

スペースコロニーの建設

中川朋子*

スペースコロニー計画は宇宙時代を迎え実現への第一歩を踏み出そうとしている。現在考えられているモデルでは、スペースコロニーはラグランジュ点に建設され、月の資源利用や宇宙発電衛星の活躍が期待される。スペースコロニーの計画を推進するにあたっては国民あるいは国際的なコンセンサスが必要であり、国際協力により宇宙の平和利用を目指すことが肝要である。

The Construction of the Space Colony

Tomoko NAKAGAWA*

The idea of space colonization, which had long been dismissed as fiction, has come to be investigated seriously. It is known that the Lagrange points L_4 and L_5 are suitable for constructing a space habitat. The lunar resources and space power satellites are expected to play important roles in constructing the space colony. The space colony project requires consent of people and international agreement. It is important to promote peaceful use of space in the international co-operation.

1. はじめに

地球以外の惑星や宇宙空間に人間が住むという考えの起源は古く、おそらく伝説や伝承物語にまで遡るだろう。こういった考えはその後もたびたび科学的なフィクションに登場してきた。しかし、このような考えは長いあいだフィクションの枠の中にあり、実現とは切り離されたものとして、あるいは自分達の時代には実現できない遠い未来の構想としてとらえられていた。地球以外の空間に住むという構想は、宇宙開発が本格化して初めてフィクションの枠を超え、実現を意識して考えられるようになったのである。

宇宙利用にはさまざまな形態があるが、人間が長

期に亘り地球外の空間で生活する形をとるのは、スペースステーションとスペースコロニーである。スペースステーションは必ずしも人間が定住することを目標とせず、ある任務の遂行に必要とされる人材を派遣する基地である。そこで勤務する人間は相應の技術者あるいは専門家であり、任務が終了すれば地球に帰り、また、必要に応じて地球上から派遣される別の技術者と交替する。これに対しスペースコロニーはそこで生活することに力点が置かれる。そこは技術者・専門家だけの特殊な社会ではなく、さまざまな職種、性別、年齢をもつ居住者による一般的な社会であり、それ自体世代交替し発展してゆくものである。

スペースコロニーが真剣に考えられるようになった背景にはふたつの大きな要因が挙げられる。まずひとつには、ソビエト連邦と合衆国とが先鞭を着けた宇宙開発が、地球の外へ有人無人の衛星や探査機を送り出せる力を持つに至ったことであり、もうひ

* 宇宙科学研究所、太陽系プラズマ研究系
Space Plasma Division,
The Institute of Space and Astoronautical Science
原稿受理 1988年12月26日

とつは地球の抱える問題に対する危機感が高まったことである。地球上の問題とは人口の爆発的な増加、それに伴う食糧不足、エネルギー不足である。現在の飢餓問題は南北不均衡に起因するところが大きい。人口増加を抑えることができなければ地球全体の食糧不足は避けられない問題である。食糧に限らず、一人の人間の生活に必要な居住空間、及び生活に必要な物資を生産するために必要な空間も不足することになろう。エネルギーの枯渇はより差し迫った問題である。人口増加だけでなく個人消費が伸び、また、現在の先進工業国と発展途上国との電力消費格差が縮まると考えられるためである。化石燃料後の代替エネルギーとして原子力エネルギーが使われ始めているが、廃棄物及び環境汚染の問題が依然として残り、将来にわたって使い続けることができるエネルギーとは言い難い。これらの問題に対するひとつの方策として、宇宙利用が検討されるようになったのである。1968年にGlaser¹⁾が宇宙発電衛星(space power station, SPS)の構想、1974年にはO'Neil²⁾がスペースコロニーの構想を発表している。SPSは、太陽光線の大気による反射吸収が少なく地球表面の約15倍の発電能力の期待できる宇宙空間で太陽電池発電を行い、得られたエネルギーをマイクロ波にのせて地球へ送るというもので、無公害でかつ原料が不要であり、恒久的に使えるという長所がある。基礎的研究は日本でも始められており³⁾、10km×5kmの巨大な太陽電池で発電した500万KWの電力を2,450MHzのマイクロ波で地上のアンテナ(10km×10km)に送るというモデルが作られている。スペースコロニーは、残る食糧不足・居住地不足に対応する構想と考えることができるかもしれない。1975、1977年には既にスペースコロニーに関するデザインスタディがNASA等によって行われており⁴⁾⁵⁾、日本では大林⁶⁾が提唱している。

以下本稿では、居住地及び生産地としての宇宙利用・スペースコロニーについて、現在作られているモデルを概観し、問題点を考える。

2. スペースコロニーの居住者

スペースコロニーの居住者の人数設定や構成の選択はモデルにより異なっており、それがスペースコロニーの構想全体を規定しているともいえる。

大林⁶⁾は1万人、10～20万人、20～200万人、20～2,000万人の4つの規模のモデルを提出しているが、最終的には地球人口の全部あるいはかなりの

割合をスペースコロニーに移住させることを目標としており、居住者の選択性は顕著でない。人口爆発による居住地・生産地不足に対する解としてスペースコロニーを位置づける場合は、いずれこのような大人数のモデルとならざるを得ない。これは危機に瀕した地球から脱出する「箱船」的な発想と見ることもできるが、一面では、住民のスペースコロニーへの適応性を楽観的にとらえているという点で、宇宙空間は基本的に住みやすい場所であるという考えの表れと見ることができよう。ただし、このようなモデルが構想通りに人口爆発の解決策となるためには、スペースコロニーの建設が人口増加に追いつくペースで進められなければならない。地球上で抑制できない人口増加率がスペースコロニー内で抑制できるかどうかは疑問であるし、限られたスペース(地球よりは狭い)しか持たない個々のスペースコロニーにとって、人口の増減は地球上におけるより厳しい問題となることが予想されるためである。次章で述べるように、スペースコロニー建設のための空間は非常に広く、建設の空間に事欠くことは考えられないが建設のピッチが人口増加に追いつけるかどうかは鍵となる。

それに対してNASAの研究グループによるモデル⁴⁾はスペースコロニーの人口を1万人として設計されている。スペースコロニーでの生産性のみを追求する場合は、専門の技術者のみを配備し、子供や直接作業に無関係な者は除かれるが、それはもはやコロニーではなくスペースステーションである。町としての多様性を持ち子供を生み育てていける人口として、1万人という人口が設定されている。数十億の地球人口に対し僅か1万人であるから、このモデルは人口爆発の解決策としては実効性は無い。むしろ、地球のほかの新しい可能性の場としてスペースコロニーを位置づけたものといえるだろう。地球上で不可能な生産活動、地球上で不可能な研究を実現する場所として、スペースステーションの延長線上に発展が予想される。地球上で不可能な生活様式を実現するための居住者が定住したとき、スペースコロニーは宇宙基地とは異なったものと考えられるであろう。スペースコロニー建設初期には、このようなモデルがより現実的といえよう。

この1万人という人口は、町としてはかなり小さなものである。人口の少なさと地球との距離感から、居住者の多くに孤立感がひきおこされる可能性がある。スペースコロニーは、物理的・肉体的に苛酷な

環境ではないが、少くとも移住一世にとって、僻地に孤立しているという感覚に支配された場合、心理的に苛酷な環境といえるかもしれない。極端な例であるが、地球周回記録を作る有人衛星の乗組員が極度のホームシックにかかる場合が少くない。地球(あるいは他のコロニー)との十分な通信、物理的にも経済的にも使い易い交通機関等はこの症状を緩和することができるであろうが、どうしてもスペースコロニーに適応できない居住者が出ることも予想される。NASAの研究グループは、スペースコロニーに適応できない居住者に対しては、無理に適応の努力を強いるよりも地球に戻した方が、本人及びスペースコロニー社会両者にとって健康的であると考えている。スペースコロニー内の社会にとっても、コロニーに適応できない人のケアは負担となるからである。地球にいつでも帰れる(あるいは行ける)という事情はまた、孤立感の軽減にも役立つであろう。同じ理由から、スペースコロニーの住人は、スペースコロニーでの生活を望み、適応し得る人間が選ばれるべきである。本来宇宙での生活を望まない者、あるいは宇宙での生活に適応が困難な者が、経済的な利潤や職業的な地位などのためにスペースコロニーに移住することは結果的に得策でないと考えられる。しかし宇宙への適性を調べる方法が確立されるかどうかは未知であるから、自由意思による移住、及び帰還希望者の要求に応じることが保障されるべきであろう。但し、スペースコロニーで生まれた世代に関しては、逆に、地球という環境に適応できるかどうかという問題もあるかもしれない。

スペースコロニーは住民の定住を基本に考えているが、必ずしも全ての人間が定住者である必要は無く、短期・長期の旅行者や、宇宙空間で作業や研究をするためのグループの来訪は当然歓迎されるべきで、スペースコロニーのフレキシブルな利用が望まれる。

3. スペースコロニーの物理的な概要

3-1 スペースコロニーの位置

スペースコロニーを建設する場合は、少くとも以下の条件を備えていなければならない。

- 位置が安定していること
- 環境条件を人間の生命維持に適するように調整することができ、維持が容易であること
- 食糧や資源の供給地に近いこと
- 地球やそれ以外のコロニーとの交通・通信の便

がよいこと

- エネルギーの供給が容易であること。

O'Neil²⁾はこれらの条件を満たす場所として、ラグランジュ点と呼ばれる、宇宙空間のある領域のうちの2つを提唱し、以来その場所がスペースコロニーの建設に最適であると考えられている。ラグランジュ点とは、そこに置かれた物質の遠心力と、二つの天体の作る重力とがつりあう場所であり、Fig. 1に示すようにL₁からL₅まで5点存在する。そのうちL₁、L₂、L₃は「不安定な平衡」にあり、天体Aと天体Bを結ぶ直線に垂直な方向に場所がずれたときには物体を元の位置に戻すような復元力が働くが、ABを結ぶ直線に沿って物体の場所がずれた場合は復元力が働かず、AかBかどちらかの重力にとらえられて墜落(AかBかに)してしまう。スペースコロニーの建設に適しているのはL₄とL₅であり、ここに置かれた物質には、どの方向に変位した場合でも復元力が働き、安定した平衡にあるといえる。L₄とL₅は、Bの軌道上で、AB両者から等距離にある点である。Fig. 1に記されたように、ラグランジュ点は、太陽-地球系と地球-月系のふたつのシステムがある。地球、及び資源の大供給源となるであろう月の両方からの距離が近いという点で、地球-月系のラグランジュ点L₄、L₅がスペースコロニーの建設に最適であるとされている。同様の理由で、地球以外の惑星とその衛星との作るラグランジュ点もあまり実用的とは考えられない。また、外惑星のまわりのラグランジュ点では、単位面積あたりの太陽光線の受光量が少くなり、エネルギーの供給という面でも不利になる。

地球-月系のラグランジュ点L₄、L₅の近傍に建設

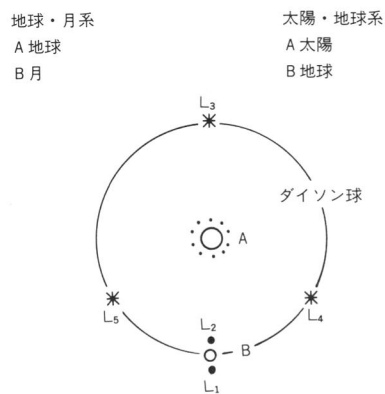


Fig.1 ラグランジュ点 (参考文献6) より抜粋)
Lagrange Points

されたスペースコロニーは、実際には太陽の重力の影響を受けて、およそ1か月の周期で L_4 あるいは L_5 の周囲を巡ることになる。この運動の軌道半径は10万kmのオーダーであり、多数のスペースコロニーを建設するのに不都合の無い空間がある。

火星や金星などの惑星がスペースコロニーの建設地に選ばれないのは、自然環境が非常に厳しく、気温ひとつをとっても人間の生存できる環境を維持することが、不可能ではないにせよ困難なためである。加えて、エネルギー供給と交通の面でも不利である。常時太陽光線を受けとることのできる宇宙空間と異なり、惑星上には夜があるために発電効率が2分の1に落ちてしまう。それを避けるためにはスペースコロニーとは別に発電用の衛星（SPS）が必要となる。また、惑星は質量が大きく、自身の作りだす重力ポテンシャルの深い谷底に位置しているため、そこから宇宙空間に飛び出す際に消費しなければならないエネルギーが大きい。地球と、惑星上に建設されたスペースコロニーとの間を行き来するには、ラグランジュ点近傍のスペースコロニーと地球との往復に比べ2倍近くのエネルギー消費を覚悟しなければならない。

月も温度環境の調節と発電効率という点で居住に適した場所とは言いきく、また、表面積が地球の表面積の1割にも満たないため多くのスペースコロニーを増築することができず、発展の上限がある。月の重力は地球上の6分の1でしかなく、更に人口的に重力を作り出さない限り居住には適さない。しかし、この小さい重力は、月から宇宙空間への移動が容易であることをも示しており、このことは、月の鉱物資源利用という点で大きな意味を持つ。

3-2 スペースコロニーの構造

スペースコロニーの構造体の設計に際しては、居住者の生命と健康の維持が最優先されなければならないことは言うまでもないが、同時に、建設に必要なとされる資源・エネルギー・労力や、コロニーの維持が容易であることも重要である。

大気、エネルギー、食糧、重力など人間の生存に関わる項目のうち、スペースコロニーの構造の決定に直接的な関係があるのは大気及び重力である。宇宙空間はプラズマ*1密度が数個/cm³という真空に近

い環境であるから、1気圧の大気を包んだスペースコロニーの構造体には大きな圧力差に耐える形状であることが要求される。この条件を満たすのは、球体、円柱、ダンベル型、トラス型などの滑らかな曲面を持った構造体およびそれらの組み合わせである。これと、少い資材で最大の体積が得られるということとを両立させると、球体が最も適した形状であると考えられるが、ここで注意しなければならないのは体積がそのまま居住空間の広さを表すわけではないということである。確保しなければならないのは大きな体積ではなく広い居住スペースであり、居住のためには重力が必要である。著しい筋力低下を防ぐためには0.9~1.0g（gは地球表面における重力加速度、1g=9.8m/s²）の重力が必要とされる。人間が小さい重力に適応し、それ以上の重力のある世界に出てゆくことが無いならば、1g以下の重力でも生活に不都合は無いが、地球との行き来が必要とされる状況下や、少くとも移住初期の段階においては、居住区域には1g程度の重力が必須である。宇宙空間で最も簡単かつ効果的に重力に代るものを作り出す方法は、遠心力を使うことである。遠心力は回転角速度 ω の2乗、及び回転半径 r に比例するので、スペースコロニーの構造体の回転半径を大きくしたり回転を速くすることによって、任意の大きさの人口重力を作り出すことが可能である。但し、角速度 ω を大きくすることは、居住者に「乗物酔い」の症状をひきおこすという点で問題がある。また、回転するスペースコロニー内で運動する物体には、慣性のためにコリオリ力というみかけの力が働き、実際の運動方向が予定した方向よりずれるという現象が起こる。このずれは回転角速度と物体の運動速度に依存するので、コリオリ力を実生活に支障のないレベルまで引き下げるためには、角速度 ω を小さくする必要がある。以上のような要請により、回転角速度 ω は毎分1回転以下に抑えられることが望ましい。毎分1回転の ω で1gの遠心力を得るためには894mの回転半径 r が必要である。つまり、回転軸から804~894mにある領域が0.9~1.0gの重力のある、通常の生活に適した領域なのである。この部分に体積を集中させることのできる構造は、トラス型、ダンベル型及びクリスタル・パレス型である。(Fig. 2)。球型や円柱型の構造は、その体積の多くの部分で重力不足となり、通常の居住には適当でない区域の割合が大きい。

人間の生存のためには放射線対策も不可欠である。

*1 プラズマ：原子・分子が電離して多量の正イオンと電子として集団運動する状態をプラズマと呼ぶ。宇宙空間での電離率は高く、宇宙の99%以上の物質はプラズマ状態にある。宇宙空間で原子が中性のままでは稀である。

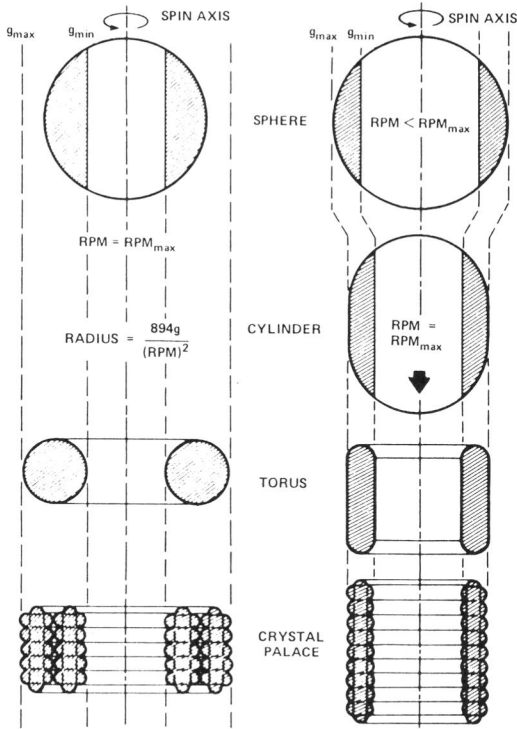


Fig.2 スペースコロニーの形状比較。斜線部が居住に適した領域である。(参考文献5)より抜粋)
Volume equivalence configuration comparison

地球の電離層には人体に有害な放射線を阻止する能力があり、地球表面にいることは90cmの厚さの鉛の板でシールドされているのと同じであるといわれる。スペースコロニーで放射線をシールドするためには、コロニー周辺に磁場を作り入射する荷電粒子の軌道を変える方法と、放射線を吸収する物質でコロニーを包む方法がある。前者は磁場を作るために大電流を流す必要があり、また、運動量の大きな粒子を阻止できないことから、後者が実用的と考えられている⁴⁾。

居住者の健康的な生活を維持するためには、各人に対して十分なスペースがとれることも、本質的に重要な条件である。NASAのグループは個人住居用として49㎡/人、経済活動や公共施設、貯蔵、交通などの用途に38㎡/人、農業用地61㎡/人、機械的なサブシステム（通信、電力、上下水道等）そのほかで7㎡/人、合計およそ155㎡/人の面積が必要であると考え、これらを1階～4階建の構造にすることによって投影面積67㎡が各個人について必要な面積とした。これに人口をかけることによって、スペースコロニーに必要な面積が算出される。1人当り

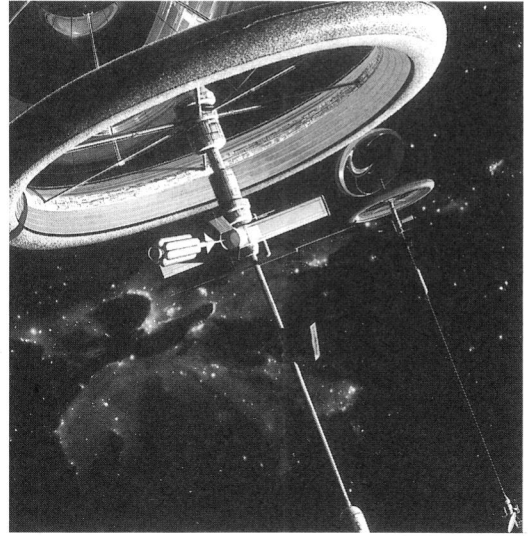


Fig.3 スペースコロニーの概観想像図 (写真提供・NASA)
An illustration of space habitats

155㎡ (67㎡) という面積は、6,451人/㎢ (1万5千人/㎢) の人口密度に相当する。これは昭和60年の東京都23区 (約1万4千人/㎢)、大阪市 (約1万2千人/㎢) の人口密度に近い⁷⁾。

十分な広さがとれるということは、精神衛生上も重要な項目である。限られた空間の中での生活は閉塞感・孤立感を増大させる危険性が多く、居住者のスペースコロニーへの適応へのさまたげとなりやすい。これを防ぐために、十分な広さ、頭上のクリアランス、長い視線や広い視野角がとれることが要求される。こうした観点からは、体積が大きく内部を一望に見渡せる球体や円柱、あるいはある程度以上の大きさ、太さを持ったトーラス型やクリスタルパレス型が適当と思われる。

以上のような事項を吟味したうえで、NASAの研究グループは、回転半径895m、居住区半径65mのトーラス型をスペースコロニーの基本構造とした⁴⁾ (Fig. 3)。この構造は、内部におよそ68万㎡の表面積を持ち、1万人の居住者のひとりひとりに67㎡の投影面積を割り当てることができ、2階～4階程度の階層構造を持つ建物を建設することが可能である。視線の長さは最大で640mまでとることができ、また、地上10～20mの建物の上にさらに数十mの空間がとれる。毎分1回転の角速度でトーラスを回転させることにより、およそ0.93g～1.0gの人口重力が得られる。

大林⁶⁾のモデルは円柱型を基本とし、人口1万人のスペースコロニーで半径0.1km、全長1.0km、人口

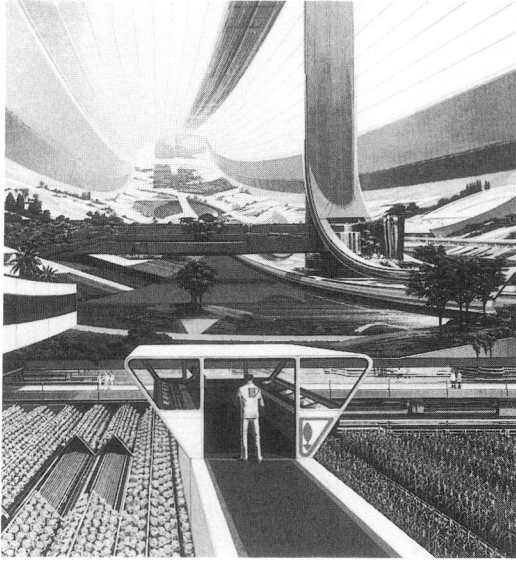


Fig. 4 スペースコロニー内の農業区域 (写真提供・NASA)
An illustration of an agricultural space in a space colony

20万人に対しては半径3.2km、全長32kmという構造である。それぞれ125万㎡、6億4千万㎡の面積を持ち、1人当りの投影面積はNASAのグループによるモデルよりも広い。但し、半径0.1kmの円柱型の場合、1gの重力を作るためには毎分3回転ほどの角速度でスペースコロニーを回転させる必要があり、スペースコロニー内の交通や居住そのものに影響が出ると予想される。

3-3 スペースコロニーの生命維持システム

直接生命に関わる大気、及び水の供給は、できる限り自給自足的に行われることが望ましい。汚れた空気や水を捨てて新しく水や大気を地球から輸入するといったやり方は、輸送コストひとつをとっても非現実的である。水や大気はコロニー内で浄化、循環が行われなければならない。大気については、著しい大気汚染が予想される工業は居住区とは切り離れた別のスペースステーションに移すことができ、また主要なエネルギーが太陽電池により供給され化石燃料が燃やされることがないため、主に人間の生活により発生する二酸化炭素が問題とされると考えられる。消費された酸素を補い発生した二酸化炭素を吸収させる最も理想的な方法は、植物の光合成を利用することである。大気浄化・食糧生産及び精神衛生に対する要請から、スペースコロニーの中には大規模な植物の育成が行われなければならない。NASAの研究グループによる見積りでは、公共施設用地

のうち10㎡/人が公園緑地に、また、農業地域のうち44㎡/人(投影面積14.7㎡/人)が植物の育成に使われることとされている。二酸化炭素以外の微量成分による大気汚染については、活性炭フィルター等の利用が考えられている。

水の浄化は、蒸溜やろ過による処理も考えられるが、多量のエネルギーを消費すること、また、沈殿物の処理という新たな問題が発生することから、あまり有効とは考えられていない。高温高压で汚水を処理し、窒素や硫黄を含まない大気と殺菌された状態の水を得る方法が考えられている。

食糧の供給は、地球からの輸入とスペースコロニー内での自給が考えられるが、輸入に対する輸送費が膨大になること、及び、大気浄化のためスペースコロニー内に大量の植物が必要とされることから、スペースコロニー内の農場で生産するのが最も適当であると考えられる(Fig. 4)。食生活における多様性を損わないよう、変化に富んだ動植物の育成が必要とされる。

産業廃棄物・生活廃棄物の処理は、限られた空間しか持たないスペースコロニーにとって深刻な問題である。居住区内に蓄積したり宇宙空間に垂流したりすることは環境悪化・資源浪費という点で好ましくない。資源の有効利用という点からも、廃棄物の再利用が徹底されるべきであり、再処理・再加工のための技術やプラントの建設、廃棄物の分別回収システムが必要とされる。このような技術やシステムは、汚水浄化システムなどとともに、スペースコロニーの生活にとって欠くことのできないものであり、速いペースで開発が進むことが期待される。安価で信頼性の高いシステムが開発されれば、その技術を地球の環境保全に役立てることもできよう。

人間の健康な生活には、太陽も欠くことのできない存在である。宇宙空間には本来、昼も夜も無いが、人間の生理を狂わさないため、人工的な昼夜が必要とされる。多く考えられている方法は、スペースコロニー外部に太陽光線を反射させる反射板を置き、その角度調節によって人工的に昼と夜を作り出すというものである。

エネルギー供給は太陽電池による発電が最有力であり、それ以外の方法は考えられないといってもよい。1万人の人口に1人当り1KWの電力を供給するためには、0.5km×1.0kmの太陽電池パネルが必要である。

4. スペースコロニーの建設

スペースコロニーの建設に使われる資材の供給地としては月、地球、アステロイド等が考えられているが、中でも最も有力とされているのは月である。スペースコロニーの建設には主にアルミニウム等の軽金属が多用されると考えられ、月の岩石はそれら軽金属に富んだ組成を持つためである。月は、ラグランジュ点からそう遠くないという点で、他の惑星の月やアステロイドよりも有利であり、加えて、重力ポテンシャルの谷が浅いため、物資の輸送が地球に比べ格段に容易である。こうして、スペースコロニーの建設資材のうちアルミニウム、シリコン、酸素などは月から供給されることとなる (Fig. 5)。但し、窒素・炭素・水素など、地球には豊富であるが月には微量しか存在しない元素は地球から持ち出されることになろう。

月からラグランジュ点 L_4 、 L_5 への物資輸送には電磁気的な加速機が用いられる。これはリニアモーターカーと同様の原理が用いられており、資材を積んだコンテナを磁気的に浮上させ、レールの上を数km走らせて加速し、月から打ち出すものであり、最終的には毎秒数百kmの速度が得られる。宇宙空間では速度を低下させる力がほとんど無いので、方向の精度が良ければ途中で加速や軌道修正をせずに初速度のまま目的地まで物質を飛ばすことが可能である。輸送された資材は網状のキャッチャーで秒速数十kmまで減速され、貯蔵域へ送り込まれる。

地球からの物資輸送はスペースシャトルあるいはロケットを使わなければならない。一方通行の物資輸送であるから必ずしもスペースシャトルである必要は無く、経済性のある方が選ばれることになろう。

建設に必要とされるエネルギーは、スペースコロニーの維持と同じく、太陽電池発電によって供給さ

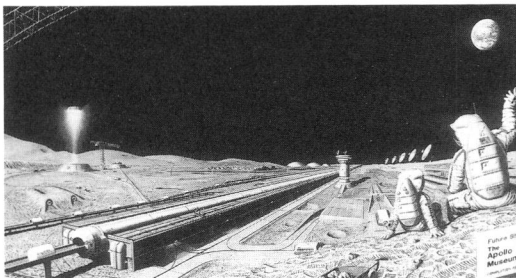


Fig. 5 コロニー建設に使われる月の資源 (写真提供・NASA)
Mining of lunar materials

れる。このため、月及びラグランジュ点 L_4 (あるいは L_5) に予め太陽電池を設置しなければならない。建設作業は無重力下で行われるため、地球上とは異なった技術も必要であるが、全体としては地球上で行われるよりかなり容易になると考えられる (Fig. 6)。また、プラズマ密度が数個/cm³という超真空での作業であるので、その特質を生かした建設方法が可能である。但し、使用される機器は放射線の照射や激しい温度差 (日照部と日陰部) に耐えるものでなければならない。こうした技術の一部については既にスペースシャトルや人工衛星等で実用化されているが、宇宙空間における金属物性などの研究が更に必要とされる。

放射線による危険性を考えれば、建設作業は無人の機械あるいは十分な放射性阻止のなされた船内からのコマンドによって行われるべきであり、人間による船外の活動は極力避けられるべきであろう。人間による直接の作業が必要とされる場合は、大規模な太陽フレアの発生期など、人体に有害な放射線の発生する期間を避けて行われなければならない。この放射線発生期を予報するための基礎的な研究は、「宇宙天気予報」計画として、郵政省の通信総合研究所のグループによって始められている⁸⁾⁹⁾。

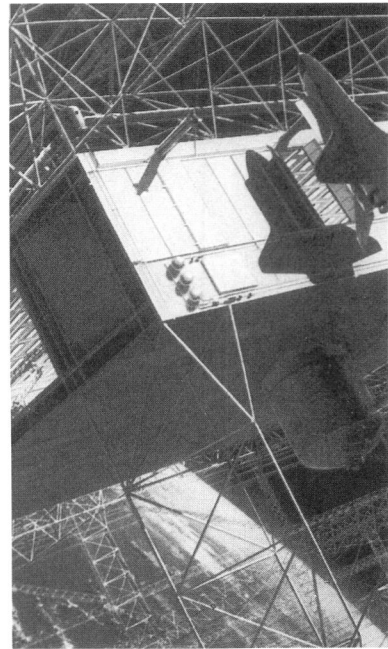


Fig. 6 スペースステーションの建設 (写真提供・NASA)
Construction of a space station

5. スペースコロニー内の人間活動

5-1 経済活動と交通

スペースコロニーの経済構造は、その人口設定により異なった様相を示すと考えられるが、1万人程度の人口を持ったモデルを想定した場合、スペースコロニー内で消費される全ての商品をコロニー内で生産することは不可能である。また、農業に必要な窒素や工業原料は、月や地球から輸入しなければならない。それゆえ、スペースコロニーの経済は、貿易に非常に大きな割合が置かれることになる。製品を生産して地球に輸出することを考えた場合、宿命的に負っている問題として、原料供給地および大消費地から遠いということがあげられる。そのため、輸送費の分コスト高となることは避けられない。経済的に不利な存在にならないためには、電力や食糧など需要が供給を上回ることが予想される商品や、宇宙の特殊環境でしか得られない品質を持った商品、情報・通信サービスなど輸送コストのかからない商品の生産が有効であろう。既に、宇宙の微小重力環境では欠陥のない完全な結晶構造が得られることがわかっており、そのような素材の生産はスペースコロニーの重要な産業となり得る。しかしこの場合においても、輸送能力の充実が製品の価格、納期を魅力的なものにすることは確実である。原材料を輸入しなければならないという事情からも、輸送能力の強化はスペースコロニーの経済にとって非常に重要な課題である。

製品の製造ではなく、研究・開発がスペースコロニーの主産業となることも考えられる。スペースコロニーがスペースステーションから発展していった場合、考えやすい展開である。あるいはまた、宇宙空間という特殊環境での研究・開発こそが、企業や個人をスペースコロニーに向かわせる動機といえるかもしれない。

5-2 スペースコロニー内の都市設計と精神衛生

スペースコロニー内の都市の設計にあたっては地球上の都市設計と同じように、プライバシーの保護、適切な広さ、公園緑地等の充実、円滑な交通等が実現されることが望ましいが、地球上の都市と比べて特に強調されなければならないのは、閉塞感・孤立感・画一性を避けることである。そのために十分な視線方向の長さがとれること・頭上クリアランスが必要なことは先に述べた通りである。文化的な孤立

感を防ぐためには、文化教育施設や娯楽施設が充実されなければならない。人口1万人程度の小さな町でこのような施設が充実している例は、地球上では稀である。また、医療施設の充実が無い限り、スペースコロニーへの定住は難しくなるだろう。このあたりの事情は、就職口が無い・大学が無い・病院が無いといった理由から加速度的に過疎化する村と同じと考えてよいだろう。

居住区の画一性を避け、多様な景観を作り出すためには、居住者個人の裁量で自由に変更できる領域ができるだけ広いことが望ましい。精密に計画された都市であっても、住民の生活様式、志向、個性に適応したものでなければ都市は成り立たない。住民の生活や好みの変化に応じて、都市もまた変化できるものでなければ、街としての存続は難しいであろう。

スペースコロニーという人工の環境での生活では、「全てが夢であるように思える感覚」がひきおこされることが懸念されている。この心理状態は、長時間人工照明の下で生活するような場合あらわれてくることが知られている。この不健康な心理状態を避けるために、長い視線方向距離がとれること、世界の広さを感じさせる景観があること、思い通りにならない存在（天気や動物など）があること、さらに、「育つもの」の存在があること、が有効であるといわれる⁴⁾。「育つもの」の存在としては、植物や動物、そして子供たちがあてはまる。こういった精神衛生の観点からも植物や動物という存在が重要であり、スペースコロニー内に農業が不可欠であることが強調される。

6. おわりに

以上概観したスペースコロニーのモデルは、フィクションから実現への第一歩をようやく踏み出した段階にあり、細部の技術的な詰めはこれから完成されなければならない。技術を実現レベルに引き上げることも勿論であるが、現在考えられなければならないのはむしろ「何のためのスペースコロニーを誰が作るか」ということである。人類の将来にとってプラスにならないのならスペースコロニーは不要なのである。そういった観点から、将来的にスペースコロニーにつながるべきスペースステーション計画において軍事開発が行われるような状況は好ましいものとは言い難い。スペースコロニーの建設がどの国によって行われるか、あるいは国際協力による

のかということスペースコロニーの政治体制に影響を与えるだけでなく、月の採掘権や宇宙における権利などの問題と絡んでくるとも考えられる。また、スペースコロニーは巨大な計画であり、多くの人材と巨額の資金を必要とするプロジェクトであるから、国民あるいは国際間のコンセンサスなしに実現できるものではない。このような課題それぞれについて国際的に協力しながらスペースコロニー計画を進めることが、宇宙の平和利用を実現するうえで重要である。

参考文献

- 1) Glaser, P. E. : Power from the sun, Its Future Science, 162, 3856, Nov. 22, pp. 851-861, 1968
- 2) O'Neil, G. K.: The colonization of space, Physics Today, 27, Sept., pp. 32-40, 1974
- 3) Abstracts of the fifth ISAS space energy symposium, The Institute of Space and Astronautical science, 1986
- 4) Edited by Johnson, R. D. and Holbrow, C., Space settlements: A design study, NASA-SP 413, 1977
- 5) Edited by Bill Inghaw, J., Gilbreath, W. and O'Leary, B.: Space resources and space settlements, NASA-SP428, 1979
- 6) 大林辰蔵「スペース・コロニー、宇宙開発の未来」『応用物理、45』 pp. 85-90, 1976年
- 7) 東京天文台『理科年表』丸善、東京、P. 696, 1987年
- 8) 丸橋克英、宇宙天気予報グループ「宇宙天気の子報」『第83回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会講演予稿集』1988年
- 9) 田中高史「宇宙天気予報の数値計算スキーム」『第84回地球電磁気・地球惑星圏学会講演予稿集』1988年