

SSPS 用高電圧ケーブルの宇宙環境における絶縁性評価

工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程 2 年 豊田研究室 08349520 貞包悠佑

研究背景と目的

増加する電力需要、CO₂による地球温暖化への対策として、新しい発電システムとして Space Solar Power System(SSPS)の研究及び開発が行われている。SSPS とは、静止軌道上に発電衛星を打ち上げ、宇宙空間で発電した電力をマイクロ波により地上へ送電し、地上で電力として利用するシステムである。SSPS の目標値として、2030 年の運用開始、1GW の電力供給を目指している。軌道上の発電衛星の太陽電池で発電された電力は、電力ケーブルを介して送電アンテナ部へと電送される。送電時の電力ケーブルによる電力損失を少なくするため、10kV 程度での高電圧送電が検討されている。電力ケーブルが衛星表面に配線された場合、いずれかの箇所で導体に接触するため、ケーブル被覆へ高電圧が印加されることとなる。現在の人工衛星の発電電圧は数 100V オーダーであり、宇宙用電線へ kV オーダーの高電圧を印加した場合に発生する高電圧現象、絶縁性は明らかになっていない。本研究では、宇宙用電線 Spec55 に kV オーダーの高電圧を印加し、高電圧印加により発生する現象及び、絶縁性の評価を行うことを目的とする。

研究手法

A)高電圧印加試験

真空環境で宇宙用電線に直流高電圧を印加し、放電現象及び絶縁破壊の有無を調べる。

B)放電耐久試験

高電圧リレーを用いて宇宙機のシャントを模擬し、直流高電圧のオンオフを繰り返して放電耐久性及び絶縁破壊の有無を調べる。

試験結果及び考察

A) 高電圧印加試験

宇宙用電線 Spec55 へ高電圧を印加するとケーブル被覆と衛星筐体表面の導体との接触箇所付近で放電が発生することを確認した。高電圧印加時に、ケーブル表面の電位測定を行い、ケーブル被覆表面の帯電を確認した。高電圧オフ時に、表面に帯電した電子が沿面放電を起こすことを確認した。直流 15kV で 10 時間電圧を印加したが絶縁破壊は発生しなかった。

表 1 高電圧印加試験結果

Test Sample	High Voltage Bias	Long duration Bias
Control	Discharge	No Breakdown
Heat degradation	Discharge	No Breakdown

B) 放電耐久試験

宇宙用電線 Spec55 のバージンサンプルは試験電圧 10kV での 10 万回の繰り返しにおいて絶縁破壊の発生は確認されなかった。印加電圧 15kV では 120 回程度の高電圧オンオフの繰り返しにより絶縁破壊が発生することを確認した。放電痕の発

生位置は Spec55 を固定しているポリイミドテープ周辺に集中することを確認した。ポリイミドテープの固定により、芯線と GND 間のキャパシタ容量が変化し、電圧印加速度が上昇したためであると考えられる。試験回路の外部コンデンサ容量を変化させ電圧印加速度を上昇させることで、絶縁破壊に至るまでの繰り返し回数の減少を確認した。電線の固定にポリイミドテープを使用しない場合、絶縁破壊に至るまでの繰り返し回数が増加したことから、高電圧オンオフの繰り返しによる絶縁破壊は、電圧印加速度に影響されると考えられる。電線固定時の接触面積を小さくすることで、高電圧オフ時の沿面放電発生を抑制し、絶縁破壊に至るまでの繰り返し回数の増加を確認した。

表 2 放電耐久試験結果

V _b [kV]	Insulation	Polyimide			
				Use	Nothing
10	○	Contact Area	Large	×	×
15	×		Small	—	○

まとめ

宇宙用電線での高電圧印加による現象を確認した。高電圧オン時に、高電圧印加により放電が発生し、被覆表面が帯電する。高電圧オフ時に、表面に帯電した電子が沿面放電する。高電圧オンオフを繰り返すにより電線被覆で絶縁破壊が発生することを確認した(図 4)。絶縁破壊に至るまでの繰り返し回数は高電圧の電圧変化速度が影響することを確認した。高電圧オフ時の沿面放電の発生を抑制することで、放電耐久回数が増加することを確認した。

今後の課題

今後は、宇宙用電線 Spec55 の宇宙環境による劣化を模擬した劣化サンプル(紫外線劣化、放射線劣化等)を用いて試験を行う必要がある。また、高電圧オフ時に発生する沿面放電の詳細な発生条件及び劣化の要する調べる必要がある。

発表実績

国際学会発表：1 件

26th International Symposium on Space Technology and Science

国内学会発表：6 件

平成 20 年電気学会全国大会

第 11 回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム

第 28 回宇宙エネルギーシンポジウム

第 53 回宇宙科学技術連合講演会

第 12 回宇宙太陽発電(SSPS)シンポジウム

第 29 回宇宙エネルギーシンポジウム