

# 特殊極限環境下における各種絶縁体の電気伝導および帯電特性評価 (A07-83)

プロジェクト代表者：山納 康 (理工学研究科・助教)

## 1. はじめに

本研究の主な目的は、宇宙環境などを模擬した特殊真空環境下で利用される絶縁物の暗電流を真空中で測定することである。一般的に絶縁材料の表面抵抗率は、その周囲の環境によって大きく変動するが、特に真空環境下では、大気中の値と比べて異なること、その変動幅も材料によって異なることが予想される。本研究では、代表的な真空中の絶縁材料であるアルミナセラミックスや人工衛星に搭載されるアンテナ部に使用する熱制御材料などの表面抵抗率および体積抵抗率を大気中、真空中でそれぞれ測定し、その変化を調査した。

## 2. 実験装置・方法

表面抵抗・体積抵抗測定試験は大気圧から  $10^{-2}$ Pa 程度の真空環境下で測定可能な抵抗率測定容器を用いて in-situ で実験を行った。供試試料として、アルミナセラミックス、人工衛星のアンテナ部に使用される白色塗料、太陽電池パネルで使用される石英ガラス、ポリイミドフィルムを用いた。アルミナセラミックスは、製造メーカーおよび純度の異なる 2 種類の試料 (HA-95 : 純度 95%, YAS-998 : 純度 99.8%) を用いた。アルミナセラミックスの大きさは直径 23mm, 厚さ 5mm の円板形である。石英ガラスは、製造メーカーの異なる 2 種類のものを用いた。石英ガラス、ポリイミドフィルムは厚さ 0.1mm である。白色塗料は、製造メーカーの異なる無機系と Si 系の 2 種類のものを用い、アルミ板上に厚さ約 0.1mm に塗布したものを用いた。抵抗率測定用の電極は、文献(1)に示されている主電極、ガード電極、および対電極を真空蒸着または銀ペーストを施すことにより形成した。

実験は、まず抵抗率測定装置の容器内を大気圧にして測定を行った後、真空ポンプで排気して容器内を真空にして

から再び測定を行った。また表面抵抗率の圧力依存性を調べるため、試験容器内を大気圧にし、真空ポンプで  $10^{-2}$ Pa 程度の真空まで排気した後、He ガスを容器内に導入して圧力を大気圧まで戻し、その後容器内を大気曝露した。その間にいくつかのポイントで表面抵抗率測定を行った。このとき試料にはアルミナ HA-95 を用いた。

## 3. 実験結果および考察

表 1 に各試料の真空中、大気中の表面抵抗率を示す。ほとんどの試料の表面抵抗率は、大気中に比べて真空中において大きく増加した。これは真空中では試料表面に吸着している水分が脱離したためと考えられる。ポリイミドは大気中、真空中で表面抵抗率はほぼ変わらない結果となった。

図 1 にアルミナ HA-95 試料の容器内圧力と表面抵抗率の関係を示す。最初の大气圧条件下では図の一番右下の点で、表面抵抗率は  $9 \times 10^{13} \Omega$  であった。容器内圧力が  $1 \times 10^4$ Pa 以下になると表面抵抗率が  $5 \times 10^{16} \Omega$  でほぼ一定の値となった。 $10^{-2}$ Pa 程度の真空になると大気圧時に比べ表面抵抗

表 1 各試料の大気中、真空中における表面抵抗率 (100V 値、但しアルミナ HA-95、アルミナ YAS-998 は 500V 値)

試料	表面抵抗率 [ $\Omega$ ]	
	大気中	真空中
アルミナ HA-95	$9 \times 10^{13}$	$5 \times 10^{16}$
アルミナ YAS-998	$2 \times 10^{15}$	$1 \times 10^{16}$
白色塗料 A	$4 \times 10^9$	$9 \times 10^{11}$
白色塗料 B	$2 \times 10^{14}$	$5 \times 10^{15}$
石英ガラス A	$5 \times 10^{15}$	$2 \times 10^{16}$
石英ガラス B	$2 \times 10^{16}$	$> 2 \times 10^{17}$
ポリイミド	$2 \times 10^{16}$	$1 \times 10^{16}$

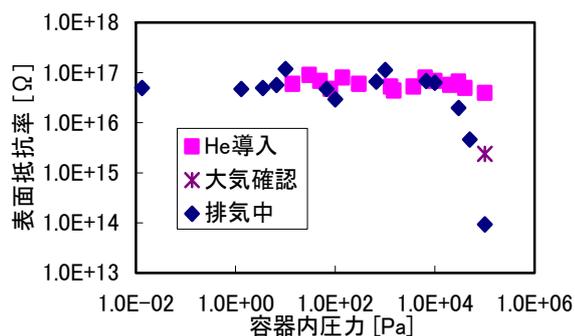


図1 容器内圧力と表面抵抗率の関係 (HA-95)

率が3桁ほど急増した。真空容器内にHeを導入し大気圧まで戻しても表面抵抗率はほとんど変わらなかった。その後大気を導入して容器内を大気圧に戻したところ表面抵抗率は $2 \times 10^{15} \Omega$ と低下した。このことから大気中の水蒸気が表面抵抗率に大きく関わっていると考えられる。再び大気を導入しても最初の大気の状態まで抵抗率が下がらなかったのは、試料表面の水蒸気の吸着量の違いによるためと考えられる。

表2に各試料の真空中、大気中の体積抵抗率を示す。体積抵抗率は真空中で大気中で白色塗料Aを除くすべての試料においてほとんど変わらない値となったが、白色塗料Aだけは大気中に比べ真空中では大きく増加した。図2に白色塗料Aの場合の容器内圧力と体積抵抗率の関係を示す。最初の大気圧条件下では図の一番右下の点で、体積抵抗率は $1 \times 10^7 \Omega m$ であった。容器内圧力が $1.3 \times 10^4 Pa$ まで減圧すると体積抵抗率が $1 \times 10^9 \Omega m$ に増加し、その後容器内圧力

表2 各試料の大気中、真空中における体積抵抗率

(100V値、但しアルミナHA-95、アルミナYAS-998は500V値)

試料	体積抵抗率 [ $\Omega m$ ]	
	大気中	真空中
アルミナ HA-95	$2 \times 10^{13}$	$2 \times 10^{13}$
アルミナ YAS-998	$2 \times 10^{13}$	$2 \times 10^{13}$
白色塗料 A	$3 \times 10^6$	$1 \times 10^{10}$
白色塗料 B	$2 \times 10^{10}$	$3 \times 10^{11}$
石英ガラス A	$2 \times 10^{12}$	$3 \times 10^{12}$
石英ガラス B	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{12}$
ポリイミド	$3 \times 10^{14}$	$2 \times 10^{14}$

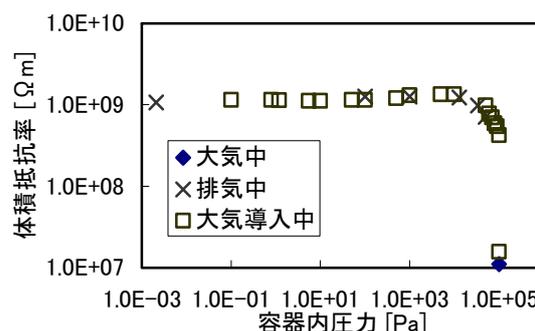


図2 容器内圧力と体積抵抗率の関係(白色塗料A)

を低下させても、体積抵抗率に変化は無かった。真空環境下では大気圧時に比べ体積抵抗率が2桁ほど急増した。その後、大気を導入して容器内圧力を増加させると、 $1 \times 10^4 Pa$ 以上から体積抵抗率に減少が見られ、さらに大気圧まで戻したところ、体積抵抗率は $2 \times 10^7 \Omega m$ となった。このことから白色塗料Aは大気圧に近い圧力で体積抵抗率に変化が起ることが確認された。白色塗料Aは真空中になると塗料の水分が抜けたり、塗料の状態に変化が起きたりしたことが予想され、試料周囲の環境の影響を受けやすいことが考えられる。

#### 4. まとめ

真空中および大気中において、各種絶縁体の表面抵抗率および体積抵抗率の測定を実施し、真空中において表面低効率が大きく上昇することが明らかになった。また、その上昇幅は絶縁体により異なることがわかった。一方、体積低効率は真空中においても大気中においても変化がないことがわかった。

#### 外部資金リスト

- ・科学研究費補助金：若手研究 (B)、「極限環境下における真空中の絶縁体表面の暗電流測定と実時間帯電測定」(19760191)平成19年度～平成21年度
- ・共同研究：宇宙航空研究開発機構、「衛星帯電・放電現象に関わる金属および絶縁体材料の光電子放出係数及び表面・体積抵抗の測定」研究代表者 小林信一、分担 山納康

#### 謝辞

本研究を進めるにあたりまして、独立行政法人情報通信研究機構から白色塗料の提供を受けましたことを、深く感謝いたします。

#### 文献

- (1) 電気学会電気規格調査会：「電気絶縁材料の絶縁抵抗試験方法通則 JEC-6148」, (2002)