

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2023 年 8 月号 No.20

国際教育セミナー・宇宙学セミナー 「宇宙開発のこれからと日本」

稲盛ホールにて、京都大学大学院総合生存学館・SIC 有人宇宙学研究センター・宇宙総合学ユニットの共催による国際教育セミナー・宇宙学セミナーが開催されました。

今回は NASA アジア代表の Garvey McIntosh 氏、及び INAMI Space Laboratory 代表取締役の稲波紀明氏の 2 名をお招きし開催された。最初に山敷教授より Garvey 氏と稲波氏の紹介および大学院総合生存学館と SIC 有人宇宙学研究センターについて紹介があった。

最初の登壇は、NASA アジア代表の Garvey McIntosh 氏。

Garvey 氏による公演は NASA 本部の概要説明から始まり、米ソ冷戦時代に人類を最初に月に運んだアポロ計画やその後のスペースシャトル、国際宇宙ステーション (ISS) をはじめとする有人宇宙開発が国際協力のもとで進められてきた背景を解説した。

特に 2022 年はアメリカと日本の宇宙開発協力において非常に重要な年であった。2030 年までの ISS 運用延長

に日本の公式参画に関する署名と、アルテミス計画における月中間基地「ゲートウェイ」のための実施取決め署名が結ばれたこと、バイデン大統領と岸田首相が日米宇宙協力関連展示を視察したことなどを取り上げながら、日米がこれまで非常に良好な関係のもとで宇宙開発を進めてきたことを示唆した。

NASA は今後 ISS を基盤として月面着陸、ひいてはその先の火星探査、移住を見据えている。特に直近のアルテミス計画 3 では 2025 年の月面着陸を目指しており、これが成功すればアポロ計画以来、実に 53 年ぶりの快挙となる。

Garvey 氏は、有色人種の女性が初めて宇宙飛行士に選出されたアルテミス計画の事例を混じえながら、今後一層宇宙開発にかかわる人々がますます多様になるであろう、と話した。宇宙開発が抱える諸課題の解決には国際協力が不可欠であり、京都大学の学生をはじめとする多くの専門家の知識、技術を集結する重要性を改めて強調した。



図 1. 紹介を行う山敷教授



図 2. 公演を行う Garvey 氏

2023 年 2 月の NASA ビルネルソン長官の京都大学訪問に関する内容の紹介もあった。

続いて稲波氏は 2005 年にヴァージンギャランティック社の宇宙旅行に当選し、サラリーマンとして宇宙に旅立つ異色の立場から、多岐にわたる宇宙ビジネスの可能性を紹介した。

稲波氏が立ち上げた宇宙ベンチャー INAMI Space Laboratory 株式会社では非宇宙分野と宇宙開発の架け橋となるようなサービスを提供している。「鰻重」を宇宙まで飛ばして「宇宙鰻重」という名前で売り出す非常にユニークなプロモーション活動を行なった事例の紹介もあった。

稲波氏は宇宙旅行に申し込んでからの日々が以前と比較して非常に有意義になった自身の経験から宇宙ビジネスに携わることが視野を広げる貴重な経験になることを強調した。無重力訓練によって得られる重力からの開放感や、宇宙旅行への期待からくる精神的な若返りなど、非日常的な体験は稲波氏の糧となっている。稲波氏の参加する宇宙旅行は早くて 2023 年内に実施される予定であり、今後の続報も非常に興味深い。

最後のディスカッションでは、この稲波氏と山敷氏が会場に向かって、さまざまな疑問に答えた。また、稲波氏の「障害者としての宇宙への挑戦」と、「義足であることを逆にアピールするファ



図 3. 公演を行う稲波氏



図 4. 山敷教授から Garvey 氏への進呈

ッション性で雑誌の紙面を飾る」素敵なアピールもあり、また稲波氏の著書「よくわかる宇宙ビジネス」の会場の五人への贈呈もあり、多数の参加者が応募した。また、山敷氏らが最近出版した「有人宇宙学—宇宙移住のための 3 つのコアコンセプト」の講演者への進呈もあった。本セミナーの動画は公開されており、来場できなかった方は是非ご覧いただきたい。

<https://youtu.be/xTN0vAOmXAc> (森下至子 記)



図 5. 参加者の集合写真

京都市立嵯峨野高校にてウスビ・サコ先生と土井隆雄先生の 対談が行われました！

2023年6月6日（火）京都新聞主催「日本人の忘れもの知恵会議」が京都市立嵯峨野高校にて行われました。京都こすもす科専修2年生を対象に「宇宙が招く近未来」について、教育者で空間人類学者のウスビ・サコさんと当センターの土井隆雄特定教授の対談形式で行われました。まずは、土井先生より日本の有人宇宙活動の歴史と最新の宇宙開発の取り組みについての解説の後、ウスビ先生より、ご自身も生徒さん達と同じ年齢の頃にリマ政府の奨学金を得て中国へその後日本に来た来歴の説明がありました。ウスビ先生は「言葉も通じずまるで宇宙に来たようだった。その後京都に来た時も京都では言葉と思っていることが全く反対で、戸惑った。」と京都の印象も話されました。ウスビ先生より土井先生へ、宇宙へ行って感動したことや宇宙へ行ってから社会の捉え方が変わったのではないかなどの質問があり、土井先生からは、「宇宙飛行をした後は地球の美しさ、生命の神秘について深く考えるようになった。皆さんと同じ中学高校生の頃に宇宙が大好きになり、宇宙の神秘を探求したいと思うようになった」との答えでした。

また、ウスビ先生より「チームでの活動には、お互いを受け入れることが必要だと思う。そのような時に土井先生はどんな工夫をしたのでしょうか？」との質問がありました。土井先生からは「アサインされてから1年半の訓練中にチームでの活動を求められるのだが、そのような時に、「自分の命をチームメイトに預けることができるか、みんなの命を預かることができるか」と自分自身に問いかけた。そのレベルのチームワークを作ることが大切だった。家で寝る以外はチームメイトと共同生活を行った。プライムとフォロワー、お互い意見がぶつかることもあるが、それを乗り越えていくことが大切。」とのお話がありました。更にウスビ先生からは「日本に来て一番気になったのは人と合わせすぎること」というご指摘があり、土井先生からは「宇宙では空気を読まない（笑）。考えを分かち合って根に持たないことが大切で、適度な喧嘩、迷惑も大丈夫。コミュニケーション能力がないとやっていけない。空気ばかり読んでいるとお互いを分かり合えない。自分を表明して分かり合う努力をしていかないとチームワークは作れない。」とのご指摘がありました。

後半の質疑応答の時間には、「宇宙開発に高額の資金がかかる、反対の声に対してどのように説得するのか。」「環境問題などは人間が開発を進めていくことで起きている、環境への配慮はどのように工夫していくべきか」「火星で暮らすことになった場合は国境はどうするのか」などの質問がありました。

最後に土井先生から高校生へ、「皆さんが社会へ出る頃には宇宙へ簡単に行けるようになる。その時宇宙へ行って何がしたいのか。今何のために勉強をしているのかをよく考えて目標を持って欲



嵯峨野高校での参加者の集合写真

しい。私自身は宇宙を一生の仕事にしようと高校生の時に決めた。その時に何が起こったかという、勉強に身が入るようになった。100%常に努力する、それは一生続く。それが夢に近づく道です。やればやるほど選択肢が増える、より自由になる。宇宙をめざして頑張ってください。」との激励の言葉がありました。（辻廣智子 記）

SIC 有人宇宙学センターとチームラボのコラボイベント

SIC 有人宇宙学研究センターとチームラボの初めてのコラボによるイベントは開催されました。まずはセンター長である山敷氏から、センターの様々な活動と、銀河鉄道構想ヘキサトラックシステムを用いた火星、海王星、さらには太陽系外惑星 Proxima Centauri b への想像を喚起するアートが紹介されました。

本日の主講演では、チームラボの山田リーダー（Director of Community Engagement）が登場。彼は、アートを活用したチームラボ独自のソリューションと、それを土台に東京、上海、アブダビ、そして来年開館予定の京都など世界の主要都市にデジタルアートの美術館を設立する活動について説明しました。特に、一つ一つの作品が観覧者と対話形式で交流し、共有空間を作り出す、AIとCGを駆使した独特なアルゴリズムを用いる新しい美術館のコンセプトについて、そのアートが持つ無限の可能性と共に紹介しました。



図 1. 講演の様子

さらに、山田リーダーは、地域活動と教育活動をガラス越しに繋げる新概念の北海道の小学校についても紹介し、その実現のための斬新なコンセプトについて詳細に語りました。

質疑応答のセッションでは、チームラボの提供するソリューションや市場動向について、京都大学の学生たちからの積極的な質問が寄せられました。また、チームラボのメンバーからは、京都という地域の特性とその可能性について興味深い意見も寄せられました。

イベント終了後の懇親会では、心地よい音楽の中で、学生たちとチームラボのメンバーが親しみやすい雰囲気の中で交流を深めました。チームラボの京都ミュージアムの開館と共に、宇宙をテーマにした共同活動が始まる可能性が高まり、その動向が楽しみに待たれています。（嘉澤剛 記）



図 2. 質疑応答の様子

鹿島建設 presents 火星に住もう！SEASON3 講演報告

SIC 有人宇宙学研究センターとよみうりカルチャー-OSAKA の連携講座「火星に住もう！ Season3」(全 6 回)は、7 月 9 日、第 4 回「たかが木材、されど木材 ～どうなる？ 木造人工衛星～」が、読売京都ビル(京都市中京区)で開かれ、京都大学農学研究科森林科学専攻教授の仲村匡司氏が登壇した。

オープニングでは、講演内容の「仲村教授の研究領域について」「木造人工衛

星のはじまり」「木造で人工衛星を作ることのメリット」「人工衛星の開発、打ち上げ費用の問題」「LignoSat の開発スタート」「誰が木造構体を作るのか？」「フロイト・モデルの完成を目指して」の 7 つを順に沿って解説。実際の木造人工衛星(プロトタイプ) 1 号機も持参され、参加者は、初めて見る木造人工衛星を手にとって構造を確認した。

仲村教授は、「人・住・木」をキーワードとし、「木材の特性の何が居住空間の構築に使えるのか」「木材の特性の何が人の心理と生理に影響するのか」を図で説明。木材は調湿性、保温性、断熱性、遮音性、耐震性がありハードにもソフトにも使える稀有な材料であると強調。

また、京都大学、住友林業の共同研究 LignoStella プロジェクトの始動について、近年の宇宙ビジネスの加速で人工衛星の打ち上げ数が増加している。金属製人工衛星は大気圏突入時に「アルミナ粒子」という細かな金属粒子を生み出し、このまま金属人工衛星が打ち上げられると数十年以内に地球環境に悪影響を与える可能性があると警鐘を鳴らす。この問題の解決方法の一つが「木造人工衛星」で、アルミナ粒子の発生を抑制することが可能であり、「宇宙の真空でも劣化しない」「温度変化の激しい宇宙空間でも安定する」さらに「水分やバクテリアが存在しない宇宙空間では腐らないので金属に置き換えての活用に期待されている。

2024 年の木造人工衛星(LignoSat・リグノサット)の打ち上げを目指し、注目を集めていることもあり、来場受講者 25 人(オンライン受講 10 人)の関心の高さがうかがえた。

参加者からは、「木造人工衛星というのは、どのくらいまで大きいものが造れるのか」という質問があり、仲村先生は「現在のものは 10 cm 角ですが、大きなものを作るには、どのくらい大きな板が取れるかです。」と話す。

次回の講座は 8 月 20 日(13:00～14:30、読売京都ビル)、「宇宙居住のための人工重力施設研究」について、鹿島建設イノベーション推進室宇宙担当の大野琢也が講師を務める。



図 1. 講演の様子



図 2. 講演を行う仲村教授

申し込みはよみうりカルチャーOSAKA の HP (<https://www.ync.ne.jp/osaka/mananto/>) から。(今井文能 記)

大学コンソーシアム京都「京カレッジリカレント教育プログラム」 前期プログラムのまとめ

大学コンソーシアム京都「京カレッジリカレント教育プログラム」現代の教養講座「宇宙移住に向けた最先端研究と企業技術」前半プログラムは、6 月 1 日に第一回「宇宙移住のためのコアバイオームコンセプト（山敷庸亮）」をスタートに、連続講義が開始されました。

6 月 15 日、第 2 回は鹿島建設の大野琢也氏による「恒久的な宇宙居住に向けた人工重力施設研究」でした。近年盛り上がりを見せている「アルテミス計画」などからもうかがわれるように、人類が月や火星に進出し、月や火星で恒久的に暮らす、そんな未来はそう遠くないと考えられます。そこで考えられる課題の一つとして、低重力が挙げられます。低重力下では筋力が低下したり、骨密度が低下したり、ストレスにより免疫力が低下したりすると言われているようです。このような個体上の問題だけでなく、世代間の問題として、低重力下では受精卵の着床がうまくいかないとも言われています。大野氏の「1G は地球のアイデンティティだ」という印象的な言葉からもうかがえるように、私たちの体は進化上 1G に適応してしまっているのです。

このような低重力問題の解決方法として大野氏が発案したのが、「ルナグラス・マースグラス」のような惑星表面での人工重力施設です。この施設では、回転によって生まれる遠心力を利用して、惑星上で 1G を生み出します。ある点で 1G を実現しようとする建物全体はグラス状になります。また、このグラス状建築の中には宇宙放射線防御と人々の心を癒す役割として水を張る考えもお話されていました。グラス間をつなぐ交通機関ルナビークルなど細部までも考えていって、建築資材さえあれば本当に実現・適用可能なのだらうなと心から思われる構想でした。

6 月 29 日、現代の教養講座「宇宙移住に向けた最先端研究と企業技術」第 3 回は JAXA の稲谷芳文教授による「ムーンビレッジ・月に社会を作ること考える」でした。人類が宇宙に進出していく上で、地球に最も近い天体である月で持続的な人類の活動が行われることがまず第一歩となるでしょう。月に人類が持続的な活動を始め、これが発展して社会とでも言う集団を構成していく時、これを作り、運営するためにはどうのことを考えておいたらよいのでしょうか？ということが研究の動機です。多くの考えるべきことがありますが、月面で人類が生活するための物質やエネルギーの調達や輸送などという技術的な考察にとどまらず、持続的な活動のためには月で何の活動をして価値を生み出していくかという視点が大事です。一般に宇宙の仕事には大きな投資が必要ですが、従来の宇宙開発のように国家の事業として行うのでは、いろんな意味で限界があると言われており、経済活動や事業のリターンという観点で、月での活動が産み出す価値について考えるべきであるという指摘がなされています。これは宇宙ビジネスの視点です。またこのような大勢の人間が活動するときの社会運営の方法や宇宙滞在における人体影響という視点からはじめ、いわゆる宇宙での持続的滞在が常態化したときの、社会の構成員としての人類の、環境適合の課題から世代交代や人口構成などと言う社会科学のおよび文化人類学的な視点で有人宇宙活動の未来を考えよう、という大きな視点からお話されていました。

有人宇宙活動は人類の活動範囲の拡大という文脈で語られますが、究極的には地球や太陽系が人類の生存に適さなくなったときの人類のサバイバルの視点で考えるべきでしょう。この文脈において、月に社会を作ることはまさにその手始めとしてよい実験の環境を提供するのである、との文脈で様々な議論が交わされました。

7月13日、現代の教養講座「宇宙移住に向けた最先端研究と企業技術」第4回は慶應義塾大学の青木節子教授による「宇宙移住に関する国際宇宙法」でした。人間が月や火星に宇宙移住した場合、その基地はどこが管轄権を有するのでしょうか。基地で犯罪が起こった場合、その犯罪者はどの国の法律でどのように裁かれるのでしょうか。自由競争に基づく国や企業の宇宙資源採取は合法でしょうか。

現在存在する国際宇宙法に「月協定」が存在しますが、この協定に批准している国は少数（たったの18カ国。しかも、サウジアラビアは2024年には脱退が認められており、17カ国となる予定）であると仰っていましたが、世界が1つの「地球人」として宇宙に進出していく未来は、法的な視点から見れば少し遠いのかもしないと感じざるにはいられませんでした（この他にも宇宙条約があり、こちらの批准国は102カ国です）。

このような条約は国連宇宙平和利用委員会（COPUOS）などの機関により形成途上にあります。国連宇宙空間平和利用委員会では、あらゆる宇宙活動について、各国の合意を時間をかけて醸成しつつ国際宇宙法が形成され続けているのがうかがわれます。

7月27日、現代の教養講座「宇宙移住に向けた最先端研究と企業技術」第5回は京都大学の寺田昌弘特定准教授による「宇宙環境での人への影響 -将来の宇宙移住を目指して-」でした。近年、宇宙飛行士だけでなく民間人も宇宙に滞在する機会が増えていますが、宇宙空間は微小重力・無重力であり、尚且つ宇宙放射線も降り注いでいます。また、宇宙船は閉鎖的な空間であり、今の私たちの生活とは大きく異なった特殊な環境であるといえます。これら特殊環境は人体にどのような影響を及ぼすのが今回の論点でした。

微小重力・無重力の影響として挙げられるのが、体液の循環不全や筋力低下、骨密度の低下、胸腺萎縮による免疫低下などです。第2回で大野氏が仰っていた通り、個体レベルの問題だけでなく、世代間の問題として受精卵が着床しない、胎児の脊髄形成不全なども生じると言われています。宇宙放射線の影響として挙げられるのは、DNA損傷による発がんリスクの上昇、免疫細胞の減少による免疫低下などです。また、閉鎖的空間は、精神面への影響が大きく、人同士の喧嘩が勃発しやすくなったりするようです。

これらを防ぐためにも第2回で大野氏が仰っていたような人工重力施設、宇宙放射線遮断システムや、開放的な空間を持った基地の建設のどが求められると考えられます。

前期プログラムはこれで終了ですが、後期プログラムは10月5日より、佐々木氏（京都大学大学院理学研究科）、村田氏（京都大学大学院農学研究科）、稲富氏（JAXA）、遠藤氏（東京海洋大学）そして山敷氏（京都大学大学院総合生存学館）による続編が続きます。申し込みは9月5日締め切りで、以下のページから可能です。

後半プログラムの申し込み：

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScebHrDdSyZQqKQcTTWwQTVuM8qc9Rk_mI4SzMtguVmlaaVXg/viewform

大学コンソーシアム京都 リカレント教育プログラム紹介サイト：

<https://www.consortium.or.jp/project/sg/recurrent>

プログラムのチラシ PDF：

https://www.consortium.or.jp/wp-content/uploads/page/43000/recurrent_chirashi02.pdf

(白樫聖夢 記)

LignoSat 紹介

COMM 班

LignoSat 開発チーム COMM 班の新メンバーと直近の活動をご紹介します。

この春からは 3 名の新メンバーが加わり、安心・安定・あったかな通信系を目指し日々皆で開発に励んでいます。以下、3 名からのメッセージです。

【河野尚貴】

新たに COMM 班に所属しました、農学部 4 回生の河野尚貴です。人工衛星と交信できるということに興味を持ち、このプロジェクトに参加しました。今後はアンテナの展開試験に同行して学ぶ予定です。学部の研究室との二足の草鞋ですがどちらも疎かにすることなく頑張りたいと思います！

【西見 優輝】

工学部電気電子工学科 3 回生の西見優輝です。制約が大きい環境での通信にロマンを感じ、COMM 班に所属させていただくことになりました。現在は地上局プログラムを担当しています。まだまだ未熟者ですが、楽しみながら頑張っていきたいです。よろしくお願いします。

【小泉壮平】

COMM 班新メンバーの小泉壮平です。京都大学工学部物理工学科に所属しています。小学生の頃から航空宇宙分野に興味を抱いており、LignoSat の研究室に所属しました。2 号機の開発では、木造構体の特徴を活かしたパッチアンテナの開発に関わる予定です。まだまだ分からないことも多いですが、研究室の力になれるように頑張ります！

既にアマチュア無線免許を取得していたり、プログラミングに長けていたり心強い新メンバーです。ここで新メンバーが担当しているテグス引長試験、極限状態下におけるアンテナ展開試験、地上局開発についてご説明します。

LignoSat は通信にダイポールアンテナが採用されており、打ち上げ時は 2 本のアンテナをテグス(釣り糸)でくくことでコンパクトにしています。ISS からの放出後にそのテグスを焼き切りアンテナを展開しますが、衛星引き渡しから放出までの数ヶ月間のうちにテグスが伸びきるとトラブルにつながります。そこで、テグスに錘を一ヶ月間にわたりつるし、伸び切るのを確認するのがテグス引長試験です。この伸び率は JAXA にも提出する重要なデータとなります。さらに、宇宙という特殊な環境でも正常にテグスを焼き切りアンテナを展開できるのかを確認するのが極限状態下におけるアンテナ展開試験です。すでに京都大学の真空チャンバーなどを利用し何度も検証しており、最後には九州工業大学で極限温度での展開も確認して

います。ISS からの放出後正常にアンテナが展開されると、京都大学に設置されている地上局との通信が始まります。しかし、LignoSat は 90 分に地球を一周をするほどの速さで周回をしているのでドップラー現象を考慮し受信周波数を微調整しながら通信をしなければなりません。さらに、地上局のアンテナも常に LignoSat の方向に向けておく必要があります。このような操作を統一的に処理するのが地上局ソフトウェアであり C# を用いて実装中です。その他、総務省への無線局申請、周波数調整に関する外国書簡の対応、アマチュアミッションの計画などなど衛星引き渡しを目前に盛りだくさんですが、ラストスパーク COMM 班もより一層開発に注力していく所存ですので応援のほどよろしくお願いいたします。数ヶ月後、宇宙から LignoSat の声がきけるのを楽しみにしています。（野間隆寛 記）

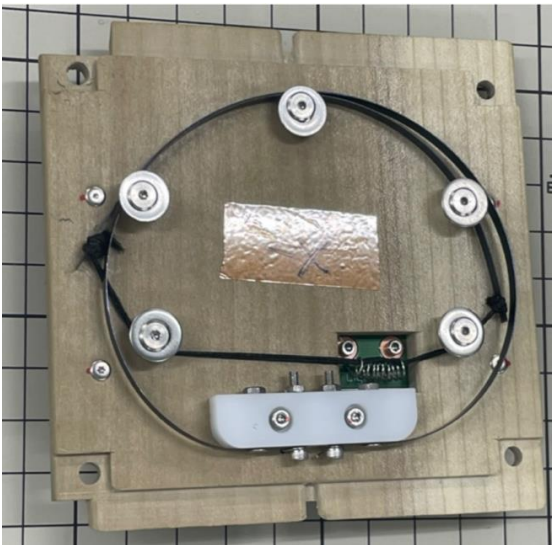


図 1：テグスでアンテナを結んだ状態。
ISS 放出後、右下にあるバネ状のニクロム線
を加熱しテグスを焼き切る。



図 2：アンテナが展開された状態

低圧下樹木育成プロジェクト紹介

令和 5 年度に新たに加わった学生メンバー 7 名に対して、ポプラの育成実験を行うに際しての基礎知識を習得するための勉強会（ゼミ）を 3 回（0622, 0628, 0720）実施しました。

1 植物生理生態学入門

キーワード：生物学における植物生理生態学の位置付け、生態学とは、構造（かたち）と機能、資源獲得の方法、環境適応能力、コストとベネフィット、トレードオフ、馴（順）化の幅、ストレス抵抗性（ストレス回避とストレス耐性）、

課題：地球の環境とはかなり異なる火星の環境で、それら環境要因は樹木の成長にとってストレスとなるのでしょうか？

2 光合成

キーワード：植物と地球の歴史、葉の構造、葉緑体の構造、チラコイド反応とストロマ反応、

電子伝達系、カルビン・ベンソン回路、光呼吸、過剰エネルギー対策（活性酸素と光阻害の抑制、クロロフィル蛍光）、C3 植物、C4 植物、CAM 植物

課題：低酸素環境が継続的に光呼吸をどの程度抑制するのでしょうか？

3 植物の水分生理

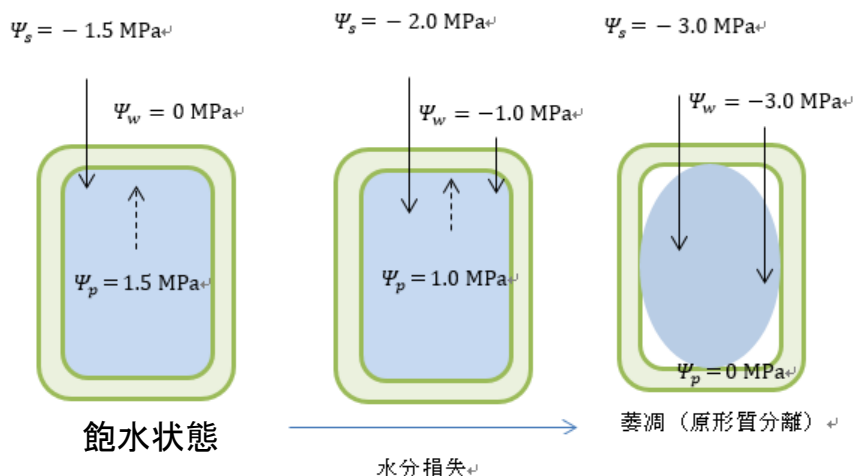
キーワード：植物にとっての水、SPAC 内の水移動、水分状態の判定、水ポテンシャル ($\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$) の概念、脱水、原形質分離、細胞の圧ポテンシャル、乾燥適応、浸透調節
細胞壁体積弾性率、水ポテンシャル落差による水の樹体内の移動、キャビテーションとエンボリズム、樹高の限界（セコイアメスギ）

課題：低圧、低重力による樹木の種々物理因子の変化

水ポテンシャル(Ψ_w)の概念

葉の水ポテンシャル(Ψ_w)・・・植物細胞の水分状態を熱力学的量で表した。
水を引き込む力を表す。

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$



樹木育成チーム新メンバーの原口朝妃と申します。現在はチームの先輩方に教わりながら、観察記録等に取り組んでいます。今回の新メンバー向けゼミでは、観察記録中だけでは知りえない、ポプラ育成実験に関する様々な基礎知識を学びました。まず、育成チームが取り組んでいる研究は、植物生理生態学に相当することを知り、植物生理生態学がどのようなアプローチで何を解明するのか、そして何に役に立つのかについて知りました。これをポプラ育成実験に当てはめると、樹高や葉の状態の観察記録から、低圧環境が樹木の成長へ与えるストレスの度合いを解明し、将来の月や火星における、よりコストの低い植物育成方法の開発に役立つ、とすることができ、取り組んでいる実験の重要性を実感することができました。第2回では光合成、第3回では植物の水分についてと、実験試料のポプラだけでなく、広く植物について教わりました。ゼミを受ける前よりも、研究の意義や、観察記録項目それぞれの意味などを理解することができました。学んだことを頭に入れながら、今後の樹木育成チームの活動に取り組んでいきたいです。（原口朝妃・池田武文記）

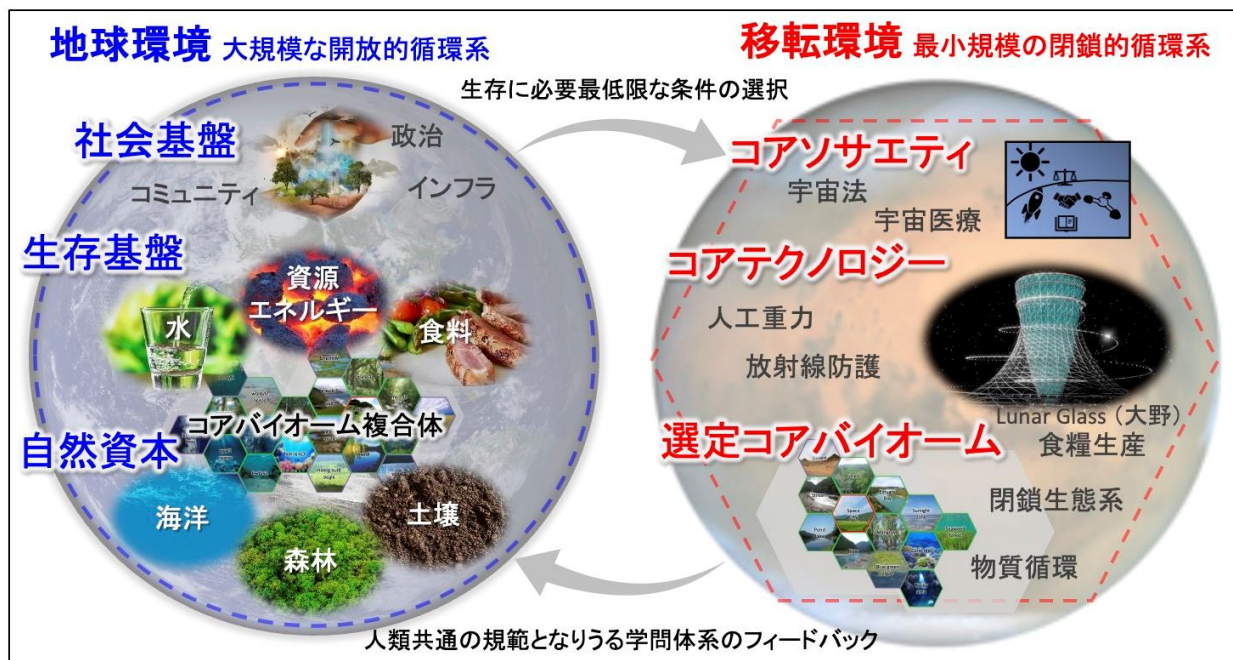
研究紹介

有人宇宙学—宇宙移住のための3つのコアコンセプト 内容紹介

第一回 3つのコアコンセプトとは？

山敷庸亮

3つのコアコンセプトとは、「コアバイオーム」「コアテクノロジー」「コアソサエティ」で、SIC 有人宇宙学研究センターが宇宙移住の技術開発の基軸と考えて提唱している3つの分類です。すなわち、本文中では「21 世紀後半に人類が月・火星への移住を現実のものとするという未来を想定し、要素抽出した地球生態系システムを「コアバイオーム複合体」と定義し、移住に必要な最低限のバイオーム「選定コアバイオーム」を同定し、それに必要な基幹技術「コアテクノロジー」と社会システム「コアソサエティ」の統合から、他の天体（移転環境と称する）への宇宙移住の基幹学問体系として確立することを目標とした概念を構築しました。またこの学問体系を、地球環境保全や人間社会の組織形成などへフィードバックすることを一つの大きな目的とします。」と記されているところです。



・宇宙環境（宇宙構造物）から地球環境へのアプローチ、技術だけではなく社会システムの構築が重要、地球スケールでのモデル化 - 地球生態系の全てを移転するのは無理であるが、必要なコアバイオームを設置

当初はこれを「コアバイオームコンセプト」と称しておりました。その理由は、「宇宙移住にとって地球生態系の持参が非常に重要である」ということを提唱するのが初めてのことで、かつ最重要項目であると考えておりました。実際、さまざまな宇宙開発についての書籍でも、技術や社会については多く述べられることはあったのですが、「地球生態系の移転」がその基軸にくる、と提唱しているコンセプトはありませんでした。また、生態系ではなく、人間中心の「食料確保」としての「宇宙農業」に関するシステム、また環境維持のための技術というのはすでに提唱されておりました。しかし、我々のコンセプトで最も斬新だと考えるのは、

「宇宙で恒久的な人間社会を構築するためには、必ず（人間を含む）地球環境における生態系の一部も持参しなければ成り立たない」と提唱している点です。

それは、こういう考え方です。

まず、人間自身が宇宙で単純に「生きてゆく」ための最低条件を「生存基盤」とします。すなわち、地球上では、「水（淡水）」「食料」そして、「エネルギー」となるでしょう。これが宇宙になると、地球上で当たり前の「空気（酸素）」が必要になります。そのための密閉装置、その環境を維持させるための装置の構築が重要となり、これは ECLSS（生命維持・環境制御技術）と呼ばれる装置が、実際の宇宙ステーションきぼうモジュールなどの生命維持に貢献しています。すなわち、宇宙空間で、「空気（酸素）」「水（淡水）」のリサイクルと安定供給を実現するのです。その上で、生きてゆくための最低条件の一つである「食料」は、いまは地球からの供給でまかなっており、「宇宙農業」による食糧生産が必要となるわけです。そこまでにについては既に既往研究で多数議論されています。

さて、本コンセプトで「コアバイオーム」、すなわち人間を含む生命を支えるバイオームの必要性を提唱するに至った根本的な洞察は、地球の中での人間の立ち位置です。すなわち、陸上生物である人間の「生存」のために最低限必要なのは、上記の「水（淡水）」「食料」そして、「エネルギー」になると言え、人間はこの最低条件の上に社会（コアソサエティ）を構築しています。が、人間がその生存基盤を得ることができる最大の要因は、地球という惑星にある地球環境そのものです。すなわち、海洋 7 割、陸地 3 割の環境の上に構築されている地球生態系そのものが、「人間の礎」である、という考え方です。これは、ヨーロッパ的な、人間中心論的な考え方ではないかもしれませんが、アジア的な「自然の中にある人間」に根ざした考えです。すなわち、人間が単独で「必要なものだけをもって」宇宙に定住できるという考え方がヨーロッパ的な宇宙開発だとすると、我々が提唱しているのは、「人間をとりまく生態系」そのものが宇宙に移転された時点で、実際の宇宙での社会構築が可能となる、という考え方です。

しかしながら、そのコンセプトは「立派」だと評価されたとしても、実際に宇宙に有限の資源を持ってゆく際、人間にとって「役に立つ」「立たない」という基準で「必要最低限のもの」を持ってゆく、というのがそもそも今までの有人宇宙開発であり、「選定コアバイオーム」と定義したとしても、このフェイズでどこまで実現できるのか、という点も考えてゆく必要があると思われます。本書でも議論しているいくつかの論点は以下のとおりです。（１）生態系を選択的に持参することが可能か？（２）地上の動物は（酸素や有機物の）消費者となり、宇宙空間では人間と「競合」することになる（３）（人間にとって）好ましくない生態系要素が増殖した場合どのようにするか？（４）水圏生態系の多くは海洋生態系であるが、そもそも宇宙に海水を持参できるか？（５）宇宙での生態系の挙動をどのように予測するか？

例えば（１）について、非常に複雑な生態系を人間が好ましいと思うものだけを選択的に持参し、それが安定して存在することがそもそも可能か？という問題があります。選択する基準に既に人間の価値観をもって行なっているため、どうしても「本来」最適な生態系とはズレが生ずるはずですが。（２）について、我々が認識しているペットや動物・魚はほとんど（酸素や有機物の）消費者となり、限られた酸素と有機物しかない宇宙では競合となります。（３）は、端的にいうと地球上での害虫や有害とされる植物や微生物が宇宙で繁殖した場合どのように対処するか？という問題があります。（４）は、地球の生態系の多くは海洋生態系であるが、そもそも宇宙に「塩水」を持ってゆくことが可能か？という点があります。

（５）については、いわゆる地上での生態系予測モデルだけでは予測しえない影響（例えば重力の影響

響、宇宙放射線の影響）があります。これらについて、どのような解決方法があるのでしょうか？

第二章「コアバイオーム」章では、これらを踏まえて、宇宙海洋、宇宙森林と、生態系について議論を深めております。まず遠藤氏らによる「宇宙海洋」で、海洋の役割と宇宙養殖について述べられています。次に村田氏らによる「宇宙森林」では、木材の宇宙利用と、宇宙での植林、そして木造人工衛星 Lignosat について述べられています。また、現在の宇宙における現実の環境維持装置 ECLSS（生命維持・環境制御技術）については、JAXA の桜井氏に述べていただいております、さらに宇宙空間に生態系を創造する、と題して、小林氏が詳しく執筆しております。

また、他の地球型惑星では、「地球生態系」が存在できないのは大気圧と液体の水の有無にあり、それさえ解決されれば生態系の移植は可能だと考えられるが、そもそも他の地球型惑星に地球生態系を持ち込むことは許されるのかどうか？ 惑星防疫の観点から本件を検討する必要があります。さて、この点については、本書では十分に議論されておらず、現在準備中の「続編」において議論することになります。

続く「コアテクノロジー」として、本書ではさらに、宇宙での長期滞在で問題になると考えられる「微小重力」と「宇宙放射線」を中心的な課題ととらえています。「微小重力」について、鹿島建設の大野氏による「人工重力」とそれを利用した宇宙建築について詳しい解説がなされています。本書ではさらに、宇宙での循環システムの必要性について市村氏より、また宇宙での資源エネルギーその場利用について後藤氏に、また宇宙食について二川氏より述べられています。宇宙放射線に関しては本書ではあまり深く議論されておらず、準備中の「続編」での扱いとなります。

さて、それに続く「コアソサエティ」においては、宇宙社会形成の要となる要素として「宇宙法」について、慶應大学の青木氏により、宇宙法と国際法の共通点や相違、歴史について述べられています。さらに、「宇宙医療」について、京都大学の寺田氏により詳しい解説が行われています。また、宇宙ビジネスの要といえる「宇宙観光」について、宇宙飛行士の山崎直子氏らにより述べられています。

さて、最後に書籍の冒頭に述べられている「宇宙移住に向けての序論」について解説いたします。本書は、「有人宇宙学—宇宙移住のための3つのコアコンセプト」と題しておりますが、これは言ってみれば「有人宇宙学 2.0」ともいえる新しい領域です。それでは、「有人宇宙学」の元々の姿はどこにあるのでしょうか？

「有人宇宙学」はもともと、本書の執筆者である土井隆雄宇宙飛行士が京都大学の特定教授になった際に構築された学問を始まりとしております。その本来の形での有人宇宙学が詳しく述べられているのが、土井隆雄氏本人による「有人宇宙学」の章です。その構築の際に最も明確にイメージしたのが「宇宙社会」の構築です。本書は、この本来の有人宇宙学の目指すべきところを実現させるために、新しい区分けを行い、再構築したものです。さらに、非常に特殊な「地球」という惑星が宇宙の中でどのような位置にあり、どのような惑星環境なら移住が可能なのかが解説されているのが、佐々木氏執筆の「地球の特殊性から考える宇宙移住の条件」です。その次に、長年宇宙居住に関わってこられた JAXA 稲富氏が宇宙居住に関する現実的なマイルストーンを描かれています。

おかげさまで本書は現在のところよくお求めになられていると伺っておりますが、一方で品薄になり一部では入荷が困難になっていると聞いております。状況は改善されつつありますので、引き続きよろしく願います。

また、8月21日横浜ランドマークタワーで、本書の発刊記念イベントが開催される運びとなりました。

お近くの方は是非ご参加ください。

https://yoxo-o-spaceproject-02.peatix.com/?fbclid=IwAR11RuTajk_G7IgPP2GnLbD76Z-2JMQXBB3DlCLKqb18vZU-AfKOfx3Y_oc

<https://yoxo-o.jp/news/1323/?fbclid=IwAR2NIQGT0vzDFFDYpw8r9Vsh615mQKPYJi8Yoj2syvaXtYqN9FzYB36CHrM>

本書に関する紹介と購入場所は以下のサイトをご覧ください。

<https://space.innovationkyoto.org/2023/07/06/humanspaceologytextbooklaunch/>

京都大学 SIC 有人宇宙学研究センター
<https://space.innovationkyoto.org/>

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 吉田キャンパス本部構内 総合研究 16 号館 208 号室

編集人：宇宙木材研究室 三本勇貴、豊西悟大、山本陽大

Tel: 075-753-5129 Email: spacewood@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

SIC 有人宇宙学研究センター Newsletter No.20

2023 年 8 月 1 日発行