

SIC 有人宇宙学研究センター NewsLetter 2023 年 11 月号 No.23

第 67 回宇宙科学技術連合講演会

10 月 17 日～20 日、第 67 回宇宙科学技術連合講演会が開催されました。この学会では、山敷センター長が参加し、[人工重力を用いた HEXATRACK 宇宙特急システム構想について]と題した発表を行いました。月・火星での各コロニーが経済活動を行い、多くの人々がビジネスや観光で移動ようになる未来宇宙社会における交通手段として提案し、長距離移動においては、低重力による健康影響を最小限とするため、回転するリボルバー（ヘキサカプセル）に「装填」された「列車」を軸とした「鉄道輸送システム」を基本モジュールとした回転による人工重力を利用し、1Gを保つ構想です。ユニークな発表に多くの人が集まり「鉄道ではなく磁気浮上はどうか」「地球での発着陸システムは？」など様々なコメントが寄せられました。

他にも、有人宇宙学講義の昨年度受講生である京都大学医学研究科修士 2 回生の植村優香氏、京都大学工学部 4 回生青野郁也氏による、「小惑星ベスタにおける生活環境構築—豊かな食と近傍天体衝突リスクに着目して」と題した発表が行われ、「小惑星での居住」という観点での議論が行われました。

この講演会には Lignosat 学生チームも参加し、発表者の京都大学農学部 3 回生豊西悟大氏の参加報告を紹介します。（山敷庸亮 記）



講演会での山敷センター長



発表での植村氏

10月18日～19日に第67回宇宙科学技術連合講演会に参加いたしました。今年は富山で開催され、心地よい気候の中活発な議論を行うことができました。その中で私は LignoSat の開発を通して得られた知見を「超小型木造人工衛星「LignoSat」のひずみ測定と地磁気測定ミッションの現状と展望」というタイトルで発表しました。発表内容とそれに関する議論の一部を報告させていただきます。

LignoSat は木造構体内部でひずみを測定することと地磁気を測定することをミッションとして掲げています。ひずみ測定においては木造構体にひずみゲージを貼り付けますが、このひずみゲージの接着評価と性能評価を行う必要があります。我々は接着の評価をする際に真空、高温、振動の条件を重要項目として考え、各条件において LignoSat 運用の際にかかると考えられるものよりも大きい負荷をかけることにより接着状況の評価しました。LignoSat は人工衛星に木材を使用する世界初の試みになるため通常よりも慎重に接着評価を行いました。またそれに加え、宇宙で正常にひずみ測定システムが機能し、ひずみ測定が行うことができるかを検証しました。これらの地上試験により宇宙環境においてもひずみ測定が十分行えるであるという結論に至りました。宇宙における木材のひずみ測定によって得られたデータは宇宙における木材利用の可能性を探る際に非常に重要なデータになります。

また地磁気測定においては、金属構体と比較して木造構体は地磁気を通しやすいので衛星内部での地磁気測定が可能になります。この特性は LignoSat1 号機だけでなく 2 号機の姿勢制御システムにも応用されます。1 号機で地磁気測定に成功すれば、その地磁気測定システムを利用して衛星の姿勢を解析、決定することができ、衛星の方向を調整することができるのではないかと考えられます。そのため 1 号機における地磁気測定は今後の LignoSat 開発においても非常に重要なミッションといえます。我々は地磁気測定において地磁気センサの性能と他基板由来のノイズ評価を行い、その精度は良好であることを確認しました。これにより宇宙においても LignoSat による地磁気測定が可能であると結論づけています。

発表に対して主に木材の寸法変化などの質問をいただき、木材を使用するということに非常に興味を持っていただいているという印象を受けました。また今回宇宙科学技術連合講演会に参加することによってさまざまな方からご意見やご感想をいただき、今後の LignoSat 開発において非常に有効な情報を収集することができました。発表を行うにあたり練習や添削にご協力いただいた方々に感謝申し上げます。ありがとうございました。（豊西悟大 記）



発表での豊西氏

ニュースペース研究会特別公演

2023 年 9 月 29 日に開催された、第 45 回ニュースペース研究会において、山敷センター長が「宇宙移住のための三つのコアコンセプト」と題して特別講演を行いました。

講演会では、ニュースペース国際戦略研究所理事長の坂本規博氏が「我が国の将来有人宇宙政策の方向性」について述べられ、それに続いて広崎理事による「有人宇宙特集」と題した講演＋パネルで、「日本火星協会の理念と活動」(NPO 法人日本火星協会 理事長 村川恭介氏)「宇宙で生きる」をデザインする」(国際医療福祉大学 臨床工学特別専攻科 教授 宮嶋宏行氏)「THINK SPACE LIFE『暮らしたくなる宇宙をつくるための、未来構想』」(有人宇宙システム株式会社 有人宇宙技術部 健康管理運用グループ山村侑平氏)そして、「月に持続的人類社会をつくる（ムーンビレッジ勉強会の活動）」(稲谷芳文 SIC 特任教授)の発表がありました。それに続く特別講演で山敷氏は 3 つのコアコンセプトである「コアバイオーム」「コアテクノロジー」「コアソサエティ」について述べられ、中でもコアバイオーム、特にアメリカにおけるバイオスフィアでの実験および、宇宙空間において海洋をもたらすことの重要性和、その困難さについて述べられました。特に、地球にとって重要な塩水と人類にとって重要な淡水系の違いと、水文循環再現の困難さ、そしてテラフォーミングの困難さに触れ、それに変わる新しいコンセプトとして、惑星全体の「テラフォーミング」ではなく、重力も含めてある領域に地球環境を模擬する「テラウインドウ」構想を進めるべきだとの見解を述べられました。当日の講演会は現地、オンラインを含め多数の宇宙関係者が参加され、白熱した議論が行われました。（白樫聖夢 記）

日本水中科学協会講演

10 月 9 日、日本水中科学協会(JAUS)において、「人類の未来を担う“宇宙海洋”とは」が開催され、同学会正会員の藤永氏のリードにより、山敷センター長が講演しました。講演においては、ダイビングと宇宙の共通点として（１）無重力状態（２）減圧症のリスク（３）生命維持装置の必要性について説明を行いました。

特に（２）について、熱い議論が交わされました。現在の宇宙服では内部が 0.3 気圧の純酸素と決まっており、船外活動をする前に 1 気圧から 0.3 気圧へと減圧するプロトコルが定められています。現在のプロトコルによればほぼ 1 日かけての減圧が必要な点、また、0.3 気圧まで低くなると、炭酸を開けたとき泡が出てくるのと同様で、血液中の窒素が血液に溶けきれなり、気泡になって出てくるため、減圧症を起こしうる点が問題点です。さらに、内部気圧が 0.3 気圧の宇宙服は、真空である宇宙環境下で膨らむため、可動性が著しく低下します。これらの点を克服するため、未来の宇宙服では 0.6 気圧で減圧が必要ないものの開発が進んでいることや、膨らまない可動性を保ったような宇宙服の開発が進んでいること、またダイビング環境・真空である宇宙での減圧症をどのように回避するかなどについて議論が進みました。逆に水中環境と宇宙環境の相違点、特に流体密度の違いによる抵抗が運動特性に大きな違いを与えることや、疑似無重力状態であっても体液には重力がかかっているため体液が成層化する点、水中と宇宙空間では圧力域が大きく異なる点なども議論されました。最後に、宇宙に海洋を持参しようとする試みについても話が進みました。JAUS では、藤永氏を中心に水中における宇宙飛行士養成プログラムが進んでおり、同協会の活動と今後連携を進めてゆくことを約束しました。（白樫聖夢 記）

日本マイクログラビティ応用学会

2023年10月26日、沖縄産業支援センターにて、第34回日本マイクログラビティ応用学会が開催され、この中のJAXA 桜井誠人教授の企画セッション「ECLSS・宇宙惑星居住」において、SIC 有人宇宙学研究センター長山敷教授が「有人宇宙学：宇宙移住のための3つのコアコンセプト」について講演を行い、同時に招聘された東京海洋大学の遠藤准教授や、鹿島建設の大野氏（SIC 特任准教授）が登壇しました。講演では、3つのコアコンセプトの中で、特に宇宙海洋の重要性に焦点を当てた内容で、かつ、海洋生物のAIを用いた自動判別モジュールの紹介もありました。また、「テラフォーミング」ではない「テラウインドウ」コンセプトについても発表しました。続く遠藤准教授は、宇宙における養殖と、微小重力下で魚類を飼育する際の重力の影響や、光の影響などについて実験結果を紹介しました。最後の大野氏の講演では、月面の人工重力施設（ルナグラス）、山敷氏が提案しているヘキサトラック、そして火星の人工重力施設（マースグラス）を連結する「人工重力ネットワーク」について発表しました。上記企画セッションは、書籍「有人宇宙学—宇宙移住のための3つのコアコンセプト」執筆者による連携講演でもありました。また、会議においては、宇宙飛行士の毛利守氏による学生ポスター表彰などもあり、多くの参加者で賑わいました。（新原有紗 記）



講演後の（左から）大野氏、毛利氏、山敷センター長

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」

大学コンソーシアム京都が主催する「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」の2023年度後期クラスが、10月5日から始まりました。2022年度から始まったこの「宇宙移住」講座。今年度は昨年度の「最先端研究」に加え、「企業技術」に関しても更に充実したプログラムとしたため、前期5講座、後期5講座という構成になりました。

今回も第1回目の講義は、京都大学 SIC 有人宇宙学研究センターの山敷庸亮教授による「宇宙移住のコアテクノロジー」でした。人類が宇宙移住を考えるとという時に、現実的にどういう視点を持たねばならないのかを、前期の全般的なおさらいも含め、イメージ動画も交えながら興味深く伝えていただきました。講義はオンライン視聴スタイルですが、質疑応答では初回から早速、視聴されている方々の興味

の深さを伺わせる、非常にハイレベルな質問が数多く寄せられ、2 年目となった当講座の充実度が感じられました。

また今年 7 月には、この連続講義を担当される様々な先生が執筆された、山敷庸亮編「有人宇宙学 宇宙移住のための 3 つのコアコンセプト」という本も出版されましたので、今年からはこの本を教科書と見立てて、毎回の講義をより深く読み込むこともできるようになりました。この講座が「現代の教養講座」というタイトルにふさわしく、宇宙への関心を通じて地球環境や人間についても、より深く考えるきっかけになることを祈念しています。（公益財団法人大学コンソーシアム京都リカレント教育プログラム企画検討委員、貴一工具株式会社代表取締役社長 石川武）

DMG MOR I presents

【学んと】「火星に住もう！」Season4

学んと Session 4 第一回が 2023 年 10 月 5 日に開催され、JAXA 調布航空宇宙センターの桜井誠人研究領域主幹による「宇宙で生きる－宇宙居住と物質循環－」と題した、主に「生命環境維持システム(ECLSS)」に関する講義があった。最初に Session4 責任者の山敷氏の挨拶と桜井氏の紹介が行われた。

講義ではまず、電気分解により自ら酸素と水素を生成する「実験」を行い、また、ゼオライトによって CO₂ を吸着させる「実験」を参加者の前で行い、この二つの技術が現在の有人宇宙活動での宇宙での生命維持の「根幹」を成していることを示した。同時に、CO₂ から水とメタンを生成する「サバティエ反応」について紹介し、宇宙空間における人間活動による基本的なリサイクルシステムについて示した。

また、桜井氏は講義の中で、人が 1 日生きていくために必要な酸素量が成人でおよそ 0.8kg/day と、他に比較しても非常に多い（水・食料それぞれ 2.5・1.1kg/day）ことを示し、これらの装置に宇宙では人間がどれほど依存しなければならないかについて述べた。また実際の ISS に搭載されている酸素生成モジュール、CO₂ 除去モジュールの紹介を行い、当初生命維持モジュールがアメリカ・ロシアモジュールに設置されていたこと、それを日本の技術の発展で、次期アルテミス計画でのゲートウェイモジュールにて日本が担当する生命維持技術について述べ、我が国がどのように ECLSS 技術を学び、自ら開発してきたのかについてその歴史を語った。（白樺聖夢 記）

第 7 回グローバルムーンブリッジワークショップとシンポジウムが 2023 年 12 月 6 日～10 日に倉敷・鳥取で開催されます

はじめに

2017 年に設立されたムーンブリッジアソシエーション(MVA)は、オーストリアのウィーンを拠点とする非政府組織(NGO)です。MVA は、政府、業界、アカデミアとムーンブリッジビジョンに関心のある一般市民－地球の月への人間の永続的な拡大を促進するコミュニティで、これは、MVA 活動の 600 人以上の参加者と 60 か国以上からの 33 の機関メンバーで構成され、技術的、科学的、文化的、学際的な分野

で議論をしています。毎年、MVA は、主要な国際イベントのワークショップとシンポジウムを開催し、人類の地球の月への恒久的な拡大に関連するさまざまな分野のグローバルリーダーが集まり、進歩、新しいアイデア、関連情報を共有します。2023 年の MVA は、2023 年 12 月 6 ～10 日に日本の倉敷と鳥取で開催されます。

テーマ

第 7 回国際ムーンビレッジワークショップ&シンポジウムでは、月面での人間社会の成長に関するさまざまな問題が提示され、進行中および計画中のムーンプログラムについて議論を行います。

ミッション

月面建築の概念と問題
宇宙資源、鉱業、利用
居住、ヒューマンファクター、ライフサイエンス
月市場、ミッション、経済学を含む月商
月面インフラストラクチャと運用、パワーを強調
人間の存在および/または前駆体の両方を含む月科学
法的側面と社会的考慮事項
文化的および人類学的考察
アウトリーチ/教育
月面ガバナンス、国際政策およびコラボレーション

メイン会場

倉敷市立美術館は、MVA 2023 ワークショップとシンポジウムのメイン会場となり、倉敷美術館歴史地区内にあります。他の施設は近くにあり、いくつかのブレイクアウトセッションに使用されます。

鳥取会場

“特別シンポジウム”は、鳥取市の乾燥地研究センターで開催されます。

有名な観光スポットである鳥取砂丘は、乾燥地研究センターの近くにあります。参加者は、イベント中に鳥取砂丘を訪れることができます。

2023 年 MVA プログラム予定

12 月 6 日 倉敷	ウェルカムパーティー 18 時～19 時
7 日 倉敷	開会挨拶 (MVA、LOC チェアトーク) 共催者挨拶 ナショナルプログラム、MVA、主要宇宙産業・ベンチャー企業 表彰式・昼食会 基調講演

	分科会（一般講演、学生セッション） 懇親会（MVA、ゲスト、スポンサーによるスピーチ（希望者のみ））
8 日 倉敷	コール・フォーの基調講演＆一般講演 特別ゲストトーク パネルディスカッション 倉敷セッションのクロージング＆総括
9 日	倉敷市と岡山大学による日本語でのアウトリーチイベント 鳥取への移動
10 日 鳥取	鳥取オープニングセッション＋鳥取特別シンポジウム（宇宙における生態環境—コアバイオーム） 鳥取パブリックアウトリーチ／砂丘ツアー／月面体験ツアー フェアウェルパーティー 2024 年の開催地発表

なお、投稿締め切りは11月5日ですが、学生の方対象に学生セッションを予定しております。表彰も予定されておりますので、ぜひ投稿をお待ちしております。（新原有紗 記）

LignoSat 紹介 STRUC 班

今回は LignoSat の STRUC 班が行っている活動の紹介をします。現在 STRUC 班が行っている活動は大きく分けて3つです。

①安全審査資料の作成

LignoSat は ISS きぼう棟にある J-SSOD（超小型衛星放出機構）から放出される予定ですが、放出に際して運搬、打ち上げ、運用で危険が生じえないか審査する安全審査というものが主に JAXA によって行われます。とりわけ衛星の構造部分は周囲へ影響を及ぼし得る部分ですので、厳しく審査が行われます。STRUC 班の担当としては使用部品をまとめるほか、図1のような構造解析を実施し、複数の資料を提出します。現在は安全審査 phase012 の資料修正と安全審査 phase3 の資料作成を行っています。

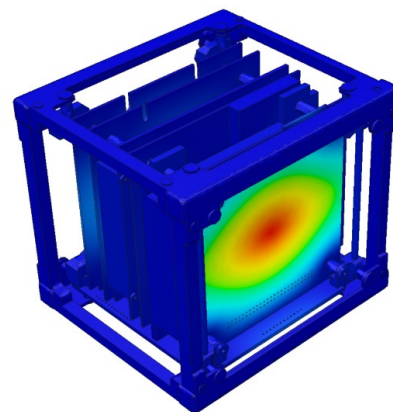


図1 構造解析
（図はモード周波数を求める解析）

②フライトモデルの製作

現在、実際に宇宙に打ち上げ運用する FM(フライトモデル)の製作を行っています。FM では、EM(地上試験モデル)からより安全性を高めるための改良を一部加えた設計となっています。既にほとんどの部品は製作が完了していますが、構体の仮組立や地上試験時に判明した不具合の解消のため修正を加え



図2 FM 外観図

ています。また、FM を安全かつ順調に組み立てるための治具の設計・製作なども行っています。

③FM 地上試験準備

FM が完成し、安全審査 012 が終了すると、いよいよ FM が問題なく機能するか確認する地上試験が始まります。STRUC 班が担当する試験は

- ・振動試験：衛星の固有振動数を求める
- ・インターフェイス試験：衛星の寸法が JAXA の要求を満たすか確認
- ・フィットチェック：J-SSOD の打ち上げ機構に問題なく入るか確認
- ・シャープエッジ：ISS のクルーが衛星を触り、傷を負うリスクが無いか確認

の主に 4 つがあります。現在はこの試験に向けた試験方法の整理、計画書の作成等の準備を進めています。

今後もSTRUC班ではFM完成、来年度の打ち上げに向けて活動していきます。（木村拓人 記）

研究紹介

低圧下樹木育成プロジェクト

水分生理（植物と水との関係について） 3

樹木体内における水上昇の失敗

京都大学樹木育成学生チーム

池田武文・三本勇貴

はじめに

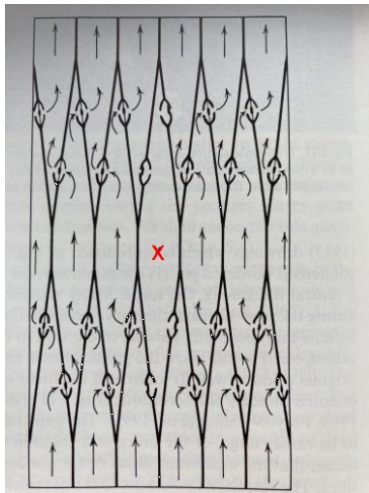
樹木育成学生チームで実施しているゼミではテーマの一つとして樹木と水との関わりを扱う水分生理をとりあげています。（Spaceology News Letter 202308）本稿では Spaceology News Letter 202309 と 202310 で紹介しました appendix1, 2 に引き続き、appendix3 として樹木体内の水移動の阻害について記します。

水分通道機能の喪失

Spaceology News Letter 202310 で、樹木体内の水の移動は SPAC（soil-plant-atmosphere continuum、土壌－植物－大気連続系）内の水の連続体（水柱）が上方の葉で引き上げられることによって起こり、これを「凝集力－張力理論」と呼ぶこと、そして水分通道組織である道管・仮道管は径の細い毛細管であり、その中の水柱はかなりの張力に耐えることを記しました。しかし、実際には毛細管内の水柱が切れて水分通道機能を失うことがあります。以下にそのメカニズムを説明します。

水を通す道管・仮道管の構造はホースのような単なる中空のパイプではありません。ここではスギ、ヒノキ、マツなど針葉樹の仮道管の構造について説明します。個々の仮道管は長さ数ミリメートルほどで中

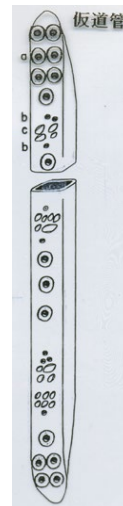
空の短い死細胞です。樹木体内で多数の仮道管が根から葉まで繋がり水分通道機能を担っています。仮道管はホースのように両端が開いた構造ではなく、上下にずれて接する仮道管相互が有縁壁孔対（図- 1 , 2 ）で繋がっており、図中の矢印の向きに水は移動します。なお、壁孔は英語では pit（ピット）です。図- 1 （左）の中ほどに×の付いた仮道管があります。本来、仮道管の中は水で満たされていますが、この仮道管の中には水がなく空気が充満し空洞になっています。この仮道管では水の連続性が途切れています。樹木の幹や根、枝は沢山の仮道管でできており、一つや二つの仮道管で水の連続性が途切れても水はその仮道管を迂回して移動するので大勢には影響しません。



(Zimmermann 1984)

図- 1 仮道管のつながりと水の流れ（矢印）

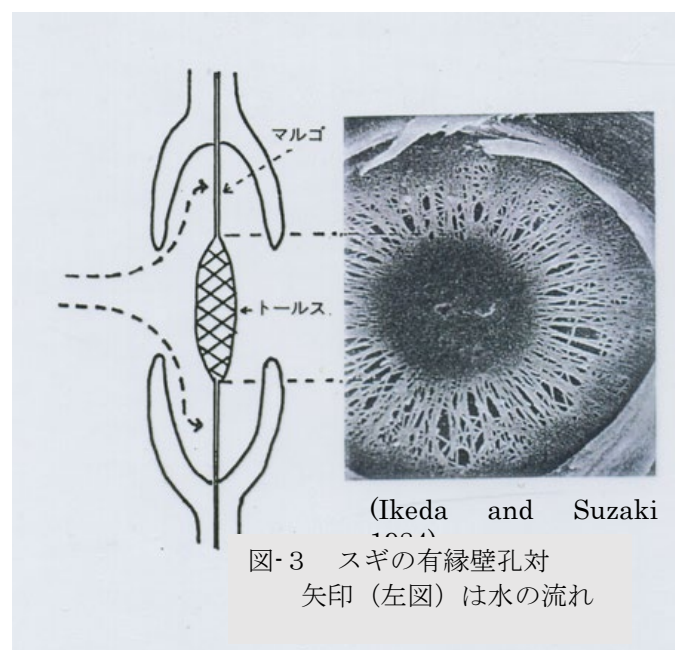
× 空洞化した仮道管



a 有縁壁孔対

図- 2 仮道管の模式図

以下に水柱が切れるメカニズムを説明します。壁孔を詳細に見ると、壁孔の真ん中にあるトールスというプレート状の物体を網目状のマルゴが四方八方から吊るす構造になっています（図- 3 ）。



(Ikeda and Suzuki 1998)

図- 3 スギの有縁壁孔対
矢印（左図）は水の流れ

水はマルゴの網目を通して仮道管相互を移動します。図- 1 の空洞になった仮道管とそれに接した仮道管の間の水の移動は停止し、空気の詰まった仮道管と水が満たされた仮道管の間の壁孔のマルゴの網目には空気と水のメニスカスが形成されています。マルゴの網目は 0.01 から 0.2 ミクロンと微小です。メニスカスはその曲率半径に応じた表面張力によって維持されます。蒸散している樹木の仮道管内の水柱には上方向に張力がかかっています。この張力がある値よりも大きくなると、空気-水のメニスカスがマルゴの網目で維持できなくなり、空気で満たされた仮道管の中の空気が水で満たされた仮道管の中に引き込まれ、水で満たされた仮道管も空気に置き換わり空洞になります（図- 4）。この現象をキャビテーション（空洞化）、このような状態になって水が通らなくなる症状をエンボリズム（塞栓症）と呼びます。

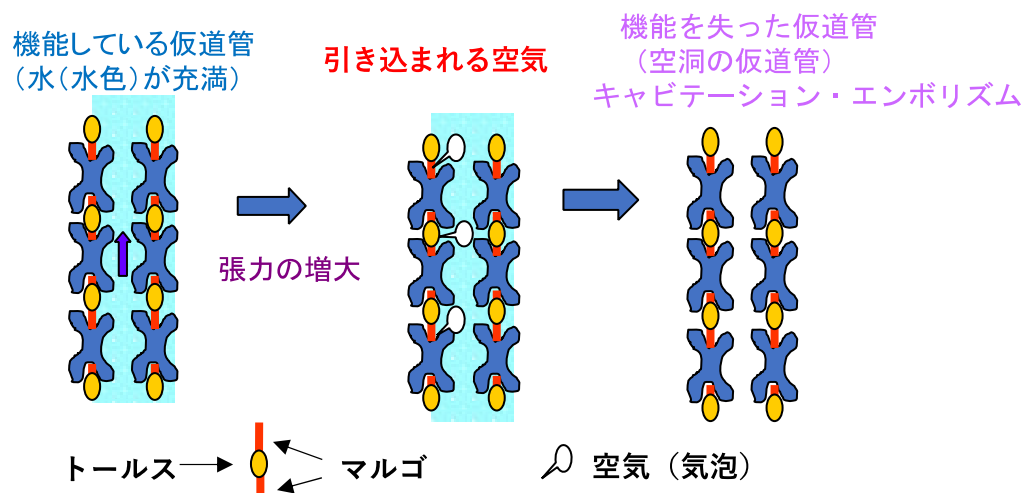


図- 4 水不足によるキャビテーション発生メカニズム

仮道管内の水柱にかかる張力が大きいとは木部圧ポテンシャル*が低い、つまりその樹木は水不足が厳しくなっていることを意味し、樹木の水不足が厳しくなると仮道管の中の水柱が切れやすくなります。さらに、マルゴの網目が大きい仮道管ほどより小さな張力でキャビテーションが発生します。このような性質は樹木の部位によって異なり、枝は根よりキャビテーションを起こし難いことがわかっています（図- 5）。ダグラスモミの細い根は-1MPa の張力で 20%以上の水分通道機能を失いますが、同じ木部圧ポテンシャルでも枝の水分通道機能はほとんど低下しません。このことは、根が SPAC の中でもっと水分の多い土壌中に伸びているのに対して、SPAC のもっとも先端に位置する枝はもっとも厳しい水不足にさらされるので、枝でキャビテーションを起こしにくくするための適応の結果なのです。身近な事例として夏季に雨の降らない日が続くと街路樹の先端が枯れる現象（図- 6）を見かけることがあります。この現象をダイバック（先端枯れ）と呼びます。これは樹木の先端の枝で水不足が厳しくなってキャビテーションが頻発し、枝の水分通道機能が失われて葉に水が供給されなくなり枯れる現象です。

* 木部圧ポテンシャル：Spaceology News Letter 202310 で、木部内液の水ポテンシャル Ψ (xylem)は $\Psi(\text{xylem}) \div \Psi_p(\text{xylem})$ となり、 $\Psi_p(\text{xylem})$ は負の値となることを示しました。 $\Psi_p(\text{xylem})$ が木部圧ポテンシャルです。

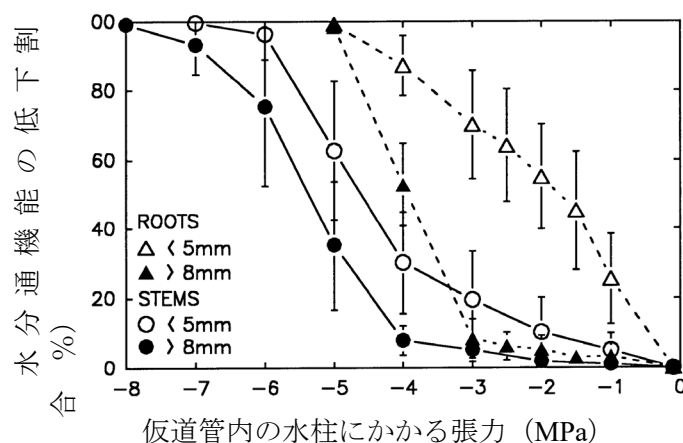


図-5 ダグラスモミの枝と根のキャビテーションの起こりやすさ(Sperry and Ikeda 1997)

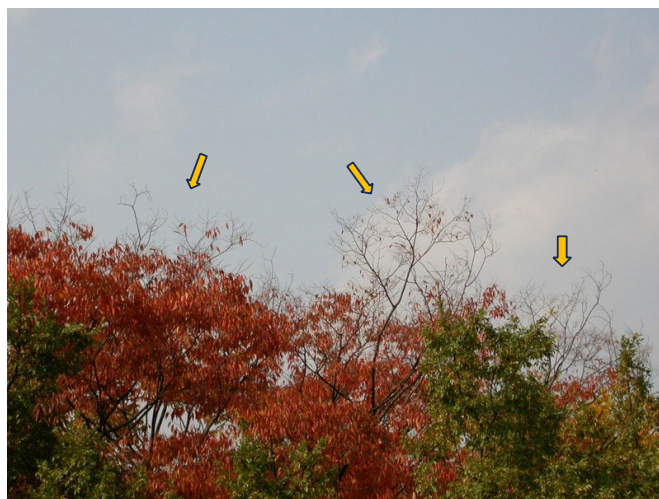


図-6 ケヤキの枝のダイバック（矢印）

樹高の限界

さて、「地球で一番大きな生き物は？」の問いに対する多くの人の答えは「シロナガスクジラ」でしょうか。何をもって大きいとするのかは種々ありますが、答えは「樹木」です。シロナガスクジラの体長は大きい個体で30m強ですが、現存する樹木の高さ（樹高）の最高値は120m近くに達します。この樹高がほぼ限界に近いと考えられています。では、何が樹高の限界を決めているのでしょうか。実は「水」が重要な役割を果たしています。

Kochら（2004）は北カリフォルニアの温帯湿潤林に生育する樹高112.7メートルのセコイアメスギ（ヒノキ科セコイア属の常緑針葉樹）について、最大光合成速度と木部圧ポテンシャル、葉の形態、過去の水ストレス履歴、キャビテーションの起こりやすさを調べました。この地域は樹木にとってストレスの非常に少ない穏やかな環境にあります。調べたセコイアメスギの樹高110メートルにある枝の木部圧ポテンシャルは、まだ蒸散が始まっていない夜明け前ですでに-1.3MPaでした。水を高い位置に保持するにはその位置の重力に抗して仮道管内の水柱を引っ張り上げ続けなければなりません。地上100メートルの位置にある枝は最低でも1MPa（-1MPaの木部圧ポテンシャルに相当）の張力で常に水柱を

引っ張り上げているのです。普段私達が扱う樹木の夜明け前の木部圧ポテンシャルは-0.2 から-0.3MPa の範囲です。セコイアメスギの-1.3MPa がいかに低い、つまり枝は高い位置にあるだけで常にかんりの水不足下にあることを示しています。過去の水ストレス履歴もこのことを支持していました。さらに、樹高が高くなるにつれて光合成速度は急激に低下し、葉の形態も極端に小さく厚くなりました。つまり、高いところにある葉は水不足を回避するために気孔を閉じ気味にし、光合成速度が低下したのです。さらに、一日の内で最も蒸散が盛んになる日中の木部圧ポテンシャルは-1.9MPa 近くまで下がりました。この値はセコイアメスギの枝がキャビテーションを起こし始める値より若干高い程度です。これより木部圧ポテンシャルが低くなると、枝は水分通道機能を失いダイバックを起こします。ということは枝が枯れて樹高はそれ以上高くないのです。先に示したような最大光合成速度と木部圧ポテンシャル、過去の水ストレス履歴、キャビテーションの起こりやすさの測定値から回帰式を推定し、最高樹高を計算すると、122 から 130 メートルという値が得られました。この値は厳しいストレスのない環境下での値です。もっとストレスが厳しい環境では最高樹高は低くなります。全ての樹木にこの事例を適応できるかは定かではありませんが、示唆に富んだ興味深い研究です。

以上、地球での樹木体内の水移動とその阻害について述べました。では、火星で樹木が育つとき、樹木体内の水移動はどのようなのでしょうか。もちろん火星と地球の環境は大きく異なります。ここでは条件を単純化して、重力以外の火星の環境は地球のそれと同じで、かつ樹木は地球と同じように成長すると仮定し、樹高を制限する要因である水不足によるキャビテーション発生の視点から考えてみます。地球の重力は 1G、火星のそれは約 1/3G です。火星において樹木体内で水を引き上げるために要する張力は 1G の重力下（地球）の 1/3 となります。つまり、火星ではキャビテーションが発生する高さは地球の 3 倍となり、樹木は最大で地球の 3 倍まで高くなれることが予想できます。実際には地球とは大きく異なる環境下にある火星ですので、樹木の成長にも様々な違いが生じるでしょう。それらの知見も取り入れて、火星で樹木はどこまで高く、大きくなれるのかを知りたいものです。

3 回にわたり樹木と水との関係を述べてきました。ひとまずこのテーマでの報告はここまでとさせていただきます。

引用文献、参考文献

深澤和三 1997 樹体の解剖. 青海社

Koch,G.W. et al. 2004 Nature 428: 851-854

Ikeda,T. and Suzaki,T. 1986 Can. J. For. Res. 16: 98-102

池田武文 2002 樹木環境生理学. Pp. 181-199. 文永堂出版

池田武文 2004 樹木生理生態学. Pp. 138-145. 朝倉書店

丸田恵美子 2012 冬の樹木の生理生態学. 岩波出版サービスセンター

Sperry,J. and Ikeda,T. 1997 Tree Physiol. 17: 275-280

Zimmermann,M.H. 1983 Xylem structure and the ascent of sap. Springer-Verlag

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.23

2023 年 11 月 1 日発行