

科学の
峰々

77

元JAXA宇宙飛行士 内閣府宇宙政策委員会委員

山崎 直子 さんに聞く

宇宙飛行士への歩みと
国際宇宙ステーション 下

聞き手：矢澤 英人 日本科学機器協会 会長
 佐藤 紀一 同 副会長
 南 明則 同 広報委員
 佐藤 文俊 同 広報委員
 藏満 邦弘 同 専務理事
 岡田 康弘 同 事務局長

(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

取材日：2013年10月21日

東京科学機器協会会議室

山崎 直子先生のプロフィール

1970年 千葉県松戸市生まれ
 1993年 東京大学工学部航空学科卒業
 1996年 同大学院航空宇宙工学専攻修士課程修了
 1996年 宇宙開発事業団(現JAXA)に勤務
 1999年 国際宇宙ステーション(ISS)の宇宙飛行士候補者に選ばれる
 2001年 同宇宙飛行士に認定
 2004年 ソユーズ宇宙船運航技術者の資格を取得
 2006年 スペースシャトル搭乗運用技術者の資格を取得
 2010年 スペースシャトル・ディスカバリー号で宇宙へ
 ISS組立補給ミッションSTS-131に従事
 2011年 JAXAを退職

〈学会・学術関連〉

内閣府宇宙政策委員会委員
 日本宇宙少年団(YAC)アドバイザー
 千葉市科学アドバイザー など

〈著書〉

「宇宙飛行士になる勉強法」(中央公論新社)
 「何とかなるさ」(サンマーク出版)
 「瑠璃色の星」(世界文化社)
 「夢をつなぐ」(角川書店)など



11年間の訓練を経て 2010年4月ついに宇宙へ

— これまで宇宙飛行士としての訓練の様子をお聞きしましたが、実際に宇宙へ飛び立ったときは、どのような感じだったのでしょうか。

山崎 1999年2月、宇宙飛行士候補者試験に合格してから11年という長い訓練期間を経て、ついに2010年4月5日早朝6時21分、フロリダ州ケネディ宇宙センターから宇宙へ飛び出すときが来ました。

私を含め7名の搭乗クルーは、打ち上げ後の活動時間に体を合わせるため、出発5日前から正午就寝、夜8時起床という昼夜逆転の生活に時間差調整をして出発当日を迎えました。

そして、出発3時間前にスペースシャトル・ディスカバリー号に乗り込み、発射9分前に地上からの最終OKが出ると、自動制御に代わり、2分前にヘルメットバイザーを閉じ、31秒前にディスカバリー号の頭脳がスタートしました。

6秒前にメインエンジン点火、5・4・3・2・1・0！ 2つの個体ロケットブースターが点火し、予想以上の激しい振動とともに機体は上昇しました。

発射直後はノロノロと進む感じでしたが、徐々にスピードを増していき、8分30秒ほどで宇宙へ到達しました。宇

宙へ達するまでの最後の1分半は3G（体重の3倍で引っ張る力）の加速がかかりますが、体への衝撃はそれほど辛いという感じはなく、深呼吸をすれば問題ありませんでした。

スペースシャトルは地上を離れて3日目で目的の国際宇宙ステーションに到達します。国際宇宙ステーションは時速2万8000km、つまり、秒速8kmで地球を回っているのです。スペースシャトルの速度を少しずつ変え、相対速度を合わせていきながら国際宇宙ステーションにドッキングします。

— 宇宙ステーション内の環境は地球と一緒になのでしょうか。

山崎 気圧や空気の成分などは地球と一緒に、きちんと制御されています。周りは真空なので風切り音もなく静かで、地球を秒速8kmで回っているという感覚もありません。大きく違うことは重力が0か1かということで、重力のない船内は上も下もなく、宙をゆったり漂っている感じでした。

ただし、国際宇宙ステーションは地球を90分で1周しているので、窓から地球を見ると、ものすごい勢いで地球の景色が変わっていくのが分かりました。

— 宇宙から星を眺めると、周囲はどう見えるのでしょうか。

山崎 星座の形などは地上と同じですが、空気がないので地上より星の数が多く見えますし、光の反射もないので、星が瞬くこともありません。

無重力を利用した さまざまな科学実験を行う

— 宇宙ステーションでは、どんな科学実験を行っていますか。

山崎 日本には「きぼう」という実験棟があります。ここで重力というパラメーターを変えることで、新しいものが作り出せるか、生き物はどのような影響を受けるか等々いろいろな実験を行っています。

制御された重力の下で行う細胞の培養実験をはじめ、合金を作る炉を使用して、重力の影響を受けない状態で新しい合金の開発を試みたり、宇宙空間にむき出しになった装置で実験をしたり、宇宙から地球や天文の観測を行ったり、さまざまな実験を行っています。

— 山崎さんは宇宙でどのような実験をされたのでしょうか。

山崎 私が行った実験は幾つかあります。例えば、体の表面にいる菌の繁殖スピードが、無重力でどう変わるかというものです。菌は無重力状態のほうが若干繁殖スピードが速い、というデータがあり、飛行前、飛行中、

飛行後に皮膚の表面や喉の粘膜を取って影響を調べました。

私の実験では無重力下で菌が突然変異するとか、有害な成分に変わるといった異常は認められませんでした。今のところは安心しているのですが、今後、人が宇宙空間に住むようになったときにどうなるのか、本当に影響はないのか、長期的に見ていく必要はあります。

もうひとつは、15匹のネズミを連れて行き、免疫機能の変化を調べる実験を行いました。宇宙に行くと免疫機能が低下するというデータがあり、15匹のネズミの一方には白血球を多めに投与し、どれだけ血液の成分が変わるのか比較するというものでした。

— どんな実験を行うか決定するのは誰なのでしょう。

山崎 決めるのはJAXAやNASAで、場合によります。例えば、国際宇宙ステーションへ幹細胞を持って行って、発生や発現の仕方が地上とどう変わるのかを調べたり、タンパク質成分を持って行って、筋ジストロフィーやインフルエンザなどの新しい薬の開発に役立てようとしていました。

今、注目されている光触媒の実験もあり、より効率よく石油を精製できるような材料を作り出そうという実験もありました。

— 宇宙で作物を育てることも考えられているのでしょうか。

山崎 そのような実験は、ロシアがレタスを、アメリカが大豆を何代にも渡って育てています。それらを宇宙で代々育てることによって、長期的な影響があるのかどうかを観察しています。

水はすべてリサイクルし循環させて利用する

— 宇宙での1日は、どのように過ごされるのでしょうか。

山崎 国際宇宙ステーションでは1日24時間のうち16回、日の出と日の入りを見ることになります。

起床は6時、消灯は22時となっていますが、国際宇宙ステーションは地球を90分で1週しているため、45分の昼と45分の夜を繰り返しているのです。ですから睡眠中は光が漏れてこないように窓にシャッターを下ろしていました。

食事は1日3回、睡眠時間は8時間です。実験などに追われ疲れているのですぐに眠れるのですが、たまに朝早く目が覚めたときは、そばで寝ている他の飛行士たちを起こさないように、じっとしているしかありませんでした。

— 宇宙ステーションで、水はどうされていたのでしょうか。

山崎 以前は地球から補給していましたが、3年ほど前から使った水はすべてリサイクルし、循環させて使用しています。

例えば、尿は殺菌して、汗もエアコンを通して回収し、飲み水にしています。リサイクルの仕組みとしては、膜を使って浸



国際宇宙ステーション内、米国実験棟内で記念撮影。国際宇宙ステーションに長期滞在していたトレシー・コールドウェル・ダイソンさん(右上)に、ディスカバリー号のドロシー・メットカルフ・リンデンバーガーさん(左)、ステファニー・ウィルソンさん(右下)、山崎直子さん(中央)が合流した。4名の女性宇宙飛行士が一堂に会するのは、史上初と語る山崎さん。

©NASA

産学官との連携

透圧を利用したり薬品成分を加える方法があります。

私が国際宇宙ステーションに滞在したときが水のリサイクルが始まった直後でした。初めは他の飛行士たちも抵抗があったようで、大丈夫だろうか？と書いていました。(笑)

なお、便はタンクに溜め、カラカラに乾燥させて、ある程度溜まると物資を運んできた補給船「こうのとりのり」等に積み、大気圏突入の際に燃やしてしまいます。

— 宇宙ステーション内に、シャワーなどはあるのでしょうか。

山崎 お風呂もシャワーもありません。体はタオルに水を含ませて拭く程度です。髪は病院などで使われている水のいらぬシャンプーがあり、それを使って洗い、タオルで拭き取ります。

宇宙用の運動器具を使いトレーニングを行う

— 無重力状態で長く滞在していると、筋肉などの衰えはありませんでしたか。

山崎 昔は、長期滞在中の飛行士は足が細くなってしまって、地上に戻ったあと、しばらくの間、立てなかつたこともあったようです。しかし、現在は宇宙ステーション内で毎日2時間ぐらいのトレーニングをしている

ので、筋肉の衰えはさほど感じないと思います。

ただし、平衡感覚が無重力に慣れてしまっているため、地上に戻ってくるとフラフラします。私は15日間の滞在でしたが、地上に戻ってから1時間以上は、ヨタヨタとし平衡感覚が取り戻せませんでした。

宇宙に6ヶ月ぐらい滞在した人ですと、戻って来た初日は歩けず、45日ぐらいかけて少しずつ重力に再適応するようにリハビリをしていきます。

— 宇宙ステーション内では、どのようにして筋力や体力を維持していたのでしょうか。

山崎 宇宙用の運動器具があり、自転車やランニングマシン、そして3年前に追加された全身運動のマシンなどを使ってトレーニングをしています。無重力ですので、ランニングマシンはベルトで腰を固定して走ります。

また、マシンのベンチプレスは、重りでは役に立たないので、空気圧を利用しています。このマシンが導入されて、筋肉や骨密度の低下が防げるようになりました。

— 無重力状態で運動しても、疲れるものなのでしょうか。

山崎 運動をすれば、地上と同じように筋肉痛にもなりますし、汗もかきます。ただ、船内は飛行機と似ていて、常にエアコンをつけているので、湿度が低く、汗はすぐに乾いてしまいます。

— 15日間の宇宙滞在中で、ホームシックになりませんでしたか。

山崎 私の場合、ホームシックもなく、むしろもっと長く滞在していたかったため、地球に帰るときの方が寂しく感じたくらいでした。(笑)



ロボットアームは、国際宇宙ステーションの船外に搭載されているロボットシステムで、宇宙空間での荷物の運搬や補修などの作業を行う際に使用される。操作は船内からモニターを見ながら行い、特別な訓練を受けたスペシャリストしか操作できない。ロボットアームの操作は責任重大と語る山崎さん。 ©NASA

産学官との連携

— 宇宙からご家族へ連絡は取り合えるのでしょうか。

山崎 中継衛星を介してインターネット回線がつながるので、地上とはテレビ電話やメールのやり取りができます。家族とも会話をしていました。ちなみに、電話をかけられるのはステーション側からだけで、作業などが中断されないよう地上からは電話をかけることはできません。

— 宇宙ステーションでは、船外活動もあるようですが、やはり危険を伴う仕事なのでしょうか。また、山崎さんは船外活動もされたのでしょうか。

山崎 私はしてはいないのですが、同僚の飛行士は船外での作業も行っていました。

宇宙服を着ているとはいえ、船外は船内よりも放射線や高エネルギーの宇宙線を多く浴びてしまいますし、命綱が切れて船内に戻れなく可能性も少なからずあり、船外活動には危険が伴います。

加えて、今は宇宙ゴミの問題もあります。宇宙船の壁は頑丈に作られているので、宇宙ゴミが当たっても、1cm以下のものは貫通しません。しかし、宇宙服だと数mmのゴミが当たっただけでも、穴があく危険があります。ライフル銃から発射された弾は秒速1kmといわれていますが、国際宇宙ステーションはさ

らに早い秒速8kmで飛んでいるので、ほんの小さな破片であっても大きな破壊力を持つのです。

— 宇宙空間で宇宙服に穴があくと、どうなるのでしょうか。

山崎 小さな穴であれば、30分ぐらいは内部の空気もつので、その間に船内に戻れば大丈夫です。万がいち穴があいたときは緊急避難をする手順になっています。

— 宇宙ゴミとは、どのようなものがあるのでしょうか。

山崎 宇宙ゴミは、ロケットを打ち上げた後や人工衛星を放出した後、細かい部品が放り出されたり、人工衛星同士がぶつかって破片が飛び散ったりして増えてしまいましたが、肉眼で見えるほど多くは飛んでいません。

ただ、私たちの乗ったスペースシャトルが地球に戻り、機体を点検すると、窓ガラスだけで宇宙ゴミが当たったと思われるヒビが3か所も入っていました。

— ところで、宇宙空間で宇宙服が脱げてしまうと、人の体はどうなるのでしょうか。また、動物実験などが行われたことはあるのでしょうか。

山崎 それには2つの説があり、体の中の空気が膨らんで、風船のようになるという説と、体の

中の水分が蒸発してしまって、ミイラのようにひからびてしまうという説です。では、本当はどうなるのか。それに関して動物実験などが行われたという話は、私は聞いたことはありません。

民間企業が宇宙開発に参加する時代へ

— 現在、山崎さんは内閣府宇宙政策委員会の委員をされていますが、活動内容などをお聞かせいただけますか。

山崎 宇宙政策委員会は2012年7月に発足した組織です。これまでの日本の宇宙開発は、文部科学省が中心になりつつ、経済産業省、総務省、環境省が独自にプロジェクトを進めるという形になっていました。しかし、国として1つの司令塔があったほうがいいということになり、2012年に内閣府に宇宙戦略室ができ、それを補佐する委員会が必要だということで、宇宙政策委員会が作られました。

この委員会は各省庁が行っているプロジェクトを束ね、その中でどれを優先させるべきか、予算をどう配分すべきか、そして日本の宇宙開発は将来どんなことに重点を置いて取り組んでいくべきかなどを話し合っています。

— 今後の宇宙開発は、どのような展開が考えられているのでしょうか。



国際宇宙
ステーション
米国実験棟内
©NASA

山崎 アメリカではスペースシャトルが引退し、今はいろいろな動きが出てきた過渡期と言えます。その中のひとつとしては、民営化があります。

これまで宇宙船というと、NASAが開発、運用するのが常識でしたが、今後は民間企業が開発し、何機か完成したらNASAが買い取るという契約を結んでいる企業もあります。

人の動きも流動的になっていて、NASAの職員が民間企業に移るといっても珍しくありませんし、民間企業による宇宙旅行など商業的な利用も始まろうとしています。すでに宇宙観光用の機体もほぼ開発が済んでいて、認可が下りれば飛行できる状態になっています。

— 今後、宇宙開発において国が果たす役割はどうなっていくのでしょうか。また、中国が月に無人探査機を送りましたが、月や火星などをどう利用するのか、ルールづくりも大切になっ

てくるように思いますが。

山崎 月、火星、小惑星の探査など大規模で技術的に難しいことは、これからも国がリードしていくことでしょう。

また、月や惑星系の天体は、どこかの国が所有するものではなく、共有のものとされています。宇宙開発は科学実験だけでなく、安全保障、通信、気象観測など切り口が広いものです。国連が中心になってさまざまな国際条約が締結されていますが、すべての国が加盟しているわけではないので、その働きかけや国際的な情勢を考えた外交などは、国が取り組むべきことになります。

— ところで、山崎さんの活動は、子どもたちとも接する機会が多いと思いますが、子どもたちの理科離れや理科教育などについてお感じになることはございますか。

山崎 最近の小中高生たちを見てみると、両極化しているように思えます。理科に興味を持っている子は、スーパー・サイエンス・スクールなどに参加したりと学習意欲も高いのですが、一方、そういう教育の機会にほとんど接することがなく興味をもてない子も多いように見えます。

原発の事故などもあり、ある意味、科学に対する不信感を持たれる今だからこそ、科学をきちんと理解してもらいたいと思います。理科授業でも、実験などを通じて自分でもっと考える練習が出来るとよいのではないのでしょうか。

私が宇宙に興味をもったきっかけのひとつが、小学生の頃に天体望遠鏡を覗いてみたことでした。たまたま、地域で星を見る会があり、そこで見た月や星々の世界はまさに感動的でした。

そして、20数年後に宇宙から見た昼の地球は本当に青く、夜の地球は街の明かりが輝き、とても神秘的で綺麗でした。

どんなにつらいことがあっても、この世界は美しいもので満ちていると実感しました。そうした体験を、さまざまな機会を通して、未来を担う子どもたちに伝えていきたいと思っています。

次号3月号では、九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センター 工学博士 安達 千波矢先生に次世代有機エレクトロニクスの研究について、お話をいただきます。