

論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻

平成 24 年度博士課程 進学

氏名 水野 紫津葉

指導教員 小松 輝久

論文題目 東シナ海沖合域における流れ藻の分布、起源、輸送に関する研究

海では、さまざまな藻類や海草が塊をつくって表層を浮遊している。それらは流れ藻と呼ばれ、潮目に集まり大きな塊をしばしば形成する。流れ藻は、世界の海で見られ、大西洋の Sargasso Sea (藻海) の流れ藻はホンダワラ属海藻で構成されていることで有名である。日本沿岸の流れ藻も、ホンダワラ科海藻が優占し、長いものでは数か月の間、海面を浮遊する。流れ藻は、サンマやトビウオのようなダツ目魚類の産卵基質となるだけでなく、マアジ・メバル・ブリなどが生活史初期の一時期を随伴して過ごす生息場の役割を果たし、外洋域において重要な独自の生態系をつくっている。

日本における流れ藻の研究は、1960 年代から本格的に始まり、日本全国の沿岸の流れ藻の分布、種組成、それらの季節変化が調べられた。東シナ海における流れ藻の研究では、ブリ稚魚を流れ藻ごと採捕するモジャコ漁業の盛んな九州沿岸域を対象とした研究がほとんどで、これらの一連の研究をもとに、東シナ海の沖合に形成される黒潮と大陸沿岸水との潮境域において大量の流れ藻が見られることはないと報告された。それ以降、東シナ海沖合域について、流れ藻の研究はされなかった。しかし、2002 年 5 月と 2004 年 3 月に研究船を用いた東シナ海沖合の流れ藻調査が初めて行われ、ホンダワラ属海藻のアカモク (*Sargassum*

horneri (Turner) C. Agardh)だけで構成される流れ藻が両年とも沖合域に分布することが明らかになった。東シナ海におけるブリ産卵場は沖合域で、産卵は1-2月頃から始まり、1か月程度で稚魚は流れ藻に随伴し、3-4月頃から九州沿岸に輸送され、モジャコ漁業で採捕される。したがって、ブリ資源およびモジャコ漁業の持続的な開発のためには、晩冬から初春の東シナ海における流れ藻の分布や、それらの起源を明らかにする必要がある。

このような背景から、本研究では、2010-2011年2-3月期の東シナ海沖合において学術研究船による流れ藻分布調査を行い、分布量と構成種を明らかにすることにした。さらに、流れ藻の分布情報と海流のシミュレーションを用いた粒子追跡実験により、起源と考えられる沿岸域を推定するとともに、流れ藻の輸送される海域について検討した。

学術研究船淡青丸を用いて、2010年2-3月、2011年2月に東シナ海沖合域における流れ藻の分布目視調査と採集調査を行った。調査定線を、大陸棚から黒潮流軸に向けて、等深線および黒潮流軸に直交するように設定した。また、乗船港から東シナ海に向かう間、東シナ海から下船港までの移動の間も、分布目視調査と採集調査を行った。その結果、流れ藻構成種は、東シナ海では、2010年の五島列島南部沖合、本州南岸域では徳島県室戸岬沖にアカモクやヨレモクモドキ (*Sargassum yamamotoi* Yoshida) など複数種の海藻が出現したが、沖合で採集された流れ藻はすべてアカモクのみであった。これらの結果は、3月中旬と5月に行われた東シナ海沖合流れ藻の分布に関する先行研究の結果と一致した。

学術研究船淡青丸を用いる流れ藻目視調査では、流れ藻発見時に、研究船舷側からの正横距離、流れ藻塊の面積を円に近似した等価円直径、時間を記録し、調査終了後に時間をもとに船の位置を流れ藻の位置とした。これらのデータから、流れ藻塊数の分布密度 (raft km⁻²) と単位面積あたりの分布量 (kg WW km⁻²) を、Buckland *et al.* (2001) の Distance Sampling を用いて密度を求めた。この方法では、研究船舷側からの正横距離に対する流れ藻分布に適合する最適な密度関数を決定し、密度関数から有効探索幅を求める。有効探索幅が求まるので、有効探索幅と調査定線の距離から得られる面積で目視した流れ藻の塊数を除し、流れ藻の密度を得た。海況条件が目視調査時ごとに異なるので、調査定線ごとに探索面積を求めた。さらに、2010年2月と2011年2-3月の調査で採集した流れ藻塊の等価円直径と湿重量のデータをプールして、直径と湿重量の関係式を求めた。この式と流れ藻の等価円直径から、流れ藻の湿重量を推定した。その結果、石垣島北部の黒潮フロントより大陸側の北緯26-30度、

東経 124-128 度の大陸棚縁辺部から大陸棚上で多く、アカモク湿重量は、2010 年 3 月に 100.4 kg km^{-2} 、2011 年 2 月に 504.1 kg km^{-2} であった。また、黒潮流路より東側に位置する調査定線上では流れ藻は見られなかった。

流れ藻の起源および輸送経路を調べるために、九州大学応用力学研究所で開発された高空間分解能海流シミュレーション（東西方向 $1/12$ 度、南北方向 $1/15$ 度）の表層(0-4m 深)の一日平均流速と、Filippi *et al.* (2008)の開発したラグランジュ的粒子追跡シミュレーター Jeosim を用いて粒子追跡実験を行った。黒潮流軸のように流速の大きい場所に粒子がある場合に計算格子をスキップしてしまう問題を回避するため、Jeosim では粒子位置の計算に用いる時間間隔 Δt を固定せず、粒子の移動距離が空間分解能の距離を超えないように空間距離を設定し (Δq)、各粒子について Δt を個別に計算する。拡散係数を $100\text{m}^2/\text{s}$ 、 Δq を 500m とし、Jeosim を用いて、各採集点に流れ藻に見立てた粒子を 1000 個配置し、採集日から時間を遡る粒子逆追跡実験を行った。海岸に粒子が漂着した場所を仮の起源藻場とし、各漂着点から再度 1000 個の粒子を配置して放流し、時間に沿って粒子順追跡実験を行った。計算期間は、粒子逆追跡については(1)採集日から前年の 11 月まで、粒子順追跡については、11 月上旬から 3 日おきに 3 月下旬まで放流し、(2)流れ藻採集日までと、(3)各放流日から 140 日後（流れ藻浮遊期間）までの、それぞれの期間について実験した。(3)のケースの計算をもとに、九州薩南海域において行われるモジャコ漁業に晩冬から初春の東シナ海沖合の流れ藻が寄与するか検討した。

2010 年 2-3 月、2011 年 2 月の流れ藻採集点からの(1)の粒子逆追跡実験の結果、北緯 32 度以北の流れ藻採集点から放流した粒子は一部が当年 2 月に九州西岸と五島へ着岸し、北緯 32 度以南の大陸棚上の採集点から放流した粒子は前年 11 月から当年 2 月の間に台湾の海岸へ、また、前年の 11 月から当年の 1 月上旬に中国浙江省と福建省の海岸へ着岸した。中国沿岸、台湾沿岸、九州西岸のうち、アカモクの生育が報告されているのは中国浙江省、福建省沖合の島嶼海岸と九州西岸であることから、これらの海岸のアカモクの分布が報告されている領域に $1/4$ 度格子を設け、アカモクの分布域を考慮した格子上の位置に再度粒子を配置し、(2)の粒子順追跡を実施した。その結果、九州西岸を起源とする粒子は、東シナ海大陸棚上の流れ藻分布域に到達せず、東シナ海沖合域流れ藻の起源とはならなかった。中国浙江省と福建省沖合の島嶼海岸を起源とする粒子は大陸棚上を輸送され、黒潮辺縁から北緯 32 度に広がって分布し、黒潮フロントより内側の大陸棚縁辺部から大陸棚上の北緯

27-30 度、東経 124-128 度に集中し、目視採集調査で得られた流れ藻分布量の多い海域と一致した。これらの結果から、流れ藻の起源は、中国沿岸の浙江省から福建省沖合の島嶼であると結論づけられる。2010 年 2-3 月及び 2011 年 3 月の調査で得られた流れ藻の採集位置に流れ藻に見立てた粒子を各 1000 個置き、(3)の粒子順追跡を行った。4 月上旬にモジャコ漁が行われる薩南海域に、当年の 3-4 月に輸送され、東シナ海沖合域の流れ藻が鹿児島県のモジャコ漁に寄与することが示された。

以上、東シナ海を産卵場としているブリ資源にとって、ブリ稚魚のハビタットとしての流れ藻供給の面で、また、流れ藻ごとブリ稚魚を採集するモジャコ漁業の面で、中国沿岸からのアカモク流れ藻の供給とその維持が不可欠である。今後、流れ藻に依存するブリなどの漁業資源の持続的な利用の上だけでなく、流れ藻に依存するその他の海洋生物の種多様性を確保する上で、中国沿岸の島嶼部のアカモク藻場の保全を国際的な協力で進める必要がある。経済発展の急激な中国沿岸部の埋め立てや海洋環境の悪化、長江における三峡ダム建設による東シナ海における栄養塩や淡水供給の変化が、流れ藻に及ぼす影響を知るためにも長期的な視点からの東シナ海沖合域における流れ藻分布のモニタリングが望まれる。