SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2024年6月号 No.30

LignoSatフライトモデル完成記者会見 開催報告

5月28日(火)に京都大学益川ホールにて「LignoSatフライトモデル完成記者会見」が開催されました。当日は、嵐のような大雨の中、TV局・新聞社など報道関係者18社、50名以上の記者・カメラマン、一般の皆さんが参加されました。

まず始めに総合生存学館土井隆雄特定教授より『木造人工衛星「LignoSat」概要』と題してLignoSatの基本情報の説明、プロジェクトの概要についての説明がありました。LignoSatは、宇宙開発におけるカーボンニュートラルへの第一歩であること、世界で初めての木で作られた人工衛星であること、京都大学が打ち上げる初めての人工衛星でもあること、宇宙で木を使うことを検証するために2020年から住友林業と京都大学との間で「宇宙木材プロジェクト」として始められた共同研究であること、九州工業大学が開発した電子基板を使っていることなどが説明されました。木造人工衛星は大気圏に再突入する時に完全に燃焼するため大気を汚さないこと、木材は電波を通すためアンテナなどを木造構体の内部に入れることができシステムが簡略化されることなど、木材で人工衛星を作ることの利点についても解説されました。木造人工衛星には、ひずみセンサー・温度センサー、地磁気センサー、また宇宙放射線がどのように木造構体によってブロックされるかを計測するプログラムなどが搭載され、宇宙で木材を使うことが可能かどうかを検証する様々なミッションが予定されていることや、これまで制作してきた各種モデルや実施してきた振動試験や熱真空実験の概要など、プロジェクト開始からの経緯が詳しく説明されました。現在はフライトモデルが完成し、安全審査の最終審査も完了、6月4日にJAXAに納入、9月にアメリカフロリダ州のケネディ宇宙センターでスペースX社のロケットで打ち上げ、10～11月に国際宇宙ステーションから衛星が放出され、運用を開始する予定であることが説明されました。

次に農学研究科仲村匡司教授より『木造人工衛星「LignoSat」の木造構体について』と題して、木造人工衛星の木造構体について解説がありました。2018年秋に土井先生からキューブサットのボディを木材で作れないかという相談を受け黒田工房様に相談したところ、「下町ロケット木工編を目指して頑張ります！」と快く引き受けていただいたこと、日本の伝統技法によって金属

や接着剤を使わずに木材を組み立てることを検討し、家具に使われる組接ぎの技法を採用したことなどが説明されました。その後、人工衛星の内部の容積が足りないことが判明し板の厚みを極限まで薄くする必要があったことや超小型衛星放出インタフェースの仕様に対応するため金属製のレールを取り付ける必要があったこと、木材にソーラーパネルを貼り付けるというこれまで誰もやったことがないような接着方法の試行錯誤など、完成に至るまで様々な難題を、学生チームを中心としたプロジェクトメンバーがどうやって乗り越えてきたかを詳しく説明していただきました。次に農学研究科村田功二教授より『木材の宇宙暴露試験（ExBAS）』と題して、2022年に国際宇宙ステーションで実際に宇宙空間に木材片を暴露して行なった実験についての詳しい解説がありました。土井先生から「月面で木造住宅を作ろう！」と言われて面白いなと思ってプロジェクトに参加したことが始まりだったことや突然人工衛星を作ることになり大慌てになったエピソードが披露されました。ExBASでは、密度の異なる3種類の木材を宇宙空間に10ヶ月間晒した後でも外観や質量などの変化はなく細胞の形状もほとんど変わってないことが分かったことやこの実験の結果を参考に重量と文献値などから木造人工衛星に使用する樹種にホオノキを選定したことが説明されました。紫外線や放射線の影響については現在更に分析や地上実験を進めており、その結果を見ると人工衛星に木材を使用することは問題がないと考えているとの説明がありました。

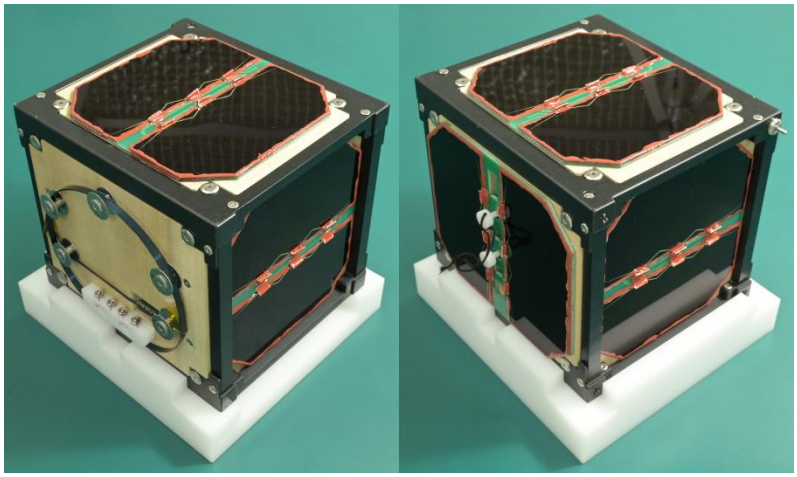
次に住友林業株式会社理事髙橋昌一筑波研究所長より、『再生可能な資源である「木」を活かし持続可能で豊かな社会に貢献する』と題して、会社の紹介や事業への取り組み姿勢に関するご講演をいただきました。1691年（元禄4年）の愛媛県別子銅山の開坑に伴う、燃料や鉱山の内部を支える部材となる木材の調達のための山林経営に遡るという同社の起源のご紹介や、その後銅山開発の進展に伴って起きた過伐採や煙害によって荒廃した森林の回復に取り組んだ大造林計画は現在のESGの考え方に通じる大規模植林で、現在も住友林業グループの経営理念や行動指針に受け継がれていることなどの説明がありました。グループ企業の様々な事業展開についても詳しくご説明いただき、森林の経営から日本の高度経済成長期を支えた木材建材の流通製造事業、国民生活の向上に欠かせない高品質な木造注文住宅事業、最近では住宅以外の木造化・木質化事業やバイオマス発電事業などそれぞれの時代の課題解決に資する事業を国内外で手掛け、環境にやさしい「木」を軸にした事業展開を進めながら持続可能で豊かな社会の実現に貢献していく方針であるとの説明もありました。このような方向性の中で長期ビジョンMission TREEING 2030を発表し、地球環境、人々の暮らしや社会、市場経済に対して新たな価値を提供することで地球が快適な住まいとして受け継がれていくことを目指すというコンセプトのもと、「森」と「木」の価値を最大限に活かした脱炭素化を推進しており、今回の京都大学との共同研究においても、研究で得られた知見や成果を活かして、木や植物の新たな価値創造の可能性を追求して脱炭素社会へ貢献できることが明らかになったとのご説明もありました。更に、住友林業株式会社筑波研究所住宅・建築2グループ根本孝明グループマネージャーより『「木」の価値を高める研究開発による社会課題の解決』と題して、長期ビジョンMission TREEING 2030に基づく研究開発について具体的な研究内容のご紹介と京都大学との共同研究で得られた成果を会社としてどのように活用していく予定かなどのご説明がありました。住友林業筑波研究所には、資源グループ・材料グループ・住宅建築の3グループと実際に研究に携わっている研究開発

グループが5つあり、今回の京都大学とのプロジェクトは、全ての研究開発グループが携わって研究に取り組んできたこと、これまでもこの研究グループによって木の新たな価値を生み出し実用化に向けた技術開発に取り組んできたのだが、今回、再生可能な資源の宇宙利用の分野で先行している京都大学と共同研究することによって新しく得られた知見は、宇宙だけではなく同社の既存の事業領域においても更なる木材の利用拡大に繋がることが期待できることなどが説明されました。今後、木材の宇宙利用に関しては人工衛星の躯体だけではなく、宇宙の極限空間といった過酷な環境での生活においてストレスを緩和するために木材の効用を活用し、更にそれを地上での我々の生活の質の向上のために応用できること、宇宙放射線の木材への影響に関する研究成果なども地上でのデータセンターの木造建築化などに応用できることなど、当プロジェクトの研究過程で得られた成果が今後の社会課題の解決に活用可能なことについて解説していただきました。

最後に、総合生存学館専攻長 SIC有人宇宙学研究センター長 山敷庸亮教授より『木造人工衛星の今後』と題して、SIC有人宇宙学研究センターの紹介と木造人工衛星の今後の取り組み姿勢についてご説明いただきました。当センターには、本日登壇いただいた土井先生、仲村先生、村田先生の他に山崎直子宇宙飛行士、NASゴダード宇宙飛行センターのアイラペティアン博士等のメンバーが所属して様々な研究を行っているが事業の第一番目に宇宙木材研究、そして宇宙放射線影響研究が今回の研究に関係しているとの説明がありました。宇宙における電離放射線の種類としては、恒常的に地球に到達する銀河宇宙線の他に先日オーロラが大発生し話題になった太陽粒子イベントがあり、この太陽フレアによって飛来した高エネルギーの太陽高ネルギー粒子は航空機にも被曝影響を与えることが知られており、より高い人工衛星の高度となると更に大きな被曝影響が考えられ、ソフトエラーの発生などが懸念されます。ところが私達の研究で単位重量あたりで比較するとアルミニウムより木材の方が宇宙放射線に対して高い遮蔽性能があることが分かってきたため、こういった研究成果を使って共同研究企業での商品化に貢献していきたいと考えていること、今後の木造人工衛星の利用促進のために、ソフトエラーへの影響評価の研究を更に進め、またスペースデブリ削減の観点からも大型衛星に対する利用の促進、世界最高峰の大型観測衛星群を運用しているNASAゴダード宇宙飛行センターを通じて木造人工衛星の広報促進など国際的な働きかけを今後強力に進めたいとのご説明がありました。

その後、多くの記者の皆さんから登壇者へ「フライトモデルが完成して改めて人工衛星を木材で作ることの意義、期待されることは？」「住友林業紋別社有林のホオノキとのことだが北海道産であることの特性があるのか？」「将来は火星で家を作る予定か？」「今回の木造人工衛星から得られたデータを活用して今後2号機、3号機とどのようなものを作っていく予定か？」などの質問をいただき、土井先生からは「将来、私たちが月や火星、もっと遠くの惑星で生活していくということを考えた場合、家や建物の材料を地球から持って行く訳にはいかない、その時にもし現地で作り、育てることが可能な材料である植物を育て木を使うということができれば宇宙空間で人類が社会を作り発展していくことが可能だということになる。もし今回の研究で宇宙空間で木を使うことが可能だと実証できれば、人類が宇宙に進出することが可能だと証明できることになる。宇宙を目指す若い人たちが木材産業や林業など伝統的な産業で活躍する可能性も出てくるということも大切な観点だ。」といったコメントがありました。

記者会見の後は、本部構内にある実験室に記者の皆さんを案内し、クリーンルーム内で木造人工衛星のフライトモデルを各社順番に撮影していただきました。記者会見の様子は当日の夕方のニュースや特集コーナーなど多くのメディアに取り上げていただき、現在も国内外から続々と取材依頼をいただいております。（辻廣智子　記）



NASA ゴダード宇宙飛行センター訪問

2024 年 5 月上旬、山敷庸亮センター長は NASA ゴダード宇宙飛行センター(NASA/GSFC)を訪問し講演会を開催しました。

講演は、「Impact of Ionizing Radiation on habitability induced by Solar and Stellar Energetic Particles」と題して、2019 年に発表した太陽系外惑星への恒星からの被ばく評価論文、太陽高エネルギー粒子による航空機被ばくとそれを削減する手法、そして、NASA/GSFC と共同成果である、新しいスペクトルを用いた上記被ばくの再評価や、中性子線の評価について講演しました。その内容については以下のリンクで公開しております。

（https://www.youtube.com/watch?v=UM9QelV1DY4）

ゴダードでは、協定についての話し合い、そして大学院生や研究者の交流について話題提供を行い、現地ではローマン宇宙望遠鏡の見学を行いました。同時に、すでに現地を滞在していた大学院生とともに、今後の研究交流を行いました。特に、今後宇宙放射線を中心に地球・月への影響評価や、これらのモデルの他の恒星系への適用を進めてゆくことで合意しました。（白樫聖夢　記）

日本地球惑星科学連合・アメリカ地理学連合
共同セッション開催報告

日本地球惑星科学連合（JpGU）およびアメリカ地理学連合（AGU）共催の共同セッション「陸域海洋相互作用―惑星スケールの物質輸送」（山敷庸亮（京都大学）、Behera Swadhin（JAMSTEC）、佐々木貴教（京都大学）、升本幸夫（東京大学））が、2024 年 5 月 27 日に幕張メッセ国際会議場にて開催されました。本セッションは日本海洋学会と水文水資源学会の共催として、「有人宇宙学宇宙移住のための三つのコアコンセプト」を掲げた三度目の国際学術セッションです。

まず、アメリカから SIC 特任教授の Vladimir Airapetian 氏（NASA ゴダード宇宙飛行センター）が、「Magnetic Lives of Young Solar-Like Stars and The Impact of Exoplanets」と題して、スーパーフレアが高頻度で発生する若い太陽型星の状況と初期地球の大気化学との関連、そして他の太陽系惑星の初期状況について講演がありました。次に、クールジュピター形成に伴う G 型星ハビタブルゾーンへの水の供給と地球型惑星形成について、谷安要氏（京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻）より発表があり、ハビタブル惑星形成に必要な適切な含水率がクールジュピター形成に伴って可能であることが計算を通じて証明されました。

続いて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の桜井誠人氏が、有人宇宙探査のための物理化学的生命維持装置についての解説と宇宙空間での水の再利用について解説を行いました。次に、京都大学の藤井咲花氏が「月面における宇宙放射線被ばくを考慮した人工構造物に関する総合的評価」と題して、月面での銀河宇宙線、太陽粒子線の発生確率とその影響、およびそれを回避するために必要なさまざまな材料の厚さとコストについて発表を行いました。次に、JAXA の吉川真氏が「火星接近小惑星の軌道解析」と題して、火星軌道と交差する小惑星が地球のそれと比べて 2.5 倍であることと、同時に実際に近接している小惑星に関しては、観測が地球からしかなされていないため、ほとんど把握されていないことを示しました。午前中最後の講演は、精華大学の Qiang Li 氏による「Sensitivity experiments on how the topographic resolution affects internal wave generation」と題して、海洋の内部波再現性と、有限差分法の差分グリッドとその壁面形状についての関係性の解析についての発表がありました。

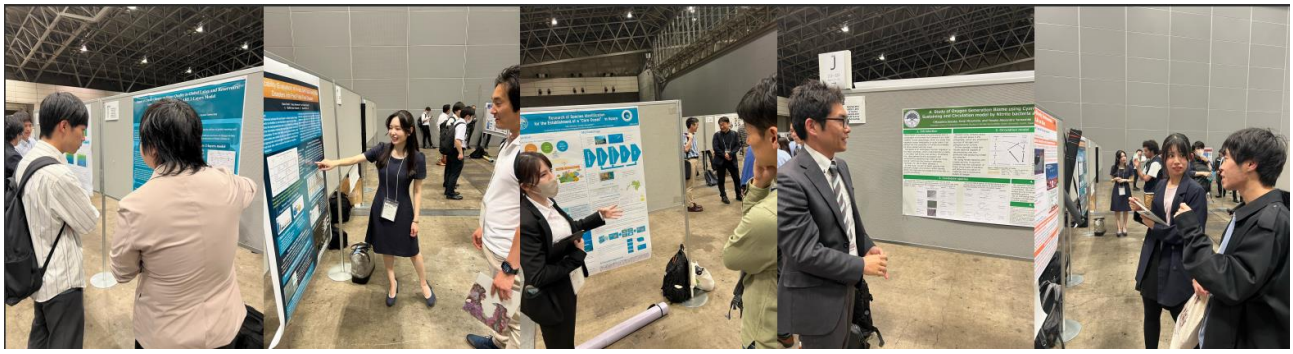
午前後半では、升本順夫氏（東京大学大学院理学系研究科）に座長を代わり、森裕和氏（Blue Abyss Diving Ltd.）によって「水中環境を活用した微重力宇宙空間の適応訓練と教育」と題した、世界各国に展開する民間企業による水中での宇宙飛行士訓練についての報告がありました。次に Swadhin Behera 氏（JAMSTEC）によって「Role of tropical oceans in global terrestrial vegetation」と題して、海表面温度の変化が世界の植生、具体的には NDVI 値の地域的時間的分布にどのように影響を与えているかについての解析結果の報告がありました。続いて、SPACESHIFT の金本成生氏によって「SAR 衛星データを用いたディープラーニングによる洪水域のセグメンテーションと惑星科学への応用の可能性」と題して、実際の洪水による湛水面積の解析結果が実際の洪水とどのくらい合致しているかと、これを用いて惑星観測に技術展開が可能であることが示されました。次に、鹿島建設の大野琢也氏による「月面で水系等の自然環境を内在した人工重力施設の提案」と題して、月面および火星での人工重力施設 Lunar & Mars Glass の提案がありました。最後に、

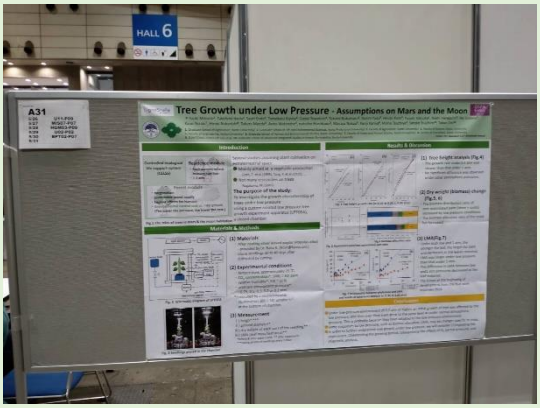
AquaNaut の藤永嵩秋氏によって「The simulated moon environment scuba diving program 'Space Diving'」と題して、実際に PADI で認定されたスペースダイビングのプログラムと利用機器、そして実際の運用の水深についての報告がありました。

17:15 からのポスターセッションでは、小塚昌弘氏らによる「シアノバクテリアを用いた酸素生成バイオームと、亜硝酸菌と硝酸菌を用いたバイオームの維持・循環モデルの検討」、清水海羽氏らによる「Research of Species Identification for the Establishment of 'Core Ocean' in Space」、可児凌雅氏による「初期の火星から考える海洋を有する惑星の気候に関する研究」、生田直也氏らによる富栄養化モデルを用いた淡水域の地球環境変化の影響評価、山敷庸亮氏による宇宙移住のための三つのコアコンセプトとテラウインドウズ構想の解説、そして小椋淳平氏・山本真優氏らによる低重力環境における淡水養殖システムの構築：火星での人類生存を支える基盤についての報告がありました。また、冨田キアナ氏らによる、合成開口レーダーの水害避難への適用可能性についての発表がありました。

午前中前半と後半の口頭発表を通じて、異なる多くの参加者に恵まれ、非常に広い範囲の議論がありました。さらに、ポスターセッションにおいても異分野の多くの参加者で賑わい、宇宙・地球と海洋・陸水をつなぐ新たな議論は新たなまとまりの方向を見ました。

ポスターセッションには樹木育成学生チームも参加し、発表者の京都大学農学研究科修士 2 年三本勇貴氏の参加報告を以下では紹介します。（山敷庸亮　記）





2024 年 5 月 27 日に千葉県の幕張メッセで開催された日本地球惑星科学連合（JpGU）2024 年大会にてポスター発表を行いました。発表セッションは「[M-IS07] アストロバイオロジー」で、発表タイトルは”Tree Growth under Low Pressure - Assumption on Mars and the Moon -”（「火星と月を想定した低圧下での樹木育成」）です。

アストロバイオロジーのセッションでは、惑星系の形成と進化、太陽系外惑星の表面環境とバイオシグネチャー、太陽系内の化学進化と地球化学、生命に必要な生体分子の起源、宇宙探査のための生命検出戦略など、様々な研究テーマでの成果が発表されていました。

植物の形態についての研究はありませんでしたが、「ルビスコの反応」、「宇宙における栄養源」、「火星や月面を模擬する際の環境条件」、「宇宙での木材利用や樹木育成への展望」など、様々な分野の視点から意見を頂くことが出来ました。

また、「樹木が 0.2 気圧までの環境に適応できることに驚いた」、「持続可能な宇宙居住に自身も取り組んでおり、ぜひ今後も研究を頑張ってほしい」、「樹木と宇宙の掛け合わせのイメージがなかったので新鮮で面白い」などの励みになるようなお声も頂きました。

質問として多かったものは、「なぜ/どのように、低圧下で成長特性（バイオマス配分、LMA[Leaf Mass/ Leaf Area]）が変化するのか」、「低圧の違いが成長特性に与える影響の違い」「宇宙で樹木育成や木材利用を行う意義」、「実験条件（CO2 や気圧）の設定理由」、「実験の今後の展望」などでした。これまでに樹木育成チーム内でも検討していた重要な課題でもあり、現時点での仮説も今後実験を改良することで、データとして示していきたいと考えています。

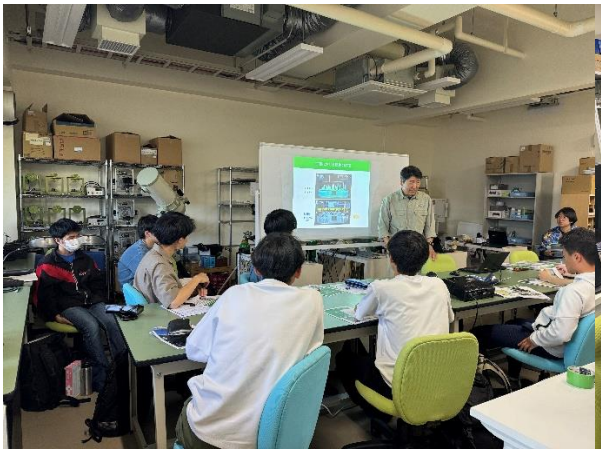
発表内容の詳細につきましては、後日 NewsLetter にて紹介させていただきます。今回の学会参加で得られた知見や動機をもとに、引き続き活動に尽力してまいります。（三本勇貴　記）

有人宇宙学実習
オリエンテーション#１

５ 月 11 日、有人宇宙学実習の第１回オリエンテーションが開催されました。有人宇宙学実習は、京都大学の少人数教育科目群である ILAS セミナーにて行われる、有人宇宙ミッションを模擬した体験学習です。【閉鎖環境実習】・【宇宙森林実習】・【天体観測実習】・【模擬微小重力実験】・【宇宙無線通信実験】の 5 種類の課題を 1 週間かけて体験し、有人宇宙活動に関する包括的な視点と基礎知識を習得することを目的としています。

今年度は 8 月 18 日から 8 月 24 日まで京都大学吉田キャンパスと京都大学フィールド科学教育研究センター（芦生研究林）にて実施されます。参加学生は学部 1 回生 4 人、学部 2 回生 3 人、学部 3 回生 2 人の計 9 名の学生が参加します。

第１回オリエンテーションでは参加者同士の自己紹介を行い、なぜこの実習に参加しようと思ったのかを発表しました。また、有人宇宙学実習について、土井隆雄先生が説明しました。次回オリエンテーション以降では、３人１班となりグループで活動します。実習当日まで、残り 3 回のオリエンテーションがあります。当日までに、班内でのチームワークを高めておくことが、実習を円滑に進め、実験を成功させるカギになります。参加学生には有人宇宙学実習を通して、人類が宇宙に展開する意義を自身の体験をもとに見出していってもらうことが狙いです。（長谷真暉　記）



宇宙木材研究室学生メンバー紹介
[樹木育成チーム]

名前：三本　勇貴

学部・研究科：農学研究科　森林科学専攻

自己紹介：

樹木育成チームのリーダーを務めさせて頂いています。大学院の研究室でも宇宙での木材利用に向けて、真空や放射線等の宇宙環境因子が木材に与える影響について研究しています。この NewsLetter の編集人でもあります。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

これまで通りの活動が継続できるようにサポートしていきたいのと、論文や学会発表という形でこれまでの成果を発信していきたいです。樹木の生理・形態についてはまだ十分に理解が出来ていないので、さらに勉強していきたいです。

名前：矢田　大地

学部・研究科：工学部　物理工学科マイクロエンジニアリング専攻

自己紹介：

宇宙木材という目新しい研究に惹かれ、2022 年から所属しています。去年はとある研修でワシントン DC やインドネシアを飛び回り、今年の秋からは休学してシアトルの研究室で生体機械工学の研究をする予定です。大好物の納豆をアメリカ人に食わせるのが目標です。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

今年の 4 月から桂に飛ばされた影響で実験への参加が難しくなっていますが、データ解析や論文執筆、トラブル対応など研究室外からでも出来ることを頑張りたいです。506 が恋しいです。

名前：橋本　麻利　　🌲新メンバー🌲

学部・研究科：農学部　森林科学科

自己紹介：

好きなことはお散歩、木の観察、カエルを眺めること。面白そうなことは全部やってみようと決意し、体育会の部活 1 つとサークル 4 つに加入。睡眠時間を犠牲にして勉強時間の確保に努める日々を送っている。

宇宙木材研究室への参加動機：

屋内緑化や森林セラピーに興味を持ったことで森林科学科に入学、また他大学の人たちと宇宙をテーマにしたプロジェクトを行っていることで、宇宙での樹木育成や宇宙建築、宇宙緑化というテーマに関わりたいと思うようになったから。

[人工衛星チーム]

名前：野木朔太郎

学部・研究科：工学部電気電子工学科

所属班：学生チーム副リーダー(CDH 班)

自己紹介：

こんにちは！昨年度までは CDH 班のメンバーとして活動していましたが、今年度からは学生チームの副リーダーとしてリーダーのサポートや全体のフォローをしています。テレビ取材の時、たまたま用事が入っていることが多く、あまりテレビに出られていないことが最近の悩みです。もっとテレビ出たいです。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

LignoSat 1 号機打ち上げの目途が立ち、2 号機の開発がスタートしているので、順調に開発が進むよう全体を見て、タスクの管理や雰囲気作りなどを頑張りたいです。

名前：内田こころ

学部・研究科：工学部情報学科数理工学コース

所属班：CDH 班 班長

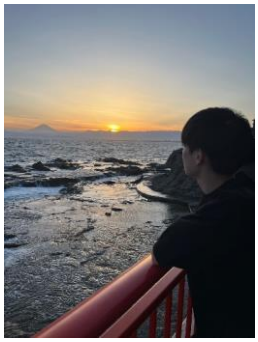
自己紹介：

はじめまして！今年度よりCDH 班の班長をつとめている内田こころです。昨年度にこのプロジェクトメンバーになり、衛星全体のことを把握できるよう頑張っていますが、まだまだ分からないことだらけです……ピアノを弾くことが大好きで、机の引き出しには楽譜を隠しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

自分の班のタスクの把握や、班のメンバーの進捗管理など、班長としての役目を全うしたいと思っています。個人的には、衛星全体のコードやシステムをもっとよく理解して操作できるように頑張りたいです。

名前：高橋駿太



学部・研究科：理学研究科

所属班：CDH 班

自己紹介：

はじめまして、CDH 班の高橋駿太と申します。DeNA ベイスターズのパトロンです。DeNA といえばメジャーNo.1 投手の今永昇太を輩出した世界一の球団です。院生のため参加頻度は多くありませんがよろしくお願いします。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

主に貢献できるのはプログラムのコーディングなので、2 号機でも一助になれたらと思っています。工学系の知識不足が否めないので努力します。

名前：河島 航

学部・研究科：工学部情報学科

所属班：CDH 班

自己紹介：

初めまして！CDH 班メンバーの河島航と申します。昨年度より本プロジェクトに参加していまして、精一杯頑張らせていただいております。ゲームが本当に好きで、よく大会に出ています。一緒に出る人を探しています。

宇宙木材研究室で頑張りたいこと：

自分の得意分野はプログラミングの部分なので、人工衛星のバグの解決や機能の拡張、並びにメンバーが動きやすくなるような下地を整えることができたら、と考えております。

第２回宇宙木材利用シンポジウム開催報告③

2024 年 3 月 21 日に京都大学益川ホールにて、第２回宇宙木材利用シンポジウムを開催しました。今月号は３回目の報告になります。

(1)低圧下におけるポプラの成長量

京都大学総合人間学部 柚木香乃

京都大学理学部 前田拓人

１．育成実験の概要

私たち学生チームが行っている樹木育成実験の概要を説明いたします。

図１　樹木育成実験装置

図１は実験に用いている低圧下樹木育成実験装置（LPTGEA）です。自作の円筒形のアクリルチャンバー４台の中に材料であるギンドロ Populus alba の挿し木苗を入れ、蓋をして密封状態にします。苗にハイポネックス液をチャンバー外からパイプを通して供給しています。

チャンバー内の環境は以下のように調整しています。1 台は気圧を 1 気圧（105 Pa）、他の 3 台は低圧（0.75、0.5、0.3、0.2、0.1 気圧）に保ちます。低圧チャンバーには真空度計が設置されており、チャンバー外のポンプを使って減圧を維持しています。このチャンバーは実験室に設置されており、実験室の中の気温はエアコンで 23°C から 25°C の間に保たれています。湿度は 50%前後、ＣＯ２濃度は 500ppm 前後に制御しています。温湿度やＣＯ２濃度を計測するセンサは大気圧での使用が想定されており、低圧動作は保証されていないので、実験前に校正を実施して 0.2 気圧程度までは正しく動作することを確認しています。チャンバー内のポプラ苗にはチャンバー上からＬＥＤランプで一定の光を照射します。14 時間はランプを当て、10 時間は暗くすることで、1 日を再現しています。これらの実験環境の制御・記録にはマイクロコンピューターの Arduino を使っています。

実験中、定点カメラで 1 時間に 1 回苗を自動撮影することにより生長を記録しています。この写真は実験後の樹高解析にも使用します。また、学生メンバーが 1 日 1 回苗の様子を観察し、樹高や葉数、苗の健康状態や実験環境を記録・報告しています。

２．樹高成長、バイオマス変化の解析

樹高成長の解析によると、0.2 気圧の低圧までは常圧との差異はあまり目立ちませんが、0.1 気圧まで下がると成長量が減少する傾向が見られました。

育成実験前後のポプラ苗のバイオマスの変化量から成長量の増加割合を解析しました。低圧化での育成を終えたポプラを地上部（葉、幹）と地下部に分解してそれぞれの乾燥重量を測定しました。比較対象となる実験前の乾重は測定することができないため、実験に用いる苗とほぼ同じ大きさの苗について、樹高と茎の直径、および乾燥重量を測定し、樹高×直径×直径とバイオマス（乾燥重量）との回帰式を推定しました。この回帰式に実験に使った苗の実験前の樹高と直径を代入し、実験前のバイオマスを推定しました。

実験後の乾重 DWpost に対する実験前の推定乾重 DWpri の比が低圧、常圧それぞれについて求まります。そしてこの常圧における実験前後比に対する低圧における実験前後比の比、つまりは(DWpost/DWpri, 低圧)/(DWpost/DWpri,一気圧)を算出しました。この値が 1 に近いほど常圧との差異が少ないことを表しています。その結果、低圧環境はバイオマス増加量をわずかに減少させる傾向がみられました。今後はより多くのサンプルを蓄積して統計処理を行うことが求められます。

(2)超小型木造人工衛星「LignoSat」の電源系開発

京都大学工学研究科電気工学専攻 加藤千晶

３月 21 日、第 2 回宇宙木材利用シンポジウムが開催されました。私は、EPS 班を代表して、「超小型木造人工衛星 LignoSat の電力システム」というタイトルで、主にこれまでの EPS 班の活動について発表しました。ここでは、その発表内容の一部を簡単に報告させていただきます。**①FM バッテリー製作**では、衛星運用に必要な電池の選定と、FM バッテリーボックスの製作を行いました。**②パワーバジェットの検討**では、衛星全体での消費電力量が太陽光の発電量を超えないように、内部基板等で消費される電力量を見積もりました。**③ディプロイメントスイッチの製作・選定**では、ストロークの長さと反力の大きさが JAXA の安全基準を満たすようなスイッチを選びました。**④FM 太陽光基板接着**では、木造構体と PCB 基板の接着方法の検討、接着剤・圧着力に関する試験を行いました。**⑤バッテリーヒーターの熱解析**では、バッテリーヒーターに異常が発生した時の、バッテリーの過加熱に関する熱解析を行いました。シンポジウムでは、私の普段の活動外の、木材の宇宙曝露試験や、微小重力下における樹木の育成に関する講演を聞くことができ、良い学びの場となりました。

1. 衛星の電源系統の開発

EPS 班は、衛星の電源系統の開発を担当しています。図 1 は、衛星の内部基板に関する図です。内部基板の中で、衛星の電源に関する部分は、OBC/EPS ボード、フロントアクセスボード（FAB）、バッテリーです。OBC/EPS ボードは、衛星全体の信号処理を管理します。FAB は、衛星の電力を管理する役割を果たし、変圧、過電流防止、逆流防止の機能を持ちます。

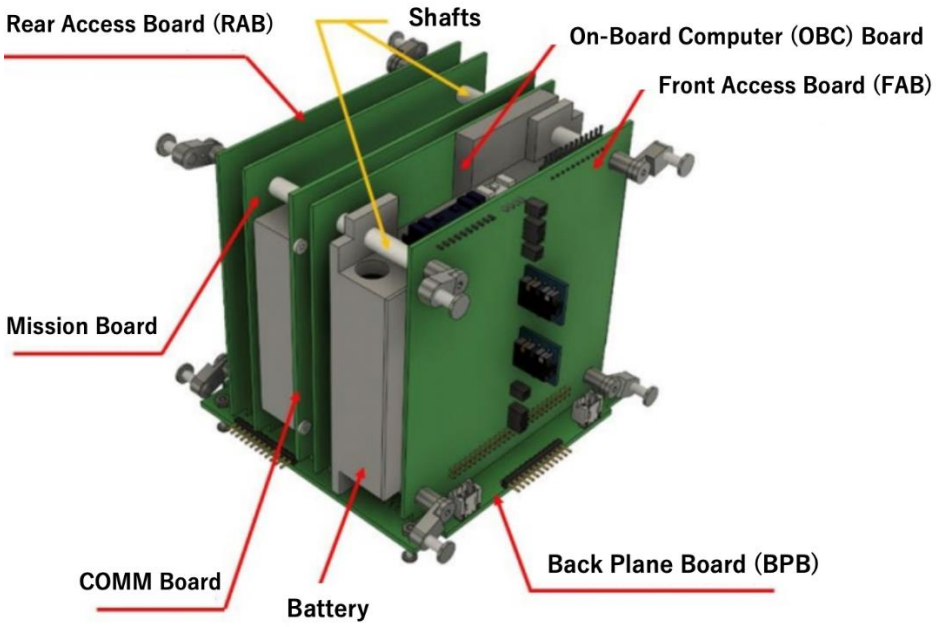


図 1. 衛星の内部基板

2. 衛星の電力の流れ

図 2 は、太陽光パネル及びバッテリー充放電回路を示します。太陽光により発電された電力は、BPB、FAB ボードを経由し、その先の DCDC コンバーターにより 4.2 V の一定値に変換されます(太陽光パネルによって取り出される電圧は一定ではないため)。太陽光パネルで取り出された電力はバッテリーに蓄積されます。また、OBC/EPS ボードの DCDC コンバーターにより、衛星の各部分の素子や基板の稼働に必要な電圧に変換された後、衛星の各部分の素子や基板に送られます。

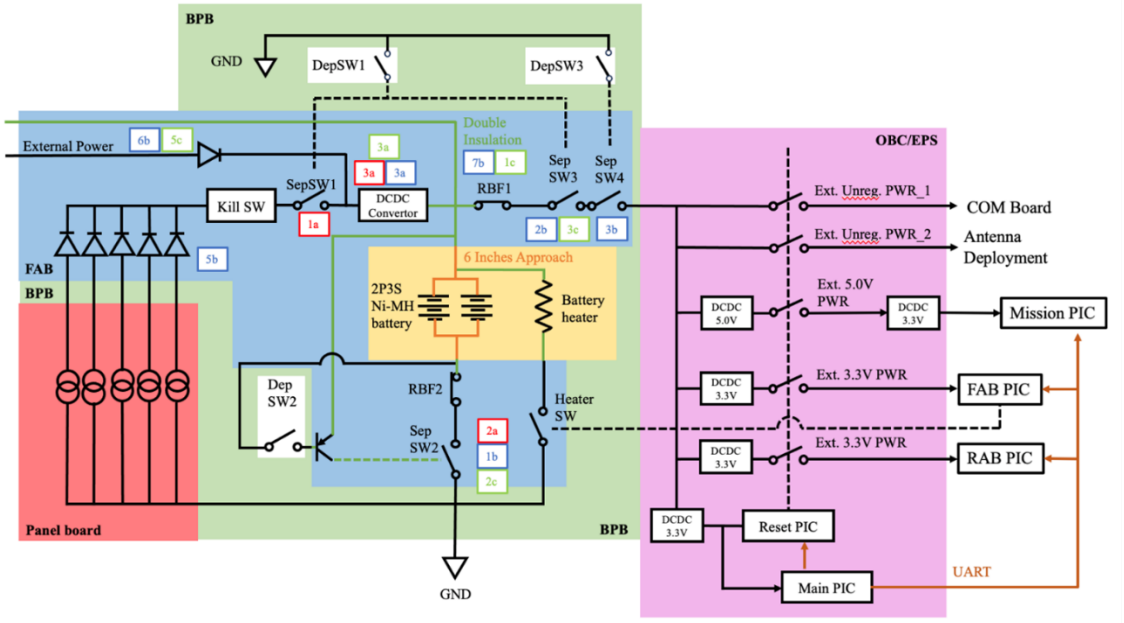


図 2. 太陽光パネル・バッテリー充放電回路

3. これまでの活動

3.1 FM バッテリー製作

3.1.1. 衛星運用に必要な電池の選定

FM バッテリー製作では、まず、衛星運用に必要な電池を選ぶために、環境試験を実施しました。図 3 は、環境試験の試験手順です。

図 3. 環境試験の試験手順

環境試験では、図 3 に示す順番で充放電試験と振動試験及び高真空暴露試験（擬似的な宇宙環境要因）を行い、振動試験及び高真空暴露試験の前後で内部抵抗値と容量を測定しました。振動試験・高真空暴露試験の前後で電池の電気的特性に大きな差がない電池の中で、さらに特性が近く、内部抵抗が少なく、容量が大きい電池を選びました。

3.1.2. FM バッテリーボックス製作

FM バッテリーの電池選定後、FM バッテリーボックスを製作しました。バッテリーボックスは、温度センサ、バッテリーヒーターで構成されます。バッテリーボックスは、絶縁のためカプトンテープで覆いました。

3.1.3. バッテリーコネクタのリード線図製作

バッテリーコネクタのリード線図を製作しました。バッテリーのリード線は、FAB のバッテリーコネクタに接続されます。JAXA の安全基準に従うように、リード線の長さを決定しました。

3.2. パワーバジェット

パワーバジェットとは、衛星全体での消費電力量が、太陽光による発電量を超えないように、内部基板等で消費される電力量を見積もることです。衛星の電力消費量の見積もりには、太陽光パネルが一枚故障した場合を仮定しました。その仮定のもと、内部基板やデータの送信で消費される最大電力を測定し、1 周あたりの各項目の最大消費電力などを計算しました。衛星で消費される電力の具体的な内訳は、OBC/EPS ボード及び FAB で消費される電力、CW 送信時に消費される電力、FM パケットの地上ダウンリンク時に消費される電力、アンテナ展開時に消費される電力、MISSION ボードで消費される電力、Rear Access Board(RAB)で消費される電力、となります。

3.3. ディプロイメントスイッチの製作・選定

ディプロイメントスイッチは、衛星が ISS から放出されると同時に、衛星の電源を ON にするスイッチです。スイッチの選定では、可動スクロール測定と反力測定を行い、ストロークの長さと、スイッチを押した時に跳

ね返る力である、反力の大きさが JAXA の安全基準を満たすようなスイッチを選びました。

3.4. FM 太陽光基板接着

3.4.1. Printed Circuit Board(PCB)の木造構体への接着目標

木造構体は導電性を持たないため、太陽光パネルで発電された電力を構体の内部へ供給するには、Printed Circuit Board（PCB）を介して、太陽光パネルを構体に接着する必要があります。PCB 基板を構体に接着する時、従来の方法では、接着剤をはみ出さない量の面積を塗布して、PCB を上から貼り付けた時に、80~90 %の接着面積を目指していましたが、新しい接着方法では、PCB を接着する領域の 90 %に接着剤を塗布し、PCB を上から貼り付けた時に、100 %の接着面積を目指すことにしました。

3.4.2. せん断試験による PCB と木造構体の接着方法の検討

接着剤の検討

以下の 4 つの接着方法のうち、最も接着強度が高くなる接着方法を調べた結果、木材にプライマーを塗布し、RTV を木材に塗布したとき、最も接着強度が高いことがわかりました。

・宇宙用接着剤 RTV を塗る面が PCB で、プライマーを塗布する/しない
・宇宙用接着剤 RTV を塗る面が構体で、プライマーを塗布する/しない
※プライマー：接着面に凹凸を作り接着をしやすくする役割

圧着力の検討

圧着時に異なる重さのおもりをのせた試験片でせん断試験を行い、圧着力とせん断力の関係性を得ました。この実験では、圧着力がそれぞれ、4.93 g/cm^2、15.1 g/cm^2、37.6 g/cm2、52.7 g/cm^2 の、4 つの異なる重さのおもりで圧着した試験体をそれぞれ 5 片、計 20 片用意しました。結果、圧着力は、接着強度にあまり影響を与えないことがわかりました。

3.5. バッテリーヒーターの熱解析

バッテリーヒーターのオン・オフを制御する MOSFET 素子が異常を起こした場合、バッテリーヒーターが稼働し続ける可能性があります。そのとき、バッテリーの温度は何℃まで上昇するのか熱解析し、バッテリーヒーターの安全性を検証しました。熱解析には大気中における一次元熱伝導方式を使用しました。結果、バッテリー総容量 4000 mAh をバッテリーヒーターに与える時、バッテリーヒーターの温度は約 37 ℃に達することがわかりました。大気下においてバッテリーセルが異常を起こす 100 ℃に近い温度になることはないと考えられます。

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＆Fax: 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.30
2024 年 6 月 1 日発行