

## 論文の内容の要旨

水圏生物科学 専攻

平成19年度博士課程 入学

氏名 シャバカ ソハ ハムディ

指導教員名 小松 輝久

論文題目 Studies on seasonal dynamics, morphology and distribution of  
three seagrass species in Funakoshi Bay, northeast Honshu Island, Japan  
(本州東北船越湾産海草3種の季節的動態, 形態, 分布に関する研究)

海草は、浅海域において藻場とよばれる広い群落をつくり、沿岸域における最も一次生産の大きい生態系の一つである。この海草群落は、水産的に重要な魚類等の資源の産卵場、生育場として重要な生態学的な役割を果たしている。しかし、日本では、1960年代の高度経済成長期の汚染や埋立などにより、また、ひきつづく経済発展による汚染や埋立により、海草群落の分布面積は著しく減少してきた。しかし、持続的な沿岸漁業の発展のためには、この水産資源涵養の場である藻場の必要であるということが広く認識されるようになり、藻場の保全と修復が課題となっている。日本の大型海草の藻場には、アマモ、タチアマモ、オオアマモがある。アマモは温帯から寒帯に、タチアマモは温帯に、オオアマモは亜寒帯に分布する。タチアマモとオオアマモは極東アジアの固有種であり、環境省のレッドデータブックの絶滅危惧種にリストされている。このうち三陸の船越湾産のタチアマモは、秋季に花株のシュートの長さが7mと世界最大の海草であることが知られている。しかし、タチアマモやオオアマモの生態については十分に調べられておらず、これらの藻場の保全や再生には、生態学的な知見の蓄積が望まれている。上述の三陸の船越湾には、タチアマモ、オオアマモ、アマモの3種が分布し

ている。本論文は、これらの種の生態と分布を隔月の採集調査により得られた試料を詳細に分析し、季節的動態、形態について調べた。また、これら3種の海草藻場の季節的な景観の変化をナローマルチビームソナーを用いて調査した。

#### 1) タチアマモのフェノロジーと形態

フェノロジーと花の構造を含む形態を調べるために、船越湾におけるそれらの底深の分布に沿った4定点(6, 9, 12, 15m深)で地下茎, 根, 花株, 栄養株を2007年6月から2008年6月まで隔月で採集した。船越湾産タチアマモは、韓国, 本州中部のものと形態的に異なっていた。船越湾産タチアマモは、本州中部や韓国産のタチアマモよりも、花株頂上の栄養葉や栄養株の葉の葉幅よりも細いこと, 根茎の直径が太いこと, 根茎の節間が狭いという特徴があった。これらの特徴は、船越湾が本州中部や韓国沿岸の産地よりも水温が低く、生長が遅いことが原因ではないかと推定された。アマモ亜属の種の査定に用いられる葉先について調べたところ、微凸形と凹形に分けられる葉先については、花株の葉先が夏に凹形であり、秋・冬には微凸形となることが本研究により初めて明らかとなった。花株の現存量と葉面積指数は、夏に高く、秋・冬に低くなり、花株と栄養株のシュート密度, 現存量, 葉面積指数は、深い定点で低くなった。これらの季節変化および水深による差は、光の照射量を反映していると考えられた。船越湾産タチアマモの花株の花数と花当りの果実は本州中部のものに比べて少なく、栄養株と未成熟の花株は冬に加入していたことから、冬季の栄養株と未成熟の花株の生残が、タチアマモ個体群の維持と拡大にとって重要であることが示された。

#### 2) タチアマモの開花と種子生産

今まで、タチアマモの花の発達過程と種子生産について調べた研究はなかったことから、本論文では詳細にそれらについて検討した。また、成熟した花株1株当りの花の数, 花1つ当りの果実密度から種子生産を推定した。開花は、4月から8月まで続いたが、8月の結実期の花では生殖器は観察されなかった。10月には、成熟した花株には、枯死した花が残っており、開花期が終了したことを示していた。種子生産の指標となる年間の単位面積当りの花のバイオマス, 花の密度, 果実密度は、4定点の中間の底深9mの点で、それぞれ、 $131.1 \pm 76.3 \text{ g DW m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ,  $1096 \pm 618 \text{ flowers m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ,  $2575 \pm 1321 \text{ fruits m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ と最大となり、底深15mの定点で、 $9.8 \pm 11.4 \text{ g DW m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ,  $117 \pm 134 \text{ flowers m}^{-2} \text{ y}^{-1}$  and  $458 \pm 714 \text{ fruits m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ と最小となった。このように、分布下限

深度近くでは、種子生産数が低くなることが明らかとなった。

### 3) オオアマモとアマモのフェノロジーと形態

オオアマモとアマモの混生群落の分布域の分布底深に沿って3定点（8，10，12m）を設けて、2007年6月から2008年6月まで隔月の坪刈調査を行い、それらのフェノロジーと形態について調べた。8-12mに分布する船越湾のアマモの形態は、それぞれ1.5m深、2m深の底深に分布する厚岸湾のアマモ、オオアマモ個体群と比較して、低いシュート密度、低いシュート丈、栄養株長であり、この違いは、水深の増加にともなう光量の低下によりもたらされたものと判断された。アマモについては6月と8月に合計15株（1株20 x 20 cm<sup>2</sup>）中で合計5株の花株とその開花を観察したが、オオアマモでは1年を通して栄養株のみしかなく、開花を観察できなかった。オオアマモは、おもに地下茎による栄養生殖が個体群を維持しているものと思われる。この結果は、大西洋東岸の南限に位置するアマモ個体群では種子生産が減少し、栄養生殖に依存するという報告と一致しており、船越湾では大きな環境変動によってオオアマモの個体群が減少した場合の回復は栄養生殖に依存するためゆっくりとしたものになると推定される。

### 4) ナローマルチビームソナーによる船越湾の藻場分布のモニタリング

船越湾における海草藻場の景観的分布が季節的にどのように変化するかを調べるために、結実期の2007年10月、開花期の2008年6月、越冬期の2009年2月に、3次的に海底の形状をマッピングできるナローマルチビームソナーによるモニタリング調査を実施した。ナローマルチビームソナーにより得られる海底の高さ分布には、海草のキャノピーにより反射されたエコーを含んでいる。このエコーを信号処理によりノイズとして削除することで、海底だけの水深を得ることができる。海草を含む海底の水深分布から、海草を除いた海底の水深分布を減じるという方法により、海草だけが占めるバイオボリュームと名づけ体積分布を3次的に求めた。その結果、シュートの草丈の高いオオアマモ群落と低いオオアマモ・アマモ混生群落を容易に区別することができた。また、タチアマモは連続して分布していたが、オオアマモとアマモの混生群落は、小さなパッチが散在する分布を示した。

タチアマモ群落については、タチアマモのバイオボリュームは、最も浅く、防波堤で囲まれた底深3-5mでは2008年6月に最大、2009年2月に最小となり、坪刈によるバイオマスの結果と一致した。一方、防波堤の沖

側では、2007年10月よりも2009年2月に分布面積とバイオボリュームは増大し、タチアマモの分布の拡大が示された。この結果は、2006年10月に非常に大きな低気圧による時化が船越湾沿岸を含む三陸沿岸を襲っていることから、時化による波浪で減少した防波堤の沖側のタチアマモ群落の回復過程を捉えていると解釈される。

オオアマモとアマモの混生群落では、バイオボリュームと面積は2007年6月、2008年10月、2009年2月の順となった。坪刈の結果では、季節的な変化は少ないものの、オオアマモもアマモを合わせたシュート密度は6月、10月、2月の順になっていた。この月の順にバイオボリュームと面積が低くなるのは、ナローマルチビームソナーのビームが群落の密度に応じてキャノピーを捉えるためではないかと考えられた。また、タチアマモのように2006年10月の強い時化のダメージからの回復が見られなかったのは、もっぱら栄養生殖により群落を維持するオオアマモとアマモでは回復速度が種子による再生産も行なうタチアマモよりもゆっくりとしたものであることを示している。

これらタチアマモ群落とオオアマモとアマモの混生群落をナローマルチビームでマッピングすることで、それらの季節変化やダメージからの回復過程を景観として追跡できることが示された。

本研究では、船越湾産のタチアマモ、オオアマモ、アマモのシュート密度、生物量が底深と関係があること、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、開花期に関連してタチアマモでは明瞭に、オオアマモとアマモでは不明瞭であるが季節変化することを具体的に明らかにした。また、*Zostera* 亜属の同定にキーとして使用されているタチアマモの葉の葉先の形態が、夏と秋冬とで変化することを詳細な観察から示した。さらに、タチアマモ種子の生産があること、オオアマモではないこと、アマモでは非常に少ないことが明らかになった。これら3種の空間分布についてナローマルチビームソナーを用いて季節的に測定し、それらの季節変化と時化による群落のダメージからの回復過程を追跡できることを示した。回復過程の違いは、種子生産するかどうかによる可能性があると推定された。これらの結果は分布の北限に近いタチアマモ群落、分布の南限のオオアマモ群落、深い底深に分布するアマモ群落の保全と修復に資するものと期待される。