

2013年1月17日 宇宙輸送シンポジウム

# 国産ホールスラスタへの期待

JAXA宇宙輸送ミッション本部  
宇宙輸送系システム技術研究開発センター

杵淵 紀世志

## Boeing wins contract for all-electric satellites

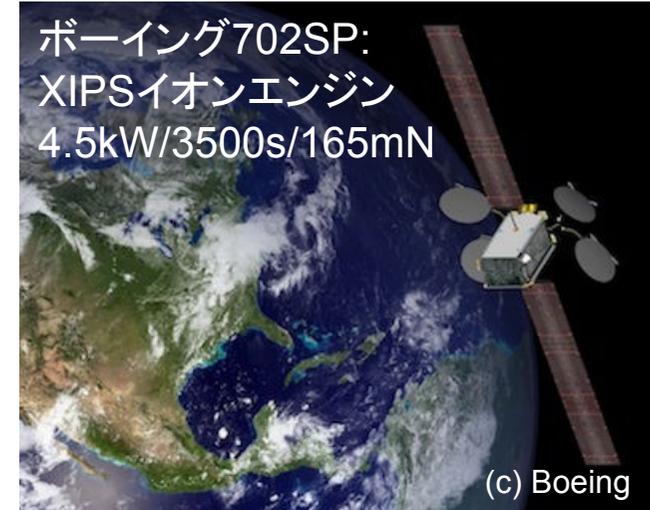
from Spacenews

Tuesday, March 13, 2012 - 16:00 in Physics & Chemistry

WASHINGTON (Reuters) - Boeing Co on Tuesday announced a four-satellite contract for a new "small platform" version of its 702 satellite that will be powered solely by electric motors - a technology breakthrough that Boeing said would help reduce costs in the highly competitive satellite market.



ボーイング702SP:  
XIPSイオンエンジン  
4.5kW/3500s/165mN



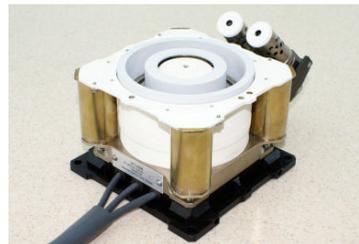
(c) Boeing

## Europeans Vow To Check Boeing Advantage in All-electric Sats

May. 11, 2012

BORDEAUX, France — European government officials who have spent a decade financing satellite electric propulsion work said they are determined not to let Boeing Space and Intelligence Systems take a permanent lead in all-electric commercial satellites.

SPT-100ホールスラスタ  
1.3kW/1500s/75mN  
(Small GEOのNSSK用)



OHB Small GEO Platform:  
全電化へ?  
(Electra Program)



(c) OHB System

IEPC-2011-167

# 全電化静止衛星による技術革新(702SPの例)

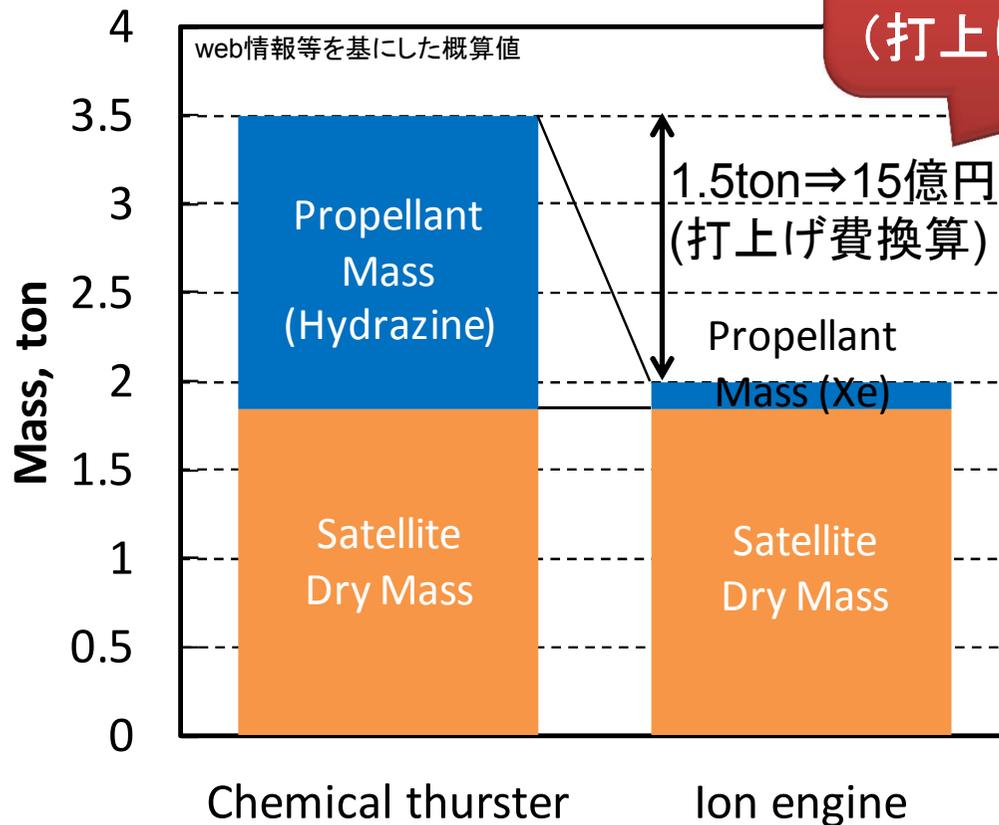


搭載推薬量の劇的削減

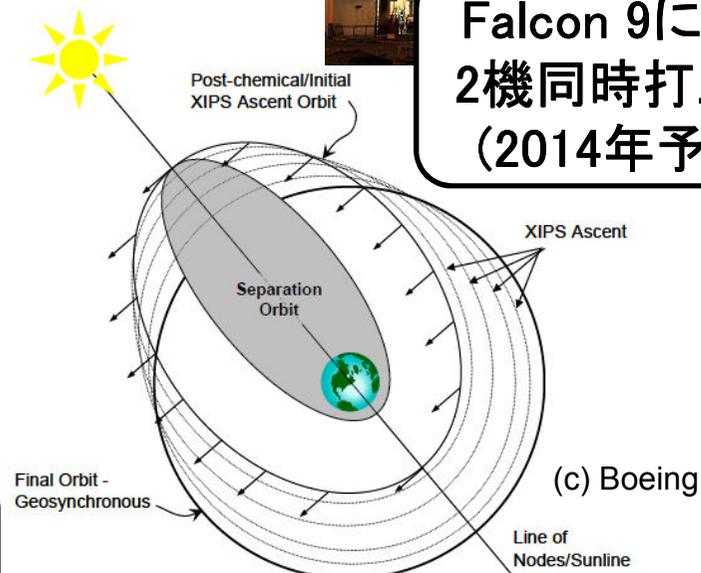
⇒ 打上げ時衛星重量がほぼ半減

⇒ 2機同時打上げが可能に

衛星オペレータに対しては、  
10億円規模のコストメリット  
(打上げ費の50%以上に相当)



Falcon 9による  
2機同時打上げ  
(2014年予定)



実用化が一気に進む可能性あり。これを静観し、  
海外調達に頼ることは、国内で培ってきた電気  
推進技術の衰退、自在性の喪失につながる。

スーパーシンクロナス軌道

# 25cm XIPSイオンエンジン性能推測



## 702SP諸元

衛星wet重量	2000 kg
衛星dry重量	1850 kg
Xe搭載量(NSSK含む)	150 kg
静止軌道までの $\Delta V$	2 km/s
遷移期間	0.5 year



## 25 cm XIPS諸元(1機分)

推力 F	165 mN
比推力 Isp	3500 s
推進効率 $\eta$	0.65
電力	4.5 kW
システム重量(1機分)	43 kg
供給系重量(4機分)	40 kg
推力電力比	38 mN/kW
最適 Isp	4000 s

ヘッド 16 kg  
PPU 21 kg  
ジンバル等 6 kg

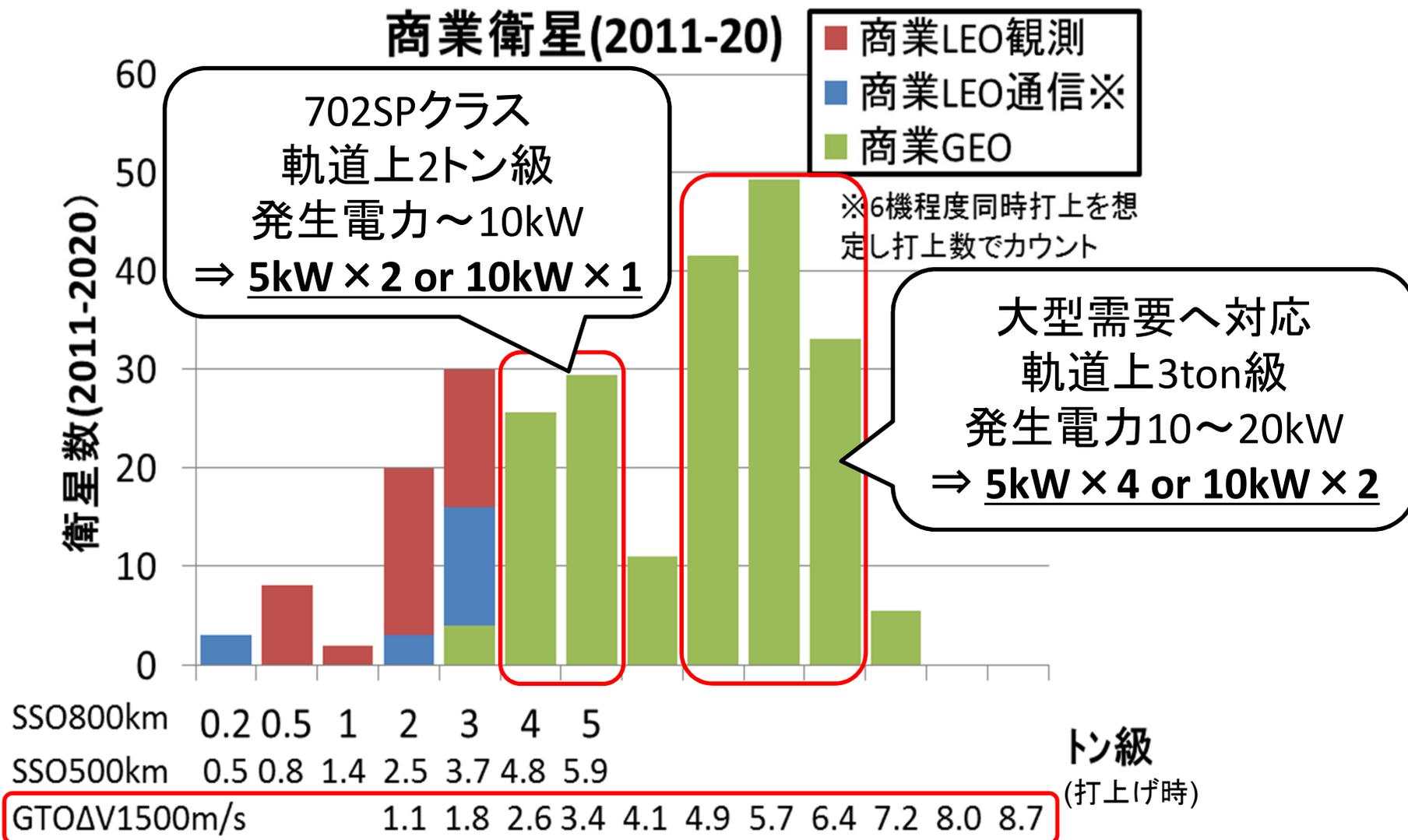
25 cm XIPSを4機搭載  
うち2機を静止軌道遷移に利用するものと推測

### ホールスラストヘリプレース

- ① 高Isp化/軽量化によりイオンエンジンを凌駕
- ② 高推力電力比を活かした短期間輸送(or低P/W衛星への適用)
- ③ ロケットからの分離軌道(投入軌道)の工夫

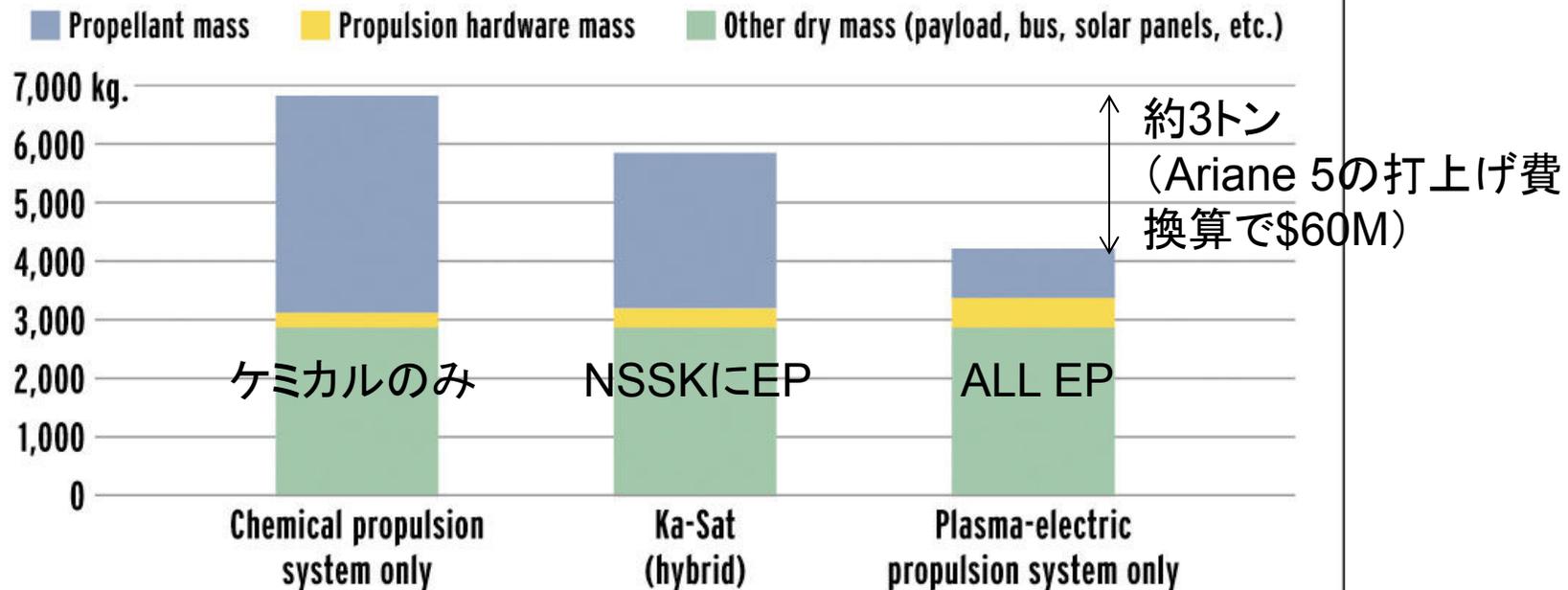
注)カタログ・論文等からの情報を基にしているが、一部の数値は計算による予測値

# 衛星需要予測：大型衛星への対応



## The Promise of Electric Propulsion

Eutelsat's Ka-Sat broadband satellite would have weighed close to 7,000 kilograms at launch — too heavy for most commercial launchers — had it relied solely on conventional chemical propellant. Eutelsat's decision to use plasma electric propulsion for the satellite's station-keeping functions reduced its launch weight to around 6,000 kilograms. Ka-Sat was launched in December 2010. Using plasma-electric propulsion for the orbit-raising function as well, Ka-Sat would have weighed no more than 4,100 kilograms at launch, according to Eutelsat. At today's launch prices, going from an all-chemical to an all-electric propulsion design would save up to \$60 million.



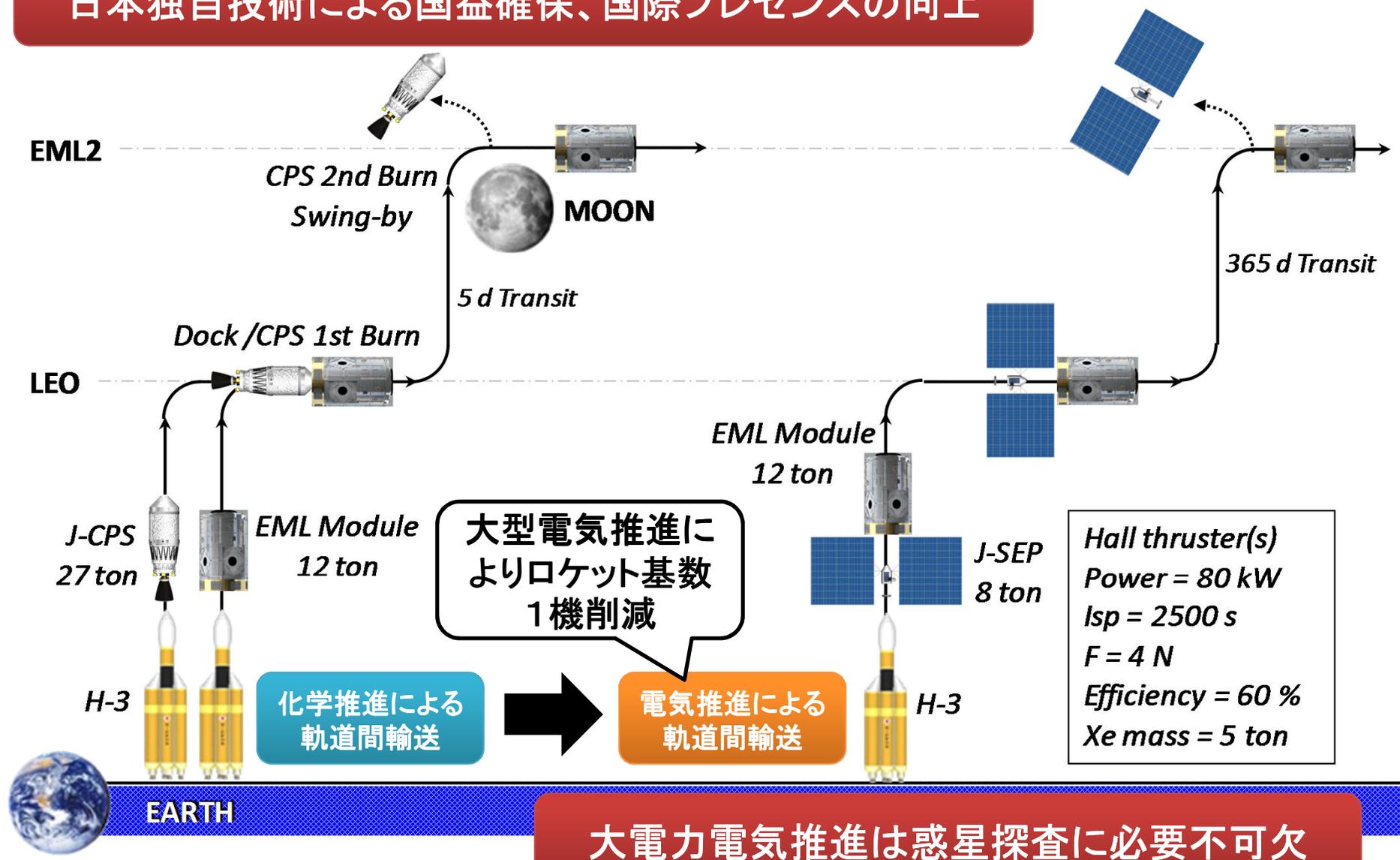
SOURCE: EUTELSAT

SPACE NEWS GRAPHIC

# さらなる大電力化へ(例:EML物資輸送)



日本独自技術による国益確保、国際プレゼンスの向上

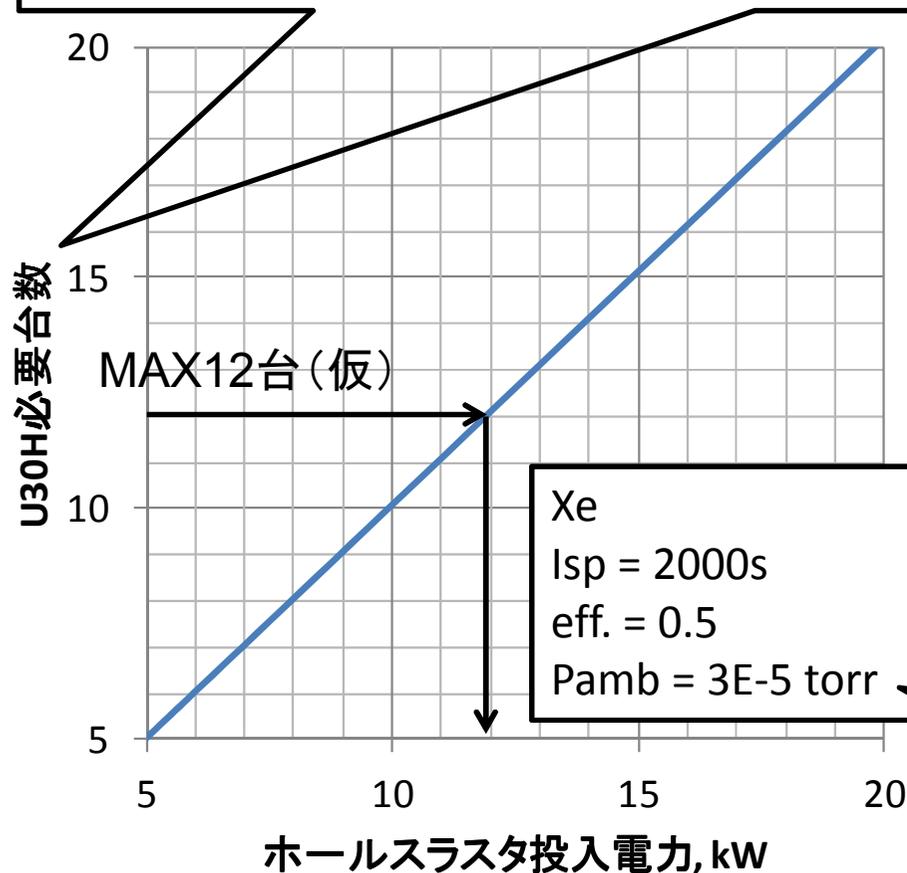


大電力電気推進は惑星探査に必要不可欠

ISASはやぶさチャンバ(U30H×4台)  
 実測値 ⇒  $4.4 \times 10^4$  L/s (Xe)  
 ⇒  $1.5 \times 10^5$  L/s (H<sub>2</sub>)  
 ⇒ 37,500 L/s/台 (H<sub>2</sub>)

U30H排気能力カタログ値(L/s)

窒素	28,000
水素	43,000
アルゴン	23,000
水	70,000
キセノン	13,000



- ✓ 全電化へ向けた当面の技術実証の観点では、12kW程度以下が望ましい(50kW程度まではクラスタ化で対応)
- ✓ より大電力に向けた段階的な技術実証の観点からも妥当な規模

背圧要求は検証の余地あり  
 (数値は一例)

## ホールスラスタの長所

- 技術的な実現性は実証済  
(多数の軌道上実績)
- イオンエンジンに比して小型軽量  
(特に大電力下において)

## ミッションからの要求

- 世界的に全電化への動きが加速
  - ✓ 早急な実現が望まれる
  - ✓ 5kW~10kW級が望ましい
- 国際貢献(月・惑星探査)
  - ✓ 50kW~数100kWが必要

5~10kW級による  
全電化システムの実現

寿命確認試験  
システム統合試験

技術実証  
ミッション

クラスタ化も含め  
多様なサイズへの対応

信頼性確保  
技術力向上

更なる大電力化による  
国際貢献

- ホールスラスタは技術的にフィージブルであり、早期の実現が求められる全電化静止衛星に向けた最有力候補。
- 実現に向けては、  
推進効率/重量/寿命/地上検証規模/運用性/製造・開発コストのバランスをとったシステム設計が必要。
- 国内には多数の研究実績、および、メーカーでの開発実績があり、システム設計に際してはこれら経験・ノウハウの融合が有効と考える。
- 国内衛星での搭載実績がさらなる大電力化による国際貢献へと繋がっていくもとの期待する。

以上