

# 国際宇宙ステーション(ISS)計画の実績と成果

---

平成26年4月23日(水)

(独)宇宙航空研究開発機構

# 構成

---

1. 日本の有人宇宙活動の取り組み
2. これまでの成果

# 1. 日本の有人宇宙活動の取り組み－ISS参加当初の意義(注)と達成状況－

## 1. 高度技術の習得

- ◆ 人の命を守る高度な安全技術・大型システムの統合技術を獲得。
- ◆ 米露のみが持っていた技術(環境制御、自動ランデブー技術等)を獲得。
- ◆ 世界一級の有人宇宙実験施設を開発し、運用ノウハウを継続して獲得中。
- ◆ 不具合は米国実験棟の半分以下(=高い信頼性)。

⇒ 米国民間企業が日本の技術を導入。「こうのとりの」ランデブー技術はISSの標準方式として採用。

⇒ 安全・信頼性管理手法を他の宇宙開発に適用。また、ソフトウェア独立検証手法を自動車業界、航空機業界等の非宇宙産業へも適用。

## 2. 国際協力への貢献

- ◆ 「きぼう」の実験スペースの半分は米国・カナダが利用。
- ◆ 日露でタンパク質結晶生成実験や放射線計測等の実験協力。
- ◆ 「こうのとりの」は国際的な宇宙ステーション物資輸送機となった。

⇒ 宇宙常任理事国としての地位を確立。参加各極は日本を「信頼できるパートナー」と評価。

⇒ 国際協働による宇宙探査計画の技術検討を進める「International Space Exploration Coordination Group (ISECG)」（14宇宙機関が参加）において議長国を務めた(～2013年4月)。

⇒ 宇宙探査の政策的議論を行う「International Space Exploration Forum (ISEF)」を、初回米国開催に続き、日本で開催することが決定。政策レベルでの国際間の枠組み設定・工程表策定において、日本が主導的役割を果たす。

## 3. 次世代の科学や技術の促進と宇宙活動範囲の拡大

- ◆ X線天文学等で数々の国際的な成果を獲得(新星発見、Nature/Science掲載)。
- ◆ 「きぼう」だけが持つロボットアームとエアロックを活用した超小型衛星の放出。
- ◆ 日本人宇宙飛行士の健康管理、訓練、サポート技術を習得。

## 4. 宇宙環境利用の実用化の促進

- ◆ 物理現象・生命現象の本質的なメカニズムについて、科学的知見を獲得。
- ◆ タンパク質結晶生成や新素材創製等で成果が出つつあるところ。
- ◆ 日本独自の医学的知見(骨・筋の衰え、免疫の低下)を蓄積し、社会実装を目指す。

打上げから48カ月後の不具合件数比較

	不具合件数
きぼう 2008年3月打上げ	75件 2011年3月まで
米国実験棟 2001年2月打上げ	175件 2005年2月まで



(注)ISSの参加当初の意義は、昭和60年4月宇宙開発委員会 宇宙基地計画特別部会「宇宙基地計画参加に関する基本構想」より抜粋

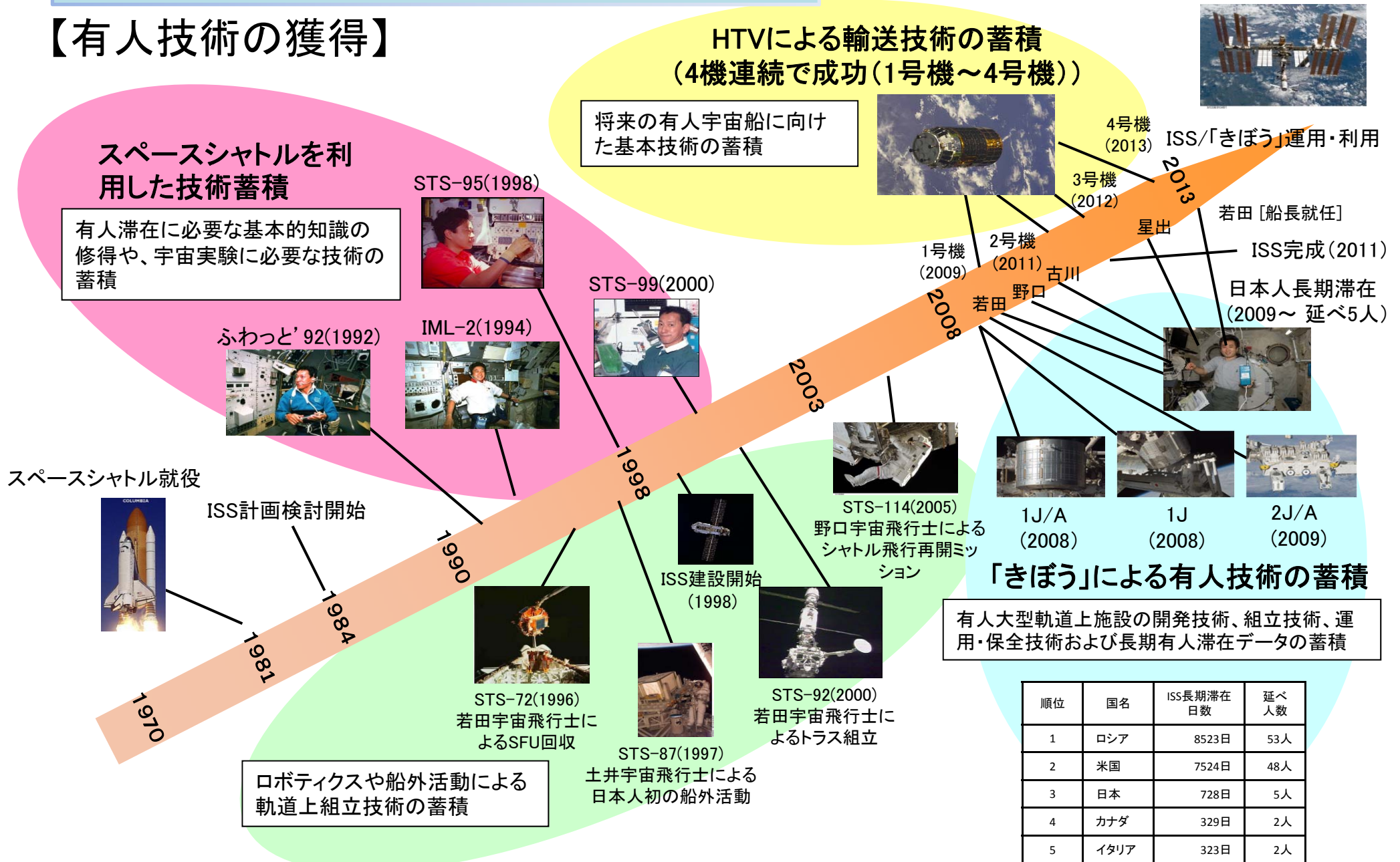
## 2. これまでの成果(1/6)

### 【有人宇宙研究施設の完成】

- ISSは、約25年の計画検討・設計開発・建設期間を経て、2011年に完成。本格的な運用に入って約3年が経過したところ。
  - 日本実験棟「きぼう」は、日本独自の設計により約15年をかけて開発した初の軌道上有人施設。ISS内で最も大きな実験施設で、スペースシャトル3便に分けて打上げ、軌道上で組立。（部品は約200万点、国内関連会社約650社が参画）
  - これまで開発・運用を通して、我が国の宇宙開発利用の高度化や宇宙探査に不可欠な知見・技術を獲得。
- 米国は、NASAが「有人探査に向けた技術実証の場」として利用する一方で、米国全体の「National Lab」として位置づけ、アメリカ国立衛生研究所(NIH)など宇宙機関以外が利用。
  - サルモネラ菌研究によるワクチンの開発、免疫低下を早期に発見するための生体指標の研究などが進められている。
- アジア唯一の参加国である我が国は、幅広い科学技術・産業基盤に基づき、「きぼう」を完成。我が国の国力、国際影響力を象徴(科学技術、安全保障・外交)。
- 「宇宙技術の実証の場」としてのみならず、生命科学分野や物質・材料分野の研究の場として利用。
  - 高品質結晶生成技術を用いたタンパク質構造解明による薬剤設計、高性能・低消費電力の電子デバイスにつながる次世代半導体結晶の生成手法の実証など、成果が現れてきている。
- 今後、生命科学分野などで国の重点施策と連携させた利用を目指している。

## 2. これまでの成果 (2/6)

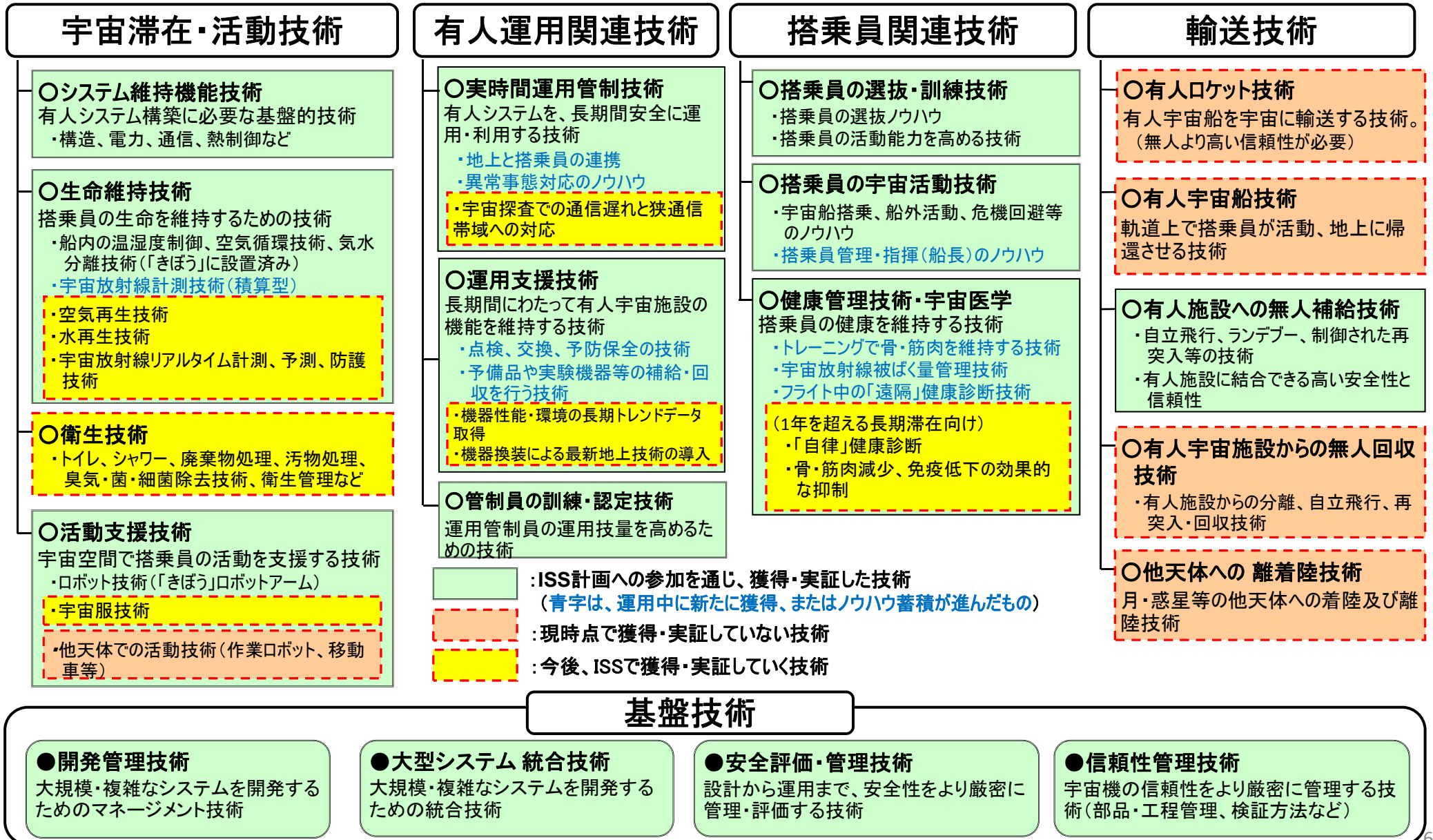
### 【有人技術の獲得】



順位	国名	ISS長期滞在日数	延べ人数
1	ロシア	8523日	53人
2	米国	7524日	48人
3	日本	728日	5人
4	カナダ	329日	2人
5	イタリア	323日	2人

## 2. これまでの成果 (3/6)

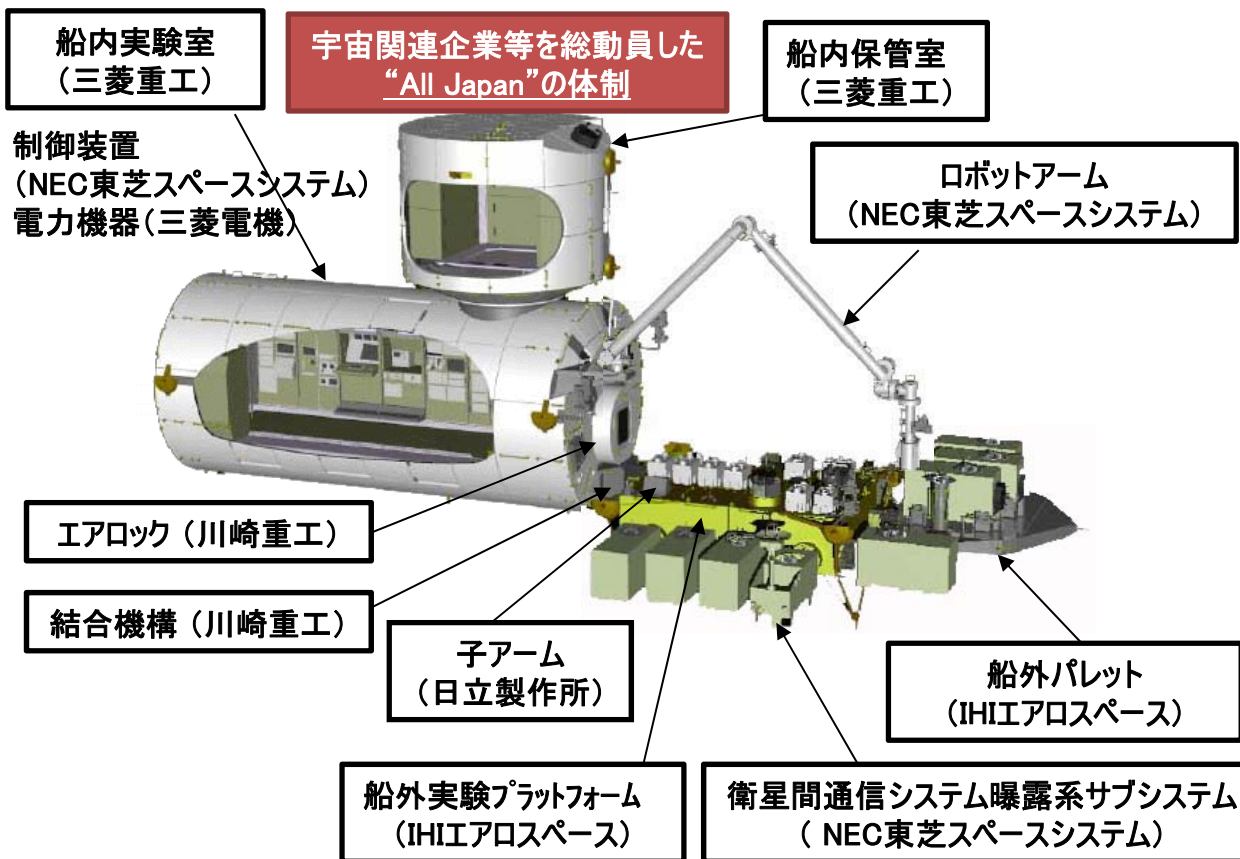
### 【「きぼう」の開発・運用により獲得・実証しつつある有人技術・ノウハウ】



## 2. これまでの成果 (4/6)

### 【産業の振興】

- 1980年代後半より参画した国際宇宙ステーション計画・日本実験棟「きぼう」の開発及び運用に関わった企業数は、大企業から中小企業にいたるまで、**国内約650社**(※)。
- 我が国初めての有人施設「きぼう」開発・運用参画は、企業においても**高度かつ裾野の広い有人宇宙技術の習得に繋がり、結果、産業基盤の維持と熟成に大きく貢献**。また、日本の技術力を国内外にアピール出来、**海外企業との新たなビジネスチャンス創出や将来の国際共同プロジェクトでのポジション担保に繋がる**。



### 支える中小企業の技術例

←プラズマ浸炭処理技術を活かし、軽く強く、耐食性が優れるボルト。200回以上の繰り返し締め付け・緩めにも焼き付きを起こさない。  
ISS-きぼう結合チタンボルト (榊田中・大阪市)

←アルミニウムやステンレスを0.01ミリ単位で加工。送風口に取り付ける羽の角度を1枚ずつ微調整し適音に。  
船内実験室の空調設備 (川西航空機器工業(株)・兵庫県)

←国際宇宙ステーション関連部品などのマーキングや超精密溶接 (東成エレクトロビーム(株)・東京都)

↑タンパク質結晶生成装置・溶液結晶化観察装置内 CCDカメラ (竹中システム機器(株)・京都府)

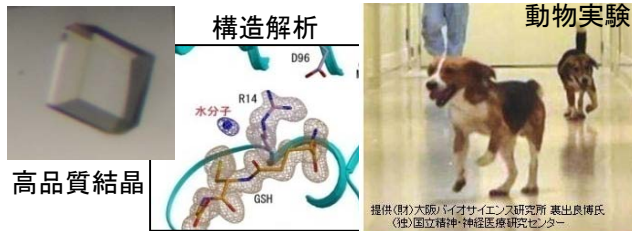
アルミ合金180kgから4.8kgまでの、  
→ 高品質かつ高精度な切削加工  
ステーション骨組 (榊瑞木製作所・愛知県)

※該当企業ホームページ情報及び報道内容による

## 2. これまでの成果 (5/6)

### 【「きぼう」利用】

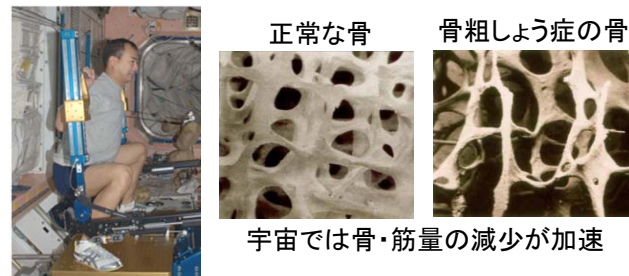
#### ①創薬プロセスの加速に繋がる成果 ＜タンパク質結晶生成実験＞



「きぼう」で生成した高品質タンパク質結晶から得た分子構造情報を活用し、難病治療薬等の研究・開発が進行中。

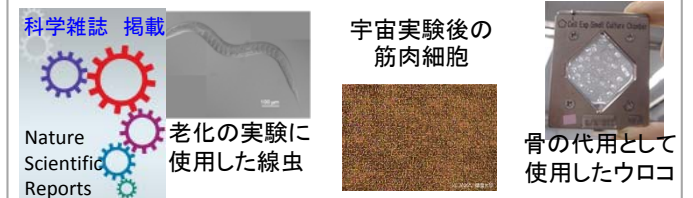
- ・筋ジス治療薬開発(動物実験が最終段階)
- ・その他、アルツハイマー病研究、副作用の少ない飲む抗がん剤、型によらないインフルエンザ治療薬開発等(分子構造解析中)

#### ②高齢者医療・福祉に繋がる成果 ＜宇宙飛行士の体を使った実験＞



- ・無重力環境で骨や筋量減少が加速される効果を利用、骨粗鬆症治療薬の「予防」効果を確認。
- ・宇宙飛行士の健康管理技術の獲得を通じ、地上での筋力低下対策やリハビリ技術にも応用可能な技術や知見を蓄積。

#### ③筋肉や骨の衰え、老化等の対応策に繋がる生命科学に関する学術的成果 ＜動植物の細胞や小動物を用いた実験＞



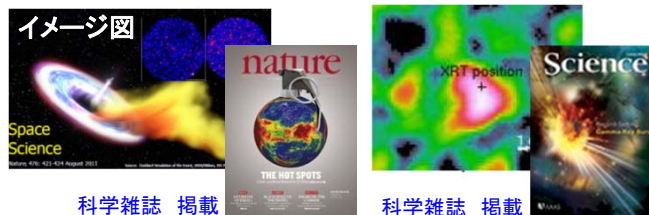
- ・宇宙では神経や内分泌の信号伝達に関わる遺伝子の働きが低下、老化が遅くなることを発見。
- ・筋肉萎縮の原因酵素の働きを解明。(筋肉萎縮予防食を開発中)
- ・宇宙での骨を壊す細胞の活性化、骨粗鬆症薬候補物質の骨密度低下抑制効果を確認。(地上で動物実験中)

#### ④電子デバイスの高性能化等に繋がる物質・材料科学に関する学術的成果 ＜材料の結晶生成等の実験＞



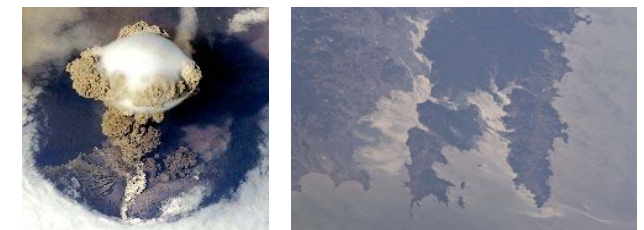
- ・高性能・低消費電力の電子デバイスに繋がる次世代半導体結晶の生成手法を宇宙で実証。
- ・自然界の基本物質である水について、氷の結晶成長の新理論を構築。食品や臓器の冷凍保存技術等への応用が期待。

#### ⑤X線天文学の最先端の学術的成果 ＜船外の搭載装置による観測＞



- ・星を吸い込む巨大ブラックホールの世界初観測(ネイチャー掲載)、地球に近い宇宙で発生した巨大ガンマ線バースト観測(サイエンス掲載)など、世界最速ペースでX線天体を発見(新たなX線天体の半数以上を「きぼう」で発見(4年半で12個)。発見を世界に速報し世界規模の追観測の起点としても、本分野の発展に大きく貢献

#### ⑥東日本大震災や火山噴火、洪水等の規模・状況把握に繋がる情報の提供 ＜飛行士や船外搭載カメラによる撮影＞



- ・宇宙飛行士による「観る」「撮影」という利点や船外搭載カメラを活かし、国際災害チャーターに登録。被害状況等を被災国等に提供。



## 2. これまでの成果(6/6) ~ISSの成果例~

### ● ISSの浄水技術が発展途上国で貢献

- NASAのISSにおける水ろ過技術が地上の水処理システムに応用。この水ろ過技術は、電力供給無しで水中の微生物繁殖をコントロールするヨウ素樹脂を使用している。
- この技術を用いて、イラク(クンダーラ)を皮切りに、メキシコ、マレーシア、ドミニカ、パキスタンなどの小さな集落において、NPO法人(米)が中心となって、浄水処理が行われている。



### ● ISSのロボットアーム技術を、MRI内で使う脳外科手術ロボット技術に活用

- カナダが分担したISSのロボットアームの技術を用いて、MRIの磁性に影響無く複雑な操作ができる高精度な手術ロボットアームに応用。
- 2008年の外科手術での活用以来、様々な改良を加え、120名の患者への臨床試験に使用。現在、ロボット技術認可に向けて申請中。

### ● サルモネラ菌研究からのワクチン開発

- 微小重力環境下でサルモネラ菌の毒性が強まることを発見。微小重力によって誘発される変化を分析。宇宙で毒性を増加させる有機体の構成物質を識別し、この情報を使ってワクチンなどの抗菌治療法の標的物質を特定した。
- 米国民間企業における研究の結果、病原菌のワクチン候補が見つかり、現在、審査および商業開発の計画段階にある。



## 【補足】主な実績(1/2)

### ①我が国が自由に利用出来る恒久的な有人宇宙施設の獲得

- 2008年3月から2009年7月までに3回に分けて打上げた要素を軌道上で組立て、日本初の恒久的有人宇宙施設を完成。
- 国際協力の枠組みに加わることで、米国の約1/100の経費負担でISSから得られる全体の便益を効率的に享受。独力で実施する場合に比べ、大幅に効率的に有人宇宙施設を獲得。

### ②有人・無人宇宙技術の獲得

- 輸送船のランデブー／ドッキング技術、宇宙飛行士の健康管理技術、宇宙放射線データの蓄積など、将来の宇宙探査に繋がる宇宙技術の獲得
- 不具合の少ない「きぼう」運用、「こうのとり」の大型貨物輸送能力や安全性の高いドッキング技術、唯一の大型の船外実験施設等、我が国の特徴的な技術や能力による存在感の発揮。

### ③産業の振興

- HTV「こうのとり」の継続的打ち上げなどを通じた製造技術、産業基盤の維持・民生技術への波及と日本企業のイメージ向上（「きぼう」に650社、「こうのとり」に400社の企業が参加）。
- 「こうのとり」で開発したISSへの接近技術は、米国の民間輸送機にも採用。日本企業の宇宙ビジネス拡大に貢献。

### ④有人宇宙技術に関する人材の育成、ノウハウの蓄積

- 日本人飛行士の宇宙滞在累積日数は、米・露に続き世界第3位。宇宙先進国として、世界有数の長期宇宙滞在実績と技術を着実に蓄積。
- これまでに11人の宇宙飛行士を養成し、8人が計16回の宇宙飛行を行い、うち4回は長期滞在を経験するなど、実績とノウハウを蓄積している。また、若田飛行士は、NASAの宇宙飛行士グループの管理職を務めた実績を有すると共に日本人初のISS船長にも就任し、着実に有人宇宙活動の中核的部分の経験も蓄積。
- 有人宇宙活動に関する管制官の経験の蓄積。
- 搭載実験装置の安全審査権限をNASAから委譲。

## 【補足】主な実績(2/2)

### ⑤宇宙実験室の利用からの獲得

- 宇宙環境を利用することにより、各種研究分野に新たなアプローチや視点等を提供。科学・技術研究の発展に貢献。
- 「きぼう」打上げ前のロシアモジュールでのタンパク実験、「きぼう」の船内実験装置・船外実験装置での利用を実施。「きぼう」では、2013年までに約80件の実験を実施。  
(実験目的毎の集計では、「きぼう」打上前も含め、ISSでこれまでに実施した日本の実験は約450実験)
- 高品質タンパク質結晶生成による創薬産業等への貢献(「きぼう」での実験にロシアも参画)、宇宙医学や生命科学等の実験による骨や筋肉等に関する研究成果の創出と地上の健康長寿社会の実現に向けた貢献、X線新星の発見による最新X線天文学への貢献、地球観測による地球環境問題・防災等への貢献など、多様な利用成果を挙げている。

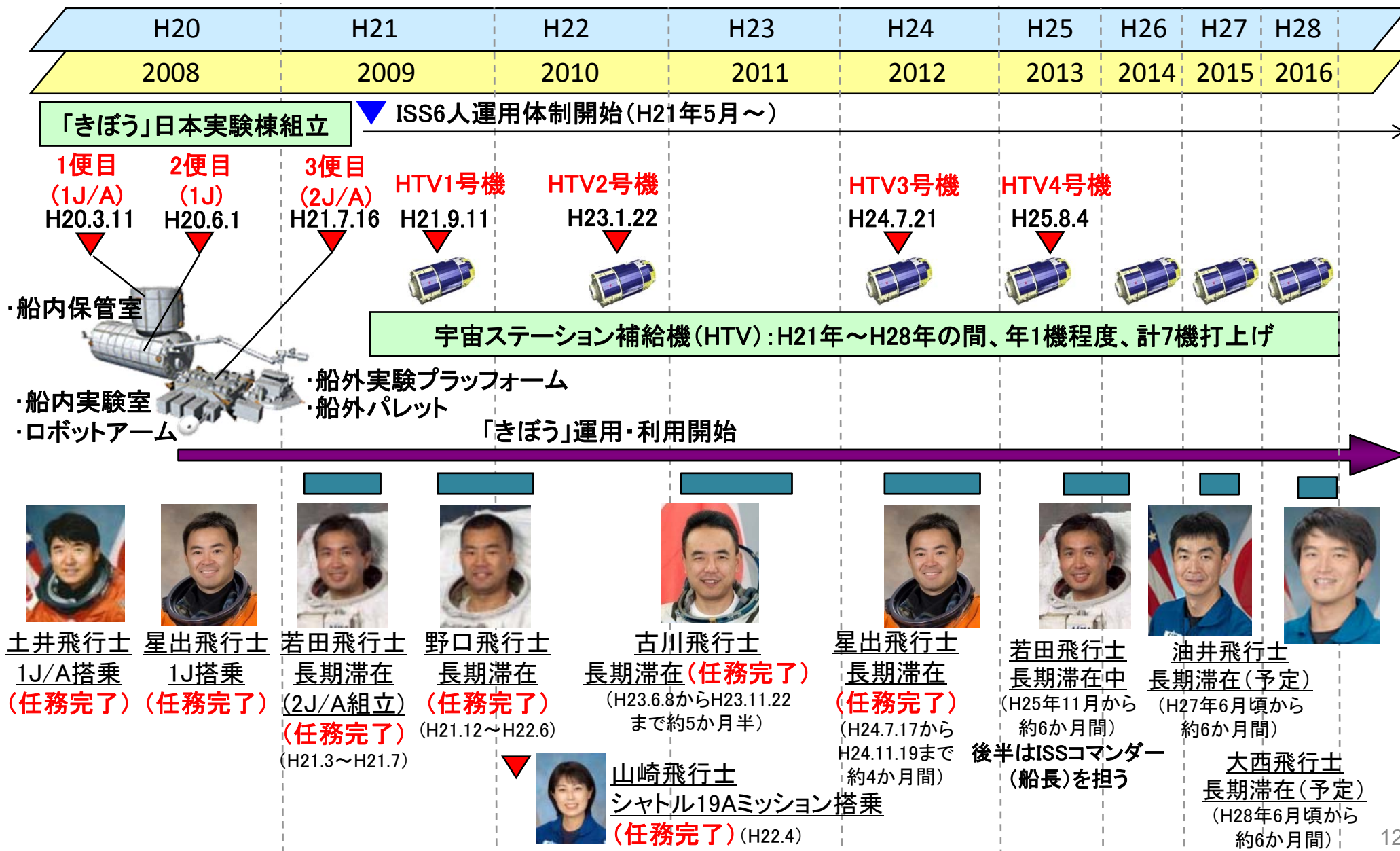
### ⑥青少年の育成

- 教育交信活動(宇宙授業)、ISS内一般公募実験、宇宙からの回収品による実習体験機会等を提供することにより、青少年に顕在する「好奇心」「冒険心」「匠の心」に火をつけ、次世代の日本を担う青少年の人材育成に貢献する。
- 有人宇宙活動を通じた青少年への啓蒙活動、特に、宇宙飛行士の実体験に基づく講演会の実施やメッセージの発信は有人宇宙活動国のみが行うことができる特権的な人材育成手法。

### ⑦国際的プレゼンス向上、外交、安全保障

- アジア等のISS非参加国(マレーシア・ベトナム等)による「きぼう」利用を促進し、日本の国際的プレゼンスを向上。マレーシアではタンパク質結晶生成実験を通じて、産業振興・人材育成に貢献。また、タイ・インドネシア・ベトナム等のアジア各国における青少年の人材育成に貢献することで、アジアでの本分野における日本の存在感の向上にも貢献。
- 国際災害チャーターに、ISSプログラムとして承認され、参加各国がチャーター要請に応じて災害情報を撮影、提供している。日本も、日本人宇宙飛行士による撮影や船外プラットフォームに取り付けたHDTVカメラで、フィリピンでの台風災害やインドネシア・スマトラの森林火災の情報を提供。

# 【補足】我が国の主要スケジュール



# 【補足】有人宇宙技術を獲得するまでの経費と時間

(出典:「宇宙探査の今後の展望に関する私見」、堀川康発表資料、H24.10.11 文部科学省 宇宙開発利用部会(第4回))

