

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

VOL. 2 NO. 4 JULY 1986

IN THIS ISSUE,

ADDRESS FOR THE FIRST ANNIVERSARYS. SONOYAMA	79
JAPANESE SPACEPLANE	81
FANCY AEROSPACE PLANET. IWATA.....	98
DRUNK COSMOLOGYT. FUKUDA	101

宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

編集局

〒105 東京都港区浜松町2-4-1
世界貿易センタービル内郵便局私書箱165号

編集人

岩田 勉 TEL0298-51-2271 EX 341

編集局長

長谷川秀夫 TEL03-435-6280

編集局長代理

斉藤雅宏 TEL03-435-6130

編集顧問

久保園 晃	宇宙開発事業団打上管制部長
土屋 清	千葉大学映像隔測センター長
中山 勝矢	工業技術院中国工業技術試験所長
長友 信人	宇宙科学研究所教授
山中 龍夫	航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ総合研究官

宇宙先端活動研究会

世話人代表

園山重道

世話人

石澤 禎弘	岩田 勉	宇田 宏	菊池 博
五代 富文	竹中 幸彦	樋口 清司	森本 盛

目 次

- 1 . 設立一周年を迎えて 79
- 2 . 特集：日本でもスペースシャトルを造るべきか . . . 81
—— 会員の意見 ——
- 3 . 夢の宇宙飛行機 98
- 4 . 酩酊宇宙論 101

(次回予告)

- 1 . 空気吸込式エンジンについて (仮題)
- 2 . ハイテク パンセ (3)
- 3 . 一周年記念講演の記録

設立一周年を迎えて

世話人代表 園山重道

宇宙先端活動研究会が、設立一周年を迎え、会の基礎が固まりつつあることは、御同慶の至りであります。この研究会を設立しようとした一年余り前から今日迄、宇宙開発はまさに激動の時期であったと言えます。チャレンジャー事故を始めとする欧米に相次いだ打上げの失敗、一方においてソ連のミールの成功、中国の衛星打上げ市場への参入、日本の国内通信への米国通信衛星の導入 等々まことに多くのことがありました。しかし、これらのことは、宇宙開発という定常的な路線に、ある時期大きな事件が続発したと見るべきものではなく、宇宙開発が本格化するかどうかの時期におけるプラス・マイナスの激動と見るべきでありましょう。シャトル事故に続くタイタン、デルタの事故、さらには、これらの失敗で勢いを得たかに見えたアリアンの失敗で、米国の新聞は「西側にロケットなし」と書き、日本のH-I、H-IIロケットに熱い視線が注がれるといった状況も感じられますが、米国は宇宙ステーションは何としてでも進めるでしょう。

今日、世界の宇宙開発は、「宇宙ステーション時代」を合言葉に進んでいるといえます。ヨーロッパもヘルメスをESAが承認したのは、宇宙ステーションへのアクセス手段を自ら持ち、いずれはヨーロッパも自前のステーションを持つというのが基本です。

我々が一年余り前に、この研究会を設立しようとした時、有志一同は、日本が本当に世界各国に伍して宇宙ステーション時代に入れるか、の危機感を持っていました。ところが今日、世界の趨勢が明らかになり、チャレンジャー事故も、これを乗り越えて宇宙への挑戦を続ける米国民の意欲を証明した形となり、日本も基本的には宇宙ステーション時代に向って進む雰囲気となりました。

しかし、チャレンジャー事故は、昨年のジャンボ墜落事故、更には、ソ連チェルノブイリ原発事故とともに巨大技術の事故の恐ろしさを訴えることにもなり、巨大技術を拒否する世論も大きくなりつつあります。

これらのことは、宇宙開発の問題の留まらず、今日まさに人類がこれまで育ててきた科学技術をさらに発展させ、これらを駆使して、人類のバイタリティーを維持できるのか、あるいは、危ないことは止めて、いつれ訪れる人類の死を静かに待つのかの岐れ目に来ているような気がしてなりません。

我々は、遠い将来の夢と構想を掲げているだけでは許されない状況にあります。科学技術を使いこなすための「人間と科学技術のつき合い方」の難しさを充分認識し、どうすれば巨大科学技術を使いこなせるかのノウハウを確立していく必要があると思います。本会誌上においてもこれらの議論が活発に行われることを期待します。

日本でもスペースシャトルを造るべきか

我が国の宇宙開発は、打上げロケットの開発から始まり、今日でも輸送手段の確立が重要な課題となっている。宇宙基地時代に至り、ついに我が国もスペースシャトル型輸送機を造るべきかどうかを決断しなければならない日が近づいてきたのではないだろうか。今号においては、この問題について、会員各位の意見を求めてみた。

(順不同)

もう一段高レベルのハイテクを

長友信人

「日本でもスペースシャトルを造るべきか？」という問は、「日本でも宇宙開発をやるべきか？」という問と一体で考えなければならぬだろう。すなわち、「日本で宇宙開発をやるとしたら、スペースシャトルを造るべきである。」と私は考える。

スペースシャトルはアメリカのものという誤解の恐れがあるから、ここでは同じようなものを「宇宙輸送機」ということにする。古来、未知の領域に人類が進出する時、輸送機関が鍵であり、これを提供できる国が時代をリードした。逆に、一流国は、それを提供する義務があった。

今日、日本は貿易摩擦と軍事技術競争の微妙な国際関係の中に置かれているが、行き詰まりを打開するために、いわゆるハイテクを民需商品に応用するだけでなく、より高度なシステムに組み込んでいくことが要求されている。その一例は、SDI であろう。

独断的で申訳ないが、今日の半導体や新素材の需要を人々の生活の中に求めても、その欠乏を満たすというより目先の変わった面白さを与えるだけで、心身の健康にとってかえってマイナスになるだけであろう。新しい科学の知識と技術の力は人間の新し

い領域における活躍のためにその能力を強化するものでなくてはなるまい。

「宇宙輸送機」は、そのような方向で人類にハイテクの恩恵を与えるものである。原理的には、鉄の10倍の素材があり、太陽系宇宙を舞台にできる通信が可能となっている。既に我々は、ポスト鉄器時代に入っているのだ。遅れているのは、人々の意識である。それはなるべく多くの人がある新しい空間に行ってみることによって変革できよう。

「宇宙輸送機」は、そういう働きを持つものでなければならない。「しかし、人々の意識が変わらなければ、宇宙輸送機もできないだろう？」という質問が返ってきそうである。

そういう意味で、意識が一番遅れているのは「宇宙開発」の当事者自身ではないだろうか。これまでも「宇宙開発」は、先端技術などの調子のいいことを言いながら大勢は逆波及効果で民需技術に頼ってきたではないか。

我々宇宙屋は、もっと悪口を恐れずに未来を説かなければならない。宇宙輸送機は最も身近な教材である。

(宇宙科学研究所教授 編集顧問)

21世紀へ向けての宇宙往還機開発

湯沢克宜

8月に国産技術で開発した液酸液水ロケットを使ったH-Iロケットを打上げる。静止衛星打上能力は550Kgである。しかし、最近は、ユーザ側より能力向上を要求する声が強くなって来ている。それは宇宙にうまい仕掛をしておき、色々なことが出来る様にするためにはもっと大きな衛星を打上げる必要があり、また新しい宇宙材料開発などの話題もあり、大型のH-IIロケットが開発されている。ユーザの一部には我慢できなくて、米国のスペースシャトルの利用を考えたり、日本最初の宇宙飛行士を乗せて第一次材料実験を行う準備も進めている。更に、月や火星への探査等にも都合の良い宇宙基地計画の参加呼びかけにも応じ、作業を進めている。

宇宙開発も発展して色々なことをやり出したものだから、知恵も付き仕掛もロケットも大型になれば使い捨てではもったいないと思うようにもなった。欧州では、アリアンという低価格の運び屋の宣伝が盛んだし、人間も運べるHERMESを作るそうだから、日本も負けてはいられない。欧米の運び屋を利用するのも初期には安上りな面もあるだろうが、タイムリーな打上げ要求を確保したり、国際競争時代に、いつ国益優先で予約取消しが起きるかはわからない。特に宇宙環境を利用した仕掛の輸送を他国に依存して、ノウハウや研究成果を開示しよ、との要求など色々な制約が出て来て駄目になると困ってしまう。

最近、日本は産業構造の内需拡大型への転換のニュースもあり、この辺で自前の宇宙往復輸送手段を作ったらどうであろう。日本の得意とする安くて良い何回も使えるものを！ そうすれば、他国が困った時には手助けも出来るし、場合によっては回りが使わせてくれと云って来るかも知れない。経済大国だ、技術立国だ、とか呼ばれており、このへんで一日も早く純国産機を開発したいものである。開発に当っては、世界の需要予測によるコスト配分、日本の航空宇宙産業のバランスの取れた発展、予算の確保、大気汚染・騒音等の環境アセスメント等を考え、皆で良く相談してやるべき

である。米国では、定期旅客機により近づいた水平離着陸式再使用型ロケット機 オリエント急行をやる気である。我が国でもHIMES なるミニシャトル構想も出たりしているし、そろそろ21世紀に向けての長期的視野から航空宇宙産業の活性化や海外市場への進出も考慮した上での独自の宇宙往還機を確保すべきと考え、これがまた新しい科学技術の発展を与えてくれるものと信ずる。

(石川島播磨重工)

1957年のスプートニクの打上げ成功に始まる宇宙開発利用の歴史は30年に満たないが、現在では通信放送衛星を始めとする宇宙空間実利用面での効用に、世間の何人も疑いを入れないところまで発展して来た。今後の趨勢は、宇宙基地を中心とする恒久的な軌道上インフラストラクチャの建設にあり、これによって人類の宇宙利用活動を日常化すると共に、月面基地を含む人類の深宇宙進出のためのニューフロンティアを築くことが目論まれている。

さて、このような宇宙開発を先導して来たのは常に米国であるが、追隨する欧州や日本もまた、独自の人工衛星打上げ手段を確立、発展させようと努力してきた。米国以外の諸国の宇宙開発への努力は、宇宙開発利用が包含する商業的な効用からの必然的な帰結であると同時に、全人類的な宇宙活動の発展、推進の見地からも、米国のみによる宇宙開発を補完し、補強する役割を持っている。それは、スペースシャトルの不幸な爆発事故の後に、アリアンロケットの果たそうとそている役割を見ればわかることである。

従って、今後のスペースインフラストラクチャの構築に不可欠な宇宙往復輸送手段を獲得するため、世界の各国が努力することもまた必然的な成行きであると思われる。

さて、技術立国を指向する今後の日本が、無重力環境利用を始め、新たな可能性を秘める宇宙開発に積極的に取り組んで行くことは絶対に必要であり、そのためには、応分の宇宙往復輸送手段（例えば、国産ミニシャトル）を持ち、自主的な宇宙活動を展開して行くことが必要であると思われる。とりわけ、有人活動手段を持ち、宇宙での知見を拡げて行くことが肝要であると考え。もしこれらの努力を怠ったならば、日本は世界の宇宙開発利用活動から永遠に取り残されてしまうことになる。

（三菱重工 名航 宇宙機器部）

21世紀に予想される本格的宇宙利用時代の到来を前にして、日本が独自のスペースシャトルを持つことは、日本の宇宙開発をより発展させるために必要であり、非常に重要なことであると思う。

スペースステーションが活動を始め、多くの人々が宇宙と地球を往来するようになる時、安全でかつコストの低い輸送手段を持つことは、その国独自の宇宙開発の理念の実現を容易にし、かつ国際協力においても積極的な役割を果たすことを可能にするだろう。また、スペースシャトルの開発自体が、日本の宇宙産業を活性化し、宇宙産業は次世代の主要産業に発展するだろう。

しかし、今、アメリカのスペースシャトルの開発史を振り返ると、その前には20年以上にわたる綿密で基礎的な研究開発期がある。それは、日本には無いものである。また、21世紀に期待されるシャトルは、現在のスペースシャトルに比べて、性能・安全性・運行性ははるかに優れたものになるに違いない。このような状況下で日本は、「どのようなシャトルをどうやって造るか」を真剣に検討する必要があるだろう。

(宇宙開発事業団 宇宙実験グループ)

日本でもスペースシャトルを造るべきかどうかは、今後宇宙での活動がどうなってゆくかで決ってくると思う。「宇宙に工場を造って、そこで何か新しい研究開発をしようというのが今や人類の最も中心的な課題になりつつある。」と云われている現在、あとはマーケットがいつ必要とするかだけが問題になると思われる。それまでは要素技術の研究でポテンシャル・アップを図ってゆくことになるのであろう。

但し、有人のスペースシャトルを造るとこまでゆくかとなると、今迄に無人の経験しかないから、そこに大きな壁があるように思える。特に人を乗せても安全でかつ経済的な機体を造るための設計基準の設定と、テストパイロットの確保がもっとも難しい点になるのではないだろうか。

前者に対しては、宇宙基地へ参加することによって経験を積み、スペースシャトルへ応用できるようになるのを期待したいし、後者に対しては、テストパイロットのフロンティア精神に期待したい。

(川崎重工業 宇宙機器設計課)

年率2～3%の人類によるエネルギー使用率の定常的増大、環境悪化、資源枯渇や人口問題、連帯喪失、闘争激化といった内部摩擦の状態の続く今日、地球の未来はこれを閉鎖系として見る限り、人類の活動にとって限界が見えてきており、宇宙に向けて開かれた系とする努力を続けられない限り、遠くない将来（数百年か！）には生存限界を超える熱汚染、エントロピー上昇によって行きづまりの世界に向かうであろう。このように考えれば、宇宙空間に活動圏を拡げることによって宇宙を人類の幸福の為に活用する可能性があることは、一条の希望の光を与えるものである。宇宙空間は今後の人類にとって新しい科学上の発見の80%が行われると予想される、可能性に満ちた空間である。

宇宙空間を人類の活動舞台とする新展開の為には、先ず経済的に安全に宇宙空間や地上を往復できる宇宙輸送システムの開発は必要不可欠である。又、宇宙基地は、宇宙利用を含めた本格的宇宙進出の第一のステップであり橋頭堡である。そして宇宙開発の今後を占うものでもある。生長発展性を内蔵する筈の宇宙基地を成功させることができなければ、人類の宇宙活動展開は畏縮する。

さて、現状はどうであろうか。米国ではチャレンジャーの爆発を含む一連のロケット事故により一寸シャトル使用計画は足踏み状態にあり、約1年遅れる、といった説もあって、宇宙基地計画に影響を与えよう。一方、欧州は、宇宙基地で米国と協力もするが、更に独自の考え方を宇宙開発で進める方向を取り、一連のアリアンロケットによる大型人工衛星の打上げへとグレードアップを図り、更にその先のヘルメス等（HORUS、HOTOL、基地COLUMBUS）の計画を次々と打出して検討している。そして、このところ米国の一連の事故の間を縫って、スペースシャトルのコンペティターとして俄にクローズアップして来た。中国も外国向け人工衛星打上げの請負いを打診する等宇宙産業に乗り出している。又、ソ連は既に宇宙基地建設を長期に進めており、更に、間もなく自国製スペースシャトルや小型スペースプレーンの打上げも行うであろう、と予測されている。

ところで日本の宇宙開発の歴史を見たとき、その問題点として先ず米国を比べて格段遅れているロケット開発の現状がある。例えば、Nロケットは、国産化率が低くてブラックボックス部分が多く、人工衛星打上げを含めたロケット貿易産業にも影響をきたす。H-IからH-IIへとロケットの段階的開発が進む事によって、1990年代初めに、純国産の2トンクラスの大型静止衛星打上げが達成されるようになろう。宇宙開発予算の現状も、米ソに比べて一桁下である事は勿論、欧州に対しても年間半分の予算である。これらの情勢にもかかわらず、先に結論を言えば、日本は独自の特色を持った次世代型のスペースプレーン、更に自前の宇宙基地を造るべきであり、それを必ず成功させる為の思い切った施策を取るべきである。その理由を以下に述べる。

現在のところ日本は、資源はないが技術開発に努めて、経済的には一応成功したといわれる。しかし、これからも経済性を向上しつつ技術優位を保つ、という保証はなく、現状の暫進的成長のみでは中進国等にも追いあげられよう。これに対し、日本は後向きに既存の地位を守ろうとするのではなく、新しい活動分野を切り拓くことで対応すべきであり、これは既に世界の先頭グループの一員となった日本の責務であろう。そうすることによって先進国との協調を対等に進めるとともに、中進国や発展途上国の産業活動の活発化をも呼び起こし、豊かさを分かち合へることになろう。そして、宇宙開発が、切り拓かれるべき新しい分野として、もっとも希望の持てる分野である事は疑いない。このように、日本が宇宙開発を次の産業をリードするものにしようとする事は、殆ど必須であると考えられる。

その宇宙開発は、スペースシャトル型輸送系を含めた宇宙基地建設計画によって新展開に踏み込みつつある。従って、今後特色のある宇宙輸送系、基地の開発を進めなければ、資源の少ない日本経済は宇宙開発という発展のステップボードを失い、長期的に見て生活や経済の発展は袋小路にはいつてしまうであろう。現在のところ、日本は米国主導の宇宙基地計画に協力して、その一部にモジュールを取り付けることとし、運搬は米国スペースシャトルを使用する、という方向に進みつつある。そこで、今後の進展を考えると、増大する資源運搬のために益々大型化した輸送機を必要と

する、といった方向もあるが、一方では目的に応じた、有人や無人、短期飛行、修理用の機体等をも必要とする。このような多様化が進むと予想される将来に対して、自前の経済的輸送機や基地を持たなければ、当然、経済面、計画面、実施面での制約を受けて、開発にも支障をきたすことになる。ことに新世代スペースシャトルを含めた輸送機は、宇宙開発のキーテクノロジーである。何れ必要とされるならば経費上からも、その実現が少しでも早い方が効率良いことは明らかである。又、開発に必要な経験、技術力や技術者の士気ともに国際的な競争に耐える力を備えつつある。現に、日本独自の宇宙科学の進め方は、米国の科学者の間で注目されつつある。従って、日本が独自の特色を持った新世代型スペースシャトルを造り、宇宙基地を造ることは、既に必須のステップである。又、その決心を早くつけるとともに国民的同意を得ることが極めて大切であると考ええる。

(名古屋大学教授)

当然、造るべきです。

宇宙先進国として、宇宙往復輸送手段を早期に確保することが必要である。早期に開発すべき国産シャトルは、H-IIロケット改良型を用いて、最低限必要とする人とペイロードの往復輸送が可能なものとする。これにより将来、宇宙空間の商業化が進み、宇宙工場が出現する時代に必要となる経済的な完全再使用型を開発するための足掛りが得られる。

詳細については、「宇宙先端 VOL.1 NO.3 SEP.1985 我が国の宇宙往復システムの展望」を参照して下さい。

(宇宙開発事業団 H-IIロケットグループ)

1. 有人宇宙活動

1-1 有人宇宙活動の意味するもの

日本がスペースシャトルを開発すべきか否かの議論は、日本が、有人宇宙活動をすべきか否かの議論によって決まるといってもよい。

ところで、宇宙における現在の有人宇宙活動は、技術的ポテンシャルに従って自然発生的に生まれてきたものではなく、米ソ二大国の意思と、威信にかけた努力によって生まれてきたものである。

我が国の有人宇宙活動は、このような米ソ二大国の様な行くかたでなく、我が国の技術水準向上・維持を目的としたもの、人類全体の生活水準をめざしたもの、宇宙空間における人類の将来の可能性を追求したもの、等でなくてはならない。当然乍ら、経済的に多大な費用を要する有人活動は、自由世界におけるG N P第2位の経済大国である我が国が、人類に対する責務として果たすべき部分を含むべきであることはいうまでもない。

1-2 有人活動の意義

有人活動の意義は、単に技術的な意義だけでなく、日本民族の将来やひいては人類の将来における活動領域をどのような形で宇宙に拡大してゆくかを考えるところにある。

このような観点から、有人活動の意義を整理してみると、以下の如くである。

①人類は、限定された‘地球’における活動から、無限の広さをもった‘宇宙’での活動に、その範囲を拡大するであろう。

人口爆発や汚染や資源の限界から脱却するためにも活動範囲の拡大は必要不可欠で

あると思われる。

②宇宙を知り、宇宙にその活動範囲を広げることによって、人類の母である地球を一層よく理解することが出来る。人類が‘地球’という‘井’のなかの蛙である限り‘地球’そのものさえ理解することが出来ない。

③宇宙から‘地球’を眺めたとき、人為的な国境が人類にとって意味のないものであり、地球上の争いが人類にとって何らの利益もないことがよく理解出来る。

宇宙空間における人類の活動が、一つの国家のみではなしえない大きな経済活動であるが故に、宇宙有人活動は必然的に国際協調、国際協力を必要とする。

国際平和の維持・確立のために、我が国も有人活動技術を育成し、これを保持することは国際協調、国際協力のうえから是非必要である。

④有人活動による成果が、我が国の国際的な評価を高め、国際社会における地位の向上、確立に大きな力を発揮することが出来る。

⑤本格的な宇宙利用に至る迄には長期間の技術の積上げと、経験の蓄積を必要とする。宇宙有人活動の積極的且つ継続的な実施により、本格的な宇宙実利用の時代に、我が国が自主的な独自の活動を展開することが可能となる。

⑥有人活動の実施により所用の成果をあげ、国際的な評価を得ることは、我が国の次世代担う青少年に大きな希望と勇気を与える。

1-3 宇宙有人活動の範囲

宇宙活動における無人システムと、有人システムの可能性の範囲を示したものが表である。この表から我々が将来に渡って宇宙活動を幅広く展開しようとするならば、有人活動が必要且つ不可欠であることがよくわかる。

一方、これらの範囲が余りにも広範囲であるため我が国が一国のみで全てをカバーすることが極めて困難であることもよく理解すべきであろう。

次世代に引き継ぐべき宇宙活動の範囲をどう選択すべきかは、極めて重要である。

この宇宙活動が、我が国の次世代に対する必要経費であることを考えることも、重要な視点の一つである。しかし、極めて基礎的なものや、極めて近い将来において実用になるものを除いては、我が国は米国や欧州の後追いは避けるべきである。そして、我々の選択したものの中から、国際的に我が国が誇りうるものを確実に生み出す決意と努力が必要である。

例えば、米国のスペースシャトルの様な、多目的の有人宇宙往還機を今から我が国が独自に開発することは、余り大きな意味がない。例えば、我が国の宇宙往還機は、完全に自動化された無人システムを基本に目指し、米国のシステムと補完関係を作るのが得策であろう。

2. 開発のもたらすもの

2-1 産業へのインパクト

有人には、先般のスペースシャトルの事故に見られる如く、危険な要素も確かに存在する。しかし、我々日本人が将来‘危険があるから宇宙には行かない’ではすまないことも事実である。日航機の事故があっても飛行機に乗らないわけには行かないのと同じである。

我が国の宇宙開発から有人システムを除くことは日本民族からフロンティア・スピリットを取り除くことに等しい。

現在、我が国の中核となっている産業も、発展途上国の追い上げにより、よりハイテクの産業へと脱皮する必要に迫られているが、我が国独自のスペースシャトルの開発は、我が国の産業の一層のハイテク化へのよい転機になるのではないだろうか。

2-3 具体化の時期

有人システムに関する諸外国の計画の概要を図に示す。これらの計画はすべてが確定したというものではない。

しかし、我が国の計画は少なくともこれらに比して大きな遅れがあってはならないことはいうまでもない。

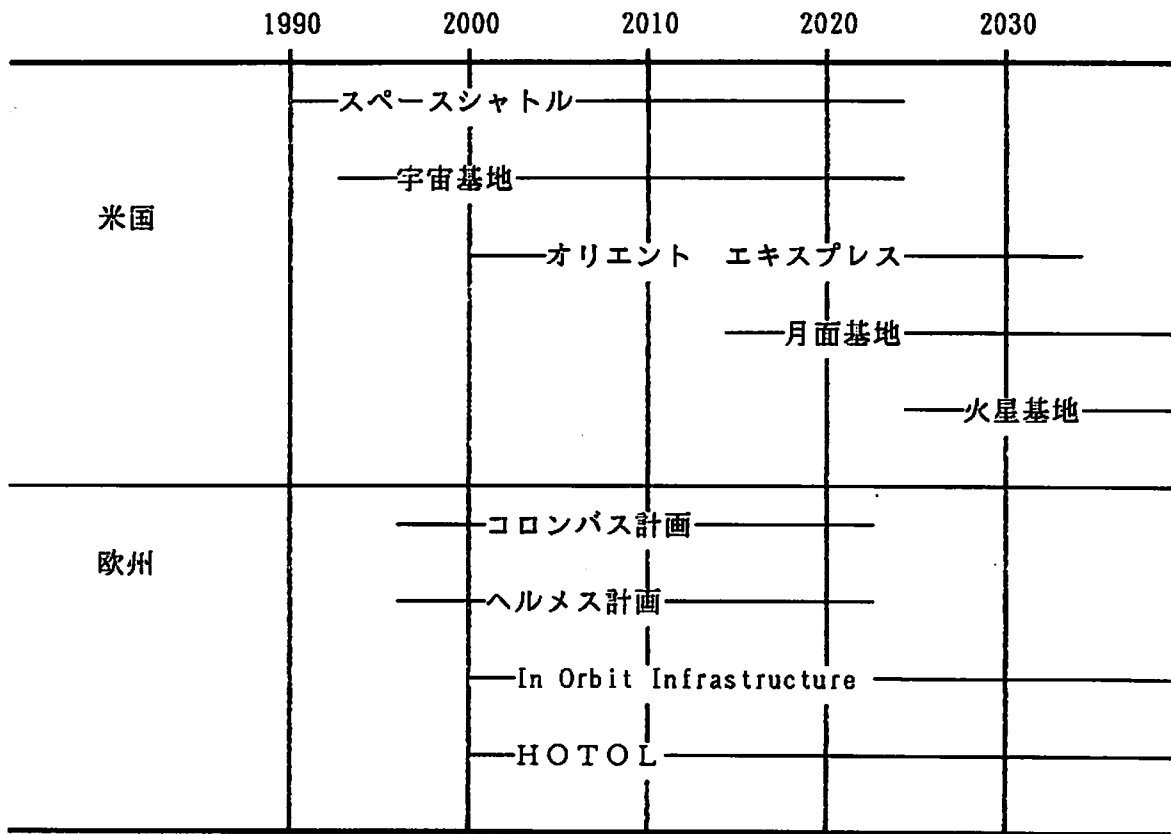
具体化の時期について言えば、我が国の開発時期が諸外国の動きに適切に対応するものである場合には、我が国の外交上の発言権の強化をもたらす、さもない場合には、他国との対等な協調関係の維持すら困難になる時代がくる可能性があるとも云っても過言ではないと思われる。

(日本電気支配人)

表 想定される無人システムと有人システム

	無人 (Unattend)	有人-1 (Tend)	有人-2 (Attend)
打ち上げロケット	○	×	×
軌道変換機	○	×	×
多目的宇宙往還機	○	○	○
宇宙バス	×	×	○
宇宙貨物輸送機	○	○	×
宇宙個人輸送機	×	○	○
宇宙間バス (含観光船)	×	×	○
宇宙間貨物輸送機	○	○	○
宇宙間個人輸送機	×	○	○
宇宙基地 (実験)	×	○	○
宇宙実験室	○	○	○
宇宙救難センター	×	×	○
宇宙中継センター	○	○	○
宇宙气象台	○	○	×
宇宙工場	○	○	○
宇宙農場	○	○	○
月面基地	○	○	○
火星基地	○	○	○
スペースコロニー	×	×	○
宇宙作業機	○	○	○
通信衛星	○	×	×
Data Relay衛星	○	×	×
放送衛星	○	×	×
科学衛星	○	○	○
観測衛星	○	○	×

図 諸外国の有人システム長期構想



夢の宇宙飛行機

岩田 勉

「夢の宇宙飛行機」などというタイトルは、我々の少年時代から子供雑誌に載っていて、空港から宇宙旅行へ出掛ける人々の図などが付けられていたものである。これらは必ず、今で言う、水平離着陸単段完全再使用宇宙往復輸送機に分類されるものであった。数年前に人気のあった「宇宙戦艦ヤマト」もこの類であった。この図式は少年の夢を誘うのであろう。

ところが今年に入って、急にこの「夢の宇宙飛行機」が現実の世界に顔を出し始めた。1月、シャトル爆発直後の米国大統領年頭教書においてレーガン氏は、「オリエント特急」すなわち太平洋を準軌道速度で飛行する旅客機の開発を打ち出した。既に米空軍ではTAV, Trans-Atmospheric Vehicle, という名称で地球周回軌道への往復可能な航空機の概念を発表していた。また英国ではHOTOLと呼ぶこの種の自動操縦機の概念研究を開始した。5月に発表された米国国家宇宙委員会の50年計画でも、このaerospaceplaneは最優先の開発課題とされている。

スペースシャトルに続く次世代の宇宙輸送系を考える場合、技術者の間ではいくつかの常識がある。すなわち、

- (1) ある程度以上、使用頻度が高ければ、翼をつけて水平に着陸する方が垂直に着陸するよりも効率がよい。
- (2) 理想的な空気吸入式エンジンが完成できれば、水平離陸機の方が、垂直離陸機よりも搭載燃料が少なく、小さい加速度、推力で離陸でき床も水平に保てる。また低速の時間が長くとれるので軌道や打上げ時刻も自由度が増す。
- (3) 空気中飛行用と真空飛行用の二つのモードを一つのエンジンで兼用でき、かつ機体構造が軽量化できれば、多段式よりも、単段式の方が、簡単に打ち上げられ運用コストが低い。
- (4) 十分に安全であれば、宇宙機であっても、普通の飛行場を使って離着陸でき、加速度や衝撃も小さければ子供や老人でも乗れるようになる。

以上四段階の条件がすべて満足できれば、夢の宇宙飛行機は実現できる訳である。

現在、各国の宇宙開発活動は、宇宙の本格的な利用を目指してインフラストラクチャの整備に集中してきている。月、火星等を含めた宇宙空間を経済的に利用するためには、地球の大気圏の上へ脱出するためのコストを十分に低くすることが第一歩である。この観点から、今後、世紀の変わり目にかけて輸送インフラストラクチャ、特に地上から低地球軌道への輸送系の低コスト化が技術開発の要となるであろう。

先に述べたように、宇宙飛行機、すなわち水平離着陸単段完全再使用宇宙往復輸送機は、特に高頻度を使用するとき、運用コストが最も低くなる可能性を持つ。ある試算によれば、現用シャトルに対し、荷物重量当たり十分の一程度にできる。この点が、夢の宇宙飛行機が近い将来実現されるかも知れないという予想の根拠である。

また、宇宙飛行機のもう一つの魅力は、超高速の旅客機として使えることである。これにより太平洋高速航空路など商業化に成功すれば、宇宙輸送も、正に航空運賃のレベルで可能となる。宇宙インフラストラクチャの実現に最も近道であると言われる由縁である。

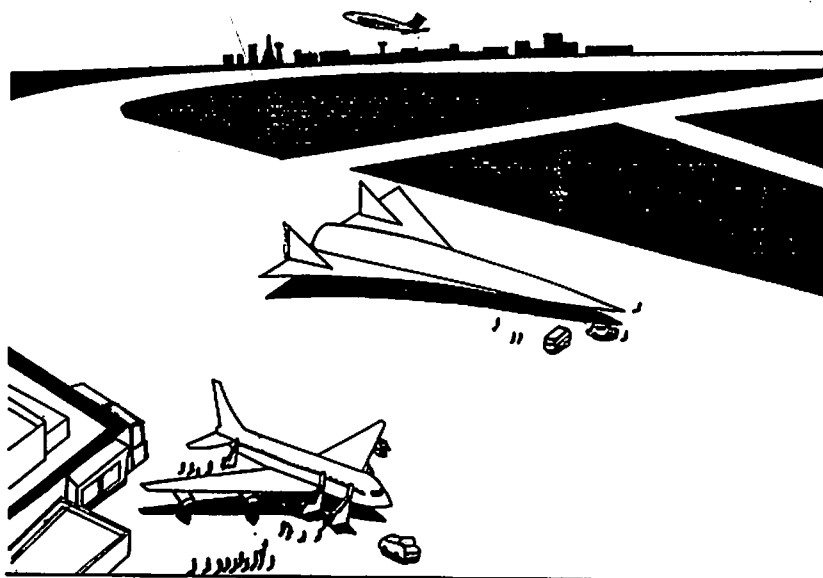
さて、その技術的実現性であるが、前掲の第二の条件、すなわち理想的な空気吸入式エンジンの実現が、第一の課題である。候補となる空気吸入式エンジンとしては、スクラムジェットエンジン／エアターボラムジェットエンジン及び空気液化サイクルロケットエンジンが考えられるが、いずれも原理は1960年代から提案されているものの、大規模な実験による確認が必要なものばかりである。このうちスクラムジェットが研究は最も進んでいる。このジェットエンジンは極超音速で飛行しながら、エンジン入口のウェッジにより気流を超音速まで減速し、これに液体水素を噴射して超音速流中で燃焼させるものである。気流の取込みから排出までの機体、エンジンの形状の設計によって空気抵抗による速度エネルギーの損失を極限にまで少なくできないと、このエンジンは成り立たない。軌道速度の少し手前ぐらいまでこのスクラムジェットで加速し、あとはロケットエンジンを点火して軌道投入すれば単段式水平離陸機ができる。このためには高マッハ数領域（マッハ12程度）の飛行実験を行う必要がある。これがスクラムジェット開発の最大のネックであったが、最近の超高速計算機の出現により精緻な流体力学計算が可能であるので、これで多くの実験コストを節約できるものと見られている。

エアターボラムジェットエンジンはマッハ0～5までの飛行に適するのでスクラムジェットと組み合わせるのに最適である。

空気液化サイクルエンジンは、飛行中、取り入れた空気を液化して液体酸素として使用するものであり、本質的にはロケットに酸素取得装置を付加しただけであるから、比推力の高いロケットとみなすことができる。マッハ数あるいは気圧が変化しても、ロケットであるから安定に作動する。しかし、比推力は約800秒であり、ロケットの限界である500秒よりは大きい、スクラムジェット／エアターボラムジェットの1200～2500秒に比べると小さい。このエンジンは研究が進んでいないため、未知の要素が多いが、英国は今年から、開発に着手しようとしている。

エンジンの次に、宇宙飛行機の実現に必要な技術は、軽量の耐熱構造である。現在、スペースシャトルのタイルに代って、耐熱合金、カーボンカーボン複合材、金属複合材などが候補となっている。高温放射冷却を用いる表面金属が有力視されている。またエンジン部、ノーズ部等は液体水素熱交換による強制冷却が必要であろう。能動制御による翼、制御面の極小化も期待できる。

以上のあらゆる技術的努力を払っても、飛行機と同様の気軽さで乗れる宇宙機を21世紀初頭までに実現することは容易ではない。あるいは、宇宙への乗物は、大気通過用と真空用の二段から成り立つのが最適であるのかも知れない。あるいは空気吸入式よりも炭化水素エンジンの方が理想的限界に近づけるのかも知れない。しかし、宇宙飛行機のイメージは理屈ではなく技術者を魅きつけるものがある。（編集人）



酩酊宇宙論

宇宙のなかの生命

福田 徹

— おお、火星よ、わが故郷よ。（埴谷雄高、とある酒場のサイン帳より）

はじめに

夜空を見上げて、またたく星々を眺めると、それらが明白に見えるにもかかわらず、なにか現世とかかわりのない、想像力すら容易に行きつかない遠い世界であることを直覚する。これは、恐らく現代天文学の生み出した世界観で、太古の人類はもっと星の世界を身近なものとして感じていたに違いない。そこは、彼らと親密な精霊や神や英雄が活躍する舞台であったはずである。しかし、我々は、星々と我々の間に横たわる巨大な空虚を知ってしまった。我々は、想像を絶する広大な宇宙の中で、銀河系の辺境にある小さな惑星の薄い薄い表面に閉じ込められているかのごとくである。我々か、あるいは我々の子孫かが、この球形の牢獄から脱出する日は来るのだろうか。太陽の現在のような安定状態は、あと50億年ぐらい後には崩れるであろう。その時は地球上の生命にとっては終末のときとなるだろうが、地球型の生命は他の安定な恒星系で生き延びているかも知れない。そんな未来のことを考えてもしようがないという向きもあろうが、地球型生命が、地球で終わるか、地球外に進出することができるか、というのは十分に興味深い問題である。一步を進めるものは、また千歩をも行くであろう。それは人類では無いのかも知れないが、ともかくも我々の子孫が銀河の果てに到達する可能性は全く無いわけではない。一考の価値はあるというものである。本稿では地球上における生命、生物の特質について概観し、宇宙のなかでの、その未来について考察してみたい。

序：酩酊宇宙

さて、現代天文学のもたらしたのは絶望的な距離の概念ばかりではない。ここでは、序言としていささか象徴的なひとつの発見について記してみたい。星間空間で分子が初めて発見されたのは、1940年のこととされる。可視スペクトルの青色の端にある二本の吸収線がシアン(CN)分子によるものと同定されたのである。その後、星

間分子の探索はマイクロ波領域での観測が中心となり、以来、電波望遠鏡技術の発展のおかげで星間空間で多くの有機分子が同定されることとなった。そして、それらのなかには、地球上ではおよそお目にかかれなような奇妙な分子やイオンも含まれており、これはこれで非常に希薄で極低温の気体同士の反応、赤外線星や宇宙塵からの赤外線による加熱メカニズムといった、星間空間の“特殊な”環境を示しているとも言えるが、一方、星間分子のリストのなかには我々の日常に極めてなじみ深い物質も含まれているのである。CH₃CH₂OH、すなわち、エチルアルコールの発見者、ベン・ザッカマンは、その発見を報告する論文の冒頭で次のように記しているとのことである。

「1974年10月、われわれは、銀河の中心方向にある天体の中に、エチルアルコールを検出した。概算ではあるが、いて座B2というこの雲の中にあるアルコールの量は、不純物を取り除き濃縮できたとすると200度のアルコールにして10の28乗本のボトルに相当する。これは、有史以来人類が発酵させて作ったアルコールの総量よりも多い。」

当然のことながら、いまひとつの、特に、朝の目覚めの重い偏頭痛のなかで我々と親密な関係にあるアセトアルデヒド(CH₃CHO)も星間分子リストの中に含まれている。宇宙空間は、たしかに、我々の温室であり飼育場でもある地球大気の底とは全くかけはなれた、空虚で、微かな背景放射に満たされた、そして時として膨大な放射と重力が荒れ狂う、途方も無く巨大な暗黒であるかも知れない。しかし、我々から数万光年も離れた星雲から、いや、銀河系外からさえ、我々にとって日常的で、ありふれた分子の信号が、地球上の分光学的実験の結果と全く同じスペクトルで検出されるという、この同質性は驚くべきことではないだろうか。“存在教”の教祖とも言うべき特異な文学者埴谷雄高は、かつて、漆黒の闇のなかで、

「手をのばして微かな不安の裡にまさぐってみる僅かな前方も、想像し得るかぎりかけはなれた数十億光年彼方の宇宙の果てもまた同質の闇にどっぷりとつまれている」

と、喝破したが、この空間の同質性こそ、いつの日か我々がそこに到達し得る可能性を示唆しているのではないだろうか。我々が、薄っぺらな地球大気の下でつかの間の爛酔を楽しんでいるとき、宇宙も、たしかにエチルアルコールを呑みほして酩酊しているに違いないのだ。

生物の進化：放散と多様化

さて、生物と無生物の境界を明確に引いて生物の定義を与えることは極めて難しいが、地球上は確実に生物で満たされていると言ってよいだろう。地球上で生物の存在する環境の多様さは驚くべきもので、およそ考え得る限りの地表上の環境の下には生物が存在している。しかし、月や火星、あるいは他の太陽系の惑星や衛星には、これまで、残念ながら生命の痕跡は検出されておらず、成層圏より高く、また地表深くにも生物の存在する可能性は無いであろうから、少なくとも我々の知りうる限りでは、地球表面の薄い膜状の領域のみが生物の存在する範囲である。フレッド・ホイルの生命の彗星起源説は、とりあえず考慮の外に置くとして、生命が地球上で発生したとするなら、生物は、あたかも、この地球表面という特殊な環境に適合するようにのみ造られたように見える。してみると、生命は、ある閉鎖的な、特殊な環境下にのみ生きべく運命づけられているのだろうか。もしそうであるとするならば、生物の宇宙への進出などは思いもよらないことになるだろう。だが、地球上での生物の進化の歩みを考えれば、事情は逆ではないかと思われる。むしろ、生命は、特殊な環境のもとに生まれ、そして、多様な環境に拡散してきたのではないか。

多様な環境への適応とともに、いまひとつの地球上の生物の顕著な特徴は、恐らくは適応と表裏一体なのだが、様々な種が、それぞれ多彩な形態を備えているということだろう。飛ぶもの、泳ぐもの、歩くもの、固着するもの、そして彷徨うもの。光合成を行うもの、それを食べるもの。存在形態は、全く種々雑多である。しかし、体長30m、体重150tに及ぶシロナガスクジラも直径18nmの日本脳炎ウイルスも、同じ「生物」には違いないのである。形態は似ても似つかないが、地球上の生物は、皆、基本的な部分では同じ原理に基づいている。すなわち、タンパク質が20種のみのアミノ酸によって構成されていること、核酸によって遺伝情報を蓄え、同じ遺伝暗号を用いていること、ATP-ADP回路によってエネルギーを蓄積し、解放していること、などの点である。これらは、偶然の一致の結果であろうはずはなく、地球上のすべての生物が共通の祖先を持つことの強力な証拠である。しかし、祖先がただの一匹だったというわけでも無いようで、例えば、細胞中のミトコンドリアや葉緑体が、かつて真核細胞に寄生していた細菌の名残と考えられているように、細胞レベルでの多彩な共生の証拠があるので、複数の系統が原初に存在したに違いない。だが、それにしても、根本的な部分で地球上の生物は均質なの

である。語の正確な意味で生物は“皆親類”であると言えよう。しかし、それならば、何故、生物は多様化してしまったのか。実際、複雑化と精妙さの極にある大型哺乳類と、単純化と強靱さの極にあるウイルスに類似性を認めることは困難である。しかし、それらは、同一の祖先を持ち、そこから進化してきた。つまり、進化というメカニズムが、この問題を解く鍵であるに違いない。

もし、地球上の最初の生物 — “始原生物” が、完璧な自己複製機械であったならば、地上は全く同一の始原生物の群によって満たされてしまったはずである。しかし、幸か不幸か、生物体の複製は不完全で、生物は極めて雑多な種に放散した。近年注目されている、進化における中立説では、遺伝情報の偶発的な浮動によって進化が進むと考える。中立説の骨子は、自然淘汰によって固定される“優れた”突然変異だけでは無く、選択に対して良くも悪くも無い“中立な”突然変異でも遺伝的浮動によって固定されると考える点にある。この説は生物の多様性、例えばタンパク多型（同じ機能を持つタンパク質を数種類有すること）等の、一見冗長で無駄に見える多様性をうまく説明できる。生物は、必ずしも与えられた環境に対して“適応した形質”“最適な形質”のみによって造られてはいない。極言すれば、生存が許されるなら、生物はいかなる形態を取ることでもできるということであろう。そして、個々の種が多様な生き方のメニュー、それも顕在化したものだけではなく潜在的なものも含めて持つことによって、生物種全体の生き残りの可能性、すなわち、環境変化や突発の事態に対する耐性を高めているのではないだろうか。

従って、人類が進化の頂点にあるなどと言うのは、不遜もいいところであって、現存する生物種全体が生物の全歴史の産物であって、その答えなのである。人類でさえ、自然に対して生物が示す一枚のカードにすぎない。ひとつの例として、一度は進化の頂点にあったかの如く見えた恐竜類が絶滅し、当時は全くの傍流にあった哺乳類がその地位にとって替わった経緯はなかなか興味深い。環境への適応という観点から見れば、鯨類と魚竜類で本質的な差異があるとは思われない。肉食獣と肉食恐竜、草食獣と草食恐竜でも同様であろう。現在の我々は、哺乳類が、体温を保ち、活発な代謝を行い、そして子供を教育するといった特質を持ち、爬虫類に比して、より“優れた”動物であることを知っている。しかし、中世代の間、恐竜たちは自らの生態的地位に哺乳類が進出するのを阻止していたのである。その意味では、恐竜は中世代の環境に見事に適応していたわけだし、哺乳類は完全には適応できていなかったと言い得るの

である。事実、一部の恐竜は温血であったとの説もあり、敏捷に動き、巨大な体格を持つ、捕食される側にとっては恐るべき動物だったに違いない。しかし、恐竜は絶滅し、その後、空席となった環境は哺乳類によって速やかに埋められることとなった。（数千万年かかったが。）爬虫類に対して全くの少数派であったとはいえ、哺乳類は中世代を通じて存在していた。この時期の哺乳類は、遺伝子をプールしておくための一種の予備軍のような存在だったとも言えるのではないだろうか。これを、現生種全体についても、それぞれの種は、ある可能な遺伝情報のセットを未来に向けて保存するために存在している、と言ったら言い過ぎであろうか。遺伝情報の変異によって大量の“中立な”遺伝的変種を用意しておき、それが“最適”となる時を待つこと、これが“始原生物”以来綿々と続けられてきた生物の生き残り戦略なのではないだろうか。それ故、必然的に生物は生存し得る環境すべてに放散することとなる。現在、記載されている動物種は100万種を越えており、今後の発見を考慮すれば恐らく200万種に達すると言われており（大半は昆虫）、全生物では数億種に達すると言われる。これが“始原生物”以来30数億年の間の綿々として進化という名の拡散を続けてきたことの成果である。

異環境への進出、環境の改変

通常、生命の起源は海にあると考えられている。これは、生命が発生した30数億年前には、地球大気に酸素が含まれておらず、オゾン層もなかったため、地上には紫外線が降り注いでいたからである。生物は、それを避けて海の深いところに生存していたと考えられている。ラン藻類や光合成細菌によって大気中の遊離酸素が増加し、現在の1%程度になったのがカンブリア期の始め、約6億年前と言われる。紫外線が降り注ぎ、酸素の希薄な、現在からはおよそ想像もできないような環境こそ、生物が進化してきた時間の大半を占めているのである。地球の環境は、生物にとってアブリオりに善なるものでは無かった。

大気中の酸素が増え、オゾン層によって紫外線が遮られるようになると、生物の陸上への進出が始まった。恐らくは、植物の陸生化が進み、それを餌とする動物の陸生化を促進したのであろう。まず、この陸生化に成功したのは節足動物であり、中でも昆虫類は飛行機能すら獲得し、現世に至るまで非常な繁栄を続けている。増加した酸素を得ることで高効率の好氣的代謝を行えるようになったことに加え、陸生化によ

て、水中よりはるかに豊富な酸素と太陽光を利用できるようになったことは、その後の生物の大発展を促したと考えられている。明確な目的意識と戦略に支えられているわけでは無いとしても、生物は、環境に適応するだけで無く、環境を大幅に、自分に有利になるように変えてきたのである。結果論ではあるが。

生物が陸生化するために解決すべき問題は多かったに違いない。しかし、生物は、それらの問題、大気からの呼吸法の開発、乾燥と温度の激変に対する防御、重力に対する支持機構の獲得、窒素代謝物の処理等をことごとく解決してきた。海から陸へ、そして空へと進出した生物は、人類という種を得たことにより、いまや月面にすら移動できるようになった。現在において解決せざる最大の問題は、人類の登場によって核戦争による全的滅亡の可能性を背負いこんでしまったことだけ、とでも言うべきかも知れない。

閑話休題。さて、以上の考察から得られる結論は、いささか独断に過ぎるかも知れないが、地球上の生物は、生存し得る環境には速やかに進出していく拡散傾向を持っているということである。個々の種は固定的で変化に抵抗するが、生物界全体としては、冗長で浮動し易い遺伝子プールの中から次々に新種が登場して新環境に適応・放散してゆくのである。恐らく世代交替の時間が短いからであろうが、微生物ほどこの自らを環境に合わせる能力は強く、大型動物は容易に絶滅するが、インフルエンザウイルスが根絶されることなど思いもよらない。頸が長くなったキリン、足が速くなったウマ、海に帰ったクジラなど、大型動物も体制を変えてゆく能力は持っているのだが、世代交替に時間がかかるので環境の変化が速いと追従できない。むしろ、ヒトを頂点とする大型動物は環境を制御することによって、この問題を解決していると言えるだろう。巣を作ること、共同行動をとること、行動が後天的にプログラミングできること等の能力である。制御能力を超えた環境の激変に遭遇したとき絶滅するのである。人類が環境制御能力において非常に優れているのは言うまでもない。いまだ不完全な能力に過ぎないとしても。そして、その能力が恐竜絶滅以来の大絶滅を生物界に巻き起こしているとしても。

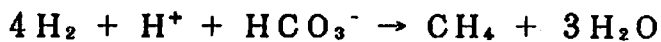
他惑星、そして他星系のうえで

地球上での生物の歴史を見ると、生物を地表上の球形の牢獄に幽閉しておく必然性は存しないように思える。一方、生命の本質が生き続けることにあるのなら、地球外に進出すべき理由は十分にある。我々は地球の未来が有限であることを知ってしまったのだから。

地球は深い重力ポテンシャルの井戸の底にあり、そこから這い上がることは容易ではない。例え極微のウイルス粒子といえども風に吹き上げられ、そして、何らかのメカニズムによって大気上層で脱出速度を獲得することなどありそうもない。従って、余程の天変地異、例えば地球と小惑星との衝突による地球物質の飛び出しでも想定しない限り、地球外に“種を蒔く”ためには人為的な手段に頼らざるを得ない。その意味では、現在、地球型生命を地球外に送り込むか否かを判断する権利を有しているのは、人類である。しかし、逆に言えば、ヒトは従属栄養生物である。それ故、宇宙植民には必要とする有機物を生産する生態系を伴っていかなければならない。人類が宇宙に進出するためには、人類以外の生物達を連れて行く必要と義務があるのである。

ところで、どのように生態系を伴って行くべきなのか。スペースコロニーの構想では、コロニー内の環境はなるべく地球に近付けられ、そこで農業生産が行われる。これは人類の環境制御能力を極端に利用した発想、すなわち、宇宙に“地表面”を再現する構想に外ならない。これはこれで現実的であり、恐らくスペースコロニーの建設はこの方向で進むと考えられるが、いまひとつの生物の能力、環境に適応する能力を利用するという発想に欠けると言うべきだろう。ここでは、生物の環境適応能力を最大限に発揮させようとする、地球型生物の“地球外栽培”の構想について述べて見たい。地球外栽培 — これは勝手に造った語で不適当な用語かもしれないが — は、生物を直接地球外の環境にさらして、そこで生存させようとするものである。いわゆる高等生物は、適応能力が弱いことから、地球外栽培の候補となる生物は、まず微生物のなかから選ぶということになるだろう。この候補の“種子”を他の惑星あるいは衛星の表面に“蒔いて”それが定着するかどうか実験を行うのである。無論、候補選びの段階で、十分な“地上試験”を行うことになるだろう。候補生物は無機環境で成育できる独立栄養細菌、地球上での進化の過程から類推して光合成細菌が良いだろうが、太陽光のあまり期待できない外惑星系の天体上では無機化合物の酸化によってエネルギーを獲得する化学独立栄養細菌が有力かもしれない。ただし、地球上の化学独立栄養細菌

菌には、酸化を行う際、好氣的条件下で酸素（ O_2 ）を利用するものが多いので、絶対嫌気性のメタン生成菌などが良いかもしれない。この細菌は、水素を CO_2 によって酸化してメタンとする過程でエネルギーを得る。



このメタン生成菌は、系統的に極めて特異であり、始原細菌（archaebacteria）と名付ける研究者もいるほどで、原始的な惑星大気の中でも成育できるかもしれない。

この“種蒔き”を行うことによって地球型生命が地球上でしか生存できないのか否かという問題について答えを得ることができるだろう。全銀河系、あるいは全宇宙というスケールで見たとき、多様な生命が存在しているであろうことは想像に難くないが、しかし、今のところ我々が知る生命のかたちは、地球型のみである。この、地球型生物という我々が知っている唯一の、自己増殖し、環境のなかに放散し、そして環境を改変してしまうシステム — を他の天体に移植し、そして成功を収めれば、その意味は、単に生物学的、哲学的興味を満たすだけに留どまらないはずである。もし、地球型生物がその天体に定着するなら、必然的に、その環境を変え、生物的な生産を行わざるを得ないからである。進化に時間がかかり、環境の改変に長年月を要することを無視すれば、その天体の環境は、かつての地球でそうだったように、地球型生物にとって都合の良い方向に引き寄せられるかもしれない。

そもそも地球上では、生物の豊富な場所は、当然のことながら、生物にとって住みやすい場所である。砂漠よりジャングルの方が、不毛な大洋の中央部よりサンゴ礁の方が、生物にとって良好な環境、すなわち食物が容易に手に入り、自身と子供とを防衛しやすい環境を与えてくれる。これらの環境は、例えば、森林が剥ぎ取られると砂漠化が進行するように、そこに存する生物によって維持されている面が強い。

生物が作り出す環境の、非常に興味深い実例はサンゴ礁である。サンゴは、石灰質の家を持ち、群体を作るイソギンチャクの仲間（刺胞類、花虫綱）で、一種の動物であるが、体内に自分の軟体部にほぼ等しいほどの多量の褐虫藻を持っている。この褐虫藻が光合成を行ってエネルギーを獲得し、その実に9割がサンゴに利用される。さらにその半分は粘液のかたちでサンゴから放出され、サンゴ礁に住む生物を養う。一般に熱帯の海は貧栄養で不毛であるが、サンゴ礁の中では、サンゴの生産力のおかげで豊かで多彩な生物相を見ることができる。それは、まさに海中のオアシスである。また、サンゴは、自分を守るために石灰質の筒を持っているが、これが集積して礁と

なる。この礁は各種の生物の住み家として利用される。オーストラリアのグレート・バリア・リーフは延々2,000 kmも続き、これは、生物の作り上げた地球上で最大の構造物である。サンゴは、まさに、不毛の海中に居住区を作り上げ、農業を営み、多くの生物に住居と食糧を提供しているのである。

従って、他の惑星や衛星上に“サンゴ礁”を造ることが、生物の地球外栽培のひとつの究極の形であるが、最初からそう理想的にはいかないとして、とりあえず地球外栽培によって以下の効果が求め得るだろう。

- 環境の安定化
- 食糧の提供
- 有機分子資源の提供

環境の改善のために生物を使うという構想としては、すでに金星の二酸化炭素濃度を減じて気温を下げるために藻類（ネンジュモ）を金星の濃密な雲のなかに撒くという案が提出されているが、火星でも、あの赤い砂漠を一面の草原に変えれば、この惑星全面を覆い、数箇月間も吹き荒れる砂嵐を抑制できるだろう。

また、地球型生物は、海中で、原始大気の中で、そして現在の、物質を燃焼させてしまう危険な大気の中で30数億年を過ごしてきているにもかかわらず、遺伝暗号を変えず、決まった種類のアミノ酸しか使わない、というようなある種の“固さ”を持っている。従って、現在の地球とは似ても似つかぬ惑星の上でも、定着さえすれば、地球外栽培種は食糧を生産してくれるかもしれない。構成アミノ酸が同じなら食べるはずである。外米はまずくて口に合わない、という類の人の好みは満足させられないだろうが、それでも、将来、“火星珍味”や“タイタン名産”をつまみに酒を飲むことも十分想像し得る事態である。地球外で育った生物は有毒ではないか、と危惧する人もあるかもしれない。しかし、もともと、毒は捕食者に対する防御機構として発達したものであり、捕食者の存在しない環境下では、毒もまた生じないのではないだろうか。まあ、大気の希薄な惑星上では、放射線による影響が心配ではあるが。

ところで、石油化学などに代表されるように、現在、我々が用いる有機分子はほとんど生物起源である。無論、アルコールも生物から得ている。案外、この、有機分子の生産が地球外栽培の最も重要な機能になるかもしれない。

例えば、エスキモーは、自分と犬の住む環境を制御するシステムを有している。すなわち、イグルー（氷の家）と衣類である。しかし、食糧や毛皮を提供してくれる獣

や海獣は、北極圏の過酷な自然のなかで生息しており、そこから得られる。このように、人間と一部の家畜の住む環境のみ人間的な環境に近付け、他の生物資源は地球外環境のなかで直接増殖できる生物から得るといふ、言わば、“エスキモー型の宇宙植民”こそ宇宙植民のひとつの理想的なカタチではないだろうか。

候補となる星々

現在のような宇宙開発の黎明期に生きる我々としては、来るべき宇宙大航海時代の先駆者たり得る幸運を祝うべきなのかもしれないが、しかし、太陽系を、そして銀河系を人類が駆け巡る時代 — もし有り得るとして — には我々は確実に墓の下に埋葬されているという点で、やはり早く生まれすぎたことを恨まざるを得ないのである。とりあえず、考慮すべきは太陽系の星々ということになろう。

火星、ピンクの砂嵐の吹き荒れる赤い砂漠の星、希薄ながらも大気を有するこの星こそは、地球外栽培の第一の候補となろう。しかしながら、火星の地形には液体（恐らく水）の流れた跡が明白に残っており、かつて、水が豊富で温暖な一時期があったと想像される。そのような環境では生物が発生しない方が不自然である。その子孫が生き残っている確率はかなり高いのではないだろうか。従って、火星上に地球の生物を導入する前には徹底的な火星生物の探査を行う必要がある。固有の火星生物が発見されれば、それは、生物学、惑星科学だけではなく、哲学、世界観に大きな衝撃を与えるだろう。その価値は、火星上で稲や小麦を作る事などの実利的な価値とは比べ物にならない。高効率の外来生物は土着の生物をたちまち駆逐してしまうかもしれないことを考えると、もし火星に生物が存在したならば、地球生物の導入によってその生態系を絶対に変えてはならない。特に、この兄弟星の上では事を慎重に運ぶべきである。

タイタン、窒素とメタンの濃密な大気を持つ、この土星の衛星は、少なくとも大気組成の点からは非常に有望であろう。問題は、その低温である。水を基本とした生物はすべて凍りついてしまうだろう。そのような極低温のなかでの温血(?)生物が可能だろうか。しかし、外惑星系における有機分子の供給源という点からも、この衛星は興味深い。本格的な探査が待たれるところである。

木星と土星の水衛星 — ミマスやテティスやレア、そして水の豊富な衛星 — カリストやガニメデ、これらは外惑星系における水分子の供給源として重要であるとともに

に、水とともに存在している地球型生物にとっては非常に有利な環境を提供してくれるかもしれない。確かに氷衛星の表面は極低温かもしれないが、地下には“水のマグマ”が存在するかもしれない。これは、一種の地下海ととして利用できるのではないだろうか。尤も、この“海”では太陽光にエネルギーを求めることはできないが。

金星、この強腐食性の雨の降る、高温と高圧にさらされる惑星表面を利用することはできるだろうか。恐らく、最初は、浮遊植物とでも呼ぶべきものを大気上層に撒き、大気が赤外線に対して透明になるのを待つしか手段は無いであろう。もし、それによって、金星を地球なみの温暖な惑星にすることができれば、金星こそ第二の地球と成り得るだろう。しかし、それが可能かどうか、灼熱の地獄とでも言うべき現在の環境が本当に大気の温室効果によるものなのかどうかも含めて、我々の知識はまだ決定的に不足しているのである。

あとがき

随筆とも、雑文ともつかない、実証データ無しの冗文となってしまったが、酒のつまみ話として読んでいただければ幸いである。しかし、痛感するのは、生物にしても太陽系にしても、我々の知識が決定的に不足していることである。外的宇宙と内的宇宙の探査こそ、まず推進しなければならない。だが、神のごとき完全な知識は望むべくも無いとしても、我々のうちの、未知に向かう心が残る限り、大航海時代の船乗り達が荒れ狂う大海に船出したように、人類の祖先が樹上から肉食獣の跳梁する草原に降り立ったように、昆虫の祖先が危険な大気と乾燥にさらされる陸に上がったように、我々の子孫は宇宙に、太陽系外に進出して行くであろう。その子孫は、人類という種では無いのかもしれないが。

参考文献

- 1) 埴谷雄高, 闇のなかの黒い馬, 河出書房新社(1970)
- 2) 出口修至, 星間分子物語, 地人書館(1985)
- 3) 今堀宏三・田村道夫, 系統と進化の生物学<改定版>, 培風館(1978)
- 4) E.H.Colbert, 田隅本生訳, 新版 脊椎動物の進化, 築地書館(1978)
- 5) 佐藤了・西塚泰美編, 岩波講座 現代生物学5 物質代謝とその調節 I, 岩波書店(1975)

- 6) 福見秀雄, ウイルス学入門 第2版, 岩波書店 (1982)
- 7) R.H.Haynes/P.C.Hanawalt編, 三浦謹一郎・大井龍夫訳, ウイルス — 複製する巨分子, 東京化学同人 (1973)
- 8) 長野敬編, 別冊サイエンス 22 特集生命の科学 遺伝子操作, 日本経済新聞社 (1978)
- 9) 今井和民, 独立栄養細菌, 化学同人 (1984)
- 10) 本川達雄, サング礁の生物たち, 中公新書 (1985)
- 11) Carl Sagan, 福島正実訳, 宇宙との連帯 異星人的文明論, 河出書房新社 (1976)

補遺 生物とは何か

生物、すなわち、生命を持つものとは何か、という問いに対して十分な答えは得られていない。例えば、生物は「自己増殖する分子である」とする定義等があるが明確な定義とは言い難い。本稿を書き進めるに当たって、この問いに対する考察は不可欠であったが、私は、生物の本質は、恐らく、「自己の構成に関する完全な情報を自己の内に持っている」ことにあると考えている。自己の構成に関する情報とは、端的に言えば、タンパク質などの構成材料の構造式と、それを何時作ってどう組み合わせれば自己が構成できるかという“制御”に関する情報であり、地球型生物では、その情報はすべて核酸（ほとんどはDNA）のトリプレット — 遺伝暗号のかたちで記述されている。この暗号の文法は驚くべきことにウイルスから高等動物に至るまで基本的に同一である。ウイルスは自己増殖のための機構を有していないが、利用できる自己増殖機構を持つ系、つまりは感染すべき細胞のなかに至ると俄然活発に自己複製を開始する。自分をどう作るか、という情報を完全に持っているのである。例えば、大腸菌のバクテリオファージφX174は直径23~25nmで、30個のタンパク質サブユニットから成る正十二面体の保護カプシドの内に、ウイルスを構成する9種のタンパク質を表現する5375個のヌクレオチドから成る一本鎖のDNAを持っている。（3ヌクレオチドでアミノ酸一個に対応する。割り切れないのは制御用の部位を含むため。）このあたりが最小の自己記述系の例であろう。これは、現在の電子技術の水準から見ても、極めてエレガントな系と言うべきである。最近の超LSIでもサブミクロンオーダーでの加工に腐心している程度なのだから。地球型ではない宇宙生物がどのような自己記述系を完成させているのか、非常に興味深いところである。

(宇宙開発事業団 経理部)

新規入会会員名簿（61. 7. 15）一般会員

武居秀夫 北村幸雄 岩崎茂弘 畑田真男 田中俊輔 伊東康之 久田安正
小泉民介 大庭英雄 辻 雅信 今川吉郎 伊藤俊行 村尾忠義 古閑照己
横尾隆之 三輪田真 増田 剛 堀口博司 石田治行 中井 豊 木原三栄子
吉富 進 高村俊次 霜田俊郎

入会案内

本会に入会を希望する方は申し込み書に記入して、世話人に送付して下さい。

年会費：3000円（1986年6月～1987年5月）

会誌 無料（1986年5月号から1987年5月号）

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

会誌編集方針

1. 『宇宙先端』は宇宙先端活動研究会の会誌で、年6回発行される。
2. 論文の内容は、全て著者の責任とする。
3. 投稿資格：原則として本会会員に限る。
4. 原稿送付：投稿する会員は、A4版横書（38×29）で、そのまま版下となるような原稿及びコピー1部を、東京都港区浜松町2丁目4番1号、世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号、宇宙先端活動研究会世話人兼編集人 岩田勉宛送付する。原稿は返却しない。
5. 論文は未発表の原著論文に限る。ただし、他に発表したものの要約、解説等は歓迎する。掲載論文に対する質疑、意見、提案等、誌上討論は大いに歓迎する。
6. A4で20ページを超えるものは掲載しないことがある。宣伝、中傷その他本会の趣旨から極端に外れる投稿は掲載できない。編集人は会誌の整合のため、著者に改稿を求めることがある。

編集後記

うっとおしい梅雨が終り、季節は既に夏を迎えようとしている。時が経つのは早いものだと思う。一年も折り返してしまった。

宇宙開発でも、あるプロジェクトが計画されてから上げられるまで5年から6年を要するが、計画段階ではまだまだ先のことだと思っていると、意外に早く上げの日を迎えてしまう。宇宙開発などという仕事も、結局はこの過程の繰り返して、たんたんとしたものだと思う。「宇宙開発をやってます。」などと言うと、一般に「毎日が創造的で夢があって…」という反応があるが、実際はそんなものではないだろう。しかし、この『たんたんとした過程』というのは非常に大切であることは間違いない。

何でもそうだと思うが、宇宙開発などは特にその開発史を振り返ると、初の人工衛星打上げ—人類の月到着—スペースシャトル計画—宇宙基地計画、と非常にダイナミックである。しかし、その歴史のタイムスパンを限りなく小さくしていくと、一年、一月、一日、一時間と小さくしていくと、その作業はどんどん単調なものとなってくる。そして、この単調な時間を生かすことがなければ、宇宙開発のダイナミックさも、また生まれることはない。（齊）

宇宙先端 第2巻 第4号

頒価1000円

昭和61年 7月15日発行

編集人 岩田 勉

発行 宇宙先端活動研究会

東京都港区浜松町 世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号

無断複写、転載を禁ずる。