

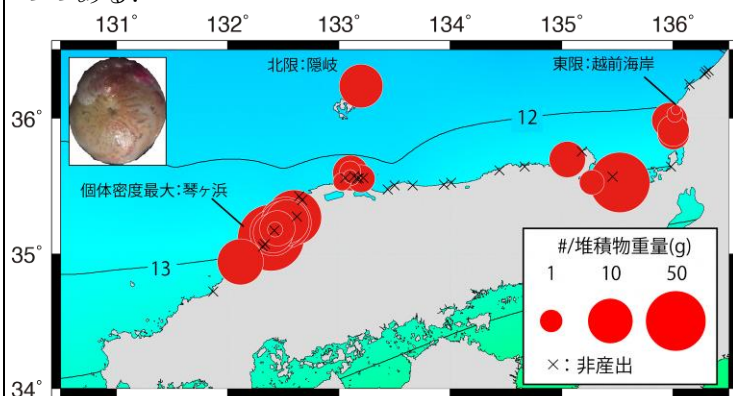
実績報告書

(1) 助成事業等の名称

島根半島沿岸における熱帯性大型有孔虫の定着実態の解明

(2) 研究背景と目的

近年、日本海南部では地球温暖化に伴う海水温の上昇が進行し、その上昇率は全海洋平均の2倍以上に達している。こうした海水温の上昇に伴い、日本海沿岸では造礁サンゴ類の分布限界が急激に北上しつつあり、現在その北限は佐渡沖にまで達している。こうした急激に進行する海洋環境の変化とそれに対する生態系改変の実態を解明することは、生態系の適切な保全とその持続可能な利活用を考えるうえで重要な課題である。熱帯性大型有孔虫は熱帯～亜熱帯のサンゴ礁海域に主に生息し、サンゴ礁の炭酸塩生産者としてサンゴ類および石灰藻に次ぐ第3位の位置を占めるとともに、サンゴ礁地形の形成や生態系基盤として重要な役割を果たしている。また、個体サイズが最大でも数mm程度で微小であるため、僅かな底質試料からも大量かつ容易に採取できることから、生態系モニタリングの対象生物として適している。その熱帯性大型有孔虫の中でも *Amphistegina* 属は、日本では南西諸島で多産するが、日本海沿岸でも山陰地方沿岸の広い範囲で産出が報告されつつある。



日本海南部汀線付近における *Amphistegina lobifera* 生体個体の個体密度
滝村・林(2019)に基づき作成した。背景図は2月の平均水温分布(°C)

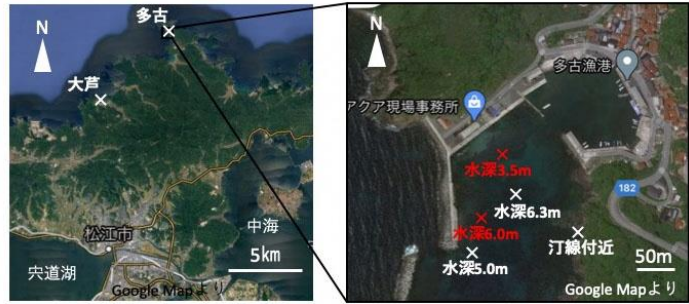
申請者が所属する研究室では、これまでに *Amphistegina* 属の日本海個体群を対象とした調査を継続的に実施してきた。それによると、現時点での *Amphistegina* 属の日本海における分布東限は北陸地方であるが、島根半島より東では産出が断続的になることから、この付近に産出の多産限界が認められた(滝村・林, 2019)。しかし、日本海南部の冬季表面水温は、*Amphistegina* 属の冬季限界生育水温とされている 14°C よりも有意に低いため、本来の分布域とされる南西諸島周

辺に生息する個体の放出した配偶子が、対馬暖流によって運搬されて漂着した後、冬季には死滅する、いわゆる「死滅回遊」の可能性が指摘される。一方で、*Amphistegina* 属が多産する島根県大田市琴ヶ浜湾内の岩礁地において1年間の個体群動態調査も実施されており、この地点では通年で生息していることと、夏季に小型個体が急増する特異的な繁殖戦略が示された(幸村・林, 2014)。さらに、島根半島北端、島根町多古沖泊において *Amphistegina* 属の定点調査も実施されており(滝村・林, 2019)、琴ヶ浜と類似した個体群動態を示した。したがって、日本海南部個体群が生態的に独自の低温耐性を獲得し、定着しつつある可能性も否定できない。

なお、ここで述べた島根県大田市と島根半島沖泊の調査では、各月の個体数変動から移入個体の参入が強く示唆されるが、汀線付近のサンプリングに限られていたため、波浪や沿岸流等による水深方向の移動を考慮できず、個体群動態の全体像の解明には至っていない。以上のように、日本海南部における *Amphistegina* 属の定着実態は大部分が未解明である。島根半島は現時点における *Amphistegina* 属の多産限界であり、日本海への定着に関わる最も重要な位置にある。この多産限界における個体群の分布実態を詳細に調査することで、*Amphistegina* 属の拡散・定着の実態、および本来の分布域から相対的に寒冷な地域である日本海南部への低温適応機構を解明できる可能性が高い。本研究の目的は、島根半島沿岸の水深0~20mの範囲で *Amphistegina* 属の定面積採取を実施し、年間を通じた季節性の分布実態と個体群動態を調査することである。

(3) 実施手順

本研究では、*Amphistegina* 属の日本海南部沿岸における分布の多産限界が位置する島根半島多古漁港湾内において定着実態を解明するため、2020年10月5日、11月9日、12月2日の計3回の潜水作業による個体群動態の調査を実施した。島根半島多古漁港近辺には地元ダイビングショップが存在し、アクセスに優れている。加えて、本調査地付近の島根半島沖泊では、これまで汀線付近における *Amphistegina* 属の定点調査が実施されており（滝村・林, 2019）、島根半島多古においてもダイビングが必要となる海洋生物調査について地元住民と漁協の理解・協力が得られたため、島根半島多古漁港湾内の岩礁地を調査地に選定した。具体的には以下のように実施した。



※赤文字は定点観測地点 白文字は臨時観測地点

10月5日の調査では、潜水作業により水深の異なる計4地点（写真の×印）で方形枠を用いて定面積採取した。このうち水深3.5m、6.0m地点（図の赤字）に定点を設定し、人工芝を張り付けたレンガブロックを設置した。11月および12月の調査では、それぞれのレンガブロックを回収して人工芝上に移動・定着した有孔虫個体を定面積採取し、また新たなレンガブロックを設置した。これまでに沖泊湾内で実施した定点調査により（滝村・林, 2019）、1ヶ月程度の設置期間で再現性高く有孔虫個体群を回収できることが分かっているため、この手法を採用した。また、波浪や沿岸流等による水深方向の移動を検証するため、各3回とも汀線付近においても方形枠を用いた定面積採取を実施した。

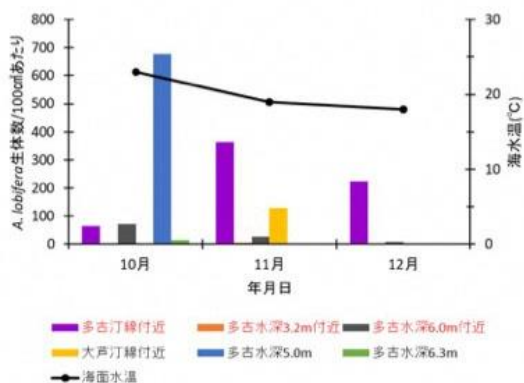


12月2日、水深6m地点での作業風景
岩礁地の定点にレンガブロックを設置し回収する。

島根半島での *Amphistegina* 属産地を増やすことを目的として、松江市島根町大芦の岩礁地でも汀線付近（水深0.05m）で方形枠を用いた定面積採取を11月11日に実施した。

以上の調査で採取した生体 *Amphistegina* 属個体は、原形質をローズベンガル染色し、乾燥固定した後、研究室において、双眼実体顕微鏡下で抽出を行い、計測機能付きのデジタルカメラで殻径の測定を実施した。測定は長径方向で行った。

(4) 結果と考察



地点毎の大型有孔虫産出頻度（棒グラフ）および採取時の水温（折れ線グラフ）。赤文字は定点観測地点

調査時の水温は、10月5日が23℃、11月9日が19℃、12月2日が18℃であった。これらの水温は、いずれも *Amphistegina* の限界生育水温とされる14℃を上回っている。調査地点から最も近いアメダス観測点（鹿島）の気温と比較した場合、いずれの月についても水温が気温を上回っていた（10月5日の最高気温は21.9℃、最低気温は16.2℃、11月9日の最高気温は16.1℃、最低気温は11.8℃、12月2日の最高気温は15.1℃、最低気温は5.2℃）。したがって、調査地点は暖流の影響を強く受けているものと判断される。なお、12月調査時点でも、ダイビングの際にソラスズメダイなどの熱帯性魚類が観察された。



12月2日、水深6m地点で得られた*A. lobifera* (上) および*A. radiata* (下) の生体個体

有孔虫分析の結果、*Amphistegina lobifera* は 472 個体、*Amphistegina radiata* は 36 個体、合計 508 個体の生体個体が得られた。産出状況のグラフを前ページ左図に示す。最も多産したのは 10 月 5 日の水深 5 m 地点である。一方で、11 月および 12 月では、水深が深い地点よりもむしろ汀線付近で *A. lobifera* が多産する傾向を示した。*A. radiata* はいずれの月でも水深が深い地点で多産する傾向を示した。一方、汀線付近での *A. radiata* の産出は、11 月 9 日の数個体程度に留まり、他の月では無産出であった。*A. radiata* は、沖縄・瀬底島における先行研究では水深 30 m 付近に分布中心をもつとされ、*A. lobifera* よりも深い水深を好む。本研究による結果はそれと整合的であり、さらに深い水深を調査することでより多量の *A. radiata* が検出できる可能性がある。

産出した有孔虫のサイズに着目すると、最大殻径が 1.0 mm を超える大型個体はいずれの月でも検出された。最大殻径が 0.5 mm 未満の小型個体が占める割合は、いずれの月においても深度とともに増加する傾向が顕著に認められ、11 月 9 日の水深 5.5 m における *A. lobifera* では 5 割以上に達するほか、12 月 2 日の水深 5.6 m でも 3 割以上に達した。12 月に検出された最小個体は約 0.2 mm であ

る。飼育実験で示されている *Amphistegina* 属の成長速度を考慮すると、12 月に検出された小型個体は今秋に誕生したことが推測される。これまで島根県大田市琴ヶ浜で実施された汀線付近での定点調査では、夏に小型個体が急増し、12 月になると検出されなくなることから、水温低下に伴う生殖の停止が示唆されていた。本研究では、汀線と比べて水温が比較的安定しているやや深い水深の地点では、秋でも引き続き生殖が行われていることが明らかになった。なお、汀線付近で小型個体が減少する要因として、気温低下の影響とともに、相対的に波浪のエネルギーレベルが高い汀線付近で、底質への固着能力に乏しい小型個体が選択的に除去されている可能性も指摘される。

本事業で現時点までに得られた主要な成果を以下に列記する。

- (1) 松江市島根町多古漁港内で 2020 年 10 月～12 月にかけて実施された有孔虫調査により、秋～初冬でも熱帯性大型有孔虫 *Amphistegina* 属の生体が多量に検出された。いずれの月でも小型個体～大型個体が産出しているため、この地点で生殖しているものと考えられる。
- (2) 島根半島から *A. radiata* の生体ははじめて検出された。*A. radiata* は *A. lobifera* よりも生息水深が深いため、これまでの汀線付近の調査では検出されなかった可能性がある。
- (3) 小型個体は水深にともなって増加する傾向が示された。これまで実施されてきた汀線付近での調査では、冬季に小型個体が検出されなかった。小型の未成熟個体は、冬季の低温や激しい碎波の影響で汀線付近から除去されているものの、環境が安定しているやや深い水深で生き延びていることが示された。これは分布北限に近い島根半島でも、条件によっては熱帯性大型有孔虫が定着しうることを示している。
- (4) 島根半島における新たな生体 *Amphistegina* 属の産地として、島根町大芦が追加された。

Amphistegina 属をはじめとする熱帯性大型有孔虫は初胞形状の異なる三形性生活環を有し、有性生殖世代と無性生殖世代を繰り返す。従って、年間を通じた個体群動態の調査により、定着個体群か死滅回遊かの判別が可能である。今後は、得られた季節ごとの各深度におけるサイズ分布パターンと初胞形状の観察、滝村・林 (2019) による各月の殻長サイズ分布パターンとの比較により、島根半島における生活環を含めた個体群動態を解明する予定である。

(5) 謝辞

本研究事業の実施にあたり、JF しまね島根町支所には多古漁港内での潜水調査の許可を頂いた。調査開始にあたっては島根県水産事務所の助言を得た。島根町野波のダイビングショップ LOCO BLUE の森廣一作氏には、現地調査にあたってご協力を頂いた。以上の方々に深く感謝します。