国際宇宙ステーション特別部会 - 中間とりまとめー

平 成 2 2 年 6 月 宇 宙 開 発 委 員 会 国際宇宙ステーション特別部会

<u>目次</u>

	はじめに	1
Π.	国際宇宙ステーション(ISS)計画の今日的意義と課題	2
	A. ISS・「きぼう」の利用	2
	(1)待望の「きぼう」完成と利用可能性	4
	(2)今後の ISS・「きぼう」利用の方向性	5
	(3)ISS・「きぼう」の本格的な利用時代における JAXA の役割	6
	(4)「きぼう」利用のシステム改革	6
	(5)アジア諸国との科学技術外交・宇宙外交における「きぼう」利用の	
	積極的活用	7
	B. 有人宇宙技術·宇宙探査	8
	(1)総論	8
	(2)HTVを含む宇宙輸送技術の発展	9
	(3)ISS を活用した有人宇宙技術の実証	10
	C. 宇宙関連産業振興	11
	(1)ISS 参加による産業育成上の成果	11
	(2)国内宇宙産業振興上の課題	12
	D. 青少年の教育·啓発への貢献	13
	E. 国際協力・安全保障・外交の観点	15
ш	2016 年以降の運用継続について	17
ш.	(1)結論	17
	(2)運用コストの効率化と成果の最大化	18
	(3)我が国の将来にとっての戦略的アプローチの必要性	
		20
IV.	おわりに	21
	別表1:期待される ISS の潜在的利用項目	22
	別表2:将来の有人宇宙開発に必要な技術領域と我が国の方向性	
	参考1:これまでの成果の例	24
	参考2:国際宇宙ステーション特別部会の設置について	
	参考3:国際宇宙ステーション(ISS)特別部会審議経過	28
	参考4:中間とりまとめ概要	29
	巻末付録	

I. はじめに

国際宇宙ステーション(ISS)計画は、計画提唱から四半世紀を経て、間もなく完成の時期を迎えようとしている。ISS 計画における日本の提供要素であり、我が国初の有人宇宙施設でもある日本実験棟「きぼう」は、2008 年3月より3回に分けてスペースシャトルにて打ち上げられ、2009 年7月に完成し、本格的な利用段階に入ったところである。

また、2009 年9月には、日本の開発した宇宙ステーション補給機(HTV)の技術 実証機がH-IIBロケット試験機にて打ち上げられ、ISSへの物資補給ミッションに成功した。

ISS の運用については、その主要な役割を担う米国としては、ブッシュ前政権において2015年度予算までの運用にとどまっていたため、参加各極間で調整されている運用計画も2015年までのものとなっていた。

オバマ大統領は、本年2月に米国議会に提出された 2011 予算年度予算案において、少なくとも 2020 年まで運用を継続し、国の研究施設として活用することを表明した。

これを受けて、米国航空宇宙局(NASA)は ISS 計画参加各極に対し、早期に政府間での合意を形成するよう要請した。実施機関レベルでも、3月11日に日本で開催された ISS 計画参加各極の宇宙機関長会議において、2016 年以降の運用継続に向けた方針を確認し、今後各政府内で合意をとるための必要な手続きを踏んで行くことを共同声明として発表した。

上記の国際的な動向を踏まえ、我が国としても2016年以降のISS運用に関する考え方を明確化し、できる限り早期に政府としての判断を行う必要がある。

その判断に当たり、ISS 計画を所管する文部科学省としての考え方を明確にする必要があるため、文部科学大臣の要請に基づき、宇宙開発委員会は国際宇宙ステーション特別部会(以後、「ISS 特別部会」)を設置した。(参考2)

調査審議に当たっては、成果を科学技術・イノベーション、国際協力、教育的効果、運用コスト等多面的な観点から、限りある予算により最大限の成果・効果を出しているかについて、過去、現在、将来にわたる時間軸も入れて議論を行った。

本報告書は、2010年4月~6月に実施された ISS 特別部会での議論を中間報告 としてとりまとめたものである。

II. 国際宇宙ステーション(ISS)計画の今日的意義と課題

国際宇宙ステーション(ISS)は、計画提唱から四半世紀を経て、その完成を迎えようとしている。この間、2度のスペースシャトルの事故など、様々な技術的困難に直面したが、その度に、参加5極15カ国が力を合わせて乗り越え、人類史上、比類のない規模の平和目的の科学技術プロジェクトを遂行し続けてきた。ISS は今や国際協調を可視化した平和のシンボルとしても貴重な人類全体の財産と言える。

これまでの経緯を振り返れば、人類は、崇高な目標を掲げ、多くの人達の夢や思いを結集させれば、如何なる困難も克服できるということを証明していると言える。 ISS から見た地球には国境線は引かれておらず、ISS の中も外も宇宙には国境がない。ISS 計画のオリジナルメンバーである日本は参加各極とともに、人類史上に残る傑出した財産である ISS を、人類や地球のために最大限活用し、成果を還元していく使命を負っている。

こうした崇高な目標や多くの関係者の努力を無にせず、さらに ISS 計画が持つ潜在的な価値を引き出すために、我が国としての参加の意義や課題を以下のとおり分析し、今後の対応を考える上での道標としたい。

【A. ISS・「きぼう」の利用】

【所見】

「きぼう」の完成のためのこれまでの大きな投資と、今後それを維持するための投資は厳しい財政事情の中での限られた選択とならざるを得ない。しかし、もし ISS の利用に必要な投資が不十分となれば、これまでの日本の投資は活かされないことになる。そこで、まずは利用の成果について審議を進めた。

これまでの軌道上実験の成果については、「きぼう」の本格利用開始後1年程度であり、将来につながる興味ある成果(タンパク質結晶生成や予防医学等)が生まれている分野もあるが、全体としての評価は時期尚早である。

本部会では、「きぼう」の完成と HTV 等による輸送利便の向上という新たな利用環境を前提に、さらに大きな成果を生むためには使い易さを改善した以下のような利用環境の提供が必要と認識して審議を進めた。

- 1) 技術実証試験台(Engineering Test Bed)
- 2) 軌道上実験室(National Laboratory)
- 3) 地球的・人類的課題に資する利用環境

以上の新たな ISS 利用環境の下で期待される成果について議論した結果、地上実験だけでは得られない大きな成果が得られるとの結論を得た。

【提言】

新たな ISS 利用環境の下では、有人宇宙飛行に必要な宇宙医学に加え、幅 広い分野で地上実験だけでは困難である波及効果の大きな成果が生まれること が期待される(別表1)。

技術実証試験台については、曝露部と有人操作の特性を活かし、地上実験と連携・呼応した実験、地球・宇宙観測或いは衛星搭載機器の予備実験、有人・無人宇宙探査のための基礎技術の実証の場として ISS を活用するもので、今後、利用希望の拡大が期待される(詳細はB項参照)。使い易さを向上するための追加的な技術開発も必要である。

軌道上実験室については、国の「軌道上の最先端大型研究施設」として、研究者・利用者の挑戦的な基礎研究或いはイノベーションにつながるテーマの提案を幅広く喚起し、テーマ選定プロセスを利用コミュニティーに主体性を持たせた透明性のある仕組みとすることを原則とし、その評価(事前、中間、事後、知識移転)のための新たな枠組みを検討していく。

また、有人により可能となる目視(火の見櫓、アナログ回帰)機能は、地球環境の突発的な変化の監視などにも役立つと期待されるが、このような新しい利用法も考慮しつつ、地球的・人類的課題の解決のための国際協調プログラム等を進めることにより、これまで認知されなかった意義ある成果が期待できる。

学界、産業界並びに社会への波及効果の大きな世界に誇れる研究・技術開発を進めるには、優れた研究者・技術者を引きつけ、彼らの能力が十分発揮されるような支援環境の提供が必要である。

今後 ISS で展開される国際競争の中で高い評価が得られる成果を創出するには、制約の多い宇宙実験において最大限効率的かつ効果的に実験を行うために、地上での入念な準備への支援が必要である。そのための研究費確保については、JAXA 内での ISS 利用経費の効率的使用の努力に加え、外部機関からの競争的資金(グラント、ファンディング)を含む資金の効果的投入も必要である。

ISS の利用者は、サンプルの地上回収を強く望んでいる。より大きな利用効果

を上げるためには、HTV の回収機能の付加に早急に着手すべきである。 また、ISS 計画への参加継続は、良好な国際関係の可視化への貢献に加え、 国益を配慮した宇宙外交戦略における手段(アジア諸国に開かれた ISS へのゲートウェイ等)としても有効である。

(1)待望の「きぼう」完成と利用可能性

○ ISS・「きぼう」は、地上では得ることのできない重力の影響が非常に小さい静かな環境、半恒久的に得られる宇宙空間への曝露環境、宇宙飛行士による軌道上での柔軟な支援等により、以下のような様々な分野での利用の可能性を有する軌道上施設として、2009 年7月に待望の完成の時を迎えた。

(ライフサイエンス分野)

- ▶ 地上では実現不可能な高品質タンパク質結晶生成による創薬への応用
- 生命科学(遺伝子発現への重力や放射線の影響、細胞内重力感受機構の解明など)
- 宇宙医学(閉鎖環境、骨量減少、遠隔医療、放射線防護など)

(材料分野)

新材料開発(ナノ材料、高融点材料など)

(地球観測)

地球観測プラットフォーム(災害監視、衛星データ補完、新規観測装置の 実証など)

(宇宙科学)

> 宇宙科学の研究拠点(全天観測、高エネルギー物理など)

(宇宙技術実証)

- 将来の有人宇宙活動に必要な基盤技術の習得
- ▶ 長期間の実験を宇宙飛行士による様々な支援の下に実施
- 特に、常時、人が滞在していることの利点(修理・調整などの複雑な軌道上サービスが得られること、人間の目により地球や宇宙を観察・監視できること等)、豊富なインフラ・リソース(電力、通信容量、各極の打上げ手段による頻繁な打上げ機会等)が得られることなどにより、初めての「軌道上の最先端大型研究施設」として、これまでのスペースシャトルでの宇宙実験や無人の宇宙システムでは実現困難であった実験やミッションが可能となるなど、その潜在的な能力が徐々に発揮され始め、タンパク質結晶生成や予防医学などの分野では大きな成果を上げつつある。(参考1:これまでの成果の例)

- しかしながら、以下のような状況や制約から、地上実験や人工衛星など他の手段により得られる研究環境との比較において必ずしも最適かつ有効な実験手段とは言えない面もあることは否めず、利用拡大には制約や克服すべき課題が数多く存在していることも認識。
 - ▶ 有人宇宙施設に特有の厳格な安全性確保や実験装置の開発等によるコストの高さやリードタイムの長さ
 - ▶ 有人宇宙活動に起因する振動によるじょう乱や軌道特性による環境制約
 - ▶ 分野や研究課題によっては、地上と比較して微小重力環境が著しい優位性 を発揮する課題が限定的
 - スペースシャトル退役後、当面の間、サンプルの回収手段がソユーズのみとなり、回収能力が著しく低下

(2)今後のISS・「きぼう」利用の方向性

- 今後の ISS・「きぼう」利用については、以下のカテゴリーに分けて扱うことが必要。
 - ① 宇宙開発利用にとって必要不可欠な課題(先端的な宇宙技術実証、地球観測、災害監視等)
 - ② 科学技術・イノベーションのための先端研究施設としての利用課題
 - ③ 地球的・人類的課題に資する利用課題
- ①の「宇宙開発利用にとって必要不可欠な課題」については、国としての長期 的な宇宙開発戦略に従った利用を行っていくことが必要。
- ○②の「科学技術・イノベーションのための先端研究施設」としての利用課題については、(4)に述べる利用システムの改革の中で、研究者の側に主体性を持たせた利用の仕組みに移行し、成果の出口についても研究者の視点で設定されることが必要。その場合、成果の出口は、「きぼう」の施設としての特性や利点を最大限に活かし、社会的・産業的な利益に直結するもののみならず、より根源的・基礎的であり学術的にも産業的にも波及効果の高いものとなる可能性もあることに留意。
- ③「地球的・人類的課題に資する利用課題」については、ISS を人類共通の資産として、地球的・人類的課題(食糧問題、地球環境問題、エネルギー問題、新興感染症問題など)の解決のために利用すべく、ISS 計画参加各極と協調した新たな利用の仕方を国際的に提案していく。

(3)ISS・「きぼう」の本格的な利用時代におけるJAXAの役割

- ○「きぼう」完成以前から現在に至るまでは、JAXA 自らが「きぼう」の持つ魅力を 広報し、興味を持つ研究者を重点的に支援し、その成果を知らしめて更なる利 用拡大を図る、「きぼう」利用開拓の過渡的時代と位置づけられる。
- しかし、「きぼう」が完成して利用が本格化した現在、さらに「きぼう」の利用が拡大し、優れた成果が持続的に生み出されていくためには、上述(2)の②に示した「科学技術・イノベーションのための先端研究施設」としての利用について、JAXAと研究者との役割を見直し、研究者の側が自らの研究テーマに最適な手段の一つとして「きぼう」を主体的に利用し、JAXAは施設管理・研究支援に徹する方式に段階的に移行していくべき。

(4)「きぼう」利用のシステム改革

- ○「科学技術・イノベーションのための先端研究施設」としての優れた利用成果が 継続的に生み出されるためには、どの分野においてもトップ・サイエンティスト (大学のみならず産業界を含む。)が一定規模のマスで存在するコミュニティー においてピア・レビューによって研究テーマが選定され、評価(事前、中間、事 後、知識移転)のシステムを内在させた透明性のある仕組みとすることで、学術 的な意味でも産業的な意味でも波及効果の高い優れた研究テーマが選定され ることが確保されるようなシステムを構築することが必要。
- 本年5月、理化学研究所(理研)とJAXAの協定が締結され、理研の研究者やその属するコミュニティーが主体的に「きぼう」利用の可能性を検討する取組が始まったところ。そこでの成果や課題を基に、従来の公募システムに加え、今後、理研以外の機関との提携の可能性や、「きぼう」を大型共用施設として運用する体制等を検討し、各分野で第一級の成果を上げている中核的研究機関が主体的に参加・利用できる仕組みを強化していくことを目指す。その結果、利用者コミュニティーの側で自律的に優れたテーマ選定がなされ、「きぼう」の利用が拡大していくことを期待。
- さらに、国際パートナーとの共同研究テーマを検討・調整することで、複数パートナーのリソースを持ち寄ることにより、国際的な頭脳の循環・結集による優れた成果の創出を目指す。

○ ただし、「きぼう」の利用が利用者側のニーズに牽引されて自律的拡大に向かうとしても、場所が宇宙であるが故に手軽な利用を阻む要因があるということを認識。その克服のためには、競争的資金も活用しつつ、宇宙実験実施までの地上における準備への支援体制を整備するなどの支援措置が必要。そのため、大学等が有する優れたアイデアやシーズを吸い上げ、「きぼう」での実験等への途を拓くことが必要であり、そのためのグラントをJAXAが配分することも検討すべき。また、利用者が使いやすく、かつ高度な実験が可能となる宇宙環境利用技術の開発も必要。

(5)アジア諸国との科学技術外交・宇宙外交における「きぼう」利用の積極的活用

- 我が国は、アジアの宇宙先進国で唯一の ISS 計画参加国であり、「アジア諸国に開かれた ISS へのゲートウェイ」である。アジア諸国にとって魅力的な宇宙開発の協力相手が日本以外にも現われてくる状況の中で、アジアにおいて日本が積極的な科学技術外交・宇宙外交を進めるためには、ISS 計画において築いた地位を最大限に活かす戦略が必要。
- そのため、アジアの研究者・研究機関による長期的かつ継続的な利用の拡大に向けた仕組みとして、海外の研究者の参加や交流のための拠点、アジア諸国の研究機関との協力関係の構築、アジア諸国による利用枠の設定などが必要。

【B. 有人宇宙技術·宇宙探查】

【所見】

- 1. A 項で指摘したように、ISS の利用成果拡大のためには、サンプルを地上に 持ち返るための回収機能を HTV に付与する必要がある。ISS 計画のパート ナーは HTV を高く評価しており、HTV の機能向上(モノとヒトの地上回収)を 期待している。
- 2. 宇宙開発戦略本部は、我が国独自の有人宇宙活動に繋がる技術基盤の構築が必要との方針を示しており、その中で、「HTV を活用した再突入技術の実証」を具体的に挙げている。
- 3. ISS 計画への参加を通じて宇宙開発技術の習得を戦略的に行うためには、 更なる長期的な展望・目標が必要である。有人ミッション、惑星探査等はその 有力な候補となる。

【提言】

- 1. HTV の地上回収機能付与のための本格検討に早期に着手する。
- 2. 国家基幹技術である HTV の発展を含む日本の宇宙輸送系の長期的な技術 開発戦略について、宇宙開発委員会に専門の部会を設置して、技術的観点 から検討を開始すべきである。
- 3. 更なる長期展望として、惑星探査(有人、無人)を含む宇宙開発のビジョンを 共有する雰囲気を醸成すべきである。

(1)総論

- HTV の打上げ・ISS 運用と並行し、単なる技術の改良や高度化にとどまらず、 新たな宇宙輸送系の検討や開発を行うことは、ポスト・ISS 計画をにらんだ新た な国際有人宇宙探査プログラムの構想が様々な場で議論され始めた昨今の状 況にかんがみれば、将来、我が国が国際的な議論の場において対等かつ主導 的な立場を確保するために不可欠。
- 特に、ISS 計画での貢献実績や責任分担に基づく継続的な活動は、将来の国際共同プログラムのミッション検討、技術的な標準や仕様、枠組み等のルール作りにおいて、我が国が発言力や主導力を発揮するのに欠かせないものとなる可能性が高い。
- ISS計画は日本の唯一の有人宇宙プログラムであるため、計画からの脱退は、

日本において有人宇宙プログラムを断念し、これまで「きぼう」や HTV の開発・ 運用で積み上げた有人宇宙技術を手放すことを意味する。

- 米国及びロシアは、圧倒的な技術力や経験を基に、今後も有人宇宙活動や宇宙探査活動において主導的な立場を維持していくものと考えられるが、既に有人輸送技術を保有する中国など新興国の台頭を踏まえれば、2020年以降の宇宙開発利用の勢力図において我が国が現在と同様の位置取りを確保できている保証はなく、むしろ危機感を持って、戦略的な技術開発を行っていくことが必要。
- 宇宙開発戦略本部は、本年5月25日に決定した「宇宙分野における重点施策について~ 我が国の成長をもたらす戦略的宇宙政策の推進 ~」において、『将来の我が国独自の有人宇宙活動につながる技術基盤の構築を目指し、これまで我が国が確立していない宇宙からの帰還技術など、我が国としての自律性の確保・向上を図る上で不可欠な技術についての研究開発を戦略的に進めていくことが重要である。具体的には、現在、国際宇宙ステーションへの物資の輸送・補給を担っている宇宙ステーション補給機(HTV)を活用した再突入技術の実証などが挙げられる。』との方針を示している。
- 宇宙開発担当大臣の下に置かれた「月探査に関する懇談会」では、有人宇宙活動への技術基盤構築の目標として、『2020 年頃までに、有人宇宙活動の根幹となる有人往還システムについて鍵となる要素技術等の基礎段階の研究開発に取り組み、実現の見通しを得る』との方向性が出されようとしている。また、同懇談会では、有人宇宙活動そのものについては検討範囲を越えるものとして本格的な検討は行っていないが、有人宇宙活動の在り方として、『巨額のコストがかかることから、我が国一国で取り組むことは非現実的であり、国際協力が必須となる』との見解が示されている。
- 将来の国際共同プログラムへの参加が具体化する段階においては、我が国としての惑星探査(有人、無人)を含む長期的な宇宙開発のビジョンを共有することが求められるが、当面の間、取り組むべきものとして、本特別部会での検討において認識された戦略的な技術開発の方向性や課題は以下のとおり。

(2)HTVを含む宇宙輸送系技術の発展

○ H-IIB/HTV は国家基幹技術の宇宙輸送システムの中核をなし、我が国の総合

的な安全保障や宇宙開発利用の自在性を維持する上で不可欠である。また、H-IIB/HTV は極めて高い信頼性をもって製造・運用する技術が要求され、幅広い分野に波及効果をもたらすとともに、その開発を通じ、世界をリードする人材育成にも資するものである。現在の ISS 計画関連予算約400億円のうち約250億円は、この H-IIB/HTV の調達・運用のための経費であり、我が国の宇宙開発利用の自在性維持に不可欠な宇宙輸送システム技術の蓄積・成熟化を、ISS計画への参加の中で果たしていることを十分に認識する必要がある。

- 昨年9月に初めて ISS への補給ミッションに成功した HTV は、国際的にも高い 評価を受けており、ISS 運用にとって不可欠な物資輸送手段となっているため、 今後も安定的な運用を行っていくことが非常に重要である。
- スペースシャトル退役後の地上への回収能力の著しい低下を考慮すると、HTV への回収機能の付加は、ISS の万全な運用体制維持の観点からも期待が高く、 早急に開発に着手し、早期に技術実証を行う必要がある。
- 更なる発展が期待される HTV を、将来の国際共同プログラムの検討において無視できない存在となり得るものに育て、有人宇宙技術の蓄積を図ることが、我が国の発言力や主導力の発揮に不可欠。このため、宇宙開発委員会の下に、HTV の発展を含む宇宙輸送系の長期的な技術開発戦略を検討するための場を設置し、技術的な観点から詳細に議論することが必要。

(3)ISSを活用した有人宇宙技術の実証

- 我が国は、これまで「きぼう」や HTV の開発により、有人宇宙技術体系における多くの技術を獲得してきた。今後は、未だ獲得できていない技術、更なる高度化や発展が必要な技術、要素技術を組み合わせた新たなシステムなど、将来の有人宇宙開発に必要な技術課題は多々ある中で、どのような技術実証を行っていくかについて、ポスト・ISS 計画も視野に入れ、将来の国際共同プログラムにおける我が国の技術優位性の確保、我が国独自の宇宙活動の拡大に不可欠な技術について、優先順位を明確にして取り組む必要がある。
- 今後 ISS 計画の中で優先的に獲得することが提案された技術課題は別表2の とおり。詳細な計画策定に当たっては、専門家による評価を行うことが必要。

【C. 宇宙関連産業振興】

【所見】

宇宙関連産業の経営者からのヒアリングにおいて明らかになった事項は、以下のとおり。

- 1) ISS 計画参加によりこれまで得られた成果と期待
 - (ア) 日本企業の技術力の海外へのアピール
 - (イ) 世界レベルの有人宇宙技術の獲得(関連企業数約650社以上)
 - (ウ) 開発された設計・解析・管理手法は他部門へも波及・活用
 - (エ) 優れた人材の採用と、国際協力・協働が出来る人材の育成
 - (オ) 技術先進国として国際的な規格作りに参画できる地位確保
- 2) ISS 計画への参加継続を要望
 - (ア) 厳しい生き残り競争下にある宇宙関連企業として、製造ラインと開発 要員を維持するには、国の調達の長期ビジョンが必要
 - (イ) 撤退となれば、優れた技術者と先端技術の散逸と、デバイス・部品に おける先端基盤技術を支えている国内中小企業の空洞化が危惧され る
 - (ウ) 海外から技術協力・技術移転の提案を受けている。当面の企業経営 維持のためには魅力がある一方、日本の産業力の低下につながる のではないかという懸念がある(生き残りと国益のジレンマ)

【提言】

宇宙関連産業は、現有の宇宙関連技術の維持・発展と、ISS 計画への参加を通じて生まれるイノベーションによる産業競争力強化を期待し、ISS 計画の継続に加え、ポスト・ISS 計画をもにらんだ新しい技術開発プログラムを強く希望しており、我が国の宇宙活動の自在性を維持する基幹技術の観点からも国として適時に対応することを要望する。

(1)ISS計画参加による産業育成上の成果

○ ロケットや宇宙機の継続的な打上げ・運用は、品質確保と技術の成熟化、中小企業を含む「ものづくり」力の維持、長期的な収入見通しによる企業の安定的な経営基盤の形成等、我が国の自在な宇宙活動の基盤形成に不可欠。ISS 計画における H-IIB/HTV による定期的な物資補給は、我が国の宇宙産業にとって既に欠くことのできない基盤の一部を構成。

- O ISS 計画への参加は、世界レベルの技術力のアピールや企業ブランドの向上 につながり、海外企業とのビジネスチャンスの創出をもたらす。
- 〇「きぼう」の開発・運用には約650社以上の国内企業が参画しており、国内宇宙 産業の育成に貢献。
- 海外の技術者との交流により、国際的なネットワーク作りを行い、国際感覚を備え、国際的な規格作りに参画できるレベルの技術者を育成することが可能となる。
- ○「きぼう」やHTVの開発を通じ、高い安全性と信頼性を要求される大規模システムの設計・解析・インテグレーション技術を獲得。

(2)国内宇宙産業振興上の課題

- 宇宙事業は、企業にとって長期にわたる多額の投資を要するため、ISS 計画や その後も含め、国の確固たるビジョンに基づき、長期的な安定した開発・製造計 画が見通せることが企業経営の観点で重要。
- 完成した技術の運用だけでは技術の進化・発展から取り残され、国としての自在性の確保の観点から、技術の発展のみならず次世代を担う技術者への技術継承が困難となる。そのため、ポスト・ISS 計画をもにらんだ新しい技術開発プログラムが必須。

【D. 青少年の教育·啓発への貢献】

【所見】

近年、我が国の将来を担う若者から「未知への好奇心・挑戦の意欲」、「開拓精神」、「先駆者精神」、「高い志」が喪失しつつあると危惧されている。他方、「きぼう」での宇宙飛行士の活躍や小惑星探査機「はやぶさ」の地球帰還達成を契機にそれらを認識させられた若者も多い。

日本国内の若者はもとより、アジア諸国をはじめとする非参加国の若者に対しても、「きぼう」や宇宙飛行士の活動を通じて得られる成果や体験を効果的に提供することにより、ISS は魅力ある「人材育成の舞台」として活用できる。

【提言】

未来を担う若者を鼓舞するためにも、ISS 計画参加の延長線上に、人類の夢である惑星探査(有人、無人)を含む宇宙へのビジョンを共有する雰囲気を醸成すべきである。

また、ISS という貴重な教材を、アジア諸国をはじめとする非参加国へも提供することで、国際貢献の手段として積極的に活用すべき。

- 〇日本人宇宙飛行士の活躍や情報発信により、青少年にとって生涯にわたって持続する夢や知的好奇心を育み、科学・技術・工学・数学(STEM)への関心の惹起と勉学への意欲向上に寄与することから、「きぼう」は未来を担う世代を育てる貴重な教育の舞台にもなる。
- 〇また、有人宇宙活動は、人間の持つ多彩な好奇心を刺激することのできる題材であり、青少年に対する教育・啓発効果のみならず、宇宙飛行士や技術者・研究者達が高い目標に挑戦する姿を通じ、国民に勇気や自信を与えるという意味でも社会的な波及効果の大きい活動である。
- 〇現在、日本人宇宙飛行士による軌道上からの交信イベントや全国各地での講演活動、一般からのアイデア募集による教育用映像の配信(「おもしろ宇宙実験」)、宇宙に持って行った植物種子の配布、筑波宇宙センターの各種施設展示など、有人宇宙活動に関連した様々な教育的活動が実施されている。
- 〇また、日本人宇宙飛行士は、多忙な作業時間の合間に、ISS での生活を紹介する映像を撮影するなど、一般の方々が宇宙に興味を持つきっかけを作るための

広報活動も精力的に行っている。

- 〇これらの貴重な素材を最大限活用することにより、科学技術創造立国を支える 人材の育成に大きく貢献できる。その際、若者を鼓舞するためにも、ISS 計画参 加の延長線上に、さらに将来的な惑星探査(有人、無人)等が見通されるという 意識を共有することが必要。
- また、ISS という限られた宇宙先進国しか手にすることのできない貴重な教材を、 アジア諸国をはじめとする非参加国へも提供することで、国際貢献(人材育成、 キャパシティ・ビルディングなど)の手段として活用することも必要であり、宇宙 外交、科学技術外交の中で積極的に活用していく。

【E. 国際協力・安全保障・外交の観点】

【所見】

- 1. 21世紀の世界では、国際的な影響力について軍事力、経済力に加え、知識 や共感力への比重が高まっていると指摘されている。
- 2. ISS 計画は、強い国際的な影響力(Presence)を持っている。
- 3. H-IIB/HTV の初打上げ成功への高い評価と高度化(地上回収)への期待がある。
- 4. 「きぼう」や HTV の構成部品・サブシステム(HTV の近傍通信システムや曝露部実験装置など)は、信頼性などの観点から高い評価を得、宇宙関連部品の国際市場でも注目を獲得。
- 5. 日本の宇宙飛行士の能力が高く評価されている。
- 6. 日本の宇宙技術は、安全保障上も有意な潜在的価値を持つ。
- 7. 日本は ISS 計画という国際協力プログラムに参加することで、外交の幅を広げることにも大きく貢献している。

【提言】

現在、日本の ISS 計画への参加は国際的な場での日本の強み(Strength)の可 視化に貢献している。仮に日本が ISS 計画から撤退するとなれば、当初はパート ナー国に混乱を与えようが、やがては競合他国の代替により混乱は克服され、結 果として日本の強みを失うとともに宇宙開発における日本の孤立が危惧される。

また、これまで築いてきた宇宙開発における国際的な影響力、特にアジアにおける先導性の低下は避けられない。

以上の理由により、ISS 計画の国際的な影響力(Presence)が維持されている限り、またそれを凌駕する代替策がない限り、ISS 計画から撤退することは国益にとって大きな損失となるので、慎重な判断をとるべきである。

また、ISS 計画への参加継続は、良好な国際関係の可視化への貢献に加え、国益を配慮した宇宙外交戦略における手段(アジア諸国に開かれた ISS へのゲートウェイ等)としても有効である。

○ ISS 計画への参加によって得られた国際的評価

- ▶ 国際的な共感や尊敬を得られる国際プロジェクトに知識・技術を持って参加・貢献していることによるプレゼンスは、21世紀の時代には、これまで以上に国際的な影響力を持つ。(「ソフトパワーの源泉」)
- ➤ 新興国の台頭などにより、これまでの主要国の相対的な地位が埋没しつつ

- ある中で(例:G8からG20の時代)、ISS計画の5極の一角を占めていることは重要な意味を持つ。
- ▶ H-IIB や HTV の成功は国際的にも高い評価を得ており、HTV の改良型(回収機能の付与等)には高い期待が寄せられている。こうした、ISS 計画への参加で得られた技術力は、結果として、安全保障上有意な潜在的価値を持つ。(「ハードパワー」への潜在的貢献)

○ ISS 計画への日本の貢献と宇宙外交・科学技術外交としての価値・評価

- ▶ 最も多機能な実験棟である「きぼう」の開発・運用、宇宙ステーション補給機 (HTV)による定常的な補給能力の提供、日本人宇宙飛行士の活躍による 「顔の見える貢献」が重要。
- ➤ 宇宙探査計画の国際的枠組み(ISECG)は、ISS 計画参加国を中心に議論 されているため、将来の国際有人宇宙探査プログラムにおいても発言権を 確保できる。

○ ISS 計画からの撤退による影響

- ▶ ISS 計画から日本が撤退した場合、日本が担ってきた負担が他国へ転嫁されることとなるため、ISS 運用に影響を与える。このことは、日本の国際的信頼の喪失につながり、現在の国際協力プログラムや将来の国際共同プログラムにおいて国際パートナーとして相手にされなくなる可能性が高くなる。
- ▶ また、アジア諸国をはじめとする宇宙開発の途上国にとって魅力的な宇宙 開発の協力相手が、日本以外にも現われてくる状況の中で、日本の存在 感は著しく低下することは必至である。
- ▶ したがって、ISS 計画からの撤退は、撤退による損失を相殺して余りある代替策を見出せない限り、外交的な損失が大きい。

Ⅲ. 2016 年以降の運用継続について

(1)結論

- O ISS 計画については、以下のとおり、2016 年以降も計画に参加していく意義が 認められる。
 - ▶ 「きぼう」の利用において、その拡大に向け制約や克服すべき課題が存在しているものの、初の「軌道上の最先端大型研究施設」としての潜在的能力を徐々に発揮し始め、タンパク質結晶生成や予防医学などの分野では大きな成果を上げつつある。今後、中核的な研究機関が主体的に参加・利用する仕組みを構築するなど、利用者が主体となった仕組みに移行することにより、一層優れた成果を上げていくことが見込まれる。
 - ➤ ISS 計画への参加で、H-IIB/HTV の継続的な打上げ・運用を行うことにより、 我が国の宇宙開発利用の自在性維持に不可欠な宇宙輸送システム技術 の蓄積・成熟化や宇宙産業の「ものづくり」力や経営基盤の維持・強化に大 きな役割を果たしている。
 - ▶ ISS 計画への参加によって、我が国の有人宇宙技術や運用経験の習得・向上が図られてきた。ポスト・ISS 計画をにらんだ将来の国際有人宇宙探査プログラムの議論においては、ISS 計画での貢献実績や責任分担に基づく継続的な活動が、我が国の発言力や主導力の発揮に欠かせないものとなっていく。特に、国際的にも高い評価を受けているHTVは、ISSの万全な運用体制確保の観点から、早急な開発着手が求められている回収機能の付加を含め、将来の国際共同プログラムの検討において無視できない存在となり得るものに育て、有人宇宙技術の蓄積を図って行くことが、我が国の発言力や主導力の発揮に不可欠である。
- 〇 他方、厳しい財政状況の中、ISS 計画のみならず、「はやぶさ」に代表される無人宇宙探査ミッションや、地球観測衛星による気候変動などの地球規模問題解決への貢献等を通じ、我が国の宇宙開発利用全体を円滑に進めていくことも同時に求められている。
- そのため、2016 年以降の ISS 運用については、可能な限り運用コストの効率 化を図りつつ、意義を達成するために必要なものへの「選択と集中」により成果 の最大化を図っていくことを条件に、下記(2)及び(3)を留意点として、運用継 続を前提とした具体的な計画について、国際間での調整を図っていくことが妥

当である。

(2)運用コストの効率化と成果の最大化

- 限りある予算を最大限有効に活用する観点から、「きぼう」や ISS の維持・運用 に関わる経費については、国際交渉による削減の努力も含め、可能な限り効率 化を図る。
- 〇 定常運用フェーズにおける日本の ISS 運用経費は年間400億円程度となって おり、その内訳を大別すると、
 - ①「きぼう」の運用管制や宇宙飛行士の訓練等の運用経費(約90億円)
 - (2)HTV 及び H-IIB ロケットの調達・運用経費(約250億円)
 - ③「きぼう」での実験等に係る利用経費(約60億円)

の3つになる。以下に述べるように、それぞれの特性に応じた効率化を図ること が必要。

【①「きぼう」の運用管制や宇宙飛行士の訓練等の運用経費】

- ▶「きぼう」の運用業務は、実験室としての能力を最大限に発揮するために不可欠な基盤的業務であるため、運用体制の効率化に当たっては、宇宙飛行士の安全性確保、「きぼう」の持続的運用、及び利用要求に対する柔軟性を損なうことのないよう、影響を慎重に見極めながら進めていくべきである。
- ➤ 運用要員の作業習熟度や世代交代といった現場の状況を十分に考慮しつ つ、段階的にコスト削減を図る必要がある。特に、ISS 計画の中核を担う NASA の運用経費と密接に連動していることから、国際パートナー間で整 合性を図りつつ、削減の余地を見極める必要がある。

【②HTV 及び H-IIB ロケットの調達・運用経費】

- ➤ ISS の共通システム運用経費の分担義務を果たすため、日本は HTV による物資輸送を実施しており、2009 年から 2015 年までは、技術実証機を含む計7機のHTVを、年1機ペースで打ち上げることが国際約束となっている。このため、現在は年間約250億円が HTV 及び H-IIB ロケットの調達・運用に充てられているが、これによって他国への資金拠出による義務の履行としてではなく、輸送系技術の蓄積や国内宇宙産業の育成を図るという効果がある。
- ▶ 2016年以降も運用を継続する場合には、引き続き、HTVによる物資輸送に

よって共通システム運用経費の分担義務を果たして行くことが想定されるため、HTV 及び H-IIB ロケットの調達・運用に当たっては、まとめ買い等によるコスト削減に努める。

- ⇒また、限りある予算の中で最大限効率的に新規技術を獲得するため、輸送 義務を果たすための H-IIB ロケット打上げ機会の中で、新規技術開発を同 時に行うことも追及する必要がある。
- ▶なお、共通システム運用経費分担の国際調整に当たっては、以下の留意点を踏まえて対応することが必要である。

~ 国際調整に当たっての留意点 ~

- ▶ まず、軌道上での物資リサイクルの徹底や地上運用体制の見直しなど、 国際パートナーが協調して共通システム運用経費全体の削減を行うよ う国際調整を行う必要がある。
- ▶ 日本は、日米了解覚書*において定義される割合に従って、共通的な ISS システム運用経費を分担する義務を負っており、それに応じた ISS の利用リソース(電力、宇宙飛行士の作業時間、自国宇宙飛行士搭乗 権等)を得ることができるため、日本が負うべき貢献割合についても、削 減ありきではなく、「今後どのように ISS を利用し、どのような成果創出 を狙って行くか」という国としての利用戦略に即した、我が国として必要 な利用リソース量を定量化することが必要。
- ▶ また、我が国が貢献割合を低減すると、その分の負担を他国へ転嫁することが不可避であるため、転嫁先となる国との国際調整が成立しないリスクや、当該国との関係が悪化するというリスクがあり、信頼されるパートナーとして責任ある行動が求められる。
- ➤ なお、HTV への回収機能の付加が実現された場合の国際分担のあり 方等についても、国際パートナー間で調整していく必要がある。

【③「きぼう」での実験等に係る利用経費】

限られた利用経費を効率的に活用し、成果を最大化させるため、下記の方策を推進していく。

- ▶ 中核的研究機関が主体的に参加・利用できる利用者主体の利用体制への 移行を図る。(Ⅱ章A項(4)参照)
- ▶ これまでの「きぼう」利用は、「きぼう」の可能性を拡げるという方針で、多様な分野にわたる実験を行ってきた。今後は、明確な利用戦略に基づき、「選

択と集中」を行うことで、学術的な意味でも産業的な意味でも波及効果の高い優れた成果の創出を目指す。

▶ 国際パートナーとの共同研究テーマを検討・調整することで、複数パートナーのリソースを持ち寄ることにより、国際的な頭脳の循環・結集による優れた成果の創出を目指す。

(3) 我が国の将来にとっての戦略的アプローチの必要性

○「お付き合い」的な受動的継続では、現在得られている日本の強みを低下させることにつながる。外交面、技術面などあらゆる側面からの目標を明確にし、我が国の将来にとって有効な戦略を持った能動的な参加が必要。特に、対応が必要なものは次のとおり。

(HTV への回収機能の付加等)

- 国際的にも高い評価を受けている HTV は、ISS の万全な運用体制確保の観点から、回収機能の付加について、早急に開発に着手し、早期に技術実証を行うことにより、2016 年以降の運用において国際的に大きな役割を果たせるように対応することが必要。
- さらに中長期的な観点から、回収機能を付加したHTVの更なる発展についても、 輸送系の長期的な技術開発戦略と併せて、技術的な観点からの詳細な検討に 着手することが必要。(II 章B項(2)参照)

(アジア諸国等との科学技術・宇宙外交推進のための活用)

○ アジアの宇宙先進国で唯一の ISS 計画参加国として、「アジア諸国に開かれた ISS へのゲートウェイ」という立場を最大限に活かし、アジア諸国を含む ISS 非参加国との科学技術外交・宇宙外交を進めるためのツールとして、アジア等の研究者・研究機関による長期的かつ継続的な利用の拡大に向けた取組を具体的に進めていくことが必要。(Ⅱ章A項(5)参照)

Ⅳ. おわりに

本特別部会は、我が国が 2016 年以降も ISS 計画へ継続して参画していくことが 妥当であるとの結論を得た。

本特別部会の開催のきっかけは、2016年以降のISSの運用継続を我が国として 判断するに当たり、現在 ISS 計画を担当する文部科学省としての考え方を整理す ることであった。2ヶ月半にわたって実施された 6 回の会議での約 17 時間半に及 ぶ議論の過程において、ISS・「きぼう」の利用により生まれる潜在的な成果の評価 はもとより、ISS 計画への参画による我が国の宇宙活動の自在性の確保、国際協 力における日本の役割や貢献、産業界への波及効果、さらには将来ビジョンとして 有人を含む宇宙探査の課題など、ISS 計画を中心として、日本の宇宙開発利用の 将来に関して示唆に富む意見が出された。

ISS 計画を代替するに足る意義・効果が得られるプログラムを新たに構築することは容易ではないが、逆に、限りある宇宙予算のうちの大きな割合をISS計画参加に投じている以上、効率化への不断の努力と成果の最大化により、ISS 計画のみならず、我が国の宇宙開発利用や科学技術全体に貢献していく責任を負っていることを再認識する必要がある。

また、ポスト・ISS 計画をにらんだ新たな国際有人宇宙探査プログラムの構想が様々な場で議論され始めた昨今、その議論に乗り遅れることなく、我が国の強みを活かすことができるよう伸ばしていくことが必要であるが、国際的な発言力や主導力は一朝一夕に得られるものではなく、弛まない研究開発と人材育成の努力があって初めて国際的な評価が確立されることとなる。今後のISS計画参加では、その点を踏まえ、戦略的かつ中長期的視点に立った取組が求められる。

期待される ISS の潜在的利用項目

労団でもの 199 の活性のでは、				
	ライフ・イノベーション			
	> 有人宇宙飛行のための宇宙医学			
	▶ 基礎医学・先制・臨床医学(地上では見落としていた現象の発見)			
	▶ タンパク質合成(DNA と生体の接点、添加物効果、創薬への期待)			
	▶ 生命の歴史性の究明による人類の進化への知見			
	グリーン・イノベーション			
軌道上研究室の利用	▶ 閉鎖環境における3R技術への挑戦・波及(「宇宙船地球号」のシミュレーション)			
	▷ 環境急変監視・地上災害観測(目視の再評価、「火の見櫓」)			
	物質•材料研究			
	▶ ナノテクノロジー			
	▶ 高分子材料合成			
	➢ 金属・半導体結晶材料(現状では期待小)			
	「きぼう」完成とHTV の定期運行によるアクセス利便性向上と曝露部利用から生まれた新たな利用方法。 軌道上実験と地上実験の呼応・連携が前提。 修理等も可能とする 装置開発(ロボットアーム等) 並びに有人操作の拡大が必要。			
	▶ 最先端リモセン用センサー機能の動作確認実験			
│ │技術実証試験台(Engineering	宇宙空間で使用予定の部品・サブシステムの信頼性確認(ジャイロ、回路等)			
Test Bed)の利用	> 小型衛星の動作確認実験			
	▶ 複数衛星のネットワーク化確認実験			
	地球環境の特殊性(酸素、重力の働き等)の発見			
	> 天然資源採掘プラントの目視監視の有効性確認			
	▶ 目視による安全保障の有効性確認			
ウウンサナルトスとしてもののサナ	▶ 新たな芸術の創成			
宇宙滞在体験による知の拡大 (青少年のフロンティア精神高	▶ 地上環境への新たな発想創出(人類生息困難地域への理解を含む)			
(月少午のプログライ) 相評同	▶ 文明(国境等)への理解			
393 47	▶ 宇宙旅行の実現			
	▶ 有人宇宙探査(月、惑星、小惑星、ラグランジュ点を目的)への挑戦			
 恒久宇宙基地化を視野に入れ	▶ 曝露部等の増設・追加(ランデブー)			
恒久于田基地化を税到に入れ た検討	▶ 観光対応施設の増設			
/~ IXH J	宇宙空間での国際安全保障			

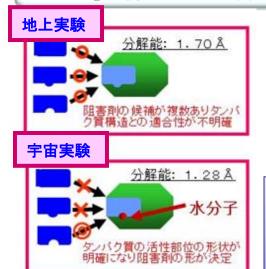
将来の有人宇宙開発に必要な技術領域と我が国の方向性

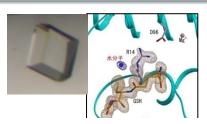
技術領域	世界の技術レベル	我が国の現状と方向性
低軌道からの 帰還技術	【米国・ロシア】 米露とも、人・物資とも帰還技術の実績は豊富。 ただし、ISS 計画においては、米国はシャトル退役後は、現在開発中の民間輸送機に依存。 ロシアも、ソユーズで3名までの人員輸送と50kg程度の物資回収のみに限定される。 【欧州】 ATV に回収機能追加としてのARVを研究開発中(物資回収機の運用開始目標は2015年頃)。	USERS、OREX、HYFLEX、ALFLEX、はやぶさなどで帰還に係る一部の要素技術実証の実績はあるが、将来の有人化対応としての技術実証(軽量・大型化を想定した熱防護、揚力飛行、定点誘導、衝撃緩和など)は未実施。 HTV に物資回収機能を付加することにより、ISS からの物資回収需要に貢献しつつ、かつ将来の有人機に不可欠な帰還技術の設計開発手法の見通しも効率的に得ることが期待できる。
生命維持技術(空気再生)	【米国・ロシア】 米露とも、活性炭や触媒による空気の清浄化を実施し、運用 実績は豊富。 また、将来の有人宇宙活動に必要となる CO ₂ から O ₂ への再 生技術が今後軌道上実証予定。 【欧州】 現時点での軌道上運用実績はないが、研究開発を実施中。	空気循環と温湿度管理については、「きぼう」の開発・運用で実績はあるが、空気再生技術開発の実績は現時点ではない。 ただし、空気再生技術については、日本の得意とする環境技術をベースとして、常温触媒による省電力の空気清浄化技術の研究、及び低い反応温度でのCO2からO2への再生技術の研究も進んでいる。今後は、軌道上での技術実証を早期に実現していくことが肝要。
生命維持技術(水再生)	【米国・ロシア】 ISS では尿などの汚水を蒸留した上で逆浸透(RO)膜でろ過する方法で飲料水に再生している。(ただし、大電力が必要) 【欧州】 現時点での軌道上運用実績はないが、研究開発を実施中。	逆浸透(RO) 膜は日本企業が世界トップシェアを誇る得意 技術であり、高効率型の RO 膜を活用した水再生技術も地 上で既に実証済。 また、アンモニアを蒸留ではなく効率的な電気分解除去す る研究も進み、世界水準を超える技術獲得も期待できる。
宇宙医学	【米国・ロシア】 1960 年代から技術開発を実施し、現在までに様々な宇宙医学データを取得・蓄積済み。今後も将来の有人宇宙探査に向けて研究活動を継続実施中。 【欧州】 宇宙飛行士の搭乗機会を利用して獲得中。	宇宙飛行士の搭乗機会を利用し、ISS でのデータ取得を 継続的に実施中。 骨量/筋肉量減少予防対策や放射線被曝管理では ISS で一定の実績があり、高齢化社会への貢献など、地上へ の応用も進みつつある。今後も計画的な推進が不可欠。 また、長期滞在飛行士の心理的ストレス緩和方法、医療 システム開発などは、将来の有人宇宙活動にとっても必要 不可欠であり、「きぼう」を活用した技術実証を実施していく ことが必要。
宇宙服技術	【米国・ロシア】 様々な有人宇宙プログラムにおいて、独自に技術を確立し、 運用実績も豊富。 【欧州】 宇宙服の開発は未実施。要素レベルの基礎研究は実施中。	宇宙服の開発は未実施だが、基礎研究は実施中。 特に日本が誇る世界有数の技術(多機能繊維、縫製技術、 小型電源等)を駆使することで、脱窒素作業(プレブリーズ) 不要な 0.58 気圧での宇宙服運用の実現など、最先端技術 を獲得できる可能性がある。 また、ISS を活用することにより、宇宙空間での宇宙服運 用性能を無人、有人で効率的に技術実証が可能。
ドッキング技術	【米国】 有人機でマニュアルランデブー・ドッキング技術の運用実績は豊富。無人機の自動/自律ランデブー・ドッキングの技術実証の実績は少ないが、オバマ政権の新宇宙政策において、フラッグシップ技術実証のひとつとして挙げられている。 【ロシア】 無人、有人機とも自動/自律ランデブー・ドッキング技術を確立し、運用実績も豊富。 【欧州】 ATVにてロシアのドッキング機構を使用した自動ランデブー・ドッキング技術を獲得	有人安全を満足した無人の自動ランデブー技術は HTV で獲得。また、小規模無人機体による自動ランデブー・ドッキング技術は ETS-VII で実績がある。 将来の軌道上活動に向け共通インタフェースのドッキング機構を利用することが検討されており、日本としても同様な機構を開発していくことが国際協力の中で求められる。 また、ロボティクス支援がない場合でもドッキングを可能とするため、HTV を活用した段階的な技術実証を計画的に進めていくことが必要。(例えば、まず、ISS への補給ミッション完了後の HTV 単独飛行時を活用したドッキング実験の実施。その後、後続の HTV に実証用のドッキング機構を搭載し、ISS との自動/自律ドッキング実験の実施など。)

ライフ・イノベーションへの貢献の具体例

安心安全な社会の構築に貢献するイノベーション

「きぼう」を使い、タンパク質3次元構造情報に基づく効率的な新薬の開発、工業的価値の高い触媒開発を推進





筋ジストロフィー治療薬開発 (動物実験が進行中)



食糧を使わない、草やわら、廃棄木材 を使ったバイオエネルギー生産 (高活性なセルロース分解酵素)



どんな型のインフルエンザウィルス 増殖も抑える治療薬開発 (緻密な情報による薬剤設計)

3次元構造情報による合理的な薬剤設計手法

- ●如何に優れた開発候補化合物を 短期間で見出す かが重要。(「網羅的」から「合理的」に)
- ●構造情報の精緻さは、薬剤の副作用を減らす。 ※タンパク質結晶構造解析にはSpring-8を活用



微小重力環境の有効性

結晶は分子が静かに積み重なってできる。<mark>対流のない宇宙</mark>では、マイルド(静か)に分子がきれいに並ぶため、均等な結晶生成が可能。

既に、タンパク質の活性部位と化合物の結合状態が判別可能な1 Å以下の分解能を実現。

超高齢化社会や介護問題に対する宇宙医学・有人宇宙技術によるイノベーション

骨や筋肉低下対策、リハビリ技術など宇宙飛行士の健康維持、予防のための医学とその支援技術を地上の社会生活に還元

- 骨量、筋量減少メカニズム
- 免疫機能変化
- 代謝量変化、栄養バランス
- 精神心理対策
- 放射線影響 予測 防護

宇宙飛行士は心身変化の加速モデル (高齢化社会、疾病、生活習慣病のモデル)

宇宙の予防医学研究を通じて、高齢者医療・長寿対策、国民の健康増進に貢献

宇宙は極端な医療過疎地、無医村モデル

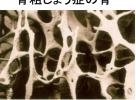
・小型/コンパクト、超信頼性、平易な操作性 が求められる遠隔医療システムの開発 (幅広い業界の先進技術、知見を結集)

- ・モニタ技術、機器、データ伝送
- トレーニング器具
- ・運動方法、リハビリ手法
- ・食事療法(宇宙食、サプリ)、
- ・ストレスマネジメント、睡眠 等

正常な骨



骨粗しょう症の骨



宇宙で骨・筋量減少が加速



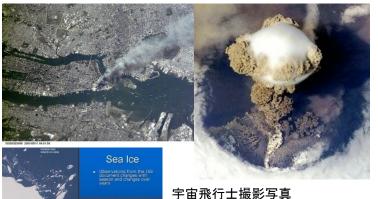




- 宇宙で得た知見と技術を高齢化医療・介 護問題・生活改善に活用する。
- All-JAPANの科学・技術を結集し、介護 や福祉、高齢化社会ニーズに対するパイ ロットシステムとなる。

グリーン・イノベーションへの貢献の具体例

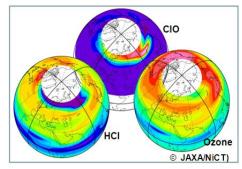
地球圏の総合的な観測と監視を目指し、地球規模で起きている様々な問題の迅速な把握と情報発信を行う



右上:ロシア火山噴火(若田氏撮影)

左上:同時多発テロ

左下:流氷



オゾン層と破壊関連化学物質の分布図 (2010年1月末:「きぼう」搭載機器による)

今後の需要、観測対象

- 森林火災の早期検知、通報のため のモニタ
- 国境を越える大気汚染物質拡散の モニタ
- より精度の高い温室効果ガス観測
- 全地球規模の氷雲計測

観測対象を絞った高度な専門的観測か ら、マクロな視点での概観的観測まで、 ISS. 衛星等のあらゆるプラットフォームを 特徴に応じて使い分け、連携して総合的 な地球観測を行う。

微小重力環境を利用した材料・エネルギーの研究成果を地上の開発に還元

国際競争力のある高付加価値金属材料の創製 (航空機やエンジン用の超耐熱材料、高誘電率光学材料)

微小重力環境の有効性

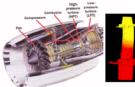
浮かせたまま金属を溶融させることができるため、

- 1)固まるための核発生を遅らせるため、地上にない原子配列の金属を実現
- 2)高融点(2500℃以上)の希少金属の合金・酸化物の熱特性を系統的取得

高融点金属(希少金属)を微量添加 することで、材料特性は飛躍的に変化 (添加組成は機密)

将来の希少資源問題対策に貢献。

- 最適な組成の設定
- 特性把握による代替材料創成







高度な鋳造や溶接技術にもシミュレーション(熱物性値)が必要

環境保全、エネルギー問題に取り組む革新的ナノ材料の開発 (光触媒、色素増感太陽電池、余剰重油からのガソリン創製など)

微小重力環境の有効性

対流のない宇宙で、表面積の大きい骨格構造をもつナノ材料を作成。対流 や浮上などの影響を排除した単純なモデルを、計算シミュレーションに取り こみ、最適な合成条件(組成、温度、時間)を取得する、

宇宙実験で得られたデータを基 <従来> に、地上でナノ構造材料を生成(孔径)3~4nm

高効率な太陽電池や、ガソリン 生産用触媒等環境・エネルギー 問題の解決に貢献。



<新規: ナノスケルトン 壁膜が結晶構造 (アナターゼ構造)

増感剤(色素): 太陽電池用途

(孔径)7~15 nm

平成22年4月21日宇宙開発委員会

1. 趣旨

国際宇宙ステーション(ISS)は、計画提唱から四半世紀を経て、間もなく完成の時期を迎えようとしている。我が国初の有人施設である日本実験棟「きぼう」は、2008年より3回に分けて打ち上げられ、2009年7月に完成し、本格的な利用段階に入ったところである。

ISS 計画の運用については、その主要な役割を担う米国は、当初、2015 年までの運用を前提とする計画を検討していたが、本年2月に米国議会に提出された航空宇宙局(NASA)の 2011 年度予算案において、少なくとも 2020 年まで運用を継続することを発表した。その後、NASA は ISS 参加各極に対し、早期に政府間での合意を形成するよう要請した。実施機関レベルでも、3月11日に日本で開催された ISS 参加各極の宇宙機関長会議(HOA)において、2016 年以降の運用継続に向けた方針を確認し、今後各政府内で合意をとるための必要な手続きを踏んで行くことを共同声明として発表した。

以上の状況から、国際的な動向に則して、我が国としても早期に2016年以降の ISS 運用に関する考え方を明確化し、できる限り早期に政府としての判断を行う必要がある。その判断に当たっては、ISS計画を担当する文部科学省としての考え方を明確にする必要があるため、文部科学大臣の要請に基づき、宇宙開発委員会の下に国際宇宙ステーション特別部会を設置して、科学技術・イノベーション、国際協力、運用コスト、教育的効果等多面的な観点から調査審議を行うこととする。

2. 審議事項

- (1)ISS 計画への参加の今日的意義
 - ※ 科学技術・イノベーション、将来宇宙探査、国際協力、外交、安全保障、教育、運用コスト等の多面的観点から調査審議
- (2)ISS 利用・運用の継続を判断するに当たっての留意点
- 3. 構成員

別紙の通り。

4. 検討スケジュール

上記審議の結果を、本年6月中旬を目途に宇宙開発委員会に中間的に報告するものとする。

国際宇宙ステーション特別部会 構成員

(委員)

部会長 池上 徹彦 宇宙開発委員会委員長

青 江 茂 宇宙開発委員会委員長代理

井 上 一 宇宙開発委員会委員

野 本 陽 代 宇宙開発委員会委員

森 尾 稔 宇宙開発委員会委員

(特別委員)

浅 島 誠 産業技術総合研究所フェロー 兼 幹細胞工学研究センター長

東京大学大学院総合文化研究科特任教授 兼 総長室顧問

岸 輝雄 物質・材料研究機構顧問

鈴 木 章 夫 東京海上日動火災保険株式会社技術顧問

角 南 篤 政策研究大学院大学 准教授

田中明彦 東京大学大学院情報学環・東洋文化研究所教授

中須賀 真一 東京大学大学院工学研究科教授

西 島 和 三 持田製薬株式会社医薬開発本部専任主事

東北大学客員教授(未来科学技術共同研究センター)

廣川 信降 東京大学大学院医学系研究科特任教授

的 川 泰 宣 NPO 法人 子ども・宇宙・未来の会 会長

向 井 千 秋 宇宙飛行士(JAXA有人宇宙技術部宇宙医学生物学研究室長)

安 岡 善 文 国立環境研究所理事

山 川 宏 京都大学生存圏研究所宇宙圏航行システム工学分野教授

参考3

〇第1回:4月30日(金)10~13時

- 1. 国際宇宙ステーションの計画の現状について
- 2. ISS の今日的意義について
- 3. その他

〇第2回:5月14日(金)15~18時30分

- 1. ISSの今日的意義の検証(1)
 - (ア)国際協力(含む海外動向)、外交、安全保障
 - (イ)「きぼう」利用の現状と計画
 - (ウ)「きぼう」利用によるイノベーション
 - 〇宇宙環境を利用した医学研究(岐阜医療科学大学 間野学長)
 - 〇無重力を利用した高品質タンパク質結晶の構造解析に基づく 難病(筋ジストロフィー)治療薬の開発(大阪バイオ研究所 裏出研究部長)
 - 〇宇宙ステーション「きぼう」の利用に関する理研・JAXA の連携協力

(理研 上坪特別顧問)

2. その他

〇第3回:5月19日(水)10~12時20分

- 1. ISSの今日的意義の検証(2)
 - (ア)「きぼう」利用によるイノベーション
 - 〇応用利用分野で期待される成果(大同大学 澤岡昭学長)
 - 〇ナノスケルトン実験と社会への波及(東京理科大学 阿部正彦教授)
 - 〇森林火災検知と抑制計画及び国際宇宙ステーション利用の可能性について (アラスカ大学 福田正己教授)
 - 〇生命科学研究と「きぼう」利用(産業技術総合研究所 浅島誠氏)
 - 〇宇宙ステーションの創薬への貢献(持田製薬 西島和三氏)
 - (イ)「きぼう」利用の課題
- 2. その他

〇第4回:6月3日(木)13~17時

- 1. ISS の今日的意義の検証(3)
 - (ア)産業育成の観点から
 - 〇 国際宇宙ステーション(ISS)計画への取組と次期有人宇宙活動計画への期待 (三菱重工業株式会社 大宮英明社長)
 - 国際宇宙ステーションの意義(株式会社 IHI 釜和明社長)
 - 国際宇宙ステーション【ISS】総合エンジニアリング会社からの期待 (千代田化工建設株式会社 関誠夫相談役)
 - (イ)将来宇宙探査を見据えた宇宙技術実証機会
 - (ウ)教育の観点から
- 2. その他

〇第5回:6月11日(金)15~17時

- 1. ISS 運用の課題
- 2. 論点整理
- 3. その他

〇第6回:6月17日(木)10~12時30分

- 1. 中間とりまとめ案について
- 2. その他

中間とりまとめ概要

(1)ISS の今日的意義と課題

A. ISS・「きぼう」の利用

- ○「きぼう」は、有人施設としての特徴や豊富なインフラ(電力等)により、初の「軌道上の最先端大型研究施設」としての潜在的能力を徐々に発揮し始め、タンパク質結晶生成や予防医学などの分野では大きな成果を上げつつある。
- 同時に、実験までのリードタイムが長いこと、地上と比較して全ての分野や課題において著しい優位性を発揮する訳ではないこと等、利用拡大に向けて克服すべき課題もある。
- そのため、利用の拡大や成果の最大化のため、中核的な研究機関が主体的に参加・利用する仕組みの構築など、利用者が主体となった仕組みに移行することが必要。

B. 有人技術·宇宙探査

- H-IIB/HTV の継続的な打上げ・運用により、我が国の宇宙開発利用の自在性を維持する上で中核となる宇宙輸送システム技術の蓄積・成熟化を ISS 計画の中で果たしていることを十分に認識すべき。
- ポスト ISS 計画もにらんだ国際共同有人プログラム構想が様々な場で議論し始めた中、そのミッションの検討、標準、枠組み等が ISS 計画参加国を中心に決まっていくことが想定され、我が国がその中で発言力や主導力を発揮できることが必要。
- そのため、HTV の回収機能の獲得に早期に着手するとともに、HTV の発展を含む輸送系技術の長期的な技術開発戦略の検討に着手すべき。

C. 産業振興

- 〇 H-IIB/HTV の継続的な打上げ・運用は、日本の宇宙活動の自在性に不可欠な宇宙産業の「ものづくり」力や経営基盤。
- 〇「きぼう」の開発・運用に中小企業を含めて約650社以上が関わっており、ISS 計画を支えていることが企業の技術力のアピールやブランドカ向上に貢献。
- 海外の企業や技術者との交流により、国際的な規格作りに参画できるような国際感覚を持つ企業人材の育成にも貢献。
- 企業においても、技術の発展や次世代への技術継承を図る上で、国とともに新規技術の開発努力を怠らないことが必要。

D. 青少年の教育·啓発

○ 宇宙飛行士に代表される有人宇宙活動は、青少年に対する夢だけでなく、科学・技術・工学・数学への関心の惹起と勉学への意欲向上に寄与。

E. 国際協力·安全保障·外交

- ISS 計画から脱退は、国際的信用の失墜、中国・インド等の宇宙新興国の進出 等による国際的な存在感の著しい低下等を招く。
- そのため、撤退による損失を相殺して余りある代替策を見出せない限り、外交 的な損失が大きい。

(2)2016 年以降の運用継続について

【結論】

上記(1)に述べた様な今日的意義が認められるが、厳しい財政状況にかんがみ、2016年以降のISS運用については、可能な限り運用コストの効率化と成果の最大化を図っていくことを条件に、運用継続を前提とした具体的な計画について、国際間での調整を行っていくことが妥当。

【運用コストの効率化と成果の最大化に向けた方策】

- 限りある予算を最大限有効に利用する観点から、「きぼう」や ISS 全体の維持・ 運用に関わる経費については、国際交渉による努力も含め、可能な限り効率化 が必要。
- 具体的な効率化の方策については、現行 ISS 関連予算約 400 億円のうち、
 - ▶ ①「きぼう」管制等の経費、②H-IIB/HTV の調達・運用経費については、各 国に共通的な運用経費の徹底的な削減交渉、H-IIB/HTV の輸送コストの 効率化等により徹底的な効率化
 - ③「きぼう」利用支援経費については、利用課題の「選択と集中」や、利用者 主体のシステム改革を行い、効率化と成果の最大化を図る。

【我が国の将来にとっての戦略的アプローチ】

- 受動的態度ではなく、外交面、技術面などあらゆる側面から、我が国の将来に とって有効な戦略を持った能動的な参加が必要。
- そのため、HTV 回収機能付加の早急な開発着手、HTV の更なる発展を含む輸送系技術の長期的な技術開発戦略の検討着手、科学技術・宇宙外交の観点からのアジア等との積極的な協力が必要。