

宇宙開発の未来共創2023

フロンティアビジネス研究会 地球-月経済圏・SDGs WG報告資料



2023年6月22日

地球-月経済圏・SDGs WGの参加企業

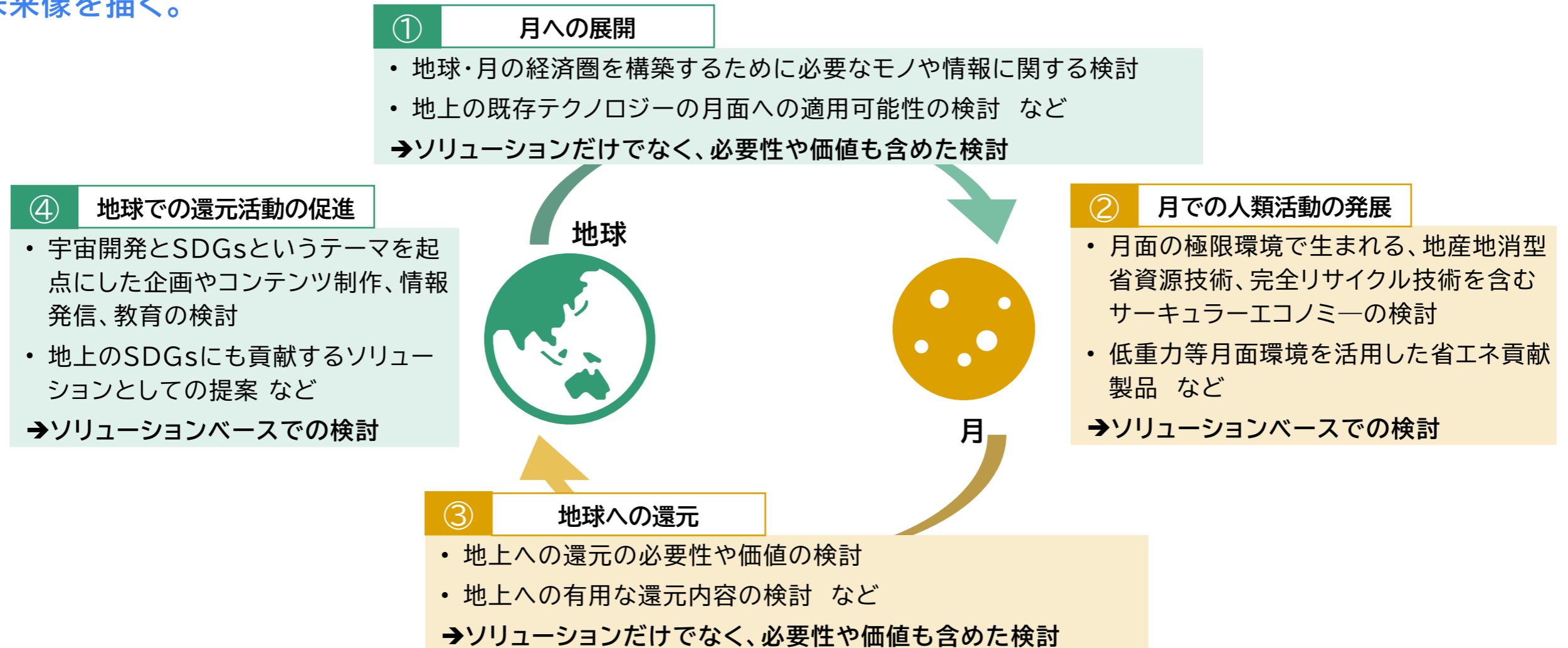
本WG参加企業一覧（計12社(+3社) 社名50音順）

1. 株式会社ispace
2. 株式会社OUTSENSE
3. 株式会社三菱総合研究所
4. 株式会社ユニバーサル園芸社
5. シー・エス・ピー・ジャパン株式会社
6. 高砂熱学工業株式会社
7. 千代田化工建設株式会社
8. 東レ・カーボンマジック社
9. 凸版印刷株式会社
10. 中村・角田・松本法律事務所
11. 日本テレビ放送網株式会社
12. 横河電機株式会社

はじめに

地球-月経済圏・SDGs WGの検討スコープ

地球と月を一体となった経済圏としてとらえ、両者の間で技術や社会活動の循環が生まれるようなサステナブルな未来像を描く。





ポイント！

地球-月経済圏・SDGs WGにおける検討の主なポイント

1 地球-月経済圏構築の意義や定義にかかる共通認識の醸成

- 今後、地球と月、その間の空間(cislunar)が一体となった経済圏が構築されることで人類の生活や価値観にどのようなプラスの意義が想定されるか議論を行った。
- 地球-月経済圏が一体となるまでの各フェーズでの絵姿(双方向でのモノや情報のやり取りも含めて)を作成した。

2 月面におけるサーキュラーエコノミーの構築と新技術の創出

- 月面における経済圏の1つの形態として、サーキュラーエコノミーを取り上げ、発展のイメージを整理した。
- サーキュラーエコノミーの発展の段階に応じて月面においてどのような新技術(サーキュラーエコノミーに関連する技術に限らず)が生まれるか議論を行った。

3 地球-月経済圏構築のカギは「地球への還元」

- ヒト・モノ・データの還元だけでなく、月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識・ノウハウや新しい価値観の「地球への還元」が地球-月経済圏の構築のカギとなりうる。
- 地球への還元により地球規模の課題であるSDGsの解決につながる可能性を検討した。

地球-月経済圏が一体となる定義

今後地球-月間でのモノ・人・情報などのやり取りが活発になることを鑑み、地球-月経済圏が一体となった状態として、地球-月間でのモノ・人のやり取りが「月に数回程度行われている状態」、かつ知見・ノウハウのやり取りが「日常的に行われている状態」と定義した。(※一足飛びに地球-月経済圏が一体になるのではなく、徐々に状態が遷移すると仮定)

- 地球-月間におけるモノ・人のやり取りが年に1回程度行われている状態
- 月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識・ノウハウのやり取りが開始する状態



- 地球-月間におけるモノ・人のやり取りが年に数回程度行われている状態
- 月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識・ノウハウのやり取りが活発化している状態



- 地球-月間におけるモノ・人のやり取りが月に数回程度行われている状態
- 知識・ノウハウのやり取りは日常的に行われている状態



地球-月経済圏が一体となった状態と定義

※上記は各状態を表すイメージ図である

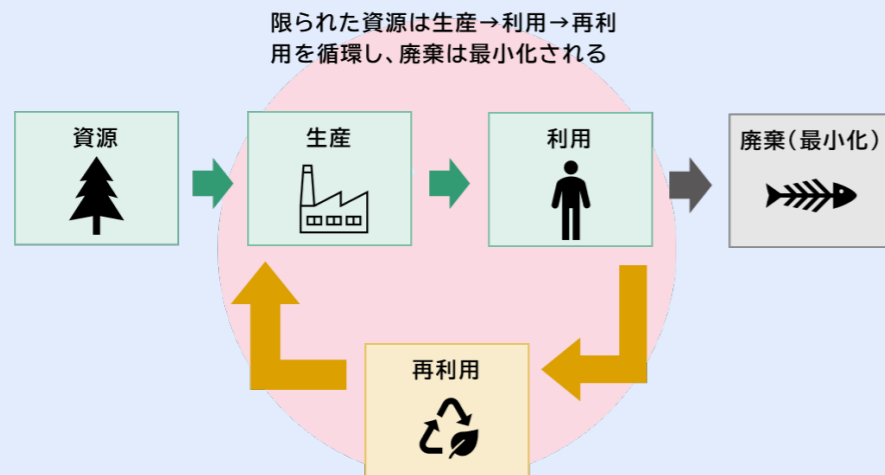
サーキュラーエコノミーの構築について

「循環型経済」は2015年にEUから政策パッケージを通じて公表されたことで世界的に広まった経済システムである。

限られた資源を循環させて利用することで廃棄を最小限に抑えることが可能であり、「サーキュラーエコノミー」の実現はSDGsの多くの項目に係る解決に寄与すると考えられている。

サーキュラーエコノミー

- 「廃棄物や汚染物質の排除」「製品と資源の循環」「自然の再生」の3つの原則に基づいてデザインされる経済システム
- 限られた資源の利用制御だけでなく、生産→利用→再利用における製品や原材料を高い品質を保ったまま循環させることが重要

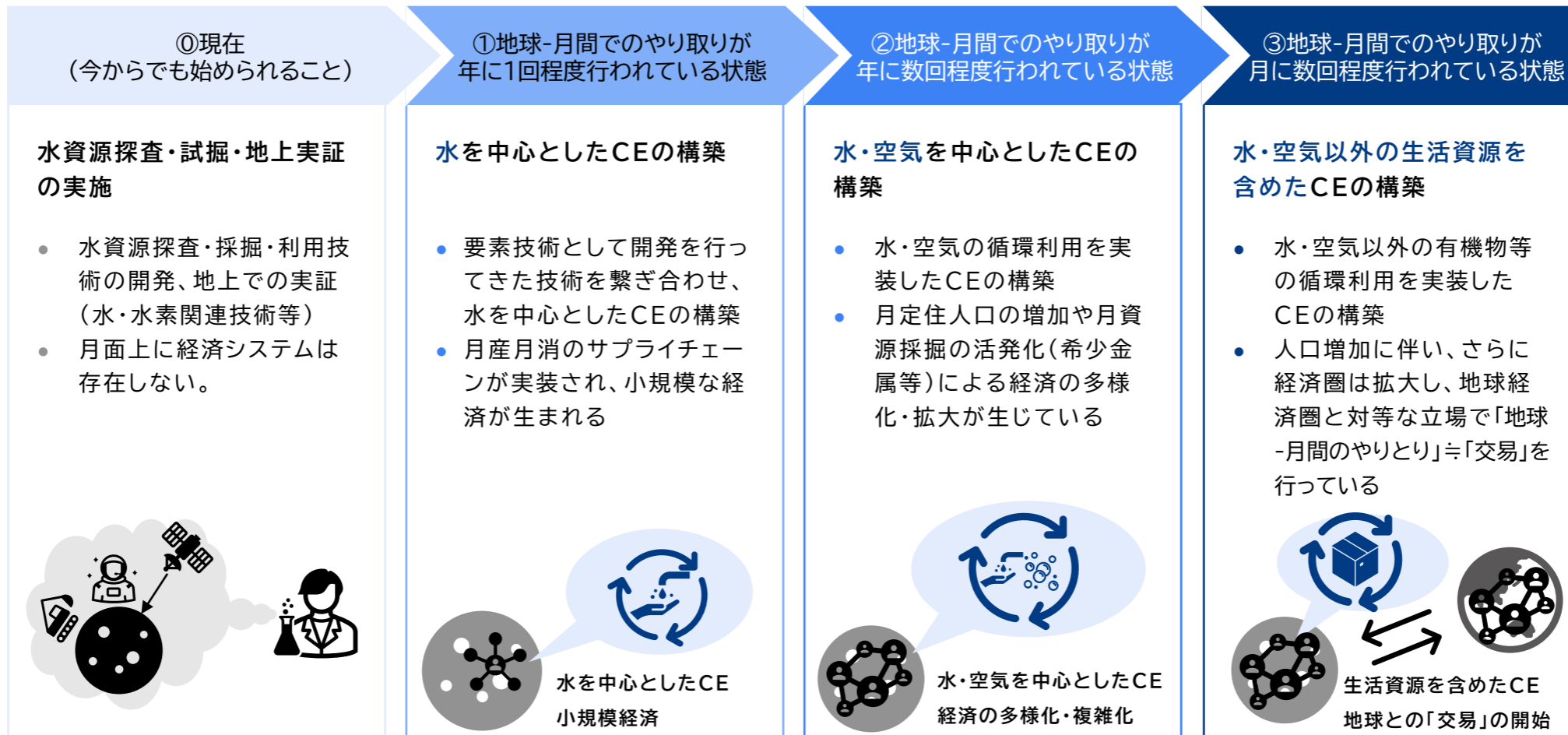


地球上での「サーキュラーエコノミー」の実現はSDGsの解決につながると考えられている



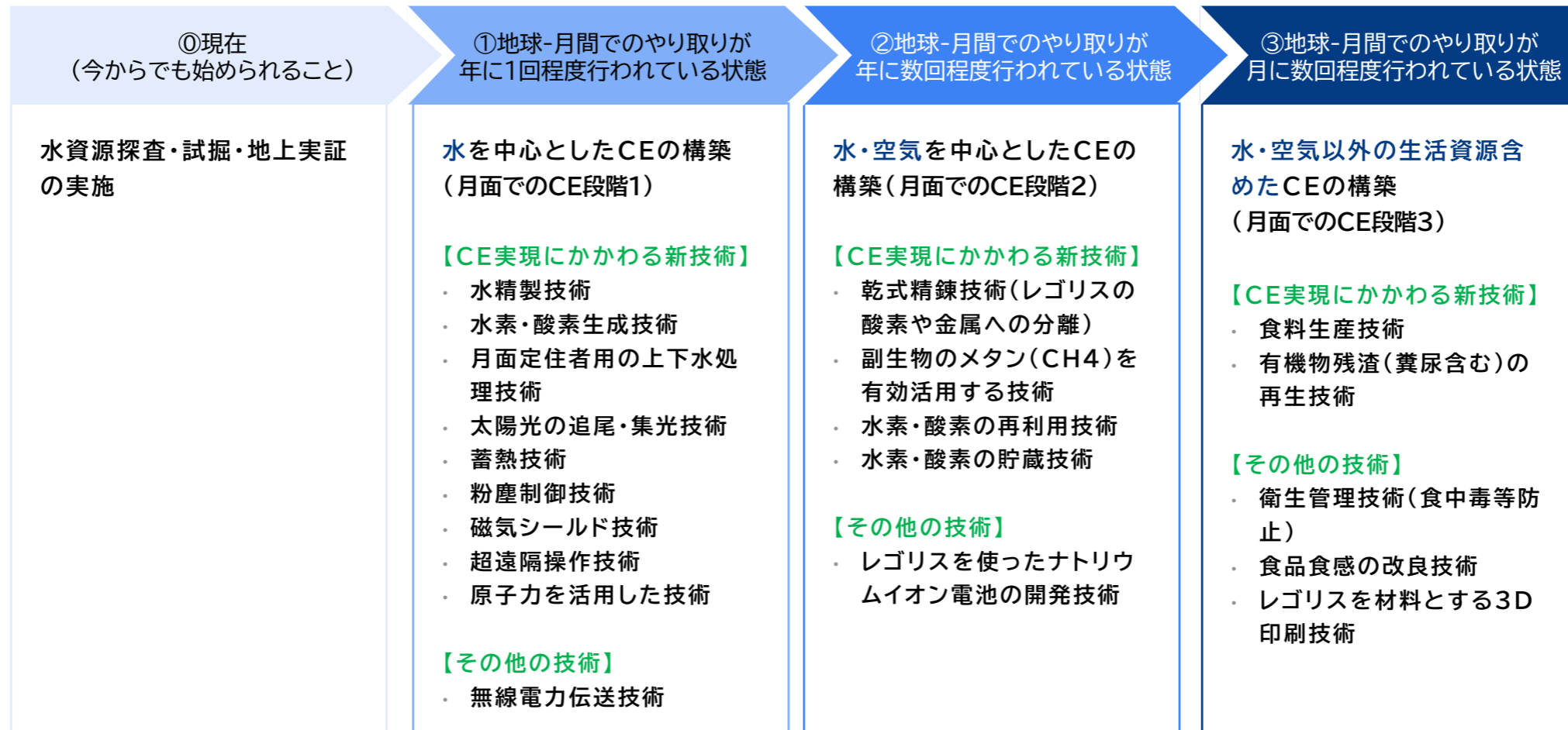
月面でのサーキュラーエコノミーの構築について

月面の極めて厳しい環境(資源・放射線、無酸素、温度等)ゆえに、地上に先んじてサーキュラーエコノミーの実現がなされる可能性も高いと考えられる。月面でのサーキュラーエコノミー(CE)の実現に向けて以下のような発展が想定される。



月経済の発展に伴う新技術の創出について

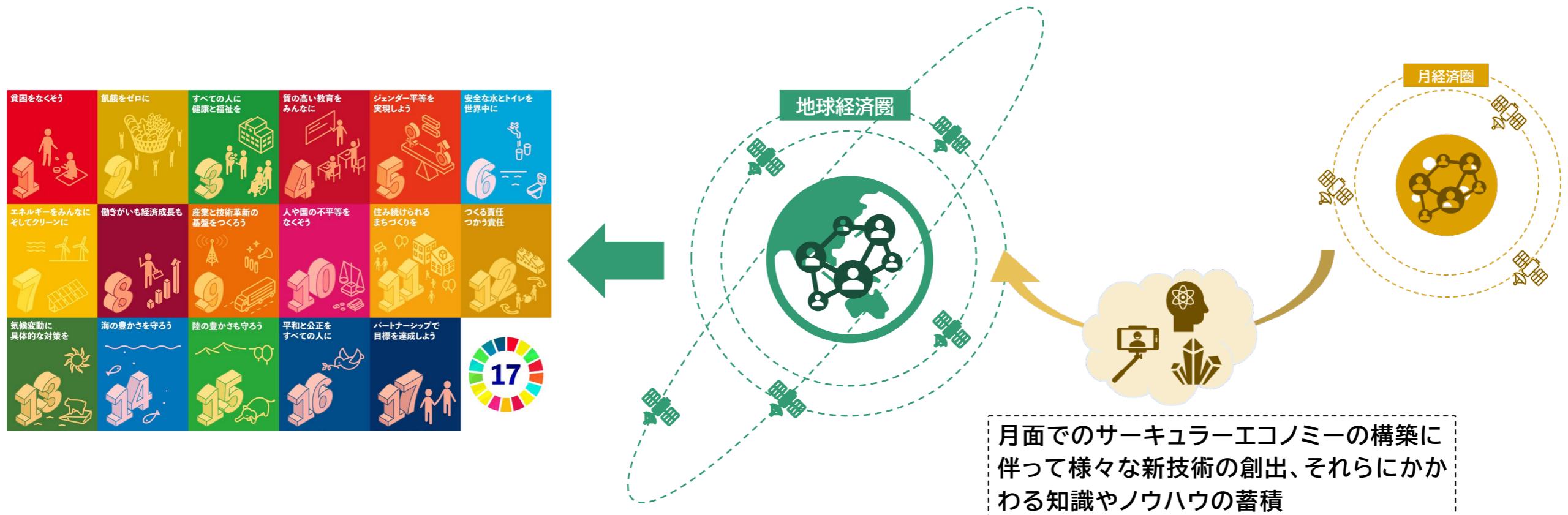
月面上においてサーキュラーエコノミーを実現することによって、地上では生み出されることのなかった(生み出すことのメリットがなかった)新しい技術の創出が行われると考えられる。



ポイント3：地球-月経済圏構築のカギは「地球への還元」

各フェーズにおける地球への還元の絵姿

月面での活用を想定して生まれた新技術にかかわる知識やノウハウが地球に還元されることで、地球規模での課題であるSDGsの解決に寄与する可能性がある。

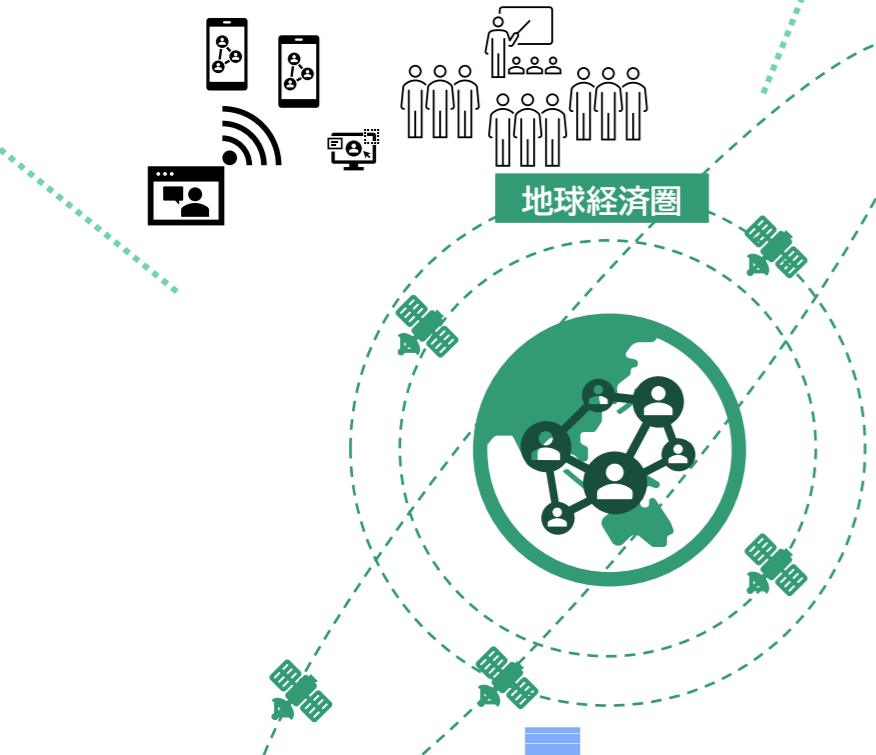


以降のページでは、地球-月経済圏が一体となった段階の絵姿および月面での活用を想定して生まれた新技術の地球への還元例を示す。

※参考資料に、各CE段階での絵姿および地球への還元例も整理している。

火星以遠の深宇宙探査に向けた実証フィールドとしての利用

地球-月経済圏構想の啓発活動の促進、認知向上を目的としたメディアコンテンツ、学校や企業向けの教育・研修プログラムの制作

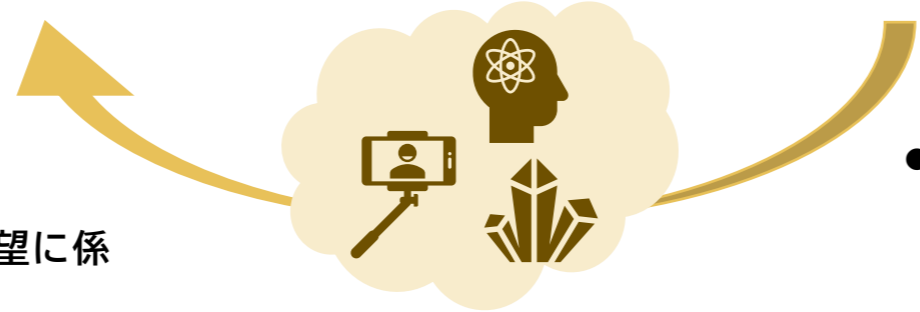


- 地上の人々への「地球-月経済圏」の意義・展望に係る認知度の向上
- 月面／地上で生まれた新技術の地球への還元
- 「地球-月経済圏」の構築による新たな価値観・考え方の醸成

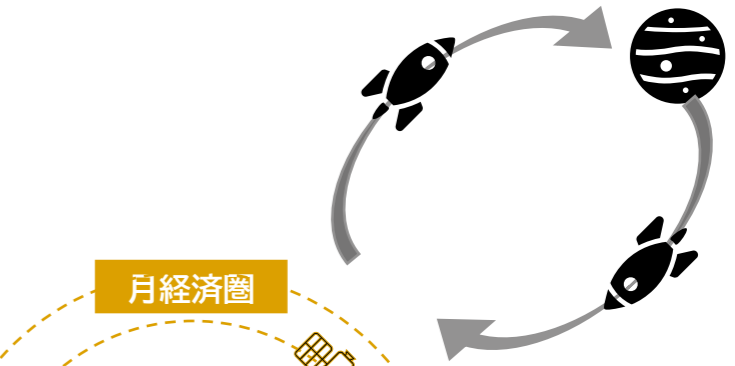
SDGsの解決への糸口の創出

- 月面／地上で生まれた技術(探査、掘削、建設等)の適用
- 月面開発のためのモノ・人・知識やノウハウの輸送

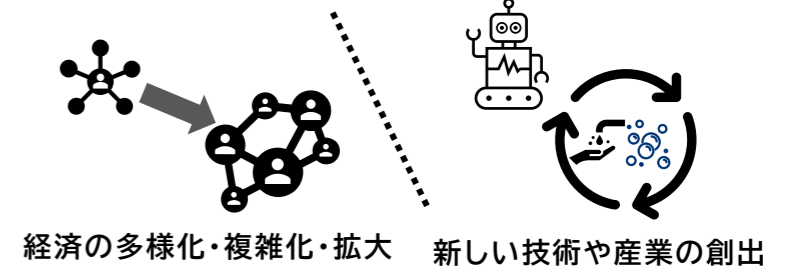
地球-月経済圏間での交易



- 月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識やノウハウの還元
- 月経済圏の構築に伴う新しい価値観や考え方の創出
- 月産物や月面での映像等、モノや情報(データ)の移動



- 水・空気以外の生活資源を含めたサーキュラーエコノミーなどの月面での新しい経済システムの構築やそれらに伴う新技術や新産業の創出
- 多様なバックグラウンドを持つ人々の月経済圏への参画により、経済圏の多様化・複雑化・拡大が促進



地球経済圏



天候／地域によって、質・量が左右される食料の生産状況

途上国では汚水や不衛生な環境による感染症への罹患や病原菌への接触機会が多い

建築基準や建築素材の管理が不十分な地域では地震による家屋の倒壊や人命への影響が問題視

空気以外の生活資源含めたCEの構築

月経済圏



食料生産技術

- 月面という極限の環境下で省リソース・省スペースで高効率に食料を生産する技術の実現
- 植物系・動物系問わず実現

衛生管理技術

- CE実現に伴い、省リソースで殺菌を行う殺菌技術の実現
- センサー等を活用した衛生環境をリアルタイムでモニタリングする技術の実現

レゴリスを用いた3D印刷技術

- 月面のレゴリスを材料として、機器やロケット及び着陸機などのスペアパーツの生産技術の実現

地球経済圏



モジュールでの生産管理された食料生産が可能となり、農業地域以外での地産地消が促進

途上国などでの感染症拡大防止策として、月面で開発された殺菌技術の活用

災害耐性のある建築資材の生成において地域にある素材の活用(地産地消)が実現



ポイント！

地球-月経済圏・SDGs WGにおける検討の主なポイント(おさらい)

1 地球-月経済圏構築の意義や定義にかかる共通認識の醸成

- 今後、地球と月、その間の空間(cislunar)が一体となった経済圏が構築されることで人類の生活や価値観にどのようなプラスの意義が想定されるか議論を行った。
- 地球-月経済圏が一体となるまでの各フェーズでの絵姿(双方向でのモノや情報のやり取りも含めて)を作成した。

2 月面におけるサーキュラーエコノミーの構築と新技術の創出

- 月面における経済圏の1つの形態として、サーキュラーエコノミーを取り上げ、発展のイメージを整理した。
- サーキュラーエコノミーの発展の段階に応じて月面においてどのような新技術(サーキュラーエコノミーに関連する技術に限らず)が生まれるか議論を行った。

3 地球-月経済圏構築のカギは「地球への還元」

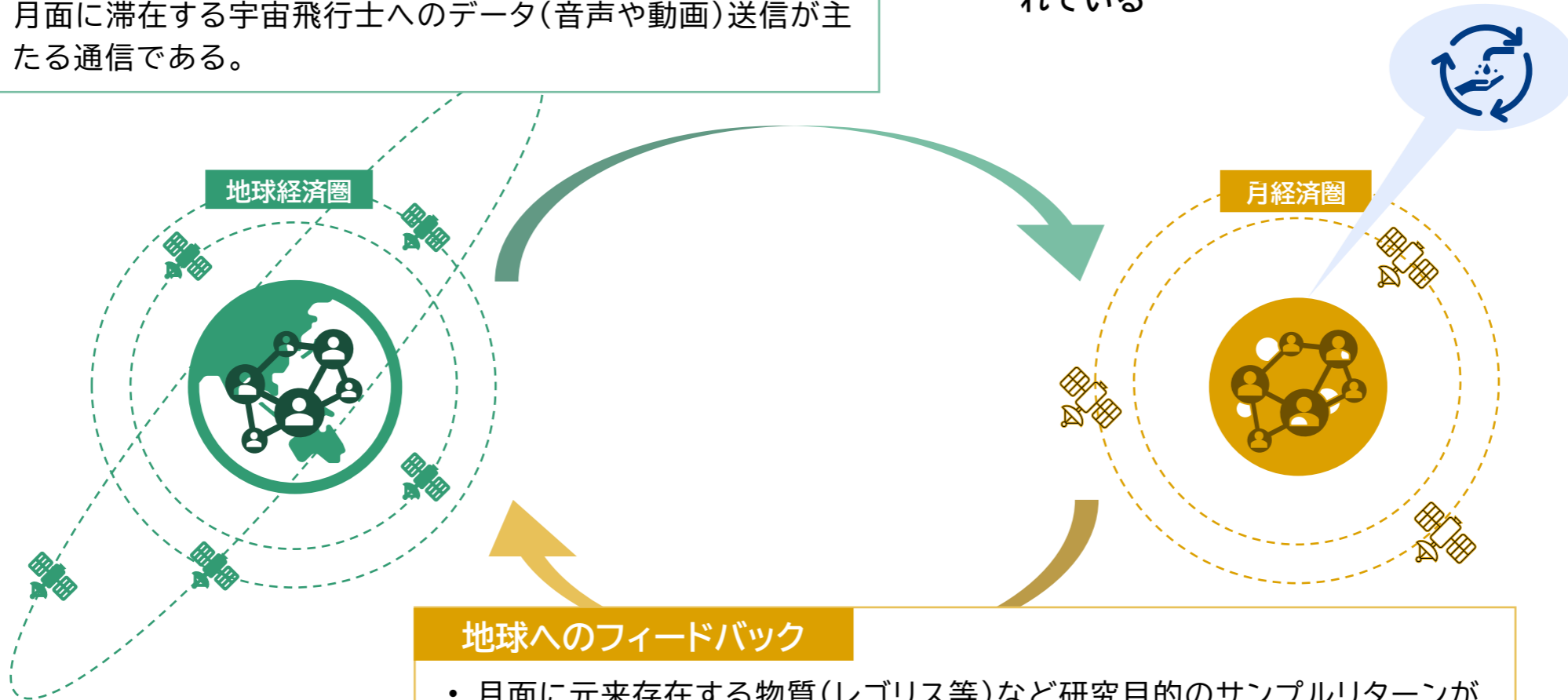
- ヒト・モノ・データの還元だけでなく、月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識・ノウハウや新しい価値観の「地球への還元」が地球-月経済圏の構築のカギとなりうる。
- 地球への還元により地球規模の課題であるSDGsの解決につながる可能性を検討した。

参考資料

月への展開

- 月面での生活に必要な物資の多くが地球から輸送されている。
- 月面に滞在する宇宙飛行士へのデータ(音声や動画)送信が主たる通信である。

- 月面の人類は宇宙飛行士中心
- **水**を中心としたCEの構築が進められている



地球へのフィードバック

- 月面に元来存在する物質(レゴリス等)など研究目的のサンプルリターンが主たるモノの移動となっている。
- 局所的な月面の画像・動画、環境(リアルタイム)データがエンタメ目的等のために地球に送信されている状況である。
- **月面で実証された技術の地球への還元が中心に行われる。**

地球経済圏



超遠距離地点間での操作は、遅延時間によりリアルタイム性が薄い

原子力発電所管理では放射能被ばくの観点から長時間の作業は困難

地球上には、安全な水が取れない地域が多数存在

水を中心としたCEの構築

超遠隔操作技術

- ・ センサー等を活用した未来予測結果を考慮し、リアルタイム性の優れた地球-月間での超遠隔操作技術を実現

磁気シールド技術

- ・ 月面上での一時的な高い放射線量に耐えるため、小型軽量かつ移動型の磁気シールド技術の実現
- ・ 人類の月面での長期間滞在には必要な技術

水精製技術

- ・ 月面レゴリス中のごく僅かな水分を抽出し、多くの汚染物を除去して水を精製する技術の実現

月経済圏



地球経済圏



地球上の遠隔地であっても遅延時間を感じず施設やロボットを操作可能



災害時等における長時間対応時に人体を有害な放射能から守る有効な一手に



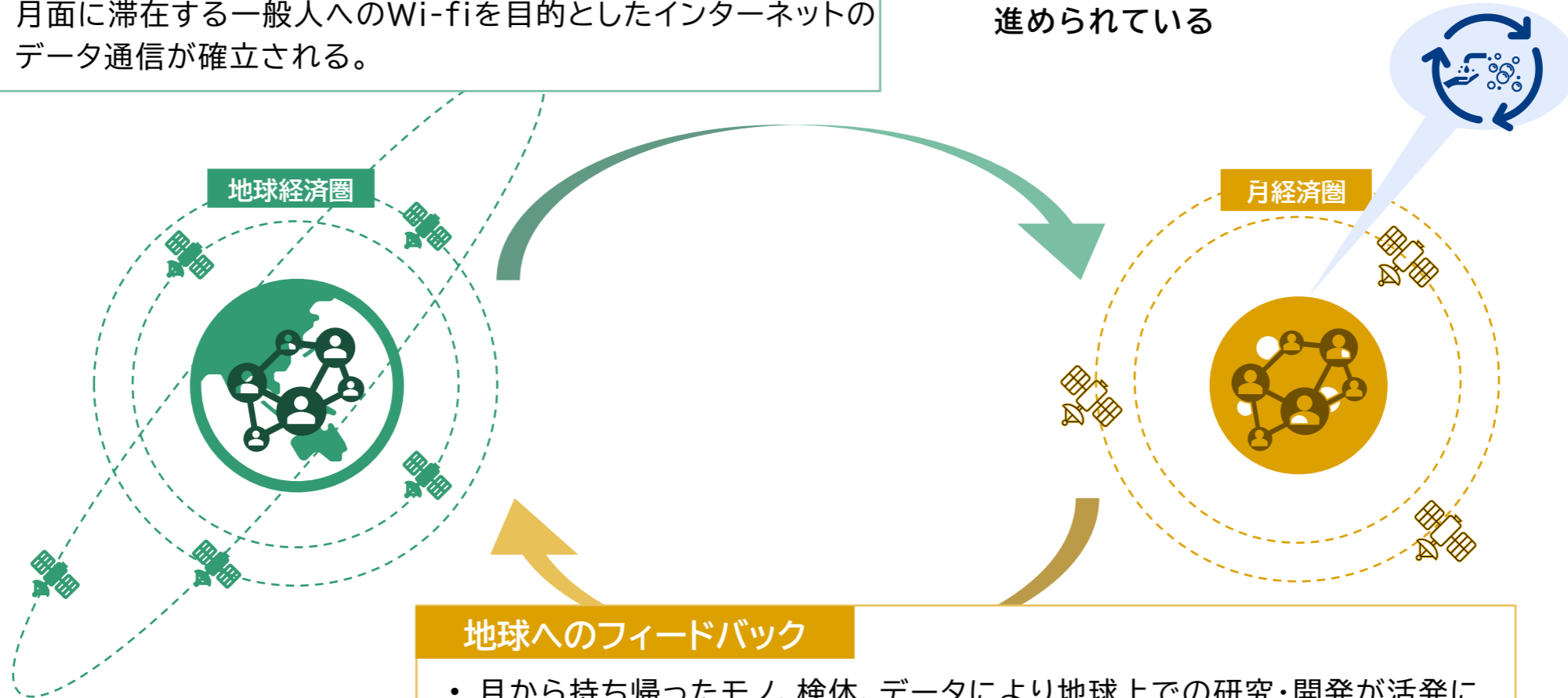
砂漠からの水抽出や汚水から飲み水への水質改善が可能



月への展開

- 月面でのISRUが促進され、地球からの輸送量は減少する。
- 月面に滞在する一般人へのWi-fiを目的としたインターネットのデータ通信が確立される。

- 月面の人類は宇宙飛行士や一部の富裕層による観光により増加
- **水・空気**を中心としたCEの構築が進められている



地球へのフィードバック

- 月から持ち帰ったモノ、検体、データにより地球上での研究・開発が活発になっている状態である。
- 局所的な月面の画像・動画、環境(リアルタイム)データがエンタメ目的等のために地球に送信されている状況である。
- **月面経済圏で生まれた新しい技術の地球への還元が進む。**

地球経済圏



水素の再利用に基づくCEは地球では研究開発段階

H₂

製鉄業は国際CO₂排出量の10~20%を占め、環境への影響大

ガスの脱炭素化技術としてメタネーションによる二酸化炭素排出の削減を模索中

水・空気を中心としたCEの構築

水素・酸素生成/貯蔵技術

- レゴリス抽出水から電気分解を行い、水素・酸素を生成、安全に月面上で貯蔵する技術の実現
- 世界的に研究・開発実証が進んでいる技術

乾式精錬技術

- レゴリス中の酸素を抽出し、また金属を還元抽出する乾式、電気精錬技術の実現

メタネーション技術

- 月面で呼気等の二酸化炭素と水素を反応させ、酸素とメタンを生成する技術の実現
- 過程で発生するメタン→水素の生成にもつながる可能性

月経済圏



地球経済圏



月面では必須の技術。水素・酸素CEが小規模経済へ与える影響を月面で実証→実装

H₂

地域単位のエネルギーチェーンが確立につながる



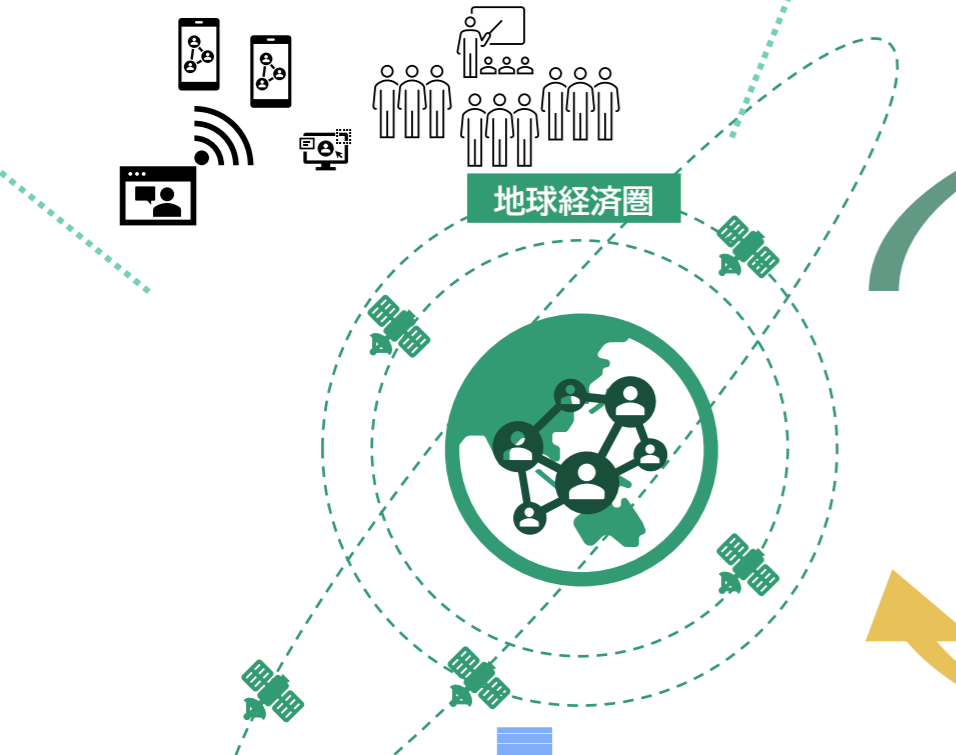
月面での金属抽出技術を活用し、二酸化炭素の排出の少ない製鉄精錬技術の実現



地上における水素CEやガスの脱炭素化の促進に寄与



地球-月経済圏構想の啓発、認知向上を目的としたメディアコンテンツ、学校や企業向けの教育・研修プログラムの制作



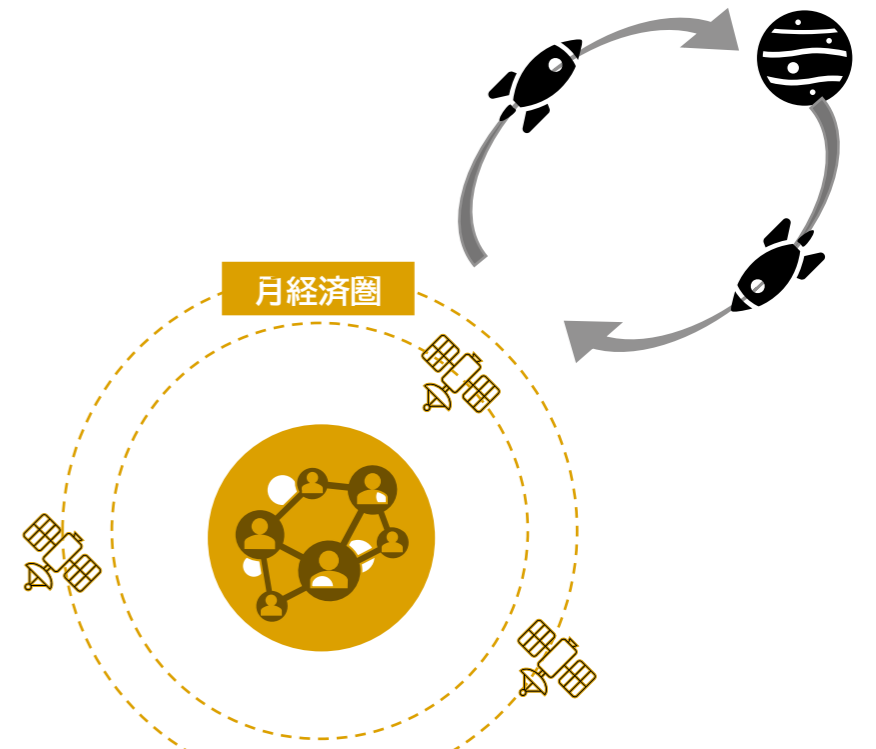
- 地上の人々への「地球-月経済圏」の意義・展望に係る認知度の向上
- 月面／地上で生まれた新技術の地上への還元
- 「地球-月経済圏」の構築による新たな価値観・考え方の醸成

SDGsの解決への糸口の創出

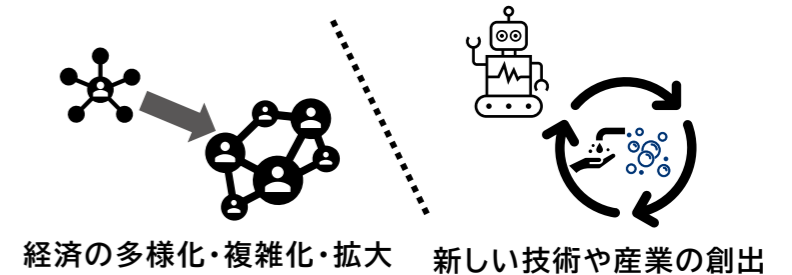
- 月面／地上で生まれた技術(探査、掘削、建設等)の適用
- 月面開発のためのモノ・人・知識やノウハウの輸送

地球-月経済圏間での交易

- 月面での活用を想定して生まれた新技術に関する知識やノウハウの還元
- 月経済圏の構築に伴う新しい価値観や考え方の創出
- 月産物や月面での映像等、モノや情報(データ)の移動



- 水・空気以外の生活資源を含めたサーキュラーエコノミーなどの新しい経済システムの構築やそれらに伴う新しい技術や産業の創出
- 多様なバックグラウンドを持つ人々の月経済圏への参画により、経済圏の多様化・複雑化・拡大が促進



経済の多様化・複雑化・拡大 新しい技術や産業の創出

地球経済圏



天候／地域によって、
質・量が左右される
食料の生産状況

途上国では汚水や不
衛生な環境による感
染症の罹患や病原菌
への接触機会が多い

建築基準や建築素材
の管理が不十分な地
域では地震による家
屋の倒壊や人命への
影響が問題視

空気以外の生活資源含めたCEの構築

食料生産技術

- ・ 月面という極限の環境下で省リソース・省スペースで高効率に食料を生産する技術の実現
- ・ 植物系・動物系問わず実現

衛生管理技術

- ・ CE実現に伴い、省リソースで殺菌を行う殺菌技術の実現
- ・ センサー等を活用した衛生環境をリアルタイムでモニタリングする技術の実現

レゴリスを用いた3D印刷技術

- ・ 月面のレゴリスを材料として、機器やロケット及び着陸機などのスペアパーツの生産技術の実現

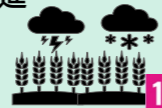
月経済圏



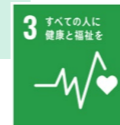
地球経済圏



モジュールでの生産
管理された食料生産
が可能となり、農業
地域以外での地産地
消が促進



途上国などでの感染
症拡大防止策として、
月面で開発された殺
菌技術の活用



災害耐性のある建築
資材の生成において
地域にある素材の活
用(地産地消)が実現

