# 令和5年度 生存圏研究所 活動報告



# 京都大学 生存圈研究所

Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH) Kyoto University

# 令和5年度 生存圏研究所 活動報告 もくじ

1. 共同利用・共同研究拠点活動報告・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1-1 $MU$ レーダー/赤道大気レーダー共同利用・共同研究専門委員会・・・・・ 3
1-2 電波科学計算機実験 (KDK) 共同利用・共同研究専門委員会・・・・・・17
1-3 マイクロ波エネルギー伝送実験装置(METLAB)共同利用・共同研究専門委員会・27
1-4 木質材料実験棟共同利用・共同研究専門委員会・・・・・・・・45
1-5 居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド(DOL/LSF)共同
利用・共同研究専門委員会・・・・・・・・・・・・・・・50
1-6 生存圏データベース共同利用・共同研究専門委員会 ・・・・・・・54
1-7 持続可能生存圏開拓診断(DASH)/森林バイオマス評価分析システム(FBAS)・共同利
用・共同研究専門委員会・・・・・・・・・・・・・・・58
1-8 先進素材開発解析システム(ADAM)共同利用・共同研究専門委員会 ・・・・・・65
1-9 バイオナノマテリアル製造評価システム(CAN-DO)共同利用・共同研究専門委員
会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・73
1-10 プロジェクト型共同研究専門委員会
1-10-1 生存圏科学共同研究課題 (18 件)・・・・・・・・・・85
1-10-2 生存圏シンポジウム実施報告 ・・・・・・・・・・121
2. 生存圏未来開拓研究センター・・・・・・・・・・・・・・・187
2-1 研究ユニット
2-1-1 木材科学文理融合ユニット・・・・・・・・・・・・189
2-1-2 大気圏森林圏相互作用ユニット・・・・・・・・・・・191
2-1-3 先端計測技術開発ユニット・・・・・・・・・・・・・193
2-1-4 バイオマスプロダクトツリー産学共同研究ユニット・・・・・・・196
2-2 産学統合型(クロスアポイントメント)研究・・・・・・・・・ 198
3. その他の研究所活動
3-1 ミッション推進委員会・・・・・・・・・・・・・ 200
3-1-1 ミッション1 「環境診断・循環機能制御」
3-1-2 ミッション2 「太陽エネルギー変換・高度利用」
3-1-3 ミッション3 「宇宙生存環境」
3-1-4 ミッション 4 「循環材料・環境共生システム」
3-1-5 ミッション 5-1 人の健康・環境調和(生理活性物質、電磁波、大気質)
3-1-6 ミッション 5-2 脱化石資源社会の構築 (植物、バイオマス、エネルギー、材料)
3-1-7 ミッション 5-3 日常生活における宇宙・大気・地上間の連関性
3-1-8 ミッション 5-4 木づかいの科学による社会貢献(木造建築、木質住環境、
木質資源・データベース、木づかいの変遷)

3-2 国際活動&生存圏ア	ジアリサーチノード・・・	 • • • • • • 251
3-3 ミッション専攻研究	員・・・・・・・・・	 • • • • • • 253
3-4 定例オープンセミナ		 • • • • • 265
3-5 フラグシップ共同研究	<b>た・・・・・・・・・</b>	 • • • • • • 281
4. 国際共同研究活動報告	• • • • • • • • • • •	 • • • • • 303

### 共同利用・共同研究拠点活動報告

### 橋口浩之(共同利用・共同研究拠点委員会 委員長)

### 1. 活動の概要

生存圏研究所では、共同利用・共同研究拠点として、次の3タイプの共同利用・共同研究事業を 国内外の多様な分野の専門家と連携して継続的に実施している。1) 大型の観測・実験設備の共用 を中心とした「設備利用型共同利用・共同研究」、2) 電子データベース・実体資料のアーカイブ と発信を核とした「データベース利用型共同利用・共同研究」、3) 学際的、融合的、萌芽的なプロジェクト研究を展開・推進する「プロジェクト型共同研究」。これらの事業を通して、年間約 300の共同利用・共同研究課題を国内170以上、海外20以上の機関と実施してきた。

研究所の設立当初は設備共同利用が中心であったが、近年では大型の設備を利用しない共同研究も活発化してきている。従来、共同利用・共同研究拠点の運営体制として、主として設備・データベースの共同利用については開放型研究推進部(推進部)が、学際融合研究などの共同研究については生存圏学際萌芽研究センター(センター)が対応してきた。センターが果たすべき研究の学際性、萌芽性を指向する方向性と、推進部で実施される共同利用の成果の活用とをうまく融合させるため、令和4年度より、推進部とセンター内の運営委員会を統合して共同利用・共同研究拠点委員会(共共拠点委員会)を設け、拠点運営を一元化して所掌することとした。また、4)拠点活動の研究成果の公開や生存圏科学の啓発のための「生存圏シンポジウム」の公募・運営も共共拠点委員会で所掌している。

### 1) 設備利用型共同利用・共同研究

研究所発足前から全国共同利用を実施していた「MUレーダー」、「先端電波科学計算機実験装置 (A-KDK)」、「METLAB/SPSLAB」を継続発展させるとともに、平成17年度に新たにインドネシアの「赤道大気レーダー (EAR)」、「木質材料実験棟」、鹿児島県にある「生活・森林圏シミュレーションフィールド (LSF)」、「居住圏劣化生物飼育棟 (DOL)」の共同利用を開始した。平成18年度には、「森林バイオマス評価分析システム (FBAS)」、平成19年度には「持続可能生存圏開拓診断 (DASH)システム」を設置し、平成20年度から共同利用を開始した。平成23年度には「先進素材開発解析システム (ADAM)」、「高度マイクロ波エネルギー伝送実験装置 (A-METLAB)」、「宇宙圏電磁環境計測装置性能評価システム (PEMSEE)」の共同利用を開始した。令和3年度には「バイオナノマテリアル製造評価システム (CAN-DO)」の共同利用を開始し、合計14の大型装置・設備や施設において、毎年200課題以上の共同利用が行なわれている。

### 2) データベース利用型共同利用・共同研究

昭和19年以来、約80年にわたって収集されてきた標本である材鑑データ、MUレーダーなど大気 観測のレーダーデータ、GEOTAIL衛星による宇宙プラズマに関する衛星データなどの生存圏にかか わる多種多様な情報を統括して「生存圏データベース」として管理・運営している。科学技術利 用目的の場合は、とくに制限を設けずにデータを公開しており、年間2.5億アクセス、約250TBの データがダウンロードされている。なお、本研究所は平成28年よりISC(国際学術会議)のWDS(世界科学データシステム)の正会員として認定されている。

### 3) プロジェクト型共同研究

生存圏ミッションを進展させるために、「生存圏科学共同研究」を公募・実施している。公募 要項・応募様式の英語化を図り、外国の研究者による応募も可能としている。令和5年度は18件の 研究課題を採択した。

### 4) 生存圏シンポジウムの開催

生存圏研究所の設立以来、毎年多数の「生存圏シンポジウム」を公募・運営し、共同利用・共同研究拠点活動の研究成果の公開、生存圏科学の啓発と関連コミュニティの拡大に努めてきた。令和5年度には27件をサポートし、今年度末までの累計は523回に達する。

### 2. 共同利用・共同研究拠点委員会構成

(所外委員)

村山泰啓(情報通信研究機構 NICT ナレッジハブ)

臼井英之(神戸大学 大学院システム情報学研究科)

藤野義之(東洋大学 理工学部電気電子情報工学科)

中島史郎(宇都宮大学 地域デザイン科学部)

堀澤栄 (高知工科大学 環境理工学群)

佐野雄三(北海道大学 大学院農学研究院)

谷川東子(名古屋大学 大学院生命農学研究科)

岸本崇生(富山県立大学 工学部生物工学科)

岡久陽子(京都工芸繊維大学 繊維学系 バイオベースマテリアル学専攻)

藤本清彦 (森林研究·整備機構 森林総合研究所 木材加工·特性研究領域木材機械加工研究室) (所内委員)

橋口浩之 (MU レーダー/赤道大気レーダー共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

海老原祐輔(電波科学計算機実験共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

篠原真毅 (マイクロ波エネルギー伝送実験装置共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

五十田博 (木質材料実験棟共同利用·共同研究専門委員会 委員長)

大村和香子(居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド共同利用・共同 研究専門委員会 委員長)

今井友也 (生存圏データベース共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

杉山暁史 (持続可能生存圏開拓診断/森林バイオマス評価分析システム共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

三谷友彦 (先進素材開発解析システム共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

矢野浩之 (バイオナノマテリアル製造評価システム共同利用・共同研究専門委員会 委員長)

小嶋浩嗣 (プロジェクト型共同研究専門委員会 委員長)

# MU レーダー/赤道大気レーダー共同利用・共同研究専門委員会 委員長 橋口 浩之 (京都大学生存圏研究所)

### 1. 共同利用施設および活動の概要

### 1. 1. 概要

信楽 MU 観測所は、滋賀県甲賀市信楽町の国有林に囲まれた山中に 1982 年に開設された。 観測機器の中核を担う MU レーダー(中層・超高層大気観測用大型レーダー;Middle and Upper atmosphere radar) (図1)は、アジア域最大級の大気観測用大型レーダーであり、高 度 2 km の対流圏から、高度 400 km の超高層大気(熱圏・電離圏)にいたる大気の運動、大気 循環を観測する。1984 年の完成以来、共同利用に供され、広範な分野にわたる多くの成果 を上げている。MU レーダーの最大の特徴は、アンテナ素子毎に取り付けた 475 台の小型半 導体送受信機を個別制御することにより、1秒間に2500回という高速でレーダービーム方 向を変更可能であり、また、25個のサブアレイアンテナに分割して使用可能である点であ る。こうした柔軟なシステム設計のため、開発後約40年を経た今も世界で最も高機能な大 型大気レーダーの一つとして活躍を続けている。なお、MU レーダーシステムには、レーダ 一、計算機工学の進歩に合わせ最新のレーダー観測技術を導入しシステム拡充が行なわれ ている。1992年に「実時間データ処理システム」、1996年に「高速並列レーダー制御システ ム」、2004年に「MU レーダー観測強化システム」、2017年に「MU レーダー高感度観測システ ム」が導入された。特に、観測強化システムでは、空間領域及び周波数領域の柔軟なレーダ ーイメージング観測が可能となった。2017年7月17日に信楽MU観測所に落雷があり、MU レーダーも被害を受けた。1ヶ月ほどで仮復旧したが、完全復旧のため国大協保険により 2018 度末に合成分配器及び分配合成制御器の一部を更新した。2021 年 8 月 23 日に再び落 雷があり、MU レーダー超多チャンネルデジタル受信システムが被害を受けた。すぐに仮復 旧され、2021 年度補正予算により災害復旧予算が認められ、2023 年度末に完全復旧した。 一方、赤道大気観測所はインドネシア共和国西スマトラ州の赤道直下に位置しており、本 研究所の重要な海外拠点として、国内外の研究者との共同研究によって生存圏の科学を推 進するという大きな役割を担っている。同時にインドネシアおよび周辺諸国における研究



図 1: 信楽MU観測所全景(左)と MU レーダーアンテナアレイ(中央)、MU レーダー 観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機(右)。

啓発の拠点として、教育・セミナーのための利用も想定される。観測機器の中核を担う赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar; EAR)(図 2)は 2000 年度末に完成した大型大気観測用レーダーであり、MU レーダーと比べて最大送信出力が 1/10 であるものの、高速でビームを走査することが可能である。運営はインドネシア国立研究革新庁(BRIN)・海洋地球科学研究機構(ORKM)・気候大気研究センター(PRIMA)との協力関係のもとに進められている。現在では観測装置が充実した総合的な観測所に成長している。2005 年度から全国国際共同利用を開始した。2010~2012 年度に科学技術戦略推進費(旧 科学技術振興調整費)「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築」課題が実施されたことに伴い電離圏イレギュラリティ観測を定常的に行うようになり、現在は対流圏・下部成層圏・電離圏の切替観測を標準的に実施している。2019 年 9 月 29 日に赤道大気観測所に落雷があり、赤道大気レーダーも被害を受けた。11 月初めに仮復旧したが、完全復旧のため文部科学省に災害復旧予算を申請し、2024 年度に変復調装置を更新予定である。また、落雷の影響と思われるが、2020 年 4 月中旬から電波を送信できなくなり、観測を中断している。変復調装置の更新により復旧の見込みである。

EAR の完成から 20 周年を記念して、2021 年 9 月 20 日・21 日に、生存圏研究所と BRIN の 共催により、赤道大気レーダー20 周年記念行事がオンラインで行われた。記念式典におい て、Laksana Tri Handoko BRIN 長官、湊長博京都大学総長らから祝辞が述べられた。その 後、533 名が参加して、国際シンポジウムが開催された。

従来異なる共同利用専門委員会を組織し、課題の審査やレーダー運用等の議論を行ってきたが、国際的レーダーネットワークの連携した研究をより積極的に推進し、また委員会の効率的な運営を図るため、2012 年 6 月に両委員会を統合し、MU レーダー/赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会(当時)を発足し、現在に至っている。



図2 赤道大気レーダー

### 1. 2. 共同利用の公募

共同利用の公募は年 2 回としており、ホームページ (http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/mu+ear/)に掲載すると共に、各種メーリングリストでも案内している。専門委員会において、応募課題の審査や MU レーダー・EAR の運営状況について議論し、観測時間の割当て等を行う。国際的な共同研究プログラムからの観測依頼など、緊急を要する場合は、必要に応じて電子メールベースで委員に回議し、専門委員長が採否を決定する。

### 1. 3. 運営と予算状況

特殊観測装置である MU レーダーの運用は、製造メーカーへの業務委託により行われており、観測所の維持を含めた運営費は附属施設経費・ミッション実現加速化経費の一部が充てられている。運営費は決して充分でないため、共同利用者の希望よりも運用時間を削らざるを得ないのが実情である。また、2017 年度から信楽MU観測所への大型の持ち込み機器に対する借地料・電気料の徴収を開始した。EAR の運営は LAPAN(現 BRIN)との MOU に基づき共同で行なっており、例えば現地オペレータには BRIN 職員が就いている。その他の運営費は日本側の負担であるが、EAR の運営費も決して充分ではないため、時々の競争的資金を活用している。

### 2. 共同利用研究の成果

### ○MU レーダーによるイメージング(映像)観測

2004 年に「MU レーダー観測強化システム」が導入され、レーダーイメージングにより、分解能が飛躍的に向上した観測が可能となっている。レンジイメージングと小型無人航空機、レイリーライダー、ラジオゾンデ等を併用した観測キャンペーンにより、乱流の動態が明らかになりつつある(Luce・Kantha・橋口・矢吹他)。電離圏イレギュラリティのイメージング観測も実施されている(Chen 他)。MU レーダーで開発されたイメージング観測技術を赤道大気レーダーに応用する試みも行われている(Luce・Wilson・Chen・橋口他)。

### ○MU レーダーによる中間圏・電離圏観測

木曽観測所シュミット望遠鏡と超高感度超広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen を組み合わせたレーダーと望遠鏡による流星の同時観測を実施し、流星ヘッドエコー観測による軌道決定など、その実態解明が進められている(阿部・Kero・中村・堤他)。2023 年 12 月には双子座流星群に対して EISCAT や PANSY などとの国際協同観測が実施された(Huyghebaert 他)。MU レーダーIS 観測との比較により、国土地理院の 2 周波 GNSS 観測網(GEONET)を用いた電離圏 3 次元トモグラフィーシステムの開発が進められている(斎藤・山本)。

#### ○国際大型大気レーダーネットワーク同時観測

南極大型大気レーダー(PANSY)の観測開始によりこれまで大型レーダーの空白地帯であった南極域における観測拠点の設置が完了し、全地球的な大型大気レーダーネットワークが構築された。国際共同による対流圏・成層圏・中間圏の世界同時精密観測を実施し、全球高解像度モデルによる実大気シミュレーションを行って、赤道と極の結合過程、両半球の結合過程等、グローバルな大気結合過程に関する研究が行われている(佐藤(薫)・堤他)。

### ○熱帯性降雨に関する研究

赤道域では、強い日射と豊富な水蒸気量に伴い降水活動が活発なため、降雨に関する研究が数多く行なわれている。EAR・X 帯気象レーダー・地上降雨の長期データ解析による対流

システムの階層構造の研究(柴垣他)、EAR・境界層レーダー・ディスドロメータによる降雨 粒径分布の研究(Marzuki・橋口・下舞・Findy 他)、X 帯気象レーダーを用いた衛星回線降雨 減衰統計に関する研究(前川他)などが行われている。

### ○赤道下層・中層大気の観測

高機能ライダーにより対流圏から成層圏にかけてのエアロゾル層や巻雲が連続観測され、EAR との比較研究が行われている(阿保他)。レイリーライダーによる成層圏~中間圏及びラマンライダーによる対流圏上部~成層圏の気温分布や、中間圏上部に存在する金属原子層の観測が行われ、赤道域における貴重なデータを提供している。対流圏界面領域のオゾン分布の高分解能観測も行われている(長澤・阿保・柴田他)。

#### ○電離圏イレギュラリティの研究

磁気赤道を中心として低緯度電離圏にはプラズマバブルと呼ばれる強い電離圏イレギュラリティ(FAI)が発生し、衛星・地上間の通信に大きな悪影響を与える。EAR・大気光イメージャ・ファブリペロー干渉計・GPS 受信機・VHF レーダー・イオノゾンデやモデルを駆使した研究が展開中である(山本(衛)・横山・大塚・塩川・津川・西岡他)。また、衛星航法のためのプラズマバブル監視手法の研究も行われている(斉藤(享)他)。

### 3. 共同利用状況

表1及び図3に示すとおり、2012年の統合後、共同利用件数は80~100件程度で推移しており、今後も活発な共同利用研究が行われると期待される。また国際共同利用を実施しており、特にEAR 関連課題は約3割が国際共同利用課題である。図4,5にそれぞれMUレーダー、赤道大気レーダーの観測時間の年次推移を示す。2007年度からは毎年度にシンポジウムを開催しており、本年度は9月19~20日にMUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウムをオンライン開催した。なお、観測データのうち標準観測については観測後直ちに、その他の観測については1年を経過したデータを「生存圏データベース共同利用」の一環として共同利用に供している。

年度 (平成/令和)	26	27	28	29	30	31/R1	2	3	4	5
採択課題数*	88(40)	86(35)	95(39)	93(45)	85(38)	85(34)	82(37)	77(34)	84(34)	95(43)
共同利用者数	471 学内 197 学外 274	450 学内 171 学外 279	504 学内 210 学外 294	482 学内 192 学外 290	451 学内 156 学外 295	431 学内 161 学外 270	407 学内 146 学外 261	356 学内 126 学外 230	402 学内 160 学外 242	457 学内 169 学外 288

表 1 MUR/EAR 共同利用状況(過去 10 年間)

<sup>\* ()</sup>内数字は国際共同利用課題数

<sup>\*\*</sup> 研究代表者および研究協力者の延べ人数

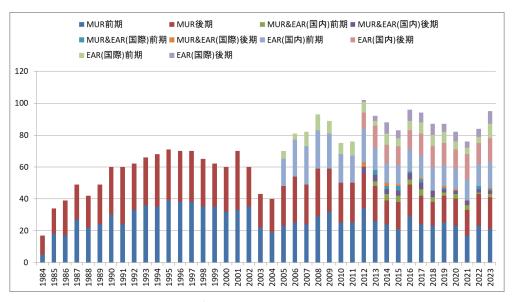


図 3. MU レーダー及び赤道大気レーダーの共同利用課題数の年次推移

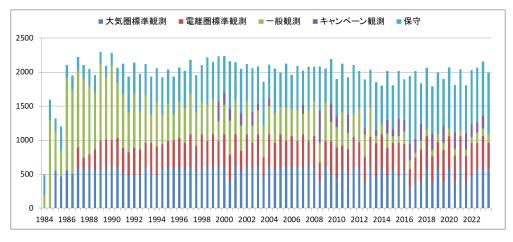


図 4. MU レーダー共同利用の観測時間の年次推移

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況 (2023年度)

2023年5月2日、11月2日にMUレーダー/赤道大気レーダー共同利用・共同研究専門委員会をオンライン開催し、申請課題の選考などを行った。

委員会の構成:橋口浩之(委員長)、山本衛、Hubert Luce、高橋けんし、横山竜宏、西村耕司、杉山暁史、矢吹正教(以上、京大 RISH)、齊藤昭則(京大理)、佐藤薫(東大理)、阿保真(都立大)、廣岡俊彦(九大理)、高橋幸弘(北大理)、村山泰啓(NICT)、森修一(JAMSTEC)、大塚雄一(名大 ISEE)、下舞豊志(島根大)、江尻省(国立極地研)、齋藤享(電子航法研)国際委員(アドバイザー) A. K. Patra (インド NARL)、Robert D. Palmer (米オクラホマ大)、

Halimurrahman Mukri (インドネシア BRIN)

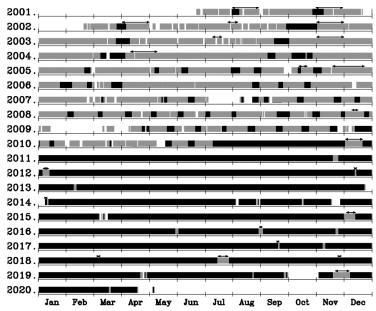


図 5. 赤道大気レーダー長期連続観測の実績(濃色部分:電離圏観測を同時実施)

### 5. 特記事項

MU レーダーは「世界初のアクティブ・フェーズド・アレイ方式の大気レーダー」として、IEEE マイルストーンに認定された。これは、電気・電子・情報分野の世界最大の学会である IEEE が、電気・電子技術やその関連分野における歴史的偉業に対して認定する賞で、2015年5月に贈呈式・除幕式等が行われた。また、2017年に電子情報通信学会が創立 100周年を記念して新たに創設した電子情報通信学会マイルストーンにも選定された。これは、社会や生活、産業、科学技術の発展に大きな影響を与えた研究開発の偉業を選定し、電子情報通信の研究開発の歴史と意義を振り返ると共に、次の 100年に向けて更なる革新を起こす次代の研究者や技術者にその創出過程を伝えることを目的としている。さらに、電気学会が社会の発展に貢献し、歴史的に記念される「モノ・場所・こと・人」を顕彰するために創立 120周年の 2008年に創設した「でんきの礎」にも選定され、2018年3月15日に電気学会全国大会において授与された。2024年には完成から40周年を迎えることから、11月に記念の国際シンポジウム開催を計画している。

EAR は MU レーダーに比べて送信出力が 1/10 であり、中間圏や電離圏の IS 観測を行うには感度が不足している。また、受信チャンネルは 1 個のみであるため、空間領域イメージング観測ができないなど、機能面でも MU レーダーに劣っている。下層大気で発生した大気波動が上方へ伝搬し、上層大気の運動を変化させる様子など、大気の構造・運動の解明をより一層進めるため、MU レーダーと同等の感度・機能を有する「赤道MUレーダー(EMU)」の新設を概算要求している。日本学術会議の学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン「学術大型研究計画」(マスタープラン 2014・2017・2020)の重点大型研究計画の 1 つに EMU を主要設備の一つとする「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」が選定された。内容を若干見直して提案を行い、未来の学術振興構想(2023 年版)にも掲載された。

### 論文・発表リスト

### •修士論文

- 石井佑奈, 1.3GHz 帯大気レーダーを用いた MIMO レーダーの開発, 令和 5 年度京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.
- 木村侑希大, 1.3GHz 帯大気レーダーを用いたアダプティブクラッター抑圧の開発, 令和 5 年度京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.
- Chuai Erlu, Estimation of Cross-Range Wind Velocity Components Based on Radar Inversion Technique, 令和 5 年度京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.
- 湯谷樹生,高分解能電離圏シミュレーションを用いたプラズマバブル発生の日々変動に関する研究,令和5年度京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.

### •学士論文

- 渡辺健仁, MU レーダー位相測定の自動化開発, 令和 5 年度京都大学工学部電気電子工学科 学士論文.
- 森下怜依, MU レーダー観測による電離圏 E-F 領域結合の研究, 令和 5 年度京都大学工学部電気電子工学科学士論文.
- 内本遥, MU レーダーデータによる大気物理量の季節・年々変動(1987-2022), 令和 5 年度京都大学工学部電気電子工学科学士論文.
- 岩本英里子, PANSY 試験システム「すみれ」を用いた低高度観測システムの開発, 令和 5 年度京都大学工学部電気電子工学科学士論文.
- 峯田一輝, インドネシアにおける煙霧観測のためのバイスタティック偏光ライダーに関する研究, 令和 5年度東京都立大学システムデザイン学部電子情報システム工学科学士論文.
- 福山瑠一斗, MU レーダーで観測された積雲対流の内部構造に関する研究(2019 年 7 月 23 日の 事例解析), 令和 5 年度大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科学士論文.

### •学術論文誌

- Marzuki, Ravidho Ramadhan, Helmi Yusnaini, Findy Renggono, Mutya Vonnisa, and Hiroyuki Hashiguchi, Comparison of vertical profile of raindrop size distribution from micro rain radar with global precipitation measurement over Western Java Island, Remote Sensing Applications Society and Environment, 29, 100885, doi:10.1016/j.rsase.2022.100885, 2023.
- T. Matsuda and H. Hashiguchi, DDMA-MIMO Observations with the MU Radar: Validation by Measuring a Beam Broadening Effect, IEEE J-STARS, 16, 3083-3091, doi:10.1109/JSTARS.2023.3258139, 2023.
- K. Sato, Y. Tomikawa, M. Kohma, R. Yasui, D. Koshin, H. Okui, S. Watanabe, K. Miyazaki ,M. Tsutsumi, D. Murphy, C. Meek, Y. Tian, M. Ern, G. Baumgarten, J.L. Chau, X. Chu, R. Collins, P.J. Espy, H. Hashiguchi, A.J. Kavanagh, R. Latteck, F.-J. Lubken, M. Milla, S. Nozawa, Y. Ogawa, K. Shiokawa, M.J. Alexander, T. Nakamura, and W.E. Ward, Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling (ICSOM): Concept, Campaigns, and Initial Results, J. Geophys. Res.: Atmospheres, 128, e2022JD038249, doi:10.1029/2022JD038249, 2023.
- H. Luce, L. Kantha, H. Hashiguchi, D. Lawrence, A. Doddi, T. Mixa, and M. Yabuki, Turbulence kinetic energy dissipation rate: assessment of radar models from comparisons between 1.3 GHz

- wind profiler radar (WPR) and DataHawk UAV measurements, Atmos. Meas. Tech., 16, 3561-3580, doi:10.5194/amt-16-3561-2023, 2023.
- W.R. Szkolka, D.B. Baranowski, M.K. Flatau, Marzuki, T. Shimomai, and H. Hashiguchi, Diurnal Cycle of Tropospheric Winds over West Sumatra and Its Variability Associated with Various Climate and Weather Modes, Atmosphere, 14, 1521, doi:10.3390/atmos14101521, 2023.
- H. Luce, L. Kantha, and H. Hashiguchi, Statistical assessment of a Doppler radar model of TKE dissipation rate for low Richardson numbers (weakly stratified or strongly sheared conditions), Atmos. Meas. Tech., 16, 5091-5101, doi:10.5194/amt-16-5091-2023, 2023.
- M. Yabuki, K. Miura, T. Mori, H. Hayami, and H. Kuze, Aerosol Spatial Distribution Observed by a Mobile Vehicle Lidar with Optics for Near-Range Detection, In: Sullivan, J.T., et al. Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference, ILRC 2022, Springer Atmospheric Sciences. Springer, Cham, 303-309, doi:10.1007/978-3-031-37818-8\_40, 2023.
- Y. Uchiho, K. Matsuki, E. Takeuchi, T. Hasegawa, and M. Yabuki, Observation of Water Vapor Profiles by Raman Lidar with 266-nm Laser in Tokyo. In: Sullivan, J.T., et al. Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference, ILRC 2022, Springer Atmospheric Sciences, Springer, Cham, 373-378, doi:10.1007/978-3-031-37818-8 49, 2023.
- C. Jiang, L. Wei, T. Yokoyama, R. Tian, T. Liu, and G. Yang, Modeling of Multi-Ion Plasma Bubbles in the Equatorial Ionosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 128, e2023JA031753, doi:10.1029/2023JA031753, 2023.
- C. Rino, T. Yokoyama, and C. Carrano, A three-dimensional stochastic structure model derived from high-resolution isolated equatorial plasma bubble simulations, Earth, Planets and Space, 75, 64, doi:10.1186/s40623-023-01823-6, 2023.
- W. Fu, T. Yokoyama, N. Ssessanga, G, Ma, and M. Yamamoto, Nighttime Midlatitude E-F Coupling in Geomagnetic Conjugate Ionospheres: A Double Thin Shell Model and a Multi-Source Data Investigation, J. Geophys. Res. Space Physics, 128, e2022JA031074, doi:10.1029/2022JA031074, 2023.
- A.O. Afolayan, J. S. Mandeep, M. Abdullah, N. S. A. Hamid, and T. Yokoyama, Effect of the seed perturbation amplitude on the equatorial spread F initiation during solar minimum, Adv. Space Res., 71, 255-267, doi:10.1016/j.asr.2022.09.035, 2023.
- T. Thanakulketsarat, P. Supnithi, L.M.M. Myint, K. Hozumi, and M. Nishioka, Classification of the equatorial plasma bubbles using convolutional neural network and support vector machine techniques, Earth Planets Space, 75, 161, doi:10.1186/s40623-023-01903-7, 2023.
- K. Seechai, L.M.M. Myint, K. Hozumi, M. Nishioka, S. Saito, M. Yamamoto, and P. Supnithi, Simultaneous equatorial plasma bubble observation using amplitude scintillations from GNSS and LEO satellites in low-latitude region, Earth Planets Space, 75, 127, doi:10.1186/s40623-023-01877-6, 2023.
- K. Hosokawa, S. Saito, H. Nakata, C.-H. Lin, J.-T. Lin, P. Supnithi, I. Tomizawa, J. Sakai, T. Takahashi, T. Tsugawa, M. Nishioka, and M. Ishii, Monitoring of equatorial plasma bubbles using aeronautical navigation system: a feasibility study, Earth Planets Space, 75, 152, doi:10.1186/s40623-023-01911-7, 2023.
- L. Wei, C. Jiang, T. Yokoyama, J. Liu, G. Yang, and Y. Hu, Investigation of the Occurrence

Characteristics and Possible Origins of Daytime Spread F Irregularities in Low Latitude Region, J. Geophys. Res. Space Physics, 129, e2023JA031809, doi:10.1029/2023JA031809, 2024.

### •学会等発表

- 齊藤昭則・阿部琢美・横山竜宏・西山尚典・高橋透・坂崎貴俊, 超高層大気分野研究の将来計画 における観測ロケット実験, 第 5 回観測ロケットシンポジウム, Virtual, 2023 年 2 月.
- 齊藤昭則・阿部琢美・松岡彩子・石坂圭吾・齊藤義文・田川雅人・熊本篤志・横田久美子・小嶋浩嗣・栗田怜・村田直史・斎藤享・高橋透・西岡未知・細川啓祐・横山竜宏・Huixin Liu・西山尚典・坂崎貴俊, Es 層形成過程の中性大気とプラズマ大気の同時観測による解明: S-310-46 号機プロジェクト 第 5 回観測ロケットシンポジウム, Virtual, 2023 年 2 月.
- 松田知也・西村耕司・橋口浩之, MU レーダーを用いた DDMA MIMO レーダー検証 -月面反射エコーを用いた Capon 法との組み合わせ 実験-, 日本気象学会 2023 年度春季大会, オンライン・東京, 2023 年 5 月 16-20 日.
- 松木一人・内保裕一・竹内栄治・長谷川壽一・矢吹正教・清水慎吾・白石浩一・吉田智・酒井哲, ソーラーブラインド領域のレーザを用いた水蒸気/気温ラマンライダーによる連続測定,日本気 象学会 2023 年度春季大会,オンライン・東京,2023 年 5 月 16-20 日.
- 横山竜宏・采山裕紀・劉鵬・山本衛, 信楽イオノゾンデ観測を用いた機械学習によるスポラディック E 層の自動検出と統計解析, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, オンライン・幕張, 2023 年 5月 21-26日.
- 劉鵬・横山竜宏・山本衛,深層学習再帰型ニューラルネットワークを用いた地球電離圏全電子数マップの時空間系列予測,日本地球惑星科学連合 2023 年大会,オンライン・幕張,2023 年 5 月 21-26 日.
- Weizheng Fu・横山竜宏・Nicholas Ssessanga・馬冠一・山本衛, Study of Nighttime Mid-latitude E-F Coupling in Geomagnetic Conjugate Regions Using a Double-thin-shell Model and Multi-source Data, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会、オンライン・幕張, 2023 年 5 月 21-26 日.
- Lehui Wei, Chunhua Jiang, and Tatsuhiro Yokoyama, The Occurrence Characteristics of Daytime Spread F in the Low Latitude Regions During 2013-2020 Observed by Puer Ionosonde, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, オンライン・幕張, 2023 年 5 月 21-26 日.
- Zezhong Li, Jiuhou Lei, Binzheng Zhang, and Tatsuhiro Yokoyama, Three-dimensional Simulation of Equatorial Spread F: Effects of Field-aligned Plasma Flow and Ionospheric Conductivity, 日本地 球惑星科学連合 2023 年大会, オンライン・幕張, 2023 年 5 月 21-26 日.
- 山本衛・橋口浩之・横山竜宏・津田敏隆, 赤道 MU レーダー計画の現状 2023, 日本地球惑星科 学連合 2023 年大会, オンライン・幕張, 2023 年 5 月 21-26 日.
- 矢吹正教・三浦和彦・久世宏明・松木一人・内保裕一・竹内栄治・長谷川壽一,紫外ライダーによる地表面に近い大気の気象・環境観測,日本地球惑星科学連合 2023 年大会,オンライン・幕張,2023 年 5 月 21-26 日.
- Jenn-Shyong Chen, Yen-Hsyang Chu, Ching-Lun Su, Chien-Ya Wang, and Hiroyuki Hashiguchi, Multireceiver and multifrequency techniques used with VHF atmospheric radar for volume imaging, IG15-A008, Asia Oceania Geosciences Society 20th Annual Meeting, Singapore, July 30-August 4, 2023
- K. Sato, Y. Tomikawa, M. Kohma, R. Yasui, D. Koshin, H. Okui, S. Watanabe, K. Miyazaki ,M.

- Tsutsumi, D. Murphy, C. Meek, Y. Tian, M. Ern, G. Baumgarten, J.L. Chau, X. Chu, R. Collins, P.J. Espy, H. Hashiguchi, A.J. Kavanagh, R. Latteck, F.-J. Lubken, M. Milla, S. Nozawa, Y. Ogawa, K. Shiokawa, M.J. Alexander, T. Nakamura, and W.E. Ward, Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling (ICSOM), AS12-A016, Asia Oceania Geosciences Society 20th Annual Meeting, Singapore, July 30-August 4, 2023.
- T. Yokoyama, R. Takagi, and M. Yamamoto, Solar and Geomagnetic Activity Dependence of 150-km Echoes Observed by the Equatorial Atmosphere Radar in Indonesia, Asia Oceania Geosciences Society 20th Annual Meeting, Singapore, July 30-August 4, 2023.
- T. Yokoyama, Y. Uneyama, P. Liu, and M. Yamamoto, Automatic scaling of foF2 and foEs from ionograms obtained at Shigaraki MU Observatory, Asia Oceania Geosciences Society 20th Annual Meeting, Singapore, July 30-August 4, 2023.
- Takuya Tsugawa, Michi Nishioka, and Septi Perwitasari, NICT Space Weather Research and Operation, ASEAN-IVO kick-off meeting, Bangkok, Thailand, August 2-3, 2023.
- Michi Nishioka, Septi Perwitasari, and Takuya Tsugawa, SEALION Project and NICT's SW research, ASEAN-IVO kick-off meeting, Bangkok, Thailand, August 2-3, 2023.
- Septi Perwitasari, Michi Nishioka, and Takuya Tsugawa, SEALION Overview and Plasma Bubble Alert Project, ASEAN-IVO kick-off meeting, Bangkok, Thailand, August 2-3, 2023.
- Koji Nishimura, Yuan Wang, Hiroyuki Hashiguchi, Taishi Hashimoto, Masaki Tsutsumi, Toru Sato, and Kaoru Sato, Development of Boundary Layer Observation Apparatus for VHF Atmosphere Radar, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- Koji Nishimura, Erlu Chuai, and Hiroyuki Hashiguchi, Estimating the Cross-Radial Wind Velocity based on the Spectral Observation Theory for Atmospheric Radar, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- T. Yokoyama, M. Yamamoto, and Y. Otsuka Incoherent Scatter Observations by the MU Radar over Japan: Potential Contribution to the IRI Model, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- T. Yokoyama, H. Jin, and H. Shinagawa, Multi-Scale Simulation of Equatorial Plasma Bubbles with GAIA Model, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- P. Liu, T. Yokoyama, and M. Yamamoto, Spatiotemporal Sequence Prediction of Global Ionospheric Total Electron Content Map Based on Deep Learning Recurrent Neural Network, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- Hubert Luce, Masanori Yabuki, Hiroyuki Hashiguchi, Koji Nishimura1 and Lakshmi Kantha, A potpourri of recent experimental and theoretical studies on small-scale turbulence from radiosondes and the VHF MU radar (Japan), FISAPS Workshop on Research Using High Vertical-Resolution Radiosonde Data, Boulder, USA, August 30-September 1, 2023.
- 矢吹正教・三浦和彦・森樹大・速水洋・久世宏明, 車載ライダーを用いた都市大気エアロゾルの鉛 直断面観測, 第40回エアロゾル科学・技術研究討論会, 群馬, 2023年8月30日-9月1日.
- 柴田泰邦, 各種大気ライダーの送信系・受信系の基礎, LSS 基礎セミナー, レーザセンシング学会, つくば・オンライン, 2023 年9月6日.

- 矢吹正教・松木一人・内保裕一・竹内栄治・長谷川壽一, 気温計測精度向上のための回転ラマンライダー受光光学系の最適化, 第41回レーザセンシングシンポジウム, つくば, 2023年9月6-8日.
- 柴田泰邦・阿保真・長澤親生,対流圏~成層圏観測のためのインドネシア TMU ライダーの現状, 第 41 回レーザセンシングシンポジウム, つくば・オンライン, 2023 年 9 月 6-8 日.
- Shoichi Shige, Nozomu Toda, Shunsuke Aoki, Riku Shimizu, Miho Yamamoto, Kazumasa Aonashi, Yusuke Goto, Taro Shinoda, Masanori Yabuki, and Hiroyuki Hashiguchi, Analysis of Precipitation Processes by Combining Atmospheric and Weather Radar Vertical Doppler Velocity Observations: A Case Study of GPM Core Satellite Observations of Heavy Rainfall during the Baiu Season, 2023 PMM Meeting, Minneapolis, USA, 2023 年 9 月 18 日 -22 日.
- 橋口浩之, MU レーダー・赤道大気レーダー共同利用の現状, 第 17 回 MU レーダー・赤道大 気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 松田知也・橋口浩之, MU レーダーを用いた DDMA-MIMO 観測実験:対流圏観測によるビーム幅検証, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年9月 19-20 日.
- 石井佑奈・橋口浩之, 1.3GHz 帯大気レーダーを用いた MIMO レーダーの開発, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 戸田望・重尚一・橋口浩之・西憲敬・Christopher R. Williams,赤道大気レーダ/MU レーダと下部対流圏レーダを組み合わせた降水雲内の大気鉛直流の推定,第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム、オンライン、2023 年 9 月 19-20 日.
- 堤雅基・橋本大志・西村耕司・佐藤亨・高麗正史・佐藤薫, PANSY レーダーによる流星風長期連続観測,第17回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム,オンライン,2023年9月19-20日.
- 釆山裕紀・横山竜宏・劉鵬・山本衛, 信楽イオノゾンデ観測を用いた機械学習によるスポラディック E 層の自動検出と統計解析, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Khanifah Afifi, Noersomadi, and Nurjanna Joko Trilaksono, Indirect effect of the Mixed Rossby Gravity waves associated with the Madden-Julian Oscillation on the tropopause inversion layer, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Anis Purwaningsih, Noersomadi, Toshitaka Tsuda, Tiin Sinatra, Halimurrahman, Nani Cholianawati, and Asif Awaludin, Analysis of frequency and vertical wavenumber spectra of winds and temperature in the upper troposphere-lower stratosphere (UTLS) using superior-vertical-resolution radiosondes observed at the Equatorial Atmosphere Radar (EAR) observatory, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Tiin Sinatra, Noersomadi, Asif Awaludin, Halimurrahman, Nani Cholianawati, Anis Purwaningsih, Toshitaka Tsuda, Hiroyuki Hashiguchi, and Hubert Luce, Comparison of the turbulence echo power by EAR with the refractive index gradient and the atmospheric stability analyzed using hourly radiosondes with 10m vertical resolution, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Asif Awaludin, Nani Cholianawati, Halimurrahman, Tiin Sinatra, Noersomadi, Anis Purwaningsih, Toshitaka Tsuda, and Hiroyuki Hashiguchi, Atmospheric Humidity Estimation from Wind Profiler

- Radar and Radio Acoustic Sounding System using Ensemble Learning, 第 17 回 MU レーダー・ 赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Halimurrahman, Toshitaka Tsuda, Asif Awaludin, Noersomadi, Didi Satiadi, Nani Cholianawati, Tiin Sinatra, and Anis Purwaningsih, Study on the best-fit Probability Density Function (PDF) Model of the Refractive Index Gradient Profile Using Long-Term Radiosonde Campaign Data in the Equatorial Region, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Toshitaka Tsuda, Nani Cholianawat, and Noersomadi, A Relation between Bending Angle Gradient of GNSS RO and Atmospheric Stability: (Part I) Model study, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Noersomadi, Toshitaka Tsuda, and Nani Cholianawat, A Relation between Bending Angle Gradient of GNSS RO and Atmospheric Stability: (Part II) Observational study, 第 17 回 MU レーダー・赤 道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 重尚一・戸田望・青木俊輔・清水陸・篠原雅貴・山本実歩・青梨和正・後藤悠介・篠田太郎・ 矢吹正教・橋口浩之, 大気と気象レーダの鉛直方向ドップラー速度観測を組み合わせた降 水過程の解析:GPM 主衛星の梅雨期豪雨観測事例, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レー ダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 篠原雅貴・重尚一・青梨和正・鈴木賢士・濱田篤・金子有紀・久保田拓志・尾上万里子・橋口浩之, 信楽 MU 観測所で観測した 2023 年冬季降雪事例の解析, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 佐伯悠太郎・下舞豊志, MU レーダーと MRR によるブライトバンドの同時観測, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 前川泰之・柴垣佳明, 衛星回線における近年の降雨減衰時間率の増加の特徴について, 第17回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年9月 19-20 日.
- 吉原貴之・瀬之口敦・毛塚敦・齋藤享・古賀禎, 航空機監視装置から得られる風情報の補正手法の開発に向けて, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 矢吹正教・松木一人・内保裕一・竹内栄治・長谷川壽一, 深紫外光源を用いた気温ラマンライダーの開発, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023年9月19-20日.
- 柴田泰邦・阿保真・長澤親生, 赤道域対流圏・成層圏エアロゾルのライダー観測, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 森本太郎, MU レーダーによる効率的なスペースデブリの観測手法, 第 17 回 MU レーダー・ 赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 木村侑希大・西村耕司・橋口浩之,1.3GHz 帯大気レーダーを用いたアダプティブクラッター 抑圧の開発,第17回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム,オンライン,2023年9月19-20日.
- Chuai Erlu, Koji Nishimura, and Hiroyuki Hashiguchi, Estimating the Cross-Radial Wind Velocity based on the Spectral Observation Theory for Atmospheric Radar, 第 17 回 MU レーダー・赤道 大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Hubert Luce, Masanori Yabuki, and Hiroyuki Hashiguchi, On the turbulent layer depth dependence of

- TKE dissipation rate from LQ7-WPR and Lidar data analysis, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気 レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 内本遥・Hubert Luce・橋口浩之・山中大学, 1987~2022 年の MU レーダーデータ統計解析に 関する初期結果, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 香川大輔・橋本大志・齊藤昭則・西村耕司, 南極昭和基地大型大気レーダーによる電離圏沿磁力線不規則構造の観測, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 湯谷樹生・横山竜宏,高分解能電離圏シミュレーションを用いたプラズマバブル発生の日々変動に関する研究,第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム,オンライン,2023 年 9 月 19-20 日.
- Septi Perwitasari, Kornyanat Hozumi, and Michi Nishioka, Equatorial Plasma Bubble Alert System: Equatorial Spread F Auto Detection Method for SEALION Ionogram, 第 17 回 MU レーダー・ 赤道大気レーダーシンポジウム、オンライン、2023 年 9 月 19-20 日.
- Weizheng Fu, Yuichi Otsuka, Tatsuhiro Yokoyama, and Mamoru Yamamoto, Assessing the performance of the double-thin-shell approach with improved resolution for studying nighttime MSTIDs using dual dense GNSS networks in Japan, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム、オンライン、2023 年 9 月 19-20 日.
- 斎藤亨・野崎太成・山本衛・Nicholas Ssessanga, 3-D structure of ionospheric disturbance over Japan after the eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai on 15 January 2022, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Septi Perwitasari, Michi Nishioka, and Takuya Tsugawa, Development of an Autonomous Method for Equatorial Spread-F Detection from SEALION Ionosonde Data, SGEPSS 2023, Sendai, September 24-27, 2023.
- 石井佑奈・橋口浩之, 1.3GHz 帯大気レーダーを用いた MIMO レーダーの開発, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台・オンライン, 2023 年 10 月 23-26 日.
- 木村侑希大・西村耕司・橋口浩之,1.3GHz 帯大気レーダーを用いたアダプティブクラッター 抑圧の開発,日本気象学会 2023 年度秋季大会,仙台・オンライン,2023 年 10 月 23-26 日.
- 戸田望・重尚一・橋口浩之・西憲敬・Christopher R. Williams, 赤道大気レーダと境界層レーダを用いた降水雲内の大気鉛直流の推定, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台・オンライン, 2023 年 10 月 23-26 日.
- 重尚一・戸田望・青木俊輔・清水陸・篠原雅貴・山本実歩・青梨和正・後藤悠介・篠田太郎・ 矢吹正教・橋口浩之, 大気と気象レーダの鉛直方向ドップラー速度観測を組み合わせた降 水過程の解析: GPM 主衛星の梅雨期豪雨観測事例, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙 台・オンライン, 2023 年 10 月 23-26 日.
- 篠原雅貴・重尚一・青梨和正・鈴木賢士・濱田篤・金子有紀・久保田拓志・尾上万里子・橋口浩之,マイクロレインレーダと地上設置型降水粒子撮像・重量計測システムを用いた固体降水粒子の解析,日本気象学会 2023 年度秋季大会,仙台・オンライン,2023 年 10 月 23-26 日.
- 重尚一・戸田望・青木俊輔・清水陸・篠原雅貴・山本実歩・青梨和正・後藤悠介・篠田太郎・矢吹 正教・橋口浩之, 大気と気象レーダの鉛直方向ドップラー速度観測を組み合わせた降水過程の

解析: GPM 主衛星の梅雨期豪雨観測事例, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台・オンライン, 2023 年 10 月 23-26 日.

Shoichi Shige, Nozomu Toda, Shunsuke Aoki, Riku Shimizu, Miho Yamamoto, Kazumasa Aonashi, Yusuke Goto, Taro Shinoda, Masanori Yabuki, and Hiroyuki Hashiguchi, Analysis of Precipitation Processes by Combining Atmospheric and Weather Radar Vertical Doppler Velocity Observations: A Case Study of GPM Core Satellite Observations of Heavy Rainfall during the Baiu Season, 2023 年度 JAXA 地球観測ミッション合同 PI ワークショップ、東京、2023 年 11 月 6 日 -10 日.

Ravidho Ramadhan, Marzuki, Wiwit Suryanto, Sholihun Sholihun Helmi Yusnaini, Toyoshi Shimomai, and Hiroyuki Hashiguchi, Evaluating Validation Methods for Satellite Precipitation Products Using Point Gauge Observations over Complex Topography, 3rd International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment (INCREASE), Virtual, November 21-22, 2023.

#### •受賞

- 津田敏隆, 大気リモートセンシング技術の開発による大気の力学的な上下結合の研究と国際学術研究発展への顕著な貢献, JpGU フェロー (2023 年 5 月 25 日).
- 矢吹正教, 大気エアロゾルの 3 次元センシングのための車載ライダー開発, 日本エアロゾル 学会 エアロゾル計測賞 (2023 年 8 月 31 日)
- 三菱電機株式会社電子通信システム製作所 (研究代表:松田知也), 対流圏ウィンドプロファイラの開発と気象観測での実用化, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 事例研究賞 (2023年9月)
- 野崎太成(京都大学:第2分野), イオノゾンデ同化 GNSS 電離圏 3次元リアルタイムトモグラフィ解析の改良と事例解析(R005-33), 地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞 (オーロラメダル) (2023年11月).
- 戸田望(京都大学), 赤道大気レーダと境界層レーダを用いた降水雲内の大気鉛直流の推定,日本気象学会 2023 年度秋季大会松野賞 (2023 年 12 月 16 日)
- 奥田真結, GPS 精密単独測位による積雲対流発生時の天頂大気遅延に関する研究, IEEE MTT-S/AP-S 合同若手技術交流会 Best Presentation Award (2023 年 12 月 23 日)

#### •特許

特許第 7381085 号 気象観測ライダー用受光系(長谷川壽一, 竹内栄治, 塚本誠, 矢吹正教), 2023 年 11 月.

# 電波科学計算機実験 (KDK) 共同利用·共同研究専門委員会 委員長 海老原 祐輔 (京都大学生存圏研究所)

### 1. 共同利用施設および活動の概要

電波科学計算実験装置 (KDK) は宇宙プラズマ、超高層・中層大気中の波動現象および宇宙電磁環境などの計算機実験による研究を推進させるために導入された計算機システムである。KDK は京都大学学術情報メディアセンターと共同調達し、吉田キャンパスに設置されている。2023 年度にリプレースが完了し、システム A、システム B、システム C、システム G を提供している。約1万の超並列計算が可能で、システム全体の理論総ピーク性能は762.6 TFLOPS に達する。また、生存圏研究所内に設置した解析用ワークステーションと実効容量約600 TB の補助記憶装置も利用できる。高性能な計算機環境を提供することにより、生存圏科学に関する新しい知見の獲得に貢献している。

システム名称	特徴	コア/GPU 数
システムA	演算性能を重視	10,080 コア
システム B	汎用性を重視	2,352 コア
システム C	メモリ容量を重視	112 コア
システム G	演算加速器(GPU)を搭載	1 GPU

### 2. 共同利用状況

2023 年度は 28 件の共同研究課題を採択した(表 1)。主システム(システム A)の稼働 状況を図 1 に示す。月あたりの利用時間(総 CPU 時間)は 300~400 億秒、実行したジョブ数は 2,500~3,000 で、効率良く利用されていることがわかる。各システムの利用状況を随時モニターし、ほぼ毎月開催している運用定例会で利用状況を確認している。資源を有効活用するため、必要に応じてユーザーに助言を行っている。

2(1 ) (1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1											
年度 (平成/ 令和)	25	26	27	28	29	30	31/R1	2	3	4	5
採択課題数	25 (1)	27(0)	30(0)	30(0)	28(0)	32(0)	32(0)	31(0)	31(0)	30(0)	28(0)
共同利	60	67	71	78	76	83	83	94	91	105	108
用者数	学内 23	学内 24	学内 25	学内 29	学内 32	学内 25	学内 25	学内 30	学内 17	学内 23	学内 28
**	学外 37	学外 43	学外 46	学外 49	学外 44	学外 58	学外 58	学外 64	学外 74	学外 82	学外 80

表1 共同利用研究課題採択および共同利用者数

<sup>\* ()</sup>内数字は国際共同利用課題数

<sup>\*\*</sup> 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 2023年度 システムA 利用状況グラフ 450 3,500 ■利用時間 ――ジョブ本数 400 3,000 350 2,500 300 利用時間(億秒) 2,000 250 200 1,500 150 1.000 100 500 50 2023-10 2023-12 2023-11

# 2023年度 Camphor3 利用状況

図 1: 主システム(システム A)の利用状況。棒グラフは月あたりの利用時間を、折れ線グラフは月あたりの投入ジョブの本数を示す。新システム A は 2023 年 9 月に試験運用を開始し、10 月に正式に稼働を開始した。

### 3. 専門委員会の構成及び開催状況 (2023年度)

### 3-1 専門委員会の構成

海老原祐輔(委員長、京大生存研)、臼井英之(神戸大)、梅田隆行(名大 ISEE)、天野孝伸(東大)、加藤 雄人(東北大)、蔡東生(筑波大)、篠原育(JAXA)、清水徹(愛媛大)、橋本久美子(吉備国際大)、三好勉信(九大)、村田健史(NICT)、八木谷聡(金沢大)、松尾哲司(京大工)、小嶋浩嗣(京大生存研)、橋口浩之(京大生存研)、山本衛(京大生存研)

### 3-2 専門委員会の開催状況

2023 年度専門委員会を2024年3月8日14時00分~15時00分にオンラインで開催し、2024年度電波科学計算機実験装置利用申請課題を審査する予定。

### 4. 共同利用研究課題

1	粒子法を用いたプラズマ推進機の運動論的シミュ	西山和孝	国立研究開発
	レーション		法人宇宙航空
			研究開発機構

2	サブストームトリガー機構のトポロジー構造	田中高史	九州大学
3	CFD/DSMC ハイブリッド流体解析と FD2TD 電波解析	杵淵紀世	名古屋大学
	によるロケット噴煙中プラズマによる電波障害予	志	
	測		
4	非定常磁気ノズルからのプラズマ離脱過程の検証	山本直嗣	九州大学
5	磁気嵐・サブストーム時の電磁エネルギー生成・伝	菊池 崇	名古屋大学
	送メカニズムの研究		
6	地球型惑星大気流出機構に関する研究:系外惑星へ	堺 正太朗	東北大学
	の応用		
7	自発的高速磁気再結合過程の三次元不安定性の数	清水 徹	愛媛大学
	值的研究		
8	太陽風磁気流体乱流の数値シミュレーション	成行泰裕	富山大学
9	地球磁気圏における磁気リコネクションの磁気流	近藤光志	愛媛大学
	体的研究		
10	レーダーインバージョンによる大気擾乱精測技術	橋口浩之	京都大学
	の開発		
11	磁気ノズルスラスタにおけるエネルギー輸送と中	鷹尾祥典	横浜国立大学
	性粒子が推進性能に与える影響の解析		
12	地球ダイポール磁場中の非線形波動粒子相互作用	大村善治	京都大学
	の計算機実験		
13	小型天体・宇宙プラズマ相互作用過程の大規模粒子	三宅洋平	神戸大学
	シミュレーション		L. Low L. NA
14	宇宙飛翔体・構造物において電位測定を行うセンサ	深澤伊吹	京都大学
	ープローブの特性に関する計算機シミュレーショ		
1.5			<b>工事你本上</b> 类
15	宇宙プラズマ中の高エネルギー荷電粒子の消失過	田所裕康	千葉経済大学
1.6	程無無なプラブマ中の運動診的不安字性に伴る特で	工配老仙	<b>事</b> 古 十 学
16	無衝突プラズマ中の運動論的不安定性に伴う粒子 の加熱・加速の研究	天野孝伸	東京大学
17	小天体近傍のイオン環境計算機実験	臼井英之	神戸大学
18	電子ハイブリッドコードによるホイッスラーモー		東北大学
10	ド・コーラス放射励起過程での波動粒子相互作用の	ハロルネム圧ノへ	木仙八十
	計算機実験		
19			電気通信大学
20	イオンサイクロトロン波動及び斜め伝搬ホイッス	謝怡凱	京都大学
40		1401 1日201	ハカルノナ

	ラーモード波動粒子相互作用のテスト粒子シミュ		
	レーション		
21	月面周辺における物体の帯電現象とその計測手法	栗田 怜	京都大学
	に関する計算機シュミレーション		
22	非線形イオンプラズマ不安定性による低温イオン	小路真史	名古屋大学
	加熱のシミュレーション		
23	衛星による船舶自動識別システム (AIS) 観測のため	西村耕司	京都大学
	の信号分離技術の開発		
24	磁気嵐・サブストームに伴う磁気圏高エネルギー荷	海老原祐	京都大学
	電粒子変動の研究	輔	
25	電粒子変動の研究 高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーシ	護辺正和	九州大学
25			九州大学
25 26	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーシ		九州大学中京大学
	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーションによるカスプ・マントル沿磁力線電流系の再現	渡辺正和	
	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーションによるカスプ・マントル沿磁力線電流系の再現電気推進機放出プラズマ環境中の宇宙機周辺電位	渡辺正和	
26	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーションによるカスプ・マントル沿磁力線電流系の再現電気推進機放出プラズマ環境中の宇宙機周辺電位構造解析	渡辺正和村中崇信	中京大学
26	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーションによるカスプ・マントル沿磁力線電流系の再現電気推進機放出プラズマ環境中の宇宙機周辺電位構造解析 水星磁気圏の3次元大域的完全電磁粒子シミュレー	渡辺正和村中崇信	中京大学
26	高空間解像度のグローバル磁気流体シミュレーションによるカスプ・マントル沿磁力線電流系の再現電気推進機放出プラズマ環境中の宇宙機周辺電位構造解析 水星磁気圏の3次元大域的完全電磁粒子シミュレーション:モンテカルロ衝突をいれた粒子モデル	渡辺正和村中崇信蔡 東生	中京大学

### 5. 共同利用研究の成果

### 5-1. 学術論文(13編)

- 1. Bergman, S., Y. Miyake, S. Kasahara, F. L. Johansson, and P. Henri, Spacecraft Charging Simulations of Probe B1 of Comet Interceptor during the Cometary Flyby, The Astrophysical Journal, 959, 138, https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad0ce5, 2023.
- Bertrand-Delgado, R., R.T. Desai, F. Zorto-Aguilera, Z. Zhang, Y. Miyake, Spacecraft Charging of the Morazán MRZ-SAT Satellite in Low Earth Orbit: Initial Results on the Influence of Energetic Electron Anisotropy on Differential Charging, Proceedings of 74th International Astronautical Congress (IAC), IAC-23-B4.IP.6, https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.11803, 2023.
- 3. Hsieh, Y.-K., & Omura, Y. Precipitation rates of electrons interacting with lower-band chorus emissions in the inner magnetosphere. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 128, e2023JA031307. https://doi.org/10.1029/2023JA031307, 2023.
- 4. Jikei, T., T. Amano, and Y. Matsumoto, Enhanced Magnetic Field Amplification by Ion-Beam Weibel Instability in Weakly Magnetized Astrophysical Shocks, The Astrophysical Journal, in press., 2023.
- 5. Katoh, Y., P. S. Rosendahl, Y. Ogawa, Y. Hiraki, and H. Tadokoro, Effect of the mirror force on the collision rate due to energetic electron precipitation: Monte Carlo simulations. Earth Planets Space, 75, 117, doi:10.1186/s40623-023-01871-y, 2023.
- 6. Miyake, Y., Y. Sunada, Y. Tanaka, K. Nakazawa, T. Nanri, K. Fukazawa, Y. Katoh,

- Implementation of Coupled Numerical Analysis of Magnetospheric Dynamics and Spacecraft Charging Phenomena via Code-To-Code Adapter (CoToCoA) Framework, Computational Science ICCS 2023 Lecture Notes in Computer Science, 14074, 438-452, https://doi.org/10.1007/978-3-031-36021-3 46, 2023.
- 7. Miyake, Y., and J. Takagi. Particle Simulations of Radio Wave Scattering by Small Objects covered with a Charged Particle Layer, Journal of Evolving Space Activities, 1, 50, https://doi.org/10.57350/jesa.50, 2023.
- 8. Nogi, T., and Y. Omura, Upstream shift of generation region of whistler-mode risingtone emissions in the magnetosphere. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 128, e2022JA031024. https://doi.org/10.1029/2022JA031024, 2023.
- 9. Pandya, M., Y. Ebihara, T. Tanaka, J. Manweiler, and S. Vines, Intensification of the Electron Zebra Stripes in the Earth's Inner Magnetosphere During Geomagnetic Storms, Geophysical Research Letters, in press, doi:10.1029/2023GL107822, 2023.
- Saito, K., Y. Katoh, Y. Kawazura, M. Kitahara, T. Kimura, and A. Kumamoto, Plasma distribution solver: A model for field-aligned plasma profiles based on spatial variation of velocity distribution functions, J. Geophys. Res.: Space Physics, 128, e2023JA031660, doi:10.1029/2023JA031660, 2023.
- 11. Sakai, S., K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, R. Sakata, T. Tanaka, and Y. Ebihara, Enhanced ion escape rate during IMF rotation under weak intrinsic magnetic field conditions on a Mars-like planet, J. Geophys. Res.: Space Physics, 128, e2022JA030510, doi:10.1029/2022JA030510, 2023.
- 12. Zhang, T., Y. Ebihara and T. Tanaka, Nighttime geomagnetic response to jumps of solar wind dynamic pressure: A possible cause of Quebec blackout in March 1989, Space Weather, 21, 11, e2023SW003493, doi:10.1029/2023SW003493, 2023.
- 13. Zhang, Z., R. T. Desai, O. Shebanits, F. L. Johansson, Y. Miyake, and H. Usui, Simulating Secondary Electron and Ion Emission from the Cassini Spacecraft in Saturn's Ionosphere, The Planetary Science Journal, 4(6), 105, https://doi.org/10.3847/psj/acd844, 2023.

### 5-2. 学会発表(58 件)

- 1. 安部亮佑, 西山和孝, 鷹尾祥典, マイクロ波放電式中和器を対象とした 2 次元 PIC コードの開発, 令和 5 年度宇宙輸送シンポジウム, 2024 年 1 月 18-19 日, STEP-2023-014.
- 2. Charton, V. and Kinefuchi, K., Investigation on the Simulation of a Nozzle Flow Ionization in a Rarefied Atmosphere Using a Post-computation Approach, The 34th International Symposium on Space Technology and Science, June 2023.
- 3. Charton, V. and Kinefuchi, K., Contribution of a Hybrid NS-DSMC Methodology for Rarefied Jet Flow Simulations, The 11th Asian Joint Conference on Propulsion and Power, March 2023.
- 4. Ebihara, Y., T. Tanaka, Generation of field-aligned currents during substorm expansion: The latest updates, The 15th international conference on substorms (ICS-15), October 2023 (招待講演)
- 5. 海老原祐輔, 田中高志, 沿磁力線電流ダイナモと地磁気サブストーム発達の関係について, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季年会 (第154回講演会・総会), 2023 年 09 月
- 6. Ebihara, Y., T. Tanaka, Generation of field-aligned currents (FACs) intensified at

- substorm expansion onset, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2023, May 2023
- 7. 江本一磨, 東郷訓, 片沼伊佐夫, 坂本瑞樹, ミラー装置を対象とした particle-in-cell シミュレーションの開発と無電極推進との関連, 令和 5 年度 宇宙輸送シンポジウム, 2024 年 1 月.
- 8. 江本一磨, 東郷訓, 坂本瑞樹, 開放端プラズマを対象とした準1次元 PIC 計算の 初期検討, 第40回プラズマ・核融合学会年会, 2023年11月.
- 9. Emoto, K., S. Togo, Y. Takao, K. Takahashi, M. Sakamoto, Effects of high-energy electrons on the low- and high-temperature plasma expansion in the divergent magnetic fields, 7th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Nov. 2023.
- 10. Emoto, K., S. Togo, Y. Takao, K. Takahashi, I. Katanuma, M. Sakamoto, A preliminary kinetic study on plasma flow in open magnetic systems using a quasi-one-dimensional particle-in-cell model, Global Plasma Forum, Oct. 2023.
- 11. 江本一磨, 高橋和貴, 鷹尾祥典, 磁気ノズルスラスタにおける高エネルギー電子 輸送の PIC-MCC 解析, 日本物理学会 第78回年次大会, 2023年9月.
- 12. Emoto, K., S. Togo, Y. Takao, K. Takahashi, M. Sakamoto, Preliminary Kinetic Analyses of Open Magnetic Systems for Low- and High-Temperature Plasmas, The 2nd International Fusion and Plasma Conference & The 13th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma, Aug. 2023.
- 13. Emoto, K., K. Takahashi, Y. Takao, Particle-in-Cell and Monte Carlo Collision Simulations of Laboratory Plasma and Analysis of Plasma Expansion in Magnetic Nozzles, 34th IUPAP Conference on Computational Physics, Aug. 2023.
- 14. 江本一磨, 発散磁場構造を持つ RF プラズマ源における密度構造形成と高エネルギー電子輸送の運動論的解析, 第28回数値トカマク(NEXT)研究会, 2023 年8月.
- 15. 深澤 伊吹, 三宅 洋平, 臼井 英之, 草地 恒史郎, 栗田 怜, 小嶋 浩嗣,Particle-In-Cell Simulations of Interferometry Observations by Single Spacecraft, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2023, May 2023.
- 16. Fukasawa Ibuki, Yohei Miyake, Hideyuki Usui, Koshiro Kusachi, Satoshi Kurita, Hirotsugu Kojima, Computer Simulations on Single-Spacecraft Interferometry Technique Using Monopole Electric Field Sensors, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, Aug 2023.
- 17. Hsieh, Y.-K., & Omura, Y., Energetic electron precipitation due to nonlinear trapping and scattering in oblique chorus wave-particle interactions, American Geophysical Union (AGU) 2023 Meeting, San Francisco, USA & Online, Dec 2023. (invited talk)
- 18. Hsieh, Y.-K., & Omura, Y., Energetic Electron Precipitation induced by lower-band chorus emissions, The 7th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2023), Nagoya, Japan, Nov 2023. (invited talk)
- 19. Hsieh, Y.-K., & Omura, Y., Pitch angle scattering rates and energetic electron precipitation caused by chorus emissions in the inner magnetosphere, Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences (SGEPSS) Fall Meeting, Sendai, Japan & Online, Sep 2023.
- Hsieh, Y.-K., & Omura, Y., Electron Precipitation Processes due to Oblique Chorus Emissions, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, Aug 2023.
- 21. Hsieh, Y.-K., Wang, X., & Omura, Y., Nonlinear wave damping of chorus emission around 0.5 electron gyrofrequency demonstrated by 2D general curvilinear particle-incell simulation, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2023, Chiba, Japan & Online,

- May 2023.
- 22. 寺境太樹, 天野孝伸, 松本洋介, Simulation of Weibel instability in weakly magnetized plasmas, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023 年 5 月
- 23. 寺境太樹, 天野孝伸, 松本洋介, Electron pre-acceleration in shock transition regions of weakly magnetized perpendicular shocks, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年 秋季年会(第 154 回講演会・総会), 2023 年 09 月
- 24. Jikei, T., Amano, T., Y. Matsumoto, Simulation of Weibel instability in weakly magnetized astrophysical shocks, 38th International Cosmic Ray Conference, Nagoya, Japan, Sep 2023
- 25. Katoh, Y., P. S. Rosendahl, Y. Ogawa, Y. Hiraki, and H. Tadokoro, Effect of the mirror force on the collision rate due to relativistic electron precipitation, AGU Fall Meeting 2023, San Francisco, 11-15 December 2023.
- 26. 近藤光志, 太陽コロナ中の非対称磁気リコネクション, 地球電磁気・地球惑星圏 学会 2023 年秋季年会, 2023 年 9 月
- Kondoh K., Study of the global structure of the dayside magnetic reconnection using MHD simulations and in-situ observations, AGU Fall Meeting 2023, San Francisco, December 2023
- 28. Naoki Katsura, Tomihiko Kojima, Naoji Yamamoto, and Taichi Morita, Relation between the Electric Field Fluctuation and Electron Detachment in a Magnetic Thrust Chamber for Laser Fusion Rockets, 34th International Symposium on Space Technology and Science, ISTS2023-b-56, Kurume, 2023 年 6 月
- Koji Nishimura, Erlu Chuai, and Hiroyuki Hashiguchi, Estimating the Cross-Radial Wind Velocity based on the Spectral Observation Theory for Atmospheric Radar, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- 30. Chuai Erlu, Koji Nishimura, and Hiroyuki Hashiguchi, Estimating the Cross-Radial Wind Velocity based on the Spectral Observation Theory for Atmospheric Radar, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 31. Yokoyama, T., H. Jin, and H. Shinagawa, Multi-Scale Simulation of Equatorial Plasma Bubbles with GAIA Model, XXXVth International Union of Radio Science General Assembly and Scientific Symposium [Sapporo: August 2023] (Invited).
- 32. Miyake, Y., Numerical Study of Surface Charging Process on Airless Planetary Bodies, 8th MMX/SSG-SST Meeting, Apr., 2023 (invited).
- 33. Miyake, Y., J. Nakazono, Lunar Plasma and Electrostatic Environment: Numerical Approach and its Future Prospects, EGU General Assembly, April, 2023.
- 34. Miyake, Y., Role of Numerical Studies in the Electrostatics of the Moon, LuPIN-1: Lunar Plasma Interdisciplinary Network, Sep., 2023 (invited).
- 35. 水野雄太, 海老原祐輔, 田中高志, サブストーム時の地球近傍プラズマシートに おけるイオンの加速率のエネルギー、ピッチ角、質量、電荷依存性, 地球電磁気・ 地球惑星圏学会 2023 年秋季年会 (第 154 回講演会・総会), 2023 年 09 月
- 36. 三宅洋平, 砂田洋平, 田中唯逸, 深沢圭一郎, 南里豪志, 加藤雄人, コード間結合フレームワークに基づく宇宙環境変動 衛星帯電現象連成解析プラットフォームの開発, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季年会 (第154回講演会・総会), 2023 年 9 月.
- 37. 三宅 洋平, 中園 仁, 早稲田 卓, 宮城 紀花, 月探査を見据えた月面帯電環境研究の現状と今後の展望, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会 2023 年 10 月.

- 38. Miyake, Y., Numerical Study on Long-Range Influences of Space Plasma Interactions with Airless Planetary Bodies, AGU Annual Meeting 2023, Dec., 2023.
- 39. 王若琳, 天野孝伸, Generation of oblique whistler waves by an energetic electron beam, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季年会(第 154 回講演会・総会), 2023 年 09 月
- 40. 山岡叡一郎, CHARTON Virgile, 杵淵紀世志, 反応流への発展に向けたハイブリッド NS-DSMC 法によるノズル流解析の最適化, 第 37 回数値流体力学シンポジウム, 2023 年 12 月.
- 41. Omura, Y., and T. Nogi, Generation processes of whistler-mode rising-tone emissions in the inner magnetosphere, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2023 Annual Meeting, Singapore, July 30 August 4, 2023.
- 42. Omura, Y., Y. Fujiwara, and T. Nogi, Generation of whistler-mode rising and falling tone emissions in an open system with a uniform magnetic field, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023 年 5 月
- 43. Omura, Y., Y. Fujiwara, and T. Nogi, Nonlinear wave growth process of whistler-mode hiss and chorus emissions in the magnetosphere, XXXVth URSI General Assembly of and Scientific Symposium, Sapporo, Japan, August 19-26, 2023.
- 44. Omura, Y., and T. Nogi, Upstream shift of generation region of rising-tone emissions triggered by whistler-mode waves in the magnetosphere, AAPPS-DPP 2023, Port Messe, Nagoya, Japan, Nov. 13, 2023.
- 45. Omura, Y., T. Sekine, D. Summers, Y. Hsieh, and S. Nakamura, Rapid acceleration of relativistic protons by electromagnetic ion cyclotron waves in the inner Jovian radiation belts, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2023, online, December, 2023.
- 46. 齋藤幸碩, 加藤雄人, 北原理弘, 川面洋平, 木村智樹, 熊本篤志,A. V. Artemyev,Y. Shen, Kinetic Alfven wave により捕捉された電子の非線形運動についての理論・数値的考察, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季年会, 2023 年 9 月.
- 47. Saito, K., Y. Katoh, Y. Kawazura, and A. Kumamoto, Theory and simulation of the nonlinear motion of resonant electrons trapped by kinetic Alfvén waves in the magnetosphere, AGU Fall Meeting 2023, San Francisco, 11-15 December 2023.
- 48. 堺正太朗, 火星大気散逸研究の現状と展望, 第24回惑星圏研究会, 仙台市, 2023年2月20日 (基調講演).
- 49. 堺正太朗,中山陽史, 関華奈子, 寺田直樹, 品川裕之, 坂田遼弥, 田中高史, Effects of stellar spectra on ion escape from a Mars-like planet orbiting inactive low-mass stars, 第 24 回惑星圈研究会, 仙台市, 2023 年 2 月 20 日-22 日.
- 50. Sakai, S., R. Sakata, K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, T. Tanaka, and Y. Ebihara, Effects of intrinsic and interplanetary magnetic fields on atmospheric escape from a Mars-like planet, 2023 International Conference of Deep Space Sciences, Online / China, 26 April 2023 (invited).
- 51. Sakai, S., A. Nakayama, K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, R. Sakata, F. Leblanc, D. A. Brain, and T. Tanaka, Effects of stellar spectra on atmospheric escape from a Mars-like planet orbiting inactive low-mass stars, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Online / Chiba, Japan, 24 May 2023.
- 52. Sakai, S., K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, R. Sakata, T. Tanaka, and Y. Ebihara, Enhanced ion escape rate during IMF rotation under weak intrinsic magnetic field conditions on a Mars-like planet, Asia Oceania Geosciences Society 20th Annual Meeting, Singapore, 31 July 2023.

- 53. 堺正太朗, 中山陽史, 関華奈子, 寺田直樹, 品川裕之, 坂田遼弥, F. Leblanc, D. Brain, 田中高史, 恒星 XUV スペクトルが及ぼす火星型惑星からの大気散逸への影響, 日本天文学会 2023 年秋季年会, 名古屋市, 2023 年 9 月 21 日.
- 54. 堺正太朗, 中山陽史, 関華奈子, 寺田直樹, 品川裕之, 坂田遼弥, F. Leblanc, D. Brain, 田中高史, Effects of stellar XUV spectra on atmospheric escape from a Marslike planet orbiting inactive low-mass stars, 第 154 回地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季年会, R009-18, 東北大学, 宮城県仙台市, 2023 年 9 月 27 日.
- 55. Takagi, K., Tsukizaki, R., Yamashita, Y., and Takao, Y., Effects of Tip Curvature on Multiple Emitted Ion Beams in Porous Ionic Liquid Electrospray Thrusters, AIAA SciTech Forum 2024, Orlando, FL, Jan. 8-12, 2024.
- 56. Watanabe, M., D. Cai, P. Xiong, S. Fujita, and T. Tanaka, Magnetic field topology of the magnetosphere evolving polar cap bifurcation in the ionosphere, Japan Geoscience Union Meeting 2023, PEM10-P17, Chiba, May 24, 2023.
- 57. 渡辺正和, 蔡東生, 熊沛坤, 藤田茂, 田中高史, 極冠分岐の磁場トポロジー, 第 154 回地球電磁気・地球惑星圏学会, R006-11, 仙台, 2023 年 9 月 25 日.
- 58. Watanabe, M., D. Cai, P. Xiong, S. Fujita, and T. Tanaka, How does interchange reconnection proceed in the terrestrial magnetosphere?, The 14th Symposium on Polar Science, OS-O-14, Tachikawa, November 15, 2023.

### 5-3. 学位論文(修士 9 編, 博士 0 編)

(修士)

- 1. 安部亮佑, 横浜国立大学大学院理工学府機械・材料・海洋系工学専攻, 修士論文「マイクロ波放電式中和器のプラズマ特性および電子放出特性に関する研究」
- 2. 釜江祥史,神戸大学大学院システム情報学研究科計算科学専攻,修士論文「DSMC 法に基づく火星上層大気シミュレーションへの動的負荷分散機能の実装」
- 3. 草地恒史郎, 神戸大学大学院システム情報学研究科計算科学専攻, 修士論文「プラズマ波動観測用アンテナの低周波域特性に関する粒子シミュレーション」
- 4. 谷口由輝斗, 京都大学大学院工学研究科電気工学専攻, 修士論文 「内部磁気圏に おけるコーラス波の成長率の時空間分布」
- 5. 寺田大樹, 神戸大学大学院システム情報学研究科計算科学専攻, 修士論文「彗星 起源高密度プラズマの表面じょう乱に関する粒子シミュレーション」
- 6. 水野雄太,京都大学大学院工学研究科電気工学専攻,「磁気圏近尾部におけるイオン急増現象に関する研究」
- 7. 宮城紀花,神戸大学大学院システム情報学研究科計算科学専攻,修士論文「月面 人工構造物の帯電特性およびその緩和手法に関する粒子シミュレーション」
- 8. 早稲田卓, 神戸大学大学院システム情報学研究科計算科学専攻, 修士論文「月面局所磁場領域における静電プラズマ環境に関する粒子シミュレーション」
- 9. Chuai Erlu, 京都大学情報学研究科通信情報システム専攻, 修士論文「Estimation of Cross-Range Wind Velocity Components Based on Radar Inversion Technique」 (博士)

### 5-4. 受賞(2件)

- 1. 寺境太樹, SGEPSS 学生発表賞(オーロラメダル), 第 154 回 SGEPSS 講演会
- 2. 堺正太朗, 大林奨励賞, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 2023 年 9 月

# 5-5. 特筆すべき事項(0件)

該当なし

# マイクロ波エネルギー伝送実験装置(METLAB)

# 共同利用·共同研究専門委員会

委員長 篠原 真毅 (京都大学生存圏研究所)

### 1. 共同利用施設および活動の概要

生存圏研究所ではこれまで宇宙太陽発電所 SPS(Space Solar Power Satellite/Station)とマイクロ波エネルギー伝送の研究を長年行ってきた。SPS は太陽電池を地球の影に入らない静止衛星軌道(36,000km 上空)に配置し、雨でもほとんど吸収されないマイクロ波を用いて無線で地上に電力を伝送しようという発電所構想である。マイクロ波による無線エネルギー伝送は、SPS だけでなく、携帯電話の無線充電や電気自動車の無線充電にも応用可能で、近年急速に産業化が進んでいる技術である。

本共同利用設備は平成 7 年度にセンター・オブ・エクセレンス(COE)による先導的研究設備経費として導入されたマイクロ波無線電力伝送実験用及び生存圏電波応用実験用電波暗室及び測定機器で構成される「マイクロ波エネルギー伝送実験装置 METLAB (Microwave Energy Transmission LABoratory)」と、平成 13 年度に導入された宇宙太陽発電所研究棟(略称 SPSLAB)、及び平成 22 年度に導入された「高度マイクロ波エネルギー伝送実験装置 A-METLAB(Advanced Microwave Energy Transmission LABoratory)」(図 1(a))及び「高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・レクテナシステム」(図 1(b))が中心となる。

METLAB は高耐電力電波吸収体(1 W/cm²以上)を配した 16m(L)×7m(W)×7m(H)の電波暗室で、ターンテーブルと X-Y ポジショナを設置してある。その横の計測室にはスペクトラムアナライザやネットワークアナライザ、パワーメータ等の各種マイクロ波測定器を備える。暗室には、2.45GHz、5kW のマイクロ波電力をマグネトロンで発生させ、直径 2.4mのパラボラアンテナから電波暗室内部に放射することが出来る設備も備えている。

高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・受電レクテナシステムは世界最高性能を持つマイクロ波エネルギー伝送用フェーズドアレーとレクテナアレーである。フェーズドアレーは 256 素子の GaN FET を用いた F 級増幅器(7W, >70% (最終段))と同数の MMIC

5bit 移相器で構成され、5.8GHz、1.5kW のマイクロ波を放射・制御可能である。レトロディレクティブ、REV 法、PAC 法、並列化法他の目標推定手法とビームフォーミング手法を備えている。レクテナアレーは 1mW 入力時に 50%以上の変換効率を持つレクテナ 256 素子で構成され、再放射抑制用 FSS(Frequency Selective Surface)や負荷制御装置を備えた実験設備である。本設備は、様々なビームフォーミング実験、目標追尾アルゴリズム実験、制御系を利用したアンテナ開発研究、アンテナを利用した回路開発研究、レクテナ実験、無線電力伝送実験等が可能な実験設備である。

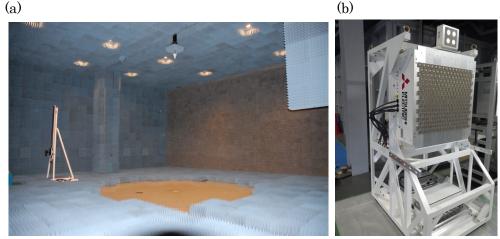


図1(a) A-METLAB暗室(b) 高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーシステム

METLAB は大学本部と協議のうえ、2020 年度より共同利用の一部有料化(企業と国立研究所)を開始した。企業もしくは国立研究所の共同利用者に対し 1 日 10 万円の有料化をかし、2020 年度は 2 課題合計 28 日の利用により 280 万円、2021 年度は 2 課題合計 16 日の利用により 160 万円、2022 年度は 4 課題合計 39 日の利用により 390 万円、2023 年度は 8 課題合計 73 日(見込み)の利用により 730 万円の収入を得た。

令和5年度(R5.1-R5.12))にメディアで取り上げられた成果は以下のとおりである。

### [新聞]

- 1. '23.5.26 日経産業新聞(7 面)「宇宙から送電、25 年年度初実験」
- 2. '23.5.27 (web) Nikkei Asia 「Japan to try beaming solar power from space in mid-decade」 https://asia.nikkei.com/Business/Science/Japan-to-try-beaming-solar-power-from-space-in-mid-decade
- 3. '23.5.29 (web) 日本経済新聞「宇宙太陽光発電、先行する日本 25 年にも衛星で実験」 https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC1133X0R10C23A5000000/
- 4. '23.7.21 日経新聞(16面)「宇宙太陽光 地上に送電」
- 5. '23.7.11 (web) 日経新聞「宇宙太陽光 地上に送電」 https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC118X20R10C23A7000000/

### [雑誌/Web 記事]

- '23.8.4, The Government of Japan, "KIZUNA" (web), "Japan's Long-Planned Photovoltaics: Space-Based Solar Power and Perovskite Solar Cells",
  - https://www.japan.go.jp/kizuna/2023/08/japans long-planned photovoltaics.html
- '23.12.19, Swissnex newsletter (web), "Space-Based Solar Power workshop towards a Sustainable Energy Future",
  - https://swissnex.org/news/space-based-solar-power-workshop-towards-a-sustainable-energy-fut ure
- '23.12.26 (web) 日経クロステック「夢の「宇宙太陽光発電」が再起動、空から戦場に電力供給狙う米国」https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02438/122200034/

### 2. 共同利用研究の成果

令和5年度の共同利用採択テーマは以下の通りである。

- C帯2重偏波ホーンの開発・研究(継続)# 東芝電波テクノロジー(株) 村野隆
- 2. ミリ波イメージング用プローブアンテナの開発 (継続) 静岡大学 松永真由美
- 3. 発送電一体型パネルに関する研究 (新規)# (株) IHIエアロスペース 奥村郁夫
- 4. 28GHz無線電力伝送システムの研究(新規) 京都大学生存圏研究所 楊波
- 5. 5.75GHz帯送電システムの近距離無線送受電実験 (新規)# (株) 翔エンジニアリング 藤原暉雄
- 6. 5.75GHz帯無線充電システムの近傍界送受電実験 (継続)# (株) 翔エンジニアリング 藤原暉雄
- 7. ウェアラブルデバイスへ向けた無線電力伝送システム用小型高効率受電レクテナの開発 (継続)

京都大学生存圈研究所 河合勝己

- 8. 100Wクラスの無線送電システムの性能評価 (新規)# 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 田中孝治
- 9. 無線送電に関する小型衛星実験のためのフェーズドアレーアンテナの機能性能評価 (新規)#

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 田中孝治

10.0次モード共振器を用いた均一マイクロ波加熱の基礎研究(新規) 京都大学生存圏研究所 篠原真毅 11. 低損失・高精度移相器を使用した無線電力システム (新規) 京都大学生存圏研究所 篠原真毅

12. OAMモード照射パターンを利用した一様マイクロ波加熱の研究 (新規) 京都大学生存圏研究所 篠原真毅

13. 相互結合を応用したワイヤレス電力伝送高効率化およびマイクロ波融雪用導波管上ワイヤレス電力伝送の研究 (継続)

函館工業高等専門学校 丸山珠美

14. 広帯域アンテナの開発 (継続) 立命館大学 氏原秀樹

- 15. ドローン搭載を目指したマイクロ波による電力伝送用受信アンテナの開発 (継続) 明石工業高等専門学校 梶村好宏
- 16. MIMO-WPTシステム要素技術開発 (新規) 東北工業大学 袁巧微
- 17. ミリ波を用いたダークマター探索に用いるアンテナ特性評価 (新規) 京都大学理学研究科 安達俊介
- 18. マイクロ波送電装置の評価試験 (新規)# 三菱電機(株) 大原啓
- 19. 海域監視レーダー用アンテナの測定 (新規) # 東京計器 (株) 植村孝嗣

#: 有料利用者

### 3. 共同利用状況

表 1 METLAB 共同利用状況

年度 (平成/令和)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
採択 課題数	8	12	10	16	14	9	9	14	20	11	17
共同利用者数	45	52	69	112	69	54	49 学内 14 学外 35	73 学内 19 学外 54	89 学内 31 学外 58	61 学内 25 学外 36	83 学内 32 学外 51

年度 (平成/ 令和)	27	28	29	30	31/R1	2	3	4	5
採択 課題数	18	20	19	21	17	20	14	15	19
共同利	81	73	71	92	62	67	54	74	87
用者数	学内 27	学内 20	学内 21	学内 23	学内 22	学内 25	学内 16	学内 18	学内 22
*	学外 54	学外 53	学外 50	学外 69	学外 40	学外 42	学外 38	学外 56	学外 65

\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況(令和5年度)

- ·石崎 俊雄(龍谷大学理工学部電子情報学科, 教授)
- ・野口 啓介(金沢工業大学 工学部電気電子工学科, 教授)
- ・田中 孝治 (JAXA/ISAS, 准教授)
- · 陳 強 (東北大学大学院工学研究科 通信工学専攻, 教授)
- ·藤野 義之(東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科, 教授)
- ・藤元 美俊(福井大学大学院工学研究科 情報・メディア工学専攻, 教授)
- · 西川健二郎 (鹿児島大学大学院理工学研究科 電気電子工学専攻, 教授)
- ·松永真由美(静岡大学 工学部, 准教授)
- ・和氣 加奈子 (国立研究開発法人情報通信研究機構 経営企画部企画戦略室, プランニングマネージャー)
- ・松尾 哲司 (京都大学大学院 工学研究科 電子工学専攻, 教授)
- ・原田 博司(京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻, 教授)
- 宮坂 寿郎 (京都大学大学院 農学研究科 地域環境科学専攻, 助教)
- ・渡邊 隆司 (生存圏研究所 バイオマス変換分野, 教授)
- ・山本 衛 (生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 教授)
- · 篠原 真毅 (委員長)(生存圈研究所 生存圈電波応用分野, 教授)
- •小嶋 浩嗣(生存圈研究所 宇宙圏電波科学分野, 教授)
- ・橋口 浩之(生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 教授)
- ·三谷 友彦 (生存圈研究所 生存圈電波応用分野,准教授)

令和5年度は令和6年3月14日に専門委員会を開催した。あわせて第24回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会を実施し、共同利用成果の発表を行った。

### 5. 特記事項

本共同利用設備は令和2年度より京都大学宇治地区設備サポート拠点に参加しており、宇治地区各研究所の共同利用設備と協力して全国共同使用を効率的に推進している。京都大学宇治地区設備サポート拠点は、研究所の既存の枠組みを超え、学内外に対して優れた設備の共同利用を推進するため、宇治地区としての特性と部局の特性に配慮しつつ、有機的な連合体である。

令和5年度共同利用研究活動の中で作成された修士論文、博士論文 共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文

### 1) 受賞

- 鎌田緋莉, 海老田のあ, 石黒大翔, 島田昂幸: 豊橋技術科学大学主催 2022 年度先進的 技術シンポジウム (ATS2022) 優秀学術賞, "素子間相互結合による IoT 用無線給電 距離拡張のためのワイヤレス電力伝送高効率化に関する研究", 2022.3.8
- 片岡瑞貴: 電子情報通信学会無線電力伝送研究会 2022 若手奨励賞, for 片岡瑞貴, 楊波, 篠原真毅, 三谷友彦, "2 倍周波数レトロディレクティブのための位相共役回路", 2023.3.16
- 河合勝己, 梶原豪, 鈴木健斗, 高原麦:電子情報通信学会無線電力伝送研究会第 20 回 WPT コンテスト整合回路コンテスト 2.45GHz 部門 優秀賞, 2023.3.17
- Daisuke Homma (Matsunaga Lab.), "Multi-Stage Tapers Suppressing Sidelobes and Beamwidth Fluctuations of Vivaldi Antennas," IEEE Midland Student Express 2023 Spring, IEEE AP-S Nagoya Chapter Award, 2023.4.23
- Tsuyoshi Kajiwara, Kento Suzuki, and Baku Takahara: Semi-Finalist in the 2023 International Space Solar Power Student Competition, for "New Power Generation System via Many Low Earth Orbit Satellites", International Space Development Conference (ISDC) 2023, 2023.5.25
- Katsumi Kawai, Tsuyoshi Kajiwara, Kento Suzuki, Baku Takahara, Shimpei Katsuta, and Ryuki Hoshikawa: Best Video Presatntation Award in IEEE Global Student Design Competition 2023, for "Microwave Power Transmission System for Smartphone", IEEE Wireless Power Technology Conference and Expo 2023 (WPTCE2023), 2023.6.4-8
- Ryuki Hoshikawa: IEEE MTT-S Kansai Chapter, Best Presentation Award, for "Development of Second Harmonic Retrodirective Wireless Power Transmission System with Synchronous Frequency Divider", 16th Kansai Microwave Meeting for Young Engineers, 2023.7.15
- Shimpei Katsuta: IEEE MTT-S Kansai Chapter, Best Presentation Award, for "Study on Dualband Electromagnetic Coupling-Type Microwave Heating Systems", 16th Kansai Microwave Meeting for Young Engineers, 2023.7.15
- Kento Suzuki : IEEE MTT-S Kansai Chapter, Distinguished Service Award, 16th Kansai Microwave Meeting for Young Engineers, 2023.7.15
- 老田のあ,北海道支部発表賞,令和 5 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2023.10.28-29
- 老田のあ, 高専優秀研究賞受賞, 令和 5 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2023.10.28-29
- Shimpei Katsuta: Young Researcher Best Presentation Award, for Shimpei Katsuta, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Feasibility Study on Dualband Electromagnetic

- Coupling-Type Microwave Heating Systems", Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- 勝田慎平: IEEE MTT-S Kansai Chapter Best Poster Award, for "2 周波数帯での電磁界結合型マイクロ波加熱の研究", IEEE APS/MTTS Kansai Chapter Young Engineers' Technical Meeting 2023, 2023.12.23
- 鈴木健斗: IEEE MTT-S Kansai Chapter Best Poster Award, for "OAM モード切り替え照射による均一マイクロ波加熱の研究", IEEE APS/MTTS Kansai Chapter Young Engineers' Technical Meeting 2023, 2023.12.23

### 2) 著書

篠原真毅, "第 10 章 ビームフォーミング等を用いた空間伝送型ワイヤレス給電の干 渉回避技術",「ワイヤレス電力伝送と 5G 通信の連携・融合に向けた干渉対策と今 後の展望」,監修 橋本修,2023.3.20,pp.109-118,ISBN 978-4-7813-1731-1

### [解説記事]

篠原真毅, "第2章 太陽光発電の最新動向および最新技術,第2節 宇宙太陽光発電システム(SSPS),第3項 宇宙太陽光発電の実用化に向けた国内外研究開発動向と課題及び将来展望",次世代に向けた環境エネルギーの最新動向とその有効活用、今後の展望,AndTech,2023,pp.77-86

### 3) 学術論文誌

- (Invited Paper) Heng Ming Hsu, Bo Yang, Tai-Lai Yang, Hsin-Lin Cho, and Naoki Shinohara, "Dynamic Wireless Power Transfer System with Twin Perpendicular Receiver Coils," Progress In Electromagnetics Research, Vol. 178, 93-101, 2023.doi:10.2528/PIER23082805
- S. Adachi, F. Fujinaka, S. Honda, Y. Muto, H. Nakata, Y. Sueno, T. Sumida, J. Suzuki, O. Tajima, H. TakeuchiRR (DOSUE-RR Collaboration), "Search for Dark Photon Dark Matter in the Mass Range 41—74 μeV using Millimeter-Wave Receiver and Radioshielding Box," Physical Review D, accepted, 2023
- Yuki Tanaka, Hikaru Hamase, Kazuki Kanai, Ryosuke Hasaba, Hiroshi Sato, Yoshio Koyanagi, Takuma Ikeda, Hiroyuki Tani, Manabu Gokan, Shoichi Kajiwara, and Naoki Shinohara, "Simulation and Implementation of Distributed Microwave Wireless Power Transfer System", IEEE Trans MTT, vol.71, no.1 , pp.102-111 , 2023, doi:10.1109/TMTT.2022.3142259
- Valentina Palazzi, Ricardo Correia, Xiaoqiang Gu, Simon Hemour, Ke Wu, Alessandra Costanzo, Diego Masotti, Enrico Fazzini, Apostolos Georgiadis, Hooman Kazemi, Ricardo Pereira, Naoki Shinohara, Dominique Schreurs, Jung-Chih Chiao, Alexandru Takacs, Daniela

- Dragomirescu, and Nuno Borges Carvalho, "Radiative Wireless Power Transfer", IEEE Microwave Magazine, Vol. 24, No.2, pp.57-79, 2023.2, doi: 10.1109/MMM.2022.3210145
- Narihiro Nakamoto, Yusuke Suzuki, Satoshi Yamaguchi, Toru Fukasawa, Naofumi Yoneda, Hiroaki Miyashita, and Naoki Shinohara, "Radial Line Planar Phased Array Using Electromechanically Rotated Helical Antennas", IEICE Trans. B, Vol.E106-B, No.2, pp.174-183, Feb. 2023, doi: https://doi.org/10.1587/transcom.2022EBP3043
- Katsumi Kawai, Naoki Shinohara, and Tomohiko Mitani, "Novel Structure of Single-Shunt Rectifier Circuit with Impedance Matching at Output Filter", IEICE Trans. C, Vol.E106-C, No.2, pp.50-58,Feb. 2023, https://doi.org/10.1587/transele.2021ECP5064
- Ryo Mochizuki, Naoki Shinohara, and Atsushi Sanada, "Quarter-wavelength E||H Beltrami cavity resonators", Journal of Applied Physics, Vol.13, Issue 2, pp. 025158-1-8, 2023, doi: https://doi.org/10.1063/5.0138601
- Kyriaki Niotaki, Nuno Borges Carvalho, Apostolos Georgiadis, Xiaoqiang Gu, Simon Hemour, Ke Wu, Diogo Matos, Daniel Belo, Ricardo Pereira, Ricardo Figueiredo, Henrique Chaves, Bernardo Mendes, Ricardo Correia, Arnaldo Oliveira, Valentina Palazzi, Federico Alimenti, Paolo Mezzanotte, Luca Roselli, Francesca Benassi, Alessandra Costanzo, Diego Masotti, Giacomo Paolini, Aline Eid, Jimmy Hester, Manos M. Tentzeris, and Naoki Shinohara, "RF Energy Harvesting and Wireless Power Transfer for energy autonomous wireless devices and RFIDs", Jornal of Microwaves, Vol.3, No.2, pp.763-782, 2023.4, doi: 10.1109/JMW.2023.3255581
- Chaoyun Song, Naoki Shinohara, "A Comprehensive Survey on Transmitting Antenna Systems with Synthesized Beams for Microwave Wireless Power Transmission", IEEE Journal of Microwave, Vol.3, No.4, pp.1081-1101, 2023.10, doi:10.1109/JMW.2023.3285825
- Bo Yang, Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, "Auto-Tracking Wireless Power Transfer System With Focused-Beam Phased Array", IEEE Trans. MTT, Vol.71, No.5, pp.2299-2306, 2023, doi: 10.1109/TMTT.2022.3222179
- Wenyi Shao, Bo Yang, Hiroyuki Kamada, and Naoki Shinohara, "Aperture-Coupled Beam-Scanning Patch Array with Parasitic Elements Using a Reconfigurable Series-Fed Phase-Shifting Structure", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol.22, No.7, pp.1617-1621, 2023.7, doi: 10.1109/LAWP.2023.3253822
- Heping Huang, Bo Yang, Naoki Shinohara, and Changjun Liu, "Coherent Power Combining of Four-Way Injection-Locked 5.8-GHz Magnetrons Based on a Five-Port Hybrid Waveguide Combiner", IEEE Trans. MTT, accepted, 2023, doi: 10.1109/TMTT.2023.3347549
- Wenyi Shao, Bo Yang and Naoki Shinohara, "Experimental Demonstration of Millimeter-Wave Self-Bending Over-Obstacle Focused Beam Using Single Phase-Modulated 3-D Printed Dielectric Plate Structure," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, doi:

#### 10.1109/LAWP.2023.3344790.

伊藤桂一,丸山珠美,中津川征士,中村尚彦,村本充,奈須野裕,大島功三,山本綱之,大宮学,玉山泰宏,"NGnet を用いたマイクロ波融雪システム用モルタルブロックのトポロジー最適化",電子情報通信学会論文誌,Vol.J106-C,No.5,pp.164-171,2023.5

#### 4) 博士論文

Ryo Mochizuki (Kyoto Univ.), "Study on Beltrami Fields with Parallel Electric and Magnetic Fields at Microwave Frequencies", 2023.3

### 5) 修士論文

- 鎌田紘行, "ワイヤレス給電ビーム制御簡易化のためのフェーズドアレイアンテナの研究", 京都大学大学院工学研究科電気工学専攻, 2023.3
- 豊永雄郎, "電磁界結合型マイクロ波加熱システムの次元拡張に関する研究", 京都大学 大学院工学研究科電気工学専攻, 2023.3
- 加藤陽向, "E-MIMO によるアンテナアレービームフォーミング手法に関する研究", 東北工業大学, 2024.3
- 本間代典,「指数関数曲線を用いた多段テーパスロットアンテナ(仮)」,静岡大学 大学 院総合科学技術研究科 工学専攻 修士論文(松永研究室),2024.3
- 金森拓海,「複素入力インピーダンスを有する UHF 帯二重ループアンテナ」,静岡大学 大学院総合科学技術研究科 工学専攻 修士論文(松永研究室),2024.3

#### 6) 学士論文

- 伊藤史晃, "宇宙太陽光発電試験衛星における送電アレイアンテナの出力モニタシステム の検討", 京都大学工学部電気工学専攻, 2023.3
- 勝田慎平, "2 周波数帯での電磁界結合型マイクロ波加熱の研究", 京都大学工学部電気工 学専攻, 2023.3
- 星川龍希, "同期式分周器を用いた 2 次高調波レトロディレクティブ無線電力伝送システムの開発", 京都大学工学部電気工学専攻, 2023.3
- 林拓人, "ドローンへのワイヤレス給電のための 24GHz 帯レクテナの検討", 京都大学工学部電気工学専攻, 2023.3
- 三島大輝,「折り返しダイポールアンテナのインピーダンス調整素子の検討(仮)」,静岡 大学工学部電気電子工学科学士論文(松永研究室),2024.3
- 茂森達也,「透明周波数選択板の検討(仮)」,静岡大学工学部電気電子工学科学士論文(松 永研究室), 2024.3
- 小野田悠佑,「金属対応対応 RFID アンテナの検討(仮)」,静岡大学工学部電気電子工学科 学士論文(松永研究室), 2024.3

#### 7) 学会発表

- (Invited) S. Adachi, "DOSUE-RR experiment: Search for dark photon dark matter using millimeter-wave receivers," QUPosium2023, Tsukuba, Japan, 2023.12.11-13
- (Invited) S. Adachi, "Broadband search for wavy dark matter using antenna in the millimeter-wave range," International Workshop on Multi-probe approach to wavy dark matters, Seoul, Korea, 2023.11.30-12.02
- (Invited) Naoki Shinohara, "How to increase beam efficiency in radiative wireless power transfer Limitation of Maxwell equations -", the annual I2CNER-IMI International Joint Workshop, Kyushu University, Japan, and Online, 2023.1.31
- (Invited) Naoki Shinohara, "Wireless Powered Battery-free Drone Experiment with Novel Flat Beam Forming Technique", The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science (KIEES) Summer Conference 2023, 2023.8.23
- (Panel) Naoki Shinohara, "Wireless Power Technologies: Practical Considerations in Industry", 2023 26th European Microwave Week, Germany, 2023.9.17-22
- (Invited) M. Nakatsugawa, Y. Sasaki, T. Maruyama, M. Omiya, Y. Tamayama: "Circumference-length dependency of the WPT performance between the circuit-shape leaky waveguide and a λ/2 wavelength dipole antenna," the 12th edition of the IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (IEEE-APWC 2023), p.110, 2023.10
- (Invited) Tamami Maruyama, Masashi Nakatsugawa, Kota Unyu, Takahiko Nakamura, Yuga Sasaki, Manabu Omiya, Yasuhiro Tamayama: "Measurement of Near-Field Electromagnetic Distribution Radiated from Slotted Circuit-Shape Waveguides to Melt Snow with Microwave," the 12th edition of the IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (IEEE-APWC 2023), pp.120-123, 2023.10
- (Invited) Naoki Shinohara, "Recent Progress of far field WPT technologies, industry, and regulation", 2023 Korean Wireless Power Promotion Forum (KWPF), Seoul, Korea, 2023.11.14
- (Panel) Naoki Shinohara, "Out of this World: Why Dos Space Hold So Much Potential for Energy?", Dubai Future Forum 2023, Dubai, UAE, 2023.11.27-28
- (Invited) Naoki Shinohara, "In-space solar energy harvesting activities", EU-Japan: promoting innovation in the space sector, Online, 2023.12.8
- (依頼) 河合勝己, 梶原豪, 鈴木健斗, 高原麦, 篠原真毅, "非ユークリッド幾何学に基づいた整合回路の設計", 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, 2023.6
- (依頼) 篠原真毅, "宇宙太陽発電のためのビームワイヤレス給電技術開発と衛星実験-", Microwave Workshops & Exhibition (MWE) 2023, ワークショップ「海・空・宇宙のフロ

- ンティアを拓くワイヤレス電力伝送技術」, 講演集 WE5E-5, 2023.11.28
- (招待) 安達俊介, "波動的な性質を持つ軽いダークマターの探索実験の現状と展望," IPNS workshop 素粒子物理の今と未来, 2023.12.21-23
- Bo Yang Xiaojie Chen, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Phase Synchronization Principle in 5.8 GHz Magnetron Phased Array", International Vacuum Electronics Conference (IVEC2023), Chengdu, China, 2023.4.25-28, Proceedings 1405
- Heping Huang, Bo Yang, and Naoki Shinohara, Experimental Study of a 28GHz Low-Loss Reflection-type Phase Shifter," 2023 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, China, Qingdao, 2023.5.14-17
- Qiaowei YUAN, "[Invited], Transfer Power of MIMO System and Rayleigh Quotient," 2023 Asian Workshop on Antennas and Propagation, Osaka, June 30, 2023.
- S. Adachi, H. Takeuchi, R. Fujinaka, T. Sumida, H. Nakata, J. Suzuki, O. Tajima, S. Honda, Y. Sueno, Y. Muto, T. Nakajima, Y. Hasegawa, H. Ogawa "New results of the DOSUE-RR experiment and future," 18th Patras Workshop on Axions, WIMPs and WISPs, Croatia, Rijeka, 2023.07.03-07
- T. Kanamori and M. Matsunaga, "A Novel Loop Antenna Easily Matching with Radio Frequency Integrated Circuit Chips", 2023 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (USNC-URSI), 2023, pp. 1499-1500, DOI: 10.1109/USNC-URSI52151.2023.10237905.
- K. Unyu, T. Maruyama, M. Nakatsugawa, M. Omiya, Y. Tamayama, "Transient Response of Circuit Shape Right- and Left-handed Waveguide," 2023 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (USNC-URSI), 2023, pp.211-212, DOI 10.1109/USNC-URSI52151.2023.10238039
- Tamura: "Miniaturization of Yagi-Uda rectenna by impedance loading," 2023 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (USNC-URSI), 2023, pp.673-674, DOI: 10.1109/USNC-URSI52151.2023.10237630
- Katsumi Kawai, Naoki Shinohara, and Tomohiko Mitani, "Design Method of Rectenna using Source-Pull Simulation with Harmonics", International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2023, Sapporo, Japan, 2023.8.19-26, Proceedings
- Hideki Ujihara, "Development of Wideband Antennas", International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2023, Sapporo, Japan, 2023.8.19-26, Proceedings
- Bo Yang, Wenyi Shao, Hiroyuki Kamada, and Naoki Shinohara, "Design of a Simplified Controlled Phased Array for Focused Beams and Beamforming", International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2023, Sapporo, Japan, 2023.8.19-26, Proceedings
- Tamami Maruyama, Noa Ebita, Akari Kamada, Masashi Nakatsugaw, Masaya Tamura: "Novel

- C-shaped loop rectenna arrays for LED accessories." International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2023, Sapporo, Japan, 2023.8.19-26, Proceedings
- Naoki Shinohara, Bo Yang, Wenyi Shao, Kenji Itoh, Naoki Sakai, and Naoki Hasegawa, "Novel Energy Harvesting and SWIPT System at 28 GHz with a Simple Phased Array", IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA2023), Aveiro, Portugal, 2023.9.11-13, Proceedings pp.209-212
- Naoki Shinohara, Hiroyuki Kamada, Bo Yang, and Wenyi Shao, "Novel Beam Forming at 28 GHz with Simple Phased Array", IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WISEE 2023) Workshop on Space Solar Power, Aveiro, Portugal, 2023.9.13-15, Proceedings WE.2.3.1
- Baku Takahara, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Numerical Simulations on Uniform Microwave Heating using Waveguide-type Zeroth-Order Resonator", 19th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (AMPERE 2023), Cardiff, United Kingdom, 2023.9.11-14, Proceedings pp.79-80
- Kento Suzuki, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Generation of Uniform Power Density Distribution over a Large Area using OAM Modes", 19th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (AMPERE 2023), Cardiff, United Kingdom, 2023.9.11-14, Proceedings pp.81-82
- K. Hatazawa, T. Maruyama, M. Omiya, T. Yamamoto, T. Nakamura, M. Nakatsugawa: Applied EBG Structure for Microwave Snow Melting," Chitose International Forum on Science & Technology 2023 (CIF 2023) R2(01), p.1. 2023.9
- Tamami Maruyama, Akari Kamada, Takayuki Shimada, Noa Ebita, Masashi Nakatsugawa, Masaya Tamura: "Efficiency Improvement by Loading Impedances for Dual Feeding Magnetic Field Coupling WPT," 2023 IEEE International symposium on antennas and propagation ISAP2023 RS18.5 1-2, 2023.10
- Hinata KATO, Qiaowei YUAN, "Array Factor, Retrodirective, and E-MIMO Beamforming Technologies," [Best Poster (Second) Award] ISAP2023, Kur Lumper, November 2, 2023.
- Naoki Shinohara, Tsuyoshi Kajiwara, and Bo Yang, "Low Loss and High Accuracy Phase Shifter for Novel Phased Array Antenna for Wireless Power Transfer", 2023 Asia- Pacific Microwave Conference (APMC), Taipei, Taiwan, 2023.12.5-8, Proceedings 220048
- Ryuki Hoshikawa, Bo Yang, Naoki Shinohara, and Tomohiko Mitani, "Development of A Second Harmonic Retrodirective Wireless Power Transmission System with Synchronous Frequency Divider", 2023 Asia- Pacific Microwave Conference (APMC), Taipei, Taiwan, 2023.12.5-8, Proceedings 220393
- Shimpei Katsuta, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Feasibility Study on Dualband Electromagnetic Coupling-Type Microwave Heating Systems", Joint Workshop

- Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Tsuyoshi Kajiwara, Bo Yang, Naoki Shinohara, and Tomohiko Mitani, "Study of 5.8 GHz Low-Loss Phase Shifter with Inductive Reactances", Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 403, 2023.12.13-15
- Koutarou Matsumoto, Tomohiko Mitani, and Naoki Shinohara, "Simulation Study on Antenna Placement Methods of Array Antenna with Circular Polarization for Long-Distance Microwave Wireless Power Transfer Analysis of Array Antennas for Experimental Verification –", Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Taisei Urakami, Tamami Maruyama, Shimpei Nishiyama, Manato Kusamizu, Akira Ono, Takahiro Shiozawa: "Reflection Phase of Mushroom-Type Metasurface Reflector with Multiand Single-Via Structures," Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Akari Kamada, Tamami Maruyama, Noa Ebita, Masashi Nakatsugawa, Masaya Tamura, Noriharu Suematsu: "Method of Moments Electromagnetic Field Analysis for Wireless Power Transfer Efficiency Improvement using Reverse-Coil Configuration for Magnetic Field Coupled WPT," Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Noa Ebita, Tamami Maruyama, Akari Kamada, Masashi Nakatsugawa, Masaya Tamura, Noriharu Suematsu: "LED Illumination Experiment through Energy Harvesting using Novel Capacitance Loaded Loop Rectenna," Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Tamami Maruyama, Noa Ebita, Akari Kamada, Hiroto Ishiguro, Masashi Nakatsugawa, Masaya Tamura, Noriharu Suematsu, "Novel compact rectenna array by integrating power-receiving and waveguide elements with loaded inductor," Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Takeo Kobayashi, Keto Togawa, Tsunayuki Yamamoto, Tamami Maruyama: "A Design Approach to Realizing of a Perfectly Balanced Arc-shaped CRLH Waveguide at 2.45 GHz Band for a Microwave Snow Melting System," Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, 2023.12.13-15
- Qiaowei YUAN, "[Tutorial] Fundamental Technologies for Wireless Power Transfer Applications," 2024 Vietnam-Japan International Symposium on Antennas and Propagation, Hanoi, January 9, 2024.
- Qiaowei YUAN, "[DML Talk] Maximum Power Transfer Efficiency of MIMO-WPT

- System," IEEE RWS2024, San Antonio, January 22, 2024.
- 氏原秀樹, "万能アンテナの開発", 第 490 回生存圏シンポジウム/生存圏ミッションシン ポジウム, 2023.3.6-7
- 氏原秀樹, "広帯域アンテナの開発", 電子情報通信学会総合大会, 2023.3.7-10
- 林拓人, 三谷友彦, 篠原真毅, "ドローンへのワイヤレス給電のための 24 GHz 帯フルブ リッジ整流回路の検討", 電子情報通信学会総合大会, 2023.3.7-10, DVD-ROM B20-29 氏原秀樹, "広帯域アンテナの開発", SKA ワークショップ, 2023.3.7-9
- 氏原秀樹, 市川隆一, 関戸衛, 宮原伐折羅, 宗包浩志, 小林智勝, 寺家孝明, 小山友明, 竹内央, 今井裕, "次世代マイクロ波放射計兼広帯域 VLBI 受信システムの開発(IV)", 日本天文学会春季年会, 2023.3.13-16
- 楊波,邵文毅,鎌田紘行,三谷友彦,篠原真毅, "28GHz 帯 360° 低損失移相器の設計", 電子情報通信学会無線電力伝送研究会,第 22 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関す る研究会,2023.3.16-17,信学技報,vol. 122, no. 443, WPT2022-30, pp.1-4
- 豊永雄郎,三谷友彦,篠原真毅,"電磁界結合型マイクロ波加熱システムの次元拡張に関する研究",電子情報通信学会無線電力伝送研究会,第22回宇宙太陽発電と無線電力 伝送に関する研究会,2023.3.16-17,信学技報,vol. 122, no. 443, WPT2022-31, pp.5-8
- 伊藤史晃, 三谷友彦, 篠原真毅, "宇宙太陽光発電試験衛星における送電アレイアンテナの出力モニタシステムの検討", 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, 第 22 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会, 2023.3.16-17, 信学技報, vol. 122, no. 443, WPT2022-39, pp.47-52
- 氏原秀樹 三谷友彦, "広帯域アンテナの開発(III)", 電子情報通信学会無線電力伝送研究会, 第 22 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会, 2023.3.16-17, 信学技報, vol. 122, no. 443, WPT2022-42, pp.63-66
- 鎌田紘行,楊波,髙原麦,邵文毅,篠原真毅,三谷友彦,"放射近傍界における間引き給電方式を用いたフェーズドアレイの研究",電子情報通信学会無線電力伝送研究会,第22回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会,2023.3.16-17,信学技報,vol. 122,no. 443, WPT2022-46,pp.78-83
- 本間代典, 松永真由美, "スタブを用いたマイクロストリップ型整合回路," 電子方法通信学会無線電力伝送研究会・信学技報, 2023.3.16, 信学技報, vol. 122, no. 443, WPT2022-53, pp. 98-102
- 松永真由美, "折り返しループ形状を用いた高利得平面ミリ波アンテナ," 電子情報 通信学会無線電力伝送研究会・信学技報, 2023.3.17 信学技報, vol. 122, no. 443, WPT2022-59, pp. 126-128
- 河合勝己,篠原真毅,三谷友彦, "3 次高調波をパイロット信号として再放射可能なレクテナの開発",電子情報通信学会無線電力伝送研究会,第 22 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会,2023.3.16-17,信学技報,vol. 122, no. 443, WPT2022-62,

- pp.138-142
- Daisuke Homma\* and Mayumi Matsunaga, "Multi-Stage Tapers Suppressing Sidelobes and Beamwidth Fluctuations of Vivaldi Antennas," IEEE Midland Student Express 2023 Spring, 2023. 4. 23
- Takumi Kanamori\* and Mayumi Matsunaga, "A Loop Antenna Achieving Inductive Impedance with a Double Loop," IEEE Midland Student Express 2023 Spring, 2023. 4. 23
- 勝田慎平, 三谷友彦, 篠原真毅, "2周波数帯での電磁界結合型マイクロ波加熱の研究", 電子情報通信学会マイクロ波研究会, 2023.5.18-19, 信学技報, vol. 123, no. 35, MW2023-16, pp. 38-42
- 丸山珠美, 鵜入宏太, 佐々木悠雅, 中津川征士, 中村尚彦, 大宮学, 玉山泰宏, "マイクロ 波融雪のためのサーキット型導波管上の近傍電磁界測定," 信学技報, vol. 123, no. 93, WPT2023-12, pp. 9-12, 2023. 6
- 丸山珠美, 海老田のあ, 鎌田緋莉, 中津川征士, 田村昌也, 石黒大翔: "八木宇田構造応用レクテナのインピーダンス装荷による小型化," 信学技報, vol. 123, no. 115, MW2023-47, pp. 111-114, 2023.7
- 氏原秀樹, "広帯域アンテナの開発", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2023.9.12-15
- 鈴木惇也, 安達俊介, 藤中崚, 本多俊介, 武藤優真, 中田嘉信, 末野慶徳, 隅田土詞, 田島治, 竹内広樹, "広帯域なダークフォトン探索実験 DOSUE-RR -- 10 18 GHz 帯での測定," 日本物理学会 第78回年次大会, 2023.09.16-19
- 安達俊介, 鈴木惇也, 藤中崚, 本多俊介, 武藤優真, 中田嘉信, 末野慶徳, 隅田土詞, 田島治, 竹内広樹, "広帯域なダークフォトン探索実験 DOSUE-RR-10-18GHz 帯のアンテナの評価," 日本物理学会 第 78 回年次大会, 2023.09.16-19
- 氏原秀樹, 市川隆一, 関戸衛, 宮原伐折羅, 宗包浩志, 小林智勝, 寺家孝明, 小山友明, 竹内央, 今井裕, "次世代マイクロ波放射計兼広帯域 VLBI 受信システムの開発(V)", 日本天文学会秋季年会, 2023.9.20-22
- 丸山珠美, 鵜入宏太, 佐々木悠雅, 中津川征士, 中村尚彦, 大宮学, 玉山泰宏: "マイクロ 波融雪のための スロット付きサーキット型導波管の 近傍電磁界測定と FDTD 解析," 2023 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会論文集 B-1, p 90, 2023.9
- Yunchong TANG, Qiaowei YUAN, Norihito Yamato, "Enhanced Accuracy in AR-based Electromagnetic Field Visualization with Confirming Probe's Performance," 信学技報, vol. 123, no. 223, AP2023-95, pp. 37-40, 2023.10
- 加藤陽向, 袁 巧微, "アレイアンテナの素子数増加に伴う 3 つの指向性制御手法の性能評価 ~ Array Factor 手法, E-MIMO 手法, Retrodirective 手法を用いた解析による比較 ~," 信学技報, vol. 123, no. 223, AP2023-113, pp. 94-95, 2023.10
- 市川隆一,太田雄策,荒木健太郎,田尻拓也,藤田実季子,氏原秀樹,山田崇貴,寺家孝明,今井裕,箕輪昌裕,高島祐弥,"革新的超高解像度リアルタイム水蒸気観測が解

- き明かす積乱雲発生の前兆と発達過程 その 1 研究の概要と 2023 年度計画-",日本測地学会第 140 回講演会, 2023.10.11-13
- 氏原秀樹, "広帯域アンテナの開発", 日本測地学会第 140 回講演会, 2023.10.11-13
- 氏原秀樹, "広帯域アンテナの開発", 第67回宇宙科学技術連合講演会, 2023.10.17-20
- 鎌田 緋莉, 海老田 のあ, 丸山 珠美, 中津川 征士, 田村 昌也, 末松 憲治: "磁界結合 WPT 用逆向きコイルによるワイヤレス電力伝送効率改善 に関するモーメント法電 磁界解析," 令和 5 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会 講演 1(16). 22-23 2023.10
- 海老田 のあ,鎌田 緋莉,丸山 珠美,中津川 征士,田村 昌也,末松 憲治: "キャパシタンス装荷ループ型レクテナの提案と エネルギーハーベストによる LED 点灯実験," 令和5年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会 講演 1(15) 20-21, 2023.10
- 丸山 珠美, 石黒 大翔, 海老田のあ, 鎌田緋莉, 畑沢公陽, 中津川征士, 田村昌也, 末松 憲治: "インピーダンス装荷レクテナアレー," 信学技報, vol. 123, no. 223, AP2023-121, pp. 123-126, 2023 年.0
- 勝田慎平,三谷友彦,篠原真毅,"915 MHz 帯および 2.45GHz 帯共用の電磁界結合型マイクロ波加熱の研究",日本電磁波エネルギー応用学会,2023.10.26-27
- 丸山珠美, 海老田のあ, 鎌田緋莉, 石黒大翔, 中津川征士, 田村昌也, 末松憲治: "インダクタ装荷による受電および導波素子一体型 レクテナアレーの小型化," 信学技報, vol. 123, no. 252, WPT2023-25, pp. 12-16, 2023.11
- 氏原秀樹, 野坂秀之, "広帯域アンテナの開発", 第 24 回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ, 2023.11.20-21
- 安達俊介, "ミリ波受信機を用いた軽量なダークマター探索実験-DOSUE-RR," 第 24 回 ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ, 2023.11.20-21
- 氏原秀樹, 野坂秀之, "広帯域アンテナの開発", VLBI 懇談会シンポジウム 2023, 2023.12.13-16
- 篠原真毅, "SSPS 研究開発の各国の動向について 2023 年度版", 第 9 回 SSPS シンポジウム, 金沢工業大学, 2023.12.21-22
- 大西大知、楊波、鈴木健斗、篠原真毅、Matteo Madi, "欧州 CubeSAT を用いた衛星実証に関するマイクロ波送電に関するフィージビリテスタディ", 第9回 SSPS シンポジウム, 金沢工業大学, 2023.12.21-22
- 三谷友彦、松本康太郎、田中孝治,"電磁界シミュレーションを用いた無線送電実証衛星 プロジェクト送電アンテナの検討",第9回 SSPS シンポジウム,金沢工業大学, 2023.12.21-22
- 海老田 のあ,鎌田 緋莉,丸山 珠美,中津川 征士,田村 昌也,末松 憲治,"キャパシタ 装荷ループ型レクテナアレーの解析と LED 点灯実験",電子情報通信学会総合大会, 2024.3

- 鎌田 緋莉, 海老田 のあ, 丸山 珠美, 中津川 征士, 田村 昌也, 末松 憲治, "両側同時給 電における磁界結合 WPT 用コイルの向きと kQ 積の関係", 電子情報通信学会総合大 会, 2024.3
- 畑沢 公陽,海老田 のあ,鎌田 緋莉,丸山 珠美,大宮 学,山本 綱之,中村 尚彦,中津 川 征士,"電波が漏れないマイクロ波融雪のための EBG 適用導波管の特性解析,"電子情報通信学会総合大会,2024.3

#### 8) その他招待講演

- Naoki Shinohara, "Wireless Power Transfer for Sustainable Humanosphere and Electromagnetic Environment Monitoring (EEM)", SISTEM Vol.6, BRIN Research Center for Electronics Electromagnetic Safety Engineering Research Group, Indonesia and online, 2023.1.27
- Naoki Shinohara, "Recent R&D and Industry of Far Field Wireless Power Transfer", National Chung Hsing University, Taiwan, 2023.11.3
- Naoki Shinohara, "Japanese RF Beam WPT Systems and Services", Korean Wireless Power Promotion Forum Infra Working Group Seminar, Seoul, Korea, 2023.11.15
- Naoki Shinohara, "Recent R&D and Industry of Solar Power Satellite (Space Based Solar Power) and Far Field Wireless Power Transfer", Chongqing University, 2023.12.27
- 篠原真毅, "ガラスの天井の破り方 産官学連携による日本流技術の社会還元 ", 京 大発ベンチャー起業促進セミナー 研究成果の事業化手法としてのベンチャー~京大 研究者 2 名が語る「きっかけ」「リアル」「これから」~, 2023.1.20
- 篠原真毅, "マイクロ波ワイヤレス給電の研究開発と法制化の現状",(公社)化学工学会関東支部 第28回旬の技術・見学講演会「実用化が進むマイクロ波利用技術の講演・見学会」,2023.2.17
- 篠原真毅, "日本の宇宙政策の現状と今後の展望 -宇宙太陽光発電・無線電力伝送を中心 に- ", 三菱電機通信機製作所, 2023.2.21
- 篠原真毅, "ワイヤレス電力伝送の現在と未来",電波有効活用セミナー -ワイヤレスによる Society5.0 の実現-",近畿総合通信局,2023.2.27
- 篠原真毅, "マイクロ波送電と宇宙太陽発電", (一社)電気設備学会東北支部 2023 年度支 部総会記念講演会, 2023.5.17
- 篠原真毅, "ワイヤレス給電とマイクロ波送電の研究開発現状と課題", 京大オリジナル AGORA, 2023.5.18
- 篠原真毅, "「宇宙太陽光発電」実用化に向けた国内外研究開発動向と課題",第 16552 回 JPI 特別セミナー,日本計画研究所,2023.7.4
- (基調) 篠原真毅, "産官学連携によるカーボンニュートラルへの取り組み -宇宙太陽光発電とワイヤレス給電を一例に-",2023年度京都大学×大阪ガス包括連携シンポジウム,2023.9.29

- 篠原真毅, "放射近傍界におけるワイヤレス給電のビームフォーミング手法とその実現のための技術 宇宙太陽発電を実現するために -", 東北大学, 2023.10.5
- 篠原真毅, "空間伝送型ワイヤレス給電のビジネス動向と将来の夢", 東北工業大学, 2023.10.6
- 篠原真毅, "空間伝送型ワイヤレス給電技術の要素技術、開発状況と今後の課題",技術情報協会,2023.10.17
- 篠原真毅, "ガラスの天井の破り方 産官学連携による日本流技術の社会還元", KSAC スタートアップ創造交流会 in 京都 KOIN ~大学発未来創造ラボ~, 2023.12.18

### 9) 特許

- 邵文毅, 楊波, 篠原真毅, 河合勝己, 古川実, 堀内晋一郎, "送電装置および送電システム", 特願 PCT/JP2023/23188 号, 2023.6.22, 出願中
- 楊波, 邵文毅,篠原真毅, 鎌田紘行, "フェーズドアレーアンテナ装置", 特願 2023-112992, 2023.7.10, 出願中
- 楊波,三谷友彦,篠原真毅, "マグネトロン", 特願 2023-183960, 2023.10.26, 出願中

# 木質材料実験棟共同利用·共同研究専門委員会

# 委員長 五十田 博(京都大学生存圏研究所)

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

木質材料実験棟(Wood Composite Hall)は、1994年2月に完成した大断面集成材を構造材とする3階建ての木造建築物である(写真1)。付属的施設として実験住宅「律周舎」(写真2)がある。木質材料実験棟の1階には、写真3~5に示すような木質構造耐力要素の性能評価用試験装置、木質由来新素材開発研究用の加工、処理、分析・解析装置などを備えている。3階には、120名程度収容可能な講演会場のほか、30名程度が利用できる会議室がある。また、2019年度より、耐震シミュレーションソフト「wallstat(ウォールスタット)」を共同利用に資することとした。



写真1 木質材料実験棟全景

写真2 実験住宅「律周舎」



写真3 竪型油圧試験機 写真4 鋼製反力フレーム

写真 5 X 線光電子分析装置

実験に供することができる主たる設備は以下の通り

- 1)1000 kN 竪型サーボアクチュエーター試験機(写真3): 試験体最大寸法は高さ2.5 m、幅0.8 m、奥行き0.8 m 程度まで適用可能。集成材各種接合部の静的・動的繰り返し加力実験、疲労実験、丸太や製材品の実大曲げ実験、実大座屈実験その他に供されている。
- 2) 500 kN 鋼製反力フレーム水平加力実験装置(写真 4):試験体最大寸法:高さ 3.0 m、幅 4.5 m (特別の治具を追加すれば 6 m まで可能)、奥行き 1 m。PC 制御装置と最大ストローク 500 mm の静的正負繰り返し加力用オイルジャッキを備えている。耐力壁、木質系門型ラーメン、その他構造耐力要素の実大(部分)加力実験に供されている。

- 3) X 線光電子分析装置 (ESCA) (写真 5): 試料の最表面 (5 nm) を分析可能。イオンエッチングを行うことで深さ方向の分析も可能である。現在のところ、主に、木質系炭素材料の表面分析に供されている。
- 4) 木造エコ住宅(律周舎:写真 2):平成 18 年 11 月に完成した自然素材活用型木質軸組構法実験棟。金物を一切使わず、木、竹、土等の自然素材だけで構造体を構築したユニークな木造実験住宅である。

2023 年度の採択課題数は 11 件で、表 1.1 に本年度の採択課題名、代表研究者、所内担当者の一覧を示す。表 1.2 に耐震シミュレーションソフト「wallstat (ウォールスタット)」の共同利用課題について記載した。

表 1.1 2023 年度木質材料実験棟共同利用採択課題一覧

課題 番号	研究課題	研究代表者名(共同研究者数)所属・職名/所 内担当者
R5-WM- 01	木質ペレット由来ガス化残渣の賦 活による活性炭の製造	畑俊充(1)京都大学・講師/畑俊充
R5-WM- 02	バイオマス由来多孔質炭素材料の 作製	坪田敏樹(1)九州工業大学・准教授/畑俊 充
R5-WM- 03	住宅床下環境における銅系接合具 の木材防腐効果の検証	栗﨑宏(3)富山県農林水産総合技術セン ター・主任専門員/大村和香子
R5-WM- 04	三条大橋解体材の劣化調査	栗﨑宏(3)富山県農林水産総合技術セン ター・主任専門員/大村和香子
R5-WM- 06	木造住宅の地震時層崩壊を抑制す る通し面材工法に関する研究	宮津裕次(3) 東京理科大学・准教授/五十 田博
R5-WM- 07	プレストレスを用いた CLT 耐力 壁の静的性能評価	森拓郎 (7) 広島大学・准教授/五十田博

表 1.2 2023年度木質材料実験棟共同利用 (wallstat) 課題一覧

課題 番号	研究課題	研究代表者名(共同研究者数)所属・職名/所 内担当者			
R5-WM- 05	AI を用いた構造ヘルスモニタリン グ手法の開発	小檜山雅之(2)慶應義塾大学・教授/中川貴 文			
R5-WM- 08	生物劣化を受けた既存住宅の wallstat を用いた耐震性能評価	井上涼(3) 広島大学・大学院生/中川貴文			
R5-WM- 09	伝統木造建物の地震時挙動の分析	杉野未奈(0) 京都大学・准教授/中川貴文			
R5-WM- 10	古民家醤油屋喜代治商店 現況調査 および劣化調査	塚口憲(3) 滋賀職業能力開発短期大学校・ 職業訓練指導員/中川貴文			
R5-WM- 11	東大寺南大門の耐震性能	谷口与史也(1)大阪公立大学・教授/中川貴 文			

- 1)課題番号: R5-WM-01「木質ペレット由来ガス化残渣の賦活による活性炭の製造」 (代表者: 畑 俊充、生存圏研究所)では、木質ペレット由来のガス化熱分解残渣を用い、熱処理によってミクロ孔主体の空隙を形成し、その空隙構造および空孔径分布を解析した。賦活処理には薬剤賦活が用いられ、残渣の微細構造にどのような影響を与えるかが検討された。特に、CO2 吸着能力に影響を与える細孔特性(比表面積、細孔径容積、細孔径分布)の変化に注目し、電子顕微鏡学的解析により考察された。熱処理と賦活処理を施した試料は、未処理の試料に比べて CO2 吸着能力が顕著に向上したことが示された。この結果から、熱処理と賦活処理が炭素材料の細孔構造を改善し、CO2 吸着性能を向上させることが示唆された。木質ペレット由来ガス化残渣から製造された活性炭は、CO2 吸着において有望な特性を示した。熱処理により、残渣の細孔構造と表面化学特性が改善され、CO2 吸着能力が向上することが確認された。今後の研究では、賦活条件の最適化及び熱処理温度の効果についても検討される予定である。
- 2) 課題番号: R5-WM-15「AI を用いた構造へルスモニタリング手法の開発」(代表者:小檜山雅之、慶應義塾大学),精度の高い構造へルスモニタリングシステムを構築することを目的として畳み込みニューラルネットワークや回帰型ニューラルネットワークを用いて時間軸を考慮した履歴ループデータをもとに木造建物の損傷評価を行う手法を提案した。また、学習データの作成においては wallstat を用いて解析モデルの作成と地震応答解析を行い、各階の復元力・層間変形角の応答データから時間軸を考慮した履歴ループデータを生成しているが、解析に用いる入力地震動に関してパルス性地震動など多様性を考慮することで損傷判別精度を向上する方法を提案した。

2023年度に共同利用研究活動の中で作成された卒業論文及び修士論文の主なリストを以下に示す。

- R5-WM-06(代表:宮津裕次)相内駿人:厚物木質材料と摩擦ダンパを用いた通し面材 工法に関する研究、東京理科大学修士論文、2024年2月
- R5-WM-07 (代表:森拓郎) 高橋竜大:プレストレスによる初期張力が CLT ロッキング壁の耐震性能に及ぼす影響、広島大学修士論文、2024年2月

# 3. 共同利用状況

表 2 木質材料実験棟過去 10 年間と本年度の利用状況の推移

年度 (平成、西暦)	26	27	28	29	30	2019	2020	2021	2022	2023
採択課題数	15	21	16	14	17	17	22	28	19	11
共同利用者	53	88	75	77	96	95	68	90	71	56
数*	学内 23	学内 30	学内 26	学内 22	学内 26	学内 18	学内 13	学内 13	学内 16	学内 14
	学外 30	学外 58	学外 49	学外 55	学外 70	学外 77	学外 55	学外 77	学外 55	学外 42

\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

# 4. 専門委員会の構成及び開催状況(令和5年度)

五十田博(委員長、京大 RISH)、中島史郎(宇都宮大)、藤田香織(東大工)、山内秀文(秋田木高研)、森 拓郎(広島大)、杉山真樹(森林総研)、大橋義徳(北林産試)、田淵敦士(京都府立大)、仲村匡司(京大農)、梅村研二(京大 RISH)、中川貴文(京大 RISH)、松尾美幸(京大 RISH)、畑俊充(京大 RISH)。令和5年度の専門委員会は、全てメール回議によって行なった。

# 5. 特記事項

特になし。

# 令和5年度共同利用研究活動の中で作成された研究の成果による 学術賞および学術論文誌に本年度発表された論文

#### [査読付き論文]

なし

#### [その他:学会口頭発表]

- R5-WM-07 (代表: 森拓郎) 高橋竜大、山形海斗、森拓郎、辻拓也、中島昌一、荒木康 弘、中川貴文、五十田博「プレストレスを用いた CLT 耐震壁の町歩指圧応力度がロッキング挙動に与える影響」日本建築学会中国支部報告会(2024年3月)
- R5-WM-5 (代表:小檜山雅之) 千葉荘輝,小檜山雅之,山下拓三:畳み込みニューラルネットワークを用いた履歴ループに基づく木造建物の損傷判別法に関する基礎的研究,第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム,Paper No. OS9-9B, 3 pages, 2023.10 (2023.10.25~27 日本学術会議,口頭発表 2023.10.25)
- R5-WM-5 (代表:小檜山雅之) 千葉荘輝,小檜山雅之,山下拓三:畳み込みニューラルネットワークを用いた履歴ループに基づく木造建物の損傷判別システム,日本地震工学シンポジウム論文集,Paper ID: Day2-C1-PB05,10 pages,2023.11 (2023.11.23~25 パシフィコ横浜ノース,ポスター発表 2023.11.24)
- R5-WM-5 (代表:小檜山雅之) 溝淵陸大,小檜山雅之,山下拓三:ニューラルネットワークを用いた木造建物の地震被害判別器の学習データセット作成法に関する研究,日本地震工学シンポジウム論文集,Paper ID: Day2-C1-PB09, 10 pages, 2023.11 (2023.11.23~25 パシフィコ横浜ノース,ポスター発表 2023.11.24)
- R5-WM-5 (代表:小檜山雅之) Rikuto Mizobuchi, Masayuki Kohiyama, and Takuzo Yamashita: Bayesian Updating of Wooden Structural Parameters and Seismic Damage Classifier Using Neural Network, Proceedings of the 9th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPDYN 2023), Vol. 1, pp. 2335-2347, Athens, Greece, June 12–14, 2023 (Paper No.: C20678, Presentation: June 14, 2023).

# 居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド 共同利用・共同研究専門委員会

委員長 大村 和香子(京都大学生存圏研究所)

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

京都大学生存圏研究所居住圏劣化生物飼育棟(以下 DOL と略)と生活・森林圏シミュレーションフィールド(以下 LSF と略)は平成20年度から統合され、令和5年度は10件の研究課題を採択した。

DOL は木材及び木質系材料の加害生物を飼育し、生物劣化試験の実施、並びに生物劣化機構や環境との相互作用などの研究用の生物を供給できる国内随一の施設であり、シロアリ飼育室、木材食害性甲虫類飼育室および木材劣化菌類培養室から構成されている。

現在、供給可能な飼育生物は下記の通りである(\*:居住圏環境共生分野以外、生きたままでは持ち出しは認めていない)

- ①シロアリ類:イエシロアリ、アメリカカンザイシロアリ(\*)、ヤマトシロアリ
- ②木材乾材害虫類:ヒラタキクイムシ、アフリカヒラタキクイムシ、ケブカシバンムシ、チビタケナガシンクイ
- ③木材腐朽菌類:約60種。これらの菌類については、寒天培地における生育の様子とITS 領域の塩基配列が生存圏データベース・担子菌類遺伝子データとして公開されている (http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/basidio/database(ichiran)living-fungi.html)。

従前より、木材や新規木質系材料の生物劣化抵抗性評価や防腐・防蟻手法の開発に関して、 大学だけでなく公的研究機関、民間企業との共同研究を積極的に遂行してきた。また、日本 における新規木材保存薬剤の公的性能評価を実施する施設として、長年に亘り重責を担っ ている。







居住圈劣化生物飼育棟(DOL)

左から順に、木材腐朽菌類培養室、シロアリ飼育室内の イエシロアリ巣、アメリカカンザイシロアリ 一方 LSF は、鹿児島県日置市吹上町吹上浜国有林内に設置されたクロマツとニセアカシア、ヤマモモなどの混生林からなる約 28,000m²の野外試験地であり、日本において経済的に重要なイエシロアリとヤマトシロアリが高密度で生息し、これまで既に 30 年以上にわたって木材・木質材料の性能評価試験、木材保存薬剤の野外試験、低環境負荷型新防蟻穂の開発や地下シロアリの生態調査、またその立地を活かした大気環境調査等に関して国内外の大学、公的研究機関及び民間企業との共同研究が活発に実施されてきた。





生活・森林圏シミュレーションフィールド (LSF)

左: LSF 入口、右: 木材・木質材料 の野外防蟻試験(非接地・非暴露 環境下での試験)

#### 2. 共同利用状况

平成 21 年度より DOL と LSF が統合され、それ以降採択課題数としては  $15\sim20$  件、利用者数としては  $70\sim100$  名で推移している。令和 5 年度は 10 件の採択となっている。

年度										
平度 (平成/ 令和)	26	27	28	29	30	31/R1	2	3	4	5
課題数*	18 (3)	16 (3)	16(2)	16(2)	18(4)	12(2)	14(1)	14(1)	12(1)	10(1)
共同利用 者数**	73 学内 20 学外 53	63 学内 14 学外 49	74 学内 24 学外 50	76 学内 19 学外 57	96 学内 26 学外 70	58 学内 15 学外 43	73 学内 17 学外 56	71 学内 16 学外 55	58 学内 18 学外 40	56 学内 14 学外 42

表 1 DOL/LSF 共同利用状况(過去 10 年間)

\* ()内数字は国際共同利用課題数 \*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

以下に、令和5年度の10件の採択研究課題を示す。

- ・フルフリルアルコール処理スギ材の生物劣化抵抗性(奈良県森林技術センター・増田 勝則)
- ・シロアリ貫通阻止性能を備えたサーキュラーエコノミー対応型造粒材料の開発(京都大学・簗瀬 佳之)
- ・環境と調和した木材保存法の開発(京都大学・大村 和香子)
- ・保存処理および保存処理と塗装を併用した木質材料の耐久性評価((地独) 北海道道立総合研究機構・伊佐治 信一)
- ・温泉成分によるシロアリ忌避効果の検証(大阪公立大学・石山 央樹)
- ・高湿環境下における保存処理木材に接する金物類の腐食評価(大阪公立大学・石山 央樹)

- ・木片腐朽過程を考慮した木片混じり粘土の長期力学特性の把握(名古屋大学・中野 正樹)
- ・銅系接合具の木材防腐防蟻効果の野外検証試験(富山県農林水産総合技術センター木材研 究所・栗﨑 宏)
- ・CLT の生物劣化における特徴と保存処理の効果(広島大学・森 拓郎)
- ・生物劣化を受けた木造接合部の強度性能評価(宮崎県木材利用技術センター・中谷 誠)

# 3. 専門委員会の構成及び開催状況 (令和5年度)

- (1)国内委員:大村和香子(委員長、京大生存研)、高橋けんし(京大生存研)、簗瀬佳之(京大農学研究科)、板倉修司(近畿大学農学部)、神原広平(森林総合研究所)、木原久美子(熊本高等専門学校生物化学システム工学科)、酒井温子(奈良県森林技術センター)、堀澤 栄(高知工科大学工学研究科)、伊佐治信一(北海道立総合研究機構 森林研究本部・林産試験場)
- (2)国際委員(アドバイザー): Theodore Evans (西オーストラリア大学)、Kok-Boon Neoh (台湾国立中興大学)
- (3) 専門委員会開催状況

令和6年3月7日(令和5年度第1回委員会 オンライン開催)

議題:令和6年度申請課題の審査他

申請課題の審査は、予め各委員に申請書類を配信し、委員会開催時に出席委員による評価を経て採択を行った。

### 4. 共同利用研究の成果

以下に、令和5年度に発表された卒業論文、修士論文、学術論文、報告書・資料・要旨集 及び学会発表リスト、並びに特筆すべき事項を示す。

(1) 修士論文、学術論文、報告書・資料・要旨集及び学会発表リスト

#### 修士論文

津田 雅仁:風水害・地震津波災害で発生した土砂系混合物分別土の有効活用に向けた力学 挙動の把握、名古屋大学修士論文

#### 学術誌に掲載された論文

Bramantyo Wikantyoso, Wakako Ohmura, Tomoya Imai, Yoshihisa Fujii, Setiawan Khoirul Himmi, Sulaeman Yusuf (2023) Sensitivity and Orientation to Sustained Airflow by *Coptotermes formosanus* Soldier Termites (Isoptera, Rhinotermitidae), Journal of Insect Behavior 36(3) 195-209. DOI: 10.1007/s10905-023-09834-7

# 学会・シンポジウム発表

大村和香子,神原広平,楠本倫久,箕浦るん,佐々木伸也,下山当,丸山省吾 (2023) 探知犬を利用したシロアリセンシング技術について,第 35 回日本環境動物昆虫学会年次大会要旨集,45.

神原広平, 松原恵理, 大村和香子(2023)乾材害虫被害材から検出されたフラス由来の揮発

性成分分析の試み,第35回日本環境動物昆虫学会年次大会要旨集,20.

# (2) 特筆すべき事項

DOL/LSF で行われた研究成果を広く社会に公開するため、研究成果発表会を第 512 回 生存圏シンポジウムとして令和 6 年 3 月 6 日にオンラインにて実施し、併せて要旨集 (PDF版) を発行した。

# 生存圏データベース共同利用・共同研究専門委員会 委員長 今井 友也(京都大学生存圏研究所)

# 1. 共同利用施設および活動の概要

「生存圏データベース」は、生存圏研究所が蓄積してきたデータの集大成で、材鑑調査室が収集する木質標本データと生存圏に関するさまざまな電子データとがある。材鑑調査室では1944年以来収集されてきた木材標本や光学プレパラートを収蔵・公開している。また、大気圏から宇宙圏、さらには森林圏や人間生活圏にかかわるデータを電子化し、インターネット上で公開している。これら生存圏に関する多種多様な情報を統括し、共同利用・共同研究拠点活動の一形態であるデータベース共同利用として管理・運営を行なっている。

#### 1-1. 材鑑調査室

材鑑調査室は、1978年に国際木材標本室総覧に機関略号 KYOw として正式登録されたこ とを契機に 1980 年に設立され、材鑑やさく葉標本の収集をはじめ、内外の大学、研究所、 諸機関との材鑑交換を行なっている。現有材鑑数は約20000個(223科、1166属、4260種)、 永久プレパラート数は 12894 枚に上り、わが国では森林総合研究所に次ぐ第 2 の規模であ る。生存圏研究所に特徴的なものとして、古材コレクション(617点)がある。これらは指定 文化財建造物の修理工事において生じる取替え古材を文化財所有者や修理事務所の協力に 基づき系統的に収集したものである。実験試料として破壊試験を行なうことができる我が 国唯一のコレクションであり、木の文化と科学に寄与する様々な研究テーマに供されてい る。また従来から引き続き、木材の組織構造観察にもとづく樹種同定を通して、昨今耐震 改修の進む歴史的な建造物の部材や、木彫像を初めとする木製品の樹種のデータベース化 を進めている。昨今、コンピュータビジョンと機械学習による木材形態の新しい数量的、 統計的な解析に向けた画像データベースの作成を試みるなどし、蓄積した画像は 110 種、 9000 枚を超え、一部京都大学学術リポジトリより公開している。2008 年の改修により、管 理室と見学スペースを分離すると同時に、生存圏データベース共同利用の拠点設備として 生存圏バーチャルフィールドを開設した。現在は、法隆寺五重塔心柱をはじめ数多くの文 化財級の部材や工芸品を展示し、年間多くの見学者に随時公開している(ただし、コロナ 禍は除く)。また、2019年以降、高山寺や比叡山より数百年生のスギの円盤が数点寄贈され、 年輪解析用試料として研究におおいに活用された他、近年は、材鑑所有古材を用いて、D NAによる樹種識別手法の開拓など基礎研究も進められている。

# 1-2. 電子データベース

生存圏データベースの一環として、研究成果にもとづいて種々の電子情報を蓄積してきた。2015年に見直しをおこない現在以下7種類のデータベースを公開している。**宇宙圏電** 

磁環境データ:1992 年に打ち上げられ地球周辺の宇宙空間を観測し続けている GEOTAIL 衛星から得られた宇宙圏電磁環境に関するプラズマ波動スペクトル強度の時間変化データ。レーダー大気観測データ:過去30 年以上にわたってアジア域最大の大気観測レーダーとして稼働してきた MU レーダーをはじめとする各種大気観測装置で得られた地表から超高層大気にかけての観測データ。赤道大気観測データ:インドネシアに設置されている赤道大気レーダーで取得された対流圏及び下部成層圏における大気観測データと電離圏におけるイレギュラリティ観測データを含む関連の観測データ。グローバル大気観測データ:全球気象データ(気象庁作成の格子点データやヨーロッパ中期気象予報センターの再解析データ)を自己記述的でポータビリティの高いフォーマットで公開。木材多様性データベース:材鑑調査室が所蔵する木材標本ならびに光学プレパラートの文字情報、識別プレパラート画像と識別結果、また文献データベースでは日本産広葉樹の木材組織の画像と解剖学的記述を公開。2021 年のサーバー交換に伴い動かなくなっていたが、2024 年3 月に日本語サイトに加えて英語サイトも含めて公開予定。

有用植物遺伝子データベース:二次代謝成分やバイオマスが利用される有用植物のExpressed sequence tags (EST)配列を集積しており、既知の遺伝子配列と相同性を有するEST配列を検索(相同性検索)することが可能。担子菌類遺伝子資源データ:第二次世界大戦以前より収集されてきた希少な標本試料の書誌情報や生体試料の遺伝子情報を収集。



電子データベースは、http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/から公開されている。

これら以外に所内外の研究者から以下のデータベースの提供を受けて公開している。南極点基地オーロラ観測データ:南極点基地で撮像したオーロラ全天画像のデータベース。 静止衛星雲頂高度プロダクト:静止気象衛星の赤外輝度温度観測から推定した、雲頂高度 および光学的厚さに関するデータベース。アカシア大規模造林地気象データベース: 2005 年よりインドネシア南スマトラ島のアカシア大規模造林地で収集されている地上気象観測 データ。

# 2. 共同利用研究の成果

- ① 全国各地における木材標本や年輪標本の採集を継続的に推進している。
- ② 材鑑およびデータベース利用による成果例:

論文および報告

Yumiko Watanabe, Yoshito Katayama, Zhen Li, Takeshi Nakatsuka & Suyako Tazuru, Assessments of tree-ring intra-annual  $\delta^{18}$ O record for reconstructing hydroclimate with high temporal resolution, Geoscience Letters volume 10, 2023

DOI: https://doi.org/10.1186/s40562-023-00282-x

松本康隆,中山利恵,田鶴寿弥子,笛吹嘉一郎による伊賀上野愛染院芭蕉翁故郷塚「瓢竹庵」の調査研究(その1)日本建築学会計画系論文集 巻88号807,2023

DOI https://doi.org/10.3130/aija.88.1758

濱田恒志, 田鶴寿弥子, 島根県内に所在する木彫仏像・神像の樹種調査, 古代文化研究, 2023.

Fujiwara, Keita, Kawamura, Ryuichi, Impact of the extremely warm Gulf Stream on heavy precipitation induced by Hurricane Sandy (2012) during its extratropical transition Weather and Climate Extremes, 40, 100568, 2023

DOI: https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100568

Li, Xiaoyang, Kawamura, Ryuichi, Ichiyanagi, Kimpei, Yoshimura, Kei Moisture sources and isotopic composition of a record-breaking heavy Meiyu-Baiu rainfall in southwestern Japan in early July 2020

Atmospheric Research, 286, 106693, 2023

DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106693">https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106693</a>

# 書籍

田鶴寿弥子 ひとかけらの木片が教えてくれること 木材×科学×歴史 淡交社 2022 年 8 月出版 について 2023 年 4 月重版となった

#### 3. 共同利用状況

2017年度から2023年度にかけての共同利用状況については、次の通りである。

年度	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
材鑑調査室 採択課題数*	15(2)	10(1)	13(1)	9(1)	11(1)	9(1)	9(1)
材鑑調査室 共同利用者数 **	63 学内 25 学外 38	36 学内 16 学外 20	49 学内 23 学外 26	41 学内 17 学外 24	32 学内 21 学外 11	33 学内 22 学外 11	28 学内 18 学外 10
電子データ ベースへの アクセス	155,589,041 254,712GB	204,862,046 384,768Gb	319,905,539 456,782GB	393,973,816 406,152GB	集計不可能	488,129,934 370.132 GB	253,026,028 247,758 GB

<sup>\*()</sup>内数字は国際共同利用、\*\*共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数、

#### 4. 専門委員会の構成及び開催状況(2023年度)

専門委員会は、所外委員 9 名[栗本(秋田県立大・木材高度加工研究所)、中島(NIES)、中村(極地研)、藤井(森林総研)、佐野(北大・農)、海老沢(宇宙研)、斎藤(東大・農)、田上(京大・理)、杉山(京大・農)]と所内委員 4 名[橋口、小嶋、今井、田鶴]、および海外委員 1 名[翟勝丞(南京林業大,中国)]である。2023 年度の委員会は 2024 年 2 月 5 日に開催される予定で、2023 年度の活動報告、2024 年度生存圏データベース(材鑑調査室)共同利用申請課題選考などの論議をおこなう。

#### 5. 特記事項

- ① アメリカ合衆国ホノルル美術館・ボストン美術館・クリーブランド美術館あるいはカ ナダロイヤルオンタリオ美術館・メトロポリタン美術館、台湾の博物館などに所蔵さ れている東アジア由来の文化財の樹種調査・放射性炭素年代調査を継続している。
- ② 国立博物館美術院や修理所への文化財調査協力に加え、島根県立古代出雲歴史博物館、 一部の都道府県文化課、帝塚山大学との文化財調査協力、あるいは重要文化財をはじ めとした複数の建造物修復工事における文化財調査についても継続している。
- ③ 韓国忠北大学の Jeong-Wook Seo 教授らの訪問を受け、材鑑調査室の国際的ネットワーキングについて意見交換を行った。

<sup>\*\*\*</sup>サーバーマシンの更新に伴い電子データベースへのアクセス数を数えるプログラムが 2021 年 4 月 1 日から 2022 年 2 月 23 日まで作動していなかったため。

# 持続可能生存圏開拓診断(DASH) / 森林バイオマス評価分析システム(FBAS) 共同利用・共同研究専門委員会 委員長 杉山 暁史 (京都大学生存圏研究所)

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

人類が持続的生存を維持するためには、太陽エネルギーによる再生可能な植物資源によって、食糧生産、資源確保、エネルギー供給を支えるシステムを構築することが、世界的な緊急課題となっている。また地球環境の保全のためには、植物を中心として、それを取り巻く大気、土壌、昆虫、微生物など様々な要素の相互作用、すなわち生態系のネットワークを正しく理解することも必要である。これらは当研究所のミッション1、4、およびアカシアプロジェクトに密接にかかわっている。そして、環境修復、持続的森林バイオマス生産、バイオエネルギー生産、高強度・高耐久性木質生産などを最終目標として、種々の有用遺伝子機能の検証と並び、樹木を含む様々な形質転換植物が作成されている。

こうした研究を支援するため、平成19年度の京都大学概算要求(特別支援事業・教育研究等設備)において、生存圏研究所は生態学研究センターと共同で「DASH システム」を申請し、これが認められて生存圏研究所に設置された。本システムは、樹木を含む様々な植物の成長制御、共生微生物と植物の相互作用、ストレス耐性など植物の生理機能の解析を行なうとともに、植物の分子育種を通じ、有用生物資源の開発を行なうものである。一方、平成18年度より全国共同利用として運用してきたFBASは、前者の分析装置サブシステムと内容的に重複するところが多いことから平成20年度よりDASHシステムと協調的に統合し、一つの全国・国際共同利用として運用することとした。後者は複雑な木質バイオマス、特にリグニンおよび関連化合物を中心として、細胞レベルから分子レベルにいたるまで正確に評価分析する、分析手法の提供をベースとした共同利用研究である。

本システムを構成する主要な機器と分析手法は以下の通りである。

#### 主要機器

・DASH 分析装置サブシステム

1)代謝産物分析装置LCMS-IT-TOF1台[図 A]2)植物揮発性成分分析装置GC-MS2台[図 B]3)土壌成分分析装置ライシメータ2台[図 D]4)形質転換細胞培養装置インキュベーター1台[図 H]

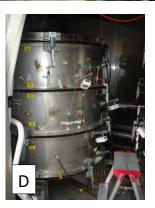
・DASH 植物育成サブシステム

組換え植物育成用(8温室+1培養室+1準備処理作業室) [図 C] 大型の組換え樹木にも対応(温室の最大高さ6.9m)



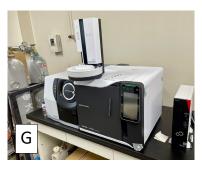














E図: DASH/FBAS 構成機器(抜粋)

・FBAS として共同利用に供する設備

四重極型ガスクロマトグラフ質量分析装置

高分解能二重収束ガスクロマトグラフ質量分析装置 [図 E]

四重極型液体クロマトグラフ質量分析装置 [図 F]

トリプル四重極ガスクロマトグラフィー質量分析装置 [図 G]

ニトロベンゼン酸化反応装置

#### ・その他の装置

核磁気共鳴吸収分光装置 透過型電子顕微鏡

# 主な分析手法

チオアシドリシス、ニトロベンゼン酸化分解 (リグニン化学構造分析) クラーソンリグニン法、アセチルブロマイド法 (リグニン定量分析)

#### 2. 共同利用状況

平成 18 年度から令和 5 年度に渡って共同利用状況については以下の通りである。本全国共同利用設備は、平成 18 年度に FBAS として共同利用を開始した。その後平成 19 年度の京都大学概算要求にて DASH の設置が認められた。内容的に両者で重複する部分が多かったため、平成 20 年度からは両者を融合して DASH/FBAS として全国共同利用の運用をしている。

傾向として、利用面積が問題となる植物育成サブシステムに関しては、長時間を必要とする植物の育成が主な機能であることから、利用件数の大きな変動はない。採択件数が減少傾向に見えるのは、随時受付を行っている DASH 分析装置サブシステムの利用者数の変動が原因となっているためで、温室部分の利用者に大きな変動は無い。

年度	H18	Н19	H20	H21	H22	Н23	H24	H25	Н26
採択 課題数	8	8	15	22	17	15	16	13	16
共同利					95	80	82	70	84
用者数	25	45	97	129	学内 47	学内 54	学内 50	学内 44	学内 54
*					学外 48	学外 26	学外 32	学外 26	学外 30

表 DASH/FBAS 共同利用状况

年度	Н27	Н28	Н29	Н30	R1	R2	R3	R4	R5
採択 課題数	16	18	17	13	13	14	12	9	10
共同利	82	94	80	59	69	54	57	65	73
用者数	学内 60	学内 76	学内 62	学内 50	学内 56	学内 44	学内 52	学内 60	学内 56
*	学外 22	学外 18	学外 18	学外 9	学外 13	学外 10	学外 5	学外 5	学外 17

\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 3. 専門委員会の構成及び開催状況(令和5年度)(10名)

令和6年2月現在の専門委員会を構成する委員名・所属先は以下の通りである。 杉山暁史(生存圏研究所・委員長)、河合真吾(静岡大学)、谷川東子(名古屋大学)、有村源一郎(東京理科大学)、矢崎一史(生存圏研究所)、今井友也(生存圏研究所)、高橋征司(東北大学)、肥塚崇男(山口大学)、木庭啓介(京都大学)、飛松裕基(生存圏研究所)

令和5年度の専門委員会は、共同利用申請課題の審査、採択に関して、メール会議にて開催 した。主な開催日は以下の通りである。

令和6年2月15日 令和6年度申請研究課題の審査依頼

令和6年3月8日 令和6年度申請研究課題の審査結果について(承認依頼)

令和6年3月15日 令和6年度申請研究課題の審査結果について

#### 4. 特記事項

昨年度、京都大学宇治地区設備サポート拠点の支援を受け、トリプル四重極型 GC/MS と遺伝子組換え植物細胞培養用の大型シェーカーを導入することができ、今年度からはこれらの機器を利用した共同利用が開始された。GC-MS のうちー台が分解能調整エラーが生じたため修理を行った。

令和5年度共同利用研究活動の中で作成された修士論文、博士論文 共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文

#### <博士論文>

松田 陽菜子 京都大学大学院農学研究科 「ダイズイソフラボンの根外への分泌と根圏での蓄積に関する研究」

#### <修士論文>

岩田 恵理子 京都大学大学院農学研究科

「高温ストレスがトマトの α-トマチン分泌および根圏微生物叢に与える影響」

小野 真央 立命館大学大学院生命科学研究科

「植物細胞壁ペクチン主鎖を修飾する酵素の遺伝子同定」

松下 修平 京都大学大学院農学研究科

「ミカン科における UbiA 遺伝子ゲノムクラスターの代謝機能および分子進化」

#### <論文>

- Takamatsu K, Toyofuku M, Okutani F, Yamazaki S, Nakayasu M, Aoki Y, Kobayashi M, Ifuku K, Yazaki K, Sugiyama A (2023) α-Tomatine gradient across artificial roots recreates the recruitment of tomato root-associated Sphingobium Plant Direct 7: e550. doi: 10.1002/pld3.550
- 2) Matsuda H, Yamazaki Y, Moriyoshi E, Nakayasu M, Yamazaki S, Aoki Y, Takase H, Okazaki S, Nagano AJ, Kaga A, Yazaki K, Sugiyama A (2023) Apoplast-Localized β-Glucosidase Elevates Isoflavone Accumulation in the Soybean Rhizosphere. Plant and Cell Physiology 64 (5):486-500. doi:10.1093/pcp/pcad012
- 3) Nakayasu M, Takamatsu K, Kanai K, Masuda S, Yamazaki S, Aoki Y, Shibata A, Suda W, Shirasu K, Yazaki K, Sugiyama A (2023) Tomato root-associated Sphingobium harbors genes for catabolizing toxic steroidal glycoalkaloids. Mbio. doi:10.1128/mbio.00599-23
- 4) Sugiyama A (2023) Application of plant specialized metabolites to modulate soil microbiota. Plant Biotechnology 40 (2):123-133. doi:10.5511/plantbiotechnology.23.0227a
- 5) Cui J, Nishide N, Mashiguchi K, Kuroha K, Miya M, Sugimoto K, Itoh J, Yamaguchi S, Izawa T (2023) Fertilization controls tiller numbers via transcriptional regulation of a MAX1-like gene in rice cultivation Nature Communications, volume 14, Article number: 3191 (2023)
- 6) Oshikiri H, Li H, Yamamoto H, Yazaki K, Takanashim K.Comparative analysis of shikonin and alkannin acyltransferases reveals their functional conservation in Boraginaceae, Plant Cell Physiol., in press doi: 10.1093/pcp/pcad158.
- 7) Ito E, Munakata R, Yazaki K (2023) Gromwell, a purple link between traditional Japanese culture and plant science, Plant Cell Physiol., 64 (6), 567-570. 10.1093/pcp/pcad038
- 8) Lui A.C.W, Pow K.C, Lin N, Lam L.P.Y, Liu G, Godwin I.D, Fan Z, Khoo C.J, Tobimatsu Y, Wang L, Hao Q, Lo C (2023)Regioselective stilbene Omethylations in Saccharinae grasses. Nature Communications, 14, 3462 (https://doi.org/10.1038/s41467-023-38908-5)
- 9) Lam L.P.Y, Wang L, Lui A.C.W. Liu L.H, Umezawa T, Tobimatsu Y, Lo C (2023)Flavonoids in major cereal grasses: distribution, functions, biosynthesis, and applications. Phytochemistry Reviews, 22, 1399–1438 (https://doi-org.kyoto-u.idm.oclc.org/10.1007/s11101-023-09873-0)

- 10) Ismayati M, Fatah N.A.N, Engela Ernawati E, Kusumaningrum W. B, Lubis M.A.R, Fatriasari W, Solihat N.N, Sari F.P, Halim A, Cholilie I.A, Tobimatsu Y (2024) Antioxidant and UV-blocking activity of PVA/tanninbased bioplastics in food packaging application. International Journal of Biological Macromolecules, 257, 128332 (https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128332)
- 11) Dwivedi N, Yamamoto S, Zhao Y, Hou G, Bowling F, Tobimatsu Y, Liu C. Simultaneous suppression of lignin, tricin and wall bound phenolic biosynthesis via the expression of monolignol 4 O methyltransferases in rice. Plant Biotechnology Journal, in press (http://doi.org/10.1111/pbi.14186)
- 12) Lam L.P.Ying, Tobimatsu Y, Suzuki S, Tanaka T, Yamamoto S, Takeda-Kimura Y, Osakabe Y, Osakabe K, Ralph J, Bartley L.E, Umezawa T.Disruption of p-Coumaroyl-CoA:monolignol transferases in rice drastically alters lignin composition. Plant Physiology, in press (http://doi.org/10.1093/plphys/kiad549)
- 13) Hata T, Honma S, Kajimoto T, Oshida K, Tobimatsu Y, Tagawa M, Kojima H, Subyakto.Microstructural changes in carbonized wood-lignin, a potential space material, in response to atomic oxygen irradiation.Biomass Conversion and Biorefinery, in press (https://doi.org/10.1007/s13399-023-04957-5)
- 14) Umezawa T, Umemura K, Kobayashi M, Miyamoto T, Takada R, Takeda-Kimura Y, Yamamura M. Sustainable Production and Utilization of Grass Biomass in Deteriorated Grasslands in Indonesia. In: The Climate-Energy-Land Nexus in Indonesia: Biofuel, REDD+ and biochar Akihisa Mori and Alin Halimatussadiah Eds., Routledge, Abington, UK, pp.133-143 (2024)
- 15) Li W, Lin Y.J, Chen Y, Zhou C, Li S, Ridder N.D, Oliveira Dy.M, Lanjun, Zhang B.Z, Wang J.P, Xu C, Fu X, Luo K, Wu A, Demura T, Lu M, Yihua, Zhou L.L, Umezawa T, Boerjan W, Chiang V.L. (2024) Plant Cell Walls: Fundamental and Utilization Molecular Plant, 17, 114–142https://doi.org/10.1016/j.molp.2023.12.008
- 16) Lam L.P.Y, Lui A.C.W., Bartley L.E, Mikami B, Umezawa T, Lo C. Multifunctional 5-hydroxyconiferaldehyde O-methyltransferase (CAldOMT) in plant metabolism. Journal of Experimental Botany, in press. https://doi.org/10.1093/jxb/erae011.

- 17) Kobayashi K, Yamamura M, Mikami B, Shiraishi A, Kumatani M, Satake H, Ono E, Umezawa T (2023) Anthriscus sylvestris deoxypodophyllotoxin synthase involved in the podophyllotoxin biosynthesis. Plant and Cell Physiology,64, 1436-1448 (https://doi.org/10.1093/pcp/pcad103)
- 18) 梅澤俊明、小埜栄一郎(2023) リグナン生合成に関わるメチル化酵素の系統 独自的進化バイオサイエンスとインダストリー,81,326-327 (https://www.jba.or.jp/bi\_library/toc/)

# <受賞>

日本植物バイオテクノロジー学会 学生奨励賞 松田陽菜子 「ダイズイソフラボンの根外への分泌と根圏での蓄積に関する研究」 日本植物バイオテクノロジー学会 学生優秀発表賞 松下修平 植物微生物研究会 優秀発表賞 高松恭子 PMRN2023 優秀発表賞 高松恭子

# 先進素材開発解析システム (ADAM) 共同利用・共同研究専門委員会

委員長 三谷 友彦 (京都大学生存圈研究所)

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

京都大学生存圏研究所先進素材開発解析システム(Analysis and Development System for Advanced Materials,以下 ADAM と略)は、「高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム」、「超高分解能有機分析サブシステム」、「高分解能多元構造解析システム」から構成される実験装置であり、平成23年度後期から共同利用設備としての運用を開始した。本設備は、世界唯一の多周波マイクロ波加熱装置、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置(FT-ICR-MS)、無機用および有機用電子顕微鏡などからなる複合研究装置であり、マイクロ波加熱を用いた新材料創生、木質関連新材料の分析、その他先進素材の開発と解析などに用いられる。本装置は研究所のフラグシップ共同研究「バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究」推進のための中核研究装置としても使われる。

# 高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム

マイクロ波信号発生器

14GHz 带、650W 進行波管増幅器

2.45GHz 帯 1kW、マグネトロン発振器

5.8GHz 帯 600W、マグネトロン発振器

800MHz~2.7GHz 帯 250W GaN 半導体増幅器 アプリケータ

ィックイン スペクトラムアナライザ、他



高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム



FT-ICR-MS

#### 超高分解能有機分析サブシステム

1. フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置 (FT-ICR-MS) (ブルカー・ダルトニクス製)

多核核磁気共鳴装置  $\lambda$ -400 (日本電子製)は、装置の老朽化に伴い令和 4 年度をもって運用停止した。

#### 高分解能多元構造解析システム

- 1. 無機用電界放出形電子顕微鏡 (200kV FE-TEM) (日本電子製)
- 2. 有機用透過電子顕微鏡 (120kV TEM) (日本電子製)
- 3. 比表面積/細孔分布測定装置 アサップ 2020 (島津-マイクロメトリックス製)



無機用電界放出形 電子顕微鏡



有機用透過電子顕微鏡

# 第13回 先進素材開発解析システム(ADAM) シンポジウムの開催

令和 5 年 10 月 31 日に第 13 回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウムを開催した。今回は現地開催(木質ホール大会議室)とオンライン(Zoom)のハイブリッド開催とした。

第13回 先進素材開発解析システム(ADAM) シンポジウムの講演者とタイトル

杉元宏行 「湿潤状態における木質材料の誘電緩和挙動」

今井友也 「エクスパンシンの『多糖間水素結合切断能』の FTIR による評価」

岸本史直 「マイクロ波によるイオン選択加熱がもたらす固体触媒化学」

樫村京一郎 「マイクロ波加熱による化学産業の電化」

# 2. 共同利用状况

ADAM 過去 11 年間と本年度の利用状況の推移

年度(平成)	25	26	27	28	29	30
採択課題数	20	20	21	23	27	25
	101	102	113	117	126	111
共同利用者数*	学内 57	学内 56	学内 58	学内 69	学内 65	学内 59
	学外 44	学外 46	学外 55	学外 48	学外 61	学外 52
年度(平成/令和)	H31/R1	2	3	4	5	
採択課題数	27	26	24	22	18	
	135	112	100	92	124	
共同利用者数*	学内 67	学内 55	学内 54	学内 46	学内 64	
	学外 68	学外 57	学外 46	学外 46	学外 60	

<sup>\*</sup> 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 3. 専門委員会の構成及び開催状況(令和5年度)

ADAM 共同利用・共同研究専門委員会は以下の委員から構成される。令和 5 年 10 月 31 日に第 13 回先進素材開発解析システム(ADAM)共同利用・共同研究専門委員会を現地(木質ホール小会議室)およびオンライン(Zoom)のハイブリッド開催で実施した。

# ADAM共同利用・共同研究専門委員会委員:

三谷友彦(京都大学生存圏研究所、准教授・委員長)

福島和彦(名古屋大学大学院生命農学研究科、教授)

二川佳央(国士舘大学理工学部、教授)

松村竹子 (ミネルバライトラボ、取締役)

岸本崇生(富山県立大学工学部、准教授)

木島正志 (筑波大学大学院数理物質科学研究科、教授)

椿俊太郎(九州大学大学院農学研究院、准教授)

吉澤徳子(産業技術総合研究所、総括研究主幹)

渡邊隆司 (京都大学生存圈研究所、教授)

篠原真毅 (京都大学生存圈研究所、教授)

今井友也(京都大学生存圈研究所、教授)

畑 俊充(京都大学生存圈研究所、講師)

西村裕志 (京都大学生存圈研究所、特定准教授)

#### 4. 共同利用研究の成果

成果の例① <研究課題: RD055328 株由来 GAPDH による toll 様受容体 2 シグナル伝達 経路の活性化(R4)>

Companilactobacillus 属および Lactiplantibacillus plantarum 属に近縁の細菌 RD055328 株の膜小胞画分を分析し、グリセルアルデヒド 3-リン酸デヒドロゲナーゼ (GAPDH) が本膜小胞画分から検出された。パイエル板細胞に膜小胞画分を加えたところ、免疫グロブリンA (IgA) が産生された。また膜小胞画分の存在下で、RAW264 細胞は炎症性サイトカイン IL-6 を産生した。組換え GAPDH タンパク質は、おそらく表在性の toll-like receptor 2 (TLR2) 認識を介して RAW264 細胞による IL-6 の産生を誘導した。共焦点レーザー顕微鏡による画像解析から、膜小胞と GAPDH タンパク質が RAW264 細胞に取り込まれたことが示された。以上から、RD055328 株由来の GAPDH は、TLR2 シグナル伝達を介した自然免疫細胞による IL-6 産生を介して、獲得免疫細胞による IgA 産生を増強することが示唆された(学術論文 1)。

成果の例② <研究課題:生物起源セレンナノ粒子と化学合成セレンナノ粒子の栄養学的利用能の比較(R4)>

セレン(Se)は必須微量栄養素であり、動物は Se 源として無機塩や有機セレン化合物など様々なセレン化合物からセレンタンパク質を生合成する。Se の無機および有機形態に加えて、元素 Se が自然界においてナノスケールで生物学的に合成されることも知られている。生物学的に合成された Se ナノ粒子(Se-NPs)、すなわち生物起源 Se-NPs(Se-BgNPs)は、他の形態の Se と比較して、Se 供給源として十分に研究されていない。本研究では、大腸菌で生合成した Se-BgNP の栄養学的利用可能性を評価し、Se-BgNP は無機 Se 塩や化学合成 Se-NP よりも Se 源としてラットのセレンタンパク質に同化されにくいことを明らかにした。Se-BgNPs は難消化性を示し、腸管での吸収性が低いため、栄養学的利用可能性が低い結果となった。Se-BgNP は、大腸菌に対する毒性を低下させると同時に、動物への利用可能性を低下させる機能を持つ生体物質でコーティングされているようだ(学術論文 2)。

#### 令和5年度共同利用研究活動の成果

#### [1] 学術雑誌論文

- Atsushi Kurata, Shimpei Takeuchi, Ryo Fujiwara, Kento Tamura, Tomoya Imai, Shino Yamasaki-Yashiki, Hiroki Onuma, Yasuhisa Fukuta, Norifumi Shirasaka, Koichi Uegaki. Activation of the toll-like receptor 2 signaling pathway by GAPDH from bacterial strain RD055328, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, (2023) 87:8. 907–915, https://doi.org/10.1093/bbb/zbad059
- 2. Takahashi K, Ochi A, Mihara H, Ogra Y, Comparison of nutritional availability of biogenic selenium nanoparticles and chemically synthesized selenium nanoparticles Biol. Trace Elem. Res. 201, 4861-4869 (2023). https://doi.org/10.1007/s12011-023-03567-6
- 3. Zhang S, Nakata E, Lin P, Morii T. An Artificial Liposome Compartment with Size Exclusion Molecular Transport. Chem. Eur. J. e202302093 (2023). https://doi.org/10.1002/chem.202302093

#### [Ⅱ] 修士論文・博士論文

- 1. 前田 瑞歩「Bifidobacterium dentium 由来 MV 画分によるヒト白血病細胞株および ヒト大腸がん細胞株に対するアポトーシスの誘導」近畿大学大学院農学研究科応用生 命化学専攻修士論文 2024 年 3 月授与予定
- 2. 芝本佳永「大腸菌が生成する細胞外元素状セレンナノ粒子の排出機構に関する研究」 立命館大学大学院生命科学研究科修士論文
- 3. Zhang Shiwei, "Artificial Liposome Compartment with DNA Origami Scaffold for Size Exclusion Molecular Transport and Enzyme Cascade Reactions" 京都大学大学 院エネルギー科学研究科博士論文 2024 年 3 月授与予定
- 4. 鮮樹輝「タンパク質を配置した DNA ナノ構造体の集積化」京都大学大学院エネルギー 科学研究科修士論文 2024 年 3 月授与予定
- 5. 大平麻有里「溶存有機物の化学的多様性と細菌叢との共変動:溶存有機物の長期残存性 の規定要因の解明に向けて」2024年3月予定

#### [Ⅲ] 著書

なし

#### [IV] 受賞

- 1. 芝本佳永「大腸菌における細胞外元素状セレンナノ粒子形成と細胞膜構造の関係性」メ タルバイオサイエンス研究会 2023 2023 年 10 月 5 日, 実行委員長賞
- 飯森南斗「腸管毒素原性大腸菌が分泌する可溶性定着因子の脂質膜認識機構」第96回 日本細菌学会総会、2023年3月、優秀発表賞

#### [V] テレビ、新聞、解説記事等

なし

#### [VI] 特許

なし

# [VII] 学会発表

- 1. 前田 朝海、倉田 淳志、河野 健一、上垣 浩一「乳酸菌細胞外膜小胞の高生産条件の 検討」日本乳酸菌学会 2023 年度大会 2023 年 7 月 7 日
- 2. 藤原 遼、石崎 真尋、竹内 慎平、田村 健人、倉田 淳志、山崎 思乃、今井 友也、 上垣 浩一「乳酸菌 RD055328 株由来の GAPDH による TLR2 シグナル伝達経路の活性 化」日本乳酸菌学会 2023 年度大会 2023 年 7 月 7 日
- 3. 前田朝海, 倉田淳志, 河野健一, 上垣浩一「乳酸菌が産生する細胞外膜小胞の高生産 条件の検討」第75回日本生物工学会大会 2023年9月3日
- 4. 前田瑞歩,入江健太,岡田美玖,福田隆志,川本純,今井友也,栗原達夫,倉田淳志,上垣浩一「Bifidobacterium dentiumの MVs が示す Jurkat 細胞の増殖抑制効果」第75回日本生物工学会大会 2023年9月3日
- 5. 倉田淳志「腸内環境の恒常性の維持におけるプロバイオティクス由来の細胞外膜小胞 の機能」第96回日本生化学会大会シンポジウム2023年11月2日
- 6. 前田 朝海、倉田 淳志、河野 健一、上垣 浩一「乳酸菌細胞外膜小胞の高生産条件の 開発」第 96 回日本生化学会大会 2023 年 11 月 1 日
- 7. 藤原 遼、石崎 真尋、竹内 慎平、田村 健人、倉田 淳志、山崎 思乃、今井 友也、 上垣 浩一「乳酸菌 RD055328 株由来の GAPDH の特性と細胞外膜小胞の精製」第96 回日本生化学会大会 2023 年11月1日
- 8. 木崎 健斗、古家 美紀、北詰 花菜、大沼 貴之、倉田 淳志、 上垣 浩一「等温滴定 カロリメトリーを用いた酵母 α-イソプロピルリンゴ酸シンターゼとエフェクター分 子の結合解析」第96回日本生化学会大会2023年11月1日
- 9. 中谷 未侑、大谷 里菜、大西 徹、長谷川 哲哉、片渕 歩真、北野 未唯、梅澤 究、 大橋 正孝、倉田 淳志、上垣 浩一「Lachancea thermotoleransの清酒醸造への利用

- と乳酸生成に関わる乳酸デヒドロゲナーゼの解明」第 96 回日本生化学会大会 2023 年 11 月 1 日
- 10. 芝本佳永,越智杏奈,豊竹洋佑,藤岡大毅,青野陸,井上真男,今井友也,三原久明「大腸菌の細胞外セレンナノ粒子形成と正常な膜小胞の関係性」第2回 生命金属科学シンポジウム 2023年5月20日
- 11. 三原久明「ヒト生命圏において必須超微量元素セレンの循環を駆動する微生物」地域資源×グリーンイノベーションシンポジウム 2023 年 9 月 20 日
- 12. 芝本佳永,越智杏奈,豊竹洋佑,藤岡大毅,青野陸,井上真男,今井友也,三原久明「大腸菌における細胞外元素状セレンナノ粒子形成と細胞膜構造の関係性」メタルバイオサイエンス研究会 2023 2023 年 10 月 5 日
- 13. 上出遥, 芝本佳永, 越智杏奈, 藤岡大毅, 井上真男, 青野陸, 今井友也, N.T. Prakash, 三原久明「セレン蓄積土壌由来 *Cellulomonas* sp. D3a の元素状セレンナノ粒子の新規形成過程」メタルバイオサイエンス研究会 2023 2023 年 10 月 5 日
- 14. 三原久明「セレン・イオウの元素循環を駆動するバクテリアの分子メカニズム」プラズマ分光分析研究会第120回講演会 2023年10月26日
- 15. 越智杏奈, 芝本佳永, 豊竹洋佑, 藤岡大毅, 岡西広樹, 青野陸, 井上真男, 金井好克, 今井友也, 三原久明「大腸菌のセレンナノ粒子は細胞内で形成され膜に包まれて排出される」日本農芸化学会 2024 年度大会 2024 年 3 月 (予定)
- 16. Zhang S, Nakata E, Lin P, Morii T. Artificial Liposome Compartment with DNA Origami Scaffold for Size Exclusion Molecular Transport. The 50 th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, Miyazaki, Japan, November 1–3, 2023.
- 17. 荒井りこ,松田康佑,高橋希恵,飯田博一「マイクロ波照射を利用した簡易エステル化と アミド化の検討」第 17 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム 予稿集 141-142 頁 小倉 2023 年 10 月.
- 18. 高橋朱音,都藤藍,高橋希恵,伊佐早総司,近藤陽一,飯田博一「マイクロ波照射下での4-フェニル酪酸等の合成と生物活性」第 17 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム 予稿集 143-144 頁 小倉 2023 年 10 月.
- 19. 荒井りこ,飯田博一「マイクロ波を利用したエステル・アミドの簡便合成とその反応促進効果に関する考察」日本化学会第 104 春季年会 日本大学船橋キャンパス 2024 年 3 月. (予定)
- 20. 高橋朱音,酒井美佳,都藤藍,飯田博一「マイクロ波照射法を用いた4-フェニル酪酸等の簡便な合成法の検討」日本化学会第 104 春季年会 日本大学船橋キャンパス 2024 年3月. (予定)
- 21. 飯森南斗、沖大也、今井友也、松田重輝、吉田卓也、大久保忠恭、飯田哲也、中村昇太、河原一樹「腸管毒素原性大腸菌が分泌する可溶性定着因子の脂質膜認識機構」第 96 回日本細菌学会総会、2023 年 3 月

- 22. 折田将輝、沖大也、飯森南斗、今井友也、松田重輝、飯田哲也、吉田卓也、大久保忠恭、中村昇太、河原一樹「外部環境に応答した腸管毒素原性大腸菌の可溶性定着因子分泌機構の解析」日本薬学会第143年会、2023年3月
- Iimori M., Oki H., Imai T., Matsuda S., Yoshida T., Ohkubo T., Iida T., Nakamura S., Kawahara K. Membrane recognition by secreted colonization factors of enterotoxigenic *Escherichia coli*. ASM Microbe 2023, Houston, USA, June 15-19, 2023
- 24. 飯森南斗、沖大也、今井友也、松田重輝、飯田哲也、吉田卓也、大久保忠恭、中村昇太、河原一樹「腸管毒素原性大腸菌が分泌する可溶性定着因子の脂質膜認識機構の解明」第20回次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム、2023年8月
- 25. 市岡慎也、飯森南斗、沖大也、今井友也、松田重輝、飯田哲也、吉田卓也、大久保忠 恭、中村昇太、河原一樹「腸管毒素原性大腸菌が分泌する可溶性定着因子とリポソー ムの相互作用解析」日本薬学会第 144 年会、2024 年 3 月 (予定)
- 26. 木田森丸「FT-ICR MS と多変量解析による南極湖沼の溶存有機物の多様性とその影響 要因の解明」
- 27. 木田森丸, 大平麻有里, 山口保彦, 岡崎友輔, 西村裕志. 「FT-ICR MS による琵琶湖溶存有機物の分子組成の時空間分布: その多様度に着目して」 『日本腐植物質学会 第 39 回講演会』 OP-02, 創価大学, 2023 年 11 月.
- 28. 大平麻有里, 山口保彦, 岡嵜友輔, 西村裕志, 木田森丸「異なるグルコース濃度の培養 実験における微生物代謝物の分子多様性の経時変化」『日本腐植物質学会 第 39 回講演 会』PP-09, 創価大学, 2023 年 11 月.
- 29. 木田森丸「南極湖沼における微生物由来溶存有機物の分子的多様性の支配要因」『日本 陸水学会第87回大会(大分)』O-A18, ホルトホール大分, 2023 年 10 月.
- 30. 木田森丸「水圏の溶存有機物の分子組成および多様性の規定要因に関する研究」『第 40 回有機地球化学(伊都)シンポジウム』オンライン,2023 年 8 月. (日本有機地球化学会田口賞受賞講演)
- 31. 大平麻有里, 山口保彦, 岡嵜友輔, 西村裕志, 木田森丸「FT-ICR MS による琵琶湖溶存 有機物の季節・深度別の分子組成解析」『第 40 回有機地球化学(伊都)シンポジウム』 14, オンライン, 2023 年 8 月. (優秀学生発表賞)
- 32. Morimaru Kida, Julian Merder, Nobuhide Fujitake, Yukiko Tanabe, Kentaro Hayashi, Sakae Kudoh, Thorsten Dittmar「Determinants of Microbial-Derived Dissolved Organic Matter Diversity in Antarctic Lakes」『ASLO 2023 Aquatic Sciences Meeting』 726, Mallorca, Spain, 2023 年 5 月.
- 33. 川上晴生, 佐藤由也, 吉澤徳子, 高橋伊久磨, 王正明「サンドイッチ型グラフェン・規則性メソポーラスシリカ複合構造制御と酵素充填への応用」第 50 回炭素材料学会年会 2023 年 11 月 29 日

- 34. 及川睦貴, 竹内悠, 小井出涼太, 吉澤徳子,王正明,小浦節子「層間電荷制御型酸化グラフェン複合膜の構築と応用」第50回炭素材料学会年会2023年11月30日
- 35. 今井牧子,爾見聡,寶子雅貴,中村友紀,峰尾恵人,中川由佳,磯﨑勝弘,中村正治,松村裕之「森林バイオマスの温和な成分分離反応—酸化による溶出成分の解析」第74回木材学会年次大会 京都大学吉田キャンパス 2024年3月(予定)
- 36. Shiqi Zhu, Paavo Penttilä, Tomoya Imai, "Multi-scale structural analysis of the octyl-cellulose synthesized by cellodextrin phosphorylase (CDP)"第74回 木材学会年次大会 京都大学吉田キャンパス 2024年3月(予定)

# [VIII] その他

1. 倉田 淳志「腸内環境の恒常性維持における乳酸菌やビフィズス菌が放出する細胞外膜小胞の役割」Cytek ウェブセミナー

(https://register.gotowebinar.com/register/4347452914795366485) 2023 年 7 月 18 日 (火) 16:00-17:00

# バイオナノマテリアル製造評価システム(CAN-DO)

# 共同利用·共同研究専門委員会 委員長 矢野 浩之 (京都大学生存圏研究所)

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

生存圏研究所では、2005年にスタートした大型プロジェクトの中で15年かけてセルロースナノファイバー材料の製造・加工・分析に特化した装置群を導入してきた。その80以上に及ぶ製造装置、分析機器をユニット化し、バイオナノマテリアル製造評価システム(Cellulosic Advanced Nanomaterials Development Organization: CAN-DO)として2021年より、生存圏研究所共同利用設備として提供している。ユニットは、CNF製造ユニット、CNF強化樹脂製造・加工ユニット、CNF化学分析ユニット、CNF構造解析ユニット、CNF 材料構造解析ユニット、CNF強化樹脂特性評価ユニットとなっている(図1)。CAN-DOの中心には原料の木質バイオマスから始まり自動車・情報家電用材料等の製造までを一気通貫で行う京都プロセステストプラントがあり、各ユニットと組み合わせることで、製造工程ごとに材料の構造・特性を評価しながら新規バイオナノマテリアルの開発に取り組むことが出来る。

CAN-DO は J-HUB オープンイノベーション拠点「バイオナノマテリアル共同研究拠点」における共同利用施設として運営しており、その活動報告を生存圏シンポジウム「バイオナノマテリアルシンポジウム」並びに生存圏シンポジウム「ナノセルロースシンポジウム」において行っている。

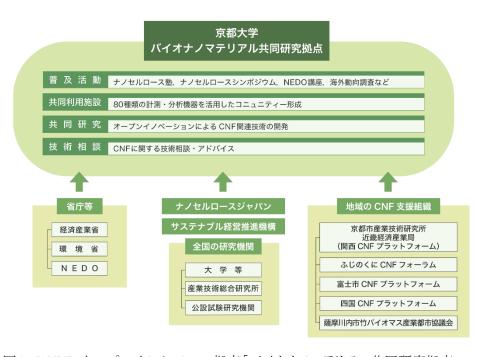


図1 J-HUB オープンイノベーション拠点「バイオナノマテリアル共同研究拠点」

小型蒸解装置

マルチダイジェスター (蒸解装置)

地球釜 (蒸解装置)

オゾン発生装置









ディゾルバー(離解機) パルプスクリーン

スクリュープレス

配向抄紙機









①CAN-DO 成分分離装置(蒸解、他)

磨砕機 (グラインダー)

湿式微粒化装置

(超高圧ホモジナイザー) 高圧ホモジナイザー

ディスクリファイナー









コニカルリファイナー

ビーズミル (バッチ式、連続式)

高速ミルおよび 高速ブレンダー

高速ホモジナイザー









②CAN-DO 解繊装置

凍結乾燥機



スプレードライヤ

低温恒温槽









マイクロウェーブ 反応装置

高圧反応装置

恒温恒湿器

恒温恒湿室









③CAN-DO サンプル調整装置

電界放出形走査型 電子顕微鏡(FE-SEM)

FE-SEM付属 EDXA

透過電子顕微鏡 (TEM)

走査型プローブ 顕微鏡









デジタルマイクロ スコープ

偏光顕微鏡 (加熱ステージ付)

高分解能 X 線 マイクロCTスキャン

レーザー顕微鏡









④ CAN-DO 観察装置

2軸混練押出機・ ペレタイザー



混練機 (ラボプラストミル)

三本ロール









大型撹拌機 (トリミックス)

射出成形機 (120t)

射出成形機 (7t)

トランスファー成型機









⑤ CAN-DO CNF/樹脂複合·成形装置

超臨界CO2

乾燥・発泡装置

遠心脱水機

遠心分離器



UV照射装置





スピンコーター

ホップレス

卓上ホップレス







自転・公転ミキサー

B型粘度計

超音波粉砕器

凍結粉砕器

超音波ホモジナイザ-

赤外線水分計

溶媒再利用装置

⑥ CAN-DO 樹脂複合材料加工装置

フーリエ変換赤外 分光光度計(FT-IR)

高速液体 クロマトグラフ

ガスクロマトグラフ

熱分解GC-MS









イオンクロマトグラフ

フラッシュ クロマトグラフ

絶対分子量測定装置 (SEC-MALLS)

元素分析装置









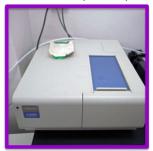
⑦ CAN-DO 化学分析機器(1)

分光光度計 (UV-Vis)

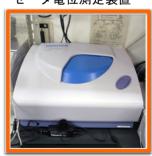
レーザ回折/散乱式 粒子径分布測定装置



ダブルビーム 分光光度計(UV-Vis)



動的光散乱式粒度径分布・ゼータ電位測定装置



平均分子量測定装置 (粘度法)



自動比表面積· 細孔分布測定装置(BET)



⑧ CAN-DO 化学分析機器(2)&物性評価機器(1)

熱重量測定装置(TGA) 熱重量測定装置(TGA) 示差走査熱量計(DSC) 熱機械分析装置(TMA)









動的粘弾性測定装置 (DMA)

動的粘弾性測定装置 (レオメーター)

万能試験機 (インストロン)

小型万能試験機









⑨ CAN-DO 物性評価機器(2)

X 線回折装置

高温水飽和吸着量 測定装置



カールフィッシャー 水分計



ウルトラミクロトーム



乾式自動密度計

接触角計

メルトインデクサー

シャルピー衝撃試験機









⑩ CAN-DO その他の機器

第3回 バイオナノマテリアルシンポジウム 2023 - アカデミアからの発信 -の開催 令和5年10月26日にCAN-DO 関連の活動を紹介するためのバイオナノマテリアルシンポジウム 2023 を開催した。対面とオンライン (Zoom) のハイブリッド開催とした。 668名の参加者があった。

ナノセルロース1本の乾燥と構造変化

藤澤 秀次 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 ナノセルロース1本の乾燥過程に伴う構造変化を、分子動力学シミュレーションと実験 的手法を用い、原子レベルで解析した。

画像解析から見たセルロースナノファイバーの局所構造 小林 加代子 京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 概主に原子間力顕微鏡の画像解析によって明らかになってきた、セルロースナノファイ バーに生じる欠陥やねじれ等の局所構造と、その生成要因について紹介した。

精密特性診断に基づくナノセルロース材料化のための基盤技術開発 榊原 圭太 国立研究開発法人産業技術総合研究所 機能化学研究部門 所属グループでは、精密材料診断に基づくナノセルロース材料化の基盤技術開発を進め ている。本発表では、複合材料の構造観察など、最近の事例を紹介した。

2D-NMR 法を用いた木質バイオマスの化学修飾反応のモニタリング 安藤 大将 秋田県立大学 木材高度加工研究所

木質バイオマス構造解析のための2D-NMR法を用いて、化学修飾における細胞壁成分の 反応挙動を読み解く。発表では、分析手法とアセチル化反応の挙動に焦点をあて、紹介 した。

イオン液体を用いたバガスパルプ再生セルロース繊維の開発

八木 伸一 京都工芸繊維大学 繊維学系

再生セルロース繊維はバイオマスの有効活用という観点からアパレル産業において注目 されている。さとうきびの未利用資源「バガス」を活用した繊維の開発について発表し た。

木材の組織構造を活用した機能材料高性能材料および大型材料化に向けた生産プロセス 田中 聡一 京都大学 生存圏研究所

木材の組織構造を活用した機能材料・高性能材料について紹介するとともに、主に高性能材料の大型化に向けた生産プロセスに関する研究について紹介する。

キチンナノファイバーの表面改質によるpH変動に対する安定性制御

伊福 伸介 鳥取大学 工学研究科 化学·生物応用工学専攻

部分脱アセチル化キチンナノファイバーは中~塩基性条件では分散性が低下する。そこで第4級アンモニウムカチオン化により pH 変動に伴う分散安定性を向上させた。

人工タンパク質ナノブロックによる自己組織化超分子ナノ構造複合体の設計開発 新井 亮一 信州大学 繊維学部 応用生物科学科・バイオメディカル研究所 多量体タンパク質を人工的に組み合わせたナノブロックを用いて、ナノスケールの自己 組織化超分子複合体を設計開発するタンパク質工学研究等について紹介した。

バイオマテリアル創製における新興液体材料群「活イオン液体」の概念と機能 鈴木 栞 北海道大学大学院 農学研究院 森林科学科

目的の反応に寄与するイオン、「活イオン」を高濃度に含む「活イオン液体」の概念と その特異物性を紹介し、バイオマテリアル創製における新奇反応場の可能性を共有した い。

バクテリアセルロースの合成機構解明に向けた生化学的アプローチ 近藤 辰哉 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹生産研究領域 高結晶セルロースを作る酢酸菌のセルロース合成酵素研究を蛋白質の側面から紹介し た。

# 2. 共同利用状況

令和3年度から共同利用を開始し、本年度は10件の共同利用課題を採択した。

CAN-DO 共同利用状況(過去2年間と本年度の利用状況の推移)

年度 (令和)	R3	R4	R5
採択 課題数	4	9	14
共同利 用者数	11 学内 4	25 学内 20	28 学内 25
*		学外 5	学外 3

\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 3. 専門委員会の構成及び開催状況(令和5年度)

CAN-DO 共同利用・共同研究専門委員会は以下の委員から構成される。令和 5 年 10 月 26 日に令和 5 年度第 1 回バイオナノマテリアル製造評価システム (CAN-DO) 共同利用・共同研究専門委員会を対面とオンライン (Zoom) のハイブリットで開催した。

CAN-DO 共同利用	• 共同研究専門委員会委員	•
	* 我问则几哥门安良云安良	

	委員種別	氏名	職名	所属機関名
1	3 号委員	能木 雅也	教授	大阪大学 産業科学研究所
2	3 号委員	齋藤 継之	教授	東京大学 大学院農学生命科学研究科
3	3 号委員	荒木 潤	教授	信州大学 繊維学部
4	3 号委員	岡久 陽子	准助教	京都工芸繊維大学 繊維学系
5	3 号委員	伊福 伸介	教授	鳥取大学 工学部
6	3 号委員	足立 幸司	准教授	秋田県立大学 木材高度加工研究所
7	3 号委員	北岡 卓也	教授	九州大学 大学院農学研究院
8	2 号委員	寺本 好邦	准教授	農学研究科 森林科学専攻
9	<b>委員長</b> 1 号委員	矢野 浩之	教授	生存圈研究所 生物機能材料分野
10	1 号委員	今井 友也	教授	生存圏研究所 マテリアルバイオロジー分野
11	1号委員	田中 聡一	助教	生存圈研究所 生物機能材料分野

#### 4. 共同利用研究の成果

#### 成果の例(1)

<研究課題:セルロースナノファイバーによる均一銀ナノ粒子の製造に関する研究(R5) >

ナノ粒子は特異的な光学特性や電気特性を持ち、多くの用途に利用されている。一方で表面エネルギーが高いために凝集が起こりやすく分散が困難で、利用には分散剤が必要となることが欠点である。そこでセルロースナノファイバー(CNF)の表面への銀ナノ粒子の担持について検討した。CNF は表面に多数の官能基が存在する化学修飾性に富んだ高弾性のナノ繊維である。この特徴を活かして、幅が 3-4nm の TEMPO 酸化触媒 CNF を用い、CNF 表面のカルボキシ基を足場に銀ナノ粒子を繊維上に満遍なく担持させることで、安定して分散した銀ナノ粒子を得ることを目指した。反応薬剤の種類、添加方法など、様々な製造条件について検討した結果、直径 4 nm 程度の均一な銀ナノ粒子を CNF 表面に均一に析出させることに成功した。得られた銀ナノ粒子は、融点がバルクな銀の 900℃付近から 210℃まで大きく低下し、ナノ化の効果が明確であった。

#### 成果の例②

<研究課題:バイオマスおよび関連試料の高分解能構造解析(R5)>

木材等のバイオマスは循環資源の代表格であり、今後益々その活用に期待がかかる材料である。一方で生物由来であるために劣化しやすいという短所も持っており、有効な活用へ向けた工学的なアプローチのためにはその性質の制御という観点が必要がある。そこで重要となるのがその構造解析である。

本課題では、バイオマスの有効活用という大目的に向けて、木質バイオマスそのものの

構造解析およびバイオマスの循環に関わる現象の構造的理解に資する研究を行う。本年度は、各種セルロース試料の高分解能 SEM 観察を行い、一件学会発表を行う予定である。また昨年度に行ったシロアリの感覚検知のメカニズム解明を目的とした体表の感覚毛の解剖学的研究で論文発表を一件行った。さらに今年度より、ポリエステルの生分解制御に関する研究をミッション 2 研究として開始し、生分解時におけるポリエステル材料の構造変化の解析に CAN-DO 装置を利用した。来年度に一件学会発表予定である。

#### 成果の例③

<研究課題: CW レーザーを用いたセルロースナノファイバーフィルムの切断加工性の解析 (R5) >

セルロースナノファイバー(CNF)を成膜したフィルムを活用するにあたり、合目的の形状に切断する加工技術が重要となる。多様な切断手法の中でも、高速で設計図どおりに切断するため連続波(CW)レーザーが使用される。本課題では、木材由来のTEMPO酸化 CNFとバクテリアセルロース(BC)由来のCNFフィルムに対してCWレーザー切断加工を行い、切断部の性状解析を実施した。特に、本施設の熱重量測定装置を用いて解析したフィルムの低速昇温熱分解挙動と、レーザーによる急速熱分解挙動とを対比した。また、CNF表面のカルボキシ基における対イオン交換反応を行い、本施設の全反射測定法によるフーリエ変換赤外分光装置により反応を追跡した。レーザー切断端部の着色を低減し、設計パターンに最も追随した加工を行うためには、対イオンをプロトン化したCNFフィルムが適していることが判明した。この成果について現在、国際誌に投稿中である。

# 令和5年度共同利用研究活動の成果

# [1] 学術雑誌論文

- Ting-Hsuan Ku, Hiroyuki Yano, Kentaro Abe, Fibrillation capability of kraft pulp for obtaining cellulose nanofibers, *Cellulose* 31(2), 927-935 (2023). 10.1007/s10570-023-05609-7
- 2. Haoyue Liu, Hiroyuki Yano, Kentaro Abe, Co-reinforcement of paper wet strength by cellulose nanofibers and NaOH treatment, *Cellulose* 30(9), 5911-5921 (2023). 10.1007/s10570-023-05224-6
- 3. 矢野浩之, セルロースナノファイバー—カーボンニュートラル社会への戦略—, 成形加工, 35(4), 107 (2023). <a href="https://doi.org/10.4325/seikeikakou.35.107">https://doi.org/10.4325/seikeikakou.35.107</a>
- 4. Haoyue Liu, Hiroyuki Yano, Kentaro Abe, Reinforcement of dry and wet paper sheets by cellulose nanofibers, *Cellulose* 30(1), 211-222(2023). https://doi.org/10.1007/s10570-022-04888-w

## [Ⅱ] 修士論文・博士論文

1. Liu, Haoyue 「Liu Reinforcing the wet strength of paper by CNFs/refiner-treated pulp and NaOH treatment(CNFs/リファイナー処理パルプと水酸化ナトリウム処理の複合による紙の湿潤強度の向上)」

京都大学大学院農学研究科博士論文 2024年3月授与予定

- 2. 篠﨑 美月「銀ナノ粒子を担持したセルロースナノファイバーの作製」京都大学大学院 農学研究科修士論文
- 3. 髙木 佑一「低温リン酸処理による CNF の構造変化」京都大学大学院農学研究科修士 論文

#### [Ⅲ] 著書

なし

## [IV] 受賞

なし

# [V] テレビ、新聞、解説記事等

なし

# [VI] 特許

なし

#### [VII] 学会発表

- 1. 矢野浩之,「セルロースナノファイバー 夢と現実、そしてこれから」, 公益財団法人岡山県産業振興財団令和5年度「晴れの国CNF連絡会」総会, 2023年7月11日.
- 2. 矢野浩之,「森を抜けて街に出る セルロースナノファイバー材料の開発と実用化 」, 第 37 回日本キチン・キトサン学会大会, 2023 年 9 月 5 日.
- 3. Hiroyuki Yano, "Driving toward a sustainable society with nanocellulose vehicles", EPONE2023, 2023 年 9 月 19 日.
- 4. Kazuko Ono, Hiroki Noguchi, Takeshi Senba, Hiroyuki Yano, "Effects of CNF addition on biodegradation in CNF reinforced biodegradable plastics", The 5th International Cellulose Conference [ICC2022+1], 2023 年 9 月 27 日.
- 5. 矢野浩之,「構造用セルロース材料の社会実装に向けて」, セルロース学会第 30 回年次 大会, 2023 年 9 月 29 日.
- 6. 矢野浩之、「森を抜けて街に出る・セルロースナノファイバー材料開発から学んだこと

- -1、日本材料学会木質材料部門委員会第313回定例研究会,2023年10月10日.
- 7. 矢野浩之,「セルロースナノファイバービジネスで脱炭素社会を生き抜く」,第 47 回 京都大学宇治キャンパス産学交流会, 2023 年 10 月 17 日.
- 8. 矢野浩之,「植物から作る未来のクルマ」,京都大学宇治キャンパス公開特別講演会, 2023年10月21日.
- 9. 小野和子, 野口広貴, 仙波健, 矢野浩之, 「CNF 補強による生分解性プラスチックの土壌 試験における分解性」, 第 31 回秋季大会・成形加工シンポジア'23, 2023 年 11 月 29 日.
- 10. 矢野浩之,「CNF に関する最新動向」, NCJ・環境省 NCP 事業共催セミナー CNF の最新動向とカーボンニュートラルへの取組. 2024 年 1 月 11 日.
- 11. 矢野浩之, 「J-Innovation HUB バイオナノマテリアル共同研究拠点の活動」, 【nano tech 特別シンポジウム】「CNF を活用した地域 GX の最前線」 $\sim$ CNF は脱炭素社会の実現に向けた新たな地域資源 $\sim$ , 2024年1月31日.
- 12. 矢野浩之, 「未来の車は植物で作る」, 第10回京都大学一稲盛財団合同京都賞シンポジウム, 2024年2月3日.
- 13. 矢野浩之, 「構造用セルロース」, Nanocellulose Symposium final/第 517 回生存圏シンポジウム 「ナノセルロース Now and Then」, 2024 年 2 月 27 日.
- 14. 矢野浩之,「森の空気を吸って育ったスーパーカー」, 第 19 回京都大学附置研究所・センターシンポジウム京都大学松本講演会, 2024 年 3 月 2 日.

# [VII] その他

なし

# Production and diffusion of methane in trees: spatial distribution of CH<sub>4</sub> sources inside the trunks

#### 1. Research team

<u>Leader</u>: EPRON, Daniel (Kyoto University, Graduate School of Agriculture)

Collaborators: TAKAHASHI, Kenshi (Kyoto University, RISH)

MOCHIDOME, Takumi (Kyoto University, Graduate School of

Agriculture)

ASAKAWA, Susumu (Nagoya University, Graduate School of

Bioagricultural)

#### 2. Related missions

Mission 1: Environmental Diagnosis and Regulation of Circulatory Function

Mission 5: Quality of the Future Humanosphere

#### 3. Abstract

The trunks of trees species can harbor methanogenic archaea, produce CH<sub>4</sub> internally and emit it to the atmosphere but little is known about CH<sub>4</sub> transport in tree trunk. Physical modeling of CH<sub>4</sub> transport in tree trunk had not yet been attempted and for this, it was necessary to locate the sources of CH<sub>4</sub> within the trunk. Our objective was therefore to characterize the vertical profile of tree CH<sub>4</sub> production within the trunk and use it to simulate the vertical pattern of CH<sub>4</sub> emission from the trunk surface. Using a cherry picker, we measured the vertical profile of tree trunk CH<sub>4</sub> emissions up to 12 meters, discovering that the upper part of the trunk emitted CH<sub>4</sub>. To determine whether this emission originated from local CH<sub>4</sub> production or axial transport from the lower trunk, we quantified the vertical profile of CH<sub>4</sub> production within the trunk by wood core incubation under anoxic conditions. In two of the three target species, the vertical profiles of production and emission were similar. We also measured the vertical profile of heartwood CH<sub>4</sub> concentration, employing it as input for a mathematical model simulating CH<sub>4</sub> transport, including diffusion and advection, which outputs the vertical profile of emission at steady state.

# 4. Background and purpose of the research

CH<sub>4</sub> is the second most significant anthropogenic greenhouse gas, and its atmospheric concentration has rapidly increased in recent years. Upland forest soils represent the largest biological sink for atmospheric CH<sub>4</sub>, offering a crucial ecosystem service. Mountain forests cover nearly two-thirds of Japan land area, but we still know little about the role of trees in their CH<sub>4</sub> budget. However, trees emit CH<sub>4</sub>, and it is essential to clarify their role to establish a comprehensive methane balance for forest ecosystems. In the Ashiu experimental forest, the trunks of various tree species host methanogenic archaea, internally produce CH<sub>4</sub>, and release it into the atmosphere. CH<sub>4</sub> production within a tree varies, and axial transport, including diffusion and advection, leads to a complex vertical pattern of stem CH<sub>4</sub> emissions. This study aims to determine whether local CH<sub>4</sub> production or axial transport is the primary source of trunk CH<sub>4</sub> emissions in the upper part of the trunk. We characterized the vertical profile of CH<sub>4</sub> emission from the trunk and compared it to the vertical profile of CH<sub>4</sub> production within the trunk by measuring the potential of methane production, internal CH<sub>4</sub> concentration and methanogenic archaeal communities in the wood at different heights all along the trunk using a cherry picker to access the top of the trees.

#### 5. Results and discussion

Trunk CH<sub>4</sub> flux was consistently positive, emitting, up to 12 meters, with peak emissions occurring at 6 to 7 meters above ground in two trees (Figure 1). The vertical patterns of CH<sub>4</sub> emission and internal CH<sub>4</sub> production were similar in two species and the vertical pattern of CH<sub>4</sub> emission was successfully simulated with a physical model of CH<sub>4</sub> transport. Varying parameters related to axial transport in the simulations did not change dramatically the vertical emission pattern. Therefore, we concluded that the distribution of CH<sub>4</sub> production plays a more critical role than axial CH<sub>4</sub> transport in determining this vertical emission pattern. Additionally, we suggested that the CH<sub>4</sub> production hot spots inside trunks are related to either wood rot or species-dependent limitations in O<sub>2</sub> supply related to wood wetness. The characterization of the methanogenic archaeal communities in the wood cores which were incubated is on going and expected to be finished in March.

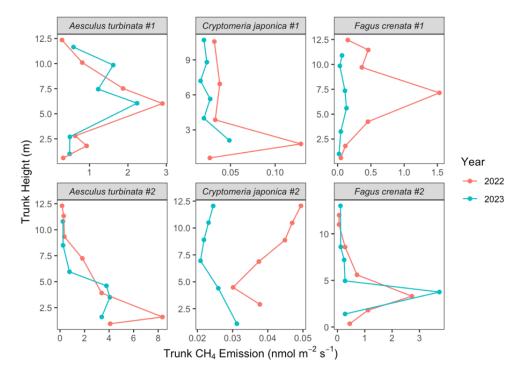


Figure 1: Vertical profiles of trunk CH<sub>4</sub> emission on two trees from three species

# 6. Future directions

We concluded that the vertical profile of CH<sub>4</sub> production is a key factor in determining the vertical emission profile, which might be generalized to trees in upland forests. For scaling emissions to the stand level, understanding the distribution of CH<sub>4</sub> production is therefore essential. One approach can be establishing a robust relationship between CH<sub>4</sub> production and both wood rot development and wood water content as proxies for the CH<sub>4</sub> production potential of trees, across multiple tree locations and species.

#### 7. References

#### 8. Notes

Results will be presented at the Annual meeting of Agricultural Meteorology of Japan in Tohoku (March 2024) and at the Japan Geoscience Union Annual Meeting in Chiba (May 2024)

# 長期太陽黒点観測スケッチのデジタル画像データベースの構築 Digital Image Database Construction of Long-Term Sketch Observation of Sunspots

# 1. 研究組織

代表者氏名:浅井 歩 (京都大学 理学研究科)

共同研究者:海老原祐輔(京都大学 生存圈研究所)

上野 悟 (京都大学 理学研究科) 鈴木美好(元三重県立津高等学校)

北井礼三郎 (立命館大学)

# 2. 関連ミッション

ミッション3:宇宙生存環境 ミッション5:高品位生存圏

## 3. 研究概要

鈴木美好氏による 60 年間以上にわたる太陽全面の黒点のスケッチ資料が蓄積されている。また、1987 年からは、写真観測(図 1)も同時に記録されている。本研究では、これらの太陽活動の長期連続観測資料をデジタル化してデータベースを構築し世界に公開する。また、このデータベースを活用して、太陽活動の長期変動について調べる。特に活動領域(黒点)ごとの太陽面での位置変化を調査し黒点出現の特徴を調べる。鈴木氏による均質な長期連続観測資料は、太陽活動・地球環境の長期変動を研究するための貴重な資料である。構築するデータベースは、生存圏研究所が主要機関参加している IUGONET を介して公開する。地球環境を支配する太陽エネルギー研究の基礎資料となるデータベースの公開は価値が大きい。

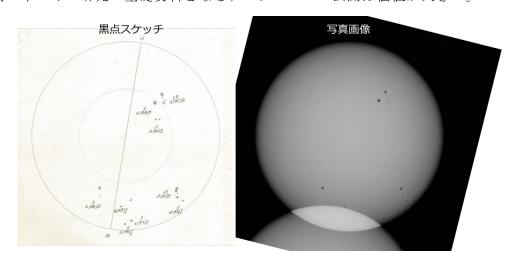


図 1:鈴木氏による太陽黒点スケッチ(左)と同日の太陽白色光写真画像(右)。1998 年 4月10日撮影。

#### 4. 研究の背景と目的

太陽黒点の出現は約11年で盛衰を繰り返す。太陽活動は太陽からの紫外線放射量を変動させ、地球に照射するエネルギーを増減させる。しかし、この盛衰の根本原因は未解明であり、観測的な立場から長期間観測記録の整備が必要である。太陽黒点の観測は、1600年代のガリレオ・ガリレイの時代にまでさかのぼれる。近年においては、小山ひさ子氏による「40年にわたる黒点スケッチ観測」」が世界的に知られており、それを引き継いで、鈴木美好氏による60年を超える黒点スケッチ観測が存在する。1987年からは、写真観測も同時に行っている。SILSO2)は世界的な太陽黒点観測のとりまとめを実施しているが、過去の太陽黒点数の再評価の際には、鈴木氏の観測結果が貢献した。本研究の目的は、この鈴木氏の観測のデジタル画像データベースを構築して、世界的研究ネットワークに原資料を提供することにある。また、この長期連続観測情報から、太陽活動の長期変動について調べる。

# 5. 研究の結果および考察

本年度は、1987年から 1998年にかけての 1000 コマの写真フィルム画像(図 1)をデジタルスキャンした。加えて、1998年および 2003年に出現した活動領域(黒点)ごとの太陽面での位置変化を調査した記録をデジタル化し、黒点出現の特徴を調べた(図 2)。

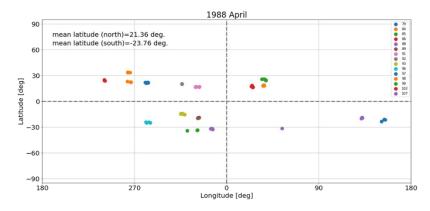


図2:1988年4月に出現した活動領域のキャリントンマップ上の位置。

#### 6. 今後の展開

フィルム撮像画像は約 45,000 コマ存在しており、効率的に重要なフィルムを選別しつつ残りの画像をスキャンする。これらのデータを理学研究科附属天文台のデータサーバー上に画像データベース・メタデータデータベースを構築し公開する。また、活動領域の出現経度に特徴(活動経度)がないかを調査する。

#### 7. 引用文献

- 1) 小山ヒサ子,太陽黒点観測報告:1947-1984,河出書房新社,1985.
- 2) SILSO (Sunspot Index and Long-term Solar Observations) Webページ: https://wwwbis.sidc.be/silso/

# ムラサキの脂質輸送機構を利用した 植物細胞における代謝産物の輸送エンジニアリング

#### 1. 研究組織

代表者氏名:市野琢爾(神戸薬科大学 薬学部) 共同研究者:矢崎一史(京都大学 生存圏研究所)

# 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション5:高品位生存圏

## 3. 研究概要

我々人間は、天然に存在する生理活性物質を香料や医薬品原料、機能性成分として利用している。植物細胞を用いた代謝工学は、これらの有用成分を化石資源に頼らずに持続的に生産するための解決策となりうる。本研究では、代謝工学の新たなアプローチとして、植物細胞が生来備えている代謝産物の輸送能力の改変を試みる。多量の脂質を分泌している薬用植物ムラサキから単離した輸送因子を異種植物に導入することによって、細胞の輸送能力を改変し、生産・蓄積する代謝産物の量を制御できるかどうかを検証した。

#### 4. 研究の背景と目的

地球環境に負荷をかけずに有用成分を生産することは、持続可能な社会の実現に向けた重要な課題の一つである。それ故、微生物や植物細胞をホストとした代謝工学は、化石燃料に依存しない物質生産法として近年益々注目を浴びている。これまでの代謝工学では、酵素機能や代謝経路といった代謝生合成の改変に焦点が当てられてきたが、細胞を使ったものづくりにおいては、生合成だけでなく、輸送や蓄積の細胞機能も肝要である。そこで、有用成分の高生産に向けた新たなアプローチの礎となるべく、植物細胞の輸送能力を自在に制御することを目標とした。

薬用植物ムラサキ (Lithospermum erythrorhizon) は、脂溶性の特化代謝産物シコニン類を細胞重量の 10%に及ぶ程多量に生産し、細胞外に分泌している。同時に、ムラサキの細胞は、中性脂質トリアシルグリセロールを細胞外に分泌する 1)。本研究では、ムラサキが有する脂質の大量分泌能力を駆動している輸送装置が種の垣根を越えて植物細胞における代謝産物の輸送能力を強化できるのかどうかを検証する。具体的には、ムラサキにおいてシコニン分泌への関与が期待される輸送因子を同定し、タバコ (Nicotiana tabacum) にこれら輸送因子を導入することにより、代謝産物の分布に変化が生じるのかどうかを検証する。

## 5. 研究の結果および考察

ムラサキにおいて脂質分泌を担う輸送因子候補の探索を行った。まず、トランスクリプトーム解析とプロテオーム解析を行い、シコニンの生産条件下で発現が誘導される遺伝子及びタンパク質を選抜した<sup>2)</sup>。この中から、脂溶性代謝産物の主要な輸送経路である輸送体と小胞を介した分泌<sup>3)</sup>に着目し、候補遺伝子 16 個を単離した。発現解析と局在解析を行い、脂質分泌因子候補を 8 つに絞り込んだ。

次いで、タバコの形質転換を行った。これまでにムラサキ由来 8 遺伝子のそれぞれを過剰発現する形質転換植物を作製した。タバコから分泌される代謝産物を調べるため、本葉をクロロホルム:メタノール=2:1 溶液に 30 秒間浸すことで表層脂質を抽出し、GC-MS により網羅的に定量した。その結果、輸送因子#3 あるいは#8 の導入により、アルカン類の細胞外蓄積量を相対的に増強させることに成功した。さらに、輸送因子#4 と#9 はタバコにおける主要な特化代謝産物であるニコチンの分泌量を増加させる傾向が認められた。

ニコチン分泌能への効果を裏付けるため、組織内外のニコチンの定量を進めている。これまでに野生型のタバコ植物体を栽培し、その本葉から上述の方法で細胞外に分泌されたニコチンと組織内のニコチンをそれぞれ抽出した。現在、LC-MSを用いた定量分析系を確立中である。

#### 6. 今後の展開

確立した分析系を用いて、輸送遺伝子#4 と#9 の過剰発現タバコにおける組織内外のニコチンを定量し、これらの輸送因子が分泌能力を強化したのか、あるいは総生産量そのものを増加させたのか、その仕組みを追究する。

細胞ホストの物質生産系において、輸送に着目した代謝工学アプローチは、従前 の生合成改変では成し得なかったブレイクスルーになる可能性を秘めている。

# 7. 引用文献

- 1) Tatsumi, K., Ichino, T., Isaka, N., Sugiyama, A., Moriyoshi, E., Okazaki, Y., Higashi, Y., Kajikawa, M., Tsuji, Y., Fukuzawa, H., Toyooka, K., Sato, M., Ichi, I., Shimomura, K., Ohta, H., Saito, K., Yazaki, K., Excretion of triacylglycerol as a matrix lipid facilitating apoplastic accumulation of a lipophilic metabolite shikonin, *J. Exp. Bot.*, **74** (1), 104–117 (2023).
- 2) Takanashi, K., Nakagawa, Y., Aburaya, S., Kaminade, K., Aoki, W., Saida-Munakata, Y., Sugiyama, A., Ueda, M., Yazaki, K., Comparative Proteomic Analysis of *Lithospermum erythrorhizon* Reveals Regulation of a Variety of Metabolic Enzymes Leading to Comprehensive Understanding of the Shikonin Biosynthetic Pathway, *Plant Cell Physiol.*, **60** (1), 19–28 (2019).
- 3) Ichino, T., Yazaki, K., Modes of secretion of plant lipophilic metabolites via ABCG transporter-dependent transport and vesicle-mediated trafficking, *Curr. Opin. Plant Biol.*, **66**, 102184 (2022).

# 木質材料創製のための前処理としての木材褐色腐朽の可能性 Potential of brown rot fungi treatment for the creation of new wooden material

## 1. 研究組織

代表者氏名:今井友也(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:田鶴寿弥子(京都大学 生存圈研究所)

Shengcheng ZHAI (南京林業大学)

Yu-na KAN (南京林業大学)

# 2. 関連ミッション

ミッション2:太陽エネルギー変換・高度利用

ミッション4:循環材料・環境共生システム

ミッション5:高品位生存圏

## 3. 研究概要

木材腐朽菌の一種である褐色腐朽菌はセルロースを優先的に分解することが知られており、著しい化学成分の変化と構造の変化を伴う。本提案では、木質材料作製の前処理として褐色腐朽を利用する材料開発研究への展開を目指し、褐色腐朽菌による木材の組織・細胞壁構造および化学成分変化を詳細に解明する。

# 4. 研究の背景と目的

木質資源はその再生可能という性質から、現在の石油資源を代替できる大変魅力的で有望な資源であり、その利用をますます広める必要がある。建材や紙・パルプとして現在も利用されている成熟した技術・製品利用が今後も重要であることは疑いないが、一方で、木質資源の使い方をより一層広めていくためには、今までとは全く異なる設計思想による材料開発も重要である。

そこで新規の木質資源の利用方法として、褐色腐朽菌を前処理に採用した木材の新規利用方法について検討を行う。褐色腐朽菌は木材腐朽菌の一タイプであり、セルロースやヘミセルロースなど多糖を優先的に分解するため、腐朽の後期では木材中のリグニン含量は高くなる。Zhai博士(南京林業大学・生存圏研究所 0G)は、この褐色腐朽を受けた高リグニン木材を液化し材料へと転換する処方を提案しているが 1)、その材料物性安定化のためには腐朽の程度を制御する必要がある。そこで褐色腐朽菌による木材の微細構造および化学成分変化を詳細に分析し、木材の褐色腐朽を精密に解明する。

## 5. 研究の結果および考察

木材試料として、中国産マツ (*Pinus massoniana* Lamb) 及びトウヒ (*Picea* spp.) を用いた。これらの木材ブロックを所定の時間、代表的な褐色腐朽菌の一つである *Gloeophyllum trabeum* (キチリメンタケ) で処理を行った。異なる処理時間 ( $2\sim14$  週間) の試料を準備し、以降の分析に供した。

重量損失や成分分析に加えて、SEM/AFM 観察、広角 X 線回折(WAXD)、窒素吸着分析の結果、分解に伴う木材の変化は 8 週までは緩やかで、10 週から分解挙動が顕著になる様子が観察された(重量減少、ポアサイズの拡大、サブミクロンサイズの空隙の成長など)  $^{2)}$ 。またセルロースの構造変化については、最初の 4 週で重合度が大きく減少する、8 週まで結晶性は向上した後に一気に減少に転じるなど、特徴的な変化が観察された。前者の劣化初期における重合度低下現象はすでに報告がある  $^{3)}$ 。その原因としてエンドグルカナーゼ活性あるいは Fenton 反応が候補として考えられるが、結晶性の向上が見られたことから、前者がよりもっともらしいと考えられる。

この褐色腐朽による木材の変化をより詳細に分析するために、TEM 観察、FTIR 測定、NMR 測定、X 線光電子分光分析(XPS)、熱重量測定分析(TG)、小角 X 散乱測定(SAXS)を行った。当日はこれらのデータをもとに、褐色腐朽のメカニズムに関する考察を行う予定である。

# 6. 今後の展開

初めに述べたように、本提案は木材腐朽という通常は忌避される現象を材料創製に生かすことを最終目的としている。しかしそのためにはいまだ分かっていないことが多い褐色腐朽のメカニズムを正しく理解することが重要だと考え、基礎研究として本研究を行った。今後は腐朽処理時間の異なる木材の液化処理との比較を行うことで、褐色腐朽による木材の構造変化のどのような点が液化に影響するのかを把握したい。

生物素材の循環において重要な役割を持つ木材腐朽菌を材料開発に活用することを 目的とする本提案は、現在の生存圏の維持に資するのみならず、人類の生活圏を宇宙 にまで拡大する上でも有望な手法の構築を目指すものであり、生存圏科学の重要課題 に位置づけられるものである。

# 7. 引用文献

- 1) Zhai, S., et al. Industrial Crops and Products, 192, 115982, 2023
- 2) Kan, Y. N., et al. Industrial Crops and Products, 208, 117843, 2024
- 3) Kleman-Leyer, K., et al. Applied & Environmental Microbiology, 58, 1266-1270, 1992

#### 8. 付記

関連研究で論文発表を一件行った(上記引用文献2)。

# 微細気泡の精密計測による基礎特性の解明 Elucidation of Fundamental Characteristics through Precise Measurement of Ultra Fine Bubbles

#### 1. 研究組織

代表者氏名:上田義勝(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:今井友也(京都大学 生存圈研究所)

三谷友彦(京都大学 生存圈研究所)

徳田陽明(滋賀大学 教育学部)

谷垣 実(京都大学 複合原子力科学研究所)

# 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション3:宇宙生存環境

## 3. 研究概要

サブミクロンスケールの微細気泡水の特性については、我々は独自に内部圧力計測 いのほか、水の誘電率や気泡帯電の変化など様々な計測を行ってきている。現在問題となっている点として、気泡の数密度分布などが計測機器により変化し、相対的な評価しか行えなかった点にある。本研究課題では、過去の課題をまとめつつ、新しい計測も行いながら絶対値としての数密度分布計測を目指す。

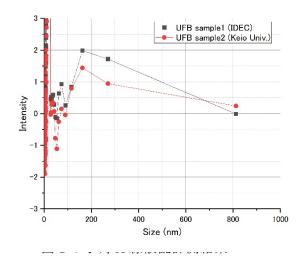
#### 4. 研究の背景と目的

概要にて述べたとおり、ウルトラファインバブル(ナノバブル)などのサブミクロンスケールの微細気泡については、絶対精度での計測が現状行われていない状況にある。微細気泡の作用機序解明には、現状では様々な計測データを比較し、そこから統合的に気泡特性を確認していく必要がある。そのため、今年度においては、小角 X 線散乱 (SAXS)を用いた水中の微細気泡計測の他、誘電率や計算機シミュレーションによる第一原理計算等を用い、気泡特性についての解析を行っていく。また、応用実験として微生物活性への影響についても確認しつつある。

## 5. 研究の結果および考察

計測の一例として、SAXSによる微細気泡の計測結果について図1に示す。計測したサンプルとしては、2種の微細気泡水を使っての計測を行っている。双方ともにサンプルは生成後に冷却輸送し、常温にて3日程度保管したものを、SPring-8に持ち込み計測を行った。気泡の数密度としては双方ともに10°個/mLを示す高い気泡濃度サンプルを用いている。現時点では、強度が非常に弱いものの、200nm弱の気泡

径部分に若干のピークを観測できている事から、散乱による特性計測の可能性は示されている。その一方で、通常の微細気泡水は 10<sup>7</sup> 個/mL から 10<sup>8</sup> 個/mL 程度であるため、感度が弱くなってしまう事から、今後はより高い濃度の微細気泡水を用意して計測を行う必要もある。



# 6. 今後の展開

微細気泡の精密計測については、気

泡濃度の調整が必要であり、校正のためのサンプル生成も非常に重要な研究課題の一つと考えている。一方で気泡濃度が高くない場合でも、内部圧力の計測の他、誘電率への影響もあり、また応用研究として微生物活性への影響(ミッション 5-1)も確認できている事から、気泡が水自体に与える影響についても計測評価する必要があると考えている。

# 7. 引用文献

 M. Tanigaki, T. Yamakura, D. Hayashi, <u>Y. Ueda</u>, A. Taniguchi, Y. Ohkubo and Y. Tokuda, Direct Measurement of the Internal Pressure of Ultrafine Bubbles Using Radioactive Nuclei, Chemical Engineering and Technology, 10.1002/ceat.202300070, 2023/7/19

#### 8. 付記

- 1) **[招待講演]**上田 義勝,ファインバブルの基礎と応用技術 および産業展開の最新動向 <オンラインセミナー>(2.ファインバブルの発生原理 3.ファインバブルを利用 した応用研究事例),日本テクノセンター オンラインセミナー,2023年12月13日
- 2) 上田 義勝, 微細気泡の帯電特性に関する報告,2023 年度静電気学会九州支部・放電プラズマによる水処理研究委員会合同研究会 第 502 回生存圏シンポジウム (第 5 回プラズマ・ファインバブル研究会) 2023 年 12 月 8 日
- 3) [基調講演]上田 義勝, 徳田 陽明, 杉山 暁史,微細気泡の数密度と水の特性との相関 解析,混相流シンポジウム 2023, 2023 年 8 月 24 日

# 国内稠密 GNSS 受信機網データを用いた中規模伝搬性電離圏擾乱 およびその測位への影響に関する研究

Study of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance and Its Effects on GNSS Positioning Using Dense GNSS Receiver Networks in Japan

# 1. 研究組織

代表者氏名:大塚雄一(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

共同研究者:横山竜宏(京都大学 生存圈研究所)

山本 衛 (京都大学 生存圈研究所)

Fu Weizhen (名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

# 2. 関連ミッション

ミッション3:宇宙生存環境 ミッション5:高品位生存圏

#### 3. 研究概要

日本国内において国土地理院とソフトバンク社が運用している多数の全球測位衛星システム(Global Navigation Satellite System; GNSS) 受信機網のデータから電離圏全電子数を求め、トモグラフィーの手法により、E 領域と F 領域における電離圏電子密度変動を分離して取得することにより、電離圏電子密度変動の空間構造を明らかにし、その生成原因を調べる。また、GNSS 測位に対する電子密度変動の影響を調べる。

#### 4. 研究の背景と目的

GPS をはじめとする GNSS は、カーナビゲーションや携帯端末などで用いられ、広く一般に普及している。GNSS 測位にとって、電離圏電子密度の変動は誤差の原因となるが、電離圏には、水平波長数百 km の中規模伝搬性電離圏擾乱(Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance; MSTID)と呼ばれる電子密度の変動が伝搬する現象が発生する。近年の研究では、スポラディック E(Es)層と F 領域の間で電磁力学的な不安定が生じ、その不安定が夜間の MSTID の原因であると考えられている。しかし、MSTID の空間スケールに対応する数百 km の Es 層の水平構造を直接観測する手段がこれまで無かった。本研究では、稠密 GNSS 受信機網データで得られた複数 GNSS データから全電子数を観測し、トモグラフィーの手法により Es 層と F 層の電子密度変動を分離することにより、F 領域における MSTID の水平構造だけでなく、対応する Es 層の水平構造を明らかにし、MSTID 生成機構における Es 層-F 領域間結合について考察する。また、MSTID が測位に与える影響を調べる。

# 5. 研究の結果および考察

GNSSデータから、衛星-受信機間の電子密度の積分量である全電子数を算出することができる。多数のGNSS受信機データを用いることにより、全電子数の水平二次元構造が明らかにされてきた。Fu et al. (2022)は、全電子数変動

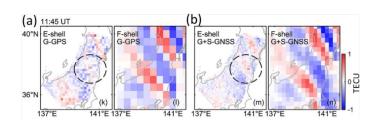


図 1: (a)国土地理院 GNSS 受信機網で得られた GPS データを用いて推定された E 層(左)と F 層(右)の全電子数変動。(b)ソフトバンク社の GNSS 受信機観測網で得られた複数 GNSS データを用いたもの(Fu et al. 2003)。

が E 層と F 層の二層に存在すると仮定し、トモグラフィーの手法を用いてそれぞれの層における全電子数変動の水平分布を求める手法を開発した。本研究では、従来使われていた国土地理院 GEONET 観測網データに加え、ソフトバンク社が整備してる受信機データを用いた。その結果、空間分解能を緯度経度で、E 層では  $0.15^\circ$  から  $0.1^\circ$ 、F 層では  $0.5^\circ$  から  $0.3^\circ$  に向上することに成功した。一例を図 1 に示す。MSTID による F 層全電子数の変動に加え、それに関連すると思われる E 層全電子数変動の水平構造も見ることができる(Fu et al. (2003)に発表済み)。

#### 6. 今後の展開

十数 km 離れた位置にある GNSS 受信機データを用いキネマティック測位を行い、 測位誤差を調べた。全電子数変動の振幅が 2~3TECU 程度の大きさをもち、南西方 向に伝搬する MSTID が観測された 2022 年 7 月 3 日夜間に、50cm 以上の上下方向の 測位誤差が観測された。今後、異なる方向に位置する受信を選んでキネマティック 測位を行い、受信機の基線方向と MSTID の波面の関係が測位誤差に与える影響を明 らかにする。

# 7. 引用文献

1) Fu, W., Yokoyama, T., Ssessanga, N., Yamamoto, M., & Liu, P., On using a double-thin-shell approach and TEC perturbation component to sound night-time mid-latitude E-F coupling. Earth, Planets and Space 74(1):1–17 (2022).

#### 8. 付記

本研究による成果を以下の論文として発表した。

1) Fu, W., Y. Otsuka, A.ki Shinbori, Michi Nishioka & Septi Perwitasari, Performance of the double-thin-shell approach for studying nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances using two dense GNSS observation networks in Japan. Earth Planets Space 76, 7 (2024).

謝辞:本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは、「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じてソフトバンク株式会社およびALES株式会社より提供を受けたものです。

# 高強度部材成形を目的とした高密度木材の流動成形性の検討

# 1. 研究組織

代表者氏名:梶川 翔平(電気通信大学 大学院情報理工学研究科) 共同研究者:久保木 孝(電気通信大学 大学院情報理工学研究科)

田中 聡一(京都大学 生存圈研究所)

## 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション4:循環材料・環境共生システム

ミッション5:高品位生存圏

## 3. 研究概要

ウリンなどの高密度木材は、高い強度および耐腐朽性を持つ一方、高強度がゆえに、複雑な形状に加工することが難しい。本研究では、ウリンのような高密度木材の加工法として、流動成形を提案する。流動成形によって円筒容器を作製し、その際の成形性を調査した。供試材として気乾状態のウリンとスギを用いた。試験片のプレス方向は、繊維方向および半径方向とした。結果として、材料やプレス方向によって成形性が大きく変化した。ウリンの場合は、いずれのプレス方向においても流動変形が生じ、一様な密度を有する深底容器を成形することができた。スギの場合は流動変形が生じず、密度分布が一様な容器を成形することはできなかった。以上の結果より、気乾状態の材を流動成形する場合、ウリンのような高密度木材は、他の一般的な密度の木材に比べて高い成形性を有する可能性が示された。

#### 4. 研究の背景と目的

熱帯雨林にて伐採されるウリンなどの高密度木材は、高い強度および耐腐朽性を持つため、材料として非常に優れている。一方、高い強度がゆえに、切削や曲げ加工などによって、複雑な形状に加工することが難しく、利用用途が建材などに限定されている。そこで、高密度木材の加工に流動成形を適用する。流動成形は、金型を用いて高い圧力を加えることによって、木材の細胞間を滑らせて大変形させる技術である<sup>1)</sup>。本研究では、ウリンの流動成形実験を行い、高強度な部品を成形するにあたって適正な加工条件を明らかにするとともに、建築部材などとして利用されることが多いスギと変形挙動を比較した.

# 5. 研究の結果および考察

後方押出しによる容器の流動成形を試みた。供試材として、気乾状態のウリンおよびスギを用いた。図 1 および図 2 に、パンチの押込み量 S にともなう形状の変化

を示す。繊維方向にプレスすると、ウリンの場合は *S*=40 mm 以降で流動変形が生じているものの、スギの場合は流動変形が生じず、中央部分が圧縮されるのみであった。半径方向にプレスした場合も、ウリンの場合のみ流動変形が生じ、スギの場合は側壁部が成形されなかった。ウリンから得られた成形品の密度分布を調査した結果、底部から側壁部にかけて密度は 1.3~1.5 g/cm3 であり、密度がおおむね均一であった。以上の結果より、ウリンは優れた流動成形性を有することが示された。

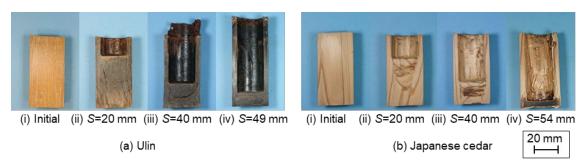


図 1: パンチの押込み量 S にともなう形状の変化(繊維方向にプレス、温度 180  $\mathbb{C}$ )

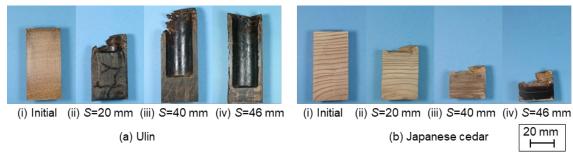


図 2: パンチの押込み量 S にともなう形状の変化(半径方向にプレス、温度 180  $\mathbb{C}$  )

# 6. 今後の展開

電子顕微鏡による観察や、材料の分析などを通じて、流動成形におけるウリンの 変形メカニズムを明らかにする。さらに、より複雑かつ大型の部品の成形を試み、 ウリンの加工に対する流動成形の有効性を検証する。

# 7. 引用文献

1) Miki, T., Sugimoto, H., Shigematsu, I., Kanayama, K., International Journal of Nanotechnology, 11, 509-519, 2014.

#### 8. 付記

- 1) 植嶋日奈子,久保木孝,梶川翔平,第74回塑性加工連合講演会講演論文集,69-70,2023.
- 2) Uejima, H., Kuboki, T., Tanaka S., Kajikawa, S., Journal of Manufacturing and Materials Processing, 8 (1), 30, 2024.

# ため池が温室効果ガス動態を通じて地域の炭素循環に果たす役割の解明

# 1. 研究組織

代表者氏名:坂部綾香(京都大学 農学研究科)

共同研究者:伊藤雅之(京都大学 生存圈研究所)

高橋けんし(京都大学 生存圏研究所)

# 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション5:高品位生存圏

## 3. 研究概要

瀬戸内の少雨地域には農業用ため池が多く存在し、藻類の光合成は二酸化炭素吸収に、嫌気的な底泥がメタン放出に寄与する可能性がある。しかし、これらのガス収支を実測した研究例はなく、放出量削減に向けた制御要因の解明が必要である。自然界の湖沼と比較して、ため池は生活圏に密接して存在し、人為的な要因によって水質、貯水量が変化しやすいという特徴がある。例えば、集水域の土地利用の違いが池に供給される栄養塩、炭素の量や質に影響し、その結果、二酸化炭素収支を左右すると考えられる。また、メタンは重要な温室効果ガスであるが、ため池底層では嫌気的環境が形成され、特に高温期には強力なメタン放出源となっていると考えられる。そして、人為的な水位調節は池内の嫌気的エリアを変化させ、メタン放出量に影響する可能性がある。

本研究では、兵庫県加古川市に位置する農業用ため池において、微気象学的手法である渦相関法を用いた池からの二酸化炭素、メタンガス交換量の観測を行った。併せて、ガス交換量の変動要因を探るために、気温、降水量、放射エネルギー量、気圧といった各種気象の観測、水温、溶存酸素濃度(DO)、水位といった池内環境の観測を行った。また、農地・森林をため池の水供給源とする特徴的な池を対象とし、栄養塩、溶存炭素、クロロフィル a (Chl-a)濃度について水質分析を行った。ため池での水質形成プロセスが池の栄養状態の変化や藻類の増減を通じてメタン、二酸化炭素ガス交換量に与える影響の解明に取り組んだ。

# 4. 研究の背景と目的

ため池は農業用水の供給源、希少生物の生息場所、雨水貯留による洪水被害の軽減、レクリエーションの場といった様々な生態系サービスが期待される。しかし、ため池における物質循環が炭素循環に果たす役割はこれまで注目されてこなかった。本研究の目的は、農業という人間活動によって造成される「ため池」が二酸化炭素

吸収源あるいは放出源、メタン放出源として地域の炭素循環に果たす役割を明らかにすることである。そこで、兵庫県加古川市に位置するため池(布池)からのメタン、二酸化炭素ガス交換量を観測するとともに、環境要因の観測と水質分析を行い、ガス交換量の制御要因の解明に取り組んだ。

## 5. 研究の結果および考察

観測期間を通じて布池からはメタン放出が観測され、夏に放出量が増加する季節変化を示した。池底層水温の上昇に応じて、指数関数的にメタン放出速度が増加したことから、池底での嫌気的環境下ではメタン生成菌によるメタン生成が起こっており、水温の上昇に応じてメタン生成菌による活動が活発になった結果であると考えられた。2023年夏の平均メタン放出速度は $0.42~\mu mol~m^2~s^1$ であり、水田からのメタン放出速度  $^1$ に匹敵する量であった。一方、藻類や植物プランクトン量の指標である  $^1$  Chl-a 濃度が増加する  $^1$  6 月以降、表層水の  $^1$  DO は過飽和な状況が続いていたことから、底層で生成されたメタンの一部は、酸化的環境でメタン酸化菌により酸化された可能性が考えられた。また、 $^1$  Chl-a 濃度が増加する夏季に、二酸化炭素吸収が日中増加する傾向がみられ、藻類による光合成の影響が示唆された。森林に位置する池においては、水中の  $^1$  CO2 分圧は冬に大気レベルを上回っていたが、夏に大気レベルを下回ることがあり、光合成による二酸化炭素吸収が示唆された。

#### 6. 今後の展開

本研究によって、主に農業排水が流入し、富栄養化状態といえるため池のメタン 放出量とその制御要因が明らかになった。今後は、水質形成機構がため池の温室効果ガス交換量に与える影響をより詳細に解析することで、ため池からの温室効果ガス放出量を削減する効果的な方策について提言を行う。

# 7. 引用文献

1) Miyata, A., Carbon dioxide and methane fluxes from an intermittently flooded paddy field, *Agricultural and Forest Meteorology*, **102**, 287-303, 2000.

# 8. 付記

本課題に関連して、以下の学会発表が行われた。

- 1) 宮下直也、伊藤雅之、坂部綾香、山本彦 (2023) ため池の溶存炭素動態と二酸化炭素放出・吸収機構、日本陸水学会第86回大会、ポスター発表、大分県大分市、2023 年10月13日
- 2) 山本彦、坂部綾香、宮下直也、勝山正則、小杉緑子、伊藤雅之 (2023) 播磨地域の ため池が流下する有機物と栄養塩に与える影響、日本陸水学会第 86 回大会、ポス ター発表、大分県大分市、2023 年 10 月 13 日

# 水中プラズマとファインバブルの組み合わせによる 水処理技術の開発

Development of water treatment system using plasma and fine bubble

## 1. 研究組織

代表者氏名:高橋克幸(岩手大学理 工学部 システム創成工学科)

共同研究者:上田義勝(京都大学 生存圈研究所)

渡邊崇人(京都大学 生存圈研究所)

# 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション3:宇宙生存環境

#### 3. 研究概要

本研究では、水中プラズマ方式の課題である、エネルギー効率の低さを解決する目的で、ファインバブルを液中に導入することによって、プラズマ生成に関わるエネルギーバランスの改善を試みた。ファインバブルを導入した場合、部分放電開始およびアーク放電にいたる電圧が著しく低下することがわかった。また、アルゴンを用いてファインバブルを発生した場合、空気を用いた場合と比較し絶縁破壊電圧が低下することがわかった。これらのことから、部分放電においては電極近傍に存在する気泡内において放電が発生していることが寄与するとともに、水中においても電離の促進により放電の進展を促進することがわかった。

#### 4. 研究の背景と目的

水中の難分解性化合物の分解や菌の不活化は、環境水、下水、畜産排水の処理の みならず、水耕栽培培養液や食品工場における洗浄水など広い領域で必要とされて いる。水中プラズマを用いた水処理方式は、水中の難分解性有機化合物の高速処理 が可能でその効果も高く、新たな処理方法として期待できる。しかし、水の絶縁破 壊電圧が高く高電圧・大電流が必要でありエネルギー効率が低いことに課題がある。

本研究の目的は、種々の応用への展開が活発なプラズマを水中で発生させ、それにより生成したラジカルを利用し、溶存する難分解性化合物の分解および、菌の不活化を高効率で可能とする水処理技術の開発を行うことである。高電圧パルスパワーを用いた水中プラズマの生成は、水に流れる導電電流により水が気化し電極近傍で微小気泡が生成されることが発端であるが、導電電流はラジカル生成に寄与せず効率低下の主要因となる。ファインバブルを導入した場合、導電電流による気泡生成が不要になるとともに、プラズマ形成に必要な絶縁破壊電圧が著しく低下するこ

とにより、ラジカルの生成効率が飛躍的に向上することが期待できる。本稿では、ファインバブルを液中に導入することによって、プラズマ生成に関わるエネルギーバランスの改善を可能とする、プラズマとファインバブルの複合方式を開発する目的で、ファイバブルが水中プラズマの形成に及ぼす影響の詳細を評価した。

## 5. 研究の結果および考察

針体平板電極を有するリアクタを用い、ファインバブルを用いた場合に水中プラズマの発生(絶縁破壊)促進の効果を評価した。印加電圧はブルームライン型 PFN を用い、パルス幅を 4 μs 一定とした。ファインバブルの粒径は顕微鏡を用いた観測により、中央値が 27 μ m であることがわかった。

図1に、空気もしくはアルゴンファインバブルの有無による、印加電圧と部分放電の確率の関係を示す。図より、ファインバブルの導入により、絶縁破壊電圧が著しく低下することがわかる。また、アルゴンを用いた場合に空気よりも絶縁破壊電圧が低下することがわかる。また、放電遅れ時間を評価したところ、ファインバブルの存在により、放電遅れが短縮されることがわかった。気相において、アルゴンは空気よりも絶縁破壊電圧が低い。これらのこと、水中放電の発生は、電極付近の気泡が水中放電の発生に寄与していると考えられる。

図 2 に、空気もしくはアルゴンファインバブルの有無による、印加電圧とアーク放電発生確率の関係を示す。図より、電極間距離が短いほどファインバブルの存在によりアーク開始電圧が低下することがわかる。このときの放電抵抗を評価したところ、ファインバブルを導入した場合抵抗値が低くなり、安定することがわかった。このことから、ファインバブルの導入によって、放電進展が促進されアーク形成が安定することが考えられる。

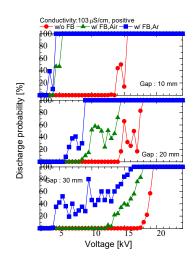


図1 電圧と部分放電確率の関係

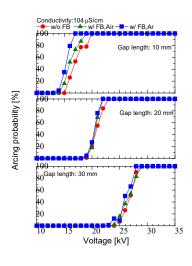


図2 電圧とアーク放電確率の関係

#### 6. 今後の展開

今後は、ファインバブルを用いた場合のプラズマ生成機構のより詳細な検証や、 液面放電とファインバブル水との関係性など及び、有機物の分解および微生物に与 える影響(殺菌など)を十分に得られる条件を見いだす必要がある。

# 木材の物性とマルチスケール時空間構造の関係解明に向けた SAXS 解析

## 1. 研究組織

代表者氏名:田中聡一(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:今井友也(京都大学 生存圈研究所)

神代圭輔(京都府立大学大学院生命環境科学研究科)

村田功二(京都大学 大学院農学研究科)

# 2. 関連ミッション

ミッション3:宇宙生存環境

ミッション4:循環材料・環境共生システム

ミッション5:高品位生存圏

# 3. 研究概要

申請者らは、木材物性を時空間スケールで統一的に理解するための学問体系の確立を目指している。そのためには、木材の階層構造を同時に評価する手法の確立が不可欠である。本研究ではそのための手法として有望な SAXS (X線小角散乱法)を用いて階層構造を評価し、基礎的知見として木材に変形を与えたときの階層構造変化について解析を行った。

#### 4. 研究の背景と目的

木材の物性は、瞬時~長期に及ぶ時間スケールにおける理解(分子論的)とミクロ~マクロに及ぶ空間スケールの理解(解剖学的)がそれぞれ体系立てられているが、時空間スケールを統一的に理解するための学問体系は構築されていない。それには木材の階層構造の同時評価手法の確立が不可欠である。SAXS は合成高分子の構造解析とその物性の相関解析において長い歴史を持つが、木材では階層構造と入射X線の複雑な相互作用により散乱パターンの解釈が困難だった。近年、WoodSAS モデル<sup>1)</sup>による解析手法の進展に伴い、木材の階層構造(微細構造~組織構造)の同時評価の可能性が見出されつつある。一方、SAXS で評価した階層構造と木材物性の関係解明は十分に進んでいない。そこで本研究では、変形を与えたときの木材の階層構造について SAXS 解析を試みた。

#### 5. 研究の結果および考察

木材に曲げ変形を付与し、圧縮側、中立軸、引張側の SAXS 像を取得する。そのために、変位増加に伴い中立軸が動かないように支点と力点を上下反転させた 3 点曲 げ試験装置を自作し、曲げ変形を与えつつ、SPring-8 にて SAXS 測定を行った。

赤道方向の散乱強度を積分して、一次元 (q-I プロット) 化した。試験片の R 方向 への投影原子密度が得られ、S2 層のミクロフィブリルのマトリクス内配置を、放射 壁、接線壁まとめて平均化した情報を得た。

WoodSAS モデルで q -I プロットをフィッティングすることにより、微細構造(ミクロフィブリル径(2R)、ミクロフィブリル間隔(a))、壁層構造(マトリクス中のミクロフィブリルからの散乱強度(A))、細胞構造(細胞内腔表面からの散乱強度(B))、未分別構造(A, C以外の構造による散乱強度(B))と解釈しうる情報を得ることができる。

シンポジウムでは、WoodSAS モデルも用い、木材の変形挙動と微細構造の関係について報告予定である。

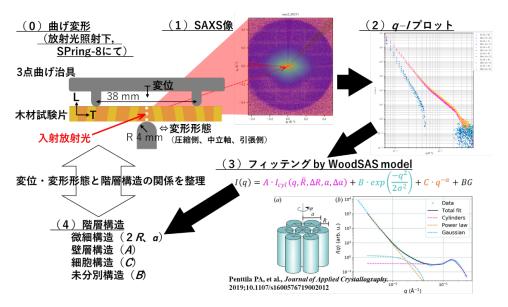


図1:SAXS 測定および解析方法

#### 6. 今後の展開

木材物性の解剖学的理解(空間)と分子論的理解(時間)を結びつけるため、今後は、高速時分割 SAXS 測定により、変形時または変形後の微細構造変化を高時間分解能で追跡する実験を計画している。それを通じて木材物性を時空間スケールで統一的に理解することを目指している。

#### 7. 引用文献

 PenttilaPA, et al., Journal of Applied Crystallography. 2019; 10.1107/s1600576719002012

#### 8. 付記

- 1) 投稿準備中3本
- 2) 学会発表 3 件(日本木材加工技術協会第 41 回年次大会 2 件、第 74 回日本木材学会年次大会 1 件)

# 環境放射能の歩行サーベイにおける リアルタイム位置捕捉技術の開発

Development of Real-Time Motion Tracking for Environmental Radioactivity Walking Surveys with KURAMA-II

## 1. 研究組織

代表者氏名:谷垣 実(京都大学 複合原子力科学研究所)

共同研究者:二瓶直登(福島大学 食農学類)

上田義勝(京都大学 生存圈研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 3. 研究概要

歩行サーベイによる環境放射能計測は GPS を用いた計測を行っているが、山間部など GPS 電波が届かない場所では計測位置にずれが生じる。本申請では、フォトグラメトリ手法の他、AR (Augmented Reality, 拡張現実) 手法によるリアルタイム位置捕捉を行う。これらの技術は、特に斜面などの傾斜値に於いて強力な計測手法となる。

#### 4. 研究の背景と目的

2011 年に発生した原発事故による福島県周辺の環境放射能汚染の経時的変化について、これまで生存圏研究所と福島大学、複合原子力科学研究所と共同で、歩行サーベイ(KURAMA-II, Kyoto University RAdiation MApping system-II) による環境放射能のリアルタイム測定を行ってきた。森林や山間部における歩行サーベイでは、GPS からの電波が届きにくく、計測位置がずれてしまう事が多い。また、山間部にはホットスポットと呼ばれる環境放射能が傾斜面にて集積している場所などがあり、傾斜状態の状況を確認できれば、新しい計測技術としても非常に有効な手法となる。

#### 5. 研究結果と考察

我々はこれまでに 3 次元マッピングを行う事で、計測位置情報を計測してきている。 昨年度用いた手法では、撮像データを一旦パソコンに取り込み、その後時間をかけて位 置情報を検出していたため、リアルタイム計測手法としては欠点が多かった。

今年度においては、環境放射能計測とリアルタイム位置捕捉技術の統合を目指している。その主要な取り組みとして、KURAMA-IIシステムによる放射能計測と、スマートフォンを活用した Motion Tracking による位置情報の同時取得技術の開発が進行中である。現時点では、Google が開発した ARCore プラットフォームを使用し、Visual Odometry 技術を駆使してスマートフォンのカメラ位置と姿勢をリアルタイムで追跡する事を目標

としている。開発には Unity プラットフォームの構築が必須であり、この環境構築は複数の文献を参照しながら進めつつある。現在、Unity プロジェクトの開始時に発生するエラーの解決を行っている段階である。また、アプリ起動時のカメラ機能の暗転という問題に直面している。

現時点での開発方針について、詳細に紹介する。ARCore 拡張現実を実現するツールであり、直接位置検出をするためのものではない。そのため、位置捕捉を行う際には、ARCore がもつ、相対位置検出機能を利用する。その際、デバイスの動き(傾きや移動)をスマートフォン側のセンサから認識させる。また、カメラ画像を利用した平面検出や空間認識の技術を利用した平面検出や空間認識の技術を利用になる。また、カーポイントを設定する事で、絶対的な位置検出を行う事が可能になる。また、スマートフォンの GPS 検出機能も併用する



図: AR Toolbox による位置捕捉事例 https://github.com/SimonMarquis/AR-Toolbox

で、より精度の高い位置捕捉が可能となる(図参照)。

#### 6. 付記

• 学会発表

上田 義勝,研究会とシンポジウムの10年間の講演の変遷,福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会2023(第510回生存圏シンポジウム),2023年12月21日

#### ・出前授業

子どもの好奇心をくすぐる体験授業「出前・受入授業」, 東日本大震災に関する研究 (福島県での復興支援研究), 京丹波町立瑞穂中学校(中学3年生 19人), 京都府, 2023/11/17

・自ら企画した研究集会

第 510 回生存圏シンポジウム 第 3 回 福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会 (第 13 回東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り(第 13 回東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り組みについて), 2023/12/21-22

# 越境大気汚染によるイオウ酸化物の飛来が 森林土壌のイオウ蓄積量に与える影響の評価

#### 1. 研究組織

代表者氏名:谷川東子(名古屋大学 生命農学研究科)

共同研究者:山下 満(兵庫県立工業技術センター)

杉山暁史(京都大学 生存圈研究所)

塩出晏弓(名古屋大学 生命農学研究科)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 3. 研究概要

東アジアでは、大気汚染がもたらす生存圏への影響は、人類が生態系サービスを享受し続けられるか否かにかかわる重大な関心事である。大陸で発生した汚染物質は日本にも多量に飛来し、「越境大気汚染による年間イオウ負荷量への寄与率は、我が国では30~65%」と環境省は見積もっている。同省の酸性雨長期モニタリングにおいて「酸性化のリスクが高い地域」に指定されている加治川集水域では、陸水の質が盛んに報告されている。加治川集水域における越境大気汚染のイオウ負荷量への寄与率は48%にのぼり、冬季にイオウ負荷量が高くなるにもかかわらず、渓流水質の季節性は見当たらないことから、土壌におけるイオウ蓄積能が緩衝機構として働いていると推察されている。大量にイオウを蓄積した土壌は長期にわたり渓流水質を変化させ、また土壌の許容量を超えたイオウ負荷は「土壌からの有害なアルミニウムイオン放出」を誘発するため、越境大気汚染下の森林土壌におけるイオウ蓄積実態の解明は急務となっている。

本研究は、加治川集水域土壌のイオウ蓄積実態を解明することを目的とし、今年はまず、土壌 3 断面から計 12 層位 (表層から基岩まで)の土壌試料を採取し、蛍光 X 線分析法によって全イオウ濃度を測定した。得られた値は日本の褐色森林土がもつ一般的な数値の範囲内であり、国内での大気汚染が深刻であった伊自良湖集水域の土壌とは異なる傾向が見られた。これは、加治川集水域ではイオウ流出が過多であること、伊自良湖集水域土壌が高いイオウ吸着能を持つことが主な原因として考えられる。越境大気汚染に対する森林土壌の反応を把握し、土壌からの硫酸イオン放出量を今後予測していくためには、加治川集水域土壌に含まれる硫酸イオンの吸着量や有機能イオウ化合物の分解作用に対する安定性を、評価していく必要がある。

#### 4. 研究の背景と目的

大陸で発生した大気汚染物質が飛来する「越境大気汚染」は、新潟・加治川集水域におけるイオウ負荷量の48%にのぼる。大量にイオウを蓄積した土壌は、長期にわたり渓流水質を変化させ、また土壌の許容量を超えたイオウ負荷は土壌からの有害なアルミニウムイオン放出を誘発する。本研究は、加治川集水域土壌のイオウ蓄積実態を解明することを目的とし、今回は土壌の全イオウ蓄積量を明らかにした。

#### 5. 研究の結果および考察

土壌 3 断面から採取した計 12 層位 (表層から基岩まで)の土壌試料について蛍光 X 線分析法によって全イオウ濃度を測定し、Tanikawa et al. (2022)で調査された「国内最大級のイオウ負荷量を受けた伊自良湖集水域土壌」および谷川ら(2003)で調査された「特殊なイオウ負荷環境下にはない普通の森林土壌」の全イオウ濃度と比較した。加治川集水域土壌は、イオウ沈着量は多い地域であるが、土壌のイオウ蓄積量は伊自良湖土壌ほど高くなく、「特殊なイオウ負荷環境下にはない普通の森林土壌」と同程度であった。その原因は、加治川集水域ではイオウの流出量が多く、生態系に保持されるイオウが少ないためであると考えられる。このイオウの挙動の差異は、土壌の特性の違いにより生じると考えられ、今後、加治川集水域土壌において保持されているイオウの化学性と土壌特性との関係を解明する必要がある。

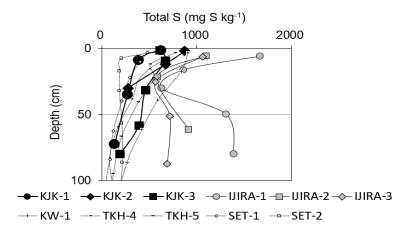


図1. 加治川集水域土 壌の全イオウ濃度

黒,加治川集水域土 壌;灰色,伊自良湖集 水域土壌;その他, 「特殊なイオウ負荷環 境下にはない普通の森 林土壌」

#### 6. 今後の展開

加治川集水域土壌の吸着態硫酸イオンの現存量や有機態イオウとしての安定性を 評価することで、越境大気汚染によって供給されたイオウの土壌における可動性に ついて解明する

#### 7. 引用文献

Tanikawa et al., Sulfur accumulation in soil in a forested watershed historically exposed to air pollution in central Japan. Geoderma, 407, 2022.

谷川東子・高橋正通・今矢明宏・稲垣善之・石塚和裕 (2003) アンディソルとインセプティソルにおける硫酸イオンの土壌断面分布と現存量 ――吸着態および溶存態硫酸イオンについて―. 日本土壌肥料学雑誌,74,149-155.

# 細胞壁改変組換え植物で迫る リグノセルロース超分子構造の構築機構

#### 1. 研究組織

代表者氏名: 飛松裕基(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者: 山本千莉(京都大学 生存圈研究所)

今井友也(京都大学 生存圈研究所) 梅澤俊明(京都大学 生存圈研究所)

久住亮介(森林研究·整備機構 森林総合研究所)

小林加代子(京都大学 農学研究科)

Laura E. Bartley (ワシントン州立大学 生物化学研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション2:太陽エネルギー変換・高度利用

ミッション5:高品位生存圏

#### 3. 研究概要

本研究は、木質細胞壁の機能及びバイオマスとしての利用性を含む諸物性の基盤となるリグノセルロース超分子構造の詳細解明を目的とする。リグニン組成やリグニン-多糖架橋構造を改変した種々の細胞壁改変組換え植物試料に対して固体 NMR や X 線を用いた種々の固体高次構造解析を行い、リグノセルロース超分子構造の詳細とそれに及ぼすリグニンやリグニン-多糖架橋構造の寄与を明らかにする。

#### 4. 研究の背景と目的

木質細胞壁中で、多糖とリグニンは共有・非共有結合を介して複合体化し、ナノスケールからマクロスケールのオーダーで高度に集積した階層的高次構造(リグノセルロース超分子構造)を形成している <sup>1,2)</sup>。そのようなリグノセルロース超分子構造の構築が細胞壁の機能発現の基盤であり、バイオマスとしての利用性を含む木質の特性の重要決定因子として寄与していると考えられているが、その分子レベルでの理解は進んでいない。リグノセルロース超分子構造の詳細解明は、陸上植物の環境適応や進化と密接に関係する細胞壁の構造・機能の解明を目指す基礎研究のみならず、細胞壁を持続型社会構築に必須の循環型バイオマス資源として捉え、その利活用のイノベーションを図る応用研究においても重要である。研究代表者らは、種々のモデル植物におけるリグニン生合成代謝経路の解析を進め、代謝工学的手法により、リグニンやリグニンー多糖架橋構造を様々に改変した多数の組換え植物を得ている。本研究では、これ

ら細胞壁改変組換え植物から調製した細胞壁試料に対して固体 NMR や X 線を用いた 種々の固体高次構造解析を行い、リグノセルロース超分子構造にリグニンの芳香核構 造やリグニンー多糖架橋構造の変化が及ぼす効果を明らかにする。

#### 5. 研究の結果および考察

リグニンの芳香核組成 46) やフェルラ酸 (FA) を介したリグニンーへミセルロース架 橋構造(FA 架橋構造)<sup>7-8)</sup> を改変したイネ変異株及び組換え株の細胞壁の広角 X 線回 折(WAXD)及び固体 <sup>13</sup>C-CP/MAS-NMR スペクトル解析による結晶構造解析を行った ところ、特に FA 架橋構造低減株においてセルロースの結晶性が顕著に低下することが 分かった。さらに、固体 NMR によるスピン格子緩和時間  $(T_1)$  測定に基づくリグノセ ルロース成分の分子運動性の評価を行ったところ、リグニン芳香核組成改変株では顕 著な変化は見られなかった一方で、FA 架橋構造低減株ではセルロース成分の分子運動 性が上昇する傾向が見られた。このことから、FA 架橋構造低減株では、細胞壁構造に 緩みが生じていることがさらに支持された。また、SAXS によるナノ-メソスケールで のリグノセルロースの集合状態の解析を行ったところ、解析を行った多くのイネ株の 細胞壁で顕著な散乱プロファイルの変化は見られなかった一方で、一部の FA 架橋構造 量低減株において、セルロースミクロフィブリル(CMF)に由来する散乱ピークの不 鮮明化が観察され、CMF の配向や分布に顕著な乱れが生じていることが示唆された。 以上の解析結果から、リグニンや FA 架橋構造の量や構造の変化、特に FA 架橋構造の 減少が細胞壁中のセルロースの結晶構造だけでなく、 セルロースの分子運動性や CMF のパッキング構造に顕著に影響を及ぼすことが示唆された。

#### 6. 今後の展開

木質細胞壁の機能及びバイオマスとしての利用性を含む諸物性の発現機構の分子レベルでの理解を目指し、今後、細胞壁改変組換え植物を用いたリグノセルロース超分子構造のさらなる解析を進めるとともに、バイオマス利用特性との相関についても解析を進める予定である。

### 7. 引用文献

1) Kang et al. Nat. Commun. 10:347 (2019); 2) Martin et al. Plant Physiol. 191:70 (2023); 3) 山本ら、第73回日本木材学会大会 (2023); 4) Takeda et al, Plant J., 97:543 (2019); 5) Takeda et al, Planta 246:337 (2017); 6) Takeda et al. Plant J. 95:796 (2018); 7) Afifi et al. Plant Physiol. 190:2155 (2022); 8) 山本ら、第72回日本木材学会大会 (2022); 9) Horiyama et al. J. Wood Sci. 68:52 (2022).

#### 8. 付記

1) 山本ら、細胞壁改変イネのリグノセルロース超分子構造の比較解析、第74回日本 木材学会大会、2024年3月(発表予定)

# 紫外線計測データと外出記録に基づく新生児の紫外線照射量と 体内ビタミン D 濃度との関係に関する研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名:中島英彰(国立環境研究所)

共同研究者:高橋けんし(京都大学 生存圏研究所)

佐々木徹 (国立環境研究所)

坂本優子(順天堂大学 医学部附属練馬病院)

本田由佳 (慶應義塾大学 政策・メディア研究科)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション5:高品位生存圏

### 3. 研究概要

最近日本人の若年女性の間で太陽紫外線を避ける風潮が広まり、その結果として VD 栄養状況の悪化が報告されてきている。我々はこれまでに、妊婦を対象として、日光照射時間と血中ビタミン D (VD) との関係をしらべ、結果を論文で報告した。本研究ではさらに研究を進め、妊婦から生まれてきた赤ちゃんについて、同様の日光照射時間と血中 VD 量との関係を調べるとともに、お母さんの VD 栄養状態との関係も調べることを目的とした。

### 4. 研究の背景と目的

最近日本人の若年女性の間で太陽紫外線を避ける風潮が広まり、その結果として VD 栄養状況の悪化が報告されてきている(Tsugawa et al., 2020) <sup>1)</sup>。申請者らはこれまでの研究において、実際の太陽紫外線観測データから体内で生成する VD 量を、放射伝達計算を用いて推定する手法を開発してきた(中島, 2020) <sup>2)</sup>。これまでの研究では、大学病院の産婦人科を受診する妊婦さんを対象に、採血前の外出アンケート結果をもとに、その日に浴びたと思われる太陽紫外線量を紫外線実測データから求め、妊婦の体内に生成したと思われる VD 量を計算によって求め、それと実際に妊婦の採血によって測定された血中 VD 量との関係を調べて論文に発表した(Nakajima et al., 2023) <sup>3)</sup>。その結果、妊婦さんたちは日光照射時間から想定されるほどは、血中で VD が存在していないことが明らかとなった。本研究ではその研究をさらに発展させるために、妊婦から生まれてきた新生児に関して同様の解析を行い、太陽紫外線から生成すると想定される VD 量と実際の血中に存在する VD 量との間の関係に、妊婦と新生児とで違いがあるかないかを明らかにすることを目的とした。

#### 5. 研究の結果および考察

今回の研究では、順天堂大学練馬病院を受診した妊婦さんから生まれた、出産後 6ヶ月の赤ちゃんを対象にアンケートと血液検査を行い、直近の日光照射時間と VD 含有食品の摂取量と、体内の VD 濃度との相関解析を行った。アンケート結果をもとに、直前 2 週間の外出履歴と日光照射時間を推定し、実際にその日の直近 2 週間前までの近傍の観測点における紫外線強度観測データから、対象者の体内で産出されたと想定される VD 量を計算した。これと、血液検査から求められた実際の体内 VD 量の相関を解析した。このことにより、計算による VD 生成量と実際の体内 VD 量の間に、どのような関係があるのかを解析した。さらに、食事による VD 摂取量もアンケート調査によって推定し、食事と日光のどちらからより効率的に VD を摂取できているかを推定した。以前に行った妊婦に関する調査では、日光浴から想定される VD 生成量に比べ、血液検査から求めた血中 VD 濃度が明らかに低いという結果が得られた。このことにより、母体に取り込まれた VD は赤ちゃんの骨の生成に消費されているのではないかという仮説が考えられた。本研究によって、その結果がある程度正しかったという事が証明された。

### 6. 今後の展開

以前の研究によって、最近の妊婦の間には幅広く VD 欠乏状態が広がっていることが明らかとなった。また妊婦の多くは推奨量以上の VD を、食事や日光照射によって取り込んでいると推定されているにも関わらず、血中 VD 濃度は全季節を通して欠乏状態であることが判明した。さらに本研究によって、日本の新生児も慢性的に VD 欠乏状態にあることが判明した。今後は今回得られた結果を幅広く世の中に周知していくことで、国民の特に若年女性や赤ちゃんの間で広がっている VD 欠乏状態を改善し、骨の健康にとってより好ましい生活を進めていくことが求められている。

### 7. 引用文献

- 1) Tsugawa, N., A. Kuwabara, H. Ogasawara, M. Nishino, K. Nakagawa, M. Kamao, H. Hasegawa, and K. Tanaka, Vitamin D status in Japanese young women in 2016-2017 and 2020: Seasonal variation and the effect of lifestyle including changes caused by the COVID-19 pandemic, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **68**, 172-180, 2022.
- 2) 中島英彰、「(総説) 日光よるビタミンDの生成」, ビタミン, 94, 469-491, 2020.
- 3) Nakajima, H., Y. Sakamoto, Y. Honda, T. Sasaki, Y. Igeta, D. Ogishima, S. Matsuoka, S. -G. Kim, M. Ishijima, and K. Miyagawa, Estimation of the vitamin D (VD) status of pregnant Japanese women based on food intake and VD synthesis by solar UV-B radiation using a questionnaire and UV-B observations, *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.*, **229**, 106272, 2023, doi:10.1016/j.jsbmb.2023.106272.

# DNA ナノ構造体を足場とした人工コンパートメントの創製

### 1. 研究組織

代表者氏名:中田栄司(京都大学 エネルギー理工学研究所)

共同研究者:森井 孝(京都大学 エネルギー理工学研究所)

今井友也(京都大学 生存圈研究所)

Zhang Shiwei (京都大学 エネルギー理工学研究所)

Lin Peng (京都大学 エネルギー理工学研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 3. 研究概要

細胞内で特定の代謝経路に関与する酵素群は、ある区画(コンパートメント)で 空間的に密接したような複合体を形成して、多段階反応を効率よく進行させること が知られている。このようなコンパートメントを人為的に作成して高効率な代謝反 応を実現する人工コンパートメントを構築する。

#### 4. 研究の背景と目的

生体内で見られるような高効率な多段階代謝反応を、試験管内でも高効率に進行させるためのシステム構築を目指す。DNA ナノ構造体 1)を足場とし、我々が開発した DNA ナノ構造体へのタンパク質配置技術「モジュール型アダプター」2)を用いることで、分子数を制御して配置することが可能である。この技術を用いて、どのようなパラメータに注目してシステムを構築すれば良いかの基礎的知見を得て、持続可能社会での環境負荷の少ない物質生産システムとして活用する。

#### 5. 研究の結果および考察

リポソームによって内包する 3 次元の DNA ナノ構造体を DNA オリガミ法 1)で構築した(図 1, sample 1)³)。その構造を原子間力顕微鏡(AFM)、透過電子顕微鏡 (TEM)、ゲル電気泳動によって評価し、期待通りの構造体が構築できていることを確認した。次に内外を区画化するために DNA ナノ構造体をリポソームで内包した(図 1, sample 2)。 DNA ナノ構造体を内包したリポソームを密度勾配超遠心によって単離精製後、その構造を TEM、ゲル電気泳動によって評価し、期待通り DNA ナノ構造体を内包したリポソーム(コンパートメント)の構築を確認した。さらに、コンパートメント内外の物質輸送を実現するために、トランスポーターの一種である OmpF をリポソームに挿入した。 OmpF が挿入されたコンパートメント(図 1, sample 3)の構造も TEM およびゲル電気泳動によって確認した。OmpF を挿入したコンパートメントの機能評価は、pH 感受性の

蛍光色素および pH 不感受性の蛍光色素で標識した DNA ナノ構造体を用いて、DNA ナノ構造体のみ、リポソームで内包された DNA ナノ構造体、および OmpF を挿入した DNA ナノ構造体内包リポソームに対して、外部の pH を変化させ、リポソーム内部に存在する蛍光標識 DNA ナノ構造体の pH 応答でおこなった。その結果、DNA ナノ構造体はリポソームによって完全に内外を隔離できており、OmpF を介してのみ内部の pH 変化が誘起されることを確認した。さらには、分子量サイズの異なるインターカレーターが OmpF の分子量分画に従って選択的に内部に送達されることを確認した。このことから、本手法により、効率よく DNA ナノ構造体を内包したコンパートメントが構築できることが明らかとなった 4)。

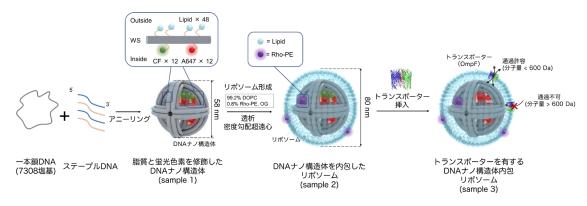


図 1.トランスポーターを搭載した DNA ナノ構造体内包リポソームの調製

### 6. 今後の展開

DNA ナノ構造体上に代謝酵素をモジュール型アダプター<sup>2)</sup>を介して高効率に配置し、コンパートメント化の有無および OmpF の有無により、その代謝反応の効率がどのように変化するかを比較評価することで、コンパートメント化が代謝反応効率に及ぼす影響について定量的に評価する。

# 7. 引用文献

- 1) Rothemunds, P.W.K. Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns, *Nature* **440**, 297-302, 2006.
- 2) Ngo, T. A., et al., Protein adaptors assemble functional proteins on DNA scaffolds, Chem. Commun. 55, 12428-12446, 2019.
- 3) Perrault, S. D., Shih, W. M. Virus-Inspired membrane encapsulation of DNA nanostructures to achieve *in vivo* stability, *ACS Nano* **8**, 5132–5140, 2014.
- 4) Zhang, S., Nakata, E., Lin, P., Morii, T. An Artificial Liposome Compartment with Size Exclusion Molecular Transport. *Chem. Eur. J.* e202302093, 2023.

### 8. 付記

[学会発表] Zhang S, Nakata E, Lin P, Morii T. Artificial Liposome Compartment with DNA Origami Scaffold for Size Exclusion Molecular Transport, The 50 th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, Miyazaki, Japan, November 1–3, 2023.

# ダイズのセシウム蓄積に関わる候補遺伝子の探索

# 1. 研究組織

代表者氏名:二瓶直登(福島大学 食農学類)

共同研究者:杉山暁史(京都大学 生存圈研究所)

上田義勝(京都大学 生存圈研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

# 3. 研究概要

2011年の東京電力福島第一原発事故により放射性セシウム (RCs) が生存圏に放出し、農地に降下した RCs は外部被ばくだけでなく作物を通じて内部被ばくの恐れがある。これまでに、カリウム(K)欠乏時に発現する輸送体が Cs 吸収に関わっていることを報告した。本研究では K 欠乏でない栽培での Cs 輸送に関わる遺伝子を探索して Cs を吸収しにくいダイズ産出を目的とした。世界、日本の主要な 318 品種・系統を通常栽培で 2 年間栽培し、葉と子実の  $^{133}$ Cs 濃度結果をもとに GWAS 解析を実施した。の解析結果であるマンハッタンプロットの 2 ケ年を比較し、両年とも $^{-1}$ og10(p) が 3 より高いQTL を探した。その結果、葉で Chr3 の  $^{0.12}\times10^7$ 付近、Chr8 の  $^{1.22}\times10^7$ 付近、子実では Chr12 の  $^{0.68}\times10^7$ 付近、Chr16 の  $^{0.70}\times10^7$ 付近で 2 ケ年とも高かった。soybase 等のデータベースを利用して各 QTL 近辺の遺伝子を探索したが、イオン輸送等に関わる遺伝子は存在してなく、Cs 輸送に関わる遺伝子を特定できなかった。

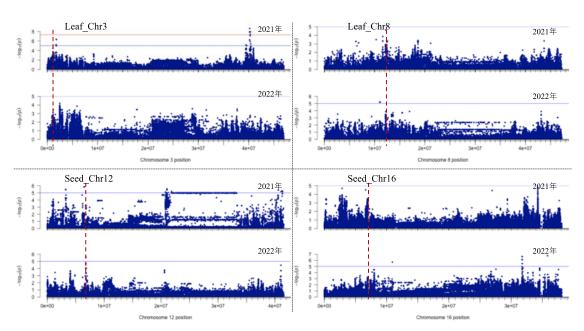


図 1 葉 (上段) と子実 (下段) の <sup>133</sup>Cs 濃度による GWAS 解析で 2 ケ年とも高い値を示す QTL 領域

### 4. 研究の背景と目的

申請者はこれまでに、他作物と比較して Cs 濃度が高い傾向にあるダイズの Cs 吸収メカニズムを明らかにするため、共同研究者(杉山,上田)と共にカリウム輸送体の関与を明らかにした。しかし、K 輸送体以外の分子メカニズムの関与が想定されるため、外国および日本で栽培される主要な 318 品種・系統を測定し、ゲノムワイド関連解析(GWAS)を実施した。本年度は、2 年間の GWAS 解析結果を比較し、両年とも共通に高い QTL 領域について、アミノ酸変異や既知情報による遺伝子の働きなどから Cs 輸送に関連する候補遺伝子を絞りこむ。

### 5. 研究の結果および考察

世界、日本の主要な 318 品種・系統を通常栽培で 2 年間栽培し、葉と子実の  $^{133}$ Cs 濃度結果をもとに GWAS 解析を実施した。の解析結果であるマンハッタンプロットの 2 ケ年を比較し、両年とも $^{-1}$ og10 (p) が 3 より高い QTL を探した。その結果、葉で Chr3 の  $^{0.12}\times10^7$  付近、Chr8 の  $^{1.22}\times10^7$  付近、子実では Chr12 の  $^{0.68}\times10^7$  付近、Chr16 の  $^{0.70}\times10^7$  付近で 2 ケ年とも高かった。soybase 等のデータベースを利用して各 QTL 近辺の遺伝子を探索したが、イオン輸送等に関わる遺伝子は存在してなく、Cs 輸送に関わる遺伝子を特定できなかった。

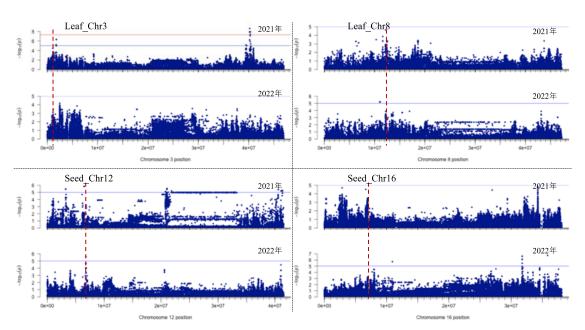


図 2 葉と子実の <sup>133</sup>Cs 濃度による GWAS 解析で 2 ケ年とも高い値を示す QTL 領域

#### 6. 今後の展開

葉と子実の比についても GWAS 解析を行い、子実への Cs 蓄積(転流)に関わる候補遺伝子の探索をし、Cs を蓄積しにくいダイズ開発を行う。

#### 7. 引用文献

Nihei, N. Agricultural Implications of Fukushima Nuclear Accident (IV), 9-15,2023

#### 8. 付記

2023年度日本土壌肥料学会にて発表

# 2022 年 1 月のフンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ火山噴火に伴う 成層圏気候変動の研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名:藤原正智 (北海道大学 大学院地球環境科学研究院)

共同研究者:酒井 哲 (気象庁気象研究所)

白石浩一 (福岡大学 理学部)

秋吉英治 (国立環境研究所)

高橋けんし (京都大学 生存圏研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 3. 研究概要

2022 年 1 月に起きたフンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ海底火山(南太平洋、トンガ、20.5°S)の噴火後の 2 年間について、地上・衛星観測データ、複数の全球大気再解析データ(JRA-3Q, JRA-55, ERA5, MERRA-2)を解析するとともに、化学気候モデルを用いた数値実験をおこなうことにより、成層圏の気候とオゾン層が受けた影響を明らかにする。

#### 4. 研究の背景と目的

熱帯における大規模な火山噴火は成層圏の硫酸エアロゾル粒子を激増させ、熱帯成層圏を昇温し、オゾン層を破壊し、地表気温を低下させることが知られている。20世紀後半で最大規模の噴火は1991年のフィリピン・ピナトゥボ火山噴火であった。昨年2022年1月に起きたフンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ海底火山(南太平洋、トンガ、20.5°S)の大噴火では、成層圏のエアロゾル増大量はピナトゥボ噴火の40分の1程度であったものの、成層圏に多量の水蒸気を注入した(全球成層圏水蒸気量10%程度)という点で観測史上前代未聞の事象となった1)。成層圏に注入された水蒸気は硫酸エアロゾル粒子とは逆の効果、すなわち成層圏を低温化し地表気温を上昇させる可能性がある。本研究では、噴火後の2年間について、地上・衛星観測データ、複数の全球大気再解析データ(JRA-3Q²)、JRA-55³)、ERA5⁴)、MERRA-2⁵))を解析するとともに、化学気候モデルを用いた数値実験をおこなうことにより、成層圏の気候とオゾン層が受けた影響を明らかにする。

#### 5. 研究の結果および考察

今年度は4つの全球再解析データについて、非断熱加熱率(短波放射、長波放射、 他を合わせたすべて)とオゾン混合比データを取得し、月平均東西平均データセッ トを作成した。また、気温を含めて他の力学・熱力学変数の月平均東西平均データセットについては、再解析比較データセット(RID<sup>6</sup>)より取得した。その上で、気温、オゾン、残差子午面循環図の南北成分と鉛直成分などの変数それぞれについて、1991年~2020年の30年間の気候値からの偏差を求めた。

4つの再解析すべてにおいて、フンガ・トンガ噴火の影響は2022年の一年間に限られていたようであることが分かった。気温については、20 hPa を中心として10 hPa ~30 hPa の範囲において、南緯30度付近から南緯60度付近にかけて、4 K を超える低温化のシグナルが共通に見られた。オゾンについては、30 hPa 付近において、やはり南緯30度付近から南緯60度付近にかけて、0.4 ppmv程度の低濃度化のシグナルが共通に見られた。残差子午面循環についても、噴火にともなうと思われるシグナルが見られた。ただし、赤道準二年振動やエルニーニョ南方振動に伴う変動を引き去るなど、より詳細な解析が必要であり、今後の課題である。

化学気候モデルを用いた数値実験については、実験設定を決める定期的な国際オンライン会議に参加すると同時に、MIROC3.2 化学気候モデルを用いて成層圏エアロゾル注入によるジオエンジニアリングを念頭に置いた数値実験を行うことにより、フンガ・トンガ火山噴火影響シミュレーションの準備を進めた。

#### 6. 今後の展開

本研究結果は最終的に、国際誌上にて発表するとともに、2 つの国際的な評価報告書(2025 年出版予定の WCRP/SPARC Hunga-Tonga Stratospheric Impacts Activity による報告書、および 2026 年版の WMO/UNEP Ozone Assessment Report)への日本からの貢献となる ?)。

#### 7. 引用文献

- 1) Fleming, E. L., et al.: Stratospheric temperature and ozone impacts of the Hunga Tonga-Hunga Ha'apai water vapor injection. J. Geophys. Res. Atmos., 129, e2023JD039298, 2024.
- 2) Kosaka, Y., et al.: The JRA-3Q Reanalysis. J. Meteor. Soc. Japan, 102, 49-109, 2024.
- 3) Kobayashi, S., et al.: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. J. Meteor. Soc. Japan, 93, 5-48, 2015.
- 4) Hersbach, H., et al.: The ERA5 global reanalysis. Q. J. R. Meteorol. Soc., 146, 1999–2049, 2020.
- 5) Gelaro, R., et al.: The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). J. Climate, 30, 5419-5454, 2017.
- 6) Martineau, P.: Reanalysis Intercomparison Dataset (RID), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, https://www.jamstec.go.jp/RID/thredds/catalog/catalog.html, 2022. (last access: 30 January 2024)
- 7) Zhu, Y., et al.: Announcement of a new SPARC Hunga-Tonga stratospheric impacts activity, SPARC Newsletter, 60, 10–11, 2023.

# 微生物と物理化学的な前処理を組み合わせた 廃プラスチック類の分解

#### 1. 研究組織

代表者氏名:渡邊崇人(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:高橋克幸(岩手大学 理工学部)

上田義勝(京都大学 生存圈研究所)

### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション2:太陽エネルギー変換・高度利用

ミッション5:高品位生存圏

#### 3. 研究概要

海洋を始め環境中の廃プラスチック問題が深刻化している。我々はこの問題を解決するために「生分解の主役となる微生物の分解能をどうすれば向上させることができるのか?」という「分解する側」と「廃プラスチック類をどうすれば生分解されやすくできるのか?」という「分解される側」の両方に焦点を当てることが重要と考えている。研究代表者は、これまでにビフェニル/PCB分解細菌を含め、数多くの環境汚染物質分解細菌の遺伝・生化学的研究及びゲノム解析を行ってきた。本研究では、これらの分解細菌が廃プラスチック類の分解にも利用できるかどうかに注目した。まず、既に得られているゲノム情報により、プラスチック類やそれらの原料の分解に関与すると推定される酵素遺伝子を探索した。その内、候補となる分解酵素遺伝子の一部について単離及び異種発現を試みた。一方、微生物の分解促進のためにプラスチック類の物理化学的な処理(前処理)にも注目し、今回細かく裁断したペットボトル(PET 片)に対して様々なプラズマ処理を行い、処理した PET 片に対して微生物による資化性等に変化があるのかどうかを検討した。

#### 4. 研究の背景と目的

環境中に廃棄されたプラスチック類が深刻な環境汚染を引き起こしている. 特に,大きさが直径 5 mm 以下のマイクロプラスチックは,目には見えない(見えにくい)ため,魚や海洋動物だけではなく,食物連鎖を通じてヒトの体内にも蓄積することから,単に環境汚染やゴミの問題ではなく,ヒトの健康にも悪影響があると指摘されている.これらの原因の一つは,プラスチック類が生分解(主に微生物によって分解)されにくいことにある.従って,本研究では,微生物を用いた環境低負荷なプラスチック類の分解法の開発を目指す.特に,生分解の主役である微生物の育種や分解酵素の機能改変という「分解する側」の研究アプローチだけではなく,物理化

学的な処理により廃プラスチック類の物性を変化させるという「分解される側」の研究アプローチも実施する.これらを組み合わせることで微生物分解の加速化の可能性を探ることを目的とする.

#### 5. 研究の結果および考察

ビフェニル/ポリ塩化ビフェニル (PCB) 分解細菌の内, Rhodococcus wratislaviensis T301 株においては,最小無機塩培地に裁断したペットボトル (以後 PET 片と表記)を唯一の炭素源として加えると生育することを発見した. そこで, T301 株のゲノム情報を精査したが,国内外で注目されているポリエチレンテレフタレート (PET) 分解酵素の PETase やクチナーゼ等 リと相同な酵素遺伝子は見つからなかった. しかしながら,最近,木材腐朽菌が低密度ポリエチレン (LDPE) を分解する報告等があり シ,その分解に関与するリグニン分解酵素が T301 株にも存在するかどうかを調べた. その結果,複数の色素脱色型ペルオキシダーゼ遺伝子をゲノム上に保持していたことから,(ポリ) エステラーゼ系酵素ではなく,リグニン分解酵素系の酸化型酵素による分解の関与が示唆された.そこで,これらの遺伝子を単離し,Rhodococcus属細菌の宿主ベクター系で異種発現及び発現酵素の精製に成功した.

一方,プラスチックが表面侵食 (surface erosion) によって分解されると指摘されていることから,プラスチックの表面処理として様々なプラズマ処理法を用いてPET 片を処理し、プラズマ処理したPET 片を唯一の炭素源として用いてT301 株を培養した.その結果,未処理のPET 片を用いた場合と比較して,特に,アーク放電処理したPET 片において生育が最大で約3倍向上した.これらの結果は,プラズマ処理によってPET 片の物性変化(表面改質等)により,微生物や酵素の付着性(アクセスのし易さ)が高まったと考えられ,前処理の重要性が示唆された.

#### 6. 今後の展開

今後,T301 株の色素脱色型ペルオキシダーゼが PET 片を含め様々なプラスチックを酸化分解するかどうかを確認したい.また,プラスチックの物性を変えるためにプラズマを始め,マイクロ波やファインバブルによる物理化学的なプラスチックの前処理法の最適化を行い,微生物分解の加速化に繋げたい.

#### 7. 引用文献

- 1) 河合富佐子,織田昌幸,ポリエチレンテレフタレート (PET) 分解酵素の特性とプラスチックリサイクルへの展望,バイオサイエンスとインダストリー,77,360-363,2019.
- 2) Perera, P., Herath, H., Paranagama, P. A., Wijesinghe, P, Attanayake, R. N., Wood decay fungi show enhanced biodeterioration of low-density polyethylene in the absence of wood in culture media, *PLoS One*, **18**(7):e0288133, 2023: doi: 10.1371/journal.pone.0288133.

# 2023年度 研究集会(生存圏シンポジウム) 活動報告

全 国 共 際	整理番号	生存圏 シンポジ ウムN	タイトル	開催日	申請代表者	所内担当者	開催場所
*	05	497	DASH/FBAS共同利用·共同研究成果報告会 —第14回— ※非公開	令和5年5月29日	杉山 暁史	村田 久美子	オンライン
*	11	498	Plant Microbiota Research Network	令和5年8月25日	杉山 暁史	杉山 暁史	オンライン
*	14	499	Microbial metabolites in deep sea and soil: collection, analysis, and functions in biological interactions.	令和5年6月14日	Dana Ulanova	杉山 暁史	高知大学 物部キャンパス および オンライン
	04	500	第17回生存圏フォーラム特別講演会,第16回生存圏フォーラム総会	令和5年11月3日	今井 友也	横山 竜宏	きはだホール および オンライ ン
	09	501	第17回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム	令和5年9月19-20日	橋口 浩之	橋口 浩之	オンライン
*	03	502	第5回プラズマ・ファインバブル研究会(静電気学会支部合同研究会との共同開催)	令和5年12月8-9日	高木 浩一	上田 義勝	京都大学 および オンライン
*	15	503	パイオナノマテリアルシンポジウム2023(パイオナノマテリアル製造評価システム報告会)	令和5年10月26日	矢野 浩之	矢野 浩之	木質ホール および オンライン
	19	504	STE研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ(第一回:宇宙天気現象の予測精度向上に向けて)	令和5年11月7日	阿部 修司	海老原 祐輔	名古屋大学 および オンライン
	17	505	中間圏·熱圏·電離圏研究会	令和5年11月8-9日	藤本 晶子	横山 竜宏	名古屋大学 および オンライン
	18	506	太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用	令和5年11月9-10日	新堀 淳樹	山本 衛 橋口 浩之	名古屋大学 および オンライン
	10	507	土壌・植物・大気を跨ぐ物質の循環と機能に関するワークショップ	令和5年11月16日	高橋 けんし 杉山 暁史	高橋 けんし 杉山 暁史	宇治キャンパス
	12	508	多糖の未来フォーラム2023	令和5年11月17日	秋吉 一成	矢野 浩之	東京大学 弥生講堂
*	08	509	第13回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム -マイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究-, 第19回持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム-マイクロ波高度利用と先 進分析化学-	令和5年10月31日	今井 友也 三谷 友彦	今井 友也	木質ホール および オンライン
	02	510	第3回 福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会(第13回東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り組みについて)	令和5年12月21-22日	上田 義勝	上田 義勝 杉山 暁史	京都アカデミアフォーラム(東京) および オンライン
	07	511	第9回ファインパブル学会連合シンポジウム	令和5年10月18日	寺坂 宏一	上田 義勝	宇治キャンパス
*	22	512	令和5年度DOL/LSF共同利用·共同研究成果発表会	令和6年3月6日	大村 和香子	大村 和香子	オンライン
*	23	513	生存圏データベース共同利用・共同研究成果発表会	令和6年2月5日	田鶴 寿弥子	反町 始	木質材料実験棟 および オンライン
	20	514	STE研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ(第二回: 磁気圏・電離圏プラズマ、超高層大気変動の相互作用)	令和6年2月6日	阿部 修司	海老原 祐輔	九州大学 および オンライン
	13	515	生存圏ミッションシンポジウム	令和6年2月28-29日	五十田 博小嶋 浩嗣	五十田 博小嶋 浩嗣	きはだホール および オンライ ン
*	06	516	RISH 電波科学計算機実験シンポジウム(KDKシンポジウム)	令和6年3月5日	海老原 祐輔	海老原 祐輔	オンライン
	16	517	ナノセルロースシンポジウム2024	令和6年2月27日	矢野 浩之	矢野 浩之	木質ホール および オンライン
	21	518	第3回地磁気誘導電流(GIC)研究会	令和6年3月25日	海老原 祐輔	海老原 祐輔	オンライン
*	01	519	令和5年度 木質材料実験棟共同利用·共同研究発表会	令和6年3月18日	五十田 博	中川 貴文	木質ホール および オンライン
	24	520	阿部賢太郎先生 追悼シンポジウム	令和5年5月10日	矢野浩之	矢野浩之	きはだホール および オンライン
	25	521	第7回 京都生体質量分析研究会国際シンポジウム 7th International Symposium of the Kyoto Biomolecular Mass Spectrometry Society	令和6年1月30日	西村裕志	心 島、 高 松、 田 総 、 田 鶴、 田 鶴、	宇治キャンパス
	26	522	木材の構造-物性相関の深化 Deepen and expand the wood structure-properties relationship	令和5年10月5日	今井友也	今井友也	木質ホール
	27	523	第8回 Asia Research Node Symposium	令和5年10月29日	大村和香子	大村和香子	ハサヌディン大学(イン ドネシア・マカッサル) およびオンライン
			男の回 Asia research Node Symposium	12.1HO-1-10/2/2011	NIJHE I	ン、いい コート コート コート コート コート コート コート コート	

計27件(内、追加申請4件)

# 研究集会(共同利用·共同研究拠点)報告書

課題番号	R5-Symposium-05
研究集会 タイトル	第497回生存圏シンポジウム DASH/FBAS共同利用・共同研究成果報告会―第14回―(非公開)
主催者	京都大学 生存圏研究所・生態学研究センター
日時	令和5年5月29日(月) 13時00分~15時40分
場所	オンラインにて開催
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏
関連分野	植物生命科学、化学生態学、農芸化学、細胞分子生物学、天然物有機化学
概要	共同利用DASH/FBASの令和4年度実施分(R4DF)の成果報告会を行った。
目的と具体的な 内容	生存圏研究所と生態学研究センターが中心になって運用している共同利用DASH/FBASの成果報告会。 令和4年度も前年に引き続きDASH/FBASのすべてを稼働して共同利用の運営に当たった。令和4年度の共同利用採択課題数は、分析機器利用のみの課題とあわせて9件の利用を受け入れた。この共同利用から生まれた各研究課題の成果について発表し、議論を行った。 本シンポジウムは、論文未発表の研究データに加え、国家プロジェクトとして推進中の課題も複数含まれており、知財に絡んだ課題や産業界との共同研究もあることから、関係者以外非公開として行った。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	DASH/FBASにおける分析サブシステムと植物育成サブシステムを利用した共同利用を推進し、植物の代謝化学、環境応答、植物微生物相互作用、化学生態学に関するコミュニティーの基礎研究に貢献するとともに、様々な有用遺伝子を用いた高機能性植物の創出に関する応用研究や、微生物代謝産物の研究者コミュニティーの発展に貢献をした。
	13:00 開会の挨拶
プログラム	13:10 根圏での植物微生物相互作用に関与する植物代謝物の研究 植物フェノール類の高機能化を担うプレニル基転移酵素の機能解析及び代謝 工学研究 13:40 植物ホルモンの生合成と代謝および情報伝達経路の解明 13:55 持続可能な植物バイオマス変換のための質量分析 14:10~14:15 休憩 14:15 リグナン及び関連化合物の合成酵素の機能解析 14:30 シコニン類縁体の分泌と蓄積機構の解明 14:45 植物香気成分の生合成と分泌機構の探究 15:00 イネリグニン合成パスウェイの改変 15:15 植物糖質関連酵素の解析 15:30 閉会の挨拶

		合計	内、学生	内、海外機関 に所属する方	内、企業関係
参加者数	生存研	13	5		
	他部局	2			
	学外	1			
その他 特記事項					

# 研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -11					
研究集会 タイトル	第498回生存圏シンポジウム The 3rd online symposium of the Plant Microbiota Research Network					
主催者	Plant Microbiota Research Network					
開催日	令和5年8月25日					
場所	オンライン (zoom)					
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>					
関連分野	植物科学、微生物生態学、土壌科学					
概要	森林科学、植物科学、微生物学、土壌学等、幅広い分野からのの講演とポスター発表を行うことにより、植物マイクロバイオータを広義に捉え、様々なレベルでの植物マイクロバイオータ研究について議論し、生存圏科学の観点からその俯瞰を試みる。					
目的と具体的な 内容	植物と相互作用する多種多様な微生物の総体を植物マイクロバイオータと呼ぶが、植物マイクロバイオータは植物の生長・生理・病理に大きく影響する。植物マイクロバイオータ研究は次世代シーケンサを用いた大規模なメタゲノム解析や、大量の微生物の培養とそのゲノム解析などによって「誰がそこにいるか」という疑問の答えはかなり理解が進んできたといえる。その一方で、これらの微生物が植物とどのように相互作用し、植物の生理にどうのように影響を与えているのか、また個々の微生物同士がお互いにどのように影響を与えあい、それが宿主植物との相互作用にどのように関与しているのかなど、その詳細な分子機構の理解へは至っていない。本シンポジウムでは、2021年度に開催したPMRN、2022年度に開催したPMRN2022と同様に森林科学、植物科学、微生物学、土壌学等、幅広い分野からの「マイクロバイオータ」という視点での講演とポスター発表を行い、植物マイクロバイオータを広義に捉え、様々なレベルでの植物マイクロバイオータ研究について議論し、その俯瞰を試みた。					
日を開注。こ	生存圏研究所のミッション1の循環やミッション5の生理活性物質はマイクロバイオータの機能と関係が深い。本シンポジウムで、これまで狭義に捉えらてきた「植物マイクロバイオータ」という研究分野をより広義に捉え、実験室内での微生物ー微生物相互作用の生化学的な理解から生存圏全体での重要性を考え、様々なレベルでの植物マイクロバイオータ研究について議論することができた。					
	13:00 - 13:10 JST オープニングリマーク Openin remark					
	中野亮平 Ryohei Thomas Nakano 13:10 - 13:55 JST 招待講演 Prenary talk					
	按田 瑞恵 Mizue Anda 「植物-微生物相互作用研究から始まったバクテリアゲノム研究のフロンティア」 13:55 - 14:40 JST ショートトーク Short talks					
	大坪 雅 Miyabi Ohtsubo 「自然環境下でカブモザイクウイルスのハクサンハタザオへの感染はアブラムシ個体 数を減少させる」					
	島﨑 智久 Tomohisa Shimasaki 「細菌から見た植物特化代謝物を介した植物マイクロバイオータ形成」					

### プログラム 富永 貴哉 Takaya Tominaga 「従属栄養植物の進化における免疫機能の役割について」 14:40 - 16:40 JST ポスターセッション Poster session Zoomにて 16:40 - 18:10 JST 招待講演 Prenary talks 古賀 隆一 Ryuichi Koga 「単一の変異で大腸菌は昆虫必須共生細菌へと進化する」 新庄 莉奈 Rina Shinjo 「微生物が支える米づくり -養分獲得促進とメタン発生抑制-」 18:10 - 18:30 JST 総合討論とクロージングリマーク Panel discussion and closing remark 内、海外機関 に所属する方 内、企業関係 合計 内、学生 生存研 4 参加者数 7 他部局 1 学外 147 24 5 29 その他 特記事項

# 研究集会(共同利用・共同研究)報告書

明九来去(六间初加 六间明加 和 T T T T T T T T T T T T T T T T T T						
課題番号	R5-Symposium-14					
研究集会 タイトル	第499回生存圏シンポジウム Microbial metabolites in deep sea and soil: collection, analysis, and functions in biological interactions					
主催者	彡山暁史、Dana Ulanova					
開催日	令和5年6月14日					
場所	海洋コア国際研究所、オンライン					
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>					
関連分野	微生物生態学					
概要	本シンポジウムには、微生物由来生物活性物質を中心とし、生物間相互作用について発表 と議論を行った。国内外の研究者と学生が参加し、活発な意見交換機会であった。					
目的と具体的な 内容	微生物由来の生物活性物質(天然化合物)は大気圏・森林圏・土壌圏や水圏等、生存圏の幅広い領域で生物間相互作用を媒介するシグナル分子として機能する。そのため、環境中の天然化合物の解析は、生存圏の多様な生物の生態や機能を理解し、持続可能な社会に向けて応用するために不可欠である。本シンポジウムの目的は、天然化合物を介した生物間相互作用の研究者が一同に会し、物質採取・解析手法やその機能についての議論を行うことだった。また、物質解析の独自の技術を開発しているオランダの研究グループもオンラインで参加し、ハイブリッド開催の国際シンポジウムとした。 さらに、対面参加者のため、実際の深海微生物を取り扱う研究施設設備(高知コアセンター)の見学も含めた。本シンポジウムに、土壌、根圏、深海海底下における微生物間相互作用に関する最新の研究成果及び今後の展望について講演者4名は発表を行った。国内外研究者だけではなく、多くの学部・大学院生も参加した。そのため、発表者は分かりやすい説明するように心をかけ、学生からも活発な質問・意見を受けた。結果として、本シンポジウムは国内外の参加者から高い評価を得た。					
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	微生物由来天然化合物は複数の圏を循環する化学コミュニケーションの実態であり、ミッション1「環境診断・循環機能制御」において推進している主要な研究課題の一つである。これまで解析が困難であった環境での微生物の天然化合物採取・解析技術を確立することで生存圏科学の未解明な領域に切り込むことが可能になる。					
プログラム	Chairs: Akifumi Sugiyama Dana Ulanova  Program: 14:00 - 14:10 Opening remarks Dana Ulanova (Kochi University)  14:10 - 14:40 Belowground microbial interactions Paolina Garbeva (NIOO-KNAW, the Netherlands)  14:40 - 15:10 Metabolome analysis of tomato rhizosphere soil Akifumi Sugiyama (Kyoto University, Japan)					
	Break (20 min)					

	15:30 - 16:00 Quantal secretion through bacterial membrane vesicles Masanori Toyofuku (Tsukuba University, Japan)							
	16:00 - 16:30 Screening of through theaerobic/anaerobic co method Taisuke Wakamatsu (Kochi Universi	ompatible sub						
		合計	内、学生	内、海外機関に所属する方	内、企業関係			
参加者数	生存研	3	2	73177 7 7 7				
	他部局							
	学外	30	13	2	2			
その他 特記事項								

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium - 04						
研究集会 タイトル	第500回生存圏シンポジウム 第17回生存圏フォーラム特別講演会「生存圏科学の未来を開拓する」 第16回生存圏フォーラム総会						
主催者	生存圏フォーラム						
開催日	日 令和5年11月3日(金・祝)、令和6年2月28日(水)						
場所	京都大学宇治地区おうばくプラザきはだホールおよびZoomによるリモート配信						
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 2, 3, 4, 5         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏						
関連分野	生存圈科学						
概要	生存圏フォーラムは『持続的発展が可能な生存圏(Sustainable Humanosphere)を構築していくための基盤となる 「生存圏科学」を幅広く振興し、総合的な情報交換・研究者交流、 さらに学生・若手研究者の国内外での教育・啓発活動を促進していくこと』を目的としている。そのために第17回特別講演会および総会を開催し、その活動を促進する。						
目的と具体的な 内容	■特別講演会 生存圏フォーラムの会員を主な対象として、昨年度に発足した生存圏未来開拓研究センターの意義とセンターで実施されている最新の研究課題の紹介を目的として特別講演会を開催した。センターに所属する教員4名が、森林保全、木製文化財、大気圏・森林圏・土壌圏の相互作用、森林バイオマスによる持続可能な化学素材に関する最新の研究トピックについて紹介し、活発な議論が交わされた。 ■総会会長、副会長、運営委員の選任を行い、活動報告および次期の活動計画について承認をいただいた。						
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	生存圏未来開拓研究センターでは、共同利用・共同研究拠点における学際性や萌芽性を活かした新分野開拓を行い、広範な基礎的知見を提供し得る学際研究機能と実効的な社会連携機能を重視している。今回の特別講演会では、生存圏研究所内外にわたる様々な融合研究が紹介され、生存圏科学の幅広さを周知することができたと考えられる。						
	■特別講演会						
	14:30-14:35 開会の辞 片山健至(香川大学名誉教授・生存圏フォーラム副会長) 14:35-15:15 「タンザニアと世界を繋ぐ地域共創の森林保全モデルの社会実装に向けて」 仲井一志(生存圏未来開拓研究センター・副センター長、特定准教授、ヤマハ 株式会社 楽器・音響生産本部 おとの森プロジェクト) 15:15-15:55 「材鑑標本・木製文化財から読み解く過去、そして未来への展望」 田鶴 寿弥子(マテリアルバイオロジー分野、木材科学文理融合ユニット・講師) 16:10-16:50 「大気圏・森林圏・土壌圏の相互作用の理解と展望」 杉山暁史(森林圏遺伝子統御分野、大気圏森林圏相互作用ユニット・准教授) 16:50-17:30 「森林バイオマスの天然分子を活かした持続可能な化学素材へ」 西村裕志(バイオマス変換分野、バイオマスプロダクトツリー産学共同研究ユニット・特定准教授) 17:30 閉会の辞 山中大学(神戸大学名誉教授・生存圏フォーラム副会長)						
プログラム	■ NG S						

	<ol> <li>会長挨拶</li> <li>議長選任</li> <li>報告事項</li> <li>議題         <ul> <li>・役員及び運営委員改選</li> <li>・事業計画</li> </ul> </li> </ol>				
<b>☆</b> hn <b>≭</b> **	計(特別講演会,総会)	合計	内、学生	内、海外機 関に所属す る方	内、企業関係
参加者数	生存研 他部局	81 (41, 40) 6 (4, 2)	10 (4, 6) 2 (2, 0)		
	学外	37 (22, 15)	2 (2,0)		16 (6, 10)
その他 特記事項					

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium-09			
研究集会 タイトル	第501回生存圏シンポジウム 第17回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム			
主催者	京都大学生存圈研究所			
開催日	令和5年9月19-20日			
場所	オンライン(Zoom)			
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 3, 5         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏			
関連分野	地球物理・気象・気候・リモートセンシング・情報通信			
概要	本研究集会では、MUレーダー・赤道大気レーダー共同利用により得られた研究成か、大気レーダー・大気科学に関連する研究成果や計画について報告・議論されたの発表が全て口頭発表で行われ、活発な議論が展開された。プロシーディング集し、ホームページで公開した。			
目的と具体的な 内容	が、人気レーター・人気付子に関連する切え成果や計画に 5vで、報告・議論することを目的とする。 従来MUレーダーシンポジウム、赤道大気レーダーシンポジウムとして別々に研究集会を開催してきたが、両レーダーの連携した共同利用研究を一層促進するために、2012年6月に両共同利用委員会を統合したことを受けて、2012年度よりMUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウムとして開催している。本シンポジウムでは、30件の発表が全て口頭発表で行われ、1件当り20分の時間を取り、十分な議論を行うことができた。オンラインで開催し、特に今回は海外からの発表が多く、外国人による発表が1/3を占めた。また、発表内容を記録に残すため、プロシーディング集としてホームページに掲載した。			
	本シンポジウムは、生存圏研究所が掲げる5つのミッションのうち、主としてミッション1「環境診断・循環機能制御」に、一部ミッション3「宇宙生存環境」およびミッション5「高品位生存圏」に関連するものである。生存圏研究所では、生存圏科学の重要地域の一つとして低緯度赤道域に注目し、大気科学の分野において、長年に渡ってインドネシアとの研究協力を進め、赤道大気レーダーを設置しインドネシア国立研究革新庁(BRIN)との協力のもとで運営している。また、信楽MU観測所では国内の大気環境計測の重要地点として、MUレーダーを中心として様々な測器の開発、観測実験が実施されている。本シンポジウムでは、MUレーダー・赤道大気レーダーを中心として中緯度・赤道熱帯域で進行中の生存圏科学に関する研究活動の活発な議論が展開された。			

#### 9月19日

(座長: 橋口浩之)

13:00-13:10 MUレーダー・赤道大気レーダー共同利用の現状 MUレーダー/赤道大気レーダー共同利用・共同研究専門委員長 橋口浩之

13:10-13:30 MUレーダーを用いたDDMA-MIMO観測実験:対流圏観測によるビーム幅検証 松田知也・橋口浩之(京大RISH)

13:30-13:50 1.3GHz帯大気レーダーを用いたMIMOレーダーの開発 石井佑奈・橋口浩之(京大RISH)

13:50-14:10 赤道大気レーダ/MUレーダと下部対流圏レーダを組み合わせた降水雲内の 大気鉛直流の推定

戸田望・重尚一(京大理)・橋口浩之(京大RISH)・西憲敬(福岡大理)・Christopher R. Williams (Univ. of Colorado Boulder, USA)

14:10-14:30 PANSYレーダーによる流星風長期連続観測

堤雅基・橋本大志(極地研)・西村耕司(京大RISH)・佐藤亨(京大)・高麗正史・佐藤薫 (東大理)

14:30-14:50 信楽イオノゾンデ観測を用いた機械学習によるスポラディックE層の自動 検出と統計解析

釆山裕紀・横山竜宏・劉鵬・山本衛(京大RISH)

(座長: Noersomadi)

15:00-15:20 Indirect effect of the Mixed Rossby Gravity waves associated with the Madden-Julian Oscillation on the tropopause inversion layer

Khanifah Afifi(ITB,Indonesia) • Noersomadi(BRIN,Indonesia) • Nurjanna Joko Trilaksono(ITB, Indonesia)

15:20-15:40 Analysis of frequency and moving vertical wave number spectra of winds and temperature in the upper troposphere-lower stratosphere (UTLS) using superior temporal-vertical-resolution radiosondes observed at the Equatorial Radar (EAR) observatory

Anis Purwaningsih • Noersomadi(BRIN,Indonesia) • Toshitaka Tsuda(RISH, Kyoto Univ.) • Tiin Sinatra • Halimurrahman • Nani Cholianawati • Asif Awaludin(BRIN,Indonesia)

15:40-16:00 Comparison of the turbulence echo power by EAR with the refractive index gradient and the atmospheric stability analyzed using hourly radiosondes with 10m vertical resolution

Tiin Sinatra • Noersomadi • Asif Awaludin • Halimurrahman • Nani Cholianawati • Anis Purwaningsih(BRIN, Indonesia) • Toshitaka Tsuda • Hiroyuki Hashiguchi • Hubert Luce(RISH, Kyoto Univ.)

16:00-16:20 Atmospheric Humidity Estimation From Wind Profiler Radar And Radio Acoustic Sounding System Using Ensemble Learning Asif Awaludin (BRIN, Indonesia)

16:20-16:40 Study on the best-fit Probability Density Function (PDF) Model of the Refractive Index Gradient Profile Using Long-Term Radiosonde Campaign Data in the Equatorial Region

Halimurrahman (BRIN, Indonesia) • Toshitaka Tsuda (RISH, Kyoto Univ.) • Asif Awaludin • Noersomadi • Nani Cholianawati • Tiin Sinatra • Anis Purwaningsih (BRIN, Indonesia) 16:40-17:00 A Relation Between Bending Angle Gradient of GNSS RO and Atmospheric Stability: (PartI) Model study

Toshitaka Tsuda (RISH, Kyoto Univ.) • Nani Cholianawat • Noersomadi (BRIN, Indonesia)

17:00-17:20 A Relation Between Bending Angle Gradient of GNSS RO and Atmospheric Stability: (PartII) Observational study Noersomadi (BRIN, Indonesia)

9月20日

(座長:下舞豊志)

10:00-10:20 大気と気象レーダの鉛直方向ドップラー速度観測を組み合わせた降水過程の解析:GPM主衛星の梅雨期豪雨観測事例

プログラム

重尚一・戸田望・青木俊輔・清水陸・篠原雅貴・山本実歩・青梨和正(京大理)・後藤 悠介・篠田太郎(名大ISEE)・矢吹正教・橋口浩之(京大RISH)

10:20-10:40 信楽MU観測所で観測した2023年冬季降雪事例の解析 篠原雅貴・重尚一・青梨和正(京大理)・鈴木賢士(山口大)・濱田篤(富山大)・金子有 紀・久保田拓志(JAXA)・尾上万里子(Stony Brook大)・橋口浩之(京大RISH)

10:40-11:00 MUレーダーとMRRによるブライトバンドの同時観測 佐伯悠太郎・下舞豊志 (島根大自然科学)

11:00-11:20 衛星回線における近年の降雨減衰時間率の増加の特徴について 前川泰之・柴垣佳明(大阪電通大)

11:20-11:40 航空機監視装置から得られる風情報の補正手法の開発に向けて 吉原貴之・瀬之口敦・毛塚敦・齋藤享・古賀禎(電子航法研)

11:40-12:00 深紫外光源を用いた気温ラマンライダーの開発 矢吹正教(京大RISH)・松木一人・内保裕一・竹内栄治・長谷川壽一(英弘精機)

(座長: 西村耕司)

13:00-13:20 赤道域対流圏・成層圏エアロゾルのライダー観測 柴田泰邦・阿保真・長澤親生(都立大)

13:20-13:40 MUレーダーによる効率的なデブリ観測手法 森本太郎 (SWxC)

13:40-14:00 1.3GHz帯大気レーダーを用いたアダプティブクラッター抑圧の開発 木村侑希大・西村耕司・橋口浩之(京大RISH)

14:00-14:20 Estimation for Cross-Range Wind Component Based on the Radar-Inversion

Chuai Erlu・西村耕司・橋口浩之(京大RISH)

14:20-14:40 On the turbulent layer depth dependence of TKE dissipation rate from LQ7-WPR and Lidar data analysis

Hubert Luce•Masanori Yabuki•Hiroyuki Hashiguchi (RISH, Kyoto Univ.)

14:40-15:00 First Results on MU radar data statistics for the period 1987-2023

内本遥・Hubert Luce・橋口浩之(京大RISH)・山中大学(神戸大)

(座長: 横山竜宏)

15:10-15:30 南極昭和基地大型大気レーダーによる電離圏沿磁力線不規則構造のイメージング観測

### 香川大輔(京大理)

15:30-15:50 高分解能電離圏シミュレーションを用いたプラズマバブル発生の日々変 動に関する研究

湯谷樹生・横山竜宏(京大RISH)

15:50-16:10 Equatorial Plasma Bubble Alert System: Equatorial Spread F Auto Detection Method for SEALION Ionogram

Septi Perwitasari • Kornyanat Hozumi • Michi Nishioka (NICT)

16:10-16:30 Assessing the performance of the double-thin-shell approach with improved resolution for studying nighttime MSTIDs using dual dense GNSS networks in Japan

Weizheng Fu•Yuichi Otsuka(ISEE, Nagoya Univ.)•Tatsuhiro Yokoyama•Mamoru Yamamoto (RISH, Kyoto Univ.)

16:30-16:50 3-D structure of ionospheric disturbance over Japan after the eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai on 15 January 2022

斎藤享(電子航法研)・野崎太成・山本衛(京大RISH)・Nicholas Ssessanga(Univ. of Oslo, Norway)

ta Lucate Net		合計	内、学生		内、 企業関係
参加者数	生存研	24	13		2
	他部局	10	6		
	学外	53	1	16	1

その他 特記事項

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium-03
研究集会 タイトル	第502回生存圏シンポジウム 第5回プラズマ・ファインバブル研究会
主催者	京都大学生存圈研究所
開催日	2023年12月8日(金)13:00~18:00、12月9日(土)9:00~12:00
場所	西日本工業大学 小倉キャンパス内会議室およびオンラインによる併催
関連ミツション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏
関連分野	静電プラズマ、ナノバブル、ウルトラファインバブル、ファインバブル
概要	高電圧、プラズマを用いた産業への応用研究は世界的にみても非常に注目されており、またマイクロメートル以下の微細気泡研究についても、過去の生存圏シンポ (第325回,413回,435回,449回,482回) などで開催している様に、新しい研究テーマとして定着してきている。申請者らのグループは、高電圧・プラズマ・微細気泡それぞれの基礎原理と共に、相互作用や相乗効果についての研究について幅広い議論を行うため、令和5年度も生存圏シンポを継続して開催、より活発な研究集会を開催した。
目的と具体的な 内容	本シンポジウムは、静電気学会に設置されている東北、関西、九州の3支部が合同で研究会を実施することで、各地域間の交流を深め支部活動の活性化につなげることを目的としている。プラズマと気泡の研究テーマについて取り組み、お互いに研究領域の幅を広げ交流を深めたい。本研究会では、関連する各方面の研究者を招聘し招待講演を実施するとともに、意見交換会や参加者の自由発表などの機会を提供し、参加者の研究活動の発展を支援する。特に今年度は静電気学会水処理委員会からも講演を依頼し、活発な議論を行った。 第502回生存圏シンポジウムでは、合計8件の講演のほか、パネルディスカッションと全体会合を行った。生存圏として講演を依頼した2件の他、静電気学会各支部、水処理研究委員会からの講演があり、分野としても幅広い講演があった。特に近年ではプラズマやバブルによる殺菌技術に注目が集まっており、PFAS、PFOS系の処理研究、水環境の世界的な状況など、非常に興味深い講演発表があり、活発な質疑応答があった。生存圏研究所からは、ソノケミストリー分野と気泡との融合として、超音波を利用した研究事例の他、気泡特性に関する統計的データ解析も紹介し、他の講演とは違った新しいプラズマ・気泡の活用の可能性を示唆する重要な講演をしていただいた。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	水と大気、各種気体を用いた高電圧、プラズマ、微細気泡の研究は、生存圏においては基礎・応用として利用できる分野が数多くある。また、プラズマ・ナノバブル応用利用の対象は広く、農林水産業、水処理、水環境などがある。生活圏の重要な要素の一つである水についての将来の利用について議論する事は、人類の地球上での持続可能な自給自足を実現することに直結する。また、申請代表と生存圏所内担当者は、継続して生存圏シンポジウム開催しており、東北・九州・関東・関西と、ほぼ日本全国にまたがる研究者ネットワークを強化しつつある。

【12月8日(金)】

講演

【講演1】#生存圏シンポジウムと水処理委員会より3件(各25分)

司会: 高木浩一(岩手大学)

13:00~13:10 開会挨拶(金澤支部長、上田生存圏シンポ代表)

13:10~13:35 南谷靖史(山形大学): 水処理研究委員会

「パルス電圧印加気中水滴噴霧水処理での活性種と電界の殺菌効果」

13:35~14:00 佐藤岳彦(東北大学): 水処理研究委員会

「プラズマファインバブル」

14:00~14:25 上田義勝(京都大学):生存圏

「微細気泡の帯電特性に関する報告」

14:25~14:45 休憩

【講演2】 #生存圏シンポジウムと九州支部と水処理委員会より3件(各25分)

司会:佐藤岳彦(東北大学)

14:45~15:10 安田啓司(名古屋大学):生存圏

「ソノケミストリーによる水処理」

15:10~15:35 古閑一憲(九州大学):九州支部

「プラズマと水蒸気を用いたCO2変換反応場の創成」

15:35~16:00 浦島邦子(岩手大学)、高木浩一(岩手大学): 水処理研究委員会「水に流せない話」

16:00~16:10 事務連絡、準備

【散策&議論】

 $16:30 \sim 18:00$ 

小倉城コース(営業時間:9時から19時まで)

松本清張記念館コース(営業時間:9時30分から18時まで、入館17:30まで)

情報交換会

司会:川崎敏之(西日本工業大学)

19:00~21:00 「百舌のしわざ」 https://www.hotpepper.jp/strJ001108956/

# プログラム

#### 【12月9日(土)】

講演および自由放談

【講演3】#九州支部と九州支部以外より3件(各25分)

司会:竹内 希(東京工業大学)

9:00~9:25 猪原 哲(佐賀大学)九州支部、水処理研究委員会

「放電プラズマを用いた殺菌リアクタについて」

9:25~9:50 金澤誠司(大分大学):水処理研究委員会、九州支部

「放電プラズマ水処理用の新規リアクター開発への挑戦」

9:50~10:25 全参加者

「フリーディスカッション」

全体を通した質疑応答、静電気学会支部報告、生存圏報告

企業参加者からのコメント、学生さんの感想、学会案内、その他

10:25~10:45 休憩

#### 研究会企画

【パネルディスカッション】

10:45~11:45 「放電プラズマ研究委員会の総括と明日への展望」(静電気学会:研究委員会)

コーディネータ:金澤、パネリスト:大澤、川崎、佐藤、高木、竹内

11:45~11:50 閉会挨拶(川崎敏之)

to L. let slet		合計	内、学生	内、海外機 関に所属す る方	内、企業関係
参加者数	生存研	1			
	他部局				
	学外	19	2		2
その他 特記事項					

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -15	
研究集会 タイトル	第503回生存圏シンポジウム バイオナノマテリアルシンポジウム2023 - アカデミアからの発信 -	
主催者	京都大学バイオナノマテリアル共同研究拠点(経済産業省Jイノベ拠点) ナノセルロースジャパン(NCJ)	
開催日	令和5年10月26日(木)	
場所	京都大学生存圏研究所木質ホール3階およびオンライン配信(Zoom)	
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>	
関連分野	製紙、化学、高分子、木材・木質材料、成形加工、食品、繊維、エレクトロニクス、自動車、家電、住宅、流通に関わる分野	
概要	国内の大学におけるセルロースおよびその類似多糖の研究の第一人者が集い、多くの参加者が関心を寄せているバイオナノマテリアルの社会実装に向けた最近の技術、取り組みについての研究を紹介した。	
目的と具体的な 内容	持続的に生産可能なバイオマス資源、バイオマテリアルは、自動車産業、家電産業、化学産業を始めとする様々な分野から高い関心が集まっている。樹木やタケの細胞、カニやエビの外殻、カイコが紡ぐ蚕糸は、人類の知恵をはるかに越えて作り出されている精緻なナノ構造とそれに由来する機能を有しているが、そのことは限られたコミュニティで知られているだけである。ナノ構造を有するバイオ素材、バイオナノマテリアルの最前線で活躍している大学や公的研究機関の研究者の活動が産業界や異なる材料分野において広く知られているとはいえない。バイオナノマテリアルに関する研究が、今、どのような方向に向かい、展開しているのか、昨年に引き続き、時代を先導する研究グループや研究者が最もホットな話題を発表する機会を作った。最近の情報を共有し、共にバイオマス資源の先進的利用に取り組むきっかけを作る。	
展や関連コミュ	持続型資源に基づく大型産業資材として、ナノセルロース材料の製造や利用に興味を持つ、産官学の幅広い分野からの参加者があった。特に、産業界からの参加者が約8割を占め、分野も製紙産業、化学産業、繊維産業、住宅資材産業、食品産業、成形加工業、エレクトロニクスデバイス関連、商社など多岐にわたっていた。900名近い参加登録があるなど、各方面からの注目度の高さが伺われ、本生存圏シンポジウムが、生存圏フラッグシップ共同研究として進めているバイオナノマテリアル関連のコミュニティ形成に大きく貢献していることがわかる。	
	13:00 開会あいさつと趣旨説明 京都大学 生存圏研究所 矢野 浩之	
	13:10 - 14:15 セッション1 ナノセルロース1本の乾燥と構造変化 藤澤 秀次/東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 ナノセルロース1本の乾燥過程に伴う構造変化を、分子動力学シミュレーションと実 験的手法を用い、原子レベルで解析した。	
	画像解析から見たセルロースナノファイバーの局所構造 小林 加代子/京都大学大学院 農学研究科 森林科学専攻 概主に原子間力顕微鏡の画像解析によって明らかになってきた、セルロースナノファ イバーに生じる欠陥やねじれ等の局所構造と、その生成要因について紹介する。	
	精密特性診断に基づくナノセルロース材料化のための基盤技術開発 榊原 圭太/国立研究開発法人産業技術総合研究所 機能化学研究部門 所属グループでは、精密材料診断に基づくナノセルロース材料化の基盤技術開発を進 めている。本発表では、複合材料の構造観察など、最近の事例を紹介する。	
	質疑応答: セッション1	

#### 14:15 休憩

14:25-15:50 セッション2

2D-NMR法を用いた木質バイオマスの化学修飾反応のモニタリング

安藤 大将/秋田県立大学 木材高度加工研究所

木質バイオマス構造解析のための2D-NMR法を用いて、化学修飾における細胞壁成分の反応挙動を読み解く。発表では、分析手法とアセチル化反応の挙動に焦点をあて、紹介する。

イオン液体を用いたバガスパルプ再生セルロース繊維の開発

八木 伸一/京都工芸繊維大学 繊維学系

再生セルロース繊維はバイオマスの有効活用という観点からアパレル産業において注目されている。さとうきびの未利用資源「バガス」を活用した繊維の開発について発表する。

木材の組織構造を活用した機能材料・高性能材料および大型材料化に向けた生産プロセス

# プログラム

田中 聡一/京都大学 生存圈研究所

木材の組織構造を活用した機能材料・高性能材料について紹介するとともに、主に高性能材料の大型化に向けた生産プロセスに関する研究について紹介する。

キチンナノファイバーの表面改質によるpH変動に対する安定性制御

伊福 伸介/鳥取大学 工学研究科 化学·生物応用工学専攻

部分脱アセチル化キチンナノファイバーは中~塩基性条件では分散性が低下する。そこで第4級アンモニウムカチオン化によりpH変動に伴う分散安定性を向上させた。

質疑応答: セッション 2 15:50 休憩

セッション3

人工タンパク質ナノブロックによる自己組織化超分子ナノ構造複合体の設計開発 新井 亮一/信州大学 繊維学部 応用生物科学科・バイオメディカル研究所 多量体タンパク質を人工的に組み合わせたナノブロックを用いて、ナノスケールの自 己組織化超分子複合体を設計開発するタンパク質工学研究等について紹介する。

バイオマテリアル創製における新興液体材料群「活イオン液体」の概念と機能 鈴木 栞/北海道大学大学院 農学研究院 森林科学科

目的の反応に寄与するイオン、「活イオン」を高濃度に含む「活イオン液体」の概念 とその特異物性を紹介し、バイオマテリアル創製における新奇反応場の可能性を共有し たい。

バクテリアセルロースの合成機構解明に向けた生化学的アプローチ

近藤 辰哉/国立研究開発法人農業·食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門 果樹生産研究領域

高結晶セルロースを作る酢酸菌のセルロース合成酵素研究を蛋白質の側面から紹介する。

質疑応答: セッション3 17:05 閉会のあいさつ

27 77 H H 25		合計	内、学生	内、海外機関 に所属する方	内、企業関係
	生存研	15	6		
	他部局	5	3		
	学外	648	10		

その他 特記事項

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -19	
研究集会 タイトル	第504回生存圏シンポジウム STE 研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ (第一回:宇宙天気現象の予測精度向上に向けて)	
主催者	阿部 修司 (九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター) 、海老原 祐輔 (京都大学 生存圏研究所) 、西谷 望 (名古屋大学 宇宙地球環境研究所) 、久保 勇樹 (情報通信 研究機構 宇宙天気予報グループ)	
開催日	令和5年11月7日	
場所	ハイブリッド(京都大学、オンライン)	
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	太陽地球系物理学、超高層大気物理学	
,, == ,	第504回生存圏シンポジウム「STE 研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ (第一回:宇宙天気現象の予測精度向上に向けて)」を、令和5年11月7日に、京都大学及び Zoomミーティングによるハイブリッドで開催した。研究集会では、第25太陽活動周期の極 大期が迫り活発になった諸々の宇宙天気現象や、その観測・予測について、多数の発表、 議論がおこなわれた。	
目的と具体的な 内容	本研究集会は、太陽から地球までの現象を一つの宇宙天気現象と捉えるとともに、宇宙天気現象の予測精度向上につなげるという視点を重要テーマと位置づけて開催された。現地参加が難しい研究者や学生のため、京都大学での現地開催に加えZoomを用いたオンラインのハイブリッド研究集会とした。また、「中間圏・熱圏・電離圏(MTI)研究集会」、「宇宙空間からの地球超高層大気観測に関する研究会」、「太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用」との合同集会として開催した。研究集会では、極大が迫り活発になった最近の宇宙天気現象の興味深いイベント解析について多数の講演があった。参加者は学部生からシニアまで、さらには研究職以外の方を含み、それぞれの立場から活発な議論がおこなわれた。	
日の明油コミュ	生存圏の現況を把握するためには、その環境に大きく作用する太陽-地球結合の物理を広く理解する必要がある。本研究集会は、主に太陽地球系全体に関連する複合現象を取りあげ、人工衛星、宇宙ステーション、ロケット、地上レーダー、計算機シミュレーションなど様々な手法を用いて、太陽-地球結合をひとつのシステムとして理解することを目的として開催され、生存圏科学の発展に大きく貢献した。また、ハイブリッドかつ3研究集会との合同集会として開催することで、分野間の接合と活発な議論の場を提供し、関連コミュニティの形成・発展に貢献した。	
	【座長: 久保 勇樹 (NICT)】 11:00-11:20 (一般講演) 高密度太陽風到来に伴う夕方側オーロラオーバル領域での低周波磁場変動: 2023年9月12日のイベント田口 聡 (京大理), 今城 峻 (京大理), 細川 敬祐 (電通大情報理工),原田 裕己 (京大理), 松岡 彩子 (京大理), 小池 春人 (京大理), 品川 裕之 (NICT), Mikko Syrjäsuo (UNIS, Norway), Fred Sigernes (UNIS, Norway)	
	11:20-11:40(一般講演)宇宙天気長期変化の概況報告 篠原 学(鹿児島工業高等専門学校)	
	11:40-12:00 (一般講演) 期間概況報告 阿部 修司 (九大i-SPES)	

12:00-12:20 (一般講演)現象報告期間におけるHOP radars/SuperDARN観測報告 西谷望、堀 智昭(名大ISEE)、SuperDARN PIs

12:20-13:30(休憩)

【座長: 阿部 修司(九大i-SPES)】

13:30-13:50 (一般講演)2023年3月~2023年10月の静止軌道高エネルギー

電子環境(ひまわり8号

長妻 努(NICT)

13:50-14:10 (一般講演)宇宙線中性子観測データ報告 渡邉 堯(WDCCR)

14:10-14:30 (一般講演)地磁気現象概況報告(2023年2月~2023年10月) 山崎 貴之(気象庁地磁気観測所)

14:30-14:50 (一般講演) Report on Equatorial magnetic field variations base on EE-index

プログラム

Kirolosse Girgis (九大i-SPES), 魚住禎司 (九工大LASEINE),

藤本晶子(九工大),阿部修司(九大i-SPES), 吉川顕正(九大理,九大i-SPES)

14:50-15:00(休憩)

【座長: 西谷望(名大ISEE)】

15:00-15:20 (一般講演)衛星間の太陽風データの比較

百. 慎一 (NICT)

15:20-15:40 (一般講演)2023年3月-9月に発生した磁気嵐中のプラズマ圏

尾花 由紀 (九大i-SPES), 土屋 史紀 (東北大学),

熊本 篤志 (東北大学), 笠原 禎也 (金沢大学), 松岡 彩子 (京都大学), 堀 智昭 (名古屋大学),

三好 由純(名古屋大学),篠原 育(宇宙研)

15:40-16:00 (一般講演)Osiris-Rexサンプルリターンカプセル再突入における VLF電波観測

渡邉 堯 (NICT), 小林 美樹 (日本流星研究会),

加藤 泰男 (名大ISEE)

16:00-16:20 (一般講演) 2023年4月23日北陸沖で観測された火球による D領域電離圏擾乱

古谷 凌汰 (千葉大), 中田 裕之 (千葉大), 大矢 浩代 (千葉大),

土屋 史紀 (東北大PPARC)

参加者数		合計	内、学生	内、海外機関 に所属する方	内、企業関係
	生存研	1			
	他部局	5	1		
	学外	39	9		1

その他 特記事項

# 研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -17	
研究集会 タイトル	第505回生存圏シンポジウム 中間圏・熱圏・電離圏研究会	
主催者	名古屋大学宇宙地球環境研究所/国立極地研究所/京都大学生存圏研究所第505回生存 圏シンポジウム	
開催日	令和5年11月7日から10日	
場所	京都大学 吉田キャンパス	
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 3, 5         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	太陽地球系物理学、超高層大気物理学	
概要	令和5年11月7日から10日にかけて中間圏・熱圏・電離圏(MTI)分野と密接な関わりを持つ「STE(太陽地球環境)現象報告会」「宇宙空間からの地球超高層大気観測に関する研究会」「太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用」との合同で開催した。本研究集会「中間圏・熱圏・電離圏(MTI)研究集会」では、若手や学生を中心とした招待講演によって構成した口頭発表セッションならびに合同ポスター発表セッションを開催した。特に、他惑星に関連したMTI分野における最新の研究成果、衛星観測の将来計画、新たな研究プログラムのチュートリアル講演、新たな観測機器・解析手法の提案など、研究集会全体を通じて活発な議論が行われ、今後の発展につながる研究集会となった。	
目的と具体的な 内容	中間圏・熱圏・電離圏(Mesosphere, Thermosphere and Ionosphere; MTI)領域は、太陽や宇宙からの粒子及び電磁エネルギーの流入による影響に加え、下層大気から伝搬する大気波動などによって激しく変動する領域である。また同領域は、衛星測位に対する誤差要因など現代の社会基盤維持といった応用的な観点からも注目が高まっている。本研究集会は、上記のような MTI領域の特徴を意識し、この領域で生じている物理・化学過程の理解を深めること、および他の研究領域や社会への応用を俯瞰的に捉えることを目的とする。口頭発表(15件、うち8件招待講演)では、若手、学生を中心にMTI周辺分野の招待講演を中心とし、最先端な研究成果ならびに新たな研究プロジェクトの立案や遂行中の新規観測計画に関する発表、比較惑星学的見地に基づく広い意味でのMTI結合過程の理解を深められるようなプログラム構成にした。また、科学研究費補助金「国際先導研究」国際地上観測網と人工衛星観測・モデリングに基づくジオスペース変動の国際共同研究PBASEに関してチュートリアル講演を依頼し、今後10年を見据えた若手研究者育成プログラムへの周知ならびに参画奨励の機会を作った。一方で、MTI分野の学生・若手研究者の育成の観点から、合同ポスターセッション(ポスター24件)を中心に彼ら自身による研究発表と質疑応答の場を提供し、最新の研究成果を日本語で正確に発表するとともにその内容についての質疑応答時間を多くとるプログラム構成にした。大学院生に加えて多くの学部生の発表もあり、参加者から多くの質問や議論が活発に行われ非常に活気あふれるポスターセッションとなった。各発表者が今後、研究を進めていく上での方針や新たな研究テーマを設定していくための重要な助言等を得ることができた。	

の貢献

本研究集会は、生存圏研究所が掲げる5つのミッションのうち、主として「環境診断・ 循環機能制御」(ミッション1)、「宇宙生存環境」(ミッション3)、「高品位生存圏: 日常生活における宇宙・大気・地上間の連関性」(ミッション5-3)に深く関連する。本 研究集会が対象としているMTI領域は、太陽放射と太陽風のエネルギー流入による宇宙 空間からの影響に加え、下層大気から伝搬する大気波動などによって激しく変動する 生存圏科学の発 宇宙圏と地球大気圏をつなぐ領域である。この領域で発生する諸現象の解明には、MTI 展や関連コミュー分野と太陽から気象分野で活躍する研究者が連携した学際的な共同研究が不可欠であ ニティの形成へる。このような背景から、本研究集会によって分野を横断する共同研究、研究者コ ミュニティの形成への貢献ができたと考える。一方で、MTI領域で発生する擾乱現象は 衛星測位に対する誤差要因になり、現代社会における人類活動に必要なインフラに影 響を及ぼすため、MTI領域の研究結果は社会応用的な側面への貢献にもつながると期待 される。例年に引き続き、本年もMTIと関連する研究集会と合同開催することにより、 大気圏下層から宇宙圏にまたがる多圏間相互作用に関する理解深化の機会になった。

#### 「中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会」

(1日目) 11月8日(水) @ 楽友会館(吉田キャンパス 吉田南構内, 東山近衛東入) 09:25-09:30 (趣旨説明) MTI 世話人

【座長: 津田 卓雄(電通大)】

|09:30-10:00(招待講演)国際先導研究「国際地上観測網と人工衛星観測・モデリング に基づくジオスペース変動の国際共同研究」(PBASEプログラム)の紹介

○塩川 和夫 (名大ISEE)

|10:00-10:30 (招待講演) 昭和基地における長期OH大気光分光観測による極域中間圏領 域特有の変動解明

○石井 智士(立教大),鈴木 秀彦(明治大),田口 真(立教大),田中 良昌 (ROIDS),

堤 雅基(極地研), 江尻省(極地研), 西山尚典(極地研), 門倉昭(ROISDS)

10:30-10:50 (一般講演) ファブリ・ペロー干渉計による波長427.8 nmの窒素分子イ オンオーロラ観測における焦点のずれの検証

○菊池 大希 (名大ISEE), 塩川 和夫 (名大ISEE), 大山 伸一郎 (名大ISEE), 栗原 純一(道情報大)

10:50-11:00 (休憩)

【座長: 新堀 淳樹 (名大ISEE)】

11:00-11:30 (招待講演) 火星電離圏観測の最近の進展

○原田 裕己(京大理)

11:30-12:00 (招待講演) 太陽高エネルギー粒子が火星大気に与える影響

○中村 勇貴(東大)

(2日目) 11月9日(木)@ 理学研究科セミナーハウス(吉田キャンパス 北部構内) 【座長: 高橋 透 (ENRI, MPAT), 西岡 未知 (NICT)】

13:30-14:00(招待講演)脈動オーロラパッチに関連した電離圏電気伝導度の3次元分 布の再構成

○吹澤 瑞貴(極地研), 田中 良昌(極地研), 小川 泰信(極地研), 細川 敬祐(電通 大), Kirsti Kauristie (FMI), Tero Raita (SGO)

14:00-14:20 (一般講演) 地球電離圏E層を直接生成する太陽放射波長

○家田 章正 (名大), 渡邉 恭子 (防衛大), 北島 慎之典 (防衛大), 西岡 未知 (NICT), 陣 英克 (NICT), 堀 智昭 (名大)

14:20-14:40 (一般講演) Enhanced sporadic E layer and its perturbations during Tonga volcaniceruption

Lihui Liu, Huixin Liu (Kyushu University), Yan You, Yifan Qi

|14:40-15:10 (招待講演) 全球大気モデルと領域電離圏モデルの結合によるEs層-F領域 結合のシミュレーション

○安藤 慧 (NICT), 斎藤 昭則 (京大理), 品川 裕之 (九大), 陣 英克 (NICT)

15:10-15:30 (一般講演) S-520-32ロケット観測によるスポラディックE層の水平・垂 直構造

○高橋 透,斎藤 享 (ENRI, MPAT), 山本 衛 (京大RISH), 熊本 篤志 (東北大), 篠原 学 (鹿児島高専)

15:30-15:45 (休憩)

【座長: 中田 裕之(千葉大), 藤本 晶子(九工大)】

15:45-16:15 (招待講演) Preliminary observation results of electrified postsunset MSTIDs over Japan using multi-source data

○Weizheng Fu(名大ISEE),大塚 雄一(名大ISEE),横山 竜宏(京大RISH)

|16:15-16:45(招待講演)南半球大気重力波の研究紹介

○木暮 優(九州大学理学研究院, NASA/GSFC)

16:45-17:05 (一般講演) FMCW送信波を用いたHFドップラー観測におけるレンジング機 能追加

〇中田 裕之 (千葉大工),細川 敬祐 (電通大),藤本 晶子 (九工大),野崎 健朗,並木 紀子,坂井 純,冨澤 一郎,有澤 豊志 (電通大)

17:05-17:25(一般講演)孤立型サブストーム時における全球TEC変動の時間・空間変 動について

○新堀 淳樹,惣宇利 卓弥,大塚 雄一(名大ISEE),西岡 未知,Septi Perwitasari(NICT)

17:25-17:45 (一般講演) 630-nm大気光増光の3地点同時観測に基づくサブストームに 伴う中緯度への電場侵入の複数例解析と考察

〇森田 早紀, 塩川 和夫, 大塚 雄一, 新堀 淳樹, 惣宇利 卓也 (名大ISSE), 藤本 晶子 (九工大), 吉川 顕正 (九大i-SPES), 西岡 未知 (NICT), Perwitasari Septi (NICT), 山本 衛(京大RISH)

「合同ポスターセッション」

11月10日(金)@ 理学研究科セミナーハウス(吉田キャンパス 北部構内) 09:00-12:00(ポスターコアタイム)

P01 トロムソNa共鳴散乱ライダーに適用する時間差マルチビーム手法の構築

○雁金 沙弥香 (電気通信大学), 津田 卓雄 (電気通信大学), 青木 猛 (電気通信大学), 渡部 蓮 (電気通信大学), 佐藤 洸太 (電気通信大学), 斎藤 徳人 (理化学研究所),

野澤 悟徳 (名古屋大学),川端 哲也 (名古屋大学),川原 琢也 (信州大学) P02 ナトリウム夜間大気光の分光観測によるD2/D1発光強度比に関する研究

○坂元 希優 (電通大), 津田 卓雄 (電通大), 西山 尚典 (極地研), 南條 壮汰 (電通大), 細川 敬祐 (電通大), 野澤 悟徳 (名古屋大), 川端 哲也 (名古屋大), 水野 亮 (名古大)

プログラム

P03 Potassium layer variations observed over Syowa Station (69.0°S, 39.6°E),

○ Jinyi Hu (UEC), Takuo T. Tsuda (UEC), Mitsumu K. Ejiri (NIPR), Takanori Nishiyama (NIPR), Takuji Nakamura (NIPR), Katsuhiko Tsuno (RIKEN), Makoto Abo (TMU), Takuya D. Kawahara (Shinshu University), Takayo Ogawa (RIKEN), Satoshi Wada (RIKEN)

P04 ひまわり全球リム観測を活用した地球大気の計測手法の開発

○津田 卓雄(電通大)

P05 南極域における夜光雲観測計画

○遠藤 哲歩 (明治大)

P06 電離圏ロケット観測に向けた中性大気質量分析器の開発

〇米田 匡宏(京大理)

PO7 ICON observations of temperature and wind during SSW (2020-2021)

○成本 大志 (九大), Liu Huixin (九大)

PO8 イオノゾンデ・COSMIC2による日本上空のEs観測とICONによるウインドシアとの比 較

○寺岡 宙惟(九州大学),Huixin Liu(九州大学),前田 朋毅(九州大学)

PO9 VIPIRイオノゾンデの高さ校正

○西岡 未知, 津川 卓也 (NICT)

P10 Horizontal structures and movements of sporadic E layers observed with ionosonde receiver network

古城 侑季 (京都大学),斎藤 昭則 (京都大学),西岡 未知 (NICT),前野 英生(NICT),近藤 巧 (NICT)

P11 前線起源の大気重力波によって励起したMSTIDの研究

○木暮 優(九州大学理学研究院, NASA/GSFC), Min-Yang Chou (NASA/GSFC), Jia Yue (NASA/GSFC), 大塚 雄一(名大ISEE), Huixin Liu (九州大学理学研究院), Fabrizio Sassi (NASA/GSFC), Sarah McDonald (Naval Research Laboratory), Jennifer Tate (Computational Physics, Inc.), Nicholas Pedatella (NACE/HAO), Cora E. Randall (CUA), V. Lynn Harvey (CUA)

P12 HFドップラー観測を用いた2019年台風Faxai接近に伴う同心円状の電離圏擾乱の解析

○榎本 陸登 (千葉大学大学院工学研究院),中田 裕之 (千葉大学大学院工学研究院), Song Rui (千葉大学大学院理学研究院),服部 克巳(千葉大学大学院理学研究院),

細川 敬祐(電気通信大学大学院情報理工学研究科),大矢 浩代(千葉大学大学院工学 研究院)

P13 短波ドップラー観測に見られる波状構造の統計解析

○細川 敬祐 (電通大)

P14 イオノグラム動画像による重み付き動体検出手法を用いた電離圏エコー抽出

○廣重 優 (九工大), 藤本 晶子 (九工大), 阿部 修司 (九大i-SPES),

池田 昭大(鹿児島高専),吉川 顕正(九大i-SPES)

P15 高フレームレートなイオノグラム動画像生成のための電離圏エコー遷移モデル

○吉野 郁海 (九工大), 藤本 晶子(九工大), 廣重 優 (九工大)

P16 地磁気の影響を考慮した短波帯電波伝搬シミュレーションによる伝搬経路変化の 解析

○阿部 祥大,中田 裕之,大矢 浩代(千葉大学大学院融合理工学府)

P17 中緯度まで到達するプラズマバブルの発達速度

○加藤 颯太 (ISEE), 大塚 雄一 (ISEE), 野澤 悟徳 (ISEE), 新堀 淳樹 (ISEE), 惣 宇利 卓弥

(ISEE), 西岡 未知 (NICT), Septi Perwitasari (NICT)

P18 低緯度GNSS-TEC平面構造に基づく赤道プラズマバブルの高度分布モデル

○牛王 悠輝 (九工大), 藤本 晶子(九工大), 中村 駿仁 (九工大)

P19 宇宙天気ニュース本文記事検索のための宇宙天気多変量空間モデル

○近藤 蒼一郎 (九工大),藤本 晶子(九工大),篠原 学 (鹿児島工業高等専門学校) P20 深層学習を用いた宇宙天気パラメータに基づく2Dオーロラの生成

○古川 瑠晟 (九工大), 藤本 晶子(九工大)

P21人工衛星・宇宙デブリの軌道落下量空間予測マップ

○福田 創士 (九工大),藤本 晶子(九工大),井上 一成 (九工大)

P22 電離圏現象およびICAOアドバイザリ発生状況の調査

○垰 千尋, 津川 卓也, 石井 守 (NICT)

P23 サブストームオンセット直後に見られるオーロラ形態とオンセット位置からの距 離依存性に関する研究

〇松岡 桃伽(名大),大山 伸一郎(名大),細川 敬祐(電通大),三好 由純(名大),

小川 泰信(極地研), 栗田 怜(京大)

P24 複数種イオンと熱的粒子の影響を考慮したプラズマ波動分散関係の数値解析評価 ○近藤 岳琉(金沢大学),八木谷 聡(金沢大学),尾崎 光紀(金沢大学)

参加者数	第504回第505回第506回合同開催 参加人数	合計		内、海外機 関に所属す る方	内、 企業関係
	生存研	2			
	他部局	14	5		
	学外	84	31		1
その他 特記事項					

研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -18	
研究集会タイトル	第506回生存圏シンポジウム 太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用	
主催者	新堀 淳樹(名古屋大学宇宙地球環境研究所電磁圏研究部)	
開催日	令和5年11月7日-10日	
場所	京都大学 吉田キャンパス	
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>	
関連分野	太陽地球系物理学、超高層大気物理学、データ科学	
概要	令和5年11月7日から10日にかけて太陽地球系物理学分野のデータ解析手法とその応用分野と密接な関わりを持つ「STE(太陽地球環境)現象報告会」「宇宙空間からの地球超高層大気観測に関する研究会」「中間圏・熱圏・電離圏(MTI)」との合同で開催した。本研究集会「太陽地球系物理学分野のデータ解析手法、ツールの理解と応用」は、研究発表セッション(口頭+ポスター発表)とデータ解析講習会の2部構成で行った。研究発表セッションの口頭枠は、若手や学生を中心とした招待講演に加えてデータ同化手法やデータベースの横展開に関する招待講演とした。また、データ解析講習会では、Pythonベースのデータ解析ツール(PySPEDAS)の使用法についての講習を実践形式で行い、これから研究を主体的に進めていくであろう学部・大学院生にとって有意義な研究集会となった。	
目的と具体的な 内容	本研究集会は、「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究(略称: IUGONET)」プロジェクトに深く関わる研究集会である。地球の超高層大気は、太陽系空間からのエネルギー入力(太陽放射や太陽風、磁気圏からの粒子注入等)に加えて、下層大気からの入力(大気重力波等)の影響も受けて変動する。よって、超高層大気で観測される多様な現象を解明するには、全球にわたる3次元結合系を考慮する必要があり、極域から赤道に至る全球的な地上観測や宇宙空間での衛星観測で得られた多様な観測データ、及び、シミュレーションデータを組み合わせた複合解析が欠かせない。このような背景の下、各々のデータに効果的な解析手法(例えば、相関解析、スペクトル解析、データサイエンス手法等)、並びに、複合解析を実施するための様々な解析ツールやデータベース (例えば、データ検索・取得・可視化サービスや統合解析ツール)が開発されてきた。しかしながら、これらの解析手法やツールの情報は、世代を超えた研究者間で必ずしも十分に共有されておらず、学生や若手研究者が自らの研究課題に対しての成果創出には多くの時間と自助努力が必要であった。本研究集会では、太陽地球系物理学分野の研究者・学生、データ所有者、データベース・解析ツール開発者が一堂に会し、お互いの知識を共有し、各々の研究者にとって最適な解析方法、研究フローを構築することを目的とする。そこでこれまで本研究集会に参加し、顕著な研究成果を上げてきた若手研究者らによる「招待講演セッション」を設け、次世代の研究を担う学生らに各分野の研究方法を継承させた。また、彼らが主体的にデータ解析手法を学べるように、実際の解析ツールを用いた「データ解析講習セッション」も開催した。	
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献		

開催した。その結果、本研究集会に参加した様々な分野の学部・大学院生が太陽地球系物理学分野の科学成果とそこに至るまでの過程(特に、データ収集、データ解析手法と高度なデータ科学など)を学ぶとともに、大気圏下層から宇宙圏にまたがるデータを取り扱う解析ツールを実際に手を動かして体験するというよい機会になった。また、本研究集会の開催によって若手研究者を奨励し、分野横断的な共同研究の推進につながるような関連コミュニティの形成にも繋がった。

2023/11/09 ロ頭セッション(全て招待講演) 座長:新堀淳樹(名大ISEE)

10:00-10:30 Fundamental research for the reanalysis data of the space weather based on the global MHD simulation

S. Fujita (DS/ISM), S. Nakano (ISM/DS), A. Kadokura (NIPR), Y. Tanaka(NIPR), R. Kataoka (NIPR), A. Nakamizo (NICT), K. Hosokawa (UEC), and S. Saita (NIT-Kitakyushu)

10:30-11:00 メタデータ変換と機関リポジトリ登録を通じた研究データの発見可能性の向上について: JPCOARへのSPASEメタデータスキーマのマッピングと他機関への展開大平司(名古屋大学附属図書館), 直江 千寿子(名古屋大学附属図書館)

11:10-11:30 全天イメージャー赤色オーロラ画像からの低エネルギー電子降下フラックスの二次元水平分布の推定

八島 和輝(京都大学), 田口 聡(京都大学), 細川 敬祐(電気通信大学), 小池 春人(京都大学)

11:30-11:50 XAIによる放射線帯電子変動予測モデルの開発

西宮 祐太 (名大ISEE), 三好 由純 (名大ISEE), 堀 智昭 (名大ISEE), C-W Jun (名大ISEE), 三谷 烈史 (ISAS/JAXA), 篠原 育 (ISAS/JAXA), 高島 健 (ISAS/JAXA), 東尾奈々 (ISAS/JAXA), 齊藤 慎司 (NICT), 塩田 大幸 (NICT)

11:50-12:10 主成分分析を用いた地上磁場からの半球間沿磁力線電流(IHFACs)成分の抽出

高山 久美 (九州大学),吉川 顕正 (九州大学),三好 勉信 (九州大学)

2023/11/10 合同ポスターセッション

PO1 トロムソNa共鳴散乱ライダーに適用する時間差マルチビーム手法の構築

雁金 沙弥香 (電気通信大学), 津田 卓雄 (電気通信大学), 青木 猛 (電気通信大学), 渡部 蓮 (電気通信大学), 佐藤 洸太 (電気通信大学), 斎藤 徳人 (理化学研究所), 野澤 悟徳 (名古屋大学), 川端 哲也 (名古屋大学), 川原 琢也 (信州大学)

PO2ナトリウム夜間大気光の分光観測によるD2/D1発光強度比に関する研究

坂元 希優 (電通大), 津田 卓雄 (電通大), 西山 尚典 (極地研), 南條 壮汰 (電通大), 細川 敬祐 (電通大), 野澤 悟徳 (名古屋大), 川端 哲也 (名古屋大), 水野 亮 (名古屋大)

PO3 Potassium layer variations observed over Syowa Station (69.0S, 39.6E), Antarctic, Jinyi Hu (UEC), Takuo T. Tsuda (UEC), Mitsumu K. Ejiri (NIPR), Takanori Nishiyama (NIPR), Takuji Nakamura (NIPR), Katsuhiko Tsuno (RIKEN), Makoto Abo (TMU), Takuya D. Kawahara (Shinshu University), Takayo Ogawa (RIKEN), Satoshi Wada (RIKEN)

P04 ひまわり全球リム観測を活用した地球大気の計測手法の開発、津田 卓雄(電通大)

P05 南極域における夜光雲観測計画、遠藤 哲歩 (明治大)

P06 電離圏ロケット観測に向けた中性大気質量分析器の開発、米田 匡宏(京大理)

PO7 ICON observations of temperature and wind during SSW (2020-2021)、成本 大志 (九大), Liu Huixin (九大)

PO8 イオノゾンデ・COSMIC2による日本上空のEs観測とICONによるウインドシアとの 比較

寺岡宙惟(九州大学), Huixin Liu(九州大学), 前田 朋毅(九州大学)

PO9 VIPIRイオノゾンデの高さ校正、西岡 未知, 津川 卓也 (NICT)

P10 Horizontal structures and movements of sporadic E layers observed with ionosonde receiver network

古城 侑季 (京都大学), 齊藤 昭則 (京都大学), 西岡 未知 (NICT), 前野 英生 (NICT), 近藤 巧 (NICT)

P11 前線起源の大気重力波によって励起したMSTIDの研究

プログラム 木暮 優 (九州大学理学研究院, NASA/GSFC), Min-Yang Chou (NASA/GSFC), Jia Yue (NASA/GSFC), 大塚 雄一 (名大ISEE), Huixin Liu (九州大学理学研究院), Fabrizio Sassi (NASA/GSFC), Sarah McDonald (Naval Research Laboratory), Jennifer Tate

(Computational Physics, Inc.), Nicholas Pedatella (NACE/HAO), Cora E. Randall (CUA), V. Lynn Harvey (CUA)

P12 HFドップラー観測を用いた2019年台風Faxai接近に伴う同心円状の電離圏擾乱の 解析

榎本 陸登 (千葉大学大学院工学研究院),中田 裕之 (千葉大学大学院工学研究院),Song Rui (千葉大学大学院理学研究院),服部 克巳 (千葉大学大学院理学研究院),細川 敬祐 (電気通信大学大学院情報理工学研究科),大矢 浩代 (千葉大学大学院工学研究院)

P13短波ドップラー観測に見られる波状構造の統計解析、細川 敬祐(電通大)

P14 イオノグラム動画像による重み付き動体検出手法を用いた電離圏エコー抽出

廣重 優 (九工大),藤本 晶子 (九工大),阿部 修司 (九大i-SPES),池田 昭大 (鹿児 島高専),吉川 顕正 (九大i-SPES)

P15 高フレームレートなイオノグラム動画像生成のための電離圏エコー遷移モデル、 吉野 郁海(九工大),藤本 晶子(九工大),廣重 優(九工大)

P16 地磁気の影響を考慮した短波帯電波伝搬シミュレーションによる伝搬経路変化の 解析、阿部 祥大,中田 裕之,大矢 浩代(千葉大学大学院融合理工学府)

P17 中緯度まで到達するプラズマバブルの発達速度、

加藤 颯太 (ISEE),大塚 雄一 (ISEE),野澤 悟徳 (ISEE),新堀 淳樹 (ISEE),惣宇利 卓弥 (ISEE),西岡 未知 (NICT),Septi Perwitasari (NICT)

P18 低緯度GNSS-TEC平面構造に基づく赤道プラズマバブルの高度分布モデル、牛王 悠輝(九州工業大学),藤本 晶子(九州工業大学),中村 駿仁(九州工業大学)

P19 宇宙天気ニュース本文記事検索のための宇宙天気多変量空間モデル

近藤 蒼一郎 (九州工業大学),藤本 晶子 (九州工業大学),篠原 学 (鹿児島工業高等専門学校)

P20 深層学習を用いた宇宙天気パラメータに基づく2Dオーロラの生成

古川 瑠晟(九工大), 藤本 晶子(九工大)

P21 人工衛星・宇宙デブリの軌道落下量空間予測マップ、福田 創士 (九工大),

藤本 晶子(九工大), 井上 一成(九工大)

P22 電離圏現象およびICAOアドバイザリ発生状況の調査

垰 千尋, 津川 卓也, 石井 守 (NICT)

P23 サブストームオンセット直後に見られるオーロラ形態とオンセット位置からの距離依存性に関する研究

松岡 桃伽 (名大), 大山 伸一郎 (名大), 細川 敬祐 (電通大), 三好 由純 (名大), 小川 泰信 (極地研), 栗田 怜 (京大)

P24 複数種イオンと熱的粒子の影響を考慮したプラズマ波動分散関係の数値解析評価、近藤 岳琉 (金沢大学), 八木谷 聡 (金沢大学), 尾崎 光紀 (金沢大学) データ解析セッション

2023/11/10 データ解析セッション

13:00-15:00 pySPEDAS基礎講習今城峻(京大地磁気センター)

参加者数	第504回第505回第506回合同開催 参加人数	合計	内、学生	内、海外機関に所属する方	内、企業関係
	生存研 他部局 学外	2 14 84			1
その他 特記事項					

研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium-10
研究集会 タイトル	第507回生存圏シンポジウム 土壌・植物・大気を跨ぐ物質の循環と機能に関するワークショップ
主催者	高橋けんし(京都大学生存圏研究所) 杉山暁史(京都大学生存圏研究所)
開催日	令和5年11月16日
場所	宇治キャンパス 総合研究実験棟 HW525号室
関連ミッション 等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1         4. 循環材料・環境共生システム       5. 高品位生存圏
関連分野	大気環境, 気候変動, 植物生理, 土壌微生物, 森林生態.
概要	附属未来開拓センター・大気圏森林圏相互作用ユニット、ならびに、ミッション1 「環境診断・循環機能制御」の活動に深く関連するトピックスとして、 温室効果気体の収支や揮発性有機化合物を介した物質変動の研究や、大気圏・森林圏 の相互作用に寄与する植物や微生物の機能に関する研究について成果発表や情報交換 を行った。異分野の研究者間のコミュニケーションを図った。
目的と具体的な 内容	令和4年度発足の附属未来開拓センター・大気圏森林圏相互作用ユニットでは、温室効果気体の収支や揮発性有機化合物を介した物質変動の研究や、大気圏・森林圏の相互作用に寄与する植物や微生物の機能に関する研究を行っている。また、ミッション1「環境診断・循環機能制御」においても、同ユニットの活動に深く関わる研究課題を推進している。本ワークショップでは、大気圏森林圏相互作用ユニットとミッション1の活動に直接関わる研究内容の発表および情報交換を主眼とする。個別の所属学会ではなかなか出会う機会のない「大気」「森林」「土壌微生物」の研究者が一堂に会し、それぞれの領域での先端的な研究を"生存圏の物質循環"という視点に広げでシームレスにとらえることを意識し、次の時代の新しい研究課題の展開を視野に入れた討論を行う。
展や関連コミュ	所属する学会の異なる大気、森林、土壌の研究者が一堂に会して議論を行うことにより、互いの分野に関する様々な情報を交換することが可能になるとともに、研究活動の視野を広げることができる。今回は、参加者規模を大きくせずに、かつ、十分な質疑応答の時間を確保することにより、突っ込んだ討論を行った。プログラムのとおり、本ワークショップの趣旨をよく理解してくださった講演タイトルが並んでおり、当然ながら、講演内容も個別のディシプリンに閉じないような工夫がなされたため、予定していたスケジュールを大幅に超過し、非常に議論や意見交換が盛り上がった。こうしたミーティングを通じて、既存の学問のカテゴリーに捕らわれないような、新しい切り口やベクトルを持つユニークな研究課題の萌芽が期待できると考えている。同時に、本提案のワークショップは、生存圏研究所のミッション1「環境診断・循環機能制御」および附属未来開拓センター・大気圏森林圏相互作用ユニットの活動に関連しており、所外の参加者に対しても、生存圏研究所のアクティビティーを知って頂くことにより、生存圏科学のコミュニティー拡大に貢献できるものと考えている。

13:00-13:10 はじめに 高橋 けんし(京都大学生存圏研究所) 13:10-13:35 ケイ素に着目して土壌一樹木一大気をつなぐ 中村 亮介(京都大学アジア・アフリカ地域研究研究科) 13:35-14:00 植物が大気に放出するVOCの特徴と種間差 斉藤 拓也 (国立環境研究所) 14:00-14:25 土壌から出る温室効果ガスN2Oを削減する微生物の探索 大久保 智司 (東北大学大学院生命科学研究科) 14:25-14:50 大気-森林-土壌の炭素循環から見た土壌微生物の代謝能 杉山 暁史 (京都大学生存圏研究所) 14:50-15:00休憩 15:00-15:25 シカによるササの消失は土壌生態系機能の劣化とブナ衰退を引き起こ す:南九州ブナ林にみる環境・土壌・樹木の関係性 片山 歩美(九州大学農学研究院) プログラム 15:25-15:50 これまで見落とされていた東南アジア大陸域の火災排出量とその傾向 近藤 雅征 (広島大学IDEC国際連携機構) 15:50-16:15 葉リターと細根リターの土壌における役どころ 谷川 東子(名古屋大学生命農学研究科) 16:15-16:40 湿地性樹木からメタンが出てくるナゾー土壌と植物と大気が全部関係 していますー 高橋 けんし (京都大学生存圏研究所) 16:40-17:00 総合討論 内、海外機 関に所属す 内、学生 合計 内、企業関係 る方 参加者数 生存研 他部局 学外 6 その他 特記事項

課題番号	R5-symposium -12
研究集会 タイトル	第508回生存圏シンポジウム 第17回多糖の未来フォーラム
主催者	(日本科学会)糖鎖化学研究会、日本応用糖質科学会、セルロース学会、日本キチン・ キトサン学会、シクロデキストリン学会
開催日	令和5年11月17日(金) 13時00分~17時10分(現地参加とWeb参加の併用)
場所	東京大学農学部 弥生講堂・一条ホール
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       4         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏
関連分野	食糧・材料・創薬に関わる分野
概要	キチンやシクロデキストリン、デンプン、セルロースなどの多糖は、持続可能な 資源として我々人類が活用している材料である。多糖について、材料や創薬といっ た多面的な観点から、それぞれの分野の第一人者である研究者らが最新の研究成果 を報告した。
目的と具体的な 内容	多糖は天然に存在する豊富な資源である。その活用方法や資源問題について、大学・企業を問わず様々な分野の研究者が、地球規模の問題を視野に入れながら、多糖に関わる最新の研究動向の共有や意見交換をすることを目的として開催した。多糖は、太陽の恵を受けて地球上で持続的に生産、利用、分解、循環されており、我々人類が、食糧、生活、産業、創薬、エネルギー資源として活用している、人類生存に不可欠な資源である。「多糖の未来フォーラム」は、日本化学会(糖質化学研究会)、日本応用糖質科学会、日本セルロース学会、日本キチン・キトサン学会、日本デキストリン学会によって2006年に設立され、多糖の利用について議論している。  本フォーラムでは多糖研究を発展させることを目的に、最新の多糖研究に加えて木質バイオマス由来の新規材料開発、シクロデキストリンの利用、多糖の酵素分解制御や合成、糖を用いた接着剤の開発などに関する研究発表が行われ、効果的に情報共有されたと共に、今後豊かな人間生活の実現に向けた多糖類の利用について、異分野の産官学の研究者によって垣根を超えた議論が行われ、多糖研究により一層の進展がもたらされた。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	地球規模の問題や人類の生存に関わる課題に対し、科学者・技術者は専門や業界にとらわれず多角的な視点と多様な発想を軸に意見交換や学術・産業の振興を行うことが求められている。今回の会議では、産官学から多くの研究者が参加し、それぞれの専門を超えた議論が行われた。異分野の知が混ざり合い、参加者が新しい視点を身につけ新たなアイデアを創出するきっかけになるものと考えている。再生可能な多糖類の持続的利用は、生物圏の科学にとって大きな意義があり、関連学会と連携して開催された本シンポジウムは、関連分野とのコミュニティ形成に大きく貢献したと思われる。

	13:00 - 13:10 開	引会の辞 五十嵐 圭日子(東京大学) 			
	13:10 - 13:45 門	門松 健治 (名古屋大学)			
	「ヒューマングライコームプロジェクト始動と開く未来」				
		至長:秋吉 一成 (京都大学)			
	Γ <sub>7</sub>	F郷 万里子(東京農工大学) 木質バイオマスを原料とする機能性微粒子の創製」 E長:島本 周(ダイセル)			
	Г	伏信 進矢 (東京大学) 「D-アラビナン分解酵素群の構造生物学」 座長: 徳安 健 (農業・食品産業技術総合研究機構)			
プログラム	14:55 - 15:10 休	休憩			
	15:10 - 15:45 寺原	寺尾 啓二 ((株)シクロケム)			
	術」	B高齢社会を生きる~ヘルスケアのためのシクロデキストリンの応用技			
	<u> </u>	至長:早下隆士(上智大学)			
	15:45 - 16:20 尾刃	形 慎(福島大学)			
	「キチン	糖類を活用した化学酵素融合法による糖質複合分子の創製」			
	座县	長:川田 俊成 (京都府立大学)			
		村 研二(京都大学) 居を用いた木材接着技術の開発」 長:矢野 浩之(京都大学)			
	17:00 - 17:00 閉台	会の辞 五十嵐 圭日子(東京大学)			
		内、海外機   内、海外機   内、学生   関に所属す   内、企業関係			
参加者数	生存研 他部局				
	学外	130 16 1 56			
その他 特記事項					

課題番号	R5-symposium - 08
研究集会	第509回生存圏シンポジウム
タイトル	第19回 持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム 第13回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム
主催者	今井友也(京都大学生存圈研究所) 三谷友彦(京都大学生存圈研究所)
開催日	令和5年10月31日
場所	京都大学 宇治キャンパス 木質ホール・3F 大会議室 & オンライン
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>
関連分野	木質科学、分析化学、マイクロ波加熱応用
概要	本シンポジウムは、ミッション2に関連した生存圏学際領域の開拓のために、先進素材開発解析システム (ADAM) およびマイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究との併催で実施した。本年度は、先進素材分析技術、マイクロ波加熱応用の横断的領域から招待講演者4名に講演頂いた。参加者は37名だった。
目的と具体的な 内容	本シンポジウムは、ミッション2の太陽エネルギー変換・高度利用に関連した生存圏学際領域の開拓のために、昨年度開催した「第18回持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム」に引き続き企画開催したものであり、今年度は木質ホールおよびオンライン(Zoom)のハイブリッド開催とした。さらに第13回先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウムーマイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究も昨年度に引き続き併催した。本年度は、先進素材分析技術、マイクロ波加熱応用の横断的領域から招待講演者4名に講演頂いた。参加者は37名だった。本シンポジウムは、生存圏フラッグシップ共同研究「バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究」の成果発表と活動指針を議論する役割を果たす。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	先述の通り、ADAM 共同利用では非常に幅広い用途の分析装置を有しており、国内の研究者に広くお使いいただいている。さらにミッション2の「太陽エネルギー高度変換・利用」に関する研究や、マイクロ波プロセッシングによる新材料創生研究にも貢献している。また、本シンポジウムは日本電磁波エネルギー応用学会に協賛を頂いており、生存研の内外からの多分野の研究者がその成果を公表する場を設けることで情報交換を進め、ミッション活動やフラッグシップ共同研究に関連する様々な分野の研究者との連携促進と、生存圏科学のコミュニティー拡大に貢献する。
プログラム	14:00-13:05開会の辞 京都大学生存圏研究所 三谷 友彦 13:05-13:45湿潤状態における木質材料の誘電緩和挙動 愛媛大学農学部 杉元 宏行 14:45-15:25エクスパンシンの『多糖間水素結合切断能』のFTIRによる評価 京都大学生存圏研究所 今井 友也 15:25-15:35休憩 15:35-16:15マイクロ波によるイオン選択加熱がもたらす固体触媒化学 東京大学大学院工学系研究科 岸本 史直 16:15-16:55マイクロ波加熱による化学産業の電化 中部大学工学部 樫村 京一郎 16:55-17:00閉会の辞 京都大学生存圏研究所 今井 友也

参加者数		合計	内、学生	内、海外機 関に所属す る方	内、 企業関係
	生存研	12	3		
	他部局	3	2		
	学外	22			12
その他 特記事項					

	切九朱云(共问利用・共同切九)報 a 音
課題番号	R5-symposium-02
研究集会 タイトル	第510回生存圏研究所シンポジウム 第3回福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会
主催者	上田義勝、杉山暁史(生存圏研究所)、谷垣実(複合原子力科学研究所)
開催日	令和5年12月21日13:30 - 17:10, 12月22日9:45 - 16:15
場所	京都アカデミアフォーラム 会議室C,D、Zoom
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>
関連分野	生存圈科学、放射線工学、情報学、工学、植物科学、放射線計測学、社会学、土壤学
概要	生存圏研究所においては東日本大震災関連の研究報告を、生存圏シンポジウムとして平成23年度から毎年開催している。今回も複合原子力科学研究所との共同で開催した。平成30年度より、「福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会」として名称を変更している。
目的と具体的な 内容	平成23年3月の東日本大震災に関するシンポジウムとして、これまで合計12回の生存圏シンポジウム「東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り組みについて」を毎年開催し、これまでに総計758名の参加者があった。今年度は東京駅前の京都アカデミアフォーラムでの開催を、オンライン併催として開催した。また、平成30年度より複合原子力科学研究所と共同開催してきているが、令和3年度より「福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会」として名称を統一し、名称統一後今回が3回目の開催となる。令和5年度は、継続研究としての成果を新潟大学、高知工科大学、福島大学から発表があった。また、生存圏シンポとしてのこれまでの開催状況を紹介し、過去12回のシンポジウムの内容をキーワード解析して今後のシンポジウム開催について議論を行った。企業からの参加や講演も多く、分野としても農学・工学・情報学・経済学的観点からの講演や議論が幅広く行われ、分野融合型のシンポジウムとして特色ある開催を2日間に渡り開催する事が出来た。その他、福島県で用いられてきた環境放射能計測技術を他府県でも利用されつつある事が報告され、将来の防災に向けたシステム開発研究についても紹介があった。令和5年度においてもデモ体験として、VRによるマッピングデータの実体験があった。参加者としては関連大学からの参加の他、企業からの参加、研究機関、都道府県自治体などからの参加もあり、オンライン参加も含めると58名の大変盛況な参加となった。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	生活圏を脅かす要因の一つとなりうる事故の中でも、原子力発電に関わるものに対しては、放射性物質の拡散など、一般に情報が中々得られない不安定な状況になりやすい。対策として唯一の方法は、地道な研究活動と一般への情報公開により、人類生存圏の安心・安全な社会を構築して行かなくてはならない。本研究集会では、これまで福島県の現状と復旧・復興に向けた支援研究の取り組みを継続して発表し、生存圏科学のコミュニティに現地の正しい情報を伝えることに取り組んできた。ここ数年は、福島復興だけではなく、日本全体における防災・減災をキーワードとした非常に幅広い分野からの発表も多く、国際融合・国際連携型の重要なシンポジウムとして開催できている。国内外への研究成果発表が行われている事からも、継続して生存圏シンポジウムとして開催する意義が高まってきている。 また、本研究集会に関連して、小中高校生を対象とした震災関連の出張授業も継続して開催している。 また、本研究集会に関連して、小中高校生を対象とした震災関連の出張授業も継続して開催している。  子どもの好奇心をくすぐる体験授業「出前・受入授業」、東日本大震災に関する研究(福島県での復興支援研究)、京丹波町立瑞穂中学校(中学3年生 19人)、京都府、令和5年11月17日

令和5年12月21日 (木)

13:30 - 13:40 開会あいさつ 上田 義勝 京都大学生存圏研究所

座長:上田

13:40 - 14:10 研究会とシンポジウムの10年間の講演の変遷 上田 義勝 京都大学生存 圏研究所

14:10 - 14:25 KURAMA可搬型モニタリングポストの御紹介 松浦 隆弘 松浦電弘社

14:25 - 14:55 福島国際研究教育機構(F-REI)の概要と活動の紹介 青野 辰雄 福島国 際研究教育機構(F-REI)第5分野 放射生態学ユニット

14:55 - 15:25 自動車走行サーベイシステム ASURA の調査結果などの紹介2023 後藤淳 新潟大学研究統括機構

15:25 - 15:40 休憩

座長:百田

15:40 - 16:10 不十分なカリウム肥培管理における 玄米放射性セシウム濃度の推定 藤村 恵人 農研機構東北農業研究センター

16:10 - 16:40 (オンライン) 福島国際研究教育機構での取り組みについて 二瓶 直登 福島大学 食農学類 農業生産学コース

16:40 - 17:10 福島県で発生した除去土壌の再生利用について ~再生利用に資する除去土壌の最新減容化技術開発~ 日下 英史1, 辻本 宏2 1: 京都大学大学院エネルギー科学研究科, 2: 鹿島建設株式会社

令和5年12月22日(金)

座長:谷垣

9:45 - 10:15 (オンライン)成層圏トリチウム層の予言と大気圏ガンマ線モニタリン グの可能性 水野 義之 関西外国語大学

10:15 - 10:45 1FNPP事故に伴う実測データに関連した統計解析法の検討 熊澤 蕃1、 豊田 亘博2、加藤 和明3 1: 元原研/原子力機構前身, 2: 豊田放射線研, 3: 洗練研 10:45 - 11:15 島根県の環境放射線監視に関する開発・取り組み 田中 孝典 島根県原

11:15 - 11:45 無線通信"ZETA"を備えたKURAMA-IIの原子力事業者モニタリングへの導入事例 五十嵐 悠、濱口 拓、前田 英太、山田 純也、武藤 保信、野原 尚史 日本原子力研究開発機構 大洗研究所 放射線管理部 環境監視線量計測課

11:45 - 13:00 昼食

子力環境センター

座長: 藤村

13:00 - 13:30 圃場内の土壌中放射性Cs濃度の空間変動 錦織 達啓1、藤村 恵人1、山田 大吾1、渋谷 岳1、江口 哲也1、久保 堅司1、矢内 純太2 1: 農研機構 東北農業研究センター, 2: 京都府立大

13:30 - 14:00 「水田土壌中の放射性セシウム深度分布とその推定技術;現状報告」 百田 佐多生、

片山 晃承 高知工科大学 理工学群

14:00 - 14:30 猿田川における放射性セシウムについて 福田 美保 福島県環境創造センター研究部

14:30 - 14:45 休憩

座長:津田

14:45 - 15:15 大規模イベント等における核セキュリティ技術開発 高橋時音 日本原 子力研究開発機構

15:15 - 15:45 アンフォールディング法を適用したin-situガンマ線スペクトル測定による福島県内家屋内外の空間線量率の評価 林 真照 三菱電機

15:45 - 16:15 KURAMA-IIの開発と展開の現状 谷垣 実 京都大学複合原子力科学研究 所

16:15 閉会あいさつ 谷垣 実 京都大学複合原子力科学研究所

#### プログラム

参加者数		合計	内、学生	内、海外機 関に所属す る方	内、企業関係
	生存研 他部局	3			
	学外	51	1		40
その他特記事項					

3m H <b>r</b> → □		
課題番号	R5-symposium-07	
研究集会 タイトル	第511回生存圏シンポジウム 第9回ファインバブル学会連合シンポジウム	
主催者	京都大学生存圏研究所、ファインバブル学会連合、京都大学微細気泡研究会	
日時	2023年10月18日(水)13:00~17:00	
場所	京都大学およびオンラインによる併催	
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	静電プラズマ、ナノバブル、ウルトラファインバブル、マイクロバブル	
概要	ファインバブル学会連合シンポジウムは、化学工学会、日本混相流学会、日本ソノケミストリー学会などの様々な研究組織との連合であり、中でも令和4年度から京都大学微細気泡研究会(代表 上田義勝)とも協力してきている。ファインバブルは工学だけでなく、環境や医療、農学などの応用利用が幅広いため分野横断型研究が多い。一方で、基礎理論について充実した議論を行える学会がこれまで無かったため、ファインバブル学会連合としての役割が非常に重要になりつつある。そのため、生存圏シンポジウムとして開催する事で、より多くの研究者との活発な議論を行う。	
	概要に述べたように、様々な分野横断型研究の可能性があるファインバブル研究についての議論を活発に行う事を目的としている。今回はテーマとして、「ファインパブルテクノロジーとイノベーションの融合:持続可能な社会への新たなる扉」を掲げ、下記の研究者からの講演を依頼した。講演概要とともに記載する。 「種々の外部刺激に対するウルトラファインバブルの高安定性」新潟大学 自然科学系 牛田 晃臣先生ウルトラファインバブルの動産とは大きく異なる現象であり、ウルトラファインバブルの特性と捉えることができる.一方で、実用条件においては様々な外部刺激を受けた状態で使用されることがほとんどであり、このような外部刺激に対する安定性を明らかにすることは有用である.本発表では、洗浄への応用を踏まえた外部刺激を与えた場合のウルトラファインバブルの安定性について説明する. 「微細気泡/水界面におけるガス成分の気液間物質移動現象 ~微細気泡流の環境技術への応用可能性について〜」京都大学 エネルギー科学研究科 日下 英史先生エアレーション法(バブリング)は、様々な産業分野でガス溶解や水中揮発分の除去に使力れ、気液間物質移動を制限し、反応効率やエネルギー効率の低きが課題となっている。これを克服するために開発されている。イクロ/ナノバブリングとその関連システムが環境関連分野において注目されている。この技術は、微小気泡を発生させることで気液間物質移動の効率を向上させ、移動抵抗を軽減する特長があるが、効率を向上させることで気液間物質移動の効率を向上させも、多動抵抗を軽減する特長があるが、効率を向上させることで気液間物質移動の対率を向上させると明持につながると期待される。本講演では、マイクロ/ナノバブリングの工学的特徴とその応用可能性について言及する。	

# 内容

「水中プラズマによるファインバブル生成」 目的と具体的な東北大学 流体科学研究所 佐藤岳彦先生

> ファインバブルの生成は様々な手法が開発されているが、本講演では水中プラズマにより 生成される気泡の生成過程や気泡内のガス種の計測などについて紹介する. 秒速30 kmに達 二次ストリーマや微小域で進展を繰り返す負極性ストリーマの進展過程、スト リーマ進展後に形成されるストリーマガスチャネルの生成消滅過程とガスチャネル崩壊後 に生成される微細な気泡の挙動、水素ガスが気泡内に包含されていることの検証などにつ いて説明する.

「電解バブルの光学計測~電気化学計測からは得られない情報~」 京都大学 エネルギー理工学研究所 中嶋 隆先生

余剰エネルギーの有効利用として有力視されているアルカリ水電解水素製造においては、 電極面上で発生する水素/酸素バブルが電解反応を阻害することなく速やかに電極面から離 脱することが重要である。我々は、個々の電解バブルを高い空間・時間分解能で観測する 光学計測システムを開発した。この光学計測システムの最大の特長は、計測場所を変える ことなく、広範囲にわたる局所情報を同時に得られることである。本計測システムとレー ザーを用いることによって得られた様々な知見を紹介する。

「バブルジェネレータから考えるファインバブル技術開発」 鹿児島大学 工学部 五島 崇先生

日本発のファインバブル技術は国際標準化により世界的な普及が進み研究開発や産業利用 が盛んである。ファインバブルの機能を最大限に活用するためには、バブルジェネレータ の開発が鍵となる。本講演では、10種類を超える方式の異なるファインバブルジェネレー タの開発に取り組む中で見えてきたファインバブル技術の課題や可能性について述べる。

簡単には水と空気だけで生成利用が可能なファインバブル技術は、一般的にどこでも利用 できる事から、非常に幅広い研究分野にまたがる基盤技術として発展してきている。特に 生存圏科学においては環境利用に関して注目しており、人類生活圏における衛生的な利用 の他、洗浄技術としても既に適用済みである。

の貢献

一方で、一般利用の際には大きく問題にならないが、研究としては気泡と水以外の不純物 が大きく問題になる事が多い。基礎研究データを集める際のこの不純物に対しての影響を 考える際には、多岐にわたる計測を行いながら、気泡としての基礎特性を見定める必要が 大きい。これらの基礎データを集める際には、今回生存圏シンポとして開催した様に、非 生存圏科学の発情に広い分野の研究者が集まり、忌憚なく意見を交えることでその研究に深みが増し、信 展や関連コミュ▋頼性も向上する。本シンポジウム開催により、この基礎研究進展のための議論が非常に活 ニティの形成へ発に行えた意義は非常に大きい。また、新たな研究分野の広がりの他、多数の企業からも 参加があった事から、応用研究事例としての広がりもある。

生存圏科学発展の一つのテーマとして、本シンポジウム開催が出来た事は非常に意義あ るものであり、今後のファインバブル研究と生存圏科学とがつながる重要なシンポジウム となった。

### プログラム:

- 1. 開会の挨拶(13:00 13:05) ファインバブル学会連合理事長 慶應義塾大学 寺坂 宏一
- 2. (13:05 13:45) 司会:高知工業高等専門学校 秦 隆志 「種々の外部刺激に対するウルトラファインバブルの高安定性」 新潟大学 自然科学系 牛田 晃臣先生
- 3. (13:45 14:25)

「微細気泡/水界面におけるガス成分の気液間物質移動現象 〜微細気泡流の環境技術

への応用可能性について~」 京都大学 エネルギー科学研究科 日下 英史先生 (14:25 - 14:45) 休憩 4. (14:45 - 15:25) 司会:名古屋大学 安田 啓司 「水中プラズマによるファインバブル生成」 東北大学 流体科学研究所 佐藤 岳彦先生 5. (15:25 - 16:05) 「電解バブルの光学計測~電気化学計測からは得られない情報~」 プログラム 京都大学 エネルギー理工学研究所 中嶋 隆先生 6. (16:05 - 16:45) 「バブルジェネレータから考えるファインバブル技術開発」 鹿児島大学 工学部 五島 崇先生 7. 閉会挨拶 (16:45 - 17:00) 京都大学 上田 義勝 17:30 - 情報交換会 (宇治おうばくプラザにて) 内、海外機関 に所属する方 内、企業関係 合計 内、学生 生存研 参加者数 他部局 4 2 76 51 その他 特記事項

課題番号	R5-symposium -22	
研究集会 タイトル	第512回生存圏シンポジウム 令和5年度DOL/LSF共同利用研究成果発表会	
主催者	大村和香子	
開催日	令和6年3月6日	
場所	オンライン(S140にて送受信管理)	
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 4         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	木材保存学、木質構造学、木質科学、微生物工学、土木工学、生態学	
概要	令和5年度DOL/LSF共同利用研究について、課題の研究代表者による内容説明を実施した。 参加者による質疑応答を通じて建設的な立場から互いの研究についてのディスカッション を行い理解を深めるとともに、DOL研究設備の老朽化、LSF試験地における従来の使用者に よる残材放棄等の現状を共有し、維持管理に関する理解と協力を依頼した。	
目的と具体的な 内容	本研究集会の目的は、居住圏劣化生物飼育棟(DOL)/生活・森林圏シミュレーションフィールド(LSF)において実施された共同利用研究の成果について報告を行い、参加者相互のディスカッションにより各研究の発展と深化を図ることである。DOLとLSFは、生存圏研究所の共同利用研究施設の一つとして、木材劣化生物を用いた種々の室内試験の実施及び実験生物の供給、並びに各種木材・木質の野外耐久性試験や生態学的調査研究に供されている。その研究内容は、木質科学、微生物工学、土木工学など多岐にわたっている。今回は、研究成果について報告会を開催し、互いの研究内容について理解を深めるとともに、研究課題数の推移、国際課題への取り組み、DOLにおける施設の老朽化対策とファンガスセラーの活性維持方法、LSFでの残材等の整理・整頓を含めた試験地の維持管理などについても参加者と情報共有を行った。	
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	DOL/LSF共同利用・共同研究は、木質科学、微生物工学、土木工学などの多くの研究分野にわたっており、本報告会の開催によって異分野との融合による新しい研究テーマの発掘につながることが大きく期待される。これらの研究分野における新しい融合的研究課題の創成は、まさに生存圏研究所が主導してきた生存圏科学そのものであると言える。特に、ミッション1-環境診断・循環機能制御、およびミッション4-循環材料・環境共生システム、に関係が深い。今後、専門委員会・国際アドバイザリー委員に研究課題に参加いただくことによって、生存圏科学の国際的認知度の向上に貢献していく予定である。	
	午後1時30分 開会挨拶/今年度の活動概要の紹介 大村 和香子(京都大学生存圏研究所) 午後 1時 40分 ~ 2時 55分 01 環境と調和した木材保存法の開発 研究代表者:京都大学生存圏研究所 大村和香子 02 フルフリルアルコール処理スギ材の生物劣化抵抗性 研究代表者:奈良県森林技術センター 増田 勝則 03 シロアリ貫通阻止性能を備えたサーキュラーエコノミー対応型造粒材料の開発 研究代表者:京都大学農学研究科 簗瀬 佳之 04 保存処理および保存処理と塗装を併用した木質材料の耐久性評価 研究代表者: (地独) 北海道道立総合研究機構 伊佐治 信一 05 生物劣化を受けた木造接合部の強度性能評価 研究代表者:宮崎県・木材利用技術センター 中谷 誠 休憩 午後 2時55分 ~ 3時	

### プログラム 午後3時 ~ 4時15分 06 木片腐朽過程を考慮した木片混じり粘土の長期力学特性の把握 研究代表者:名古屋大学・工学研究科 中野 正樹 07 温泉成分によるシロアリ忌避効果の検証 研究代表者:大阪公立大学 石山 央樹 08 高湿環境下における保存処理木材に接する金物類の腐食評価 研究代表者:大阪公立大学 石山 央樹 09 銅系接合具の木材防腐防蟻効果の野外検証試験 研究代表者:富山県・農林水産総合技術センター・木材研究所 栗﨑 宏 10 CLTの生物劣化における特徴と保存処理の効果 研究代表者:広島大学工学研究科 森 拓郎 午後4時15分 総合討論 午後4時30分 閉会 内、海外機 合計 内、学生 関に所属す 内、企業関係 る方 参加者数 生存研 4 他部局 学外 15 その他 特記事項

# 研究集会 (共同利用・共同研究) 報告書

課題番号	R5-symposium -23		
研究集会 タイトル	第513回生存圏シンポジウム 生存圏データベース共同利用・共同研究成果発表会		
主催者	今井友也、田鶴寿弥子		
開催日	令和6年2月5日		
場所	Z00M開催		
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏		
関連分野	生態学、歴史学、植物分類学、木材組織学、文化財保存修復学		
概要	生存圏研究所では共同利用・共同研究拠点として、データベースの構築と発信を核としたデータベース共同利用を国内外の研究者との協力のもとで推進している。今回のシンポジウムでは、令和3年・4年度の共同利用申請者による研究成果の発表を行い、それぞれの研究者間での意見交換などを行った。なおこれまで生存圏データベースを用いた共同研究の成果報告会は、おもに材鑑調査室を利用した共同研究のポスター発表を中心におこなわれてきたが、今回はzoomを用いての口頭での成果発表となった。		
目的と具体的な 内容	生存圏データベースは材鑑調査室の保有するモノのデータとインターネットを通して公開されている電子データからなっており、それらのデータを用いた共同利用研究を推進している。 今回は第9回にあたり、材鑑調査室関連の「物」のデータベースを利用した令和3、4年度分の共同研究の発表会をZOOMにて開催する。		
	生存圏研究所では共同利用・共同研究拠点として、データベース利用型の共同研究を推進している。これらの研究成果にもとづいて蓄積されたデータの集大成としての生存圏データベースは、材鑑調査室が収集する木質標本データと生存圏に関するさまざまな電子データとがある。これらの蓄積されたデータベースは、様々な研究活動の起点としても機能している。またこれまで行われてきた成果報告会では、データベース利用型の共同研究だけではなく、日本国内にある材鑑調査室およびそれに類する研究施設を所蔵している大学との間でのネットワーク構築にも一定の貢献があり、各研究機関との交流や議論なども活発に行われている。今回の研究成果報告会では、文化財研究や年輪研究、そして新しい材料開発や樹種同定手法の開拓など、多岐にわたる研究の成果が報告された。材鑑調査室のこれからを考える上でも、生存圏科学の発展に貢献するうえでも、非常にに有意義な成果であったといえる。		
	〈発表プログラム〉 力学的強度に資する木材の構造多様性に関する研究 一高密度木材から白い木材調製法の確立一 堀川 祥生(東京農工大学 大学院農学研究院) 山陰地方における木彫像の樹種調査と民俗学的考察 田鶴寿弥子(京都大学 生存圏研究所) 古材樹種のDNAによる識別法の確立(3) 今井 友也(京都大学 生存圏研究所)		

木材の解剖学的特徴および諸物性と工芸的利用の関係 松尾 美幸(京都大学 生存圈研究所) 木彫像および古建築部材の樹種識別データの整理・分析 反町 始(京都大学 生存圈研究所) 針葉樹光学顕微鏡デジタルデータベース作成とその応用 杉山淳司(京都大学 大学院 農学研究科 森林科学専攻) 近畿日本海側地域の現生スギ標準年輪曲線構築 プログラム 大山 幹成 (東北大学 学術資源研究公開センター植物園) 内、海外機関 に所属する方 合計 内、学生 内、企業関係 生存研 8 参加者数 他部局 学外 その他 特記事項

課題番号	R5-symposium-20		
研究集会タイトル	第514回生存圏シンポジウム STE 研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ (第二回: 磁気圏・電離圏プラズマ、超高層大気変動の相互作用)		
主催者	阿部 修司(九州大学 国際宇宙惑星環境研究センター)、海老原 祐輔(京都大学 生存圏研究所)、西谷 望(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、久保 勇樹(情報通信研究機構 宇宙天気予報グループ)		
開催日	2024/2/6		
場所	ハイブリッド(九州大学、オンライン)		
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏		
関連分野	太陽地球系物理学、超高層大気物理学		
概要	第514回生存圏シンポジウム「STE 研究連絡会現象報告会および現象解析ワークショップ(第二回:磁気圏・電離圏プラズマ、超高層大気変動の相互作用)」を、令和6年2月6日に、九州大学及びZoomミーティングによるハイブリッドで開催した。研究集会では、第25太陽活動周期の極大期が迫り活発になった諸々の宇宙天気現象の概況や、その他超高層大気物理学に関連する多数の発表、議論がおこなわれた。		
目的と具体的な 内容	本研究集会は、太陽から地球までの現象を一つの宇宙天気現象と捉えるとともに、宇宙 天気現象の予測精度向上につなげるという視点を重要テーマと位置づけて開催された。現 地参加が難しい研究者や学生のため、九州大学での現地開催に加えZoomを用いたオンライ ンのハイブリッド研究集会とした。また、「ジオスペースの低エネルギープラズマ研究集 会」、「極域・中緯度SuperDARN研究集会」との合同集会として開催した。研究集会では、 極大期が迫り活発になった最近の宇宙天気現象について複数の機関から報告がおこなわれ た。また、地震に伴う電離圏変動に関する研究など、多数の興味深いイベントについての 講演がおこなわれた。参加者は学部生からシニアまで、さらには研究職以外の方を含み、 それぞれの立場から活発な議論がおこなわれた。		
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	生存圏の現況を把握するためには、その環境に大きく作用する太陽-地球結合の物理を広く理解する必要がある。本研究集会は、主に太陽地球系全体に関連する複合現象を取りあげ、人工衛星、宇宙ステーション、ロケット、地上レーダー、計算機シミュレーションなど様々な手法を用いて、太陽-地球結合をひとつのシステムとして理解することを目的として開催され、生存圏科学の発展に大きく貢献した。また、ハイブリッドかつ2研究集会との合同集会として開催することで、分野間の接合と活発な議論の場を提供し、関連コミュニティの形成・発展に貢献した。		
	【座長:阿部修司(九大i-SPES)、橋本久美子(電通大)】 10:00-10:20(一般講演)宇宙天気長期変化の概況報告 オンライン篠原学(鹿児島高専) 10:20-10:40(一般講演)期間概況報告 阿部修司(九大i-SPES) 10:40-11:00(一般講演)宇宙線中性子観測データ報告 オンライン渡邉堯(宇宙線WDC) 11:00-11:20(一般講演)2023年11月~2024年1月の静止軌道高エネルギー電子環境(まわり8号) オンライン長妻努(NICT)		

11:20-11:40(一般講演)現象報告期間におけるHOP radars/SuperDARN観測報告 西谷望(名大ISEE)、堀智昭(名大ISEE)、SuperDARN PIs

11:40-12:00(一般講演)地磁気現象概況報告(2023年10月~2024年1月) オンライン稲村友臣(気象庁地磁気観測所)

12:00-13:30(昼食)

【座長:尾花 由紀(九大i-SPES)、新堀淳樹(名大ISEE)】

13:30-13:50(一般講演)日出没前後のSC極性変化

菊池崇(名大ISEE)、橋本久美子(電通大)、尾花由紀(九大i-SPES)、細川敬(電通大)、海老原祐輔(京大RISH)

13:50-14:10 (一般講演) HFドップラーによる2023年3月23日、11月5日磁気嵐の電離圏 動観測

オンライン 坂井純 (電通大) 、橋本久美子(電通大)、細川敬祐(電通大)、HFD 測グループ

#### プログラム

14:10-14:30 (一般講演) HFドップラーによる2023年3月23日、11月5日磁気嵐の電離圏 場観測

橋本久美子(電通大)、坂井純(電通大)、細川敬祐 (電通大)、HFD計測グループ 14:30-14:50(一般講演)複数衛星データによる太陽風擾乱の解析 オンライン亘慎一 (NICT)

14:50-15:10 (一般講演) VLF/LF帯標準電波を用いた2023年4月23日火球による下部電 圏変動の解析

オンライン 古谷凌汰(千葉大)、 大矢浩代(千葉大)、土屋史紀(東北大PPARC) 中田裕之(千葉大)

15:10-15:30 (一般講演) 宇宙機再突入に関わるVLF電波放射の方探解析と最近の衛星 突入現象について

オンライン 渡邉堯 (NICT)、小林美樹 (NMS)、加藤泰男 (名大ISEE)、鈴木和 (NMS)

15:30-15:45(休憩)

#### 【座長:西谷望(名大ISEE)】

15:45-16:05(一般講演)Report on Equatorial Magnetic Field Variations based on EE-index: from October 2023 to January 2024

オンラインギルギス キロロス(九大 i-SPES)、魚住禎司(九工大 LASEINE)、

藤本晶子(九工大)、阿部修司(九大 i-SPES)、吉川顕正(九大理, 九大 i-SPES) 16:05-16:25(一般講演)大地震の地面、大気、および電離圏に現れる前兆現象の研究 小山孝一郎(九大i-SPES)

16:25-16:45(一般講演)2024年能登半島地震後に見られる電離圏変動について 新堀淳樹(名大ISEE)、大塚雄一(名大ISEE)、惣宇利卓弥(名大ISEE)、西岡未知 (NICT)、Perwitasari Septi (NICT)、西谷望(名大ISEE)

2 /VF H //\		合計	内、学生	内、海外機関 に所属する方	
	生存研				
	他部局	1	1		
	学外	35	5	2	1

### その他 特記事項

課題番号	R5-symposium -13
研究集会 タイトル	第515回生存圏シンポジウム 生存圏ミッションシンポジウム
主催者	京都大学生存圈研究所
開催日	令和6年2月28日-29日
場所	きはだホールおよびオンライン
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>
関連分野	生存圏研究所のカバーする全専門分野
概要	本シンポジウムは、生存圏研究所の研究活動の総括として位置づけられている毎年年度末に開催する重要なシンポジウムであり、ハイブリッド開催を行った。今年度は研究所活動報告を行うとともに、生存圏未来開拓研究センターの活動報告に加えて、研究所の重点研究事項をトピック的に取り上げ、報告、議論を進めた。また、生存圏フォーラムの総会の開催及びポスターセッションも実施した。多くの活動や成果報告を交えて総合的な議論等を行い、生存圏科学の発展や関連コミュニティへの形成に貢献できた。
目的と具体的な 内容	の議論の機会をつくり深めるとともにシンポジウムの一環として生存圏フォーラムの総会を開催し、生存圏科学の更なる発展に寄与する体制についても確認した。なお、本シンポジウムは今年度はzoomを用いたオンラインときはだホールでのリアルのハイブリッド開催で2日間に分けて行った。ポスター発表ではzoomのブレイクアウトルームを用いて行い、所内教員、ミッション専攻研究員、学内・学外研究者、さらに、生存圏科学を学ぶ学生が直接交流できる場を提供した。また、1日目に生存圏フォーラム総会もハイブリッドで開催した。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	本年度の生存圏ミッションシンポジウムの参加者は、初日Zoom50名、現地47名、計97名、2日目Zoom65名、現地36名、計101名であった。本シンポジウムが生存圏研究所の1年間の全活動の総括であるという認識が醸成されてきていると思われる。また、一昨年度同様、生存圏フォーラムの総会は、参加者の増加だけでなく、各研究者の議論の活性化や異分野交流に関して意義があった。全体を通して本シンポジウムは、萌芽・学際的な研究の発掘、将来的な生存圏科学の発展や関連コミュニティへの形成等に大きく貢献できたと考えられる。
	(1日目) 2月28日(水) きはだホール・ハイブリッド形式 10:00-10:10 所長挨拶・研究所紹介 山本衛(京都大学生存圏研究所) 10:10-10:40 研究ミッション活動紹介 篠原真毅 (京都大学生存圏研究所) 10:40-11:10 共同利用共同研究活動報告 橋口浩之(京都大学生存圏研究所) 11:10-11:40 未来開拓研究センター活動報告 桑島修一郎(京都大学生存圏研究所) 11:40-12:00 生存研国際活動&アジアリサーチノード成果報告 大村和香子(京都大学生存圏研究所) 休憩 13:00-13:30 生存圏フォーラム総会

ポスターセッション【おうばくプラザ・ハイブリッドスペース(現地開催のみ)】 16:00- 共同研究ポスター発表(生存圏科学共同研究18件、ミッション専攻研究員3

16:00- 共同研究ポスター発表(生存圏科学共同研究18件、ミッション専攻研究員3 件)

(2日目) 2月29日(木) きはだホール・ハイブリッド形式

セッション1 生存圏科学とスタートアップ

10:00-10:05 イントロダクション 桑島修一郎 (京都大学生存圏研究所)

10:05-10:30 宇宙ビジネスにおける生存圏科学の可能性 高崎宏之(京都大学生存圏 研究所、Acwest Inc.)

10:30-10:55 標準化に見る知の創出と社会実装の環境変化 仲上祐斗(日本知財標準 事務所)

10:55-11:20 植物バイオマスがつくるサステイナブルな未来、アカデミアから社会実 装へ 西村裕志(京都大学生存圏研究所)

11:20-11:55 【基調講演】視の理論と方法 -みえないものを見る- 木村建次郎(神戸大、Integral Geometry Science)

11:55-12:00 クロージング 桑島修一郎(京都大学生存圏研究所) 休憩

セッション2 生存圏:月

13:30-13:40 生存圈:月 小嶋浩嗣(京都大学生存圈研究所)

13:40-14:05 Lunar Tower(月面居住でのQOL実現に向けて) 佐藤達保(株式会社竹中工務店)

14:05-14:30 月面での水の存在の証拠と月極域探査機LUPEX 仲内悠祐(立命館大学 総合科学技術研究機構)

14:30-14:55 月面の静電環境とダスト 栗田怜(京都大学生存圏研究所)

14:55-15:00 総合討議

セッション3 生存圏科学的視点で見た低分子有機化合物

15:00-15:10 イントロダクション 杉山暁史(京都大学生存圏研究所)

15:10-15:35 柑橘類が生理活性成分を生産する仕組み 棟方涼介(京都大学生存圏研 究所)

15:35-16:00 根圏共生シグナルと植物ホルモンとして機能するストリゴラクトンの生 合成およびその制御機構 増口潔(京都大学化学研究所)

16:00-16:25 酵素の機能進化から見た植物の香気成分多様性獲得機構 肥塚崇男(山口大学大学院創成科学研究科)

16:25-16:30 総合討論

共同研究ポスター発表@おうばくプラザ・ハイブリッドスペース(現地開催のみ) 【生存圏科学共同研究】

(1) 『Production and diffusion of methane in trees: spatial distribution of CH4 sources inside the trunks』

Daniel EPRON (京都大学 農学研究科)

- (2) 『長期太陽黒点観測スケッチのデジタル画像データベースの構築』 浅井 歩 (京都大学 理学研究科)
- (3) 『ムラサキの脂質輸送機構を利用した植物細胞における代謝産物の輸送エンジニアリング』

プログラム

市野琢爾(神戸薬科大学 薬学部)

- (4) 『木質材料創製のための前処理としての木材褐色腐朽の可能性』 今井友也(京都大学 生存圏研究所)
- (5) 『微細気泡の精密計測による基礎特性の解明』

上田義勝(京都大学 生存圈研究所)

(6) 『国内稠密GNSS受信機網データを用いた中規模伝搬性電離擾乱およびその測位への影響に関する研究』

大塚雄一(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

- (7) 『高強度部材成形を目的とした高密度木材の流動成形性の検討』 梶川翔平(電気通信大学情報理工学研究科)
- (8) 『ため池が温室効果ガス動態を通じて地域の炭素循環に果たす役割の解明』 坂部綾香(京都大学 農学研究科)
- (9) 『水中プラズマとファインバブルの組み合わせによる水処理技術の開発』 高橋克幸(岩手大学 理工学部)

- (10) 『木材の物性とマルチスケール時空間構造の関係解明に向けたSAXS解析』 田中聡一(京都大学 生存圈研究所)
- (11) 『環境放射能の歩行サーベイにおけるリアルタイム位置捕捉技術の開発』 谷垣 実(京都大学 複合原子力科学研究所)
- (12)『越境大気汚染によるイオウ酸化物の飛来が森林土壌のイオウ蓄積量に与える影 響の評価』

谷川東子(名古屋大学 生命農学研究科)

- 『細胞壁改変組換え植物で迫るリグノセルロース超分子構造の構築機構』 飛松裕基(京都大学 生存圈研究所)
- (14) 『紫外線計測データと外出記録に基づく新生児の紫外線照射量と体内ビタミンD 濃度との関係に関する研究』

中島英彰 (国立環境研究所)

- (15) 『DNAナノ構造体を足場とした人工コンパートメントの創製』 中田栄司(京都大学 エネルギー理工学研究所)
- (16) 『ダイズのセシウム蓄積に関わる候補遺伝子の探索』

二瓶直登(福島大学 食農学類)

(17) 『2022年1月のフンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ火山噴火に伴う成層圏気候変 動の研究』

藤原正智(北海道大学 地球環境科学研究院)

(18) 『微生物と物理化学的な前処理を組み合わせた廃プラスチック類の分解』 渡邊崇人(京都大学 生存圈研究所)

【ミッション専攻研究員】

- (MS-1) 『網羅解析による木造建築の耐震性能に与える生物劣化の影響の見える化』 井上 涼 (現職:熊本大学大学院先端科学研究部 助教)
- (MS-2) 『炭素安定同位体を用いた樹木炭素蓄積量に影響する要因の解明』 田邊智子
- (MS-3) 『新規なリグニン分解反応系の開発とリグニン改変植物への適用』 謝冰(XIE Bing)

		合計		内、海外機 関に所属す る方	内、企業関係
参加者数	生存研	126	18		
	他部局	19	5		
	学外	53			
その他 特記事項	【1日目】合計 97名(〔内訳〕 【2日目】合計 101名(〔内訳〕 【2日間の総合計】198名	内現地:47名、 内現地:36名、			

課題番号	R5-symposium-06	
研究集会 タイトル	第516回生存圏シンポジウム RISH 電波科学計算機実験シンポジウム(KDKシンポジウム)	
主催者	京都大学生存圈研究所	
開催日	令和6年3月5日	
場所	オンライン(Zoom)	
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 3, 5         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	生存科学計算機実験分野	
概要	A-KDK全国共同利用で得られた研究成果を中心に、広く生存圏科学の発展における数値シミュレーションの役割について議論した。	
目的と具体的な 内容	先端電波科学計算機実験装置(A-KDK)全国共同利用は宇宙圏・大気圏の電波科学および生存圏科学に関連した大規模計算機実験研究を主体とし、主に生存圏研究所ミッション1(環境診断・循環機能制御)、3(宇宙生存環境)、5-3(日常生活における宇宙・大気・地上間の連関性)が関連している。KDK専門委員会で採択した研究課題の成果発表の場であるとともに、宇宙プラズマ、超高層・中層大気中の波動現象、宇宙電磁環境をはじめ生存圏科学に関する計算機実験等の講演も広く受け付け、最新の知見と情報を交換する場とする。	
展や関連コミュ	計算機性能の大幅な向上と相まって、数値シミュレーションは多くの研究分野において重要な研究手法の一つとなり、複雑な人類生存圏の正しい理解と問題解決にとって不可欠なものである。本シンポジウムは、個々の研究課題成果の発表だけでなく、生存圏科学の発展において数値シミュレーションがどのような役割を果たすことができるか、また、生存圏科学の中のどのような分野において数値シミュレーションが求められているかを模索、議論する機会ででもあり、生存圏科学の推進という観点からも重要である。	
	AM1 (座長: 海老原 祐輔)	
	10:00-10:05 諸案内	
	10:05-10:20 太陽風磁気圏系でのトポロジーとplasmaダイナミックスの相互作用 藤田 茂*、渡辺 正和、田中 高史、蔡 東生	
	10:20-10:35 Bifurcation of Magnetic Field Topology using Polynomial Reconstructed MMS data Bhola Panta*, Dongsheng Cai	
	10:35 – 10:50 Radiation belt electron precipitaion caused by nonlinear whistler mode wave-particle interactions Yikai Hsieh*, Yoshiharu Omura	
	10:50-11:05 プラズマ波動観測用アンテナの低周波域特性に関する粒子シミュレーション	
	草地 恒史郎*、三宅 洋平、臼井 英之	
	11:05-11:20 月面環境を計測する静電プローブに関する計算機シミュレーション 栗田 怜*、中島 稜大、三宅 洋平、臼井 英之、小嶋 浩嗣	

11:20-11:35 小型天体・宇宙プラズマ相互作用の数値シミュレーション研究 三宅 洋平\*

PM1 (座長: 栗田 怜)

12:50-13:05 北向き惑星間空間磁場におけるDungey型リコネクションの形状とその交換サイクルとの関係

渡辺 正和\*, 蔡 東生, 熊 沛坤, 藤田 茂, 田中 高史

13:05-13:20 大規模太陽フレア前の非対称磁気リコネクション領域の抽出 近藤 光志\*

13:20-13:35 テアリング不安定性の線形理論について総括 清水 徹\*

### プログラム

13:35-13:50 PIC Simulations for Analyzing Interferometry Technique Using a Single Spacecraft

Ibuki Fukasawa\*, Yohei Miyake, Hideyuki Usui, Koshiro Kusachi, Satoshi Kurita, Hirotsugu Kojima

13:50-14:05 Hybrid NS-DSMC Simulation of a Nozzle Reactive Flow Expanding into Vacuum using a Species Weighting Scheme

Virgile Charton\*, Eiichiro Yamaoka, Takato Morimoto, and Kiyoshi Kinefuchi

14:05-14:20 数値解析によるレーザー核融合ロケットの磁気スラストチャンバにおける電子離脱現象の解明

桂 直幹\*, 児島 富彦, 山本 直嗣, 森田 太智

PM2 (座長: 謝 怡凱)

14:45-15:00 北向き惑星間空間磁場における極冠横断電位差の太陽風依存性 畠山 将英\*, 渡辺 正和, 藤田 茂, 田中 高史

15:00-15:15 交換不安定によるIoプラズマの輸送 田中 高史\*

15:15-15:30 沿磁力線電流の生成領域について 海老原 祐輔\*、田中 高史

15:30-15:45 高性能MHDシミュレーションでのGPUの活用事例 銭谷 誠司\*

15:45-16:00 Nighttime geomagnetic response to solar wind dynamic pressure pulse: A possible cause of Québec blackout

Tian Zhang\*, Yusuke Ebihara, Takashi Tanaka

16:00-16:15 Dependence of plasma properties on the pickup ion density in the heliosheath

坪内 健\*

6. 1. 1.200		合計	内、学生		内、 企業関係
参加者数	生存研	11	5		
	他部局				
	学外	19	4	1	

課題番号	R5-symposium -16	
研究集会 タイトル	第517回生存圏シンポジウム Nanocellulose Symposium final「ナノセルロース Now and Then」	
主催者	京都大学生存圏研究所 バイオナノマテリアル共同研究拠点(経済産業省Jイノベ拠 点)	
開催日	令和6年2月27日	
場所	京都大学宇治キャンパス おうばくプラザ きはだホール	
関連ミツション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏	
関連分野	製紙、化学、高分子、木材・木質材料、成形加工、食品、繊維、エレクトロニクス、自動 車、家電、住宅、流通に関わる分野	
概要	平成16年から毎年開催してきたNanocellulose Symposiumは、今回が最後となる。ナノセルロースに関する研究、社会実装はこの20年で大きく進歩した。100名ほどで始まったシンポジウムが、今では様々な分野から毎回1000名近い参加がある。最後のシンポジウムとして、企業および大学からの多数の講演によりこれまでの歩みを振り返り、持続型カーボンニュートラル素材、高機能素材としてのナノセルロースの今後について、参加者とともに考える。	
目的と具体的な 内容	ナノセルロースは、植物細胞の基本骨格物質であるセルロースナノファイバーおよび関連ナノ材料に関する総称であり、次世代のバイオ材料として幅広い産業界から関心が集まっている。 生存研では申請者を中心に生存圏フラッグシップ共同研究において世界に先駆けナノセルロースに関する大型共同研究を産官学の異分野・垂直連携で進めるとともに、2004年から毎年、本シンポジウムを通じて共同研究成果や国内外の関連動向を紹介してきた。シンポジウム参加者はここ数年は800名前後で推移しており、生存研主催の行事として定着している。 20回目となる今回の研究集会では、セルロースナノファイバーの製造と利用に関する進展について、様々な分野からの参加者と共有することを目的として、16の企業からの講演と機能性セルロースナノファイバーおよび構造用セルロースに関する講演を行った。900名近い参加者を得て、ナノセルロースシンポジウムの最終回に相応しい熱気ある研究集会であった。	
展や関連コミュ	生存圏研究所が設立された平成16年から20年間、毎年開催してきた本シンポジウムは、生存圏研究所を代表する研究集会となってきた。本研究集会は、生存圏研究所が推進する5つのミッションの内、主としてミッション4:循環型資源・材料開発、ミッション5ー2:脱化石資源社会の構築に関係する。また、バイオマス資源の高度有効利用の観点からは、ミッション2において推進されているバイオリファイナリー研究と深く関わるものである。本研究集会が一つの契機となり、ナノセルロースに関する産官学の共同研究が関連コミュニティの拡がりによりさらに発展し、共同利用・共同研究拠点研究所として生存圏研究所が推進している生存圏科学の重要な一翼を担うことが期待される。	

13:00 開会挨拶 13:10 シンポジウム20年を振り返って 矢野 浩之 (京都大学生存圏研究所) 13:30 第一部 ナノセルロースの産業化 - ナノセルロースに関わる企業16社の発表 ①王子HD(株)、②大王製紙(株)、③(株)ダイセル、④中越パルプ工業(株)、 ⑤日本製紙(株)、⑥北越コーポレーション(株)、⑦レンゴー(株)、⑧(株)ス ギノマシン、⑨第一工業製薬(株)、⑩星光PMC(株)、⑪豊田合成(株)、⑫(株) Nature Gifts、⑬(株)デンソー、⑭トヨタ紡織(株)、⑮利昌工業(株)、⑯ SOLIZE (株) 16:30 第二部 ナノセルロースの未来 プログラム 機能性ナノセルロース 齋藤 継之 (東京大学大学院 農学生命科学研究科) 構造用セルロース 矢野 浩之 (京都大学 生存圏研究所) 17:35 閉会挨拶 17:40 閉会 内、海外機 関に所属す 合計 内、学生 内、企業関係 る方 参加者数 生存研 20 4 他部局 10 2 学外 10 750 863 その他 特記事項

課題番号	R5-symposium - 21		
研究集会 タイトル	第518回生存圏シンポジウム 第3回地磁気誘導電流(GIC)研究会		
主催者	京都大学生存圈研究所		
開催日	2024/3/27		
場所	オンライン		
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>		
関連分野	生存科学計算機実験分野		
概要	地磁気誘導電流(Geomagnetically Induced Current, GIC)の理解とその予測及び影響評価 法について議論する		
目的と具体的な 内容	地磁気誘導電流(Geomagnetically Induced Current, GIC)は送電線やパイプラインなどの接地された長大な良導体を流れる準直流の自然電流で、主に太陽活動に起因する宇宙環境変動に伴って増大し、送電設備などに影響を与えることが知られている。磁気緯度が低い日本ではGICの影響は限定的と考えられているが、太陽とよく似た恒星で発生する巨大フレアや過去に発生した巨大磁気嵐の記録を鑑みると、ゼロリスクであるとは言い切れない。本研究集会では太陽、惑星間空間、磁気圏、電離圏、固体地球、電気工学分野等の研究者が集まり、GICの理解とその予測及び影響評価法について議論する。		
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	宇宙環境変動が送電網という社会インフラに及ぼす影響を議論するもので、ミッション5-3「日常生活における宇宙・大気・地上間の連関性」と深く関わっている。  ●日本におけるGIC研究体制の強化とGICハザード低減に向けた学際研究の礎となることが期待される。 ●GICハザードの低減のためには研究分野の垣根を越えた基礎的研究の高度化が必要であることが経済産業省の報告書(太陽フレアによる地磁気誘導電流に関する調査検討委員会,報告書,2014)で指摘され、本研究会はこれに呼応するものである。 ●太陽を起点として日本のGICを予測するスキームの開発についても議論し、社会実装による成果還元を目指す。電気設備メーカーの技術者にも参加を呼びかけ、産学官連携研究の契機としたい。		

13:30-14:00 (招待) Tian Zhang\*, Yusuke Ebihara, Takashi Tanaka Nighttime geomagnetic response to solar wind dynamic pressure pulse: A possible cause of Quebec blackout 14:00-14:30 (招待) 菊池 崇\* 地上磁場変動と磁気圏電離圏導体地球電流系 14:30-14:50 橋本久美子\*、北村健太郎、菊池崇、藤本浩、池田将晃、海老原祐輔、 細川敬祐 中国電力・山口2変電所におけるGIC計測 14:50-15:10 亘 慎一\* GIC研究の広がり プログラム 15:10-15:30 臼井嘉哉\* 地表付近の電気比抵抗不均質が電場に与える影響について 15:30-16:00 総合討論 内、海外機 関に所属す 合計 内、学生 内、企業関係 る方 参加者数 生存研 他部局 学外 13 その他 特記事項

部形式.口	则九朱云(共问利用·共问则九)報口音 PF 01		
課題番号	R5-symposium-01		
研究集会 タイトル	第519回生存圏シンポジウム 木質材料実験棟令和5年度共同利用研究発表会		
主催者	生存圈研究所		
開催日	2024/3/18		
場所	Zoomによるオンライン開催		
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>		
関連分野	建築学、木質材料学、木材保存学、建築士、木造関連メーカー、林産、応用生命、炭素材料など		
概要	本報告会は木質材料実験棟の共同利用研究における研究成果を発表することで、それぞれの研究テーマにおける深化および、他分野からの刺激を受けること、そして、研究の進め方やグループ作りなどについての意見交換を行うことを目的として例年開催されるもので、本年度は令和5年度に実施された11件の木質材料実験棟全国共同利用研究の成果発表が行われた。		
目的と具体的な 内容	令和5年度に実施された11件の木質材料実験棟全国共同利用研究の成果発表会を実施した。11件の報告内容の内訳は、木質構造に関するもの2件、木材の耐久性・保存に関するもの2件、炭素素材としての木質材料に関するもの2件、wallstatに関するもの5件である。木質材料実験棟が共同利用施設として開放している、鋼製反力枠、1000kN アクチュエータ試験機、直パルス通電加熱装置およびSEM、ECO住などを活用した多彩な内容であった。一人当たり20分の持ち時間で発表が行われ、活発な議論がなされた。これら多岐に渡る内容を、発表者がお互いに理解度を上げられるように工夫された説明がされており、大変興味深い発表会となった。今後、分野間を超えた融合が起こることに期待したい。		
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	生存圏科学のうち、ミッション4「循環材料・環境共生システム」に関連する研究報告と、ミッション5-4「木づかいの科学による社会貢献」に関連する発表が為された。これらは高機能な炭素素材の開発と言った分子レベルの内容から、実大建築物での構造利用に関する応用的な内容まで多岐にわたった。再生産可能な生物資源である木質資源の有効活用は、「環境保全と調和した持続的社会の基盤となる先進的科学技術」を追求する生存圏科学と密接に関係する。今後これら生物資源がさらに様々な場面で活用される未来像に向けて、非常に有用な先進的な取り組みが報告されたと考える。また、発表分野が幅広いことも本共同利用設備の特徴である。これら異分野の研究内容が一堂に会してディスカッションを行うことで、見方の異なった意見を得ることができ、相互に刺激があったと考える。		

13:00 開会挨拶 五十田 博(京都大学生存圈研究所 木質材料実験棟共同利用委員長) 13:05 バイオマス由来多孔質炭素材料の作製 坪田 敏樹(九州工業大学大学院工学研究院) 13:25 バイオマテリアルを利用した含ヘテロ炭素材料の開発 木島 正志(筑波大学 数理物質系) 13:45 地震動の周期特性及び揺れの数と建物被害の関係に関する研究 汐満 将史(山形大学工学部建築・デザイン学科) 14:05 宇宙環境での木材利用を想定したガンマ線照射による木材細胞壁微細構造の変 化 村田 功二(京都大学大学院農学研究科) 14:25セルロースナノファイバーによる松脂成分(アビエチン酸)の疑似水溶性化 有賀 哲(京都大学大学院農学研究科) 14:45アンモニア吸着木質系熱処理物からの活性炭の製造と CO2 吸着特性 畑 俊充(京都大学生存圈研究所) 15:05木造住宅の地震時層崩壊を抑制する通し面材工法に関する研究 宮津 裕次(東京理科大学理工学部建築学科) 15:25プレストレスを用いた CLT 耐震壁の静的性能評価 高橋竜大(広島大学大学院先進理工系科学研究科、研究代表:森拓郎代理) プログラム 15:45住宅床下環境における銅系接合具の木材防腐効果の検証試験 栗﨑 宏(富山県農林水産総合技術センター) 16:05 耐震シミュレーションソフト wallstat の共同利用について(概要) 中川 貴文(京都大学生存圈研究所) 16:10生物劣化を受けた既存住宅の wallstat を用いた耐震性能評価 井上 涼(広島大学大学院先進理工系科学研究科) 16:15 総括 畑 俊充(京都大学生存圏研究所) 内、海外機関に所属す 内、企業関係 合計 内、学生 る方 参加者数 生存研 10 他部局 学外 その他 特記事項

研究集会(共同利用·共同研究拠点)報告書

課題番号	R5-symposium-24
研究集会 タイトル	第520回生存圏シンポジウム 阿部賢太郎先生 追悼シンポジウム 「木材物性研究のこれから」
主催者	京都大学生存圈研究所
日時	令和5年5月10日(水)13:30-19:00
場所	京都大学宇治キャンパスきはだホール
関連ミッション 等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>
関連分野	製紙、化学、高分子、木材・木質材料、成形加工、食品、繊維、エレクトロニクス、 自動車、家電、住宅、流通に関わる分野
概要	阿部賢太郎准教授(ご専門:木材物性学・生物機能材料学)が、令和5年1月19日にご 逝去されたことを悼み、同氏の研究業績を振り返り、新たな生存圏科学の展開へと繋 げるための場とする。
目的と具体的な 内容	令和5年1月19日に逝去した阿部賢太郎准教授(生物機能材料学)を追悼する目的でシンポジウムを開催した。山本衛 京都大学生存圏研究所長のあいさつで始まり、生物機能材料分野 矢野浩之教授による業績紹介が行われた。引き続いて、山本浩之 名古屋大学大学院生命農学研究科教授、能木雅也 大阪大学産業科学研究所教授、伊福伸介 鳥取大学大学院工学研究科教授、上谷幸治郎 東京理科大学工学部講師、中坪文明 京都大学名誉教授による追悼講演が行われた。講演の合間には、海外の研究者、教え子からのビデオメッセージが紹介された。
<b>展や</b> 関連コミュ	阿部賢太郎准教授が取り組んできた研究テーマは、生存圏研究所が推進する5つのミッションの内、主としてミッション4:循環型資源・材料開発、ミッション5-2:脱化石資源社会の構築と関連が深い。故人の基礎的な研究を大切にしながら、本質を射貫く研究姿勢を偲び、大学関係者のみならず、多くの企業関係者も参加した。本研究集会が一つの契機となり、これまで培われてきた木材物性研究の知見が共有され、これを発展させた本質的なバイオマス研究が展開し、生存圏科学の可能性が広がることが期待される。
	13:30 開会挨拶・京都大学生存圏研究所所長 山本衛
	13:40 阿部賢太郎先生業績紹介・矢野浩之(京都大学生存圏研究所 教授)
	14:00 追悼講演・山本浩之(名古屋大学大学院生命農学研究科 教授)能木雅也 大阪大学産業科学研究所 教授
	休憩
	追悼ビデオメッセージ
プログラム	[追悼講演] 伊福伸介 鳥取大学大学院工学研究科 教授 上谷幸治郎 東京理科大学工学部 講師 中坪文明 京都大学名誉教授

	16:00 閉会挨拶								
	16:30より第二部「阿部先生の思い出を語る会」をナノコア前庭で開催。								
A Los de W		合計		内、海外機 関に所属す る方	内、企業関係				
参加者数	生存研	60	9		2				
	他部局	6							
	学外	71		2	29				
その他 特記事項									

# 研究集会(共同利用·共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -25
研究集会 タイトル	第521回生存圏シンポジウム 第7回 京都生体質量分析研究会国際シンポジウム ~質量分析が拓く持続可能社会 ~ 7th International Symposium of the Kyoto Biomolecular Mass Spectrometry Society
主催者	第7回京都生体質量分析研究会国際シンポジウム実行委員会 京都生体質量分析研究会
開催日	令和6年1月30日(火)
場所	京都大学宇治キャンパス おうばくプラザ
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御         2. 太陽エネルギー変換・高度利用         3. 宇宙生存環境       1, 2, 3, 4, 5         4. 循環材料・環境共生システム         5. 高品位生存圏
関連分野	生存圏未来開拓研究センター、バイオマス変換分野、森林圏遺伝子統御分野ほか
概要	第521回生存圏シンポジウム、第7回京都生体質量分析研究会国際シンポジウム,テーマ「質量分析が拓く持続可能社会」として、おうばくプラザにて開催しました。218名の参加者で、基調講演と招待講演は合わせて9件行われ、ランチョンセミナーは2件、ポスター発表は33件実施されました。企業スポンサーは18社、懇親会も開催されました。本シンポジウムを通じて質量分析分野と生存圏科学の発展に大きく貢献しました。
	特に、ポスターセッションではメインステージを利用したフラッシュトークを実施し、若手研究者の発表能力向上に寄与しました。さらに、若手研究者同士、研究者と企業技術者・開発者間の交流を促進することで、生体質量分析という進展著しい研究分野のさらなる振興につながりました。 このシンポジウムは、持続可能性への意識を高め、参加者に新たな知見とネットワークを提供する重要な場となりました。これは宇治キャンパスの特色を活かした議論の深化を示すものであり、今後の研究発展に大きな影響を与えることが期待されます。
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	第521回生存圏シンポジウム 第7回京都生体質量分析研究会国際シンポジウムは、「生存圏科学の発展や関連コミュニティの形成への貢献」という観点から見て、大きな成果を上げたと考えられる。このシンポジウムは「質量分析が拓く持続可能社会」というテーマを掲げ、218名の参加者を集め、海外からの基調講演を含め、多数の招待講演とポスターセッションを通じて、生存圏科学の最新の研究と知見を共有した。特に重要だったのは、若手研究者や学生が積極的に参加し、彼らの研究成果を発表する機会が多く設けられたことである。フラッシュトークを含むポスターセッションは、若手研究者が自らの研究を紹介し、フィードバックを受ける貴重な機会となった。これにより、若手研究者の育成と、彼らの研究能力の向上に寄与した。また、国内外の研究者、企業技術者・開発者との交流が促進され、生存圏科学の研究コミュニティの形成に貢献した。これらの交流は、新たな研究のコラボレーションやアイデア

の交換、そして持続可能な社会の実現に向けた実践的な取り組みへの契機となったと 考えられる。以上のように、生存圏科学の発展と関連コミュニティの形成に重要な役 割を果たし、参加者に新たな視点とネットワークを提供し、研究分野の進展と共に、 持続可能な社会への取り組みにおいても意義ある展開が期待される。

9:00- Reception / 受付

9:20-9:30 Opening Remarks / 開会挨拶

9:30-10:10 Keynote Lecture 1 / 基調講演 1

EASE-TOF and 2D TMD based LDI TOF studies for Disease Diagnosis and Therapeutic Drug Mo nitoring of Human Blood Samples

Tae Geol Lee (Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS))

10:10-10:45 Keynote Lecture 2 / 基調講演 2

Trends in metabolomics and its application to food analysis

Akira Oikawa (Graduate School of Agriculture, Kyoto University)

メタボロミクスの潮流と食品分析への応用

及川 彰(京都大学農学研究科)

10:45-11:05 Invited Lecture 1 / 招待講演 1

Amino acid catabolites in blood as markers of immune disorders

Yuki Sugiura (Graduate School of Medicine, Kyoto University)

免疫関連疾患のマーカーとしての血中アミノ酸異化物

杉浦 悠毅 (京都大学医学研究科)

11:05-11:30 Invited Lecture 2 / 招待講演 2

Identification of bioactive peptides from venomous animals utilizing mass spectrometry

Masahiro Miyashita (Graduate School of Agriculture, Kyoto University)

質量分析を駆使した有毒生物由来の生理活性ペプチドの同定

宮下 正弘 (京都大学農学研究科)

11:30-11:55 Invited Lecture 3 / 招待講演 3

Network-based Metabolomics Data Integration: Towards Comprehensive Integrative Reanalysis

Eisuke Hayakawa (CSRS, RIKEN)

ネットワークで繋がるメタボロミクスデータ:包括的な統合再解析に向けて早川 英介(理化学研究所環境資源科学研究センター)

11:55-13:20 Lunch Break / 昼休み

12:05-13:10 Luncheon Seminars and Organizers Meeting /ランチョンセミナーと世

A)Luncheon Seminar (Bruker Japan) / ランチョンセミナー(ブルカージャパン)

Bruker の革新的な質量分析ソリューションのご紹介

~高深度マルチオミクス解析から分子イメージング解析まで~

西田 富士雄、韮澤 崇 (ブルカージャパン株式会社)

プログラム

B)Luncheon Seminar (Shimadzuuncheon Seminar (Shimadzu)) / ランチョンセミナー (島津製作所)

新しいフラグメンテーション法OAD-QTOFを用いた脂質の詳細構造解析 髙橋 秀典 (株式会社島津製作所 分析計測事業部)

C)KBMSS Organizers' Meeting / KBMSS世話人会

13:20-14:10 1 min Poster Flash Talk / 1 min ポスターフラッシュトーク

14:10-15:40 Poster Viewing / ポスターセッション

15:40-16:10 Invited Lecture Invited Lecture 4/ 招待講演 4

Basics and applications of NMR hyphenated system

Kenichi Akagi (Institute for Protein Research, Osaka University)

LC-MS/NMRMS/NMR法の基礎と応用

赤木 謙一(大阪大学蛋白質研究所)

16:10-16:40 Invited Lecture 5 / 招待講演 5

Rhizosphere metabolome reveals novel functions of metabolites in plant-microbe interaction

Akifumi Sugiyama (RISH, Kyoto University)

根圏メタボローム解析による植物微生物相互作用に関わる代謝物の同定 杉山 暁史(京都大学生存圏研究所)

16:40-17:05 Invited Lecture 6 / 招待講演 6

Kendrick mass defect (KMD) analysis accelerates polymer characterization using high-resolution mass spectrometry

Kiyoka Nakamura (Advanced National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

Kendrick mass defect (KMD)解析が加速する高分解能質量分析法を用いたポリマー材 料のキャラクタリゼーション

中村 清香 (産業技術総合研究所)

17:05-17:45 Distinguished Invited Lecture/特別招待講演 Lignin quantification and structural fingerprinting by pyrolysis-GC-MS Gijs van Erven, PhD (Wageningen University)

17:50-17:55 Closing Remarks / 開会挨拶

18:00-20:00 Mixer / Mixer / 懇親会

参加者数		合計	内、学生	内、海外機関 に所属する方	内、企業関係
	生存研	21	11	4	
	他部局	83	30	8	
	学外	114	20	8	70
	関連して、翌31日に海外からの招	7待講演者による	RISH 国際セ	こミナーを開作	崔した。
マの仙					

その他 特記事項

# 研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -26					
研究集会 タイトル	第522回生存圏シンポジウム 木材の構造-物性相関の深化 Deepen and expand the wood structure-properties relationship					
主催者	今井友也(京都大学生存圈研究所)					
開催日	令和5年10月5日					
場所	京都大学生存圏研究所木質ホール					
関連ミッション等	<ol> <li>環境診断・循環機能制御</li> <li>太陽エネルギー変換・高度利用</li> <li>宇宙生存環境</li> <li>循環材料・環境共生システム</li> <li>高品位生存圏</li> </ol>					
関連分野	木質科学、高分子科学					
概要	木材の物性を構造ベースで理解するためには、その両者の相関を丁寧に見ることが必要である。そこで本シンポジウムでは、細胞壁のナノ構造の研究者と、木材物性の研究者にお越しいただき、国際シンポジウムを行った。					
目的と具体的な 内容	材料一般に、その性質はその構造に起因する。したがって物性の制御のためには材料構造の理解は必須である。木材の場合、その構造の階層性のために、どの階層の構造がどのような物性に影響を及ぼすのか、構造-物性の相関解析は複雑になりがちである。よって現状では、物性の観点から木材のナノ構造に関する理解は進んでいるものの、逆に構造から物性を裏付けることは限定的にしか達成されておらず、真の意味での構造-物性相関解析には至っていない。本シンポジウムでは、このような複雑な思考を必要とする木材の構造-物性相関解析を進めるために、生物素材の構造解析の専門家と、木材物性の研究者による講演会を企画した。					
生存圏科学の発 展や関連コミュ ニティの形成へ の貢献	木材の構造解析は古典的な研究であるが、未だ理解が十分に達したとは言えない。しかしこの20年の技術的進歩により、様々な解析を進めることが可能になってきた。特に小角散乱解析については、放射光施設や中性子実験施設の使いやすさの向上、フォトン計数型検出器の登場や、計算機の能力向上とpythonに代表されるスクリプト言語の発展により、一般ユーザーでも良質なデータの分析を容易に行えるようになってきた。このことは我々自身も強く感じている。本シンポジウムで講演をお願いしたPenttilä博士と西山博士はX線/中性子線散乱や物理化学的解析に長けた研究者であり、両博士の来日を機会として、木材の構造-物性相関解析という古典的問題の理解の刷新を期待できる。また本シンポジウムは、フランスおよびフィンランドの研究者と在日本の関連研究者の間のネットワークづくりへの貢献も期待される。特に生存圏研究所からも関連の研究者に出席を頂き、生存圏科学の観点からもコミュニティの形成に一定の効果があったのではないかと考えている。					

	13:30-14:45: Yoshiharu Nishiyama Work of swelling of wood and molecular origin			thermodynam	ics and			
	14:45-15:30: Paavo Penttilä (Aalto University, Finland) Moisture interactions of microfibril structures in wood studied with combined scattering and modelling							
プログラム	- Physical Properties / 物性 - 15:45-16:30: Soichi Tanaka (Kyoto University) Understanding of wood structure for controlling physical properties of new wood-based material							
	16:30-17:15: Hiroyuki Yamamoto (Nagoya University) The unique behavior of reaction wood is the key to understanding the structure-function relationship of wood							
		合計	内、学生	」、海外機関 内、 所属する方	企業関係			
参加者数	生存研	18	8	- 別属するカ				
	他部局 学外	6 15		5				
その他 特記事項								

# 研究集会(共同利用・共同研究)報告書

課題番号	R5-symposium -27					
研究集会 タイトル	第523回生存圏シンポジウム 第8回生存圏アジアリサーチノード国際シンポジウム The 8th Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science -jointly with - The 2nd International Conference on Environment and Sustainable Development					
主催者	京都大学生存圈研究所					
開催日	令和 5 年 10 月 29 日					
場所	ハサヌディン大学(インドネシア・マカッサル) (Zoom併用によるハイブリッド開催)					
関連ミッション等	1. 環境診断・循環機能制御 2. 太陽エネルギー変換・高度利用					
関連分野	全分野					
概要	今年度のARNシンポジウムは東南アジア地域、特にインドネシアにおける国際共同研究ネットワークをさらに強化するため、インドネシアHasanuddin UniversityとZoomのハイブリット形式で開催した。セッション1 (大気・エネルギー) とセッション2 (マテリアル・環境) に分かれ、「持続可能な生存圏」の構築に貢献する関連科学分野の最新科学技術について議論した。					
目的と具体的な 内容	第8回ARNシンポジウムを同テーマに沿って、インドネシアと我が国とが共通で取り組んでいる大気・エネルギーとマテリアル・環境を話題に併催することで、今後の共同研究体制の強化を図った。シンポジウムでは主として生存圏研究所やインドネシアの研究者が現地もしくはオンラインにより講演を行った。ASEANフォーラムおよびハサヌディン大学主催の国際・国内シンポジウムと同時開催することで、今後の更なるBRIN以外の海外研究機関との国際研究コミュニティーの拡大やARNの機能の拡大等が期待できる。					
展や関連コミュ ニティの形成へ	生存圏研究所は、2016年度に第5番目の生存圏ミッション「高品位生存圏」を新たに設定するとともに、生存圏科学に関する日・ASEANの連携強化を目指した「生存圏アジアリサーチノード(ARN)」の活動を開始して、生存圏科学の国際化と研究成果の社会還元に向けた活動を展開している。本シンポジウムでは、これらの活動の今後の展開に向けた構想の具体化、国際コミュニティーおよび国際連携チームの形成と、それを支える次世代若手人材育成への寄与が期待される。また、赤道大気レーダー等の大型設備、実験フィールド、ARN共同ラボを活用した国際共同研究の拡大や、国内外の研究機関とARNの連携強化、本研究所のハブ機能の強化につながると期待される。					
	08:30-09:10/09:30-10:10 Greetings & Openning Speech <chair> Dr. Noersomadi (Research Center for Climate and Atmosphere, BRIN)  08:30-08:50/09:30-09:50 Greeting &amp; Openning Speech 1 Research Collaboration of Biomass and Bioproducts in IndonesiaDr. Akbar Hanif Dawam Abdullah (Director of Research Center for Biomass and Bioproducts, BRIN)  08:50-09:10/09:50-10:10 Openning Speech 2 Collaborative research on the equatorial atmosphere over Indonesia Achievements and future project Prof. Mamoru Yamamoto (Director of RISH, Kyoto University)</chair>					

プログラム	09:10-09:15/10:10-10:15 Photo Secular	con 1 (Atm Climate and Atm I Seasonal v concentrations in Iki Itoh(RISH, Understanding Ity in West S Te, BRIN) dLand - sea propagations IR) observation IN O	ariations in lakes an Kyoto Unive g Orography umatraDr.  contrast over Sumat as Prof. Ma ences, Univ  ls, Enviro lied Zoolog methods f Wakako ( enges and F Indonesia ssing Labo he Viabili Surya Kush nization fo	and its of d ponds from the project of diurns and the project of t	controlling om tropical action and di (Research nal cycle e need for artment of dalas)  Chair Dr.  eatment by SH, Kyoto pectives on cizal Muin Universitas  tric Acidarch Center iences and (Hasanuddin
参加者数	生存研 他部局 学外	合計 16 1 63	内、学生 2	内、海外機関 に所属する方 - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	内、企業関係 ————————————————————————————————————
その他 特記事項		_			

## 生存圏未来開拓研究センターについて

# 桑島 修一郎 京都大学 生存圏研究所 生存圏未来開拓研究センター

#### 1. 概要

京都大学生存圏研究所では、生存圏学際萌芽研究センターを中心とする活動体制から、新興領域・融合領域・学際領域の開拓および産官学共同研究の強化を目的として、2022年4月より生存圏未来開拓研究センターに移行した。共同利用・共同研究拠点における学際性や萌芽性を活かした新分野開拓を行うとともに拠点の運営体制を効率化することを目指している。中核研究部の中堅・若手専任教員がセンターに移籍し、スモールアイランド型研究ユニットを主導することにより、研究所の既定路線に捉われない新領域探究に注力する環境を構築する。2022年11月に研究所の研究領域外からセンター長を、2023年6月には民間企業とのクロスアポイントメントにより副センター長をそれぞれ配置している(図1)。

#### 2. 活動内容

を担う

研究ユニットは3年間で新陳代謝を図りながら、既存研究ユニットは中核研究部に帰還し本格的な研究展開を行うとともに、新規研究ユニットが継続的に新領域を探索するという、持続的なエンジン機能を持たせている。現在、4つの研究ユニットが学問分野間の「相互作用」の観点から、独自のアプローチで新たな学際分野の探索中である(図2)。また、中核研究部との相互作用を強化するために、2022年度に引き続き、センターが主導するかたちで双方の中堅、若手教員による公開講座「サステナブルな未来を創る新しい材料のはなし」を継続中である。



図1 センターの役割

#### 木材科学文理融合ユニット

木への科学的アプローチにより人の営み (歴史・文化・観念)を描写する (木と時 間の相互作用)

⇒歴史学・文化人類学等の研究者を巻き込 んだ研究グループを作り、外部資金獲得に 向け準備中

#### 先端計測技術開発ユニット

キーテクノロジー(計測技術、微細気泡) を軸とした多分野の集積を制御する(多分 野間相互作用)

⇒震災の復興など難易度の高い社会課題の 解決に向けて、先進的に主観・客観統合的 アプローチを導入

#### 大気圏森林圏相互作用ユニット

大気圏と森林圏との研究分野間境界を精緻 に理解する (圏間相互作用)

⇒大気圏研究と植物遺伝学の融合により、 大気圏と森林圏の物質・エネルギー循環を 解明

### バイオマスプロダクトッ 産学共同研究ユニ

国の主要な政策にも設定されている木質バ イオマスの社会実装に向けた実効的な解を 提供する (産官学相互作用)

⇒**触媒化学、木材化学等の融合**による高付加価値物への変換研究。民間のスタート アップファンドの最終選考中、起業に向け て加速

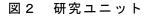












#### 3. 今後の方向性

欧州を中心に、確実に社会変革へとつながるイノベーション(トランスフォーマ ティブ・イノベーション)を実現するためのミッション志向型施策へのシフトが顕 著である。日本においても、第6期科学技術・イノベーション基本計画で「総合知」 といった新しい考え方が提案され、第7期ではさらに学際研究の必要性が再確認さ れることが予想される。これまでも学際教育研究の先進的な取り組みが提案及び実 行されてきたことは周知であるが、持続的な機能として確立する本格的な試みは緒 についたところである。生存圏研究所は設立以来、学際性を推進し国内外の科学技 術政策を先取りしてきたとともに、共同利用・共同研究拠点として研究所外の生存 圏科学コミュニティに対して学際研究を先導してきた実績を活かし以下の点を強 化する。

- ✓ 新分野開拓加速に向けたスモールアイランド型研究体制の強化
- ✔ 学際研究展開システムの構築に向けた方法論開発
- ✓ トランスフォーマティブ・イノベーションを見据えた柔軟なミッション設定 課題設定段階から多様なステークホルダーを取り込み社会との接点を設けてお くことにより、将来的に社会的訴求力を発揮し得る基礎・基盤研究環境の構築を目 指す。また、名目的な連携を超えた、共同事業創出等を可能とする実質的な学外連 携に向けて、大型産学連携のみならずスタートアップを中心とした連携も模索する。

以上

## 複眼的にみつめる 人と木の軌跡

## ~ ネガティブ・ケイパビリティの視座で~

# 田鶴 寿弥子 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究の背景と目的

日本は、長い間にわたり海外からの影響や文化から強く影響をうけつつ、取捨選択を行い、独自の美意識・精神文化を構築してきたといえよう。自然を神聖視し、巨木や巨山などに神の姿を重ねた日本人にとって、特に樹木・木材は利便性に加えて信仰の観点からも最も重要な自然の一つであったことは容易に想像ができ、豊かな精神世界、文化構築においてなくてはならないものであったといえる。もちろん、科学技術が発達し、高度な社会・文明を享受している我々現代人にとって、目に見えない神や仏、それに伴う信仰・自然観に変化が認められることは明らかであろう。しかしながら、ふと立ち止まって現代の日本文化を見つめたとき、目に見えない神や仏への信仰や自然をめぐる世界観は消えさってはいないことに気づかされる。正月に神社へ詣で、子供の健やかな成長を七五三で願い、巨木を前に静かにこうべを垂れる。やや儀式化されたものも多いとは言え、習俗・文化の端々に、日本人の心の奥底に秘められた神・自然への畏怖や感謝が今も残されているように感じる。

このような独特の展開をみせてきた日本文化において、木は樹種や大きさ、祟りに至るまで、さまざまな観点から、人々と強くつながりを持っていたことが示唆されており、例えば考古学、美術史、建築史、民俗学など多岐にわたる分野で研究が行われてきた。しかし、それらは個々の学問領域内でのみ解釈が行われることが少なくなく、例えば時代ごとにどのような樹種が好まれ、文化の中で大きな意味を持ったのか、というやや大きなスケールかつ答えが一つに集約しにくい研究事例は散見されるにすぎない。例えば平安から鎌倉時代は日本文化が大きく和様化した時期であるが、この時期、神仏習合や気候変動などもあり、日本人と木との関係には何らかの変化が起きたことが想像される。広視野で見つめる総合知研究の遂行が課題と考えてきた。

#### 2. 現在すすめている研究

現在進めている研究の一つに、木彫像の樹種調査がある。日本では、東京国立博物館 や森林総合研究所などにより8世紀から10世紀頃に制作された一木彫像の多くに、カ ヤが使用されていることが明らかとされた。一方筆者らが注目している10世紀から13 世紀頃においては、これまでの調査で針葉樹に加えて広葉樹が使用されるケースも 徐々にふえること、また例えばモクレン属による神像群も見いだした。信仰の対象である木彫像用材の研究は古代の人と木との関係を紐解く上で、重要な知見になる。一方、このような文化財の科学調査にくわえて、和様化が進んだ当該時期に描かれたやまと絵や仏画、あるいは書籍の中でみずみずしく描かれた樹木は、おそらく当時の人々の樹木観の一端が映し出されているはずであり、こうした樹木と文化財用材などを包括的に見つめることで、これまで見えていなかった、当時の人々の樹木への向き合い方が見えてくるのではないかと期待される。現在、モクレン属を中心に、やまと絵、書籍、仏画の中の樹木との関係を調査している。

#### 3. 今後の展開

人の心を支えてきた信仰、そしてそれらの世界観を表現するために制作された美術品や芸術品の中に込められた、日本人と木との向き合い方の軌跡を、今、見つめる時期に来ているように感じている。この軌跡は、決して一つの弧や線に集約することはないように考えられるが、ネガティブ・ケイパビリティという言葉で表現されることもある、不確かさや曖昧さを受け入れて性急に答えを急がない能力でもって、過去の人々と自然との関係に寄り添い、声を聴き続ける研究を行うことこそ、人と木とのあゆみを理解するために必要なアプローチの一つとなるように思われる。

日本人の文化や人々の想念、礼節、それらに強く影響を及ぼしたはずの日本人の自然との向き合う姿を見つめなおし、未来へとつなげて行けたなら、高度な科学技術社会に生きる中でも、精神的貧困とは縁遠い豊かな心や文化を維持できると感じている。過去の木や文化財をみつめ、そこにみえる古代人の心によりそい、その心を未来へとつないでいく、そのような温故知新型の研究を続けていきたい。

#### 4. 成果

#### 著書

田鶴寿弥子、ひとかけらの木片が教えてくれること 木材×科学×歴史、淡交社、232 頁、2022 年出版(2023 年重版)

#### 論文

松本康隆,中山利恵,田鶴寿弥子,笛吹嘉一郎による伊賀上野愛染院芭蕉翁故郷塚「瓢竹庵」の調査研究(その1)日本建築学会計画系論文集 巻 88 号 807, 2023 濱田恒志,田鶴寿弥子,島根県内に所在する木彫仏像・神像の樹種調査,古代文化研究,2023.

#### 招待講演

Suyako Tazuru, The Relationship between Wood & People as Seen through Wood Materials Used in the Tea Ceremony Room, 2023 International Conference on Chanoyu and Tea Culture: The 9th Ocha Zanmai, July 15, 2023.

## 大気圏森林圏相互作用ユニット

# 高橋 けんし, 杉山 暁史 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究概要

地球の大気圏と森林圏の相互作用を理解するとともに、その機能の有効な活用方法を探索することは、持続可能な社会の構築を目指すうえで、非常に重要な視点である。植物が光合成により大気中の二酸化炭素を固定し、酸素を放出することや、微生物が窒素固定により大気中の窒素を生物が利用できる形態に変換することは、大気圏・森林圏の相互作用の代表例である。植物や微生物の機能は、人類の長い歴史を支えてきたと言えよう。本ユニットでは、温室効果気体の収支や揮発性有機化合物を介した物質変動の研究や、大気圏・森林圏の相互作用に寄与する植物や微生物の機能に関する研究を推進している。大気や植物、土壌といった個別のコンパートメントでの研究成果を、生存圏の物質変動・物質循環という視点に広げて捉え、持続可能な社会としてあるべき姿における大気圏・森林圏の相互作用の基本的構造と機能を理解することを目指す。本ユニットはまた、ミッション1「環境診断・循環機能制御」の活動とも密接に関連している。

#### 2. 研究成果

生存圏研究所の共同利用研究集会として第 507 回生存圏シンポジウム「土壌・植物・大気を跨ぐ物質の循環と機能に関するワークショップ」を開催した。個別の所属学会ではなかなか出会う機会のない「大気」「森林」「土壌微生物」の研究者が一堂に会し、幅広く分野横断の議論と情報交換を行うことにより、各々の領域での先端知を"生存圏の物質循環"という俯瞰的視点からシームレスにとらえることを目指し議論した(https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/events/symposium-0507/)。微生物活動を含む根圏・土壌圏の理解をグローバルな気候変動に結び付けることの重要性は、海外ではすでに認識されており、例えば、American Geophysical Union と American Society for Microbiology による連携プログラムが始まっている。本ワークショップでも、新たな視点から研究課題を掘り下げていくことにより、生存圏における物質循環の今後の研究課題が明確になった。実際に、ワークショップがきっかけとなり新たな共同研究が立ち上がろうとしている。このようにワークショップから、ユニークな切り口やベクトルを持った新しい生存圏科学の研究課題の萌芽が期待される。今後もこうした活動を通じて、生存圏研究所のアクティビティーを学内外へ広く知って頂くことにより、生存圏科学のコミュニティー拡大を目指したいと考えている。

第	507	回	生 2	存圏	シ	ン	ポ	ジ	ウ	40	) ブ	口,	グラ	1

13:00-13:10	はじめに
13.00-13.10	高橋 けんし(京都大学生存圏研究所)
13:10-13:35	ケイ素に着目して土壌ー樹木ー大気をつなぐ
13.10-13.33	中村 亮介(京都大学アジア・アフリカ地域研究研究科)
13:35-14:00	植物が大気に放出するVOCの特徴と種間差
13.35-14.00	斉藤 拓也(国立環境研究所)
14:00-14:25	土壌から出る温室効果ガスN2Oを削減する微生物の探索
14.00-14.23	大久保 智司(東北大学大学院生命科学研究科)
14:25-14:50	大気-森林-土壌の炭素循環から見た土壌微生物の代謝能
14.25-14.50	杉山 暁史 (京都大学生存圏研究所)
14:50-15:00	休憩
	シカによるササの消失は土壌生態系機能の劣化とブナ衰退を引き起こす:南九州ブナ林
15:00-15:25	にみる環境・土壌・樹木の関係性
	片山 歩美(九州大学農学研究院)
15:25-15:50	これまで見落とされていた東南アジア大陸域の火災排出量とその傾向
15.25-15.50	近藤 雅征(広島大学IDEC国際連携機構)
15:50-16:15	葉リターと細根リターの土壌における役どころ
15.50-10.15	谷川 東子(名古屋大学生命農学研究科)
16:15-16:40	湿地性樹木からメタンが出てくるナゾー土壌と植物と大気が全部関係していますー
10.15-10.40	高橋 けんし(京都大学生存圏研究所)
16:40-17:00	総合討論

我々はまた、大気圏・森林圏の相互作用に密接に関係する植物と微生物の相互作用に着目した研究を進めている。これまでに、ダイズやトマト等の作物を用いて、根から分泌されるイソフラボン、サポニン等の植物特化代謝産物が根圏微生物叢の形成に働くことを見出し、これらの代謝物を介した相互作用が植物の生育に与える影響を圃場環境で解析してきた。本ユニットでは、対象とする植物特化代謝産物を揮発性化合物にも広げ、根から放出される揮発性化合物を採取・解析方法の確立と機能解析を行っている。環境ストレス条件下での揮発性成分を介した生物間コミュニケーションに関する研究を行った。

#### 3. 今後の展開

揮発性成分を介した生物間コミュニケーションに関する研究は国際共同研究として 実施中である。今後、双方の研究者の交流を通じで、生存圏の物質循環に関する研究を 国際的に展開したい。

#### 4. 成果発表

A. Sugiyama, "Metabolome analysis of tomato rhizosphere soil" International symposium on Microbial metabolites in deep sea and soil: collection, analysis and functions in biological interactions, 2023年6月4日. (招待講演)

## 先端計測技術開発ユニット

# 上田 義勝 京都大学 生存圏研究所

#### 1. ユニットの研究理念

未来開拓研究センター 先端計測技術開発ユニットでは、計測技術を基礎として様々な研究テーマを設定し、生存圏科学における環境や生態系への課題対応研究をすすめている。昨年度より開始したいくつかの研究テーマから、大目標として「環境と生態系の保全を目指した統合型計測システムの開発」を掲げ、学際・国際的な研究をすすめる。また、教育課題としてもセミナーやシンポジウム、また出前授業等を積極的に実施し、生存圏科学の定義づけや未来開拓のための研究課題を議論していく。

#### 2. 研究課題

本ユニットでの研究課題については、目的に合わせた先端計測技術の利用、もしくはその開発を行い、分野横断型の研究課題を設定しながら、研究をすすめている。これまでに生存圏科学共同研究やミッション研究から6課題を設定し、国内外の大学や企業と共同で研究をすすめている。個別の課題と、大目標との関係性を図に示す。特に個別課題では分野横断的な要素が多く、単体の専門分野ではすすめられない課題がほとんどである。そのため、個別の課題においては研究者や企業との連携が必須であり、それぞれ連携して研究をすすめている状況である。とくに環境や生態に関する課題が主になっているが、本ユニットでは各課題の中でも計測技術と計測結果の統計的な評価に着目して、課題解決のための議論をすすめつつある。

国際的な活動事例としては、微細気泡については現在 Fine Bubble として日本が主導し、国際標準化規格の設定が進められつつある。今年度より、上田はファインバブル産業会の一員として標準化会議に参加している。また、Nanobubble 2024 国際会議についても京都大学宇治キャンパスにて主催する予定であり、国際的な研究活動もますます活発に行う下地が出来つつある。

#### 3. 教育課題

ユニットとしては、研究課題を一般に公開し、より発展的な議論を進めるため、生存圏シンポジウムを毎年開催している。特に環境放射能に関する話題としては福島県での連携支援研究に関するシンポジウムをこれまで13回毎年開催しており、延べ人数としては816名の参加があった。2023年12月開催の第510回生存圏シンポジウムでは、環境放射能の石川県での簡易モニタリングポストについての講演と議論があったが、令和5年奥能登地震で実際に使用され、震災対応としてのその役割について、今後重



図 目指すべき目標設定と、個別研究課題との関係(参考までに、背景縁字は必要な研究 分野、黄字は必要な計測技術を抽出して表示している)

要な議論を継続していく必要がある。また、微細気泡や水中プラズマに関する生存圏シンポジウムも開催しており、課題解決のための議論をすすめつつある。

その他、授業や講演としては、京都大学国際高等教育院セミナー(ILAS セミナー)を超分野大喜利形式で実施した。2023 年度は「震災」をキーワードとして大喜利形式で議論を行い、実際に発生した震災にたいして、教員や学生の立場からどのような支援研究が行えるのかなどの議論を行い、その言語ネットワーク図を解析することで、具体的な支援研究をどう考えるのか、学生との積極的な議論を行う事が出来た。

その他、教育的な活動としては、微細気泡研究会(Fine Bubble Seminar)としてオンラインでの RISH セミナーを定期的に開催している他、小中高生向けの出前授業やスー

パーサイエンスハイスクール (SSH) 事業としての高校生の受け入れなども積極的に進めている。また、京都大学キッズコミュニティ (KuSuKu) が主導する学童保育所への講演にも参加し、本ユニットや生存圏研究所の活動をより幅広い年代層に伝える活動もすめている。

#### 4. 今後の展開

未来開拓研究センターとしては、生存圏科学の定義を再度見直し、生存圏研究所に所属する全員にとってわかりやすい生存圏科学を設定する事も非常に重要な課題であると考えている。本ユニットでの研究教育活動は、学際的な研究課題設定と、大喜利の実施経験での議論の経験としての下地がそろっており、今後所員一丸となって生存圏科学を理解できる基礎を議論の中で設定する事が出来れば良いとも考えている。

#### 5. 業績等

生存圏科学共同研究の成果報告書、およびユニット報告に記載

# サステナブルな循環社会を目指したバイオマスプロダクトツリー 研究

西村裕志、黒田慶子、斎藤香織、小林直子、橋爪知弘、渡辺隆司 京都大学 生存圏研究所 バイオマスプロダクトツリー産学共同研究ユニット

#### 1. 研究概要

森林から土壌、河川、海洋そして大気、宇宙へと広がる生存圏において、地球環境と調和した産業の構築が切実に求められている。バイオマスプロダクトツリー共同研究ユニットでは、その中心を担う植物バイオマスからプロダクトツリーを創る技術開発を行う。木質バイオマスを温和な条件で溶解し、新素材、機能性製品を創る研究や、分子変換による機能性化合物の創出、精密な分子構造解析やバイオテクノロジーによる変換などに取り組む。2050年のカーボンニュートラル実現による新産業創出と豊かな森の恵みによる農林水産業の活性化を通じた地域環境、地域経済への貢献を目指した研究開発を進める。幅広い産官学の連携と、オープンイノベーションによって、バイオマスに新しい付加価値を創り、持続的で豊かな社会の創成に貢献する研究を行う。

#### 2. 背景と目的

生存圏未来開拓研究センターのバイオマスプロダクトツリー産学共同研究ユニットは京都大学と株式会社ダイセルとの包括連携協定(2022年10月)のもと、共同研究拠点として京都大学宇治キャンパス内の化学研究所、エネルギー理工学研究所と協力して、学際的な研究領域の研究者が集い、産業界、地域社会と連携したハブ拠点形成を目的として設置、研究開発を推進している。

#### 3. 結果および考察

陸生バイオマスの大部分を占める木質系バイオマスから、高付加価値の有機素材を創出しつつ、バイオエネルギーを同時生産することでプロセス全体での経済性と低環境負荷を成立させることが重要である。リグニンは樹木をはじめとした維管束植物全般に存在する芳香族高分子であり、莫大な賦存量があるものの、利活用は限られている。木質バイオマスを丸ごと温和な条件下で溶解させる技術開発を行い、得られたリグノセルロースと生成物の分子構造解析を実施した。木質バイオマス試料として、針葉樹、広葉樹、草本系など多様な種類を供試した。試料は、有機酸をベースとした溶媒に温和な条件で溶解し、分析を行った。このプロセスは、木粉を α-ケト酸であるピルビン酸やグリオキシル酸、ギ酸などの有機酸で室温で変換する方法を開発した。おが屑や木材チップを 50℃までの穏和な条件で可溶化し、木材溶液からアクリル樹脂に匹敵する引張強度を持つ透明性のあるフィルムや、紙の風合いを持つ不透明なフィルムを作成した。ユーカリ (Eucalyptus globulus) 由来のプラスチック様フィルムの 2D HSQC および HMBC NMR 解析により、リグニンや糖鎖部分のホルミル化が明らかになった。ホルミル化によりセルロース、ヘミセルロース、リグニンの分子間及び分子内水素結合が切断され、植物細胞壁を固めるこれらの高分子ネットワークが弛緩したと考えら

れる。また、これらのフィルムを木材や金属、陶器、ガラス、プラスチックに熱圧することにより、新規な表面コート材料を作成できることを見出した。さらに、木材のギ酸可溶物からガラス繊維強化樹脂に匹敵する曲げ弾性率を持つ木質圧縮成形物を製造できることを明らかにした。図1に概要を示す。これらの木質新素材は、合成高分子や接着剤を一切使用せずに製造している点が特徴である。

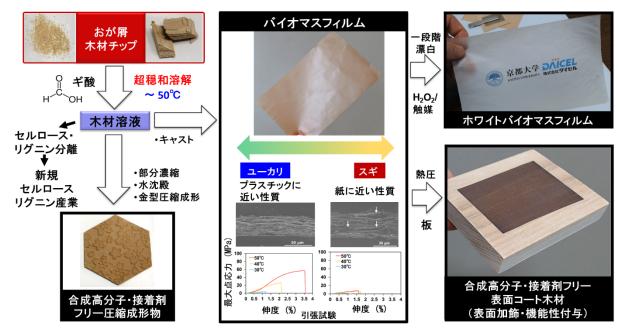


図 1. 木材の有機酸への超穏和溶解による高強度成形体、バイオマスフィルム、表面コート材の創製

#### 4. 今後の展開

オープンイノベーションによる産官学の連携を推進し、森林から里山、都市、産業に至る広範な領域を、木質バイオマスを中心とした資源を有用な化学品や高機能な材料に変換し持続可能な社会を目指す取り組みを進める。

#### 5. 付記

論文: Nishimura H., Watanabe T, Rapid Commun. Mass Spectrom. (2024) In press.

Phienluphon A et al., ACS Sustain. Chem. Eng. (2024) In press.

Phienluphon A et al., Sustain. Energy Fuels (2024) In press.

TEO K et al., J. Agric. Food Chem. (2024) In press.

TEO K et al., ACS Sustain. Chem. Eng. (2024) In press.

Phienluphon A et al., Int. J. Biol. Macromol. 253: 127188 (2023).

TEO K et al., Green Chemistry 25: 7682-7695 (2023).

Nishiwaki-Akine Y, Watanabe T, ACS Sustain. Chem. Eng. 11, 2050-2054(2023).

受賞:渡辺 隆司 他, 第22回市川賞、公益社団法人 日本木材加工技術協会(2023).

招待講演: 西村裕志, リグニン学会特別セミナー, 2024.3, 西村裕志, 紙パルプ技術協会, 2024.3. 他 5 件、その他著書 3 件、学会発表等 8 件

## 森林資源のサステナビリティ実現を目指す産学連携の構築と実践

## 京都大学生存圏研究所 生存圏未来開拓研究センター

#### 仲井一志

## 1. 産学連携で目指すもの

「産学連携」とは、企業(産)と大学(学)が共通の目的を持ち、互いの得意領域を以て社会にインパクトを与えながら社会の発展を導くものである。近年、サービス、顧客ニーズの多様化が爆発的に進んでおり、製品やサービスだけでの差別化は難しく、持続可能性(サステナビリティ)を含めた付加価値が重要になっている。企業の差別化のためには、研究・技術開発だけでなく、社会へのインパクトを兼ね備えた社会全体への総合的アプローチが求められるだろう。

異なる立場、使命を担う産学2者が共通の目的を持つためには、それぞれの立場での研究成果の捉え方の違いを理解する必要がある。企業は、研究成果に基づく技術を実用化し、顧客価値に繋げることが目的であり、研究成果が企業利益に繋がることを望んでいる。成果の多くは、ノウハウとして社内に蓄積され、製品やサービスの価値の一つになって社会に出ていく。大学は、真理の追究の結果が研究成果であり、本来は個人や企業体の利益の追求を目的としない。そのため、成果自体は「何の役に立つかわからない」ものであっても、学術的に有意であることが成果の価値である。これら双方の違いは、産学連携において最も重要なポイントである。

社会は、多くの専門分野やサービス等の集合体として機能しているので、社会にインパクトを与える(本質課題を解決する)ためには、企業、業界、学問、専門性といった個体の枠組み(領域)を超えたアプローチが必要である。大学で言えば、「学際性」が必要である。社会を複数の歯車の構成体と考え、歯車の一つ一つが専門性と考えるならば、歯車全体の動き方を時代の流れに沿って組み替えていく総合的アプローチ(学際性)こそ、社会にインパクトをもたらす原動力となるだろう。

領域を超えた総合的アプローチを進める際に、共同研究、産学連携が有効に機能する。特に、 大学のような企業利益、市場原理の外側にある存在は、企業にとって新領域への足掛かりとする のに好適である。企業では、コアビジネスを基軸とした新製品・サービスの開発が重視される。

そして、ノウハウの囲い込みによる自社での完結意識が強まる中、コアビジネスを超えた発想、展開は容易ではない。そこで、市場原理の外側にある大学がハブ、架け橋の役割を以て、社外の立場から自由なディスカッション、アイディアを共有し、基礎研究レベルでのエビデンスをとれる機能で他領域への展開を後押しする(図1)。企業として

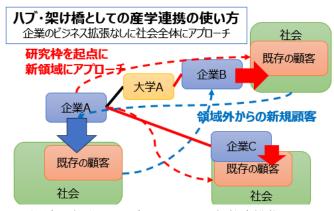


図 1 領域を超えたアプローチでの産学連携像

は、共同研究という枠を持つことで外部との繋がりができる。そして、大学がパートナーになることで、他業界と繋がりやすくなり、全く異なる領域・業界から新しい発想を見つける機会を得る。その結果、新たな連携が生まれ市場拡大にも繋がる。大学のメリットも大きく、ハブ、架け橋の機能を担うことでより専門性の高い研究を行うことができ、新たな学問領域との連携関係も生まれる。このような大学としての特性を上手く発現した連携関係こそ、企業や社会が望む「産学連携」のあるべき姿と認識する。

#### 2. 楽器から森・地球の課題への拡張

京都大学とヤマハ株式会社(静岡県浜松市)は、2018年に包括的研究連携協定を締結した(2021年にフェーズ 2 移行)。ヤマハのコアビジネスの一つである「楽器製造・販売」において、木材 (特に熱帯地域原産の希少木材種)は必要不可欠な原材料である。その木材を中心とした森林資源を持続的に使っていけるようにするために、木材の領域を超えて森林・社会の3つのアプローチで社会―自然生態系システムの構築・実現を目指している。言い換えれば、コアビジネスになくてはならない材料を、単に守るだけでなく「使うことを前提としたエコシステム」である。

この協定では、ヤマハは木材利用者としての役割を果たしながら、森林機能の回復・改善、生物多様性、そして原産地域での農業課題解決までをスコープに入れ、他社や研究機関との協業関係を拡張している。特に、京都大学とは共同研究の関係を活用して、ヤマハが展開するフィールドでの学術的な深堀やエビデンス、森林を切り口とした社会経済的なアプローチなどを担っている。現在は、タンザニア(リンディ州キルワ県)、北海道(北見市近郊)、およびインド(カルナタカ州)での活動フィールドを展開しており(図 2)、そのうちタンザニアのアフリカン・ブラッ

クウッド(2023 年 $\sim$ 2027 年)、北海道のアカエゾマツ (2020 年 $\sim$ 2024 年)、それぞれの持続可能な利用をテ ーマに共同研究を 2 件実施中である。

同時に、ヤマハでは基礎研究成果を生産技術に昇華 し、製品への搭載を進めるといった成果の社会実装が着 実に進んでいる。従来、木材利用者としての機能しか持 たなかったヤマハは、本協定締結をきっかけに森林保全 のドライバーとしての側面を持つことができ、森林から



図 2 ヤマハが展開する活動フィールド

サプライチェーンを通した総合的知見を集積するに至っている。

#### 3. 次年度以降の展開

森林は木材生産だけでなく、地域社会、炭素固定、生物多様性、食品生産、海洋保全など「森羅万象」の言葉の如く、地球上のすべてのものに繋がっている。そして、木材をより高付加価値で使おうとする楽器は、木材利用や森林経営の観点で欠かせないピースである。ヤマハと京都大学で構築している森林資源のサステナビリティを軸とした産学連携は、様々な領域への潜在的拡張性を持っており、大学の基礎研究と企業での実用化のラインが構築できている。この事例をより加速、最適化させ、新たな産学連携枠の創出や学問枠の構築など、大学らしい柔軟な発想での試みを続けていく予定である。

## ミッション推進委員会活動報告

# 篠原真毅 京都大学 生存圏研究所

## 1. 委員会組織

委員長:篠原 真毅(京都大学生存圈研究所) 委員:畑 俊充(京都大学生存圏研究所) 田中 聡一(京都大学生存圏研究所)

#### 2. 委員会概要

生存圏研究所では、「環境診断・循環機能制御」、「太陽エネルギー変換・高度利用」、「宇宙生存環境」、「循環材料・環境共生システム」、「高品位生存圏」の 5 つのミッションを設定し、研究成果の実装を含めた社会貢献をめざしている。平成 28 年度に新設したミッション 5 「高品位生存圏」は、社会とのつながりや国際化、物質・エネルギーの循環を、これまでよりも重視している。各ミッションの活動報告は本報告書の別ページを参照いただきたい。ミッション推進委員会はこれら 5 つのミッションの円滑な推進と情報発信を行うことを目的として活動している。研究所のミッションは 2004年の研究所発足より活動しており、3 期 18 年にわたり、発展しながら継続してきた。2022年度より大学中期計画第 4 期に入るに際し、ミッション研究の内容解析とコミュニティーの充実を行い、生存圏科学の可視化、情報発信を行っていく計画である(図 1)。

#### 3. 2023 年度の活動状況

ミッション推進委員会では上記のミッション研究の他、生存圏フラッグシップ共同研究、アジアリサーチノード共同ラボ(ARN)、オープンセミナーを所轄する。これまでそれぞれに予算措置を行い、研究やセミナーを実施してきた。2023 年度は昨年度に引き続き、ミッション 1-4 に各 50 万円、ミッション 5 に 100 万円の予算措置を行った。しかしこれは一昨年度に比べ約 88%減という厳しいものであり、残念ながらフラッグシップ共同研究や ARN への予算措置もできなかった。昨年度に比べると早期の予算措置は実現したものの、来年度は予算の増加を目指し、ミッション研究の活性化を目指す。

オープンセミナーは生存圏科学や圏間融合研究に重要な分野横断型セミナーであり、誰でも気軽に参加できるセミナーである。コロナ以後はオンラインで実施しており、2023年度もほぼ例年なみの14回開催し、延べ参加人数468名(1回平均33名)で盛況に開催された。オープンセミナーのうち、講演者の許可が取れたものはYouTubeで公開

し、生存圏研究所の広報、生存圏科学の発展に寄与している。現在 YouTube Channel 「京都大学生存圏研究所」でオープンセミナーの動画が 5 本公開されており、その他公開されている研究所の様々な動画と合わせ、この 1 年間で各動画は 400 回以上再生回数を上積みしている[1]。

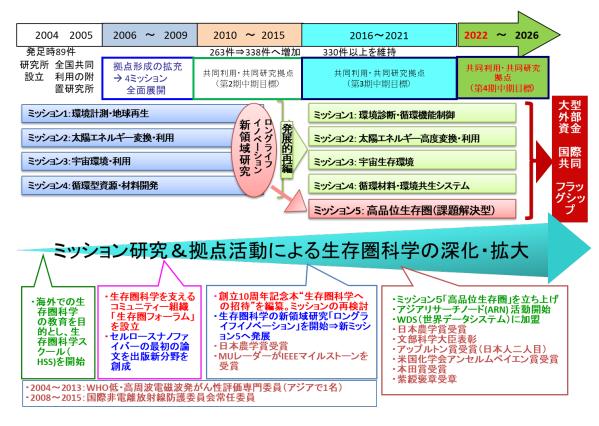


図1 生存圏科学の共同利用・共同研究拠点におけるミッション研究

#### 4. 引用文献

[1] YouTube Channel 京都大学 生存圈研究所 https://www.youtube.com/@user-tg5zp9kj8j/featured

## ミッション 1:「環境診断・循環機能制御」

# 橋口浩之、飛松裕基、杉山暁史 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究組織

代 表 者:橋口浩之、飛松裕基、杉山暁史

共同研究者:高橋けんし、Hubert Luce、馬場啓一、上田義勝、矢吹正教 他

#### 2. 研究概要

近年、化石資源ベースの経済活動を持続可能なバイオマス資源をベースとしたものに変えていこうとする「バイオエコノミー」という概念が世界的に広く用いられている。これは、バイオマスやバイオテクノロジーを使うかどうかは問題でなく、経済活動に地球規模の持続性や再生可能性の考えが盛り込まれているかどうかが要点である。2015年9月には、持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals, SDGs)が国連サミットで採択され、17の目標が設定された。さらに同年12月には欧州委員会が、生産と消費の在り方を根本的に変える経済モデルであるサーキュラーエコノミーパッケージを採択した。同じく2015年12月の第21回気候変動枠組み条約締約国会議(COP21)で気候変動抑制に関する多国間の国際的協定(パリ協定)が採択され、地球温暖化対策と経済成長の両立が一層強く求められるようになっている。これらを考慮し持続的生存基盤の構築を図ることが、まさしく生存圏科学の最大のミッションと言える。

ミッション1では、生存基盤科学の構築という大目標の達成に向け、バイオマス資源の持続的生産、大気環境計測及び再生可能性/多様性の項目にマッピングされる萌芽的・基盤的研究を推進している。特に、地球温暖化や極端気象現象の増加といった環境変動の将来予測に資するため、大型大気観測レーダー等を用いた精密測定により、現状の大気環境を診断する。また、生物圏から大気圏にわたる物質輸送・交換プロセスのメカニズムを解明し、資源・物質循環に関わる植物・微生物群の機能の解析と制御を通じて、化石資源によらない植物バイオマス資源・有用物質の継続的な生産利用

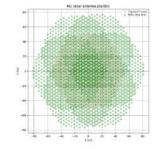
システムの構築を目指す。さらに扱う領域を土壌圏まで広げ、 物質循環の観点から生存圏全体を俯瞰する活動を進めている。

#### 3. 研究成果

#### 3.1 大気観測用 MIMO レーダーの開発

代表:橋口浩之

MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)レーダーは直交性のある複数の信号を 異なるアンテナから同時に送信し、複数のアンテナで受信する。図に示す

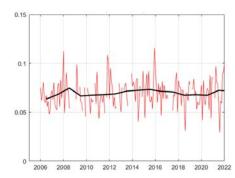


MU レーダーの物理アンテナ(赤)と MIMO 仮想アンテナ(緑)。

ように物理アンテナ(赤)を超える大開口の仮想アンテナ(緑)を得ることができ、アダプティブ合成により空間分解能を向上できる。MU レーダーにより月面反射エコーを用いた実証実験を行い、MIMO 技術による分解能向上を確認した。現在、対流圏観測への適用可能性について研究を進めている。

# 3.2 MU レーダーによる大気乱流の長期変動特性 代表: Hubert Luce

大気乱流は熱や物質の鉛直輸送に寄与し、航空機の安全運航にも影響を及ぼす。大気乱流はスケールが極めて小さいことから観測が難しい現象の一つであるが、大気レーダーは大気乱流からの散乱エコーを観測すること、時間・空間的に連続観測可能である点で、大気乱流の観測装置として優れている。MU レーダーで長期に渡って観測された乱流強度の年々変動特性を調べた。図は、航空機の

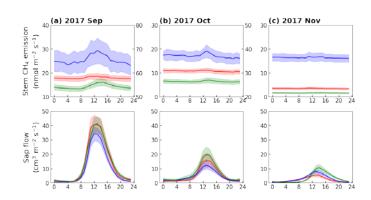


2006~2022 年に MU レーダーで観測 された乱流エネルギー消散率(EDR) の高度 6~11km 平均の年々変動

巡航高度付近の高度 6~11km の平均である。北大西洋上において、気候変動に伴い過去 40 年間で乱流強度が 40~170%増加しているとの報告があるが、日本上空においては顕著なトレンドは見られなかった。

## 3.3 大気微量成分を介した生物圏―大気圏相互作用

#### 代表:高橋けんし



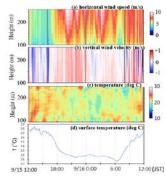
ハンノキの樹幹から放出されるメタンフラックスの 日周変動の解析事例(上図)と樹液流束(下図)との 比較。一日に 24 回の自動測定を行い、1 か月ごとの アンサンブル平均をプロットした。

た結果、ハンノキからのメタン放出には着葉期に限って、規則的な日周変動が出現することを見出した。また、変動の振幅が季節進行とともに変化することも分かってきた。

#### 3.4 気象ライダーの開発

#### 代表: 矢吹正教

深紫外光源を用いた気温・水蒸気量を同時に計測するライダーの社会実装に向けた取組を推進した。 2023 年度は、誤差要因となるアレイ型光電子増倍管のクロストークや同時計数損失による影響を低減する気温計測用ライダー光学系の最適化を行った。また、2022、2023 年の9月にラマンライダーとドップラーライダーの複合計測を実施し、接地境界層上端付近の大気構造を把握する観測を実施した。



ドップラーライダーとラマンライダーによる接地境界層上端付近の大気観測例(2022年9月15-16日):(a)水平風、(b)鉛直風、(c)気温、(d)地上気温

# 3.5 大気圏-森林圏-土壌圏の物質循環に関わる根圏微生物 代表:杉山暁史

トマト根から分泌される α - トマチンの根圏での機能解明を目指した。α - トマチンはスフィンゴモナス科スフィンゴビウム属の微生物を根圏で増加させ、根圏微生物叢を形成する。今年度は、ムライトセラミックチューブを用いて根圏環境を再現し、トマチンによるスフィンゴビウム属菌の誘引効果と根圏微生物叢形成を解析した。また、公共データベースに登録されている根圏マイクロバイオームデータを用いたメタ解析



圃場でのトマト栽培

を行い、トマトとスフィンゴビウム属の関係が広く保存されていることを明らかにした。スフィンゴビウム属細菌による植物生育への影響を解析中である。

# 3.6 地球外森林構築に向けた樹木の環境応答研究代表:馬場啓一

人類の長期宇宙滞在に資する地球外森林構築を視野に、さまざまな環境で生育させた樹木の基礎的知見を集積することを目的として、人工環境下で樹木を栽培し、その成長や形成される材の特徴、生理応答などを研究している。今年度は主にクリノスタットを用いた微小重力下での樹木の成長と木部形成について実験した。微小重力下では肥大成長量が地





微小重力下で成長させたポプラ

上コントロールと比べて少なく、顕微鏡試料の染色性から木部にリグニンの沈着が少ないことが示唆された。

# 3.7 福島県での連携研究の変遷と歩行サーベイ位置捕捉技術の改良 代表:上田義勝

2011年に発生した東日本大震災により原発事故が発生し、10年以上が経過した今でも福島県周辺の環境放射能問題は継続している。我々はこの環境放射能解析のため、歩行サーベイ(KURAMA-II, Kyoto University RAdiation MApping system-II) による環境放射能のリアルタイム測定をこれまで行ってきた。また、福島県における連携支援のための研究について、学際的な研究者同士の交流と、一般向けのシンポジウム(生存圏シンポジウム)を震災当初から計 13回行い、連携のための継続研究のほか、今後の防災・減災に向けた新たな研究課題についても活発に議論してきている。ここ最近のシンポジウムでの議論の違いについて、キーワード解析した結果を図に示している。ま

た、昨年度より継続して開発を進めているカメラ撮像による位置捕捉技術の調査研究をすすめてきている。 今年度は、リアルタイム位置検出に向けた開発環境の整備もすすめている。



福島関連の生存圏シンポのキーワードの変遷 (2011 年度と 2022 年度の比較)

#### 4. 今後の展開

ミッション 1 が包含する研究領域は広く、個々の研究課題の内容は多岐にわたっている。今後も、新たな課題の解決に向けた新規萌芽研究課題の発掘を進めるとともに、本ミッションの研究で成果が蓄積してきた課題は、次のステージに進めるように展開する。

#### 5. 付記

- · 原著論文
- T. Matsuda and H. Hashiguchi, DDMA-MIMO Observations with the MU Radar: Validation by Measuring a Beam Broadening Effect, IEEE J-STARS, 16, 3083-3091, doi:10.1109/JSTARS.2023.3258139, 2023.
- K. Takamatsu, M. Toyofuku, F. Okutani, S. Yamazaki, M. Nakayasu, Y. Aoki, M. Kobayashi, K. Ifuku, K. Yazaki, and A. Sugiyama, α-Tomatine gradient across artificial roots recreates the recruitment of tomato root-associated Sphingobium Plant Direct 7: e550. doi: 10.1002/pld3.550, 2023.
- Y. Uchiho, K. Matsuki, E. Takeuchi, T. Hasegawa and M. Yabuki, Observation of Water Vapor Profiles by Raman Lidar with 266-nm Laser in Tokyo. In: Sullivan, J.T., *et al.* Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference, ILRC 2022, Springer Atmospheric Sciences, Springer, Cham, 373-378, doi:10.1007/978-3-031-37818-8\_49, 2023.
- M. Nakayasu, K. Takamatsu, K. Kanai, S. Masuda, S. Yamazaki, Y. Aoki, A. Shibata, W. Suda,

K. Shirasu, K. Yazaki, and A. Sugiyama, Tomato root-associated Sphingobium harbors genes for catabolizing toxic steroidal glycoalkaloids. Mbio. doi:10.1128/mbio.00599-23, 2023.

## • 書籍

高橋けんし (分担執筆),「根っこのふしぎな世界 第3巻-くらしと根っこはつながっている?-」, 文研出版, ISBN 978-4-580-82599-4

#### • 学会発表

- K. Takahashi, A. Sakabe, W. A. Azuma A., M. Itoh, T. Imai, Y. Matsumura, M. Tateishi, and Y. Kosugi, Seasonal and daily variation of methane emissions from the stem surfaces of Alnus japonica, JpGU2023 meeting, Makuhari Messe, May 25, 2023.
- 松田知也・西村耕司・橋口浩之, MU レーダーを用いた DDMA MIMO レーダー検証 月面反射エコーを用いた Capon 法との組み合わせ 実験-, 日本気象学会 2023 年度春季大会, オンライン・東京, 2023 年 5 月 16-20 日.
- 松木一人,内保裕一,竹内栄治,長谷川壽一,矢吹正教,清水慎吾,白石浩一,吉田智, 酒井哲,ソーラーブラインド領域のレーザを用いた水蒸気/気温ラマンライダーによ る連続測定,日本気象学会 2023 年度春季大会,オンライン・東京,2023 年 5 月 16-20 日.
- 矢吹正教,三浦和彦,久世宏明,松木一人,内保裕一,竹内栄治,長谷川壽一,紫外ライダーによる地表面に近い大気の気象・環境観測,日本地球惑星科学連合 2023 年大会,オンライン・幕張,2023 年 5 月 21-26 日.
- Akifumi Sugiyama, Metabolome analysis of tomato rhizosphere soil, International symposium on Microbial metabolites in deep sea and soil: collection, analysis and functions in biological interactions, June 4, 2023. (招待講演)
- 矢吹正教,松木一人,内保裕一,竹内栄治,長谷川壽一,気温計測精度向上のための回転ラマンライダー受光光学系の最適化,第 41 回レーザセンシングシンポジウム,つくば,2023 年 9 月 6-8 日.
- 松田知也・橋口浩之, MU レーダーを用いた DDMA-MIMO 観測実験:対流圏観測によるビーム幅検証, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- 内本遥・Hubert Luce・橋口浩之・山中大学, 1987~2022 年の MU レーダーデータ統計解析に関する初期結果, 第 17 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, オンライン, 2023 年 9 月 19-20 日.
- Y. Kurita, M. Kashima, K. Baba, K. Ishizaki, N. I. Kobayashi, K. Tanoi, T. Mimura, and A. J. Nagano, Leaf position and season-dependent changes in transcriptome analysis of field-grown poplar cuttings. Taiwan-Japan Plant Biology 2023, Taipei, October 13-16, 2023.
- 高橋けんし,湿地性樹木の樹幹からのメタン放出について-最近の動向および我々の

- 研究-, 第507回生存圏シンポジウム, 2023年11月16日.
- 杉山暁史,根から分泌されるトマチンの機能とトマト栽培への応用,近畿作物育種研究会シンポジウム,2023年12月9日.(招待講演)
- 上田義勝, 研究会とシンポジウムの 10 年間の講演の変遷, 福島県への支援取り組み及び放射線マッピング研究会 2023 (第 510 回生存圏シンポジウム), 2023 年 12 月 21 日.
- 馬場啓一, 井上純大, 海野大和, 土井隆雄, 苅谷健司, 3D クリノスタットを用いた微少重力下におけるポプラの成長と木部形成, 第74回日本木材学会大会, 京都, 2024年3月13-15日.
- 馬場啓一, 微小重力下での樹木育成 (宇宙で木材を得るために), 第 38 回木質の利用シンポジウム, 京都, 2024 年 3 月 19 日.

#### • 出前授業

- 高橋けんし,「大気の環境変動と森林の関わり」,兵庫県阪神シニアカレッジ,宝塚市, 2023年5月25日.
- 上田義勝,子どもの好奇心をくすぐる体験授業「出前・受入授業」,東日本大震災に関する研究 (島県での復興支援研究),京丹波町立瑞穂中学校(中学3年生 19人),京都府,2023年11月17日.
- 高橋けんし,「大気中のマイノリティーのおはなし」, 京都大学丸の内セミナー, 京都大学丸の内オフィス, 2023 年 12 月 1 日.

#### ・自ら企画した研究集会

- The 3rd online symposium of the Plant Microbiota Research Network (第 498 回生存圏シンポジウム), オンライン, 2023 年 8 月 25 日.
- 第510回生存圏シンポジウム 第3回 福島県への支援取り組み及び放射線マッピング 研究会 (第 13 回東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り組みについて), 2023年12月21-22日.

#### • 特許

第7381085 号 気象観測ライダー用受光系(長谷川壽一, 竹内栄治, 塚本誠, 矢吹正教), 2023 年 11 月.

## ミッション2:「太陽エネルギー変換・高度利用」

# 三谷友彦 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究組織

代表者氏名:三谷友彦(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:今井友也(京都大学 生存圈研究所)

渡辺隆司(京都大学 生存圈研究所) 篠原真毅(京都大学 生存圈研究所) 飛松裕基(京都大学 生存圈研究所) 畑 俊充(京都大学 生存圈研究所) 渡邊崇人(京都大学 生存圈研究所) 西村裕志(京都大学 生存圈研究所)

#### 2. ミッション概要

本ミッションは、図1に示すように太陽エネルギーを変換して高度利用するために、マイクロ波応用工学やバイオテクノロジー、化学反応などを活用して、太陽エネルギーを直接に電気・電波エネルギーや熱などに変換する研究を進め、さらに、光合成による炭素固定化物であるバイオマスを介して、高機能な物質・材料に変換して有効利用する研究にも取り組む。期間内においては、特に高機能物質への変換を重点化し、要素技術のみでなく全体システムへの展開を目指す。



図 1:ミッション 2 概要図

#### 3. 今年度の取り組み

昨年度から継続して、「太陽エネルギー変換・高度利用」に資する、基礎的あるいは 萌芽段階の研究課題の育成に主眼を置き、ミッション 2 活動の推進を図った。

主要テーマ① マイクロ波を利用した化学プロセスに関連する融合研究

・化学反応用マイクロ波加熱容器の研究開発

主要テーマ② :バイオマス生物変換に関連する研究

- ・セルロースと PET の比較研究
- ・細胞壁架橋構造抑制ゲノム編集イネのバイオマス分解特性

#### 4. 今年度の研究成果

1) 化学反応用マイクロ波加熱容器の研究開発

三谷友彦、鈴木健斗、高原麦、勝田慎平、篠原真毅(京大生存研)

昨年度に引き続き、電磁界結合と呼ばれる物理現象を利用した、マイクロ波加熱装置の設計開発を行った。今年度は、軌道角運動量(OAM: Orbital Angular Momentum)モードを利用した照射型マイクロ波加熱の基礎研究を実施し、OAMモードの時間的切り替えによって均一な平均電力密度面積が拡大することを示した。図2は、平均電力密度分布のシミュレーション結果の一例である。本研究成果は原著論文として発表した。また、同一装置内で2周波数帯でのマイクロ波加熱を実現するための基礎研究を行い、国際会議での発表において最優秀発表賞を受賞した。さらに、加熱領域の拡張を目指した0次モード共振器を利用した導波管内でのマイクロ波加熱装置を試作し、加熱範囲が一次元方向に伸長されることを実証した。

成果発表:論文発表1件

鈴木健斗,三谷友彦,篠原真毅,"マイクロ波加熱に向けた OAM モード切り替えによる 電力密度均一化手法",日本電磁波エネルギー応用学会論文誌,vol.7,pp.25-34,Dec. 2023.

受賞 1 件 Shimpei Katsuta: Young Researcher Best Presentation Award, "Feasibility Study on Dualband Electromagnetic Coupling-Type Microwave Heating Systems", Joint Workshop Thailand-Japan Microwave (TJMW) & Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT) 2023, Bangkok, Thailand, Dec. 13-15, 2023.

学会発表 5 件 (国際会議 3 件、国内 2 件)、セミナー講演 3 件

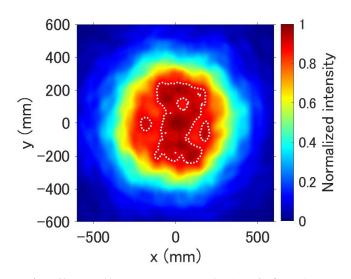


図2:OAMモードの時間的切り替えを用いた平均電力密度分布のシミュレーション結果。 コンター図は最大値で規格化しており、白点線は最大値の90%の等値線である。

#### 2) セルロースと PET の比較研究

田所大輔 1、今井友也 1

#### (1:京都大学生存圈研究所)

ポリプロピレンやポリエチレンテレフタラート (PET) などの合成高分子の難分解性は、マイクロプラスチックや海洋プラスチック問題の本質的な原因となっている。これら汎用高分子の分解性は、持続可能な高分子利用にとって大変重要な観点だが、近年、PET を加水分解する酵素 (PETase) が発見され、その PET 廃棄物処理への応用研究が盛り上がってきている。しかしその実用化のためには、分解効率のさらなる向上が求められている。

本研究では、PET 廃棄物処理法として PETase を利用するシステムの実用化を目指して、PET と同様の固体高分子であるセルロースの生分解システムを参考にして研究を進める。生存圏研究所マテリアルバイオロジー分野研究室では、セルラーゼやキチナーゼによりセルロースやキチンの高分子固体構造が崩壊する過程について研究を進めてきた実績があり[1-5]、「セルロースと PET」、「セルラーゼと PETase」の比較により、本質的な研究を進める。

今年度は実験基盤として用いる PETase (既報の改良型 PETase である「FAST PETase」 [6]) の大腸菌発現系の構築を行ない、得られた組換え体タンパク質の PET 分解活性の確認を行った。今後、分解を受けた PET の構造解析を進め、PETase の分解機序の解明と、それを踏まえて PETase の改変を行う予定である。

PDB ID: 4hg6

PET の循環型材料

PET の循環型材料化

PDB ID: 4hg6

PDB ID: 4hg6

#### 成果発表: なし(来年度に1件学会発表予定あり)

図3 セルロースからまなぶ PET の循環型材料化

- 1. T. Imai, et al. FEBS Lett (1998), 432, 113-116
- 2. T. Imai, et al. FEBS Lett (2002), 510, 201-205
- 3. Y. Horikawa, et al. Polymer Degradation and Stability (2013), 98, 2351-2356
- 4. Y. Horikawa, et al. Cellulose (2017), 24, 1-9
- 5. P. A. Penttilä, et al. Carbohydrate Polymers (2018), 190, 95-102
- 6. H. Lu, et al. Nature (2022), 604, 662-667

## 3) 細胞壁架橋構造抑制ゲノム編集イネのバイオマス分解特性

山本 千莉 1、Ji Pingping1、Laura E. Bartley1,2、梅澤俊明 1、飛松 裕基 1

(1 京大生存研、2 ワシントン州立大学)

イネ科植物の細胞壁を構成するリグノセルロースはフェルラ酸(FA)を介して高度に架橋されている。このような FA を介した架橋構造の形成はリグノセルロースの酵素反応や化学反応に対する抵抗性を高めるため、草本系 (イネ科) バイオマス利用の重要な阻害要因であると考えられている。当研究グループでは、イネの細胞壁架橋構造の形成に寄与する複数の FA 生合成遺伝子を同定し、それらのゲノム編集による機能破壊や遺伝子発現抑制によって、細胞壁架橋構造の形成が抑制された変異株や組換え株の作出に成功している。本研究では、これら細胞壁架橋構造抑制イネの性状評価を、特にバイオマス分解特性を中心に進めている。FA 生合成遺伝子をゲノム編集により破壊あるいは RNA 干渉により遺伝子発現抑制した細胞壁架橋構造抑制イネを大量栽培し、細胞壁の酵素糖化性を調べた。その結果、細胞壁架橋構造抑制イネの細胞壁は、アルカリ処理による前処理の有無に関わらず、野生型と比較して、高い酵素糖化性を示すこと

が分かった(図4)。現在、各種化学処理による細胞壁分解特性の解析を進めている。

成果発表: 学会発表3件(国内3件)

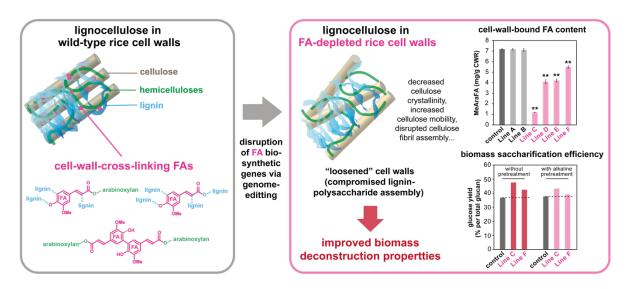


図 4:バイオマス分解特性を高めた細胞壁架橋構造抑制イネの作出

#### 5. まとめと今後の展開

ミッション2では、主に「マイクロ波を利用した化学プロセスに関連する融合研究」および「バイオマス生物変換に関連する研究」を軸とした基礎研究から応用研究までを幅広く実施し、ミッション2が着目する研究領域を多面的に捉えてミッション研究を推進した。太陽エネルギーの高度利用は、生存圏科学を醸成する上でも重要なミッションであるとともに、持続可能な開発目標(SDGs)においてもエネルギー、インフラ・産業・イノベーション、陸上資源等に貢献する。今後も、ミッション2で掲げた目標を複眼的に俯瞰的に捉えながら研究所内外の研究者間で議論を深める予定である。

## ミッション3:「宇宙生存環境」

# 小嶋浩嗣 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究組織

代表者:小嶋浩嗣(京都大学生存圈研究所)

参加研究者:海老原祐輔(京都大学生存圈研究所)

畑 俊充(京都大学 生存圈研究所)

栗田 怜(京都大学 生存圈研究所)

HSIEH, Yikai (京都大学 生存圈研究所)

#### 2. 研究概要

ミッション 3「宇宙生存環境」は、人工衛星、宇宙ステーション、ロケット、地上レーダー、計算機シミュレーションなどをもちいて、宇宙圏・大気圏の理解のための研究を深化・融合させ、生活圏や森林圏との連接性の解明に取り組む。さらに、太陽フレアを原因とする放射線帯や磁気嵐の変動などの理解を深めて、地球周辺の宇宙空間および月面上での人間活動に対する安全性を評価し対応策を提案できるようにする。気象・測位・通信衛星などの宇宙インフラの維持・発展にも貢献することで、宇宙環境の持続的な利用という社会的要請に応える。本ミッションでは、宇宙圏環境の理解と利用だけでなく、生存環境としての維持・改善、ひいては大気圏、森林圏、生活圏との連接性も重点化する。

#### 3. 研究の背景と目的

宇宙生存環境に関わる以下の項目の研究を遂行します。

- ▶ 宇宙環境下におけるダストの研究 (栗田、小嶋)
- ▶ 深内部磁気圏粒子環境変動に関する実証的研究(海老原)
- ▶ 原子酸素照射下における炭素化木質リグニンの電子顕微鏡学的解析(畑・小嶋)
- ➤ 斜め伝搬ホイッスラーモード波動による高エネルギー電子降下の効率について の研究(HSIEH, Yikai)

#### 4. 研究の結果および考察

#### 宇宙環境下におけるダストの研究

宇宙空間には 1mm 以下の粒径をもつダストが広く分布しており、今後、人類の活動が広がっていく月周辺にも存在している。月のダストの存在はアポロ計画の頃から知

られており、ダストによると思われる散乱光の観測や、ダスト粒子の検出器による直接観測により、月面のみならず、月上空に浮遊するダストの存在が示唆されている。ダストの存在は人類活動に影響を与えるため、その分布などの特徴を明らかにすることは重要な課題である。人工衛星にダストが衝突すると、電波観測に特徴的なノイズが混入する。現在提案されているノイズ生成モデルによれば、ダスト衝突に由来するノイズ信号は、生成されるプラズマの量に比例すると想像され、ダストの大きさや質量の情報を持っている可能性がある。本研究では、月の高度 100km 以上を周回し、電波観測を実施している ARTEMIS 衛星のデータを用いて、高高度における月由来のダストを調査している。現在、ダスト衝突によると思われるノイズ信号を数十例発見しており、月に由来するダストかどうか、また、衝突したダストの質量の情報を得るためのさらなる解析を進めている。

#### 深内部磁気圏粒子環境変動に関する実証的研究

内部磁気圏には様々なエネルギーを持つ電子が捕捉されている。深内部磁気圏では 100 keV から数 100 keV のエネルギーを持つ電子のフラックスに多数のピークが現れ、エネルギー対時間スペクトル上で縞模様に見えることからゼブラ構造と呼ばれている。ヴァン・アレン衛星が深内部磁気圏の L=1.5 で観測した電子のゼブラ構造を解析し、静穏時にはゼブラ構造は安定して存在し、磁気嵐がおこると急に乱れ、再構成することが明らかになった。電子フラックスのピーク間比と極域で人工衛星が観測した全沿磁力線電流 (FAC) との間には高い相関 (0.70) が認められた。グローバル磁気流体力学 (MHD) シミュレーションを実行し、全 FAC と夜間の西向き電場との間にはよい相関にあることを確かめた。この結果は、極域を流れる FAC が対流電場を介して深内部磁気

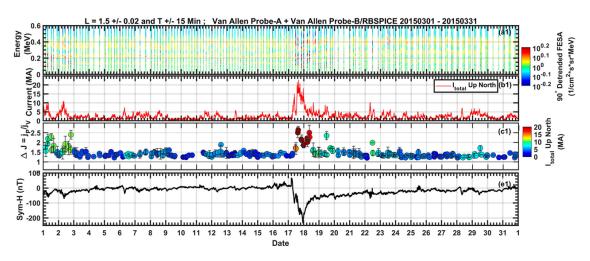


図 1:上から順に、観測された電子フラックスの変動量、極域を流れる沿磁力線電流の総量、電子フラックスのピーク間比 ( $\Delta$ j)、磁気嵐を表す Sym-H 指数 (Pandya et al., 2024 を改変)。

圏の粒子環境に影響を及ぼしていることを示唆しており、太陽風から深内部磁気圏へのエネルギーの流れの理解に寄与するものである。

Pandya, M., Y. Ebihara, T. Tanaka, J. Manweiler, and S. Vines, Intensification of the electron zebra stripes in the Earth's inner magnetosphere during geomagnetic storms, Geophysical Research Letters, 51, e2023GL107822, doi:10.1029/2023GL107822, 2023.

# 原子酸素照射下における炭素化木質リグニンの電子顕微鏡学的解析

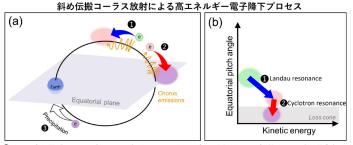
宇宙空間での木材の使用における課題、特に原子酸素 (A0) による侵食の影響に焦点を当てた。炭素化された木材は電気伝導性があり、真空中でガスを発生しないため、宇宙船の材料としての可能性がある。本研究では、針葉樹と広葉樹から得られた炭素化微細木材リグニン (MWL) に対する A0 照射の効果を調査した。炭素化リグニンは A0 に対する耐性に大きな影響を与えることが判明。特に、針葉樹由来の MWL は A0 照射により構造変化を受けやすいが、広葉樹由来の MWL は高い酸素含有機能基の濃度により耐性が高い。A0 照射は炭素骨格に変化を引き起こし、微細孔のサイズとピーク分布範囲に影響を与える。A0 に晒される環境用のリグニン由来炭素材料を製造する際に、樹種と炭素化条件を選択することが重要であることがわかった。

#### 引用文献

T. Hata, S. Honma, T. Kajimoto, K. Oshida, Y. Tobimatsu, M. Tagawa, H. Kojima, Subyakto, Microstructural changes in carbonized wood-lignin, a potential space material, in response to atomic oxygen irradiation, Biomass Conversion & Biorefinery, 2023

# <u>斜め伝搬ホイッスラーモード波動による高エネルギー</u>電子降下の効率についての研究

地球の周りに数百数百 keV から数十 MeV までの高エネルギー電子と数 GeV までの高エネルギーイオンで構成された放射線帯が存在している。これらの高エネルギー粒子の変動は人間の宇宙活動に重大な影響を及ぼす。地球放射線帯の近くでホイッスラーモード・コーラス放射と呼ばれる波動は、電子との波動粒子相互作用によって、高エネルギー電子加速や地球大気への電子降り込みに貢献し、放射線帯のダイナミクスにおいて重要な役割を果たしている。本研究は、計算機シミュレーションを用い、コーラス放射によって超高層大気へ降下する電子の軌道を再現し、コーラス放射の振幅および伝搬角に対する降下電子フラックスの依存性を明らかした。波の振幅に関しては、大きな振幅の波は、電子の加速と降下電子フラックスの増加を効率的に促進します。一方、コーラス放射の伝搬角については、斜め伝搬の場合の方が、平行伝搬の場合に比べて多くの MeV 電子を降下させることが判明し、斜め伝搬による多重共鳴に起因した二



- ●ランダウ共鳴による高ピッチ角電子のエネルギーが上昇し・赤道ピッチ角が減少する。②さらにサイクロトロン共鳴による電子のピッチ角が減少し、ロスコーンに入る。
- 3電子が地球の電離圏に降り込む。

図 2 斜め伝搬による多重共鳴に起因した二段階(非線形ランダウ共鳴と非線形サイクロトロン共鳴) ピッチ角散乱が引き起こす電子降下プロセス 段階のピッチ角散乱が引き起こす電子降下プロセスを提案した。これにより、非線形過程による電子の加速・散乱は、準線形過程の時間スケールよる過程の時間スケーととが検証され、放射線帯におけるなが検証され、放射線帯におけるが表がである。

# ミッション 4:「循環材料・環境共生システム」

環境共生とバイオマテリアルの利活用を両立させるために、循環型生物資源の中でも、特に木質資源の持続的利用の実現が重要である。このための具体策として、生物本来の構造や機能を理解し、それらを最大限に引き出す多彩な機能性材料の創製、木質材料等を用いた安全・安心な建築技術の開発に取り組む。さらには、資源の供給源である生態系と、これを消費する人間活動との調和と発展の実現にむけて、樹木、植物、昆虫、微生物の管理・利用法の研究も実施する。基礎・応用の両面から研究に取り組み、豊かな文化にもとづく環境未来型の生活圏の在るべき姿を模索することで、森林環境の安定と保全をはかり、生活環境のさらなる向上を実現することを目的としている。木質資源を基盤に、自然と共存を継承・継続する技術、材料を開発するなど「創造」を意識しつつ、それらの成果を産官学連携などによって社会へ展開することによりイノベーションを推進するミッションとして、今年度は下記5アーマを実施した。

## 4.1 木質材料をもちいた建築物の設計に資する部材・構造の挙動解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名: 五十田博(生存圈研究所 生活圈木質構造科学分野)

共同研究者: 中川貴文(生存圈研究所 生活圈木質構造科学分野)

森 拓郎 (広島大学大学院 工学研究科)

北守顕久(大阪産業大学 工学部)

荒木康弘 (国土交通省 国土技術政策総合研究所)

中島昌一(国立研究開発法人 建築研究所)

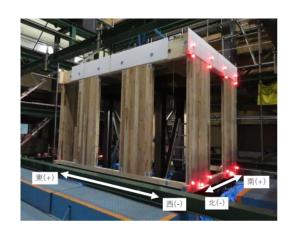
#### 2. 研究の背景と目的

木質材料は軽量の割には強く、優れた建築構造材料として利用されている。ここでは超高層を可能にする直交集成板と木材の特性を活かした構造について検討する。

直交集成板(以下、CLT)は高強度、高剛性を維持したまま、これまで構造材料としての利用価値の低い、比較的低質な材料を内部に用いることが可能であり、構造的な利点ばかりではなく、森林資源の有効活用法のひとつとしても期待されている。我が国では、近年、日本農林規格(JAS)の施行、建築基準関連告示の施行、設計・施工マニュアルの作成など枠組みが整備されてきている。ここで、構造設計法に関連する事項の技術的背景を研究的に整備し、さらに適用範囲の拡大をめざして実施する一連の研究の基礎研究である。

#### 3. 研究の結果および考察

本年度は林野庁補助事業プロジェクトに協力し、1層の住宅用の金物を用いた CLT パネル工法の試験体の振動台実験を実施した (図 1-1)。低層建築物に CLT パネルを耐力壁として用いた場合、鉛直荷重によるパネル自体の破壊は起こらず、ロッキング挙動が生じる。床等の脱落が生じないのであれば、倒壊の限界変形は壁幅程度となり、大地震による倒壊は起こりにくい。今回の実験では、地震動の入力方向の違い(1 方向と 2 方向)が建物の応答に及ぼす影響を確認した。また数値解析モデルに(図 1-2)より、試験体仕様の条件検討のための事前解析、メカニズム把握のための事後解析を実施した。



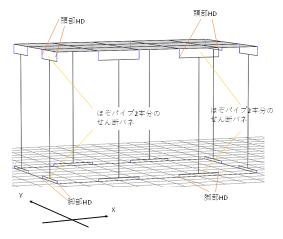


図 1-1:試験体図

図 1-2:数値解析モデル

#### 4. 今後の展開

CLT 建築物用の接合金物は従来の木造住宅用の接合金物よりも価格が高く、CLT 建築物の普及の阻害要因の一つとなっている。本実験により安価な住宅用金物による CLT パネル工法の実現が期待できる。今後は実験的検討を継続し、解析モデルによるパラメトリック・スタディにより研究を発展させ、本工法の構造設計法の確立に向けて検討を深める予定である。

#### 5. 付記

学会発表 1件

1) 百瀬奏、、中川貴文辻拓也、五十田博「1 層 CLT 耐力壁構造を対象とした 1 次元と 3 次元地震動応答のパラメトリックスタディ」日本木材学会大会,京都,2024年 3 月

# 4.2 小角 X 線散乱による木材の構造物性相関解析

#### 1. 研究組織

代表者氏名:今井友也(生存圏研究所 マテリアルバイオロジー分野)

共同研究者:岡久陽子(京都工芸繊維大学バイオベースマテリアル学専攻)

神代圭輔 (京都府立大学大学院生命環境科学研究科)

田中聡一(生存圈研究所 生物機能材料分野)

飛松裕基(生存圈研究所 森林圈代謝機能化学分野)

堀川祥生(東京農工大学大学院 農学研究院)

Paavo Penttilä (Aalto University, Finland)

#### 2. 研究の背景と目的

昨年度に続いての継続課題である。材料一般にその物性は構造により決まる。従って構造-機能相関解析は材料研究において極めて重要な位置を占める。木材の細胞壁ナノ構造は、結晶性を持つセルロースについては、その理解はある程度進んでいるが、マトリクスの構造やそのセルロースとの界面など、物性に大きな影響を及ぼすと考えられる構造的特徴について、その理解は十分とは言えない。

そこで構造解析手法としてその場測定が得意な小角 X 線散乱解析を用い、木材に各種揺動を加えつつその場測定を行い、構造解析を行った。また化学処理および生物学的に成分を変調させた植物細胞壁についても通常の小角 X 線散乱解析を行い、構造解析を行った。

# 3. 研究の結果および考察

今年度は、特に曲げ試験同時 SAXS 測定を重点的に行った。またすでに取得済みの温度・含水率変化や竹の成熟に伴う構造変化についてデータ分析を進めつつある。さらに今年度は、フィンランドのアールト大学から Paavo Penttila 博士、フランスのCERMAV から西山義春博士、名古屋大学から山本浩之教授を招いて国際シンポジウム「Deepen and expand the wood structure-properties relationship(木材の構造-物性相関の深化)」を 2023 年 10 月 5 日に開催し、木材の構造-物性相関に関する議論と、日本とヨーロッパの関連研究者のネットワーキングを行った。



#### 4. 今後の予定

すでに撮影した木材、竹材、イネなどの植物細胞壁試料や、脱成分した試料の小角 X 線散乱パターンのデータ解析を重点的に進めていく。また今年度来日した Penttilä 博士が、フィンランドアカデミーの研究グラントに採択され、木材の小角散乱データに基づく構造解析パイプラインの創設研究を 2024 年より行うことになった。本ミッション課題の参加研究者は、各自の小角 X 線散乱データおよびその測定試料に関する情報を Penttilä 博士に提供することで本研究グラントに協力予定であり、国際的にも連携して、小角散乱データ解析を物性に結び付ける研究を進めていく予定である。

#### 5. 付記

- 1) 原著論文 查読中1本、投稿準備中2本
- 2) 学会発表 3 件(日本農芸化学会中部・関西支部合同大会 1 件、第 74 回日本木材学会 年次大会 2 件)

# 4.3 樹木内部応力の理解とその応用

#### 1. 研究組織

代表者氏名:松尾美幸(生存圈研究所 循環材料創成分野)

共同研究者:梅村研二(生存圈研究所 循環材料創成分野)

山本浩之(名古屋大学 大学院生命農学研究科) 吉田正人(名古屋大学 大学院生命農学研究科) 津川 暁(秋田県立大学 システム科学技術学部)

張 景耀(京都大学 大学院工学研究科)

#### 2. 研究の背景と目的

樹木はその成長過程において、樹幹内に内部応力を発生させることで姿勢制御や外力からの樹体保護をおこなっている。この内部応力は残留応力と呼ばれ、樹木の生存戦略として重要である一方、製材時に木材の変形を引き起こして生産効率を下げることから、木材の有効利用を妨げる要因でもある。本課題では、特に製材変形が問題となり、かつ既往研究の少ない国産大径材丸太(直径 30 cm 以上)について、残留応力分布を把握するための大規模測定を進めている。これにより、学術的には樹木の残留応力発生メカニズム解明につなげるとともに、実用的には製材変形の予測や他の材質指標との関連解明を目指す。

これまでに、ケヤキには他の樹種で報告されたことのない特異な残留応力分布パターンが存在することが明らかになった 1)。ケヤキは、鉛直な幹でもあて材が散在することが経験的に知られており、成長過程における力学履歴と組織形成、そして特異な残留応力分布パターンが密接に関連すると考えられる。本年度はケヤキの特異な残留応力分布のより定量的な評価、ならびにその要因について樹形や樹木周辺環境の視点から調査した。

#### 3. 研究の結果および考察

ケヤキの特異な残留応力分布を定量化する方法について検討した(図 3-1)。また、樹形の 3D 情報化への試みおよび周辺地形の測量をおこない、定量化された残留応力分布の特異性との関連を調べた。樹形の 3D 情報化には、ドローンと LiDAR を用いた 3D 計測や、多量の写真からの 3D 像構築を試みたが、いずれも葉や周辺樹木がノイズとなり解析に十分な 3D 情報が得られなかった。そのため、写真から人力で樹形を描画し、簡易な指標に落とし込むこととした。その結果、枝が樹幹に対して大きく、また偏って生えている樹ほど、その樹幹の残留応力は乱れる(局所的に強い応力の発生するポイントが多数現れる)ことが明らかになった。

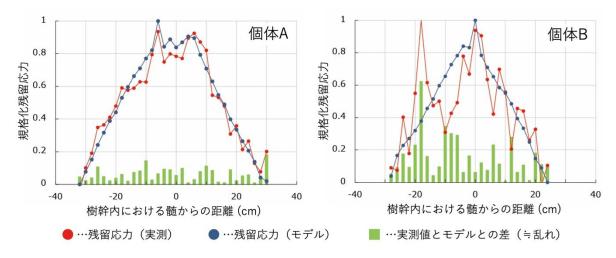


図 3-1:残留応力分布の乱れの可視化

#### 4. 今後の展開

今年度の成果を論文に取りまとめ中であり、国際誌に投稿予定である。また今後の展開として、樹木の組織構造や成長履歴の解析から、特異な残留応力分布の要因を明らかにしていく。

#### 5. 引用文献

1) Kameyama N, Matsuo-Ueda M, Chen S, Jiang Z, Ichiyanagi T, Yoshida M, Yamamoto H, Unique characteristics of residual stress distribution of large-diameter keyaki (*Zelkova serrata*) logs and examination of their measurement method, *Journal of Wood Science*, **69**, 16, 2023.

#### 6. 付記

学会発表 1件

1) 亀山直央, 吉田正人, 山本浩之, 松尾美幸「ケヤキ大径材に局所的に発生する応力の定量的評価」第74回日本木材学会大会(京都大会), 2024年3月13-15日

# 4.4 未来型資源循環システムの構築

#### 1. 研究組織

代表者氏名:大村和香子(生存圈研究所 居住圈環境共生分野)

共同研究者:畑 俊充 (生存圈研究所 居住圈環境共生分野)

共同研究者:岡村 慶 (高知大学海洋施設)

#### 2. 研究の背景と目的

本テーマでは安全で快適な人間の居住圏を創造し、維持し続けるため、木質資源を 適切に長く利用するための耐久性向上に関する研究や、新たな機能を有するバイオマ ス由来の素材開発等について取り組んでいる。

今年度は木材の海中用途を念頭において、海中で木材を食害する海虫類(海生二枚貝類のフナクイムシ(Teredo navalis)と甲殻類のキクイムシ(Limnoria lignorum)が代表種)の木材の嗜好性(抵抗性)に係る諸要因を明らかにすることを目的として実験を進めた。具体的にはスギ心・辺材における抵抗性及び幼生の木材への着生、木材への穿孔、材内での成長という各成長段階別の木材の劣化状況の定量的評価を検討した。定量的評価には(1)海中暴露後の試験体表面に存在する海虫の穿孔穴数(2)暴露後試験体のX線 CT スキャナ撮像画像から得た体積欠損率(%)(3) 暴露による試験体の質量減少率(%)を使用した。

#### 3. 研究の結果および考察

高知県宇佐市の宇佐湾(133°44'N,33°45'E)の水深 2m の箇所で最長 4 カ月の海洋暴露を行った(図 4-1)ところ、スギ辺材は、心材外層・内層よりも有意に穿孔穴数が多く、また約 3 ヶ月暴露時点で心材外層が辺材よりも質量減少率や体積欠損率が有意に小さかった。このことから心材成分が幼生の定着ならびにフナクイムシの初期の食害を阻害することが示唆された。しかし、4 ヶ月暴露後には質量減少率や体積欠損率の辺材、心材外層、心材内層における差が短縮されたことから、心材成分の溶脱やフナクイムシの成長に伴う心材成分の代謝などによる抵抗性の減少が示唆された。なお、穿孔穴数、質量減少率、体積欠損率に関する繊維方向での有意差は認められなかった。



図 4-1:海中暴露約 4 カ月後の試験体の状況

#### 4. 付記

学会発表 1件

1) 高橋空吾,大村和香子,岡村慶「海虫類に対するスギ材の部位別抵抗性と蝕害の定量 的評価の検討」日本木材学会大会,京都,2024年3月

# 4.5 セルロースナノファイバーによる銀ナノ粒子の担持に関する研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名:矢野浩之(生存圈研究所 生物機能材料分野) 共同研究者:田中聡一(生存圈研究所 生物機能材料分野)

#### 2. 研究の背景および目的

ナノ粒子は特異的な光学特性や電気特性を持ち 1)、多くの用途に利用されている。 一方で表面エネルギーが高いために凝集が起こりやすく分散が困難で、利用には分散 剤が必要となることが欠点である 2)。そこでセルロースナノファイバー(CNF)の表面 への銀ナノ粒子の担持について検討した。CNF は表面に多数の官能基が存在する化学修 飾性に富んだ高弾性のナノ繊維である。この特徴を活かして、CNF 表面のカルボキシ基 を足場に銀ナノ粒子を繊維上に満遍なく担持させることで、安定して分散した銀ナノ 粒子を得ることを目指した。本研究では図 5-1 の反応経路をベースに小さく均一な銀 ナノ粒子を担持した CNF(Ag-CNF)の作製条件について検討し、その形態的特徴を明ら かにした。

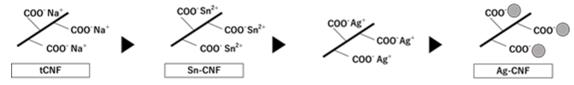


図 5-1: Ag-CNF 作製のための反応経路

#### 3. 研究の結果および考察

CNF にはカルボキシ基に  $Na^+$ がイオン結合した TEMPO 酸化 CNF(tCNF)を用い、2 段階に分けて Ag-CNF を作製した。まず、tCNF 水分散液に  $SnC1_2$  水溶液を滴下し、tCNF 表面の  $Na^+$ を  $Sn^{2+}$ に置換した。次に、Sn-CNF 分散液に反応試薬を加え、 $Sn^{2+}$ を Ag+に置換したのち、Sn-CNF 表面に銀鏡反応によって銀ナノ粒子を担持させた。得られた Sn-CNF と Ag-CNF について TEM 観察により形態を評価した。

Sn-CNF についてスズ粒子とネガティブ染色した CNF を観察した TEM 像を図 5-2 に示す。スズが CNF ネットワーク上に無数の小さな粒子として観察されたことから tCNF 表面に一様にスズが導入されたことが示された。Ag-CNF では、銀ナノ粒子銀ナノ粒子は、数珠上に連なって分布しており、そのネットワークは、Sn-CNF における CNF のネットワークと同様であった。このことから、銀ナノ粒子は CNF に沿って存在していると考えられる。

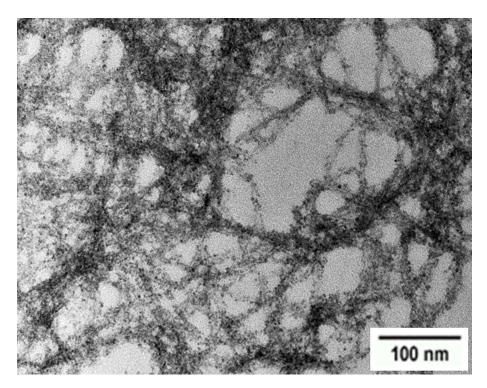


図 5-2: Sn-CNF の TEM 像

# 4. 今後の展開

今後は、Ag-CNF についてもネガティブ染色により、CNF と Ag 粒子の分布を同時に撮像すること、粒子の大きさ、頻度分布、および空間分布の数値化が課題である。また、Ag-CNF の光学特性や電気特性を調べ、新しい機能材料への展開についても検討を行う予定である。

# 5. 参考文献

- 1) Alshehri et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 2012, 4, 7007-7010
- 2) Ifuku et al., Biomacromolecules 2009, 10, 2714-2717

# 6.付記

学会発表1件

1) 篠崎美月、佐野博成、田中聡一、矢野浩之、「銀ナノ粒子を担持したセルロースナノファイバーの作製」、第74回日本木材学会大会、2024年3月

# ミッション5:「高品位生存圏」 5-1) **人の健康・環境調和**

#### 1. 研究組織

サブミッション代表者: 高橋けんし、杉山暁史

研究課題代表者:渡邊隆司、矢崎一史、杉山暁史、上田義勝、高橋けんし、矢吹正教

# 2. サブミッションの研究概要

本サブミッションでは、「生存圏の新領域開拓」で実施してきたテーマのうち「バイオマス由来の生体防御物質」「電磁場の生体影響」「大気質の安心・安全」に関係する研究を高品位生存圏の実現に向け発展的に継続し、人の健康ならびに環境との調和に資することを目的として研究を行ってきた。2020年度で「電磁場の生体影響」の研究を終了し、2021年度から新たに所内公募を経て「環境調和に向けた微細気泡水の利用」の課題に取り組んだ。

#### 3. 研究課題ごとの成果

# 3.1 バイオマス由来の生体防御物質

# 3.1.1 植物バイオマスからの生理活性物質の生産(代表:渡邊隆司)

#### 【研究概要】

本研究では、未利用バイオマスから薬効成分・生理活性物質を生産し、人の健康や安全な生活に貢献することを目的とする。本年度は、木質バイオマスを、マイクロ波ソルボリシス反応で分解し、分解物から抗新型コロナウイルス活性、抗薬剤・多剤耐性菌活性、免疫調節活性をもつ物質を分離し、その化学構造を解析した。

#### 【研究の背景と目的】

本研究では、未利用バイオマスから薬効成分・生理活性物質を生産し、人の健康や安全な生活に貢献することを目的とする。人為的に木質バイオマスを分解し、抗ウイルス活性物質、抗薬剤・多剤耐性菌活性物質、免疫調節物質を生産する条件を探索するとともに、活性物質を同定することに資り、健康で安全な生活に資

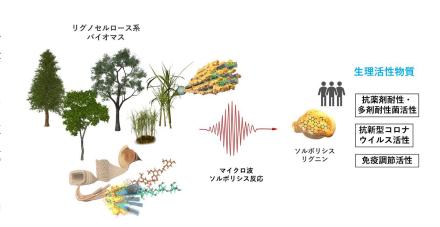


図1 バイオマスをマイクロ波反応で分解し、生理活性物質を生産

する未利用バイオマスの新しい有効利用法を開拓する。

#### 【研究の結果および考察】

木材のマイクロ波分解物から、抗新型コロナウイルス活性物質、抗薬剤・多剤耐性菌活性物質、免疫調節物質を生産する研究を、京都府立医大と連携して実施した。本年度、木材から分離したマイクロ波ソルボリシス分解物が、抗新型コロナウイルス活性、抗薬剤・多剤耐性菌活性、免疫調節活性をもち、構造解析により、ユニット間結合が開裂したソルボリシスリグニンであることを明らかにし、抗薬剤・多剤耐性菌活性をもつマイクロ波ソルボリシスリグニンの論文を発表した。さらに、サトウキビのマイクロ波グリセロリシスシスによる抗ウイルス物質とバイオエタノールの同時生産に関する論文を発表した。

#### 【成果発表】

#### 論文

- 1. Okabe, Y., Ohgitani, E., Mazda, O., T., Watanabe, T., Antimultidrug-resistant bacterial activity of microwave solvolysis lignin from woody biomass, *Industrial Crops & Products*, **206**, 117573 (2023).
- 2. Khattab, S. M. R., Okano, H., Kimura, C., Fujita, T., Watanabe, T., Efficient integrated production of bioethanol and antiviral glycerolysis lignin from sugarcane trash, *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, **16**, 1-15, (2023).

#### 学会発表,講演

- 1. Yumi Okabe, Eriko Ohgitani, Osam Mazda, and Takashi Watanabe, The bioactivities of microwave solvolysis lignin from woody biomass —anti-multidrug-resistant bacterial activity and anti-novel coronaviral activity, *The 14th International Symposium of Advanced Energy Science (Research Activities on Zero-Emission Energy Network)*, Kyoto, Japan, , Aug. 30-Sep.1st, 2023.
- 2. 岡部由美、扇谷えり子、松田修、渡辺隆司、木質バイオマス由来マイクロ波ソルボリシスリグニンの抗多剤耐性菌活性および抗新型コロナウイルス活性、第68回リグニン討論会、2023年11月9日~10日、長岡市
- 3. 岡部由美、扇谷えり子、山本健太、松田修、渡辺隆司、木質バイオマス由来リグニンの免疫 調節活性、木材学会大会、2024 年 3 月 13 日~15 日、京都市

### 【今後の展開】

スギ材やユーカリ材のバイオマスのマイクロ波分解物やミルドウッドリグニン、サルファイト リグニンの抗新型コロナウイルス活性、抗薬剤・多剤耐性菌活性、免疫調節活性を評価し、生理 活性物質を木質バイオマスから創出する研究を、京都府立医大と連携して実施している。木質バ イオマスから生理活性物質を生産する産学連携研究を発展させる。

【共同研究者】岡部由美、岡野啓志、Sadat M. R. Khattab、西村裕志(京大生存研)、應田涼太(北

大医学研究院)、呉成旭、藤田尚志(京大・ウイルス再生医科学研究所)、松田修、扇谷えり子、 山本健太(京都府立医大・医学研究科)

#### 3.1.2 生理活性物質の生産機構と生物工学(代表:矢崎一史)

#### 【研究概要】

脱化石資源社会における人間の健康維持や生活の質の維持向上にとって、植物の生産する多様な二次代謝産物は中心的な役割を果たすものとして大きな期待が寄せられている。特に、ヒトにとっての生理活性物質は、細胞膜を透過することが機能発揮に必須であるため、化合物の脂溶性が鍵である。そのため植物由来の脂溶性高付加価値化物の生合成酵素の探索と、その蓄積メカニズムの解明は重要な研究テーマである。研究に用いている種々の有用植物のうち、本年度は、メロテルペンのシコニン類やコーヒー酸4量体のリトスペルミン酸といった、ユニークな生理活性物質を生産する薬用植物ムラサキが絶滅危惧に瀕していることを鑑み、外来種のセイヨウムラサキとの交配のリスクや、国産ムラサキを定義できる遺伝子マーカーの必要性に関する提言を論文化した。

#### 【研究の背景と目的】

ムラサキは、推古天皇が推進した遣隋使の時代より、日本の政治や医療において重要な役割を 果たしてきた特別な植物である。飛鳥時代、聖徳太子の制定した冠位十二階の最上位(大徳)の 冠は濃い紫色を染めたのがこの植物の根「紫根」である。当時の朝廷が相当量の植物を「税」と して貢進させていたことも記録に残っており、江戸時代に至るまで、身分の高い官職や高僧のみ

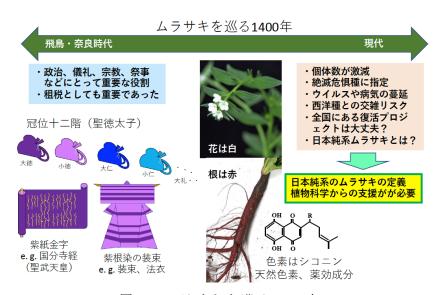


図 2 ムラサキを巡る 1400 年

来種のセイョウムラサキの野生化である、この西洋種はシコニン含量が低い一方で繁殖力が強く、 交配によりさらにムラサキを絶滅に追いやるリスクが指摘されている。今年度は、このリスクを 広く認識してもらう必要性を訴えた。

#### 【研究の結果および考察】

大宰府は九州一円から朝廷に貢進する物品を収集登録する役割を果たしていたため、輸送の際に積荷に付けられた木簡の情報から、どの地域からどのくらいの紫根が納められていたかなどの情報が取れる。これに関しては、九州歴史資料館の松川博一氏の「木簡研究」にまとめられているが、出土する付札木簡の大半がムラサキに関するものであることを論文にて紹介した。またムラサキは絶滅の危機にある背景の一方で人気も高く、全国にムラサキ復活プロジェクトが散見される。しかしそれら NPO 法人などが栽培しているムラサキの来歴がどこか、セイョウムラサキとの交雑種ではないか、などに関して実地で聞き取り調査を行い、情報を収集した。また、これを機に全国にわずかに残る野生ムラサキと、野生ムラサキをそのまま維持栽培しているグループから各地のムラサキを集め、それらのゲノム配列を収集する必要性を説いた。本論文は社会提言を主とした論文であり、次なるプロジェクト立案に向けた基盤情報に位置付けられるものと考える。

#### 【今後の展開】

ムラサキとセイョウムラサキのゲノムデータおよびトランスクリプトームデータを用いて、この両者を PCR で簡便に区別できるマーカー遺伝子の開発が必要である。また、数少ない野生ムラサキを含め、日本各地の来歴が明確なムラサキの栽培者を突き止め、その野生株からゲノム DNAを抽出して、シーケンス解析を行う必要性と、生育場所の座標データの収集する必要性がある。これに関しては今後の課題として推進していくことを考えている。

#### 【成果発表】

- Oshikiri, H., Li, H., Yamamoto, H., Yazaki, K., Takanashim K., Comparative analysis of shikonin and alkannin acyltransferases reveals their functional conservation in Boraginaceae, Plant Cell Physiol., in press (doi: 10.1093/pcp/pcad158).
- 2. Ito, E., Munakata, R., Yazaki, K., Gromwell, a purple link between traditional Japanese culture and plant science, Plant Cell Physiol., 64 (6), 567-570 (2023) (10.1093/pcp/pcad038).

#### 【共同研究者】

杉山暁史(京都大学 生存圏研究所)、棟方涼介(京都大学 生存圏研究所)、伊藤瑛海(お茶の水大学)、高梨功次郎(信州大学)、アラン ヘーン(ロレーヌ大学 INRA)、フレデリック ブルゴー(PAT フランス)、山本浩文(東洋大学 生命科学部)、松井健二(山口大学大学院創成科学研究科)、肥塚崇男(山口大学大学院創成科学研究科)

# 3.1.3 生理活性物質の輸送体の同定と有用物質生産への応用(代表:杉山暁史)

# 【研究概要】

植物細胞等を用いた生理活性成分の生産を効率的に生産するために、輸送体を同定し、生合成系遺伝子と組み合わせて異種発現系に導入することを目指す。これまでに、ダイズ根から分泌されるイソフラボンやソヤサポニンに着目し、トランスクリプトーム解析により、生合成系遺伝子との共発現から輸送体候補遺伝子を選抜した。イソフラボンの根圏への分泌に関与することが示唆された ABC 輸送体とアポプラスト局在のβ—グルコシダーゼについての解析を行った。

#### 【研究の目的】

ダイズのイソフラボン分泌に関与する遺伝子の同定と機能解析

#### 【研究の結果および考察】

水耕栽培したダイズの根を用いたトランスクリプトーム解析より、イソフラボン生合成遺伝子と共発現する ABC タンパク質遺伝子と、生化学的解析からイソフラボン分泌への関与が示唆されたアポプラスト局在  $\beta$ -グルコシダーゼ(ICHG: isoflavone conjugate-specific  $\beta$ -glucosidase)を対象として研究を進めた。イソフラボン生合成に協調的に発現した 2 種の ABCG タンパク質遺伝子は、イソフラボン分泌が促進される窒素欠乏条件においても発現上昇することが見出された。これら遺伝子を候補として生化学的輸送解析に取り組んでいる。ABC タンパク質遺伝子のうち 1 遺伝子

ABCG 遺伝子を発現させ形質転換培養細胞を作出した。現在までのルの形成はこれであれているが、神送活性は見かりである。ICHGに関場は、おいて発力である。ICHGに関サインを見しては、水耕では、おいである。はは、おいである。はは、水井では、おいである。はは、水井では、おいである。は、おいである。は、はいでは、水井では、はいがががいる。というでは、水井では、はいがががいる。

は、タバコ BY2 細胞に

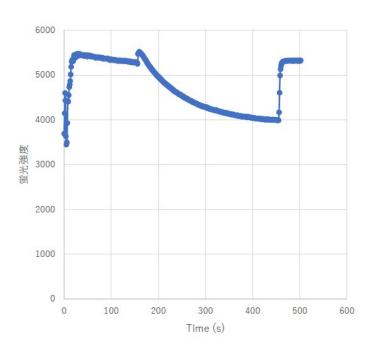


図3 BY2 細胞由来の膜ベシクルでアクリジンオレンジの消光 を確認

#### 【今後の展開】

トランスクリプトーム解析により得られた他の候補遺伝子(ABC 輸送体)も併せて解析し生理活性物質の輸送体を同定する。

#### 【成果発表】

- Matsuda H, Yamazaki Y, Moriyoshi E, Nakayasu M, Yamazaki S, Aoki Y, Takase H, Okazaki S, Nagano AJ, Kaga A, Yazaki K, \*Sugiyama A (2023) Apoplast-Localized β-Glucosidase Elevates Isoflavone Accumulation in the Soybean Rhizosphere. Plant and Cell Physiology 64 (5):486-500. doi:10.1093/pcp/pcad012
- 2. ○松田 陽菜子、棟方 涼介、中安 大、山﨑 真一、青木 裕一、永野 惇、矢﨑 一史、杉山 暁 史 「ダイズイソフラボンの細胞外輸送を担う ABC 輸送体候補遺伝子の解析」日本植物バイ オテクノロジー学会 2023 大会 2023 年 9 月 10 日

#### 【共同研究者】

士反伸和(神戸薬科大学)、青木裕一(東北大学)、永野惇(龍谷大学)

# 3.2 環境調和に向けた微細気泡水の利用(殺菌・洗浄)とその作用機序の解明(代表:上田 義勝)

#### 【研究概要】

微細気泡の利用については、応用利用としての実例は数多く紹介があるが、作用機序解明のための基礎データはまだ十分集まっていない。そのため、今年度においては微細気泡水の気泡と水との特性の相関について統計的に評価を行った。現時点では、ウルトラファインバブル(UFB)生成装置稼働中は、酸素 UFB では平均としては水の電気伝導度が低下しやすい事が分かった。また、生成後サンプルのデータ分布を比較した際には、特に気泡濃度が低い場合において電気伝導度の低下が大きい。ただし、測定の偏差も大きく、下限としての閾値が存在することが示されているため、今後慎重な議論が必要であると考えている。発表においては、窒素と酸素の特性の違いや、他の気体との比較についても紹介し、議論をすすめたい。

## 【研究の背景と目的】

微細気泡と水との相互作用の中でも、我々は特にUFBの電磁気的特性に注目している。我々は 微細気泡の特性と、水の特性の中でも特に電気伝導度に着目し、その傾向について統計的に計測 と評価を行った。特に電気伝導度と溶存気体濃度との関係や、いくつかのガス種での統合的な傾 向など、計測結果として発表する。本研究では、各種ガスを用いた微細気泡生成時の水の特性と、 気泡特性を計測し、相関性について確認する。特に水の電気伝導度と気泡数密度等との相関について統計解析した。

#### 【研究の結果および考察】

微細気泡の基礎特性と、水の特性との相関を確認するため、酸素及び窒素微細気泡水を作成し、その特性について比較した。また、純水には高純度精製水(Koga Chemical Mfg, Co. Ltd.)を用意した。気泡生成には気液せん断方式による生成を行った (CellAqua SS01 (Sunstar) と HYK-32 (NEXCO 西日本エンジニアリング関西))。Cell-Aqua ついては 1L の純水に対して 0.2mL/min もしくは 0.4mL のガス流量で最大 30 分の稼働時間による生成を行った。また、HYK-32 については純水 10L に対して 0.5mL/min のガス流量で、同様に最大 100 分の生成時間にて作成した。気泡生成途中の気泡数密度と水の特性の時間変化については、HYK-32 を用い、10 分ごとにサンプルを採取して特性の計測を行っている。また、各種相関については、微細気泡水として、60 サンプルを用意し、すべて生成装置を停止した後に、サンプル温度が室温(20 度)まで低下したサンプルの計測を行った。

気泡特性としては、ナノ粒子解析として Nanosight LM10 (Marvern Panalytical) を用い、全て 3 回計測による平均値として求めている。また、水の特性 (pH, 電気伝導度 (以下、EC) 、 溶存酸素 (以下、DO) 、濁度) についても同時に計測している。pH については、純水用の測定プローブとして PUREIL electrode 9600-10D (Horiba Ltd.) を使用した。DO については Orion star A329 (Thermo Scientific)、また EC については S230 USP/EP Kit (純水用) (METTLER TOLEDO Inc)を使用して計測を行っている。濁度計としては Turb 550(WTW)を用いた。

装置稼働中の、気泡数密度変化と、水の電気伝導度及び溶存酸素濃度の変化においては、酸素 微細気泡については電気伝導度の低下傾向が強く、大気 UFB の研究事例と同じ傾向であることから、電気伝導度の低下に何らかの要因があると考えている。装置稼働中は、加温の影響もあると考えられるため、溶存酸素濃度は徐々に減少している。生成後の微細気泡と水の特性について、データの分布を確認した。電気伝導度の低下については、特に酸素 UFB の気泡数密度が比較的低い場合において確認された。統計平均としては、電気伝導度の平均値は酸素 UFB は約 1.12mS/cmであり、サンプルとして用いた精製水の平均値 1.19mS/cmであった。

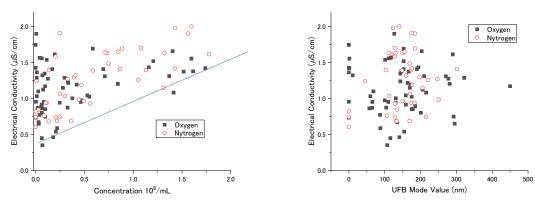


図4 微細気泡水(酸素・窒素)の水の特性との相関

#### 【今後の展開】

ウルトラファインバブル処理による効果の違いについて、気泡と粒子との関係の他、今後は水の特性も含めた相関など、詳細なデータを確認していきたい。また、微生物活性に対しての影響についても現在実験を進めているところである。

#### 【成果発表】

- 1. 上田 義勝、微細気泡水の電気的特性、静電気学会誌,47,6,2023
- 2. 上田 義勝, 徳田 陽明, 谷垣 実, 赤松 重則, 秦 隆志, 様々な計測手法による微細なバブルの特性解析,表面と真空 66(11) 654-659 2023 年 11 月 10 日
- 3. M. Tanigaki, T. Yamakura, D. Hayashi, Y. Ueda, A. Taniguchi, Y. Ohkubo and Y. Tokuda, Direct Measurement of the Internal Pressure of Ultrafine Bubbles Using Radioactive Nuclei, Chemical Engineering and Technology, 10.1002/ceat.202300070, 2023/7/19
- 4.上田 義勝,ファインバブルの基礎と応用技術 および産業展開の最新動向 <オンラインセミナー>(2.ファインバブルの発生原理 3.ファインバブルを利用した応用研究事例),日本テクノセンター オンラインセミナー ,2023年12月13日(招待講演)
- 5. 上田 義勝, 2 微細気泡の帯電特性に関する報告,2023 年度静電気学会九州支部・ 放電プラズマによる水処理研究委員会合同研究会 第502 回生存圏シンポジウム(第5 回プラズマ・ファインバブル研究会) 2023 年12 月8日(招待講演)
- 6. [基調講演]上田 義勝, 徳田 陽明, 杉山 暁史,微細気泡の数密度と水の特性との相関解析, 混相流シンポジウム 2023, 2023 年 8 月 24 日 (基調講演)
- 7. 上田 義勝, 微細気泡の数密度と水の特性との相関について, マイクロナノバブル学会 第 11 回学術総会 2023 年 12 月 10 日
- 8. 上田義勝, 谷垣実, 福島県における環境放射能のリアルタイム歩行計測および今後の研究進展, 京都大学研究連携基盤 未踏科学研究ユニット報告会 2023, 2023 年 7 月 29 日

#### 【共同研究者】

渡邊 崇人(生存圏研究所),徳田 陽明(滋賀大学 教育学部),谷垣 実(京都大学 複合原子力科学研究所)西崎 嘉浩,後藤 裕(株式会社 クレハトレーディング),李 攀(Pan Li) (同済大学 環境科学与工程学院(中国)),平江 真輝 (株式会社 サイエンス)

## 3.3 大気質の安心・安全(代表:高橋けんし、矢吹正教)

#### 【研究概要】

人の健康に深くかかわる人間生活圏における大気質(air quality)の診断方法の開拓を目的として、

車載型のライダー装置の開発、および、その検証実験を実際の都市域で実施したほか、cavity-attenuated phase shift 法による都市型大気汚染の観測を行った。

## 【研究の背景と目的】

大気微量成分、とりわけ、オゾンや窒素酸化物といった微量ガスや大気エアロゾル粒子は、大気環境への影響のみならず、ヒトへの健康影響も懸念される。我々は、人間生活圏および森林圏に近い大気の化学的動態を探査する新しい手法の開拓を目指している。

#### 【研究の結果および考察】

本課題では、都市大気汚染の動態探査を目的とした連続観測を、大阪公立大学との共同で実施している。Cavity-Attenuated Phase Shift Spectroscopy 法を用いた二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)センサーと超音波風向風速計を大阪府堺市庁舎の屋上に設置し、渦相関法による NO<sub>2</sub> フラックスを計測している(図 5)。本年度は、電気化学反応を利用したポータブルセンサーを用いた移動観測を堺市内で行い、フットプリント内でホットスポットが数か所で見つかった。また、車載ライダーを用いて、東京アクアライン海上部や富士山周辺のエアロゾル鉛直分布の移動観測、北海道陸別町におけるダイヤモンドダスト観測を実施し、定点の観測だけでは捉えることができない局所的な大気物質の空間分布を明らかにした。本研究で開発した車載ライダー計測システムは、日本エアロゾル学会 エアロゾル計測賞 (2023 年 8 月) を受賞した。



図5 堺市役所での計測 機器の設置状況

#### 【成果発表】

- 1. S. Okamura, M. Ueyama, K. Takahashi, Temporal and spatial variations of nitrogen dioxide fluxes by eddy covariance method in an urban center, Sakai, Japan., AsiaFlux Conference 2023, Jeju Shinhwa World, Jeju Island, Korea, Nov.27 Dec.1, 2023. ※ Best Poster Award を受賞.
- 2. 岡村沙南, 植山雅仁, 高橋けんし, 大阪府堺市を対象とした都市域における NO<sub>2</sub> フラックスの時空間変動, 日本農業気象学会近畿支部会, 大阪公立大学, 2023 年 11 月 18 日.
- 3. M. Yabuki, K. Miura, T. Mori, H. Hayami and H. Kuze, Aerosol Spatial Distribution Observed by a Mobile Vehicle Lidar with Optics for Near-Range Detection, In: Sullivan, J.T., et al. Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference, ILRC 2022, Springer Atmospheric Sciences. Springer, Cham. pp 303–309, https://doi.org/10.1007/978-3-031-37818-8 40, 2023.

- 4. 矢吹正教, 三浦和彦, 久世宏明, 松木一人, 内保裕一, 竹内栄治, 長谷川壽一, 紫外ライダーによる地表面に近い大気の気象・環境観測, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, オンライン・幕張, 2023 年 5 月 21-26 日.
- 5. 矢吹正教, 三浦和彦, 森樹大, 速水洋, 久世宏明, 車載ライダーを用いた都市大気エアロゾルの鉛直断面観測, 第40回エアロゾル科学・技術研究討論会, 群馬, 2023年8月30日-9月1日.
- 6. 矢吹正教,日本エアロゾル学会 エアロゾル計測賞「大気エアロゾルの 3 次元センシングのための車載ライダー開発」,2023年8月.

# ミッション5:「高品位生存圏」 5-2) 脱化石資源社会の構築 (植物、バイオマス、エネルギー、材料)

飛松裕基、畑 俊充 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 概要

本ミッションでは、「脱化石資源社会の構築」をキーワードに、ミッション 1-4 の研究成果をさらに発展・融合させ、生存圏科学の国際化とイノベーション創出を加速する強力な共同研究課題を推進する。令和5年度は、昨年度に引き続き、4つの主要テーマ:「バイオマス植物の分子育種と生物生産」、「革新的バイオマス変換技術」、「バイオマスをベースとした先端機能材料」、「マイクロ波エネルギー伝送技術の社会実装」を設定し、以下の研究課題8件を進めた。

#### 2. バイオマス植物の分子育種と生物生産

課題 5-2-1 リグニン代謝工学に基づくバイオマス生産植物のテーラーメード育種技術の開発 (研究代表:飛松裕基;共同研究先:徳島大、奈良先端大、北海道大学、理研、産総研、香港大、高麗大学校、ウィスコンシン大、ワシントン州立大、ワーゲニンゲン大学、上海植物生理生態研究所、インドネシア科学院、米国ブルックへブン国立研究所、仏トゥールース生物工学研究所、スペイン高等科学研究院、他)

本研究では、循環型社会構築を担うバイオマス生産植物の分子育種技術基盤の構築を目指し、リグノセルロース系バイオマスの主要成分であるリグニンを様々に改変した組換え植物の作出と各種バイオマス特性の評価を国内外の研究機関と共同で進めている。本年度は、前年度に引き続き、ゲノム編集等を活用したリグニン生合成遺伝子の発現制御により、リグニンの化学構造や量を改変したイネやポプラ組換え株の作出に成功し、細胞壁(特にリグニン)生合成に寄与する新規遺伝子群の同定に成功するとともに、それらの発現を制御した組換え植物のバイオマスの構造と各種特性を明らかにした。また、リグニン代謝工学に基づくバイオマス生産植物の分子育種に向け、イネ、シロイヌナズナ、ポプラ等におけるリグニン生合成機構の解析を国内外の研究グループと共同で進めた。

論文発表:[1] Lam et al., Disruption of p-Coumaroyl-CoA:monolignol transferases in rice drastically alters lignin composition. Plant Physiol. in press (http://doi.org/10.1093/plphys/kiad549). [2] Dwivedi et al., Simultaneous suppression of lignin, tricin and wall-bound phenolic biosynthesis via the expression of monolignol 4-O-methyltransferases in rice. Plant Biotechnol. J. in press (http://doi.org/10.1111/pbi.14186). [3] Lui et al., Regioselective stilbene O-methylations in Saccharinae grasses. Nat. Commun., 14, 3462 (2023). [4] Zhu et al. SWATH-MS-based proteogenomic analysis reveals the involvement of alternative splicing in poplar upon lead stress. Genome Res., 33, 371-385 (2023). 関連論文発表他 2 件.

課題 5-2-10 植物の脂質分泌能を利用した物質生産プラットホームの技術開発(研究代表:矢崎一史、杉山暁史、棟方涼介;共同研究先:理化学研究所)

植物は、脂溶性の物質を細胞外に分泌してアポプラストに蓄積する能力がある。特に表皮細胞は、ワックスなど高脂溶性物質を細胞外に分泌する機能を有するが、これは自らの体を乾燥から守るために必須の能力でもある。通常、植物は培養細胞にすると、液体培地中で生育するため乾燥から身を守る必要がなくなり、この能力を失うが、ムラサキの細胞はこの脂質分泌能力を維持しており、M9 培地中では脂溶性の二次代謝産物のシコニンを細胞外に大量に分泌する。その量は乾重量あたり 10%にも及ぶ。本テーマではこのムラサキの持つ脂溶性物質分泌能力を利用した応用展開を考えている。本年度は、一旦原点に戻り、研究材料としているムラサキという絶滅危惧植物 (2n=28) が、繁殖力の強い外来種で交配可能なセイョウムラサキ (2n=28) との交雑種となっていないかを調べることとした。そこで、来歴の明らかな国内産ムラサキの残存株を全国に求め、そのゲノム解析を行った。そのゲノム情報を利用して、セイヨウムラサキを簡便に区別することのできる PCR マーカーの開発を行った。セイヨウムラサキは、脂溶性物質であるシコニンの生産性が明らかに低い。ゲノム情報の整備が進展したことは、脂溶性物質の高生産を支える遺伝的原因を究明のための一助となるため、今後の研究発展につながるものと期待される。

論文発表:[1] Oshikiri, H., Li, H., Yamamoto, H., Yazaki, K., Takanashim K., Comparative analysis of shikonin and alkannin acyltransferases reveals their functional conservation in Boraginaceae, *Plant Cell Physiol.*, in press (doi: 10.1093/pcp/pcad158). [2] Ito, E., Munakata, R., Yazaki, K., Gromwell, a purple link between traditional Japanese culture and plant science, *Plant Cell Physiol.*, 64 (6), 567-570 (2023) (10.1093/pcp/pcad038).

#### 3. 革新的バイオマス変換技術

課題 5-2-3 マイクロ波・生物変換プロセスによるバイオマスの化学資源化(研究代表:渡辺隆司、西村裕志;共同研究先:大陽日酸、日鉄エンジニアリング、京大化研、京大エネ研、金沢大融合研究域、タイ国立科学技術開発庁(NSTDA)、チュラロンコン大、LIPI、AI-Azhar 大、ラオス国立大、他)

グリセロールをエタノールに高効率で変換する酵母をゲノム編集により作出し、キシロースの代謝能を賦与した酵母との共培養により、サトウキビ収穫廃棄物のマイクロ波ソルボリシス前処理物からバイオエタノールと抗ウイルスソルボリシスリグニンを同時生産し、論文発表した[1]。この研究は、ミッション 5-2 の他、タイ国立科学技術開発庁(NSTDA)、インドネシア国立研究革新庁(BRIN)、ラオス国立大学、京都大学エネルギー理工学研究所、エネルギー科学研究科と共同実施し、未踏科学研究ユニットの持続可能社会創造ユニットの研究として実施した。BRINとの共同研究では、リグニン系界面活性剤の合成を行い論文発表した[2,3]。また、金沢大学との共同研究で、グリオキシル酸を用いたマイクロ波ソルボリシスにより木材を溶解してバイオマスフィルムを作出し、論文発表した[4]。JASTIP プロジェクトでは、東南アジア地域からスクリーングした白色腐朽菌による環境汚染物質である染料廃棄物の分解研究をインドネシア、マレーシアと行った。

論文発表:[1] Khattab, S. M. R. et al., Efficient integrated production of bioethanol and antiviral glycerolysis lignin from sugarcane trash, *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 16, 1-15, (2023). [2] A. Karimah, I. K. et al., Extraction of lignin from sugarcane trash and its potency as biosurfactant, *Bioresource Technology Reports*, 24, 101630 (2023). [3] N.

N. Solihat et al., Synthesis of lignin-based biosurfactant derived from kraft black liquor and its effect on enzymatic hydrolysis of pretreated biomass, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 34 101152-101152 (2023). [4] Nishiwaki-Akine, Y., Watanabe, T., Dissolution and Hydrolysis of Wood Particles in Glyoxylic Acid without Ball Milling, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(6) 2050-2054 (2023).

課題 5-2-4 リグノセルロースの分岐構解析を基盤とした環境調和型バイオマス変換反応の設計(研究代表:西村裕志、渡辺隆司;共同研究先:京都大エネルギー理工学研、京都大化研、群馬大学、富山県、他)

リグニンの利活用はバイオマス全体利用の鍵を握るが、現状は変性した低質リグニンの熱回収に留まっている。リグノセルロースの多様な分岐構造を解き明かし、分子構造に基づいてバイオマス変換法を設計することが、植物基礎科学の発展と、植物資源を活かしたサステイナブル社会の実現につながる。特にリグニン・多糖間結合の解明は、バイオマスを化学品、材料、エネルギーへ変換する植物バイオリファイナリーの構築への貢献が期待される。植物バイオマスを環境低負荷プロセスによって高付加価値素材へ変換するコア技術を国内及び国際特許出願した。これまで JST 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発 ALCA (JPMJAL1504)、科研費若手研究 A(16H06210)により推進してきた。2023 年度は JST 未来社会創造事業、NEDO 事業、複数の民間企業との共同研究、科研費(挑戦萌芽 20K21333,基盤研究 B21H02258)、などの支援を受け研究開発を進めている。

論文発表: [1] Nishimura, H., Watanabe, T., Matrix-Free Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry Imaging for Rapid Evaluation of Wood Biomass Conversion, *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2024 in press, DOI: 10.1002/rcm.9716. [2] ] Nishimura, H. et al., Direct evidence of αester linkages between lignin and glucuronoxylan that reveal the robust heteropolymeric complex in plant cell walls. *Research Square (preprint)*, doi.org/10.21203/rs.3.rs-1327348/v1. 招待講演 6 件、著書(依頼分担執筆)2 件.

# 4. バイオマスをベースとした先端機能材料

課題 5-2-5 セルロースおよびキチンナノファイバーを用いた成形品の開発(研究代表:矢野浩之;共同研究先:京都市産業技術研究所)

近年、プラスチックを取り巻く環境は大きく変化しており、世界的に脱プラスチックが声高に叫ばれている。しかし、プラスチックほど使い勝手の良い素材はなく、代替の利かないものは多い。これらの製品は、より環境負荷の少ないバイオ由来や生分解性プラスチックへの転換が求められている。我々は、いくつかの生分解性プラスチックに対しアセチル化セルロースナノファイバー(CNF)を添加することで、高い補強性を得られることを示した。また、添加した CNF が生分解性に与える影響を室内土壌試験により調査し、分解中において、CNF の存在が樹脂製品の形状の保持に役立っており、また、分解を促進している可能性が示唆された。

国内学会発表: 小野和子他, CNF 補強による生分解性プラスチックの土壌試験における分解性, 第 31 回秋季大会 成形加工シンポジア '23, 2023. 11.; 国際学会発表: Kazuko Ono et al., Effects of CNF Addition on Biodegradation in CNF-Reinforced Biodegradable Plastics, 5<sup>th</sup> ICC 2022+1, 2023. 9.

課題 5-2-6 バイオマスからのエネルギー貯蔵デバイスの開発(研究代表:畑俊充、小嶋浩嗣;共同研究先:リグナイト、インドネシア科学院 LIPI、他)

 $CO_2$  の吸着と蓄電機能を併せ持つバイオマス炭を製造するために、木質ペレット由来ガス化残渣の賦活活性炭を製造し、二酸化炭素吸着により空孔径分布や表面積について検討した。元のガス化残渣、乾燥後 800  $\mathbb{C} \cdot 5$  時間の熱処理、 $K_2CO_3$  を試料重量比で 1:1、炭酸カリウムを加えた試料について 0  $\mathbb{C}$  における  $CO_2$  吸着等温線を得て、この吸着等温線の解析をおこなった。賦活剤を加えて熱処理を行ったガス化残渣、熱処理を行ったガス化残渣、元のガス化残渣の順で、表面積が大きい値となった。今後、賦活条件の最適化により、高  $CO_2$  吸蔵材としてリサイクル可能で優れた放電容量をもつ木質系電気二重層キャパシタ炭素電極の製造を行う予定である。

課題 5-2-11. 低地球軌道で利用するためのリグニン炭の微細空隙解析(研究代表:畑俊充、飛松裕基、小嶋浩嗣;共同研究先:神戸大学工学研究科、長野工業高等専門学校、他)

宇宙環境、特に低軌道宇宙 (LEO) での材料耐性に着目し、木質材料の利用可能性を検討した。ブナとスギからリグニンモデル化合物 (MWL) を抽出し、これらに原子状酸素 (AO) 耐性を試験した。ブナとスギの MWL を 700  $\mathbb{C}$  、1 時間窒素気流下で加熱し、炭素化物を生成した。これに対し、フラックス  $2\times10^{15}$  atoms/cm²/s の AO 照射を 3Hz、15,002 ショット(約 83 分間) 行い、走査電子顕微鏡で材料表面を観察した。スギ MWL 炭素化物は AO による損傷を受けたが、ブナ MWL 炭素化物は高い耐性を示した。

論文発表: T. Hata, S. Honma, T. Kajimoto, K. Oshida, Y. Tobimatsu, M. Tagawa, H. Kojima, Subyakto, Microstructural changes in carbonized wood-lignin, a potential space material, in response to atomic oxygen irradiation, *Biomass Conversion & Biorefinery*, 2023.

#### 5. マイクロ波エネルギー伝送技術の社会実装

課題 5-2-7 マイクロ波無線電力伝送に基づく IoT 技術の実証研究 (研究代表: 篠原真毅、三谷友彦;共同研究先:ミネベアアツミ)

2022 年 5 月に電波法の省令改正により 3 周波数帯での空間伝送型ワイヤレス給電(WPT)が適法となり、昨年度まで生存圏研究所と共同研究をしていたパナソニックは 2023 年に 5 件の WPT 商品の認可を受け、ビジネスを始めている。今後のより広い WPT 応用を目指し、第 2 ステップとして屋外(トンネル内インフラ点検センサー)やより高い周波数の利用等の法制化の交渉も引き続き行っており、ミネベアミツミとの共同研究では 24GHz 用レクテナの研究開発を始め、成果を得ている。

論文発表: *Tanak, Y.,et al.*, "Simulation and Implementation of Distributed Microwave Wireless Power Transfer System", IEEE Trans MTT, vol.71, no.1, pp.102-111, 2023,等 14本; 国際招待講演 10件; 国際会議 13件; 受賞 (学生, 国際等)10件; メディア発表: 8, '23.8.4, The Government of Japan, "KIZUNA" (web),など.

以上

# ミッション 5:「高品位生存圏」 5-3) 日常生活における宇宙・大気・地上間の連関性

# 山本衛、海老原祐輔 京都大学 生存圈研究所

主要テーマ: 生活と社会のための宇宙インフラ・環境

A. 研究課題: GPS を用いた電離圏 3 次元トモグラフィ

#### A-1. 研究組織

代表者氏名:山本衛(京都大学生存圈研究所)

共同研究者: 斉藤享(電子航法研究所)、斉藤昭則(京都大学理学研究科)、

Nicholas Ssessanga (オスロ大学)、

Fu Weizheng(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

# A-2. 研究概要及び成果

GPS 観測網 GEONET を用いた電離圏電子密度の3次元トモグラフィの開発に取り組んでい る。電子航法研究所が全国 200 点から得ているリアルタイムデータを用いたリアルタイム解析を 実施中で、毎日の日本上空の電子密度分布を緯度・経度方向の分解能1度×1度、高度分解 能 20km(全て最大値)で毎 15 分ごとに得ている。MU レーダーによる電離圏電子密度観測とト モグラフィ解析との比較によると、両者が比較的よく一致するが、トモグラフィによる電離圏高度 が高すぎる傾向があった。さらに最近では、GEONETからのGPS-TECデータに加えて地上のイ オノゾンデの一般的な読み取りパラメータを付加する新しい解析法が開発されている い。その結 果は良好であり、電子密度の大きさと高さの両方について、通常状態の電離圏に対しても磁気 嵐時に対しても、確からしい結果をもたらす<sup>2)</sup>。現在は MU レーダー観測等を用いて、新しいト モグラフィ解析手法の性能評価を進めており、近いうちにリアルタイムサービスを始める予定であ る。一方で、電離圏の波状構造を解析する新しい手法が開発されている<sup>3)</sup>。電離圏を F 層と E 層の2層から構成されると簡単化したうえで、それぞれの層における電離圏の水平構造を求め る。電離圏を1層として単純化する場合の解析に比べると水平分解能が少し劣るが、F層とE層 に現れる波動構造の分布・伝搬方向・波長などがうまく分離されることが明らかになった。今後 は、電界を通じた F層と E層の相互作用を含む電離圏プラズマの運動を解明する際に有効な 手段になると期待される。

### A-3. 付記

- 1) Ssessanga, N. et al., Complementing regional ground GNSS-STEC computerized ionospheric tomography (CIT) with ionosonde data assimilation, GPS solutions, GPSS-D-20-00186R4, May 2021
- 2) Ssessanga, N. et al., Assessing the performance of a Northeast Asia Japan-centered 3-D ionosphere specification technique during the 2015 St. Patrick's Day geomagnetic storm, EPS, 73(1), doi:10.1186/s40623-021-01447-8, 2021.

3) Fu Weizheng, T. Yokoyama, N. Ssessanga, M. Yamamoto and P. Liu, On using a double-thin-shell approach and TEC perturbation component to sound night-time mid-latitude E-F coupling, Earth Planets Space, 74:83, 2022.

#### B. 研究課題: 地磁気誘導電流と電力系統

#### B-1. 研究組織

代表者氏名:海老原祐輔(京都大学生存圈研究所)

共同研究者:後藤忠徳(兵庫県立大学)、亘慎一(情報通信研究機構)、

菊池崇(名古屋大学)、田中高史(九州大学)、藤田茂(気象大学校)

#### B-2. 研究概要

磁気嵐など地球周囲の宇宙空間が乱れると送電線に地磁気誘導電流(geomagnetically induced current, GIC)が流れ、停電など送電網に対して深刻な影響を与える可能性が指摘されている。GIC に伴う災害が起こる頻度は極めて低いが、ひとたび起これば現代社会に生きる私たちの生命・生存に対し脅威となる。GIC の測定と計算スキームの開発を通し、社会的影響評価に向けた研究基盤の構築を目指す。

#### B-3. 研究成果

1989 年 3 月に発生した巨大磁気嵐の影響で、カナダのケベック州では約 9 時間にわたり停電が発生した。この停電は磁気嵐に伴って流れた過剰な GIC と推察されているが、その直接的な原因となった電流系はよく分かっていなかった。この磁気嵐時の太陽風パラメータは得られて

# 太陽風の衝撃波が到来した直後に電離圏を流れる電流

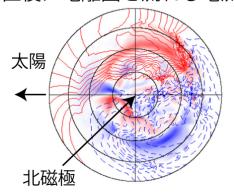


図 B1: 惑星間空間衝撃波が到来した直後の電離圏の様子(太陽は左側、外側の線は磁気緯度 50 度を示す)。コンター線は電離圏の電位ポテンシャルを、色で塗られた領域は沿磁力線電流(赤は下向き、青は上向きに流れる電流)を示す。コンター線に沿ってホール電流が流れ、コンター線の間隔が短いほど多く流れる。夜側でも強いホール電流が流れ、地磁気を大きく乱し、1989 年 3 月にカナダのケベック州で発生した停電の原因となることが推察される。(Zhang et al., 2023 を改変)

いないことから、様々な太陽風条件をグローバル磁気流体力学 (MHD) シミュレーションに与え、 惑星間空間衝撃波に伴う地磁気変動を計算し、カナダにおける観測結果と比較した。その結果、惑星間空間衝撃波到来後に発生した主パルス(main impulse)によって、ケベック州の停電が引き起こされた可能性が高いことを明らかにした。

#### B-4. 付記

1) Zhang, T., Y. Ebihara and T. Tanaka, Nighttime geomagnetic response to jumps of solar wind dynamic pressure: A possible cause of Quebec blackout in March 1989, Space Weather, 21, 11, e2023SW003493, doi:10.1029/2023SW003493, 2023.

# <u>C. 研究課題: MU レーダー・小型無人航空機(UAV)観測による大気乱流特性の国際</u> 共同研究

#### C-1. 研究組織

代表者氏名: 橋口浩之 (京都大学生存圈研究所)

共同研究者: Lakshmi Kantha (米コロラド大学)、Dale Lawrence (米コロラド大学)、Hubert

Luce (京都大学生存圈研究所)、矢吹正教(京都大学生存圈研究所)

#### C-2. 研究概要及び成果

乱流混合は熱や物質の鉛直輸送に寄与する重要なプロセスであり、これまで、MU レーダーを用いたイメージング(映像)観測により大気乱流の発生・発達・形成メカニズムや、メソ〜総観規模現象との関連が研究されてきた。日米仏の国際共同研究により、2015~2017 年の 6 月にコロラド大で開発された気象センサーを搭載した小型無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)と MU レーダーとの同時観測実験(ShUREX(Shigaraki, UAV-Radar Experiment)キャンペーン)が行われた。UAV は、小型(両翼幅 1m)、軽量(700g)、低コスト(約\$1,000)、再利用可能、GNSS による自律飛行可能で、ラジオゾンデセンサーを流用した 1Hz サンプリングの気温・湿度・気圧データに加えて、100Hz の高速サンプリングのピトーセンサーによる乱流パラメータの高分解能データを取得した。UAV 測定値との比較により 1.3 GHz 帯大気レーダーで観測されたスペクトル幅  $\sigma$  から乱流エネルギー消散率  $\varepsilon$  を推定する際のモデルについて検討した。従来よく使用されている安定成層条件に対するスペクトル幅( $\sigma$ )の 2 乗とブラント・バイサラ振動数に比例するモデルでは  $\varepsilon$  を過大評価する傾向があり、単純な  $\sigma$  の 3 乗を定数(70m)で割るモデルが最も適していることが分かった。

### C-3. 付記

1) H. Luce, L. Kantha, H. Hashiguchi, D. Lawrence, A. Doddi, T. Mixa, and M. Yabuki, Turbulence kinetic energy dissipation rate: assessment of radar models from comparisons between 1.3 GHz wind profiler radar (WPR) and DataHawk UAV measurements, Atmos. Meas. Tech., 16, 3561-3580, doi:10.5194/amt-16-3561-2023, 2023.

- 2) Hubert Luce, Masanori Yabuki, Hiroyuki Hashiguchi, Koji Nishimura and Lakshmi Kantha, A potpourri of recent experimental and theoretical studies on small-scale turbulence from radiosondes and the VHF MU radar (Japan), FISAPS Workshop on Research Using High Vertical-Resolution Radiosonde Data, Boulder, USA, August 30--September 1, 2023
- 3) Hubert Luce, Masanori Yabuki, and Hiroyuki Hashiguchi, On the turbulent layer depth dependence of TKE dissipation rate from LQ7-WPR and Lidar data analysis, 17th Symposium on MU Radar and Equatorial Atmosphere Radar, Online, September 19-20, 2023.

## D. 研究課題:宇宙からの粒子降り込みによる大気微量成分変動現象の解明

#### D-1. 研究組織

代表者氏名: 栗田怜(京都大学生存圈研究所)

共同研究者: 小嶋浩嗣(京都大学生存圈研究所)、三好由純(名古屋大学)、

齊藤慎司(情報通信研究機構)

#### D-2. 研究概要

宇宙空間で自発的に放射される電磁波により、地球大気へ高エネルギーの粒子が降り込む。地球大気に降り込んだ粒子は超高層大気の異常電離・加熱を通して大気微量成分の組成に変化を引き起こす。この過程を理解するため、科学衛星による電磁波・粒子観測と数値実験により降り込み粒子を推定し、大気微量成分の変動現象への理解へとつなげる。

#### D-3. 研究成果

地上 VLF 送信局に由来する電波が引き起こす、定常的な電子降り込みの存在について議論するために、磁気圏内における VLF 送信局に由来する電波の空間分布を、あらせ衛星の観測データから統計的に明らかにすることに成功した。また、NOAA/POES 衛星搭載の機器により、VLF 送信局からの電波が磁気圏内を伝搬している領域において、高エネルギー電子の降り込みが発生していることを明らかにした。高エネルギー電子の降り込む量は、VLF 送信局が位置する地方時に強く依存していることもわかった。また、この計測により、降下電子のエネルギースペクトルを推定することが可能となり、今後は VLF 送信局から発せられる電波による電子大気降り込みによって生じる、待機微量成分の変動に関する議論を進める。

#### D-4. 付記

1) 野田周英ほか、NWCトランスミッターからの信号による高エネルギー電子降下領域のローカルタイム変化、第 19 回 ERG サイエンス会議、2023 年 11 月 28、東京大学本郷キャンパス

# ミッション5:「高品位生存圏」 5-4) 木づかいの科学による社会貢献

(木造建築、木質住環境、木質資源・データベース、木づかいの変遷)

# 五十田博、田鶴寿弥子、中川 貴文、梅村研二 京都大学 生存圏研究所

我が国の適所適材の用材観や、建造物の仕口をはじめとした伝統構法は、アジア域の相互的文化交流の歴史によって培われた賜物である。木材はこれらの文化的情報を今に伝える媒体であるのみならず、年輪には古環境・気候の情報を記録している。これら木材から抽出・保存できる情報を社会に還元することで新しい持続的社会構築の糧とする必要がある。一方、アジア域における伝統的な木造建築から、最新の中層木造建築までの種々の住環境的特徴や構造的性能を評価することにより「木づかい」の理解を深化させるとともに、その知見に立脚した新しい高性能木質素材を開発・利用することにより、安心安全な未来型木質住空間の創成に貢献できる。このような立場から、本ミッションにおいては、A:木材情報の調査と保存、B:安心安全な未来型木造住空間の創成、の2つのテーマを大きな柱とし、各々に関連する以下の4つのサブテーマに沿って学際・国際・文理融合的研究を推進している。

#### 5-4-1 木の文化の調査と保存

#### 1. 研究組織

代表者氏名:田鶴寿弥子(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:今井友也(京都大学 生存圈研究所)

#### 2. 研究概要

我が国の適所適材の用材観念や伝統的木製品の数々は、国を超えた相互的文化交流の歴史によって培われた賜物であり、それらの知識なしに、我が国特有の木の文化を理解することは不可能である。本研究では、国内外の美術館などとともに東アジアの木彫像をはじめとした文物の樹種識別や学術的研究を行い、学際的な知見の拡充を目的としてきた。今年度は、国内はもとより、海外の美術館・博物館との所蔵品の樹種調査に関する共同研究・人文学的研究を進めたほか、DNAを用いた歴史的古材における樹種識別手法の基礎的研究について研究を進めてきた。

#### 3. 研究成果

各地の美術館・博物館などと密接にコンタクトをとりながら、継続して所蔵品の調査を進めることができた。今年度は特に、材鑑調査室の今後の在り方を考えるためイギリスキュー植物園やオックスフォード大学の材鑑調査室への訪問と現地スタッフとの情報交換を行うなどし、材鑑調査室における研究の在り方や今後の課題について検討を重ねた。

歴史的文物の調査では、特に 10 世紀から 12 世紀ころの和様化が進んだ時期の日本で制作された木彫像の樹種調査に集中し、用材観と当時の神仏習合の変容、あるいは民俗、絵画なとどの関連を追う研究に注力した。現在、10 世紀から 12 世紀における日本人と樹木との関係について、木彫像の用材と絡めた人文系の研究について、論文を執筆中である。

また今年度も国内の建造物調査において当時の木材利用や木材流通を知る上で大きなヒントをもたらすと期待されている歴史的古材を用いた DNA による樹種識別への応用を目指した研究を継続した。まだまだ更なる実験が必要ではあるが、解剖学的特徴が酷似しており樹種判別が難しい樹種について、DNA による樹種同定を可能とするべく、今井を中心に研究が進められている。

文化財から得られる科学的情報は、言うまでもなく日本の歴史ならびに東アジア地域の文化を知る上で重要である。今後もデータベースの拡充にむけて尽力したい。

#### 4. 付記 (関連の業績)

#### 論文

松本康隆,中山利恵,田鶴寿弥子,笛吹嘉一郎による伊賀上野愛染院芭蕉翁故郷塚「瓢竹庵」の調査研究(その1): 大正期の地方における公共的な茶室建設の一背景,日本建築学会計画系論文集 第88巻 第807号,1758-1766,2023年

https://doi.org/10.3130/aija.88.1758

#### 招待講演

田鶴寿弥子, 茶室の用材観から紐解く人と木とのあわい 木材解剖学×茶の湯,茶の湯と茶文化に関する国際会議(第9回)(茶の湯文化学会)にて招待講演, 2023 年 7 月 15日

# 5-4-2 年輪年代学ならびに年輪気候学

#### 1. 研究組織

代表者氏名:今井友也(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:田上高広(京都大学 理学研究科)

渡邊裕美子(京都大学 理学研究科) 田鶴寿弥子(京都大学 生存圈研究所) 杉山淳司(京都大学 農学研究科)

#### 2. 研究概要

アジアモンスーン地域における過去の水文気候を詳細に理解するため樹木の成長輪に着目し、成長輪の幅やセルロース同位体比による年輪気候学の基礎研究を推進した。本年度は、これまでに取得していた京都府北東部の芦生産スギのセルロース同位体比データを論文として公表することができた。さらに、芦生での先行研究結果の再現性や、スギの肥大成長における時空間特性を把握するため、芦生スギと秋田スギの年輪試料に関して情報収集を行い、セルロース同位体比分析のための試料の収集に努めた。

#### 3. 研究成果

これまでに取得していた京都府北東部の芦生産スギのセルロース同位体比データを論文として公表した。アジアモンスーン地域において樹木年輪のセルロース酸素同位体比を降水プロキシとして用いる古気候学的研究は盛んに行われているが、それらのほとんどは年々の同位体比データに基づいている。本研究では、京都・芦生産のスギにおいて年層を6分割して同位体比を分析することで、従来の年々データより高分解能な古気候プロキシとなりえるかを詳細に検討した。その結果、年層6分割の内側(早材)から外側(晩材)に向かって、降水量と最も強い逆相関を示す時期が春季から夏季の後半へと少しずつ推移していることが明らかになった。これは、年層内を細分割することにより、より高い時間分解能による古気候復元を行える可能性があることを示唆している。さらに、年層内同位体比と降水量との相関解析から年層内の形成時期を推定することができ、1990年以降に年輪の形成時期がそれ以前に比較して早期化している傾向が認められた。

本年度は上記の研究成果を発展させ、近年の温暖化に伴うスギの肥大成長の時空間特性の把握をするための研究を始動させた。芦生スギと秋田スギの年輪試料に関して情報収集し、セルロース同位体比分析のための試料の収集に努めた。芦生スギについては、京都大学生存圏研究所の材鑑調査室が保有する試料を使用することし、同位体比測定のための試料調整を進めている。秋田スギについては、秋田県立大学木材高度加工研究所の高田教授、沈助教から試料を提供して頂き、同位体比測定のための試料を確保することができた。今後、年層内同位体比データを拡充し、スギの肥大成長の時空間的な変遷について知見を深めたい。

# 4. 付記(関連の業績、発表など)

1) Watanabe, Y., Katayama, Y., Li, Z., Nakatsuka, T. and Tazuru, S, 2023. Assessments of

tree-ring intra-annual  $\delta^{18}O$  record for reconstructing hydroclimate with high temporal resolution. Geoscience Letters, 10, 28. https://doi.org/10.1186/s40562-023-00282-x.

2) 渡邊裕美子, 2023. 芦生研究林のスギの年層内同位体比について-高時間分解水文 プロキシとしての評価および肥大生長フェノロジーの変化. 年層内変動シンポジウム, 名古屋大学, 2023年5月19日.

# 5-4-3 伝統構造・未来住空間

#### 1. 研究組織

代表者氏名:五十田博(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:中川貴文(京都大学 生存圈研究所)

小松幸平(京都大学 生存圈研究所) 荒木康弘(国土技術政策総合研究所)

Shiling Pei(コロラド鉱山大学)

Que Zeli (中国 南京林業大学 材料科学与工程学院)

Yu-Lin Chung (台湾国立成功大学 建築学部)

# 2. 研究概要

東アジア地域に共通する伝統的木造建築物の材料活用・構法・構造上の特徴に関し、その技術背景と性能への影響を科学的手法によって探求することで、木づかいに対する先人の知恵を理解し、今後の木材活用に向けた応用を検討する。今年度はコロナ感染拡大防止活動により、台湾や中国などとの活動は E メールを利用した情報共有にとどめ、国内で伝統的な構法に対する調査を実施した。また、木造建築物の実使用環境における種々の性能をセンシング技術を用いて調査する検討の一つとして、米国で実施された 10 階建て木造建築物に加速度センサーを取り付け、損傷検知技術の適用例を作成した。

#### 3. 研究成果

#### ① 伝統的木造架構の仕様の調査

これまで東アジアの伝統木造建築に対してその仕様の違いや伝来などを調査してきたところであるが、日本においても多種多様な接合形式が用いられていることは広く知られている。そこで、本年度以降、数年にわたって国内の調査を実施することとして、その助走段階として、京都、高知、徳島といった地域を対象に伝統構法を建築している実務者を対象にヒアリング、さらには図面提供をいただいた。平面図、立面図などを参考にスパンや断面、さらには接合仕様の整理を今後実施する予定である。

#### ② 高層木造に対する加速度センサーによる損傷検知技術の適用

木材を用いて10 階建てを超えるような高層建築物が海外で建て始められている。日本でも10 階建て程度の建築物を木材を構造材料として用いた建築物が実現している。日本やイタリア、米国、NZ などでは、極大地震が発生する国で、かつ日本は高温多湿と気候条件も異なる。また、地震後には火災が発生することがあるが、建物の倒壊によって主要道路はもとより、路地等も通行不能となり、消防活動に支障をきたすことも想定され、耐火性についても厳しい規制がある。そのようななか、米国では10 階建ての木造建築物を対象に、耐震安全性を確認するとともに、損傷のない木造目指した建物の設計法の確認のための振動台実験を実施した。日本と米国は耐震基準が異なり単純に米国の建物を日本に建てることは難しいが、本ミッションで実施予定の損傷検知技術の適用事例を作成することを目的にセンサーを設置した。試験体の写真を図1に示した。100を超えるような地震波が入力され、センサーのトラブルなどもあってすべてのデータを得てはいないが、即時レポートが作成されることは確認ができた。図2は即時レポートの結果の一部である。今後、米国研究者が実施したセンサー類による値と比較し、損傷建築技術の高度化に資する予定である。



図1 対象とした10階建て試験体

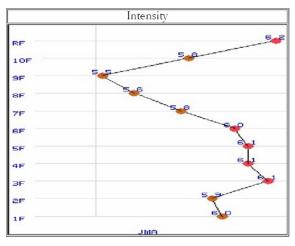


図2 計測データに基づく最大応答の例

#### 2. 付記(関連の業績、発表など)

1) 米国の実験 http://nheritallwood.mines.edu/(2024 年 1 月 23 日現在)

#### 5-4-4 未来型木造建築に資する木質材料の開発

#### 1. 研究組織

代表者氏名:梅村研二(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:松尾美幸(京都大学 生存圈研究所)

陳 碩也(京都大学 生存圈研究所)

趙 中元 (中国 南京林業大学)

張 敏 (中国 浙江農林大学)

Ragil Widyorini (インドネシア ガジャマダ大学 森林学部)

Sukma Surya Kusumah (インドネシア BRIN 生物材料研究センター)

Rahma Nur Komariah (インドネシア スマトラ工科大学)

#### 2. 研究概要

未来型木造建築では、化石資源への依存を抑えた革新的技術による持続可能な木質材料の開発が求められる。昨今の世界的な森林面積の減少や低炭素化社会へ向けた様々な取り組みを考えると、農産廃棄物などの未利用リグノセルロースを木質材料の原料として積極的に利用するとともに、合成系接着剤をはじめとした化石資源由来の物質を出来る限り使用しない新たな接着技術を開発する必要がある。昨年度は、スクロースとポリリン酸アンモニウム(APP)を原料とした接着剤を用いて合板の製造を試みるとともに、接着剤の反応特性を検討した。今年度は、スクロースに対してパラトルエンスルホン酸(PTSA)を用いた場合の硬化挙動を検討するとともに、廃糖蜜を接着剤として利用したソルガムバガスパーティクルボードの性能向上についての検討を試みた。

#### 3. 研究成果

近年、スクロースを接着剤として用いた木質材料の研究が進められているが、その硬化挙動に関する報告は少ない。そこで、スクロースに PTSA を添加した際の熱的性質や熱処理物の熱水不溶化率を調べるとともに、硬化反応について検討した。DSC やTGA による熱分析の結果、スクロースのみの熱特性よりも大幅に低下し、120~130  $^{\circ}$ で吸熱ピークと顕著な重量減少を示した。また動的粘弾性測定の結果、PTSA による硬化は、クエン酸やリン酸二水素アンモニウムを添加した従来の研究で検討されてきた場合よりも低温から開始することが認められた。熱水不溶化率の結果、最適なスクロース/PTSA 混合比と加熱条件はそれぞれ 95:5 および 180  $^{\circ}$  、10 分間であり、高い熱水不溶化率を示すことが分かった。硬化反応を FT-IR により検討した結果、スクロースが熱分解によってフラン化合物に変化していることを認め、これが熱水に対して高い耐水性を示したと考えられた。

廃糖蜜を接着剤としたソルガムバガスパーティクルボードの製造では、ボード物性の向上を目指し、廃糖蜜とクエン酸に加え、酸化亜鉛(ZnO)や酸化グラフェン(GO)などの各ナノ触媒の添加効果を検討した。GOを添加した場合、他の場合と比較して高い曲げ性能と低い吸水厚さ膨潤率が得られ、GOの添加がパーティクルボードの特性を向上させるのに有効であることが分かった。

この他、共同研究者と競争的資金の獲得に向けて協議するとともに、今後の取り組み等について意見交換を行った。

#### 4. 付記 (関連の業績、発表など)

- 1. Yunia Frida Adelka1, Deni Purnomo, Sudarmanto, Narto, Bernadeta Ayu Widyaningrum, Murni Handayani, Jajang Sutiawan, Kenji Umemura, Dede Hermawan, Sukma Surya Kusumah: Effectiveness of Nanocatalyst in the Improvement of Sorghum Bagasse Particleboard Bonded with Bio-Adhesive, Jurnal Sylva Lestari, Vol. 11(3): 382-395 (2023) DOI: https://doi.org/10.23960/jsl.v11i3.765.
- 2. Shunsuke Sakai, Shuoye Chen, Miyuki Matsuo-Ueda, Kenji Umemura: Curing behavior of sucrose with p-toluenesulfonic acid, Polymers, 15(23), 4592 (2023) DOI: https://doi.org/10.3390/polym15234592.

#### 国際活動&アジアリサーチノード成果報告

#### 京都大学生存圈研究所

#### 大村和香子、Hubert LUCE、横山竜宏、渡邊崇人、田鶴寿弥子

#### 1. 概要

生存圏科学の国際化、特にアジア展開を進めるべく、2016 年度から「生存圏アジアリサーチノード(Humanosphere Asia Research Node(以下、ARN))」プログラムをスタートさせた。これは、インドネシアに ARN を整備・運営することで、生存圏科学を支え、さらに発展させる国際的な人材育成を進めるとともに、国際共同研究のハブ機能を強化することを目指している。「日 ASEAN 科学技術イノベーション共同研究拠点 ー 持続可能開発研究の推進」(JASTIP)など既に推進中のプロジェクトと連携して、旧インドネシア科学院(LIPI)の生物機能材料研究センター内に「生存圏アジアリサーチノード共同ラボ」を設置し、インドネシア国内の研究拠点(赤道大気レーダー、LAPAN 研究センター、建築研等)で国際共同研究やキャパシティビルディング等の活動を推進してきた。昨年度、インドネシアに於いて LIPI や LAPAN 等からインドネシア国家研究イノベーション庁(BRIN)への統合・改組がなされ、これに伴い学術交流協定(MoU)の再締結等を進めているところである。

#### 2. 国際活動

#### 2. 1 学術交流協定 (MoU) 締結状況

海外機関との人的交流・共同研究を促進するため、学術交流協定を積極的に締結している。 現在締結中の25件(うち主担当21件)のうち20件がアジア諸国との協定である。

#### 2.2 国際共同研究プロジェクト

赤道ファウンテン、熱帯バイオマスの生産・循環利用・環境保全、生存圏データベースの国際共同研究の3つのサブ課題に関する国際共同研究プロジェクトを推進している。

#### 2. 3. キャパシティビルディング

2024 年 9 月 25 日にドイツ・レーゲンスブルク大学の Heidrun Stoeger 教授が来所され、 Stoeger 教授らのグループが行っている「Global Talent Mentoring」について紹介いただいた(対面およびオンラインでのハイブリッド形式セミナーとして実施)。このメンタリング・プログラムは世界中の STEM 分野のメンターと、メンティーとして特に 16 歳以下を対象として両者をマッチングし、10 年間という長期にわたり、オンラインを利用した個別教育を行うというものである。大学サイドへは当該教育システムへの理解とともに、メンターとして の 役 割 を 期 待 さ れ て い る 。(参 考 : Global Talent Mentoring homepage: https://globaltalentmentoring.org/)

また、生存研で定例開催しているオープンセミナーの一部を、ビデオ会議システム Zoom

を利用して、宇治から国内各研究機関のほか、インドネシア BRIN に双方向配信し、最新研究の情報共有に努めた。

#### 3. 生存圏アジアリサーチノード国際シンポジウム

国内外で国際シンポジウムや国際ワークショップ、生存圏科学スクールを開催して、生存圏科学を支える国際的な人材を育成するもことも ARN の重要な活動の一つである。

2017年2月にはマレーシア理科大学と連携して、マレーシア・ペナンで第1回 ARN 国 際シンポジウムを、2017年7月には京都大学宇治キャンパスで第2回同シンポジウムを、 2018 年 9 月には台中市の国立中興大学において第 3 回同シンポジウムを、2019 年 12 月 26 日~27 日には中国南京市において南京林業大学と共催で第 4 回同シンポジウムを開催し た。2020年度は、新型コロナウィルス感染拡大に伴い、Web会議システム Zoom と Remo を用いて、2020年12月22日~23日に第5回をオンライン開催、2021年度は2021年9月 20 日~21 日に、赤道大気レーダー(EAR)の完成から 20 周年を記念した赤道大気に関する インドネシア国立航空宇宙研究所・京都大学国際シンポジウムと併催する形で第6回をオ ンライン (Zoom) 開催、2022 年度は、LIPI や LAPAN などの BRIN への改組と、当研究所 の新センター設置を受け、相互の研究組織の現状と将来の方向性を討議するための第7回 を開催した。なお第7回は第 10 回地球規模課題セミナー(10th Sustainable Development Seminar (SDS)) との併催とし、特に日本側の若手研究者と大学院学生を主な対象として、 東南アジア地域特にインドネシアの科学及び社会情勢などに関する最新情報を提供する場 を設けた。本年度は、2023年10月29日に第2回環境と持続的発展に関する国際会議(The 2nd International Conference on Environment and Sustainable Development (2nd ICESD)) & O 共催で、インドネシア・マカッサルの Hasanuddin 大学において、対面とオンラインのハイ ブリットで開催した。BRIN や Hasanuddin 大学のスタッフの協力のもと、現地・オンライ ンあわせて 80 名が参加し盛会となった。プログラムとしてはセッション 1(大気・エネル ギー)とセッション 2 (マテリアル・環境)を設け、持続可能な生存圏の構築に貢献する関 連科学分野の最新科学技術について議論した。なお、2nd ICESD は京都大学 ASEAN 拠点主 催の第18回東南アジアネットワークフォーラムとも共催され、第8回 ARN 開催の前日の 2023 年 10 月 28 日に同じく Hasanuddin 大学にて開催された。

#### 4. 今後の計画

国際的な学術交流の観点から、アジア諸国、欧米諸国、日本国内の様々な研究機関と研究者や大学院生の対面でのコミュニケーションの場を増やすとともに、オンラインのメリットを活かして、生存圏科学スクール(HSS)や国際生存圏科学シンポジウム(ISSH)等による若手教育の機会を提供していきたい。また、ARNに関する国際シンポジウムの企画や赤道大気レーダーを中心とする日本・インドネシア・諸外国の研究者との国際共同研究の継続、生存圏データベースの国際化を推進するための講義・セミナーなどを実施していきたい。

### 網羅解析による木造建築の耐震性能に与える 生物劣化の影響の見える化

#### 1. 研究組織

代表者氏名:井上 凉 (現職:熊本大学 大学院先端科学研究部)

共同研究者:中川貴文(京都大学 生存圈研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション4:循環材料・環境共生システム

ミッション5:高品位生存圏

#### 3. 研究概要

木造住宅は腐朽や蟻害といった生物劣化の影響を受けることによって耐震性能が低下する。住宅ストックの有効活用のためには残存耐震性能を把握し、状態に応じて適切な補修を施す必要があるが、耐震診断の際に生物劣化がみられた木造住宅の残存性能を詳細に把握する手法は定まっていない。

本研究の目的は、生物劣化の箇所や劣化度合い、劣化内容などの違いが木造住宅の耐震性能に与える影響を明らかとすることである。生物劣化を受けた構造要素の実験結果を反映した網羅解析の結果を分析することにより、劣化内容に応じた詳細な評価が可能となること、さらに耐震診断やその後の耐震補強における指針の作成に寄与するデータの作成を目指している。

#### 4. 研究の背景と目的

既存住宅を長期利用するためには、残存耐震性能を適切に評価し、状況に応じた 適切な耐震補強・補修を施す必要がある。木造住宅は腐朽や蟻害といった生物劣化 を受けることによって耐震性能が低下するが、そのような木造住宅の残存性能を詳 細に評価する手法は定まっていない。

現在の残存耐震性能評価は、劣化が疑われる部分にドライバーを直接突き刺し、 その刺さり具合によって劣化度を判断するなど、診断者の感覚に頼る部分が大きい。 さらに、現状の耐震診断における耐力壁の劣化に関わる低減係数は、接合部の強度 性能値を低下させた解析結果を基に定められており、実験的な根拠はない。

これを受けて、より定量的な評価を目指して劣化診断機器としてピン貫入抵抗測 定装置を取り上げ、木材や接合部、耐力壁の残存性能などとの関係についてデータ の蓄積が進められている状況であり<sup>例えば1)</sup>、これを用いた耐震性能評価が可能となる ことが望まれる。

また、生物劣化がよく見られる個所として、水回り付近や仕上げにクラックがみられた開口部付近の部材などといった水分が供給されやすい場所であることが知ら

れているが、劣化の箇所によっては構造的には大きく影響しないなど、劣化箇所や 程度、組み合わせが耐震性能に与える影響についての分析が必要である。

本研究では、生物劣化の箇所や劣化度合い、劣化の内容などの違いが木造住宅の耐震性能に与える影響を明らかとすることを目的とする。生物劣化を受けた構造要素の実験結果を反映した網羅解析の結果を分析することにより、劣化内容に応じた詳細な評価が可能となること、さらに耐震診断やその後の耐震補強における指針の作成に寄与するデータの作成を目指す。

今後蓄積が進むと期待している実物件の劣化状況と併せて整理することで、これまで定量的に評価することが難しかった生物劣化を受けた住宅の耐震性能の評価手法を示し、耐震補強の促進に資する資料となることを期待しているところである。

#### 5. 研究の結果および考察

本研究は、次の流れで進める計画である。まず、現在蓄積を進めている生物劣化処理を施した耐力壁や接合部などの実験データを整理し、住宅の解析モデルに入力するための復元力特性のモデルを作成する。次に、実物件の平面図を基に住宅の解析モデルを作成し、実験結果を基に作成した劣化した耐力要素の復元力特性を用いて、劣化度合いや劣化箇所を解析パラメータとした網羅的な解析をおこなう。

まず、強制腐朽処理を施した実大耐力壁試験体についてせん断実験をおこない、性能値のデータを蓄積した。住宅の振動解析のために劣化した耐力壁の骨格曲線を

作成することを想定し、特徴点の荷重および対応する変形の変化率をまとめるとともに、より実態に則した耐力低減係数を検討した。

耐力壁のせん断実験の様子を写真 1 に示す。試験体は幅 910mm、高さ 2730mm とし、厚さ 9mm の針葉樹合板を用いた合板耐力壁、3 つ割り筋かい(筋かい厚さ 30mm)、2 つ割り筋かい(筋かい厚さ 45mm)の3種について、柱脚部に腐朽処理を施した後、せん断実験に供した。なお、実験は実住宅の重量 2)を想定した載荷式で実施した。

合板耐力壁については、釘接合部および引張力が作用する柱脚部、筋かい耐力壁においては、引張力が作用する柱脚部の腐朽や筋かい端部、その接合部周りの腐朽が耐力壁としての性能に与える影響



写真1 耐力壁のせん断実験の様子



写真2 筋かいの引張破壊

が大きい傾向がわかった。腐朽が著しい場合には、柱脚のほぞのせん断破壊や写真 2 に示すような筋かいの引張破壊、圧壊などといった脆性的な破壊がみられ、強度特性値が大幅に減少した。

図1に例として、引張力を受ける2 つ割り筋かいについて、実験結果に基 づき骨格曲線の折れ点の変化率を取 り、健全時の骨格曲線にかけ合わせた 結果と、短期許容せん断耐力の低減率 を示す。なお、劣化度はピロディンの打 ち込み深さに応じて健全から劣化度 3 までの4種を提案している1)。既存住 宅の残存耐震性能を調査するための指 標として、日本建築防災協会が出版し ている「木造住宅の耐震診断と補強方 法」がある3。この中の耐力壁の劣化に 関する項目において、生物劣化がみら れた耐力壁の耐力低減係数について、 接合部の強度性能値を低下させた解析 結果を基に、例えば基準耐力が 4.0 か ら 6.0kN/m の耐力壁で上階のある条件 では 0.7 としている。実験結果を基に 耐力低減係数を提案すると、劣化の進 んだ試験体では、全体的に 0.5 程度、引 張筋かいでは 0.3 程度となり、既存指 標と比較して耐力低下が大きくなる場 合があることを確認した。

地震応答解析は、特定箇所の劣化を 考慮できる木造住宅倒壊解析ソフトウェア Wallstat <sup>4)</sup>を用いて実施する。ここでは、1 階の水回りと隅柱の柱脚部付近が劣化したと仮定して、地震時の応答に与える影響を模擬的に検討した。図 2 に示す延面積 118m²、壁量充足率 1.4(X 方向)の木造住宅を対象に、耐力壁を 2 つ割り筋かいと合板壁のみとして解析

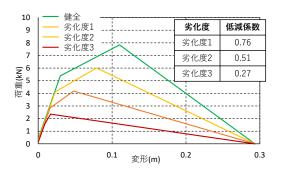


図1 2つ割り筋かい引張側の性能曲線と耐力低減係数



図2 解析モデル

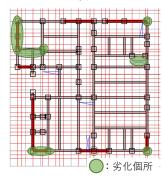


図3 解析モデルの劣化想定箇所

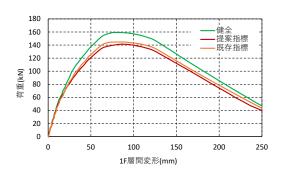


図4 プッシュオーバー解析の結果

表 1 BSL2 波 (85%) X 方向入力結果

	1層の最大応答変形			
健全	55.1mm (1/50rad)			
既存低減率	75.8mm (1/36rad)			
提案低減率	90.6mm (1/30rad)			

した。1 階平面図と劣化想定箇所を図 3 に示す。解析条件は、劣化なしの場合、劣化が著しい場合を想定し既存指標を参考として仮に骨格曲線を一律 0.7 倍とした場合、本研究で得られた変化率(劣化度 3)をかけ合わせた場合の 3 種とした。

プッシュオーバー解析によって得られた1層の荷重変形関係を図4に示す。健全の場合と比較して、復元力の低下が表れることを確認した。本検討では、既存指標と提案指標の差は小さくなったが、耐力要素がより耐力低下が大きい筋かいの場合には、既存指標と比較して住宅の耐力低下が大きくなると考える。また、筋かいの方向に偏りがある場合には、特に耐力低下が大きい引張力を受ける筋かいの影響が大きくなる可能性がある。また、BSL波(第二種地盤)の85%をX方向に入力した場合の1層の最大応答変形を表1に示す。今回の解析条件においては、劣化がある場合の方が最大応答変形が増加した。最大応答変形については入力地震波の影響が大きいものの、健全の場合と比較して応答増加の可能性があることを確認した。

#### 6. 今後の展開

解析モデルに入力するための劣化した耐力壁の性能曲線を作成するなど、解析のための準備を進めた。次のステップとして、木造住宅の平面プランを基に、劣化度合い及び劣化箇所をパラメータとした地震応答解析を網羅的に実施し、感度分析によってその影響を考察する予定である。

これまでの取り組みにおける課題点として、多数の部材 1 つ 1 つが劣化した場合について解析し、耐震性能への影響を分析することが困難であったため、解析結果の蓄積量が十分ではなかったこと、詳細な劣化調査は破壊を伴うことから、調査可能な物件が制限されており、分析のために必要な棟数や生物劣化の事例が集まらなかったことが挙げられる。これに対して、本研究では解析にスーパーコンピュータを用いることで、一度に大量の解析結果が得られる。網羅的な解析によって様々な劣化パターンについて検証することが可能となり、データの更なる拡張が期待できる。得られた膨大なデータは機械学習を取り入れた手法によって効率的に分析が可能となる見込みであり、数ある生物劣化パターンから影響度の高いものが抽出できると考えている。

#### 7. 引用文献

- 1) 西野進,他5名:生物劣化を受けた木質構造物の残存性能評価に資するデータベースの提案,日本建築学会大会学術講演便概集(東北),pp. 609-610, 2018.
- 2) 青井秀樹, 他 4 名: 木造住宅の構造部材に生じる各種応力の許容応力度に対する 割合(第1報)一般地域に建設された住宅の柱と土台,木材学会誌,Vol. 54, No. 4, pp. 208-215, 2008.
- 3) 建築防災協会: 木造住宅の耐震診断と補強方法 指針と解説編, pp. 79-81, 2012.
- 4) 中川貴文: 大地震時における木造軸組構法住宅の倒壊解析手法の開発, 建築研究 資料, 第128号, 2010.

#### 炭素安定同位体を用いた樹木炭素蓄積量に影響する要因の解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名:田邊智子(京都大学 生存圏研究所) 共同研究者:高橋けんし(京都大学 生存圏研究所)

#### 2. 関連ミッション

ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 3. 研究概要

樹木の炭素固定量とその気候応答解析は全球的な喫緊の課題である。従来の研究では、ある高さの幹の肥大量を指標とし、気候との関係を網羅的な統計解析により指摘するに留まっていた。本研究の目的は、樹木成長量に直接影響を与える光合成期間を特定することにある。幹と枝の伸長量と肥大量に着目し、成長期間をフェノロジーで区切ったうえで、各成長に使われる炭素がいつの光合成に由来するかを明らかにする。樹木成長量の気候応答解析の際に着目すべき期間を、根拠を持って提示できるようになることが期待できる。今後起こるとされる環境変動に対して、樹木成長量がどのように変化し得るかといった予測への直接的な貢献が期待できることから、ミッション 1: 環境診断・循環機能制御に関わる研究課題である。

#### 4. 研究の背景と目的

人為由来で放出された  $CO_2$  は陸域と海域が吸収し、残りが大気に蓄積される。過去 80 年間において、人為由来の  $CO_2$  放出量と海域による吸収量はほぼ一定の右肩上がりを示すが、陸域による吸収量は顕著な年変動を示し、誤差範囲も一番大きい $^{1)}$ 。 したがって、全球的な炭素循環予測を改善するためには、陸域の巨大な炭素プールである森林の炭素蓄積能を確からしく推定することが不可欠である。

樹木は光合成により大気中の炭素を吸収する。取り込まれた炭素は、分裂組織の異なる伸長成長と肥大成長というふたつの成長に使われると長期間樹体内に蓄積される。そのため樹木成長量は、地球の炭素循環を考えるうえで長期的に炭素を留めておく要素の一つとして重要である。樹木成長量の年変動は、幹の高さ1.3 m(胸高)の肥大量を指標とした評価が主流であり、それらと気象要素との網羅的な統計解析を行うことで、成長量に影響しうる気象要因が抽出されてきた2)。

一方で、胸高の幹肥大量の多い年に、幹伸長量や枝肥大量も多いとは限らない<sup>3,4)</sup>。 つまり、ある高さの幹肥大量では、個体全体の成長量の年変動を正しく評価できていない可能性がある。またこれまでは月別の気象データを用いた解析が踏襲されてきたが、同じ月でも上旬と下旬では成長段階が異なるため、月別の期間は樹木の成長開始や停止といった成長フェノロジーと対応していない。 本研究では、従来の解析では見過ごされてきた幹肥大量以外の成長にも着目したうえで、樹木の成長量を大きく左右する光合成期間を明らかにすることを目的とした。具体的には幹と枝の伸長量と肥大量を対象に、成長フェノロジーの測定と炭素安定同位体を利用した光合成産物の追跡を繰り返し行うことで、樹木の時間軸で期間を区切ったうえで、その間の光合成産物の行き先を照合する。各器官の成長量に直結する光合成期間が分かれば、その間の気温や日射量といった環境要因が、それぞれの成長量に大きく関与していることが示唆される。

#### 5. 研究の結果および考察

京都大学北白川試験地(京都府京都市左京区)を調査地とした。3 年生のモミ(Abies firma) 苗 80 個体を準備し、2023 年 1 月にひと個体ずつ鉢に植えた。

成長フェノロジー測定は 5 個体を対象とし、2023 年成長期について計測を行った。 肥大量は、幹の字際から 5 cm位置および樹冠下部の一次枝基部にマイクロデンドロメーター (MIJ-02LMS; Environmental Measurement, Fukuoka, Japan) を装着して直径変化をロガーに記録した。伸長量は、幹および樹冠上部の一次枝と樹冠下部の一次枝を対象とし、試験地へ通い物差しで当年枝長を計測した。

炭素安定同位体を利用した光合成産物の追跡は、 $^{13}CO_2$ をトレーサーとして用いた。 大型ビニール袋で個体を覆い、高濃度の  $^{13}CO_2$  を光合成により葉から吸わせること で炭素をラベルした。ラベリングは 2023 年成長期に計 9 回行い( $^{3}IO$ ,  $^{3}IO$ ,  $^{4}IO$ ,  $^{4}IO$ ,  $^{4}IO$ ,  $^{5}IO$ ,  $^{$ 

成長の開始時期は、伸 長成長と肥大成長とで 異なった(図1)。伸長成 長の開始日は、幹で DOY82(3月23日)、枝 でDOY83(3月24日) であった。肥大成長の開 始時期は、幹でDOY145 (5月25日)、枝で DOY137(5月17日)で あった。

伸長成長の成長停止 時期は、幹で DOY154 (6 月 3 日)、枝で DOY147 (5 月 27 日) であった。 肥大成長の停止時期は

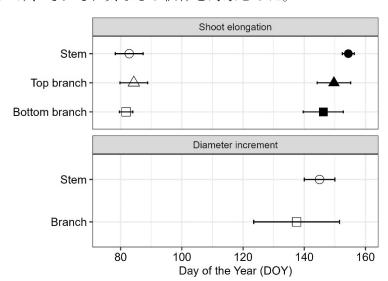


図1:伸長量と肥大量の成長フェノロジー。上段は伸長成長を、下段は肥大成長を表す。白抜きの印( $\bigcirc$ ,  $\triangle$ ,  $\square$ )は成長開始日を、塗潰しの印( $\blacksquare$ ,  $\blacktriangle$ ,  $\blacksquare$ )は成長停止日を示す。エラーバーは標準偏差を示す。

不明瞭であったため、停止時期の定義を検討中である。いずれにしても伸長成長と

肥大成長は、幹枝ともに成長時期が異なることが明らかになった。

#### 6. 今後の展開

成長フェノロジーの計測結果に基づいて分割した期間(図 2,  $i \sim iv$ )にラベリングを実施した個体を対象に、同位体分析を行う。伸長成長は当年伸長部の軸を採取し、肥大成長は当年の年輪内から木片を採取して同位体分析を行う。それぞれの期間に取り込まれた  $^{13}$ C が、幹枝の伸長と肥大部分といった各器官で検出されるかを明らかにする。 $^{13}$ C の濃度を当年成長量に乗じて、 $^{13}$ C の固定された量を算出し、各器官への配分割合を推定する。分配割合の低い器官には、ラベルした期間の光合成は重要ではないことが分かる。

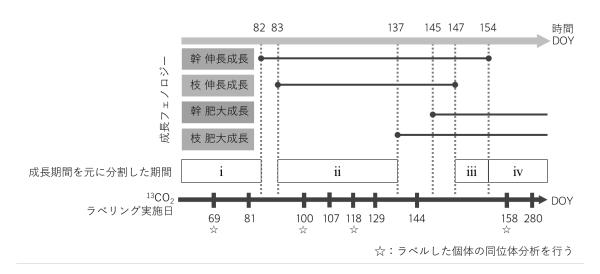


図2:実験の全体像と現状況

#### 7. 引用文献

- 1) Friedlingstein, P. et al., Global carbon budget 2022, Earth Syst. Sci. Data Discuss. 2022, 1–159, 2022.
- 2) Cook, E. R. & Kairiukstis, L. A., Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences, *Springer Science & Business Media*, 394pp, 1990.
- 3) Mäkinen, H. & Colin, F. Predicting branch angle and branch diameter of Scots pine from usual tree measurements and stand structural information. *Can. J. For. Res.* 28, 1686–1696, 1998.
- 4) Vennetier, M. et al. Climate change impact on tree architectural development and leaf area. Clim. Chang. realities, impacts over ice cap, sea Lev. risks. Rijeka, Croat. InTech, 103–126, 2013.

#### 8. 付記

#### 総説論文:

1. <u>田邊智子</u>. (2023) <総説> 樹木地上部における炭素蓄積量の年変動推定. *生存圏研究*, 19, 29-34.

#### 学会発表:

- <u>Tanabe, T.</u>, Dannoura, M., Kurachi, N., Matsuura, Y. "Interannual dynamics of aboveground production classified by apical and cambium growths and its drivers in *Picea* mariana", The International Boreal Forest Research Association (IBFRA) Conference, Finlandia, Helsinki, August 2023.
- 3. <u>田邊智子</u>, 檀浦正子, 松浦陽次郎. "幹の伸長量・肥大量が多い年は枝成長量も多いのか: クロトウヒの例", 第135回日本森林学会, 東京都, 2024年3月.
- 4. 神代花穂, <u>田邊智子</u>, 隅田明洋. "モミ苗木における幹枝の形態とフェノロジー", 第 135 回日本森林学会, 東京都, 2024 年 3 月.
- 5. 檀浦正子, 能勢美峰, 福田有樹, 松下通也, 三嶋賢太郎, 南尊正, <u>田邊智子</u>, Epron Daniel, 香川聡, 高梨聡, 小南裕志. "<sup>13</sup>C パルスラベリングを用いたスギ 2 品種の 炭素配分の季節変動", 第 135 回日本森林学会, 東京都, 2024 年 3 月.
- 6. 檀浦正子, 能勢美峰, 福田有樹, 松下通也, 三嶋賢太郎, 南尊正, <u>田邊智子</u>, Epron Daniel, 香川聡, 高梨聡, 小南裕志. "スギ 2 系統の地上部地下部における構造性・非構造性炭水化物の季節変動", 第 58 回根研究集会, 兵庫県, 2023 年 11 月.

#### その他講演:

- 7. <u>田邊智子</u>. "樹体のさまざまな位置の成長量に着目して樹木生産量の年変動を考える", 北海道大学名寄セミナー, オンライン, 2024 年 1 月 26 日.
- 8. <u>田邊智子</u>. "中学三年生にむけて—森林とわたしたち—", 私立横浜雙葉中学校総合 学習, 神奈川県, 2024 年 1 月 15 日.

#### 競争的資金:

- 9. 公益財団法人市村清新技術財団 植物研究助成,「樹木による炭素蓄積量とその年変動を定量評価するための指標検討」,1472 千円,2024 年 4 月-2027 年 3 月(代表)
- 10. 公益財団法人日本科学協会 海外発表促進助成, "Interannual dynamics of aboveground production classified by apical and cambium growths and its drivers in *Picea mariana*", 360 千円, 2023 年 8 月-2023 年 9 月 (代表)

#### 新規なリグニン分解反応系の開発とリグニン改変植物への適用

#### 1. 研究組織

代表者氏名:謝 冰(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:飛松裕基(京都大学 生存圈研究所)

高野俊幸(京都大学 農学研究科)

#### 2. 関連ミッション

ミッション2:太陽エネルギー変換・高度利用

ミッション5:高品位生存圏

#### 3. 研究概要

持続型社会の構築に向けて、化石資源に代えて再生可能資源である木質バイオマスを様々な有用化成品に変換するバイオリファイナリーシステムの開発研究が世界的に加速している。木質バイオマスの主要成分であるリグニンは、地球上で最も豊富に存在する芳香族ポリマーであることから、プラスティックや燃料等に変換可能な芳香族系化成品の原料としての利用が期待されている。本研究では、持続型社会構築に寄与するリグニンの高度利用に向けたリグニン分解反応系の開発を行う。申請者がこれまで開発を行ってきた電解メデイエーターシステム(EMS)酸化反応の実用化に向けた各種バイオマス試料への適用を行うとともに光触媒等を用いた新たなリグニン分解反応系を探索する。さらに、これらリグニン分解反応系を生存圏研究所で開発されたリグニンの構造を改変した遺伝子組換え植物や変異体に適用し、反応系の最適化と原料リグニンの構造制御の相乗効果によるリグニン分解効率の向上を図る。

#### 4. 研究の背景と目的

化石資源過剰消費に起因する地球温暖化問題や環境汚染、資源枯渇に対する不安など、様々な側面から、化石資源に代えて、木質バイオマス等再生可能資源から化成品・マテリアル・燃料を製造する効率的なバイオリファイナリーシステムの開発が急務の課題になっている。木質バイオマスを構成する三大成分の一つであるリグニンは、再生可能芳香核資源として、種々の有用芳香族化成品に変換し、利用することが期待されている。

リグニンは種々の C-C 及び C-O-C 結合からなる複雑かつ多様な高分子構造を持つことから、従来のリグニンの低分子変換法では、過酷な反応条件(高温・高圧)が必要とされ、副反応が制御できない、生成物の選択性が低い、生成物の再重合の進行、生成物の分離と精製に関する課題など問題点が多数あった。現在多くのリグニン分解研究が、高選択性で温和な条件下で、リグニンを特定の化学品に直接変換できる解重合プロセスの開発に着目している。このようなリグニン分解反応には、例えば逆アルドール反応、水素化、触媒的好気性酸化、電気触媒酸化、光触媒酸化などが含まれる。

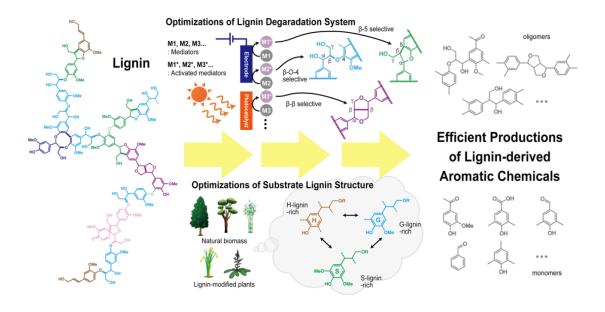


図1. 本研究課題の概念図

研究代表者は、バイオミメティックなリグニンの酸化分解反応システムとして、電解メディエーターシステム(EMS)酸化反応の開発を行ってきた。これまで、各種メディエーターを利用したリグニンモデル化合物の EMS 酸化を検討し、リグニンの EMS 酸化に有効なメディエーターを複数見出すとともに、異なるメディエーターがリグニンの主要結合様式に対して異なる反応選択性を示すことを明らかにしてきた  $^{1-2}$ 。本研究では、生存圏研究所が有する高度なバイオマス構造解析技術と有用なリグニン改変植物リソースを活用して、EMS 酸化反応の実用化に向けた更なる検討を行うとともに、光触媒等に着目した新規な環境調和型リグニン酸化分解反応系の探索を行う。 さらに、これらリグニン分解反応系を生存圏研究所で開発されたリグニンの構造を改変した遺伝子組換え植物や変異体に適用し、反応系の最適化と原料リグニンの構造制御の相乗効果によるリグニン分解効率の向上を図る(図 1)。これらのアプローチの達成により、生存圏研究所が目指す木質バイオマス資源の利活用を通じた持続的社会の実現に貢献できると考えている。

#### 5. 研究の結果および考察

これまで、各種メディエーターを用いたリグニンモデル化合物の EMS 酸化を検討し、特にリグニンの主要結合様式( $\beta$ -O-4 結合、 $\beta$ -5 結合、 $\beta$ - $\beta$  結合)に対して高い反応性を示すメディエーターとして、ABTS<sup>1</sup>、鉄ビピリジン [Fe(bpy)<sub>3</sub>] <sup>2</sup>、LA/HBT 併用系を見出している。さらに、高分子リグニンモデル化合物(G-DHP)の EMS 酸化実験から、ABTS は、 $\beta$ -O-4 結合と $\beta$ - $\beta$  結合を優先的に酸化する

図 2. 各種 EMS 酸化用メディエーター

こと、 $Fe(bpy)_3$  は  $\beta-O-4$  結合、 $\beta-5$  結合、 $\beta-\beta$  結合すべてを効率的に分解すること、LA/HBT 併用系では、 $\beta-O-4$  結合と  $\beta-5$  結合の酸化が優先的に起こることが分かっている(表 1)。

本研究では、上記のメディエーターを用いた EMS 酸化反応のバイオマス及び単離リグニン試料への適用を検討している。昨年12月に着任後、これまでに、針葉樹スギから MWL (milled wood lignin)を調製し、ABTS、Fe(bpy)3、LA/HBT 併用系を介した EMS 酸化反応を実施した。現在、電解酸化反応の進行を確かめるために、電解残渣の 2D HSQC NMR 解析及び GPC 分析を行っているところである。また、電解酸化反応により生成した低分子芳香族化合物を定量評価するため、電解反応後にリグニン由来の低分子芳香族化合物を効率よく抽出する後処理条件と GC-MS 解析条件の検討、広葉樹ユーカリ及びイネ科植物タケからの MWL の調製も進めている。

表 1. G-DHP の EMS 酸化反応前後における 2D HSQC NMR スペクトル上の 主要結合様式及び末端構造由来シグナルの強度変化

Residue	β-0-4	β–5	β–β	Coniferyl alcohol	Conifer- aldehyde	Benz- aldehyde
	$\mathbf{A}_{\alpha}$	$B_{\alpha}$	$C_{\alpha}$	$X_{\gamma}$	Χ'γ	Χ"α
Original G-DHP	13	32	6	33	2	-
ABTS	6	28	2	1	33	8
Fe(bpy) <sub>3</sub>	5	-	-	6	-	12
LA/HBT	6	8	9	16	2	2

#### 6. 今後の展開

EMS 酸化反応については、引き続き、針葉樹(スギ)、広葉樹(ユーカリ)、イネ科(タケ)のバイオマス及び単離リグニン試料への適用を検討する。反応前後のバイオマス試料及びリグニン試料の構造変化を、高分子成分については主に 2D HSQC NMR 分析及び GPC分析によって、低分子成分については主に LC-MS 及び GC-MS 分析によって解析し、特にリグニンの各主要結合様式の分解に着目して、定性・定量評価を行う。メディエーターの種類とともに反応条件(電解温度・溶媒・電極・酸化助剤の添加など)を検討し、リグニンの効率的かつ結合様式選択的な分解に向けて最適化する。また、リグニンの構造を様々に改変したイネ組換え株及び変異株 3.4 のバイオマス及び単離リグニン試料の EMS 酸化も実施し、上記の天然バイオマス試料の検討と同様に反応前後のリグニンの構造変化を定量的に評価する。反応選択性の異なるメディエーターの適用と原料リグニン構造制御(芳香核組成・結合様式分布)の相乗効果により、リグニンの酸化分解効率の向上を図る。

また、新たなリグニンの酸化分解反応系の探索も行う。太陽エネルギーを利用した光触 媒反応は、温和かつクリーン、エネルギー効率が高く、かつ技術的にシンプルで低コスト な反応として期待されていることから<sup>5</sup>、特に光触媒メディエーターシステムを用いたリ グニンの分解を検討する予定である。

#### 7. 引用文献

- Xie B, Tobimatsu Y, Kamitakahara H, et al. Reaction selectivity in electro-oxidation of lignin dimer model compounds and synthetic lignin with different mediators for the laccase mediator system (PZH, NHPI, ABTS), ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 10, 6633-6641, 2022.
- 2) Xie B, Tobimatsu Y, Narita K, et al. Electro-oxidation of lignin model compounds and synthetic lignin with transition-metal complexes (manganese and iron complexes), *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **10**, 16701-16708, 2022.
- 3) Takeda Y, Suzuki S, Tobimatsu Y, et al. Lignin characterization of rice *CONIFERALDEHYDE 5 HYDROXYLASE* loss-of-function mutants generated with the CRISPR/Cas9 system, *The Plant Journal*, **97**, 543-554, 2019.
- 4) Anderson NA, Tobimatsu Y, Ciesielski PN, et al. Manipulation of guaiacyl and syringyl monomer biosynthesis in an Arabidopsis cinnamyl alcohol dehydrogenase mutant results in atypical lignin biosynthesis and modified cell wall structure, *The Plant Cell*, 27, 2195-2209, 2015.
- 5) Li S, Park S, Sherman B D, et al. Photoelectrochemical approaches for the conversion of lignin at room temperature. *Chemical Communications*, **59**, 401-413, 2023.

#### 8. 付記

#### 国内学会における発表

1) <u>謝冰</u>, 飛松裕基, 寺本好邦, 高野俊幸, 過酸化脂質を媒介とするリグニンの electrolytic mediator system (EMS) 酸化反応, 第74回日本木材学会, 2024年3月(発表予定)

## 令和5(2023)年度 オープンセミナー

回	開催	月日	演者	題目	参加 者数		
295	5	31	陳 碩也 (Shuoye CHEN)  (生存圏研究所・助教)  Potential of AI techniques for elucidating the relationship between anatomical features and mechanical behavior of wood				
296			田邊 智子 (生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	枝の節や年輪を手掛かりに樹木が蓄積した炭素量を考える	45		
297	6	28	井上 涼 (生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木造住宅の耐震性能に与える生物劣化の影響の見える化への 取り組み	43		
298		19		Field test performance of treated wood-based and wood-polymer composites	36		
299	7	7	7	26	柴田 晃 (立命館大学 01C 総合研究機構·教授)	バイオ炭を使った農地炭素貯留と環境保全エコ・ブランド クルベジ COOL VEGE®	24
300	9	20	三木 恒久 (産業技術総合研究所・ 主任研究員)	産総研 木質 CCUS プロジェクトの概要	33		
301		27	仲畑 了	高齢林成長データを考慮したスギ林の炭素蓄積量の予測	37		
302	10	18	謝 怡凱(Yikai Hsieh) (生存圏研究所・講師)	Wave-particle interactions between electromagnetic cyclotron waves and energetic electrons in the inner magnetosphere	27		
303		25	三上 文三 (生存圏研究所・特任教授)	結晶構造によって酵素の働きは分かるのか? - β-アミラーゼを例として-	35		
304	11	15	村田 健史 (情報通信研究機構・研究統括/ 生存圏研究所・客員教授)	COTS (商用オフザシェルフ) ベースでの月惑星通信技術 〜低コスト宇宙開発を目指して	30		
305		29	伊藤 雅之 (生存圏研究所・准教授)	東南アジア熱帯泥炭林の農園化が大気環境に及ぼす影響	38		
306	12	20	矢野 浩之 (生存圏研究所・教授)	C セルロースナノファイバーとともに 42 年 - 則元モデルがクルマになるまで -			
307	1	31	渡辺 隆司 (生存圏研究所・教授)	持続可能社会構築に向けた植物細胞壁リアッセンブリ素材の 創成			
308	2	14	矢崎 一史 (生存圏研究所・教授)	生物の窒素栄養を支えるマメ科植物 一微生物相互作用にかかわる膜輸送体	67		
				合計	626		

#### 295<sup>th</sup> Regular Open Seminar (2023/5/31)

Title: Potential of AI techniques for elucidating the relationship between anatomical features and mechanical behavior of wood

Speaker: Shuoye CHEN (Assistant Professor, RISH)

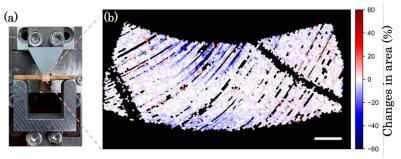
Related RISH mission: Mission 4, Mission 5

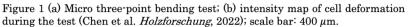
#### Abstract:

Wood is a plentiful and renewable resource extensively used in construction and manufacturing industry, including furniture production, musical instrument crafting, and paper manufacturing. As a natural material, its mechanical properties vary due to the distinctive anatomical features inherent in different wood species. The exploration of the relationship between anatomical features and the mechanical behavior of wood remains an ongoing subject of research.

In this presentation, two recent studies will be introduced to showcase the potential of artificial intelligence (AI) approaches in elucidating this relationship. The first study focuses on cell deformation analysis using computer vision techniques. A deep learning-based semantic segmentation approach is successfully applied to partition individual wood cells in cross-sectional image. Additionally, by combining a particle tracking algorithm, it becomes possible to evaluate the deformation of thousands of cells simultaneously during mechanical testing (Figure 1).

The second study applies machine learning approaches to predict the mechanical properties of wood. The convolutional neural network was used to accurately predict the modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) of wood in the transverse direction based on its cross-sectional image. Moreover, AI explainable technology was used to clarify important features located in the cross-sectional images that are highly related to the predicted result (Figure 2).





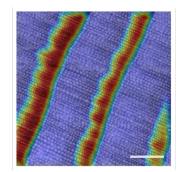


Figure 2 Activation map that shows the region related to the prediction of MOE; scale bar:  $400 \mu m$ .

#### 第 296 回 定例オープンセミナー(2023/6/14) 資料

題目:枝の節や年輪を手掛かりに樹木が蓄積した炭素量を考える

発表者:田邊 智子(生存圏研究所 大気圏環境情報分野・ミッション専攻研究員)

関連ミッション:ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 要旨:

樹木は光合成により大気中の二酸化炭素を取り込み、その炭素を材料に成長します。成長に使われた炭素は、樹木が枯れて分解されるまで樹体内に蓄積されます。普段見かける大きな樹木は、それだけ沢山の炭素を蓄積してきたことになりますが、一年あたりの蓄積量は年により変動することも分かっています。わたしの研究では、樹木による炭素蓄積量の年変動に着目し、その要因を明らかにすることを目指してきました。どんな年に炭素蓄積量が多く、または少ないのかが分かれば、気候変動が進んだ場合の樹木による炭素蓄積量を確からしく予測することに繋がります。

樹木の炭素蓄積量は、伐採して個体の重さを量ることで概算することができますが、年変動を調べるには毎年同じ個体の重さを量る必要があるため野外では困難です。樹木は分裂組織の異なる伸長成長と肥大成長というふたつの成長を繰り返しながら成長します。伸長量は幹や枝の節間長を、肥大量は年輪幅を計測することで過去何年分もの成長量を遡って推定することが可能です。特に幹の肥大量は、樹木成長量の年変動を類推する指標として使われてきましたが、これらは伸長量の年変動と必ずしも一致しないことが分かり始めました。つまり幹の肥大量では、樹木個体の成長量、つまり炭素蓄積量の年変動を正しく評価できていない可能性があります。またその要因として、伸長と肥大は異なる要因の影響を受けている可能性が考えられます。

本発表では、常緑針葉樹クロトウヒを対象に、幹枝の伸長量と肥大量の年変動について調べた研究課題を紹介します。10個体分の幹と各個体から採取した計200本の一次枝について、過去20年分の伸長量と肥大量を計測したところ、各成長量は固有の年変動を示しました。このことは、どこかひとつの成長量を指標とした場合、樹木全体の成長量の年変動を正しく推定できない可能性を示唆しています。また実際に、月別の平均気温や合計降雨量を用いた網羅的な統計解析により、成長量に重要と思われる時期や気候要因が伸長量と肥大量とで異なる可能性が明らかになりました。

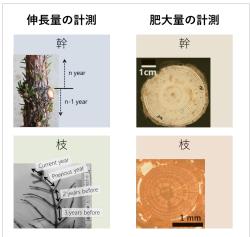


図1 幹と枝の伸長量と肥大量。 伸長量は節間長を、肥大量は年輪 幅を計測した。

#### 第 297 回 定例オープンセミナー (2023/6/28) 資料

題目:木造住宅の耐震性能に与える生物劣化の影響の見える化への取り組み

発表者:井上 涼(生存圏研究所・ミッション専攻研究員)

関連ミッション: ミッション4:循環材料・環境共生システム

ミッション 5: 高品位生存圏

#### 要旨:

木造住宅は腐朽や蟻害といった生物劣化を受けた場合に耐震性能が低下する。既存住宅を長期利用するためには、状況に応じた適切な耐震補強・補修が必要となるが、生物劣化がみられた木造住宅の残存耐震性能を詳細に評価する手法は定まっていない。現在、既存住宅の残存耐震性能の評価にあっては、劣化が疑われる部分にドライバーを直接突き刺し、刺さり具合によって劣化度を判断するなど、診断者の感覚に頼る部分が大きい。そこで、より定量的な評価が可能となることを目指して、劣化診断機器としてピン貫入抵抗測定装置を取り上げ、木材や接合部の残存性能などとの関係についてのデータの蓄積が進められており、これを用いた耐震性能評価が可能となることを目的とした研究に取り組んでいる。

生物劣化がよく見られる個所は、水回り付近や仕上げにクラックがみられた開口部付近の部材

などといった水分が供給されやすい場所であるこ とが知られている。例えば写真1は浴室周りの土台 が腐朽被害を受けて崩れている例である。一方で、 劣化箇所によっては地震に対する性能には大きく 影響しない場合がある。劣化内容に応じた詳細な評 価を可能とするためには、劣化箇所や程度の異なる 数多くの劣化パターンについての分析が必要であ る。そのため、実際に劣化した構造要素の実験デー タを用いた木造住宅の地震シミュレーションを実 施し、データの拡充を図る。例えば、写真2は合板 耐力壁の下部に強制的に腐朽被害を発生させた試 験体を製作し、実験によって性能を確認している様 子である。シミュレーションによって得られたデー タを分析することによって、これまで定量的に評価 することが難しかった生物劣化を受けた住宅の耐 震性能の評価手法の提案を目指している。

本発表では、生物劣化を受けた木造住宅のより実態に則した残存性能評価を目指したこれらの取り組みについて紹介し、今後の展望について述べる。



写真 1: 腐朽被害を受けた浴室周りの土台



写真2:腐朽した耐力壁の加力実験の一例

#### 298th Regular Open Seminar (2023/7/19)

Title: Long-term Field Test Performance of Preservative Treated Wood-based and Wood-polymer Composites

Speaker: Cihat Tascioglu (Professor, Duzce University, Faculty of Forestry, Dept. of Forest Industrial Engineering)

Related RISH mission: Mission 4

Abstract: The production of wood-based (WBC) and wood-polymer (WPC) composites has been increased considerable over the past few decades due to decreased forest resources and new developments in composite industry. The both composite types, since they enclosed substantial amount of solid wood, are prone decay fungi and termites if utilized without wood preservative treatments especially in outdoor environments. The post-manufacturing treatment is applied after the production of such composites and does not require any modification in composite manufacturing lines while some side effects on mechanical properties are reported. In-line treatments, incorporating biocides during the manufacturing process, might require some modifications on the manufacturing process but provides full protection throughout the board thickness.

The WBC were prepared from five commercially available structural use wood-based composites: softwood plywood (SWP), hardwood plywood (HWP), medium density fiberboard (MDF), oriented strand board (OSB) and particleboard (PB).

Zn-B incorporated particleboards and WPC are produced in RISH and a private company, respectfully. Alkaline copper quat (ACQ), copper azole (CA), accepted as alternatives to Chromated copper arsenate (CCA) worldwide, was used to post-manufacturing treatment of WBC in the current study. Zinc borate (Zn-B) is well accepted worldwide due to its environmentally greener record and high thermal stability was chosen for in-line treatment of PB and WPC.

The 100mm x 100mm specimens were prepared and installed in the Living-sphere Simulation Field (LSF) in a plantation forest in Fukiage, Kagoshima Prefecture in southeast Japan. A previously developed system to simulate performance of sill plates (dodai) in traditional Japanese homes was used in the field test. All specimens were visually inspected biannually around October and May according to AWPA E-21 standard on a scale from 10 to 0 for both decay and termite attacks during 14 years.

The field test result indicated that termite damage started earlier and the severity of attack was always higher regardless of composite types. The untreated controls wood-are not durable enough, even in protected above ground conditions, if they are used without protective treatment, with the exception of MDF. MDF displayed high natural durability and might be used under less hazardous conditions. Post treatment with ACQ and CA at

the retention levels tested significantly enhanced termite resistance of SWP, HWP, OSB and PB but failed full protection at the end of test period. While incorporation of ZnB during production of PB did not cause any mechanical property losses, durability of PB against decay and termite activity notably increased. After 14 years of exposure, ZnB PB specimens were able to hold highest decay (10) and termite (8.5) resistance among all tested specimens. ZnB integrated WPC had slightly lower resistance than ZnB-PB but after first 4-5 years some decay activity observed.

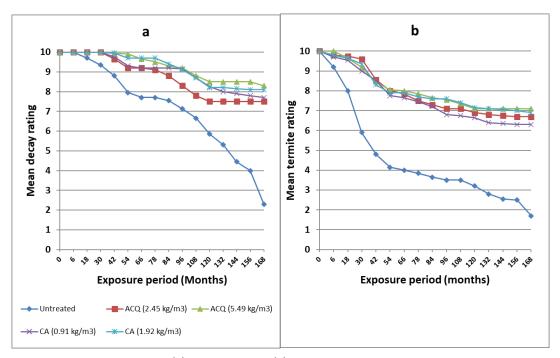


Fig 1: Progress in decay (a) and termite (b) attack on untreated, ACQ and CA treated OSB during 14 years of exposure.



Bottom faces (surfaces towards groundline) of specimens

Fig 2: Damage analysis of OSB specimens exposed to protected above ground conditions for 14 years in RISH, LSF, Fukiage, Kagoshima, Japan.

#### 第 299 回 定例オープンセミナー (2023/7/26) 資料

## 題目:バイオ炭を使った農地炭素貯留と環境保全エコ・ブランド

クルベジ COOL VEGE(R)

発表者:柴田 晃 (立命館大学 OIC 総合研機構日本バイオ炭研究センター・教授)

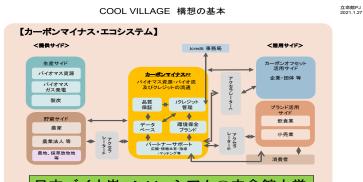
関連ミッション: ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション4:循環材料・環境共生システム

#### 要旨:

次の目次に沿ってバイオ炭 CCS とその社会実装について述べる。

- (1) はじめに CO2 削減における世界の動き
- (2) 日本の方針としての二酸化炭素削減目標
- (3) カーボンニュートラルとカーボンプラスに対するカーボンマイナス(炭素循環)
- (4) CDR(Carbon Dioxide Reduction) 二酸化炭素削減技術における除去技術
  - (4) -1 二酸化炭素削減の方法の多様性
  - (4) -2 炭素回収・貯留技術 CCS (Carbon Capture & Storage) における
- (5) カーボンマイナスプロジェクト Carbon Minus Project
  - (5) -1 日本においての社会的背景
  - (5) -2 J-クレジット制度方法論 バイオ炭埋設 (AG-004)
  - (5) -3 カーボンマイナスプロジェクト社会スキーム(社会実装に向けて)
- (6) バイオ炭利用による農地環境保全ブランド育成
- (7) バイオ炭の作り方(製造機械等)
- (8) バイオ炭農地炭素貯留による J-クレジット (AG-004) について
- (9) 日本バイオ炭コンソーシアム



バイオ炭を活用したカーボンマイナスのプラットフォームとビジネスエコシステム

日本バイオ炭コンソーシアム@立命館大学

#### 第 300 回 定例オープンセミナー (2023/9/20) 資料

題目:木質 CCUS プロジェクトの概要

発表者:三木 恒久 (産業技術総合研究所・研究グループ長)

**関連ミッション:**ミッション4:循環材料・環境共生システム

#### 要旨:

【はじめに】産業技術総合研究所(産総研)では、社会課題の解決をミッションとする研究プロジェクトの強化や、現在の社会情勢の変化を踏まえて、7つの研究領域(エネルギー・環境、生命工学、情報・人間工学、材料・化学、エレクトロニクス・製造、地質、計量標準)のシーズ技術を融合し、新たに取り組むべき技術課題へ対応するために『課題解決融合チャレンジ研究』なる内部プロジェクトを推進している。そのテーマの一つして、カーボンニュートラル 2050 に貢献するための木質資源に関わる材料・プロセス開発を行ってきた(CO2 のネガティブエミッションを最大化する木質資源複合材料高度循環技術の開発)。また、この中で見出したシーズ技術を基に、国家プロジェクト立ち上げるための産学連携体制を構築し、社会実装を目指した要素技術の開発を進めている(木質 CCUS を加速する資源循環システムの開発)。ここでは、その概要を紹介する。

【研究内容】現状、建設廃木材の多くは、エネルギー回収のため安直に燃焼され大量の CO2 を排出 (3000 万 t/年) し、ネガティブエミッションに貢献できていない。建築廃材等の木質資源から高品位なチップ等を選別・再資源化する技術を開発することにより、CO2 の固定化・有効利用可能な新素材や建材等の部素材原料への再利用が促進できる。更に、次世代複合材料として高機能化することで、複数回の循環利用や、付加価値の向上が期待できる。また、将来的には樹木の改良

で循環利用し易い次世代木材の生産も考えられる。

次世代複合材開発での CCUS 技術・資源循環技術として、廃棄木材から木質物性に応じた仕分け等を効果的に行う高度選別技術や、化学修飾し易い木材を生産する技術開発を目指す。更に、CO2 固定を活かし再資源化木質材や易解体ながら金属並みの強度や寿命をもつ建材等や生活密着製品として、何度も使用できる水平/アップリサイクル技術の創出を試みる。

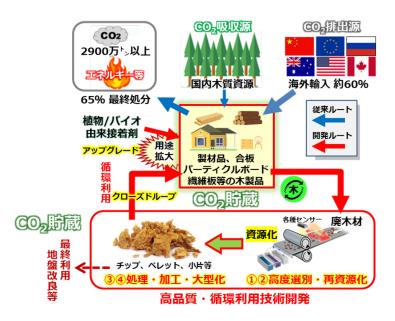


図 研究プロジェクトの概要

#### 第 301 回 定例オープンセミナー (2023/9/27) 資料

題目: 高齢林成長データを考慮したスギ林の炭素蓄積量の予測

**発表者**:仲畑 了 (東京大学大学院農学生命科学研究科・博士研究員)

関連ミッション:ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 要旨:

森林炭素蓄積の予測は森林資源管理のみならず、将来的な気候変動対策を講じるうえでの重要な指針となる。日本においては、森林に占めるスギ林の面積割合が高いことから、スギ林の炭素蓄積を正しく評価することが課題である。日本のスギ林は、多くが主伐期を迎えながらも、十分に利用されず将来的に高齢林化していくことが危惧される。また、スギは日本列島に広く分布する樹種であることから、地理的変異が樹木や林分の成長特性に現れることが知られている。そこで本研究では、加齢に伴うスギ林炭素蓄積量の変化のパターンを、高齢林を含む既存の文献データを用いて全国の地域別に明らかにし、更に森林管理のシナリオを用いて将来予測することを目的とした。スギ林の炭素蓄積量推定にあたり、2009年から2013年までの全国の標本スギ林の林齢と林分材積を林野庁が公開している第3期森林生態系多様性基礎調査データから取得した。加えて、高齢林を含むスギ林の材積および現存量データを既往研究から引用し、林齢と林分炭素蓄積量のデータセットを作成した。更に、炭素蓄積速度を第3期と第4期の森林生態系多様性基礎調査データの差分から求めた。スギ林の成長特性は地域によって異なる可能性が大きい。そこで、

最大蓄積量などのパラメーターを地域や林分レベルまで階層化した Richards 成長曲線を用いて林齢と林分炭素蓄積量の関係をベイズ推定により求めた。得られた関係式を用いて 2013 年時点からのスギ林の将来数十年間の炭素蓄積予測を行った。高齢林データを考慮すると、そうでない場合と比べて予測された蓄積量はかなり大きくなった。また、スギ林の最大炭素蓄積量や蓄積の速さは地域間で有意に異なることがわかった。これらの結果を踏まえて、日本のスギ林管理の今後の展望を考察する。

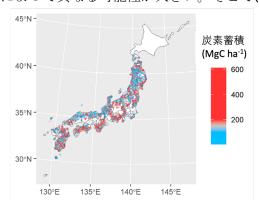


図1:スギ林の分布と炭素蓄積量

#### 302<sup>nd</sup> Regular Open Seminar (2023/10/18)

Title: Wave-particle interactions between electromagnetic cyclotron waves and energetic electrons in the inner magnetosphere

Speaker: Yikai Hsieh (Junior Associate Professor, RISH)

Related RISH mission: Mission 3

#### Abstract:

The Earth's inner magnetosphere is the region where the dipole magnetic field is dominant and includes plasmasphere, ring current, and radiation belts. Since charged particles perform collisionless motions in this area, wave-particle interaction is the significant process causing electron acceleration/deceleration and pitch angle scattering. The electron motions also affect the excitation, propagation, and damping of waves. Various plasma waves generate and propagate in the inner magnetosphere. With helix structures in both electric field and magnetic field, electromagnetic cyclotron waves, such as whistler-mode waves and electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves, can easily interact with gyrating electrons. Therefore, the wave-particle interaction between electromagnetic cyclotron waves and electrons is very active and plays a crucial role in magnetosphere dynamics.

This presentation will first introduce the features of electromagnetic cyclotron waves in the inner magnetosphere and the physical energy transportation between the waves and electrons. Then, I will talk about the generation and loss

processes of energetic electrons (energy > tens of keV and can be up to a few MeV) by showing numerical simulation results. In particular, nonlinear processes regarding various resonances in wave-particle interactions between oblique chorus emissions and energetic electrons will be discussed (Figure 1).

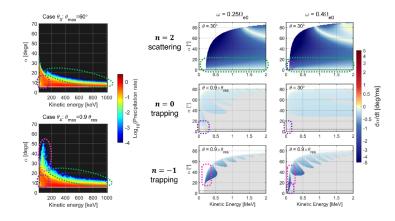


Figure 1: Energetic electron losses caused by various resonances in chorus wave-particle interactions. (left) Simulated electron loss. (right) Theoretical pitch angle changing rates.

#### 第 303 回 定例オープンセミナー (2023/10/25) 資料

題目:X線結晶構造解析によって酵素の働きは解明できるのか? - β-アミラーゼ を例として-

発表者:三上 文三(生存圏研究所・特任教授)

**関連ミッション:**ミッション2:太陽エネルギー変換・高度利用

#### 要旨:

現在、多くの酵素の立体構造が X 線結晶構造解析によって明らかにされ、その機能が検討され ている。しかし、結晶構造には様々なアーチファクトが含まれている。第一に、目的タンパク質 の結晶内でのパッキングによっては、正常な基質複合体の形成が困難なことがある。第二に、凍 結結晶を用いた構造解析では凍結と凍結保護剤の影響が無視できない場合が多い。一般に凍結に より、結晶格子の収縮と結晶のモザイク性の増大が生じる。その結果、リガンドとの結合に変化 が生じることがある。さらに、pH変化を追跡する場合、結晶格子の収縮も含めて凍結結晶の pHを 再現することが難しい。凍結の関係する問題についてはキャピラリー測定等の非凍結測定法を用 いると解決できる。発表者らはダイズβ-アミラーゼの非凍結晶を用いて基質アナログ複合体のpH 変化の解析を行って、本酵素の反応機構について検討した。β-アミラーゼはデンプンの非還元末 端からβ-アノマーのマルトースを遊離する酵素で、ダイズ酵素の触媒残基は酸触媒の Glu186 と 塩基触媒の Glu380 である。活性部位にはフレキシブルループ (96-104) とインナーループ (341-344) および可動な側鎖を持つ Lys295 が存在する (図1)。これらの可動部位の役割を明らかにす るために、G1(グルコース)、G2(マルトース) および G5(マルトペンタオース) を用いて、pHと 基質アナログ濃度を変化させて構造解析を行った。G1 は pH3~4 では、サブサイト−2 と+2 の 2 個 所に結合するが、pH5 以上ではサブサイト-2, +1, +2 の 3 個所に結合する。サブサイト+1 への G1 の結合はインナーループのアポ型から複合体型への構造変化と同期し、その pH 依存性から塩基触 媒である Glu380 (pKa = 3.6) の関与が示唆された。G2 はサブサイト-2~-1 と+1~+2 および+2~

+3 に連続して結合し、-1 サイトの Glc 残基は  $pH3\sim4$  では、 $\alpha/\beta$  のアノマーの  $^4G$  のイス型の構造を取るのに対して、pH5 以上では $\alpha$  アノマーの  $^{1,4}B$  のボート型の構造を取る。イス型からボート型への構造変化の pH 依存性から Glu380 の解離が関係すると推定された。次に E380A 変異体を用いて基質である G5 との結合の pH 依存性を調べた。G5 はサブサイト $-2\sim+3$  に結合するが、pH によってサブサイト-1 の Glc 残基の結合位置が変化し、その変化には酸触媒である Glu186 (pKa=8.1) が関与すると推定された。以上の結果から、触媒残基の 2 つの Glu 残基の解離状態が酵素と基質の構造変化に大きく関わり、触媒反応の前後でサブサイトの親和力を変化させて酵素反応を有利に進めることが明らかになった。

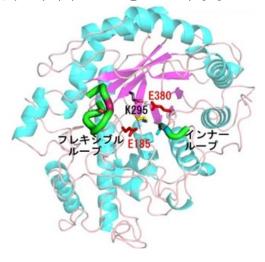


図1  $\beta$  - アミラーゼの可動部位

#### 第 304 回 定例オープンセミナー (2023/11/15) 資料

題目: COTS (商用オフザシェルフ) ベースでの月惑星通信技術 ~低コスト宇宙開発を目指して

発表者:村田 健史(情報通信研究機構・研究統括/生存圏研究所・客員教授)

関連ミッション:ミッション3:宇宙生存環境

#### 要旨:

これまでの月探査や惑星探査を含む宇宙探査プロジェクトの課題の一つは、プロジェクト遂行にあたり膨大なコスト(経費)が必要となることです。一般的には一つの科学衛星プロジェクトのコストは数 100 億円であり、これは日本の一つの国立大学の年間の運営費交付金に匹敵する予算規模です。そのため、最近の惑星探査衛星計画はわが国単独ではなく、欧米との共同プロジェクトとなることがほとんどです。また、気象衛星ひまわりなども現在は地球環境衛星の位置づけとなっており、衛星データが気象だけではなく防災対策や環境問題など幅広い目的で利用されます。

近年、衛星プロジェクトの新しい潮流として、小型衛星に代表される低コスト型の衛星プロジェクトがあります。低コストでの打ち上げが可能ですので、発展途上国等においても独自の衛星を打ち上げて観測を行う事例は枚挙にいとまがありません。 $2021\sim30$ 年の 10年間で打ち上げが予定されている小型衛星の数は約 2 万 2000 基であり、この数は  $11\sim20$ 年の 10年間の打ち上げ数の約 8 倍に達します。

衛星プロジェクトの低コスト化の方法の一つが、COTS (商用オフザシェルフ) 品の活用です。 COTS とは、もともと独自開発や特注品が多く慢性的なコスト高に悩んでいた航空宇宙産業などで

用いられている用語で、十分や品質や機能を持つ市販の民生品を活用し、開発スピードの向上やコストの削減に繋げることを意味します。本講演のテーマである衛星通信分野においても、COTS 品を用いた通信システムの導入が低コスト化の必須技術となることが予想されます。例えば、衛星通信に地上通信で広く利用されている TCP/IP プロトコルを導入することで商用の(我々の生活でなじみがある)通信システムを流用することが可能となります。月面ローバーを自宅のPCやスマホから操作することは、技術的にはすでにそれほど難しくはありません。

本講演では、IP 通信や LPWA (低電力広帯域) 通信と言った、汎用的な通信プロトコルを宇宙通信に導入する可能性について議論します。

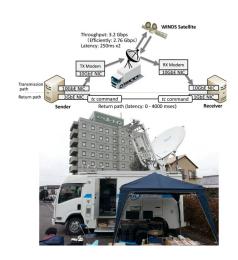


図 1:IP 通信による衛星通信実験 (WINDS 衛星)

#### 第 305 回 定例オープンセミナー (2023/11/29) 資料

題目:東南アジア熱帯泥炭林の農園化が大気環境に及ぼす影響

発表者:伊藤 雅之(生存圏研究所・准教授)

関連ミッション:ミッション1:環境診断・循環機能制御

ミッション 5: 高品位生存圏

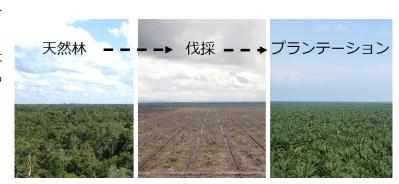
#### 要旨:

「アブラヤシ」「パーム油」と聞いてその姿を想像できる方は日本では少ないかもしれませんが、「チョコレート・マーガリン」や植物由来の洗剤などの多くに、アブラヤシという植物の実などを原料とした「パーム油」が使われています。パーム油は他の主な植物性油(大豆、菜種など)と比べ、世界の生産量・消費量ともに最も多く、日本においても、年間消費量は約60万トンにもなります。東南アジアへは19世紀半ばごろにアフリカ原産のアブラヤシが導入され、1970年代からはマレーシアやインドネシアのプランテーションでの生産が拡大しました。現在、両国のアブラヤシ果実の生産量は世界の8割以上を占めるまでになっています。急速な農園の拡大が大量のアブラヤシ生産を可能にする一因となっていますが、その裏には、熱帯林の伐採・開発がかなりの割合で関係すると考えられています。

ご存知のように熱帯林は、生物多様性のゆりかごと呼ばれ、植物など炭素や水の貯蔵庫として、地域や地球環境にとって重要な生態系です。とくに、マレーシア・インドネシア両国に属するボルネオ島は、その森林の二酸化炭素吸収量の大きさから「地球の肺」とも呼ばれています。近年の「熱帯林からプランテーションへの転換」は、地域や地球環境にどのような影響を及ぼすのでしょうか?特に東南アジアには、一般的に認識されるような熱帯林だけでなく、「熱帯泥炭湿地林」も多く存在します。ここでは長年にわたって植物の光合成により固定された炭素が、湿地林という形で地上部や地下部に蓄積されてきた特殊な生態系があり、地球の炭素循環の最重要パーツの一つです。近年は大規模な排水を伴って、この湿地林からのアブラヤシ農園化も進んでいます。

私たちはこのダイナミックな変化の過程に付随する森林伐採・排水・火災・農園化などのイベントが、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガス排出といった地域や地球規模の環境にどのような影響を与えるか、ということについて調査・研究を進めています。

普段何気なく口にしているパームオイルが、どのようなところで、どのようにして生産され、現地ではどのようなことが起こっているのか、について簡単にご紹介したいと思います。



#### 第306回 定例オープンセミナー (2023/12/20) 資料

題目:セルロースナノファイバーとともに 42 年- 則元モデルがクルマになるまで -

発表者:矢野 浩之(生存圏研究所・教授)

関連ミッション:ミッション4:循環材料・環境共生システム

#### 要旨:

私は、学生時代に、木材物理学の研究室でセルロースミクロフィブリル(今は、その束がセルロースナノファイバーと呼ばれています)と木材の音響特性の関係について学びました。当時、助教授だった則元先生が、図1の様なモデルを示し、それに基づき木材物性の計算を行い、複雑な階層構造を有する木材の弾性変形や膨潤・収縮特性、音響特性などが、この単純な二本の縦線とそれを囲む楕円(共に、セルロースミクロフィブリル)だけで説明できることを明らかにしました。

私は、則元モデルは木材物性の本質を語るものであり、 木材物理学において、それ以上の研究は現れないと思いま した。そこで木材からセルロースナノファイバー(CNF) を取り出し、それを加工した材料の開発を始めました。

その中で、軽量、高強度のCNFの特性を活かした軽量で高強度の材料、ナノ繊維になると可視光の散乱を生じないという特性を活かした低線熱膨張で透明な材料、大きく伸ばしてももとに戻るゴムの性質を残しCNFで強化した高弾性、低線熱膨張のゴム材料、CNFで補強して強度と熱的寸法安定性を向上させた熱可塑性樹脂(PPやPE, ナイロン6など)を京都市産業技術研究所や製紙会社、化学会社と一緒になって開発しました。

さらに、それらの材料を射出成形やブロー成型、プレス成形、ブロー成形、RTM(Resin Transfer Molding)、3D成形により各種部品・部材を製造し、CNFをできるだけ使用し、かつ走行可能な試作車(Nanocellulose Vehicle、NCV)の開発に自動車部材メーカなどと取り組みました。

本講演では則元モデルがNCVになるまでの材料開発に ついて紹介します。

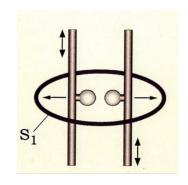


図1 則元モデル:縦線と楕円は二次壁中層のミクロフィブリル。





図 2 NCV:ナノセルロースヴィークル 画像提供:環境省

#### 第 307 回 定例オープンセミナー(2024/1/31)資料

題目:持続可能社会構築に向けた植物細胞壁リアッセンブリ素材の創成

発表者:渡辺 隆司(生存圏研究所・教授)

**関連ミッション**:ミッション 2:太陽エネルギー変換·高度利用

ミッション 4:循環素材・環境共生システム

ミッション 5: 高品位生存圏

#### 要旨:

地球温暖化やマイクロプラスチックなどの石油産業に付随する環境問題が顕在化するにつれ、木材等の植物バイオマスから石油製品にかわる新素材をつくるプロセスの構築が急務となっている。これまでは、セルロースを分離して利用するため、リグニンを化学的に分解除去するプロセスが数多く開発され、製紙産業やセルロース産業に利用されてきた。これに対し、我々は、非共有結合による細胞壁高分子の結束の解体に着目し、ゆっくりとした穏和な条件で、溶媒をスクリーニングした。その結果、ボールミル木粉をα-ケト酸であるピルビン酸やアルデヒド部位をもつ有機酸であるグリオキシル酸やギ酸中、室温で撹拌するのみで木材が全可溶化し、可溶化液をキャストすることにより光透過性があり屈曲可能なフィルムが作成できることを2014年に初めて報告した<sup>1)</sup>。その後、木材の微粉砕に必要なエネルギー消費を減らすべく、ダイセルと共同研究を行い、おが屑や木材チップを50℃までの穏和な条件で可溶化し、木材溶液からアクリル樹脂に匹敵する引張強度をもつ透明性のあるフィルムや、紙の風合いをもつ不透明なフィルムを作成するとともに、このフィルムを木材や金属、陶器、ガラス、プラスチックに熱圧することにより新規な表面コート材料を作成できることを見出した。さらに、木材のギ酸可溶物からガラス繊維強化樹脂に匹敵する曲げ弾性率をもつ木質圧縮成形物を製造できることを明らかにした。これらの木質

新素材は、合成高分子や接着剤を 一切使用することなく製造して いる点が大きな特徴となる。

木質新素材の原料として、我々は、里山の未利用広葉樹材に着目し、研究を進めている。まっすぐな幹を建築や家具の用材としての利用することに加え、これまで利用が難しかった曲がった幹や枝葉、端材を溶解利用することにより、切り出した樹木全体の利用

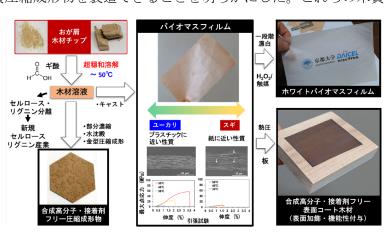


図1木材のギ酸溶解による合成ポリマー・接着剤フリーな新素材の創出

価値を高め、里山の復興を目指している。広葉樹のみでなく、スギ、ヒノキなどの針葉樹や、イナワラ、タマネギ外皮などの農産廃棄物、タケも可溶化し、新しいバイオマス素材の開発を通した持続可能社会の構築を目指した活動を進めている。

1) Yuri Nishiwaki-Akine, Takashi Watanabe, Green Chem., 16, 3569-3579 (2014).

#### 第308回 定例オープンセミナー(2024/02/14)資料

題目:生物の窒素栄養を支えるマメ科植物一微生物相互作用にかかわる膜輸送体

発表者:矢崎 一史(生存圏研究所・教授)

関連ミッション:ミッション1:環境診断・循環機能制御

#### 要旨:

窒素は大気中の80%を占める気体である一方、生物においては、タンパク質や核酸の構成元素として、生命にとっては欠くことのできない主要な栄養素でもある。ヒトが摂取する窒素栄養は主にタンパク質として摂るため肉類が食品として重要になるが、家畜の筋肉はその餌となる穀物や牧草から得る窒素から作られている。特にマメ科植物はタンパク含量が非常に高い植物であり、ダイズでは重量換算で40%ものタンパク質を蓄積することができる。その窒素はどこからきているか、というと作物の場合は土壌中の窒素肥料ということになるが、マメ科植物は人為的な施肥とは別に窒素固定能力を有する土壌微生物と共生関係を結び、大気中の窒素を栄養として取り込み、シンク器官である種子にその窒素を運びタンパク質として貯蔵する。これが食物連鎖を介して、草食動物、肉食動物と受け継がれていくため、大気中の窒素を生物界に循環させるところに植物一微生物相互作用が中心的な役割を果たしているのである。

窒素固定菌は、植物との共生関係を確立する際、「契約」として光合成産物の炭素を受け取り、その代わりに大気中の $N_2$ を固定して植物に渡す。その際、物質は微生物/植物両方の細胞膜を通り、物質のやり取りをするため、膜を通して物質を輸送する「輸送体」はこの窒素循環をドライブする重要な駆動力になっていると解釈することができる。

#### 参考文献

- 1. Takanashi, et al., LjMATE1, a citrate transporter responsible for iron supply to nodule infection zone of *Lotus japonicus*. Plant Cell Physiol., 54 (4), 585-594 (2013).
- 2. Takanashi, et al., LjABCB1, an ATP-binding cassette protein specifically induced in uninfected cells of *Lotus japonicus* nodules, J. Plant Physiol., 169(3), 322-326 (2012).

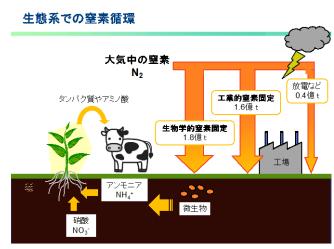


図 生態系の窒素循環と生物学的窒素固定

#### 熱帯植物バイオマスの持続的生産利用に関する総合的共同研究

# 梅村研二京都大学 生存圈研究所

#### 1. 研究組織

代表者氏名:梅村研二(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:畑 俊充(京都大学 生存圈研究所)

大村和香子(京都大学 生存圈研究所) 渡邊隆司(京都大学 生存圈研究所) 飛松裕基(京都大学 生存圈研究所)

スクマ・スルヤ・クスマ(インドネシア国立研究革新庁)

ラギール・ウィドヨリニ (ガジャマダ大学)

#### 2. 研究概要

バイオエコノミー時代に在って、化石資源に代わり再生可能な生物資源に対する依存度を上昇させることへの必然性は、既に世界的共通認識となっている。熱帯地域における木質バイオマス生長量は、温帯域のそれをはるかに上回っており、熱帯木質バイオマスの効率的な生産と利用が、生物資源依存型社会において極めて重要となる。本共同研究では、従来生存圏研究所で過去30年以上蓄積してきた熱帯人工林に関する個別の成果に基づき、熱帯木質バイオマス資源の持続的生産利用基盤の確立を最終目的として総合的研究を実施している。

#### 3. 研究の背景と目的

#### [背景]

世界の年間木材(リグノセルロース)利用量は約20億トンと見積もられており<sup>1)</sup>、非木材系(主としてイネ科バイオマス植物)のリグノセルロース(木質)生産量は36億トンと見積もられている<sup>2)</sup>。一方、世界の人工林からの用材生産量は全生産量の半分に満たず、未だ天然林からの大量の用材取得は続いている。今後、森林資源保護ために伐採制限が広がれば、木材需給の逼迫が懸念される。また、バイオマスリファイナリー構築のため、現在の木質需要に上積みし、バイオマスリファイナリー仕向け分を増産する必要がある。そこで、単位面積当たりの収量の高いバイオマス植物種の植林や栽培、その利用などの技術革新が必須となる。

バイオマス生産性に関して、樹木(年間で最大 20 ton  $ha^{-1}$ 程度)よりイネ科の大型バイオマス植物(年間最大 100 ton  $ha^{-1}$ )の方が数倍高い $^{-1}$ )。イネ科バイオマス植物は、リグノ

セルロース成分の分離特性が木材系リグノセルロースに比べて高く、将来的なバイオマスリファイナリー利用に適すると考えられる<sup>1)</sup>。また、木質材料の原料としての利用も検討されており、さらには穀物、ショ糖、飼料の生産も可能であるため利用範囲が広い。そのため、多様なバイオマス植物の総合的な検討は、人類が持続的に生存を続けるうえで必須の資源の生産という課題解決のみならず、持続可能な開発目標(SDGs)の達成やバイオエコノミーの概念にも適合する。

#### 4. 研究の結果および考察

個別の研究として、グリセロールからのエタノール生産能を賦与した酵母をゲノム編集により作出し、キシロース代謝能を賦与した酵母との共培養により、サトウキビ収穫廃棄物のグリセロリシス前処理物からバイオエタノールを高効率生産した。本研究は、タイ、インドネシア、ラオス、日本の4ヶ国共同研究であるe-Asia プロジェクトの成果として論文発表した。また、サトウキビ収穫廃棄物からのリグニンの抽出法を開発し、界面活性剤を合成した。また、クラフトリグニンから界面活性剤を合成し、酵素糖化に与える影響を評価した。これらの成果は、e-Asia プロジェクトおよび JASTIP プロジェクトにおけるBRIN との共同研究として論文発表した。

BRIN やメルボルン大学との共同研究として、農産廃棄物のトウモロコシの茎の部分を原料としてクエン酸を用いて自己接着型の木質パネルを製造し、クエン酸添加量とパネル物性との関係を明らかにした。また、ガジャマダ大学との共同研究として Salacca Sumatrana Fronds の植物繊維をあらかじめアルカリ処理し、クエン酸を接着剤として 3 層配向パネルの製造とその物性評価を行い、それぞれ論文発表した。

インドネシア及び日本に分布するイエシロアリ属兵蟻の気流に対する反応特性を明らかにするため、日本産イエシロアリを供試虫として研究を行った。また、木質ボードの長期耐久性に関して、イエシロアリ生息地である鹿児島県日置市吹上浜試験地における 15 年間のデータを解析した。

#### 5. 今後の展開

個々の研究の一層の継続により、持続型社会の構築に資する熱帯木質バイオマスの環境対応型持続的生産利用システムの確立に向けて、展開を図る。

#### 6. 引用文献

- 1) Umezawa, T., Lignin modification *in planta* for valorization, *Phytochem. Rev.*, 17, 1305-1327 (2018).
- 2) Tye, Y.Y., Lee, K.T., Abdullah, W.N.W., Leh, C.P., The world availability of non-wood lignocellulosic biomass for the production of cellulosic ethanol and potential pretreatments for the enhancement of enzymatic saccharification *Renew. Sustain. Energy Rev.*, **60**, 155–172 (2016).

#### 7. 付記

S. M. R. Khattab, H. Okano, C. Kimura, T. Fujita, T. Watanabe, Efficient integrated production of bioethanol and antiviral glycerolysis lignin from sugarcane trash, Biotechnology for Biofuels and Bioproducts, 16, 82 (2023).

A. Karimah, I. K. Hani, R. P. B. Laksana, M. Ismayati, N. N. Solihat, F. P. Sari, I. Budiman, M. Ghozali, O. Farobie, D. S. Nawawi, M. A. R. Lubis, M. H. Hussin, T. Watanabe, W. Fatriasari, Extraction of lignin from sugarcane trash and its potency as biosurfactant, Bioresource Technology Reports, 24, 101630 (2023).

N. N. Solihat, D. A. Pramasari, R. P. B. Laksana, W. K. Restu, M. Ghozali, E.Triwulandari, W. Fatriasari\*, T. Watanabe, Synthesis of lignin-based biosurfactant derived from kraft black liquor and its effect on enzymatic hydrolysis of pretreated biomass, Sustainable Chemistry and Pharmacy, 34, 101152-101152 (2023).

Luthfi Hakim, Ragil Widyorini, Kenji Umemura, Widyanto Dwi Nugroho, Tibertius Agus Prayitno: The Characteristics of Citric Acid-Bonded Composite Boards Produced from Alkaline-Modified Fibrovascular Bundle of Salacca Sumatrana Fronds, Journal of Natural Fibers, 21(1) 2315505 (2024).

Lilik Astari, M.For.Ecosys.Sc; Barbara Ozarska, Kenji Umemura; Robert C Crawford, Wida B. Kusumaningrum; Maya Ismayati: Performance of Self-binding Engineered Panels Made from Sweet Corn Stalks (Zea mays L.) for Furniture Applications, Bioresource Technology Reports, 25, 101802 (2024).

# マイクロ波応用によるエネルギーの 輸送・物質変換共同研究

# 篠原真毅 京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究組織

代表者氏名:篠原真毅(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:渡辺隆司(京都大学 生存圈研究所)

三谷友彦(京都大学 生存圈研究所)

今井友也(京都大学 生存圈研究所)

畑 俊充(京都大学 生存圈研究所)

渡邊崇人(京都大学 生存圈研究所)

西村裕志 (京都大学 生存圈研究所)

真田 篤 (大阪大学)

西川健二郎 (鹿児島大学)

堀越 智(上智大学)

塚原保徳 (大阪大学)

樫村京一郎 (中部大学)

椿 俊太郎 (九州大学)

松村竹子 (ミネルバライトラボ)

#### 2. 研究概要

本共同研究の目的は、通常は通信やレーダーで用いられるマイクロ波を、エネルギーとして利用し、ワイヤレスのエネルギー輸送(マイクロ波送電・ワイヤレス給電)や、マイクロ波加熱による物質変換(木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカルス生成の高効率化、及び無機系の材料創生)である(図 1)。本共同研究は、生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学と化学研究者、及び物質構造解析の研究者が参加することにより、マイクロ波エネルギー応用科学の発展と応用技術開発を目指す。本共同研究は、研究所でこれまで行なわれてきたフラッグシップ共同研究「バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究」を発展させたものである。本共同研究やこれまで ADAM 共同利用やミッション 2 研究とリンクして行なわれてきたが、今後はさらに METLAB 共同利用やミッション 5-2 等とも協力を深め、生存圏科学の展開を目指す。



図1 本フラッグシップ共同研究の全体図

#### 3. 研究の背景と目的

これまでのフラッグシップ共同研究では研究所のミッション2やADAM全国共同利用をベースとし、マイクロ波を用いたバイオマス・物質変換の研究を推進してきた。その研究は日本電磁波エネルギー応用学会の活動にも影響を与え、NEDOやCREST等大型研究プロジェクトへと繋がってきた。今後さらにこの共同研究を発展させるべく、マイクロ波のエネルギー的な応用へと範囲を広げ、マイクロ波無線送電等の研究も合わせ、新しい研究領域としてマイクロ波応用によるエネルギーの物質輸送・変換共同研究の確立を目指すべく活動を行なう計画である。このような包括的な取り組みは世界的にも珍しく、生存圏科学ならではの領域設定である。

H23.4-R6.1の主な研究活動の成果は以下の通りである。

- [国際] IEEE Wireless Power Transfer Week設立(2011-)と運営。IEEE MTTS Technical Committee 26 (現25)設立(2011)と運営(Chair, 2018-2019)。IEEE MTTS WPT Initiative設立と運営(2020-)。IEEE MTTS AdCom Elected Member (2022-)。IEEE WPT Initiativeの設立と運営(2023-)。URSI (Union of Radio Science International) commission D chair (2021-2023)。国際論文誌Wireless Power Transfer発刊(2013-)と運営(Executive Editor)。IEEE MTTS Distinguish Lecturer(DML; 2016-18)(世界で10名程) 2016-2018で世界中で54回のDML実施。
- [国内] 電子情報通信学会WPT研初代委員長(2014·2015)。SSPS学会設立(2014)と運営 (理事長, 2022·)。日本電磁波エネルギー応用学会理事長(2018·2020)、理事
- [学外] 内閣府宇宙政策委員会委員(2022 · )、内閣府宇宙政策委員会基本政策部会委員(2020 ·)、日本学術会議第24-25期URSI分科会特任連携会員。日本学術振興会・電磁波励起反応場R024委員会 設立メンバー・委員(2020 · 旧188委員会(2014-2019))。(財)J-Spacesystems太陽光発電無線送受電技術委員会 委員長(2009 · )。(独) 科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業研究領域「微小エネルギ

ーを利用した革新的な環境発電技術の創出」(CREST・さきがけ複合領域) アドバイザー (2015・2022)。(独) 科学技術振興機構(JST) 「IoT、ウェアラブル・デバイスのための環境発電の実現化技術の創成」(研究成果最適展開支援プログラムA-STEP) 領域アドバイザー (2015・2021)。ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム 代表 (2013・)。ワイヤレス パワーマネジメントコンソーシアム 代表 (2013・)。有機太陽電池研究コンソーシアム 幹事 (2013・)。一般社団法人 海洋インバースダム協会理事 (2014・)

築

### 4. 研究の成果

今年度は以下の大きな研究プロジェクトに関連して研究を行なった。

- ・2021 年度・現在 NICT 受託研究「完全ワイヤレス社会実現を目指したワイヤレス電力伝送の高周波化および通信との融合技術」(ソフトバンク、京都大学、金沢工業大学)において、B5G/6G へのワイヤレス電力伝送(WPT) 拡張機能実装を目指し、2025 年までにミリ波ワイヤレス電力伝送とミリ波通信の連携・融合の基礎検討を完了し、爆発的普及が見込まれる IoT デバイスへの電力利用インフラ構築の礎とすることを目標として研究開発を行っている。京都大学では 28GHz 簡易アレーアンテナの開発、新しい位相制御アルゴリズムの提案と実証、低損失小型移相器の開発を行い、2023 年には無線情報・無線電力融合実証実験にも成功している。
- ・2018年6月に京都大学イノベーションキャピタル株式会社を引受先として第三者割当増資等を実施し、マイクロ波無線電力伝送を事業とするベンチャー会社翔エンジニアリングを設立した。さらに次の発展を目指すために、開発リソースの集中を目的として商品開発と受託事業を別会社として独立運営することを決断し、翔エンジニアリングを子会社化して、新たに親会社としてスペースパワーテクノロジー社を2019年5月9日に設立し、発展的改組を行った。平行して増資も行った結果、イノベーション京都2016投資事業有限責任組合、合同会社K4 Ventures、イノベーションC投資事業有限責任組合、京都市スタートアップ支援投資事業有限責任組合等から増資を受けることとなり、現在で資本金1億円のベンチャー会社となった。研究所教授は顧問としてこのベンチャー企業の運営に関与する。
- ・2014-2024 年度 NEDO・ISMA 大型プロジェクト・革新的構造材料における「チタン製錬におけるマイクロ波技術応用の探索」において、中部大学との連携のもとで、合理的な加熱用途マイクロ波技術を開発した。大手鉄鋼メーカーと技術成果の社会実装に向けた検討を開始した。
- ・加熱応用を目的としたマイクロ波照射技術を開発し、セラミクス・粉末冶金・建設 分野における新しい適用例を開拓した。得られた基礎学理を専門誌にて公開し、マ

イクロ波加熱技術の材料創成用途の開発に貢献した。また、マイクロ波と材料間の電気的な相互作用を材料合成に応用する学派(東京医科歯科大・材料研、京大・化研など)と加熱作用を材料合成に応用する学派(電磁波エネルギー応用学会、学振R024委員会(旧 188 委員会)など)との研究交流を推進し、マイクロ波を用いた新規な材料合成の流れ創出に寄与した。

・マイクロ波反応をバイオマス変換に応用する産学連携研究を推進し、様々なマイクロ波反応装置を設計開発するとともに、大型マイクロ波反応装置を備えたバイオマス変換ベンチプラントを建設した。また、バイオマスからバイオエタノールや機能化学品を生産するプロセスを開発し、ベンチプラントで実証実験を行った。さらに、マイクロ波によるバイオマス変換プロセスを組み込んだタイ、インドネシア、ラオス、日本の4カ国からなる国際共同研究 e-Asia 研究を実施するとともに、マイクロ波反応によりバイオマスから抗ウイルス物質や抗腫瘍物質を生産する医農連携研究を進め、論文を出版した。

(主な外部資金プロジェクト)

- NEDO バイオマスエネルギー先導技術研究開発 (H17-H20) 選択的白色腐朽菌・マイクロ波ソルボリシスによる木材酵素糖化前処理法の研究開発
- NEDO バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発 (H24-H26) 木質バイオマス からの高効率バイオエタノール生産システムの研究開発
- NEDO 新エネルギーベンチャー技術革新事業 (H26) 建築廃材からのバイオエタ ノール生産の技術開発
- NEDO 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発 (H24-R1) 木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発
- CREST プロジェクト (H23-H28) 電磁波応答性触媒反応を介した植物からのリグニン系機能性ポリマーの創成
- NEDO 先導研究プログラム (H30) 分子触媒システムによる木質バイオマス変換プロセスの研究開発
- ALCA プロジェクト (H27-H31) 海洋微生物酵素群によるリグニン分解高度化と 人工漆材料への展開
- e-Asia プロジェクト (H31-R4) サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリファイナリ

他にも多数の共同研究や受託研究を行なっている。

#### 5. 今後の展開

これらの活動を統括し、「マイクロ波応用によるエネルギーの輸送・物質変換」領域を確立する。マイクロ波のエネルギー利用、加熱や無線送電の利用のためには生存圏科学をベースとした国際連携が不可欠である。マイクロ波を含むすべての電波利用は

国際的に割り当てが決まっており、商用化を進めようとすると電波法の壁に当たる。工学系の科学技術の発展は個別研究や学会の発展だけでは難しく、産業界の支えが必須であり、産業発展のためには国際連携が必要となる。具体的には現在International Telecommunication Union(ITU)での無線送電の議論に当研究所から日本代表として参加しており、この活動をさらに広げることが生存圏科学の発展に繋がる。ITUでの議論のために米国IEEE学会や米国ベンチャー企業、中国の関係研究機関等とも連携を図っている。また大阪大発ベンチャーであるマイクロ波化学とも連携し、マイクロ波加熱の実用化を促進している。このように、マイクロ波のエネルギー応用のために学会のみならず産業界とも連携し、国際化をはかり、法整備を目指しつつのイノベーションを目指す。

# 生存圏フラッグシップ共同研究 「バイオナノマテリアル共同研究」

# 矢野浩之 京都大学 生存圏研究所

### 1. 研究組織

代表者氏名:矢野浩之(京都大学 生存圈研究所) 共同研究者:中坪文明(京都大学 生存圈研究所)

: 田中聡一(京都大学 生存圈研究所): 北川和男(京都市産業技術研究所): 仙波 健(京都市産業技術研究所)

(他50名)

# 2. 研究概要

"使うことで初めて材料になる。それ以外は物質"。著名な材料科学者である東京工業大学、細野 秀雄先生の言葉である。植物は長い進化の過程で、少なくとも陸上に上がってからの 5 億年は、その構造を支える材料として伸びきり鎖(微)結晶で出来たセルロースミクロフィブリル(図 1)を使ってきた。一方で、5 億年は、セルロースを栄養源とする生物が現れ、大気中の二酸化炭素を吸収固定したセルロースが生分解性物質となっていく時間でもあった。結果として、セルロースは構造材料としての側面と地球環境の大きな CO2 循環システムの一部を担う物質としての側面を有している。

一方、私たち人類は古来より住居の材料や武器、楽器の材料として、また、20世紀に入ってからは木質材料、紙・パルプの利用を通じて、軽くて強いセルロースミクロフィブリルの恩恵に与ってきた。

人間がセルロースミクロフィブリル自体を植物細胞壁から取り出し材料として使うことを考え出したのは比較的最近のことであり、京都大学生存圏研究所は 2000 年からセルロースミクロフィブリル(セルロースナノファイバー、CNF)の製造と利用に関する基礎的研究および社会実装について世界に先駆け取り組んでいる。現在、伸びきり鎖結晶構造を軸として、均一なナノ構造および反応性の達成により機能発現(高付加価値)を目指す機能性 CNF と、優れた力学特性と環境性能の発現を産業資材としてボリュームゾーンで目指す構造用セルロースの二つの流れになっ

SEI 1.5kV X30,000 100nm WD 4.1mm

図 1 木材細胞壁中のセル ロースナノファイバー。 図中のバーは100nm。

ている。将来的には、この二つが高いレベルで融合し、金属、セラミックス、プラスチックに次ぐ 4 番目の大型工業材料、環境材料になって行くことが期待される。そのためには、原料木材に関する知識から始まり、パルプ化の手法やその解繊技術、化学変性技術、樹脂組成を含む複合化技術、樹脂成型品の射出成形や押出成形、ブロー成形といった加工技術等、まさに森林から街までの長い距離を走りぬく幅広い専門性が求められる。

生存圏研究所では、京都市産業技術研究所と共同で 2004 年から生存圏シンポジウムやナノセルロース塾などを通じて、CNF の構造用途に関する複数の大型プロジェクトの成果を透明 CNF 材料や食品・化粧品添加用 CNF などに関する国内外の最新研究とともに紹介してきた。また、多くの企業と産学共同研究の実績を積んできた。このような活動が評価され、2020 年度から始まった経済産業省事業地域オープンイノベーション拠点選抜制度において"京都大学バイオナノマテリアル共同研究拠点 "は CNF 材料の開発、社会実装に関するオープンイノベーションを支援する拠点に選抜され、2023年度からの延長も決まった。本稿では、フラッグシップ共同研究として、その活動について紹介する。詳細については本拠点の HP(https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/bionanomat/)を参照いただきたい。

本拠点の主たる活動は、①ナノセルロース塾、ナノセルロースシンポジウム、NEDO 講座を通じた普及活動、②複数の大型プロジェクトで構築した CNF 材料に特化した "バイオナノマテリアル製造評価システム"を活用する生存圏研究所全国共同利用活 動、③経産省や環境省の大型プロジェクトによる産学共同研究、④企業や公的研究機 関を対象とした技術相談である。これらの活動をナノセルロースジャパンや地域の CNF 拠点と連携して行っている(図 2)。以下に各活動について紹介する。

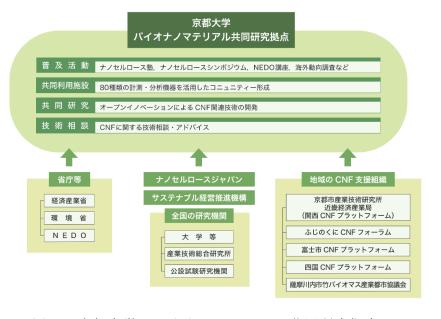


図2 京都大学バイオナノマテリアル共同研究拠点

#### 3. CNF 普及活動

CNF 材料に特化したシンポジウムとして 2004 年からナノセルロースシンポジウムを毎年開催している。世界的に見ても最も古くから行っている CNF 普及活動である。最初は100数名の参加者で始まったが、年ごとに参加者が増え、会場を拡大し、現在は対面とオンラインのハイブリッド形式で毎回 1000 名近い参加者を得ている。過去に開催したシンポジウムについては、講演要旨を本拠点のホームページに掲載している。

5 年前からは、CNF関連企業がオープンイノベーション活動を円滑に進める場づくりとしてオープンイノベーション"ナノセルロース塾"を開講している。こちらは100名の定員で、年6-8回の講義を CNF以外の異分野技術に関する専門家も招聘することで、異なる技術領域との融合や複合により CNFの新たな活用に関するヒントを得る場としている。本塾の特徴は、その半分を受講者からのプレゼンテーションの時間とし、将来の共同研究開発等のシーズ開拓やマーケット開拓のヒントを得る、ネットワーキングの場としている点である。2021年度からはナノセルロースジャパン (NCJ)が主催となり、NCJ企業会員には無料で公開している。

2020年度~2023年度は、NEDO講座を東京大学、産総研広島、京都市産技研と合同で開講している。本講座はCNF関連のNEDOプロジェクトで蓄積した技術・スキルを活用し、CNFの社会実装を迅速かつ効果的に推進するため、企業でのCNF関連製品開発の中心を担う即戦力人材を育成し、CNFの幅広い分野での実用化や普及を加速させ、新たな市場の早期創出に繋げることを目的としている。正式名称は、「NEDOプロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開/セルロースナノファイバー先端開発技術者養成に係る特別講座」である。1期の受講生は20社(原則20名)。CNFは、原料、製造方法、用途が多岐にわたることが特徴であり、企業におけるCNFの専門家となるためには、それら全てを理解する必要がある。

本講座の特徴は、座学に加え、実技実習とワークショップを実施することである。ワークショップでは、受講生がプレゼンを行い CNF に関するこれまでの取り組み、問題点、今後の展開等について積極的な発信を行う。それを基に講師と受講生が議論することで、より実践的な知見を得るとともに、参加者間のネットワークを築く事が可能となる。これまで受講対象を企業のみに限定してきたが、昨年度から公設試研究者の座学へのオンライン参加を認めている。

本拠点では、海外の技術動向調査も進めており、その報告書を HP に掲載している。 その他、HP ではセルロースナノファイバー材料に関する図解資料も多数掲載しており、 セルロースナノファイバーの基礎から CNF 材料製造、自動車部材への展開、バイオプ ラスチックとの複合化に関する情報を得ることができる。

#### 4. 全国共同利用設備: CAN-DO

生存圏研究所では、2005年にスタートした大型プロジェクトの中で 15年かけてセ

ルロースナノファイバー材料の製造・加工・分析に特化した装置群を導入してきた。その 80 以上に及ぶ製造装置、分析機器をユニット化し、バイオナノマテリアル製造評価システム(Cellulosic Advanced Nanomaterials Development Organization: CAN-DO)として 2021 年より、生存圏研究所共同利用設備として提供している。ユニットは、CNF 製造ユニット、CNF 強化樹脂製造・加工ユニット、CNF 化学分析ユニット、CNF 構造解析ユニット、CNF 材料構造解析ユニット、CNF 強化樹脂特性評価ユニットとなっている。 CAN-DO の中心には原料の木質バイオマスから始まり自動車・情報家電用材料等の製造までを一気通貫で行う京都プロセステストプラントがあり、各ユニットと組み合わせることで、製造工程ごとに材料の構造・特性を評価しながら新規バイオナノマテリアルの開発に取り組むことが出来る。

# 5. 産学共同研究

京都大学生存圏研究所では木質科学研究所時代から産学共同研究を積極的に行ってきた。最初は2002年に京都大学が三菱化学、ローム、日立製作所、パイオニア、NTTと共同で立ち上げた有機エレクトロニクスデバイスの開発に関する包括的アライアンスにおける CNF 強化透明樹脂の開発である。この材料については有機 EL (OLED) ディスプレイの透明基板への応用について検討し、2004年には数々の処理プロセスの改良を経てバクテリアセルロース補強透明材料上で有機 EL を発光させることに成功した。その後、CNF は木材由来 CNF へと移っている。これらの成果について拠点 HP で紹介している。

CNF の利用でもっとも期待されているボリュームゾーンは、軽量、高強度、低熱膨張という特性を生かした自動車部材や家電部材、建材などの構造用途である。とりわけ CNF による樹脂補強には大きな期待が寄せられている。現在、世界のプラスチック需要量は年間 3 億トンを超えており、この 5%を CNF が占めるとすると、10 兆~15 兆円の市場になる。

京都大学生存圏研究所では、京都市産業技術研究所と共同で、構造用 CNF 材料の開発に関する産学共同研究を 2005 年の経済産業省地域新生コンソーシアムから始め現在まで 19 年間にわたり切れ目なく行っている。その中で、パルプ直接混練法"京都プロ

セス"が開発された。また、3年半かけて CNF 材料を出来るだけ多く使用したクルマ、ナノセルロース ヴィークル を試作し、2019年末に走行テストを行った(図3、図4)。その結果、CNF 材料の使





図3 ナノセルロースヴィーク

用により一般的な車に比べ 16% 軽量化し燃費は 11% 向上することが明らかになった。これらの一連の研究成果はナノセルレロースシンポジウムで毎年紹介するとともに、その要旨集や各プロで公開している。また、NCV は現在、宇治キャンパス内、総合研究財極のエントランスで展示している。

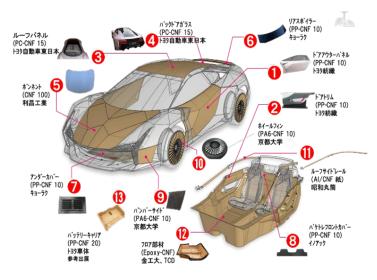


図4 NCV に使用した CNF 材料

2021 年度からは、CNF 材料の

社会実装を目的に、環境省事業としてナノセルロースプロモーション (NCP) 事業を行っている。本事業では、選定したアドバイザー企業に CNF 材料を提供し、加工性、成形品性能等について評価を受け、それに基づき、材料のカスタマイズを行い、部材への適合性を高めるとともに、LCA 評価を行い、その部材を使用することに因る CO2 排出削減効果について企業側にデータを提供している。

### 6. 技術相談

CNF 強化樹脂の製造や評価を希望する企業や公的機関に対しては秘密保持契約を締結し、詳細な特性を伝えて CNF 強化樹脂材料を提供し、結果について議論している。また、高い専門性が求められるナノ構造の分析や成分分析を本拠点で行うことで研究開発を支援している。

# 宇宙生存圏におけるエネルギー輸送過程に関する共同研究

# 海老原祐輔, 小嶋浩嗣, 大村善治 京都大学 生存圈研究所

### 1. 研究組織

代表者氏名:海老原祐輔(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:小嶋浩嗣(京都大学 生存圈研究所)

大村善治(京都大学 生存圈研究所)

田中高史(九州大学)

加藤雄人(東北大学 理学研究科)

#### 2. 研究概要

本共同研究の目的は、太陽風からオーロラ及び放射線帯に至るエネルギー輸送過程 を明らかにし、地上の送電網やパイプラインなどへの影響を評価することにより生存 圏の安心・安全の担保に貢献することにある。

# 3. 研究の背景と目的

オーロラ爆発は地球近傍の宇宙空間を流れる大電流によって引き起こされる壮麗な現象であるが、その誘導電流で地上の送電網やパイプラインなどに悪影響を及ぼすことが知られている。また、地球の磁場は太陽や銀河から飛来する有害な宇宙線から守ってくれる反面、高エネルギー粒子を捕捉して放射線帯を形成し、そこを通過する宇宙船や宇宙飛行士に被害を与えるという副作用がある。

オーロラや放射線帯のエネルギー源は全て太陽風と呼ばれる太陽から吹き出すプラズマにある。太陽風のエネルギーが地球磁気圏に取り込まれ、複雑なエネルギーの輸送・変換過程を経て、オーロラの発生や放射線帯に至る。オーロラ爆発の規模は何が決めるのか、いつ放射線帯が強まるのかを知ることは生存圏の安心・安全を担保する上で重要であるが、明確な答えが得られていない。太陽風とオーロラまたは放射線帯との間に明確な相関関係がないように見えるのは、エネルギー変換・輸送過程が極めて複雑であることを暗示している。本研究では、衛星観測と計算機シミュレーションを駆使して、太陽風からオーロラ・放射線帯へのエネルギーの流れと物理過程の理解を目指す。

#### 4. 研究の結果および考察

内部磁気圏のエネルギー輸送・放射線帯形成過程に関与するプラズマ波動の研究

ホイッスラーモード・コーラス放射は地球の内部磁気圏で頻繁に観測される電磁波であり、磁気圏尾部から注入される高エネルギー電子によって励起され、その発生過程おいて高エネルギー電子の一部は非常に効率よく相対論的エネルギーまで加速されて、地球放射線帯を形成している。2023年度は前年度までに行ったコーラス放射の計算機シミュレーション結果を Van Allen Probes 衛星で観測されている強いコーラス放射を使って検証した。コーラス放射は磁気赤道付近で発生しているが、周波数が次第に上昇するライジングトーンのコーラス放射の発生領域は周波数の上昇と共に伝搬方

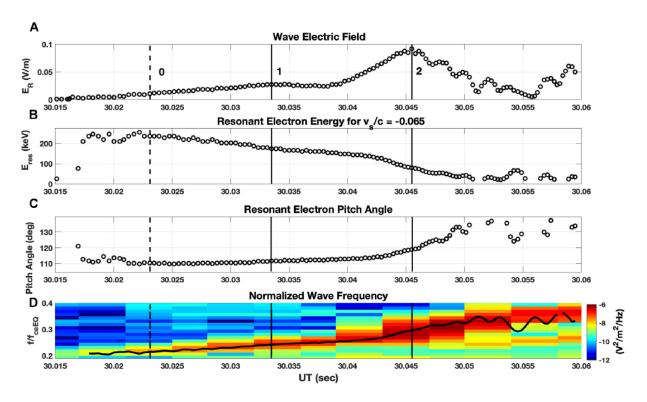


図 1 Van Allen Probes 衛星で観測された強いライジングトーン・コーラス放射 (A) 波の電界成分、(B)  $V_s = -0.065c$  を仮定した場合の共鳴電子のエネルギーと (C) ピッチ角。(D)電界の周波数スペクトル

向と反対の上流方向に移動することがコーラス放射の計算機実験で確認出来ている。この発生領域 (source) の移動速度 ( $V_s$ ) は, 群速度 ( $V_s$ ) と共鳴速度 ( $V_r$ ) の和  $V_s = V_R + V_g$  で表すことができると仮定して、シミュレーションによって比較したところ、大きな連続した波束が形成され場合には、発生領域が  $V_s$  で移動することが分かった  $^{1,2)}$ 。これを  $V_s$  Van Allen Probes 衛星で観測されている強いコーラス放射 (図 1) において、  $V_s$  を仮定して波束と共鳴する電子のエネルギーと非線形成長条件の計算をおこない、波束と共鳴電子からエネルギーを受けて非線形成長する発生領域が  $V_s$  で上流側に移動しつつ非線形成長がおこるという物理モデルが正しいことを検証することができた  $^{3}$ )。

#### 磁気圏における大局的なエネルギー輸送、沿磁力線電流、磁気圏対流の関係

磁気嵐やサブストームが発生すると、極域の電離圏(一部が電離した超高層大気)では 100 万アンペア近くの電流が流れ、直下の地磁気を乱し、送電網に影響を与えることが知られている。このとき電離圏では膨大なエネルギーがジュール熱として散逸し、10<sup>11</sup> W を超えることもある。一方、対流と呼ばれる磁気圏をグローバルに循環するプラズマの流れも強まり、内部磁気圏に高温プラズマが注入される。高温プラズマの集積により環電流が発達し、地磁気が全球的に乱れ、その乱れが顕著になる日本などの中低緯度域では送電網への影響が懸念されるようになる。注入された高温の電子やイオンは電磁サイクロトロン波の成長の原因となり、電子の加速や散乱を通して放射線帯の変動に大きな役割を果たす。

これまでエネルギーの輸送、沿磁力線電流、磁気圏対流は個別に扱われ、独立した事象として検討されることが多かった。本研究では、この三者が密接に結びついている可能性を指摘した<sup>4)</sup>。電磁流体シミュレーションの結果を図2に示す。磁気圏を夕側から俯瞰したもので、黄色の線は磁場エネルギーの流れを、青い面は沿磁力線電流が流れている領域を示している。白い矢印が付けられた青色の面は磁気圏と電離圏を結ぶ最大の沿磁力線電流である Region 1 型電流である。黄色の線は Region 1 型沿磁力線電流(青い面)に巻き

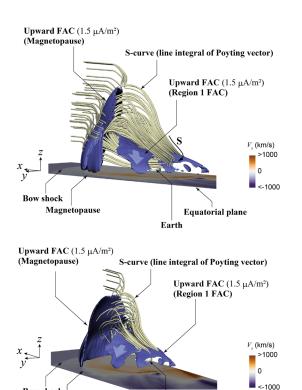


図 2: 惑星間空間磁場が南向きのときの磁気圏の様子。黄色の線は磁場エネルギーの流れを、青色の面は沿磁力線電流が流れている領域を、白色の球は地球を示している。(Ebihara and Tanaka, 2024)。

Earth Equatorial plane

Bow shock | Magnetopause

付き、螺旋を描きながら地球に向 かっていることがわかる。

この様子は図3のように一様な 磁場中に置かれた円筒プラズマを 考えると理解しやすい。いま、鉛直 下向きに一様な磁場があり、円筒 上端の面内で時計回りにプラズマ を強制的に動かす。プラズマの回 転運動によって軸の中心方向に電 場が発生する。この電場の大きさ は高さ方向で異なり、ファラデー の法則により反時計方向の磁場が 発生する。反時計方向の磁場はア ンペールの法則により上方向の電 流を意味する。円筒上端面で発生 した反時計方向の磁場はアルベン 速度で下方に伝わる。背景場とし てもともとあった磁場に変動磁場 を加えると、その磁力線は図3右 のオレンジ色の線ように捻れたよ うになる。磁場エネルギーが流れ る方向を線でつなげると、図3右の青色の線のように螺旋を描きながら下方に伝わる。以上の考察から、時計回りに循環するプラズマ、上向きに流れる沿磁力線電流、大局的なエネルギーの輸送は互いに結びついていると言える。観測によると、磁気圏では常に沿磁力線電流が流れている。このことは、磁気圏は多かれ少なかれ常に捻れており、プラズマの循環を伴いながら、エネルギーが地球に供給されていることを意味する。沿磁力線電流やプラズマの循環は様々な擾乱現象の原因となることから、捻れた磁力線はダイナミクスに富む動的な磁気圏を支える根幹と言えるかもしれない。

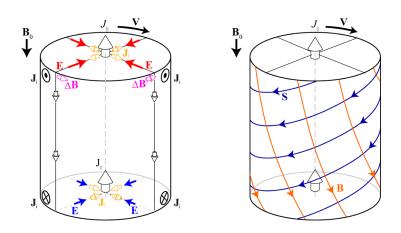


図 3: 大局的なエネルギー輸送、沿磁力線電流、プラズマ循環の一体性を示す模式図。(左) 赤色と青色の線は電場、桃色の線は変動磁場、オレンジ色の線は電流、(右) オレンジ色の線は磁力線、青色の線は磁場エネルギーの流れを示している (Ebihara and Tanaka, 2024)。

#### 5. 今後の展開

これまでの放射線帯の波動粒子相互作用のモデリングは、電子加速過程と電子散乱 過程に分かれて研究を行ってきたが、実際に磁気圏では、これらの過程が同時に進行 していることが予測される。相対論的電子のコーラス波動による加速過程と EMIC 波に よるピッチ角散乱過程の両方を取り入れたテスト粒子計算を行い、グリーン関数のデ ータベースを充実させ、様々な磁気圏の変動パターンにおいて実際に観測されている 放射線帯の電子フラックスの変動を再現することを目指す。

太陽風・地球相互作用を解くことができるグローバルなシミュレーション、異なるプラズマ領域が接合した領域を解くことができるローカルなシミュレーション、イオンや電子の分布関数を解くことができる移流シミュレーションを組みあわせ、太陽風から電離圏、内部磁気圏に至るエネルギーの流れを明らかにし、オーロラ、放射線帯、リングカレント変動など磁気圏でおこる様々な擾乱現象を包括的にとらえていきたい。

#### 6. 発表論文

- 1) T. Nogi, and Y. Omura (2023), Upstream shift of generation region of whistler-mode rising-tone emissions in the magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, in press.
- 2) Chen, H., Wang, X., Chen, L., Omura, Y., Tsurutani, B. T., Lin, Y., & Xia, Z. (2023), Evolution of chorus subpackets in the Earth's magnetosphere. Geophysical Research Letters, 50, e2023GL105938.
- 3) Foster J. C., Erickson P. J. and Omura Y. (2024), Upstream motion of chorus wave generation: comparisons with observations, Front. Astron. Space Sci. 11:1374331, doi: 10.3389/fspas.2024.1374331, 2024.
- 4) Ebihara, Y., and T. Tanak (2024), Generation mechanism of Region 1 field-aligned current and energy transfer from solar wind to polar ionosphere, Reviews of Modern Plasma Physics, 8:20, doi:10.1007/s41614-024-00154-7.

#### 7. 付記

日本学術振興会 科研費基盤研究 (S) 「 惑星放射線帯消失モデルの実証と能動的 制御方法の開拓 (2023~2027 年度) 代表:加藤雄人 (分担者:大村善治)

日本学術振興会 科研費基盤研究 (A) 「極域における地球電離大気流出のエネルギー源」(2021~2024年度)代表:小嶋浩嗣

日本学術振興会 科研費基盤研究 (B) 「宇宙ー地球連結シミュレーションを軸とした放射線帯変動メカニズムの実証的研究」(2020~2024年度)代表:海老原祐輔

# 赤道ファウンテン

# 山本 衛京都大学 生存圏研究所

#### 1. 研究組織

代表者氏名:山本 衛(京都大学 生存圈研究所)

共同研究者:橋口浩之(京都大学 生存圈研究所)

横山竜宏(京都大学 生存圈研究所)

Albertus Sulaiman (インドネシア国立研究革新庁 (BRIN)

気候・大気研究所 (PRIMA))

小川泰信(国立極地研究所)

塩川和夫(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

吉川顕正(九州大学 理学研究院)

#### 2. 研究概要

本課題では、太陽エネルギー(太陽放射と太陽風)が地球に流入する過程、ならびにそれに対する地球の大気圏・宇宙圏(電離圏・磁気圏を含む)の応答過程について、レーダー観測を中心に、地上観測網、衛星データ解析および数値モデル研究を活用して解明する。オールジャパンで推進している大型研究計画「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」の一部でもある。この大型研究計画は、(1)赤道ファウンテン、(2)極域電離圏・磁気圏、(3)太陽風観測望遠鏡、(4)全球観測、(5)IUGONET、で構成されており、本課題では(2)~(5)との協力によりプロジェクトを総合的に推進する 1)。また日本学術会議の「大型研究計画マスタープラン」において、2014年、2017年、2020年に連続して重点大型研究計画の認定を得てきた。

本課題では、これまで赤道大気の長期観測により蓄積された知見を基礎に、イノベーションを推進することで社会還元を目指す。また大気環境の多様・大量の観測データベースを、日本が中心に推進している WDS (World Data System)から公開し、地球科学の分野での Big Data の実例を目指す。地表付近の環境変動の影響が超高層大気では増大して現れるため、長期観測結果は特に温暖化の環境監視等の変化予測に貢献しうる。いずれも当研究所が目指す方向性と一致しており、国際化とイノベーションの両方の強化に資すると考えられる。

# 3. 研究の背景

太陽地球結合系におけるエネルギーと物質の流入、再配分、輸送に関する定量的理解を目指すには、個別の領域研究を融合した end-to-end システムの総合的研究の推進が重要である<sup>1)</sup>。生存研は特に、インドネシアにおけるフィールド観測をもとに、以下に説明する「赤道ファウンテン」の研究を国際的に先導している。

大気の全高度域に現れ るエネルギー・物質フロ 一の概念図を図1に示 す。太陽からの放射エネ ルギーは赤道域の地表を 暖め活発な積雲対流を生 み大気波動を発生する。 大気波動のエネルギーと 運動量は中層大気を上方 伝搬し電離圏まで到達す るが、その過程で大気圏、 宇宙圏に重要な影響を与 えている。一方、全球の地 表から放出される大気物 質は、対流圏で積雲や巻 雲の生成・発達に寄与し、 赤道域の対流圏界面を通 過して中層大気に噴出さ

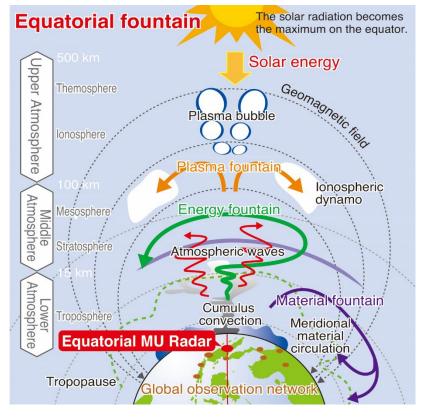


図1:赤道ファウンテン概念図

れ、中高緯度まで広く循環する。以上のプロセスを、赤道を中心とする「赤道ファウン テン」としてとらえ、解明していくことが重要である<sup>1)</sup>。

日本は世界で唯一、中緯度(MU レーダー)、南極昭和基地(PANSY)、低緯度(赤道大気レーダー)全てに大型レーダーを有する。北極でも、欧州以外から初めて EISCAT 科学協会に加盟し研究・運営に参画してきた。本課題に関わる 2 つの大型レーダー (EMUレーダーと EISCAT\_3D レーダー) は、アクティブ・フェーズド・アレイ・アンテナを技術基盤とする。これは 1984 年完成の MU レーダーを源流とし、電気・電子・通信分野の卓越したイノベーションとして IEEE マイルストーン等の栄誉を受けている <sup>2), 3),</sup> <sup>4)</sup>。日本は広域観測にも強く、流星・MF・VHF レーダー観測網、磁気経度 210 度と磁気赤道沿いの地磁気観測網を有し南米やアフリカにも展開中である。さらに、これらの観測により収集される大量のデータのメタデータ情報を共有し、データベースの共同利用を推進するシステム (IUGONET) も大学間連携事業として運用している。

#### 4. プロジェクトの状況

我々は、インドネシアで赤道大気研究を 1980 年代よりインドネシア航空宇宙庁 (LAPAN)他と共同で実施してきた実績を有しており、2001 年から赤道大気レーダー (EAR: Equatorial Atmosphere Radar)を共同運用してきた。これまで数多くの研究成果を 論文として公表している 5)。2021 年にインドネシア側の大規模な組織変更があり、現

在は国立研究革新庁(BRIN)傘下の気候大気研究所(PRIMA)が EAR 運営に関する対応機関となった。現在、EAR 運営協定書の改訂を進めている。

本課題では、EAR を中心とする共同利用・共同研究を推進し、新たに赤道 MU (EMU: Equatorial Middle and Upper atmosphere) レーダーの実現を目指す。EMU レーダーに向けた努力として、インドネシア科学技術大臣と 2 回にわたって面談した結果、LAPAN が責任対応組織として指示され、覚書が 2014 年に交わされた。2016 年 8 月に EAR 15 周年記念行事をジャカルタにおいて開催した際にもインドネシア政府との議論を行い、さらに在インドネシア日本大使館に対して計画の説明を行った。レーダー設置場所の調査や許認可関係の準備、八木アンテナの試作などの準備も実施している。2019 年 3 月にバンドンにおいて赤道大気研究に関する国際スクールを参加総数 170 名規模で成功裏に開催した。2021 年 9 月には EAR の 20 周年記念行事とシンポジウムをオンライン開催し、関連研究のプロモーションを実施した。

本研究は大型研究課題「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」に直結している。生存研がインドネシア・西スマトラ州に EMU レーダーを設置する一方、国立極地研究所と名古屋大学宇宙地球環境研究所(ISEE)が連携し、国際協力によりスカンジナビア北部に EISCAT\_3D(European Incoherent Scatter 3 Dimensional)レーダーを建設する。同時に ISEE と九州大学国際宇宙惑星環境研究センター(i-SPES)を中心に、赤道から極域までをつなぐ広域地上観測網を構築する。さらに ISEE による次世代太陽風観測望遠鏡の新規導入を含めることで、太陽近傍から地球大気までを一気に観測する地上設置型の観測システムを構築する計画とした。観測システムからのデータを IUGONET によって集約・利用して行く。国際的な賛同を得ている優れたプロジェクトであり、これまで日本学術会議のマスタープラン 2014、2017、2020 の全てで重点大型研究計画に採択された 60.77 80。2023 年度には、日本学術会議がマスタープラン後継として始めた「未来の学術振興構想」に採択された 80。しかしながら、未だ文部科学省のロードマップへの採択は実現していない。大型の科研費などの研究費獲得を含め、今後も予算獲得を目指していく。

# 5. 今後の展開

EMU レーダーは完成すれば全国・国際共同利用に供する。本課題は「生存圏アジアリサーチノード」の発展形である。生存圏科学の国際化の強化に貢献していく。

本課題に関連する研究コミュニティは、学内では理学、情報学、工学研究科、宇宙総合学研究ユニット、国内では極地研、名大、九大、東北大等を密接に協力しており、国立極地研と名古屋大学宇宙地球環境研とともに共同利用体制を整備している。

# 6. 引用文献

1) Tsuda, T., M. Yamamoto, H. Hashiguchi, K. Shiokawa, Y. Ogawa, S. Nozawa, H. Miyaoka, and A. Yoshikawa (2016), A proposal on the study of solar-terrestrial coupling processes with atmospheric radars and ground-based observation network, Radio Sci., 51,

- 1587-1599, doi:10.1002/2016RS006035.
- 2) IEEEマイルストーン: The MU (Middle and Upper atmosphere) radar, 1984 http://ethw.org/Milestones:The MU (Middle and Upper atmosphere) radar, 1984
- 3) 電子情報通信学会マイルストーン「MUレーダ」(項番B-62) http://www.ieice.org/jpn/100th/ieice milestone booklet.pdf
- 4) 電気学会第11回でんきの礎「MUレーダー(中層超高層大気観測用大型レーダー)」、http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/30-foundation/data02/index11.php
- 5) 赤道大気レーダー等関連論文リスト:全369編 http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/EAR paper list.html
- 6) 日本学術会議 マスタープラン2014
  - http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t188-1.pdf
- 7) 日本学術会議 マスタープラン2017
  - http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-23-t241-1.html http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t241-1-19.pdf
- 8) 日本学術会議 学術の大型研究計画に関するマスタープラン2020 (公表文書) http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t286-1.html
- 9) 日本学術会議 未来の学術振興構想(2023年版)、https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-25-t353-3.html

# 7. 付記

- 本課題に関連する主な研究プロジェクト (種別、課題名、代表者、期間)
  - 基盤研究(A)「赤道域における積雲対流と大気重力波の国際共同観測」津田敏隆、1999-2000.
  - 特定領域研究「赤道大気上下結合」計画研究「赤道域の大気波動の四次元構造とエネルギー輸送の研究」津田敏隆、2001-2006.
  - 特定領域研究「赤道大気上下結合」計画研究「赤道大気レーダー長期連続観測による 赤道大気波動の解明」山本衛、2001-2006.
  - JSPS アジアアフリカ学術基盤形成事業「赤道大気圏のアジア域地上観測ネットワーク構築」津田敏隆、2008-2010.
  - 特別経費「超高層大気長期変動の全球地上観測根ネットワーク観測・研究(IUGONET)」 津田敏隆、2009-2014.
  - 基盤研究(A)「中間圏・下部熱圏における大気波動のレーダーネットワーク観測」津田敏隆、2010-2014.
  - JST 科学技術戦略推進費「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築」山本衛、2010-2012.
  - 基盤研究(B)「インドネシア海洋大陸における雨滴粒径分布の地上ネットワーク観測」 橋口浩之、2011-2013.
  - JSPS 二国間交流事業共同研究・セミナー「大型大気レーダーによる赤道大気上下結合の日本インドネシア共同研究」山本衛、2014-2016.
  - 基盤研究(A)「新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏 の時空間変動の解明」山本衛、2015-2019.
  - 京都大学全学経費 (特別協力経費)「赤道 MU レーダー実現に向けた国際研究集会・国際レーダースクール開催」、2018-2019.
  - 基盤研究(A)「レーダー観測網・複数衛星・モデル計算を総合した赤道域電離圏変動 特性の国際共同研究」山本衛、2020-2025.

# 国際共同研究活動報告

生存圏研究所では、生存圏科学の国際化推進のため、平成28年度にインドネシアに「生存圏アジアリサーチノード(ARN)」を設置し、国内研究者コミュニティーと海外研究者コミュニティーを連接させる新たな活動を開始した。そのため本報告においては、研究課題をARN活動に関係が深いものとそれ以外に分けて、研究所の国際共同研究活動を取りまとめる。

# く生存圏アジアリサーチノードに関連の深い国際共同研究課題>

1. 日ASEAN科学技術イノベーション共同研究拠点(JASTIP)

# ー持続可能開発研究の推進ー の国際交流事業

本事業は、オールジャパン・オール ASEAN 体制のもとで、地域共通課題の解決に資する持続可能開発研究を推進することを目的とし、京都大学が中心となり平成 27 年度から開始した。環境・エネルギー、生物資源・生物多様性、防災の 3 分野に焦点を当てて、バイオマス資源のエネルギー化、有用熱帯植物の高度有効利用、大規模自然災害の早期警戒システム等の先端的な技術開発や実用化促進のための国際共同研究に取り組んでいる。中核研究機関が中心となって、中核拠点をバンコク市とジャカルタ市に、サテライト拠点をタイ、インドネシア、マレーシアに設置し、日 ASEAN の代表的な研究機関からなるコンソーシアムを創設した。顔のみえる科学技術イノベーション拠点として、日 ASEAN 研究者のイニシアティブによる持続可能開発に関する共同研究を推進するとともに、ASEAN 域内の関連研究機関との包括的な連携を促進し、本研究の成果を全 ASEAN 諸国に効果的に波及させる。これにより、ASEAN 地域の喫緊の課題を解決する方策を提言し、社会実装活動を加速させるとともに、学術政策対話や国際機関との協力を通じて日 ASEAN の持続可能開発に貢献する。

生存圏研究所は、これらのうちの「生物資源・生物多様性」研究に関係するサテライト拠点の運営と共同研究を京都大学農学研究科とともに担当している。研究者の招聘や派遣を含む国際共同研究を推進するとともに、2023年11月22日には、BogorにてJASTIPWP3Workshop on Biodiversity, Genetic Resources and Innovative Bioresources Technology for Future Sustainable Use of Biodiversity を開催した。11月23日には、CibinongのBRINにて、研究交流について意見交換をした。

JASTIP プロジェクトとして開始したタイ国立科学技術開発庁(NSTDA) -LIPI-生存圏研究所の研究プログラムは、ラオス国立大学、京都大学エネルギー理工学研究所、同エネルギー科学研究科を加えて、e-Asia プロジェクト「サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリファイナリー」に発展した。2023 年 3 月末まで研究を実施し、2024 年度に成果報告をした。

# 2. 赤道大気レーダー(EAR)に基づく国際共同研究

赤道大気レーダー(以後 EAR) は、平成 12 年度末にインドネシア共和国西スマトラ州 (東経 100.32 度、南緯 0.20 度) に設置された大型大気レーダーであり、インドネシア航空 宇宙庁 (LAPAN) との密接な協力関係のもとに運営されてきた。2021 年にインドネシア側の大規模な組織変更があり、現在は国立研究革新庁(BRIN)傘下の気候大気研究所(PRIMA)が EAR 運営に関する対応機関となった。現在、EAR 運営協定書の改訂を進めている。

EAR は地上と接する大気の最下層(対流圏)から高度数 100 km の電離圏にいたる赤道大気全体の研究を行っており、平成 13 年 6 月から長期連続観測を実施し、観測データをweb 上で公開してきた。平成 23 年 9 月に 10 周年記念式典及び記念国際シンポジウム(ジャカルタ開催、参加者約 200 名)、平成 28 年 8 月に 15 周年記念式典及び国際シンポジウム(ジャカルタ開催、参加者 221 名)を実施してきた。2021 年 9 月 20-21 日に、20 周年記念式典と国際シンポジウムを開催した。新型コロナ感染症の問題からオンライン開催となったが、日本側からは京都大学総長、インドネシア側からは BRIN 長官をはじめとする賓客と出席者 533 名を得た。

EAR は本研究所の重要な海外研究拠点であって、国内外の研究者との共同研究によって生存圏の科学研究の推進に活用され、同時にインドネシア及び周辺諸国の研究啓発の拠点として、教育・セミナーのために利用されている。平成17年度後期から、全国・国際共同利用を開始した。平成24年度以降はMUレーダーと統合実施されている。数年間続いた新型コロナ感染症の問題は、今年度にはほぼ解消している。現在、EARのレーダー制御装置の更新を進めており、来年度には導入される予定となっている。

EAR に密接に関わる研究プロジェクトは以下の通りである。まず平成 13~18 年度に文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「赤道大気上下結合」が実施され、赤道大気の多くの関連観測設備・装置が EAR 観測所を中心として整備された。終了時ヒアリング(平成 19年 10月)においては最高位の評価結果 A+(期待以上の研究の進展があった)を獲得した。平成 19年 3月 20~23 日には「赤道大気上下結合国際シンポジウム」が約 170名(18の国と地域から)の参加者を集めて開催された。平成 19年 9月 20~21 日には東京国際交流館・プラザ平成において公開シンポジウム「地球環境の心臓―赤道大気の鼓動を聴く―」を 250名以上の熱心な参加者を得て成功裡に開催した。平成 22~24年度には文部科学省科学技術戦略推進費(国際共同研究の推進)「インドネシア宇宙天気研究と体制構築」が採択され、EAR 長期連続観測を大気圏・電離圏の同時観測モードに変更した。関連する複数の科研費課題からの経費支援を継続しながら、現在もこの観測モードを継続中である。

現在、生存圏研究所では EAR の感度を約 10 倍に増強する新レーダーである「赤道 MUレーダー」を EAR に隣接して設置することを概算要求中である。日本学術会議のマスタープラン 2014、2017、2020 に連続して重点大型研究計画として採択された、プロジェクト「太陽地球系結合過程の研究基盤構築」に含まれる。今後も予算獲得を目指していく。

# 3. インドネシアにおける赤道大気観測に関する啓蒙的シンポジウム

人類社会の生存を図るためには、地球環境全体に及ぼす影響の大きさからアジア熱帯域における「生存圏科学」の構築が不可欠である。本研究所は生存圏科学の構築に向けて強力な研究協力関係をインドネシア科学院(LIPI)やインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)と結んでおり、これまで数多くの国際シンポジウムをインドネシアにおいて開催してきた。特に若手研究者・学生と対象としたスクールを、「木質科学スクール」として平成 18 年度から 2回、その平成 20 年度からは「生存圏科学スクール(HSS)」として実施してきた。一方、平成 23 年度からは、国際生存圏科学シンポジウム(ISSH)として、日本、インドネシア両国の学生および若手研究者による生存圏科学に関する研究発表の場がスタートしている。

赤道大気の研究に関しては、1990年以来、啓蒙的なシンポジウムをインドネシアで開催 し、LIPI、LAPAN 以外にも、BPPT(科学技術応用評価庁)、BMKG(気象庁)、ITB(バ ンドン工科大学)等の大学・研究機関の研究者・学生との国際的学術交流を進めてきた。平 成 15~19 年度に実施された京都大学 21 世紀 COE プログラム「活地球圏の変動解明」で は、平成 16 年度以降の毎年に ITB において活地球圏科学国際サマースクールを開講し、日 本・アジア・世界の若手研究者・大学院生の教育と交流に尽力してきた。日本学術振興会の 「アジア・アフリカ学術基盤形成事業」の一課題として、「赤道大気圏のアジア域地上観測 ネットワーク構築」を平成 20~22 年度に実施した。平成 26~28 年度には日本学術振興会 2国間交流事業「大型大気レーダーによる赤道大気上下都合の日本インドネシア共同研究」 を実施中である。このほかにも、インドネシアの LAPAN とインドの NARL を海外拠点機 関とし、共同研究、学術会合(セミナー)、研究者交流を実施している。平成 29 年度から は、生存圏研究所が実施するオープンセミナーを LAPAN に向けてネット配信している (毎 年5~8回分を配信)。平成30年度には、LAPANの研究者2名を生存圏研究所に招へいし、 赤道大気レーダーによる Radio Acoustic Sounding System (RASS)観測のデータ解析につい て、オン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT) を実施した (平成 30 年 7 月 26 日~8 月 1 日)。LAPAN がインドネシア・バンドンで主催した International Conference on Tropical Meteorology and Atmospheric Sciences (ICTMAS、参加者数 366 名)に参加し、招待講演 2 件を行い、大学院生1名が参加して口頭発表を行った(平成30年9月)。赤道大気レーダ ーサイトにおいて、LAPAN と共同でレーダー観測と気球観測に関する実習を実施した(平 成30年11月、10名参加)。京都大学全学経費の支援を得て、インドネシア・バンドンにお いて International School on Equatorial Atmosphere (赤道大気国際スクール、ISQUAR) を開催し、計6か国から170名の参加者を得て成功させることができた(平成31年3月 18~22日)。令和2年度については、新型コロナ感染症の影響から日本からの訪問は全く実 施できなかったが、2021 年 1 月に LAPAN 研究者 4 名が EAR サイトを訪問しセミナーと データ解析演習を実施した。令和 3 年度は 2022 年 9 月 20-21 日に赤道大気レーダー20 周 年記念行事に引き続いて国際シンポジウム(LAPAN-Kyoto University International Symposium for Equatorial Atmosphere、第 6 回生存圏アジアリサーチノードシンポジウム)

をオンライン形式で開催し、参加者 533 名、発表講演 188 件を集めた。令和 5 年にはインドネシアへの渡航の問題はほぼ解消し、インドネシア留学生 JSPS 同窓会イベント (2023 年 3 月、ボゴール) とインドネシア留学生京都大学同窓会イベント (2023 年 10 月、マカッサル) に参加して、長年にわたる国際交流を紹介した。今後も引き続き、インドネシアにおける赤道大気観測に関する国際交流を継続して行く。

# 4. インド宇宙研究機関(ISRO)・大気科学研究所(NARL)との国際共同研究

国立大気科学研究所(NARL: National Atmosphere Research Laboratory)は、インドにおける大気科学研究の中核機関であり、インドの宇宙航空技術の開発および研究を司るインド宇宙研究機関(ISRO: Indian Space Research Organization)の下部組織である。生存圏研究所は NARL と 2008 年 10 月に MoU を交換し、地球大気圏および電離圏の地上・衛星リモートセンシングに関する国際共同研究を推進している。

# http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/docs/20081018.html

NARLでは信楽の MU レーダーと同様の大型大気レーダー(MST レーダー)を 1993 年に南インドの Tirupati 郊外の Gadanki に建設し、低緯度における大気圏・電離圏の研究を推進している。一方、生存研は 2001 年にインドネシア・西スマトラの Koto Tabang に赤道大気レーダー(EAR)を建設し、さらに、ライダーをはじめ多種多様な大気リモートセンシング機器を設置した総合観測所を構築した。信楽、Gadanki、Koto Tabang の 3 国間の国際共同研究を推進している。

NARL の MST レーダーのアンテナは passive phased array であったが、2017 年に MU レーダーや EAR で採用されている active phased array に高性能化された。このレーダーの 25 周年、およびシステム改修を記念して、URSI Regional Conference of Radio Science (RCRS)が 2017 年 3 月 1~4 日に Tirupati で開催された。日本からは日本学術会議 URSI 分科会の小林委員長(中央大)および津田が参加し、津田が基調講演を行った。

その他にも、インドでは下記に示すように、関連の深い国際研究集会が開催されている。

- 15<sup>th</sup> International Symposium on Equatorial Aeronomy (ISEA-15):2018年10月22~26日、Physical Research Laboratory (インド・アーメダバード)
- 2019 URSI Asia Pacific Radio Science Conference (URSI AP-RASC): 2019 年 3 月 9~15 日、India Habitat Centre (インド・デリー)

平成  $2\sim3$  年度  $(2020\sim2021$  年度)、残念ながら新型コロナ感染症の問題が大きかったため、 国際交流を実施することができなかった。一方で令和 4 年度には、2022 年 9 月に下記のシンポジウムを京都大学が主催し、NARL からも多くの参加者があった。

● 16<sup>th</sup> International Symposium on Equatorial Aeronomy (ISEA-16): 2022 年 9 月 12~16 日、 京都大学宇治おうばくプラザ(宇治市)とオンラインのハイブリッド開催 MST レーダーの例だけでなく、NARL では電波・光を用いた新しい大気観測装置が開発 を進んでおり、若手研究者も育成されていることから、今後も生存研との共同研究を推進していきたい。

# <その他の国際共同研究課題>

# 5. 宇宙空間シミュレーション国際学校

宇宙空間シミュレーション国際学校(ISSS)は、生存圏のひとつである宇宙圏環境の定量的研究に最も有効な(そして殆ど唯一の)研究手段である計算機シミュレーションに関する国際講座及び国際シンポジウムである。その目的は研究手法としての計算機実験の実習と最新の宇宙環境研究の学術論議を行うことである。世界に先駆けて宇宙空間シミュレーション研究を始めた京都大学は、その先導的役割が評価され、第1回の開催地には日本が選ばれ、1982年に京都で開催された。その後、第2回米国(1985年)、第3回フランス(1987年)、第4回京都・奈良(1991年)、第5回京都(1997年)、第6回ドイツ(2001年)、第7回京都(2005年)、第8回米国(2007年)第9回フランス(2009年)、第10回カナダ(2011年)、第11回台湾(2013年)、第12回チェコ(2015年)、第13回米国(2018年)で開催された。第14回は日本に戻り、生存圏研究所の計算機実験研究グループも協力して2020年9月に神戸大学において開催される予定であったが、コロナウィルスの蔓延により延期された。2022年に入ってもコロナウィルスの蔓延状況が大きくは改善していなかった状況を考慮して、神戸大のシミュレーション研究グループと協力して2022年9月12日から16日にかけてオンラインで開催された。次回のISSS-15は2024年8月1日~9日にドイツでマックスプランク研究所の主催で開催される予定である。

# 6. 科学衛星 GEOTAIL プラズマ波動観測による国際共同研究

1992 年に打ち上げられた我が国の科学衛星 GEOTAIL は、国際プロジェクト ISTP (International Solar-Terrestrial Physics)の一翼を担う衛星として、地球磁気圏の貴重なデータを観測し続けている。当研究所が中心となって、国内外の共同研究者とともに設計・開発を行ったプラズマ波動観測器(PWI: Plasma Wave Instrument)も、GEOTAIL 搭載観測器の一つとして順調に観測を行い現在も貴重なデータを送信し続けている。観測されたデータは、プラズマ波動観測スペクトルの full resolution プロットを始め、波動データのみを抽出したデータセット等が、当研究所の生存圏データベースとして共同研究者(スペクトルデータは完全一般公開)へ供給されている。特に、長期間比較データ解析、磁気リコネクション発生領域におけるプラズマ波動強度の空間分布とその磁気リコネクションに関わる役割、磁気圏活動度と極域起源プラズマ波動との関連性など、長期的な観測を集約した解析からイベント毎のデータ解析まで随時共同研究を展開している他、CLUSTER、THEMIS、MMSなどの欧米の衛星データ、地上オーロラ観測データおよび、わが国の Arase 衛星と

GEOTAIL 衛星のデータを組み合わせた共同観測・解析の共同研究にも貢献している。なお、GEOTAIL 衛星は、2022 年 11 月 28 日をもって 30 年間にわたる長期の運用を停止した。新しいデータの生成は終了しているが、引き続き、オーロラキロメトリック放射からみた磁気圏の活動度の評価など研究テーマが設定されている。

# 7. 水星探査ミッションにおける欧州との国際共同研究

2018年10月に打ち上げられた日欧共同水星探査計画「BepiColombo」に、欧州チームとともに参加している。BepiColombo 計画は、水星磁気圏探査機 MMO(Mercury Magnetospheric Orbiter、日本担当)と水星表面探査機 MPO(Mercury Planetary Orbiter、欧州担当)の2機の衛星から構成され、両探査機は、1機のアリアンロケットで打上げられた。そのうち水星の磁気圏を探査する MMO を日本が担当し、そこに搭載するプラズマ波動観測器(PWI: Plasma Wave Investigation, PI: 笠羽 東北大・教授)を、日欧の共同研究グループで構成し開発した。当研究所は、この PWI の Experiment manager をつとめ、搭載機器開発の中心となっている。PWI チームは日本国内の共同研究者に加え、欧州は、フランス、スウェーデン、ハンガリーなど複数の国にまたがる研究者と共同開発体制を整えている。2021年における、最初の Mercury フライバイに加え、2022年、2023年のフライバイでも、最接近時に PWI 電源を ON して、水星周辺における磁場や電場としての変動信号を捉えることに成功している。現在は、水星到着に備えてデータ解析の準備を欧州チームとともに実行している。

# 8. スウェーデンとのバイオマス変換に関する国際共同研究

スウェーデンは木質科学の分野で非常に高いレベルにある。同国の森林面積は約2,400万ヘクタールであり、日本とほぼ同様である。一方、世界有数の材木輸出国であり、木質バイオマスの利活用研究が精力的に進められている。本国際共同研究のカウンターパートである Chalmers University of Technology(チェルマース工科大学)はスウェーデンにおける大学ランキング1位のトップ大学である。本共同研究では、生物有機化学の Gunnar Westman教授、酵素化学の Lisbeth Olsson 教授らのグループと木材化学、構造化学の生存圏研究所のグループが有機的に連携することで、従来にないバイオマス変換ステップの実現を目指している。また、Wallenberg Wood Science Center (WWSC)、 KTH Royal Institute of Technologyとも連携して共同研究を進めている。

バイオマスを有効利用する上でリグニンと糖の分離は重要な課題となっている。植物細胞壁中で、リグニンはヘミセルロースと共有結合して Lignin Carbohydrate Complex (LCC) を形成しており、細胞壁の強度や分解性に大きな影響を与えている。 バイオマス変換において、このリグニン・糖間結合の切断を高効率で行えれば、主要3成分の分離効率は大きく上

昇すると期待される。本研究では、リグニン・糖間結合を直接切断する酵素に着目して、エステル型 LCC モデル化合物の合成と酵素による分解反応を行い、LCC の分析と構造解析、酵素の反応特性と分解反応を詳細に解析するとともに、実際の植物細胞壁成分と反応させて起こる構造変換を NMR 法によって観測することを目的として研究を進めている。本国際共同研究は、日本学術振興会 二国間交流事業共同研究、生存圏ミッション研究、新領域研究の支援により研究を進めてきた。関連する成果を付記する。1-26)

現状コロナウイルスの影響により、実質的な国際共同研究が滞っているが、状況が改善次 第、交流活動を再開して進める予定である。

# 付記

- 1) Dan AOKI, Kenta NOMURA, Masashi HASHIURA, Yoshinori IMAMURA, Sonoka MIYATA, Noritsugu TERASHIMA, Yasuyuki MATSUSHITA, Hiroshi NISHIMURA, Takashi WATANABE, Masato KATAHIRA, Kazuhiko FUKUSHIMA Evaluation of ring-5 structures of guaiacyl lignin in Ginkgo biloba L. using solid- and liquid-state 13C NMR difference spectroscopy, Holzforschung, 2019.
- 西村裕志,植物バイオマスの複雑高分子の多次元NMR 構造解析,月刊 細胞 -構造生物学の最前線,51, 12,56 (632)-57 (633) 2019.
- 3) 西村裕志, リグニンとへミセルロースをつなぐ共有結合の解明 ~植物バイオマスの高度利用, アグリバイオ, 3, 6, 87-89, 2019.
- 4) Kaori Saito, Yutaka Makimura, Hiroshi Nishimura, Takashi Watanabe, Structural analysis of the free phenolic terminal and non-phenolic units connected through various interunit linkages in lignin polymer, The 20th ISWFPC (oral) 2019.
- Chihiro Kimura, Ruibo Li, Ryota Ouda, Hiroshi Nishimura, Takashi Fujita, Takashi Watanabe, Production of antiviral compounds from sugarcane bagasse by microwave solvolysis, The 20th ISWFPC (poster) 2019.
- 6) Ruibo Li, Ryo Narita, Ryota Ouda, Chihiro Kimura, Hiroshi Nishimura, Takashi Fujita, Takashi Watanabe, Antiviral activity of phenolic compounds in pyroligenous acid, and structure-activity relationship, The 20th ISWFPC (poster) 2019.
- 7) Takashi Watanabe, Yuki Tokunaga, Satoshi Oshiro, Kaori Saito, Hiroyuki Okano, Hiroshi Nishimura, Takashi Nagata, Keiko Kondo, Masato Katahira, Katsuhiro Isozaki, Hikaru Takaya, Masaharu Nakamura, Strategy of lignocellulose conversion using catalysts with controlled affinity to lignin, 1st International Lignin Symposium (ILS), Hokkaido Univ. (oral) 2019.
- 8) Hiroshi Nishimura, Kazuma Nagata, Misato Yamada, Takashi Nagata, Masato Katahira, Takashi Watanabe, Structural analyses of covalet likages between liginin and hemicellulose in wood cell walls, 1st International Lignin Symposium (ILS), Hokkaido Univ. 2019.
- 9) Saho Kashima, Hiroshi Nishimura, Shizuka Sakon, Misato Yamada, Yasuhiro Shimane, Yukari Ohta, Keiko Kondo, Yudai Yamaoki, Takashi Nagata, Masato Katahira, Takashi Watanabe. Fractionation and analysis of lignincarbohydrate complex using lignin-degrading enzymes 2019.1st International Lignin Symposium (ILS),

- Hokkaido Univ. 2019.
- 10) Ruibo Li, Ryota Ouda, Chihiro Kimura, Hiroshi Nishimura, Takashi Fujita, Takashi Watanabe. Microwave-assisted degradation of woody biomass for application as antiviral agent against encephalomycarditis virus. 1st International Lignin Symposium (ILS), Hokkaido Univ. 2019.
- 11) 斉藤香織、牧村裕、西村裕志、渡辺隆司、リグニンフェノール性水酸基のメチル化によるフェノール 性末端の構造と高分子化学構造の解析、第70回日本木材学会鳥取大会、2020.3.
- 12) 西村裕志, 鹿島早帆, 山田美紗登, 永田一真, 永田崇, 片平正人, 渡辺隆司, 広葉樹リグニンー多糖間 結合の多次元 NMR 法による構造解析, 第70回日本木材学会鳥取大会, 2020.3.
- 13) 木村智洋, 李瑞波, 應田涼太, 西村裕志, 藤田尚志, 渡辺隆司, マイクロ波ソルボリシスにより創出した抗ウイルス活性リグニンの構造および作用機構の分析, 第70回日本木材学会鳥取大会, 2020.3.
- 14) 岡野啓志、齋藤香織、大城理志、西村裕志、渡辺隆司, リグニン親和性ペプチドを結合した白色腐朽 菌ラッカーゼによるリグニン分解, 日本農芸化学会関西支部例会(第512回講演会),2020.2.
- 15) Yuichi Tanida, Hiroshi Nishimura, and Takashi Watanabe, Roles of extracellular metabolites produced by selective white-rot fungi, The 4th Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, Nanjing, China, 2019.12.
- 16) Chihiro Kimura, Ruibo Li, Ryota Ouda, Hiroshi Nishimura, Takashi Fujita, Takashi Watanabe, Lignin-based antiviral inhibitor produced by microwave glycerolysis from sugarcane bagasse, The 4th Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, Nanjing, China, 2019.12.
- 17) 西村裕志、鹿島早帆、山田美紗登、渡辺隆司、大田ゆかり、質量分析法によるリグニンの酵素分解反応の解析、第4回 京都生体質量分析研究会シンポジウム,2020.2.
- 18) 西村裕志, NMRによる有機材料分析とその試料前処理、データ解釈, 技術情報協会 (依頼執筆, 範囲:第3章9節 リグノセルロース高分子の NMR 法による構造解析) 2021 年9月 ISBN: 9784861048609
- 19) 西村裕志, 多糖とリグニンをつなぐ結び目構造の解析と利活用展開, 第 15 回 多糖の未来 フォーラム 要旨集 pp.12-20, 2021 年 11 月 12 日 招待講演
- 20) 西村裕志, 永田一真, 永田崇, 片平正人, 渡辺隆司, エステル型リグニン-多糖間結合の構造解析, 第72回日本木材学会大会(oral online), 2022-03-16
- 21) 西村裕志, 木質バイオマスの分子構造に学び活かす循環型未来社会 京大テックフォーラム 2022 年 3 月 22 日 招待講演
- 22) 西村裕志,「植物バイオマスから環境調和型プロセスでつくるリグニン素材」NEDO 若手研究者研究シーズイベント、2021/08/03, 2021/08/26, 2021/09/08, 2022/3/18 (oral online)
- 23) 西村裕志,木質バイオマスの分子構造にみる循環型社会へのアプローチ,京都大学生存圏研究所 オープンセミナー (オンライン),2022年7月13日
- 24) 西村裕志, リグニンの分離、構造解析とリグノセルロース高分子の創製, 技術情報協会 技術セミナー (オンライン), 2022 年 12 月 22 日
- 25) Hiroshi Nishimura, Fourier transform MS and NMR analyses of lignocellulose from forest trees, 2022.12.16, Finland-Japan Joint Seminar-Sustainable Water Management in Forested Catchment

- 26) 西村裕志, リグノセルロースバイオマスの環境調和型高度利用技術の開発, イノベーション・ジャパン 2022, ND-033, 2022/10/04 2022/10/31
- 27) 西村裕志, リグニン多糖複合体(LCC)の構造と機能, リグニン学会 特別セミナー 2024年3月28日, 招待講演 (予定)
- 28) 西村裕志, 脱炭素社会に向けた NMR 分光法によるリグノセルロース系バイオマスの構造解析, ゼロエミッション拠点成果報告会, 2024 年 3 月 28 日, 招待講演 (予定)
- 29) 西村裕志, リグノセルロースの構造解析と潜在力を活かした利活用, 紙パルプ技術協会 2024 年 3 月 8 日, オンライン招待講演 (予定)

# 9. 米国、香港、韓国、スペイン等との木質バイオマスの形成機構と代謝工学に関する国際共同研究

本国際共同研究では、種々のバイオマス生産植物における細胞壁の構造と形成機構に関わる基盤研究を進める。特に、バイオマス、すなわち細胞壁を構成するリグノセルロースの主要成分であるリグニンの代謝制御機構の詳細解明と代謝工学的制御を通じ、各種バイオマス利用特性を高めた新たなバイオテクノロジー素材を得ることを目指す。

米国のウィスコンシン大学 John Ralph 博士、オクラホマ大学 Laura Bartley 博士、ブルックへブン国立研究所 Chang-Jun Liu 博士らの研究グループとは、リグニンのアシル修飾基の生合成と代謝工学的改変に関わる共同研究を 2016 年から実施している。当研究所で作出したリグニンの構造を種々に改変した組換えイネ株について、Ralph 研究室が開発したアシル化リグニンの精密化学分解解析を実施し、アシル化リグニンの形成に寄与するイネ科植物特有の生合成代謝経路が存在することを世界に先駆けて明らかにしている。関連する種々のリグニン改変組換え植物の解析なども実施し、これまでに 9 報の国際共著論文及び 1 編の共著図書を発表している。2019 年 8 月から 8 ヶ月間、Laura Bartley 博士を生存圏研究所客員准教授として招聘し、上記の研究課題に関わる共同実験を実施した。2025 年 7 月には、リグニン研究を主題として、権威ある国際研究集会であるゴードン会議(Gordon Research Conference- Lignin)を、chair(Bartley 博士)及び vice-chair(飛松)として、共同会開催する予定である。

香港大学 Clive Lo 博士及びスペイン高等科学研究院 Jorge Rencoret 博士の研究グループとは、イネ科バイオマスに特徴的なリグニンの新規部分構造として最近発見されたフラボノリグニンに関わる共同研究を 2016 年から実施している。これまでに、イネにおけるフラボノリグニン形成に関与する複数のフラボン合成遺伝子の同定とその発現制御によるフラボノリグニンの量及び構造を改変したイネ組替え株の作出に世界に先駆けて成功するなど、これまでに 9 報の国際共著論文及び 1 編の共著図書を発表している。現在、さらなるフラボノリグニンの形成機構のさらなる詳細解明と生理学的機能ならびにイネ科バイオマスの利用特性に及ぼす寄与の解明を目指した共同研究を実施している。

高麗大学校 Ohkmae K. Park 教授の研究グループとは、植物の病害応答におけるリグニンの寄与ついての共同研究を 2016 年から開始した。植物が病原体の侵入に応答して合成するリグニンを主要成分とする防御壁の形成プロセスを当研究所で開発した合成蛍光プローブを利用して高精度に可視化することに成功した。この現象に深く関わる新規遺伝子郡の同定や代謝物輸送機構の解明に貢献し、これまでに 3 報の国際共著論文を発表している。現在、植物の病害応答機構におけるリグニンの寄与のさらなる詳細解明に向けた共同研究を進めている。

#### 付記

# 共著論文(所内担当者と共同研究先代表者に下線)

- Nidhi Dwivedi, Senri Yamamoto, Yunjun Zhao, Guichuan Hou, Forrest Bowling, <u>Yuki Tobimatsu</u>, <u>Chang-Jun Liu</u>. Simultaneous suppression of lignin, tricin and wall-bound phenolic biosynthesis via the expression of monolignol 4-O-methyltransferases in rice. *Plant Biotechnology Journal*, in press. (http://doi.org/10.1111/pbi.14186)
- Lydia Pui Ying Lam, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Shiro Suzuki, Takuto Tanaka, Senri Yamamoto, Yuri Takeda-Kimura, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, <u>John Ralph</u>, <u>Laura E Bartley</u>, Toshiaki Umezawa. Disruption of *p*-Coumaroyl-CoA:monolignol transferases in rice drastically alters lignin composition. *Plant Physiology*, in press. (http://doi.org/10.1093/plphys/kiad549)
- Lydia Pui Ying Lam, Lanxiang Wang, Andy C. W. Lui, Hongjia Liu, Toshiaki Umezawa, Yuki Tobimatsu, Clive Lo. Flavonoids in major cereal grasses: distribution, functions, biosynthesis, and applications. *Phytochemistry Reviews*, 22, 1399–1438 (2023). (https://doi-org.kyoto-u.idm.oclc.org/10.1007/s11101-023-09873-0)
- Andy C. W. Lui, Kah Chee Pow, Nan Lin, Lydia Pui Ying Lam, Guoquan Liu, Ian D. Godwin, Zhuming Fan, Chen Jing Khoo, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Lanxiang Wang, Quan Hao, <u>Clive Lo</u>. Regioselective stilbene *O*-methylations in *Saccharinae* grasses. *Nature Communications*, 14, 3462 (2023). (https://doi.org/10.1038/s41467-023-38908-5)
- Hwi Seong Jeon, Eunjeong Jang, Jinwoo Kim, Seu Ha Kim, Myoung-Hoon Lee, Myung Hee Nam, Yuki Tobimatsu, Ohkmae K. Park. Pathogen-induced autophagy regulates monolignol transport and lignin formation in plant immunity. *Autophagy*, 19, 597–615, DOI: 10.1080/15548627.2022.2085496 (2023).
- Pui Ying Lam, Lanxiang Wang, Andy C W Lui, Hongjia Liu, Yuri Takeda-Kimura, Mo-Xian Chen, Fu-Yuan Zhu, Jianhua Zhang, Toshiaki Umezawa, <u>Yuki Tobimatsu</u>, <u>Clive Lo</u>. Deficiency in flavonoid biosynthesis genes CHS, CHI, and CHIL alters rice flavonoid and lignin profiles. *Plant Physiology*, 188, 1993–2011, DOI: 10.1093/plphys/kiab606 (2022).
- Daisuke Ando, Fachuang Lu, Hoon Kim, Alexis Eugene, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Ruben Vanholme,
   Thomas J. Elder, Wout Boerjan, <u>John Ralph</u>. Incorporation of catechyl monomers into lignins:

- lignification from the non-phenolic end via Diels-Alder cycloaddition? *Green Chemistry*, 23, 8995–9013, DOI: 10.1039/D1GC03022A (2021).
- Jorge Rencoret, Ana Gutiérrez, Gisela Marques, José Carlos del Rio, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Marta Pérez-Boada, Francisco Javier Ruiz-Dueñas, José María Barrasa, Angel T. Martinez. New insights on structures forming the lignin-like fractions of ancestral plants. Frontiers in Plant Science, 12, 740923, DOI: 10.3389/fpls.2021.740923 (2021).
- Yunjun Zhao, Xiaohong Yu, Pui-Ying Lam, Kewei Zhang, <u>Yuki Tobimatsu</u>, <u>Chang-Jun Liu</u>.
   Monolignol acyltransferase for lignin *p*-hydroxybenzoylation in *Populus*. *Nature Plants*, 7, 1288–1300, DOI: 10.1038/s41477-021-00975-1 (2021).
- Pui Ying Lam, Andy CW Lui, Lanxiang Wang, Hongjia Liu, Toshiaki Umezawa, <u>Yuki Tobimatsu</u>,
   <u>Clive Lo</u>. Tricin biosynthesis and bioengineering. *Frontiers in Plant Science*, 12, 733198, DOI: 10.3389/fpls.2021.733198 (2021).
- Seu Ha Kim, Pui Ying Lam, Myoung-Hoon Lee, Hwi Seong Jeon, <u>Yuki Tobimatsu</u> and <u>Ohkmae K. Park</u>. The Arabidopsis R2R3 MYB transcription factor MYB15 is a key regulator of lignin biosynthesis in effector-triggered immunity. *Frontiers in Plant Science*, 11, 583153, DOI: 10.3389/fpls.2020.583153 (2020).
- Andy CW Lui, Pui Ying Lam, Chan Kwun-Ho, Lanxiang Wang, <u>Yuki Tobimatsu</u>, and <u>Clive Lo</u>,
  Convergent recruitment of 5'-hydroxylase activities by CYP75B flavonoid B-ring hydroxylases
  for tricin biosynthesis in Medicago legumes. *New Phytologist*, 228, 269–284, DOI:
  10.1111/nph.16498 (2020).
- Pui Ying Lam, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Naoyuki Matsumoto, Shiro Suzuki, Wu Lan, Yuri Takeda, Masaomi Yamamura, Masahiro Sakamoto, <u>John Ralph</u>, <u>Clive Lo</u> and <u>Toshiaki Umezawa</u>, OsCAldOMT1 is a bifunctional *O*-methyltransferase involved in the biosynthesis of tricin-lignins in rice cell walls. *Scientific Reports*, 9, 11597, DOI: 10.1038/s41598-019-47957-0 (2019).
- Pui Ying Lam, Andy Lui, Masaomi Yamamura, Lanxiang Wang, Yuri Takeda, Shiro Suzuki, Hongjia Liu, Fu-Yuan Zhu, Mo-Xian Chen, Jian-Hua Zhang, Toshiaki Umezawa, Yuki Tobimatsu, and Clive Lo, Recruitment of specific flavonoid B-ring hydroxylases for two independent biosynthesis pathways of flavone-derived metabolites in grasses. *New Phytologist*, 223, 2014–219, DOI:10.1111/nph.15795 (2019).
- John H. Grabber, Christy Davidson, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Hoon Kim, Fachuang Lu, Yimin Zhu, Martina Opietnik, Nicholas Santoro, Cliff E. Foster, Fengxia Yue, Dino Ress, Xuejun Pan, <u>John Ralph</u>, Structural features of alternative lignin monomers associated with improved digestibility of artificially lignified maize cell walls. *Plant Science*, 287, 110070, DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.02.004. (2019).

- Myoung-Hoon Lee, Hwi Seong Jeon, Seu Ha Kim, Joo Hee Chung, Daniele Roppolo, Hye-Jung Lee, Hong Joo Cho, <u>Yuki Tobimatsu</u>, <u>John Ralph</u> and <u>Ohkmae K. Park</u>. Lignin-based barrier restricts pathogens to the infection site and confers resistance in plants. *The EMBO Journal*, e101948, DOI: 10.15252/embj.2019101948 (2019).
- Yuri Takeda, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Steven D. Karlen, Taichi Koshiba, Shiro Suzuki, Masaomi Yamamura, Shinya Murakami, Mai Mukai, Takefumi Hattori, Keishi Osakabe, <u>John Ralph</u>, Masahiro Sakamoto, and Toshiaki Umezawa, Downregulation of p-COUMAROYL ESTER 3-HYDROXYLASE in rice leads to altered cell wall structures and improves biomass saccharification. The Plant Journal, 95, 796–811(2018).
- Yanding Li, Li Shuai, Hoon Kim, Ali Hussain Motagamwala, Justin K. Mobley, Fengxia Yue, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Daphna Havkin-Frenkel, Fang Chen, Richard A. Dixon, Jeremy S. Luterbacher, James A. Dumesic, and <u>John Ralph</u>. An "ideal lignin" facilitates full biomass utilization. *Science Advances*, 4, eaau2968 (2018).
- Pui Ying Lam, <u>Yuki Tobimatsu</u>, Yuri Takeda, Shiro Suzuki, Masaomi Yamamura, Toshiaki Umezawa, and <u>Clive Lo</u>, Disrupting Flavone Synthase II alters lignin and improves biomass digestibility. *Plant Physiology*, 174, 972–985 (2017).

### 共著書(所内担当者と共同研究先代表者に下線)

- Yuki Tobimatsu, Toshiyuki Takano, Toshiaki Umezawa, and John Ralph, "Solution-state multidimensional NMR of lignins: approaches and applications." *In:* Lu F. and Yue F. (eds) Lignin: Biosynthesis, Functions, and Economic Significance, pp 79–110, Nova Science Publishers Inc., Hauppauge, NY, US (2019).
- 飛松裕基, Pui Ying Lam, 梅澤俊明, Clive Lo. イネ科バイオマスを特徴づけるフラボノリグニンの生合成と代謝工学. 月刊 アグリバイオ 2019 年 6 月号 pp.66-72, 北隆館 (2019).

# 10. 中華人民共和国およびタイ王国とのファインバブル(マイクロ・ウルトラファインバブル)に関する国際共同研究

水中のマイクロメートル以下の小さな気泡(微細気泡、ファインバブル、マイクロ・ナノバブル)は、溶存気体の変化や水の特性に効果を与える事がわかっており、その物理化学的特性についての研究が進められている。我々は、これまでに中国・同済大学および東華大学や、タイ王国・ラジャマンガラ工科大学ラーナ校との国際共同研究を推進している。2023年度も継続して国際シンポジウム The International Symposium on Plasma & Fine Bubbles (ISPFB2023)(2023/5/17-20)を岩手大学にて開催した。また、オンラインによる定例の研究集

会として RISH セミナーを開催した他、中国現地(同済大学、東華大学)にて招待講演も行っている。その他、京都大学微細気泡研究会として 2024 年度開催予定の国際シンポジウムを主宰する予定である。

#### 付記

- The International Symposium on Plasma & Fine Bubbles (7<sup>th</sup> ISPFB2023), 2023/5/17-20, Vice Chair
- [Invited] Y. Ueda, Sustainable Environmental Research with Fine Bubbles in Japan, International Lecture at Tongji University Nov 6, 2023
- [Invited] Y. Ueda, Sustainable Environmental Research in Japan: The Fine bubble (Micro-Nano bubble) Approach, International Lecture at Donghua University, Nov 4, 2023
- [Invited] Y. Ueda, Applications of Nanobubbles for radioactive nuclei decontamination in Fukushima; Sustainable Environmental Restoration in Japan: The Fine Bubble Approach, the 2023 IWA Resource Recovery Conference., Nov 2, 2023

# 11. 欧米やアジアの美術館等における木彫像・木造船・木棺をはじめとした文化財 の科学的調査

Dr. TAZURU Suyako, Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan Prof. Cynthea J. BOGEL, Harvard University, USA

Dr. Mechtild MERTZ, East Asian Civilisations Research Centre, Paris, France

Dr. ITO Shiro, Wakayama Prefectural Museum, Japan

Prof. SUGIYAMA Junji,, Kyoto University, Japan

Prof. ITOH Takao, Nara National Research Institute for Cultural Properties, Nara, Japan

### 1. 概要

我が国の適所適材の用材観や伝統的木製品は、アジア域の相互の文化交流の歴史によって培われた賜物であり、それらの知識なしに、我が国特有の木の文化を理解することは不可能である。これまで日本における様々な木彫像をはじめとした文化財の樹種識別や年代などの科学的調査を行ってきた中で、例えば日本の仏像や神像にはカヤやヒノキといった樹種が選択的に使用されていたこと、そして歴史的・地域的に変遷をとげたことなどが徐々に判明してきた。一方、日本と同様木彫像を制作したものの、当事国に木彫像があまり残されていないことなどから科学的調査が遅れている中国や韓国については、どのような樹種が

選択されているのか、不明な点が多く残されていた。

本年度もアメリカ・カナダ・イギリス・フランス・台湾・日本の美術館等と密接にコンタクトを取りながら、各機関のコンサベーターや学芸員による試料採取や生存圏研究所での樹種調査、年代調査、そして美術史専門家らとの学際的な研究をすすめた。メトロポリタン美術館、セインズベリー美術館、シカゴ美術館、プリンストン大学美術館、ロイヤルオンタリオ美術館、ボストン美術館、ホノルル美術館、フィラデルフィア美術館、クリーブランド美術館などとの文化財研究がそれである。

2022 年に論文として公開した、世界中に散逸したとされてきた神像群約 20 体の研究も、継続した調査を行っており、その他複数の調査結果の公開を計画中である。今後も東アジアの木彫像や船材、古墳の木棺、楽器などの文化財調査をすすめていく。東アジアの用材観は、我々日本の歴史ならびに東アジア地域の宗教上の繋がりを知る上で貴重な情報といえる。今後もデータベースの拡充と学際的研究にむけて尽力したい。

#### 2. 付記

田鶴の単著である、『ひとかけらの木片が教えてくれること -木材×科学×歴史―』 (2022 年 8 月淡交社) が、2023 年重版となりました。

# 12. Arase 衛星による内部磁気圏電磁環境探査に関する国際共同研究

2016 年 12 月に打ち上げられた我が国の内部磁気圏探査衛星 Arase において、そこで発生する波動-粒子相互作用に関した観測的研究を国際共同で展開している。Arase 衛星に搭載されたプラズマ波動観測装置 PWE(PWE: Plasma Wave Experiment, PI: 金沢大・笠原禎也教授)において、当研究所は、Co-PI ならびに、Experiment manager として、開発・設計および運用に重要な役割を果たしている。そして、打ち上げ後は、特に、そこで発生しているプラズマ波動の観測とその励起メカニズムについて、国際共同により研究を展開している。一方、電子速度分布関数とコーラス放射スペクトル特性や、電磁波の伝搬特性に関して他の衛星(Van Allen probes、DSX)との同時観測やそれを用いたクロスキャリブレーションなどにおいて成果をおさめている。

# 13. 中国科学院上海植物生理生態研究所とのバイオマス生産植物の分子育種に 関する国際共同研究

本国際共同研究では、中国科学院上海植物生理生態研究所(PI: Laigeng Li 博士)と共同で、持続型バイオマスリファイナリーに資する新たなバイオマス育種素材の開発を行う。ゲノム編集を始めとする近年進歩の著しい植物分子育種技術を駆使して、樹木(主にポプラ)やイネ科植物(主にイネ及びソルガム)をターゲットに、バイオ化成品(燃料・プラスティ

ック原料など)の持続的生産に適した植物育種素材の開発を日中共同して進めている。これまでに、特にバイオ燃料生産特性に大きく寄与するリグニン量を増減させた新規なイネ及びポプラ組換え株の作出をそれぞれ当研究所と中国側で実施し、得られたバイオマス試料の各種化学分析法や NMR 法を用いた性状解析は当研究所を中心に進めている。平成 30 年2月から4月にかけて、中国側代表研究者である Laigeng Li 博士を生存圏研究所客員教授として招聘し、本研究課題に関わる実験を共同で実施した。また本研究課題に関連する国際シンポジウムを平成 30 年 10 月に上海、平成 31 年 2 月に宇治において、開催した。本研究課題に関連して、日本学術振興会 H30 年度二国間交流事業 [研究代表:梅澤俊明(京大生存研)及び Laigeng Li (上海植物生理生態研究所)] が採択されている。また当研究所におけるミッション 5-2 推進課題プロジェクトの一環の活動でもある。

これまでの主な成果として、リグニン生合成転写因子 LTF1 を過剰発現したポプラ組換え 株について、組織特異的プロモータを活用して、良好なバイオマス生産性を維持したまま、 バイオマス酵素糖化性が大きく向上した新規ラインを得ることに成功している。この成果 については、英国科学誌 New Phytologist において共同で論文成果発表を行った(Gui et al., 2021)。そのほか、合わせて 3 報の国際共著論文を発表している。

# 付記

#### 共著論文(所内担当者と共同研究先代表者に下線)

- Jinshan Gui, Laifu Luo, Yu Zhong, Jiayan Sun, <u>Toshiaki Umezawa</u>, <u>Laigeng Li</u>. Phosphorylation of LTF1, a MYB transcription factor in Populus, acts as a sensory switch regulating lignin biosynthesis in wood cells. *Molecular Plant*, 12, 1325-1337 (2019) (https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.05.008).
- Jinshan Gui, Pui Ying Lam, Yuki Tobimatsu, Jiayan Sun, Cheng Huang, Shumin Cao, Yu Zhong, Toshiaki Umezawa, Laigeng Li. Termite gut microbiota contribution to wheat straw delignification in anaerobic bioreactors. New Phytologist 226: 1074-1087 (2020) (https://doi.org/10.1111/nph.16411).
- Wei Li, Ying-Chung Jimmy Lin, Ying-Lan Chen, Chenguang Zhou, Shuang Li, Nette De Ridder, Dyoni M. Oliveira, Lanjun Zhang, Baocai Zhang, Jack P. Wang, Changzheng Xu, Xiaokang Fu, Keming Luo, Ai-Min Wu, Taku Demura, Meng-Zhu Lu, Yihua Zhou, Laigeng Li, Toshiaki Umezawa, Wout Boerjan, Vincent L. Chiang. Woody plant cell walls: Fundamentals and utilization. *Molecular Plant*, 17, 112-140 (2024) (https://doi.org/10.1016/j.molp.2023.12.008)

#### 外部資金獲得

• 日本学術振興会二国間交流事業「クリーンエネルギー生産に向けたリグノセルロース分 子育種と超分子構造解析」(研究代表者:梅澤俊明、Laigeng Li; 2020 年-2022 年)

# 14. フランス国立農学研究所及びオランダ国立ワーゲニンゲン大学とのバイオマス の生物変換に関する国際共同研究

本国際共同研究では、フランス国立農学研究所 INRA (PI: Guillermina Hernandez-Raquet 博士)及びオランダ国立ワーゲニンゲン大学 (PI: Mirjam Kabel 博士)の研究グループと共 同で、木質バイオマスから効率的に燃料や有用化成品を作り出す循環型資源利用システム (バイオリファイナリー) への応用を目的とした新たなバイオマス変換プロセスの開発を 行っている。自然界でバイオマスを効率的に生分解するシロアリや草食哺乳動物の腸内共 生微生物に基づくバイオリアクターとメカノケミカル処理を組み合わせ、バイオマスの主 要成分であるリグニン及び多糖類を有用化成品原料物質へと直接変換する新規なバイオマ ス分解プロセスの構築を目指す。バイオリアクターによるバイオマス処理プロセスの設計 は INRA が中心となって実施し、当研究所とワーゲニンゲン大学はバイオマス分解物の化 学構造解析を担当している。当研究所では、これまでに、バイオリアクターにより処理され たコムギわらバイオマス試料の高分解能多次元 NMR 法を用いた精密化学構造解析を実施 し、バイオリアクターの構成及びメカノケミカル前処理の強度に応じて、試料中のリグニン 及び多糖類の分解挙動が特徴的に変化することを見出している。2020年には、シロアリ腸 内細菌を使ったバイオリアクターによるリグノセルロースの効率的分解に成功するととも に、嫌気性条件下におけるリグニンの新規分解経路を明らかにし、それらの成果を共同論文 発表した。なお、2019 年度には、在日フランス大使館科学技術部 EXPLORATION JAPON プログラムの支援のもと、INRA の Guillermina Hernandez-Raquet 博士を招聘した。また 2020 年度からは、日本学術振興会二国間交流事業 SAKURA プログラムの支援を受け、共 同研究と学術交流のさらなる推進を行っている。

#### 付記

#### 共著論文(所内担当者と共同研究先代表者に下線)

Louison Dumond, Pui-Ying Lam, Gijs van Erven, Mirjam Kabel, Fabien Mounet, Jacqueline Grima-Pettenati, Yuki Tobimatsu, Guillermina Hernandez-Raquet. Termite gut microbiota contribution to wheat straw delignification in anaerobic bioreactors. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 9: 2191-2202, DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c07817 (2021).

#### メディア発表

• アメリカ化学会 *Discover Chemistry*, February 17, 2021. "Termite gut microbes could aid biofuel production". <a href="https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2021/acs-presspac-february-17-2021/termite-gut-microbes-could-aid-biofuel-production.html">https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2021/acs-presspac-february-17-2021/termite-gut-microbes-could-aid-biofuel-production.html</a>. 他

#### 外部資金獲得

日本学術振興会-フランス MEAE-MESRI 二国間交流事業「新規な微生物共生系とバイオマス解析法を核心とするバイオリファイナリー共同研究」(研究代表者:飛松裕基、Guillermina Hernandez-Raquet; 2020年-2022年)

# 15. フランスのロレーヌ大学と「植物生理活性物質とその生合成」の共同研究

フランスは、現在化学農薬の大幅削減に向けた EcophytoII+と呼ばれる国家プロジェクトを施行するなど、脱炭素社会に向けた意識が非常に高い国であり、その実現に向けて植物の生理活性物質に関する生合成研究も盛んである。本共同研究では、ロレーヌ大学 Laboratoire Agronomie et Environnement の Alain Hehn 教授及び前任教授の Frédéric Bourgaud 博士(現 Plant Advanced Technologies 社)と共に、植物生理活性物質の生合成ならびにその生理的役割に対する理解を深め、天然資源の社会実装を目指した研究を進めている。

植物が生産する多様な代謝産物は、古くから我々の衣・食・住を様々な側面から支えてき た。さらに近年では、持続的社会の構築に向け、こうした植物の生産する代謝産物に対する 注目が高まっている。 中でもプレニル化フェノール類は、抗腫瘍活性や抗酸化作用といった ヒトの健康にメリットのある生理活性を持つことから、医薬品原料、また食品や化粧品の機 能性添加物等としての利用が非常に期待される化合物群である。 本共同研究では、 プレニル 化フェノール生合成の鍵ステップを担うプレニル化酵素 (PT) を主役に据え、 プレニル化フ ェノール生合成研究とその代謝工学を進めてきた。これまでに、新規の PT 遺伝子の同定・ 分子進化解析を通じて、プレニル化フェノール類の一種で、植物の化学防御機構に貢献する フラノクマリン類の生合成、及び進化様式に関する重要な知見を世界に先駆けて報告した (Karamat et al., Plant J., 2014; Munakata et al., New Phytol., 2016; Munakata et al., New Phytol., 2020)。フラノクマリン類は人に有用な薬理活性を持つが、食品分野等においては、柑橘製 品に含まれるフラノクマリン類は薬理動態をかく乱する有害物質として働く側面もある。 ロレーヌ大学との共同研究により、柑橘類に特徴的なフラノクマリン生合成経路の一端を 解明した(Munakata et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2021)。これは、フラノクマリン成分の ない柑橘品種の育種への足掛かりとなる重要な知見となった。また、柑橘類における新たな プレニル化フェノール化合物の発見、及びその生合成に関わる PT 遺伝子の同定も達成して きた (Munakata et al., Plant Physiol., 2014)。さらに、フラノクマリン生合成については、PT とは別の酵素ファミリーも共同で解析を進め、論文にまとめた(Villard et al., New Phytol, 2021)

本共同研究の発展形の1つとして、最近では生合成の基礎的理解に立脚した代謝工学を行っている。ブラジル産プロポリスは、健康食品として世界中で人気の高い養蜂製品であるが、その主な薬効成分であるプレニル化フェノールのアルテピリンCは、プロポリス内含量が環境要因によって容易に一桁程も変動するという品質上大きな問題を抱えている。本共

同研究では、アルテピリンC生合成を担う PT 遺伝子を発見し、この遺伝子を利用して酵母におけるアルテピリンC生産系を実現した(Munakata et al., Commun. Biol. 2019)。上記の一連の共同研究は生存圏研究所内若手支援予算、JSPS 日仏交流促進事業及び JSPS 海外特別研究員制度の支援により行われてきた。

Hehn 教授は、植物二次代謝産物を介した植物と共生微生物との相互作用に関する研究を近年精力的に推進しており、このテーマの下で生存圏研究所・森林圏遺伝子統御分野に在籍していた修士学生が現在博士課程として Hehn 教授に師事した。

2023 年度は、プレニル化フェノール類の共同研究に関して、棟方が博士課程学生 2 人、修士学生 1 人と共に Hehn 教授および Bourgaud 博士の元を訪ね、研究報告を行うとともに、新たなプロジェクトの立ち上げについて議論した。さらに、Hehn 教授の学生と共にルクセンブルクで開かれた植物バイオテクノロジー関連の国際学会 Phytofactories 2023 に参加した。また、同行した博士課程の学生 1 人、修士課程の学生 1 人については、引き続き約 1 か月間 Hehn 教授のラボに滞在し、技術習得のために実験を行った。帰国後もこの実験に関するサンプルを Hehn 教授から送っていただき、共同研究を進展させている。このように本共同研究は一度コロナ過で活動が抑えられていたが、人的交流も含めて再始動できており、今後さらなる成果が期待される。

#### 付記

関連の共著論文(所内担当者に下線、共同研究先代表者に下点線)

- Fazeelat Karamat\*, Alexandre Olry\*, Ryosuke Munakata\*, Takao Koeduka, Akifumi Sugiyama, Cedric Paris, <u>Alain Hehn</u>, <u>Frédéric Bourgaud</u>, <u>Kazufumi Yazaki</u>, "A coumarin-specific prenyltransferase catalyzes the crucial biosynthetic reaction for furanocoumarin formation in parsley", *The Plant Journal*, 77 (4): pp. 627–638 (2014). \*co-first authors
- Ryosuke Munakata, Tsuyoshi Inoue, Takao Koeduka, Fazeelat Karamat, Alexandre Olry, Akifumi Sugiyama, Kojiro Takanashi, Audray Dugrand, Yann Froelicher, Ryo Tanaka, Yoshihiro Uto, Hitoshi Hori, Jun-Ichi Azuma, <u>Alain Hehn, Frédéric Bourgaud, Kazufumi Yazaki,</u> "Molecular cloning and characterization of a geranyl diphosphate-specific aromatic prenyltransferase from lemon", *Plant Physiology*, 166(1): pp. 80–90 (2014).
- Ryosuke Munakata\*, Alexandre Olry\*, Fazeelat Karamat, Vincent Courdavault, Akifumi Sugiyama, Yoshiaki Date, Célia Krieger, Prisca Silie, Emilien Foureau, Nicolas Papon, Jérémy Grosjean, Kazufumi Yazaki, Frédéric Bourgaud, Alain Hehn, "Molecular evolution of parsnip (Pastinaca sativa) membrane-bound prenyltransferases for linear and/or angular furanocoumarin biosynthesis", New Phytologist, 211 (1): pp. 332–344 (2016). \*co-first authors

- Ryosuke Munakata, Tomoya Takemura, Kanade Tatsumi, Eiko Moriyoshi, Koki Yanagihara, Akifumi Sugiyama, Hideyuki Suzuki, Hikaru Seki, Toshiya Muranaka, Noriaki Kawano, Kayo Yoshimatsu, Nobuo Kawahara, Takao Yamaura, Jérémy Grosjean, Frédéric Bourgaud, Alain Hehn, Kazufumi Yazaki, "Isolation of Artemisia capillaris membrane-bound di-prenyltransferase for phenylpropanoids and redesign of artepillin C in yeast", Communications Biology, 2, Article number: 384 (2019).
- Ryosuke Munakata, Sakihito Kitajima, Andréïna Nuttens, Kanade Tatsumi, Tomoya Takemura, Takuji Ichino, Gianni Galati, Sonia Vautrin, Hélène Bergès, Jérémy Grosjean, Frédéric Bourgaud, Akifumi Sugiyama, Alain Hehn, Kazufumi Yazaki, "Convergent evolution of the UbiA prenyltransferase family underlies the independent acquisition of furanocoumarins in plants", New Phytologist, 225 (5):pp. 2166-2182 (2020).
- Ryosuke Munakata, Alexandre Olry, Tomoya Takemura, Kanade Tatsumi, Takuji Ichino, Cloé Villard, Joji Kageyama, Tetsuya Kurata, Masaru Nakayasu, Florence Jacob, Takao Koeduka, Hirobumi Yamamoto, Eiko Moriyoshi, Tetsuya Matsukawa, Jérémy Grosjean, Célia Krieger, Akifumi Sugiyama, Masaharu Mizutani, <u>Frédéric Bourgaud</u>, <u>Alain Hehn</u>, <u>Kazufumi Yazaki</u>, "Parallel evolution of UbiA superfamily proteins into aromatic *O*-prenyltransferases in plants", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118 (17): e2022294118 (2021).
- Cloé Villard, <u>Ryosuke Munakata</u>, Sakihito Kitajima, Robin van Velzen, Michael Eric Schranz, Romain Larbat, <u>Alain Hehn</u>, "A new P450 involved in the furanocoumarin pathway underlies a recent case of convergent evolution", *New Phytologist*, 231 (5):pp 1923–1939 (2021)

# 16. 南京林業大学との木材用接着剤の開発に関する国際共同研究

南京林業大学は 1996 年から MOU を締結しており、木材科学分野での様々な共同研究を 行ってきた。本国際共同研究では、家具学院の趙中元准教授とともに木材用天然系接着剤の 開発を行っている。

木質材料は、接着剤によって木材エレメント同士を接着接合しているが、一般に使用されている接着剤はホルムアルデヒド系樹脂をはじめとした合成樹脂である。この合成樹脂接着剤は化石資源由来の物質を原料としているため、昨今の SDGs や脱炭素化といった世界的な取り組みを背景にその利用の低減が求められている。その代替として、バイオマスを原料とした天然系接着剤の利用が望まれているが、現状では合成樹脂接着剤に匹敵する天然系接着剤はほとんど報告されておらず、未だ発展途上である。

そこで、汎用で安全性の高いバイオマス由来物質を主原料に用い、調製が容易で高い接着

性能を示す新たな接着剤の開発に取り組んでいる。最近は、スクロースなどの糖を主原料とした接着剤の開発を検討している。今年度は、オンラインによって研究成果について情報交換し、今後の連携についても話し合いを進めた。

# 17. 北京大学との地球磁気圏プラズマ波動粒子相互に関する国際共同研究

地球磁気圏には大振幅の極超長波(ULF)波動が存在しており、地球磁気圏の磁場構造の時間変化を起こして、放射線帯の変動に関わるホイッスラーモード・コーラス波動や電磁イオンサイクロトロン波等の発生にも大きな影響を与えている。本共同研究では、ULF 波動と高エネルギー電子とのドリフト共鳴における粒子の非線形軌道について数値計算と共に理論的な解析を行っている。2023 年度は、ULF 波動による磁場勾配の変化がコーラス波動の非線形成長に与える影響について理論解析と観測との比較し、また電磁イオンサイクロトロン波と低エネルギーイオンとの相互作用に関する観測事例を理論的に解析した。

#### 研究成果

Li, L., Omura, Y., Zhou, X.-Z., Zong, Q.-G., Rankin, R., Yue, C., Sui-Yan Fu, S.-Y., and Ren, J. (2023), Chorus wave generation modulated by field line resonance and mirror-mode ULF waves. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 128, e2022JA031127. https://doi.org/10.1029/2022JA031127.

Jing-Huan Li, Zhi-Yang Liu, Xu-Zhi Zhou, Li Li, <u>Yoshiharu Omura</u>, Chao Yue, Qiu-Gang Zong, Zu-Yin Pu, Sui-Yan Fu, Lun Xie, Christopher T. Russell, Craig J. Pollock, Guan Le & James L. Burch, Anomalous resonance between low-energy particles and electromagnetic plasma waves, COMMUNICATIONS PHYSICS (2022), 5:300, https://doi.org/10.1038/s42005-022-01083-y.

# 18. インド地磁気研究所との非線形プラズマ波動に関する国際共同研究

地球磁気圏には磁気圏尾部から注入されてくる高エネルギー粒子と相互作用して様々な 波動が励起されている。その中でも複数の衛星が編隊飛行している THEMIS 衛星で観測さ れている電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波について、その発生領域における周波数変 動の特性を非線形波動成長理論に基づいて解析した。また、新たな共同研究テーマとして、 火星の磁気圏で観測されたプラズマ波動について解析を行った。

#### 研究成果

Ojha, B., Omura, Y., Singh, S., & Lakhina, G. S. (2021). Multipoint analysis of source regions of EMIC waves and rapid growth of subpackets, Journal of Geophysical Research: Space Physics, 126, e2021JA029514. https://doi.org/10.1029/2021JA029514.

Ojha B., Y. Omura, S. Singh, G. S. Lakhina. Fine structures of EMIC waves: Simultaneous observation of rising and falling tones, *submitted to Earth, Planets and Space*.

Kakad, B., Kakad A., Omura, Y., Yoon, P., First Observation of Harmonics of Magnetosonic Waves in Martian Magnetosheath Region, submitted to Journal of Geophysical Research: Space Physics.

# 19. 木工芸および木質科学の「時間」に関する学際的探求

木質科学および木工芸に関わる「時間」について自然科学者、人文科学者ならびに職人の 視点から、また古今東西の情報を収集して捉え直し、新たな理解や更なる利用につなげるこ とを目指す。フランス CNRS のプロジェクト Mission for Transversal and Interdisciplinary Initiatives (MITI)の枠組みをベースにスタートし、2021 年度よりフランス(現地)、ヨーロ ッパ各国、日本を結び、ハイブリッド・ワークショップを3回開催し、学際的・萌芽的研究 ネットワークの形成や共同研究を進めている。当研究所は、特に木材のエージングについて の共同研究に CNRS およびモンペリエ大学の研究者と取り組み、材鑑調査室所蔵の古材を 利用した物性測定ならびに新たに採取したフランス由来古材の物性測定を進めている。 MITI プロジェクトは 2022 年度をもって終了したが、2023 年度も引き続きネットワークの 交流を続けた。具体的には、2022 年1月から3ヶ月間、フランスより Joseph Gril 博士を生 存研客員教授として招聘し、また2023年6月から2ヶ月間、フランスより Matteo Burchanin 氏が JSPS サマープログラム・フェローとして来日した。Gril 博士および Burchanin 氏の滞 在により、フランスより持ち込んだオーク古材の劣化評価について共同研究を進めた。2023 年9月には、松尾准教授が Clermont Auvergne INP Mobilite プログラムの招聘研究者とし てフランスに 1 ヶ月間滞在し、関係者との情報交換をした。その時のディスカッションを 元に、CNRS のプロジェクト 2 件 (IEA、PEPS INSIS)への応募をおこなった。

#### 付記

#### 共著論文(所内担当者と共同研究先代表者に下線)

<u>Iris Brémaud</u>, Claire Alix, Bernadette Backes, Pierre Cabrolier, Katarina Čufar, Nicolas Gilles, Michael Grabner, Joseph Gril, <u>Miyuki Matsuo-Ueda</u>, Nelly Poidevin, Olivier Pont, Samuel Rooney, Time4WoodCraft, the time of wood craftspersons, the time of crafts' wood – a transdisciplinary exploration, Archaeology, Society and Environment, 3 (1), 160–177, 2023

#### 外部資金獲得

フランス CNRS、Mission for Transversal and Interdisciplinary Initiatives (MITI)、研究代表者
 Iris Bremaud 博士、2021–2022