



研究課題名 熱帯泥炭林のオイルパーム農園への転換による生態系機能の変化と大気環境への影響

北海道大学・大学院農学研究院・教授 **ひらの たかし**
平野 高司

研究課題番号：19H05666 研究者番号：20208838

キーワード：熱帯泥炭、オイルパーム、環境攪乱、温室効果気体、大気環境

【研究の背景・目的】

東南アジア島嶼部の低平地には熱帯泥炭地が広がり、泥炭林と共存して膨大な量の炭素を土壌有機物（泥炭）として蓄積してきた。しかし近年、排水路を伴うオイルパーム農園の開発・拡大による泥炭林の伐採と乾燥が進んだ結果、泥炭の好氣的分解（CO₂排出）が促進され、泥炭炭素の脆弱性が高まってきた。図1は、マレーシア・サラワク州（ボルネオ島）における泥炭林のオイルパーム農園への転換の様子である。農園造成による大量のCO₂排出だけでなく、造成後も農園から多くのCO₂が排出されると予測されている。



図1 泥炭林のオイルパーム農園への転換の様子

本研究の目的は、1) 熱帯泥炭林のオイルパーム農園への転換・拡大が主要な生態系機能である炭素蓄積量および温室効果気体（CO₂とCH₄）・反応性気体（イソプレン）・エネルギーのフラックスに与える影響を解明すること、2) 熱帯泥炭地におけるオイルパーム農園の拡大が、炭素蓄積量、温室効果気体の収支および地域規模の気候システムに与える影響を定量化・モデル化すること、である。

【研究の方法】

本研究では、海外共同研究機関とともにオイルパーム農園を含む泥炭地生態系に設立されたタワー観測サイト（図2）をネットワーク化し、温室効果気体、反応性気体、エネルギーのフラックス（大気-生態系間の交換量）、気象・土壌環境、攪乱履歴、農園管理などに関するデータベースを構築する。データベースを用いた統合解析により、熱帯泥炭林のオイルパーム農園への転換が生態系の炭素蓄積量および温室効果気体・エネルギー収支に与える影響を解明する。さらに、衛星リモートセンシングや生態系モデリング、地域気候シミュレーションを活用して、対

象地域（スマトラ島、ボルネオ島、マレー半島）の泥炭地におけるオイルパーム農園の拡大が、温室効果気体の収支および地域規模の気候システムに与える影響を定量化・モデル化する。

【期待される成果と意義】

熱帯泥炭生態系において、炭素循環の素過程から地域気候シミュレーションまでを含む包括的で体系的な研究が行われた例はない。専門が異なる研究者による多様なアプローチの融合により炭素循環の全容解明を目指すことで、学術的価値の高い成果が期待できる。具体的には、1) 多様な条件をカバーする戦略的な観測ネットワークの活用により、温室効果気体・エネルギー交換の特性をロバストに評価できる、2) 様々な農園のデータを活用し、泥炭林→農園→更新というライフサイクルを通じた温室効果気体排出総量を評価できる、3) 全天候型の合成開ロレーダの利用により、土地被覆とバイオマスの高分解能空間情報を高頻度で得ることができ、小規模農地の検出も可能となり信頼性の高い広域評価ができる。



図2 観測タワー

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

Hirano T et al., Effects of disturbances on the carbon balance of tropical peat swamp forests. *Global Change Biology*, **18**, 3410-3422, 2012.

Ishikura K, Hirano T, Hirata R et al., Soil carbon dioxide emissions due to oxidative peat decomposition in an oil palm plantation on tropical peat. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, **254**, 202-212, 2018.

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度
119,200 千円

【ホームページ等】

Hirano@env.agr.hokudai.ac.jp

【基盤研究(S)】

大区分K



研究課題名 凝集体生命圏：海洋炭素循環の未知制御機構の解明

東京大学・大気海洋研究所・教授

ながた とし
永田 俊

研究課題番号：19H05667 研究者番号：40183892

キーワード：凝集体、遺伝子解析、海洋炭素循環、微生物群集、生物炭素ポンプ

【研究の背景・目的】

海洋表層で生産された有機物が凝集体となって中・深層へ沈降する過程（生物炭素ポンプ）は、大気中二酸化炭素濃度の調節に関わる、海洋炭素循環の大動脈ともいべき重要なプロセスである（図1）。しかし、従来、その制御機構の理解は物理モデルに立脚していた為、凝集体を利用する多様な生物の役割については未解明の点が多く残されてきた。このことが、気候変動に対する海洋炭素循環の応答を予測する上での大きな制約になっている。

本研究では、凝集体を生息場とする微生物の群集を「凝集体生命圏」として新たに概念化し、有機凝集体の生成・発達・崩壊に関わる主要な制御要因として提唱する。異分野融合的なアプローチを用いることで、凝集体生命圏の複雑な振る舞いを、新たな切り口から解き明かし、これまで見逃されていた凝集体生命圏による炭素鉛直輸送の制御機構を解明する事を目的とする。

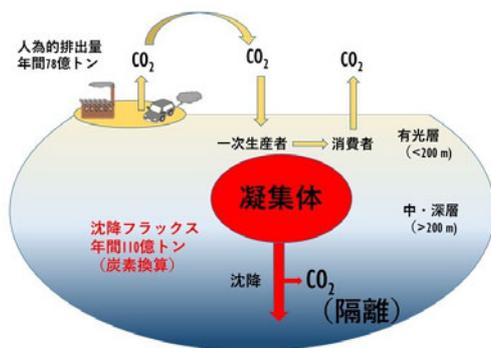


図1 海洋中・深層への炭素鉛直輸送をつかさどる「生物炭素ポンプ」の概念図

【研究の方法】

凝集体生命圏に関わる以下の3つの問いを、船舶観測、操作実験、数理モデルから解明する。(1) 構造に関する問い：凝集体生命圏の構成種に一般的な特徴はあるか？ (2) 機能に関する問い：凝集体動態の制御に関わる主要な生物間相互作用と物質代謝はなにか？ (3) 応答に関する問い：環境条件が変わると凝集体生命圏とそれが駆動する炭素鉛直輸送はどのような応答をするか？ 密接に関連するこれらの問いを、粒子動態、炭素循環、微生物・遺伝子解析、生物情報科学、数理モデリングの専門家の学際的な協力のもとに追及する（図2）。

【期待される成果と意義】

本研究の成果は、大規模な海洋炭素循環の制御機構の理解を深化させることを通して、地球環境や海洋生態系の将来予測の精度向上に貢献すると期待される。従来の研究では、凝集体の動態を粒子同士の物理的な相互作用のみからモデル化してきた。しかし、近年の研究の結果、凝集体の動態を理解する為には、これまで未知であった微生物群集やウイルスによる生物学的制御を考慮することが不可欠であることが国際的に大きな議論になり始めている。そのような学術動向の中で、本研究は、世界に先駆けて、多分野の専門家の知識や技術を集結することで、従来のアプローチでは解明が困難であった、境界領域的な問題群の究明を進める。これを通して、海洋炭素循環・微生物研究における我が国のプレゼンスの向上に貢献する。また、謎の多い「凝集体生命圏」の実態を解明することで、生物多様性の機能的な役割を、新たな視点から解き明かすことにもつながると考えている。

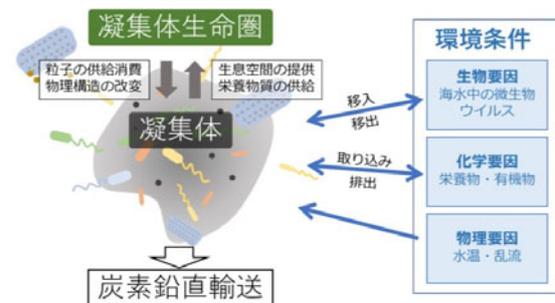


図2 本研究では、異分野融合的なアプローチを用い、凝集体生命圏による炭素鉛直輸送の制御機構を解明する

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

Guidi et al. (2016) Plankton networks driving carbon export in the oligotrophic ocean. *Nature*, 532, 465-470.
Yamada et al. (2018) Aggregate formation during the viral lysis of a marine diatom, *Frontiers in Marine Science*, doi.org/10.3389/fmars.2018.00167

【研究期間と研究経費】

令和元年度－令和5年度
154,300 千円

【ホームページ等】

<http://bg.aori.u-tokyo.ac.jp/member/nagata/nagata@aori.u-tokyo.ac.jp>



研究課題名 北極海—大気—植生—凍土—河川系における水・物質循環の時空間変動

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授 **ひやま てつや**
檜山 哲哉

研究課題番号：19H05668 研究者番号：30283451

キーワード：地球温暖化、北極海水縮小、大気—陸域水循環、永久凍土荒廃、温室効果気体

【研究の背景・目的】

北極域の温暖化は水循環の著しい変動を伴う。温暖化の定量把握と将来予測のためには、北極海の海水変動を踏まえた上で、大気中の水蒸気の流れ方や降水量（大気水循環）の変動を定量評価するとともに、北極海を取り囲む陸域（環北極陸域）の植生状態・凍土状態・河川流量（陸域水循環）の変動を全て取り扱う研究が必要である。これに加え、環北極陸域における温室効果気体の放出・吸収量（物質循環）を定量評価する必要もある。温室効果気体の放出・吸収量は環北極陸域の湛水状態や植生状態によって大きく異なるため、大気—陸域水循環と温室効果気体の動態を統合的に研究することが肝要である。

そこで本研究では、北極海水縮小と永久凍土荒廃を考慮に入れ、過去～現在～将来の大気—陸域水循環の時空間変動を解析し、環北極陸域の植生状態と湛水状態の時空間変動を定量評価する。そして温室効果気体の放出・吸収量の時空間変動を明らかにし、将来予測の不確実性を低減に資することを目的とする。

【研究の方法】

上述の目的を達成するために、起源別の水の動きを追跡する水循環統合モデル（水蒸気トレーサーモデル・陸域生態系モデル・凍土モデル・河川モデルを統合したモデル）を開発する。水循環統合モデルと衛星リモートセンシングデータを活用して湛水域時系列マップと植生変化域時系列マップを作成し、それらを用いて、並行して開発中の陸域生態系物質循環モデルから得られる温室効果気体の放出・吸収量の時系列マップを作成する（図1）。長期観測データが不足している北ユーラシアの複数点で温室効果気体フラックス観測を行い、得られた観測データを機械学習によるデータ駆動型経験モデルを用いて広域化し、温室効果気体の放出・吸収量の時系列マップの検証を行う。

4つの班（陸域観測班・陸域モデル班・大気班・統括班）を構成し、お互いが連携することで研究の目的を達成する。陸域モデル班と大気班は共同で水循環統合モデルを開発するとともに、陸域生態系物質循環モデルの改良を行う。陸域観測班は温室効果気体フラックスの観測を行い、広域化することでモデルの不確実性を低減に貢献する。統括班は湛水域時系列マップと植生変化域時系列マップを作成し公開するとともに、国際シンポジウム等を開催することで、科学的知見を現地研究者・生活者と共有する。

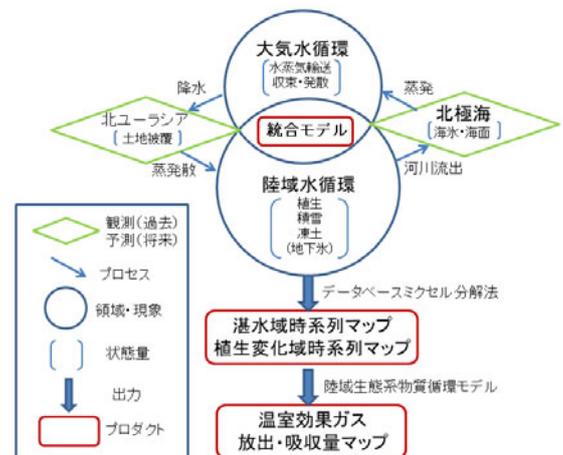


図1 研究の流れ

【期待される成果と意義】

北極海水縮小によって引き起こされる北ユーラシア永久凍土域の大気—陸域水循環の時空間変動を明らかにし、温室効果気体の放出・吸収量の時空間変動を推定・検証することで、それらの将来予測とモデルの不確実性を低減する。本研究を通して、北極域温暖化増幅のメカニズム解明にも貢献する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・檜山哲哉・藤原潤子 編：『環境人間学と地域 シベリア —温暖化する極北の水環境と社会』。京都大学学術出版会，511pp，2015，ISBN 978-4-87698-315-5
- ・Ohta, T., Hiyama, T. et al. (eds.): Water-Carbon Dynamics in Eastern Siberia. Ecological Studies, 236, Springer, 309pp, 2019, <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6317-7>

【研究期間と研究経費】

令和元年度—令和5年度
154,700 千円

【ホームページ等】

<http://www.isec.nagoya-u.ac.jp/hiyama@nagoya-u.jp>

【基盤研究(S)】

大区分K



研究課題名 階層的数値モデル群による短寿命気候強制因子の組成別・地域別定量的気候影響評価

九州大学・応用力学研究所・教授

たけむら としひこ
竹村 俊彦

研究課題番号：19H05669 研究者番号：90343326

キーワード：短寿命気候強制因子、気候モデル、気候変動、大気汚染、エアロゾル

【研究の背景・目的】

大気中のPM2.5などの微粒子(エアロゾル)や、光化学オキシダントであるオゾンなどの微量気体は、大気汚染物質であると同時に気候変動を引き起こす物質であり、短寿命気候強制因子(Short-Lived Climate Forcers(SLCFs))と呼ばれる。人為的な気候変化を定量的に評価する上で最も基本となるのは、様々な要因による太陽光と赤外線エネルギーの平衡状態を考慮することであり、その不均衡を放射強制力というが、国連気候変動に関する政府間パネル(IPCC)では、各々のSLCFsについて、放射強制力の定量的評価はなされてきた。しかし、気温や降水量などの具体的な気候変化については評価されていない。一方、SLCFsの複雑な気候影響過程を組み込んだ気候モデルが近年ようやく成熟期に入り始め、特に不確実性の高い雲・降水過程との相互作用の表現の精度向上が図られつつある。

本研究課題では、研究チーム自らが開発を進めてきた気候モデルを用いて、SLCFsによる組成ごと・地域ごとの気候変化を定量的に評価する。また、近年顕在化している極端な気温や降水などの災害に対するSLCFsの影響の定量的理解を目指す。

【研究の方法】

SLCFsの大気中での輸送過程および気候影響が計算できる以下の様々な時空間スケールの気候モデル・気象モデルを用いる(図1)。

・MIROC-SPRINTARS/CHASER: 地球全体の基本的な気候状態を再現・予測するMIROCに、エアロゾルに関わる過程を計算するSPRINTARSと詳細な化学反応過程を計算するCHASERを結合させた水平分解能が数十kmの気候モデル。MIROC-SPRINTARSは、毎日一般向けに広く情報提供されているPM2.5予測でも利用されている。

・NICAM-Chem: 水平分解能3.5/7/14kmで雲の過程を陽に表現しながら地球全体の大気の状態を計算するNICAMに、SPRINTARS/CHASERを結合させてSLCFsの気候影響を計算する気候・気象モデル。

・SCALE-LES: 雲の過程を直接的に扱える水平分解能数十~数百mの気象モデル。気候モデルでは解像できない雲の定量的表現の改良に結びつく知見を得るために、改良しながら使用する。

これらの気候モデルを用いた数値計算において、各々のSLCFsに関係する排出量を変動させ、それに伴う気温や降水量などの気象場の変化量を解析する。その際、エアロゾル・雲相互作用の表現の改良や、雨滴・降雪を陽に計算する方法の導入などを通して、

雲・降水過程の精緻化を図りつつ計算を実施する。

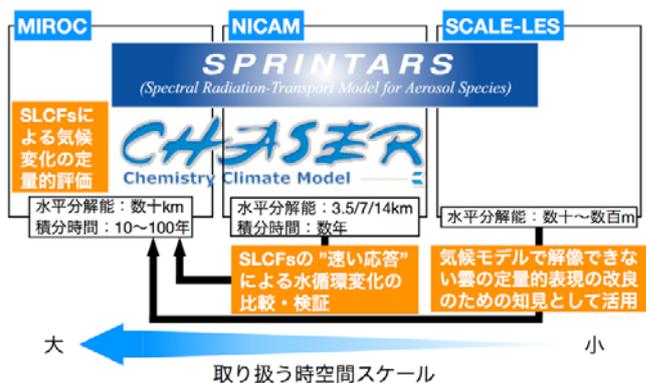


図1 本研究課題での階層的数値モデル群

【期待される成果と意義】

本研究課題は、従来別々に行われてきた大気化学的研究と、雲・降水に関する大気物理的な研究とを融合することで、SLCFsによる気候変動の定量的影響評価という未解決の問題に取り組む新しい研究分野を創出するものである。この目的のために、本研究チームのメンバー自らが開発してきた数値モデルを利用することで、開発段階で得られたSLCFsの気候影響のメカニズムの理解を利用しながら研究を推進できることが強みである。国際的な主要環境問題である気候変動と大気汚染の同時緩和について、具体的な提言が可能となる研究成果を目指す。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・Takemura, T. and K. Suzuki: Weak global warming mitigation by reducing black carbon emissions. *Sci. Rep.*, 9, 4419, doi:10.1038/s41598-019-41181-6 (2019).
- ・Suzuki, K. and T. Takemura: Perturbations to global energy budget due to absorbing and scattering aerosols. *J. Geophys. Res.*, 124, 2194-2209, doi:10.1029/2018JD029808 (2019).

【研究期間と研究経費】

令和元年度~令和5年度
153,900千円

【ホームページ等】

<https://www.riam.kyushu-u.ac.jp/climate/>

