

河川法の改正や自然再生法の施行に見られるように、近年我が国においては、河川を含む流域圏の生態系を保全し、再生する必要性が求められている。このため、国土交通省や自治体によって、河川生態系を対象としたモニタリングも開始された。しかしながら、河川生態系は非常に複雑な空間分布構造を示し、さらに洪水等によって短期間に変動する動的な生態系であるため、生態系のモニタリングを、従来からの地上観測による離散的な観測によってのみ達成することは容易ではない。さらに、従来のモニタリングは、生態系における生物種あるいは生物種群が観測の主要な対象とされ、生態系の物質循環を解明するために必要不可欠なバイオマスや生化学量については、面的な観測が困難であることもあり、ほとんど計測の対象とされてこなかった。

広域を反復して観測できるリモートセンシングは、生態系の動態を効率的にモニタリングする手法として利用されるようになりつつある。かつては、空間分解能や波長分解能に制約があり、河川生態系において十分な成果を挙げることが困難であったが、近年の科学技術の進歩によって、高い空間分解能や波長分解能で対象物を観測可能なセンサが実用されるようになり、その応用可能性が高まった。

そこで本研究は、ハイパースペクトル（高スペクトル分解能）リモートセンシングの手法を用いて、河川生態系の主要な構成要素である河道内植生の分類と、河川生態系における物質循環に関連する主要なパラメータとして、葉面積指数（LAI）及びリグニン量に着目し、これらを計測する手法を開発することを目的とした。このため、河道内植生を観測対象として、実験室、地上及び航空機から多段階でハイパースペクトル観測を行い、スペクトル特性と上記の植物パラメータの関係を解析、航空機データからその分布図を作成した。本研究の特色は、これまで観測することが困難であった河道内植生の分布や生産量、生化学量の分布をリモートセンシングにより観測する手法を開発したところにある。

本論文の構成は、河道内植生の概要、河道内植生の分類と識別、LAIに対するスペクトル感度特性の解析、河道内植生におけるLAIの空間分布推定、近赤外スペクトルによるリグニン量の推定、河道内植生におけるリグニン量の空間分布推定から成り立っている。本論文の個々の章において記述された内容は、次の通りである。

第1章では、本研究における社会的背景と河川生態系の観測と評価の現状について総論を述べ、ハイパースペクトルリモートセンシングによる観測の合理性、必要性を提示した。

第2章では、研究対象域とした河川生態系の特性について、流域環境、人為的なインパクト、河道内植生の観点から概要を述べ、リモートセンシングによる観測を適用する根拠と合理性を示した。特に、観測の対象とする河道内植生について、植物群落の構成と変遷を多時期の現存植生図を用いて整理し、河道内植生の変動や、河道内樹林化、侵略的外来種ハリエンジュの繁茂等の特徴的な現象を記載した。

第3章では、航空機ハイパースペクトル観測によって河道内植生を分類・識別する手法を提示した。ハイパースペクトルイメージを複数の解析手法によって処理し、結果を現存

植生図及び現地踏査と比較して、河道内樹林の分布域を推定する最適な手法を提案した。さらに、ハイパースペクトルデータと植生図 GIS データを併用して特定の植物群落の分布域を推定する効率的な手法を提案した。

第4章では、河道内植生に適用可能な LAI 推定モデルを提示した。多様な種組成によって構成される草本群落の LAI に対するスペクトルの応答特性を解析し、感度特性の高い波長帯域を特定した。次に、ハイパースペクトルデータを用いてすべてのバンドを組み合わせて植生指数 (VI) を算出し、LAI との相関が最も高いバンドの組み合わせを検索したところ、隣接する2波長を用いた場合に感度が高い VI が得られる傾向があり、さらに最適な VI と LAI には比較的線形な関係があることが示された。最適な VI は従来の可視近赤外の離散バンドを用いた VI による手法と比較して、植物種組成、表層水分量、植生高、植被率に対して比較的堅牢で、河道内植生における LAI 推定モデルとして採用可能であることを示した。

第5章では、河道内植生における LAI の空間分布を提示した。現地観測の結果、樹林と草地では LAI の実測値に有意差が認められ、さらに LAI に対するスペクトルの応答特性が異なることが明らかになった。このため、樹林と草地の各エリアを対象として、それぞれ最適な VI を検索し、LAI 推定モデルを適用することで、河道内植生における LAI の空間分布を推定して示した。

第6章では、河道内植生のリターを対象として、適切なリグニンの定量分析法の選定とハイパースペクトル計測によるリグニン量推定モデルを提示した。草本から木本まで多様な植物種によって構成される河川生態系では、リグニンの定量分析法として改良アセチルブロマイド法が有効であることを示した。さらに、この分析法によって定量されたリグニン量が、ハイパースペクトル計測によって推定可能であることを初めて明らかにした。また、リグニン量を安定的に定量するためのリグニンと植物分類学的な知見によるデータ分割についても提案した。

第7章では、非破壊で河道内植生の生葉を計測したスペクトルを用いたリグニン量推定の可能性を示した。さらに、葉面積と葉乾重量の計測によって葉乾重量を推定する回帰式を作成した上で、これを第5章で得た LAI の空間分布に適用し、河川生態系に現存する河道内植生のバイオマス及びリグニン量を推定した。

第8章では、本研究を要約し、将来の研究への展望を示した。

本論文は、身近にありながらこれまで情報が少なかった河川流域の生態系を対象として、河道内植生の精度の高い分布図、またそのバイオマス量 (LAI) や生化学量 (リグニン) の分布図を作成したことに独創性を有する。また、わが国では、河川流域圏の環境保全は重要な行政課題ともなっており、得られた分布図は有用性に富むものと評価できる。さらに、本研究で開発された LAI やリグニンのリモートセンシングによる計測手法は、河川流域植生のみならず、様々な生態系の植生への適用が可能であり、今後、生態学研究の発展に貢献するものと期待される。

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。