

ISS長期滞在の振り返りと 今後の有人宇宙活動への期待

若田 光一
JAXA 特別参与・宇宙飛行士

2024. 1. 30
国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会

古川聡飛行士（Crew-7）2023年8月～ISS滞在中

- NASA、ROSCOSMOS、ESAクルーと搭乗。Crew-7ではミッションスペシャリスト、ISS到着後はフライトエンジニアを務める。次世代水再生実証システムなど様々な利用ミッションを実施中

2020-21
Crew-1



野口聡一

2021
Crew-2



星出彰彦

2022-23
Crew-5



若田光一

2023-24 Crew-7



古川聡

次回フライト予定

- 油井亀美也飛行士、大西卓哉飛行士が2025年頃のISS長期滞在を予定



油井亀美也



大西卓哉

今後に向けての訓練活動（LEO～月探査に向けて）

- 2022年10月 星出彰彦飛行士、金井宜茂飛行士が砂漠での月探査車の試験運転訓練／Desert Research and Technology Studies (D-RATS)に参加



- 2023年9月 大西卓哉飛行士が欧州にて地質学訓練（PANGAEA）に参加

- 2023年2月に選抜された米田あゆ宇宙飛行士候補者と諏訪理宇宙飛行士候補者は、基礎訓練を継続中



これまでのフライト



1996.1

STS-72

スペースシャトル
エンデバー

- 日本人初のミッションスペシャリスト
- 日米2機の人工衛星の回収、船外活動に係るシャトルのロボットアーム操作等を担当



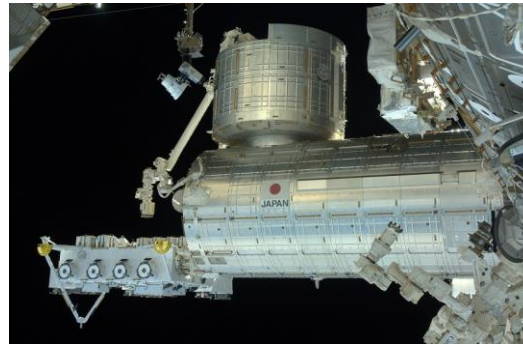
2000.10

STS-92

スペースシャトル
ディスカバリー

ISS組立ミッション(3A)

- シャトルのロボットアームを操作し、Z1トラスとPMA-3のISSに取付け、および船外活動を支援



2009.3~2009.7

STS-119

スペースシャトル ディスカバリー

STS-127

スペースシャトル エンデバー

ISS組立ミッション(15A) / 第18/19/20次ISS長期滞在 / 「きぼう」の最終組立(2J/A)

- S6トラスのISSへの取付けおよび船外活動支援等のためのシャトルとISSのロボティクス操作等を担当
- 日本人初のISS長期滞在
- 2J/A (STS-127) ミッションで「きぼう」船外実験プラットフォームを取付け、「きぼう」を完成



2013.11~2014.5

TMA-11M

ソユーズ

第38/第39次ISS長期滞在

- ソユーズTMA-11Mおよび第38次長期滞在のフライトエンジニアを担当。
- 2014年3月9日、第39次長期滞在において、日本人初となるISS船長（コマンダー）に就任



2022.10~2023.3

Crew-5

クルードラゴン

第68次ISS長期滞在

- 宇宙滞在時間は累計で504日18時間35分となり、日本人最長記録を更新。
- 滞在中、新型太陽電池アレイ (IROSA) の基部を取り付けるための船外活動（2回、計14時間2分）を実施



今回のISS長期滞在サマリ (2022.10~2023.3)

キーマッセージ

世界が認め、求める和のリーダーシップ

～きぼう独自の技術を活かした国際協力、進化を続ける研究成果・有人宇宙技術・民間利用を未来につなげ低軌道利用をリードする～



第68次長期滞在における軌道上での活動概要

ISSのアップグレードに貢献

2030年までの運用延長に必要な不可欠な新型太陽電池アレイの取り付け架台を設置

1

継続してきた成果の発展

軌道上実験で積み重ねた実績を踏まえた、より統合的な実験が実現

2

新たなプラットフォーム形成に向けた知見の獲得

宇宙火災安全性を向上させる実験成果を蓄積した他、軌道上での立体培養・細胞実験に向けた顕微鏡を整備

3

将来の月・火星探査に向けた研究の促進

次世代水再生システムや低重力下の液体挙動等、将来の有人探査に不可欠な技術実証や実験を実施

4

船外プラットフォームの成果創出

i-SEEP (SPySE/ExBAS) やJ-SSODの活用により、利用機会が広がり、成果を創出

5

商業活動利用の促進

超小型衛星放出に加え、宇宙日本食・生活用品の取り組み等、商業活動利用がさらに加速

6

人材育成/実験分野での国際協力

国際的な人材育成・教育、SDGsへ貢献、並びに実験分野での国際協力の広がり

7

ISS計画への理解増進

JAXA有人活動30周年を記念した交信など、多くのアウトリーチ活動

8

船外活動(EVA)

ISS運用延長に向け不可欠な作業

- EVAを2023年1月20日と2月2日に2回、計約14時間実施。NASAニコール・マン飛行士とペアを組み、1回目はリード役EV1を、2回目はEV2を担当。
- EVAで実施した作業は、主に新型太陽電池アレイ (IROSA) を設置するための架台取り付け。
- 2030年までのISS運用延長に向け、ISSに安定した電力を供給するために不可欠な作業。



EVA中の若田宇宙飛行士



2 継続してきた成果の発展

モデル生物を用いた宇宙フライトが及ぼす加齢への影響

Neural Integration System (NLS)

加齢に伴う疾患のメカニズムを解明

- 微小重力環境が引き起こす体の変化は、寝たきりをはじめ高齢者が抱える骨や筋の萎縮、代謝不全など、様々な問題と類似。
- 加齢に伴う疾患の原因や発症メカニズムなどの解明に繋がる事が期待。

静電浮遊炉 (ELF)

Liquid Behavior in Partial G Environment (LBPGE)

「浮かせて調べる」無容器処理技術を用いた材料研究

- 比重差による対流の無い環境下で鉄-銅合金の過冷却液体の液相-液相分離を発生させ、分離過程や凝固過程の温度変化を精密に追跡するなど、「きぼう」でしか実現できない実験を実施。
- 日米の協力プログラム (JP-US OP3) に基づく米国の実験を行い国際協力にも貢献した。



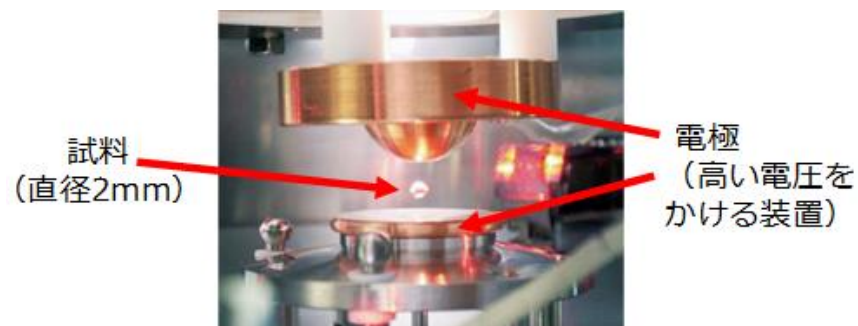
軌道上での実験を見守る研究者ら



軌道上サンプル (線虫) の顕微鏡写真

静電浮遊炉 (Electrostatic Levitation Furnace: ELF) 概要

試料表面の微量な静電気と電極間に働くクーロン力を利用して試料を浮遊させ、レーザー加熱により非接触で溶融・凝固することができる装置。微小重力環境下である「きぼう」船内では、重力に拮抗する大きな静電気力が必要ないため、地上では浮遊が難しい試料についても調べることができ、また比重差による対流の影響も受けない。

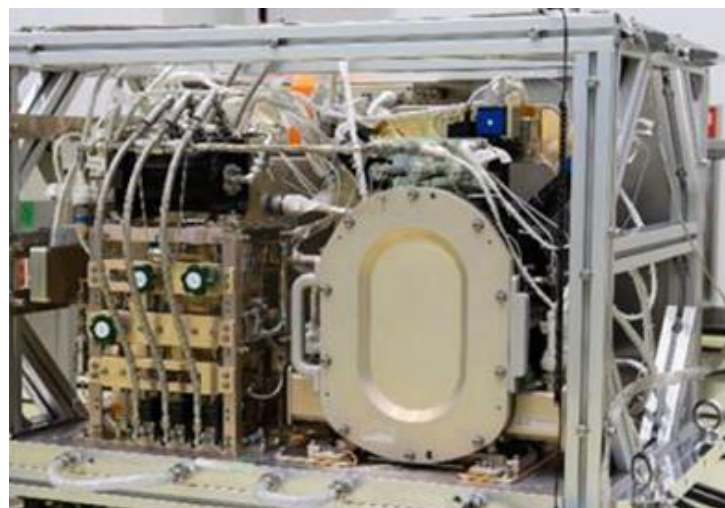


火災安全性向上に向けた固体材料の 燃焼現象に対する重力影響の評価

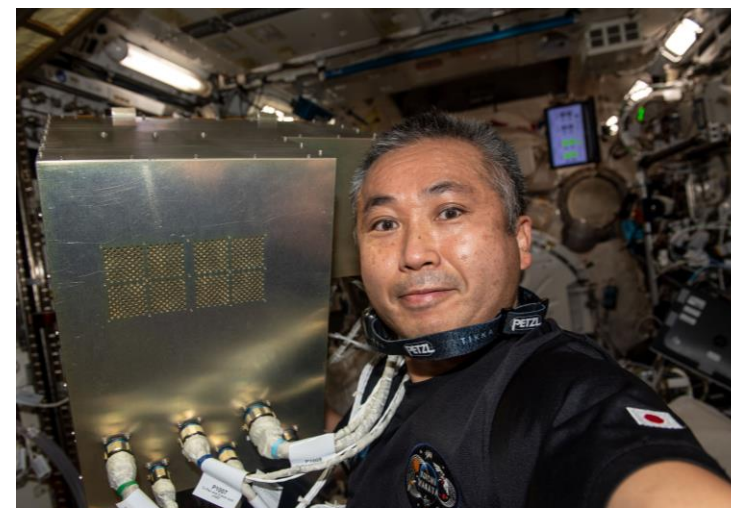
Fundamental Research on International Standard of Fire Safety in Space -base for
safety of future manned mission:FLARE

宇宙での火災安全性の確保に貢献

- 微小重力下での固体材料の燃焼限界酸素濃度等のデータを取得。
- 地球低軌道のみならず、将来有人探査に不可欠な、宇宙での火災安全性の確保に貢献。



固体燃焼実験装置 (SCEM)



FLAREに関する作業を行う若田宇宙飛行

ライブイメージングシステム

Confocal Space Microscopy (COSMIC)

軌道上で生きた細胞組織を立体観察！

- 近年ライフサイエンス実験では、生きた細胞組織の立体観察を行うことが不可欠な為、軌道上で立体培養・細胞実験が可能な顕微鏡を整備。
- モデル生物を用いた宇宙環境の加齢への影響に関する実験 (NIS) でも使用。



ライブイメージングシステムで作業中の若田宇宙飛行

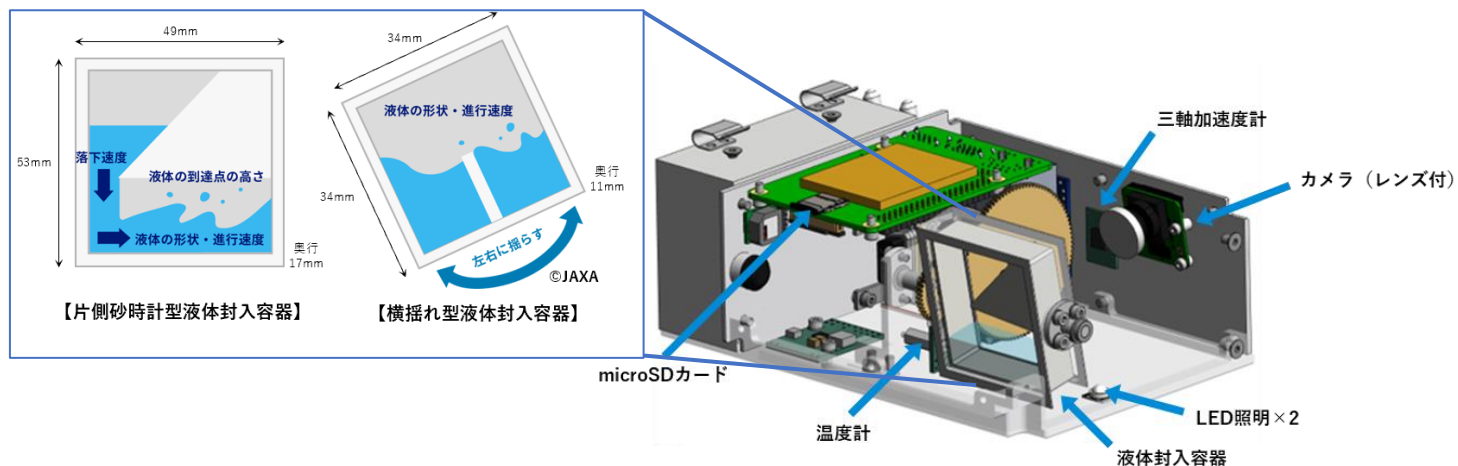
低重力下の液体挙動実験

Liquid Behavior in Partial G Environment (LBPGE)

与圧ローバ開発研究に向けたデータ取得

- 将来の有人探査活動で液体を使用するシステムは多いが、低重力環境下（月:1/6Gや火星:1/3G）では液体挙動が地球上とは異なる。
- 低重力環境下での液体の挙動を観測し、将来の機器設計にフィードバック。

LBPGE装置概要



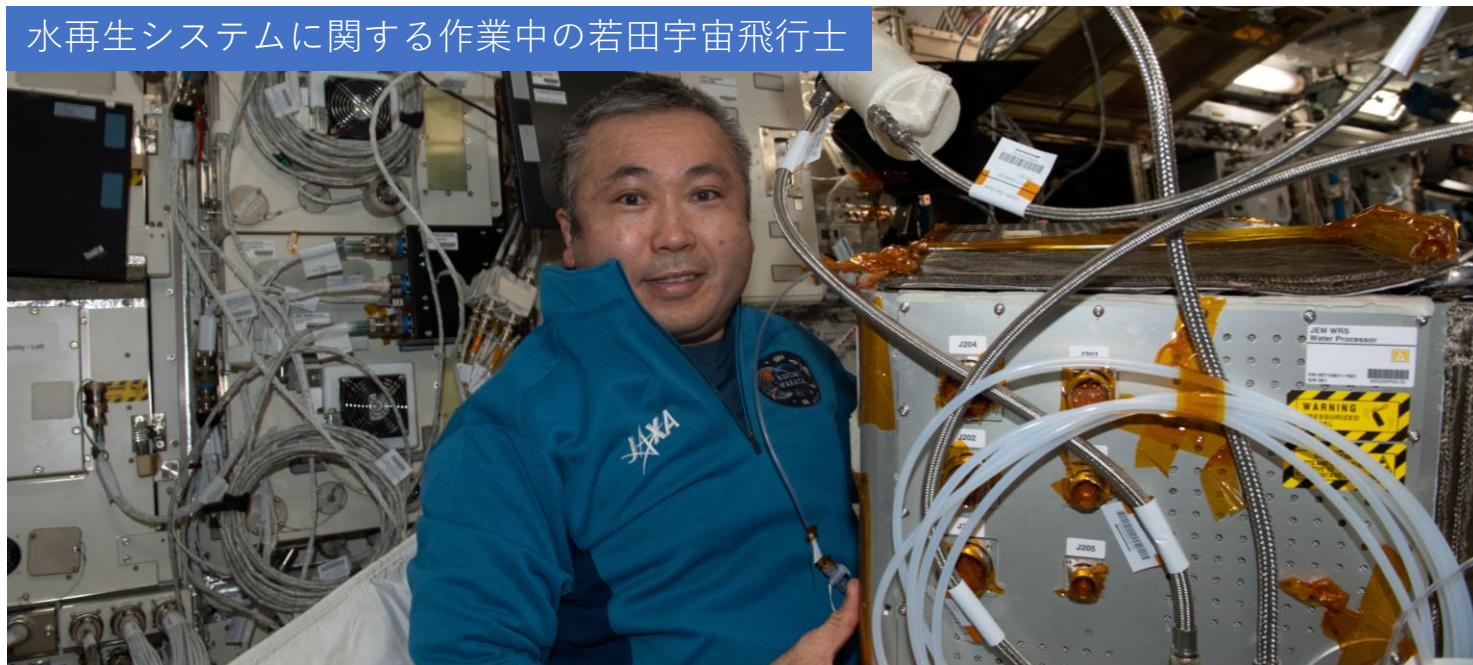
次世代水再生実証システム

JEM Water Recovery System (JWRS)

小型・低消費電力・高再生率なシステム

- 微小重力下における水再生機能を検証。模擬尿を処理し飲料水品質の水に浄化再生。イオン交換、電気分解、電気透析の技術で、尿中の成分を分解除去。
- 若田滞在中に初めて水再生の全ての工程実施に成功。

水再生システムに関する作業中の若田宇宙飛行士



超小型衛星放出ミッション

JEM Small Satellite Orbital Deployer (J-SSOD)

「きぼう」だけが持つエアロックとロボットアームで超小型衛星放出ニーズに応える

- 若田の滞在中に2回の放出。ウガンダ・ジンバブエ初の衛星やインドネシアのスーリヤ大の超小型衛星等合計7基。
- 打上げ手段を持たない国の宇宙活動初参画やビジネス利用を実現。

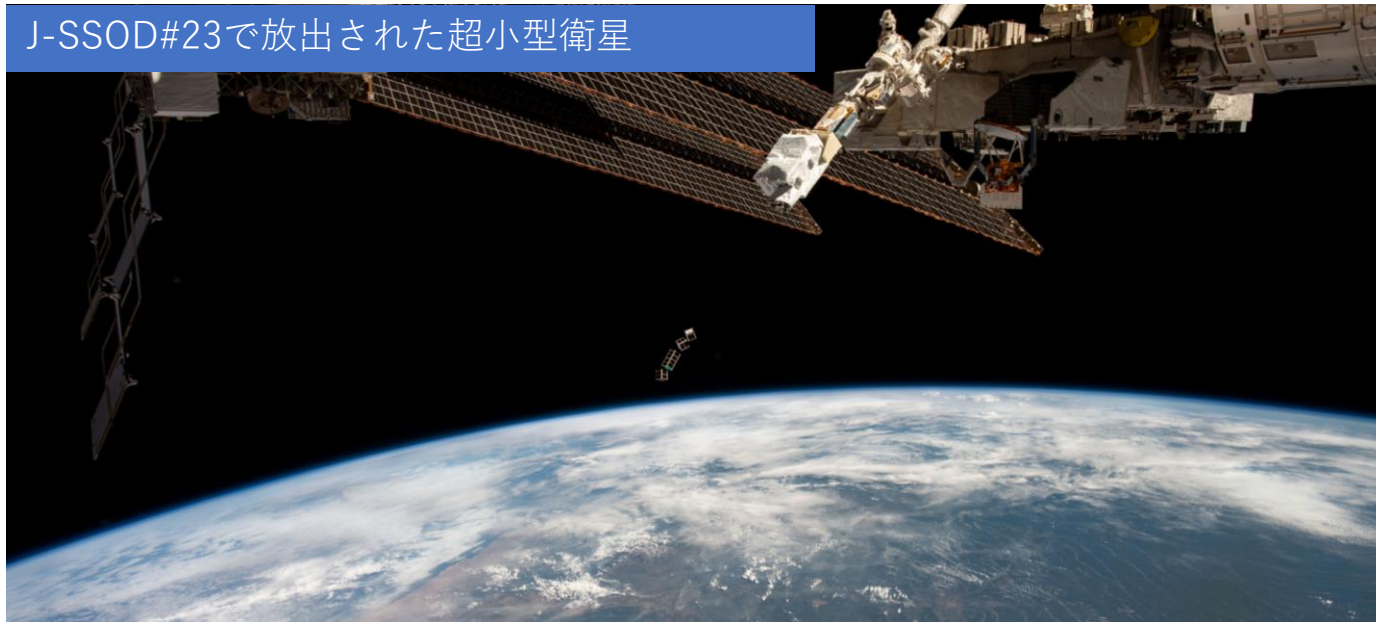
中型曝露実験アダプタ

IVA-replaceable Small Exposed Experiment Platform (i-SEEP)

「きぼう」の船外利用をより身近に

- 船外実験プラットフォームにある中型曝露実験アダプタ (i-SEEP) の拡張機能として、小型ペイロード搭載支援装置 (SPySE) を開発、「全固体電池」などの実証実験が開始。
- 簡易材料曝露実験ブラケット (ExBAS) を用いた事業者による材料曝露実験も実施。

J-SSOD#23で放出された超小型衛星



SPySEが設置された「きぼう」日本実験棟



宇宙日本食

日本の味を宇宙へ！

- 若田搭乗中に初めて搭載された宇宙日本食とPre宇宙日本食は合わせて6種（計40種搭載）。
- 宇宙飛行士のパフォーマンス向上につながった。



初搭載の宇宙日本食とPre宇宙日本食



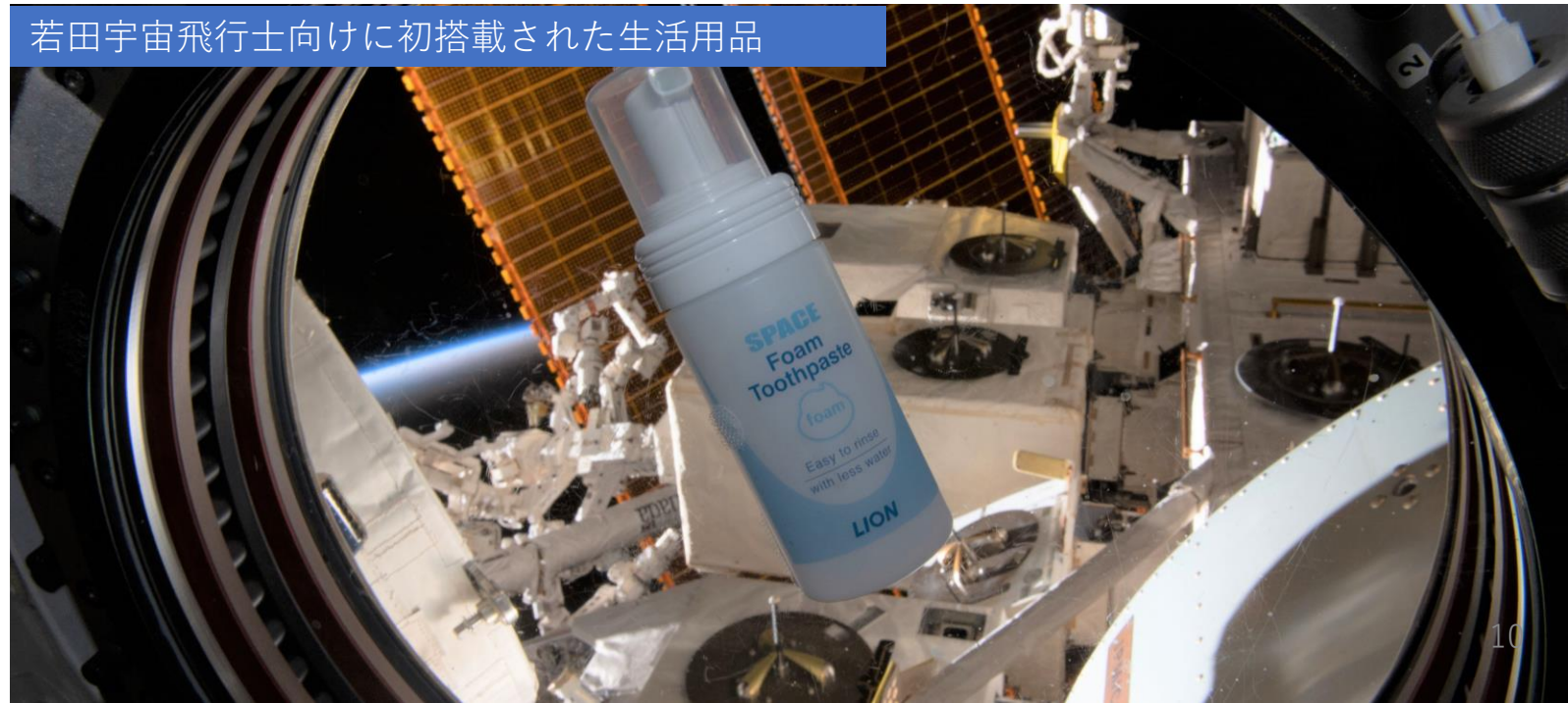
若田宇宙飛行士向けに搭載された合計40種の宇宙日本食とPre宇宙日本食

生活用品

宇宙と地上両方の課題を解決する生活用品をISSに搭載！

- 宇宙と地上に共通する課題を解決するアイデアを企業等から募集。
- 選ばれたアイデアを宇宙仕様で開発していただき、9品の生活用品をISSに初搭載。

若田宇宙飛行士向けに初搭載された生活用品



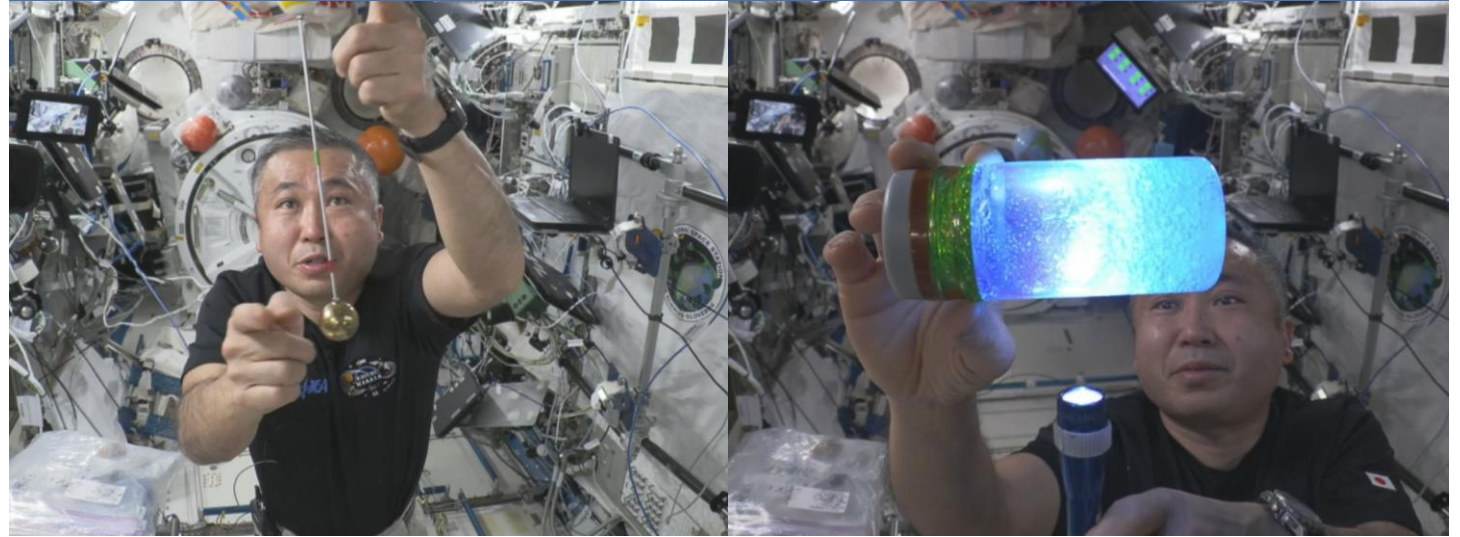
アジアントライゼロG 2022

Asian Try Zero G 2022

アジア・太平洋地域の青少年が考えた宇宙実験を「きぼう」でトライ！

- アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）における多国参加型ミッションの1つ。
- アジア・太平洋地域の青少年を対象として、8つの国と地域から201件480人の応募。

軌道上で簡易実験を行う若田宇宙飛行士



第3回「きぼう」ロボットプログラミング競技会

Kibo-RPC

次世代人材育成とアジア利用拡大

- ISS船内ドローンのプログラミングで様々な課題を解決する教育プログラム。
- 12か国・地域から351チーム1431人が参加した。
- 予選を経て、10チームが軌道上決勝大会に挑んだ。



メッセージを送る若田宇宙飛行士



3位入賞した日本チーム

アウトリーチ活動

地上との交信イベント

- 2022年9月にJAXAは有人宇宙活動30周年を迎え、それを記念した毛利宇宙飛行士と若田との軌道上対談交信イベント等を実施。
- 軌道上のオーケストラ演奏、宇宙飛行士候補者選抜の応援イベント、埼玉県さいたま市の子供たちとの交信など、多くの交信イベントを行った。

岸田総理との軌道上交信

- 2022年12月に総理官邸とISSを結び、岸田総理大臣、永岡文部科学大臣、高市内閣府特命担当大臣(宇宙政策)との交信を実施。
- 会場ではKibo-RPCで3位の東京工業大学チームも参加した。



【JAXA Humans in Space 30th】
毛利宇宙飛行士×若田宇宙飛行士
特別対談



©Seiji Ozawa/SKO&JAXA ONE EARTH MISSION
サイトウ・キネン・オーケストラ
(SKO)の演奏を軌道上から

岸田総理大臣他との軌道上交信



日米・日露共同実験、アジア諸国・新興国に対する「きぼう」を通じた低軌道活動への参加機会の提供

- ◆ 我が国の強みを活かした戦略的な国際宇宙協力により、各国との関係強化と、日本の国際プレゼンスの向上に貢献

宇宙飛行士の活躍によるISSへの貢献

2名のISS船長輩出、米国人以外での米民間宇宙船初搭乗等

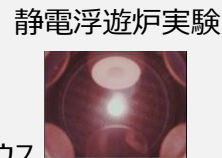


世界第3位の宇宙滞在実績

ISSにおける日米協力の枠組み JP-US OP3を通じた協力



低重力環境のマウス
長期飼育



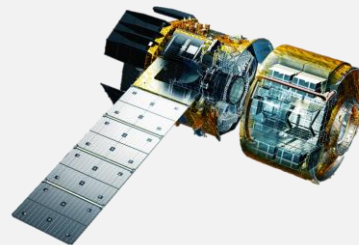
静電浮遊炉実験



学生ロボット
プログラミング競技会

「こうのとりの物資補給による ISSの安定運用への貢献

100%の成功率と大型貨物輸送
(ISSバッテリー換装でも重要な役割)



開発中の新型補給機 (HTV-X)

ISS計画参加各極との国際協力



「きぼう」運用管制／HTV運用管制

NASAをはじめ各極のミッションコントロールセンター、軌道上クルーと協力し、システム運用と実験等のミッションを24時間体制で実施



宇宙ステーション補給機
「こうのとりのHTV 1～9
号機の物資補給を完遂

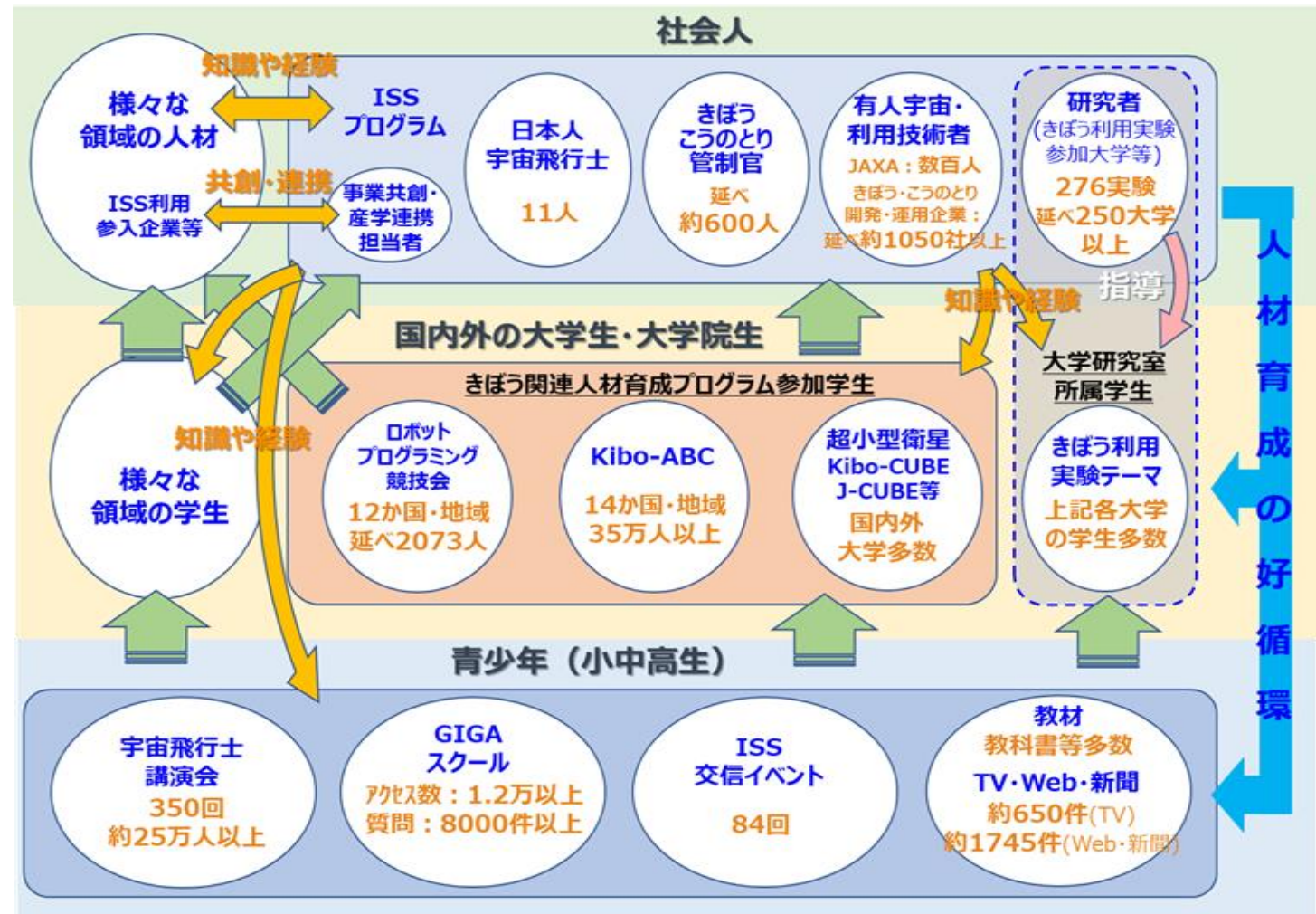
ISSプログラムを通じた人材基盤の強化

日本人宇宙飛行士や宇宙開発技術者の育成、若手研究者や学生等の能力構築に貢献

学生・青少年への科学技術等への関心喚起、科学技術等の教育にも貢献

- ◆ 幅広い層の宇宙や科学技術等への関心や知識・能力・経験を高める場として定着
- ◆ 文科省・学校等との連携、大学生対象の実践的プログラム等により、国が進める宇宙活動を支える次世代人材の育成の場としても貢献

- 日本人宇宙飛行士の育成
- 宇宙開発技術者の育成
- 若手研究者、大学生等の能力構築
- 国内外の学生・青少年への学ぶ機会の提供



2022年2月18日ISS・国際宇宙探査小委員会 資料46-2抜粋

日本の有人宇宙活動の歩みとこれから

スペースシャトルを利用した技術蓄積

有人滞在に必要な基本的知識の修得や、宇宙実験に必要な技術の蓄積

STS-47(1992)
毛利 ふわっと'92



STS-65(1994)
向井 IML-2



STS-95(1998)
向井



STS-99(2000)
毛利 SRTM



スペースシャトル就役



ISS計画検討開始

1981

1984

1970

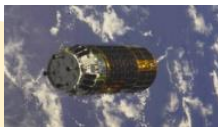


STS-72(1996)
若田 SFU回収

1985年・1992年・1996年採用

HTVによる輸送技術の蓄積 (全9機連続成功)

将来の有人宇宙船に向けた基本技術の蓄積



1号機(2009)
若田

2号機(2011)
星出

3号機(2012)
若田

4号機(2013)
油井

5号機(2015)
大西

6号機(2016)
野口

7号機(2018)
星出

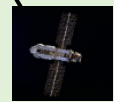
8号機(2019)
若田

9号機(2020)
古川

2003



STS-114(2005)
野口 シャトル飛行再開



ISS建設開始 (1998)



STS-92(2000)
若田 ISS組立



STS-87(1997)
土井 日本人初の船外活動

ロボティクスや船外活動による軌道上組立技術の蓄積

日本人長期滞在(延べ12人) リーダーシップの発揮

ISS/「きぼう」
運用・利用



ISS完成 (2011)



1J/A (2008)



1J (2008)



2J/A (2009)

「きぼう」
組立て

「きぼう」による有人技術の蓄積

有人大型軌道上施設の開発技術、組立技術、運用・保全技術および長期有人滞在データの蓄積



1999年採用



2009年採用



2023年採用

2030

油井、大西 (2025年頃予定)

Gateway
ECLSS(I-HAB)への貢献



日本の有人宇宙活動の黎明期からISS本格利用の時代までの32年間の宇宙飛行士業務を振り返って…

- 30年以上に渡り蓄積した技術や経験、実績により、日本に対する世界各国からの高い信頼を強く認識。また、宇宙活動に関わる人材・企業・団体の層が日本全体として厚くなり、様々な業種に拡大してきたと実感。
- これは、「きぼう」の着実な運用、「こうのとり」による確実な物資補給、日本人宇宙飛行士の活動など、国際協力による継続的な取組と技術獲得の成果であり、「きぼう」という日本の拠点があったからこそ得られたものと思料。日本が定常的かつ自在に活動できる場があることの重要性を再認識。
- ポストISSやアルテミス計画においても、日本への期待は高く、日本が有人宇宙分野でプレゼンスを発揮し続けるためにも、獲得した技術・知見を最大限発揮し、今後の取り組みにしっかりと繋げていくことを期待。

ご清聴ありがとうございました

※本資料の画像は、特に明記のない限り、提供：JAXA/NASA

