

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	Md. Mizanur Rahman
論文題目	Exploring vegetation type, diversity, and carbon stocks in Sundarbans Reserved Forest using high resolution image and inventory data (シュンドルボン保全林における高解像度画像と地上調査データに基づく植生タイプ・多様性・炭素貯留量の推定)		
(論文内容の要旨)			
<p>気候変動の進行の中で、マングローブ林の生物多様性や生態系サービスの重要性が認識されている。本論文では、世界で残存するマングローブ林の中で、もっとも広大な面積を誇るバングラデシュのシュンドルボン保全林(SRF, 面積6017 km<sup>2</sup>)において、衛星画像と地上での実測データを利用し、植生タイプの区分、樹木種多様性、ならびに炭素貯留量について解析し、今後のSRFの管理計画とREDD+プロジェクトの実施にとって不可欠な基本データを整備した。また、植生タイプの多様性と炭素貯留量の迅速な推定手法を確立することで、将来の炭素量や生物多様性のモニタリングに貢献する知見を明らかにした。</p> <p>第1章ではマングローブ林と気候変動についての過去の研究を総括し、とくにリモートセンシングとシュンドルボンにおける研究の必要性について論じ、第2章ではシュンドルボンの概要を解説し、続く第3章、4章、5章でそれぞれ次の点を明らかにした。</p> <p>1. SRF全体を網羅するように、150ヶ所のモニタリングサイトを格子状に設置し、それぞれのモニタリングサイトに、半径10mの円形プロット5つをクラスター状に配置した。この円形プロット内で、種多様性の調査と植物体炭素量ならびに1m深までの土壌炭素量を推定した。これらのデータをもとに、植生タイプによる地上・地下部の炭素貯留量の総和(生態系炭素量)の空間的変動について明らかにした。生態系炭素量は <i>Heritiera fomes</i> の優占する森林で最も高く(360.0 C Mg ha<sup>-1</sup>)、先駆的な森林である <i>Excoecaria agallocha-Ceriops decandra</i>混交タイプで最小値(159.5 C Mg ha<sup>-1</sup>)を示した。この結果をもとにSRFの炭素分布図の作成にも成功した。また、SRFは塩分濃度によって3つのゾーンに区分されているが、低濃度ゾーンで生態系炭素量は最大を示し、高濃度ゾーンではその半分程度の炭素貯留量であることを示した。一方、地上調査で測定した林冠高と胸高断面積合計が、生態系炭素量との間に高い相関関係を示し、炭素貯留量の推定にきわめて有効なパラメーターであることも示された。</p> <p>2. SRFの南東部に設定されたシュンドルボン東部野生生物保護区(SEWS)において、高解像度衛星WorldView2(WV2)の画像と合成開口レーダー搭載衛星TanDEM-X(TDX)から得られた森林高データを組み合わせて、高精度の植生図の作成を試みた。この解析により、9つの森林タイプと、5つのより先駆的な低木・草原タイプが区分された。また、TDXデータの利用は、森林タイプの識別精度を上げることはなく、WV2のデータだけで十分な識別精度が得られることを明らかにした。地上モニタリングデータと地上</p>			

部踏査時の樹種観察データを基にして、これら各森林タイプの優占樹種も明らかにすることができ、樹種判定精度の高い植生図の作成に成功した。作成された植生図を従来SRFの管理に用いられてきた植生図と比較すると、*Heritiera fomes*の優占林の比率が実際にはきわめて高いことが明らかとなり、さらに、河川沿いのきめ細かな先駆的な植生タイプの帯状分布についても検出することが可能となった。

3. マングローブ林の樹種多様性は、生態系サービスの1つである生態系炭素量と正の相関を持つとの仮説を検証するために、種多様性と地上部炭素量を150ヶ所のモニタリングサイト単位で集計し解析を行った。幹本数密度をもとにした3つの種多様性指数(Margalef richness  $D$ , Shannon-Wiener index  $H'$ , Pielou's evenness  $J'$ )それぞれと、森林構造の指標としての林冠高を説明変数とした一般線形モデルと、さらに塩分濃度の3ゾーンを予測変数に含めた一般線形混合モデルを作成した結果、 $H'$ と林冠高を予測変数とした一般線形モデルにおいて、多様性指標が地上部炭素量を有意に説明する要因として採択された。林冠高の効果にくらべて多様性の効果は限定的ではあるが、高い種多様性が生態系炭素量の増加にも貢献することを示唆した。

最終章である第6章では、バングラデシュの国家的な気候変動緩和策の中でSRFにおける炭素貯留量と炭素固定速度が重要となることを指摘し、そのモニタリングについて考察した。高解像度衛星画像を活用した精密な植生図の活用や、合成開口レーダーによる森林高の測定データの活用が有効なことを論じた。SRFにおいて認められた生物多様性と炭素貯留量の正の相関を示すことから、炭素貯留量と固定速度を加速させるためのREDD+プロジェクトと、生物多様性保全プロジェクトを連携して実施することで、相乗的な効果があげられるであろうことを指摘した。さらに、SRFに流れ込む国際河川での河川開発プロジェクトが、河川水の流入量の減少をもたらしていることから、SRFでの塩分濃度の上昇と炭素貯留量の減少を引き起こす危険性が高いことを警告した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

マングローブ林は、巨大な炭素貯留量と高い生物生産力とを有し、気候変動の緩和政策と生物多様性保全政策において重要性が認識され、調査研究が活発に行われてきた。そんな中でバングラデシュからインドにかけて分布する世界最大の面積を誇るシュンドルボンのマングローブ林では、いまだ十分な生態学的な調査が行われていない。本研究は、バングラデシュのシュンドルボン保全林において、衛星画像と地上での実測データを利用することで、植生タイプの分布、樹木種多様性、ならびに炭素貯留量を解明し、このマングローブ林の今後の管理とモニタリングに不可欠の情報を明らかにしたものである。本研究で評価できる点は以下の4つにまとめられる。

1. 生物体と土壌中の炭素量を、SRF内全体を網羅する形で設置した150調査サイトで実測して生態系炭素量を明らかにするとともに、植生図を用いてこの成果をスケールアップしてSRF内全体での炭素貯留量マップの作成に成功した。
2. SRFの一部の野生生物保護区において、高解像度衛星WorldView2の画像を用いて、より高精細で樹種判定精度の高い植生図の作成に成功し、今後の群集多様性のモニタリングや炭素貯留量の精度の高い推定を可能にした。
3. マングローブ林の地上部炭素量は林冠高と同時に、林分内の樹種多様性と正の相関を有しており、生物多様性の保全が生態系炭素量の増加にもつながることをマングローブ林で初めて明らかにした。
4. バングラデシュの温室効果ガス排出量削減目標を達成する上で、吸収源として重要なSRFにおける炭素貯留量の長期モニタリングについて提言するとともに、SRFに流入する国際河川での開発行為が、SRFへの河川流入水の減少と塩分濃度増加を通じて、このマングローブ林の炭素貯留量の減少に結び付く可能性を示唆した。

以上のように、本論文は世界最大のマングローブ林であるシュンドルボン保全林の、炭素貯留量ならびに生物多様性を広域に明らかにすることに成功し、今後の生態系モニタリングの基盤となるデータと、モニタリング手法を確立したもので、森林生態学、森林管理学、森林・人間関係学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成31年 1月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)