

ISS-IMAP/EUVIの性能を維持するために 必要な真空排気頻度の検討

本間達朗¹、酒井恒一¹、小川源太郎²、
村上豪²、吉岡和夫²、吉川一朗²

¹東京大学理学部地球惑星物理学科 ²東京大学地球惑星科学専攻

1. 概要

我々は国際宇宙ステーションから超高層大気の観測を行うISS-IMAP(International Space Station - Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping)に搭載の極端紫外光撮像観測装置EUVI(Extreme UltraViolet Imager)の開発を行っている。EUVIはバンドパスフィルタ、反射鏡、検出器から構成される反射型望遠鏡である。その検出器であるMCP (Microchannel Plate) の検出効率を向上させるために、MCP表面に光電物質を蒸着する手法が広く用いられている。しかし、代表的な光電物質の多くは潮解性を持つため、MCPの製作から打ち上げまでの期間は真空中で保管する必要がある。総合試験や射場でのオペレーションの途中には真空ポンプを止めなければならない時間帯があるため、本研究ではMCPの検出効率を維持するために必要な真空排気頻度について検討した。

2. MCPとは

MCPとは、直径 $10\mu\text{m}$ 程度の非常に細い光電子増倍管を束にした極端紫外光の検出器である。図1はMCPの検出原理を表した図である。入射光はチャンネル内壁と光電効果を起こし、光電子を放出する。この光電子がMCPに印加された電場によって加速され、再び内壁と衝突することで複数の電子を放出する。この仕組みによってMCPは1つの入射光子に対して 10^3 個程度の電子を得ることが可能となる。

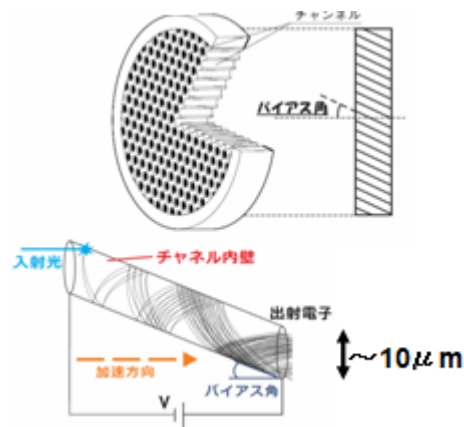


図1：MCPが極端紫外光を検出する原理の概念図

入射光とチャンネル内壁の光電効果によって放出された光電子が、内壁と衝突をすることで複数の電子を得ることができる。

MCPの検出効率は入射光とチャンネル内壁の光電効果による光電子放出率によって決まる。MCPの検出効率を向上させるためには、仕事関数が低く、光電子を放出しやすい光電物質を蒸着する手法が有効である（図2）。しかし、代表的な光電物質であるヨウ化セシウム、臭化バリウムなどのハロゲン化アルカリの多くは潮解性を持つため、蒸着後のMCPを大気中で保管すると性能の劣化が起きる。図3は大気暴露時間と相対的なMCP効率の変化を示したグラフである。MCPの性能を維持するためには、10Pa以下の真空中で保管する必要がある。

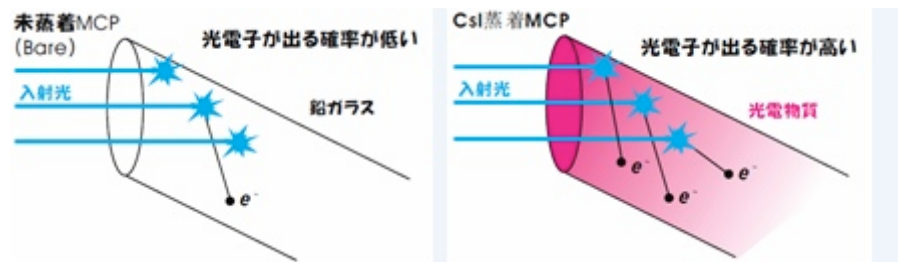


図2：光電物質蒸着によるMCPの検出効率向上の概念図

仕事関数の低い物質を蒸着することで光電子の放出率が増大し、MCPの検出効率が向上する。

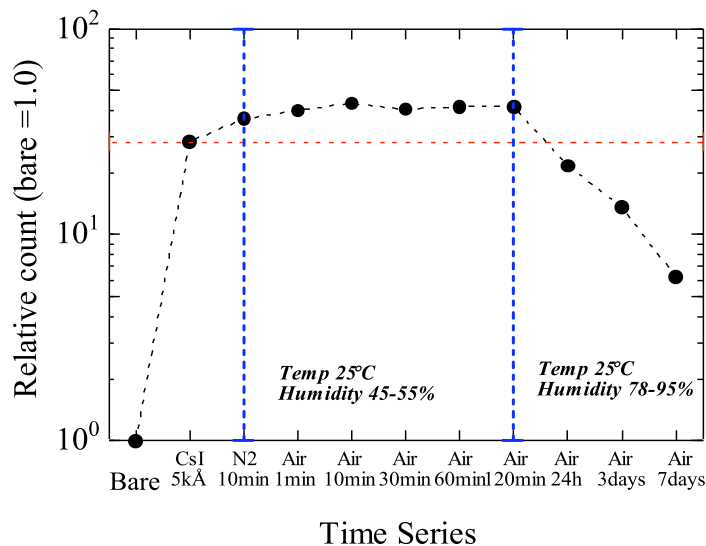


図3：ヨウ化セシウム蒸着MCPの大気暴露時間に対する相対的な検出効率
横軸は大気への暴露時間、縦軸は無蒸着MCPに対するヨウ化セシウム蒸着MCPの検出効率の比を表す。2時間以上大気に曝されるとMCPの性能は急激に劣化する。

3. EUVIを真空封じした際の真空度の変化の検討

EUVIは図4のように観測装置から直径40mm、長さ16mのパイプを通じて排気を行う予定である。EUVIのフライトアイテム中には10個のバイトンO-ringが含まれており、真空封じを行った際の真空度の低下は主にパイプ壁面とO-ringからの脱ガスが原因と考えられる。したがって、実験室において同等のO-ringからの脱ガス量を測定することでEUVIの真空度の変化を検討した。

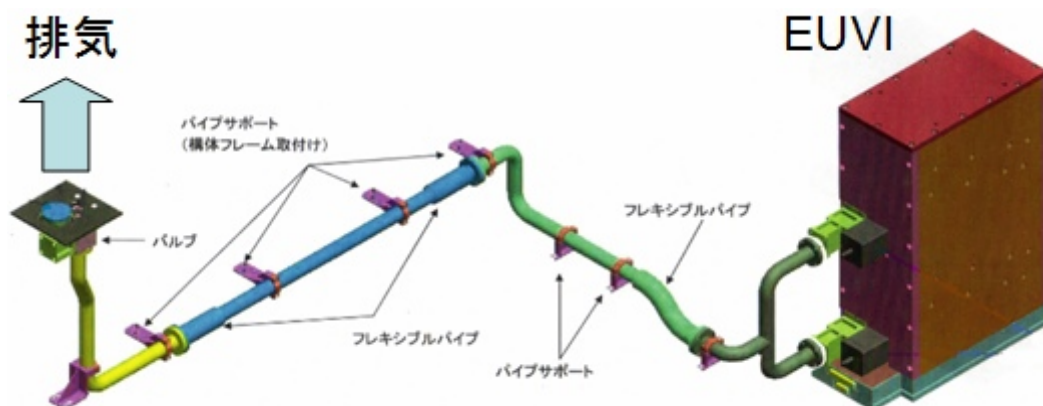


図4：EUVIのフライトアイテム
真空排気のために直径40mm、長さ16mのパイプと10個のO-ringが用いられる。

図5はO-ringからの脱ガス量測定装置の写真である。実験装置はオイルフリーの真空ポンプを用い、真空計とO-ring容器のみで構成した。装置全体を150℃で48時間のベーキングを行った後に真空封じを行い、真空度の変化を測定した。O-ringを入れた場合と入れない場合についてそれぞれ測定を行い、その差からO-ringの脱ガス量を見積もった。

図6はO-ringを入れない場合と10個入れた場合の真空度の変化を表したグラフである。このグラフのうち、図7のように4000~16000秒の傾きを用いて脱ガス量を計算した。O-ringを入れない場合の測定結果から、ベーキング後のパイプ壁面からの脱ガス量は非常に少なく、MCPの性能の劣化を引き起こす要因とはならないことがわかった。また、O-ringを10個入れた場合の測定結果からバイトンO-ring1つあたりの脱ガス量はおよそ $6 \times 10^{-8} [\text{Pa} \cdot \ell / \text{sec}]$ であることがわかった。これらの結果からEUVIの真空度がMCPの劣化を引き起こす10Paに到達するのはおよそ500日後であることがわ

かった。

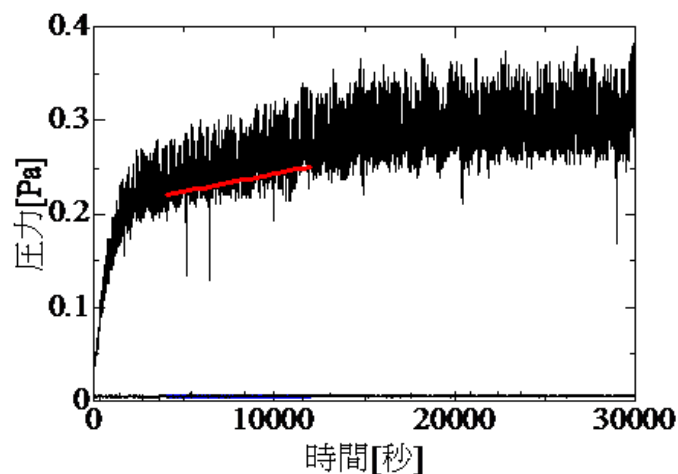


図6：真空封じを行った際の脱ガス量測定装置の真空度の変化

横軸は真空封じからの時間、縦軸は真空度を表す。青線がO-ringを入れない場合の真空度の変化、赤線がO-ringを10個入れた場合の真空度の変化である。

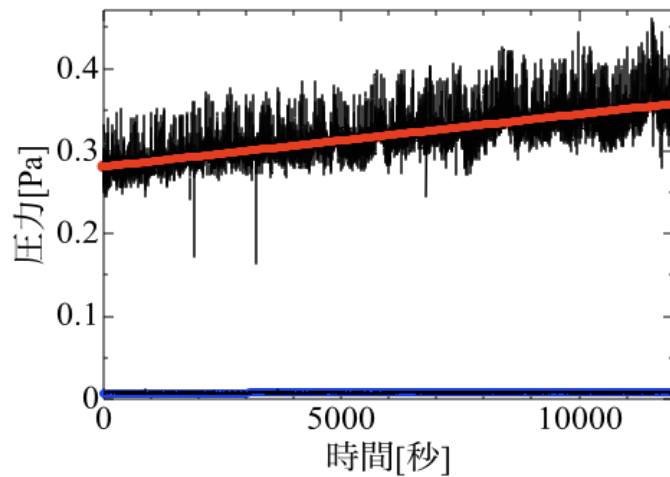


図7：真空封じを行った際の脱ガス量測定装置の真空度の変化
図6の4000～16000秒を抜き出したものであり、この部分の傾きを用いて脱ガス量を見積もった。

4. まとめ

ISS-IMAPに搭載するEUVIの検出器であるMCPの性能を維持するために必要な真空排気の頻度について検討した。真空度の低下の主な原因と考えられるパイプの壁面とバイトンO-ringからの脱ガス量を測定した結果、脱ガス量は非常に少ないことがわかった。したがって十分なベーキングを行うことで真空封じを行った場合でもMCPの性能は維持できることがわかった。