

令和5(2023)年度学術変革領域(A)

植物気候フィードバック

BVOC気候調節



令和6年度 第2回領域会議 要旨集

日程：2024年5月14日(火)午前～15日(水)午前中迄

場所：北ピワコホテルグラツェ（滋賀県長浜市）

<https://www.plant-climate-feedback.com>

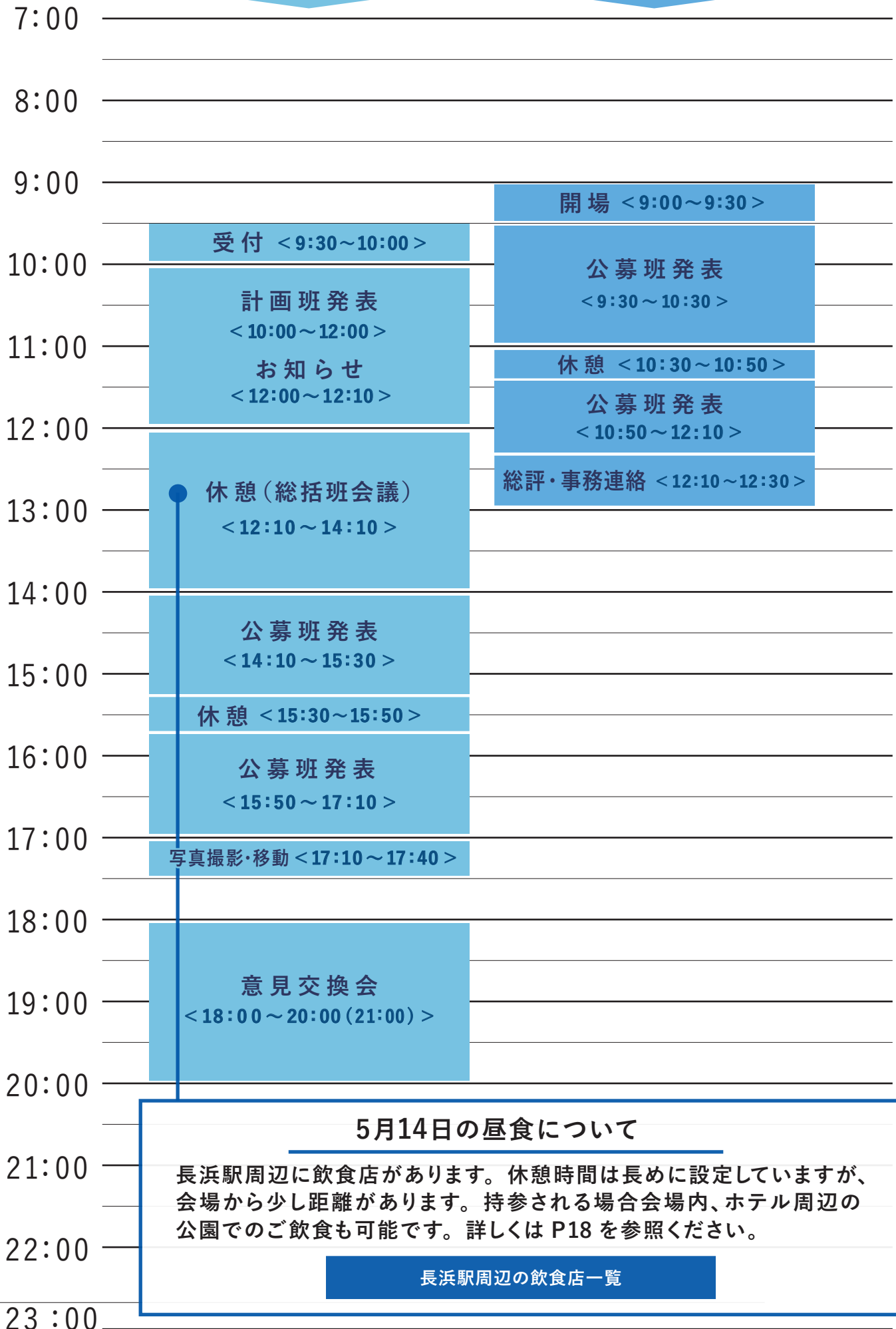


領域会議

5月14日(火)

領域会議

5月15日(水)

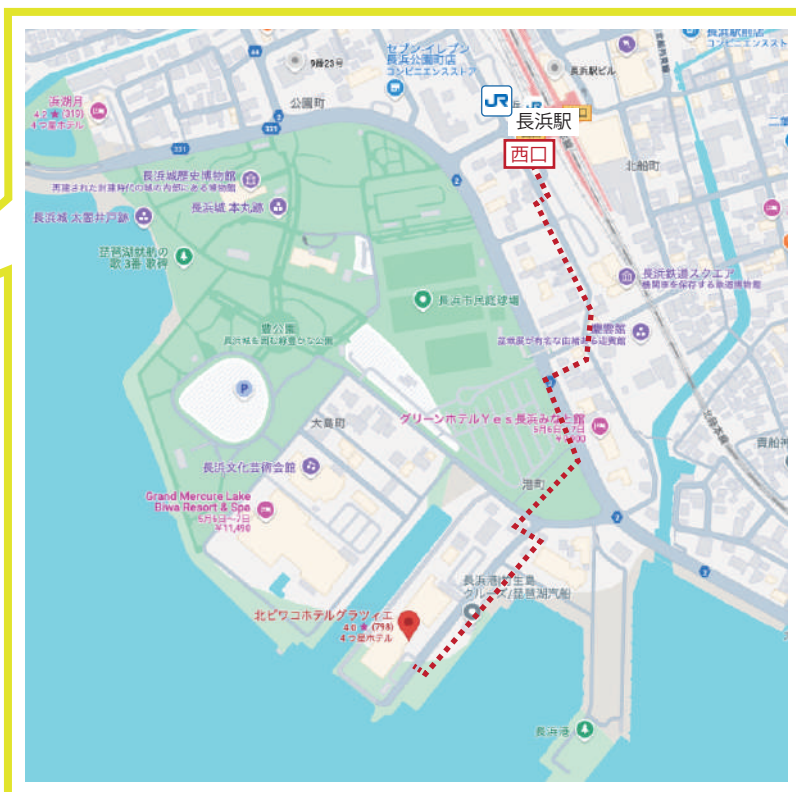


北ビワコホテル グラツィエ

会場までのご案内

ホテル住所

〒526-0067
滋賀県長浜市港町 4-17
TEL.0749-62-7777
✉ info@k-grazie.co.jp



各交通機関からのアクセス

長浜駅西口から徒歩

長浜駅



北ビワコホテルグラツィエ

約10分

米原駅からタクシー

米原駅



北ビワコホテルグラツィエ

約25分

JR京都駅からJR長浜駅（新幹線利用）

京都駅

新幹線ひかり(東京行き)



米原

北陸本線(米原經由近江塩津行)

長浜駅

約40分

JR京都駅からJR長浜駅（快速利用）

京都駅

琵琶湖線新快速(米原經由近江塩津行)



長浜駅

約70分

伊丹空港からJR京都駅

伊丹空港

伊丹空港線[京都](京都八条口行)



京都駅

約50分

14:00～18:00の間はホテルにTEL後、長浜駅西口(びわこ口)まで送迎があります



5月14日(火)・15日(水) - 領域会議会場 -

アリーナ GRAZIE 本館2階

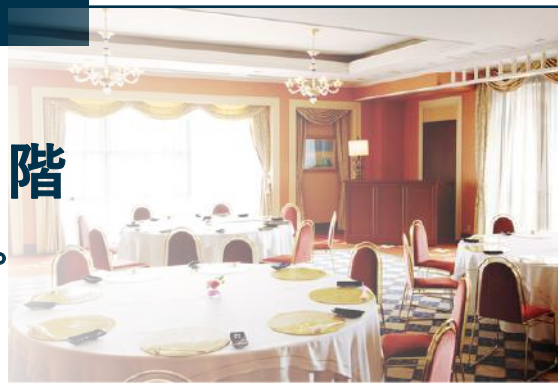
※フロント奥の階段より2階へお進み下さい。



5月14日(火) - 総括班会議会場 -

オペラ GRAZIE 本館2階

※アリーナと同一フロアにあります。



5月14日(火) - 意見交換会会場 -

シエーナ ソプラ新館2階

※本館に隣接する建物です。正面玄関を出て右にお進み下さい。



発表 16分 質疑応答 3分 交代 1分

座長・川勝

10:00～ 佐竹 暁子（九州大学）
10:20 「植物フェノロジーを支配する遺伝子制御機構」

10:20～ 永野 惇（龍谷大学・慶應義塾大学）
10:40 「BVOC放出を駆動する環境応答関数の推定」

座長・磯部

10:40～ 山口 暢俊（奈良先端科学技術大学院大学）
11:00 「BVOC放出とストレス耐性を連動させるエピゲノム分子基盤の解明」

11:00～ 関本 奏子（横浜市立大学）
11:20 「多成分BVOCのリアルタイム計測」

座長・斉藤

11:20～ 塩尻 かおり（龍谷大学）
11:40 「生物間相互作用によるBVOCの改変」

11:40～ 須藤 健悟（名古屋大学）
12:00 「BVOCを介した植物・気候相互作用のモデリングと将来予測」

12:10～
14:10

昼食（総括班会議）

長浜駅周辺に飲食店があります。会場から少し距離があるため会場内やホテル周辺の公園でのご飲食も可能です。詳しくはP18を参照ください。

長浜駅周辺の飲食店一覧

発表 16分 質疑応答 3分 交代 1分

座長・陶山

14:10～ 上村 卓矢 (東京理科大学) 1
 14:30 「食害誘導性揮発性物質の放出を制御する植物香り輸送因子の単離」

14:30～ 大西 利幸 (静岡大学グリーン科学技術研究) 2
 14:50 「温度変動下での樹木の揮発性テルペン放散制御メカニズムの解明」

14:50～ 由里本 博也 (京都大学大学院農学研究科) 3
 15:10 「葉圏微生物共生系インターフェースにおけるC1-BVOCの生成と放出機構」

15:10～ 西田 帆那 (農研機構・生物機能利用研究部門) 4
 15:30 「BVOCに応答した根粒共生抑制分子機構」

15:30～ 休憩
 15:50

座長・永濱

15:50～ 豊岡 公德 (理化学研究所 環境資源科学研究センター) 5
 16:10 「植物生態電顕イメージング: BVOCを捉える」

16:10～ 多田 安臣 (名古屋大学遺伝子実験施設) 6
 16:30 「病原菌感染が誘導する植物 BVOCとその昆虫誘引効果」

16:30～ 種子田 春彦 (東京大学大学院理学系研究科附属植物園) 7
 16:50 「冬季に常緑針葉樹の光合成が停止する期間を決める要因の解明を目指す」

16:50～ 深澤 遊 (東北大学大学院農学研究科) 8
 17:10 「キノコの電位計測から探る菌類の電氣的シグナル伝達の可能性」

17:10～ 写真撮影・事務連絡
 17:40

18:00～ 意見交換会
 20:00
 (21:00)

発表 16分 質疑応答 3分 交代 1分

座長・西尾

9:30～ 村中 智明 (名古屋大学生命農学研究科) 9
9:50 「植物の概日時計における温度依存的な振幅変化」

9:50～ 伊藤 照悟 (京都大学大学院 理学研究科) 10
10:10 「ウキクサ植物の成長様式と短日誘導性の休眠越冬芽による生存戦略」

10:10～ 深山 貴文 (森林総合研究所) 11
10:30 「全国6タワーサイトで観測されたBVOC濃度と組成の変動特性」

10:30～ 休憩
10:50

座長・棟方

10:50～ 谷 晃 (静岡県立大学) 12
11:10 「VOCの新たな生成経路-大気VOCを起源とする植物体内変換物質の放出-」

11:10～ 辻 祥子 (京都大学大学院農学研究科) 13
11:30 「多様な木本植物における光合成特性と光化学系IIの光阻害防御機構の研究」

11:30～ 島田 幸治郎 (琉球大学) 14
11:50 「『植物の垢』の光分解によって発生するイソプレンの測定法開発」

11:50～ 今後の予定・事務連絡
12:10

解散

A01 植物フェノロジーを支配する遺伝子制御機構

研究代表者：佐竹 暁子

研究分担者：永濱 藍・谷 尚樹・磯部 祥子・平川 英樹

研究協力者：中村 彰宏・小杉 緑子・楠見 淳子・野下 浩司・佐々木 江理子

< 研究目的 >

地球上には長い冬をもつ高緯度地域から年中温暖な熱帯地域まで多様な環境が存在し、各地域に生息する植物の活動が地球環境に影響を及ぼしている。現在、地球温暖化によって植物の季節活動（フェノロジー）に深刻な影響が生じている。温暖化に対して植物がどこまで順応可能か？この問いに答えるために、本研究では森林生態系の優占樹種を対象に緯度縦断的な網羅的遺伝子発現（分子フェノロジー）の観測を実施し、植物の順応限界を遺伝子レベルで推定することを目的とする。

< 研究結果・進捗 >

1) ブナ科を対象としたゲノム構造と BVOC 生合成遺伝子の比較

ブナ科は過去数千万年の間に多様化した森林生態系の優占種であり、世界に1000種以上存在する。そのうち、コナラ属の落葉樹種はイソプレンやその他テルペン類を多く放出することが明らかとなっているが、BVOC 生合成に関与する遺伝子数・ゲノム上の位置、そして種間相違についてはわかっていない。コナラ属アラカシ (*Quercus glauca*)、マテバシイ属マテバシイ (*Lithocarpus edulis*)、ヨーロッパナラ (*Q. rober*) とヨーロッパブナ (*Fagus sylvatica*) のゲノム構造を比較したところ、コナラ属とマテバシイ属では高い保存性が示されたがブナ属においては染色体の再編成が生じ他属とは大きくゲノム構造が異なることが明らかとなった。テルペン合成酵素 (TPS) 遺伝子を対象に分析を進めた結果、アラカシとマテバシイでそれぞれ67、50 遺伝子が同定され、シロイヌナズナ (32) やトマト (34) と比較すると多くの TPS 遺伝子が存在することがわかった。特に、セスキテルペン生合成に関与する TPS-bファミリーの遺伝子において、顕著な多様化がみられた。両種において同定されたイソプレン合成酵素遺伝子 (ISPS) には、活性に重要役割を果たす箇所に変異が生じていることが明らかとなった。

2) フェノロジーを支配する遺伝子発現情報（分子フェノロジー）の取得・分析

TPS 遺伝子を含んだ全遺伝子を対象に、ブナ科10種、フタバガキ科3種において緯度縦断的な分子フェノロジーデータを取得中である。福岡県照葉樹林のコナラ属（アラカシ、アカガシ）、マテバシイ属（マテバシイ、シリブカガシ）を対象にした2年分の分子フェノロジーデータを紹介する。各種1コピー存在するオルソログ（全遺伝子の約50%）を対象にした葉・芽・花組織の分子フェノロジーは、種間より組織間の相違が顕著であり特に葉は芽・花とは大きく異なる発現プロファイルを示したが、芽と花では冬の遺伝子発現プロファイルは系統の離れた種間で高く保存されていた。BVOC 生合成に関与する遺伝子群の季節的発現動態についても紹介する。さらにブナにおいて9年間のデータを解析した結果も紹介する。

3) ブナ科6種の新規ゲノム解読

コナラ、アカガシ、ミズナラ、シリブカガシ、スダジイ、カクミガシのゲノム解読を実施した。各種のゲノム配列 (HiFiリード) を取得し、Hifiasmによりアセンブルを行った。得られたコンティグ配列を公開されているアベマキゲノム配列上に整列化し、各種において染色体レベルのスキュフォールド配列を得た。配列の構造を比較したところ、カクミガシのゲノム配列は他の5種と最も異なっていることが明らかとなった。現在構築したゲノム配列に対し遺伝子予測を実施している。

< 将来の展望 >

今後は、熱帯季節林、熱帯雨林を調査地とした分子フェノロジーデータを充実させ、高緯度地域から年中温暖な熱帯地域まで多様な環境下で示す植物の応答を比較分析する。また、領域内連携をさらに進め、BVOC 放出フェノロジー、BVOC 生合成遺伝子の分子フェノロジー、そしてヒストン修飾等エピゲノム情報を統合したい。

< 領域に提供・共同研究が可能な実験・解析技術の紹介 >

- 1) ゲノム解析・遺伝解析・系統解析
- 2) 科博温室利用・熱帯調査地の活用
- 3) 数理モデリング

A02 BVOC放出を駆動する環境応答関数の推定

研究代表者：永野 惇

研究分担者：矢崎 一史・棟方 涼介・岩山 幸治

研究協力者：福島 健児・松井 秀俊

< 研究目的 >

本研究では、BVOC合成・放出の環境応答関数の推定と、その多様性の分子基盤を明らかにすることを目的とする。そのために、光や温度を体系的に変えた条件でのBVOC放出速度の測定・モデル化、ブナ科樹木におけるBVOC合成・放出に関わる遺伝子の同定を行う。今年度は、多環境での体系的なBVOC放出速度の測定に向けた実験システムの構築と、対象樹種におけるイソプレン合成酵素遺伝子 *IspS* の同定に取り組む。

イソプレンは、植物が大気中に放出するBVOCの約半分を占め、北半球における主要なイソプレン放出種の1つとなるのがブナ科コナラ属植物 (*Quercus*) である。興味深いことに、コナラ属を含めブナ科の中にはイソプレン非放出種も存在する。そこで本研究では、テルペン合成酵素 (TPS) ファミリーに着目し、コナラ (*Q. serrata*) のイソプレン合成酵素遺伝子 *IspS* の同定、及びイソプレン放出の種間多様性を生む分子機構の解明を目指した。

< 研究結果・進捗 >

1) 多環境での体系的なBVOC放出速度の測定に向けた実験システムの構築

多環境での体系的な測定に向けて、大型グロースチャンバ10室からなる環境制御システムを整備した。うち5室は強光光源、CO₂制御を備えており、野外に近い光量で将来のCO₂濃度上昇環境を想定した実験も可能になった。また、関本班と共同でPTR-MSを用いて、ブナ科22種について、イソプレン、モノテルペンの放出の有無を調べた。ミズナラ、コナラなどでイソプレンの放出が検出され、先行研究で調べられている種に関しては概ね一致する結果が得られた。加えて、ダイナミックエンクロージャーシステムを用いた計測のテストを行い、BVOCの放出速度の測定が可能であることを確認した。

2) コナラ属植物のイソプレン生産機構の解明

コナラ新芽の季節ごとのトランスクリプトームデータを基に、イソプレン放出量の季節変動とリンクした発現パターンを示し、かつ *IspS* 活性に重要なアミノ酸残基が保存されている遺伝子を探索し、有力候補を1つ見出した。この遺伝子 *QsIspS1* を大腸菌発現系及びベンサミアナタバコ発現系を用いて機能解析を行った結果、*QsIspS1* がイソプレン生成活性を有することを示した。

< 将来の展望 >

今年度は、関本班と共同で、環境制御システム、ダイナミックエンクロージャーシステム、PTR-MS、GC-MSを組み合わせたシステムを実運用し、様々な光量、気温、日長、CO₂濃度を組み合わせた条件で放出速度の測定を行う。

コナラのトランスクリプトームから見出された他のTPS遺伝子についても機能解析を進める。また、佐竹班のゲノム解析により、イソプレン非放出種であるアラカシとマテバシイの *QsIspS1* オルソログにおいて *IspS* 活性に重要とされるアミノ酸残基の1つに変異が確認された。そこで、この変異が酵素活性に及ぼす影響を *QsIspS* や非放出種由来オルソログに対する変異実験で評価する。

< 領域に提供・共同研究が可能な実験・解析技術の紹介 >

- 多数のサンプルのトランスクリプトーム解析
- 酵素や輸送体の生化学的解析
- 複数台のグロースチャンバを用いた多環境試験
- 変動環境を再現するグロースチャンバを用いた試験
- 形質転換体植物の育成施設 (京都大学生存圏研究所のDASHシステム)
- LC-MSを用いた低分子化合物の分析 (特にフェノール類)
- GC-MS (Shimadzu, Nexis GC-2030)を用いた植物揮発性成分の分析 (特にテルペン類)

A03 BVOC放出とストレス耐性を連動させるエピゲノム分子基盤の解明

研究代表者：山口 暢俊

研究分担者：川勝 泰二・西尾 治幾

< 研究目的 >

植物の葉や花から放出される揮発性有機化合物 (BVOC) は、季節的には夏の暑い時期に放出される。この BVOC は気候に影響を及ぼすだけでなく、植物が夏に行う高温順応を促す。本研究では、BVOC が高温順応を促す分子メカニズムを、特にゲノム DNA の可逆的な化学修飾の仕組みであるエピゲノム情報に注目して明らかにすることを目的とする。

< 研究結果・進捗 >

1) イソプレン合成酵素を発現するシロイヌナズナの表現型の観察

BVOC の主な成分は、テルペン類とモノテルペン類である。テルペン類の中でも、イソプレンは大気中の全 BVOC の半分を占める。このイソプレンの放出は夏の日照が強く気温が高い時期に多い。さらにイソプレンは、植物にとって高温・強光・酸化ストレスに対する抵抗性物質として働くことがわかっている。はじめに、イソプレンを放出しないシロイヌナズナにユーカリのイソプレン合成遺伝子を発現させた植物 (*prbcS1A::ISPS*) を作出し、表現型を観察した。野生型の芽生えと比べて、*prbcS1A::ISPS* 植物では胚軸・葉柄が顕著に長くなり、植物個体は顕著に大きくなることがわかった。

この形質転換植物を用いて、高温に対する応答性を調べた。野生型では枯れてしまう高温ストレスを与えても、*prbcS1A::ISPS* 植物はほぼ正常可能であった。さらに、高温で2回処理をすることで順応する能力を調べても、野生型より *prbcS1A::ISPS* のほうが高温に順応しやすくなることがわかった。

2) イソプレン合成酵素を発現するシロイヌナズナを用いた遺伝子発現・エピゲノム解析

次に、野生型と *prbcS1A::ISPS* を用いて、永野班と連携して RNA-seq を行った。通常の生育条件で野生型と *prbcS1A::ISPS* の遺伝子発現を比較した場合、植物ホルモン・光応答・防御応答に関与するものが多く含まれていた。一方、高温ストレスを与えると、両者の間で高温応答遺伝子の発現が変わっていた。現在、同様の条件で ChIP-seq によって H3K27me3、H3K4me3、H3K9ac、H3K27ac、H3K36me3、RNA Pol II など複数のヒストン修飾の状態を調べている。

3) フィールドの植物や樹木を用いたエピゲノム解析 (西尾)

佐竹班と連携して、ソメイヨシノおよびアラカシのヒストン修飾の ChIP-seq 解析を進めている。現在のところ、テストサンプルを用いた H3 ChIP に関して概ね良好な結果が得られている。今後、各植物の時系列サンプルに対して、複数のヒストン修飾の ChIP-seq 解析を RNA-seq と並行して進める予定である。

< 将来の展望 >

prbcS1A::ISPS をツールとして用いて、イソプレンがエピゲノムにどのような影響を与えるかを様々なエピゲノム解析手法によって明らかにする。その後、そのメカニズムが他の植物種でも保存されるかを確かめていく。

< 領域に提供・共同研究が可能な実験・解析技術の紹介 >

遺伝子発現は特異的な配列を認識する転写因子によって制御され、DNA メチル化やヒストン修飾などのエピゲノムの影響を受ける。したがって生命現象における一連の分子メカニズム解明にはトランスクリプトーム解析に加えて転写因子による遺伝子発現制御ネットワークやエピゲノムの解析が不可欠である。転写因子がゲノムに結合する領域やエピゲノムの解析には ChIP-seq が使われるが、特異的抗体が必要であることに加えて、必要なサンプル量が多い、スループットが低いといった問題点がある。これらの問題点を補完するために我々はリコンビナント転写因子を用いて *in vitro* で転写因子の結合領域をゲノムワイドに同定する DAP-seq や、少ないサンプル量から簡便にヒストン修飾パターンを解析する CUT&RUN を導入しており、領域内で共同研究が可能である。DAP-seq の成功率は転写因子ファミリーに依存して約 40% で、1 日で最大 192 転写因子のライブラリー調製をルーチンで行なっている。CUT&RUN は自作 pAG-MNase を使用するため安価に、2 日で 12 サンプル x 8 種類のヒストン修飾のライブラリー調製が可能である。

B01 多成分BVOCのリアルタイム計測

研究代表者：関本 奏子

研究分担者：齊藤 拓也

< 研究目的 >

植物から大気中に放出されるBVOCは、気候変動や生物間相互作用を介して地球生態系に多大な影響を及ぼすことが知られているが、それらの放出特性の理解は乏しい。そこで本研究では、多成分のBVOCの濃度について、長期かつ高時空間モニタリングデータを世界に先駆けて取得する。これを実現するために、研究代表者と分担者が独自に開発してきた計測法を改良・協働し、多成分BVOCを「その場で・一斉に・リアルタイムに・異性体を区別しながら・定量計測」していく。

< 研究結果・進捗 >

2023年度は、今年度実施する並列チャンバー実験（永野班と共同）と森林サイトでの観測の予備実験として、科学博物館・筑波実験植物園および植物チャンバーを用いたテスト計測を行った。

1) 科博・筑波実験植物園でのBVOC計測

領域で注目するBVOCの1つであるイソプレンが、どの樹種から放出されるのかを知るために、筑波実験植物園にあるブナ科・フタバガキ科の計11種に由来するBVOCをPTR-MSによって計測した。その結果、シリブカガシ、ミズナラ、ミヤマナラからイソプレンの放出が顕著に見られた。

本実験では、地植えまたは鉢植えの各種樹木の枝葉をテフロンバッグで覆い、テフロンチューブを通じてPTR-MSで検出されるイソプレンのプロトン付加分子 ($C_5H_9^+$) のイオン強度が増加するかを観察することで、イソプレン放出の有無を定性的に判断した(図1)。1測定は30分程度で完了するため、ハイスループット分析に適していることが示された。また、樹木の鉛直方向の位置によってBVOC放出量が異なることや、35m程度の長いテフロンチューブを介してもPTR-MSにてBVOCを計測できることが確認でき、今年度から実施する森林サイトの観測に活かせる予備実験結果が得られた。

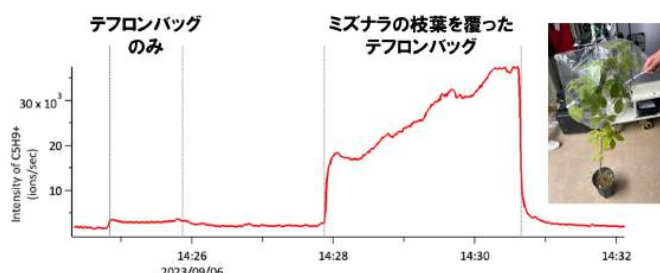


図1. ミズナラの葉に由来するイソプレンの計測。
テフロンバッグのみに対して、ミズナラの枝葉を覆った場合にはイソプレンのイオン強度が高くなるため、ミズナラの葉からはイソプレンが放出されていると判定。

2) 植物チャンバーでのBVOC計測

永野研が所有する植物チャンバーにPTR-MSとダイナミックエンクロージャーシステムを接続し、光量を変化させた際のミズナラのイソプレン放出量を計測した。ミズナラの葉を覆ったテフロンバッグ内に一定の流量でVOCフリーの空気を流し続けた状態で光量を変えると、バッグ内のイソプレンに達した濃度の平均を用いることで、光量とイソプレンの放出速度 ($ug/g(DW)/h$) の関係は図2bのように求められた。今年度のチャンバー測定では、このシステムにUnigoatGCを組み合わせて実施する予定である。

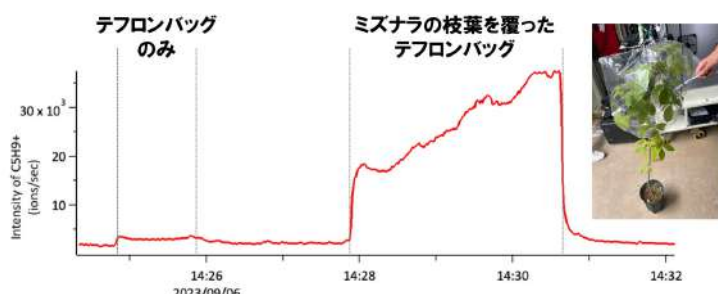


図1. ミズナラの葉に由来するイソプレンの計測。
テフロンバッグのみに対して、ミズナラの枝葉を覆った場合にはイソプレンのイオン強度が高くなるため、ミズナラの葉からはイソプレンが放出されていると判定。

平

< 将来の展望 >

2023年度の予備実験結果を基に、今年度は主に以下の実験を進める予定である。

- 龍谷大学にて、並列植物チャンバー・PTR-MS・Unigoat GC・ダイナミックエンクロージャーシステムを用い、イソプレンやモノテルペン、種々の含酸素有機化合物に対する環境応答関数の取得（永野班と共同）
- PTR-MSを用いた夏季の白神山地におけるBVOC観測（塩尻班・佐竹班と共同）
- Unigoat GC/MSを用いたシーサンパンナ植物園でサンプリングされたBVOCの解析（佐竹班と共同）

< 領域に提供・共同研究が可能な実験 >

- ・PTR-MSによるBVOCのリアルタイム計測

B02 生物間相互作用による BVOC の改変

研究代表者：塩尻 かおり

研究分担者：山尾僚・韓慶民・陶山佳久・松岡俊将

< 研究目的 >

森林の BVOC の季節変動と食害による変動を明らかにすることと、BVOC を介した生物間相互作用の実態、特に、森林構成樹木種内・種間のコミュニケーションを半野外・自然林において明らかにすることを目的とする。

< 研究結果・進捗 >

1) 調査地の設定

白神山地（ミズナラ林）・川渡フィールドセンター（ブナ林）・苗場山（ブナ林）の3箇所を調査地と設定し、各調査地において毎木調査を行なった。また、タワー設置場所を決定した。川渡においては、調査地内の全ブナ成木を対象として個体間の遺伝的近縁性データを取得し、コミュニケーションの強さとの関係を解析するための基盤データを構築した。

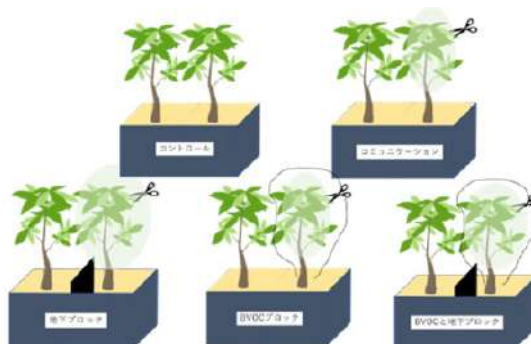


2) 昆虫群集の把握とその手法開発

苗場調査地の2箇所、1100m試験地では樹冠基部、900m試験地では樹冠基部と上部に衝突版昆虫トラップを設置し昆虫の発生活長を定期的に調査した。その結果、標高または樹冠の垂直位置によって昆虫の種類及び個数が異なることが明らかになった。現在、より簡便な昆虫群集法を開発すべく、衝突版トラップに張る水溶液からの環境 DNA 分析や、昆虫個体 DNA からの個体数・種数把握の検討を行なっている。

3) 地下と地上コミュニケーション圃場調査（クヌギ・アラカシ）

隣接個体の被害情報の伝達方法を明らかにするため、アラカシ・ミズナラの苗を用いて、地上・地下のコミュニケーションを調べる。昨年度は、クヌギであったが、クヌギでは処理を行う前から被害があったことから、今年度はクヌギの代わりに、白神山地において野外の実験対象となるミズナラを用いる。方法は昨年度と同様で、苗木を2つ同じプランターに植え、地上・地下のコミュニケーションを行えるもの、地上のコミュニケーションのみ、地下のみ、両方行えない、の処理を行う。現在、実験圃場に定植し、今後、葉の質・葉の被害度・土壌微生物の変化を調べる予定である。



4) 苗木を使ったコミュニケーション実験

ミズナラ、ホオノキなど9種の樹木の苗木を用いて、葉に物理的障害を与えて発生する VOCs による同種内の情報伝達を検証した。その結果、情報伝達の程度は樹種によって大きく異なっており、野外での個体群密度が高い樹種ほど VOCs による情報伝達が顕著である傾向が見られた。

< 将来の展望 >

2024年度は、各調査地において、BVOC の季節変動・昆虫群集の季節変動を調べる。また、各調査地の2個体付近（2025年度に葉の切除処理する個体・コントロール個体）にイングロスコアを挿入し、microbiome の構成を継続的に調べる。定期的な葉のサンプリングを行い、佐竹班に提供する。圃場実験においては、同様の実験をミズナラも対象に行う。また、被害個体と Microbiome を介した隣接個体との関係をより明らかにするため、ブナ・アラカシ・ミズナラにおいて、無菌処理した苗を作る予定である。

< 領域に提供・共同研究が可能な実験・解析技術の紹介 >

- ・2024年度からこれら各調査地に林冠タワーが設置されるので、タワーをつかった林冠アクセスが必要な研究が可能。
- ・あらゆる生物種を対象に種間・集団間・個体間の遺伝的近縁性や系統関係を高精度に分析できる手法の提供が可能。

B03 BVOC を介した植物・気候相互作用のモデリングと将来予測

研究代表者：須藤 健悟

研究分担者：竹村 俊彦・入江 仁士・関谷 高志

研究協力者：伊藤 昭彦・宮崎 和幸

< 研究目的 >

本研究は、植物が大気に放出する揮発性有機化合物（BVOC）の実態・動態、および BVOC を介した植物と気候の相互作用を全球規模で解明・予測するものである。本課題では、大気化学・エアロゾル・気候モデル、陸域生態系モデル、衛星・地上リモートセンシング、および大気化学データ同化システムなど最新の研究手法を駆使し、他計画研究班の植物フェノロジー・BVOC 放出の観測と密に連携しながら多角的・包括的なモデリング・評価を行うことで、高精度な BVOC 発生量推定を実現させ、過去～現在～将来の BVOC 変動と、その気候変動における役割・相互作用に着目しながら、気候変動の定量的理解および予測精度を向上させる。

< 研究結果・進捗 >**1) 地上・衛星観測による多重検証**

世界各地で観測・報告されているイソプレン、モノテルペン類などの BVOCs のフラックス・濃度のデータを収集・活用し、陸域生態系微量ガス交換モデル VISIT で計算される BVOCs 放出量、およびこの放出量を入力して CHASER で計算される BVOCs 濃度を検証し、領域ごとに傾向を整理した。また、中間生成物であるホルムアルデヒド (HCHO) の全球分布について、最新の衛星観測 (OMI、TROPOMI) データと比較することで、現状の BVOCs の放出量分布を領域ごとに検証した。

2) BVOCs 放出量推定モデルの開発・最適化

BVOCs 放出量の全球分布変動の推定を担う陸域生態系モデルについて、本課題のメインモデルである VISIT に加え、最新の IPCC/CMIP6 の地球システムモデル中の計算スキームも含めた相互検証 (1850-2014 年対象) を実施した。この結果、CMIP6 の各モデルにおいて、CO₂ 濃度上昇、気象変数 (気温・降水量) 変動、土地利用変化などが BVOCs 放出量の長期変動に直接的に関連していることがわかったが、各要因の寄与やネット (合計) の影響には、モデル間で顕著な差異があることが判明し、最新の CMIP 実験においても大きな不確実性が残存していることが定量的に提示された。

3) 気候影響・フィードバック評価

BVOCs 放出量・変動モデルが導入された CHASER・SPRINTARS を含む地球システムモデル (MIROC-ES2L-CHEM) によって、将来予測実験を開始した。現段階で採用したシナリオによる実験結果では、今世紀末までの平均地表気温の上昇 4°C に対し、BVOCs 変動による温室効果気体変動が約 +8.6 mW m⁻²/°C のフィードバックを及ぼすことが示された。

< 将来の展望 >

今後は、VISIT モデルの修正・改良を行いつつ、VISIT のオンライン計算を含んだ過去再現実験や将来予測実験を充実させ、BVOC 変動と気候変動との相互作用のさらなる理解を得る。また、HCHO 等の衛星観測データによる検証について、とくに経年変動に焦点をあてる。対流圏化学再解析データセットで導入を予定している、CHASER-DAS とホルムアルデヒド (CH₂O) の衛星観測を用いた BVOC 排出量逆推定の導入に着手する。

上村班 食害誘導性揮発性物質の放出を制御する植物香り輸送因子の単離

氏名：上村 卓矢（東京理科大学）

害虫に食害された植物から放出される多様な BVOC は、害虫の天敵生物の誘引や植物間コミュニケーションに用いられるなど、植物が周辺生物と相互作用するための情報伝達物質として機能する。しかしながら、細胞内で合成された BVOC がどのように大気へと放出されるのかという BVOC の輸送機構については明らかにされていない。本研究では、ハスモンヨトウ幼虫に食害されたトマト葉をモデルに、食害誘導性 BVOC 輸送を担う分子の単離を目指す。食害トマト株から放出される BVOC を GC-MS によって解析したところ、未食害株と比較し α -pinene や β -pinene といったモノテルペン類の放出が有意に上昇した。近年、ペチュニア花において香氣成分の放出を制御するトランスポーターや脂質結合タンパク質 (nsLTP) が単離されたことから、これらの遺伝子が葉における BVOC の輸送も担うと仮説を立てた。当該輸送因子と相同性の高いトマト遺伝子の発現量を食害株で検証したところ、2種の ABC トランスポーターと3種の nsLTP の発現が食害後に劇的に誘導されていた。これら候補因子の BVOC 輸送・結合活性を調べるために、16種類の ABC トランスポーターが欠損した酵母株に候補トランスポーター遺伝子を相補したところ、相補株においてモノテルペン毒性による生育阻害が緩和された。また、候補 nsLTP を *in vitro* 合成し、テルペン類との相互作用解析を蛍光プローブを用いて行ったところ、基質濃度依存的な蛍光強度の変化が観察された。これらの結果から、候補因子が食害誘導性 BVOC の輸送を担う可能性が示唆された。

大西班 温度変動下での樹木の揮発性テルペン放散制御メカニズムの解明

氏名：大西 利幸（静岡大学グリーン科学技術研究）

植物は、イソプレンやモノテルペンなどの揮発性テルペンを大気中に放散する。大気化学的研究から植物由来の揮発性テルペンは気候変動に大きなインパクトを与えているが示されており、植物、特に樹木の揮発性テルペンの放散制御の仕組みを分子レベルで理解する必要がある。しかし、植物細胞から揮発性テルペンが大気中に放散される分子メカニズムの詳細な理解には至っていない。揮発性テルペンは比較的沸点が低いため、植物細胞から大気中へ速やかに放散される。そのため揮発性テルペンの放散量は、i) 揮発性テルペンの生合成能と、ii) 揮発性テルペンの貯蔵能によって制御されている。つまり、揮発性テルペンの放散メカニズムを理解するためには、揮発性テルペンの生合成と貯蔵の分子メカニズムを解明することが必須である。そのため、本研究課題では、課題① 気温変化に伴う揮発性テルペンの化学分析と葉面温度解析、課題② 揮発性テルペン合成酵素の機能解明、課題③ 安定同位体を用いた揮発性テルペンの生合成 / 貯蔵 / 放散比の解析、課題④ フィールドセンターにおける揮発性テルペンの放散制御メカニズムの実証実験に取り組むことで、揮発性テルペンの放散制御メカニズムを分子レベルで解明することを目的とし、代謝生化学研究を通して揮発性テルペンの放散メカニズムに関する知見を進化させ、大気化学的研究に提供することを目指す。

由里本班 葉圏微生物共生系インターフェースにおける C1-BVOC の生成と放出機構

氏名：由里本 博也（京都大学大学院農学研究科）

植物からは様々な揮発性有機化合物 (BVOC) が放出されているが、メタンやメタノールなどの C1 化合物もその主要成分である。その放出量は膨大で、特にメタンは CO₂ に次ぐ温室効果ガスで気候変動に大きな影響を与える。しかしながら植物におけるメタン生成機構については不明な点が多く、大気中の植物起源メタンについては IPCC 報告書でも考慮されていない。一方、植物葉圏には、C1 化合物を炭素源として利用する C1 微生物が優位的に棲息し、植物が生産するメタン・メタノール (C1-BVOC) を炭素源として代謝するだけでなく、その生成にも影響を与え、地球規模での炭素循環に大きく貢献している。本研究では、気候変動に大きな影響を与える植物からの C1-BVOC の生成と大気中への放出について、葉圏 C1 微生物と植物のインターフェースにおける葉圏 C1 微生物と植物との生物間相互作用の観点から明らかにすることを目的とする。

我々はこれまでに、葉圏 C1 微生物の分布や生存戦略機構を明らかにしてきた。また、葉圏 C1 微生物と植物との相互作用を利用する応用研究として、ウキクサ-メタン酸化菌共生系によるメタン消費に関する研究や、メタノール細菌による作物増収に関する研究を行ってきた。本領域会議では、これまでの研究成果や、葉面メタノール濃度定量法、葉圏 C1 微生物動態解析法、細胞内レドックス可視化定量法など独自に開発した解析技術を紹介するとともに、領域内共同研究への展開についても議論したい。

西田班 BVOCに応答した根粒共生抑制分子機構

氏名：西田 帆那（農研機構・生物機能利用研究部門）

植物は環境変化や外部からの刺激に応答して花や葉から大気中に様々な BVOC を放出し、他の植物と相互作用することが知られている。また植物は微生物とも相互作用し、窒素固定細菌である根粒菌とマメ科植物の共生はその代表的な現象である。根粒菌が感染した宿主植物は、根に根粒と呼ばれるコブ状の器官を形成し、根粒内に共生した根粒菌が固定した大気中の窒素ガスを窒素栄養として利用することができる。これまでに、損傷したセイタカアワダチソウが放出する BVOC に曝されたダイズでは曝されていないダイズと比較して根粒形成数が減少することが報告されている (Takahashi et al., Sci Rep 2021)。このことは地上部で起こる BVOC を介した植物間コミュニケーションが、地上部から根への長距離シグナル伝達を介して、地下部で起こる植物と根粒菌の共生を抑制することを示唆しているが、その制御機構については不明な点が多い。そこで本研究では、非破壊観察系を用いた BVOC 暴露下での根粒共生のライブイメージングを実施し、BVOC による根粒共生抑制の作用点を明らかにする。さらに、BVOC 暴露、非暴露条件下で栽培したダイズの葉と根を用いた RNA-seq 解析を実施し、地上部の BVOC 応答遺伝子群および根で発現変動する BVOC 抑制の制御関連遺伝子群を同定し、植物体地上部での BVOC 感受を基点とし、地下部での BVOC に応答した根粒共生抑制の分子制御メカニズムの解明を目指す。

豊岡班 植物生態電顕イメージング：BVOC を捉える

氏名：豊岡 公德（理化学研究所 環境資源科学研究センター）

最新の顕微鏡技術を駆使して、自然の葉圏・根圏において BVOC を放出する根源となる構造物の超微細構造を明らかにする。具体的には、「BVOC がどこに蓄えられ、どのような構造物からどのように放出されるのか?」、「周辺の生物との相互作用はどのようなものか?」に焦点を当てる。特に、[1] BVOC 放出植物において BVOC 合成・蓄積に関わる腺鱗・油胞等の形態解析、[2] 自然界の BVOC 放出植物の根圏電顕解析、[3] シロイヌナズナ根端 ER ボディと根圏微生物、について焦点を当て、技術開発および解析を行う。本領域会議では、[1]~[3] の概要と、[2] で用いる新たに開発した「樹脂ブロック断面 SEM 法」を紹介する。本技法は、生物試料を包埋した樹脂ブロックをウルトラミクロトームではなくダイヤモンドバンドソーを用いて切断後、自動研磨機により切断面を研磨し、その面を電子染色後に電界放射型走査電顕 (FE-SEM) の反射検出器で観察することで、透過電顕のような像を得る。例えば、木枝や石の上に生える地衣類を丸ごと固定・樹脂包埋し、切断・研磨後、FE-SEM で観察することで菌と藻類の超微形態撮像に成功している。植込みに生えたネジバナのラン菌根菌、花壇の菌根菌胞子、キク科植物のアーバスキュラー菌根菌の樹枝状構造、キノコの幼菌、マメ科の根粒などの撮像に成功し、未知な微生物が多数観察されている。また、さらに、非滅菌用土で育てたシロイヌナズナ根表層における共生微生物の撮像に成功している。

多田班 病原菌感染が誘導する植物 BVOC とその昆虫誘引効果

氏名：多田 安臣（名古屋大学遺伝子実験施設）

植物は寄生菌やウイルスに感染すると、植物ホルモンであるサリチル酸 (SA) を合成し、SA 応答性免疫を誘導することで寄生関係の樹立を抑制する。我々は、寄生菌に感染した植物が転写因子 SBR1 を介して揮発性有機化合物 (BVOC) を放出し、それによって植食性昆虫であるハスモンヨトウを誘引することを明らかにした。さらに、病原菌感染部位においては、ジャスモン酸 (JA) 誘導性の虫害抵抗性が抑制され、昆虫に感染葉を摂食除去させることを示した。現在までに、BVOC の候補として複数の化合物について調査を進めており、SA 合成に伴い生成されるインドールは、ハスモンヨトウ誘引効果を持つものの、関本班との共同研究によって、シロイヌナズナにおいては PTR-MS で検出されないことが示唆された。現在、ハスモンヨトウ誘引効果を持つ、他の候補因子の調査を進めている。

本研究は、1) 病原菌感染葉から放出される BVOC による植食性昆虫の誘引能とその効果範囲を調査し、2) BVOC 生合成経路を制御する転写因子 SBR1 の活性化機構の解析を行う。さらに、3) 多様な植物・微生物間相互作用においても SBR1 の活性化、BVOC の放出、および植食性昆虫の誘引が生じるかを調査し、4) BVOC による昆虫の誘引と病原菌の蔓延抑制効果について実験室環境とフィールドで調査する。以上の実験項目によって、植物・病原菌・昆虫の三者間相互作用における BVOC の作用と合成制御機構を明らかにし、さらには多様な植物種におけるその合成機構の保存性と機能の解明を目指す。

種子田班 冬季に常緑針葉樹の光合成が停止する期間を決める要因の解明を目指す

氏名： 種子田 春彦（東京大学大学院理学系研究科附属植物園）

高緯度や高標高の寒冷環境に分布する常緑針葉樹林では、そのCO₂固定量が冬に光合成速度が著しく低下する期間の長さに依存する。そこで、秋から冬に光合成が低下したり停止したりするタイミングと春に回復するタイミングを決める気象要因と生理要因が明らかにすれば、環境変動に対する常緑針葉樹の成長量やCO₂固定量の変化の予測につながる。冬季の光合成量の低下は、酵素活性の低下、光阻害への応答、気孔閉鎖の3つの要因が指摘されている。しかし、これらの要因は別々に研究されることが多く、冬の光合成の低下や回復の律速要因については不明な点が多い。また、日本の中部山岳で優占種となるウラジロモミやシラビソのように高標高に分布する種では、冬季に光合成が停止して気象条件が改善してもすぐには再開しないいわば「休眠状態」に入る。一方で、より低標高に分布するモミでは、光合成は低下するが冬の間も続ける。本研究の計画では、ウラジロモミとモミで光合成速度やそれに関連する微量活性物質、揮発性物質や色素の量、その物質の生合成を制御する遺伝子の発現量を測定して光合成の停止・低下と再開を誘導する気象要因とその背後にある生理学的なメカニズムを明らかにする。同時に、これら2種の比較から、冬に光合成を停止させる性質が有利になる限界の気象条件を明らかにする。本報告では、私たちが、これまで断片的に行ってきた常緑針葉樹の冬季の気孔閉鎖と光合成の様子、光合成や気孔開閉の状態をモニターする蒸散流の測定結果を示しながら、本領域で行う計画について示す。

深澤班 キノコの電位計測から探る菌類の電氣的シグナル伝達の可能性

氏名： 深澤 遊（東北大学大学院農学研究科）

菌類は森林の土壤中に菌糸ネットワークを張り巡らせており、菌根菌の場合は植物の根と共生関係を結ぶことで複数の植物個体を繋ぐこともある。腐生菌の場合は枯死木や落葉・落枝などの有機物を繋ぐ。どちらの場合にも菌糸は、有機物の分解や水分・養分の輸送により森林生態系の物質循環に重要な役割を果たしている。一方で、菌糸はシグナル伝達も行っている可能性があるが、実証例は少ないのが現状である。電氣的な活性は、動物の神経細胞だけでなくあらゆる生物でシグナル伝達に使われている。本研究では、野外の森林に発生した菌根菌オオキツネタケの子実体（キノコ）に電極を設置することにより細胞外電位を測定し、環境要因への応答と菌糸ネットワークを介したシグナル伝達の可能性を電位データの時系列因果推論により調べた。オオキツネタケの子実体6本の電位は、おそらく2週間以上まとまった降雨がなかったため初めはほとんど計測されなかった。しかし雨が降ると電位は大きく変動し、時には100mVを超えた。降雨後に安定した電位の変動パターンを用いて6本の子実体間で因果推論を行ったところ、子実体間で電位の変動パターンが伝達されている可能性が示唆された。特に空間的に近い子実体間で強い因果関係が検出され、因果関係の強さには方向性もあるようだった。以上の結果は、菌類の電位計測を野外で行った初めての例であり、菌類が菌糸体を介して電氣的なシグナル伝達を行っている可能性を示唆している。

村中班 植物の概日時計における温度依存的な振幅変化

氏名： 村中 智明（名古屋大学生命農学研究科）

概日時計は約30%の遺伝子の発現制御に関わる環境応答の中枢である。BVOCの放出口である気孔の開口度も概日時計の制御下にある。植物の概日時計の研究では、モデル植物であるシロイヌナズナにおいて構成部品である時計遺伝子が同定され機能解析も進んできた。一方で、概日リズムの環境応答に関する知見は十分ではない。フィールドトランスクリプトームの研究から、野外環境においても冬季には概日リズムの振幅が極度に低下することが、複数の植物で報告されている。実験室において、4°Cで生育したシロイヌナズナでは大部分の時計遺伝子の発現リズムが消失することから、冬季の概日リズム停止は、温度に応答した反応だと考えられる。一方で、このリズム停止の分子機構や生理的意義は未解明である。本発表では、アブラナ科多年草ハクサンハタザオのフィールドトランスクリプトームを利用した振幅の温度応答性解析を紹介し、その結果をもとにしたシロイヌナズナでの解析結果について報告する。また、時計遺伝子の高い保存性に着目し、樹木の温度応答性を多間比較する際の定量的な指標として、概日リズム振幅を用いることを計画している。樹木全体を様々な温度条件で生育することは困難なため、切り出した葉を対象とした実験系を構築したいと考えている。手始めにポプラを用いた解析を準備中であり、現状について報告する。

伊藤班 ウキクサ植物の成長様式と短日誘導性の休眠越冬芽による生存戦略

氏名：伊藤 照悟（京都大学大学院 理学研究科）

ウキクサ植物 (duckweeds) はサトイモ科に属する単子葉植物で、極小で成長が非常に速い水生の顕花植物である。近年、生物環境浄化での利用や、バイオマス植物としても注目されている。キタグニコウキクサ *Lemna turionifera* は栄養欠乏やアブシシン酸の添加などの生育不適な条件下では turion と呼ばれる種々のストレスに耐性を持つ休眠芽 (越冬芽) を形成する。休眠芽にはデンプンが高濃度に蓄積し、バイオマス利用への応用が期待できる。長日条件下のキタグニコウキクサは、無性的なクローン個体である葉状体 (フロンド) が複数連結した群体 (コロニー) を形成し、旺盛にクローン繁殖する。一方、短日条件下では、新たに発生してくる子フロンドが休眠芽 (越冬芽) として発生・成熟し、以後の成長を停止することをつきとめた。一般に様々なウキクサ植物種において、サリチル酸の添加は花成を誘導する事が知られているが、キタグニコウキクサではサリチル酸の添加によっても休眠を誘導できることがわかった。キタグニコウキクサの短日刺激に対する感受性は、親フロンドの日齢、老化状態にも依存し、自身のクローンである子フロンドは本来ならば休眠したくないが、親フロンドが休眠させるかどうかを運命決定していた。また、集団内に成熟した短日感受性の高い個体が存在すると、周りのコロニー群の生み出す子フロンドも休眠しやすくなる現象が観察され、周辺他コロニー群の子フロンドの休眠を誘導する物質を休眠誘導中の個体が周囲に分泌していることが示唆された。

深山班 全国6タワーサイトで観測されたBVOC濃度と組成の変動特性

氏名：深山 貴文（森林総合研究所）

森林大気中の生物起源揮発性有機化合物 (BVOC) の濃度は、一般に夏季に気温の上昇に伴い上昇することが知られている。しかし、夏季以外の季節にも散発的に BVOC 濃度は一時的に上昇する例が報告されている。本研究は、通年観測によってこれらの散発的な上昇現象を検出し、その発生要因を検討することを目的とし、日本全国の6ヶ所の森林タワーサイトにおいてイソプレンとモノテルペンの濃度を3年間にわたって約1か月に1回の頻度で観測した。本研究では、サイト間比較を容易にするため、同じ大気サンプリングチューブとポンプを使った統一的大気サンプリングシステムと、共同利用拠点の同一の加熱脱着装置付きガスクロマトグラフィー-質量分析計、タワーで観測された気象観測データを使用して、BVOC 濃度の上昇と気象要因の関係を評価した。観測期間中、BVOC 濃度の一時的上昇は20回観測され、それらはイソプレンでは主に春に、モノテルペンでは主に秋に発生していたことが分かった。夏季以外の上昇現象のほとんどは、日中の気温差が大きい降雨後に観測されており、風雨と急激な日中の気温上昇が夏季以外の上昇要因である可能性が示唆された。CO₂フラックス観測用のタワーサイト群は、気温以外の要因が BVOC 放出に与えている複雑な影響を解明していくのにも有効と考えられることから、今後の有効活用が期待される。

谷班 VOCの新たな生成経路-大気VOCを起源とする植物体内変換物質の放出-

氏名：谷 晃（静岡県立大学）

植物の葉から吸収された VOC が、代謝変換によって異なる物質としてある程度の量が大气へ放出されることを、最近になって申請者や他国の研究者が明らかにしてきた。これまで明らかにしてきた葉内変換による放出として、フェノール→アニソール、メチルビニルケトン→メチルエチルケトン→2-ブタノール、などが挙げられる。これらの代謝変換については、特定の条件下、1, 2種の植物種でしか確認されていない。本研究では、2年間でこれら物質の代謝変換の有無や変換率の植物種間差、および曝露濃度、フェノロジーの影響を明らかにする。また、新たな大気 VOC 起源の変換物質について、曝露物質の候補をあげ実験により探索する。以上の結果を整理して、大気中の VOC を起源とする、植物体内で変換され放出される物質について、VOC の新たな生成経路としてデータベースを作成することを目指す。

また、発表の中で植物と大気との VOC 交換の様々な測定法を紹介するとともに、それらの長所短所を述べる。日本のインベントリデータを整理している段階なので、主要植物の BVOC 放出について、イソプレン放出種、貯蔵組織を持つモノテルペン放出種、非貯蔵のモノテルペン放出種ごと基礎放出速度の絶対値を示すとともに、論文間の変動幅について考察する。

辻班 多様な木本植物における光合成特性と光化学系 II の光阻害防御機構の研究

氏名：辻 祥子（京都大学大学院農学研究科）

植物の光合成には光が不可欠だが、過剰な光は「光阻害」として植物に顕著な悪影響を及ぼす。光化学系 II (PS II) では、光損傷が常に迅速に修復され機能が維持されているが、強光下では損傷が修復を上回り光阻害が起きる。そうした光阻害のメカニズムは、これまで主に光合成微生物や草本植物で解明されてきた。草本植物を用いた先行研究では、光阻害による植物生産への影響は無視できない程大きいことが報告されている。一方、樹木では光阻害の定量的評価は全くなされていない。これまでに発表者らは、乾燥耐性・耐陰性など生育環境の違う常緑広葉樹 12 種、落葉広葉樹 6 種の 18 樹種を用いて、樹木の自然変動光下における光阻害の実態把握を行ってきた。さらに、CO₂同化量や葉の形態・窒素量の解析から、PS II の損傷と修復の種間差と光合成能力の関係を評価した。BVOC 放出は、温暖化に伴う高温による光合成阻害の防止に役立っていると考えられている。光合成に影響を与えるのは高温だけではなく、光環境もまた光合成の光化学系に直接的に深く関わっている。しかし、強光によるイソプレン放出と光合成機構作用の関係の詳細は未だ明らかでない。本領域の研究では、強光下での樹木の光阻害と BVOC 放出の強光から光化学系への防御機構としての役割を明らかにする。これにより、多種の樹木での光阻害について、BVOC と光阻害の関連性を明らかにし、樹木の光合成制御についての理解も深める知見データの提供を目指している。今回の領域会議では、これまでの研究結果を示しつつ具体的な研究計画について説明する。

島田班 「植物の垢」の光分解によって発生するイソプレンの測定法開発

氏名：島田 幸治郎（琉球大学）

【研究目的】：本研究の目的は、葉表面に沈着した有機エアロゾルの光分解から発生する VOCs、特にその中でもイソプレンの排出量とその前駆体について解明する。

【これまでの研究成果】：申請者は、「地表面」という「反応場」の現象を新たに提案し、都市域でアスファルトに沈着した有機エアロゾルの光分解から BVOCs の主要成分であるイソプレンが発生する現象を世界で初めて見つけた。この現象が都市域で起きているならば、森林域でも同様に沈着した有機エアロゾルの光分解によってイソプレンが放出している可能性がある。

【研究計画】 **1) 模擬葉の作成**：葉のワックスの成分であるステアリン酸などの石英フィルターに含浸させる。また大気中のエアロゾルを捕集するためエアサンプラーで PM2.5 を捕集する。 **2) 「植物の垢」の捕集**：「植物の垢」の捕集は、代理表面法を用いてやんばるの森に設置されている大気観測タワーの最上階で夏季に行う。 **3) 太陽の 1 日の動きや季節における SOA の光分解を再現する装置開発**：疑似太陽光を用いて疑似葉に沈着した SOA を温度調整ができる小型光チャンバー内で光分解させることで、イソプレンと発生させ PTR-tof-MS で分析する。疑似太陽光で真夏の光照射を再現することで、表面温度までも実際の環境のように再現することができる。次にボックスモデルを用いてイソプレンの放出速度を測定する。






初日のご昼食に関するご案内









ホテル周辺のお店(徒歩圏内)※QRコードをクリック頂ければお店情報に移動します。

●徒歩5分～10分程度

<p>ぶがあん(うどん)</p> 	<p>小料理屋 彩華-IROHA</p> 	<p>長浜浪漫ビール(レストラン)</p> 
--	--	---




●徒歩10分～15分以内<長浜駅の東側(黒壁スクエア側)>

※下記は駅寄りに位置するお店です。
黒壁スクエアの中心部のお店については、当日会場にて配布予定の「[長浜まち歩きMAP](#)」をご覧ください。

<p>ラーメン屋たい風 長浜店</p> 	<p>ラーメン大学 都</p> 	<p>翼果楼(焼鯖そうめんの人気店)</p> 
<p>成駒家(和食・郷土料理)</p> 	<p>肉どうし長浜店(近江焼肉)</p> 	<p>Nova Eldorado Nagahama(ブラジル料理)</p> 

●徒歩10分～15分以内<長浜駅の西側(琵琶湖側)>

館内レストラン

<p>うどん 山石士平</p> 	<p>とんかつ味里</p> 	<p>① 竹生島(日本料理) ② La Spiaggia～ラ・スピアツジャ～(イタリア) ③ カフェ&ピッツェリア VERONA</p>  <p>※いずれもランチ営業あり。 ご予約なしでご利用頂けます。</p>
---	---	--

館内での持ち込み昼食について

ホテル側のご厚意により、お昼のご休憩時間に限り、会議会場内での持ち込みによるお食事は可能とさせていただきます。(恐れ入りますが、会場以外の場所での持ち込みによるご飲食はご遠慮下さい。)
※長浜駅の近くにセブンイレブン(コンビニ)とフレンドマート(スーパー)があります。

屋外で

ホテルの正面には長浜港とマリーナ、裏手には長浜城を囲む緑豊かな豊公園がございます。
お天気が良ければ、琵琶湖を眺めながら、豊公園のベンチでお召上がり頂くのも一つです。

長浜駅周辺パンフレット 

長浜市観光パンフレット 

「植物気候フィードバック」第2回領域会議@長浜

班名	氏名	所属	職名・身分	連絡先	5/14(火)		5/15(水)	懇親会	備考
					AM	PM	AM		
伊藤班	イトウ ショウゴ 伊藤 照悟	京都大学	助教	shogoi@cosmos.bot.kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
上村班	ウエムラ タクヤ 上村 卓矢	東京理科大学	助教		○	○	○	○	
大西班	オオニシ トシユキ 大西 利幸	静岡大学	教授	ohnishitoshiyuki@shizuoka.ac.jp	○	○	○	○	
大西班	コマキ リョウハ 小牧 龍波	静岡大学	M1		○	○	○	○	
大西班	オザキ モモコ 尾崎 桃子	静岡大学	B4	ozakimomoko.1412@gmail.com	○	○	○	○	
佐竹班	サタケ アキコ 佐竹 暁子	九州大学	教授		○	○	○	○	前泊
佐竹班	ナカタ タイチ 中田 泰地	九州大学	特任助教	t.nakata2307@gmail.com	○	○	○	○	
佐竹班	ナガハマ アイ 永濱 藍	国立科学博物館	研究員	anagahama@kahaku.go.jp	○	○	○	○	前泊
佐竹班	ヒラカワ ヒデキ 平川 英樹	かずさDNA研究所	主任研究員	hh@kazusa.or.jp	○	○	○	○	前泊
佐竹班	イソベ ショウコ 磯部 祥子	かずさDNA研究所	チーム長		○	○	○	○	
塩尻班	シオジリ カオリ 塩尻 かおり	龍谷大学	教授		○	○	○	○	
塩尻班	スヤマ ヨシヒサ 陶山 佳久	東北大学	教授	suyama@tohoku.ac.jp	○	○	○	○	前泊
塩尻班	カギヤ シンノスケ 鍵谷 進之介	龍谷大学	PD		○	○	○	○	
島田班	シマダ コウジロウ 島田 幸治郎	琉球大学	助教	kshimada@sci.u-ryukyu.ac.jp	○	○	○	○	前泊
島田班	イシカワ エイスク 石川 栄作	琉球大学	M2	k238377@eve.u-ryukyu.ac.jp	○	○	○	○	前泊
島田班	オオボ ゲンキ 大保 元輝	琉球大学	B4	e213340@eve.u-ryukyu.ac.jp	○	○	○	○	前泊
須藤班	スドウ ケンゴ 須藤 健悟	名古屋大学	教授		○	○	○	○	
関本班	セキモト カナコ 関本 奏子	横浜市立大学	准教授	sekimoto@yokohama-cu.ac.jp	○	○	○	○	前泊
関本班	サイトウ タクヤ 斉藤 拓也	国立環境研究所	主幹研究員	saito.takuya@nies.go.jp	○	○	×	×	
多田班	タダ ヤスオミ 多田 安臣	名古屋大学	教授	ytada@gene.nagoya-u.ac.jp	○	○	○	○	
多田班	ノモト ミカ 野元 美佳	名古屋大学	講師	nomoto@gene.nagoya-u.ac.jp	○	○	○	○	
谷班	タニ アキラ 谷 晃	静岡県立大学	教授	atani@u-shizuoka-ken.ac.jp	×	○	○	×	
種子田班	タネダ ハルヒコ 種子田 春彦	東京大学	准教授	taneda@bs.s.u-tokyo.ac.jp	○	○	○	○	
辻班	ツジ ショウコ 辻 祥子	京都大学	研究員	tsujishoko.8z@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
豊岡班	トヨオカ キミノリ 豊岡 公德	理化学研究所	上級技師	toyooka@riken.jp	○	○	○	○	
永野班	ナガノ アツシ 永野 惇	龍谷大学	教授	anagano1234@gmail.com	○	○	○	○	

永野班	ムナカタ リョウスケ 棟方 涼介	京都大学	助教	munakata.ryosuke.3z@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
永野班	ヤザキ カズフミ 矢崎 一史	京都大学	特任教授	yazakikazufumi.6w@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
永野班	マツイ ヒデトシ 松井 秀俊	滋賀大学	教授	hmatsui@biwako.shiga-u.ac.jp	×	○	○	×	宿泊なし
永野班	イワヤマ コウジ 岩山 幸治	滋賀大学	准教授	koji-iwayama@biwako.shiga-u.ac.jp	○	○	○	○	
永野班	イ ハヨン 李 河映	龍谷大学	研究員	hayoung0127@gmail.com	○	○	○	○	
永野班	ノムラ ヤスユキ 野村 康之	龍谷大学	研究員	green.plant8931@gmail.com	○	○	○	○	
永野班	フルカワ サオリ 古川 沙央里	龍谷大学	研究員	sfurukawa89@gmail.com	○	○	○	○	
永野班	モリヤマ ナツミ 森山 奈津美	龍谷大学	研究員	natsumimoriy@gmail.com	○	○	○	×	宿泊なし
永野班	ヤギ ヒロキ 八木 宏樹	甲南大学	研究員	yagigrobot@gmail.com	○	○	○	○	
永野班	リ シュンナン 李 俊男	龍谷大学	研究員	remineon@gmail.com	○	○	○	○	
永野班	ナカムラ ナオト 中村 直人	京都大学	研究員		○	○	○	○	
永野班	トミタ アツキ 富田 敦幹	慶應義塾大学	B4	tomita1103303@gmail.com	○	○	○	○	前泊
永野班	エイジュ ダン 永壽 暖	慶應義塾大学	B4(M1)	tomita1103303@gmail.com	○	○	○	○	前泊
永野班	コイタ ソラ 小板 青空	京都大学	M2	koita.sora.28m@st.kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
永野班	マツムラ コウシロウ 松村 広志郎	京都大学	M2	matsumura.koshiro.84x@st.kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
西田班	ニシダ ハンナ 西田 帆那	農研機構	研究員	nishidah428@affrc.go.jp	○	○	○	○	
評価委員	イワサ ヨウ 巖佐 庸	九州大学大学院	教授		○	○	○	○	前泊
評価委員	タカバヤシ ジュンジ 高林 純示	京都大学	名誉教授		○	○	×	×	
評価委員	ニシムラ 西村 いくこ	甲南大学	名誉教授		○	○	○	○	
深澤班	フカサワ ユウ 深澤 遊	東北大学	准教授	yu.fukasawa.d3@tohoku.ac.jp	○	○	○	○	前泊
深山班	ミヤマ タカフミ 深山 貴文	森林総合研究所	主任研究員	tmiyama@affrc.go.jp	○	○	○	○	
村中班	ムラナカ トモアキ 村中 智明	名古屋大学	助教	muranaka.tomoakijpn@gmail.com	○	○	○	○	
村中班	ヨシムラ アカリ 吉村 茜璃	名古屋大学	M1		○	○	○	○	
村中班	マツフル マユ 松古 茉夕	名古屋大学	B4		○	○	○	○	
山口班	ヤマグチ ノブトシ 山口 暢俊	奈良先端科学技術大学院大	准教授	nobuy@bs.naist.jp	○	○	○	○	
山口班	カワカツ タイジ 川勝 泰二	農研機構	上級研究員	riverwin@naro.affrc.go.jp	○	○	○	○	
山口班	ニシオ ハルキ 西尾 治幾	滋賀大学	助教	haruki-nishio@biwako.shiga-u.ac.jp	○	○	○	○	
由里本班	ユリモト ヒロヤ 由里本 博也	京都大学	准教授	yurimoto.hiroya.5m@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	

由里本班	サカイ ヤスヨシ 阪井 康能	京都大学	教授	sakaiyasuyoshi.8x@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
由里本班	シライシ コウスケ 白石 晃将	京都大学	助教	shiraishi.kosuke.7t@kyoto-u.ac.jp	○	○	○	○	
由里本班	シゲタ カナ 重田 佳奈	京都大学	D2		○	○	○	○	
由里本班	アサノ シンヤ 浅野 伸弥	京都大学	M2		○	○	○	○	
由里本班	オノムラ ミユ 斧村 美優	京都大学	M1		○	○	○	○	
由里本班	ハト ユウマ 羽戸 悠真	京都大学	M1		○	○	○	○	
由里本班	Moritz Schroll	Heidelberg University	PD		○	○	○	○	
由里本班	Rebekka Lauer	Heidelberg University	D		○	○	○	○	
由里本班	Manuel Ehnis	Heidelberg University	M		○	○	○	○	

領域会議	63		懇親会	58	
------	----	--	-----	----	--

