

訪問記

宇宙を身近に感じる

～ 宇宙開発事業団(NASDA)～

1 はじめに

「宇宙とはどんな所か?」と聞かれたら、その様子を想像しながら「真っ暗で、空気がなくて、…」と答えるかもしれない。しかし、想像することはできても、日常生活では宇宙という場所を身近に感じることはできない。今回、われわれは宇宙開発事業団(National Space Development Agency of Japan, 以下NASDA)の筑波宇宙センターを訪問した。

バスから降りると、空気のうまさに驚かされた。目に入ってきた景色は緑が多く、足下にはタンポポがかわいらしく咲いていた。東京ではあまり味わうことができない春の景色である。この緑豊かな環境の中に、日本の宇宙開発の中核である筑波宇宙センターがある。筑波宇宙センターは1972年に開設され、530 000m²という広大な敷地面積を持つ。その研究内容は、ロケット、人工衛星、国際宇宙ステーション開発に関するさまざまな分野に分か

れている。われわれは、見学ツアーに参加した後、技術研究本部の取材を行った。

2 宇宙を相手にする人々の「活躍の証」 NASDA見学ツアー

管理棟でパンフレットとバッジを受け取ると、見学ツアーの始まりである。この棟にある視聴覚室に案内され、大きなスクリーンに映されたNASDAの紹介ビデオを見た。そのビデオでは、これまで行ってきた人工衛星の打上げ、日本人宇宙飛行士の活躍、これからの国際宇宙ステーションの建設などが紹介された。ビデオ上映が終わると、われわれはほかの見学ツアー参加者と一緒にバスに乗り、いくつかの施設へ移動した。見学できた施設は、展示場、宇宙ステーション試験棟、宇宙飛行士養成棟、無重量環境試験棟である。

展示場へ入ると、その場内は薄暗く、まるで宇宙空間をイメージしているようであった。入口近くでは、歴代のロケットの模型がわれわれを出迎えた。

アメリカの技術を基に造られたN-ロケット、N-ロケット、H-ロケット、純国産のH-ロケット、さらにH-ロケットを改良し現在運用されているH-Aロケットがずらりと並んでいた(図1)。H-Aロケットの高さは53mもあり、質量は285tonもあるそうである。質量の約9割はエンジンや燃料で占められていることを知り、宇宙へ行くために必要となる燃料の多さに驚いた。これらの模型の近くに、H-ロケットの第1段エンジン「LE-7エンジン」の実物大試験モデルが展示してあった。第1段エンジンとは、打上げ時に点火されるメインエンジンである。エンジンの燃料は液体水素と液体酸素であり、エンジンは東京から大阪まで約1分で行くことができるほどのパワーを持っているそうである。さらに展示場を歩いていくと、さまざまな人工衛星が展示してあった。地球観測プラットフォーム技術衛星ADEOS「みどり」は、金色のひらひらしたもので包まれていた(図2)。初めて見た人は、その姿におそらく驚くはずで



図1 ロケットの20分の一模型(左からN- , N- , H- , H- , H- A)



図2 地球観測プラットフォーム技術衛星ADEOS「みどり」の試験モデル

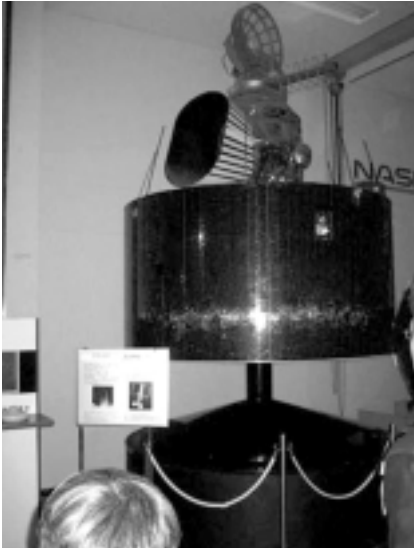


図3 静止気象衛星GMS-1
「ひまわり1号機」の実物



図5 宇宙服の実物大模型

ある。このひらひらしたものは人工衛星用の保温材であり、多層断熱材 (Multi-Layer Insulation, MLI) と言われているそうである。展示してあった人工衛星の中には、天気予報でよく耳にする静止気象衛星GMS-1「ひまわり1号機」の実物があつた(図3)。GMS-1の形状は円筒形であり、その周りには無数のタイル状の太陽電池が張られている。この理由は、真中を軸に自分の体を1分間当たり100回転させることによって姿勢を保つ「スピン安定方式」を採用しているからである。GMS-1は、約30分ごとに地上に撮影した写真をデータとして送ることができる。この写真から予報される天気をわれわれは知ることができるので

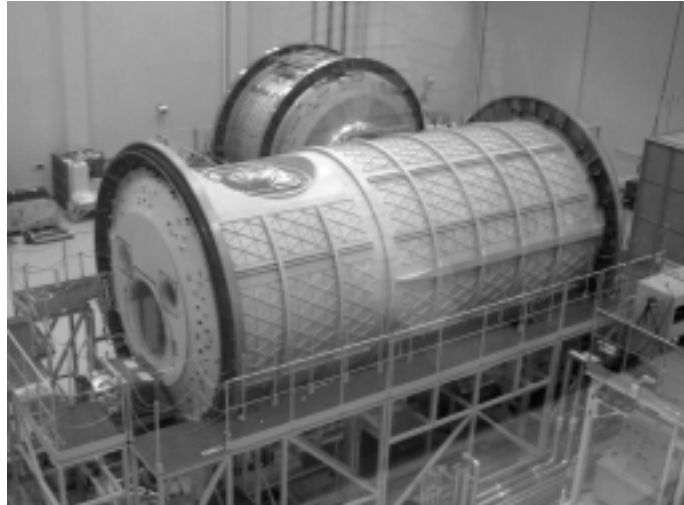


図4 宇宙ステーションの日本実験モジュール「きぼう」の
船内実験室のモデル(前方)と保管室の実物(後方)

ある。展示場の奥には、現在3分の一ぐらい完成している国際宇宙ステーションの模型があつた。アメリカを中心に世界15箇国がこのプロジェクトに参加し、もちろん日本も参加している。日本の実験モジュールは「きぼう」と名付けられ、宇宙空間で実験を行う「船外実験プラットフォーム」、船内から遠隔操作のできる「ロボットアーム」、中に実験の道具や材料を入れる倉庫の役割をする「保管室」、そして「船内実験室」と大きく四つの部分に分けられる。展示場には船内実験室の実物大模型があり、見学ツアーの参加者は中に入ることができた。無重力状態では下面に足を着ける必要がないために、実験装置が上下にも設置されている。このように、実験室の空間を有効に活用できる工夫がなされている。その内部はそれほど広くないので、長時間の実験はかなりの重労働になりそうであつた。

宇宙ステーション試験棟では、部屋の内部をガラス越しに見学した。その部屋はとても広く、まるで倉庫のようであつた。各メーカーが造ってきたものをこの部屋に集め、実機の試験を行った後にアメリカから宇宙まで運び、そこで宇宙飛行士によって組み立てられるそうである。われわれが訪れた時にはすでに船内実験室はアメリカへ運ばれた後で、その試験用モデルしかなかった。しかし、船外実験プラットフォーム、ロボットアーム、保管室の実機を

見ることができた(図4)。部屋の中はごみやちりがとても少ない「クリーンルーム」と言われる環境になっている。この中で作業する時には、帽子を被り、マスクをして、白衣を着る必要がある。

宇宙飛行士養成棟では、前庭機能試験設備と閉鎖環境適応訓練設備をガラス越しに見学した。前庭機能検査室には、宇宙酔いを体験できるいすがあつた。宇宙に行くと、無重力の影響で体にいろいろな変化が現れる。宇宙酔いは、乗り物酔いよりひどい状態であると言われる。見学したいすは前後に動いたり回転したりすることができ、宇宙飛行士が宇宙酔いの擬似状態になれるように訓練用として使われていたが、現在では宇宙酔いのメカニズムを解明するために使用されている。一方、閉鎖環境適応訓練設備では外界から完全にシャットアウトして宇宙での閉鎖生活を再現し、宇宙飛行士に真っ白なジグソーパズルや単純計算などをやらせて人的圧迫をかける。そのような環境に耐えながら、協調性を持つてほかの宇宙飛行士と生活できるかどうかを観察されるのである。

宇宙飛行士の姿がよく連想されるのは、宇宙服を着ている姿である。宇宙飛行士養成棟の通路には、宇宙服の実物大模型が展示してあつた(図5)。地上における質量は120kgから150kgもあるそうである。宇宙服は、船外活動を行う時に生命維持の

目的で着用される。宇宙服の背中には、大きな箱が取り付けられている。これは生命維持装置であり、この中には水や酸素、バッテリーなどが入っているそうである。1度船外へ出ると6、7時間は戻れないので、宇宙服には水分補給用のストローとおむつまで取り付けられている。宇宙服は、防弾チョッキと同じ材料と断熱材などを素材とする14層の構造になっている。服の内側の3層は冷却下着と言われ、張り巡らされたチューブの中に水を循環させることによって体温が調節される。日本製の宇宙服はないので、展示してあった宇宙服はアメリカ製であった。宇宙服は、宇宙飛行士に合わせてオーダーメイドで作られてはいない。なぜなら、1着に約13億円もかかる高価な服であり、一人が何度も使用しないのでほかの人へ渡すからである。宇宙服は一人の命を託す物であるので、13億円かかるのもうなずける。

無重量環境試験棟では、無重量環境試験設備という巨大な水槽をガラス越しに見学した。水槽の深さは10.5mであり、水槽の中に実験道具が沈められている。宇宙飛行士は60kgもある水中用宇宙服を着て、この擬似無重力状態の中で訓練を行う。この環境は7割程度無重力空間に似ていて、中で2、3時間訓練を行うことができる。補助をするダイバーに指示を出す時以外、宇宙飛行士はコントロール室の人と英



図6 小笠原の海底から引き上げられたH-II ロケットの第1段エンジン「LE-7エンジン」

語で会話するそうである。この訓練は半年から1年の間に1回集中的に行われる。残念ながら、今回の見学ではこの訓練が行われておらず、水槽の水も抜かれた状態であった。

見学できた展示物や設備などは日本の宇宙開発の過去・現在・未来をわれわれに印象付けた。それらは、宇宙という果てしなく大きなフィールドを相手に仕事をしている人々の「活躍の証」と言うべきものであった。

3 ロケットと人工衛星に適した材料・機構とは マテリアル・機構技術グループの研究

見学ツアー後に、われわれはNASDAの研究所「研究開発棟」を訪問した。ここで、マテリアル・機構技術グループ、システム評価技術グループ、先端ミッション技術センターの研究について取材することができた。

研究開発棟に入ると、そこは展示室となっていて、さまざまな研究関連の物が展示されていた。これらの展示物を見ながら、機構Sub Group（以下SG）の宮馬 浩さんと材料SGの石澤淳一郎さんにマテリアル・機構技術グループの研究について説明していただいた。

棟の入口近くには、小笠原の海底から引き上げられたH-II ロケット8号機のLE-7エンジンの実物が展示されていた（図6）。1999年11月15日に種子島からH-II ロケット8号機が打ち上げられた。しかし、1段目のLE-7エンジンに不具合が生じたために、ロケットの推力が落ちてしまった。そこで、NASDAはロケットを地上から遠隔破壊した。このロケットの遠隔破壊は、当時大きなニュースとなった。その事故原因についてお話を聞くことができた。不具合が生じたLE-7エンジンは、3000mの海底から回収された後、大型の走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope、以下SEM）を用いてその破面が観察された。そして、LE-7エンジンのインデューサ部分におけるプロペラの破断面に、疲労破壊に特有の縞状模様（striation）が見つけられた。この観察やインデューサの水流し試験などから事故原因は

以下のように推定された。ロケットを打ち上げるために、推進薬となる液体水素と液体酸素を加圧する。この時、インデューサが高速で回転する。そのために、内部の液体水素が高速で流れる。液体中では圧力の低い部分が気化し、短時間に蒸気のポケットが生成・消滅する現象「キャビテーション」が生じる。このキャビテーションが圧力変動を引き起こし、プロペラの加工痕に大きな繰返し応力が作用し、プロペラの疲労破壊が起こる。この疲労破壊が事故原因となったそうである。このような徹底した事故原因の解明が、2001年8月29日のH-II Aロケット1号機の打上げを成功に導いたと考えられる。

展示室を少し歩くと、人工衛星で使用されるニッケルカドミウム(Ni-Cd)電池が展示されていた。ここでは、人工衛星がどのように電気を供給しているのかを説明していただいた。人工衛星は、太陽が当たる場合には太陽電池で電気を作ることができる。しかし、太陽が地球の陰に隠れると太陽電池の代わりとなるバッテリーが必要となる。そこで、充電用バッテリーで蓄えた電気を使用する。展示されていたニッケルカドミウム電池は見学ツアーで見た人工衛星ADEOSに積まれていたものである。現在運用中の人工衛星には、小型・軽量化の観点からニッケル水素(Ni-MH)電池が用いられている。

展示室の奥のほうには、民生部品実証衛星MDS-1（Mission Demonstration test Satellite-1）「つばさ」の模型が展示してあった。MDS-1は、2002年2月4日に打ち上げられたH-II

Aロケット2号機に搭載されていた。この人工衛星は放射線が強いバンアレン帯を通過する静止トランスファ軌道上を移動するので、耐放射線データの取得に最適な人工衛星である。この人工衛星は、放射線環境で民生用の部品がどの程度のダメージを受けるのかを検証するために使われているそうである。

次に見学した展示物は、材料曝露実験に使用される材料のモデルであった。材料曝露実験とは、宇宙ステーシ

ョンやスペースシャトルの外部に搭載した材料を宇宙環境に直接さらすことによって、その材料がどうなるかを評価する実験である。現在NASDAは、微小粒子捕獲実験および材料曝露実験「MPAC & SEED (Micro-Particles Capture and Space Environment Exposure Device) 実験」を行っている。この材料曝露実験では、国際宇宙ステーションを利用することによって、これまで得られなかった長期間の曝露実験データやさまざまな曝露期間による実験データを評価することができる。微小粒子捕獲実験では、宇宙の塵であるデブリを回収することによって軌道上宇宙環境の把握を図る。MPAC & SEED実験は、国際宇宙ステーションの前方にある日本モジュール「きぼう」と後方にあるロシアのモジュールで行われる。そのために、環境の違いを比較することができるのである。

その隣には、人工衛星の機構系を構成する軸受、ハーモニックドライブなどの部品が展示してあった。NASDAの機構系SGは、しゅう動部の摩擦、磨耗、潤滑の学問である「トライボロジー」の観点から研究を行っている。軸受は人工衛星に多数存在する可動部に使われる。この時、重要なのは軸受の潤滑方法である。地上で使用される油やグリセリンなどの液体潤滑剤は真空中で蒸発してしまうし、人工衛星の内部を液体潤滑剤で汚してしまう。そこで、日本の宇宙開発では、軸受到固体潤滑剤「二硫化モリブデン(MoS_2)」が膜状に塗られている。また、人工衛星の太陽電池パドルの減速機構には、ハーモニックドライブが使われている。ハーモニックドライブの内側の歯数と外側の歯数は異なっていて、それを回転させることで減速率をかせいである。ハーモニックドライブは軽くて、減速効率が良いのが特徴である。宇宙では温度差が大きいために、これらの機構系部品が熱膨張しても他の部品と接触しないような工夫がなされている。宇宙環境における機構系部品のトライボロジーを研究することは、人工衛星に使われる新しい材料の選定につ

ながるのである。

展示物を見学した後に、引き続いて宮馬さんと石澤さんに材料・機構系グループの研究室を案内していただいた。研究室の内部に入ることはできなかったが、内部の様子をガラス越しに見ることができた。

展示場から少し歩くと、機構SGの試験室に到着した。ここには、ピン・オン・ディスク (Pin-on-Disk) 試験装置と2機の真空チャンバーがあった。ピン・オン・ディスク試験では、25mm角ぐらいの材料サンプルの表面に固体潤滑剤を塗り、真空中においてその材料をボールによって円周上に引っかく。これによって、真空中における摩擦特性や磨耗特性の変化を計測することができるのである。真空チャンバーとは、内部を真空状態にすることができる容器である。この試験室にある2機の真空チャンバーの径は約1mであり、長さは約1mである。真空度が約 10^{-6} Paの状態になるまで排気することができる。この2機の真空チャンバーでは、チャンバー内にあるフランジの先に軸受を付けて、これをモータで揺動させ、真空中での摩擦特性の変化や寿命の変化を調べることができる。真空チャンバーの中にはコールドプレートがあり、窒素を流すと温度を約-150℃まで下げることができる。約±100℃の範囲の熱真空環境における機構系の部品の特性を知ること重要となるのである。

次に、大型の走査型電子顕微鏡SEMの実験室を訪問した。大型のSEMはテント(クリーンブース)に覆われていた。テントの中で真空引きをしてから電子顕微鏡は使われる。このSEMは、棟の入口に展示してあったLE-7エンジンのインデューサの破面観察に用いられたものである。通常SEMを使用する場合には、観察するサンプルを薄く加工する必要がある。しかし、このSEMを使用する場合には、60cm角ぐらいのサンプルをそのまま入れて観察することができる。これが、NASDAが有するSEM

の大きな特徴である。

SEMの隣には、真空振動試験装置があった。装置下部に加振器(shaker)が縦に付けられ、その上部に真空チャンバーが乗せられていた。この真空チャンバーは、別の部屋の機構SGの試験室にあったものと同じサイズである。ロケットを打ち上げると、振動が起こる。大気圏において、人工衛星の保護カバーであるフェアリング内部は真空状態に近づくために、気圧が徐々に下がる。ロケットが大気圏から出ると、フェアリングはロケット本体から分離され、人工衛星の周囲は真空状態になる。この装置による実験の目的は、この時の真空状態の振動を想定して、軸受、ハーモニックドライブ、歯車などの機構系を構成する要素を加振し、その評価を行うことである。

時間の関係で見学しなかったが、研究所には地下室もあり、紫外線、電子線、原子状酸素の照射装置がある。この装置を用いると、真空中でこれらを材料に同時に照射することができるので、宇宙環境を模擬した材料試験ができる。

見学ツアーで見た人工衛星ADEOSは、ひらひらした金色の熱制御材料「多層断熱材」で包まれていた。研究室を見学させていただいた後に、この材料の構成とその機能について宮馬さんと石澤さんに説明していただいた。多層断熱材の外側部分は、熱に強いポリイミドという黄色のプラスチックフィルムにアルミ蒸着をしたもので構成されている。内側部分は、ポリエステル樹脂フィルムにアルミを蒸着したものが何枚も挟まっている。このような構成になっているのには、以下のような理由があるそうである。人工衛星の熱を逃がす方法は、物質を介さず温度の高い方から低い方へ伝わる輻射(または放射)のみである。例えば、真空中でいくらあおいでも、涼しくならない。このように、真空中では空気がないので対流が生じない。そこで、熱をできるだけ取り入れないようにする必要がある。そのために、フィルム同士での熱伝導ができるだけ生じないようにする。それには、フィルム同士の間

すき間があるようにすればよい。仮にフィルム同士の間には空気があるとすると、空気部分から宇宙の真空部分へ圧力が発生する。すると、フィルム同士がくっついてしまう。それを防ぐために、フィルム材には小さな穴がたくさん開いていて、内側に空気が残っている場合には外側へ抜けるようになっていく。しかし、この時どうしてもくっつく部分が存在するので、フィルム同士の間にはポリエステル樹脂ネットをさしはさむ工夫をしている。多層断熱材は、比較的軽いことも特徴である。このように、多層断熱材は宇宙環境における断熱材として最適な材料なのである。

ロケットを宇宙まで打ち上げるためには、ロケットエンジン内の環境に適した材料・機構の研究が必要である。一方、宇宙で人工衛星を長期間運用するためには、宇宙環境に適した材料・機構の研究が必要である。マテリアル・機構技術グループの研究すべき環境の範囲が非常に広いことにわれわれは驚いた。

4 宇宙開発に必要なもの「熱・構造・流体」システム評価技術グループの研究

システム評価技術グループは熱技術SG、構造SG、流体推進技術SGから構成されている。われわれは、各SGで行われている研究の一部を取材することができた。

われわれは、棟の入口近くの展示室へ戻った。そこで、流体推進技術SG

の清水太郎さんに研究内容について説明していただいた。流体推進技術SGは、H-Aロケットの信頼性向上と将来型宇宙輸送機の開発のために、ロケットエンジンシステムの熱流体特性の把握を目指している。そこで、計算流体力学（Computational Fluid Dynamics、以下CFD）を用いたH-Aロケットの第1段エンジン「LE-7Aエンジン」の内部流れを研究している。従来のエンジンの設計では、試作品の作成と実験による検証を繰り返していた。CFDを用いると、実験前に試作品の形状をある程度煮詰めることができるので、繰返しの回数が減り、設計の効率化を図ることができるのである。CFDによる計算結果の図を見せていただきながら、エンジンの構成要素であるターボポンプ内の流れと燃焼器系のノズル内部の流れについて聞くことができた。ターボポンプ内流れの研究では、インデューサ羽根にかかる非定常応力を解明するために、有限要素法によるLES（Large Eddy Simulation）三次元非定常解析が行われている。インデューサ周りの流速を計算するためには約600万点の節点が必要となり、計算にはかなりの時間がかかってしまうのである。一方、燃焼器系流れの研究では、始動・停止時のノズル横推力発生原因を解明するために、ハイブリット非構造格子の有限体積法を用いたLE-7Aノズル内部流の三次元シミュレーションが実施されている。流体推進技術SGは、それら

を組み合わせたLE-7Aエンジンの動的シミュレータの開発を進めようとしているのである。

熱技術の実験室に訪問し、熱技術SGの永井大樹さんに研究内容について説明していただいた。ここでは、中温（0～50℃）で使用される宇宙用冷却機の開発を目的として、ループヒートパイプについて研究していた。ヒートパイプとは、パイプ内部にある冷媒の蒸発と凝縮を利用して熱輸送する熱制御装置であり、ノートパソコンにも内蔵されている。ループヒートパイプは、ヒートパイプを輪状にすることで大量の熱輸送が可能であるように拡張したものである。研究室にあってループヒートパイプの試験装置の一部を見せていただいた（図7）。装置は、ヒートパイプの周囲の環境を維持するカバーで囲まれている。その他に、熱技術グループはオシレーティングヒートパイプの研究やハイブリット式2相流体ループの研究も実施している。オシレーティングヒートパイプは、熱輸送に液体の自動振動を利用する仕組みになっている。また、ハイブリット式2相流体ループは、液体冷媒の単相のループと冷媒の蒸発と凝縮を利用した2相のループを一つのシステムにし、人工衛星の熱的な負荷に応じてループに付いている小型ポンプを動かして熱管理をする仕組みになっている。ヒートパイプで重要になってくるのがパイプ内の冷媒である。中温の温度範囲における冷媒として、最も効率が良いと考えられているアンモニアを使用していた。アンモニアは毒性があり、使用が難しい物質であるために、他企業では敬遠される傾向にある。しかし、NASAには日本全体を見回しても数少ない高純度アンモニア注排設備があり、安全にアンモニアを使用し、排出が可能となっている。このような試験からデータを取り、そのデータから冷却機的设计仕様を確立しようと取り組んでいた。その他にも、ループヒートパイプの中にある蒸発器（evaporator）をセラミック系の材料を用いて軽量化し、その試験もここでは行っていた。できた製品が実際に宇宙で使え

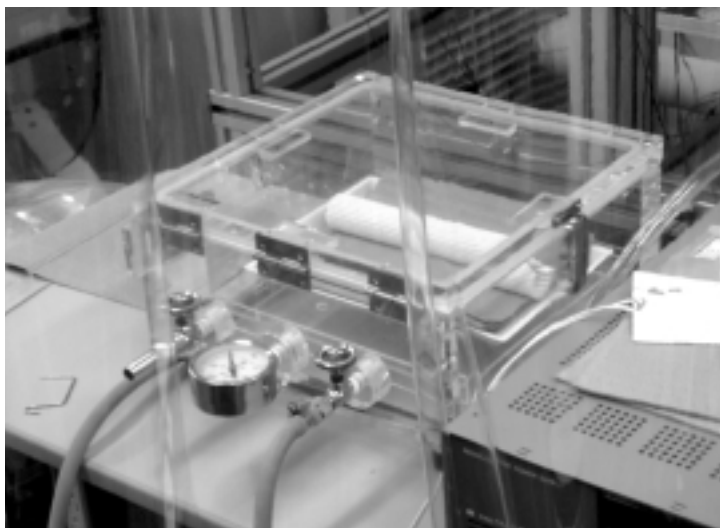


図7 ループヒートパイプの試験設備

るか、どれだけ信頼性があるか、どれだけ長寿命なのか、どれだけ軽量化できるかを試験することがキーポイントとなっているのである。

もう一つの熱技術の実験室であるクライオ実験室を訪問し、先ほどの中温より下の低温で使用されるパルスチューブ冷却機を見学した。ここでは、熱技術SGの久志野彰寛さんに研究内容を説明していただいた。冷媒としてヘリウムを使うと人工衛星が重くなるために、機械式冷却機のニーズが高まっているそうである。機械式冷却機として、スターリング冷却機がこれまで主流であった。これは等温圧縮、定容加熱、等温膨張、定容冷却というサイクルを利用した冷却機であり、冷却部に可動ピストンが存在するために振動が大きい。それに対して、パルスチューブ冷却機の冷却部には可動ピストンがないので振動が小さい。そこで、人工衛星のセンサ用の冷却機として期待されている。日本ではパルスチューブ冷却機を人工衛星に搭載した実績がなく、アメリカ製の宇宙用冷却機を購入するのが現状である。そのような背景があり、宇宙用パルスチューブ冷却機を開発して、コストを削減することを目指しているそうである。この実験室では、日本のメーカーが地上用に作ったパルスチューブ冷却機を試験している。室内には3機の真空チャンバーがあり、その中にはパルスチューブ冷却機と人工衛星を想定した銅のプレートが入っていた(図8)。真空チャンバー内では冷却機によって-230の状態にされ、銅プレートを冷却する能力が測定されていた。熱技術SGは、現段階では市販に近いパルスチューブ冷却機を使用しているが、宇宙用パルスチューブ冷却機を将来開発しようとしている。よりいっそう小型軽量化し、振動ができるだけ小さくなる構造にすることを具体的に考えているそうである。

われわれは展示室に戻り、そこで構造SGの水谷義弘さんに研究内容について説明していただいた。構造SGは、ロケットや人工衛星の構造解析を行ったり、低温・高温下で使用されるロケ

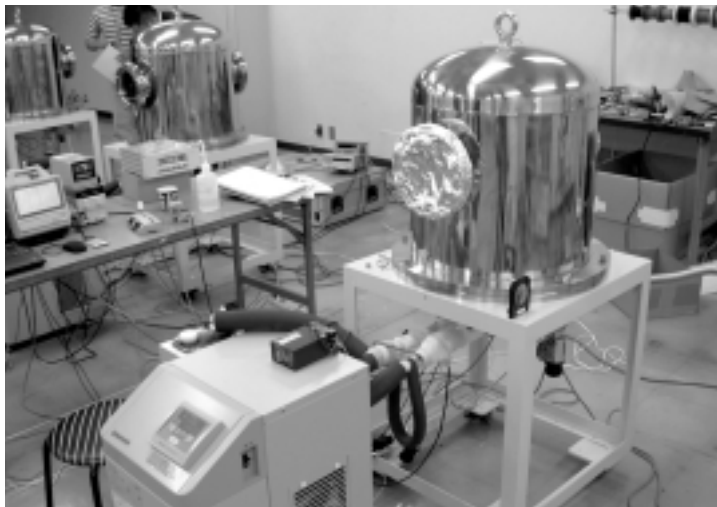


図8 パルスチューブ冷却機が入っている真空チャンバー

ット用材料の物性やき裂進展特性を測定したりしているそうである。従来用いられてきたアルミニウム合金より軽量の炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastics, 以下CFRP)がロケットに使用されるようになってきており、CFRPに関する研究も実施しているそうである。

非破壊検査法の一つであるAcoustic Emission法(以下AE法)で推進薬タンクの健全性を評価するための研究を行っている水谷さんに研究を紹介していただいた。AE法は物が壊れる時に放出される弾性波(AE:水谷さんはピキピキ音と言っていた)を超高感度のセンサで検出して損傷の発生をモニタする手法で、検出したAEを解析できるそうである。室温環境ではその手法がほぼ確立しており、研究室などでは材料の損傷メカニズムの解明に、現場ではプラントなどの構造物の健全性評価などに使われているとのことだった。しかし、推進薬タンクでは液体燃料によってタンクが凍りついてしまう程の低温に冷却されるために従来のAE法をそのまま適用できず、極低温環境でAE法を適用するための研究を実施しているとのことだった。現在、GALEXという民間企業がGXロケットという中型ロケットを開発しており、NASDAはその開発に協力している。水谷さんはNASDAが担当している第2段LNG推進系の推進薬タンクの性能試験中にAEモニタリングを実施し、

これまでに極低温環境用に開発してきたAE法の適用を試みているそうである。この研究テーマについては水谷さんがほぼ一人で実施しており、一人で研究することがいかに大変であるかをこの取材から感じる事ができた。

5 人工衛星を地上から操る マイクロスペースシステム研究室の研究

先端ミッション研究センターのマイクロスペースシステム研究室を訪問した。この研究室の隣にはμ-LabSat(マイクロラブサット1号機)の追跡管制を行っている小型衛星運用室があり、内部にはパソコンが並んでいる。マイクロスペースシステム研究室の大久保靖さん、吉原圭介さんに追跡管制について説明していただいた。

μ-LabSatは、2002年12月14日にH-Aロケット4号機の余剰能力を活用して打ち上げるピギーバック方式によって、地球観測プラットホーム技術衛星ADEOS-「みどり2号機」と一緒に打ち上げられた。大きさが直径約70cm、高さ約50cmの八角柱で、質量が約50kgの小型の人工衛星である。μ-LabSatは小型衛星技術の研究開発用に作られた。μ-LabSatは、約100分で、地球を1周しているそうである。朝の8時から12時ぐらいの間に3回、夜の8時から12時ぐらいの間に3回、ほぼ同じ時間帯に日本上空を通過するそうである。

運用室の壁にはプラズマディスプレイの画面があり(図9)、世界地図と

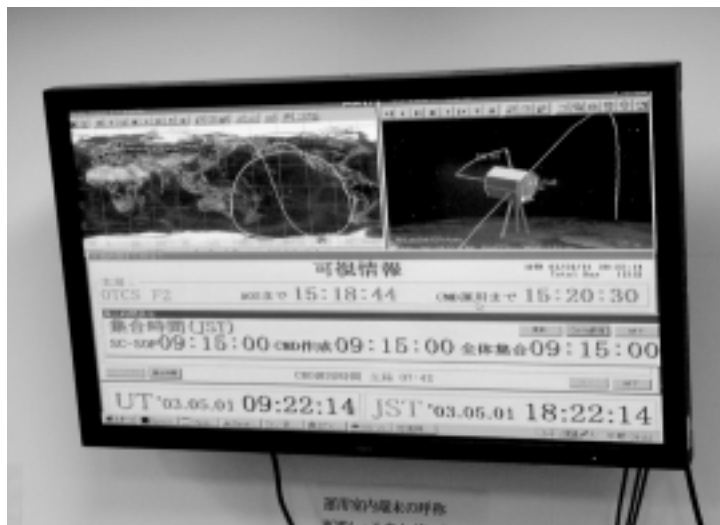


図9 μ-LabSat運用情報（小型衛星運用室）



図10 研究開発棟内にて（前列左から水谷さん、清水さん、永井さん、岡本さん、後列左4人目から宮馬さん、石澤さん、その他訪問記取材班）

ともに衛星の現在地が一目でわかるようになっていた。われわれが見学した時には、μ-LabSatはロシアの上空を通過したところであった。μ-LabSatから送られてきたデータをこの運用室の端末で見ることができる。また、運用室から衛星に対してコマンドを送信して、衛星の状態を変更することもできる。衛星の姿勢を変えたり、搭載されているCMOSカメラ（通信総合研究所製）で撮像をする時にカメラのスイッチを入れたり、カメラの撮像パラメータを変更したりするコマンドがあるそうである。地球の画像をCMOSカメラで撮像する実験を行い、きれいに撮ることができたとのことであった。

日によっては、朝だけμ-LabSatを運用する日もあるそうである。運用しない時には、可視情報というソフトを用いて、画面に「次に人工衛星を運用するまで何時間何分ある」と表示している。運用時間はUT（世界標準時）を利用しているが、JST（日本時間）に換算された次の人工衛星の運用の集合時間も表示している。μ-LabSatのデータは種子島、沖縄、勝浦の各宇宙通信所のアンテナを利用して送られてくるそうである。

打ち上げられた人工衛星を地上から追跡管制するところを見る機会はなかなかない。今後μ-LabSatで培われた小型衛星技術がどのように活用されていくのか楽しみである。

6 おわりに

NASDAの訪問を終えて、非常に充実した取材を行うことができたと感じた。見学ツアーでは、NASDAの宇宙開発技術を結集したロケット、人工衛星、宇宙ステーションについて知ることができた。既に宇宙で使用された物、これから宇宙で使用される物を間近で見たことは貴重な体験となった。技術研究本部の訪問では、その技術を支える研究内容の詳細を知ることができた。宇宙開発の第1線で研究に携わる方々から研究について説明していただく機会を得た。これまでどこか遠い存在であった「宇宙を身近に感じる」ことができた取材となった。NASDAは2003年10月に宇宙科学研究所（Institute of Space and Astronautical Science, ISAS）、航空宇宙技術研究所（National Aerospace Laboratory of Japan, NAL）と統合して、宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA）になる。この統合によって、今後日本の宇宙開発が急速に発展していくと考えられる。近い将来に、外国へ行くような感覚で宇宙へ行くことができる時代、日常生活の中でも「宇宙を身近に感じる」ことができる時代が訪れるはずである。

技術研究本部の取材では、メカライフ編集委員OBである水谷さんに研究者の方々を紹介していただき、その方々に案内していただいた（図10）。突然の訪問にもかかわらず、研究の紹介を快く引き受けられたマテリアル・機構技術グループの宮馬さん、石澤さん、システム評価技術グループの清水さん、永井さん、久志野さん、先端ミッション研究センターの大久保さん、吉原さんにお礼申し上げます。そして、技術研究本部の取材に同行していただき、お世話になったシステム評価技術グループの水谷さんに感謝いたします。

（文責 メカライフ学生編集委員

橋本 学，松原悠子，八木俊太，
鈴木良平）