



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	音響手法を用いたアマモ場による生態系サービスの定量的評価に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	伊藤, 慶造
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16184号
Issue Date	2024-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/94073
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	ITOH_Keizo_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 伊藤 慶造

審査委員 主査 教授 宮下 和士

副査 教授 仲岡 雅裕

副査 准教授 南 憲吏

副査 教授 千葉 晋 (東京農業大学 生物産業学部)

学 位 論 文 題 名

音響手法を用いたアマモ場による生態系サービスの定量的評価に関する研究
(Study on quantitative assessment of ecosystem services by eelgrass beds using acoustic method)

自然に対して経済的価値をつけることは、一般市民や政策立案者に対して自然の重要性の周知を容易にさせる。そのため、生態系サービスを金額で示し、評価する研究が求められている。アマモ場は、アマモ属植物を中心に形成された海草藻場の1つで、沿岸域に広く分布している。アマモ場は、漁業生産の向上や二酸化炭素(CO₂)吸収、水質浄化など多様な生態系サービスを供給し、沿岸生態系にとって重要な生物群落である。しかし、アマモ場を含む海草藻場の分布は近年世界的に減少しており、保全のために要因を示すことが求められている。そのためには、基礎情報となるアマモ場の分布及び生物量の可視化が重要である。音響手法は、沿岸域に生息する藻場の空間的な分布を推定する手法として有効である。一方、音響手法を用いて藻場の生物量を推定した研究はほとんどなく、基礎情報となる生物量をもとに、多様な生態系サービスを経済的価値で示すことができると考えられる。本研究では、音響手法を用いてアマモ場の分布及び生物量を推定して、アマモ場による生態系サービスを定量的に評価することを目的とする。

2章では、音響手法を用いた水中生物の生物量の推定法について、音響指標となるターゲットストレングスTSを実験で把握して、対象海域で体積後方散乱強度SV、面積後方散乱強度SAを求める必要があると記述した。そこで3章では、屋内実験でアマモ(*Zostera marina*)のTSを調べた。音響計測は、9月20, 22-25, 27日に同センターの屋内実験水槽 (縦×横×高さ: 5×10×6 m)に海水を張り、計量魚群探知機 KSE-300(120 kHz, 株式会社ソニック)を用いて行った。距離分解能を考慮して、約30 cmの草体を1本もしくは複数本束ねて、水槽内に懸垂してTSを計測した。計測後にサンプルの乾燥重量を得て、TSとの関係を調べた。計測は44回行い、アマモのTSと常用対数をとった乾燥重量には相関がみられ、TS-重量式を得ることができた($r^2 = 0.59$, $p < 0.01$)。

4章では、音響手法を用いて、能取湖でアマモ場の分布及び生物量を推定した。調査は、アマモ場の繁茂期である2013年6月と2023年7月に実施した。使用した計量魚群探知機は、2013年がKCE-300で2023年がKSE-300(いずれも120 kHz, 株式会社ソニック)であった。得られたデータから、空間統計学的手法を用いて、アマモ場の分布を推定した。次に、音響計

測の探知不能範囲を考慮して、先述のアマモ場の下端より45 cm浅くしたラインを新たに設定した。アマモ場の上端から新しく設定した下端のラインまでのアマモ場のSVを抽出した。このSVに本来のアマモ場の厚みをかけて、アマモ場のSAを算出し、これをSATotalと定義した。SATotalを3章から求めたTSで除して、アマモ場の密度を得た。通常クリギングでアマモ場の密度分布図を作成して生物量を推定した。その結果、2023年のアマモ場は、2013年より厚く、分布している水深が深かった。また、2023年のアマモ場の分布面積及び生物量は、2013年より増大した。特に、2023年では能取湖の北側やオホーツク海に開口する湖口付近でアマモ場が確認されており、2013年と比較して環境の変化による分布及び生物量の増大が示唆された。音響手法からアマモ場の分布及び生物量を評価することができ、新しい藻場モニタリング手法を確立した。

5章では、空間的に評価したアマモ場の分布及び生物量から、能取湖におけるアマモ場がもつ重要な機能である漁業生産、CO₂吸収、水質浄化に関する生態系サービスを試算した。能取湖では、主要な漁業資源の1種であるホッケイエビ(*Pandalus latirostris*)がアマモ場を利用して生活している。そこで、ホッケイエビの単位努力量当たりの漁獲量とアマモ場の分布や水深を含めた一般化加法モデルのベストモデルを用いて、2013年と2023年における能取湖でのホッケイエビの期待される漁獲量を試算した。次に、国内のアマモ場におけるCO₂吸収に関する文献値を用いて、面積ベースによるCO₂吸収量と重量ベースによるCO₂吸収量を2013年と2023年のアマモ場をもとに算出した。最後に、アマモ場がもつ水質浄化機能に着目して、同様に国内のアマモ場における窒素除去に関する文献値を用いて、2013年と2023年の窒素除去量を算出した。その結果、いずれの生態系サービスも数千万円から数億円であると試算され、能取湖のアマモ場がもつ機能を空間的かつ経済的に示すことができた。また、CO₂吸収量は、面積ベースより重量ベースの算出法の方が小さく試算された。アマモ場の密度を考慮した算出法は面積ベースの算出法より確実性が高く、本研究の音響手法による生物量の推定法は、CO₂吸収量の算出精度をあげることが示された。

本研究より、音響手法を用いてアマモ場の分布及び生物量を推定して、アマモ場による生態系サービスを定量的に示すことができた。水産庁の広域藻場モニタリングの手引きでは、藻場の様々な調査手法が整理されており、音響手法は藻場の有無や草丈の情報が得られると記載されている。本研究から、音響手法を用いた広域藻場モニタリングは、対象種のTSを計測することで、分布だけでなく生物量を定量化することが可能になった。これまでの藻場の有無や草丈といった空間的な分布の情報に、密度を考慮することで、より詳細に沿岸域における藻場を評価できることを示した。また、本研究で示したCO₂吸収量や窒素除去量は、アマモ場の生物量をもとに算出され、価値を見える化することができた。このように、今後アマモ場の生物量を基礎情報にして、様々な生態系サービスを定量化して価値を積み上げていくことが重要である。本研究で示したアマモ場の生物量の推定や生態系サービスの評価は、沿岸域の藻場生態系の適切な管理につながると期待される。

以上の通り、申請者の研究により密度を考慮した藻場の空間的な分布特性の評価が可能になり、時空間的な藻場の生態系サービスに大きな進展がみられた。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり博士号を取得するに十分な資質を備えていると判定し、伊藤慶造氏が博士（環境科学）にふさわしいとの結論に達した。