

ミッション1：「環境診断・循環機能制御」

橋口浩之、梅澤俊明
京都大学 生存圏研究所

1. 研究組織

代 表 者：橋口浩之、梅澤俊明（京都大学 生存圏研究所）

共同研究者：高橋けんし、杉山暁史、飛松裕基、馬場啓一、

上田義勝、矢吹正教（京都大学 生存圏研究所）

他生存圏研究所教員多数

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た。ここでは、誰一人取り残さない持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、17の目標が設定されており、発展途上国・先進国を含めすべての国が行動し、社会・経済・環境の観点に統合的に官民挙げて取り組むとされている。さらに同年12月には欧州委員会がサーキュラーエコノミーパッケージを採択した。サーキュラーエコノミーとは、生産と消費の在り方を根本的に変える経済モデルで、製品・部品・資源を最大限に活用し、それらを消費することなく永続的に再生・再利用し続けるビジネスモデルである。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。

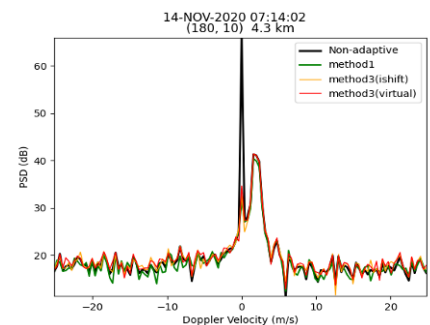
ミッション1では、生存基盤科学の構築という大目標の達成に向けて、バイオマス資源の持続的生産、大気環境計測及び再生可能性／多様性の項目にマッピングされる萌芽的研究や基盤的研究を推進している。特に、地球温暖化や極端気象現象の増加といった環境変動の将来予測に資するため、大型大気観測レーダーや衛星等を用いた精密測定により、現状の大気環境を診断する。また、生物圏から大気圏にわたる物質輸送・交換プロセスのメカニズムを解明するとともに、資源・物質循環に関わる植物・微生物群の機能の解析と制御を通じて、化石資源によらない植物バイオマス資源・有用物質の継続的な生産利用システムの構築を目指す。さらに扱う領域を土壌圏まで広げ、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 大気レーダーアダプティブクラッター抑圧技術の開発

代表：橋口浩之

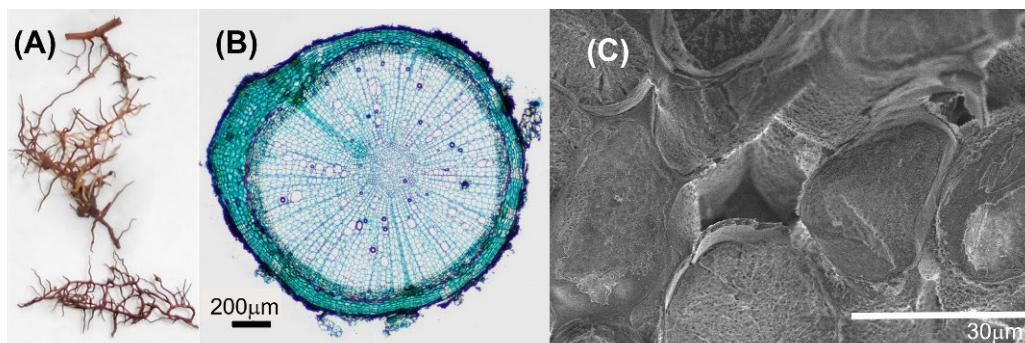
大気レーダー観測において、しばしば山や建物の固定クラッターエコーからのサイドローブエコーが観測の障害になることがある。クラッター抑圧手法として、複数の受信アンテナが使える場合に、NC-DCMP(ノルム・方向拘束付き電力最小化)法が有効である。MU レーダーアンテナの周辺にターンスタイルアンテナを設置し、大気エコーを犠牲にすることなく、クラッターエコーを抑圧する手法を実装した。さらに、この技術を1.3GHz ウィンドプロファイラに適用すべく開発を行っている。



MU レーダーで観測されたドップラスペクトル（黒線：オリジナル、緑・黄・赤線：NC-DCMP）

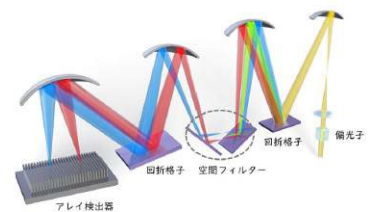
3.2 大気微量成分を介した生物圏—大気圏相互作用

代表：高橋けんし



ハンノキの細根を採取したサンプル (A)、および、光学顕微鏡 (B) とクライオ SEM (C) を用いてサンプルを観察した事例。

ある種の樹木からメタンガスが発生しているという新しい現象が注目されている。我々は、湿地性樹木の一つであるハンノキの樹幹からメタンが放出される植物学的なメカニズムを明らかにするために、光学顕微鏡とクライオ SEM による細根の組織観察を行った。その結果、ガス態のメタン分子が拡散移動する経路として機能している可能性のある細胞間隙を同定することに成功した。



気温ラマンライダー用に開発した多波長分光検出器

3.3 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。気温計測用に、

弾性散乱光による迷光の影響を 10^{-7} 以下にまで減衰させ、かつ光学調整が容易な多波長分光検出器を開発した。ラジオゾンデ観測との比較により、気温ライダーは境界層内の気温を精度 0.5 K 以下で計測できることを実証した。

3.4 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が、今年度は、トマト根圏から単離したスフィンゴビウム属菌のトマチン分解活性を解析するとともに、分解に関与する遺伝子群を同定した。また、 α -トマチンとスフィンゴビウム属菌を含む根圏環境を作出し、トマト生育に与える影響を調査した。



圃場でのトマト栽培

3.5 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。今年度は人工気象器内で一定の温度下で日長のみを変えた場合の伸長成長と肥大成長の経時変化について調べた。その結果、周年短縮系の移行期における生育状態が詳細に把握できるようになった。



気象器内で黄葉しつつあるギンドロ

3.6 イネ科バイオマスを用いた炭素隔離に向けた基盤構築

代表：梅澤俊明、共同研究者：飛松祐基、梅村研二、小西哲之(京大 生存圏研究所)、レザ ラムダン リバイ(京大 生存圏研究所、インドネシア研究イノベーション庁)、八木重郎(京大 エネルギー理工学研究所)、小林優(京大 大学院農学研究科)、サフェンドリ コマラ ラガムスタリ(インドネシア研究イノベーション庁)

熱帯天然林伐採跡地に成立する荒廃草原の適切な管理と植生回復は、歴史的負の遺産の補償と環境保全および資源生産・利用に関わる課題であり、これら熱帯荒廃草原の植生回復とバイオマスエネルギー生産を目指した研究を進めてきた。本ミッションでは、



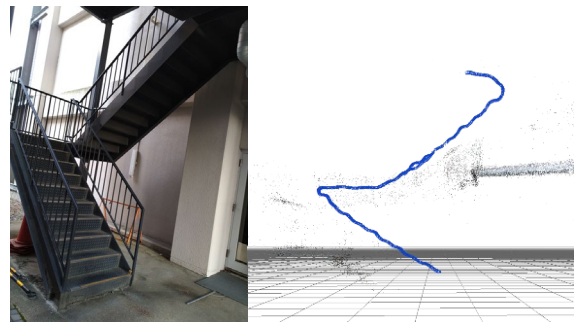
ソルガム選抜実験

昨年度に引き続き上記研究の展開として、太陽光発電とバイオマス生産を連携させた炭素隔離に適するバイオマス植物、特にイネをモデル植物として用い、高リグニン含量の大型イネ科バイオマス植物（ソルガム）の育種を進めた。

3.7 歩行サーベイデータベースを用いた福島県飯舘村の環境放射能の移行調査

代表：上田義勝

東日本大震災後の福島県での支援研究において用いている歩行サーベイ計測器(KURAMA-II)について、特に GPS による位置補足が難しいエリア（山間部等）における代替技術として、動画解析によるマッピング技術の適応を行っている。今年度においては、特にこれまで難しかった高さ方向の位置補足についても、フォトグラメトリ解析を適応させることで精度よく解析が可能であることを確認している。



フォトグラメトリ解析による3次元歩行解析

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

K. Baba, Y. Kurita, and T. Mimura, Experimental study of intra-ring anatomical variation in *Populus alba* L. with respect to changes in temperature and day-length conditions. *Forests*, 13, 1151-1159, doi:10.3390/f13071151, 2022.

K. Takahashi, A. Sakabe, W. A. Azuma, M. Itoh, T. Imai, Y. Matsumura, M. Tateishi, and Y. Kosugi, Insights into the mechanism of diurnal variations in methane emission from the stem surfaces of *Alnus japonica*, *New Phytologist*, 235, 1757–1766, doi:10.1111/nph.18283, 2022.

Y. Ueda, N. Nihei, R. Norarat, and M. Tanigaki, Correlation Between Radiation Measurement on the Field Slopes Using KURAMA-II (Kyoto University RAdiation MApping System) and Environmental Radioactivity in the Soil Depth Direction. In *Proceedings of the Proceedings of the International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment and Humanosphere Science*, 2021, 327-334,

doi:10.1007/978-981-19-0308-3_27, September 20, 2022.

・総説

梅澤俊明, リグニン代謝工学によるイネ科バイオマス植物の育種 –リグニンの量と構造の改変–, 化学と生物, 60, 565-572, 2022.

梅澤俊明, 再生可能バイオマス資源の形成と利用, 京都大学環境報告書2022, pp. 29, 2022.

・学会発表

橋口浩之, 矢吹諒, 西村耕司, MU レーダー外付け受信専用アンテナを用いたアダプティブクラッター抑圧システムの開発, 日本気象学会 2022 年度春季大会, オンライン, 2022 年 5 月 17-20 日.

橋口浩之, 矢吹諒, 西村耕司, MU レーダー外付け受信専用アンテナを用いたアダプティブクラッター抑圧システムの開発, 日本地球惑星科学連合 2022 年大会, 幕張・オンライン, 2022 年 5 月 22-6 月 3 日.

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, 30th International Laser Radar Conference (ILRC-30), Online, June 26-July 1, 2022.

Toshiaki Umezawa, Grass lignin metabolic engineering for sustainable lignocellulose valorization, The 20th IUFRO Tree Biotech and the 2nd Forest Tree Molecular Biology and Biotechnology (FTMB) Conference, Harbin, July 7-9, 2022.

矢吹正教, 松木一人, 内保祐一, 竹内栄治, 長谷川壽一, 気温計測用回転ラマンライダーのための多波長分光検出器の開発, 第 40 回レーザセンシングシンポジウム, 福山 (広島), 2022 年 9 月 1-2 日.

橋口浩之, 矢吹諒, 木村侑希大, 西村耕司, 外付け受信専用アンテナを用いたアダプティブクラッター抑圧システムの開発, 第 16 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム報告書, オンライン, 2022 年 9 月 5-6 日.

栗田悠子, 鹿島誠, 馬場啓一, 小林奈通子, 田野井慶太郎, 石崎公庸, 三村徹郎, 永野惇, 落葉木本植物ポプラにおける葉位ごとの季節的なシンク-ソース推移の解明, 日本植物学会第 86 回大会, 京都, 2022 年 9 月 16-19 日.

松木一人, 内保祐一, 竹内栄治, 長谷川壽一, 矢吹正教, 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の開発, 日本気象学会 2022 年度秋季大気, 札幌, 2022 年 10 月 24-27 日.

Akifumi Sugiyama, Rhizosphere metabolome for the robustness of crops, International workshop on Unveiling the secret of underground: technologies for visualizing root and rhizosphere, Tsukuba, 2022 年 11 月 4 日. (招待講演)

杉山暁史, 根圏での植物-微生物代謝ネットワーク, 農薬バイオサイエンス研究会シンポジウム, 京都, 2022 年 11 月 22 日. (招待講演)

杉山暁史, 作物頑健性に寄与する根圏ケミカルワールドの機能, 日本学術会議農芸化

学分科会・植物科学分科会シンポジウム「SDGs 達成に向けた農芸化学の挑戦」, オンライン, 2022 年 11 月 29 日. (招待講演)

K. Takahashi, A. Sakabe, W. A. Azuma A., M. Itoh, T. Imai, Y. Matsumura, M. Tateishi, and Y. Kosugi, Methane emission from the stem surfaces of *Alnus japonica*, iLEAPS meeting, Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, December 1-2, 2022.

梅澤俊明, 植物バイオマスのエネルギー利用, グリーンエネルギーファーム産学共創パートナーシップランチセミナー, 京都 (オンライン), 2022 年 12 月 3 日.

Yabuki, M., K. Matsuki, Y. Uchiho, E. Takeuchi and T. Hasegawa, Optical Design of Rotational Raman Lidar Based on Double-Grating Spectrometer for Profiling the Atmospheric Temperature in the Lower Troposphere, AGU Fall Meeting 2022, Chicago, USA; Online, December 12-16, 2022.

栗田悠子, 鹿島誠, 馬場啓一, 石崎公庸, 小林奈通子, 田野井慶太郎, 三村徹郎, 永野惇, 野外ポプラにおける葉位ごとの季節的なシンク-ソース推移の解明, 第 64 回日本植物生理学会年会, 仙台, 2023 年 3 月 10-17 日.

梅澤俊明, リグノセルロースバイオマスの持続的生産・利用にむけて - 化学・代謝工学の観点から -, 第 73 回日本木材学会大会 一般公開シンポジウム森林と木材が拓くネガティブエミッションの新世界, 福岡, 2023 年 3 月 14-16 日.

馬場啓一, 栗田悠子, 永野惇, 三村徹郎, 短縮周年系で育成したギンドロ木部構造の年輪内変動, 第 73 回日本木材学会大会, 福岡, 2023 年 3 月 14-16 日.

・ 出前授業

高橋けんし, 「大気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, 2022 年 6 月 1 日.

子どもの好奇心をくすぐる体験授業「出前・受入授業」, 小さな泡の魅力, 亀岡市立ひえ田野小学校 (4 年生 13 人), 京都府, 2022 年 10 月 19 日.

子どもの好奇心をくすぐる体験授業「出前・受入授業」, 小さな泡の魅力, 亀岡市立東別院小学校 (1,2,3 年生 17 人), 京都府, 2022 年 11 月 7 日.

高橋 けんし, 「気候変動問題のいまを知り, ミライを考える ―持続可能な「新時代」を目指して―」, 認定 NPO 法人大阪府高齢者大学校, 2023 年 1 月 13 日.

・ 自ら企画した研究集会

The 2nd online symposium of the Plant Microbiota Research Network (第 476 回生存圏シンポジウム), オンライン, 2022 年 8 月 22 日

第 12 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 (第 485 回生存圏シンポジウム), 2022 年 12 月 6-7 日.

梅澤俊明, 第 13 回熱帯バイオマスフラッグシップシンポジウム The 13th Tropical Biomass Flagship Symposium (第 472 回生存圏シンポジウム) (The 472nd Symposium on Sustainable Humanosphere), 京都 (完全オンライン), 2022 年 12 月 22 日.