

【ウェブ講座④】 宇宙環境で生命を維持するには？

人間は食事(栄養)をとらなければ生きていくことはできません。人間の基本的な生活要素となる衣・食・住のうち「食」は、身体面のみならず精神面に与える影響は極めて大きいものです。宇宙で暮らす場合、人にとってその環境が過酷であるからこそ、「食」は生命維持に直結します。しかも、私たちの体は、成人で体重の約 60～65 パーセントが水で構成されています。



図1 水と宇宙食(JAXA 提供)

この水の働きで栄養素や代謝物の運搬、体温の調節などが行われ、生命の機能が保たれています。毎日、水分補給をする必要があるのは、このためです。この水を含めた「宇宙食」は生命維持の根幹です(図1)。

一方、宇宙の国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)に長期滞在する宇宙飛行士の生活のための物資は、必要に応じてロケットで打ち上げ、ISSに付随する船外保管室に保管されています。そのため、ISS船外に出て活動するミッションが必要になります。ISS船外では直に宇宙環境に曝されるため、船外活動をする宇宙飛行士は生命維持装置でもある「宇宙服」を着用しなければなりません。

●宇宙食 —生命維持の根幹—

宇宙食は、生命維持のための栄養補給のみならず、宇宙環境におけるいやし・意欲の向上・コミュニケーション・人体リスク対策を担うものとして、重要な役割をもっています。現在の宇宙食は、フリーズドライ食品(飲料食など)、温度安定化食品(レトルト食品・缶詰など)、自然形態食品(お菓子など)、中間水分食品(ドライフルーツなど)、放射線殺菌食品(肉類など)、生鮮食品(パン・腐りにくい果物・野菜など)の種類があり、水かお湯を注入してもどして食べる、または、そのままかオーブンで加温して食べています。塩、コショウなどの粉末調味料は、液状にして容器に入れて使用しています。

1961 年から開発が始められた宇宙食は 55 年の歴史があります。米国とロシアが中心となっていますが、30 品種の日本食が認証されており、宇宙飛行士の人気の的になっています(表1)。宇宙飛行士が必要とする熱量は、性別、年齢、体重などによって多少異なりますが、表2に日本人飛行士の必要量を示します。赤字は宇宙環境の人体リスクを補うため、地上より多い摂取量を示しています。船外活動をする飛行士は、これに 500 キロカロリーの追加熱量が必要です。

表1 現在利用されている宇宙食

国	種類	食の特徴
アメリカ	181 種(短期) 199 種(長期)	・主食は各種のパン ・レトルト食品 ・パウチ状のパッケージが多い ・市販品の再包装品
ロシア	115 種	・市販品は使用しない ・缶詰食品が多い ・魚を多く使用した食品 ・チューブ入りシチューなど
欧州	12 品目(2004 年～)	・肉/魚/野菜のフランス料理 ・豊富なデザート類
日本	30 品目(2007 年～)	・赤飯 ・ラーメン ・おかゆ ・レトルトカレー ・味噌汁 ・わかめスープ ・スウィーツ ・黒飴 ・緑茶 ・調味料など
カナダ	2 品目(2007 年～)	・ビスケット(カナダ産) ・スモークサーモン(カナダ産)

表2 日本人宇宙飛行士の栄養摂取基準(1日分)

栄養素	摂取基準	単位
エネルギー	2400-2650 (男) 1950-2000 (女)	kcal
タンパク質	12-15	%エネルギー比
炭水化物	50	%エネルギー比
脂質	30-35	%エネルギー比
水分	>2000	mL/日
ビタミンA	1000	μg retinal 当量
ビタミンD	10	μg
ビタミンE	20	mg α-tocophenol 当量
ビタミンK	80	μg
ビタミンC	100	mg
ビタミンB ₁₂	2	μg
ビタミンB ₆	2	mg
チアミン(VB ₁)	1.5	mg
リボフラビン(VB ₂)	2	mg
葉酸	400	μg
ナイアシン	20	mg
ビオチン	100	μg
パントテン酸	5	mg
カルシウム	1000-1200	mg
リン	1000-1200	mg
マグネシウム	350	mg
ナトリウム	1500-3500	mg
カリウム	3500	mg
鉄	10	mg
銅	1.5-3.0	mg
マンガン	2.0-5.0	mg
フッ素	4	mg
亜鉛	15	mg
セレン	70	μg
ヨウ素	150	μg
クロム	100-200	μg

(宇宙航空環境医学会誌 45(3), 2008 より引用)

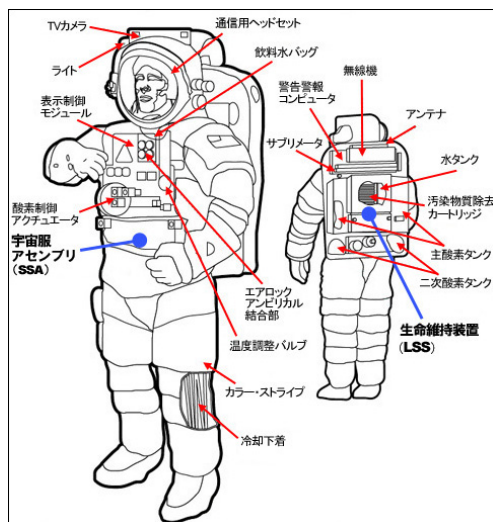


図2 船外活動ユニット EMU の構造 (NASA 提供)

●宇宙における水 —再生水—

宇宙環境で命をつなぐには、飲料水の確保が極めて重要です。日本の補給機「こうのとりのり」(HTV)が6トンの水を ISS へ運んで活躍しています。その水は、積み込みと打ち上げが行われる種子島宇宙センターの水道水を汲んで、フィルターでろ過し殺菌(ヨウ素や銀を添加)などの処理をしたものです。

2009 年より米国の **水再生システム [WRS (Water Recovery System)]** が ISS に設置され、尿や凝固水は再生して飲料水に使用しています。このシステムは、**尿処理装置 (UPA)** と **水処理装置 (WPA)** から成り立っています。尿は、UPA のヒーターで加熱されて水蒸気を作り、冷却して水に戻し、不純物の97%を除去します。ついで、凝縮水と一緒に WPA に送られて飲料水となる品質まで浄水されます。

●宇宙服 —船外の生命維持装置—

船外活動する宇宙飛行士を宇宙環境から守り、生命を維持するための装置を**船外活動ユニット [EMU (Extravehicular Mobility Unit)]**と呼んでいます。EMU は米国で開発され、**宇宙服 (SSA)** と **生命維持装置 (LSS)** の二つの部分から構成されています(図2)。EMU は、いわば小さな人型宇宙船であり、約7時間の船外活動ができます。

SSA は、いわゆる宇宙服で、胴体、ヘルメット、グローブ、冷却下着などが一体になっていて、14層もの化学繊維の生地できています。重さは約120kgです。これが内部の気密(約0.3気圧の酸素)や温度を保ち、宇宙空間を漂っているゴミ(宇宙デブリ)などから宇宙飛行士を守っています。

LSS は、宇宙服の背中部分に取り付けられている生命を維持する装置です。宇宙服の内部気圧と温湿度をコントロールし、呼吸用の酸素や電力を供給するほか、無線の通信もできるようになっています。

(執筆:太田敏子)