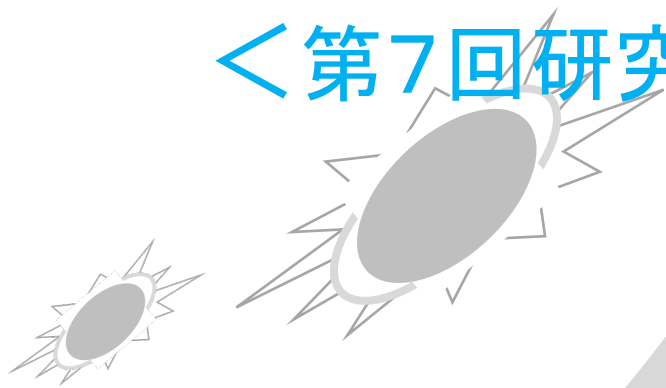




宇宙探査イノベーションハブ 参加のご案内

＜第7回研究提案募集(RFP)に向けて＞



2021年2月3日

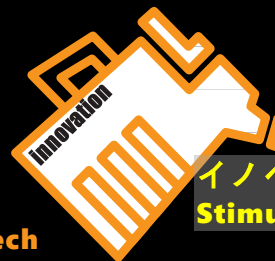
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

宇宙探査イノベーションハブ

布施哲人



- 宇宙探査技術 **Space Exploration Tech**
- 月着陸 **Moon Landing**
- 火星探査
- 太陽系探査
- 月面基地



イノベーションの創出
Stimulating Innovation

新産業の創出
Create New Eco-system

DUAL UTILIZATION

宇宙技術の拡大
Expanding Space Technologies



企業 **Private Companies**
大学 **Universities**
研究機関 **Research Institutes**

- 地上技術 **Terrestrial Tech**
- 資源利用 **Resource Mining/Use**
- 燃料電池 **Fuel Cells**
- バイオニクス **Bionics**
- エネルギー再生 **Energy Renewal**
- マイクロマシン・センサ **Micro-machine Sensors**
- 最先端ロボット **Cutting-edge Robotics**
- アクチュエータ **Actuators**
- 自動運転 **Self-driving**
- 無人施工 **Unmanned construction**

Active use of terrestrial technology



◆企業様のインセンティブを重視した研究課題の設定

- ① 将来の宇宙利用のみならず、地上での社会実装の両方を満たした課題に特化
- ② 資金提供型の共同研究方式（マッチングファンド形式ではありません）
- ③ 参加企業様は地上での社会実装に重点、JAXA専門スタッフが支援
- ④ 「重力天体である月、火星表面」での宇宙探査での応用を目指すことで、地上で優れた技術を持つ大学・企業様の参加を期待

◆企業様と協同しやすい制度

- ① 企業様で社会実装を進めていただくための知財制度（JAXAは不実施補償を求めない、JAXAへの出向者等の優遇、第三者実施の優遇）
- ② クロスアポイントメント制度（企業・大学の身分を維持したJAXAへの出向制度）
- ③ 市場ニーズの変化への柔軟な対応（イノベーションハブ長の権限で迅速な意思決定）
- ④ チャレンジ/アイデア型研究（1～2年間）から課題解決型（3年間）へのステップアップ

宇宙探査イノベーションハブでの共同研究までの流れ

広くご意見をいただく仕組み

＜地上と宇宙の共通技術課題の収集・議論＞

- ・技術情報提供要請(RFI) (3月26日締切)
- ・オープンイノベーションフォーラム(本日)
- ・課題設定ワークショップ(TBA)

■ 外部コミュニティ(非宇宙業界)との連携:

- ・ 水素
- ・ 自動車
- ・ 資源
- ・ 物流・輸送分野
- ・ 建設・建築分野
- ・ ...

＜第7回研究募集＞

- ・研究提案募集(RFP) (5月末～7月初予定)
- ・テーマ選定(9月末予定)
- ・研究・契約調整、共同研究チーム構成

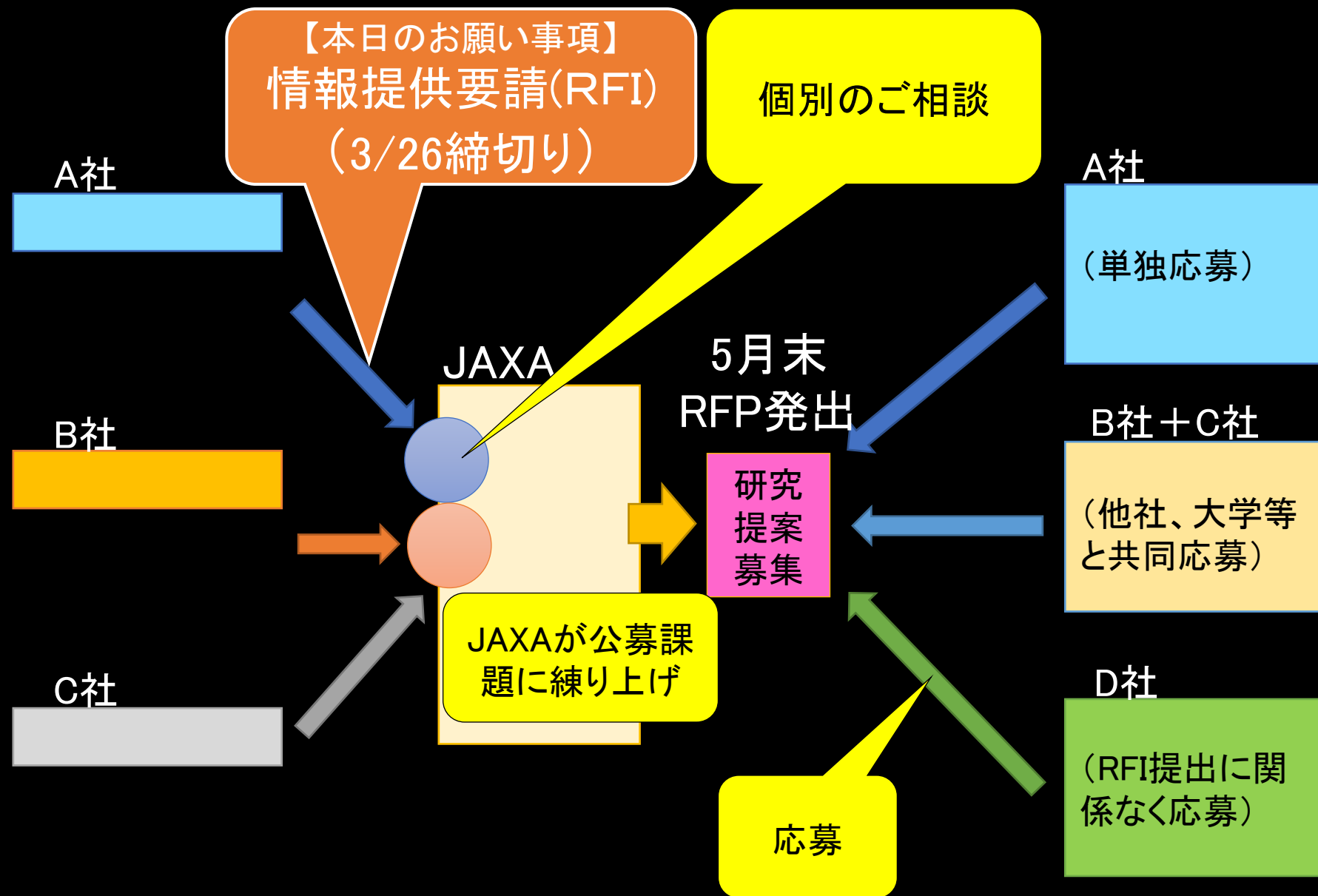
■ 研究テーマ:
地上と宇宙の共通課題をJAXAで設定

■ チーム編成:
企業・大学の皆様とJAXAの研究者の共同チーム

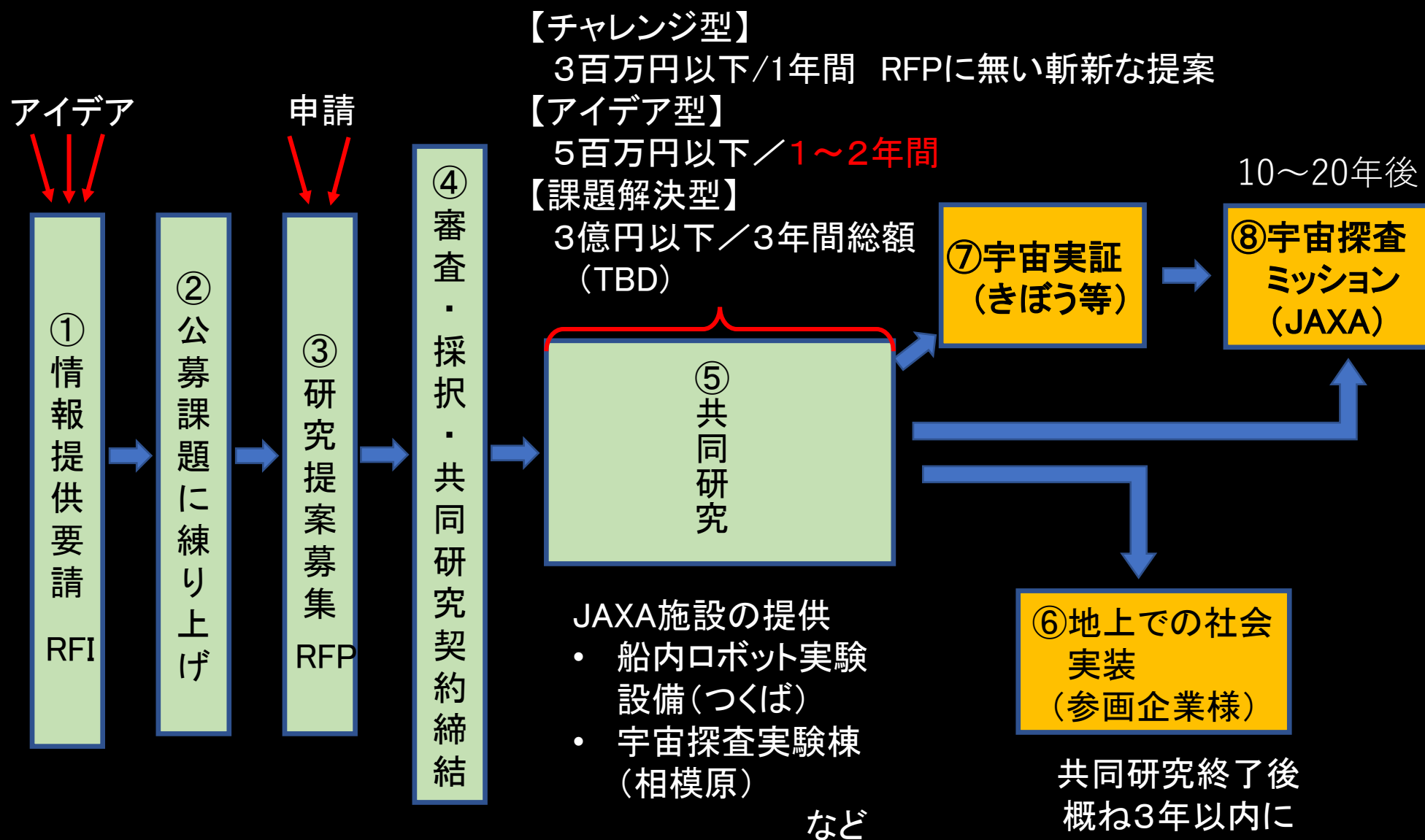
＜共同研究開始(10月～)＞

- ・期間: 1～3年、資金: 課題毎に設定

情報提供要請(RFI)と研究提案募集(RFP)



情報提供要請 (RFI) から研究成果創出までの流れ



今回の情報提供要請(RFI)で期待する技術分野

<締め切り>

令和3年3月26日(金)

探査ハブHPに掲載する受付フォームから提出をお願いします。

- 日本が得意とする技術
- 将来の宇宙探査に応用
- 地上の産業競争力向上

支援する

- ・ 人が効率的に活動する技術
- ・ 人が安全に活動する技術

作る

- ・ 水を使わないコンクリート
- ・ 砂からの資源抽出(水や鉱物)

建てる

- ・ 遠隔操作による無人建設
- ・ 軽くて大きな建設機械

探る

- ・ 昆虫型ロボによる広域探査
- ・ 小型高パワーのモータ
- ・ 僅かな水を検知するセンサ

住む

- ・ 再生可能な燃料電池
- ・ 燃料保存断熱タンク
- ・ 植物生産
- ・ 放射線防御
- ・ 健康管理技術

探る

課題領域① 『広域未踏峰』探査技術 分散協調探査システムの研究

◆ 目的

単体ではなく複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏峰地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現し、探査手法に革新を起こす。

◆ チャレンジする課題

昆虫型探査機から小型軽量な探査機の開発と分散協調するための自己組織化メカニズムを構築する。

◆ アプローチ

バイオミクス工学やインフレータブルに基づく設計、昆虫や動物の群知能・群行動に関する知見をもとに分散協調型探査システムを創出する。



インフレータブル
エアロシェル



パラフォリル型探査機



マルチラングによる協調探査のイメージ図

広域未踏峰探査技術分野における重点募集テーマ

探る

赤記は新規・重点的に募集するテーマ・技術

中テーマ	小テーマ	関連キーワード
(1) 多地点同時観測 複数の小型探査ロボット が広い領域を均等に分散 し、お互いに協調しながら 効率的な探査を行う。	① 画期的な探査ロボットシステム	高機能・新材料を用いた新しいタイプのロボット
	② 複数の小型探査ロボットの分散協調	群知能・群行動技術、ネットワークロボット技術
	③ 小型探査ロボット用スマートセンサ (水、氷、鉱物資源、生命等)	高性能・超小型センサ、MEMS、遠赤外カメラ、 その場微生物検出手法
(2) 極限地域への到達 月・火星表面の中央丘峰、 崖、縦孔底、洞窟、地中、 極域等の今までの探査ロ ボットでは到達不可能な 極限地域の探査を行う。	① クレータ中央丘や崖の地形・地質探査	革新的移動技術、可変構造型ロボット、投てき 技術
	② 電力供給や通信困難な洞窟探査	小型無線給電システム、電力・通信リレー、 電力供給用展開型アンテナ
	③ 地下数メートルの掘削探査	掘削・ボーリング・サンプル採集
	④ 太陽の当たらない永久影の中の移動探査	深海探査技術、過酷な環境適応システム
(3) 水平垂直活動 月・火星において、数百 kmオーダの長距離移動 や数十～数百mオーダの 高度移動を実現する。	① 高い高度を移動可能な飛翔探査	ドローン・飛行移動体UAV・編隊飛行
	② 長期間移動探査	待機電力不要システム 故障診断・検知・修理、自己修復
(4) 人工知能 未知環境や屋外環境にて 自律的行動計画をたて、 環境に適応して探査を行 う。	① 環境認識・行動理解	3次元地図生成、SLAM、アクティブセンシング、 表示システム・経路計画・自己位置推定
	② 画像解析・理解	画像理解・重要情報抽出・予測
	③ 環境適応・行動立案	人工知能(認知・自律)、学習(Deep Learning)
	④ データ処理	ビッグデータ解析・高速AI処理CHIP

- ◆ 目的
地球からの指令型探査から脱却する『自動・自律型』探査技術を獲得し、将来月面に構築される有人探査拠点の自動建設に繋げる。
- ◆ チャレンジする課題
世界トップクラスである我国の建設技術や自動車技術を大型軽量化・宇宙仕様化することで、宇宙技術に革新を起こす。
- ◆ アプローチ
月面などの宇宙空間における自動・自律型探査技術の研究開発をゼロベースでスタートするのではなく、地上で既に実現されている無人化や自動化の技術をベースとし、それらを宇宙技術に昇華させる部分(重量、消費電力、耐環境などのクリア)に重点的に取り組む。まず模擬フィールドやアナログサイトで技術実証を行い、最終的には宇宙実証を目指す。



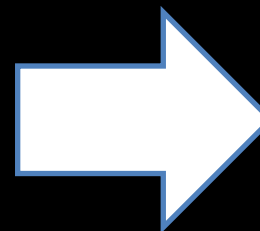
無人ダンプトラック運行
(コマツ ホームページより)



情報化施工
(日立建機ホームページより)



自動運転
(トヨタ ホームページより)



建てる

赤記は重点的に募集するテーマ・技術

中テーマ	小テーマ	関連キーワード
(1) 遠隔操作による月面拠点の自動建設(ICT関連技術) 月面拠点(居住ゾーン、離着陸ゾーン、サービスゾーン)を遠隔操作で建設する。	① 環境認識・位置情報取得	無人測量・測距、地図作成、3次元位置検出
	② 挙動予測(シミュレーション)	機械と土壌の相互作用
	③ 作業の高度化	施工管理・施工支援、協調作業、 自動検知(地面・地盤状態検知、不具合検知) 、自動運転
(2) 構造物の自動建設方法・手段 月面拠点に設置する構造物を自動建設する手法の確立。	① 軽量・高剛性構造物	展開、組立、プレハブ、大型軽量構造、放射線・隕石防御、安定(水平)設置
	② 大型設備(大型アンテナ等)の設置	安定(水平)設置 、作業用機械
	③ 効率化手法	作業シミュレーション、保守(点検・診断)、管理(維持・補修)
	④ 建設機械・作業ツール	電動化、共通化・モジュール化、標準化
(3) 映像・データ・電力伝送技術	① 無線通信、画像伝送	地上と月面のデータ伝送、拠点内のデータ伝送
	② 電力供給技術	電力無線伝送、送受電設備
	③ 操作環境	映像ソースの配置、ガイダンス

◆ 目的

「すべて運ぶ」から「現地で調達する」「再利用する」というパラダイム転換により、従来に比べ輸送効率の高い持続可能な探査を可能とする。



アポロ 現地調達:なし、再利用:なし



ISS 現地調達:電力、再利用:一部



今後 現地調達:あり、再利用:あり

◆ チャレンジする課題

日本が得意とする省エネルギー、リユース・リサイクル技術、資源精製技術等を応用し、必要な物資を効率的かつ無人で生産できるシステムを構築する。

◆ アプローチ

まずアナログサイトでの地上実証、次に世界初の宇宙実証を目指す。



月の表土(レゴリス)

- ◆化学・物理プラント技術
- ◆レゴリスハンドリング技術
- ◆エネルギー・物質供給
- ◆システム技術
- ◆植物生産技術



ブロック



燃料(酸素)



水、水素、窒素



金属



地産・地消型探査技術



赤書は今回から重点的に募集するテーマ・技術、茶色は昨年から継続した重点的募集テーマ

作る
住む

中テーマ	小テーマ		関連キーワード
(1) 資源探査システム 月・火星の資源の分布、存在量、形態を観測するシステム	①	月や火星の表面・地下の水氷(揮発性物質)や鉱物等の資源を観測する技術	ガス分析センサ、質量分析、熱重量分析、分光カメラ、鉱物検知、中性子センサ、 ハンディ化、可搬化
		自動走行による上記観測の実施	自動制御、自動走行観測システム
(2) 現地資源利用システム 月・火星探査に必要な物資を現地で生産するシステム	①	<u>3Dプリンタ等を活用して現地物質から多種多様な製品を製造する技術</u>	<u>AM技術、3Dプリンタ、革新的な製造手法</u>
	②	表土を使った構造物、水・酸素、鉄、ガラス等の生産	効率的な化学的・物理的処理プロセス技術
	③	原料の効率的な処理技術	掘削、革新的ハンドリング技術、貯蔵、分離、分級、精錬、濃集
	④	<u>資源利用システムにおいて発生する熱を効率良く利用するシステム</u>	<u>掘削、運搬、各種プロセス等で発生した余剰熱を効率良くマネジメントする技術</u>
	⑤	<u>生産システムの高度化</u>	<u>コンパクト化、可搬化、省力化、高効率化、軽量化</u>
(3) 資源再利用システム 月・火星でのリユース・リサイクルシステム	①	<u>不要となった着陸機やその部品をリサイクルするシステム</u>	<u>再利用を考慮した設計、CFRPやチタンなどの効率的再利用技術</u>
	②	エネルギー技術	燃料再生、革新的蓄電池、燃料電池
(4) 月面農場システム 食糧の現地生産を実証するシステム	①	食料用植物の栽培システム	日照・温度制御、閉鎖循環システム、エネルギー効率、摂取カロリー最大化
	②	栽培、収穫の機械化、自動化	ロボット技術、モニタリング技術 、センサー、環境維持管理
	③	リサイクル	水や肥料の再利用、無菌砂、メタン発酵、 微生物環境の制御 、養液殺菌、CO2吸着・ 再利用



将来有人宇宙活動にむけた宇宙医学／健康管理技術の技術ギャップ

- 将来有人探査活動での健康管理運用を想定し、国際宇宙ステーション（ISS）での健康管理運用との技術ギャップを識別。
- 2018年12月に初版（86技術ギャップ）を公表し、情報提供要請（RFI）を行った。
- その後、NASA等、他国の知見を取入れ見直しを行い、新たな技術ギャップを設定するなど、第2版（166技術ギャップ）を設定した。
- 第2版は、2020年2月7日から公表済み。詳細は、宇宙医学・健康管理技術RFIのページ（http://iss.jaxa.jp/med/partner/200207_health.html）をご参照ください。

地球低軌道を持続的な人類の経済活動の場へ
(2020s~)

技術実証

国際宇宙ステーション等の
低軌道宇宙システム

地上ロボット技術

ロボットの導入
自動化・自律化の推進

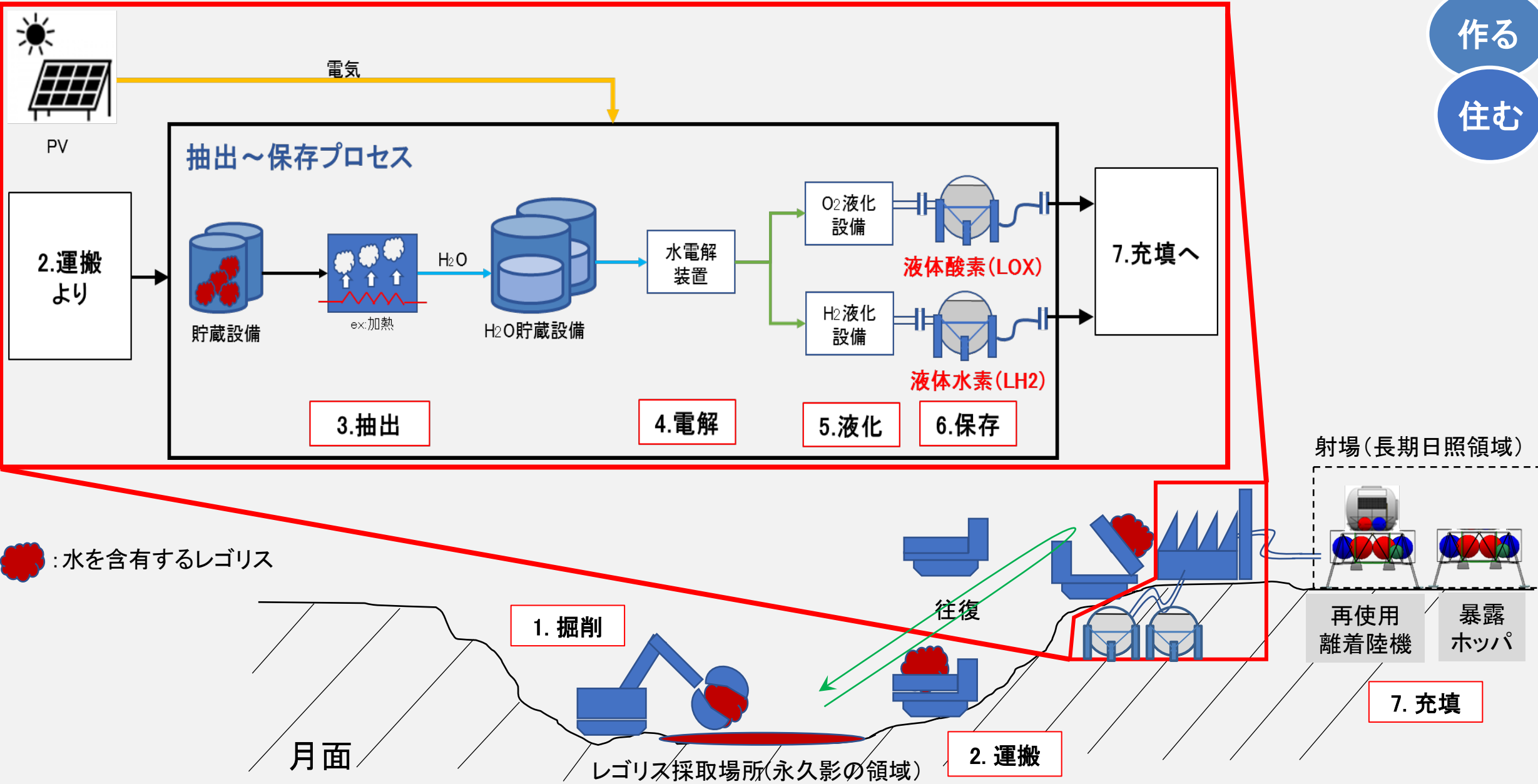
- 宇宙飛行士の作業を代替・支援
 ➡ 有人宇宙活動を効率的に
- 未踏空間を探索
 ➡ 有人宇宙活動を安全に

地上技術へのフィードバック

月近傍・月面をターゲットとした
人類の活動領域の拡大
月近傍拠点 (Gateway) (2020s~)
月面 (2030s~)



(A) マニピュレーション 操作	① 通信遅延下でも対応可能な自律制御技術	■ 対象物の形状変化や位置・姿勢ズレがあってもタスク実行可能であり、且つ計算負荷の低い深層学習アルゴリズム ■ ハンドや操作対象物の高精度・高速・省リソース(電力、コンポ数)な位置予測手法
	② 通信遅延下での遠隔操作支援技術(その場その場で対応が求められる作業など)	■ 制御対象(ハンド等)の動作計画を操作者に分かり易く表示する技術(GUI、AR、VR等の活用) ■ 力触覚予測フィードバック
	③ 岩石への連続ハンマリング動作	■ 操作力は高いが衝撃をいなすマニピュレータ(アーム・ハンド)の構造や制御技術
(B)認識技術	① 物体や人の動作の推定、認識	■ 高コントラスト・低視認性環境下(月面を想定)での認識技術
(C)移動技術	① 重量、重心が異なる様々な荷物を持ち移動する技術	■ 重力環境/無重力環境の両方で荷物を把持しての飛行ができるドローン ■ 特定の把持ポイントを把持しながら伝い歩きが可能なハンド技術
(D)環境耐性	① 人に危害を与えない、周辺構造を損傷させない安全性	■ コンプライアンス機能(制御・材料)による衝突荷重低減と高出力作業(岩石のハンドリング等)を両立させる技術 ■ ロボットの全方位に有効な衝突防止センシング技術
	② レゴリスの付着や侵入を防止する設計	■ レゴリスの除去技術(帯電、振動、掃除等) ■ レゴリスに有効なシール技術
(E)共通技術	① 出力、リーチ長を担保した上でのロボットの軽量化	■ 軽量、高出力なアクチュエータ ■ 軽量、安全(不燃性)な構体材料 ■ 軽量、高エネルギー密度で安全性の高いバッテリー



月面での水資源利用に向けた重点募集テーマ



プロセス	中テーマ	小テーマ	関連キーワード
液化	低エネルギーでの液化	予冷エネルギーの低減	● 予冷効率の高い冷媒適用技術 ● 永久影を利用した予冷技術
		液化エネルギーの低減	● 異なる冷凍方式を用いた液化技術（機械、気体または磁気冷凍等）
	電力供給の効率化	軽量な電力供給技術	● 月面資源を用いた発電技術 ● エネルギー（電力）密度（W/kg）の高い発電/蓄電技術
保存	貯蔵システムの軽量化	タンク（容器）の軽量化技術	● 非金属材料等の軽量材料（樹脂、膜及び複合材等）や高性能断熱材を用いた極低温液体の貯蔵技術
		ボイルオフ対策に伴う物量増加対策	● ボイルオフガス抑制技術 ● 防熱技術 ● 永久影を利用したボイルオフガスの再液化・冷却技術
	材料適合性	酸素下での耐性	● 酸素適合性の高い材料
		水素透過	● ガスバリア性の高い材料
		水素脆化	● 軽量耐水素脆化材料 ● 液化水素下での材料寿命評価 ● 液化水素下での保全技術（遠隔での検知・診断，運用管理等）

課題例⑦ 惑星保護技術に向けた重点募集テーマ

天体着陸を含む各種生命探査や民間探査機における宇宙市場開拓が続々と計画される中、**惑星保護技術の向上**は必要不可欠である。

惑星保護における主要な技術のうち、

- ① **滅菌バリデーション**
- ② **バイオーバーデン管理**

について、過去に火星着陸探査を実施したことがない我が国はこれらの技術を保持していない。

国際ルールを満たす水準まで探査機の汚染レベルを低減する滅菌・除染法、および、その検証・評価法に関する基盤要素技術の確立、各種要素技術を組み合わせた効率的な惑星検疫システムの構築が必要となる。

課題例⑦ 惑星保護技術に向けた重点募集テーマ

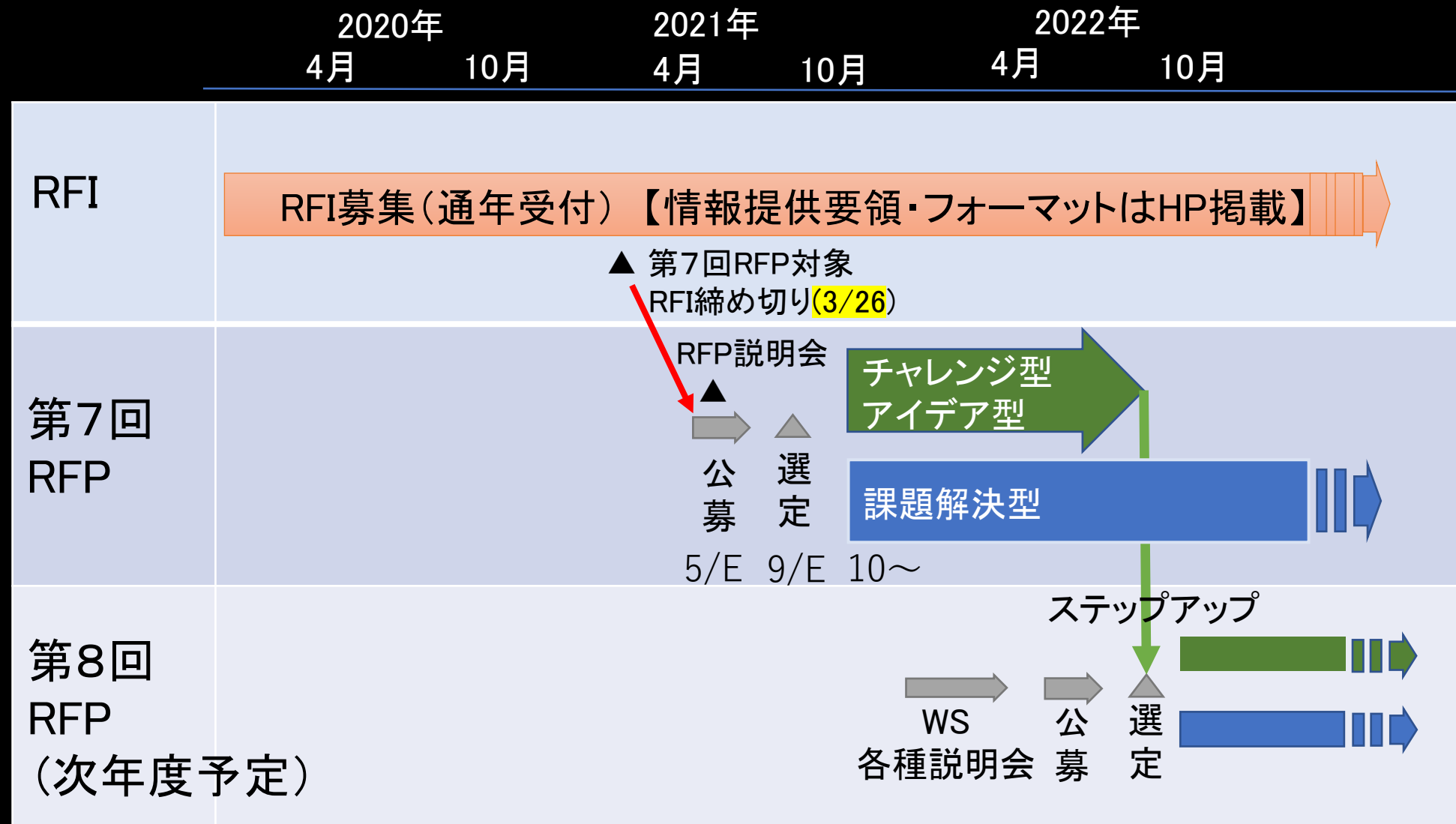
- 本研究課題では、**各種技術の滅菌・除染効果、腐食特性を比較**し、生体分子も分解できるような除染システム、従来知見が不十分であったウイルスやアレルゲンについても適正な不活化が行えるような**滅菌・除染システムの構築**を行う。
- さらに、その**評価・検証手法も併せて開発**を進める。

【期待される成果例】

- 惑星検疫システムの構築
- 大空間除染や仮設医療施設モジュールの滅菌
- 仮設実験設備の陸上、船上での設置・運用
- 製薬工場におけるクロスコンタミ防除
- 植物工場での農作物栽培における殺菌

RFI募集後の研究提案募集(RFP)について

今後の活動計画



■ 募集時期

第7回については令和3年5月末を目標に発出準備中。

■ 目的

宇宙探査イノベーションハブにおける共同研究についての研究提案の募集。採択後はJAXA宇宙探査イノベーションハブにて研究チームを構成(契約締結含む)。

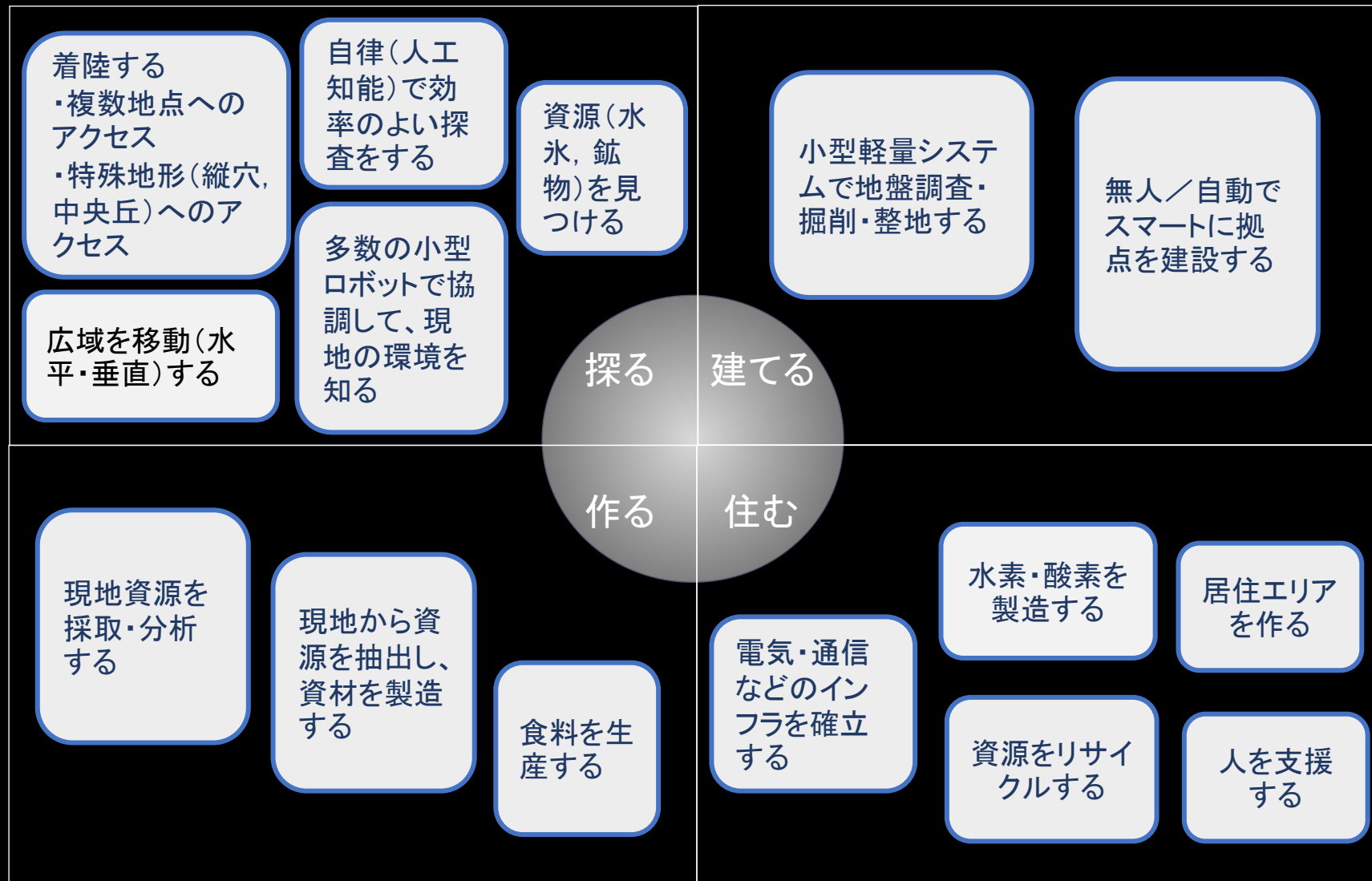
■ 募集課題

3/26迄に応募のあったRFIを踏まえて、募集課題をJAXAで設定。

- 「課題解決型」、「アイデア型」、「チャレンジ型」の3種類
- 「課題解決型」については、RFIで技術の革新性、地上におけるニーズ、事業化等が具体的であった分野を対象
- 「アイデア型」については、潜在的な技術革新が期待される分野を対象。
- 「チャレンジ型」はRFP募集対象外であっても、探査ハブのポートフォリオに貢献する斬新な提案を対象。
- 「チャレンジ型」「アイデア型」は成果に応じて次年度RFPで「アイデア型」「課題解決型」へステップアップが可能。

■ 募集内容

- 研究期間 : 課題解決型:3年以内、 アイデア型、チャレンジ型:1~2年程度
- 採択課題数 : 10~20テーマ
- 研究資金(TBD)
 - 課題解決型 3億円以下(3年間総額) 但し、RFP課題毎に研究資金を設定する。
 - アイデア型 500万円以下(1年間)、チャレンジ型 300万円以下(1年間)



研究提案募集(RFP)説明会

RFP発出後、募集内容についての説明会を実施します
(6月初旬)。詳細については改めてお知らせしますのでご
参加をお願いいたします。

A. 課題解決型

① 研究課題の設定趣旨との整合性

- ・ RFPで提示した研究課題の解決に資する研究提案であること

② 目標・計画の妥当性・実現性

- ・ 課題解決に向けた目標・計画が具体的かつ明確であり、実現性が高いこと
- ・ 課題の問題点あるいは技術的な課題等を的確に把握し、その解決策について具体的に提案されていること
- ・ これまでのデータ・成果が蓄積されており、計画が具体的かつ合理的に立案されていること

③技術的革新性（イノベーションインパクト）

- ・ 宇宙での課題解決に加え、地上における新しい産業の創出、社会・経済への独創的で大きなインパクトの期待がわかるよう、宇宙の活動、地上での生活等が具体的にどう変わるか検討されていること
- ・ 技術の独創性（新規性）及び競合優位性（技術的ベンチマーク、経済的優位性）が、論文、特許、インターネット等の調査に基づき具体的に検討されていること

④事業化実現性（ビジネスインパクト）

- ・ ターゲットユーザの妥当性、市場動向が十分に分析され、既存市場に対する革新的な優位性が期待できること、又は新規市場開拓・確立が期待できること
- ・ 事業化に向けた課題が明確にされており、課題解決のための方針、計画や知財戦略等が検討されていること
- ・ 地上における事業化構想が具体的であり、研究終了から概ね3年以内に事業化構想達成の見込みがあること

⑤研究開発体制の妥当性

- ・ 研究開発体制が適切に組織されており、企業・大学及びJAXAとの役割分担が明確にされていること
- ・ 参画企業が開発に取り組めるだけの経営基盤を有すること
- ・ 参画企業が開発を実施できる技術開発力等の技術基盤を有すること

⑥開発に伴うリスク

- ・ 過去の関連する研究プロジェクトとの関連がある場合は、その結果（うまく行っていない場合の要因分析を含む）が適切に反映されていること

B. アイデア型・チャレンジ型**① 研究課題の設定趣旨との整合性**

- ・ RFPで提示した研究課題の解決に資する研究提案であること（アイデア型）
- ・ 探査ハブのポートフォリオに資する提案であり、かつ、前例のない斬新な提案であること（チャレンジ型）

② 目標・計画の妥当性・実現性

- ・ 課題解決に向けた目標・計画が具体的かつ明確であり、実現性が高いこと
- ・ 1年程度で課題解決型あるいはアイデア型研究にステップアップが可能かどうか判断できる計画であること

③ 技術的革新性（イノベーションインパクト）

- ・ 宇宙での課題解決に加え、地上における新しい産業の創出、社会・経済への独創的で大きなインパクトの期待がわかるよう、宇宙の活動、地上での生活等が具体的にどう変わるか検討されていること
- ・ 技術の独創性（新規性）及び競合優位性（技術的ベンチマーク、経済的優位性）が、論文、特許、インターネット等の調査に基づき具体的に検討されていること
- ・ 将来の事業化に結び付く可能性がある提案であること

④ 研究開発体制の妥当性

- ・ 研究開発体制が適切に組織されていること
- ・ 参画企業が開発を実施できる技術開発力等の技術基盤を有すること

⑤ 開発に伴うリスク

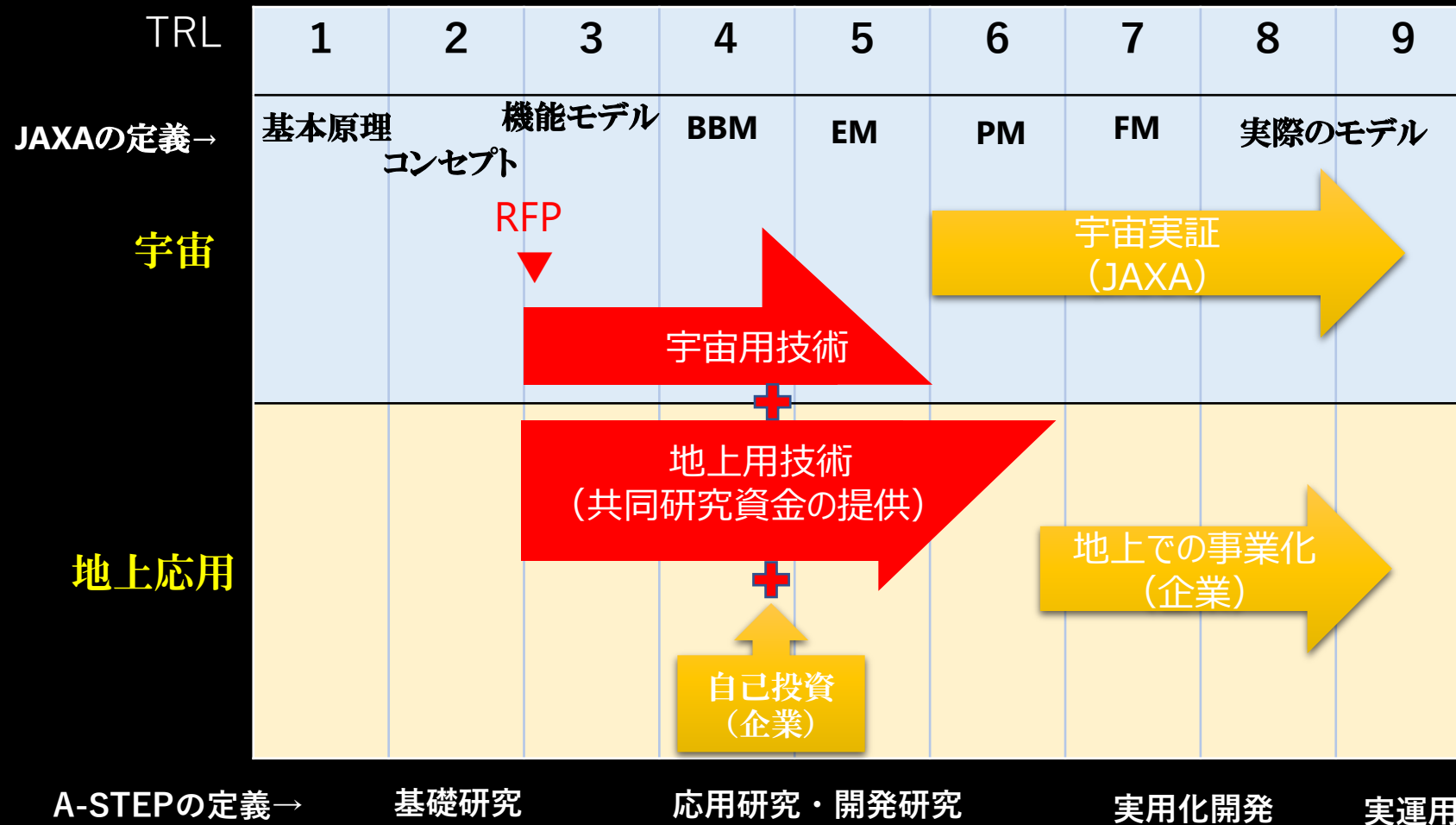
- ・ 過去の関連する研究プロジェクトとの関連がある場合は、その結果（うまく行っていない場合の要因分析を含む）が適切に反映されていること

Q1: RFP採択後の研究成果を宇宙用として実証する必要がありますか？

A1: その必要はありませんが、共同研究終了後には、JAXAの宇宙プロジェクトとして繋がるよう支援を行います。

Q2: 地上における事業化を、研究終了迄に行う必要がありますか？(課題解決型)

A2: 事業化そのものは提案企業側で実施していただきますので研究のスコープ外となりますが、ステークホルダーに対して事業化の可能性を示すような研究成果を期待します。共同研究終了後、3年後をめどに事業化できるところまで技術レベルを高めることが研究の範囲となります。



TRL : Technology
Readiness Level
(技術成熟度レベル)



RFIの提出先、お問い合わせ先
令和3年3月26日締め切り 探査ハブHPに掲載する
受付フォームから提出をお願いします。

国立研究開発法人

宇宙航空研究開発機構(JAXA)

宇宙探査イノベーションハブ

問い合わせは

E-mail SE-forum@jaxa.jp

RFI募集要項・様式はこちらから

<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp/RFI1603.html>

積極的なご参加をお願い致します。



ご清聴ありがとうございました！



Technology Advancing Node for SpAce eXploration