

2021/01/20

# ムーンビレッジ勉強会

アーキテクチャ分科会の進捗状況

# 目次

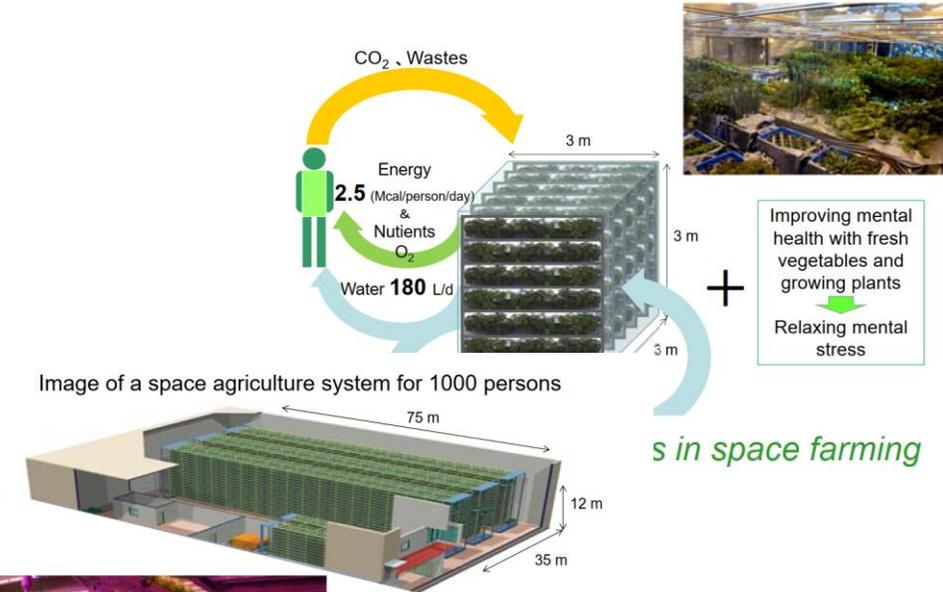
- Moon Village Architecture Working Group Workshopでの講演ご紹介
- アーキテクチャ分科会で想定するムーンビレッジの形
- 検討項目の整理
- 今後の予定

Moon Village Architecture Working Group  
Workshopでの講演ご紹介

---

# Space agriculture in the center of material circulation in Moon Village

- 和題：ムーンビレッジにおける物質循環を担う宇宙農業
- 講演者：北宅先生（大阪府立大学）
- 概要：月面農場の検討状況
- 生存に必要な物質循環量の推算
  - 食料（乾物）618g/水3077g/酸素836g
  - 排泄物（乾物）109g/水3422g/二酸化炭素1000g
- 月面農場に最適な食物の選定
  - カロリーや繁殖の観点からサツマイモが適する
- 成人男性 1 人分のエネルギーを賄う農場設計
  - 3x3x3m の空間で可能。
- 1000 人規模のムーンビレッジを賄う農場設計
  - 75x35x12mの空間で可能。



How much do I produce sweetpotato for supporting myself?

Yield of fresh mass of 'Purple sweet lord' cultured for 60 days in a plant factory

Shoot (Leaves and stems) 0.73±0.2 kg/plant

Roots (Tuberous roots) 0.4±0.1 kg/plant

Energy consumption 2.5 (Mcal/person/day)

1.32 (Mcal/kg) x 0.4 (kg/plant) + 0.22 (Mcal/kg) x 0.73 (kg/plant) = 0.69 (Mcal/plant) Energy in roots Energy in shoots Energy in a plant

2.5 (Mcal/person/day) / 0.69 (Mcal/plant) = 3.6 (plants/person/d)

3.6 (plants/person/d) x 60 (days) / 4 (plants/m<sup>2</sup>) = 54 (m<sup>2</sup>/person)

Culture period Planting density Culture area

# Future lunar construction concepts and related studies

- 和題：将来の月面建設のコンセプトと関連研究
- 講演者：鵜山様（清水建設）
- 概要：月面上での建設案と清水建設における研究開発状況の共有
- 清水建設における最新の月面社会の構想
  - 400km 幅の太陽電池を赤道上に作り地球へ無線送電
- 月面建設の課題
  - 1/6重力により，重力での固定が難しい
  - コンクリートは圧縮には強いが，引っ張り・横力に弱い。
  - レゴリスの噛み込み、なかなか取れない etc
- 研究開発状況
  - レゴリス関連：
    - レゴリスシミュラントを開発・販売(FJS-1, FJS-1g)
    - レゴリス掘削の地上検証などを実施中
  - インフレータブルな構造様式：
    - 無人のインフレータブル越夜シェルター
    - 有人滞在向けも開発中



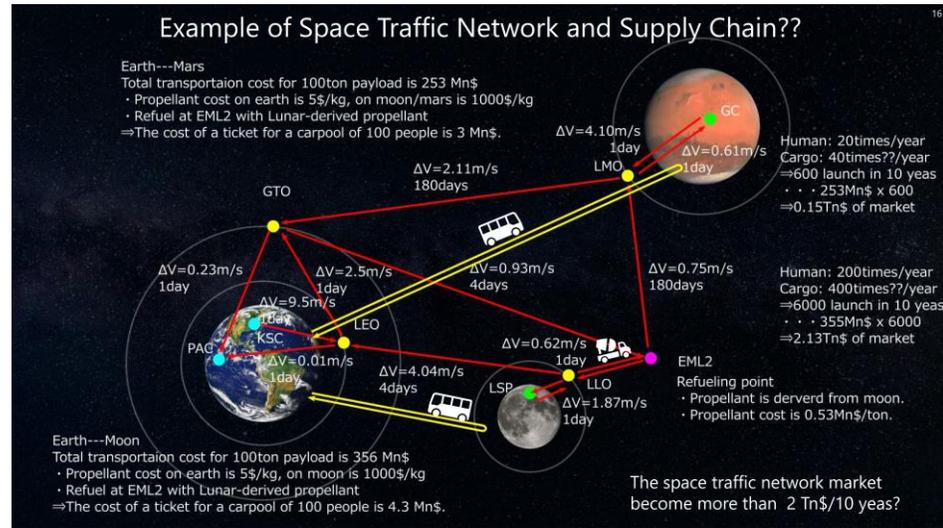
# Traffic Network and Supply Chain Management for the Moon Village

- 和題：月面社会における輸送ネットワークとサプライチェーン管理
- 講演者：坂本（日本ロケット協会）
- 概要：地球一月一火星間の輸送コスト評価
- 月面に1000人が居住，10000人/年の往来の仮定の下輸送コスト評価
- エネルギー最適化，機体コスト，運用コストに分けて詳細化
- 機体再使用回数，宇宙での燃料補給をパラメータにコスト比較
- 仮定：※かなり挑戦的
  - 地球での推薬価格5\$/kg，月・火星での推薬価格1000\$/kg
  - 月地球ラグランジュ点2 (EML2)に推進薬デポを設置
- 結果
  - 月までの輸送価格：100tonで356Mn\$(1tonで3500万円)
  - 火星までの輸送価格：100tonで253Mn\$(1tonで2500万円)

## How to breakdown the costs



Cost item of existing transportation system		Correspondence with Space Vehicle	
Direct cost	Operation cost	Fuel cost	Propellant cost for ΔV propellant cost for RCS
		Driving cost	cost of pressurized gas in tank, supply for electric turbo pump
		Repair cost	Repair cost by Radiation degradation, burnout and debris Exchange cost of Nozzle, turbo pump and so on...
		Toll fee	Launch site usage fee etc...
	Commission fee	Commission fee	
	Tax	TBD	
	Insurance fee	Insurance fee	
	Vehicle cost	Vehicle depreciation cost	
	Labor cost	Astronaut operator and mechanic cost	
Indirect Cost	Managerial personnel cost	Managerial personnel cost	
	Maintenance cost	Maintenance cost	



# Hydrogen energy realizes a sustainable development of the global space and moon for future humankind

- 和題：水素エネルギーが実現する持続可能な宇宙開発
- 講演者：小林先生（日本ロケット協会）
- 概要：水素社会構築の状況と月面での水素利用の取り組み
  
- 地上での水素社会構築に向けた取り組みの状況
  - 1993年から始まったWE-NETプログラムの紹介  
⇒将来の水素社会像をイメージ化
  - 2002年でWE-NETプログラムは完了したが  
2017年には水素基本計画が策定され研究開発が継続
    - 燃料電池，水素ステーション，水素タンカーetc
- 月面での水素利用の紹介
  - 水素はISRU(その場資源利用)の重要要素
  - 極域には水の氷が多く含まれる可能性
  - レゴリスからの水生成，水素生成方法の紹介

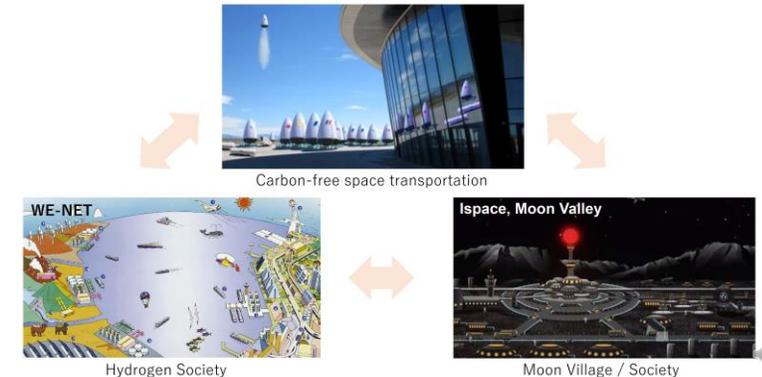
Achievements of the WE-NET program and continued R&D activities



Contribution of the ground hydrogen infrastructure technologies



Co-prosperity between “Hydrogen Society” and “Moon Village” and “Carbon-free & Low-cost space transportation”



# アーキテクチャ分科会で想定する ムーンビレッジの形

---

# 想定するムーンビレッジの概要

アーキテクチャの構築に必要な情報を構想中.

⇒他分科会や参加されている皆さんのご意見も反映しながらアーキテクチャの構築を検討したい

- 定住者：1000人
- 観光客：10000人/年
  - ・・・1日30人, 1～2週間の滞在として400人程度のホテルが必要か
- 主な産業：
  - ①観光
  - ②資源
  - ③宇宙機用部品の交易(燃料補給含む)
- 生活様式
  - 生活拠点は地下（頭の上には土壌がある）が中心？
  - 採掘や資源精製など月面上でも経済活動が行われている？
  - 都市開発は進行し、現地資源採掘により都市は徐々に拡大？
- 住人
  - 地上のどの国からも移住できるが、一定の制約を設ける？
  - 初期は国連など国際機関からの人選で決まる？
  - 都市は地上のどこの国にも所属していない独立国家のようになる？

ビジネスの観点が重要

ライフサイエンス,  
社会科学, 人文科学  
の観点が重要

# 生活様式

- 健康管理：
  - 人工的に昼夜を作り、地上と同じような生活をする？
  - ウェアラブルセンサーによりモニタリング，体調が悪い場合はすぐに病院に移動？
- トレーニング：実施記録に基づき地球への期間を許可？
  - ワーカー：業務時間にトレーニング時間を組み込む？
  - 非ワーカー：定められた時間にトレーニング時間を組み込む？
- 移動手段：
  - 電動自動車，電動バイクなど。ただし共有物とする
  - バス・電車のような定期便も運行
- 電源：
  - 住居含め都市全体が基本的にオール電化
  - 電力源は永久日向の太陽光をベース
  - 非常事態発電用の燃料電池，停電した場合に一定期間賄えるようなバッテリー群も設置。
- その他：
  - 調理は個別の住居でできる範囲は限定（煙・火災の観点から）
  - 無駄使いはしないマインドを持った人が居住

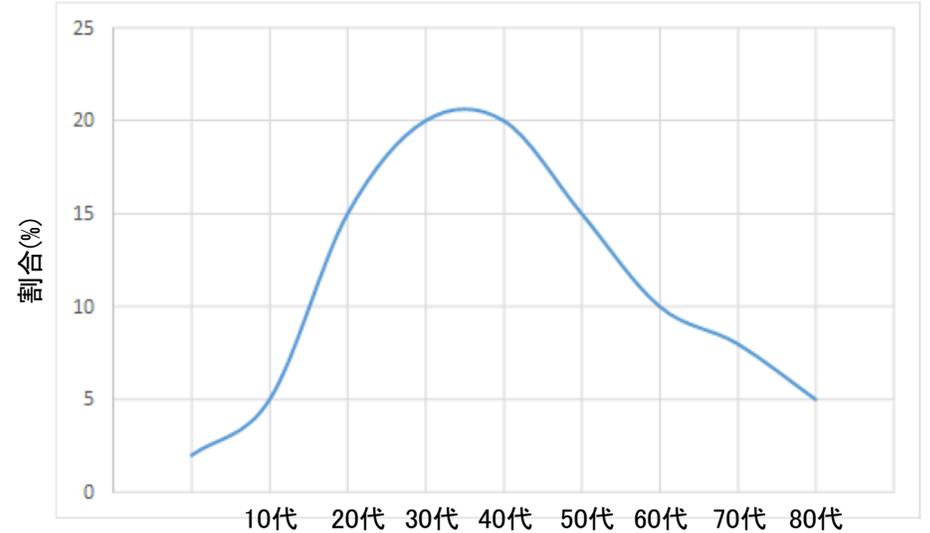
ライフサイエンス  
の観点が重要

社会構造に応じて  
アーキテクチャを構築

# 人口比率と職業

人口構成案・・・社会学の観点から検討してもらう必要あり

- 人口はワーカー世代の30～50代を中心とした山型を想定
- 非ワーカーの扱い
  - ワーカーの家族： 条件によりに滞在可
  - 無就労者： 税金を支払い滞在可



職業分類案・・・他分科会からのインプットが必要

- 1次産業：**農業プラント、水・空気成分の循環プラント、発電施設**の運用・維持に従事。  
廃棄資源の回収・リサイクルによる資源循環プラントの運用。
- 2次産業：**資源採掘**、宇宙機器の製造、都の建設、都市で使用する機器・日用品の製造、プラント製造
- 3次産業：観光業、小売業（現地生産品および輸入品）、病院、トレーニングジム、物流、  
スペースポート運用など地上と近い  
※学校はなくオンライン教育とする
- 官公：自治体政治、警察、消防（住民の緊急脱出の指揮含む）

# 仕事と役割

## 1次産業



農業



牧場



循環システム



発電システム



工業製品リサイクル

## 2次産業



観光業



小売業



病院



トレーニングジム



物流・輸送



スペースポート

## 3次産業



資源採掘



宇宙機器の製造



都市建設



日用品の製造

## 官公



自治体政治



警察



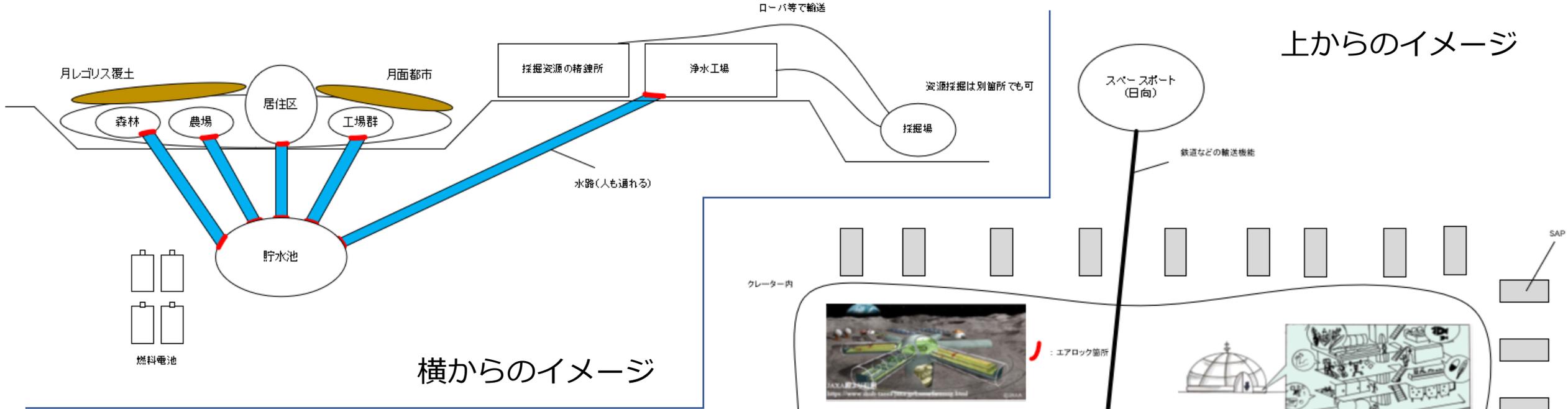
消防



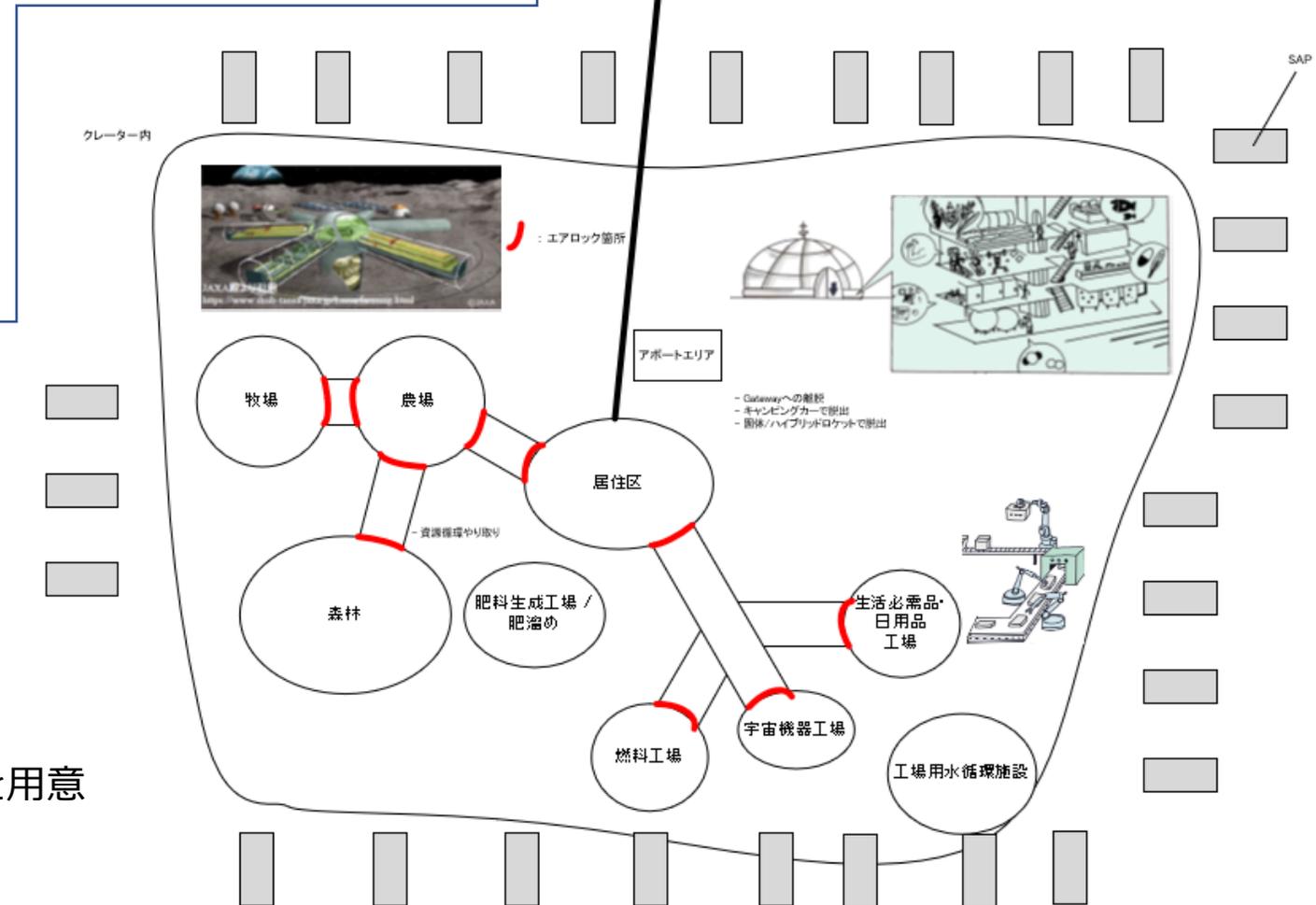
研究・教育

# 都市のイメージ

## 上からのイメージ



## 横からのイメージ



- 浅い谷に地下街を作り、レゴリスで覆うイメージ。
- 各地区にはエアロックを設置し安全化
- 道路と歩道は分かれており、頻繁な物資輸送あり
- 地上環境を模擬した自然環境が用意される
- スペースポートで宇宙機の離発着
- 緊急脱出用の機体はにエアロック内にある
- 都市から少し離れた場所には、宇宙機等の廃棄場所を用意
- エネルギーは太陽光由来の電気を中心とする

# 今後の方針

---

# 今後の方針

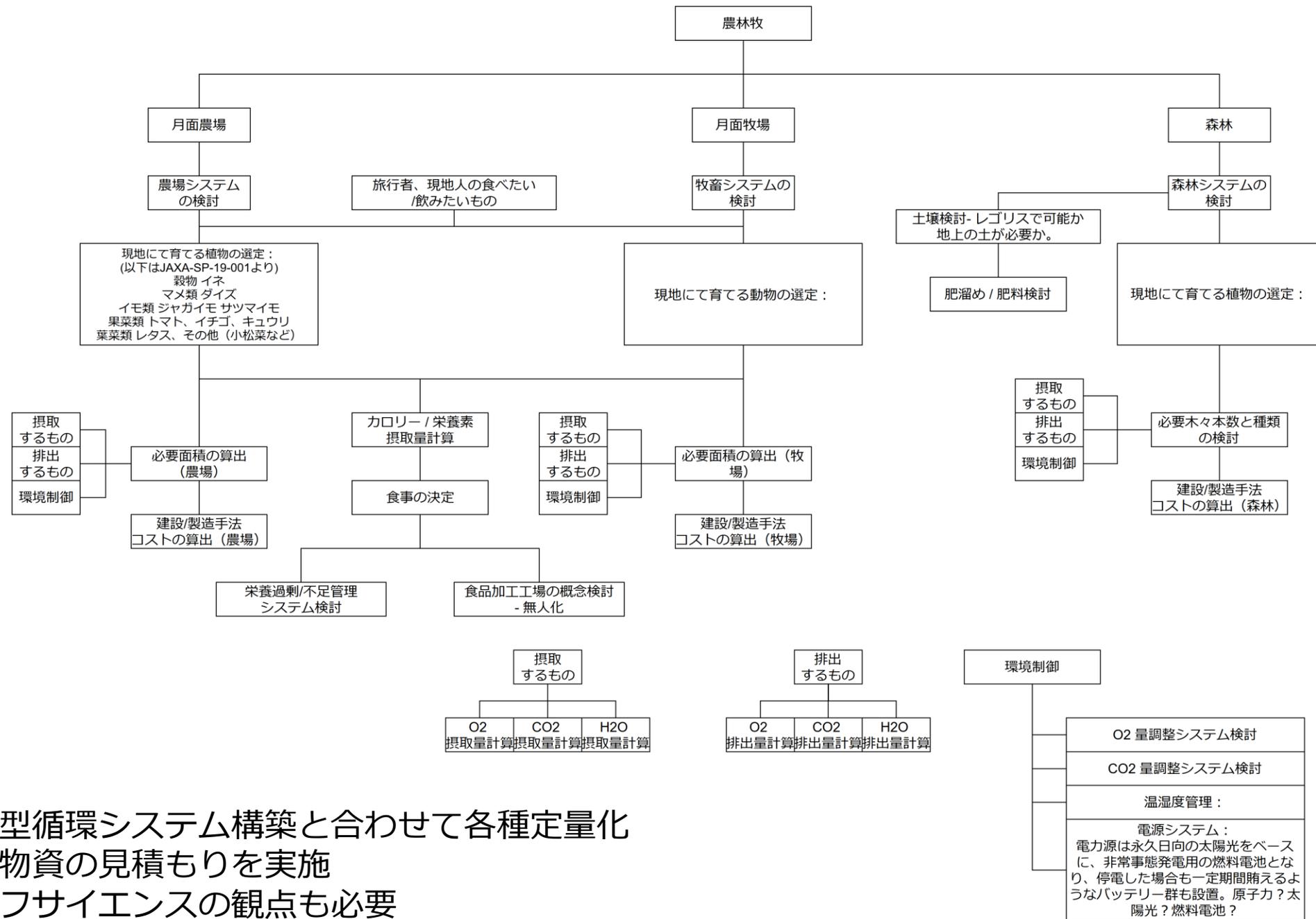
- アーキテクチャ分科会で独立して検討が進む項目については引き続き定量化に取り組む
- ビジネス・社会科学の観点からアーキテクチャとして必要な項目を分科会間のインタラクションで明確化
- 各項目の構築に必要となるインフラや物資のリストアップ, 定量化に取り組む
- 5月に中間報告, 8月に1次報告書のとりまとめを報告することを目標とする

# 都市イメージから検討すべき項目の明確化

---

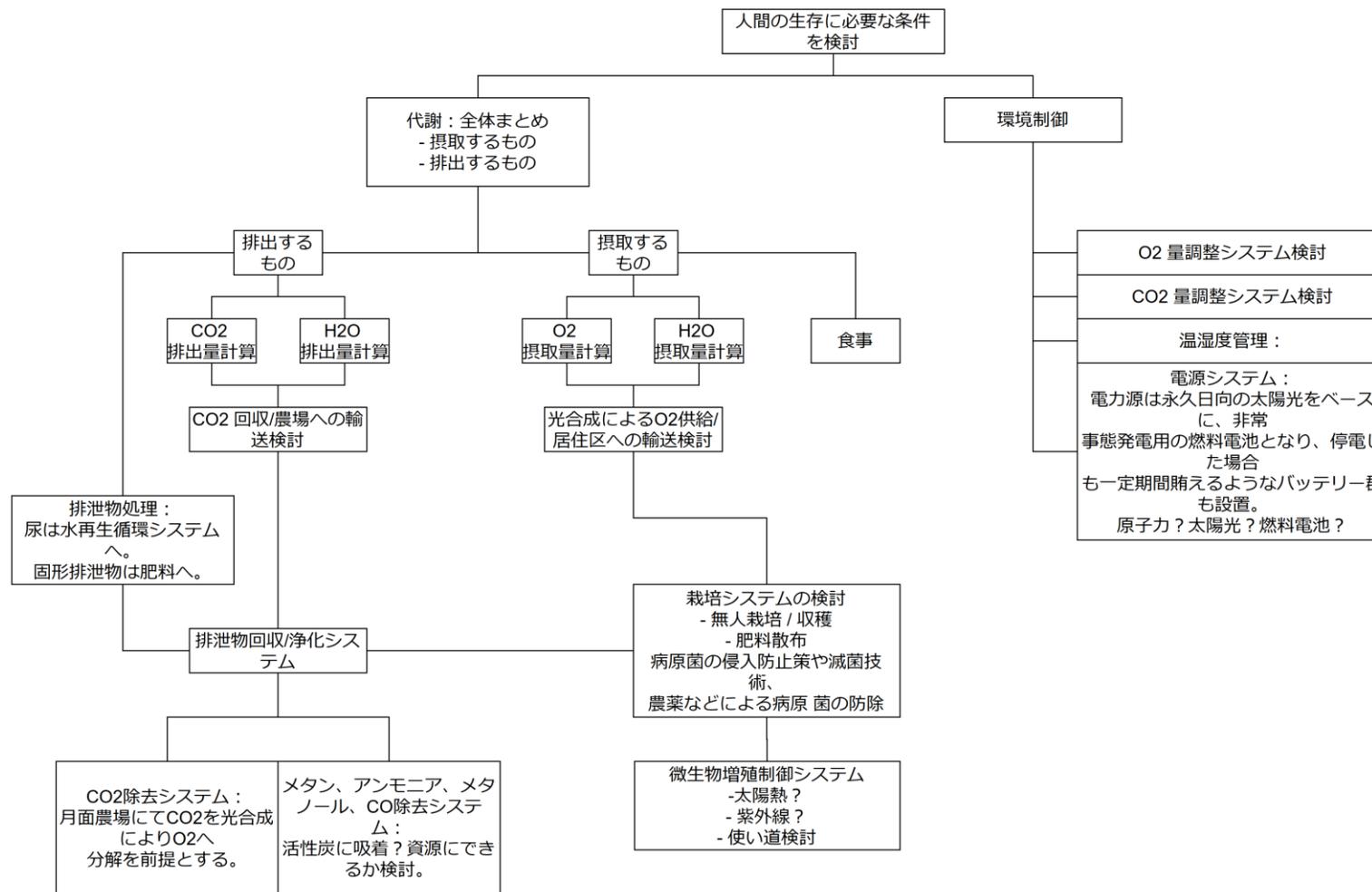


# 農林牧



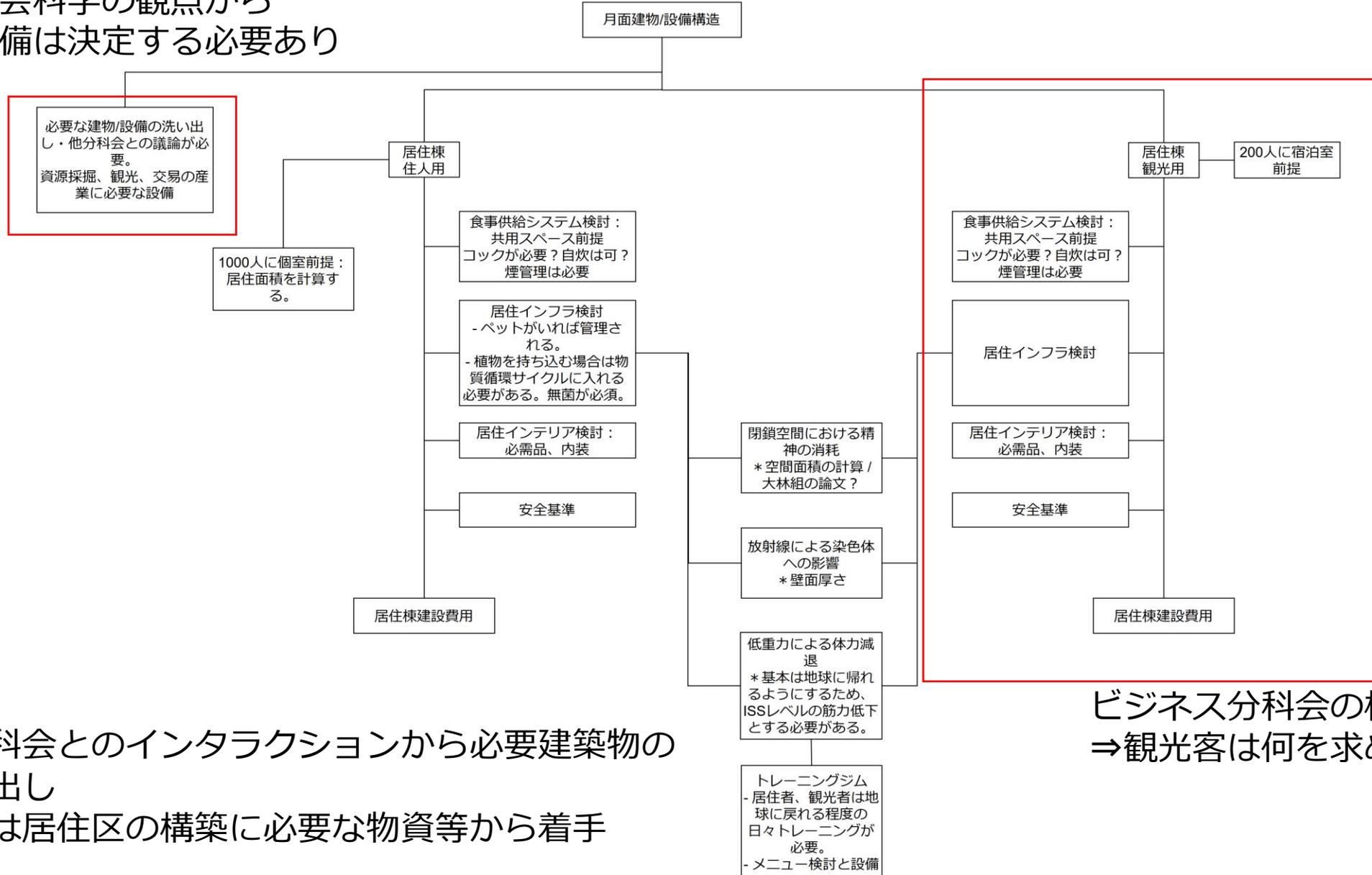
- 閉鎖型循環システム構築と合わせて各種定量化
- 必要物資の見積もりを実施
- ライフサイエンスの観点も必要

# 閉鎖型循環システム



- 宇宙農業等による物質循環等と合わせて各種定量化，物質収支を算出
- 必要物資の見積もりを実施
- ライフサイエンスの観点から必要要素は検討する

ビジネス・社会科学の観点から  
必要となる設備は決定する必要あり

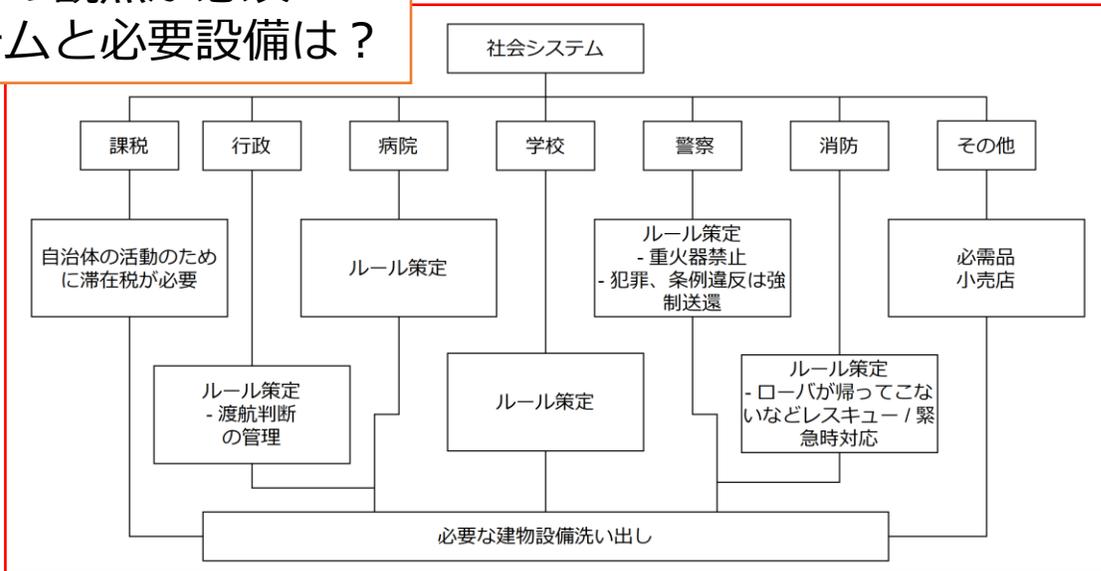


- 他分科会とのインタラクションから必要建築物の洗い出し
- まずは居住区の構築に必要な物資等から着手

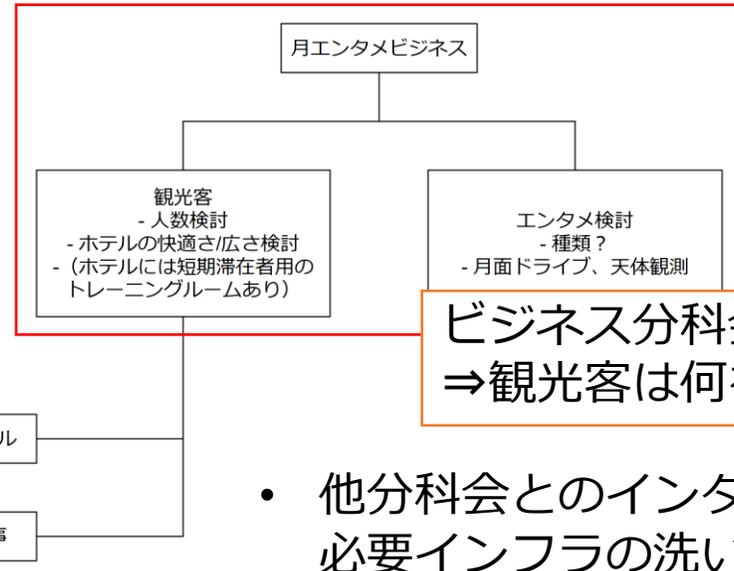
ビジネス分科会の検討が必須  
=> 観光客は何を求めるのか?

社会科学の観点が必須  
⇒システムと必要設備は？

社会システム



月エンタメビジネス

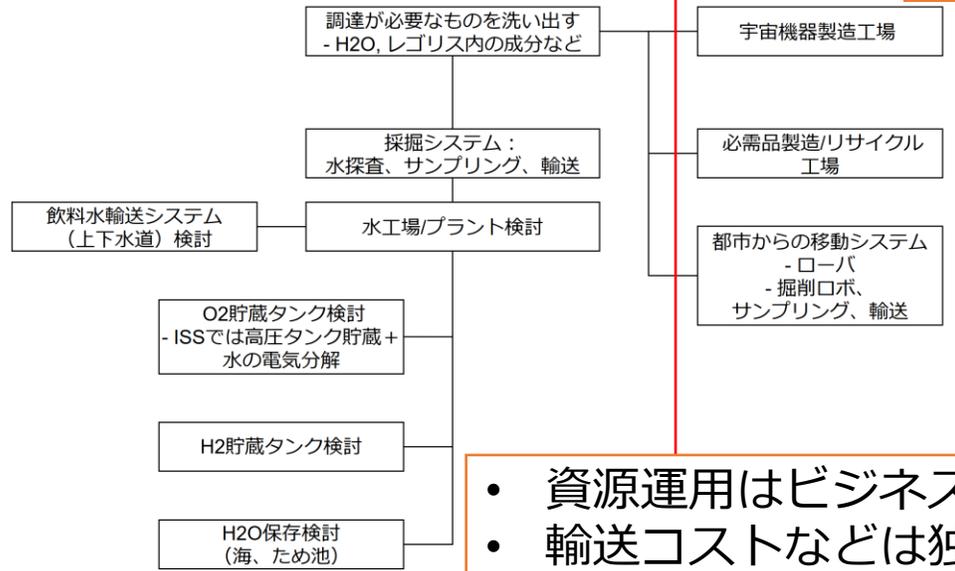


ビジネス分科会の検討が必須  
⇒観光客は何を求めるのか？

- 他分科会とのインタラクションから必要インフラの洗い出し
- エンタメ要素など

月面ビジネスが  
月社会構築の鍵？

資源調達システム



• 資源運用はビジネスにも密接に関係  
• 輸送コストなどは独立して推算

月面輸送システム

