

「地上帯電・放電試験の国際標準化に向けた

静止軌道環境における放電プラズマ伝播に関する研究」

九州工業大学 大学院 工学研究科 博士前期課程 2年 電気工学専攻

趙研究室 川崎 崇

1. 研究背景

1997年に放送衛星 Tempo-2(米)で発生電力の15%が突然低下するという異常が確認されてから、その原因とされる太陽電池アレイ上での放電現象が注目されるようになった。打ち上げ前の耐宇宙環境性能評価試験としての地上帯電・放電試験は、各国で独自の試験方法で行われているが、商用衛星の国際化が進むにつれ、地上帯電・放電試験の国際標準化が、あらゆる機関から要請されている。

実際の人工衛星太陽電池パドル全体を真空チャンバー内に入れることは、太陽電池パドルが大きすぎるために不可能である。そのため、通常は太陽電池パドルの一部である図1に示すような太陽電池クーポンを用い、太陽電池パドル全体を模擬するために外部回路をつなぐ。放射線から太陽電池セルを保護するためのカバーガラスはコンデンサーのように働き、電荷を蓄える。この蓄えられた電荷が放電のエネルギーとなる。大型静止衛星の総容量は $10\mu\text{F}$ を超えるが、蓄えられた電荷の内、どれだけ放電プラズマに与えるかは知られていない。そのため、カバーガラス容量を模擬するための外部回路は各研究機関で異なっている。本研究の目的は、放電プラズマの伝播距離と速度を推定し、実際の人工衛星上での放電電流波形を再現できる放電試験の基準となる外部回路を提唱することである。

2. 実験方法

地上帯電・放電実験システムの概観図を図2に示す。電子線を照射することによって、カバーガラス表面が帯電し、太陽電池アレイ基板との電位差が発生し、導体、絶縁体、真空の接するトリプルジャンクションで電界が集中することにより放電に至る。発生した放電プラズマは、カバーガラスに蓄えられた電荷を中和するように広がる。カバーガラス表面の電位を、非接触の表面電位計を用いて二次元で測定する。放電前後で表面電位に変化があれば、放電プラズマが到達したことを意味する。放電前後のカバーガラス表面電位、放電電流波形、放電発生箇所を取得し、放電プラズマ伝播速度、距離を推測する。

3. 実験結果

- 放電前後のカバーガラス表面電位分布測定から、放電プラズマ伝播は $400\times 400\text{mm}$ 以上である。
- 放電プラズマによって、カバーガラスに蓄えられた電荷が中和される割合は、放電発生点から離れるにつれ減少する。
- 放電電流波形からプラズマ伝播速度は $1\times 10^4\text{m/s}$ であると推定した。
- 放電エネルギーの大半は、カバーガラスに蓄えられた電荷によるものであることは確かである。

共同研究となっているフランスでの試験でも、放電プラズマは1m以上伝播しており、伝播距離の限界は不明である。現段階では、地上帯電・放電試験においては、太陽電池パドル全体に放電プラズマは伝播すると考える必要がある。

4. 考察

得られた実験結果から、実際の人工衛星太陽電池パドル上で放電が発生した場合の放電電流波形を推定した。ETS-VIIIと呼ばれる人工衛星の太陽電池パ

ドル片翼の大きさは $12.8\text{m}\times 2.4\text{m}$ である。放電はパドル中心で発生したとして、推定した放電電流波形を図3の実線で示す。地上帯電・放電試験では、この電流波形を再現できるような外部回路を接続しなければならない。LCR回路を図2のように接続すると、放電波形のピーク電流や幅を調整できる。適切なLCRの値にすると図3の点線になる。しかしながら、完全に再現はできていない。試験には高電圧を使用するため、使用できる素子には制限がある。推定した放電波形を再現できる外部回路を見つけ出すことが今後の課題であろう。

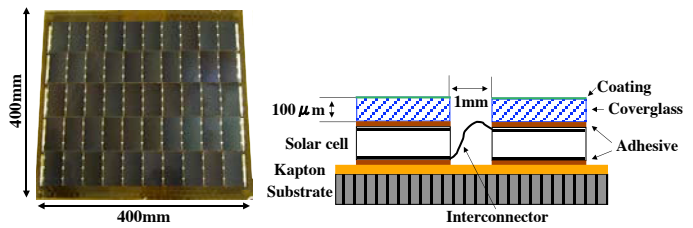


図1 太陽電池アレイクーポン

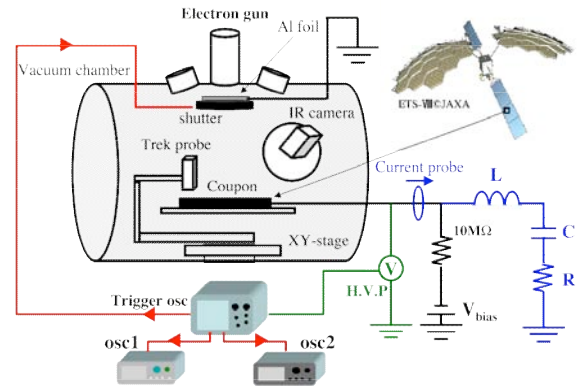


図2 地上帯電・放電実験システム

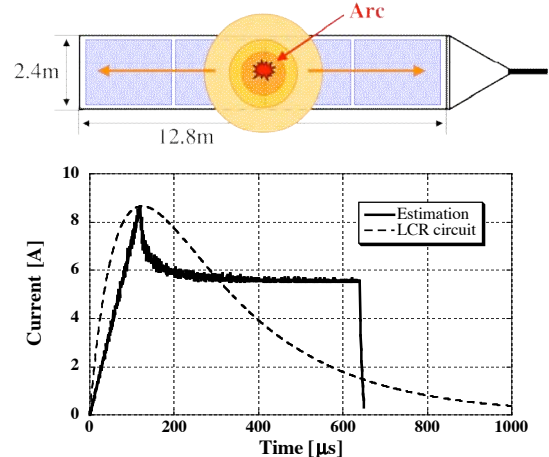


図3 推定した太陽電池パドル上での放電電流波形

発表業績 (5件)

国際学会 (3件)

- 24th International Symposium on space Technology and Science, Miyazaki, Japan, May, 2004
- 9th Spacecraft Charging Technology Conference, Tsukuba, Japan, April, 2005
- 56th International Astronautical Congress, Fukuoka, Japan, October, 2005

学会 (2件)

- 第1回 宇宙環境シンポジウム, 筑波, December, 2004
- 第49回 宇宙科学技術連合講演会, 広島, November, 2005