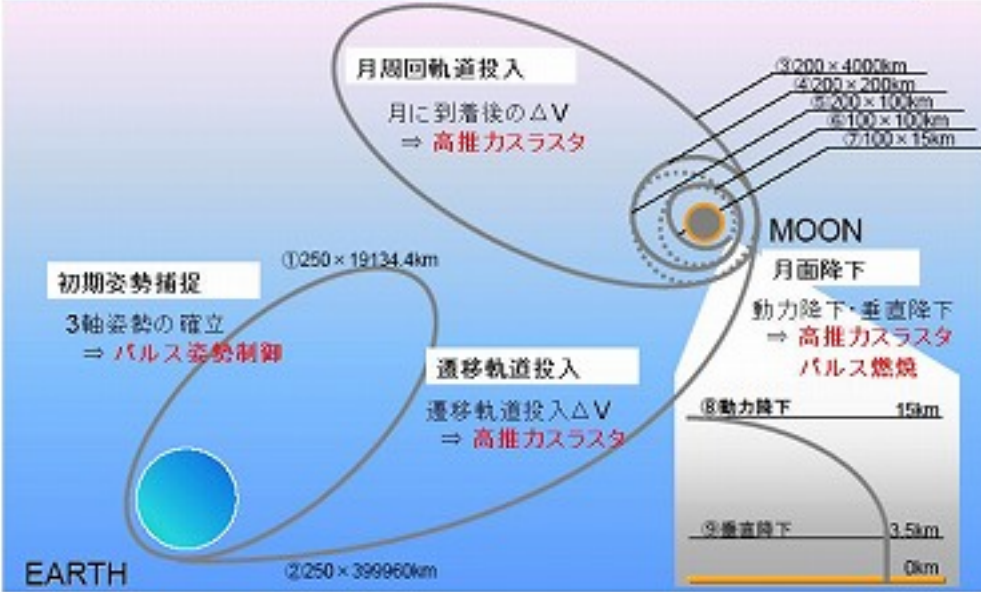


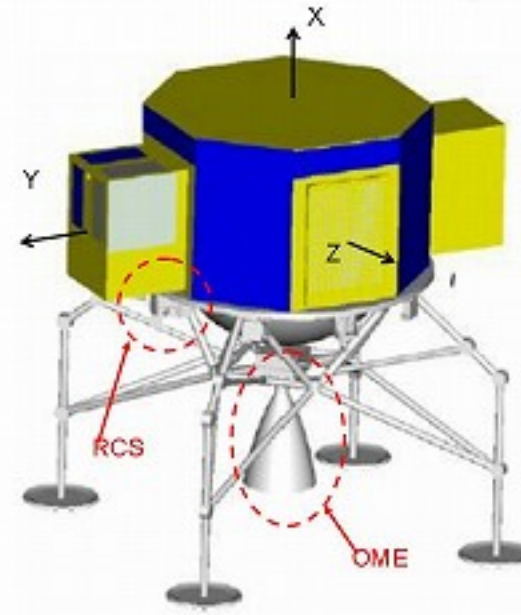
○中塚潤一, 澤井秀次郎, 佐藤英一 (JAXA/ISAS), 森島克成, 古川克己, 松尾哲也 (三菱重工長崎造船所)

## SLIM推進系の役割

ロケットから分離後、主に月までの軌道変換・着陸するための力を発生させる



## 推進系の構成



### RCS (Reaction Control System)

2液推進系(燃料: Hydrazine, 酸化剤: MON-3)  
軌道変更, 姿勢制御に使用  
・20N級スラスタ: 構体の頂点に計8個搭載  
+X方向(4基), [YZ平面内で45° キャント(4基)]

### OME (Orbit Maneuvering Engine)

2液推進系(燃料: Hydrazine, 酸化剤: MON-3)  
大きな軌道変換, 着陸時に使用  
・500N級スラスタ: 構体-X側に1個搭載  
+X方向に推力を発生

## 推進系質量見積り

酸化剤(MON-3):	151.0kg
燃料(ヒドラジン):	188.5kg
高圧ガス(He):	0.7kg
推進系ドライ質量:	52.4kg

衛星質量の大部分を燃料が占める

推進系を高性能化・軽量化する必要がある

## 搭載推薬量検討の前提条件

打上げを想定しているロケットでは  
衛星質量要求が400kg程度になる

衛星質量	: 428[kg]
必要ΔV量	OME: 4379.1 [m/s] RCS: 140.0[m/s]

## 高性能化案1: タンクの軽量化

燃料・酸化剤タンクを一体構造としてタンク個数を低減化

## 高性能化案2: スラスタの高性能化

RCS, OMEの性能(比推力)を向上させて搭載推薬を低減化

## 燃料・酸化剤一体型ブローダウンタンクの開発

- メリット
- 一体型タンクを重心軸上に配置 ⇒ 重心オフセットの緩和
  - 燃料と酸化剤を膜で保持 ⇒ 着陸時急な加速度の変化に対応

しかし、燃料と酸化剤の混合 ⇒ 燃焼反応

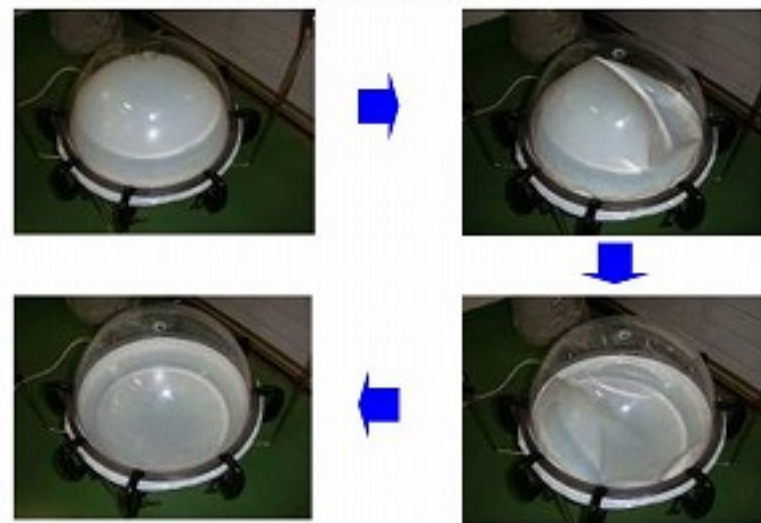
確実な分離が必要

課題: 燃料と酸化剤の両方に対して  
使用できる気液分離膜の開発

ダイヤフラムの成型 + ガスバリア性を有する金 ⇒ 変性PTFEへの金メッキ

### 変性PTFEの成型性の検証

成型した変性PTFEをガス圧により作動させた



- 試験装置: アクリル製模擬タンク
  - 作動方法・回数: ガス加圧・真空排気で30回作動
- 健全性を確認

変性PTFE膜への金メッキ  
無電解Niメッキを下地として金メッキする技術を開発

メッキした材料に2つの試験を実施

繰り返し曲げ試験  
Φ10のアクリル棒に表面・裏面にそれぞれ100回の巻き付け試験を実施



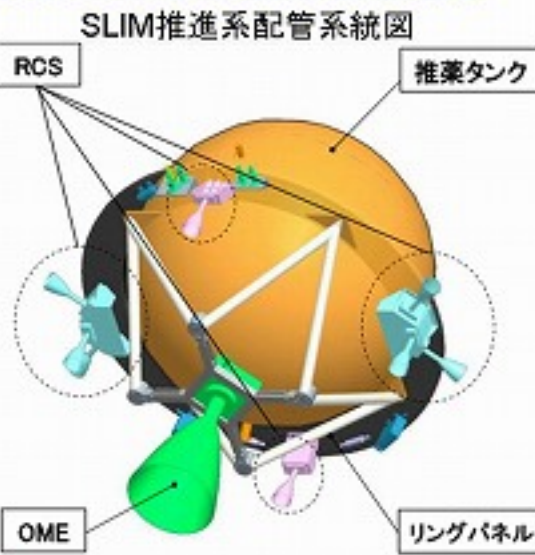
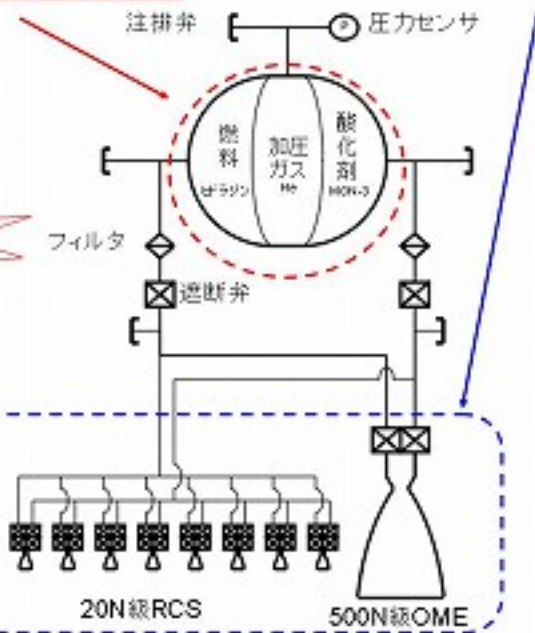
メッキの追従性ならびに剥離しないことを確認した

硝酸浸漬試験  
繰り返し曲げ試験後、常温で72時間の硝酸浸漬試験を実施



メッキのピンホールから硝酸が浸漬し、下地のNiを侵した

変性PTFEに直接金メッキを実施する手法を開発



## SLIM推進系の配置

## まとめ

### 燃料・酸化剤一体型タンクの開発

- 変性PTFEへの金メッキ性 ⇒ 材料選定を行い、メッキ手法改良中を実施中
  - 変性PTFE膜の成型 ⇒ 成型したダイヤフラム膜の動作試験で健全性を確認した
- 2つの新規開発項目の技術を統合して開発を進める

### 2液推進系の高性能化

- セラミックスラスタの特性を活かした改良 ⇒ 燃焼温度の上昇に伴って、Ispも大幅に向上した。
- 搭載推薬量の低減化  
RCSのセラミックスラスタ化による性能向上も検討する。

## 2液推進系の高性能化

2液推進系としてセラミックス(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)を使用したセラミックスラスタ  
従来多く用いられてきたNb合金+SiO<sub>2</sub>系コーティングに対するメリット

- 耐熱温度上昇
- 耐酸化コーティング不要
- 国産技術化
- 高比推力化・冷却用の燃料低減
- 高寿命化・運用性向上
- 高信頼性・低コスト化・開発期間の短縮

2液推進系の高性能化 ⇒ 比推力(Isp)の向上

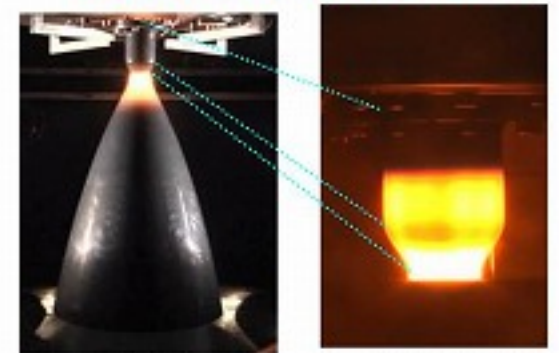
### Isp向上策

- 案1)より効率的な燃焼 ⇒ 高温燃焼となる
- 案2)ノズルを長くする ⇒ 着陸機では不適

課題: ノズル全長を抑える + 高Isp化

フィルムクーリング用燃料を削減 ⇒ 燃焼器が高温に曝される

セラミックスラスタの高耐熱性を活かす



燃焼試験の結果、性能向上がみられた

- ノズルの改良により燃焼温度が上昇
- ・Fc率の低減 ⇒ これまでの開発品よりもIspが大幅に向上

試験速報値ではIsp=330秒  
推薬質量を約4%削減可能

今後、SLIM推進系の設計に反映