

## 【2-1705】 アジアの森林土壌有機炭素放出の温暖化影響とフィードバック効果に関する包括的研究 (H29～H31)

研究代表者 梁 乃申(国立研究開発法人国立環境研究所)

### 1. 研究開発目的

本研究は、北海道の最北端から本州・九州・台湾・中国及びマレーシアまでの広域トランセクトに沿った代表的な森林において、今までの研究活動で展開してきた観測サイトを利用して、長期的な温暖化の影響を、統一的な手法を用いて、高精度に定量評価することを目的とする。加えて放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 同位体比や微生物群集構造の分析により、温暖化影響のメカニズムやそのサイト間差の理由を解明する。

パリ協定において、日本は温室効果ガスの排出量を 2030 年までに 26%削減することを約束し、そのうち森林整備等による  $\text{CO}_2$  吸収促進を 2.6%見込んでいる。しかし、主要な  $\text{CO}_2$  排出要素である土壌の有機炭素分解が温暖化によって継続的に促進される場合、吸収源の予測を下方修正する必要がある。世界共通の長期目標として 1.5~2 °C 以下の温度上昇を達成する必要に迫られている中で、本研究の研究成果は将来予測の精度向上とそれに伴う対応方針の修正を行う上で重要な貢献が期待できる。

### 2. 研究の進捗状況

サブテーマ 1 に関して、各温暖化サイトでは計画通りに連続観測が行われ、高解像度かつ高品質な観測データが得られている。特に 2017 年は欠測も少なかった。加えて、研究成果を学会、国際科学雑誌で発表し、反響も大きかった。そのため、研究は順調に進展していると言える。

サブテーマ 2 に関して、本年度は具体的に、天塩カラマツ林サイト、苫小牧カラマツ林跡地サイト、マレーシア低地熱帯天然林サイトにおけるチャンパー観測システム、および最北端針広混交林サイトのメンテナンスを行った。さらには、天塩カラマツ林サイトと富士北麓カラマツ林サイトにおける土壌呼吸の長期経年変動について変動要因を明らかにし、天塩、苫小牧、富士北麓の 3 サイトの土壌呼吸の比較解析を行った。これらの解析結果について、サブテーマ 1 と連携しながら学会発表、論文発表を行った。研究は当初の計画通り進行している。

サブテーマ 3 に関しては、当初の計画通り、サブテーマ 1 で温暖化操作実験を実施している国内の 5 サイトにおいて調査を行い、最新の遺伝解析技術を用いて、温暖化が微生物呼吸量と強く関係する土壌微生物動態に及ぼす影響を評価した。さらに、29 年度以降に予定している海外サイトへの展開についても、今年度から調査を開始 (マレーシア) しており、研究の進捗状況は良好であると言える。

サブテーマ 4 に関しては、当初の計画通り、サブテーマ 1 で温暖化操作実験を実施している国内の 5 サイトにおいて土壌の採取を実施し、土壌有機炭素の分画や  $^{14}\text{C}$  同位体比分析を駆使して、土壌有機炭素の分解性や蓄積プロファイルの地域特性を把握した。また、土壌の室内培養実験や土壌呼吸  $^{14}\text{C}$  測定用パッシブサンプラーの開発にも着手し、来年度の研究実施に向けての準備も進んでいる。さらに、来年度以降に予定している海外サイトへの展開についても、今年度から調査を開始するなど (すでにマレーシアにおける土壌試料の採取を実施済)、研究の進捗状況は良好である。

### 3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

IPCC 第 5 次レポートの RCP8.5 シナリオ (温暖化対策を行わない) に沿った将来予測では、地球全体の平均気温は、1986~2005 年の基準値と比べて、2081~2100 年には 2.6~4.8 °C 上昇する。本研究の先行研究である、環境省地球環境研究総合推進費「B-073：土壌呼吸に及ぼす温暖化影響の実験的評価」として行った、日本列島を網羅する 85 ヶ所の森林における調査結果によれば、

微生物呼吸の  $Q_{10}$  値（呼吸速度の温度依存性を表す指数であり、温度が  $10^{\circ}\text{C}$  上昇したときの呼吸速度の増加倍率を意味する）は  $2.5\sim 3.0$  となった。また、本研究の先行研究である、環境省地球環境保全試験研究費（地球一括計上）「環 1051（日本における森林土壌有機炭素放出に及ぼす温暖化影響のポテンシャルに関する研究）」において、この結果に基づき、全球平均気温上昇を  $2^{\circ}\text{C}$  に安定するシナリオ（RCP2.6）に沿ってシミュレーションを行った（環境儀 66 号）。仮に微生物呼吸の  $Q_{10}$  値を世界全体で  $2.5$  に設定した場合、微生物呼吸の上昇によって全球で 2050 年の時点で 1,760 億トン、2080 年の時点で 4,210 億トン、2100 年の時点で 6,380 億トン程度の土壌有機炭素が大気中に放出される。この土壌有機炭素の放出は、大気中の二酸化炭素濃度を 2100 年の時点で更に  $146\text{ ppm}$  程度上昇させることになる。つまり、微生物呼吸の上昇によって、地球温暖化が一層促進されることが示唆された。本研究では、日本を含む湿潤なアジアモンスーン地域において、それを裏付ける結果が得られている。即ち、実際の温暖化条件下で、アジアモンスーン地域における土壌有機炭素分解の増加率は、既往の欧米における報告よりも高く、かつより長く維持される傾向が確認された。そのメカニズムについても、本研究では微生物学的、土壌化学的側面からの根拠が与えられている。ここから言える事は、従来の温暖化対策よりも、一層効果的な対策が必要になるという事である。例えば、温暖化によって土壌生態系が劣化（肥沃度が低下）することで、陸域における生態系サービス機能、特に二酸化炭素の吸収能を低下させることが危惧される。また、温暖化による土壌有機物の減少は、土壌団粒構造の維持を妨げて保水力の低下をもたらし、土壌流出及び洪水のリスクを高める。それら温暖化によるリスク管理には、 $\text{CO}_2$  削減を含む緩和策の改善はもちろんのこと、有効な適応策の確立も必要である。そのためには、正確な現状把握と将来予測が不可欠となる。本研究から得られた知見および高品質な観測データを、科学的背景として提示、活用することで、より効果的な緩和策、適応策の策定にも大きく貢献できるものと考えられる。その方針に基づき、今後の森林を含む自然生態系の保全や適応戦略など、環境政策の基盤となるデータを、本研究から提供していく。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

陸域炭素収支で、土壌呼吸は大きな効果を持っており、この研究は、森林のかく乱効果を評価しており、評価できる。長期間の観測や遺伝子解析等により、新しい知見が得られた。日本の土壌微生物量の減少は起こってないとのことだが、このような状態を崩す要因と予防する策等は検討できるか。今後はモデル研究者との連携を強めてほしい。残念ながらサブテーマ間の関係が今ひとつわかりにくい。その辺りを明確にするとよい。

#### 5. 評点

総合評点：A