

工業会活動

JAXA筑波宇宙センターを訪問して

～「閉鎖環境適応訓練設備を用いた有人閉鎖環境滞在試験」 を中心として～

1. はじめに

昨年の今頃話題になった映画、『火星の人』を憶えている方も多いだろう。現実の世界でも、昨年から今年にかけて、米国、ESA、ロシアを始めとした様々な国や機関が将来、有人宇宙飛行を実現するための第一歩として、火星への無人探査の計画を発表・実施した。

人類の夢の一つである長距離有人宇宙飛行を実現するためには、解決しなくてはならない技術的課題が幾つもある。それに加えて地球上とは異なる環境で長期間を過ごすことになる宇宙飛行士の身体と心の健康を保つための研究が必要である。

例えば、太陽系で地球に一番近い惑星である火星を往復する場合、現地での滞在期間を含めて約3年もの長い時間を生活空間の限られた宇宙船で過ごす必要があり、強いストレスを受けながら過ごすことになると考えられる。これは現在運用中の国際宇宙ステーション（ISS）に長期滞在する宇宙飛行士も同様である。

ISSでは宇宙飛行士の精神心理状態を把握するために、地上から精神科医／心理専門家二週間に一度程度の頻度でモニター越しに面談を行っている。これまでのところ、ISS宇宙飛行士にはストレスによる問題が発生し

たという報告はないが、通信装置の故障によって地上との連絡が取れないような緊急事態や、火星探査のように地球とのリアルタイム交信ができないような孤立状態になる場合を想定した、面談によらないストレスの測定方法を検討する必要がある。

そのため国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、筑波宇宙センター内にある施設を使用して、「閉鎖環境適応訓練設備を用いた有人閉鎖環境滞在試験」を平成27年度より実施しており、平成28年度は合計で3回の試験を実施する計画である。

この試験の目的は、「被験者の測定データからストレスの程度を判定する」客観的な指標を見つけ出すことである。このような指標を見つけ出すことができれば、ISS滞在中や将来の長距離有人宇宙飛行の際に、宇宙飛行士が自分でストレス状態の評価を行い、適切な対応が取りやすくなる。

2. 筑波宇宙センター訪問

実際にどのような施設で試験が行われているのかを知るため、JAXAの筑波宇宙センターを訪問した。筑波宇宙センターは、1972年に筑波研究学園都市の一角に開設された、約53万平方メートルの敷地を有する事業所



筑波宇宙センター

出展：JAXA HPより

で、人工衛星の開発・運用及び画像解析、宇宙環境利用や宇宙飛行士養成、ロケット・輸送システムの開発と技術の基盤確立のための研究・推進を行う、日本の宇宙開発の中核としての役割を果たしている。

筑波宇宙センターの敷地内には、様々な施設があるが、今回は日本の宇宙開発に関する展示がある「スペースドーム」、閉鎖環境試験が行われる「宇宙飛行士養成棟」、人工衛星の組立・システム試験・環境試験が行われている「総合環境試験棟」の三か所を訪問した。

3. スペースドーム

筑波宇宙センターの正門を入ったすぐ左手に位置するスペースドームは、JAXAがこれまでに打上げた様々な人工衛星の試験モデルや、燃焼試験に使われたロケットエンジン、ISSの「きぼう」日本実験棟の実物大モデル

が展示されている。見学に際しては元JAXA職員で衛星開発経験があり、現在スペースドーム説明員の吉田和雄氏に案内していただいた。

人工衛星コーナーでは、日本における人工衛星の開発の歴史を示す様々な模型や試験モデルが展示されており、宇宙開発初期に打上げられた衛星や、現在運用中の温室効果ガス観測衛星「いぶき」、技術試験衛星「きく8号」等、普段目にすることができない実物大の人工衛星の模型や試験モデルを間近で見ることができ、衛星の大きさや複雑な構造を知ることができた。

2015年に海外のロケットがISSへの補給機の打上げに次々と失敗する中、唯一連続打上げに成功したことで、改めて品質と信頼性の高さで存在感を示した、日本の宇宙ステーション補給機「こうのとり」の試験モデルが展示されており、ドッキングの仕組みや搭載



スペースドーム全景



人工衛星の展示



「きぼう」モジュール



H3ロケットとロケットエンジン

する貨物や宇宙飛行士たちの生活などについての様々な解説を聞くことができた。

これまで日本が開発した打上げロケットも模型が展示されており、開発の歴史とこれから主役を担うことになるH3ロケットや強化型イプシロンについても知ることができた。

4. 閉鎖環境適応訓練設備見学

閉鎖環境試験を行うための設備は、筑波宇宙センターの中心部から少し北側に位置する宇宙飛行士養成練の中にある。もともとは宇宙飛行士の訓練用に設置されたものである。試験設備の内部をJAXA有人宇宙技術部門主

任研究開発員の井上夏彦博士に案内していただいた。

試験設備は2つのモジュールが短い通路で接続されており、「きぼう」モジュールと似た構造になっている。全体の広さは大型バス2台分程度だが、居室、台所、ユニットバス、寝室と生活するために必要な設備は一通り揃っている。試験中はストレスを負荷するために外部との接触を可能な限り避けるため、貨物室を介して物資の受け渡しを行ったり、携帯電話のような通信機器を持ち込まない等が指示されている。また、試験設備には外を見られる窓がなく、常に人工灯で生活するこ



試験室の模型



台所兼居室



寝室



モニタールーム

とから、体内時計をリセットするために高輝度の照明を設置したエリアがある。また、食事に関しては冷蔵庫が設置されており、IH調理器や電子レンジを使ってレトルト食品を暖める程度の調理を行うとのことだった。

試験室の二階にはコントロールルームが設置されており、ユニットバスや寝室内を除く試験設備の各所に設置されたカメラやマイクを使い、試験中の被験者の動向をモニタリングし、必要な指示を出せるようになっている。

5. 閉鎖環境試験について

JAXAの有人宇宙技術部門宇宙飛行士運用技術ユニットが中心となり試験を実施している。また、宇宙医学生物学研究グループと共同研究機関が研究に関する作業の実施を、宇宙飛行士健康管理グループが被験者の医学的安全管理を、宇宙飛行士運用グループが閉鎖設備の設備運用・設備安全管理を担当している。

閉鎖環境試験では試験設備の内部で公募によって選ばれた8人の成人男性が13泊14日、携帯電話やインターネットを含めて外部と接触する手段が断たれた閉鎖環境下で生活す

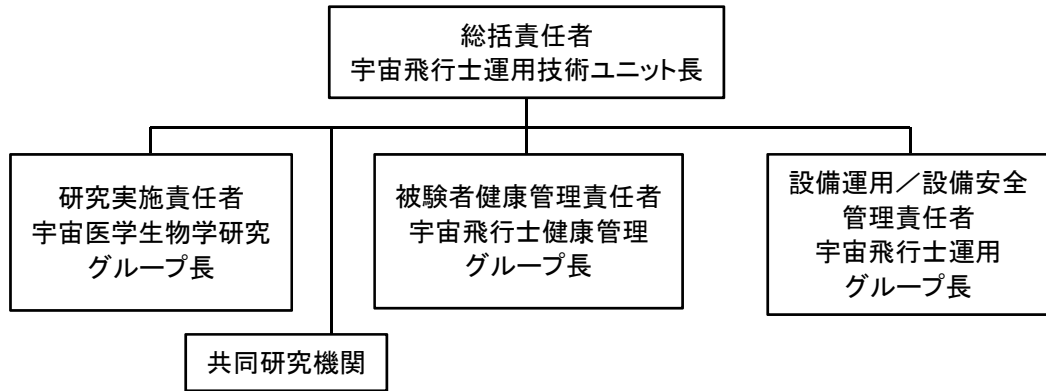


図 閉鎖環境試験組織図

る。期間中被験者はISSを模擬した生活を送る。そして「強いストレスがかかる閉鎖環境で長期間生活する被験者にどのような変化が現れるか」について、精神科医の間診と血液検査などの客観的な医学的データを取得し、試験前後のデータと合わせて、総合的に比較・評価を行う。最終的にはすべてのデータを分析することで、「被験者の測定データからストレスの有無を判定する」客観的な指標

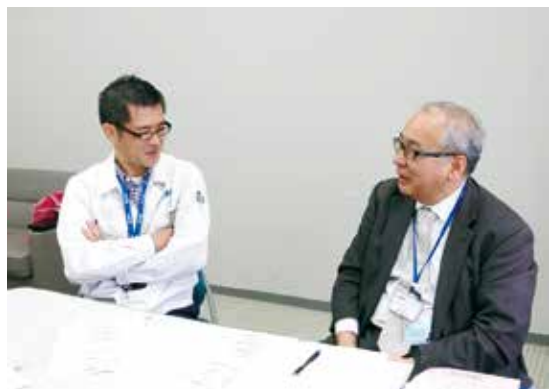
を見つけ出そうとしている。

閉鎖環境試験は2015年度に1回、2016年度に2回の合計3回実施を完了しており、2016年度末までにもう1回実施予定となっている。この4回の試験から得られたデータを分析することでストレスマーカーを絞り込み、可能であれば決定する計画である。

試験設備を案内していただいた井上博士に試験に関するお話を伺った。



インタビュー風景



井上博士（左）と山北常務（右）

SJAC：閉鎖環境試験はISSに長期滞在する宇宙飛行士の健康管理手法を向上のためとのことですが、昨今話題になっている月や火星への有人宇宙飛行への適用も考えているので

しょうか？

井上博士：将来的にはそのような可能性もあると考えて研究を行っています。長期間の有人宇宙飛行に際しては、通信にもタイムラグ

が発生したり、場合によっては一時的に連絡が取れなくなる可能性も考えなければなりません。そのような場合でも宇宙飛行士が、例えば測定パッドで生理的データを常に測定し、本研究によって特定したストレスマーカを活用して客観的にストレスの度合いを判断することができれば、自身の健康を保ち、任務を成功に導くことができると考えています。

SJAC：閉鎖環境試験で難しい点はどこでしょうか？

井上博士：宇宙飛行士はISSで、地上と異なる環境下で常に様々な業務に従事しているため、常に強いストレスにさらされています。そのような特殊な環境下におけるストレス状態を地上でどのようにして再現し、さらに14日間に渡って維持するかが、難しい課題となっています。例えば外界からの情報を制限するためにスマートフォンのような情報機器の持ち込みを禁止したり、第三者との接触を制限するために品物の受け渡しも被験者と顔を合わせないように特殊な扉を持つ部屋を使うなどの工夫をしています。

SJAC：閉鎖環境試験はこれまで、2015年に1回、2016年に3回実施予定となっていますが、今後はどのような計画をされているのでしょうか？

井上博士：ロシアには、同じような試験をさらに長期間に渡って行うことができる施設があります。将来的にはそちらと連携することも考えています。また、ストレスマーカを発見するだけでなく、ストレスを軽減するために有効な方法を見つけ出す試験も行えればと考えています。

SJAC：閉鎖環境試験の成果を他の分野に応

用する可能性はありますか？

井上博士：閉鎖環境試験のデータを蓄積・分析することで、有効なストレスマーカを発見することができれば、宇宙飛行士だけではなく地上で生活をしている人のストレスの程度を定量的に判断することが可能になるのではないかと考えています。

SJAC：本日はご多忙中のところ、施設の見学とインタビューをさせていただきありがとうございました。

6. 総合環境試験棟見学について

筑波宇宙センター訪問当日、同センター内の総合環境試験棟で三菱電機株式会社が人工衛星の組立・試験を行っており、見学することができた。総合環境試験棟には、振動試験、音響試験、熱真空試験等、人工衛星の環境試験を行うための設備が設置されている。

総合環境試験棟では三菱電機株式会社が「準天頂衛星4号機」と「こうのとり7号機 電気モジュール」の組立・試験中を行っており、現場を見学することができた。

清浄な環境で整然と組み立てられている実際に宇宙に打上げられる人工衛星や試験装置の実物を目にするすることで、過酷な宇宙環境に対応するための様々な工夫や、人工衛星の大きさを改めて実感することができた。また色々な素朴な質問に丁寧に対応していただいた。

7. 謝辞

筑波宇宙センターの見学を行うに当たり、JAXA及び三菱電機株式会社の皆様に、様々なご尽力いただいた。この場を借りして御礼申し上げる。

〔(一社)日本航空宇宙工業会 技術部長 佐古 理〕