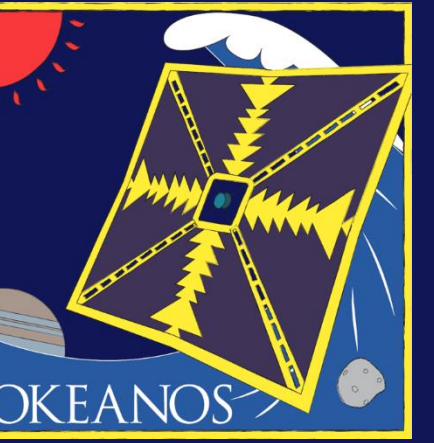


# P-130 OKEANOSの電力セイル、展開機構、高比推力イオンエンジンの研究開発状況



○松下 将典, 奥泉 信克, 西山 和孝, 森 治, 中条 俊大, 松本 純, 横田 力男, 豊田 裕之, 佐藤 泰貴, 加藤 秀樹, 田中 孝治, 中村 徹哉, 柴田優一, 中尾 達郎, 森 一之, 後藤 亜紀 (JAXA), 宮崎 康行 (日大), 古谷 寛, 坂本 啓, 松永 三郎 (東工大), 谷 義隆, 清水 裕介 (東大), 細田 聡史, 月崎 竜童, 神田 大樹 (JAXA)

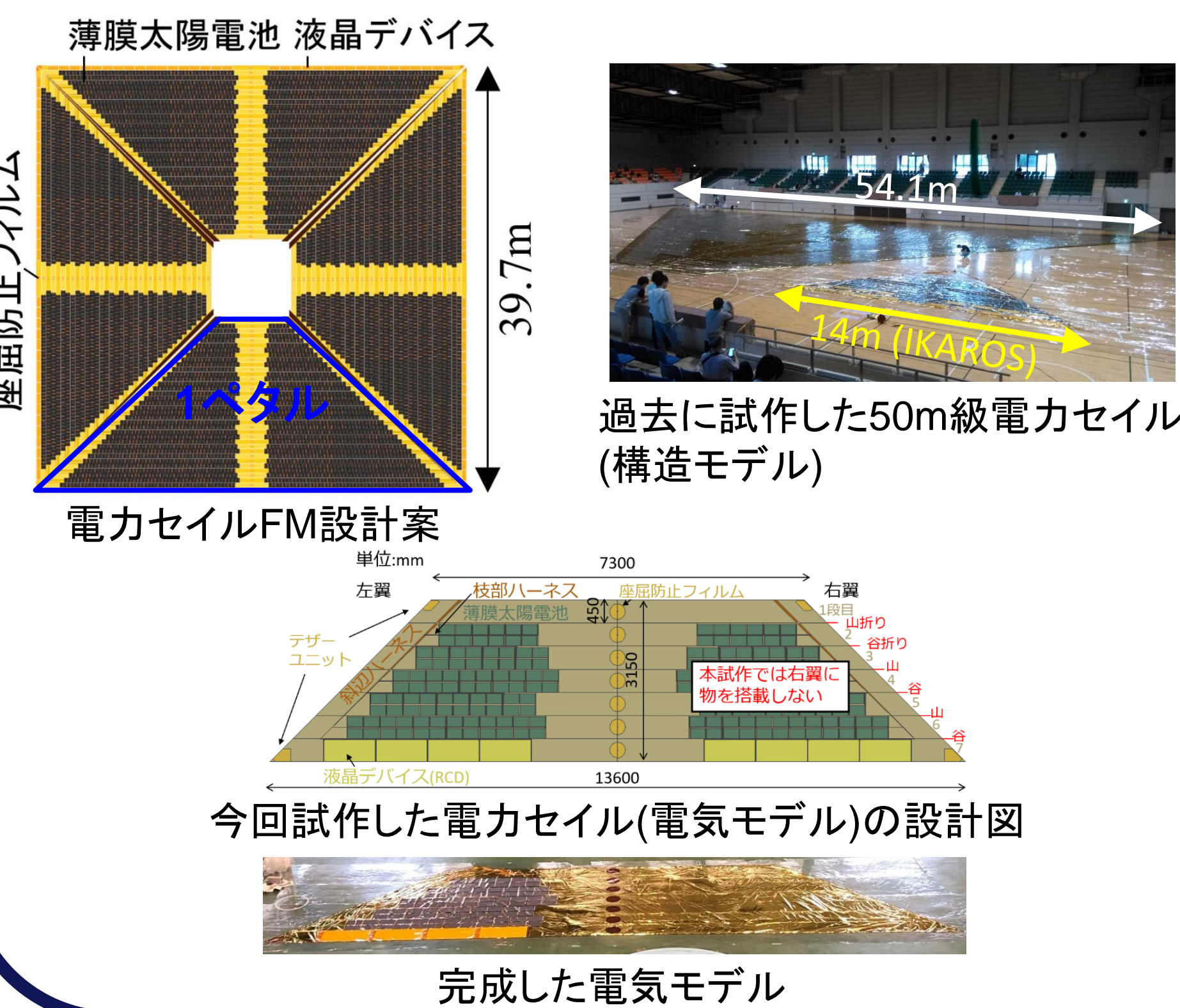
## 概要

ソーラー電力セイルOKEANOSプロジェクトの重要技術である電力セイル、展開機構、高比推力イオンエンジンの2018年度における研究開発状況について発表する。  
① 電力セイルについては主に電気モデル試作および評価試験を報告する。② 展開機構については主に地上試験・数値シミュレーションによる展開挙動や展張形状解析を報告する。③ 高比推力イオンエンジンについては主に大電流化・高電圧化の検討および耐久試験を報告する。

## 電力セイルの研究開発状況

### 概要

これまで、構造モデルとして50m級電力セイルを試作してきた。しかし、薄膜太陽電池などはPETフィルムで模擬しており、電力セイル全体としての電気的なハードウェア設計は未評価であった。そこで、薄膜太陽電池などを搭載した電力セイルの電気モデルを、新規開発の製作装置を用いて、約1/3スケールの14m級で1ペタル試作し、その製造工程と電気・機械的特性を評価した。

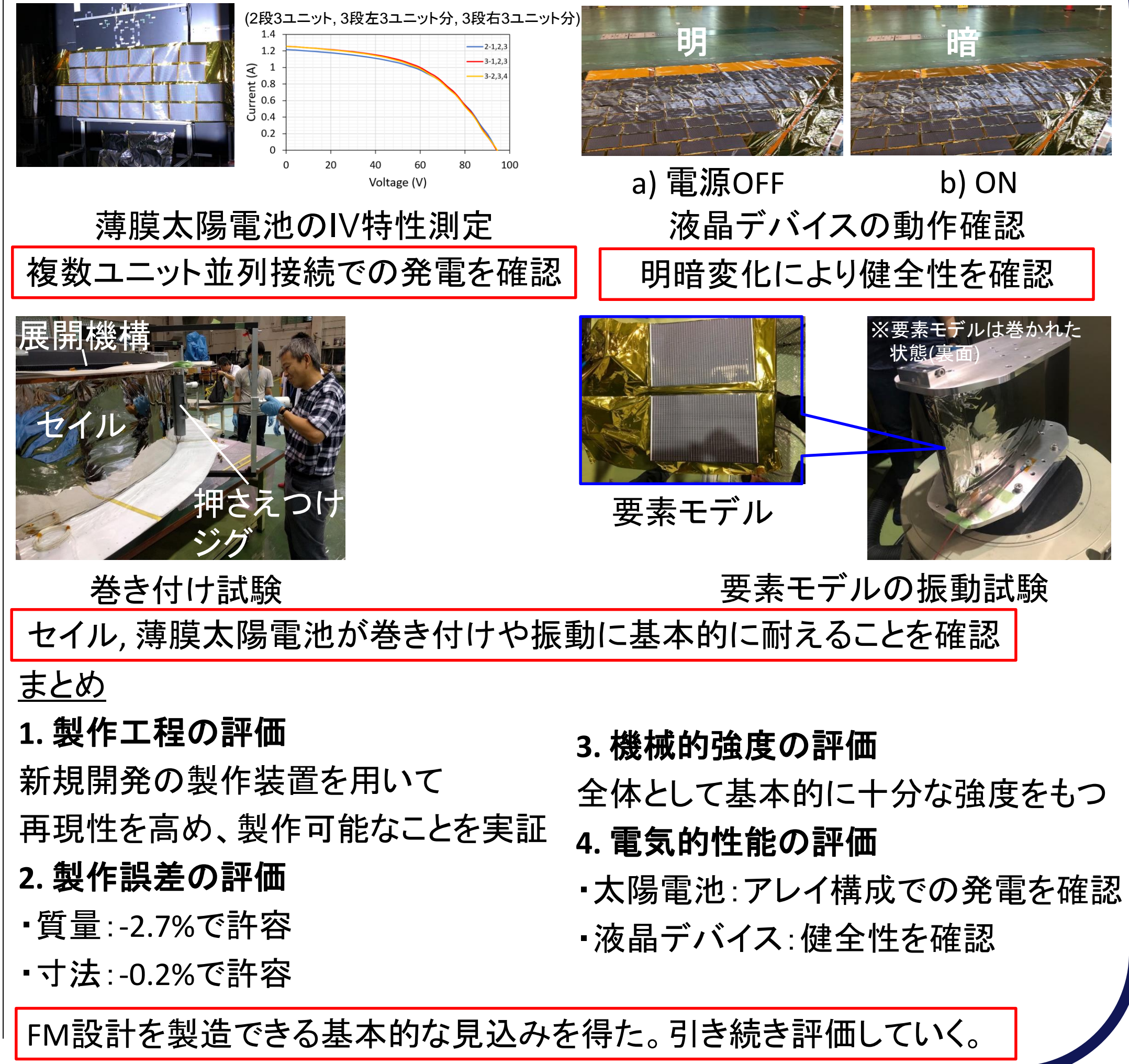


### 電気モデルの製作工程

新規開発の製作装置(折り目付け装置・ハーネス被膜剥がし装置・接着剤塗布装置・自動接着機)を用いて再現性を高めて、基本的な製作工程を定めた。



### 評価試験



## 展開機構の研究開発状況

### セイル展開機構全体

2018年度は、セイル展開機構全体(図1,2)の検討、特に先端マス保持解放機構とハーネス収納ケースの設計を行うとともに、セイル収納法、展開挙動、展張形状の検討を進めた。

### 先端マス保持解放機構

先端マスに磁気センサを搭載するための構造設計、先端マスが分離後に探査機に再接触しないため、分離速度・角速度が小さい分離機構の検討などを行っている(図3)。

### ハーネス収納ケース

セイルと探査機を接続する電気ハーネスが展張状態に影響しないように、折り癖を付けずにハーネスを収納する収納ケースを設計、試作し、繰り出し試験を行っている(図4)。

### セイル収納

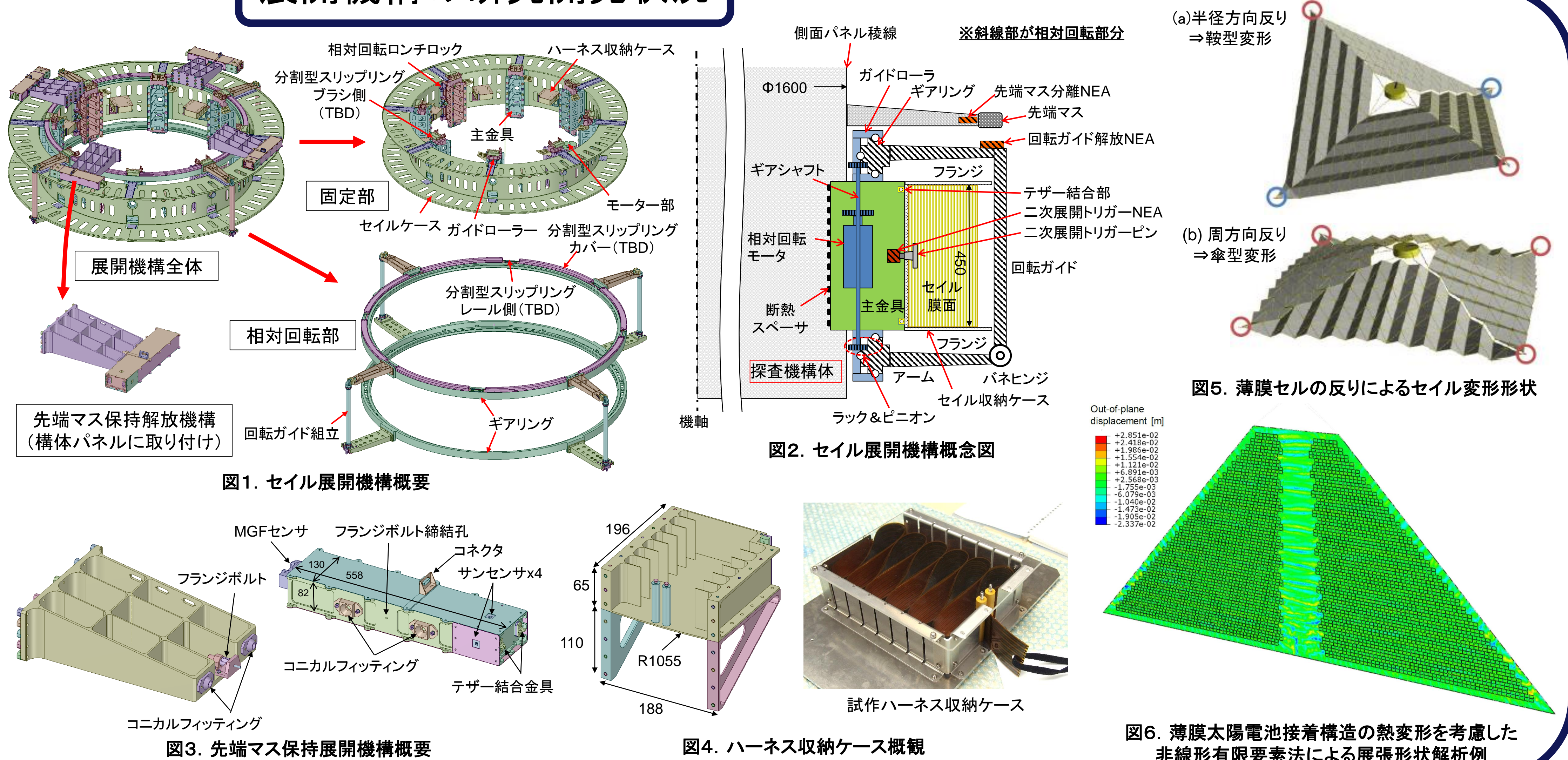
蛇腹折りされた膜面を巻き付ける時のしわ発生メカニズムの検討、これまでに開発した巻き付け位相を管理したセイル収納法「もこも巻き」の改良検討などを進めている。

### セイル展開・展張

多粒子近似法による2次展開シミュレーションにより、展開挙動や膜面に作用する応力の解析を行っている。また、薄膜太陽電池の反りの方向に応じて展張形状は鞍型や傘型に変化するため(図5)、それらの形状に起因する太陽輻射圧トルクを比較している。また、非線形有限要素法解析によって、薄膜太陽電池の反りを抑制する接着法の最適化や展張形状解析を行い(図6)、セイル全体の構造設計を検討している。

### 今後の課題

他にも、セイル収納状態の耐振動性、2次展開トリガー機構の設計詳細化、張力を負荷したセイル巻き付け法、セイル外周へのマス追加、先端マス分離挙動など、多くの課題がある。



## 高比推力イオンエンジンの研究開発状況

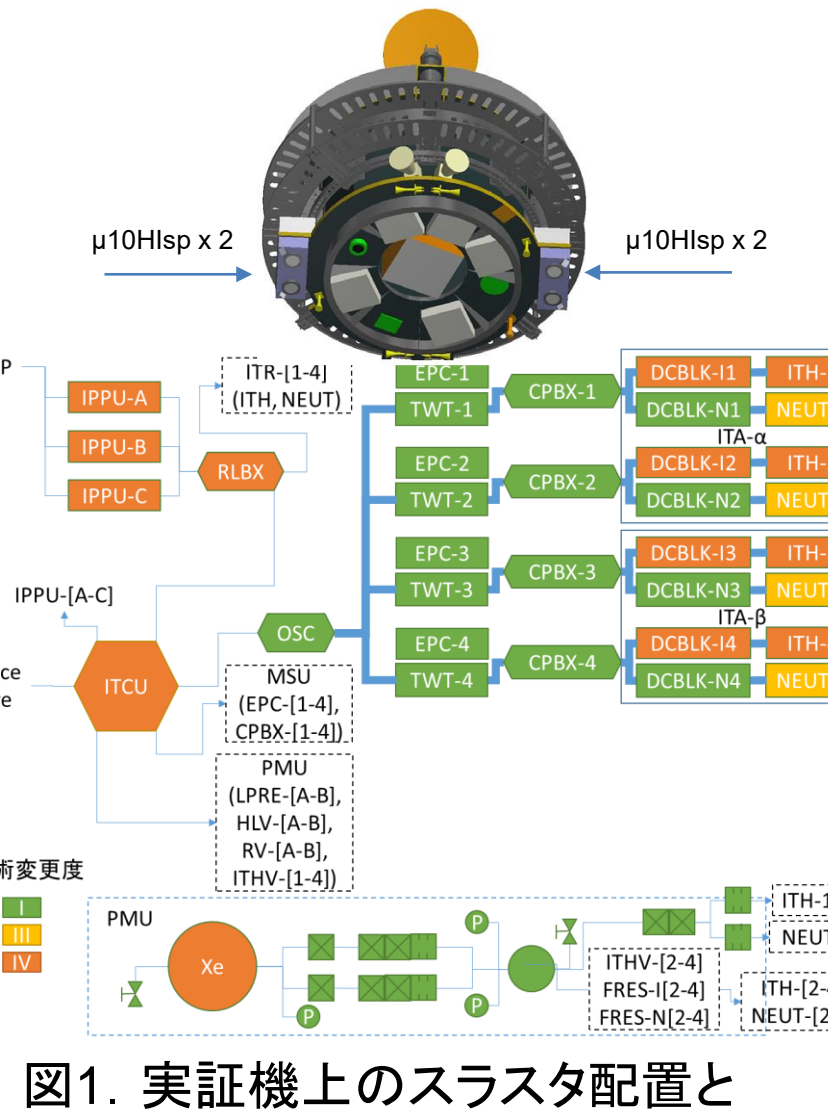
### 概要

世界最高の比推力約7000秒、単体推力25 mNを目標性能とした長寿命高比推力イオンエンジンμ10Hisp複数台からなる電気推進システムをソーラー電力セイル向けに開発中である。今年度もイオン源大電流化、中和器耐久試験に加え、国産高圧電源の部分BBMの試験と海外調達の実現性調査を継続実施している。  
イオンエンジンサブシステムの仕様  
現在想定されるイオンエンジン系の仕様(表1)とブロック図(図1)を示す。スラスタとマイクロ波電源を4式、イオン加速用の高圧電源を3式搭載し、最大で3台を同時運転するシステムである。キセノン流量調整による推力調整機能に加えて、5分ごとのスクリーン電圧の切り替えによる推力比1:0.9の選択機能を設け、10分周期の探査機スピンドル制御に用いる。



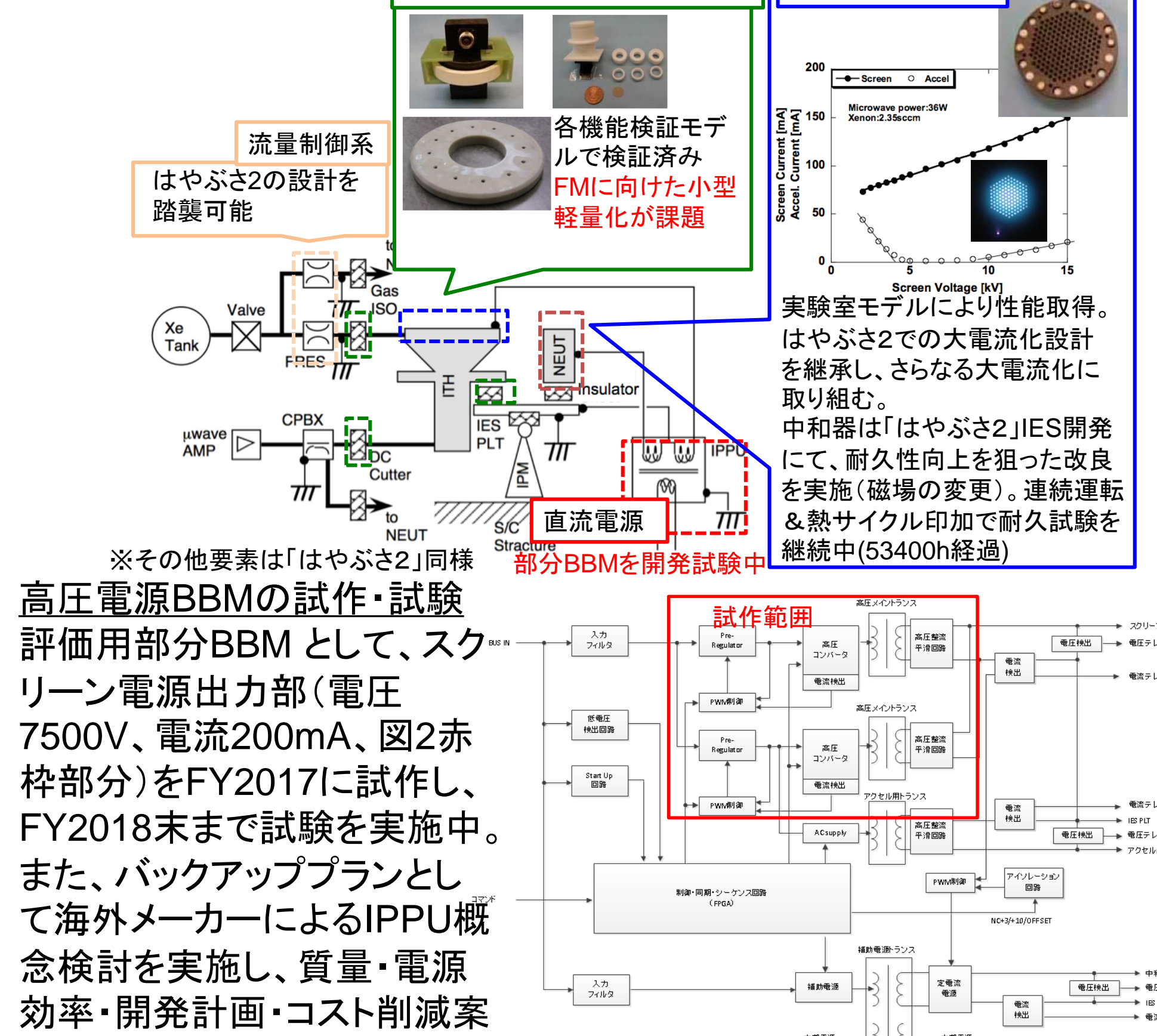
表1. OKEANOSイオンエンジンの仕様

	はやぶさ2	OKEANOS
スラスタ	μ10	μ10Hisp
運転(搭載)台数	3 (4)	3 (4)
合成推力@BOL (mN)	30	75
比推力@BOL (s)	3000	6800
最大電力 (W)	1250	5400
最大発熱 (W)	510	1000
サブシステム質量 (kg)	66	98
Xe搭載量 (kg)	66	115
探査機質量 (kg)	608.9	1400
増速 (km/s)	2	4.1



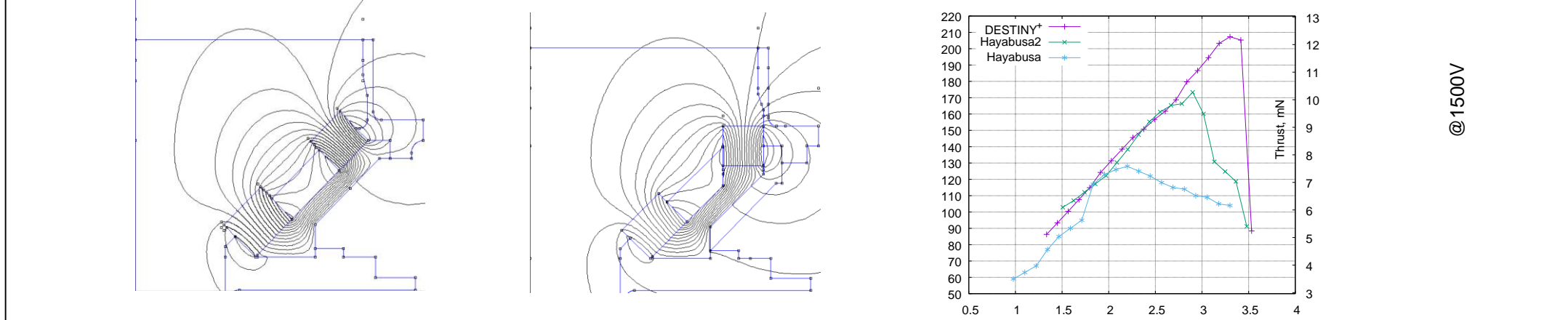
### 技術開発状況の概要

はやぶさ2から技術変更度の高い要素の基本的な試作・評価はインハウスで完了しているが、OKEANOSへの適用についてメーカーと共同での概念設計が今後必要。



### イオン源の大電流化・推力増強

従来の磁気回路(図3)では内周、外周磁石ともに排気速度・下流方向から45°傾けて磁化されていた。新たに外周磁石の磁化を下流方向に一致させる(図4)ことで推進剤利用効率はそのまま最大電流を170mAから200mAに増強(@ビーム電圧1500V)することに成功した(図5)。ガス絶縁器・配管改良後、ノミナルのビーム電圧7500Vにおける動作確認を実施中。



### 中和器大電流化と地上耐久試験

「はやぶさ2」用設計をそのままに、180mAから220mAに最大電流を変更して使用する。はやぶさ2EM中和器の耐久試験が航行中で、現在53400h経過している(図6)。42000h以降は大電流モードに設定変更して続行中(図7)。大電流モードが必須なEDVEGAフェーズの運転時間1.5年は間もなくこの耐久試験で実証される。

