

## 研究課題

番号	分野	研究課題名	期間 (上限) (ヶ月)	研究経費 (上限) (百万円)
<b>A 課題解決型</b>				
(1)	I 広域未踏峰	分散協調システムの構築	36	<b>100</b>
(2)	I 広域未踏峰	流体系スマートアクチュエータ（人工筋肉）の産業利用に向けた研究	18	<b>20</b>
(3)	II 自動自律型	建造物の自動運搬・設置技術	24	<b>50</b>
(4)	IV 共通技術	次世代情報通信用高機能探査レーダの研究	36	<b>50</b>
(5)	IV 共通技術	革新的燃料電池技術の実現	36	<b>75</b>
<b>B アイデア型</b>				
(6)	I 広域未踏峰	建造物の自動展開に関する研究開発	12	<b>5</b>
(7)	II 自動自律型	土木作業機械の知能化	12	<b>5</b>
(8)	II 自動自律型	月面地下情報の取得	12	<b>5</b>
(9)	III 地産地消型	未利用資源の活用技術の研究	12	<b>5</b>
(10)	III 地産地消型	AM（Additive Manufacturing）技術	12	<b>5</b>
(11)	III 地産地消型	月面農場を想定したドライフォグを用いた節水型植物栽培システム	12	<b>5</b>
(12)	III 地産地消型	穀物に頼らないコンパクトなタンパク質生産システム	12	<b>5</b>
(13)	III 地産地消型	月の現地資源を利用する技術 月レゴリスの熱容量を利用した温度差発電	12	<b>5</b>
(14)	IV 共通技術	高信頼性小型冷凍技術の研究	12	<b>5</b>
(15)	IV 共通技術	太陽電池用波長変更材料技術	12	<b>5</b>
(16)	IV 共通技術	センサ・エネジーハーベスタの研究	12	<b>5</b>
特別枠	—	TansaX チャレンジ研究	12	<b>3</b>

## 【共通する留意事項】

- ・ 1つの研究課題において複数の構成要素が示されている場合、そのうちいずれかの要素を満たす提案でも構いません。
- ・ 課題解決型は地上における事業化構想が明確に示される研究であることを考慮します。
- ・ 第1回～第3回 RFP にて採択された研究テーマとの組み合わせによる事業化構想をもった提案も期待します。
- ・ 1つの研究課題に対して複数の研究提案を採択することがあります。また、採択がない

こともあります。

- ・ 1つの研究課題に対して複数の研究提案を採択する場合、課題解決型に関しては1つの研究提案に対する研究経費額を調整することがあります。
- ・ 課題解決型の研究提案については、採択後、JAXA と研究チームを構成していただきます。このとき、JAXA よりチーム編成を提案することがあります。
- ・ 課題解決型の研究では、年度毎に研究進捗について評価を行い、研究継続の可否を決定します。  
なお、平成 31 年度が JST イノベーションハブ構築支援事業の最終年度に当たるため、平成 32 年度以降の共同研究については、計画等を見直す可能性があります。
- ・ アイデア型の研究提案については、研究終了時の成果により課題解決型の研究として改めて課題を設定することがあります。
- ・ 研究に際し、必要に応じて JAXA の研究設備を利用することができます。

## A 課題解決型研究

### I. 広域未踏峰探査技術

#### 研究課題 (1) 「分散協調システムの構築」

##### 【課題概要】

大型の探査ロボット1台で広域の探査を行うのには限界があります。そこで、複数の小型ロボットが協調しながら、限られた期間、限られたリソース(重量・電力)の中、所期の目的を達成する新しい探査システムが必要となっています。宇宙探査イノベーションハブでは今までに、アクチュエータ、小型ロボット、協調アルゴリズムなどの要素技術の研究開発を推進してきました。得られた要素技術成果をもとに、さらにセンサ、空中移動、認識・計測システム、作業システム、電源・通信、画像などビッグデータ処理のような要素技術と分散協調手法を融合し、システムの統合化を行います。

具体的に、環境モニタリングシステムや協調作業システムなどの構築をめざし、システムの統合化技術を確立します。3年後に分散協調システムの実用化の目処を立てることが目標です。

宇宙探査分野では、大型クレーター内探査、極域探査、地下空洞探査などの未踏峰探査の応用があります。地上技術では、建設現場、物流システム、配管・地中の点検調査、火山地域モニタリング、災害地調査、海洋探査などへの応用が期待されます。

事業化する主体組織そのもの、またはそれを中心母体とした研究チームからの提案を期待します。

##### 【研究目標】

- ・ 環境モニタリングや協調作業などを行うシステム統合化技術を構築することを目標にします。
- ・ そのために、センサ、空中移動、認識や計測システム、作業システム、電源・通信、ビッグデータ処理などの要素技術の開発とシステム統合を行い、分散協調実験によりシステムの評価を行います。
- ・ 前半の期間(約1.5年間)で、要素技術の研究開発とシステムの統合化を実施し、分散協調システム構築の目処を立てます。後半の期間で分散協調実験を行い、システムの評価および実用化への道筋を構築します。

**【研究資金／期間】**

最大総額1億円以下／最長3年以内

**【本研究を実施するにあたっての留意事項】**

要素技術のシステム統合を行うため、複数の研究チームの協力が前提となります。場合によっては、JAXAより、チーム編成をお願いすることがあります。

研究期間において、中間評価を行い、継続するかの判断を行います。

なお、複数の提案を採択することがあり、その場合は研究資金を分配させていただきます。

## A 課題解決型研究

### I. 広域未踏峰探査技術

#### 研究課題 (2)

##### 「流体系スマートアクチュエータ(人工筋肉)の産業利用に向けた研究」

###### 【課題概要】

第1回 RFP で設定した研究課題「次世代アクチュエータの研究開発」の一環として「超高出力密度を実現する流体系スマートアクチュエータシステムの開発と実用化検討」を採択し、共同研究を実施し、人工筋肉に関して革新的進歩を得ました。

[http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/files/report\\_2016/H28report\\_4\\_1\\_4.pdf](http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/files/report_2016/H28report_4_1_4.pdf)

本技術は、宇宙探査においては、蠕動運動(ぜんどううんどう)による移動に主眼を置いています。地上実装では、スラリー移送や物質混合に利用できます。

本研究課題では、人工筋肉を産業応用する事業計画を設定した上で、そこに向けた技術研究開発の提案を募集します。

事業化する主体組織そのもの、またはそれを中心母体とした研究チームからの提案を期待します。

###### 【研究目標】

- ・本研究課題では人工筋肉の産業利用に向けた課題の洗い出しと具体的な事業計画を設定し、それを達成するための提案を求めます。
- ・併せて、将来、宇宙応用として人工筋肉の利用(蠕動運動による移動機構や物質混合等)を目指すための必要な技術を共同で研究開発いたします。

###### 【研究資金／期間】

最大総額2000万円以下／最長1.5年以内

## A 課題解決型研究

### II. 自動・自律型探査技術

#### 研究課題 (3) 「構造物の自動運搬・設置技術」

##### 【課題概要】

- ・ 有人拠点は、人が滞在・活動するために、複数の構造物が配置されます。人が行く前に準備する必要があるため、自動での建築が基本になります。
- ・ 地上の建築においても、近年では熟練作業者の減少などにより、建築現場の省力化・無人化が求められています。
- ・ そこで、構造物の建築を現場において自動化・無人化する技術を求めます。

##### 【研究目標】

- ・ 月・火星を想定した構造物ユニットを運搬し、位置合わせを行って設置するシステムを検討します。ただし、これらに付随する土工事は含みません。
- ・ 構造物ユニットは、コンテナ形状あるいはパネル形状とし、地上応用の観点からトラック輸送可能な最大サイズとします。拠点の拡張を想定し、ユニットは構造的な接合と設備的な接合(配線、配管など)を行なうことを前提とします。ただし、ユニット自体の設計や接合方法は課題の対象には含みません。
- ・ ユニットは、月面拠点の着陸ゾーンまたは資材製造プラントから拠点内の設置地点まで運搬する必要があります。月の極域のような起伏のある地形で、より大型の資材を自動または遠隔操作により長距離移動できる手段を検討します。
- ・ 前項までの方式検討と基本的な成立性の確認は、研究開始後 1.5 年をめどに終わります。最後の半年で、地上の現場作業または実験システム等に適用し、その効果を確認します。
- ・ 検討するシステムは、地上でも利用できる実現性の高い手法を前提とします。その場合の対象物は構造物ユニットに限りません。

##### 【研究資金／期間】

- ・ 総額5000万円以下／最長2年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

研究期間において中間評価を行い、継続するかの判断を行います。

## A 課題解決型研究

### IV. 共通技術

#### 研究課題 (4) 「次世代情報通信用高機能探査レーダの研究」

##### 【課題概要】

次世代高機能探査レーダに用いる情報通信機能を備えたフェーズドアレーレーダの研究を行います。フェーズドアレーレーダの特徴として、固体素子を用いてビーム操作を高速で電子的に行い、多目標を検知・追尾可能であるため、これらの要素技術を確立したうえで、衛星搭載用 MGA (Medium Gain Antenna) にも適用可能な機械可動部の少ない多角的な高性能探査レーダをシステムとして実現します。

##### 【研究目標】

コンパクトで高性能な固体化フェーズドアレーレーダに、目標資源情報、通信、追尾機能を備えた次世代探査レーダを実現するため、基本技術として高周波集積回路開発技術、アクティブ集積アンテナアレー技術をJAXAとともに確立し、量産性、高信頼性とシステム統合を持つ企業に技術移転し、信号処理と制御機能を付加した目標検知・追尾可能な総合システムとして融和する研究開発を行います。

具体的には、GaNなどの半導体集積回路技術を用いた高性能SSPA (Solid State Power Amplifier) とアンテナを一体化した、コンパクトな電子走査型アクティブ集積アンテナアレー(フェーズドアレーレーダ)を試作します。さらに、マリンレーダのように船舶の航行や自動運転用車載レーダなどの安心・安全性を確保できる探査・目標検知・追尾システムと、サンプルリターンカプセルの追尾が可能な電波追尾システム、および、Space-by-Wirelessのためのワイヤレス化衛星への適合性も検証します。

前半の期間(約1.5年間)で4×4基本ユニットアクティブ集積アレーアンテナを試作し、中間報告を行っていただきます。

##### 【研究資金／期間】

最大総額5000万円以下／最長3年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・周波数帯は 9.4GHz とし、パルス圧縮による高分解能、到来電波方向探知機能を有するレーダを試作します。
- ・基礎研究の段階においては、JAXA 宇宙科学研究所にあるマイクロ波ミリ波特性測

定装置やナノエレクトロニクスクリーンルームは、その運用条件のもと、集積回路の低コスト化を目指して、使用可能です。部品の評価にあたっては、宇宙科学研究所ナノRFエレクトロニクス担当研究室での特性検証を行います。

- ・産学機構連携の下で、本研究開発を行うことを、強く希望します。
- ・研究期間において中間評価を行い、継続するかの判断を行います。

## A 課題解決型研究

## IV. 共通技術

## 研究課題 (5) 「革新的燃料電池技術の実現」

## 【課題概要】

- ・ 月・火星の拠点、移動車両、作業機械、資源利用プラントなどは、大きな電力を必要とし、大容量で軽量の電池が必須です。
- ・ 燃料電池は軽量で大容量な電源を実現できるためアポロやスペースシャトルなどでも利用されてきました。しかし、これらは地上の自動車用と同じく、一次電池としての利用でした。
- ・ ここでは、一次電池としての軽量、低コストの燃料電池の実現に加えて、発電後に生じた水を電気分解し水素と酸素を再生するシステムの研究を実施します。
- ・ これらを実現する技術は、移動体や飛行体の動力源に加えて、例えば、太陽電池で発電した余剰電力を水素エネルギーに変換し、必要に応じて発電を行う電力の平準化システム等の水素エネルギー社会の実現に貢献すると考えます。

## 【研究目標】

- ・ 宇宙用途としては純水素／純酸素を、地上用途としては純水素／空気中の酸素を燃料／酸化剤に用い、1kW未満から100kW以上の幅広い出力へ対応可能な燃料電池システムの基本モデルの試作とデモンストレーションを目標とします。
- ・ 現状の自動車用と同等かそれ以上の質量出力、体積出力密度を実現できる小型・軽量化の見込みがあり、かつ従来技術と比較して1/10程度に低コスト化することを目指します。
- ・ 出力規模に応じて最小限の変更で対応できる、安価に大量生産が可能、形状の自由度が高いなど特徴ある技術の提案を求めます。
- ・ また、燃料製造再生として、水から酸素と水素を再生する水電解技術への適用も研究対象とします。
- ・ 前半の期間(約1.5年間)で、JAXAが所有する既存システムと組み合わせて、小規模な出力の燃料電池システムの研究開発を実施し、実現性の目処を立てます。後半の期間で、基本モデルの試作とデモンストレーションを行い、システムの評価および実用化への道筋を構築します。

## 【研究資金／期間】

最大総額7500万円以下／最長3年以内

**【本研究を実施するにあたっての留意事項】**

- ・ JAXA の関連研究設備は利用可能です。
- ・ 宇宙探査イノベーションハブで研究中の酸素・水素の貯蔵容器を提供することが可能です。
- ・ 研究期間において、中間評価を行い、継続するかの判断を行います。

## B アイデア型研究

### I. 広域未踏峰探査技術(／II. 自動・自律型探査技術／IV. 共通技術)

#### 研究課題(6)「構造物の自動展開に関する研究開発」

##### 【課題概要】

広域未踏峰探査において、協調分散されたロボットからのデータ中継やエネルギー供給のために、通信ステーションや簡易なエネルギーステーションを構築することが必要です。コンパクトで可搬な装置が現場(重力環境下)で大型な構造物に自動展開することができれば、月惑星探査のみならず、屋外での作業現場や災害地などへの応用が可能になります。

インフレータブル技術、自動組立・展開技術、自動ポインティング技術などを駆使した構造物の自動展開技術に関するアイデアを募集します。

##### 【研究目標】

- ・ 可搬でコンパクトな装置が、自動展開を行い、データ中継用アンテナやエネルギー供給システムなどの大型構造物を自動構築する手法のフェージビリティの検討を目標とします。
- ・ 本研究において、部分試作による自動展開の実験的検討を行います。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

JAXA 宇宙探査実験棟における実証デモンストレーションを推奨します。

## B アイデア型研究

### II. 自動・自律型探査技術

#### 研究課題 (7) 「土木作業機械の知能化」

##### 【課題概要】

有人月面拠点建設の候補地に挙げられる月の極域は未開の山岳地帯です。建設初期の作業は土木工事が主となると考えられますが、地上とは異なる地盤等の挙動について事前情報がないため、作業機械の効率的な動かし方をその場で判断する必要があります。本研究課題では、地上の建設手法を参考に、無人で効率的に作業を行う技術を検討し実証します。

##### 【研究目標】

- ・地上で土木工事に使用される車両系建設機械(盛土や整地に用いるブルドーザ、トンネル工事に用いるロードヘッダなど地盤・岩盤・土壌に対し作業を行う機械)を対象に、事前情報なしに効率的に作業を進める手法を検討します。地盤等に対し作業を行わない機械(ダンプ等)は除きます。
- ・リアルタイムに作業情報(位置・姿勢や力・トルクなど)を取得し、対象の変化や岩石などの出現を予測して自動で調整する機能を実現します。AIなどの活用を歓迎しますが、事前情報が無いことを前提とし、かつ地盤などの情報を直接利用する方式とします。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・地上で事業化につながる検討とするため、実用上の課題に取り組む提案を求めます。(手法の原理確認・理論化に止まる提案は対象外です。)従って、事業化主体組織、またはそれを中心とした研究チームからの提案を期待します。

## B アイデア型研究

### II. 自動・自律型探査技術

#### 研究課題 (8) 「月面地下情報の取得」

##### 【課題概要】

有人月面拠点建設を行う際、事前に建設候補地を無人で調査します。表面の地形・起伏だけでなく、地下構造など建設場所としての適性を判断するデータが必要になります。

本研究課題では、月面の地下情報取得手法を検討します。ただし、単なる既存の手法の適用ではなく、調査方法自体の新規性や既存の手法の大幅な性能向上・効率化といった優位性のある手法の提案を求めます。

##### 【研究目標】

- ・拠点建設候補地の地下情報を無人で取得する実用的な手法・手順を検討します。調査範囲は1km四方・深さ10m程度を想定します。地上の建設で行われる事前調査を参考に月面で行うべき調査を推定し、それを効率的に実施する新たな手法をご提案ください。使用する調査機器(作業機械や車両含む)の概略の検討を含みます。
- ・本研究課題の対象は面での調査です。アースオーガ(スクリー型ドリル)を使用した地盤調査は別の研究課題で実施中であり、点の調査であるため対象外としますが、掘削後に残るボアホールの活用は可とします。活用する場合は、ボアホールに対する要求(深さ、内径、個数など)もまとめてください。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・「自動・自律型」探査技術では、有人月面拠点建設を課題として構成技術の検討を進めています。実施中または終了した研究課題と親和性の高い提案を優先します。
- ・地上で事業化につながる検討とするため、実用上の課題に取り組む提案を求めます。(手法の原理確認・理論化に止まる提案は対象外となります。)従って、事業化主体組織、またはそれを中心とした研究チームからの提案に期待します。

## B アイデア型研究

### Ⅲ. 地産地消型探査技術

#### 研究課題 (9) 「未利用資源の活用技術の研究」

##### 【課題概要】

- ・ 月や火星での長期間の持続的活動には、現地の資源を利用することが必須ですが良質な資源の入手は困難です。
- ・ 地球上においても、天然資源の有効利用や環境負荷の低減のため、これまで利用されてこなかった未利用資源の活用が広がっています。
- ・ そこで、地球・月・火星の表面に存在する土、砂、岩石、火山灰、大気など、容易に入手可能ではあるが、いわゆる「資源」としては低質な原料物質、有人拠点から排出される廃棄物、不要となった探査機等を活用し、有用な物資を生産する技術の実現を目指します。
- ・ 製造システム全体でも、画期的な反応方式、探鉱技術、採掘技術といった要素技術でも可とします。

##### 【研究目標】

- ・ 以下の作業を実施し、実現性・有効性を確認することを目標とします。
  - 地上用途、宇宙用途の両方についてキーとなる技術の試作試験などによる実現性の確認を行います。
  - 単位時間に単位質量を生産した場合に、製造に必要なリソース(エネルギー、生産設備質量・サイズ、補給が必要な消耗品など)の見積による有効性の確認。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下/最長1年以内

## B アイデア型研究

### Ⅲ. 地産地消型探査技術

#### 研究課題 (10) 「AM(Additive Manufacturing)技術」

##### 【課題概要】

- ・ 月や火星の拠点での活動に必要な物資や資材の種類は多種多様であり、消耗や故障での交換に備えてすべての交換部品や必要な工具を全て準備しておくことは大変困難です。
- ・ 一方で、必要に応じて地球から送るとなると、輸送時間やコストが問題になります。
- ・ このような問題に対応するため、現在、国際宇宙ステーションには、3Dプリンタが設置されており、交換部品の製造が実施されています。
- ・ ここでは、この考え方をさらに発展させ、現地の資源などを用いて必要な物資を生産する、新たなAM技術の創出を目指します。

##### 【研究目標】

- ・ 対象とするAM技術は従来の性能向上などではなく、これまでにない特徴(下記に参考を例示)を備えることを条件とします。
  - 樹脂や金属粉だけではなく、土、砂、氷など現地で入手可能な物資を素材として用いる。
  - 拠点を構築する構造物や建築物など、製造装置自体よりずっと大きなサイズを製造できる。
- ・ 上記を実現できるAMシステムの概念検討と、キーとなる要素技術の試作試験などによる実現性の検証を行います。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

## B アイデア型研究

### Ⅲ. 地産地消型探査技術

#### 研究課題 (11)

#### 「月面農場を想定したドライフォグを用いた節水型植物栽培システム」

##### 【課題概要】

近年、食の安心・安全、地球温暖化、省資源への関心などから植物工場への投資が盛んに行われ、一部の野菜などの生産が事業化されていますが、生産物の多様化やコスト削減のためには更なる技術的ブレークスルーが必要とされています。

一方、JAXAでは、人類が宇宙ステーションや月・火星で生活するための植物生産システム(月面農場)の研究を進めています。月面農場は、地球上とは異なる極限環境であるため、地球上では想定しない条件下での植物生産技術が必要になります。探査ハブでは、ここに着目し、地上の優れた農業・バイオ技術を応用して、宇宙だけでなく、地上の農業にもイノベーションを起こすような共同研究を目指しています。

世界の水消費の約7割が農業用水に使われています。しかも、人口の増加や工業化、気候変動などで世界的に深刻な水不足が起きています。また、植物工場は中東などの水資源の乏しい地域でのニーズが高く、限られた水資源を有効に活用する節水、再利用につながる新しい農業システムが求められています。

同様に、月面農場を考える場合においても、宇宙飛行士の作業や使用するリソース(水、酸素、二酸化炭素、電力)を最小限とすることなど、特異な環境での栽培となります。このような背景を念頭におき、特に重要なリソースである水を最少化する方法として、ドライフォグでの水耕栽培システムを用いた提案を求めます。

##### 【研究目標】

- ・ 将来の月面農場での栽培、及び地上の植物工場の水利用の最少化を目指し、ドライフォグを用いた節水型の栽培システムの実証を行います。
- ・ 月面農場への適用のため、屋内での利用を想定した省スペース、軽量化が可能なシステムとします。

- ・ 提案するシステムは稲、大豆、いも類(ジャガイモ、サツマイモ等)、葉菜類(レタス、小松菜等)、トマト、キュウリ、イチゴのいずれかでの栽培実証を検討します。

**【研究資金／期間】**

最大総額500万円以下／最長1年以内

**【本研究を実施するにあたっての留意事項】**

- ・ JAXAには実験農場のような設備はありませんので、栽培実験は提案者側の施設で行っていただきます。

## B アイデア型研究

### Ⅲ. 地産地消型探査技術

#### 研究課題 (12) 「穀物に頼らないコンパクトなタンパク質生産システム」

##### 【課題概要】

近年、食の安心・安全、地球温暖化、省資源への関心などから植物工場への投資が盛んに行われ、一部の野菜などの生産が事業化されていますが、生産物の多様化やコスト削減のためには更なる技術的ブレークスルーが必要とされています。

一方、JAXAでは、人類が宇宙ステーションや月・火星で生活するための植物生産システム(月面農場)の研究を進めています。月面農場は、地球上とは異なる極限環境であるため、地球上では想定しない条件下での植物生産技術が必要になります。探査ハブでは、ここに着目し、地上の優れた農業・バイオ技術を応用して、宇宙だけでなく、地上の農業にもイノベーションを起こすような共同研究を目指しています。

全世界の人口は 2050 年に 90 億人を突破すると予想されており、この人口の増加に加え、新興国の食生活の肉食化などにより、2050 年には 2005 年時のタンパク質の 2 倍の供給量が必要になると予想されています。この予測は『タンパク質危機(protein crisis)』と呼ばれる課題です。

月面農場を考える場合においても、畜産や魚の養殖などは難易度が高く、これらを前提としない場合、動物性タンパク質やビタミンなどが不足することが見込まれています。また、宇宙飛行士の作業や使用するリソース(水、酸素、二酸化炭素、電力)を最小限とすることなど特異な環境での栽培となります。

このような背景を念頭におきつつ、将来の長期の有人月滞在を支えることのできる、地上の最先端技術を活用したコンパクトなタンパク質生産システムの提案を求めます。

##### 【研究目標】

- ・ 将来の月面農場での栽培を目指した省リソース(空間、電力、水など)でのタンパク質生産システムの実証を行います。
- ・ 単位面積あたりのタンパク質生産量が穀物から得られるタンパク質生産量を上回ることとします。

- ・ 月面農場における地産地消を前提とし、生産された植物の残渣(非可食部)を原料とし、藻類や菌類等を用いた肥料成分のリサイクルにも寄与するタンパク質生産システムとします。

**【研究資金／期間】**

最大総額500万円以下／最長1年以内

**【本研究を実施するにあたっての留意事項】**

- ・ 月面農場での生産を前提とするため、昆虫や魚類などのタンパク質生産は対象としません。
- ・ JAXAには実験農場のような設備はありませんので、栽培実験は提案者側の施設で行っていただきます。

## B アイデア型研究

### Ⅲ. 地産地消型探査技術

#### 研究課題 (13) 「月の現地資源を利用する技術

##### 月レゴリスの熱容量を利用した温度差発電」

###### 【課題概要】

月の北極南極域のクレーター内奥底には太陽光が届かない永久影領域があり、極低温状態にあると考えられています。

一方、クレーターリムの稜線には長時間の日照にて温暖な領域が想定されます。

この2つの領域にあるレゴリス(砂)の温度差を利用した発電システムに関する研究を募集します。

例えば、

300K の温度差を利用し、砂の熱容量 $0.7\text{J/gK}$ 、砂処理 $100\text{g/s}$ 、発電効率10%と仮定すると

2kW の発電が想定されます。

月レゴリスは、真空状態にて鋭角な形状の粒子が点接触にて堆積しているため、粒子間の熱伝導が期待できずヒートシンクとしては機能しません。

そこで、レゴリスを掘り起こして直接的に熱交換させる必要があります。

このように考えると、以下のような技術が必要になります。

- 1)レゴリスの掘削(候補例:パワーショベル、アースオーガ)
- 2)レゴリスの運搬(候補例:ベルトコンベア、静電搬送、振動床)
- 3)熱交換(候補例:鋳物砂冷却)
- 4)熱輸送(候補例:ブライン循環、ヒートパイプ)
- 5)発電(候補例:スターリングエンジン、ゼーベック素子)

###### 【研究目標】

本研究課題では、以下の課題に取り組んでいただくことを期待します。

- A)上記の技術例を統合した発電システムの月極域での成立性検討
- B)部分要素技術の地上応用性の検討

- C) 宇宙と地上応用の共通部分に関する研究開発
- D) 砂の熱容量を利用した温度差発電のデモンストレーション

上記4項目を実施いただくのが理想ですが、ABCまたはABDの3項目を必須とします。

**【研究資金／期間】**

最大総額500万円以下／最長1年以内

## B アイデア型研究

### IV. 共通技術

#### 研究課題 (14) 「高信頼性小型冷凍技術の研究」

##### 【課題概要】

月面探査において水氷探査ミッションは将来の資源利用に対する重要な技術だけでなく、学術的にも非常に意義の高いミッションと考えられています。月に存在すると考えられている氷を学術的な価値を損なわずに採取するには極低温に維持したまま分析まで行うことが理想であるため、限られたリソースでも極低温に維持できる小型冷凍機の技術が必要です。

一方、地上では冷凍機は汎用的に使う分野(医療、研究など)が限られていますが、小型で長期間動作可能な冷凍機があれば一般家庭でも使える可能性があります。例えば、冷蔵庫の中に組み込んで、ある領域だけ極低温に保って、低温保存できる温度の幅を広げ付加価値を加えるなどの活用が考えられます。この場合、家電扱いとなるので10年程度の長寿命、すなわち高信頼性が課題となります。

##### 【研究目標】

極低温サンプリングを実現するための小型で長期ミッションにも耐えうる冷凍機技術を研究します。

将来的には月に限らず、木星以遠の天体からのクライオサンプルリターンにも応用できるよう小型で10年以上動作可能な技術を目指するため、研究した技術の発展性について検討を行います。

地上応用では、一般家庭の冷蔵庫でも使えるよう、同じく10年以上動作し続ける技術を目指し、基礎研究開発として10cm角程度の空間を、例えば-100°C程度まで冷やせる冷凍機技術を検討し、冷凍空間を含んで20cm×20cm×20cm以下の冷凍機試作を目指します。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

## B アイデア型研究

### IV. 共通技術

#### 研究課題 (15) 「太陽電池用波長変換材料技術」

##### 【課題概要】

- ・ ほぼ全ての宇宙機は太陽電池で発電した電力で動作していますが、特に重量制約の厳しい月・火星の探査活動では、パドルを軽量化するため、また必要面積を小さくするために高い変換効率が要求されます。
- ・ 宇宙用の太陽電池では、放射線や紫外線による電池や透明接着剤の劣化を抑制するためカバーガラスが実装されており、紫外光はカットされ発電には寄与しません。本研究では、カットされる紫外線を発電に寄与する長波長側の光に変換可能な波長変換材料技術を実現し、太陽電池のさらなる発電効率向上を目指します。
- ・ この技術は、地上の太陽電池においても発電効率向上やコスト低減が期待されます。

##### 【研究目標】

- ・ 従来の太陽電池と比べて、波長変換材料を適用することにより、発電効率の向上が少なくとも1%程度見込まれることが条件です。なお、紫外線や高温環境に対しても高い信頼性を有し、長寿命が見込まれる提案を優先します。
- ・ 波長変換材料の試作を行います。試作した材料を用いて、例えば月面上で1年間の利用を想定した放射線照射試験、耐熱衝撃試験、ならびに地上用途を考慮した耐熱/耐湿試験等により性能の検証を行います。
- ・ 将来の太陽電池セルの大面積化にも対応できるように、波長変換材料のシート形成プロセス技術も研究対象とします。

##### 【研究資金／期間】

最大総額500万円以下／最長1年以内

##### 【本研究を実施するにあたっての留意事項】

- ・ JAXA の関連研究設備は利用可能です。
- ・ 当該技術に関する特許を保有していることが望ましいです。

## B アイデア型研究

### IV. 共通技術

#### 研究課題 (16) 「センサ・エネルギーハーベスタの研究」

##### 【課題概要】

探査衛星、ロケット、ローバー等においては様々なセンサーを用いて、動作状況等のモニタリングを行う必要があります、そのセンサー等の駆動源としてエネルギーハーベスティング(環境発電)技術が有望です。すなわち、衛星やロケット内においては軽量・小型なセンサーは必須であり、エネルギーハーベスティング技術を搭載したワイヤレスセンサーの開発が要望されています。

このような状況の中、電磁波、振動、熱、生体等様々なソースに対応したエネルギーハーベスティング技術の研究開発が進められています。また、同時に複数の異なるエネルギーソースから電気エネルギーを回収するハイブリッド技術の開発が進められています。従来の研究では、特に材料、デバイス開発に重きをおいた、微小エネルギーを $\mu\text{W}$ から $\text{mW}$ 級の電気エネルギーに変換する基盤技術開発が進められています。しかしながら、エネルギーハーベスティング技術の最も大きな課題はエネルギーソースの不安定性に対応できる電気エネルギー変換デバイス、回路技術が実現できていないことです。すなわち、エネルギーソースのエネルギーレベルが環境等により大きく変動する、もしくはソースによってエネルギーレベルが異なるため、電気エネルギー変換デバイス・回路のエネルギー変換効率が一定にならず、回収したエネルギーによる装置の常時稼働ができないという課題があります。

本研究では上記で述べたエネルギーハーベスティング技術そのものの課題を解決し、宇宙空間の様々な機器に搭載可能なワイヤレスセンサー用環境発電素子を開発します。この素子を用いたワイヤレスセンサーは、宇宙機器のみならず、航空機や自動車、医療機器への応用が期待できます。

##### 【研究目標】

- センサーを常時稼働可能とするエネルギー回収を実現するため、様々なソース(電波、熱、振動など)よりなるハイブリッドエネルギーハーベスティングシステムの構築を目指します。
- エネルギーハーベストを行う電波、熱、振動などのエネルギーソースレベルの違いに依存しない高効率なエネルギーハーベスティング素子を実現します。HySIC技術等の適用によるエネルギーハーベスト素子のコンパクト化の検討も行います。

研究課題 (16)

- 宇宙機に搭載可能となる軽量・小型・低コスト化技術を確立します。
- センサーとハイブリッドエネルギーハーベスティングシステムを集積化した小型ワイヤレスセンサーモジュールを試作し、提案システムの実証検証の検討を行います。

**【研究資金／期間】**

最大総額500万円以下／最長1年以内

**【本研究を実施するにあたっての留意事項】**

エネルギーハーベスト素子は電波、熱、振動などがありますが、どれか単一のエネルギーをハーベストする提案でも複数のハーベスト素子の混合でも提案可能です。

- 電波に係るセンサ・エネルギーハーベスタの評価は、原則的に、JAXA 宇宙科学研究所が保有する電波暗室内で行います(測定器材の性能については要相談)。

- HySIC デバイスは、外部ファンドリ等により試作した IC を用いて、原則的に JAXA 宇宙科学研究所クリーンルーム内のプロセス装置にて製作します(デザインルールチェックのパラメータについては相談要)。

## B アイデア型研究

### 研究課題(特別枠)「TansaX チャレンジ研究」

#### 【課題概要】

- ・ 宇宙探査イノベーションハブでは、効率良く、短期間で、多様な宇宙を広く、深くとらえる挑戦的な探査を実現するために、いままでの宇宙探査の方法を大きく改革するとともに、宇宙探査技術の確立と地上産業への波及を同時に行うことを進めています。
- ・ 20年先の宇宙探査の中で、民間企業を含めた多種多様なプレーヤーが月の利用に参画する姿を描き、技術革新を狙っています。
- ・ 今回は、特別枠として、宇宙探査および地上の新しい産業につながる「今までにない新しい研究」を募集します。
- ・ 宇宙探査実現のための4つの分野「探る」「建てる」「作る」「住む」に関連する新しいテーマを歓迎します。

#### 【研究目標】

- ・ 別紙に掲げた目標のいずれかを実現するため、自由な発想に基づく斬新なアイデアの研究を募集します。

#### 【研究資金／期間】

- ・ 最大総額300万円以下／最長1年以内

# JAXA／探査ハブの研究テーマ：ポートフォリオ

