

火星探査ローバによる工学実証ミッションとシステム検討

石上玄也 (慶應大) 藤田和央 富中龍太 豊田裕之 佐藤毅彦 高井元 野々村拓 (JAXA)

<概要> 日本の将来の火星探査はこれまでのMELOS-WGを経て、2014年度からは火星着陸探査技術実証WGとして、ミッションスコープの定義と集約および選択に取り組んでいる。本ポスターでは、同WGにおいて検討を進めている火星表面探査ローバのミッションスコープおよびシステム検討状況について報告する。

火星ローバのミッションスコープ

不整地走行移動の技術獲得

走行系の設計開発指針の策定を行い、砂地走破性能、制御技術の確立を目指す。

火星における自律移動の実証

効率的な探査を実現するために、高い自律移動アルゴリズムを実証する。

火星ローバの自立技術の獲得

RI技術を用いない自立した電源システム、熱システムの技術獲得を目指す。

【移動性能】

【自律機能】

【運用期間】

Minimum Success

火星表面での100m程度の移動

1sol-1cmdの自律移動機能の実証

機器の軽量化、バッテリーエネルギー密度の向上

Full Success

120 m/hの実現着陸誤差(〜10km)の走行

通信遅延を考慮した高度な自律移動の継続的な実証

60火星日の定常運用

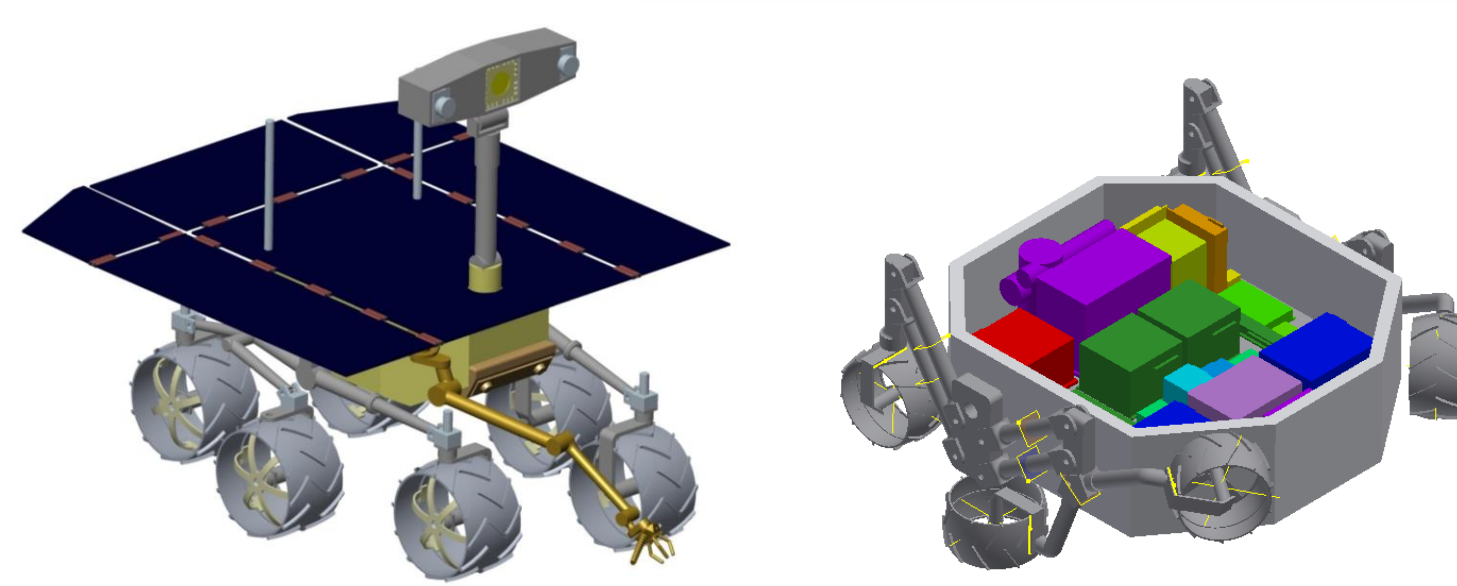
Extra Success

RSLへのアクセス50 km以上の移動

自律サイエンス機能の実証

1火星年以上の運用(越冬含む)

ローバシステム概要



ローバイメージ図 (SAP面積, アンテナ配置, アームなどはTBD)

- 総重量: 約150 kg
- 車輪型移動: 車輪数6台

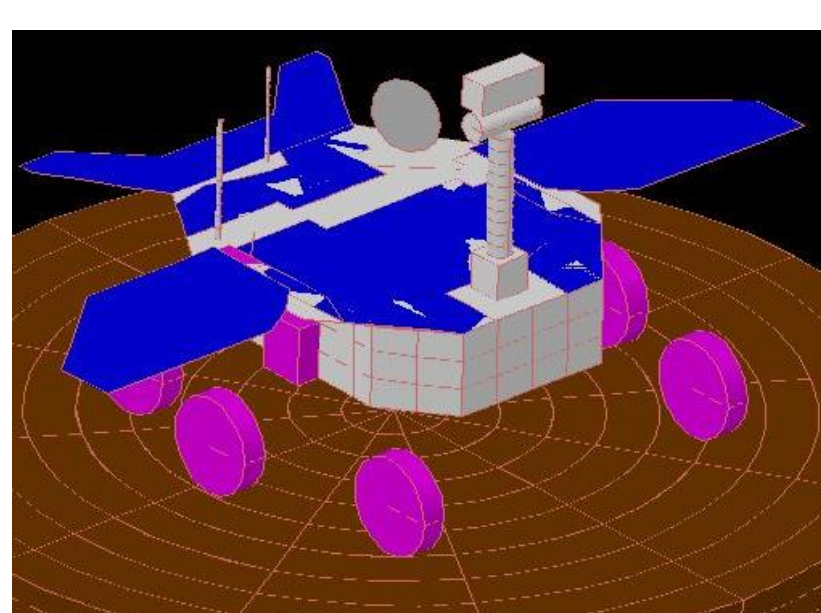
	仕様	検討・開発状況
走行系	0.075 m/s (max.), ~500 m/sol 斜度15度の登坂	車輪設計 フィールド実証
電源系	パネル面積: 1.50 m ² (1160 Wh/sol) バッテリー: 630 Wh (Li-ion)	SAP発電条件 電力収支
通信系	主: 地球---オービタ---ローバ (32kbps) 副: 地球---ローバ (8 bps)	アンテナ性能要求 通信容量
構造系	不整地走行用サスペンション コンフィギュレーション可変機構 (ローバ展開機構と併用)	サスペンション 分離・展開機構
熱制御系	昼: 受動型熱制御, 夜: ヒータ 本体内部: ±40℃, 外部: -100~40℃	熱収支解析 ヒータデバイス
デ処理系	OBC+複数モジュールの組み合わせ ・メモリ管理, ミッション管理 ・電源分配, 画像処理, 温度管理	OBCの構成案 各機器とのI/F
GNC系	航法用カメラ: マスト上 FOV45度 走行用カメラ: 本体前後, FOV120度 慣性センサ, レーザ距離画像センサ	耐低温CMOS 光学設計

ローバサブシステム検討状況

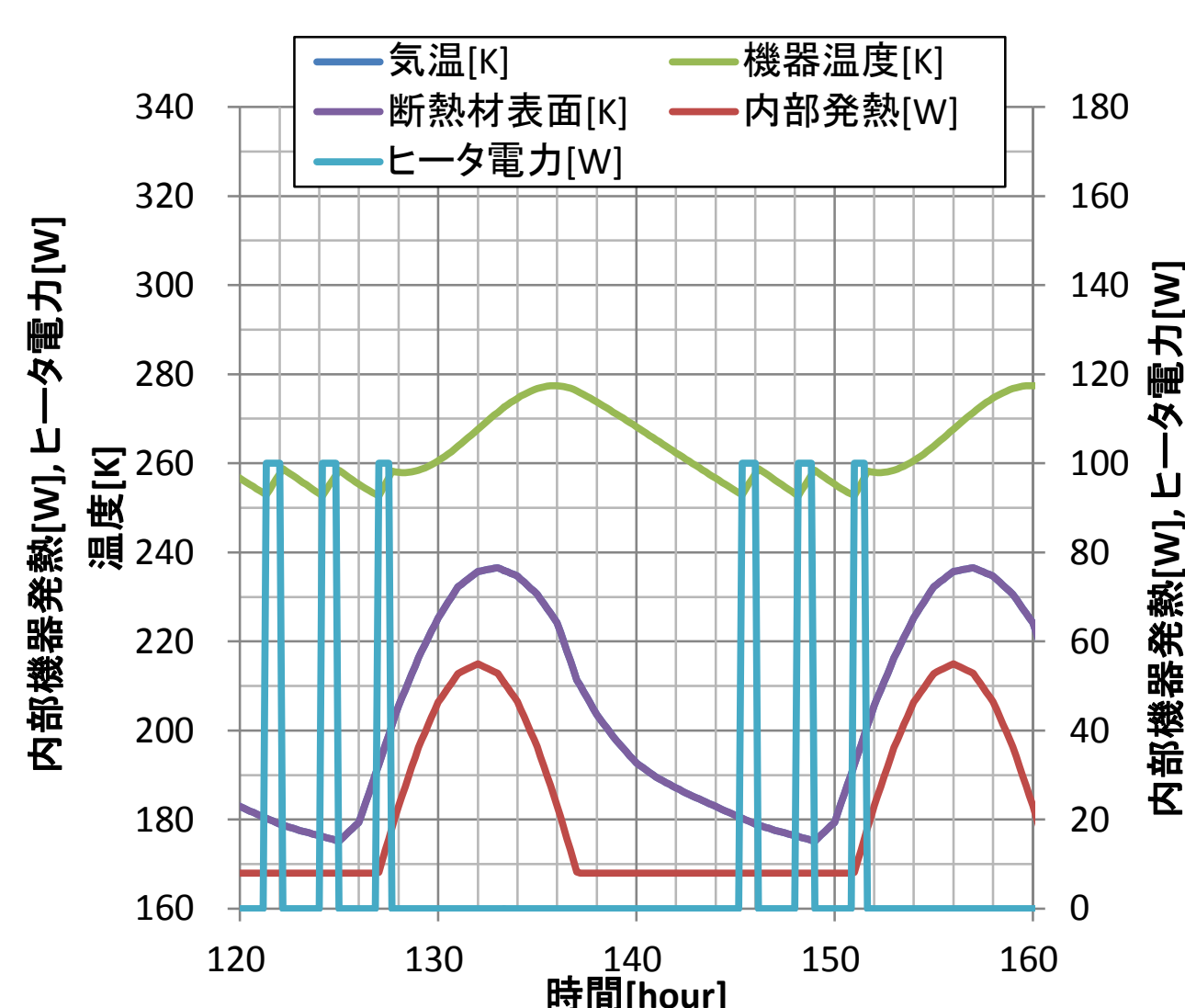
熱制御系

<熱制御系の基本方針>

- RHU, RTGといった原子力エネルギーを使用せず、越冬を含めたローバの通年運用を目標とした設計を行う。
- 外部機器は保存温度-120℃、内部機器は動作温度-40℃を目指す。
- 内部機器の集約/均温化により、昼夜および機器運用時の温度変動を最小化する。
- 断熱方法は「Gas Gap法」を採用し、必要に応じて能動制御デバイス(LHP, ヒートスイッチ)や蓄熱材(PCM)も使用する。
- 低熱伝導線(マンガン線、リン青銅線)を採用する。



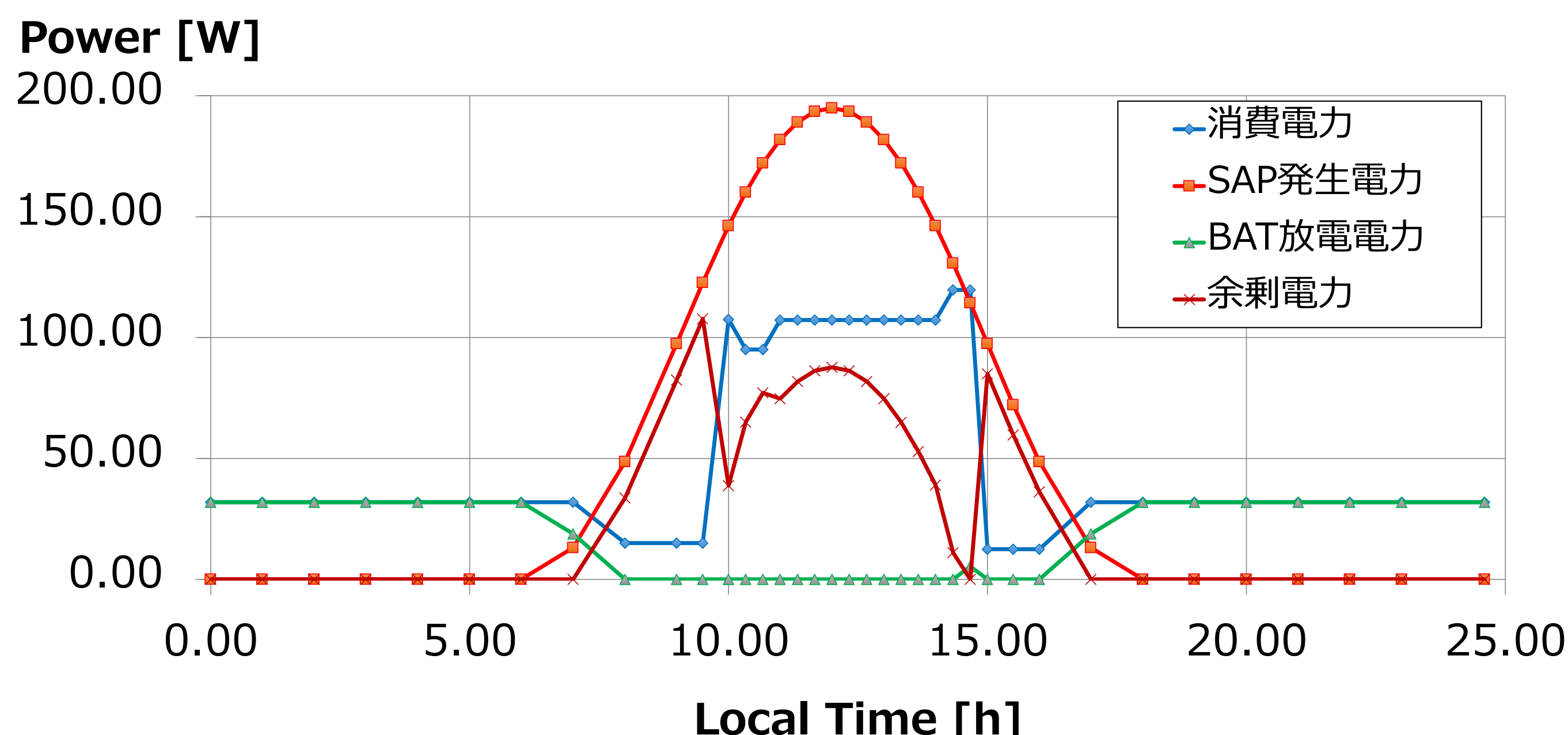
熱解析モデル (SAP面積, アンテナ配置はTBD)



電源系

<電源系の基本方針>

- 日中はSAPによる発電を行い、各機器への電力供給を行うとともに、余剰電力によりバッテリーへの充電を行う。
- 夜間はバッテリー給電によりヒータ駆動、OBCの一部を稼働させる。
- 下図のようなローバ運用ダイアグラムを策定し、SAP発電量、BAT残量、ローバ運用電力(走行、ミッション機器など)の電力収支から、SAP面積のサイジングをおこなっている。



GNC/自律走行系

- 走行用カメラ
 - ・ STAR1000を想定
 - ・ 広角FOVの光学設計
- 航法用カメラ
 - ・ CMOSセンサ(OV5647)を想定
 - ・ 耐放射線試験(8kRad)を実施
 - ・ RAWデータの読み出しと処理のS/Wテスト
- フィールド実験
 - ・ 環境認識, 経路計画, 自己位置推定を含む自律走行試験を実施している。

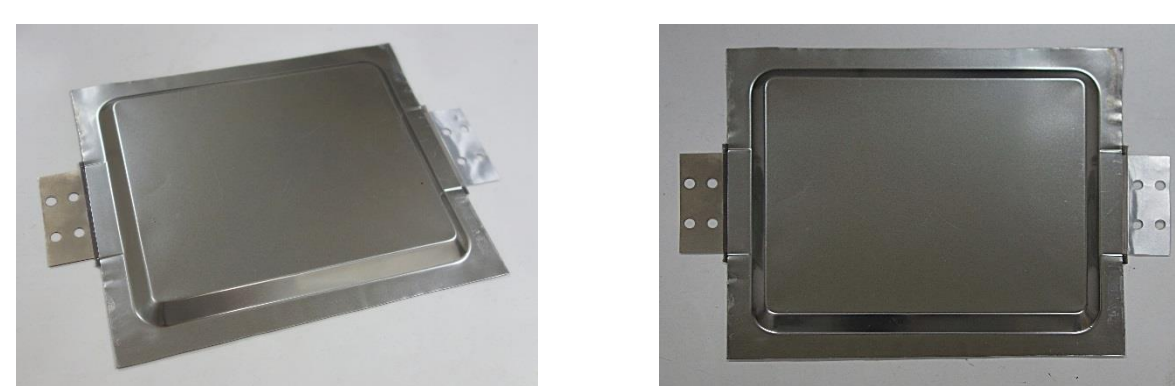
小型ロボットアーム

- 土壌サンプリング用ロボットアームの設計開発
 - ・ 生命探査のための土壌サンプル採取
 - ・ 半球型のシャベルが組み合った掘削ツールを開発中



<SUSラミネートLi-ion電池>

- 真空中でも膨張しないSUSラミネートパッケージを採用し、高エネルギー密度を実現した。
- ・ 容量: 10 Ah (4.1 V充電時)
 - ・ 質量: < 330 g
 - ・ エネルギー密度: 118 Wh/kg (筐体重量込みで約90Wh/kg前後)



<火星用高効率薄膜太陽電池>

- 火星表面の太陽光スペクトルは、ダスト等の影響で長波長側にシフトするため、最適化が必要である。下記のセルを開発中である。
- ・ 構造: InGaP/GaAs/InGaAs
 - ・ 厚み: < 15 μm (湾曲可能)
 - ・ 出力密度: 13.925 mW/cm² (火星大気模擬, τ=1.0, 垂直入射)

