



人間は地球の外に住めるのか？

北海道大学 理学部-生物科学科 2年
佐々木悠斗

地球から外に出る試みの歴史(ほんの一部)

宇宙飛行

- ライト兄弟のフライヤー1号より前に構想あり
- ロシアのチオルコフスキーが着想

アポロ11号

- 1969年7月20日、初めての月面着陸
- 第2次世界大戦でロケットが格段に進化していた

太陽系外

- 人工衛星の活躍...長期的な観測が可能
- はやぶさ2も歴史的快挙

最近も

1年間、食事は宇宙食のみ！NASAが“火星移住実験”の参加者を募集

8/13(金) 11:30 配信 15  

東スポWeb



移住実験は4人の共同生活で行われる(写真はイメージ)

NASA(米航空宇宙局)が“火星移住実験”の参加者を募集している。1年間、4人で共同生活し、食事は宇宙食のみとなる。

【写真】沢尻エリカ元夫・高城剛氏が激写したUFO

NASAはホームページで「火星が呼んでいます！2022年秋に開始される、遠い世界での生活をシミュレートするため、1年間のアナログミッションに参加する人を募集しています」と呼び掛けている。

テキサス州ヒューストンのジョンソン宇宙センター内に、3Dプリントで火星の砂丘アルファを模した仮想火星居住環境「マーズ・デューン・アルファ」という1700平方フィートのモジュールをつくり、そこで生活するという。資源の制限、機器の故障、通信の遅延、その他の環境ストレス要因など、火星での課題をシミュレートし、解決策を開発するためだ。

条件は30～55歳で、英語に堪能な非喫煙者。米国人または米国永住権保持者。工学、数学、生物学、物理、コンピューターサイエンスなどの幅広い知識が求められる。

UFO研究家の竹本良氏は「模擬実験はこれまでも行われてきましたが、長期間の滞在は心理的にも体力的にもかなりきついです。特に火星は平均温度がマイナス55度と寒く、最低がマイナス140度で、最高が20度と寒暖の差があります」と語る。

さらに公表されていない火星の“実態”について、竹本氏はこう明かす。

「かつてプロジェクト・ペガサスというテレポート実験計画があり、火星に何度か行っている人もいます。知人の弁護士アンドリュー・バシアーゴが言うには、火星地下のリソスフェア(岩石圏)から酸素が出ており、呼吸はできるが、とんでもない敵がいるということです。頭がティラノサウルスで体がヴェロキラプトルみたいな、体長2メートルほどの恐竜に似た生物がいて、地球から来た者をバクバク食べるのです。他にもカマキリ形の宇宙生物がいたり、あまり喜ばない環境なのです」。いずれにしても過酷な火星環境を模した状況で、互いに個性を出しつつもセーブするというバランス感覚が求められるだろう。

Yahoo! Japan ニュース
2021年8月13日11:30配信

最近も

The screenshot shows the NASA website interface. At the top, there is a navigation bar with the NASA logo on the left and links for Topics, Missions, Galleries, NASA TV, Follow NASA, Downloads, About, and NASA Audiences on the right. A search bar is also present. Below the navigation bar, the main content area features a date 'Aug 7, 2021' and the article title 'NASA is Recruiting for Yearlong Simulated Mars Mission'. To the right of the title are social media sharing icons for Facebook, Twitter, LinkedIn, Pinterest, and a plus sign. The main image is a conceptual rendering of a Mars habitat, showing a long, cylindrical structure with a corrugated metal exterior, situated on a rocky, reddish-brown landscape. The image is credited to ICON. Below the image, there is a caption: 'Mars Dune Alpha Conceptual Render: Visualization on Mars Credits: ICON'. At the bottom of the article, there is a text block: 'Mars is calling! NASA is seeking applicants for participation as a crew member during the first one-year analog mission in a habitat to simulate life on a distant world, set to begin in Fall 2022.' On the left side of the article, there is a sidebar with a 'Latest' tab and a 'Related' tab. The 'Latest' tab is active, showing a list of recent articles with their titles and dates: 'NASA Awards \$500,000 in Break the Ice Lunar Challenge 3 days ago', 'NASA is Recruiting for Yearlong Simulated Mars Mission 15 days ago', 'Forget Wheels, NASA Seeks University Students' BIG Ideas for Exploring Robots 18 days ago', 'NASA Awards \$500K in First Phase of \$5M Watts on the Moon Challenge 3 months ago', 'NASA Announces Lunar Delivery Challenge Winners 5 months ago', 'New NASA Challenge Offers Prizes for Sprouting Astronaut Food Systems 7 months ago', and 'Dig In: NASA Challenge Seeks Innovations to Excavate Moon Resources 9 months ago'.

<https://www.nasa.gov/feature/nasa-is-recruiting-for-yearlong-simulated-mars-mission>

最近も



火星への道を探る意義とは？

火星...月よりは遥かに遠いが他の惑星や恒星に比べれば圧倒的に近い

<生命の存在？>

- 水がある？
- 生命の痕跡？

<地球の未来を示している？>

- 地球より少し外側 & 小さい → 冷却が進んだ

Credits: JCOV

Mars is calling! NASA is seeking applicants for participation as a crew member during the first one-year [analog](#) mission in a habitat to simulate life on a distant world, set to begin in Fall 2022.

<https://www.nasa.gov/feature/nasa-is-recruiting-for-yearlong-simulated-mars-mission>

火星

- 太陽系で内側から4番目の地球型惑星
- 地球型惑星ではもっとも外側に存在している

- 地球型惑星

中心の金属核(Fe, Niなど)

外を取り巻く岩石質のマントル
(橄欖岩などのケイ酸塩)

地殻(玄武岩などのケイ酸塩)

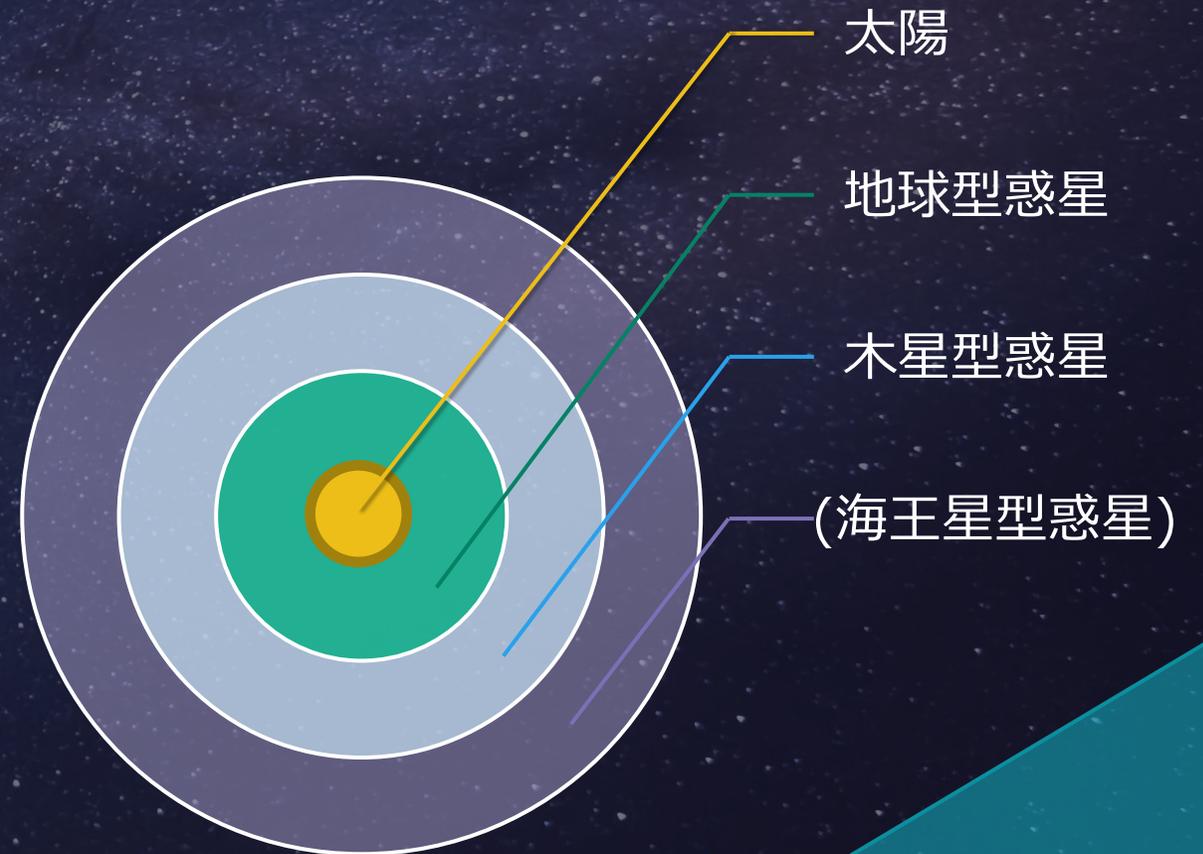
から構成される。

- 木星・海王星型惑星

地球型惑星に比べて巨大で質量は大きい
が、平均密度は小さく水とほぼ同じ。

木星・土星は「巨大ガス惑星」

天王星・海王星は「巨大氷惑星」

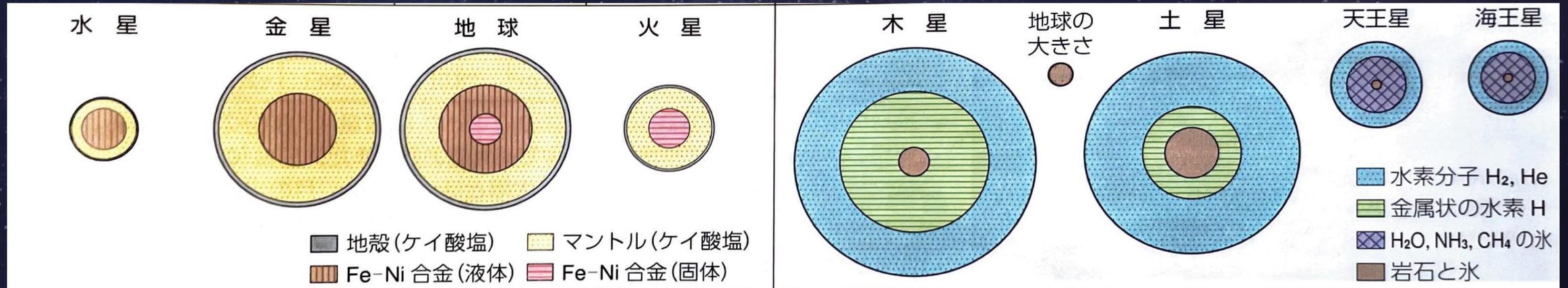


火星

- 地球より小さく、大気も薄い
- 核の組成は地球とよく似ていると考えられているが、大気の組成は全く異なっている

惑星	大きさ(半径) [km]	重量比	密度 [$\times 10^3 \text{kg/m}^3$]	主な組成		大気圧 [atm]	自転周期	公転周期	太陽からの距離 [AU]
				核	大気				
水星	2720	0.055	5.4	Fe, Ni ・ 岩石質	Na, K	微小	58.7日	88日	0.39
金星	6006	0.86	5.3		CO ₂	90	243日	225日	0.72
地球	6375	1	5.5		N ₂ , O ₂	1	23時間56分4秒	365.25日 (=1.00年)	1.0
火星	3394	0.107	3.9		CO ₂	0.006	24.62時間	1.88年	1.5
木星	142984	318	1.3	Feなど ・ 氷↓ H ₂ O NH ₃ S	H He		9.92時間	11.86年	5.2
土星	120536	95.2	0.69				10.66時間	29.46年	9.6
天王星	51118	14.4	1.27				17.24時間	84.02年	19
海王星	49528	17.15	1.64				16.11時間	164.77年	30

火星



ニューステージ地学図表 2013年11月5日初版発行(株式会社浜島書店) より

火星

水への溶解

空気中に存在

フィードバック機能

沈殿

火山ガスで放出

地球内部へ引き込み

水星

金星

地球

火星

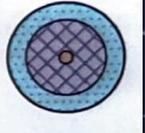
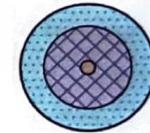
木星

地球の大きさ

土星

天王星

海王星



- 水素分子 H_2 , He
- 金属状の水素 H
- H_2O , NH_3 , CH_4 の氷
- 岩石と氷

ニューステージ地学図表 2013年11月5日初版発行 (株式会社浜島書店) より

人間が生活する上で何が必要か？

「宇宙」という特殊な環境で、何が問題になるのだろうか？

NASAが示す「5つの課題」

1. 「重力場 (Gravity fields) 」

長期間低重力の状態が続くことによる心肺機能と筋骨格系への影響

2. 「孤立 (Isolation) / 幽閉 (Confinement) 」

長期間孤立状態が継続することに対する肉体面・精神面を含めた影響

3. 「不適合 (Hostile) / 閉鎖環境 (Closed Environments) 」

長期間にわたる船内環境の維持と有害な細菌やウイルスなどの繁殖の抑制

4. 「宇宙放射線 (Space Radiation) 」

長期間宇宙放射線に曝されることによる影響

5. 「地球との距離 (Distance from Earth) 」

長期間地球との行き来が難しい環境で生活するための、食料や物資などの生産循環の実現

NASAが示す「5つの課題」

1. 「重力場 (Gravity fields) 」

長期間低重力の状態が続くことによる心肺機能と筋骨格系への影響

2. 「孤立 (Isolation) / 幽閉 (Confinement) 」

長期間孤立状態が継続することに対する肉体的・精神的影響

3. 「不適合 (Hostile) / 閉鎖環境 (Closed Environments) 」

長期間にわたる船内環境での細菌やウイルスなどの繁殖の抑制

4. 「宇宙放射線 (Space Radiation) 」

長期間宇宙放射線に曝されることによる影響

5. 「地球との距離 (Distance from Earth) 」

長期間地球との行き来が難しい環境で生活するための、食料や物資などの生産循環の実現

もう少し具体的にしてみたい

条件1：重力場

- 地球と異なる重力場に耐えなければならない

＜生物にとって重力は大きな影響を持っている＞

(当たり前といえばそこまで?)

進化の総合説

- ダーウィン「進化論」＋メンデルによって基礎が築かれた遺伝学

用不用の法則

- 1809年『動物哲学』(ラマルク)
- ある器官を全く使用しないと、この器官はいつのまにか弱まって役に立たなくなり、最終的には消滅する。

「ある一定重力下で生活しているからこそ現在の姿になった」

条件1：重力場

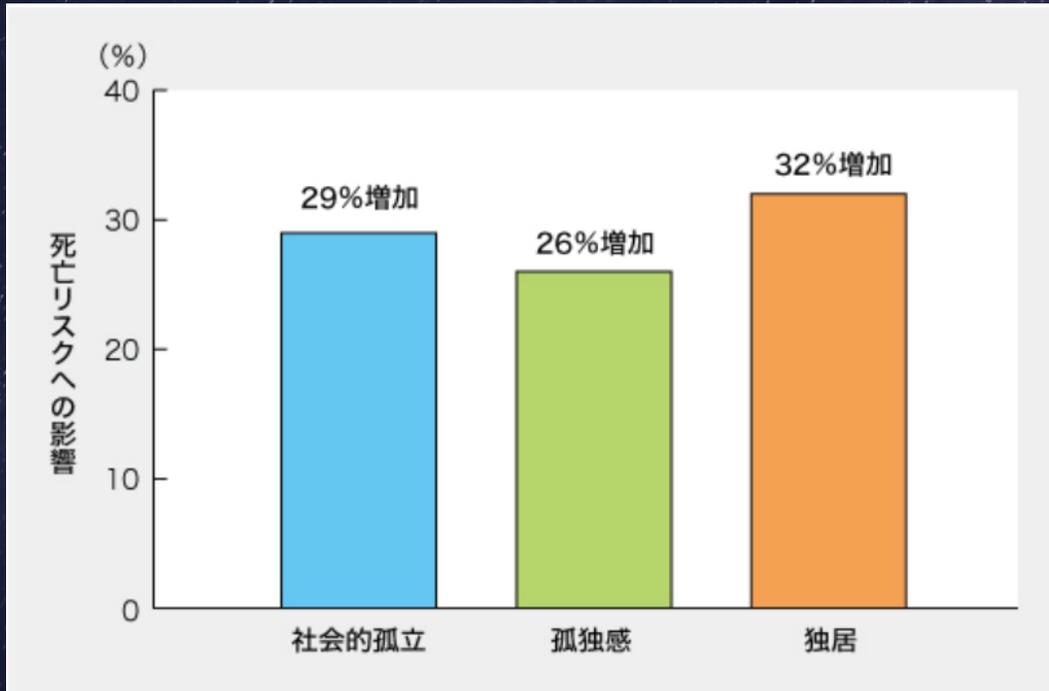
- 用不用の法則とは
 - 「ある器官を全く使用しないと、この器官はいつのまにか弱まって役に立たなくなり、最終的には消滅する。」
 - 「外的要因・内的要因によって獲得された形質は、その外的要因・内的要因を伝えるという条件の下で生殖を介して次代に伝わる」
 - 具体的な例
 - 魚が陸地へ進出した際の変化
 - 実質の重力が大きくなった
 - 周囲が水から空気になった
 - 重力が大きいと、自重でつぶれてしまう恐れがある
 - 血液を体全体に運ぶのも大変になる
 - そもそも鰓呼吸では酸素を取り入れられない
- これらは、「血圧を上げる」ことで解決された



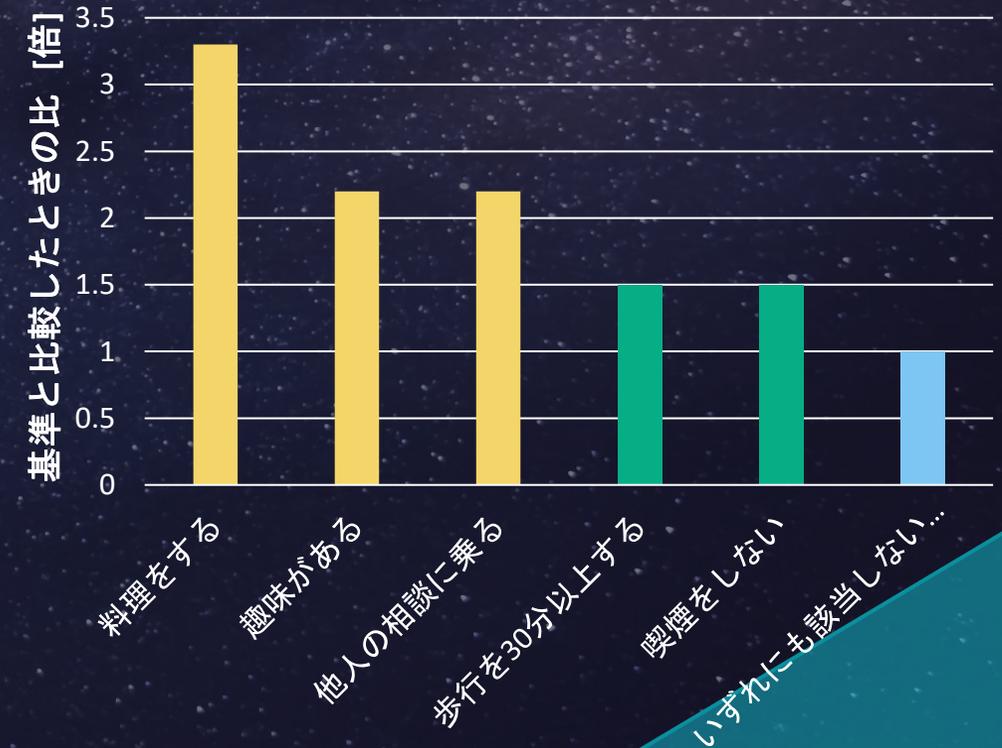
条件2：孤立・幽閉

- 故郷(地球)から離れて孤立→肉体的・精神的な影響は大丈夫なのだろうか？

心理的ストレスによる死亡リスクの増加



認知症にならない確率の比較

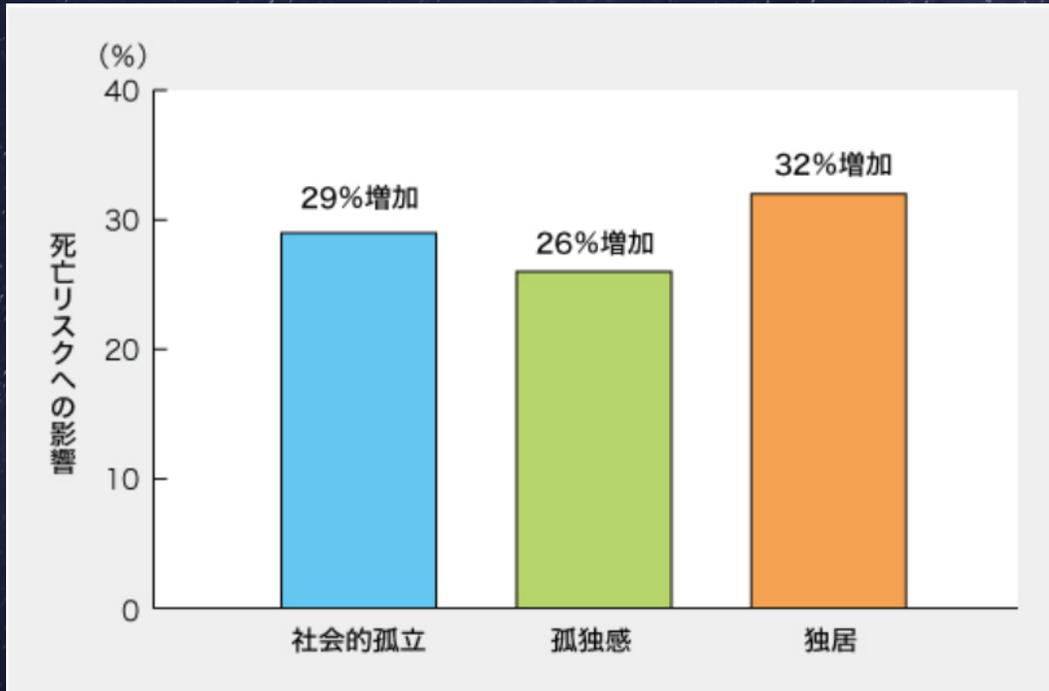


Holt-Lunstad J, et al. *Perspect Psychol Sci* 2015;10: 227-237
及び参考文献 4

条件2：孤立・幽閉

- 故郷(地球)から離れて孤立→肉体的・精神的な影響は大丈夫なのだろうか？

心理的ストレスによる死亡リスクの増加



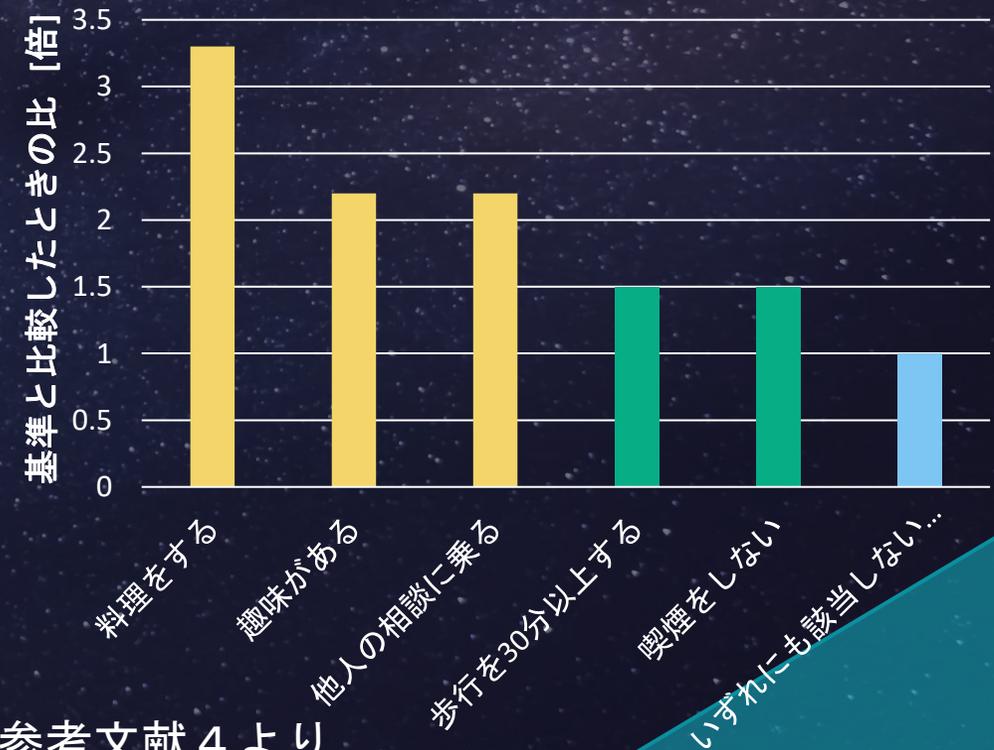
- 心理的ストレスを独立変数、死亡者数を従属変数とした研究成果を集めた
 - 対象は1980年1月～2014年2月
 - 自殺や事故などによる死亡を対象とした研究は除外
 - コントラストはより大きく、時間軸は長くなるようにデータを抽出
- データから効果要素のオッズ比を求めた→このグラフは「増加割合」

条件2：孤立・幽閉

- 故郷(地球)から離れて孤立→肉体的・精神的な影響は大丈夫なのだろうか？

- 高齢者にアンケートを実施
 - 歩行・自立・排泄が全て自立している方が対象
 - 調査後1年間、要介護認定や死亡とならなかった方で分析
- 調査から5年後の時点で、認知症伴う要介護認定があったかどうかを確認しリスクの大きさを比較
 - Coxハザード回帰分析ステップワイズ法を用いた分析

認知症にならない確率の比較



参考文献4より

条件3：不適合・閉鎖環境

- 長期間生活する船内は常に衛生的でなければならない
…地球上でも厳しい基準がある/常に解決しようと試行錯誤

物質	環境上の条件 (設定年月日等)	測定方法
二酸化いおう (SO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。(48.5.16告示)	溶液導電率法又は紫外線蛍光法
一酸化炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。(48.5.8告示)	非分散型赤外分析計を用いる方法
浮遊粒子状物質 (SPM)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ 以下であること。(48.5.8告示)	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法
二酸化窒素 (NO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。(53.7.11告示)	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法又はオゾンを用いる化学発光法
光化学オキシダント (Ox)	1時間値が0.06ppm以下であること。(48.5.8告示)	中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光光度法若しくは電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法



条件3：不適合・閉鎖環境

二酸化硫黄

- 地球上で大問題→酸性雨
 - 宇宙空間でこれが「大問題」というほど発生するかはまた別に検討すべきこと

一酸化炭素

- 一酸化炭素中毒は死につながる
- 「気が付かない」のが最大の怖さ？

CO濃度[%]	症状
0.02	2～3時間以内に軽い頭痛
0.04	1～2時間で前頭痛、2.5～3.5時間で後頭痛
0.08	45分で頭痛・めまい・吐き気、2時間で失神
0.16	20分で頭痛・めまい・吐き気、2時間で失神
0.32	5～10分で頭痛・めまい、30分で致死
0.64	1～2分で頭痛・めまい、10～15分で致死
1.28	1～3分で死亡

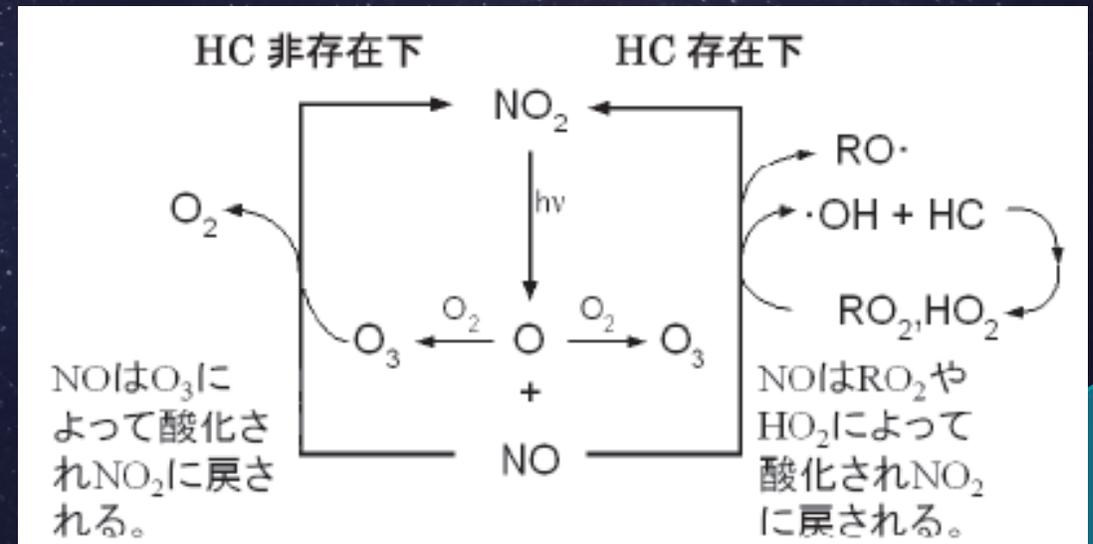
条件3 : 不適合・閉鎖環境

浮遊粒子状物質

- いわゆる“PM2.5”と呼ばれる類
- 眼科系疾患(結膜炎)
呼吸器疾患(喘息・肺がんなど)
心血管系疾患(心筋梗塞など)
神経や脳への影響(疲労感など)

二酸化窒素/光化学オキシダント

- 視界不良
- 目や皮膚への刺激を引き起こす

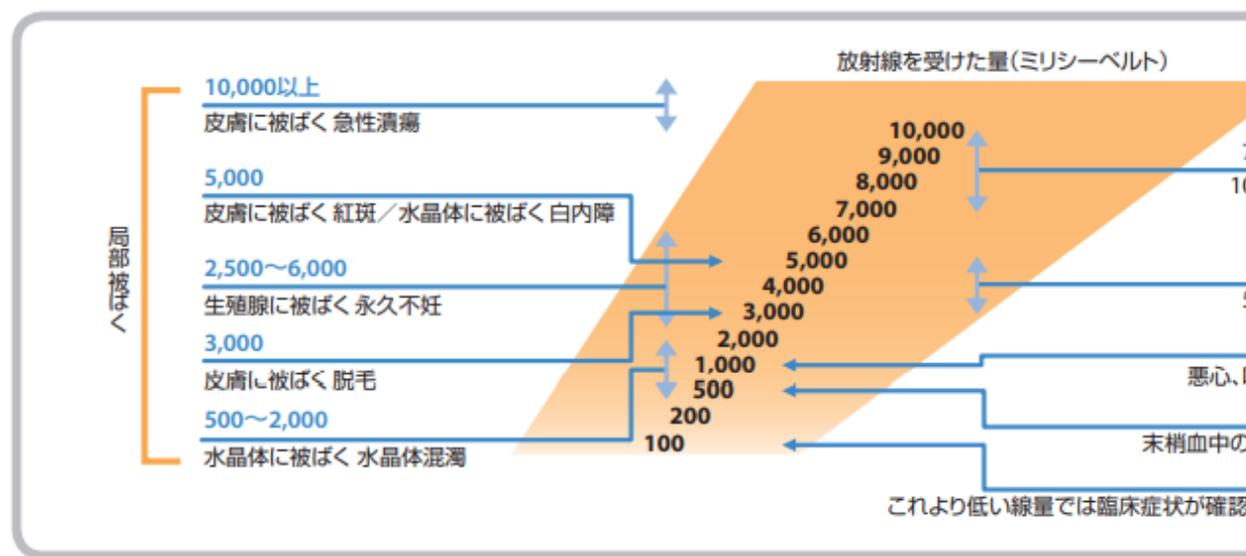


大気汚染の化学 —光化学オキシダント, PM2.5 を中心として
化学と教育 68 巻5号 (2020年) 208-211 より

条件4：宇宙放射線

- 宇宙放射線による被ばくは大丈夫なのか？

一度に大量の放射線を受けた場合の人体への影響



	潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群 ^{※1} 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性で起こる 確定的影響 ^{※2}
		胎児の発生・発達異常(奇形)	
影響の出現	数か月以降 = 晩発影響	水晶体の混濁	
		がん・白血病	突然変異で起こる 確率的影響
		遺伝性疾患	
身体的影響			
遺伝性影響			

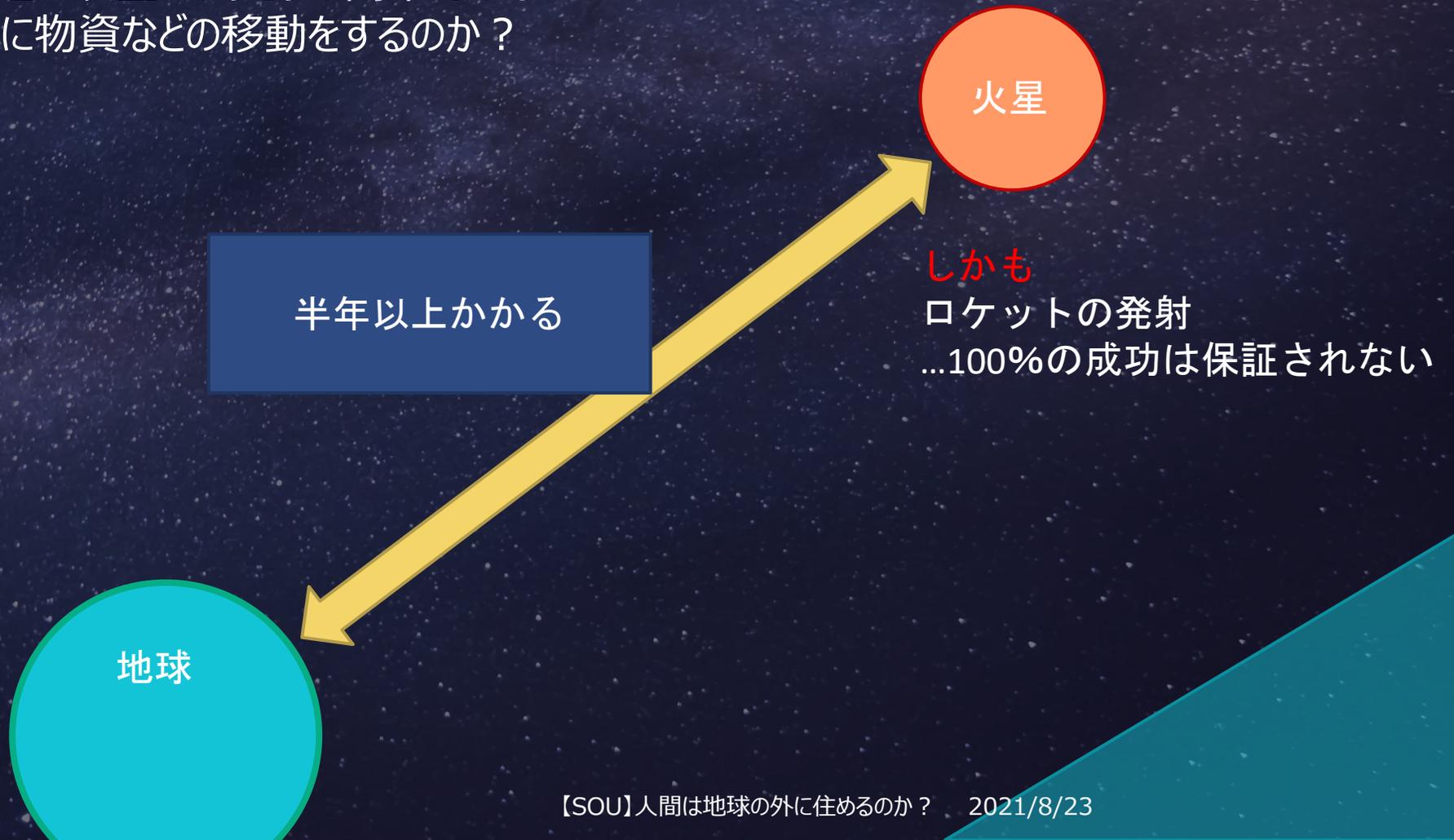
※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。
 ※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

電気事業連合会「放射線Q&A」より

環境省 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 第3章 3.1 より
<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-03-01-03.html>

条件5：地球との距離

- 地球との距離が遠い以上、やりとりは簡単ではない
→いかに効率的に物資などの移動をするのか？



条件5：地球との距離

- 地球との距離が遠い以上、やりとりは簡単ではない
→いかに効率的に物資などの移動をするのか？

火星

「一往復も無駄にできない」

三されない

地球

火星に人間は住むことができるだろうか？

課題と実績から、どうすればいいかを考える

1. 重力場の問題

条件

- 地球と異なる重力場に耐える必要
- 影響例
- 骨量の減少
 - 筋量の減少
 - 循環機能の変化
 - 顔のむくみ
(下に集まっていた体液が自由になるため)
 - 「宇宙酔い」(乗り物酔いと同じ症状)

実績

- ISSでは2時間/日のトレーニング
- 既存の薬の活用を研究

働き

薬

骨芽細胞の活性化

副甲状腺ホルモン薬

破骨細胞の抑制

ビスホスホネート

デノスマブ

SERM

バランスを調整

ビタミンD3薬

2. 孤独に対処する

問題

- 閉鎖空間での生活
 - 家族との会話はできない
- 人間関係の問題など…
- 精神状態の悪化はタスクにも悪影響

実績

- ISSでの実績
 - ① テレビ電話による面談
 - ② スケジュール分析・調整による疲労の軽減
 - ③ コミュニケーション手段の提供
 - ④ 情報の提供
 - ⑤ 物品の提供

<https://iss.jaxa.jp/med/research/mental/>

- 他の場所でも応用できるはず

2. 孤独に対処する

テレビ電話による面談

- 家族や友人と(PFC)
→15分/週
- 精神心理担当者と(PPC)
→15分/2週間

地球上での「働き方改革」と共通する部分もあるが、作業効率を上げるためには宇宙であっても重要。

スケジュール分析・調整による疲労の軽減

- 現状
 - 週5日、平均(6.5+2.5)時間の作業
 - 土曜日：清掃や雑務
 - イベント時は睡眠時間のシフト
- 重要視している点
 - 作業時間
 - 作業と休息のバランス
 - 休日は取れているか
 - 睡眠時間のシフトに無理はないか
 - 睡眠が不足していないか

2. 孤独に対処する

コミュニケーション手段の提供

- インターネット環境
- 日本語での電話・メール
- アマチュア無線
- テレビ電話

情報の提供

- 家族からの写真やメッセージ
 - これは地球上の家族のためにもなる
(残された側も寂しい)
- ニュース

2. 孤独に対処する

物品の提供

- 個人用精神物品
 - 本など
 - 【1人当たり上限】
ソユーズ：1.5kg
スペースシャトル：5kg
- ジェネリックライブラリー
 - 動画や音楽など
- 宇宙食

宇宙で長期滞在するにあたり必要とされる1日のカロリーは、宇宙飛行士の年代・性別および体重からISS宇宙食供給の基準文書「ISS FOOD PLAN」の規定により算出される。

...地球上と大きな差はない

しかし、食糧の手に入れやすさは全然違う

性別	年齢	摂取すべき量
男性	18～30歳	$1.7 \times (15.3 \times \text{体重(kg)} + 679)$ (kcal)
	30～60歳	$1.7 \times (11.6 \times \text{体重(kg)} + 879)$ (kcal)
女性	18～30歳	$1.6 \times (14.7 \times \text{体重(kg)} + 496)$ (kcal)
	30～60歳	$1.6 \times (8.7 \times \text{体重(kg)} + 829)$ (kcal)

2. 孤独に対処する～宇宙食の観点から

- 宇宙食に求められる条件
 - 安全であること
 - ・ 容器や包装が燃えにくく、もし燃えた場合でも人体に有害なガスが発生しないこと
 - 保存性が高いこと
 - ・ 常温で長期保存が可能であること
 - 衛生性が高いこと
 - ・ 宇宙飛行士の食中毒などを予防するための衛生性を確保（食品内の細菌の種類や数などを基準以下に）する
 - 食べる時に危険要因が発生しないこと
 - ・ 電気系への障害防止(飛び散らない工夫をすること)
 - ・ 液体を含む食品は、食品を封入するパッケージに付属したスパウト（吸口）やストローを使用する
 - ・ そのまま食べる食品については粘度を高め、ゾル状食品（とろみのある食品）とする
 - ・ 空気清浄度への障害防止
 - ・ 微粉を出さず、特異な臭気もない

2. 孤独に対処する～宇宙食の観点から

宇宙食の形態

加水食品
<ul style="list-style-type: none">・ フリーズドライ/スプレードライ製法・ ご飯類や麺類・粉末飲料etc
温度安定化食品
<ul style="list-style-type: none">・ レトルトや缶詰など・ カレーや魚の缶詰・やきとりetc
自然形態食品
<ul style="list-style-type: none">・ そのまま食べられる加工食品・ お菓子(羊羹やビスケット)・海苔etc
調味料
<ul style="list-style-type: none">・ マヨネーズ・ケチャップetc・ 塩やコショウ(粉末)も、液体にする

宇宙日本食/生鮮食品

- 「普段食べられているものを宇宙でも」
- 現在26社/団体、47品目が登録
- 一例
 - 北海道産牛肉とミニトマトのハンバーグ
 - スペース日清焼そばU.F.O.
 - 亀田の柿の種（宇宙食）
 - サバの味噌煮
- 「宇宙への食事に彩りを」
 - 厳しい基準のもとで、生鮮食品を運搬

<https://youtu.be/hvl1MW7IL2g>

2. 孤独に対処する～宇宙食の観点から



宇宙

- 「
- 現



自然形態長期

- ・ そのまま食べられる加工食品
- ・ お菓子(羊羹やビスケット)・調味料
- ・ マヨネーズ・ケチャップetc
- ・ 塩やコショウ(粉末)も、液体

写真はいずれも
JAXA有人宇宙技術部門
：宇宙日本食

より

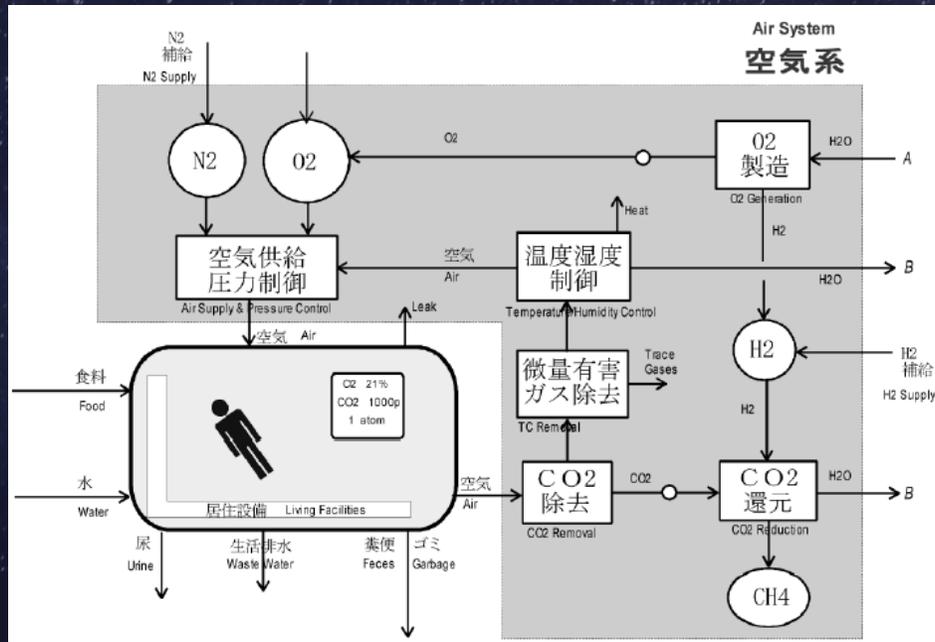
V7IL2g

21/8/23

3. 衛生環境

条件

- 長期間生活する船内は常に衛生的でなければならない



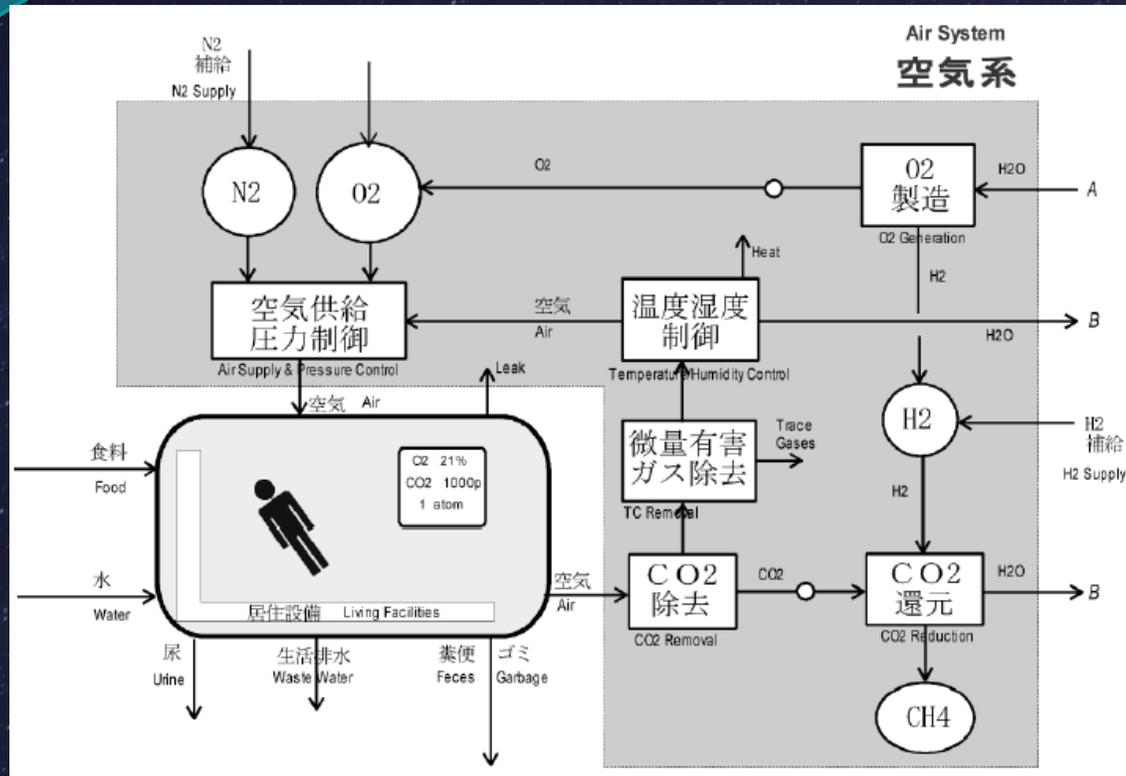
実績

- 環境制御・生命維持システム(ECLSS) …現在は『消費型』(一部『再生型』) →『自立型』が目標
- 火星などへ進出するには、自立型 ECLSSが必要不可欠
- Ex) 空気循環
酸素・窒素・二酸化炭素・有毒ガス
温度と湿度の調整

シンポジウム「特殊環境での医療ガス」
宇宙ステーションの空気環境を創る環境制御・生命維持システム
下田 隆信 宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術センター

より

3. 衛生環境…ECLSSの空気系



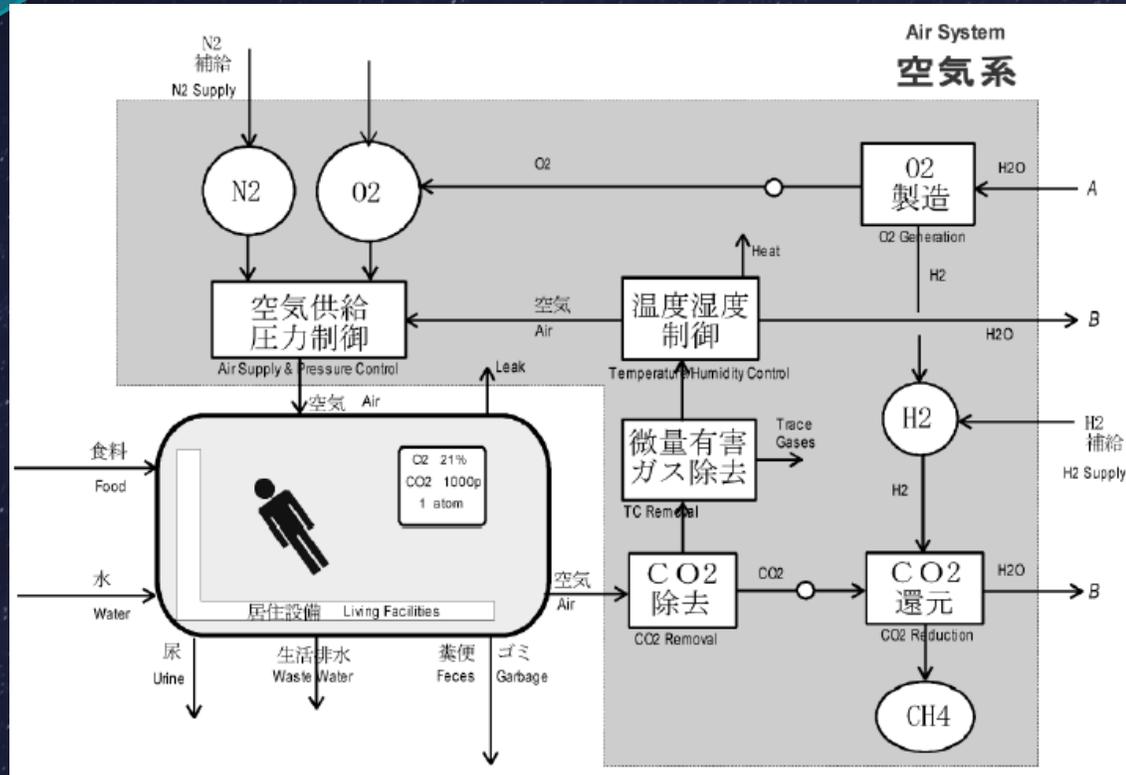
■ 酸素

- 146~178[mmHg]に制御
- 酸素発生装置…米：OGA、露：エレクトロン
- 補給船による供給
- KClO_4 の熱分解
(バックアップ用、120mmHG以下で使用する)
- エアロックのタンクに一部貯蔵されている

■ 窒素

- 全圧の維持に必要
(外部への漏れによって常に減少していく)
- 補給船によって供給
- 600mmHGが上限、最低貯蔵量は106kg

3. 衛生環境…ECLSSの空気系

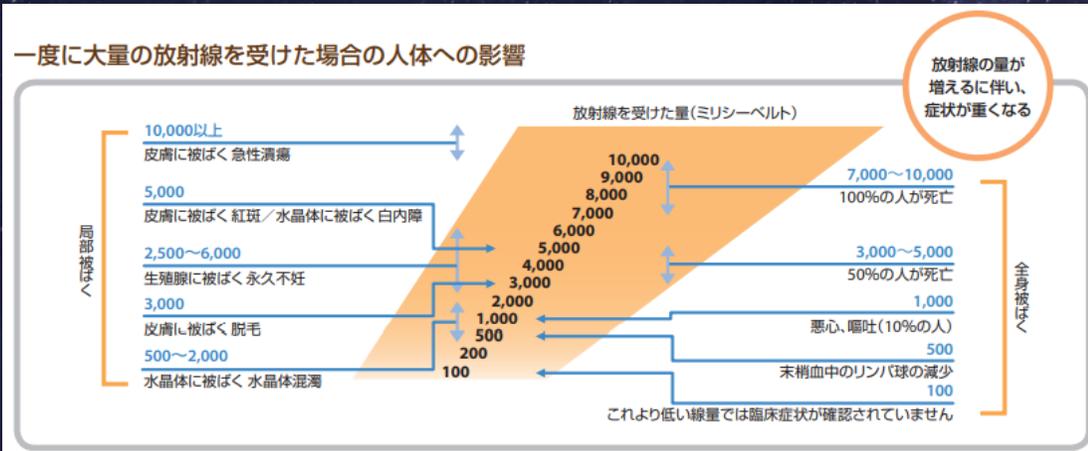


- 二酸化炭素
 - 上限は5.3mmHG(地上以上・潜水艦以下)
 - 運用上は4.0mmHg以下にされている
 - 再生型除去装置…米：CDRA、露：ボズーク吸着剤(ゼオライト)を減圧・加熱して再生
 - 再生する際に除去されたCO₂は船外に放出
 - 還元装置で水を生成も
 - 非再生型吸着剤
LiOHを使用。6人×14日分搭載
- 有毒ガス
 - 許容値→SMAC値(ISS独自)
 - 例…NH₃：3ppm、CO：15ppm など
 - 除去装置…米：TCCS、露：BMP

4. 宇宙放射線

問題

■ 人体への影響(再掲)



電気事業連合会「放射線Q&A」より

- 搭載している物資への影響
 - 先述の宇宙食も影響を受ける

実績

- 宇宙飛行士の被ばく量管理を徹底
 - 生涯実行線量制限値
 - ロシアや欧州：一律1sV
 - アメリカや日本：年齢差や性差によって差が
 - 影響の解析
 - 遺伝子改変マウスを用いた研究
 - 微小重力との相互作用
- 「宇宙実験」自体が大きな制約となり、未だはっきりしない面も

5. 地球との距離

条件

- 遠い
- ロケットの発射は成功率100%じゃない

実績

- 費用の問題
H2Aロケットの場合
…1回の打ち上げにつき100億円程度
↑それでも費用は低下した
部品を輸入するなどの工夫

5. 地球との距離

条件

- 遠い
- ロケットの



億円程度

<https://youtu.be/iAAV4miS0dE>

5. 地球との距離

【動画について】

- インターステラテクノロジズ
 - 2013年大樹町に設立
 - 限られた一部の人しかかわれなかった事業
→もっと多くの人の身近なものにする
 - 世界一低価格で便利なロケットを目指す
- 映像は、MOMO3号機の打ち上げ
 - 民間企業だけでつくられたものとしては宇宙空間に初めて到達した

民間主体となって打ち上げをする意義

- コスト削減
 - 「遠い」と言い続けた距離が幾分近くなる
 - リトライが容易になる→技術向上
- 民間が技術を得る
 - より多くの人々が、より簡単に

地球との距離感が縮まることで、
宇宙に進出しやすくなる

NASAが示す「5つの課題」

1. 「重力場 (Gravity fields) 」

長期間低重力の状態が続くことによる心肺機能と筋骨格系への影響

2. 「孤立 (Isolation) / 幽閉 (Confinement) 」

長期間孤立状態が継続することに対する肉体面・精神面を含めた影響

3. 「不適合 (Hostile) / 閉鎖環境 (Closed Environments) 」

長期間にわたる船内環境の維持と有害な細菌やウイルスなどの繁殖の抑制

4. 「宇宙放射線 (Space Radiation) 」

長期間宇宙放射線に曝されることによる影響

5. 「地球との距離 (Distance from Earth) 」

長期間地球との行き来が難しい環境で生活するための、食料や物資などの生産循環の実現

JAXAによるギャップ分析(第2版・2020年7月)

- 現在の国際宇宙ステーション（ISS）で行っている健康管理運用と比較し、将来有人探査活動では技術的に足りないと思われる課題→ギャップ分析
- 環境リスク因子
 - 微小重力
 - ・ 微小重力・重力環境変化
 - 放射線
 - ・ 放射線・微生物の変化
 - 長期閉鎖
 - ・ 閉鎖・空気質悪化・環境悪化・悪臭
 - 粉塵
 - 地球からの距離
 - ・ 超長期・無補給・通信遅延

リスクの大きさを分析し、
取り組むべき課題を整理している

さいごに

課題を解決するために、試行錯誤が続けられている

宇宙へ進出する試みの今後

- アルテミス計画
 - 2024年までに月へ人間を送る
 - 月面や火星へ向けた中継基地…月周回有人拠点：ゲートウェイ



JAXA有人宇宙技術部門：国際宇宙探査の取り組み より

参考文献

1. 名古屋市科学館 <http://www.ncsm.city.nagoya.jp/>
2. 富山市科学博物館 <https://www.tsm.toyama.toyama.jp/>
3. 現代ビジネス ジェフ・ベゾスはなぜ宇宙を目指すのか？(東京理科大学スペースシステム創造研究センター)
<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/85828>
4. 日本生活習慣病予防学会 生活習慣病とその予防
<http://www.seikatsusyukanbyo.com/prevention/isolation.php>
5. 『太陽系と惑星 シリーズ現代の天文学第9巻』
2008年2月25日第1版第1刷発行
編者：渡部潤一・井田茂・佐々木晶 / 発行者：林克行 / 発行所：株式会社日本評論社
6. BLUE BACKS 『生物は重力が進化させた 実験で検証された新しい進化の法則』
1997年12月20日第1刷発行
著者：西原克成 / 発行者：野間佐和子 / 発行所：株式会社講談社
7. 『宇宙の謎に迫れ！ 探査機・観測機器61』
2020年3月25日初版発行 著者：小谷太郎 / 発行者：内田真介 / 発行・販売：ベレ出版

参考文献

8. 太陽系惑星 最新画像のすべて
2009年6月30日3刷発行
著者：ジャイルズ・スパロウ / 訳者：桃井緑美子 / 装幀：渋川育由 / 発行者：若森繁男
発行所：河出書房新社
9. 共立スマートセレクション2 宇宙食ー人間は宇宙で何を食べてきたのか
2015年11月10日初版第1刷発行
著者：田島眞 / コーディネーター：西成勝好 / 発行者：南條光章
発行所：共立出版株式会社
10. BLUE BACKS 『地球と生命の起源 火星にはなぜ生命が生まれなかったのか』
1999年3月20日第1刷発行
著者：酒井均 / 発行者：野間佐和子 / 発行所：株式会社講談社
11. BLUE BACKS 『スペース・コロニー 宇宙で暮らす方法』
2021年5月20日第1刷発行
著者：向井千秋・東京理科大学スペース・コロニー研究センター / 発行者：鈴木章一
発行所：株式会社講談社

参考文献

12. 火星の生命と大地46億年
2008年12月10日第1刷発行
著者：丸山茂徳、ビック・ベーカー、ジームズ・ドーム / 発行者：中沢義彦
発行所：株式会社講談社
13. 窒素酸化物による大気汚染と生体影響
中島泰知、楠本繁子、織田肇（大阪府立公衆衛生研究所 公害衛生室）
生活衛生 17(2), 32-43, 1973 社団法人 大阪生活衛生協会
14. 遺伝子改変マウスを用いた宇宙放射線の影響の解析
吉田佳世（大阪市大・院医）、稲富裕光（JAXA 宇宙科学研究所）、森田隆（大阪市大・院医）
宇宙環境利用シンポジウム 第35回：令和二年度
宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(JAXA)(ISAS)
15. 宇宙ステーションの空気環境を創る環境制御・生命維持システム
下田 隆信 宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術センター
Medical Gases, 2014, 16 巻, 1 号, p. 7-12
16. 理科年表プレミアム