宇宙開発の未来共創 2026
これまでの10年、これからの10年：民間主導で拓くCislunar経済圏の次なる展開
フロンティアビジネス研究会公開シンポジウム



月面生活WG（その2）活動報告

発表：今井 茂
（有人宇宙システム株式会社 宇宙探査事業ドメイン チーフプログラムマネージャー）

2026年 7月23日

©NASA

アジェンダ

1. WG紹介
2. 想定する月面での暮らし
3. 物質循環シミュレーション
4. 物質循環の拡張
5. 各種工場のスケーリング
6. まとめ

1. WG紹介

メンバー(50音順)：

・宇宙システム開発株式会社(SSD) *
・栗田工業株式会社
・株式会社ジャムコ
・JFEエンジニアリング株式会社
・大成建設株式会社
・有人宇宙システム株式会社(JAMSS) *

*共同リーダー

活動テーマ：

「月面基地におけるECLSSを含む物質循環系」

※ECLSS: Environmental Control and Life Support System、環境制御・生命維持システム

★持続可能な月面社会を実現するため、地球からの物資補給に極力依存しない物質循環システムを検討する。

2. 想定する月面での暮らし

- 月面で常時1000人規模が暮らす社会を想定する。
- 滞在する目的　～　観光、科学研究・探査、ビジネス（資源ビジネス等）
- 月面に長期滞在する人口820人と短期滞在の観光客180人/日を想定し、合計1,000人の生活を維持する物質循環システムを検討。
- 生活レベルの区分け
  - 定常滞在者(820人)：地上での日常生活と同等な暮らし
    - ストレスがない程度の最低限の生活スペース
      (寮のように個室＋共有スペースで生活する)
  - 観光客(180人)：高級ホテル相当の暮らし
    - 広々とした生活空間







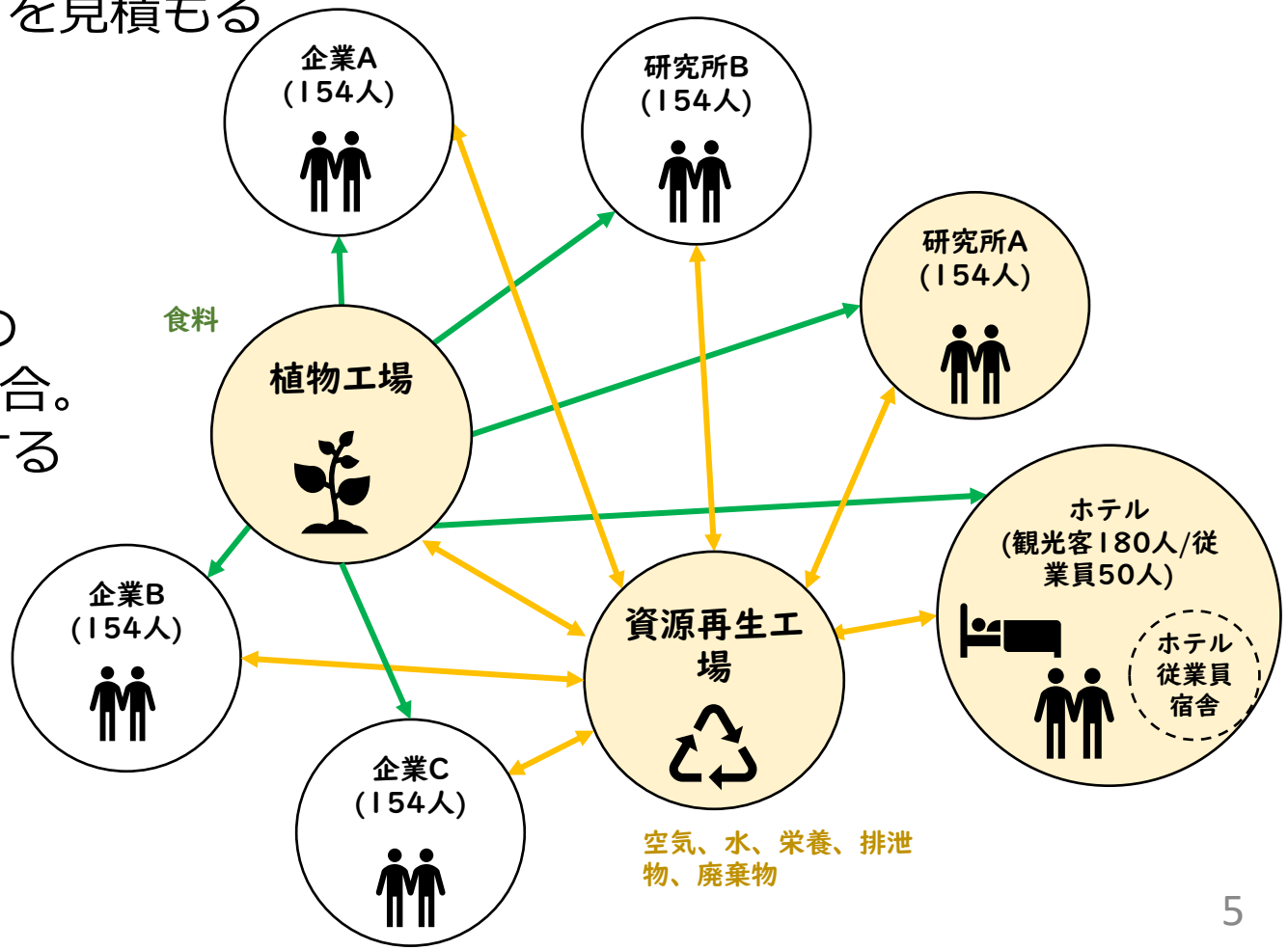
3. 物質循環シミュレーション

◆ 月面1,000人社会の物質循環に着目し、以下を目的にシミュレーションモデルを構築。
- ➢ 物質循環の流れを定量化し、全体像を把握
- ➢ 人の活動や植物の栽培条件がシステム全体へ与える影響をみる
- ➢ システム全体の規模感（タンク容量等）を見積もる

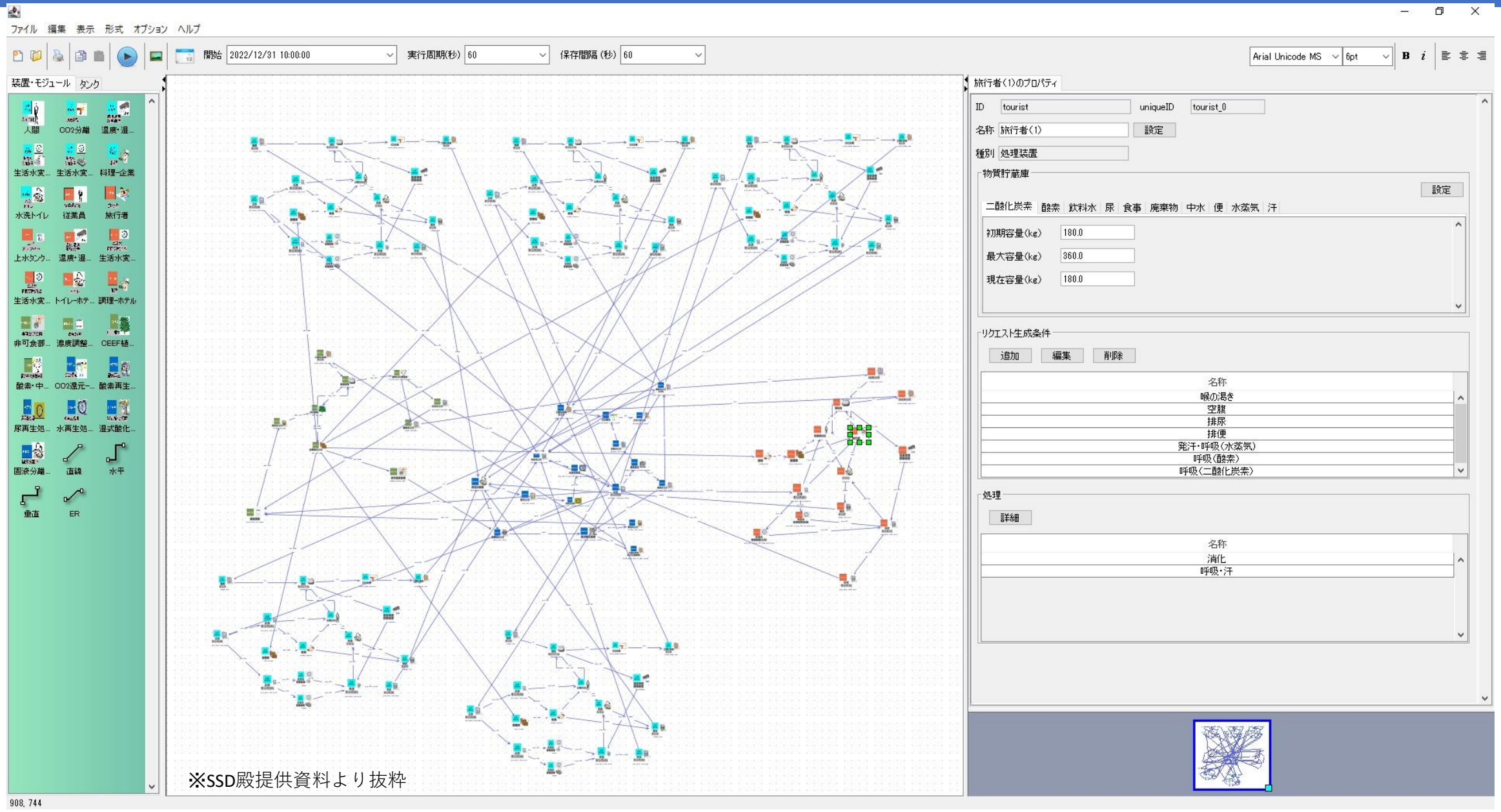
◆ 宇宙システム開発（株）殿が開発しているシミュレータ、“SICLE”を使用。

◆ 各社で分担して各ブロック（右図〇内）での処理モデルを検討・作成した上で、全体を統合。更に、30日間の物質収支のバランスを確認する解析を実施。

扱う物質
- 食料(月面で自給自足)
- 空気(酸素、二酸化炭素)
- 水(飲料水、汗、生活用水など)
- 排泄物(尿、便)
- 廃棄物(植物非可食部、食料残渣)



3. 物質循環シミュレーション　～統合モデル～



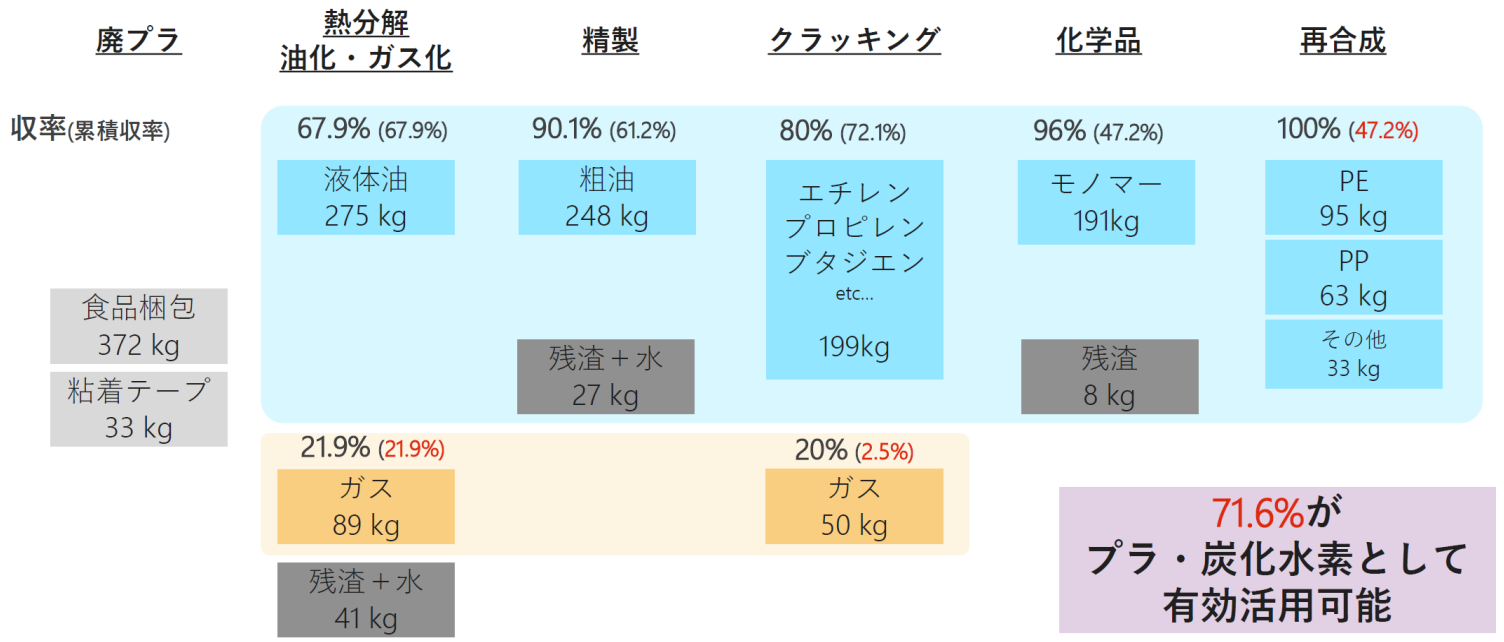
※SSD殿提供資料より抜粋

4. 物質循環の拡張

- ◆ 植物非可食部や排泄物に加えて、日常生活や月面への物資輸送で生じる廃棄物の再生利用を検討。
  - ● 食品パッケージ（レトルトパウチ等）やダクトテープ、月面輸送時の梱包資材等の廃棄プラスチックなど
- ◆ 再合成されるPE/PPの用途も検討を実施。
  - ● 放射線防護、3Dプリント材料、生活資材、交換品(フィルタ)等..

扱う物質
- 食料(月面で自給自足)
- 空気(酸素、二酸化炭素)
- 水(飲料水、汗、生活用水など)
- 排泄物(尿、便)
- 廃棄物(植物非可食部、食料残渣、生活用品等の廃棄物)

(地上の)リサイクルプラントをベースに考えると…？



71.6%が
プラ・炭化水素として
有効活用可能

※JFE殿提供資料より抜粋

宇宙システム開発株式会社
Space Systems Development Corporation

プラスチック廃棄物の再利用方法

■資源循環の全体イメージ

・プラスチック廃棄物を単なるゴミではなく、炭素(C)と水素(H)の貴重な貯蔵庫として捉える

生成物	主な再利用方法	メリット
メタン	燃料、酸素抽出の還元剤	エネルギー利用
ポリエチレン	放射線遮蔽材、3Dプリント材料	安全確保と地産地消
ポリプロピレン	構造材、生活用品、配管	インフラ構築

※SSD殿提供資料より抜粋

5. 各種工場のスケーリング

◆ 資源再生工場（次ページ参照）について、ISSや閉鎖系実験施設の設備をベースにスケーリング（質量、電力、フットプリント）検討を実施。⇒次ページ参照。

◆ 100人規模（CEEFの１桁倍程度のスケールアップ） x 10台を軸に検討。（今後、施設拡大ステップのシナリオと整合を図る必要はある）
- CEEF規模 x 100台はメンテナンス等で非効率。
- 1000人規模 x 1台は実証ハードルや故障リスクの面で実現性低い。

◆ 資源再生工場全体で、質量は約370トン/1,000人規模、電力は約2.5MW/1,000人規模。

◆ 各スケーリング検討で統一的な考慮事項として以下を識別。その他、植物工場や居住空間について、設備ごとの特徴や制約、スケーリングを実施予定。
- モジュール化とロケット径（運搬時のフェアリング径）

5. 各種工場のスケーリング

推定装置サイズ

・ISS、CEEF等の装置情報をベースに資源再生工場の装置サイズを推定した。

装置	対象	ベース機器					SICLE	スケール[3]		補正係数[4]		仕様(全体)			寸法イメージ[6]			
		参考施設	処理量	容積	質量	電力	処理量	倍		容積	電力	容積[5]	質量	電力	m			
			kg/day	m^3	kg	kW	kg/day	全体	分散設置	倍	倍	m^3	kg	kW	高さ	奥行	幅 1000人	幅 100人
CO2還元	CO2	ISS	7	1.57	200	0.5[1]	2034	291	29	0.3	0.8	137	17431	116	3	3	15	1.5
サバチエ第二反応	CH_4	民生品	1.5	0.5[1]	200	0.73	741	494	49	0.3	0.8	74	29653	289	3	3	8	0.8
酸素再生	O2	ISS	9.2	1.57	400	1.5	7425	807	81	0.3	0.8	380	96845	968	3	3	42	4.2
尿再生処理	Urine	ISS	9	1.57	600	0.32	(30025) 1500[2]	167	17	0.3	0.8	79	30000	43	3	3	9	0.99
水再生処理	Gray water	ISS	163.2	1.57	600	0.7	101850	624	62	0.3	0.8	294	112335	349	3	3	33	3.3
湿式酸化装置	Waste	CEEF	240	10[1]	4000	35	4956	21	2.1	1	1	207	82605	723	3	3	23	2.3
固液分離器	Sewage	民生品	60000	1	250	0.75	60000	1	0.1	1	1	1	250	1	3	3	0.1	0.01
															3	3	130	13

1) 文献等に情報がなかったため、推定値 or 仮定値を記載した。
2) 人の尿排出量に基づき試算した。月面1000人社会とISSではフラッシング水量が大きく異なる。
そこで排水をRO等で原尿レベルに濃縮して処理する想定とした。
3) 1000人用及び100人用x10基分散時の処理量のベース機器との比率を計算
4) 処理量が増えると機器配置や電力効率に改善の余地が生じるため、規模に応じてスケーリングの補正倍率を仮置きした。
5) タンクの大きさは含まない想定。別途SICLEで想定されたタンク容積を追加する。
6) 装置の高さと奥行きを3mと仮置きしたときの幅を計算した。
7) 質量の計算は酸素発生装置を400kg（文献からの推定値）とし、その他の機器の質量は容積比例で概算した。

© KURITA WATER INDUSTRIES LTD. All Rights Reserved.

※栗田工業殿提供資料より抜粋

6. まとめ

- ◆ 本WGでは2022年より、「月面基地におけるECLSSを含む物質循環系」の検討を実施。
  月面における1000人の生活を想定した物質循環について、1つのリファレンスとなり得る初期コンセプトが検討できたと考えます。
  - 水/空気/植物・食糧/排泄物/廃棄物の物質循環の成立性をシミュレーションで確認。
    *シミュレーション結果は第68回宇宙科学技術連合講演会にて「3A19 月面1000人社会におけるECLSSモデルシミュレーション」としてSSD殿がご発表。その後も植物工場を中心に詳細化を進めた。
  - 輸送や生活で生じるプラスチック廃棄物の再利用可能性についても検討。
  - 1000人の暮らしを支える物質循環システムのスケーリング（質量、電力、フットプリント）を実施。
- ◆ 現在検討中の以下の事項を含め、これまでの検討結果をまとめることで、本WGとしての活動としては一区切りとする方針です。
  - ✓ 物質循環シミュレーションにおける植物工場の見直し
  - ✓ 植物工場のスケーリング
  - ✓ 居住空間に求められる機能や配置・空間設計における制約の整理
- ◆ これまでのWG活動における参加各社殿ならびに三菱総研殿のご協力に感謝いたします。