

宇宙総合学研究ユニット

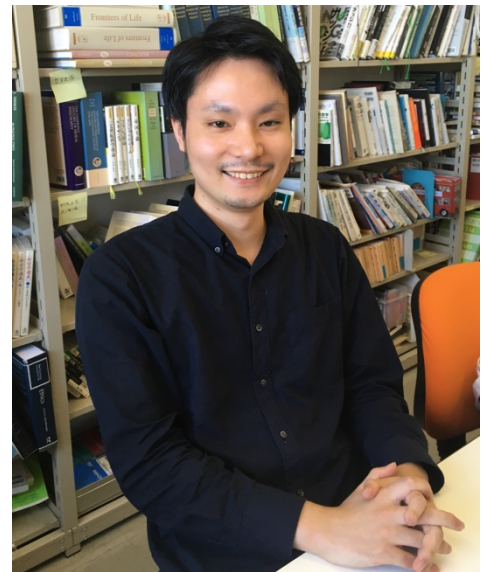
NEWS 2021年10月号



新たに着任した人文社会委託費リサーチアシスタント(RA)の紹介 立場貴文

私の所属は京都大学大学院文学研究科倫理学専修で、専門はルードヴィヒ・ウィットゲンシュタインという20世紀の哲学者の研究です。

伝統的に京都大学の倫理学専修では、思想研究だけでなく生命倫理学や情報倫理学などの応用倫理学も修めるように指導されています。このことを私たちは「二足の草鞋を履く」という風に呼んでいます。私もこれまで、上述のウィットゲンシュタインの思想研究に加え、ビデオゲームの倫理学や化粧の倫理学などについて研究してきました。そして今回は宇宙倫理学に携わることができるということで、大いに興奮しています。宇宙を題材にしたフィクション作品はその数も豊富で、その中には実に興味深い倫理的な問題を提示しているものもあります。また、現実の宇宙開発等に目を向けても既存の議論の枠組みでは容易に解決できない問題が多くあり、これらの問題について他のメンバーのみなさんと議論するのは研究者として楽しみです。教材や教育プログラムの開発等にも関わることになると思いますが、自分にとっても受講者にとっても面白いものになるよう、一生懸命取り組んでいきたいと思っています。



名越俊平

私は理学研究科宇宙物理学教室の博士課程にて、地球から数十億光年離れたクエーサーの研究をしています。

私は趣味で手品をやっており、学部生時代にはマジックバーに定期出演していたくらい熱中していました。手品では、表から見える現象を裏から単純な機構で実行していることが多く、その構造の美しさこそ私が手品に惹かれる1番の理由です。これまで様々な一流の手品を見てきて、不可能に見える現象に何度も出会ってきました。その裏側が単純であることを知るたびに、私が如何に狭い視野でしかモノを考えられなかったのかを突きつけられてきました。このような経験があるため、私が不可能だと感じることに直面したら、まずは自分の視野の狭さこそが原因で、不可



能だと誤認していると考えられています。

ここ数年、私が見ることができないか考えている不可能なことは、「長期的な基礎研究を、短期的な経済活動の一部に構造的に埋め込む」ことです。私の研究で言い換えると、宇宙の研究に対して、人々がお金を払う社会的構造を作ることです。これが実現すると、私は研究者と富豪の両方を目指すことができるわけですが、現状では不可能に思えます。宇宙の場合は、近年は宇宙ビジネスがホットワードとなっており、そこにヒントがあるかと考えましたが大半のビジネスモデルが成立するとは思っていませんでした。しかし、SpaceX 社が千機以上の人工衛星を稼働させて実際にサービス提供間近まで漕ぎ着けている様を見て、また自分の視野の狭さを痛感しました。数千機の人工衛星を一度に稼働させられるという発想が一切無かったのです。私は宇宙ビジネスがどんな構造になっているのかが無性に知りたくなり、実際に飛び込んでみて、現在は研究と並行して民間企業にて人工衛星の設計業務に携わっています。

宇宙開発に携わっていると、様々な倫理的、社会的問題を考えさせられます。宇宙ユニットでの活動を通して、多様なバックボーンを持つ皆さまがどのような考え方で宇宙と関わっているのかを知れたら幸いです。どうぞよろしくお願いいたします。

第 15 回 京都大学宇宙ユニットシンポジウム

「人類は宇宙に移住できるのか？ —文理融合型宇宙教育の開発と実践—」

京都大学宇宙総合学研究ユニット(宇宙ユニット)では、文理の枠を超えた幅広い領域を射程に、人類と宇宙に関わる諸問題の研究と教育を推進しています。宇宙ユニットが主催する 15 回目のシンポジウムでは「宇宙への移住」に焦点をあてます。

民間企業の参入を受けて宇宙開発の動きが急加速しています。現在、複数の企業が宇宙観光の実現に向けた計画を進めており、一方でイーロン・マスク率いるスペース X 社は火星移住を掲げたプロジェクトを開始しました。かつて SF の中で閉じた話題であった他惑星への移住は、今や現実のものとなりつつあり、その機運は年々高まっています。

しかしながら、他惑星への移住のハードルはまだかなり高いことは言うまでもありません。計画推進に先だって検討すべき課題が山積みではないでしょうか。人類はこの難題をどのように解決してゆくのか。本シンポジウムでは、文系・理系を問わず最新の研究をベースに多方面からの知見を持ち寄り、人類の宇宙移住に関する議論を行います。

日時 : 2022 年 2 月 5 日(土) 13:00-17:00、6 日(日) 10:00-17:30

開催形態 : オンライン (ポスター発表に関しては対面開催も検討中)

参加費 : 無料

申し込み : 要申し込み (11 月以降ウェブサイトにてご案内します)

登壇者は決まり次第、以下ウェブサイトに掲載します。

<https://www.uss.s.kyoto-u.ac.jp/symp/>

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
10月22日(金) 15:00-16:30	<p>第4回宇宙学セミナー</p> <p>講師：嶋宮 民安 氏 (有人宇宙システム株式会社 有人宇宙技術部 主任技師)</p> <p>タイトル：「国際宇宙ステーションの運用と閉鎖環境 - 交信担当(CAPCOM)の役割」</p> <p>概要：人類史上最大の宇宙建造物、国際宇宙ステーション(ISS)。2000年に始まった有人運用はすでに20年を超え、これまでに200名を超える宇宙飛行士がISSへのフライトを果たしました。その管制センターは世界に複数あり、それぞれに交信担当がいます。宇宙飛行士との交信、その工夫や苦勞とは？ ISSにおける閉鎖環境の不便さや対策と共にお話しします。</p>	<p>Zoomによるオンライン開催 (事前申込制)</p> <p>下記のQRコードまたは以下のURLからお申し込みください</p>  <p>https://kyoto-u-edu.zoom.us/j/81558708225</p>
11月1日(月) 16:45-18:15	<p>第5回宇宙学セミナー</p> <p>講師：藤原 洋 氏 (株式会社 ブロードバンドタワー 代表取締役会長兼社長 CEO、一般財団法人花山宇宙文化財団 評議員、宇宙ユニット BBT 部門特任教授)</p> <p>タイトル：「企業家の夢・宇宙への夢」</p> <p>概要：企業家は、夢を持って事業を創ることを自己のテーマとしている。</p> <p>最初に、歴史的に、天文学が天体物理学へと発展する経緯となった大型天体望遠鏡開発が始まった19世紀末から21世紀へ向けての企業家と望遠鏡開発の歴史について述べる。次に宇宙をビジネスとしてとらえる企業家の登場について紹介する。最後に日本における宇宙科学、宇宙開発のあるべき姿について展望する。</p>	<p>Zoomによるオンライン開催 (事前申込制)</p> <p>下記のQRコードまたは以下のURLからお申し込みください</p>  <p>https://kyoto-u-edu.zoom.us/j/92128580104</p>
11月22日(月) 15:00-16:30	<p>第6回宇宙学セミナー</p> <p>講師：片山 俊大 氏 (一般社団法人スペースポートジャパン 共同創業者&理事/㈱電通)</p> <p>タイトル：「秒速でわかる！宇宙ビジネス～宇宙業界と宇宙じゃない業界の、あたらしい関係性～」</p> <p>要旨：決まり次第、HPへ掲載します。</p>	<p>ハイブリット形式(対面+zoom)を検討中。決まり次第、HPへ掲載します。</p>

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/seminar/>) で公開いたします。

閉鎖居住実験の最新動向

篠原正典

帝京科学大学 生命環境学部

出“ゆりかご”の時代へ

「地球は人類のゆりかごである。しかし、人類はゆりかごにいつまでも留まっていまいだろう。」この News を手にしている方なら聞き覚えのある言葉だろう。ロシアの科学者ツオルコフスキーによる百年以上前の言葉とされる。

人類はいま、地球軌道上に宇宙ステーションを有している。国際宇宙ステーション（以降 ISS）には、星出彰彦さんを船長とする 7 名の宇宙飛行士が宇宙空間で生活しながら各種ミッションにあたっているが、実に 20 年以上にわたり人類の宇宙での生活が維持され続けている。そして、この原稿を執筆している 2021 年 9 月、民間人 4 名による宇宙旅行（スペース X 社「インスピレーション 4」ミッション）も無事に成功した。職業宇宙飛行士が搭乗しない宇宙船で 3 日間にわたり ISS より高い、すなわち地球からより遠い軌道で地球を回って旅行を楽しんだという。

人類が月に降り立ってから 50 年以上、宇宙飛行士が宇宙で暮らし続けて 20 年以上が経ち、宇宙への観光旅行が催行される今日、ツオルコフスキーが想い描いた人類が“ゆりかご”を脱して暮らす時代は、彼の信念・想像の域に追いつき、現実のものとなりつつある。

出“ゆりかご”の課題

しかし、出“ゆりかご”には、いまだ検討すべき課題が少なくない。宇宙放射線や重力の変化の人体への影響評価はもちろん、限られた物理的・社会的環境下で長期間過ごすことがヒトの心身の健全性やパフォーマンス維持にどう影響するのか、そして、“ゆりかご”地球が与えてくれている全ての物質と全てのサービス、すなわち、空気・水の再生、食料の生産、廃棄物の分解・循環、これらを再構築できるのか…、未だ検討を続けている最中なのである。

繰り返される閉鎖居住実験

そのため、世界各地で過去何十年にもわたり閉鎖居住実験が繰り返されてきた。現在運用されている、もしくは具体的に設計されている施設を列挙してみよう。ロシア・IBMP の NEK、中国・北京航空科学大の Lunar Palace-1（以降、月宮）、独・DSR の EDEN ISS、澳・オーストリア宇宙フォーラムおよびイスラエル宇宙局による AMADEE 20、そして、宇宙開発の本家米国にいたっては民間施設として現在はアリゾナ大が関与しているバイオスフィア 2（図 1、以降、BS 2）、200 回をゆうに超えるミッションを繰り返している火星協会の MDRS、そして NASA が関与する Hi-SEAs、HERA、Mars Base Alpha（来年度完成予定）…。実に多数の施設があり様々な目的のもとに閉鎖居住実験が進められている。日本・JAXA においても、宇宙飛行士の選抜試験にも用いている「閉鎖環境適応訓練施設」を援用し、8 名のボランティア被験者に負荷をかけて生理・心理の変化やそれらの遠隔診断を検討するための 2 週間の閉鎖実験を繰り返し行い、その成果を報告している。私自身も、本来の専門はイルカ類を対象とする動物行動学であるが、青森県六ヶ所村の（公財）環境科学技術研究所・閉鎖型生

態系実験施設（Closed Ecology Experiment Facilities（以降、ミニ地球 CEEF））で行われた閉鎖居住実験に、2000 年より研究者兼居住者として 6 年間参加した。水・空気・食料をほぼ完全に自給し最終的に 2 名を 4 週間にわたり閉鎖居住させた実験であった（図 2 左上、左下）。このような実験を繰り返す背景・目的には、いまだ長期有人宇宙ミッションの最終形がみえないこと（月は 3 人？火星は 6 人？など人員規模も未定）や、異なる国家間で技術供与し合えないという政治的な問題もあるかもしれないが、より現実的な問題として、いまだ食料生産を組み込んだ閉鎖環境の構築には改良の余地があり、ヒトの生理心理・パフォーマンスにはいまだ尽きぬ不安がつきまとい、さらに、こうした実験が教育・啓蒙などに貢献する側面も大きいからであろう。



図 1：バイオスフィア 2 の外観(左)。1990 年代前半に 8 名による壮大な閉鎖居住実験が行われた。その後、コロンビア大学が運営に関与した際に、「環境学」を学べる合宿施設を併設していた（右上・右下）。執筆者撮影 2003 年。



図 2：ミニ地球 CEEF の外観（左上）。この建屋の内部に閉鎖施設を構築している。コンクリートを使用していないため、このようにステンレス張りの独特な内観（左下）。植物栽培区で長く太く育ったシュンギクを収穫する筆者（右）。

少し具体的な例をあげよう。その実験から 25 年が経った今も他に類をみない壮大な人体実験であった BS2 では、1991 年より 8 名が 2 年間に渡り閉鎖環境で生活を試みた。しかし、コンクリートや土壤に酸素が吸収され、食料が予定通り生産できず備蓄食料を利用しても体重が著しく減少し、また、アリ

やゴキブリなど小動物が大発生し、外部のサポートチームとも不和を生じ、内部では8名の居住者が4対4に分かれて対立を深め…など様々な問題が起こった。1994年からの二度目の7名による実験も、実はこの一度目の居住者による妨害のためにおよそ半年で中断となってしまっている。しかし、閉鎖実験の役目を終えてから、コロンビア大学の環境学の修士号の短期集中習得コースの合宿地として利用され（図1右上・右下）、次いでアリゾナ大学の様々なフィールド系調査の実験施設としても利用されてきた。もう20年近く前になるが、私が視察で訪問した際、請われてミニ地球 CEEF の実験概要を紹介したのだが、集った研究者や学生が引き続き聴講した講演は、環境の専門家による世界の水銀汚染の現状に関するものであった。また、施設は開放運転しつつも、部分的にビニールのカーテンなどで簡易閉鎖をして高CO₂環境をつくり出し、パルプがどう育ち、ガなどの昆虫がどのように行動が変わるかを調べるなど環境系の研究がいくつも進められていた。そして、それらにはすべて説明のボードが設けられ、一般客を対象とした有料ツアーも頻繁に催行されていた。

このように、閉鎖実験は様々な成果が得られ課題も抽出できると同時に、やがてその目的も変化していくことがある。こうした個別の事例をばらばらに紹介しては誌面が足りないのので、私なりに目的別に大きく三つにまとめて概要を紹介したい。図3を参考にしつつ読み進んでほしい。

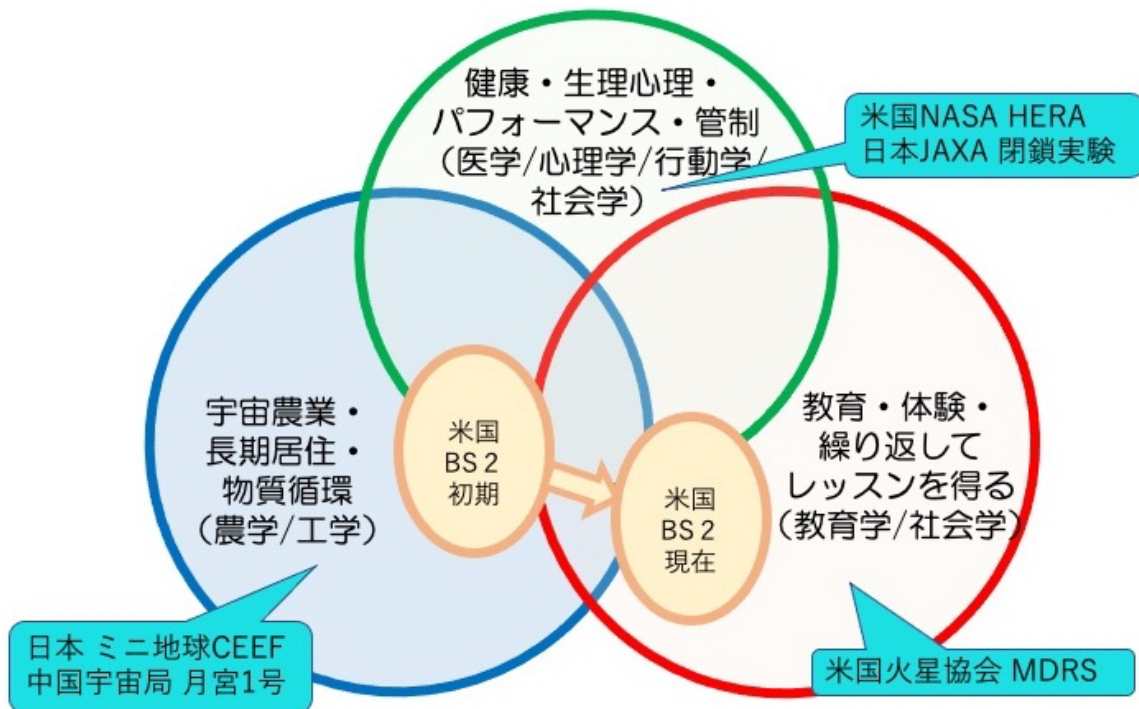


図3：閉鎖居住実験を三つの目的にわけて整理することができるだろう。それぞれに該当する主要な学問分野を括弧内に、代表施設・実験を吹き出しで表している。

第一の目的：居住者の生理心理の変化やパフォーマンス維持を調べる

まず、ほぼすべての実験で意識される課題は、閉鎖環境下でのヒトの生理心理の変化やそれらの遠隔でのモニタリングであろう。単調な環境に物理的に隔離され、特殊な作業環境におかれ、コミュニケーションが制限されることで生理心理に影響がでること、また、グループダイナミクスにも、地上管制との関係性にも影響がでることが知られている。現在、頻繁に学術報告がなされているのが NASA の HERA 模擬

実験で、期間は45日ほどであるが、閉鎖環境下で睡眠時間を短く（8h 摂る睡眠を平日 5h に）し、生理心理ストレスやパフォーマンス低下の様子を報告するなど、活発に実験を繰り返している（まさに人体実験…）。HERA を運用している NASA Human Research Program の HP によれば、いま現在も火星の月フォボスへの有人探査ミッションの一部を仮想した 4 名の閉鎖実験を行っている。まだ報告は少ないが、NASA とハワイ大による Hi-SEAs を利用した実験（通常は科学者 6 名で 1 年間）では火星での居住作業環境を模し、管制との通信に 30 分の遅延を設けた運用がなされるなどしている。

第二の目的：宇宙農業技術および物質循環技術を確立する

日本のミニ地球 CEEF は、その第一の目的が 100%に近い気密性の閉鎖生態系を構築し物質をしっかりと循環させることにあった。私たち居住者側から「今後計画されるであろう有人宇宙ミッションを想定して、管制との通信に人為的なデレイを設けては」などの実験生活のデザインへの提案をしたが、「まずこのシステムが食料生産と物質循環ができ、ヒトが健康に居住できたという確認を得るのが第一義であるから」との理由で却下された。もっともだと、妙に納得したので今でも覚えている。

現在、ISS は部分的な物質循環機能を有して宇宙飛行士の生活を維持しているが、再生できているのは空気と水の一部であり、相当量の水と食料の全てをせせとロケットで打ち上げることで維持されている。レタス様野菜を育てる Veggie と呼ばれる設備も稼働させ、一度地上に持ち帰って安全を確認した次の年に、油井亀美也さん含む 3 名の宇宙飛行士が食した。これが宇宙で育てた野菜を宇宙で食した宇宙開発史上初の試みで、2015 年のことである。リアル宇宙では食料生産はこのレベルなのである。

月、火星など地産地消で利用できる水（月）、水と CO₂（火星）があるとされるが、これらを除けば、ほぼ完全に近い再生産技術・物質循環技術を確立できないと出“ゆりかご”は叶わない。ツオルコフスキーも回転式宇宙都市の内部に生産拠点としての農場を描いていた。食料生産をしっかり行い物質循環の程度をあげるいわゆる“宇宙農業”の技術開発の必要性は疑う余地がなく、じつはその研究開発史も長い。旧ソ連軍、米軍の軍事研究からはじまり実に 60 年以上の歴史がある。この開発史を辿るだけでも大変な情報になるので JAXA 月面農場検討 WG の報告などを参照して頂きたい（参考文献 1）。ここで少しだけ、私のかかわったミニ地球 CEEF の紹介をさせて頂く。有人のミッションに関しては完全に外国任せの感が否めない日本にあって、実は 2000 年初頭、もう 20 年も前に史上類をみない閉鎖度・循環率での居住実験が行われていた。先見の明を持った当時航空宇宙技術研究所 NAL の新田慶治さんによって先導され、多くの工学・農学の研究者が参画し、青森県六ヶ所村に新設された環境科学技術研究所の主要プロジェクトの一つとして進められた。当初 2 名が 120 日、完全閉鎖環境の中で暮らすようデザインされたミニ地球 CEEF は総建設費のべ 200 億円にのぼったともいわれる。最終的に 2 名 4 週間のミッションが 2007 年に完遂され、その技術目標を達成し、現在は居住実験としての役目を終えている。私はその 4 名の居住者の 2 番目（B）として採用され、6 年ほど閉鎖居住実験の研究者兼居住者として参画し、23 種類の植物を育てる農作業をはじめ各種トレーニングを閉鎖施設の中で行って過ごした。扉を閉じた閉鎖実験にものべ 42 日間（1 週間を 6 度）参加してきた。実験の詳細は多胡（参考文献 2）の報告他に詳しいのでここでは割愛するが、50 m² の作付面積でヒト一人が

維持できるとの NASA の試算を上回り、90m² で 2 名の栄養を産出でき、食料自給率に関しても最終的に 9 割を超える高さを達成し、閉鎖実証実験としては今日でも世界最高峰の成果を誇る。

表 1 にミニ地球 CEEF のような代表的なミッションや施設の再生の程度をまとめたので参考にしてほしい。疑問符を付したところは実際に物質を回さず、計算上で辻褃合わせをした部分があることを意味している。

ミッション/ビークル/施設 mission vehicle base	実施国	年代(yr)	再生の程度 (regeneration ability)			
			空気 Air	水 Air	食料 food	固形廃棄物 Waste
Apollo	USA	1960s~	×	×	×	×
Space Shuttle	USA	1980s~	×	×	×	×
Mir	CCCP	1980s~	△	△	×	×
Biosphere	USA	1990s~	○ → ×	○	○ → △	◎
L-M-LSS	USA	1990s~	○	○	△	×
ISS	INT	2000s~	○	× → ○	×	×
ミニ地球(CEEF)	JPN	2000s~	○	○	○	○?
月宮一号	CHN	2010s~	○?	○?	○?	○?
MeLissa	EU	2020s??	○?	○?	○?	◎?

表 1 : 代表的な閉鎖実験や閉鎖施設の再生の程度。MeLissa はヨーロッパ宇宙局による要素技術研究であり、統合しての施設などはない。

さらに、今の宇宙農場技術でこうした地上テストベッドから実物を作成し、宇宙（まずは月面）に打ち上げ・組み立て・運用することがコスト的に見合うかの検討もなされ、月面で水が得られ 10 年以上の連続運用を前提とするのであれば、現在の ISS の再生技術レベルの基地を作り地球から食料を打ち上げ続けるより安価に運用できると試算されている（参考文献 1）。

第三の目的：教育・啓蒙・娯楽、あるいは、繰り返し実験することでレッスンを得る

ミニ地球 CEEF での閉鎖居住生活は 1 週間を 1 セットとしており、火曜日の昼にスタートし、火曜日の昼にでてきていた。この最後に収穫するのがシュンギクであったのだが、高照度・高 CO₂ 下で、食べるには苦勞するほどに太く長く育ったシュンギクを手にしつつ「僕がはき出した CO₂ を吸ってこんなにも大きくなり、逆に僕はこいつが与えてくれた O₂ と栄養でこの一週間を生きてきたのだなあ」と心から感謝しながらエアロックを開け、リアル地球に戻っていた。このような“生かされている”と心から感じる体験は、実験を通して得られる技術的・学術的知見とは比較が難しいが、地球人として極めて貴重な経験となったととても有難く思っている。

上述の二つとは一線を画し、このような“学びを得る”といった目的での閉鎖施設も多数建設され、また建設計画が進んでいる。当初より工学技術開発的な目的は乏しく、閉鎖施設が与えてくれる教育・啓蒙・娯楽の側面や、あるいは繰り返し得られるレッスンを得ることを目的として作られる施設である。英国のエデン・プロジェクト、塙およびイスラエルの AMADEE 20、米国の MDRS、中国の火星基地 1 号がある。国内でも村上裕資さんが率いるフィールドアシスタントによる南極探査船 SHIRASE5002 を用いた SHIRASE EXP.なども様々なレッスンを得ることを目的とした閉鎖居住実験といえるだろう。建設中

のものとしてはドバイのマーズ・サイエンス・シティがおそらく BS2 をしのぐ施設となるであろう。興味がある人はぜひここに挙げたキーワードを参考に調べてみてほしい。

本来は食料生産設備も有しその実証実験を期待された施設が、現在はこうした目的にも利用される、BS2 のような例も珍しくはない（図 1）。京大宇宙総合研究ユニットがアリゾナ大学と提携して行う SBC2 もまさに閉鎖実験施設のこの第三の目的への転用例の一つであるといえよう。

限られた資源・エネルギー・空間で暮らす宇宙のような極限環境をイメージして開発された技術、そして、健全な心身を保って暮らす具体的なノウハウは、これをそのまま地球での日常生活で実践すれば、それは間違いなく、地球環境に優しいものになろう。宇宙オタクが、採算や喫緊の技術的問題を度外視して勝手に妄想している、という段階はもう過去のこと、こうした技術や試みが、人類全体が地球の上で優しく持続可能に暮らす新しいノウハウを得るレッスンになる…このような意識を皆で共有すべきであろう。

今後の課題と期待 ～遅れている分解の技術、ゲノム編集・細胞培養技術の利用～

食料生産をとまなう物質循環システムの構築のための今後の課題として、固形廃棄物(solid waste)の処理方法の検討があげられる。システム全体を閉鎖した統合的な物質循環実験は未だ行われていない。ミニ地球 CEEF においても閉鎖循環度は 90%半ばなどと報告されているが、分解のために要していた湿式酸化（高温高圧の水の中で酸化分解を進める）装置は統合をせず計算で辻褃合わせをしており（参考文献 2）、中国・月宮においても、最近の 370 日の閉鎖実験では固形廃棄物の 1/3 が循環されずストックされたまま実験を終えた（参考文献 4）。将来的には発酵を使っているが統合実験の情報は無い。JAXA 月面農業検討 WG では、分解に高温メタン発酵の採用方針が示され、速度計算も発酵槽の容積も検討されている（参考文献 1）。しかし、食料生産技術に比べ明らかに遅れており、早い時期の実証実験が期待される。

いつか月で乾杯する日を楽しみに

つい先日（9 月 15 日）、国内初となるゲノム編集トマトが販売された。Integri Culture 社が世界の最先端をいく培養細胞肉の利用も、JAXA も参画する「スペースフードスフィア」のなかで検討されている。こうした先端技術も、間違いなくこれからの有人宇宙ミッションのデザインのなかで有力な選択肢であろう。つまみはゲノム編集野菜でお酒の代わりに再生水になるであろうが、いつか月から地球を見上げて乾杯する日が来ることを楽しみにこの紹介を終えたい。（図 4）

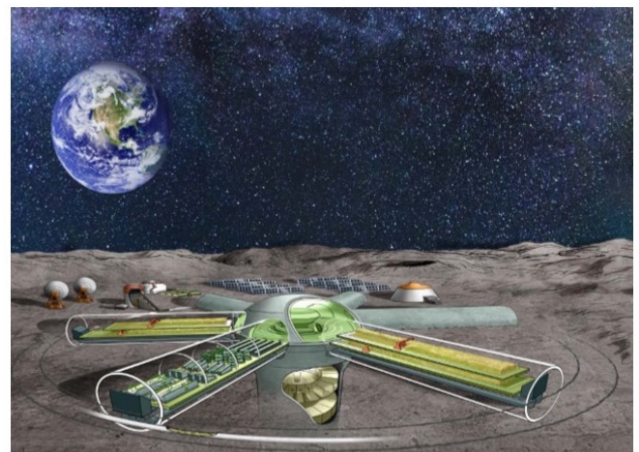


図 4：JAXA 月面農場検討 WG の検討結果を基に描かれた月面基地のイメージ。放射状に延びた六つの植物栽培区があり、居住区はその中央の下に設置されている。（参考文献 1 より）

参考文献：

[1] 月面農場WG検討報告書第1版 JAXA-SP-19-001 (JAXA レポジトリ)

[2] 多胡靖弘, “閉鎖型生態系実験施設を用いた閉鎖居住実験—食料自給および物質（空気・水・廃棄物）循環、ならびにトラブルシューティング—,” 閉鎖生態系・生態工学ハンドブック, 48-66, 2015. アドスリー社

[3] C. Dong ほか“Element Cycling and Energy flux Responses in Ecosystem Simulations Conducted at the Chinese Lunar Palace-1,” *Astrobiology* 17(1) 78-86, 2017.

[4] 「「月宮」実験が終了 計 370 日間は世界最長」 China News Service 2018.5.19, <http://www.afpbb.com/articles/-/3175157>, 2018.10.17

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.uss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：堀山勝輝

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: uss@kwasan.kyoto-u.ac.jp