

第8章 有人飛行及びライフサイエンス関係分野の展望

1 意義

生命現象に関する理解を進歩させることは、健康の保持、環境の維持、食糧の生産供給など、人間の生活に密着した技術の基盤を強化し、これらを発展させるものである。宇宙開発を更に推進するに当たっては、生命現象の理解に基づいて、宇宙空間における人間の活動を確保することがぜひ必要であるが、他方、宇宙空間を利用することによって、地球表面では獲得できないような場におけるライフサイエンスの研究開発が可能となり、生命現象の理解と応用技術の進歩が大いに期待される。

人間を始めとして数多くの生物は、地球表面固有の環境条件、即ち、太陽光、水分、大気組成、重力、温度、元素組成、日周期などの下で発生し、淘汰され、進化してきた。宇宙空間の環境条件は、無重力、高真空、低磁場、宇宙放射線の存在などがあり、また他の天体表面においては高重力、ガス成分、各天体固有の周期性等があるなど、極めて多様であり、地球表面とは全く異なったものであるため、地球上の生物が宇宙空間においてどこまで生存し得るか、地球外天体には生命体が存在するか否かについては未だ未知の領域である。宇宙環境に生物を暴露した場合には、地球上では観察し得ない現象が起こることが期待され、そのこと自体生物学にとって重要であるが、更にその知見を基盤として、人間を始めとする生物を宇宙空間においても生存させることができ、特に人間に関しては、安全で快適な宇宙飛行技術を開発することによって有人宇宙開発を効率的に行うことができる。また各種の宇宙環境条件（因子）が生命現象に与える影響を詳細に検討することにより、基礎科学としてのライフサイエンスが進歩するとともに、これを基盤として医学、農学、生物工学などの分野の発

達が期待される。

有人飛行のためのサポート技術に関しては、すでに、米国、ソ連の両国によって有人飛行が実施されてきたが、飛行期間も短かく、かつまた宇宙空間における人間の変化に関して未知の部分が多く、将来の宇宙開発を考えると、有人サポート技術の一段の進歩が望まれるところである。特に長期間にわたる人間の宇宙活動を可能にするためには、基礎的な医学生物学の進歩が第一に必要であり、人間以外の生物を用いた宇宙実験の成果が集積されることが必須である。宇宙空間における生物実験の成果は、また、当面細胞生物学、動植物の生理・遺伝など基礎ライフサイエンスを発展させるものと期待されるが、将来は更に、それらの知見を基盤とした各種応用技術を発達させていくものと考えられる。分離された細胞や、細胞顆粒の無重力空間における挙動から、酵素及び医薬品などの製造技術を始めとして宇宙空間を用いた生物工学の発展が予想されている。また、培養細胞技術に加えて生物の変異現象を利用した品種改良や育種などの農業分野での発展、宇宙環境因子を利用した特殊疾病の治療とリハビリテーションなどの医学分野での進歩など、長期的な応用技術の展開が予想される。また、宇宙実験の成果は、一般の生物工学、農学、医学などの分野に対しても大きく貢献するものであり、社会的、経済的な効果が極めて大きいと考えられる。

2 内外の動向

(1) 日本の動向

医学の分野において、高加速度、重力などの人間及び実験動物に与える影響に関する研究、姿勢制御機構の研究がわずかに実施されているが、有人宇宙飛行のサポート技術の開発はほとんど行われていない。一方、宇宙空間を利用した

生物実験については、米国NASAの実験に参加経験のある科学者が数名いるのみであり、生物実験衛星打上げの経験も無い。この他については昭和50年度科学技術庁において米国のスペース・シャトル/ラブを利用することを想定したライフサイエンス分野の候補実験課題等の調査が行われたことがある。

(2) 外国の動向

米国はアポロ宇宙船による有人月面着陸を実施したほか、マーキュリーからスカイラブに至る一連の計画実施により、人間の宇宙空間における活動をある程度可能にしており、また一方、ソ連もサリュート、ソユーズなどの有人飛行を行ってきている。更に両国はアポロ/ソユーズ宇宙船のドッキング実験を行っている。有人飛行のサポート技術に関しては、これら二国のみが実績を有している。

米国の宇宙ライフサイエンス計画の目標としては、①地球外生命の探索 ②宇宙空間における人間の活動のための技術開発 ③宇宙空間を利用した生命現象の研究 ④宇宙空間を利用した生物工学等応用技術の開発、などがあげられている。①に関してはバイキング計画により、火星表面における生命の存在に関する実験が行われた。②及び③に関してはマーキュリー計画以来、生物や培養細胞を用いた宇宙実験を実施してきている。1980年以降のスペース・シャトル/ラブにおいては②③④に重点をおいた実験計画が予定されているが、特に②については長期間宇宙飛行のための有人サポート技術の開発に重点をおいた研究をすることとしており、1990年までに有人火星飛行を実施することを検討している。また、スペース・シャトルの運行頻度は最高年間50回が予定されており、この運用に際し有人サポート技術の果たす役割は、大きなものとなっている。欧州各国は、ESAを中心として、スペース・シャトル計画

に参加し、独自ないしは米国と共同でライフサイエンス分野の実験を行う予定であり、E S Aからの研究員が、スペース・ラブ1からスペース・シャトル計画に参加することになっている。

ソ連は現在まで有人飛行のほか動植物実験も行ってきたが、今後の計画については明らかでない。

以上述べてきた宇宙ライフサイエンス活動の波及効果について触れるならば、米国においては過去、宇宙実験用として開発された小型動物監視装置、小型臨床検査装置などの宇宙ライフサイエンス実験用機器、環境制御機器及びシステムが、すでに地上での医療などの分野において新しい機器等を生みだしている。

3 実施課題

(1) 有人サポートシステムの開発

我が国が1990年以降有人宇宙開発を実施するためには、その時点までに、有人サポート技術が開発されていなければならない。また、それ以前において、米国のスペース・シャトルを利用し、我が国から塔乗研究員を参加させて研究を行う場合に備え、訓練法などを確立していかなければならない。また、将来、宇宙ステーションなどが建設され、宇宙飛行や宇宙滞在が長期化する場合に備えて、より広範な有人サポートシステムの開発を行っていく必要がある。以下にそれらの研究開発課題を掲げる。

ア、塔乗員の選択及び訓練に関する研究開発

スペース・シャトル/ラブにおいては、人間にとってその飛行プロフィールが従来の有人飛行プロフィールと比較しはるかに緩和されたものになったとはいえ、やはり無重力などの宇宙環境にさらされることになるので、塔乗員の選択と訓練が必要である。N A S Aがスペース・シャトル/ラブを利用する各国に提供

する訓練は、無重力適応訓練のみであるので、塔乗員の選択と訓練方法は我が国が独自で確立する必要があり、より長期的には無重力適応訓練も含めて、訓練体系を確立していかなければならない。このため、以下のような課題を実施する必要がある。

(ア) 宇宙飛行適性者を選択するための方法の開発と評価基準の設定

(イ) 各種シミュレーター（無重力実験水槽、無重力実験用大型飛行機、直線加速用実験装置、船外活動訓練用大型真空装置など）を用いた各種訓練方法の開発と人間工学的研究

(ウ) 宇宙船酔いを軽減し、もしくは防止するような訓練方法の研究開発及び薬剤の開発

(エ) 長期宇宙飛行及び長期宇宙滞在のための、行動・生理変化・心理などの相関関係を明らかにする研究

(オ) 帰還後の地上適応期間短縮のための訓練方法の開発

イ、有人飛行技術に関する研究開発

宇宙空間において、塔乗員の正常な機能を発揮させる必要があるが、当面は有人飛行を米国/E S Aのスペース・シャトル/ラブの利用に頼るとしても、遂次、我が国自体で有人飛行技術を確立して行かなければならず、そのためには以下のような課題を実施する必要がある。

(ア) 生命維持システムの開発

有人宇宙飛行においては、人間の生存と活動のための最低確保すべき環境条件が宇宙船に具備されなければならない。最も基本的なものは、空気特に酸素の供給と浄化、温度・湿度の調節である。このためには、宇宙船外とのエアロック技術を始めとして各種住環境制御技術が確立されなければならない。更に宇宙放射線、宇宙塵などの防護技術が必要である。宇宙船は、ほぼ完全な閉鎖生態

系であり、船内の廃棄物処理と汚染防止には十分考慮を払う必要がある。なお、船室、部品等はその性格から高信頼度のものが要求される。

(i) 船外活動用具の開発

塔乗員が船外に出て活動する場合、空気供給装置、宇宙放射線防護機能などを備えた宇宙服などの生命維持装置に加え、人間工学的に検討された各種船外活動用具が必要となる。

(ii) 塔乗員の健康管理技術の研究開発

宇宙飛行中ないしは宇宙滞在中の人間の健康状態をモニタリングし、塔乗員の健康でかつ正常な機能が発揮されるよう、必要な対策を施すことのできる、健康管理技術が開発されなければならない。モニタリング手法の簡便化、健康管理諸装置の小型化に加え、地上との連絡システムが重要になる。また、長期間の無重力状態によって、生理運動機能の失調を起こすことが知られているので、その対策が開発されなければならない。その他、より長期的な観点にたてば、大型宇宙ステーションでの長期滞在を可能にするため、人工重力を創出する技術が必要になってくることも考えられる。

(iii) 宇宙船、船内装置に関する人間工学的研究

宇宙空間の無重力などの環境下では、人間が正確な機械操作をすることが困難になるとか、船内の空間配置が地上設備に類似していることが好ましい、などの知見が得られている。高能率の宇宙活動を行うための人間工学的研究、人間-機械系の研究などが必要である。

(iv) 食料及び水の供給法の開発

数十日を限度とする有人ミッションでは塔乗員の食料は加工された保存食に依存することになるが、この場合、無重力環境下での必要カロリーを考慮する必要があり、また、容器などの開発も必要である。将来、宇宙ステーションや

工場などが建設され、長期滞在が実施される時点では、新しい保存食の開発に加えて、宇宙空間での生鮮食料品生産供給方法を開発する必要がある。

他方、水は宇宙空間における生活に極めて重要であり、使用後の処理-再利用方法の開発が重要である。

(v) 有人飛行のための救助技術の開発

突発的な疾病や事故の発生に備え、塔乗員を救助するシステムが開発される必要がある。

(vi) 有人飛行のための医学生物学基礎研究

すでに米国、ソ連の両国によって有人飛行及び宇宙空間における生物実験が行われてきたところであるが、無重力を主とする宇宙環境における生命現象の変化については、不明の部分が多い。より効率的なあるいは長期の有人飛行のサポート技術を確立するために、人間及び実験動物について宇宙空間での観察や生理・行動・機能などの詳細な実験研究を行って基礎的知見を集積し解析する必要がある。これまでの米国及びソ連の宇宙飛行の成果から、以下に掲げるような課題を実施する必要性が指摘されるが、生物の複雑な構造やメカニズムの存在を考慮に入れると、これらの課題以外についても研究を必要とすることが予想されるのみでなく、一つの課題の実施の結果から、新しい課題の実施の必要性がでてくることも考えられることに、留意すべきである。

(a) 心臓循環器系に関する研究

これまでの宇宙飛行結果から、宇宙空間においては体液が地上とは異なった分布をすることが知られており、いくつかの機能障害の基本的な原因となっていると考えられてきた。従って、体液分布の詳細な検討と、下半身負圧法(LBNP)など改善法を研究する必要がある。また、その他の心循環系の機能失調について、その機構と改善法の研究が必要であり、特に地上帰還後における運

動負荷量低下を始めとする機能障害の改善法が、開発されなければならない。

(イ) 筋肉及び骨格系に関する研究

これまでの宇宙飛行においては、塔乗員のカルシウムやリン酸の吸収と排泄バランスは、宇宙空間において新しい平衡状態に達することなく連続して損失することが観察されており、この現象は、筋肉や骨格組織が分解しているものと推察されている。無重力状態においては自己の体重を支える必要がなくなるどころから生体の適応とも考えられるが、より詳細な研究と、筋肉及び骨格の変化の防止対策方法が開発される必要がある。

(ウ) (イ)以外の生理及び代謝に関する研究

カルシウム、リンなどの消失はホルモンによって制御されているが、その機構の研究、特にホルモンバランスの変化が検討されなければならない。また、これらの物質代謝に関与する肝、腎及び消化管機能などに着目して、宇宙空間への適応機序を解明する必要がある。更に、宇宙飛行中には食物の摂取量が低下することから、エネルギー代謝に関する研究も必要となる。また、各種の生体现象はサーカディアンリズム（1日周期のリズム変動）を示すが、宇宙空間におけるサーカディアンリズムの変調と各種の生理現象の相関性を研究し、健康管理技術の基礎情報とする必要がある。（生物リズムの項参照）

(エ) 血液・免疫系に関する研究

宇宙飛行によって、血液量が低下し赤血球数が減少することが知られており、また免疫能の低下が推測されている。そこで、骨髄の機能に与える宇宙環境の影響を検討し、造血機能及び免疫能の低下防止対策を開発する必要がある。

(オ) 平衡感覚及び神経系に関する研究

無重力状態に突入後、殆どどの宇宙船塔乗員は宇宙船酔いを経験する。そこで、脳、前庭器官、視覚性眼振などの研究を行い、宇宙船酔いのメカニズムを

解明するとともに、更に感覚適応性の研究を行うことにより宇宙船酔いの防止対策を開発していく必要がある。また、動作制御機能についても研究する必要がある。

(カ) 心理学及び精神生理学に関する研究

宇宙環境での知覚や、各種ストレスのもたらす影響については、未知の部分が多い。効率的な宇宙活動を行い、健康を維持していくため、知覚メカニズムと感覚、ストレスと行動の変化、及びそれらと宇宙環境適応性との相関などについて研究する必要がある。また、宇宙環境下での労働疲労、睡眠などについては、生理学からの研究に加えて、心理学的及び精神生理学的な研究も必要である。

エ、閉鎖生態系に関する研究

宇宙船内の生態系は、ほぼ完全に近い閉鎖系であるので、健康管理上の観点から、また、長期間宇宙飛行や宇宙ステーションなどの維持の観点からも、閉鎖生態系に関する研究を行う必要があり、この成果を踏まえ、より高性能の生命維持装置システムを開発していく必要がある。

オ、有人サポートシステム技術の開発の進め方

米国はすでに有人飛行を実施しているほか、スペース・シャトル／ラブ計画においても広範な研究開発を予定しつつある。我が国としては当面スペース・シャトル計画に積極的に参加することにより、諸外国とのこの分野の研究開発水準のギャップを埋めるとともに、必要技術の開発に努めていく。我が国が将来独自に有人飛行を実施する場合でも諸外国と技術交流を行い、技術水準の世界的な向上に貢献することが望ましい。

(2) 宇宙環境を利用したライフサイエンス

「有人サポートシステムの開発」とは別に、「宇宙環境を利用したライフサイ

無重力下での発生過程における筋肉組織や骨格の発達及び発生過程における環境条件と形質発現（固体としての形や機能）との相関について十分検討を加える必要がある。植物の種子からの発生や、動物の卵（胚）からの発生、分化、成育、繁殖などを宇宙環境下で行わせ地球上での観察結果と対比して、生物の発生過程における遺伝的因子と環境因子の制御メカニズムの解明を試みることは、生物学的に意味の大きい重要な課題であると同時に、将来人間が地球を離れて生存し続け得るか否かの問題に対して基本的な知識を提供するものである。また、環境と形質変化に関する研究は、農学・医学などの分野への応用が考えられ、特に育種分野への発展性が高い。

(c) 生物のリズム性

地球上の生物は地球の自転による日周期を始め、季節などに支配されていると考えられているが、一方生物自体も周期的な現象を示す。そこで、宇宙空間を利用して生物のリズム性の変調や攪乱の観察から始め、そのメカニズムを解明することは、基礎科学のみでなく応用技術分野にも貢献することが大きい。

(d) 長期生物実験

一般的に、宇宙環境の生物に与える影響は、時間の経過とともに明瞭になる場合が多い。7～30日程度の飛行が予定されているスペース・シャトルでは、この種の観察には時間的に不十分であるので、当初は回収可能な生物実験衛星を併用して、長時間にわたる生物実験を行うことも必要となる。しかし、多くの生物実験は完全自動化が極めて困難であるので、将来は宇宙ステーションに、生物実験所を建設し、長期にわたる研究を有人で行うことが必要になる。

(e) 地球外生命に関する研究

他の天体における生命の存在可能性については長年にわたって人類が問い続けてきた課題である。この課題の探究は生命の起源や進化に関して重大な知識

「エンス」は、それ自体基礎科学として極めて意義深いのが、更に、これらの基礎科学的知見が集積されることにより、宇宙空間を利用した応用技術の研究開発へと展開していくことが期待され、また地上での技術開発にも貢献することが予期される。以下に「宇宙環境を利用したライフサイエンス」を基礎科学分野

「ア．基礎科学の研究」と応用分野「イ．応用技術の研究開発」とに分けて掲げるが、基礎科学分野は他方では「有人サポートシステムの開発」の基礎分野としても重要な役割を果たしていることに留意すべきである。

ア．基礎科学の研究

(i) 細胞生物学的研究

細胞の分裂や染色体複製の過程に与える宇宙環境の影響はこれまでの飛行実験結果からは、十分解明されていない。宇宙空間における特異的な放射線が、いわゆる細胞の恒常性に変化を与えることは容易に想像されるので、宇宙空間を利用して、細胞の増殖に関する現象を詳細に観察することが必要である。この研究は長期間宇宙飛行技術開発の基盤的研究として重要である。また無重力状態においては、培養細胞や細胞顆粒の沈降が起こらないことから、宇宙空間は細胞や顆粒の物理化学的性質及び細胞の生理化学的性質の研究に好適の場である。特に細胞レベルの分離や培養に地球上とは異なった好都合の場が得られる。この研究は、生物工学の基盤的研究として必要である。

(ii) 動植物の発生と生理・遺伝的研究

細胞分裂の異常や染色体異常が宇宙環境によって起こされる可能性があるとしても、それが生物個体のレベルで観察される必要があり、更に、宇宙空間で動物や植物が正常な発生や繁殖を繰返し得るか否かを確認する必要がある。これまでの成果によれば無重力状態において、成人（塔乗員）の筋肉や骨格が退化することが知られているが、哺乳動物については十分な知見がない。特に、

を提供することになる。この実証的なアプローチのひとつは、惑星探査に際して生物の存否に関する実験を行うことであり、いまひとつは、各種放射線等が存在する宇宙環境での、化学反応による生命前駆体物質の生成可能性実験である。ここで用いられる実験方法の一部は、一般のライフサイエンスと大差ないが、それぞれ、惑星探査及び化学反応の分野の研究者と共同して課題を実施することが望ましい。

イ、応用技術の研究開発

(ア) 生物学

無重力状態においては、培養細胞や細胞顆粒の分離精製が容易であり、特に電気泳動法の適用は地球表面では、ほとんど不可能な分離精製を可能とする。そこで宇宙空間で細胞や顆粒の分離精製実験を行い、医薬品として価値のある酵素を始め生体高分子などの、生産能力の高い細胞や顆粒の分離精製技術を開発する。更に、宇宙空間条件を利用した変異株細胞の作成も平行して検討する必要がある。

また、細胞は、地上では大量培養が困難であるが、宇宙空間においては、地上で起こるような沈降が起こらないので接触阻害がなく、大量培養が可能となる。また熱対流などが無いことから、更に高度な培養技術を中心とする生物学の発達を期待される。

これら技術の発達により、将来、宇宙生物学工場の建設へと発展することが予想される。

(イ) 植物育種、品種改良

細胞分裂や染色体変異と、宇宙環境の形質に与える影響などの知見を基盤として、農業的に有用な品種の改良と育成を宇宙空間を利用して実施することが考えられる。しかし、植物のライフサイクルは一般に極めて長時間（数十日以上）

であるので、当初は地上での実験と並行して基礎研究（3.実施課題の(2)・アの(ア)及び(イ)）を積み重ね、やがて宇宙空間の生物実験所において更に広範囲な研究開発を展開しこれらの成果を踏まえ、最終的には実用段階として宇宙空間に宇宙育種栽培センターを設置し種子の提供を行うことが考えられる。他方、このセンターは宇宙ステーションなどへの食料供給のための栽培センターとしても利用できる。

動物についても、類似の可能性が考えられるが、基礎生物学的知見が不足しているので、現段階で具体的な技術開発の可能性を検討することは困難である。

(ウ) 宇宙病院

宇宙環境の因子が、各種の生理現象に影響を及ぼしたり、サーカディアンリズムの変調を起こすことなどを利用して、宇宙空間を利用する特殊な疾病の治療やリハビリテーション技術の開発が考えられ、宇宙への輸送コストの低下と相まって宇宙病院の設置も考えられる。

ウ、宇宙環境を利用したライフサイエンスの進め方

当面、スペース・シャトル計画に参加し、比較的小型で簡単な実験から始めて宇宙生物実験に習熟することとし、遂次高度のものへと発展させて行くことが望ましい。なお、この分野のうち応用技術の開発については1985年ころからの無人宇宙船ないしは、1990年以降の我が国の有人宇宙船においてこれを行うことになろう。それまでの間は、むしろ基礎知見の集積と3.実施課題(1)で述べた有人サポートシステム技術の開発に重点を置いて研究開発を進めることが望ましい。

具体的な応用技術の宇宙空間での実施は生物学分野を除けば2000年以降になるものと思われる。

4 開発技術

(1) ハードウェア

ア、生命維持装置については3.実施課題の項ですでに述べたが、主に人間の生存環境を中心に考えられてきている。E S Aのスペース・ラブは、スペース・シャトルとのインターフェースを考えた上で開発されたものであり、我が国が有人飛行を行う場合には、その打上げロケット及び宇宙船の仕様に適合した生命維持装置を開発する必要がある。生命維持装置の開発に付随して必要になる技術は3.実施課題の項で述べたのでここでは省略する。

イ、動植物飼育装置

動物については、一部の微生物、細胞を除き、生存に必要な大気成分、温湿度、照度を維持し、給飼水及び排泄物の処理を行う装置を開発する必要がある。宇宙船に搭載する場合は、特に給飼水と排泄物の処理に重点を置いて開発する必要がある。

植物についても、ほぼ同様の装置を開発する必要があるが、植物においては照度と給肥水とに注意する必要がある。長期生物実験のための生物実験衛星の必要性については3.実施課題ですでに述べたが、この開発に当たっては、人間の生命維持装置に準じて動植物飼育装置システムを開発する必要がある。

ウ、各種実験機器

具体的に各課題ごとに固有の実験機器及び計測機器が必要になるが、ライフサイエンス分野では比較的共通に用いられる機器が多い。これらは宇宙用として開発するか、ないしは既存の機器の改造が必要であるが、一般には軽量化、小型化、簡易化等がその基本である。海外ですでに開発済みの共通機器については購入等により有効利用を図ることも望ましい。

エ、生体試料保存装置

生体の活性は一般に温度に敏感であり、生体試料の温度を低温(0℃～5℃)に保存することが望ましい。従って打上げ時と帰還時における宇宙船の温度変動を避けることのできるような生体試料保存装置が必要である。一部試料は超低温(-50℃以下)に保存することも必要であるが、宇宙船の飛行プロフィール及びインターフェースに留意する必要がある。

オ、地上モックアップ実験室

宇宙空間においては限られた塔乗員で数多くの実験を行わなければならないことが予想されるので、地上においてモックアップにより、機器操作の習熟、機器及び装置の改良並びに故障対策を行っておく必要がある。

カ、生物実験所、工場、病院、育種栽培センター

応用技術の研究開発及び長期生物実験を目的とした宇宙生物実験所の建設が必要であり、更に将来は宇宙生物工学工場、病院及び植物育種栽培センターの建設を考える必要がある。

キ、低Gロケットの提供

生物種によっては高い加速度に耐えられないものもあるので、打上げ、再突入の影響をあらかじめ十分検討する必要があるほか、生物実験のために低Gロケットが提供される必要がある。

(2) ソフトウェア

ア、ライフサイエンス分野においては、実験の自動化が比較的困難なものが多いと同時に、またその実験操作があらかじめ予定された実験手順どおりに展開しないことも多い。更に過去の各種のデータと照合しながら実験を行ったり、あるいは健康管理を行ったりすることが予想されるので、地上との音声交信システム、CRTを用いるデータ送信システム、データバンクなどを整備する必要がある。

イ、ランデブ・ドッキング及び回収技術

救助、長期生物実験衛星回収などにおいては、他の分野同様ランデブ・ドッキング及び衛星回収技術を確立する必要がある。

ウ、各種実験技術

ライフサイエンス実験は自動化が困難なものが多いのがその特徴である。有人操作が増加すれば、実験個人差も増加すると考えられるので、実験技術の訓練を行う必要がある、また塔乗技術者の養成が望まれる。また動物個体の手術から微生物の分離など、極めて広範囲の実験が行われる可能性があるが、個々の実験技術相互の近縁性、類似性を考慮し、あわせて実験機器面からの共通性も考慮して、各飛行ごとの課題の組合を決める必要がある。

5 自主開発／国際協力

宇宙開発に関するライフサイエンス分野の活動は、我が国は極めて経験が浅いので、当面は国際協力により、特にスペース・シャトル計画への参加等を通じ、諸外国との研究開発水準のギャップを埋めることが望ましい。国際協力を行うに際しては諸外国と対等あるいはそれ以上のレベルにある技術を持って行うことが望ましい。一般のライフサイエンス分野においては、我が国の研究水準がかなり国際的にも高いと見なせる分野もあり、それに該当する基礎医学、生物学などの特定の分野においては諸外国に対し主導的な立場で研究計画を進めることも可能である。

ライフサイエンス分野の実験は完全な自動化が困難であるものが多いことを考慮し、1990年ころまでは主にスペース・シャトルを利用し有人による実験を進めることが望ましい。また、各種の実験機器、装置、モジュール等を開発することとし、これらを国際協力による実験から使用し始めていくことが適

当であろう。1990年以降は遂次、我が国独自の計画を実施することも考慮し、応用技術の開発と実施については1995年以降、独自のミッションを実施していくことが望ましい。その時点以降においても、国際協力が有効である、有人サポートシステムの分野やその他の分野の開発も予想されるので、基本的には自主開発と国際協力の二本立てを前提にすることが妥当であろう。

6 解決すべき問題点

(1) 現在、我が国においては有人サポートシステムの研究開発を行う体制が全く整っていないのでこの体制を早期に確立していく必要がある。

(2) 我が国の宇宙ライフサイエンス分野の研究開発は、未だ経験が浅く、また研究者数も少ない。一般のライフサイエンス関連の研究者、技術者の宇宙分野への関心を広く喚起することにより、早急に欧米諸国のレベルに到達し、我が国の科学技術水準の向上と国際的な応分の寄与をする必要がある。

(3) 宇宙実験に先立ち、地上における予備実験を十分積み重ね、地上で収集すべきデータはできる限り地上で獲得しておくことが効率的な研究開発を推進する上で重要である。また宇宙実験と平行した地上実験が必要となる場合が想定されるので、対照実験としての有意性を持たせるための十分な地上実験と、双方の実験成果のリアルタイム交信による実験の比較検討などがなされるよう配慮する必要がある。また、こうした実験の組立と実施を可能にするような体制や設備等を整備する必要がある。

(4) 以上述べてきた観点から、我が国として総合的にライフサイエンス実験計画を組み効率的に実験を推進する必要があるので、医学、心理学、生物学、人間工学等の人材の確保、系統的な研究推進に必要な組織の確立及びコーディネーション機能の開発を早急に行う必要がある。

7. 開発スケジュール表

事項	年	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年
(1) 有人サポートシステムの開発		予備的研究と国際協力	研究開発及び製作	確認	第1段階実用化	実用化と改良
ア 訓練方法の開発改良		第1次開発 シャトル搭乗員の 選択・訓練	シャトル/ラブ・データの獲得 地上訓練法の開発 シミュレーター改良	独自の方法の確立	実用飛行データ獲得 実施と改良	実施と改良
イ 有人飛行技術					実用飛行(シャトル搭載) 改良と確認(ポストH-1ロケット)	実用飛行(ポストH-1ロケット)
③ 生命維持装置		研究開発	開発と設計	製作	確認	長期大型用開発 実用化
③ 健康管理 その他		国際協力	シャトル/ラブ・データ収集 と改良、開発(一部実用化)	第2次開発 実用化と改良	実用化 長期滞在のための開発	実用化
ウ 有人飛行の医学・生物学		国際協力 地上実験と準備	シャトル/ラブによる基礎実験 (協力) シャトル借切りの応用実験 地上での応用開発	基礎科学 独自の応用研究	独自の研究開発	生物実験所 実用化
(2) 宇宙環境を利用したライフサイエンス						
ア 基礎科学						
④ 細胞		地上予備実験	シャトル利用(国際協力)	独自の研究		
⑤ 動植物生理・遺伝				国際協力		
⑥ 生物リズム						
⑦ 長期実験		生物衛星開発製作	確認	生物衛星による実験		生物実験所
イ 応用技術						
⑧ 生物工学		地上予備実験 準備	実験	応用開発 一部地上開発 地上での開発	第二次開発 開発の実用化試験 独自の開発	工場 長期実験 育種センター 長期実験
⑨ 育種						
⑩ 宇宙病院				一般医療技術開発	計画の検討	宇宙病院