

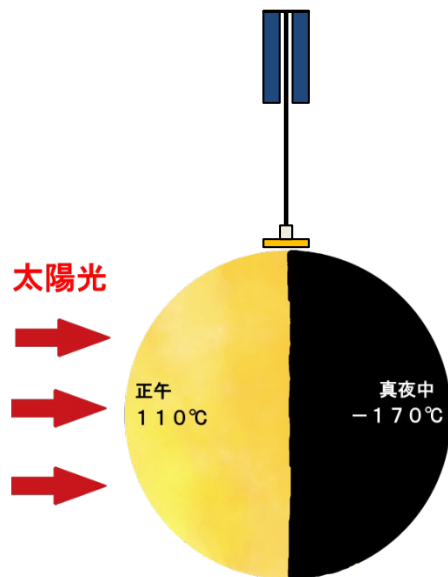
次世代探査コンセプト領域 次世代エネルギー(パワーノード&グリッド)

月の昼は14日間(高温), 夜は14日間(低温)
→ 越昼, 越夜が課題(SLIMでも越夜が話題)

極域であれば, 太陽電池を鉛直方向に伸ばすことで発電できる期間を長くできる.
→ 数m伸ばせば, 数日間の連続日陰を除いて, 半年程度の日照を確保できる.

アルテミス計画では月の南極域に拠点をつくり, 有人・無人(長期)活動を行う.
→ 日本からの有人与圧ローバー提供、日本人宇宙飛行士2名の月面着陸機会獲得.
(2024年4月, NASA-文科省間にて与圧ローバIA署名※)
→ インドとの国際協力による月面極域探査(LUPEX)も開発中(2026年打ち上げ).

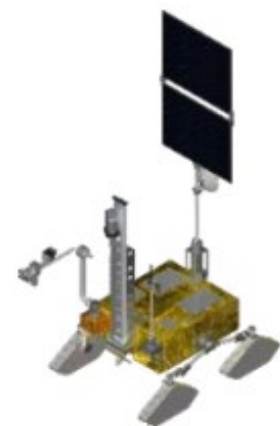
※「与圧ローバによる月面探査に関する文部科学省と米航空宇宙局の実施取決め」



SLIM



有人与圧ローバ, LUPEXローバは日本が担当



極域以外では、14日間の夜をサバイバルするための電池が大型化する。

→ 越夜する機器を限定して、熱制御を工夫する(パッケージ化する)。

RI(ラジオ・アイソトープ)を活用する(RHU, RTG)。

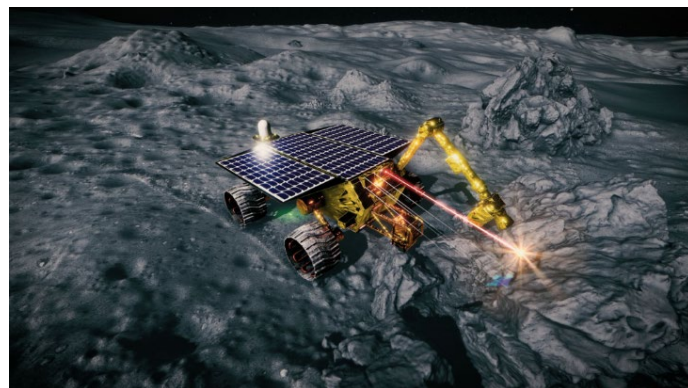
月面3科学プログラムでは月面全球(月面裏側, 中・低緯度を含む)で観測を行う。

有人と圧ローバ(燃料電池使用)による遠征も視野に入れている。

火星探査等にも発展させる。



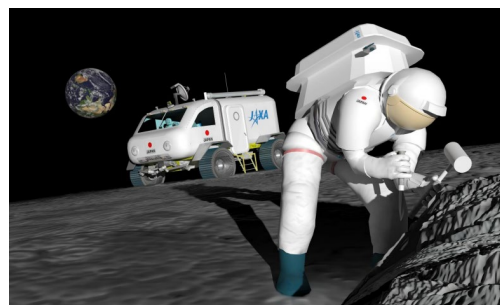
月面天文台
3~10基(月面裏側)



月面サンプルリターン
ネクタリス盆地(低緯度)等



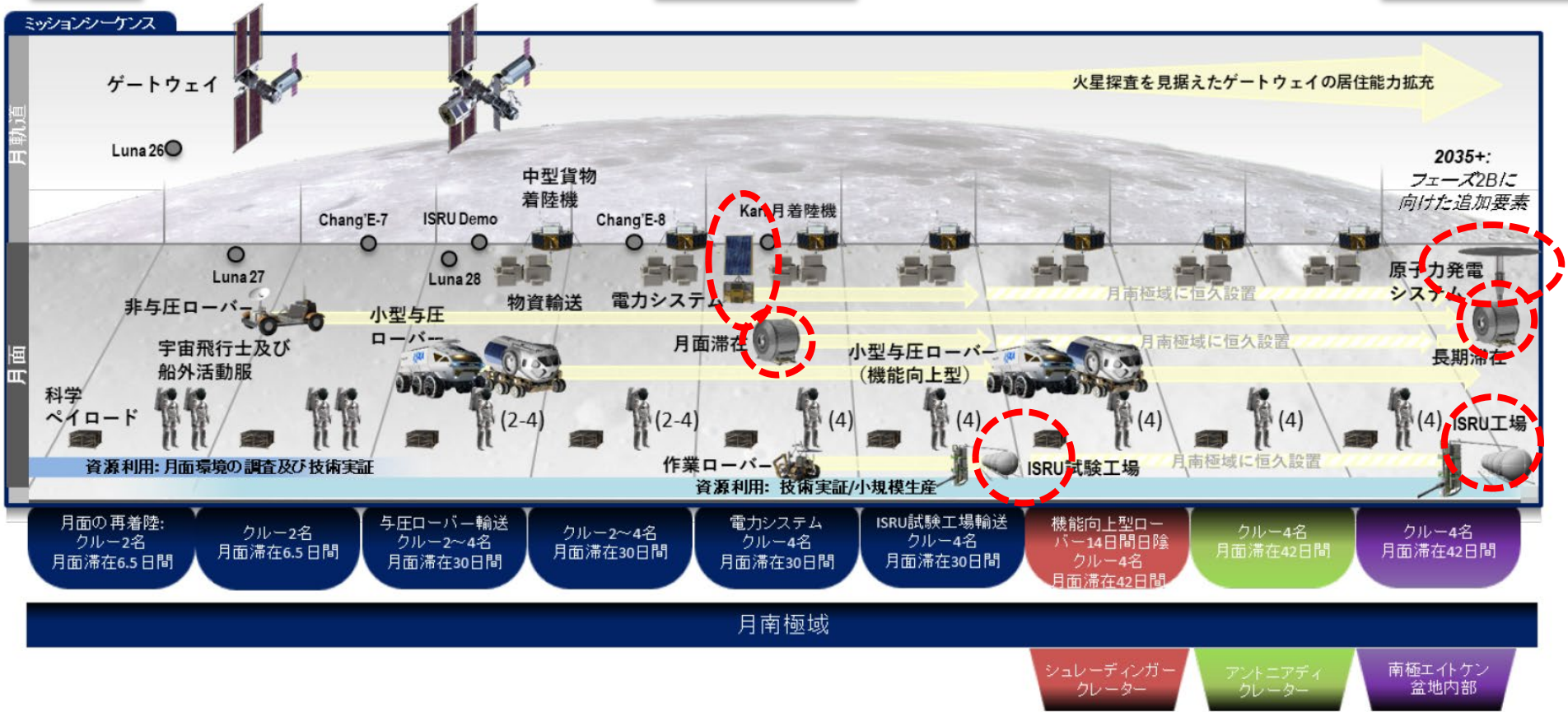
月震計ネットワーク
5地点以上(月面全球)



現在

2030年頃

2035年以降



小規模な供給からはじまり
最終的には300kW程度まで
スケラブルな拡大が必要
(ビジネスの目安)

2030年頃より随時太陽電池および
バッテリーからなる電源, 30日~42日
滞在の小規模拠点、ISRU試作プラント
の設置が行われる

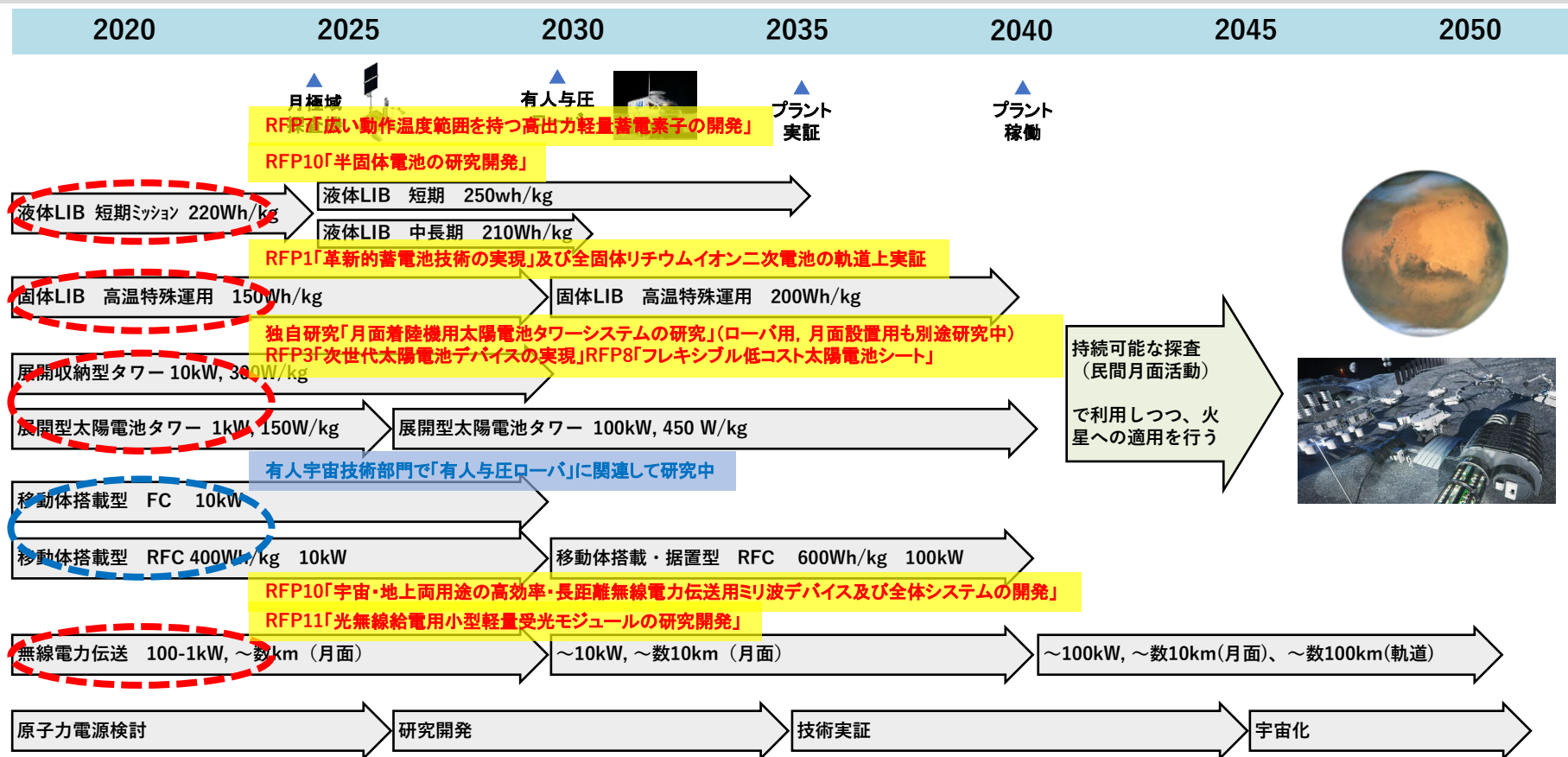


2035年以降、原子力の利用や
本格的なISRUプラント, 500日
以上の長期滞在モジュールへと
フェーズが進む

エネルギー技術ロードマップの考え方:

「日本の国際宇宙探査シナリオ(案)2021」

- 月探査の本格化に向け、我が国の優れたエネルギー技術(薄膜太陽電池、リチウムイオン電池(全固体を含む)、燃料電池(再生型を含む)、省エネルギー技術等)を活用する。
- 火星探査に向け、原子力等の利用については、他国の情勢を見つつ、情報収集・調査検討を継続する。

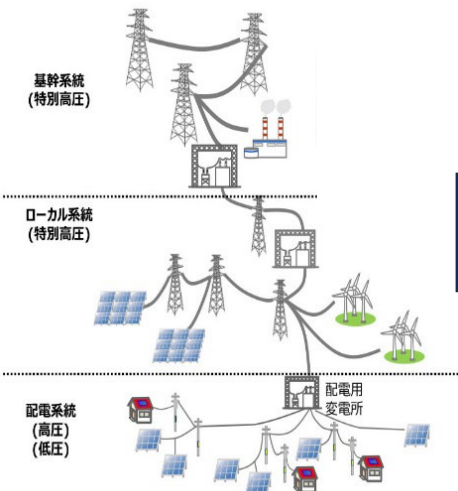


各要素技術について、探査ハブ研究等で先鞭をつけた。

今後、これらを発展させるだけでなく、ミッション適用を想定したシステム研究も実施したい。

電力供給システム例

地上のシステム



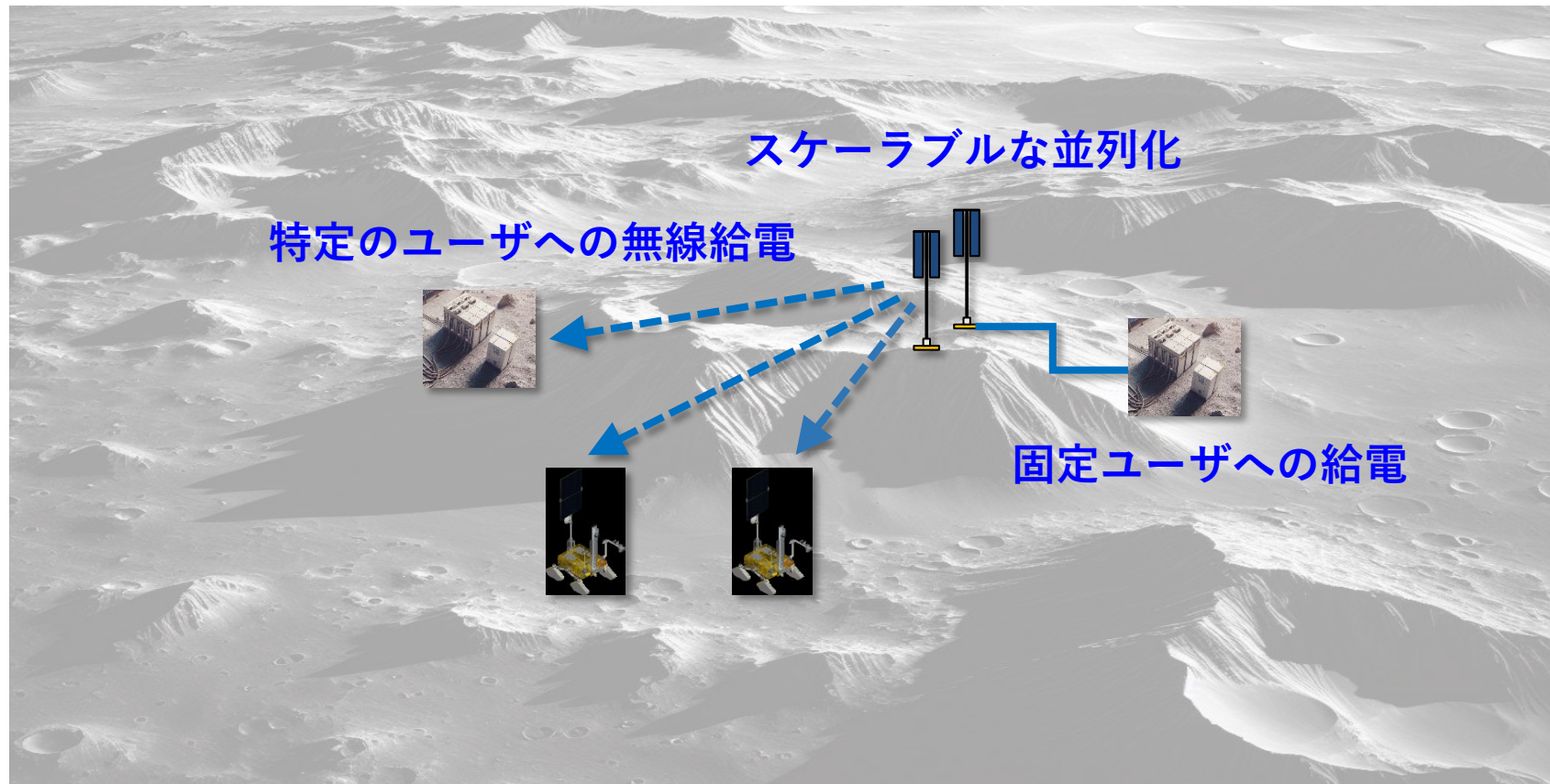
出展：電力広域的運営推進機関

月面のシステム



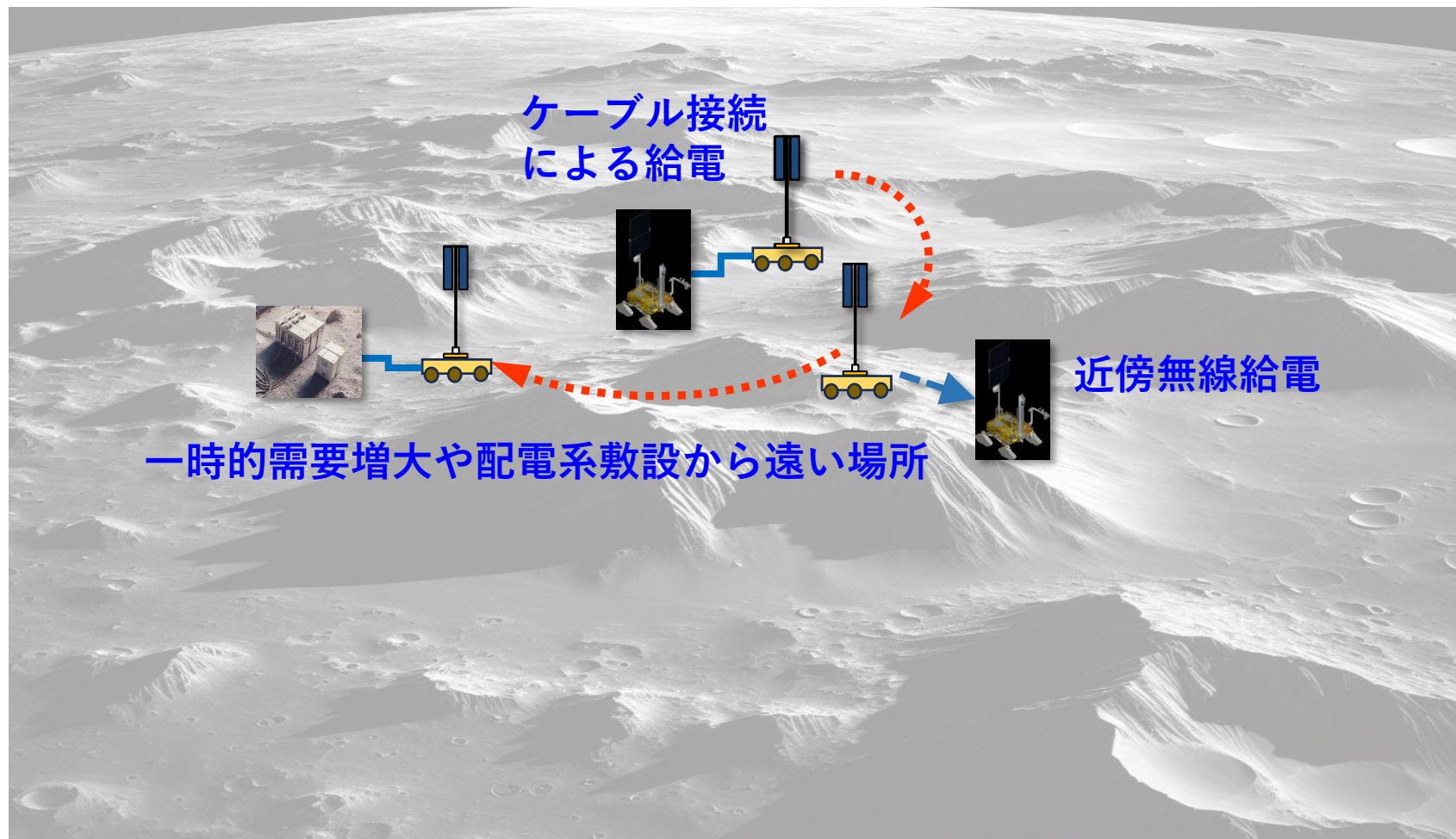
タワー型スマート太陽電池システム

- 輸送時はコンパクトに収納し、現地到着後に軽量・大面積の太陽電池(150W/kg以上)を約10mの高さに展開する(水平調整することで傾斜地にも対応する)。
- 太陽電池の方向を調整して太陽追尾して発電し、ユーザに電力供給(数kW~10kW)する。
- 太陽電池タワーを並列に接続することによって需要に合わせた電力供給を可能とする。
- 太陽電池タワーに無線給電システムを付加し、特定のユーザに自在に電力を供給する。



移動分散型太陽電池システム

- ・ タワー型スマート太陽電池システムを移動型(車輪やクローラ)に発展する。
- ・ 必要に応じて再収納・再展開する。
- ・ ケーブル接続(100m程度)による給電, 近傍無線給電(磁界や電界結合)を行う。



探査モビリティシステムと組み合わせるエネルギーハーベスティングを利用したセンシングおよび推論システム

- 探査モビリティシステム(無人遠隔操縦または自律作業)の動作状況や環境を把握するため振動型マイクロ発電機や小型太陽電池等により小電力にて温度・振動・加速度等を計測する.
- エッジコンピューティングを活用してローバ走行や建機動作の制御支援を行う.

エネルギーハーベスティングを利用した状態監視システム



エッジコンピューティングと組み合わせる制御支援システム

募集するシステム例：マイクロ波無線給電関連

RFによる高効率な無線電力送電のためのスイッチングコンバータ

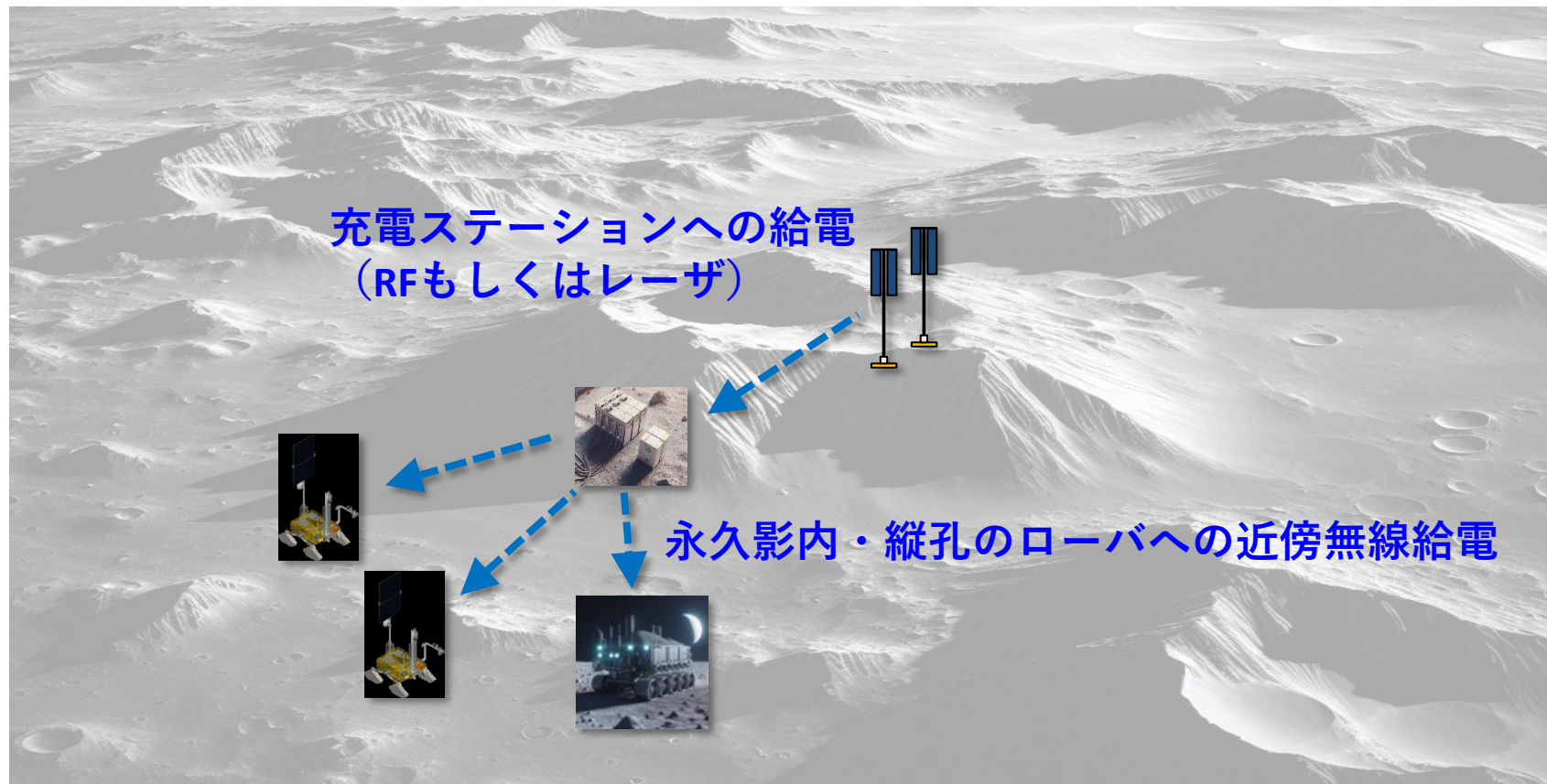
- 24GHz高効率大電力伝送システム(RFP10課題解決型研究)に整合する送電側の損失を低減させる高効率な24GHz帯のスイッチングコンバータ技術等が必要.



募集するシステム例：無線給電 & 蓄電関連

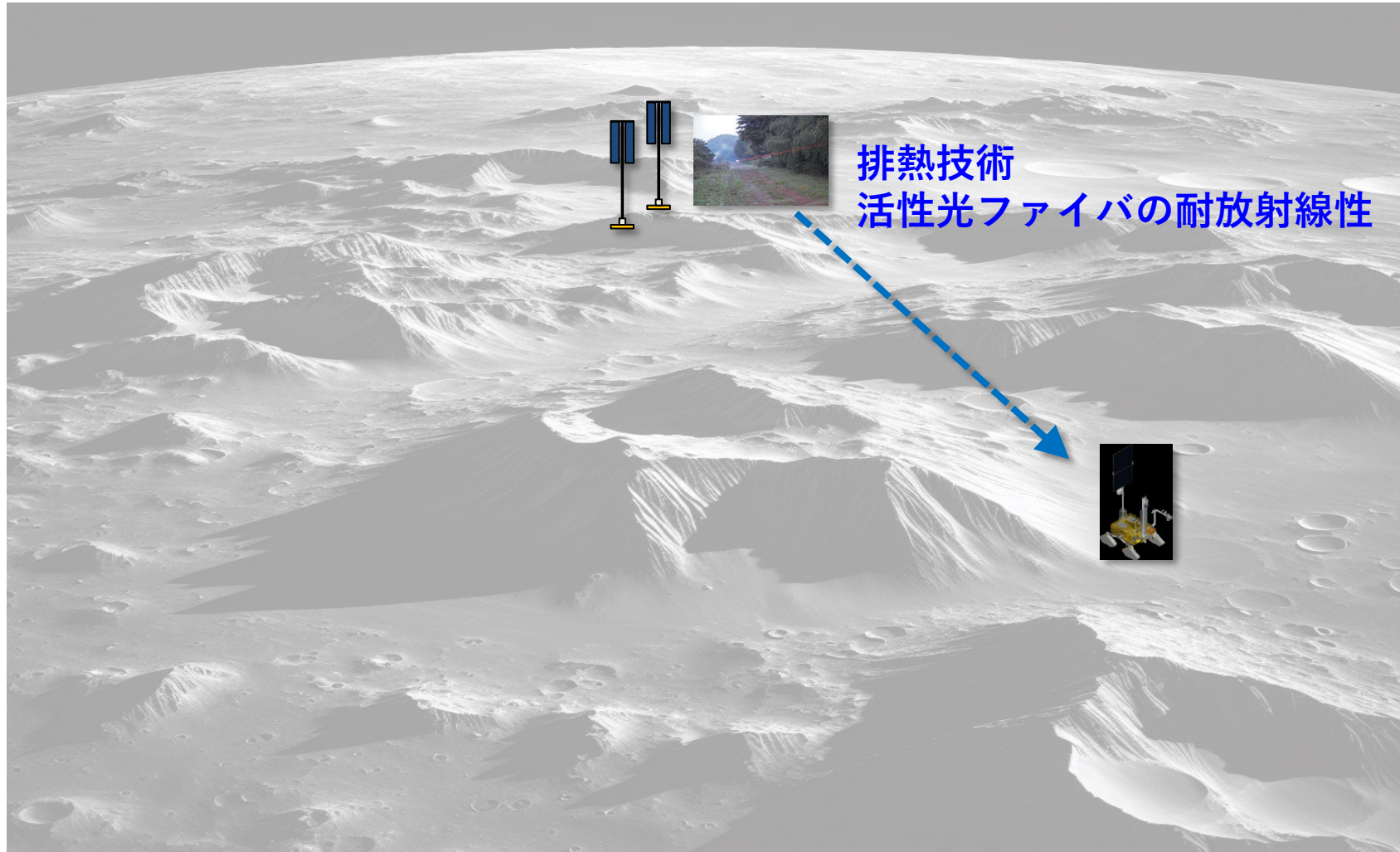
探査モビリティと組み合わせる無線給電システム

- 永久影内・縦孔で活動するローバに対し、バッテリー充電のための充電ステーションを設ける。
- ローバが充電ステーションを往復することで近傍無線給電を行う。
- 充電ステーションに対してはRFもしくはレーザーによる常時給電を行う。
- 小型ローバから中型ローバまでスケラブルに適用でき、幅広い温度範囲で高いエネルギー密度(250Wh/kg)を有するLi-ionバッテリーまたは全固体電池(20Ah程度)



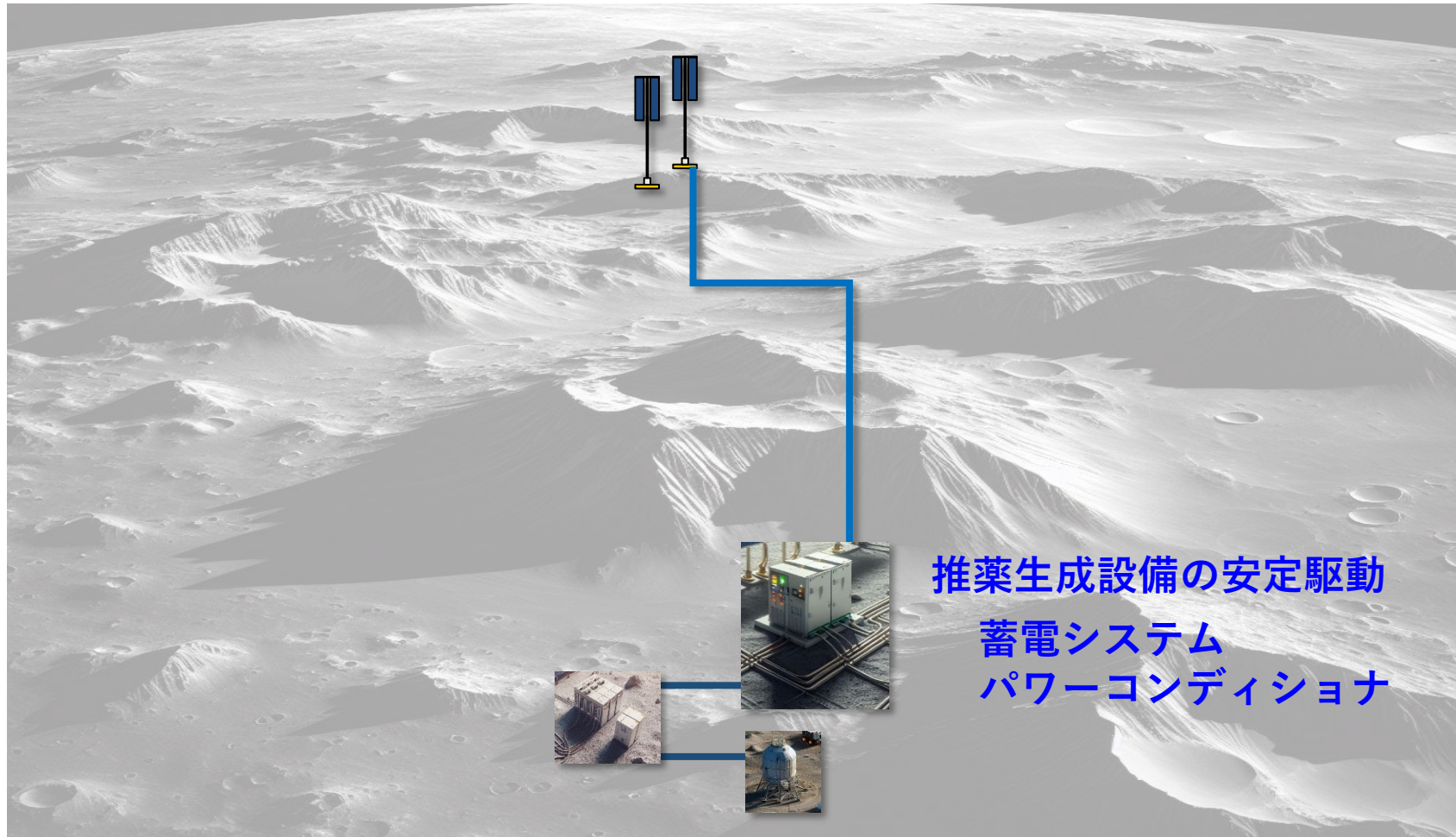
レーザ無線給電のハイパワー化を支える要素技術

- 高密度な発熱の対策, および, 活性光ファイバや半導体レーザの耐放射線性向上が必要.
- 最終的には数km以上の距離において100W以上の給電を実現する.



推薬製造プラントのためのパワーコンディショナおよび蓄電システム

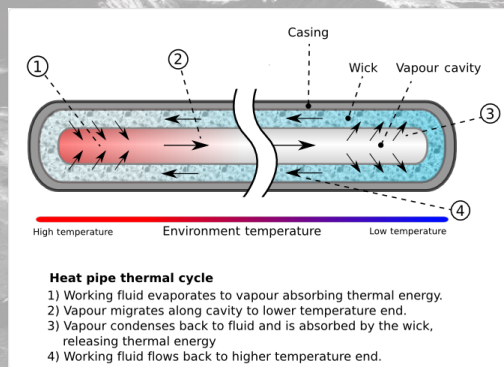
- 月面で推薬生成(水抽出, 凝縮, 精製, 電気分解, 液化)設備を安定的に稼働させるために, 受電した電力(約200kW)の変動に備える蓄電システム, および, 効率の良いパワーコンディショナ(DC/DC変換等)が必要.



越夜のための蓄熱システムおよび熱/電力変換システム

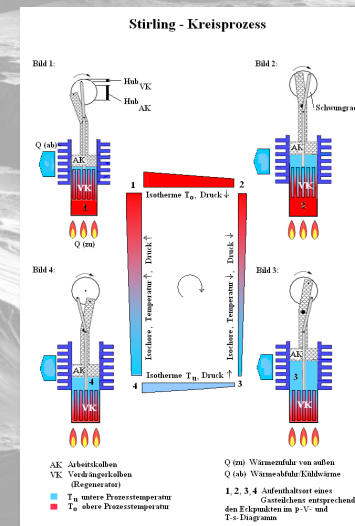
- 日照時に太陽光エネルギーを熱として蓄熱し、日陰時に放熱することにより機器を保温するための蓄熱・放熱システム(250Wh/kg以上)
 - 放熱時の熱輸送技術(ヒートパイプ等)および月面環境からの断熱技術
 - 取り出した熱を電力として利用する熱/電力変換技術(スターリングエンジンの高信頼性化や高効率な熱電変換素子)

ヒートパイプ



出典: ja.wikipedia.org/wiki/ヒートパイプ

スターリングエンジン

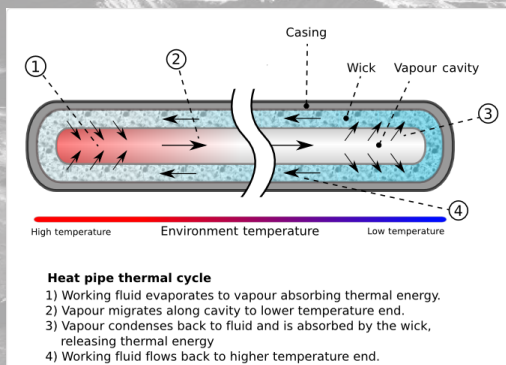


出典: ja.wikipedia.org/wiki/スターリングエンジン

有人エリアのための熱回収・蓄熱および再利用システム

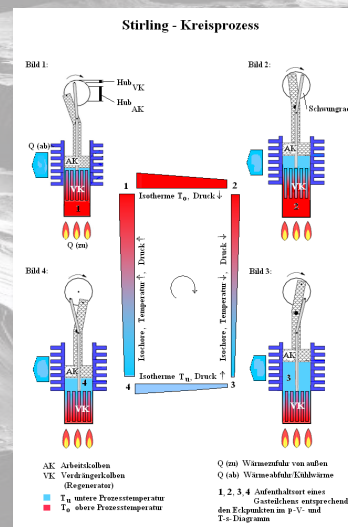
- 探査拠点における大規模電力消費機器(レーザ送電機器や推薬生成プラント等)の発熱ロスを回収し, その熱を有人エリアの環境制御に利用する.

ヒートパイプ



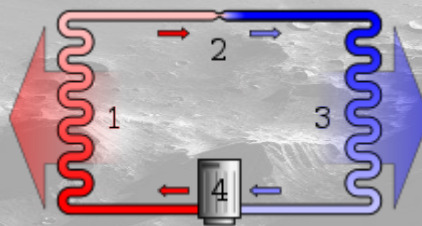
出典: ja.wikipedia.org/wiki/ヒートパイプ

スターリングエンジン



出典: ja.wikipedia.org/wiki/スターリングエンジン

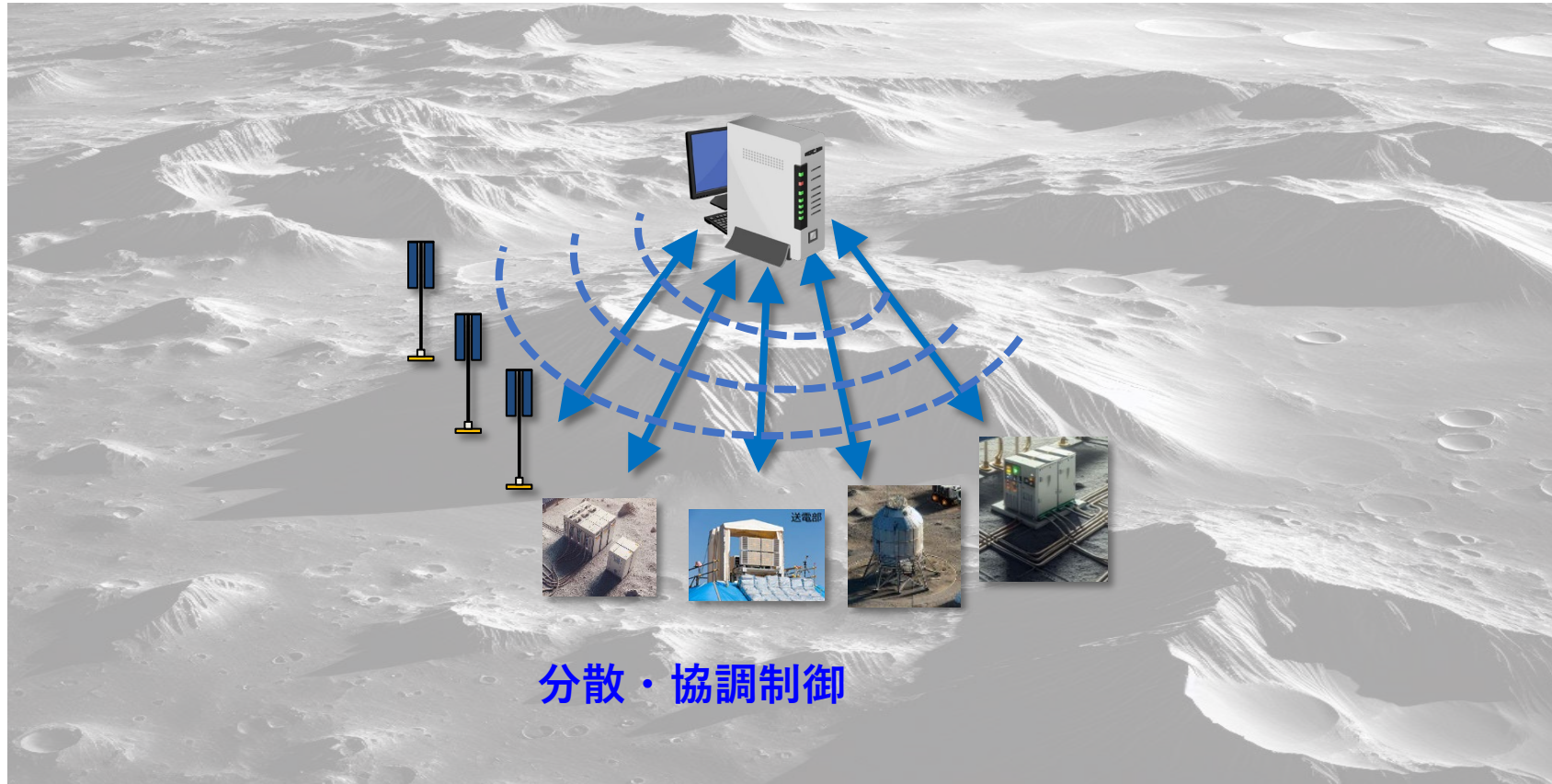
ヒートポンプ



出典: ja.wikipedia.org/wiki/ヒートポンプ

配電方式の物理的最適化および電力マネジメントシステム

- 給電システムの全体最適化のため、交流/直流および供給電圧による設備重量の最適化をパラメータスタディする。
- 管理サーバによる中央監視制御ではなく、各機器・サブシステムによる分散・協調制御を行う。
 - 電力需要に応じて最適な状態に導くロバストな電力監視管理システムを実現できる。
 - 各機器やサブシステムがスケラブルに拡張できる。



今回ご紹介したのはあくまで例・案です。
RFIでいただいた情報を踏まえ、企業・研究機関の皆様とJAXAが協力しながら、
コンセプト検討および研究を進めていきたい。
(探査ハブ研究の大きな特徴)

情報提供をよろしくお願いいたします

