

# 有人宇宙活動技術の研究

Technology Research for Supporting Manned Space Activity  
 宇宙先進技術研究グループ(Advanced Space Technology Research Group)  
 大西 充、小口美津夫、吉原 正一、桜井誠人、星野 健、大森克徳  
 Mitsuru Ohnishi, Mitsuo Oguchi, Shoichi Yoshihara,  
 Masato Sakurai, Takeshi Hoshino and Katsunori Ohmori

## Abstract

On April 2005, JAXA released its long-term vision "JAXA 2025." The vision includes the roadmap toward 2025 in the area of manned space activity. Life-support-system technology is considered as one of the potential key technologies for these activities. Preceding the vision, the Institute of Aerospace Technology initiated an informal working group to study the future possibility of Japanese life-support-system technology on September 2004. Based on the discussion done by this working group, we categorized our research activities as 1) Research of life support systems, 2) R & D of next generation life support components, 3) R & D of next generation+ life support components, 4) Research of ultimate life support components. These activities are briefly introduced.

## 1. はじめに

JAXA長期ビジョンに従い、JAXAが進めようとしている我が国独自の有人宇宙活動にとって、生命維持技術はキー技術である。技術認識として、我が国の現用の生命維持宇宙技術は米露に大幅に遅れている。ただし、食料の再生を含む次々世代の地上技術では、我が国の財団法人環境科学技術研究所が世界最先端の技術を有しており、世界の注目を集めている。欧米は、輸送量の削減を図るために空気・水の再生率を向上させた次世代技術を目指しており、ISSでの実証の機会を伺っているが、NASAは次世代技術の一部をISSで実用化することを断念するなど、次世代技術のレベルでは、我が国は現用技術ほどの差は無い。

よって、有人宇宙システムセクションでは下記のように次世代以降の技術にバランス良く研究資源を投資し、有効な研究開発を実施することとしている。

### ○生命維持システムの研究

次世代技術と次世代+技術の連携、移行を効率的に行える、我が国に有用な生命維持システムを提案する。

### ○次世代生命維持要素技術の研究開発

空気・水の再生率向上を目指した空気再生系、水再生系サブシステムの基盤的研究開発を実施し、地上でサブシステムを構築する。

### ○次世代+生命維持要素技術の研究開発

空気・水の再生率をさらに向上させ、廃棄物の削減を目指す、空気再生系、水再生系、廃棄物処理系技術の基盤的・基盤的研究開発を実施する。

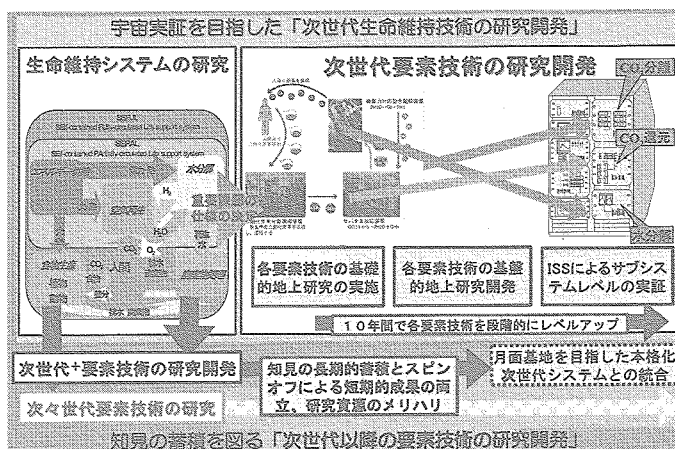


Fig. 1 Stepwise R & D of life support system.

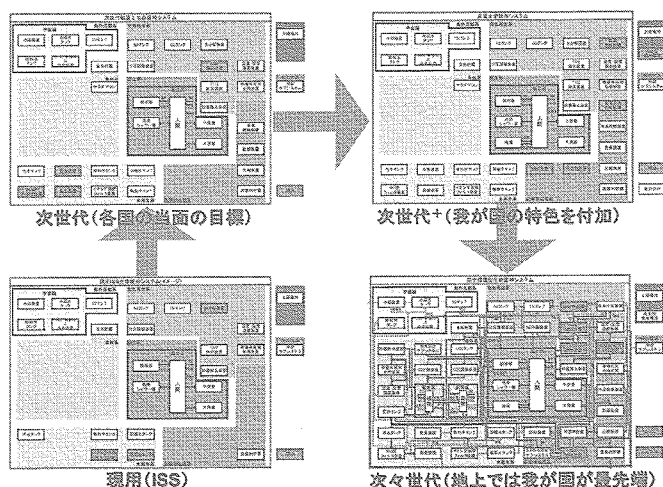


Fig. 2 Prediction of advanced life support systems.

○次々世代生命維持要素技術の研究  
地上技術と連携し、食料の再生を目的とする食料供給系技術に関し、調査を主体とした基礎的研究を実施する。

本稿では以上を簡単に紹介する。

## 2. 研究の概要

生命維持システムを研究開発のフェーズにより、下記に分類して研究を行っている。

### ○生命維持システムの研究

- ・全体システムの構成、仕様等の検討
- ・輸送系・宇宙服への応用の検討
- ・共同研究等による研究開発体制の整備
- ・実用化に近い技術の内外資金による実施（企業からの受託研究）
- ・内外の要請によるJEM利用研究の実施

### ○次世代要素技術の研究開発

- ・空気再生系・水再生系コンポーネントの研究開発、サブシステム化
- ・各要素装置小型化・高効率化の検討

### ○次世代+要素技術の研究開発

- ・各サブシステムの要素装置の研究開発
- ・各要素装置小型化・高効率化の検討

### ○次々世代要素技術の研究

- ・水棲生物飼育装置の検討

Fig. 1 に、生命維持技術の段階的な研究開発の全体像を示す。

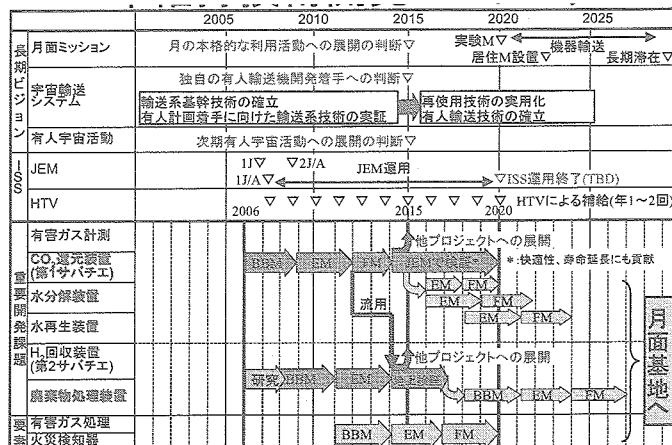


Fig. 3 R & D roadmap of life support components.

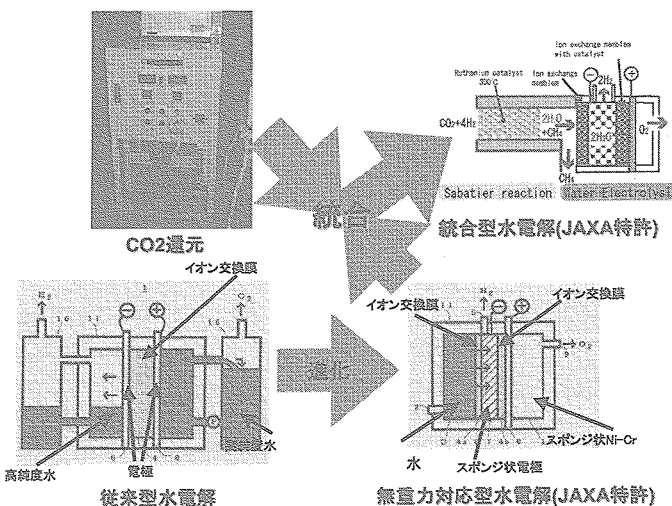


Fig. 4 Integrated air revitalization subsystem.

## 3. 成果の概要

### 3. 1 生命維持システムの研究

上述の「生命維持システムの研究」として研究資源管理の観点から、企業からの受託研究および、JEM 関連の研究を含めているが、「生命維持システムの研究」そのものではないため、成果では別途まとめている。

#### ○オールジャパン体制の構築

平成16年9月に総合技術研究本部内に非公式に設置された生命維持技術WGを主催し、世界的な技術動向の整理、技術ロードマップの作成等を実施した。Fig. 2 に今後必要となるコンポーネント開発の指針とするため、当該WGで平成17年度に検討した究極の生命維持システム(次々世代)と、現用との間で構築すべき次世代以降のシステムの想定を示す。

オールジャパン体制を具体的に構築するため、環境科学技術研究所との共同研究の継続し、MHI 殿との空気再生系に関する共同研究に着手し、生態工学会との協力で、平成18年4月に「環境制御・生命維持技術に関するワークショップ」を共催した。

JAXA 内部への対応として基幹本部有人宇宙環境利用プログラムのECLSSワーキンググループに参加し、生命維持技術開発ロードマップ作成(Fig. 3 参照)に協力、また、宇宙輸送プログラムの有人宇宙輸送に関する検討会に参加した。さらに、国際的な対応としてNASA、ESAなどの各国生命維持関連組織で構成する国際先端生命維持ワーキンググループ(IALSWG)に参加し、情報交換を行った。

#### ○エネルギー供給技術の検討

月面有人拠点においては、これまでに無い大電力が必要であり、深宇宙探査では太陽電池が使用

できないなど、長期ビジョンの実現には、新たな熱源・電源システムの開発が必要となる。スターリングエンジンの研究開発で培った知見を基に簡単な検討を行い、JAXA内部のエネルギー専門家間で情報交換を行った。平成18年度から今後の宇宙探査ミッションで必要とされている各種規模の熱源・電源について、各種エネルギー源を用いた場合のシステム検討と必要な研究開発要素の明確化を行う予定である。有人宇宙活動を支える別のキー技術として、今後研究開発シナリオの策定、オールジャパン体制等の構築、研究開発の着手が必要となるであろう。

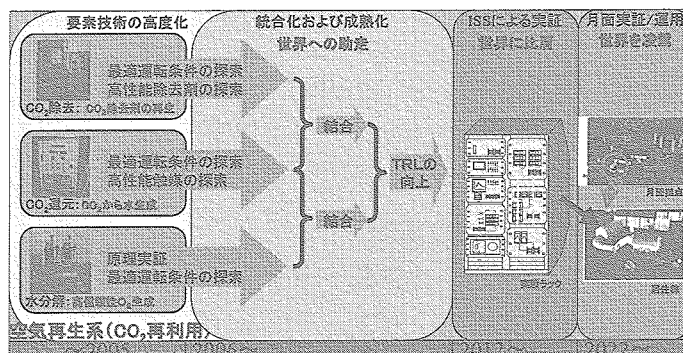


Fig. 5 Integration steps of air revitalization subsystem.

### 3.2 次世代生命維持要素技術の研究開発

空気再生系を構成する水分解コンポーネントは、水から酸素を生成する装置であるため、通常は気液分離を要し、仕組みを複雑化させる要因となっている。そこでJAXAの独自技術として気液分離を要せず、高信頼性が可能な水分解手法を考案し、その基礎的な特性の把握に努めている。この手法によればCO<sub>2</sub>還元コンポーネントとの統合が原理的に可能であり、基礎的な実験を実施している。水分解コンポーネントは、航空宇宙用に研究されている再生型燃料電池の主要コンポーネントでもあり、また、水分解コンポーネント内の反応は酸素富化、除湿等に使えることが知られており、宇宙技術としても種々の応用が可能で総研本部のバーゲニングパワーに寄与すると考えられる。

他方で、空気再生系サブシステムの研究は各国との競争状態にあり、確実な研究開発も求められており、コンポーネントレベルで優位に立つことは難しい。このため、サブシステムを早急に構築する手段として、多大な知見を有するMHI殿と共同研究を行い、具体的なオールジャパン体制の手始めとすることとした。Fig.5に統合のステップを示すが、現在MHI殿はCO<sub>2</sub>除去およびCO<sub>2</sub>還元コンポーネント、有人宇宙システムセクションは水分解コンポーネントを分担することで合意し、平成17年度にCO<sub>2</sub>除去が完成、予備試験を実施している。有人宇宙システムセクションは平成18年度に水の利用率を向上させた水分解コンポーネントを製作する予定。MHI殿はCO<sub>2</sub>還元コンポーネントを製作し、平成18年度中に統合試験を実施する予定である。

### 3.4 次世代+生命維持要素技術の研究開発

廃棄物処理系サブシステムの研究開発として、JAXA特許を用いて製作された原理実証機を平成18年度以降に稼働させる準備を行うとともに装置のランニングコストを低減するため触媒を使わずに分解する条件や分解温度を低下させる条件を探索し、下記が得られた。

- ・触媒なしの分解率は65%以上は確保できるが、不純物が多く、触媒分解は必須
- ・分解温度を下げると、触媒を使っても分解率は60%程度。分解率を90%以上確保するためには、分解温度は270℃は必要。

また宇宙用として必須のサブシステムの小型化に関し、キーとなる部品の検討を行い、小型の高圧スラリーポンプの開発が不可欠であることを見出した。

### 3.5 次々世代生命維持要素技術の研究

食料供給系サブシステムの研究として、環境科学技術研究所「生物圏物質循環総合実験調査」や、ISAS宇宙環境利用科学系山下教授が主催する「宇宙農業構想WG」などに参加し、情報収集を図りながら、作物生産に付

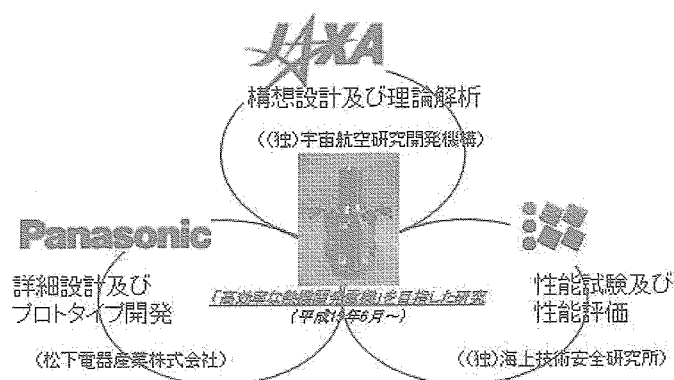


Fig. 6 Assigns of collaboration.

随する非可食部を処理するため、水棲生物(スクミリンゴガイ)の餌として用い、動物性蛋白質生産にも役立てることを提案しているが、平成17年度はスクミリンゴガイ用途拡大のため、調味料製造に関する調査を行った。

### 3.6 その他の研究

#### 3.6.1 民間への波及：スターリングエンジンの研究

太陽エネルギーを利用して、熱、光、電力などのエネルギーを他の生命維持サブシステムに供給する手法としてスターリングエンジンの研究を行っている。平成14年にフリーピストン型では日本初の自立運転を達成して以来、委託研究等の要請が相次ぎ、平成16年度には、松下電器産業株式会社、海上技術安全研究所と共同研究 (Fig.6) を実施し、この共同研究の成果を元に、松下電器産業株式会社が、スターリングエンジン実用化を目指すベンチャー企業「株式会社eスター」を平成17年4月に設立した。その後、eスターの「セラミックス製熱交換器と新形式リニア発電機を用いた次世代エンジンの開発」がNEDOの「エネルギー使用合理化技術戦略的開発 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発」のテーマの一つとして採択され、eスターから本研究開発の一部を受託している。

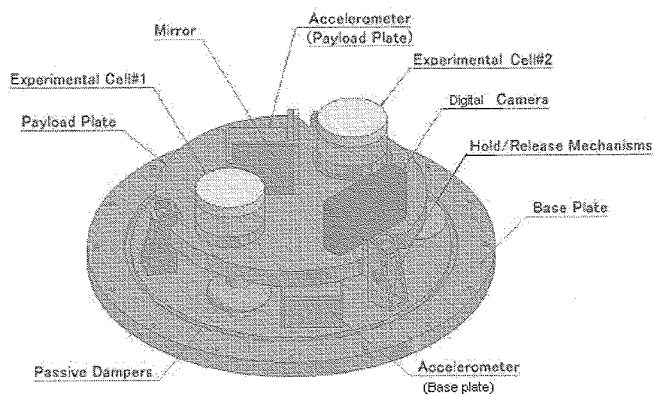


Fig. 7 Concept of experimental setup.

#### 3.6.2 他本部プロジェクトの支援：宇宙機内における大域的対流・拡散現象に関する研究

宇宙実験を多様な手法で実施するための先導的な役割を担うため、汎用的な宇宙実験の概念を I S A S 宇宙環境利用科学系が進める研究班 WG 公募に平成16年に提案し、採択された。専門家による研究班を組織し、宇宙実験の準備を行っている。

従来宇宙環境では無重力状態だと考えられていたが、現実には g-ジッターが存在している。本研究は、無重力環境下と g-ジッター環境下での流体现象の正確な対比を得る事を目的とし、下記3実験を実施候補とした。

- ①電解発色法による拡散現象観察実験
- ②温度勾配下での電解発色法による拡散現象観察実験
- ③細線まわりの沸騰現象と電解発色法による拡散現象観察実験

この実験を実現するため、平成17年度に Fig. 7 に示す装置を用いる実験を I S A S 宇宙環境利用科学委員会に提案し、中国回収衛星を利用した日中科学協力のテーマとして採択された。しかし、その後、中国側が提供出来るリソースが日本側予想より小さいことが判明し、まず、沸騰実験実施を断念した。その後さらにリソースが小さいことが判明し、実験をそれに無理矢理適合させたとしても科学的成果が望めないため、実験自体を断念することとした。

### 4. まとめ

有人宇宙活動技術の研究を概観した。この技術は大変多岐にわたる分野を背景としている上、それぞれが息の長い研究開発を要している。このため、今後も所内外の競争的研究資金の獲得を目指し、外部機関との積極的な連携に努め、短期的な成果も達成しながら、研究水準の維持に努めたいと考えている。特に次世代生命維持システムに関わる技術は J A X A 独自技術として実用に近い位置にあり、一部は一般的な製品となる可能性もある。他方、宇宙での実用に向けた最初の大きなマイルストーンとして小型衛星、HTV、国際宇宙ステーション等を用いた宇宙技術実証を目指しており、宇宙用・一般用のバランスを取りながら研究開発を進めたい。