

THE SEVENTH CONTINENT [MOON]

日米欧露中印などの15の宇宙機関からなる宇宙探査のための、協力グループISECG (International Space Exploration Coordination Group) は、2018年1月、GER (The Global Exploration Roadmap) で人類の存在域を地球周辺軌道から月、さらには火星へと拡大して「いこう」という意思表示をしている。こうした世界的な動きからも月面での有人長期滞在は必ずくる未来であると考えている。月面基地を建設する場合、微隕石の衝突や強い放射線といった月面の厳しい環境から機器や人を守り、温度が比較的安定しているなどの利点から、将来の月面基地建設地の候補として地下空洞が有力地として注目されている。こうした背景から、地下空洞はこれからの人類の財産であると言える。そこで、その土地を保全しつつ、月面有人探査の活動拠点を提案することが今後の有益な活動を促進させることに繋がると考えた。

Moon → Mars

火星の重力は地球の1/3Gであり、月の重力は1/6Gとどちらも地球の重力よりも小さいことがわかっている。重力が小さいほど、地球よりも太陽系の奥深くへの旅を可能にする。月や火星は、そうした太陽系の奥深くへ旅をするための一つの「駅」や「中継点」というふうを考えていただきたい。また、世界各国の15の宇宙機関からなる、協力グループISECGも人間の活動領域を地球近傍からより遠くの宇宙に段階的に広げていく計画を提案している。そのため、地球に最も近い「月」での提案を行う。

2025 Phase 0：第七の大陸へ



2025年頃、アルテミス計画が始まる。(月軌道ゲートウェイ配備。人類の月面有人探査が本格的に始まる。) 敷地を月の環境を考慮して Marius Hills Hole に決定。

2030 Phase 1：月面有人探査



月に降り立った20人の宇宙飛行士が月面、敷地となる Marius Hills Hole の底や内部の探査を始める。

Phase 2：電力の生成



縦孔の底に太陽光パネルを設置を行う。(蓄電機能をもつと仮定する) この段階では、20人の需要量に合わせた規模のものを計画する。

Phase 3：居住空間の建設



今後の長期月面探査に向け宇宙飛行士20人の居住空間の建設に取り組む。建設地は、隕石や放射線、直射日光を避けるため地下空洞に建設する。建物は、モジュール化させ建設のしやすさを図る。

2040 Phase 4：基地の拡張

人数が増え、60人となる。それに伴ってソーラーパネルの設置、居住空間の拡張を行う。

Phase 5：火星へ

Frontier

大航海時代、産業革命、人類史にはそうしたターニングポイントが存在する。人類は、進化するために新しいものを発見・開発を行ってきた。大航海時代にヨーロッパ人は、アフリカ、アジア、アメリカと、フロンティアを拡大していき、その過程で世界規模の貿易など様々な社会システムを作り出してきた。さらに遡ると、アフリカ大陸で生まれた人類は、大航海時代を迎える遙か昔から、大陸を渡り活動の範囲を広げてきた。そして、今人類は、次の大陸である「月」へとフロンティアを拡大しようとしている。



Energy consumption Earth/Moon/ISS

現在、世界的なエネルギー使用量は毎年3%ずつ増えている。このまま毎年3%ずつ増えていくとすると25年後には今の使用量の倍になってしまいます。このような背景もあり、昨今ではSDGsや再生可能エネルギーといった言葉をよく目にする。しかし、いくらそれらが普及したとしても、地球環境が悪化するスピードを減速させられるだけで状況が良くなることはない。また、地球上の資源は限られている。早めの判断と行動が重要である。

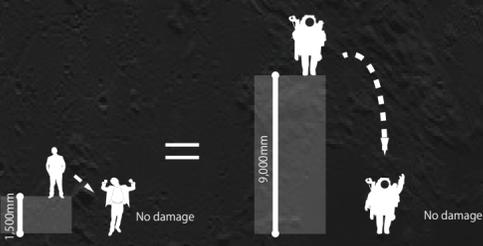


月の重力は地球の1/6である。1/6ではあるが0ではないためISS(国際宇宙ステーション)のように無重力ではないということに注意が必要である。

	Earth	Moon	ISS
重力	G	1/6G	0G(無重力)
移動可能方向	←	← /	← /
地球からの距離	0	380,000km	400km
建築面積		75.6m × 38.6m	108.5m × 72.8m

Low Gravity World

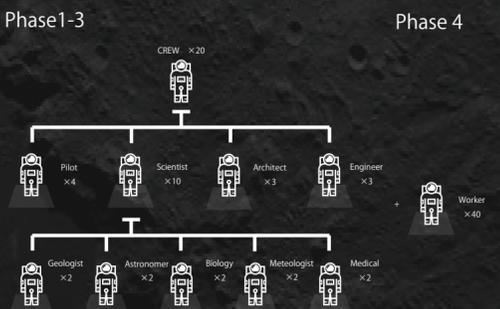
飛び降りたときの衝撃は着地の時の速度で決まる。飛び降りる高さの位置エネルギーが運動エネルギーに変わって着地すると、重力が1/6ということは6倍の高さから飛び降りた時の着地時と同じ速度である。つまり、月面に地球規模の3階建の家があるとして、その家の屋根から飛び降りても無事であるということ。※重いものを引っ張るときは変わらない。



Crew Members

Phase1-3 操縦士4人、建築家・技術者各3人、研究者(地質学者・天文学者・生物学者・気象学者・医学者)各2人、計20人

Phase4 その後の基地拡張に向けて労働者40人に加え、計60人のCREWになる。



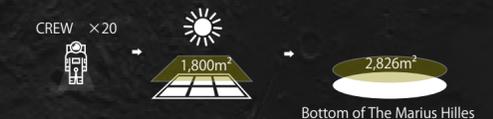
O₂

1m²の面積の葉あたり、一秒間に35マイクロモルの酸素を生産する。人間が1秒間に吸収する酸素量は300マイクロモル → 9m²/人。20人 → 180m²

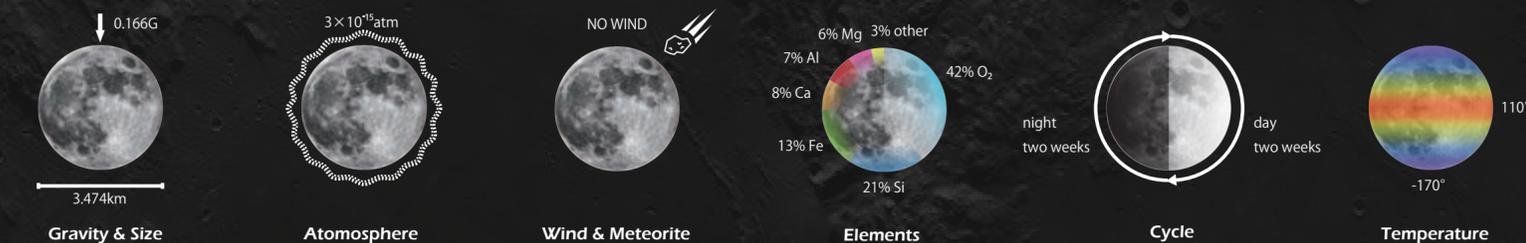


Solar Panels

ソーラーパネル 1m²あたり0.0667KW → 15m²あたり1KW 単身世帯一日当たり平均6.1KW → 90m²/人 (月に大気がないことを考えると30%程度減らせる可能性がある。) 20人 → 1,800m²



Environment



選定敷地

縦孔は200種類程あるが、その中でも月周回衛星「かぐや」により発見された「マリウスヒル縦孔」「静か海縦孔」「賢者海縦孔」にはある程度の大きさの空洞があると見られている。

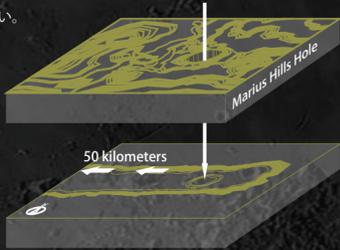
月の表面の岩石と鉱物は岩石2種類と鉱物4種類である。
 岩石には、玄武岩、斜長岩
 鉱物には、斜長石、輝石、カンラン石、チタン鉄鉱
 高地の斜長岩に含まれる鉱物→9：1=斜長石：輝石
 海の玄武岩に含まれる鉱物→4：4：1：1=斜長石：輝石：カンラン石：チタン鉄鉱

鉄分を含む鉱物の方が一般的に融点が低いので、鉄分を含む輝石を多く含む海のリゴリスの方が低い温度で簡単にブロック化すると予想。

マリウスヒル縦孔

月で最初に発見された縦孔
 位置：北緯 14.2° 東経 303.3°
 サイズ：直径約 60m 深さ約 50m
 いくつもの火山が集まってできた場所で海地域にある。
 縦孔から西へ 50km 延びる未崩壊の地下空洞がある。

- ・月面最大級の縦孔・地下空洞が存在する。
- ・チタンの存在量がほかと比べて多い。
- ・地下に氷がある可能性がある。
- ・科学的探査の価値がある。
- ・アクセスに適している。

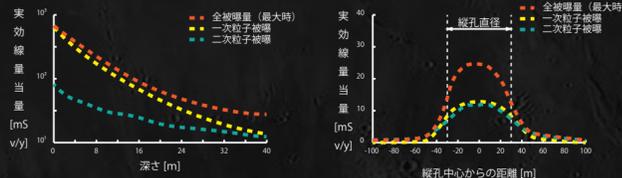


宇宙放射線の解説（地下空洞の理由）

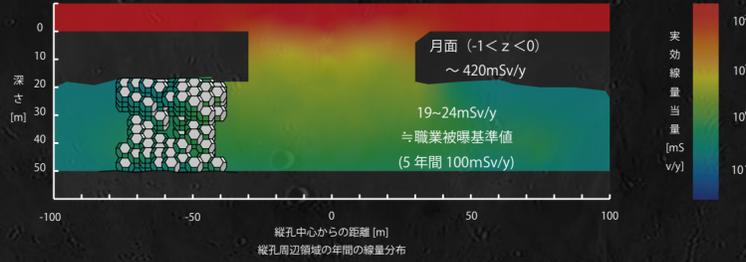
宇宙は様々な放射線が混在する環境であり、国際宇宙ステーション（ISS）に滞在する宇宙飛行士は1日に0.5~1.0mSvの線量を被曝している。これは地上での被曝量の100倍以上に相当する。将来的に有人活動の拠点が地球近傍のISSから月へと移るのに際して、地球磁場による放射線の低減効果がなくなることや滞在期間が長期化することで、被曝量が大幅に増大することが懸念されている。

月表面では年間約 420mSv と地球上に比べて 200 倍も過酷な環境ですが、縦孔によって被曝量は月表面の 10% 以下（年間約 19~24mSv 縦孔底面）まで低減され、地上における職業被曝基準値（5 年間で 100mSv）以下の放射線環境が得られる可能性が高いことを明らかにした。

縦孔外の月面領域における被曝量は最大で1日当たり約 1.14mSv（年間約 420mSv）
 縦孔の底中央部では月面の 10% 以下となる 1 日当たり約 0.07mSv（年間約 24mSv）
 水平方向に地下空洞が広がっていくと仮定した場合、被曝量は縦孔底面の縁（±30m）周辺では中央部よりもさらに低い年間 19mSv 程度である。
 縦孔・地下空洞を利用することで職業被曝の基準値以下の放射線環境を実現することは十分現実的である。



縦孔中心部における年間の線量率の深さ方向への依存性
 月面で被ばく量が最大になる場合を仮定している。



作品名	THE SEVENTH CONTINENT [MOON]	作品番号	2/5
校名	福岡大学		
氏名	工藤勝人		

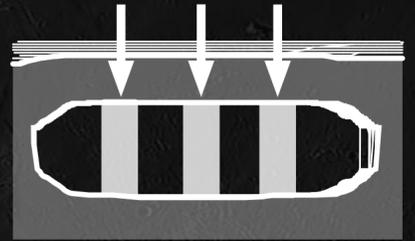
建築の増築性

建築に増築性を持たせるため、モジュールの形には切頂八面体を採用した。面が計 10 個あるため組み合わせ次第で様々な形を可能にしている。

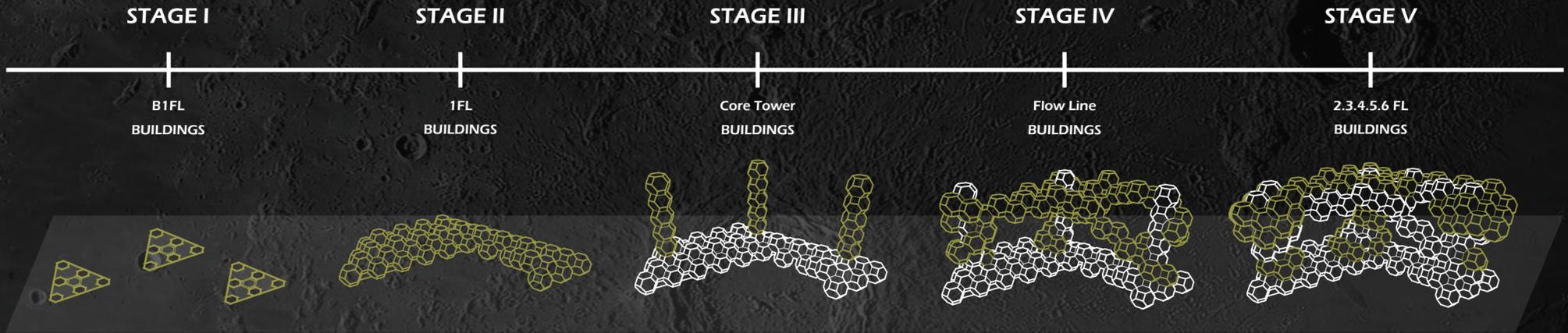
Prop

月の火山活動は数億年以上前に終えている。その産物である地下空洞が今日まで残っているため、崩れる可能性は低いと考えられているが、地下空洞は月面基地建設地の最有力候補であり、万が一、崩れることがあれば今後の宇宙探査に後れを取ることになる。

そのため、本計画では下の STAGE III 以降、Core tower を中心に地下空洞の天井と建築を接触させ「支柱」としての機能を持たせることで、その土地の保全を図った。



Phase 3



モジュールのプログラム

作りやすさの点からモジュールの形は、統一されているが機能で3種類に区別される。
 Module A コアモジュール（各棟の中心に位置するモジュール群）

Module B ユーティリティモジュール（生活・研究・運動・トイレなど）

Module C 動線モジュール（動線）

施設名	Halley VI	ISS	MOON
1人当たりの居住面積	9.5m ² /人	16m ² /人	9.5m ² /人 ~16m ² /人
ソーシャルエリア	320m ² (70人) →4.5m ² /人		4.5m ² /人~

1人当たりの面積、ソーシャルエリアの面積は Halley VI と ISS を参考にした。

本計画の構造

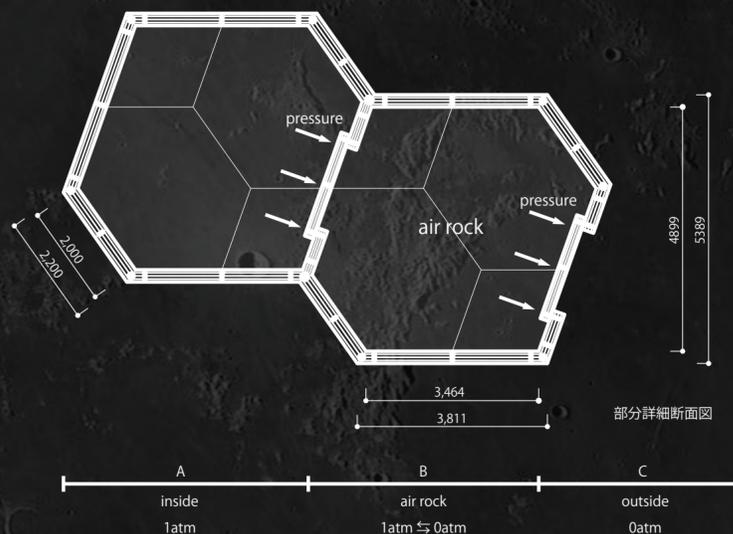
本計画では、月の極限環境の中人が活動できるの環境を守る必要があるため、外壁、与圧壁、多層断熱材 (MLI)、デブリバンパ、内壁という構造とした。

バンパと与圧壁にはアルミ合金を採用する。また、与圧壁は重量を極力軽くし、かつ強度を持たせるためアイソグリッド構造を用いる。

中央のMLIとは、ISSで用いられているアルミ蒸着ポリイミドフィルムなどを多層重ねた真空用の断熱材のことである。

与圧壁・MLI・デブリバンパを覆う外壁と内壁の素材には、近年自動車や航空機で用いられる炭素繊維複合素材を用いる。

モジュールの詳細図



壁の詳細図

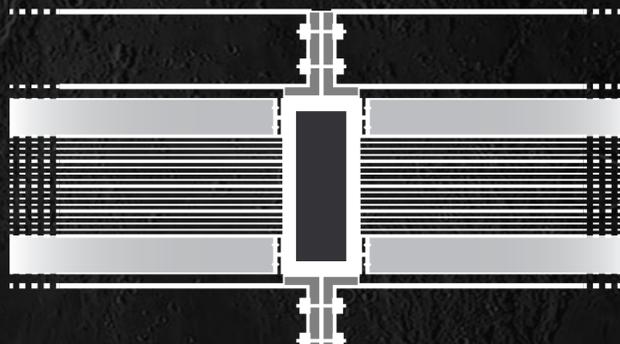
壁の詳細は ISS の構造を参考にした。



MLI (Multi-Layer-Insulation) の概要

MLI

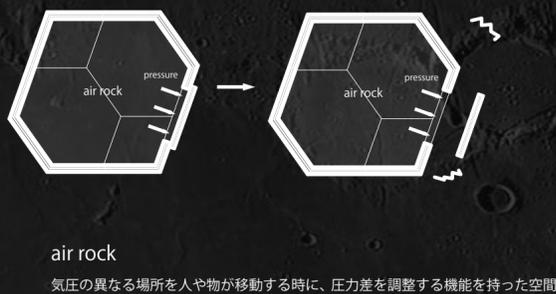
MLI の原理
 低放射率のアルミニウムを蒸着した薄いフィルムに多層重ねることで MLI 内部の熱放射結合を小さくし、低熱放射 (断熱) を実現する。実際には、MLI 内部の両面アルミ蒸着ポリイミド系フィルムの「放射シールド」を多数構成することで、多層化構造としている。MLI の外表面 (金色) は、耐紫外線や耐放射線等のためポリイミド系フィルムを使用。MLI の内層は、放射シールドと呼ばれる両面アルミ蒸着をした銀色の薄いフィルムが使用される。この放射シールドの層数が多いと熱放射断熱性能が向上していく傾向がある。



圧力

通常、人間が生きている気圧は1気圧である。そのため、ISSや航空機の内部は1気圧に設定されている。しかし、月の気圧は限りなく0に近い。

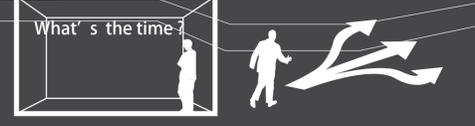
気圧差によりドアが破壊されることを防ぐため気圧の高い方にドアを設置した。Bの「air rock」では気圧を 1atm と 0atm に調整するため、A→B では A 側に、B→C では B 側に取付けている。



air rock
 気圧の異なる場所を人や物が移動する時に、圧力差を調整する機能を持った空間。

時間の節目

月では、昼と夜がそれぞれ2週間続く。さらに、今回計画する地下空洞では太陽光が直接当たらない。このような極地の閉鎖空間では、日々のオンタイムとオフタイムの区切りが曖昧となってしまおうとする。そこで宇宙飛行士の一日のスケジュールを空間で分けることで時間の節目を作り生活リズムのコントロールを図った。



また、1つの動線モジュールから複数の経路選択を可能としている。このため、6FLに位置する居住モジュールから1FLの研究モジュールまでの経路選択を増やし多様性を持たせた。

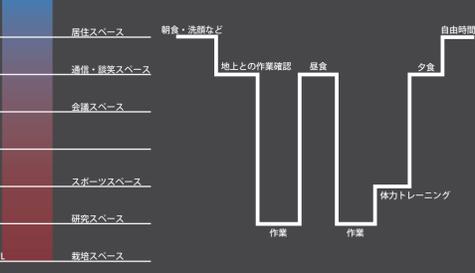
ゾーニング

隣り合うモジュールは、すべてフロアレベルが異なるように設計している。これは正直不便である。隣のモジュールに行く際、約1.6mもしくは約3.2mの上下の移動を要する。また、そこには階段がなく必ず足腰の筋肉を利用して跳ぶ必要がある。これには、重力が地球の1/6Gだということが関係してくる。

筋力低下の説明

重力が少ないということは、膝関節や腰にかかる負担が減るため、筋力低下が起こる。そのため、月では「運動」という要素が地球での「食・寝」と同等の要素だと言える。

そのため、宇宙飛行士の一日をフロアで分けることで、生活する中で必然的に運動を促すようにした。



動線

