

1. 課程・論文博士の別 課程博士
2. 申請者氏名 スルタナ サイーダ (するたな さいーだ)
3. 学位の種類 博士 (農学)
4. 学域番号 博農 第2652号
5. 学位授与年月日 平成 15年9月30日
6. 論文題目 Studies on distribution and seasonal changes in biomass, shoot density and leaf area index of seagrass, *Zostera caulescens* Miki, in Funakoshi Bay, Sanriku Coast  
(三陸沿岸船越湾における海草タチアマモの分布および生物量、シュート密度、葉面積指数の季節変化に関する研究)
7. リンク先 URL
8. 論文内容の要旨



生育するため分布確認が困難であり、空間分布についての情報は限られている。また、それらの生態的季節変化についての研究は、現在のところ非常に少ない。

そこで、船越湾のタチアマモ藻場をフィールドとし、マルチビームソナーという音響リモートセンシングによる広域藻場分布測定手法を開発し、タチアマモ分布域を測定するとともに、坪刈によって得られたサンプルの解析によりタチアマモの生物量、シュート密度、葉面積の季節的な変化について解析した。

#### 1) マルチビームソナーを用いた船越湾におけるタチアマモ藻場分布の測定

海草藻場分布の調査手法には、肉眼による直接的な観察による方法とリモートセンシングによる間接的な手法とがある。直接的な方法は、海草の被度や種類を正確に知ることができる反面、潮下帯では潜水作業を伴うため作業効率は非常に悪い。一方、リモートセンシングによる間接的な方法は、さらに光学的方法と音響学的方法とに分けられる。光学的方法には、空中写真解析、衛星画像などの画像解析による方法、音響学的方法には音響測深機、サイドスキャンソナーなどによる方法がある。前者は、浅海域の広域藻場の測定に向くが、深い藻場や海水の濁りによる影響で水中における光の減衰が著しい場合には測定できないという欠点がある。音響学的方法は、空中写真、衛星画像に比較して広域調査では効率面で劣るものの、濁りの影響を受けず、また、深い海底に分布する藻場分布の測定に向くという利点がある。音響学的方法の中で、音響測深機は観測定線に沿った鉛直的な狭い範囲の藻場分布しか測定できないという問題があり、サイドスキャンソナーは観測定線の両側 100-200m の範囲で水平的に広い藻場分布を測定できるが鉛直方向の繁茂状態を測定できないという問題がある。近年、マルチビームソナーという一度に多数の超音波を送信し、海底を測量する機器が開発されてきた。そこで、1.5度の広がりをもつ455kHzの超音波ビームを海底に向かって1.5度の角度間隔で一度に60本発信し、反射してきたエコーから海底の水深を計測し、海底地形を詳細に測量することが可能なマルチビームソナーを使用し、藻場分布を3次的に測定する手法を開発した。

船の動揺を測定できる動揺センサー、進行方向を正確に測定できるジャイロコンパス、船位を正確に測定できる Differential-GPS およびナローマルチビームソナーを搭載した約1tの研究船でタチアマモを含む海底地形を隙間無く正確にマッピングし、デジタルデータとしてノートコンピュータに記録した。タチ

アマモは、砂地上に生育し、繁茂期には花株が数mの草丈にまで到達する。タチアマモの葉あるいは茎で反射される超音波のエコーは海底から数mの高さの海底から突出した点として記録された。コンピュータ上でこれらのタチアマモから反射される超音波信号をノイズとして処理することで、タチアマモを除いた海底の水深分布を得ることができた。そして、ノイズ処理しないタチアマモを含む海底地形から、ノイズ処理によりタチアマモを除いた海底を差し引くことで、タチアマモだけの分布を抽出し、タチアマモの水平分布、立体分布を地図化しそれらの体積を推定する方法を考案した。その結果、船越湾では、タチアマモがおよそ底深 4m から 16m にまで分布していることが明らかとなった。さらに、タチアマモの体積分布を 3 次元的な景観として視覚化することができた。

## 2) 船越湾におけるタチアマモの生物量、シュート密度、葉面積指数の季節変化

船越湾産タチアマモの生物量、シュート密度、葉面積指数が季節的にどのように変化するかについて検討するため、上記の底深の範囲の中で 50 cm x 50 cm の方形枠を用いて 5 点で、4 月、7 月、9 月、10 月に坪刈をおこなった。4 月には、花株は非常に少なく、その多くが栄養株であり、栄養株の中から花株になる株が成長を開始する時期であることが明らかになった。また、この時期には、地上部および地下部のバイオマスは他の季節よりも少なかった。7 月には、全長が 80cm 以上のものが花株、80cm 未満のものが栄養株と違いがはっきりした。9 月および 10 月には、花株の成長がさらに進み、全長の最大は 7m にまで達した。冬季には、これらの花株が藻場から流出し、ほとんどが栄養株になるものと推定された。シュート密度は花株の最も少なくなる春に小さく、最も多くなる秋に最大となり、花株の葉面積指数は成熟前の 7 月に最も大きいという季節変化が見られた。

生物量と底深の関係について検討したところ、それらは、底深 8-10m 付近で最大となり、沖に向かって減少する傾向を示した。その理由として、水深が深くなると光量が減少すること、海草の日陰効果のため多くの栄養株を支える十分な光量が確保できないことが上げられた。一方、水深が浅いとタチアマモが海面に達する。海面に到達した海草はキャノピーによる日陰効果により光量を著しく減少させて海面下の栄養株や花株の光合成を阻害すること、海面を覆う

海草は波や流れによる流動により大きな抵抗を生じ、海底から引き剥がされる可能性が大きくなることが考えられた。そのため、最大の草丈に達するタチアマモが分布可能で、かつ海面を覆わない 10m 付近を中心にし生物量が最大になったものと推察された。

### 3) マルチビームソナーにより測定された藻場の面積・体積データを用いたタチアマモの生物量の推定

マルチビームソナーを用いた広域藻場分布測定手法によりタチアマモの分布する面積と海水中に占める体積を測定できる。そこで、タチアマモの繁茂期における花株と栄養株の分布状態を考慮にいたした分布モデルを作成し、次のような方法でタチアマモの生物量を推定する方法を提案した。栄養株は全長 80cm 未満であるのに対して、花株は全長 80cm 以上になる。栄養株は藻場の面積だけ分布しており、花株は海底上 80cm 以上の高さをもつ海草の体積を構成するものとした。1) で開発された方法を適用し、得られたタチアマモの 3次元分布から、タチアマモの占める全面積と全体積、海底上 80cm 以上のタチアマモの占める面積と体積を算出した。つぎに、50cmx50cm の方形枠を用いた坪刈から、栄養株については全長 80cm 未満のタチアマモの単位面積当たりの生物量を、花株については全長 80cm 以上のタチアマモの平均茎長を高さとしたそれらの単位体積当たりの生物量を求めた。栄養株の全生物量は、分布する全面積について全長 80cm 未満のタチアマモの生物量を乗じることで、花株の全生物量は、全長 80cm 以上のタチアマモが占める体積にタチアマモの単位体積当たりの生物量を乗じることで得ることができる。通常、坪刈の場合には、海草の分布密度の高い場所でサンプリングする傾向があり、藻場全体の生物量を実際よりも大きく見積もる傾向がある。本研究により開発した方法を用いれば、そのような問題を避けることが可能である。10月の根浜地先の海底 4-7m に分布するタチアマモ藻場では、地上部および地下部のタチアマモの平均生物量は乾燥重量で、それぞれ 28.6 gm<sup>2</sup> および 15.9 gm<sup>2</sup> と見積もられた。これらの値は、分布域がタチアマモよりも浅く光量が多い海底上に生育するアマモの生物量と比較して低い値であった。

本研究では、タチアマモの空間分布をマルチビームソナーを用いて測定する手法を開発し、三陸沿岸の船越湾では底深 16m 付近まで分布することを明らか

にするとともに、海中に分布するタチアマモ群落の体積を測定する手法も合わせて考案した。この方法によって、海中のタチアマモ藻場の3次元的な景観を再現することが可能になった。また、タチアマモの生物量が底深と関係があること、タチアマモの生物量、シュート密度、葉面積指数が花株と栄養株、越冬期、成熟期に関連して季節変化することを具体的に明らかにした。得られたタチアマモの体積と生物量のデータから、藻場全体のタチアマモの平均生物量を科学的に見積もる方法を考案した。これらの結果は今後のタチアマモ藻場の保全と修復に資するものと期待される。