

# 空と宙



2006 | SEP./OCT.  
隔月刊発行  
EVERY OTHER MONTH  
ISSN 1349-5577 No. 14



ISSでのMPAC&SEED実験(P.1:©NASA)

## 研究紹介

宇宙をより身近にするための  
宇宙実験

どんな形の人工衛星にも  
ペタペタ貼れる太陽電池を

## 設備紹介

液体水素ロケットエンジン  
要素試験設備

## 横路散歩

国際宇宙ステーション (ISS)

## 空宙情報

公開研究発表会

「そら」の技術を身近に感じて

そらとそら

総合技術研究本部  
Institute of Aerospace Technology  
<http://www.iat.jaxa.jp/>

14

## 宇宙をより身近にするための宇宙実験

### 国際宇宙ステーションでの「微小粒子捕獲実験」と「材料曝露実験」

#### 経年変化を調べる世界初のMPAC&SEED実験

2001年10月から2005年8月までの約4年間、国際宇宙ステーション(ISS:P.6「横路散歩」参照)を利用して、「微小粒子捕獲実験(MPAC実験)および材料曝露実験(SEED実験)」を行いました。

人類が宇宙へはじめて人工衛星を打ち上げてから、もうすぐ50年が経とうとしています。その間にたくさんの人工衛星が打ち上げられ、天気予報や放送・通信の世界などで利用されており、意識はしていませんが宇宙は身近なものになっています。しかし、宇宙空間は地球上とは環境が大きく異なるため、人工衛星などの宇宙機や私たちの身体にどのような影響を及ぼすのか、よく分かっていない部分も多く残されています。より有効に宇宙を利用するためには、宇宙空間での実験が欠かせません。MPAC実験や

SEED実験は宇宙を利用する上で重要な実験と考えられているため、これまでも各国が行ってきました。

今回の実験では、微小粒子を捕らえるための材料や、宇宙機に使われている様々な材料や部品をまとめて搭載した実験装置を3式用意しました。各実験装置は同時に宇宙空間にさらし、一定の期間毎に1式ずつ回収しました。このような経年変化を調べる実験を行ったのは世界ではじめてのことです(図1)。



実験装置(左:表面、右:裏面)



ISSでの実験の様子

図1 実験装置外観および実験の様子

#### 「MPAC実験」と「SEED実験」

・MPAC実験—まずは微小粒子の情報収集—

宇宙空間、特に人工衛星が周回している地球軌道上には、打ち上げ時のロケットの残骸や不要になった人工衛星などの「スペースデブリ(デブリ)」が漂っています。デブリが運用中の衛星に衝突すると、衛星を破壊してしまう恐れがあるため、その存在は問題となってきています。問題視されているデブリは大きさが1cm以上のものですが、それよりも小さい

デブリや、隕石のかけらなどの天然由来の微小粒子であるマイクロメテオロイドなどの衝突でも、何度も繰り返されることにより徐々に宇宙機の表面を劣化させていく可能性があります。そのため、微小粒子の情報を集めることは重要です。今回のMPAC実験の大きな目的は、宇宙ステーションに飛来してくる微小粒子の「成分」や「量」などの情報を集めることでした。



部品・材料・機構技術グループ

・SEED実験—材料や部品の劣化を調べる—

地上の建築物が雨風にさらされて風化するように、宇宙空間にある構造物もその環境により劣化してい

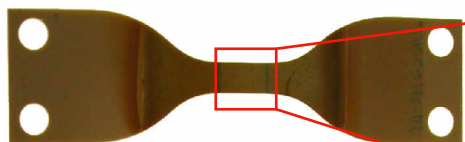
きます。SEED実験の目的は、宇宙機に使用される材料や部品の宇宙空間での劣化の様子を調べることでした。

劣化は曝露期間に比例しないこともある

宇宙機を劣化させる原因のひとつに原子状酸素が挙げられます。よく、「宇宙は真空(物質の何も無い状態)」と言われますが、ISSの周回している高度約400kmには、微量の酸素が原子の状態で存在しています。ISSは秒速8kmという超高速で移動しており、そこに原子状酸素がぶつくと大きなエネルギーが発生し、ISSの表面が少しずつ削り取られて劣化してしまいます(図2)。今回の実験の前に行った地上実験により、原子状酸素による劣化は曝露期間に比例して進むと考えていました。しかし、実験装置を全て回収して劣化の様子を調べたところ、原子状酸素による劣化は曝露期間に比例せず、徐々に抑えられていくことが分かりました。

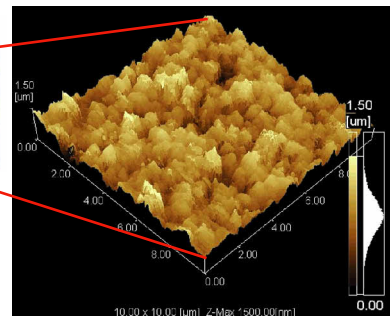
劣化が抑えられる理由は、ISSから放出されるガスが試料に付着してコンタミネーション(コンタミ)となっているからだと推測されます。

水を入れたコップを置いておくと自然とその水が蒸発していくように、宇宙空間にさらされた宇宙機表面からは徐々にガス状の分子が放出されていきます。このガス状の分子はアウトガスと呼ばれ、放出後しばらくは宇宙機のそばにただよっており、計測センサーやカメラ、太陽電池パネルなどに再付着してコンタミとなり、機器の感度や性能を劣化させるという問題を起こします。今回の実験では、実験装置表面に付着したコンタミも観察され、これがバリアーの機能を果たし、原子状酸素による劣化を抑えることが分かりました。



ポリイミドフィルム

ポリイミドフィルムは耐熱性、耐放射線性、耐紫外線性に優れ、人工衛星の断熱材などとして宇宙空間で活躍しています。しかし、原子状酸素に対する耐性は低いという難点も持ち合わせています。



※1 μm(マイクロメートル)=0.001mm

図2 原子状酸素により劣化したポリイミドフィルム

日本実験棟「きぼう」での実験を目指して

現在は、最後に回収した3式目の実験装置の解析を進めると共に、日本の実験棟「きぼう(JEM)」でもMPAC&SEED実験を行うべく準備を進めています(図3)。

今回の実験は、ISSの進行方向に対して最後部に位置するロシアのサービスモジュール(SM)にて行いました。これに対してJEMは、2007年より3回に分けて打上げられ、ISSの最前部に設置されます。JEMからSMまでは約73mの距離があり、ISSの最前部と最後部という環境の違いから、微小粒子の飛来数やコンタミが及ぼす影響が変わってくるのが予想されます。(広報係)

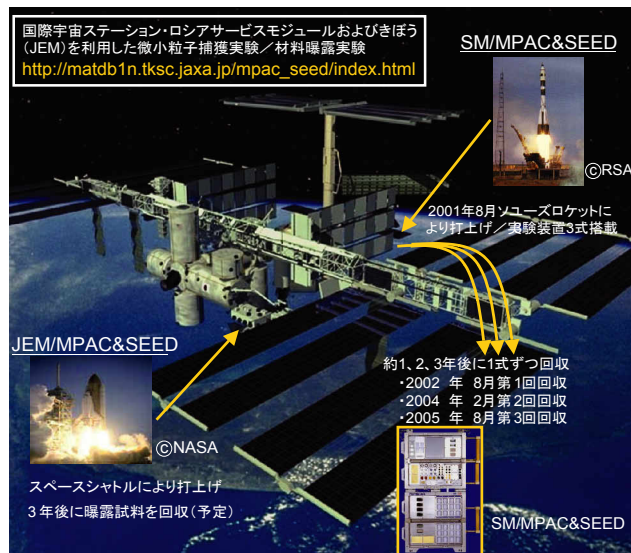


図3 ISSでの実験の概要

## どんな形の人工衛星にもペタペタ貼れる太陽電池を

### 軽くて柔軟性のある効率の高い太陽電池の研究

#### 宇宙でも太陽電池はメリットが大きい

環境問題が大きく取り上げられるなか、住宅や学校など、様々な場所で環境にやさしいエネルギー供給装置である太陽電池を眼にする機会が増えてきました。太陽電池は、太陽の「光」を「電気」に変換する発電装置です。屋根などの日当たりの良い場所に設置し、発電を行います。1958年に打ち上げられた人工衛星、エクスポローラー1号(アメリカ)に搭載されて以来、太陽電池は宇宙でも活躍しており、現在ではほぼ100%の人工衛星や、国際宇宙ステー

ション(ISS:P.6「横路散歩」参照)などに搭載されています。

人工衛星の太陽電池は、自動車のエンジンといったところでしょうか。自動車はエンジンを働かせるために燃料となるガソリンを積んでいます。太陽電池が必要とするのは太陽の光だけなので、人工衛星は燃料を積む必要がありません。また、エンジンのような駆動部分も無いため、故障などのトラブルがほとんど起きないという特長もあります。

#### 軽くするために薄い太陽電池を使えないか？

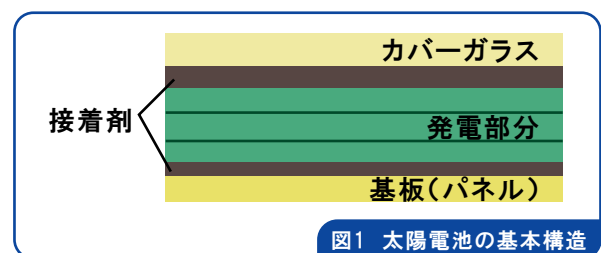
人工衛星は、ロケットによって宇宙空間へ運ばれます。重力に逆らって宇宙まで行くわけですから、小さくて軽いことが望まれます。搭載される太陽電池も例外ではありません。

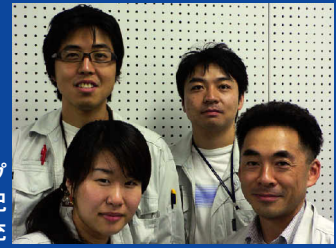
10年ほど前、「3接合太陽電池」と呼ばれる太陽電池がアメリカで開発されました。太陽の光を電気に変換する効率のことを「変換効率」といいますが、これまでのシリコン製太陽電池の変換効率が17%ほどだったのに対し、Ⅲ-V族化合物半導体という物質を使ってつくられている3接合太陽電池は25~30%の値を示します。この3接合太陽電池は現在日本でもつくられています。我々は、3接合太陽電池の高効率性を保ったまま軽量化を図ることを目標に、昨年度より研究を開始しました。

「軽くするためには薄くすればよい」ことは以前か

ら分かっているのですが、実際に薄くする技術は確立されていませんでした。しかし、シャープ株式会社(日本)が3接合太陽電池を薄くする技術を開発したため、その技術を宇宙用太陽電池に応用できるのではないかと考えて研究をはじめました。

太陽電池の基本構造は、図1のようになっています。3接合太陽電池は発電部分を3枚重ねた構造をしています。これに対して、我々の薄型太陽電池は1枚少ない2接合太陽電池です。1枚減らしても高い変







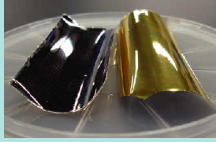
電源技術グループ  
 (後列左から)川北史朗、島崎一紀  
 (前列左から)森岡千晴、今泉充

換効率を保つよう設計したのですが、昨年度に試作した太陽電池は変換効率が20%程度でした(表1)。

しかし、薄くしたことで軽量化以外のメリットが出てきました。竹は硬くて丈夫なため素手で曲げることは困難ですが、竹を細く割って竹ひご状にすると、柔軟性が出てきて簡単に曲げることができます。太陽電池でも同じことが起こります。太陽電池は硬くて割れやすいため、普通は丈夫な基板(パネル)に貼り付けられて板状になっています。しかし、薄型化したことで柔軟性が出て割れにくくなりました。その

ため、やはり軽くて柔軟性のある薄型パネルを使うことで、曲面構造へも割れたり剥がれたりすることなく太陽電池を貼り付けられ、使用の幅が広がると考えられます。

表1 各太陽電池の性能比較

	従来品 (シリコン製)	3接合太陽電池	薄型2接合太陽電池
変換効率	17%	25~30%	20%(昨年度試作品) 25%(今年度目標値)
1セル※の重量	1.6g	3.2g	0.9g
厚み	0.1mm 	0.15mm 	0.01mm 

※セル 太陽電池の最小単位

## 変換効率25%を目指して

昨年度に試作した太陽電池の変換効率は20%だったと述べましたが、今年度は改良を加え、25%の変換効率を目指して研究を進めています。

薄型2接合太陽電池の適用をまず考えているのは、ISSへの物質補給船としてJAXAが開発した宇宙ステーション補給機(HTV)です。HTVは円筒形をしており、その側面には3接合太陽電池が貼り巡らしてあります(図2)。軽くて柔軟な太陽電池は、HTVの様な形状に最適です。HTVの太陽電池を全て薄型2接合太陽電池にすれば、従来よりも約20kgの軽量化が図れます。その分、多くの荷物を積み込めるため、

物質補給の仕事をより効率的に行うことができるようになります。(広報係)

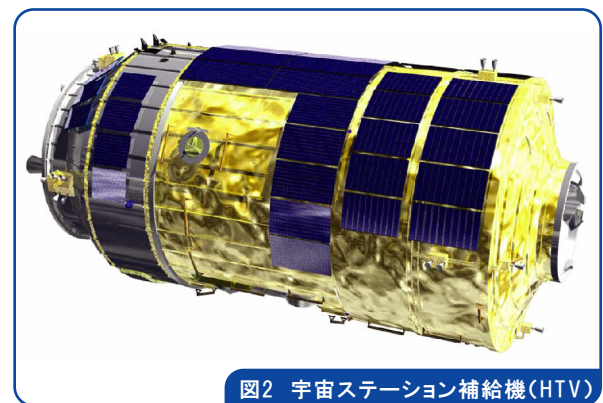


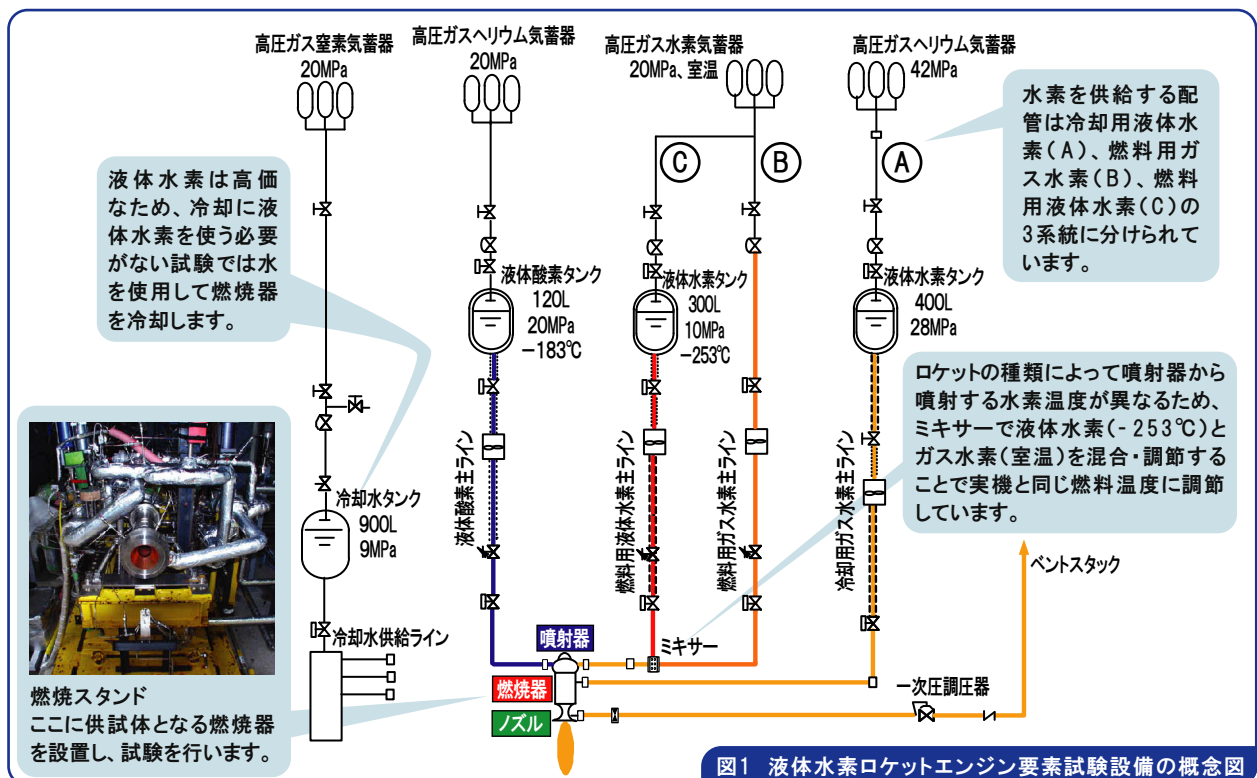
図2 宇宙ステーション補給機(HTV)

## 液体水素ロケットエンジン要素試験設備

液体水素ロケットエンジン要素試験設備とは、液体ロケットのエンジン燃焼器の燃焼試験を行うための設備です。1980年代後半に活躍したH-Iロケッ

トの2段目エンジン(LE-5)の燃焼器を研究・開発する目的で、1976年に完成しました。

図1に設備の概念図を示します。



この設備では、JAXAがこれまでに開発してきた液体水素ロケットエンジンの研究や、エアロスパイクエンジンなどの様々な先進的なエンジンの研究を行ってきました。

現在は、次期基幹ロケットエンジンの高信頼化、低コスト化、高性能化を目指す研究を進めています。合わせて、高い技術力が必要な先進的なエンジンの研究も進めており、技術データの蓄積と体系化を図っています。

今年の6月には、JAXA宇宙科学研究本部が研究を進めている再使用型垂直離着陸機のエンジン燃焼器の試験を行いました(図2)。

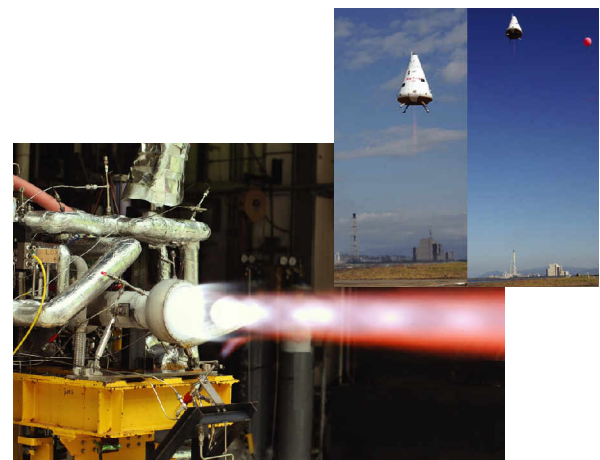


図2 再使用型垂直離着陸機(右)エンジン燃焼器試験の様子(左)

## 国際宇宙ステーション(ISS)

1957年に人類がはじめて宇宙へ人工衛星を打ち上げて以来、私たちは少しずつ宇宙を身近なものにしてきました。現在では、高度約400kmの地球軌道に、常時2～3名の人類(宇宙飛行士)が暮らしています。

宇宙飛行士が暮らす場所は、国際宇宙ステーション(ISS:図1)です。ISSは、アメリカ、日本、カナダ、ヨーロッパ諸国、ロシアの15ヶ国が参加し、2010年の完成を目指して宇宙空間に建設中の多目的有人宇宙施設です。完成すると108.5m×72.8m、サッカーのフィールドと同じぐらいの大きさになります。1棟の住居モジュールと5棟の実験モジュールからなり、地球と同じように過ごせるよう空気が供給されています。ISSでは、地球上とは異なる特殊な環境(微小重力環境、高真空環境など)での実験や研究を長期間行うことができ、得られた成果は、地上での生活や産業などに役立てられています。最近では、観光スポットのひとつとしても認識されはじめています。

JAXAではISSの実験モジュールとして、我が国初の宇宙空間での有人活動施設「きぼう(JEM:図2)」を開発しました。「JEM」は、「船内実験室」と「船外実験プラットフォーム」というふたつの実験スペースで構成されています。船内実験室では、主に微小重力環境を利用した実験を行います。ここでは宇宙飛

行士は宇宙服を着る必要がないため、身軽な格好で実験を行うことができます。船外プラットフォームは宇宙空間に直接さらされており、宇宙環境をそのまま実験に利用できます。実験は、宇宙飛行士が操縦するロボットアームにより行います。「きぼう」は2007年より3回に分けて打ち上げられる予定です。

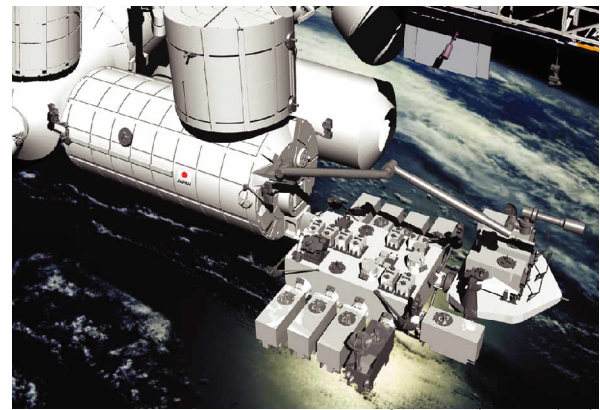


図2 ISSに取り付けられたJEM(イメージ図)

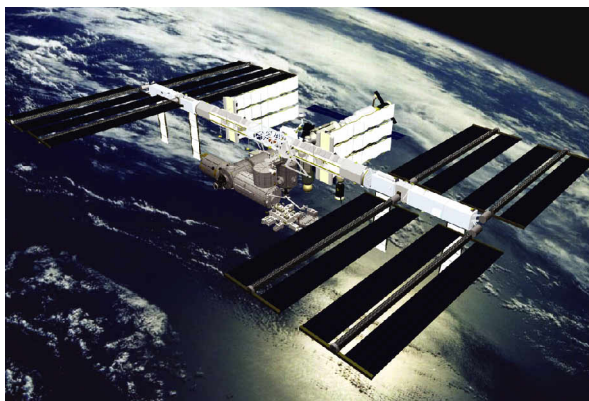


図1 ISS(イメージ図)

1971	世界初の宇宙ステーション「サリュート1号」地球軌道に投入(旧ソ連)
1984	アメリカの呼びかけによりISS計画はじまる
1985	日本、カナダ、ヨーロッパ諸国がISS計画に参加
1993	ロシアがISS計画に参加
1998	最初の構成パーツが打ち上げられる
2001	世界初の宇宙旅行者がISSに滞在
2007	JEM打上げ(予定)
2010	ISS完成(予定)

### 参考文献

『一冊で宇宙と地球のしくみをのみこむ本』 監修・縣秀彦  
企画協力・NASDA文庫研究会 東京書籍

### 参考ホームページ

JAXA <http://www.jaxa.jp/>

## 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 平成18年度 総合技術研究本部・航空プログラムグループ 公開研究発表会

### 開催案内

**日 時** 2006(平成18)年10月11日(水) 10:00~17:15  
**場 所** みらいCANホール  
 東京都江東区青海2丁目41番地 日本科学未来館7階

### プログラム

#### 特別講演

13:00  
\$  
14:00  
システムメーカーから見た衛星開発 (ALOS)  
NEC東芝スペースシステム株式会社  
独立技術評価室 技師長 市川憲二 氏

#### 総合講演

10:05  
\$  
10:40  
総合技術研究本部並びに  
航空プログラムグループの最近の活動

**一般講演** 10件  
**研究発表(口頭)** 9件  
**研究発表(展示)** 30件

- ◆事前登録は必要ありません。聴講は無料です。
- ◆プログラムの詳細は当本部のホームページをご覧ください、お問い合わせください。

### お問合せ先

宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 広報  
 TEL.0422-40-3960 FAX.0422-40-3281  
<http://www.iaat.jaxa.jp/>

### 会場への交通案内

#### 日本科学未来館

東京都江東区青海2丁目41番地

#### 電車

- 新交通ゆりかもめ(新橋駅~豊洲駅)  
「船の科学館駅」下車、徒歩約5分  
「テレコムセンター駅」下車、徒歩約4分
- 東京臨海高速鉄道りんかい線(新木場駅~大崎駅)  
「東京レポート駅」下車、徒歩約15分

#### 路線バス

- JR浜松町駅より  
虹01(浜松町駅~国際展示場前駅)「日本科学未来館前」下車、徒歩約1分
- JR品川駅より  
波01出入(品川駅東口~東京ビックサイト)「日本科学未来館前」下車、徒歩約1分
- 東京メトロ東西線門前仲町駅、有楽町線豊洲駅より  
海01(門前仲町~東京レポート駅前)「日本科学未来館前」下車、徒歩約1分

