

審査の結果の要旨

氏名 朴 慧美

本論文は、生物地理学的経験式を用いたインドネシアの泥炭地における二酸化炭素収支の推定に関する学術論文である。二酸化炭素は、地球温暖化ガスの中で最大の放出量を占め、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)などで指摘されているように、その増加が懸念されている。全陸域面積の3%に過ぎない熱帯泥炭は、全世界のおよそ30%程度の有機土壌を蓄えており、陸域生態系からの二酸化炭素の発生源として近年その重要性が指摘されている。有機土壌内では、地下水位が高い雨季には嫌氣的な条件が保たれているが、降雨が減少する乾季には地下水位が低下し、土壌中の炭素分解が促進され、二酸化炭素として大気中へと放出される。世界最大の熱帯泥炭を有するインドネシアでは、過去30年の間に大量の森林が伐採され農地に転用された結果、泥炭の乾燥化が進み、熱帯泥炭林は炭素の吸収源から放出源へと転じたと考えられている。従来は、現地に出向き、様々な種類の熱帯泥炭においてフラックスタワーから二酸化炭素を定点観測することが主な計測手法であったが、計測機器の非均一性、費用、手間、踏査地点の限界など、熱帯泥炭からの二酸化炭素発生量の全容を把握するには十分ではなかった。熱帯泥炭は広域に分布し、時空間的な動態は非均一性が高いため、これを定量的に継続的に把握する手法の開発が長らく待ち望まれていた。本研究は、大きく分けて、1) 陸域生態系からの総1次生産量と土壌呼吸量を、衛星観測と現地観測を用いて定量的に推定する手法の開発、2) 衛星を用いて泥炭火災から放出される二酸化炭素量の定量化手法の開発、3) 泥炭に引かれている水路を抽出することにより人間活動の影響を評価すること、の3つから構成されており、これらを総合的に組み合わせることにより、人間活動の影響を考慮した熱帯泥炭林での炭素収支を定量的に継続的に把握する手法を提示するものである。まず、FAOで定義されている泥炭分布図を参照してインドネシアの熱帯泥炭分布を特定し、米国の陸域観測衛星MODISを用いて総1次生産量(GPP)を算出した。現地で2004年から2007年に観測されたフラックスタワー観測のデータと比較したところ、40%程度の過小評価であることが明らかとなったため、これを元にGPPを修正する経験式を得て、2002年から2012年までの11年間のGPPデータセットを整備した。次に、静止衛星ひまわり、衛星マイクロ波放射計TRMM、陸域観測衛星MODISを用いて、地表面温度、土地被覆特性、植生指数、降雨分布図から土地被覆特性単位での蒸発散と乾燥度指数を算出し、現地で観測された地下水位を校正データとして活用してGWTを作成する独自の手法を新たに開発した。この手法を用いて全インド

ネシアを対象に、2002年から2012年までの11年間のデータセットを作成し、地下水位の変動サイクルを4kmの高解像度で、日単位で推定することに成功した。その結果、地下水位の変動は年によって大きく異なり、最大で年に2m程度まで地下水位が低下する現象が確認された。作成されたGWTを現地計測の結果と比較したところ、15%程度の精度で再現が可能であることが統計的に確認された。次に、地下水位と土壌呼吸との関係を現地計測の結果から得られた経験式によりモデル化したところ、乾季の地下水位低下に伴い、2002年、2005年、2009年のエルニーニョ年には、土壌呼吸量が大きく増加する傾向にあることが確認された。次に、米国の気象衛星MODISから撮影された可視・近赤外・熱赤外面像を用いて、泥炭森林の地上バイオマス、地下の有機土壌量、火災の位置と時間をデータベース化し、林野火災から放出される炭素量を推定した。これによりインドネシアの泥炭における炭素収支は、11年間の平均値で421(MtC/yr)の放出源であると推定された。炭素収支に占める火災の影響は大規模な火災のあった年でも高々5%程度であり、土壌呼吸による影響がより支配的であることが明らかとなった。土壌呼吸量は、地下水位で表現されており、気温よりも降雨が支配的であり、泥炭森林での炭素収支は、気候変動の影響を大きく受けることが確認された。地下水位は、泥炭に引かれている水路の影響も大きく受けるため、能動型マイクロ波センサであるALOS PALSARのモザイクデータセットにエッジ抽出の画像処理アルゴリズムを適用して、インドネシア全域にわたって水路を抽出した。その結果、インドネシアの泥炭のおよそ33%が地下水位の影響を受ける400m以内に分布し、これによってもたらされる地下水位の低下は、土壌呼吸量をおよそ9%増加させる効果があると推定された。これは、火災から放出される炭素量のほぼ2倍に相当する。地下水位を高く保つために設置されている小規模ダムや水路の水門の管理が、泥炭火災、水位低下による炭素放出量を減らすためには極めて重要であることを意味している。世界的にデータベースとして公開されている、熱帯泥炭からのフラックス発生量計測データが驚くほど少ない中、衛星計測から得られる植生、地表面温度、地下水位、降雨情報を効果的に組み合わせて、従来の手法に比べて極めて広域に二酸化炭素発生量推定が可能になる点で、本研究で提示する手法は優位性が認められる。また、これらの情報を収集する、中長期的な衛星観測計画に組み込むことのできる一連の手法とデータセットを開発した点で工学的な有用性も高く評価することができる。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。