

氏名(国籍)	ちょう 張 ほう てい 鵬 程 (中国)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第4985号
学位授与年月日	平成21年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Vegetation and CO₂ Fluxes along Soil Water Gradient in an Alpine Meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau (青海・チベット高山草原における土壌水分勾配に伴う植生とCO ₂ フラックス)
主査	筑波大学教授 理学博士 沼田 治
副査	筑波大学教授 理学博士 濱 健夫
副査	筑波大学教授 理学博士 杉田 倫明
副査	筑波大学准教授 農学博士 上 條 隆 志
副査	法政大学教授 農学博士 鞠 子 茂

論文の内容の要旨

地球上で最も標高が高いところに位置する青海・チベット高原は、広大な面積を有し、その大部分を高山草原が占めている。そのため、アマゾンの熱帯多雨林、シベリアのツンドラと並んで地球環境を調節する重要な生態系の一つと考えられている。一方、高山草原は、気候変化に対して最も敏感な生態系の一つであるとされている。したがって、青海・チベット高原の炭素循環機能を定量的に評価し、温暖化の影響を理解することは、地球環境変動を予測する上で極めて重要である。

環境省が2000年より開始した研究プロジェクトは、微気象学的なタワー観測（渦相関法）を用いて青海・チベット草原の炭素フラックスを観測し、2002～2004年までこの草原は炭素の吸収源であることを報告した。しかし、タワー観測だけでは一つ一つの生態プロセスについての情報が得られないため、なぜ炭素の吸収源となるのか、そのメカニズムは明らかとなっていない。また、チベット高山草原は起伏に富んだ地形を有していることから、乾湿勾配を考慮した植生構造の解析と炭素循環機能の観測を関連づけなければならないが、これまでそうした研究はなされていない。そこで本研究では、チベット高山草原生態系における乾湿勾配に伴う植生と炭素循環プロセスの変化について現地調査を行い、両者の関係を明らかにすることを目的とした。

1. 乾湿勾配に伴う植生（優占群落）の空間変動

2005年の6～8月に丘の頂上付近から麓まで350mのライン（n=3）を設置し、5mごとに20cm×20cmの小枠を設置して植生および土壌環境の調査を行った。その結果、地形の起伏に伴う土壌水分勾配があり、植生はsedge, grass, forb, shrubで構成され、sedgeだけがライン全体を通して分布していた。また、Sedgeの3種 *Kobresia pygmaea* (Kp), *K. humilis* (Kh), *K. tibetica* (Kt) が土壌水分勾配に伴って分布していた。Kt群落は土壌水分の高い川の近く、Kp群落は土壌水分の低い山の急斜面に、Kh群落は中程度の土壌水分のところに幅広く分布した。これより、3種の *Kobresia* 群落を対象として *Kobresia* 群落内において以下の炭素フラックス調査を行った。

2. 植生ごとの炭素フラックスとその環境依存性

2005～2006年の生育期間中、チャンバー法を用いてNEP（生態系純生産）とER（生態系呼吸）を測定した。GPP（総一次生産）はNEP+ERで求めた。その結果、GPPはPPFD（光量子密度）に、ERは土壤温度に強く依存した。これらの環境依存性と地温観測データから、年間のGPP, ER, NEPを推定した結果、GPPとERはKp, Kh, Kt群落の順に高かった。NEPは $Kp < Kh \approx Kt$ であった。3群落の年間NEPの値は渦相関法の観測値と同等であったが、GPPとERの値は約2倍であった。渦相関法は夜間のERを利用して昼間のERを推定しており成長期のERとGPPを過小評価している可能性があることから、本研究のチャンバー法で得られたGPPとERが真の値に近いと考えられた。

3. 新たに開発した手法による生態系呼吸の分離

呼吸プロセスを詳細に解析するためには、ERをさらに細かな要素に分離する必要がある。従来より直線回帰による分離法があった。それはSR（土壤呼吸）とBGB（植物地下部バイオマス）に正の直線関係があると仮定しその直線を外挿したY切片をMR（微生物呼吸）とするものである。しかし、この方法にはいくつかの問題点が指摘されていることから、PB（植物のバイオマス）が大きくなるほど、ERも大きくなると仮定した新たな直線回帰法を開発した。2005年7月にそれぞれの群落に20個のチャンバーを設置し、ER, SR, PB（BGBを含む）を観測し、従来法と今回の方法の比較検証を行った。いずれの群落においても、ERとPBの高い正の相関が見られたが、SRとBGBの相関は低かった。Kp, Kh, Kt群落のPR（植物呼吸）とMRは群落ごとに大きく異なることが明らかとなった。また、本分離法で得られたMRの値が従来法で得た値より低いことが分かったが、これはSR測定の際に行った植物の地上部切除により呼吸活性が増大したためと考えられた。これより本研究で構築した分離法は従来法より生態系に攪乱が少なく、高い精度を持つこと、ERに注目した呼吸の分離が可能であることが明らかになった。

4. 分離した呼吸プロセスによる炭素循環の群落間差異の解析

3群落とも炭素の吸収源であったが、乾燥したKp群落のNEPはKhとKt群落より低いことが分かった。これはKp群落が他の群落より土壤水分が低いためGPPが低下したことが原因であると考えられた。またKh群落はKpとKt群落より高いMRを示した。これは、最も乾燥したKp群落と湿ったKt群落では、水の不足と過剰による条件が微生物の活性を抑制し、中程度の土壤水分を持つKh群落では微生物の活性が高くなるためと考えられた。また、3群落のPRがMRより大きくなる傾向があり、群落間の差異はPRよりもMRで大きくなる傾向があった。

審査の結果の要旨

本論文は青海・チベット高山草原におけるCO₂フラックスの詳細を明らかにしたものであり、その特徴は本草原が*Kobresia* 3種を優占種とする群落であるとして、群落ごとのCO₂フラックスを明らかにした点である。その際、*Kobresia* 3群落が水分傾度に応じて分布していることを発見し、CO₂フラックスの群落間差異を水分傾度と関連づけている。以上の視点に基づいた研究から得た結果は、起伏の大きい高山草原におけるCO₂フラックスの空間変動を普遍的に理解すること、得られたフラックスの広域推定を可能にするものであった。さらに、CO₂フラックスと水分傾度との関係を詳細に理解するために、新たな生態系呼吸の分離法を開発し従来よりも詳細かつ高い精度での呼吸プロセスの解析に成功したことは特筆すべき成果である。著者は本研究以外にも青海・チベット高山草原において精力的な野外調査を行っており、投稿論文数報に相当するそれらの成果は本論文にはまとめられていないものの一部についてはすでに学会等で発表を行っている。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。