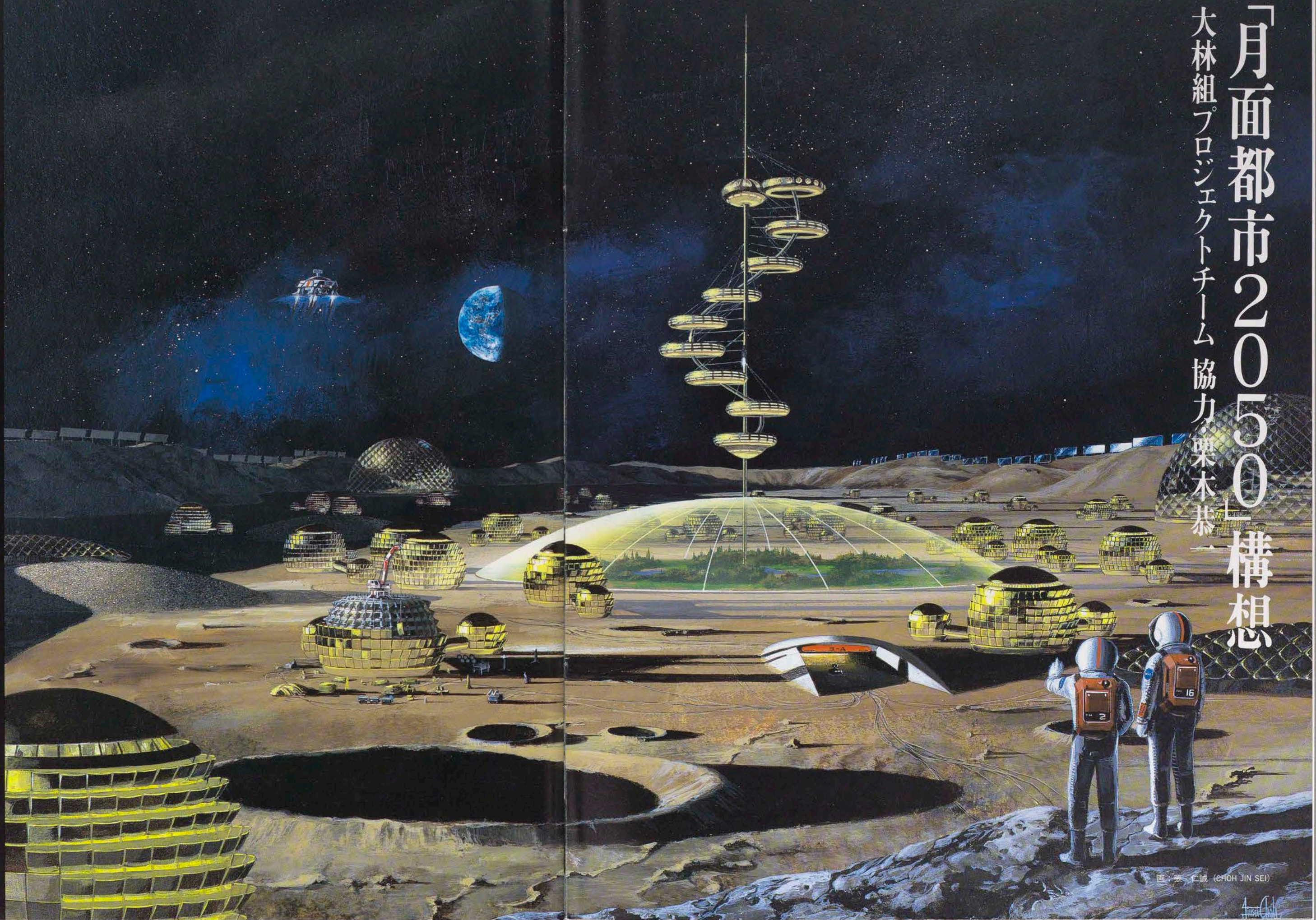


「月面都市2050」構想

大林組プロジェクトチーム協力 栗木恭一



画：張仁誠 (CHOH JIN SEI)

いまから四五億年前という太古、われわれの地球が誕生した時に、そのかたわらに小さなひとつの衛星が生まれた。それが月である。以来、地球と月は、三千万メートルというわずかな距離をへだて、互いの重力によって兄弟のように引き合いながら、無窮の時を過ごしてきた。やがて地球の生命体として人類が登場し、その人類が数百万年の歴史を経たのち、宇宙への旅立ちの最初の星として月を選んだ。それは、ノスタルジーにも似た本能的なできごとであった。そしていつの日か、人類が地球以外の星に居住空間を求めるとき、その星にはやはり、月を選ぶであろう。

大林組プロジェクトチームは今回、そうした宇宙空間への人類の夢を、「月面都市」という形で考えてみることにした。それは遙かな未知の分野への冒険だが、同時にいつか来るに違いない日のために、月における工学的な意味を問う壮大な建築的ロマンである。

一、「月面都市2050」へのアプローチ

「われわれは月から岩石を持ち帰りました。それは結構引き合う商売だったと思います。ロゼッタ石が、古代エジプトの言語を解明したのと同じように、これらの岩石は、月の起源、いや地球と太陽系発生の謎さえ解く鍵となるかもしれません」(一九六九年九月、アポロ一号司令船操縦士マイケル・コリンズ 『世界の宇宙開発』 旺文社より)

時は西暦二〇五〇年。月着陸船JAL-117便は、いまゆくりと月面に向けて降下を始めている。船内のスクリーンには、ついさっきまで、一九六九年に人類が初めて月に降り立った時の模様が映し出されていた。今や伝説となった、八〇年前のアポロ一号による月着陸。あの時、最初に月の土を踏んだ二人の宇宙飛行士アームストロングとオルドリンの足跡は、今は月面のスミソニアン博物館に永久保存されている。そこは、ルナ・ツアーでは、欠かすことのできない名所のひとつでもある。

着陸船の丸窓から覗くと、漆黒の宇宙空間の下に、巨大なクレイターを形成する月の山の稜線が、太陽光を受けて淡く光っている。「月面都市2050」は、月の南極に近い、このクレイターの中央部に建設された。稜線の向こうに、帯のように輝くものがある……太陽光発電パネルだ。大気のない月の上では、太陽の光と熱を無限といえるほど高度に利用することができると。

着陸船は態勢を整えながら、さらに高度を下げる。すると今度は丸窓の下の方角に、天空を指さすタワーの輝きが見えてきた。「月面都市2050」のシンボル、ルナ・タワーだ。客席に、ちよつとした歓声があがる。高さ五〇〇メートルを超えるタワーは、軸となる塔体に、らせん状のチューブが巻きつくような形をしている。それは、生物の存在しないはずの

月の上にありながら、あたかも成長を続けるツル系植物のようでもあり、また宇宙という海の中で呼吸する巻貝のような、不思議な印象を与える。月の重力は、地球の六分の一しかない。その利点を生かした、地球では見ることのできない繊細でユニークな建造物である。

タワー上部には通信アンテナと展望ラウンジがある。展望ラウンジから眺める青い地球の素晴らしさは、ルナ・ツアーの最大の楽しみだ。一九六一年、ソ連のガガーリン中尉が人類として初めて地球を一周した時の名言……「地球は青かった」が思い出される。もちろん、地球を出発後、ラグランジュ点にある宇宙ステーションへ向かう途中の連絡船からでも、青い地球の姿を見ることはできる。しかし、なんといつても月からの眺めは、また格別だ。多くのツアリストは、この光景を見たいがために、月にやってくる。初期の宇宙飛行士たちは、宇宙から眺める地球の姿に、神の啓示に近いものを感じたという。太陽系の果てまで有人探査機が飛んでいる今日では、宇宙はもつと身近な存在であり、その代表が月なのである。

ルナ・タワーのらせん状のチューブは、実は、移動用コアによる交通システムである。透明になっていて、三六〇度の眺望を楽しみながらタワーを昇降することができる。その途中に、全部で九つのドーナツ型ホテルが見える。太陽系の九つの惑星へと飛行する宇宙船をイメージして建設されたものだ。思えば、この月から人類の宇宙飛行が始まったのである。そのモノメントの意味もこめられている。もつとも、人類が月に住むことを真剣に考え始めた二一世紀初頭には、こうした地上の建造物はほとんど存在しなかった。月面では、地表の温度が昼間は摂氏一三〇度、夜間には零下一七〇度にもなる。その温度差は、ざつと三〇〇度だ。人体に影響を与える宇宙線や、隕石の落下もある。この厳しい環境に耐えるため、当初の建造物はすべて地下か、半地下式

ラグランジュ点……宇宙空間にある三つの天体(物体)の重力が、もっともバランスのとれた点(地域)をいい、宇宙ステーションやスペースコロニーなどの宇宙建造物の建設に適している。

センタードーム：ここでは地球上とほぼ同じ自然を再現している。重力が地球の6分の1であることから、植物も地球上よりずっと高く成長するかもしれない。(画：近間 恵)



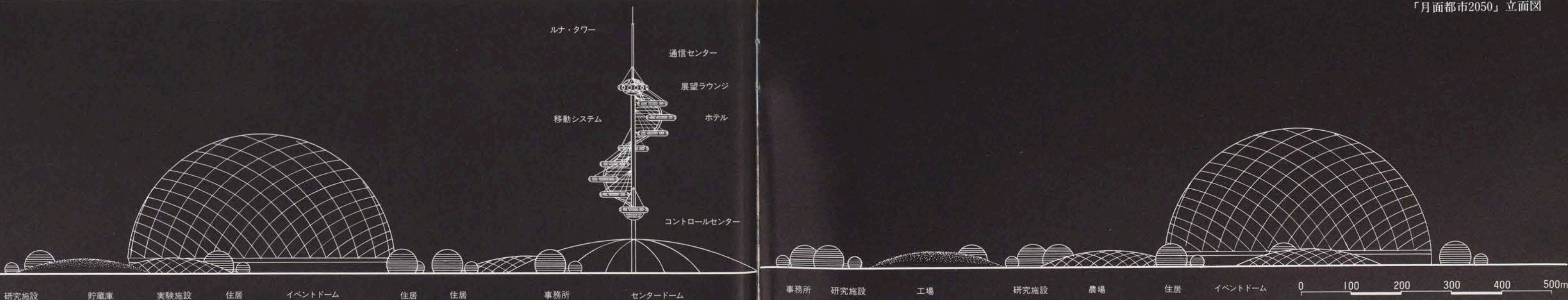
であった。地下に一メートルも入れれば、温度がほぼ零下二〇度くらいで安定する。月の土によるシールドが、環境をやわらげる役目を果たすからである。やがて人類は、テクノロジーを駆使して地下を脱出し、地球と同様に多くの建造物をつくり、都市の規模を広げてきた。現在、「月面都市2050」の人口は、すでに一万人に達している。その大半は、半恒久的か、かなり長期にわたり月に住む住民たちである。さらに、観光客が常に二、〇〇〇人はいる。今、月はちよつとした観光ブームでもあるのだ。観光客はすべて、ルナ・タワーのホテルに宿泊することになる。

そのホテル階の一番下に、コントロールセンターがある。「月面都市2050」を維持するための、あらゆる機能がここでコンピュータ管理されている。いわば、都市の心臓部である。

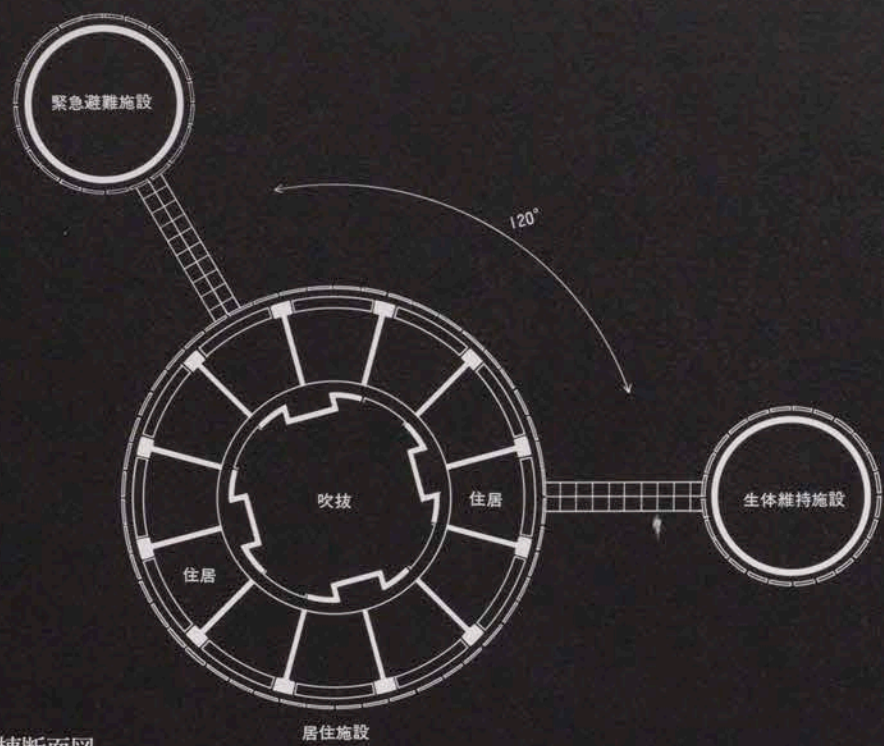
そこから少し視線を下げると、ルナ・タワーの基部に広がる巨大なドームが目にとまる。ドーム表面に金色の熱遮蔽が施されているため、着陸船からは中の様子が見えないが、ここには緑の樹木が森となつて繁り、小川すら流れている。住民にとって、このドームの中はもつとも地球的な自然環境を味わうための、貴重なスペースなのである。

さらに着陸船が月面に近づくと、ルナ・タワーの周囲に、大小の球形の建物がいくつも点在しているのが見えてきた。それは、月面でのさまざまな研究や作業に従事する住民のための、住居と研究施設、そして彼らが生きていくために必要な工場や生体維持施設、スポーツ・レジャー施設などである。住居棟とオフィス、研究所の建物は、ちよつと分子模型のように、中型の球体を中心に、小型の球体が二つ結びついた形をしている。人類が月に住むためには、どうしても人工的につくり出さなければならぬ。水。その分子構造をイメージしているのだから。住居棟の壁には、サボテン科の花のように開いた

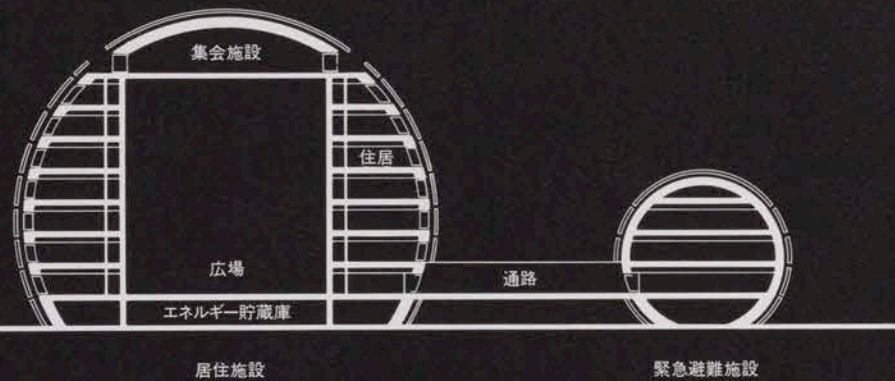
「月面都市2050」立面図



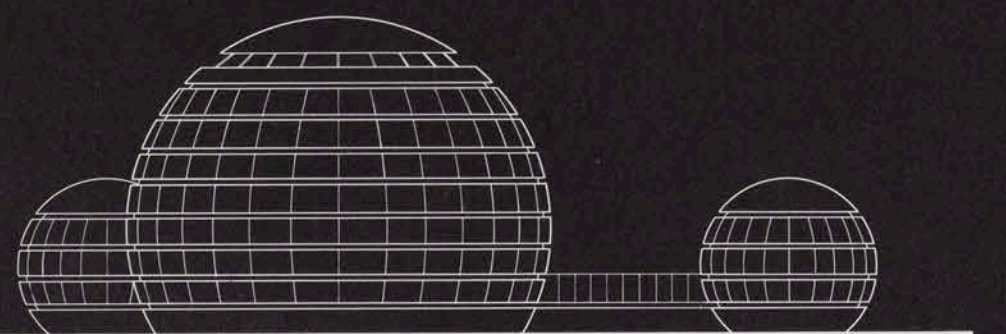
住居棟平面図



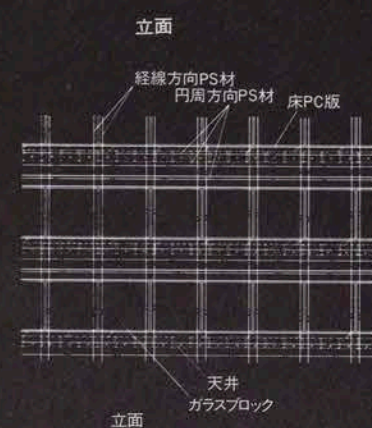
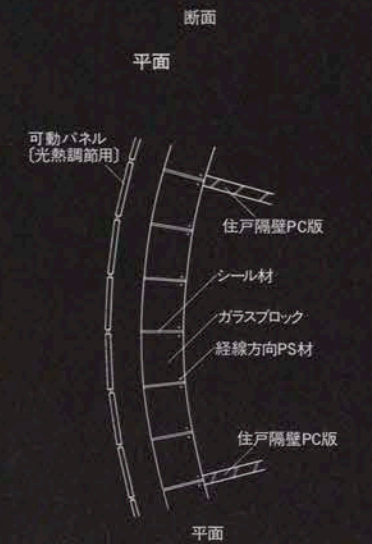
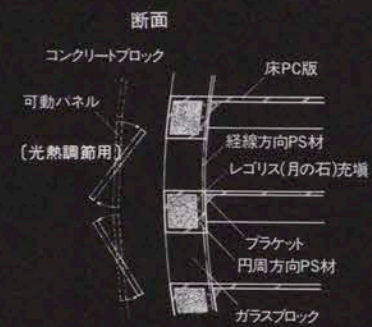
住居棟断面図



住居棟立面図



住居棟部分詳細図



0 10 20 30 40 50m

作ることにも可能だ。

一方、月そのものも興味深い研究対象である。月は、大気がないため、できた当時の様子かなり正確に残している。月を調査することにより、地球を、そして太陽系を知る手がかりが得られる。実際、火星や土星などの研究にも、月で調査されたことが基準となつて例は少なくない。

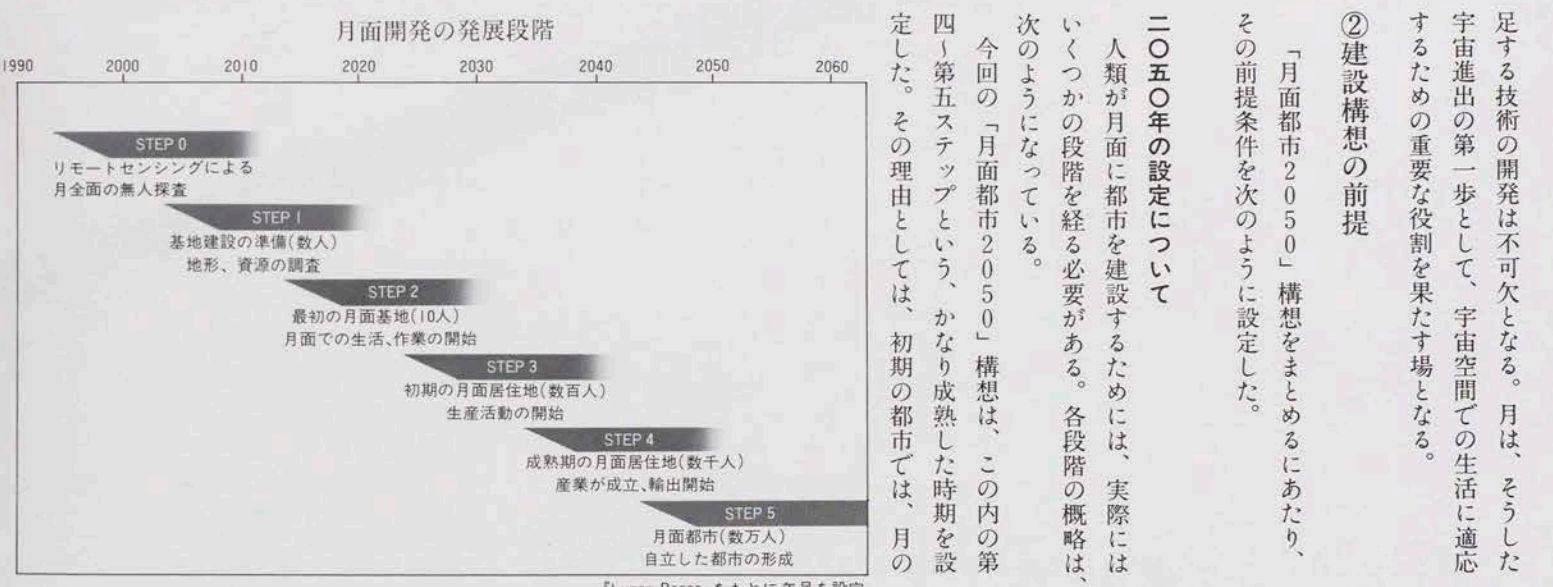
●月の資源を有効に利用することができる。

人類がより遠い宇宙へ乗り出していく時、その基地としてラグランジュ点にスペースコロニーを建設するはずである。また、地球の低軌道、静止軌道、月の周回軌道などにも、宇宙ステーションが設置されるだろう。これらの宇宙ステーションや太陽発電衛星の建設材料の多くを、月で得ることができる。J・K・オニールが発表した「スペースコロニー計画」でも、月の資源を建設材料に利用するアイデアが出されている。月の岩石には、シリコン、鉄、チタン、アルミニウム、マグネシウムなどが豊富に含まれている。こうした材料を宇宙空間に打ち上げる場合、月は重力が小さく、また大気がないので、地球からの打ち上げと比較して二〇分の一のエネルギーですむ。実際の打ち上げにはリニアモーターなどを利用し、荷物を水平方向に打ち出すようにする。

さらに、月の岩石から分離される酸素も重要な輸出品となる。宇宙船の燃料として、液体酸素と液体水素が大量に必要となるが、この内の酸素は月でまかなうことができる。水素については、今回の作業では、地球から運ぶこととするが、宇宙空間には非常に希薄ながら水素原子が存在しており、二〇五〇年の未来ならば、ここから採取する可能性もあるだろう。また、月の深部に水素の存在する可能性もまだ残っている。

●宇宙進出の前進基地としての役割。

将来、太陽系の果てまでも人類は進出していくに違いない。その際、地球以外の環境の中で、自給自



足する技術の開発は不可欠となる。月は、そうした宇宙進出の第一歩として、宇宙空間での生活に適応するための重要な役割を果たす場となる。

②建設構想の前提

「月面都市2050」構想をまとめるにあたり、その前提条件を次のように設定した。

二〇五〇年の設定について

人類が月面に都市を建設するためには、実際にはいくつかの段階を経る必要がある。各段階の概略は、次のようになっている。

今回の「月面都市2050」構想は、この内の第四、第五ステップという、かなり成熟した時期を設定した。その理由としては、初期の都市では、月の

環境に対応するため、建造物はほとんど地下化される可能性が大きい。昼夜の三〇〇度という温度差、宇宙線、さらに隕石などを考慮すると、現時点では地下が安全といえる。しかし同時に、月は風もなく、地震もきわめて稀(アポロ計画で設置された地震計によると、地震活動度は非常に低く、また最大でもマグニチュード二・三という微地震であった)という好条件もある。成熟期の都市ならば、建造物がかかり地表に進出している可能性は十分にあり、ここから月面にふさわしい建設の醍醐味があると考へてからである。また、一般の人たちが観光に行ける段階であることも重視した。

月面都市の規模と位置について

都市の規模は、成熟期であることから、まず人口を一人とし、住居、生体維持、生産、エネルギーなどの諸施設を設定した。また観光、商用などの目的での短期滞在者を約二千人とし、ホテルなどの施設規模の前提とした。こうした人口構成は、地球の都市との比較は困難だが、たとえば伊豆大島の規模と同じ程度である。

次に、「月面都市2050」の位置を、月の南極近くにあるクレーター中央部の、平坦な場所とした。極地方は、太陽が常に地平線から月面を照らしていて一定の明るさを得やすく、太陽エネルギーの利用にも都合が良い。また、温度変化も比較的少ないので、月の赤道地方と比較すると人間の居住に適している。さらに、極軌道を回る宇宙ステーションは短い周期で上空を通過するため、交通の便も良いなどの条件が整っている。北極でなく南極を選んだのは、銀河中心などの未知の天文分野が多くあったことによる。

ただし、資源採掘などの特殊な施設については、極地方に限らずとも適した位置に前進基地を設置するものとした。

③主要建造物(タワー、住居棟)の構造と工法

月面は、すでに述べたように重力が地球の六分の一である。最初に月面に降り立ったアポロ一号の飛行士たちは、宇宙服と装備を合わせた体重が六三・グラムもあつたにもかかわらず、月の上ではわずか二七・グラムにしか感じなかった。また、月面ではほとんど地震もなく風もない。地震力が建物の構造設計を支配する地震国日本の構造設計者にとって、これらの設計条件は、非常にうらやましい限りである。そこで、建物の構造については、地球上では不可能なものにあえて挑戦した。

ルナ・タワーの構造

「月面都市2050」のシンボルであるルナ・タワーは、高さが五四〇メートルある。地上三七〇メートルの位置に展望ラウンジがあり、そこから移動システムのチューブがらせん状にコントロールセンターまで延び、その間にドーナツ型の建造物(ホテル)が九つ設置されている。

このタワーの構造上の課題は、なんといってもホテルと移動システムの荷重を、どう支えるかである。この部分は、ホテルの最下棟が塔体中心で支えられているだけで、他の八棟は塔体より跳ね出す形で、吊構造となっている。

荷重については、次のように設定した。

●ホテル部分

各棟が三層からなるホテル部分は、一棟当たりの外壁面積と床面積が、それぞれ五、〇〇〇平方メートルとなる。通信施設、コントロールセンターを合わせて、ホテル一棟分と考えると、全体の外壁面積と床面積はそれぞれ五万平方メートルとなる。

外壁は、金属骨組を内と外からパネル材ではさむ仕上げとし、できるだけ軽い材料を使用する。ここでは、月面上での壁の単位重量を〇・〇五t/m²と

リフトアップ工法を採用した。スリップフォーム工法とは、型枠をジャッキで押し上げ滑らせて上昇させながら連続的にコンクリートを打設してゆく工法である。その際、真空中では生コン打設は不可能なことから、左下図のようにコンクリート打設部分を与圧室で保護している。

リフトアップ工法とは、高所に建設される建造物を地上で安全確実に組み立てた後、ジャッキシステムにより、所定の高さまで吊り上げる工法である。

住居棟の形状と構造

住居棟は、タワーと並ぶ月面都市の特徴的な建造物である。住居部分は七層になっていて、その上に展望室を兼ねた住民用の集会所がある。

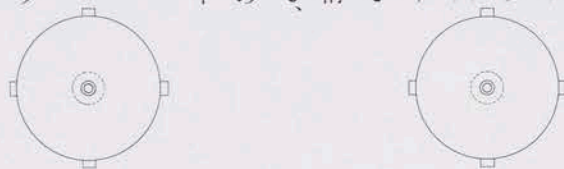
全体の形状は、球形を採用した。これは与圧によって面内に生じる応力が均一となるので、荷重処理が容易だからである。構造材としては、タワーと同様に、PSコンクリート造とした。住居棟は、恒久的に住民が使用するものであり、急激な温度変化、宇宙線の照射、隕石などから生活を守るために高い安全性が要求される。そのため条件として、建設材料には以下のことが重要視される。

- ・材料の強度が高い
- ・フリーメンテナンス
- ・断熱性能が良好
- ・宇宙線遮蔽効果が高い
- ・耐衝撃性が高い
- ・気密性が高い

これらを満たすもつとも良い材料は、現時点ではコンクリートである。ただし、コンクリートは気密性に関しては問題があるので、その補強として経線方向と円周方向の両方にPS材を入れ、かつシール材や内壁(金属、膜など)を併用して、性能を高めた。

コンクリートの厚さについては、宇宙線を防ぐ完

平面



ルナタワー施工順序

①掘削後、第一段階エアドームを設け、与圧空間内で地下部分を構築した後、埋め戻す。スリップフォーム装置を地上で組み、エアドーム頂部までスリップフォーム工法を行う。

②第一段階エアドームの内側に、既設塔体を利用して第二段階エアドームを設けた後、第一段階エアドームを撤去する。引き続きスリップフォーム工法を行う。同時に、金色コーティングを施してゆく。

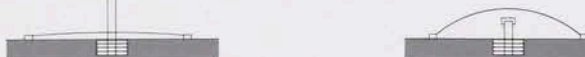
③塔体完成。第二段階エアドームを撤去後、スリップフォーム装置を解体する。

④リフトアップ工法用の仮設機械を塔体頂部に設置する。通信センターを地上で組み立てた後、リフトアップし、所定の位置に定着する。

⑤ホテル最上部(展望ラウンジ)を地上で組み立てる。同時に、移動システムコア(第一ベース)を連結した後、全体をリフトアップし、所定の位置に定着する。

⑥その他のホテル、及びコントロールセンターも同様に設置してゆく。その後、仮設機械を撤去し、最頂部アンテナを設置する。

立面



した。また、床の単位重量についても、同様とした(以下、重量については、すべて月面上の値とする)。

●移動システム部分

移動システムの長さは四〇〇メートルとなる。これを直径一〇メートルの強化グラスファイバーでつくるとすると、重量は五〇〇トンとなる。

- ・以上から、ホテルと移動システム全体の荷重を計算すると、次のようになる。
- ・固定荷重(建物荷重) 五、五〇〇トン
- ・積載荷重(設備機器、その他) 二、五〇〇トン
- ・総荷重 八、〇〇〇トン

つまり、塔体によって支えるべき総荷重は、八、〇〇〇トンということになる。

次に、塔体の強度の検討をおこなった。

塔体は、高さ四〇〇メートル、直径一〇メートルで、PS(プレストレスト)コンクリート造とした。コンクリートについては、「Lunar Base」においても、材料調達と環境への適応性からもつとも月に適した材料とされている。また、プレストレスを導入して、曲げによる引張応力の発生を抑えた。

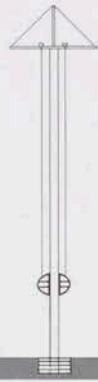
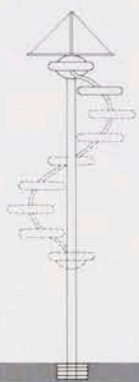
こうした前提を基に、断面性能を設定し、座屈を検討すると、塔体は九、三〇〇トンの荷重に耐えることができる。従って、全荷重の八、〇〇〇トンが軸力として均等に作用するならば、十分に建設が可能となる(ただし、今回のルナ・タワーの構造では、塔体には、曲げ、せん断による応力が発生する。現時点でも構造設計は十分可能であるが、二〇五〇年という未来での設計手法や材料強度の設定の仕方など不確定要素が多いため、これ以上の検討はおこなわない。いずれにせよ、月面では、このような形状の建造物が十分に建設可能となるはずである)。

ルナ・タワーの施工

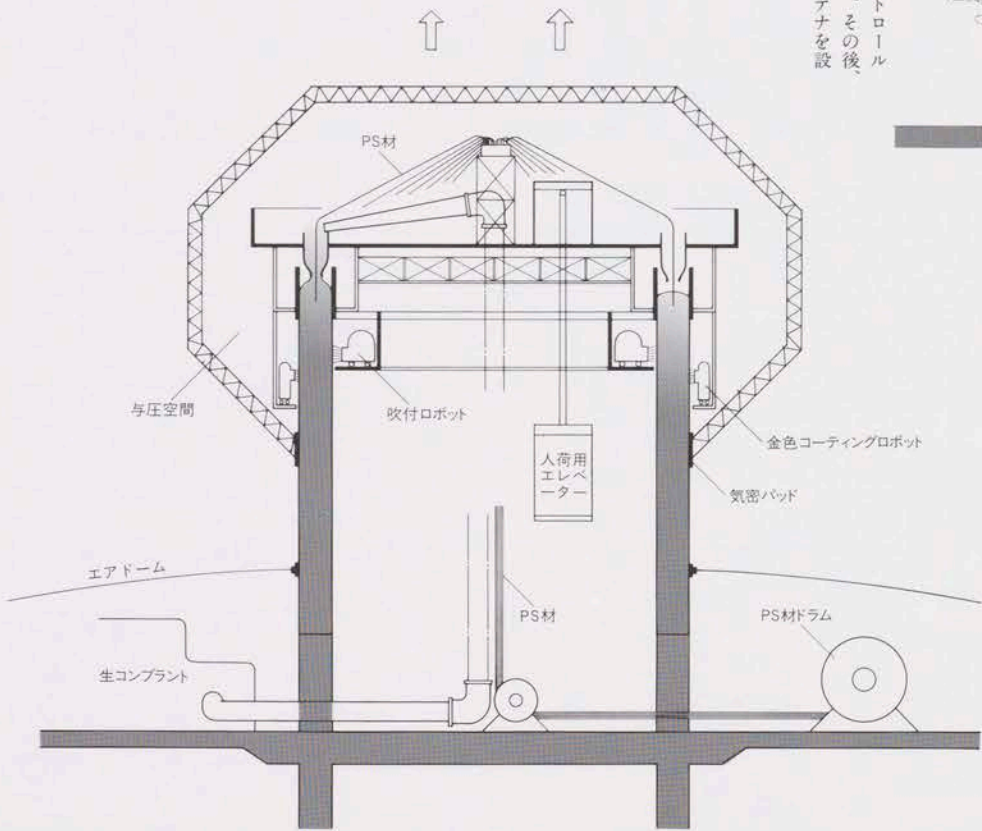
施工順序は上図のとおりである。塔体の施工には、スリップフォーム工法を、また、ホテルの建設には

壁なシールド効果を要求されることから、二メートルとし、構造部材は、プレキャストブロック(PCブロック)とした。

しかし、住居棟全体を二メートル厚のコンクリートで覆うとなると、快適性に問題がある。そこで、二メートル厚のガラスブロックの窓を設け、開放感が得られるようにした。



塔体スリップフォーム施工概念図



住居棟の施工

地下部分と下部の貯蔵庫は、エアドームをかけた与圧スペース内でコンクリートを現場打設する。その上の住居及び集会室部分の施工には、組立工法を採用した。すでに述べたコンクリート製のプレキャストブロックとガラスブロックを交互に積み重ね、各階ごとに床版を設置する方法を順次繰り返して、上階へと組み立てていく。最高部の集会室については、最後にコンクリートの屋根をかける。各ブロックは、PS材によって緊張する方法をとった。

なお、ガラスブロックの前面には、可動式のパネルを設置し、太陽光の調節を自由に計れるようにした。

④建設材料の検討

スコット「あそこに大きな岩の塊がある。灰色だ。灰色の岩片と白い岩片が入っている。」

「きれい。今すぐにそれを取ろうぞ」

アーウィン「OK、写真をとるぞ。その下のかげらを取れないか」

スコット「よし、やってみよう。できる、できる。白いかげらだ。私たちは何を見つけたと思う」

アーウィン「私たちはこれを見つけるために来たんだ」

スコット「この斜長石を見る。ほとんど全部斜長石だ。斜長岩かそれに近いものだ。何てきれいだ……」

(一九七一年、アポロ一五号の乗員スコットとアーウィンの会話『月の科学』岩波書店より)

月にはどのような資源があるのだろうか。アポロ計画では、積極的に月の石を採掘したように、とりわけ鉱物資源への関心は高い。中には、パイロキシフェロアイトのように、月で発見されたから、地球にも存在することが分かった鉱物もある。月の発掘

は、まだほんの表層をめぐっただけであり、今後新たな発見があるかもしれない。

ここでは、今回のプロジェクトの重要な部分を占める、コンクリートとガラスを、月でつくることを検討した。

月の資源からのコンクリート製造

すでに述べてきたように、「月面都市2050」の建造物の多くはコンクリート造である。コンクリートは、月の環境に適しているばかりでなく、月に存在する資源から製造することができる点でも優れている。

コンクリートの中で、工業加工製品といえるのはセメントだが、地球ではこれを石灰石や粘土、鉄鉱物などを原材料として製造している。月には石灰石はない。しかし、月の砂や岩石の多くには、シリカ、アルミナ、酸化カルシウムなどのセメント構成物質が豊富に含まれている。

下表は月資源の化学分析結果の一例だが、この中では一九％の酸化カルシウムを含む斜長石が、月でセメントをつくる際の原材料となる。これを高温で溶解し、化学的方法を用いてセメント構成物質の濃縮をおこなうのである。

また、セメントばかりでなく、その他の鉱物精製過程でも生産されるシリカ鉱物の一部は、さらに結晶度の高いシリカフェュームに加工され、超高強度コンクリート用に積極的に利用されている。二〇五〇年には、圧縮強度二〇〇kg/cm²のコンクリートさえ、ごく当然に使用されているだろう。

コンクリート用骨材としては、月の土や岩石は問題なく使用することができる。むしろ、月環境下での硬化コンクリートは、セメントとの化学的結合水を除くとまったく水分が残っていないので、地球上よりも耐久性が持続するはずだ。

一番の問題点は、水である。コンクリートに不可欠な水を、月では自給できない。しかし、月資源の

ガラス(グラスファイバー、ガラス複合体を含む)の利用

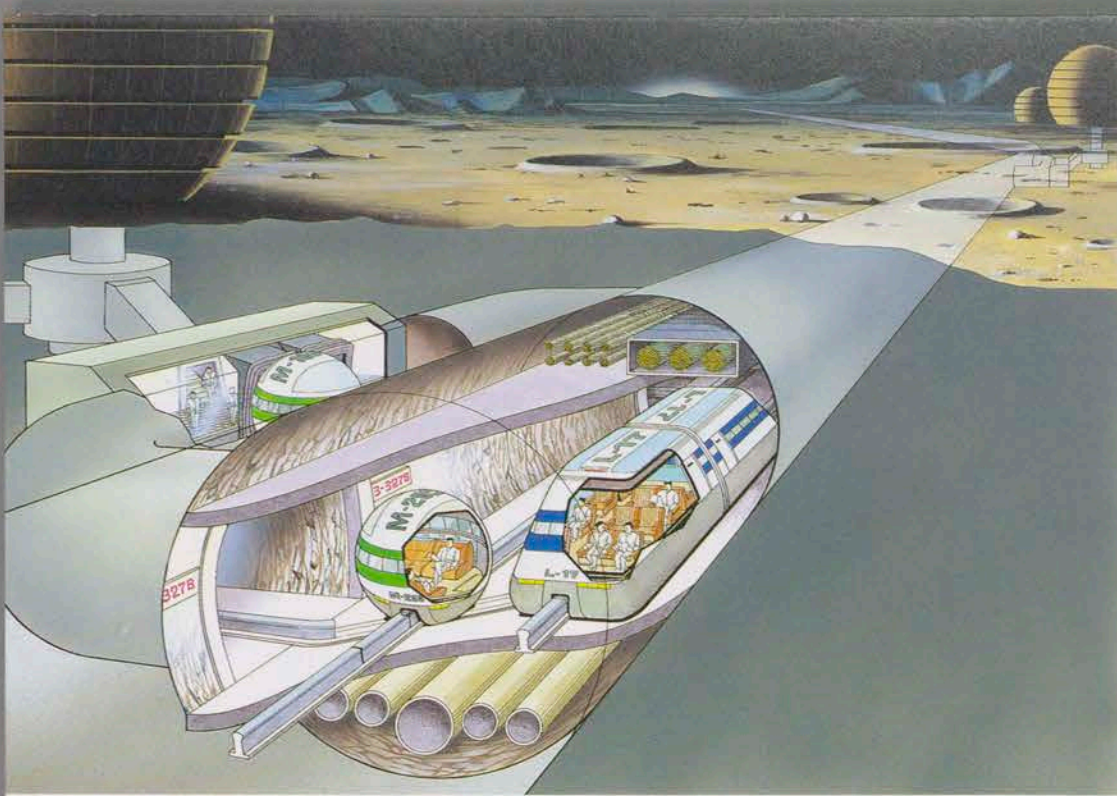
コンクリートの場合とは反対に、ガラスは水がないことが利点となる。月では、地球で生産されるガラスの一〇倍以上の高強度をもつものを製造することが可能だ。

月のガラスの利用法としては、まず引張材としてのグラスファイバーがある。月のガラスは非常に強度が高いが、半面、伸び能力が弱い。従って、布状製品やストランド、ケーブルなどにして、荷重を分

散させる使用法が望ましい。また、こうしたガラスはすべて、鉄、アルミニウム、マグネシウムなどの金属でコーティングする必要がある。これは万一、水が原因で生じる応力腐食による破損を防止するためである。なお、「月面都市2050」の工場、貯蔵庫、農場などの空気膜構造物には、すべてグラスファイバークロスを採用した。

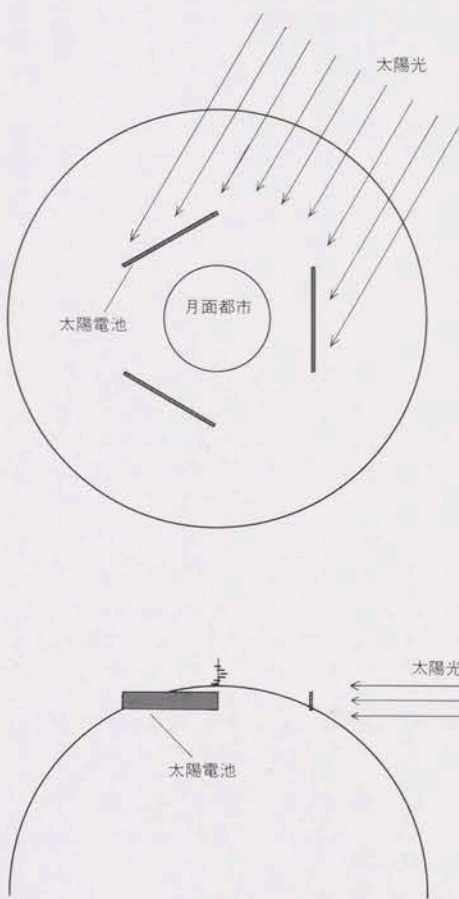
一方、曲げや圧縮などの複雑な組み合わせ荷重を負担するには、グラスファイバー複合体が適している。複合体としては、金属母体の物と、セラミックス母体の物がある。このうち、セラミックス母体の複合体は、熱膨張係数が小さい点で、月では非常に有用な材料といえる。セラミックス複合体は、グラスファイバーと摩擦結合をしているため、変形性能が比較的大きく、残留強度も高い。こうした利点を生かし、今回のルナ・タワー基部にあるドームは、月のガラスを母体とし、鉄でコーティングしたグラスファイバーを埋め込んだセラミックス複合体で建設した。

なお、宇宙空間では超合金が注目されるはずである。しかし、超合金は、月面上よりもむしろ宇宙ステーションのような無重力の真空工場で製造し、月にフィードバックする方法がもっとも効率的である。



地下交通システム：月面上の激しい環境変化に対して、地中は比較的安定している。このため恒常施設としての交通体系は、地下部に設け、各施設間を結ぶ。なお同トンネルはケーブルやダクトのためのスペースも兼ねる。(画：岩山 仁)

太陽電池パネル配置概念図



代表的な月資源の化学組成

化学成分	主成分 (%)				
	海の土	高地の土	玄武岩	アノソサイト岩	ガラス
シリカ (SiO ₂)	42.16	44.77	46.00	44.00	44.87
アルミナ (Al ₂ O ₃)	13.60	28.48	24.90	36.00	25.48
酸化カルシウム (CaO)	11.94	16.87	14.30	19.00	14.52
酸化鉄 (FeO)	15.34	4.17	4.70	0.35	5.75
酸化マグネシウム (MgO)	7.76	4.92	8.10	0.30	8.11
酸化チタン (TiO ₂)	7.75	0.44	0.61	0.02	0.51
酸化クロム (Cr ₂ O ₃)	0.30	0.00	0.13	0.01	0.14
酸化マンガン (MnO)	0.20	0.06	0.07	0.01	0.07
酸化ナトリウム (Na ₂ O)	0.47	0.52	0.57	0.04	0.28

出典：『Lunar Bases』

従って、ここでは超合金の可能性については検討したが、採用はしなかった。

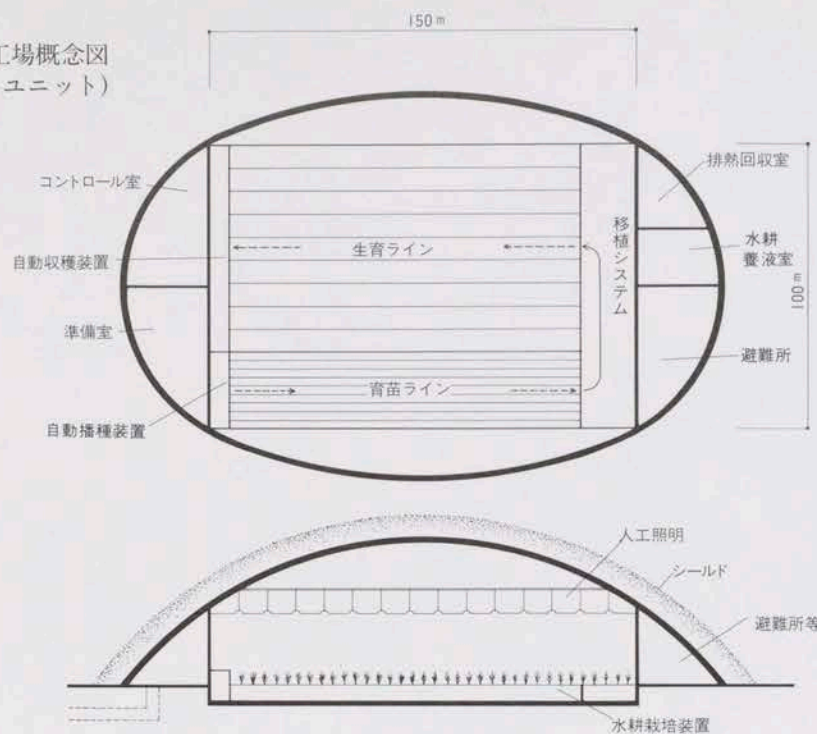
⑤諸設備の概要

月におけるエネルギープラント

「月面都市2050」のエネルギー源としては、消費量や安定性からいえば、原子力発電がまず考えられる。「Lunar Bases」においては、原子力発電をベースに検討されている。しかし、考えてみると、大気のない月では、地球よりもはるかに効率よく太陽エネルギーの利用が可能となる。そこで今回は、クリーンイメージの豊かな太陽電池を積極的に採用した。地球上での消費電力量は、一人1kW程度である。しかし、すべてを電力に依存する月では、その一〇倍が必要になる。従って、一人都市の消費電力量は一〇〇MWと想定した。

この需要をまかなうために、「月面都市2050」のあるクレーター郊外に、太陽電池パネルを三方所それぞれ月面に対して垂直に設置した(左図参照)。これにより、常に一カ所か二カ所の太陽電池が発電をおこなう。安定した電力供給を図ることができる。現段階では、ほぼ電力貯蔵の必要性はないが、余剰電力を蓄える場合には、超電導エネルギー貯蔵をお

植物工場概念図
(完全制御型15,000m²、4ユニット)



植物工場
ここでいう植物工場とは、月面において人間に必要な最低限のカロリーを確保することを目的としている。主食としてはさまざまな物が考えられるが、葉の日射吸収率や単位面積当たりの生産性が高いこと、炭水化物やたん白質を含む加工品が作りやすいこと、日照時間については、月の一日は地球の二九・五

空気環境条件も、地球と同様である。しかし、外気導入が図れないため、酸素の供給と、二酸化炭素の除去は必要となる。さらに、建物内外の気圧差が一気圧あるので、建物の機密性を非常に高くし、構造的にも十分に耐えられるものを考慮した。

また、太陽光の影響を少なくするためには、外表面を低吸収率にすることが必要となる。そこで、ルナ・タワー、住居棟などの表面は、金色にして熱を遮蔽した。

人工環境
各施設の室内湿度は、基本的には地球と同じ設定値とした。月の外部環境をみると、天空四K(Kは絶対温度の単位で、四Kは摂氏マイナス二七三度よりも四度高い温度である)、極地の万年日陰四〇K、局地以外の地表(昼/夜)四〇七K(一三〇K、同地下二メートルが二五三・五Kである。大変に苛酷な環境のように思われるが、地下に入れば北欧の冬程度の気候といえる。また、地上は真空であることから、建物外壁にグラスウール二〇〇メートル相当の断熱性能を施して外表面を低輻射率にすれば、熱損失を一〇〜二〇kWh/m²程度に抑えることができる。

また、太陽電池においては、電気変換されたエネルギー以外、すべてが熱となる。これを水素貯蔵合金の化学反応などを利用して回収し、各施設の暖房用エネルギー源とした。さらに、後述する植物工場や、鉱物精練工場、排せつ物処理プラントから出る大量の排熱も、同様の方法で熱を回収し、利用する。

月へのアプローチ (年表)

- 1957. 10 ソ連、世界最初の人工衛星スプートニク1号の打ち上げに成功
- 1958. 1 アメリカ最初の人工衛星エクスプローラー1号が打ち上げに成功
- 10 NASAが発足。有人による宇宙探査と地球への帰還を目的とするマーキュリー計画を承認
- 1959. 1 ソ連、ルニク(月)1号を打ち上げる。月を5000km離れて通過
- 9 ルニク2号、月面に衝突。最初の月到達船となる
- 10 ルニク3号、月の裏側の写真撮影に成功
- 1961. 4 ガガーリン中尉、ポストーク1号(ソ)に乗り、最初の有人宇宙飛行に成功。飛行時間は地球1周。208分。「地球は青かった」
- 5 ケネディ大統領が「10年以内に人間を月に着陸させる」声明を発表
- 1962. 2 グレン中佐、アメリカで最初の地球軌道の飛行に成功
- 1963. 6 女性飛行士テレシユコワ、ポストーク6号(ソ)で地球を48周。「私はかもめ」
- 1964. 7 レンジャー7号(米)、月面の近接撮影に成功
- 1965. 3 ボスホード2号(ソ)の乗員レオノフ中佐、人類初の宇宙遊泳(10分間)
- 1966. 1 ルナ9号(ソ)、月面の嵐の海に着陸。テレビ画像を送信
- 8 ルナ・オービター1号(米)、アポロ着陸予定の月面の広域撮影
- 1968. 12 アポロ8号(米)、月への最初の有人航行をおこなう
- 1969. 3 アポロ9号 司令船と月着陸船とのドッキングに成功
- 7 アポロ11号、世界最初の有人月着陸に成功。月着陸船イーグル号は静かの海に降り立ち、アームストロング船長とオルドリッジ大佐は月面に足跡を残した最初の人類となった。「これはひとりの人間にとっては小さな1歩だが、人類にとっては偉大な1歩だ」
- 11 アポロ12号、嵐の海に着陸。延べ船外活動7時間半を超える
- 1970. 2 日本初の人工衛星、打ち上げに成功。ソ連、アメリカ、フランスに次いで4番目
- 9 ルナ17号の月面車ルノホート1号(ソ)、地球からのリモートコントロールにより月面を10km走行
- 1971. 1 アポロ14号、月のフラマウロ噴火口近くの高地に着陸。9時間半近い船外活動をおこなう
- 7 アポロ15号、アペニン山脈近くに着陸。長期滞在型宇宙服により3回延べ18時間に及ぶ船外調査活動を実施
- 1972. 1 ニクソン大統領、スペースシャトル計画を承認
- 4 アポロ16号、デカルト高地に着陸。延べ20時間を超える船外活動と最初の月面天文観測所を設置
- 12 アポロ17号、タウルス・リットロウ地域に着陸。延べ22時間の船外活動をおこなう。これが最後の月着陸となる
- 1981. 4 スペースシャトルの軌道船コロムビア、初の宇宙飛行に成功

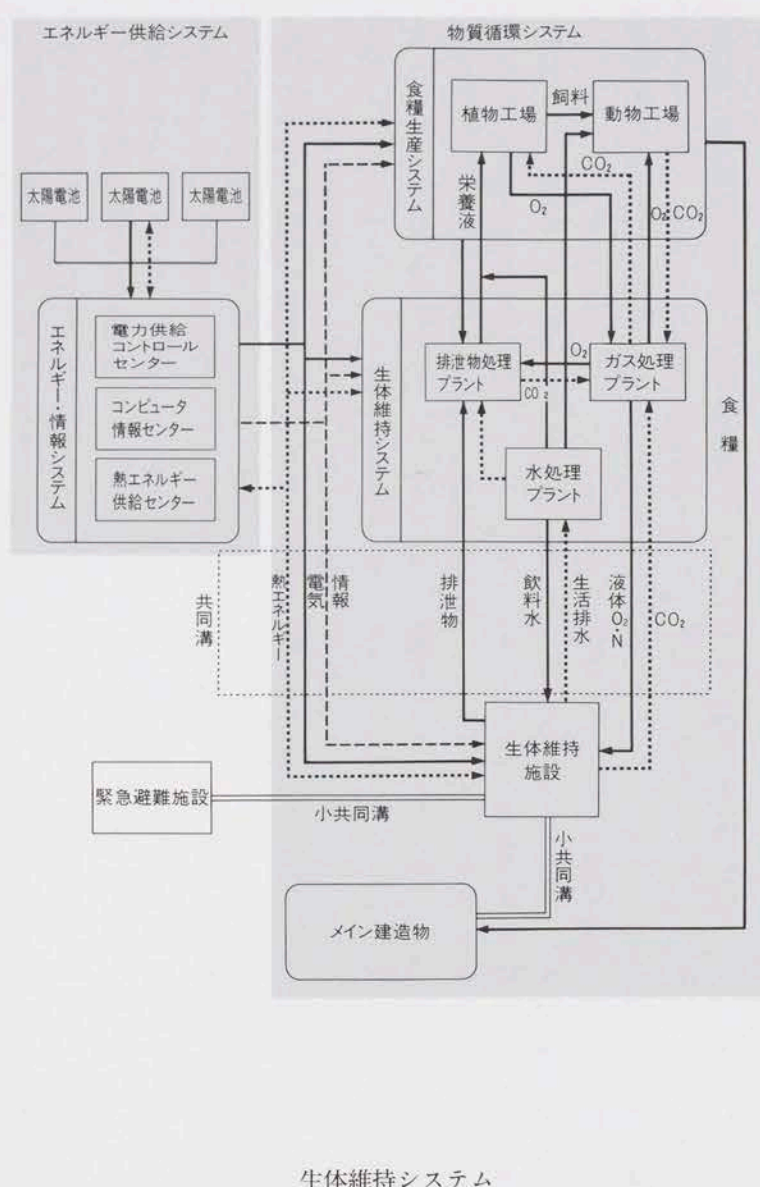
(『世界の宇宙開発』旺文社より選択構成)

いこと、日照を長くすることができることから、ここでは小麦を採用した。小麦の生産には、移動水耕栽培装置を用い、光を有効利用するために、成長にともなうスペーシング(苗と苗の間隔を調整)を可能とした。また、自動播種装置、自動収穫装置を導入し、一農場(広さ一・五万平方メートル)当たりわずか五名のスタッフで効率良く運営できるようにした。

月面においては、たとえ二〇五〇年であろうとも、厳しい環境下の人間の作業には一定の限度がある。そのため、どの生産施設においても、地球以上にロボット化、コンピュータ化を図ることが必要となるであろう。

て月面について調べ、討論を重ねていくうちに、ふたつの疑問が生じた。ひとつは数十年後の科学技術は現在の延長線上にとらえうるかということであり、もうひとつは、数十年後の人類も現代人と同じような考え方をするであろうかということである。しかし、このふたつの条件を勝手に変えてしまうことは、月面都市建設計画を単なる夢物語にしてしまうおそれがあった。そこで、あくまで現代にこだわりの価値観で作業をおこなった。

最後に今回の計画の切りどころとなった『Lunar Bases』を紹介してくださり、貴重な助言を寄せてくださった文部省宇宙科学研究所の栗木恭一教授に厚くお礼申し上げます。



日に相当するため、地球とはかなり条件が異なる。住居棟では、可動パネルで調節する方法はすでに述べたとおりである。

また、生活リズムを与えるために、温度、光、音などの環境を個々人が調節できるものとした。

一方、地上での作業については、まず宇宙線の問題がある。現在の地球上での放射線関係作業者の許容値から考えると、月面では全時間の二〇％は屋外作業が可能である。それ以外の時間は、シールド下に入る必要がある。居住施設のコンクリート壁厚を二メートルと設定したのは、このためである。この厚さは、隕石に対しても有効である。

また、もつとも月らしい条件に、地球の六分の一という重力がある。この小さな重力が、人間や動物に与える影響としては、筋力の低下、遺伝子への作用などが考えられる。まだ不確定要素が多いので、

ここでは詳細な検討をおこなっていないが、筋力維持のために、スポーツドーム内に地球と同じ重力(一G)のアスレチックジムを設置した。

生体維持に必要な施設
月面では、地球のような自然による生態系の循環システムが期待できない。そこで、食料、排せつ物、空気、水の流れを人工的に循環させ、再利用するシステムを考えなければならぬ。人口一万人の都市を想定した場合のエネルギー供給、及び物質循環のシステムは、左図に示したとおりである。

物質循環システムを構成する主な施設としては、植物工場、動物工場、ガス処理プラント、水処理プラント、排せつ物処理プラント、共同溝、そして生体維持ステーションがある。このうち、酸素の供給は植物工場や水の電気分解をおこなうガス処理プラ