアの厚みを変化させた時、正極性急峻インパルス電圧を印加すると、厚みの増加に伴って GFRP 絶縁バリア下面に発生する放電発光は弱くなる。
- GFRP 絶縁バリアの厚みを変化させた時、負極性急峻インパルス電圧を印加すると、厚みの増加に伴って GFRP 絶縁バリアの下面に発生する放電発光は、中央付近からバリアの端に向かって広がっている。
- GFRP 絶縁バリア上を進展する沿面放電距離は、正極性の方が負極性と比較して長い。

参考文献

- [1] 「気中バリア絶縁による耐圧向上の検討」, 吉田 哲雄, 西川 尚男, 高木 邦彦, 今駒 滋, 正木 信男, 電気学会論文誌 B, Vol.100, No.1, P57-64, 1980.
- [2] 「雷撃による風車ブレードの破損様相とその保護手法の効果の基礎的検討」, 横山 茂, 和田 淳, 浅川 聡, 新藤 孝敏, 電力中央研究所報告, H06018, 2007.