

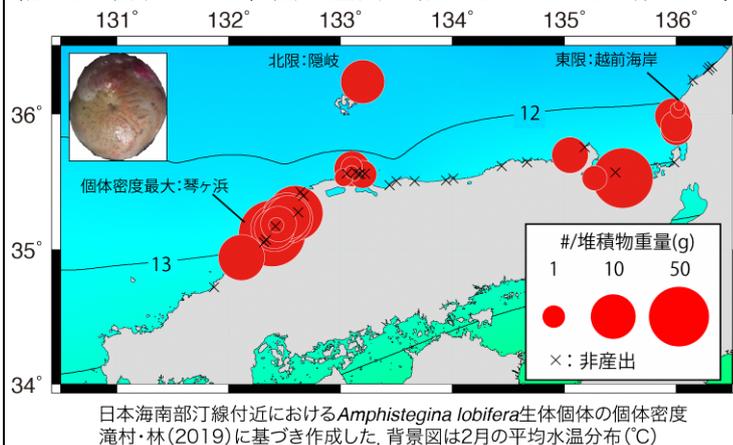
# 令和3年度島根半島・宍道湖中海ジオパーク学術奨励事業 実績報告書

## (1) 助成事業等の名称

島根半島における熱帯性大型有孔虫の生活環の解明 (林 広樹・仲山 暢)

## (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北上しつつあり、現時点での分布北限は新潟・佐渡沖とされる。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～亜熱帯のサンゴ礁における炭酸塩生産者として3番目の地位を占め、サンゴ礁の地形の形成、生態系保全のうえで大きな役割を果たしている。また、個体サイズが最大でも数mm程度と、微小であるため、僅かな底質試料から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ている(竹ノ内, 1992など)。



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汀線付近の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、冬季の日本海側では表層海水温が *Amphistegina* 属の冬季限界生育水温(14°C; Murray, 1991)を下回るため、無効分散の可能性も指摘されている。

一方で、島根県大田市琴ヶ浜の岩礁地において1年間の生体 *Amphistegina lobifera* の定点調査も実施されており、少なくともこの地点では年間を通じて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個体数変動を示すことが明らかにされた(幸村・林, 2014)。さらに、島根町多古沖泊においても *Amphistegina* 属の定点調査が実施され、琴ヶ浜と類似の個体数変動を示したため(滝村・林, 2019)、日本海個体群が独自の低温耐性を有する可能性も示唆された。しかし、これらの調査では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なかった。そこで、申請者らによる2020年度の本研究助成事業では、島根半島北端部、松江市島根町多古漁港内で2020年10月～12月にかけて水深方向の有孔虫調査を実施した。その結果、これら水温低下期でも *Amphistegina* 属の小型～大型の生体が大量に検出された。さらに、小型個体には水深にともなって増加する傾向が認められたことから、冬季における小型の未成熟個体は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。このため、分布北限に近い島根半島でも熱帯性大型有孔虫が定着している可能性が高いことが明らかとなった。なお、*Amphistegina* 属の日本海個体群は、夏季の海水温上昇期に小型個体の急増期を示すが、2020年度の研究助成による調査では、秋～初冬における調査に限られているため、特異的な繁殖戦略を示す夏季の分布実態は未解明であり、年間を通じた生活環の解明には至っていない。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生活環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、島根半島多古の水深0～20mの範囲で *Amphistegina* 属の定面積採取を継続し、年間を通じた生活環を詳細に調査することである。

(3) 実施手順

本研究では、2020年度の秋季～冬季にかけて *Amphistegina* 属の生体調査を実施した島根半島多古漁港湾内において通年の生活環を解明するため、以下の調査を実施した。

1. *Amphistegina* 属の個体群動態の調査

2020年度の本研究助成による調査において設定した、島根半島多古漁港湾内の定点、水深約 3.6 m と約 6.1 m 地点(右図の赤×)で8月23日と9月29日に潜水による *Amphistegina* 属の定面積 (25 cm<sup>2</sup>) 採取を行い、産出頻度および個体サイズ分布を調査した。併せて、汀線付近でも9月に定面積採取を実施した(8月の汀線付近調査は悪天候により欠測)。

2. *Amphistegina* 属の水深ごとの分布状況の調査

島根半島野波の沖合にある瀬(右図の白×)において10月25日に潜水調査を実施した。水深 3.2 m (頂上付近) から 19.9 m (すそ付近) までの6地点で有孔虫を定面積 (25 cm<sup>2</sup>) で採取し、含まれる生体 *Amphistegina* 属の個体密度を調査した。

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った。多古漁港湾内で採取した試料については、2020年度の本研究助成の結果と同表面積あたりで評価するため、100 cm<sup>2</sup> あたりの生体数に換算した。その後、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。なお、測定は長径方向で行った。

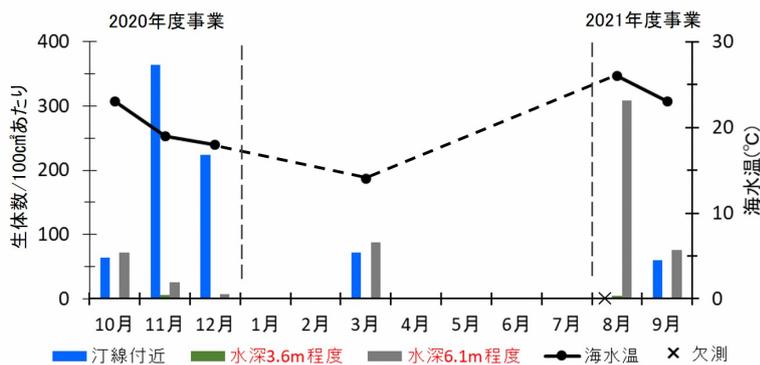


右上図(多古漁港)の赤×は定点地点、白×は臨時地点、右下図(野波の瀬)の白×は潜水調査の潜行地点を示す。航空写真はGoogle Mapを使用した。



10月25日、野波沖の瀬水深3.2m地点での潜水調査風景。方形枠は内辺5×5cmである。

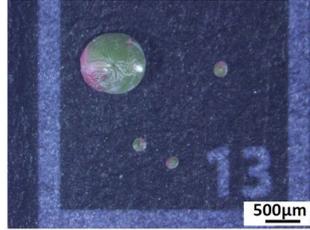
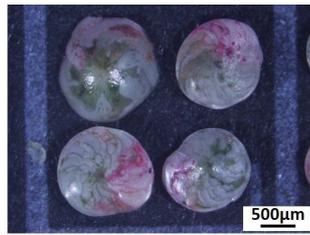
(4) 結果と考察



多古漁港での各月各地点のA. lobiferaの産出頻度(棒グラフ)および調査時の海水温(折れ線グラフ)。赤文字は定点地点を示す。

本研究による多古漁港湾内での潜水調査時の海水温は、8月23日が26℃、9月29日が23℃である。また、10月25日の野波の沖合にある瀬での調査時の海水温は21℃である。分析の結果、本研究において *Amphistegina lobifera* は454個体、*Amphistegina radiata* は391個体、計845個体の *Amphistegina* 属生体が得られた。多古漁港湾内で最も多産したのは8月23日の水深 5.6 m 地点で、*A. lobifera* が77個体、*A. radiata* が2個体産出し、表面積 100 cm<sup>2</sup> あたりの生体数は308個体および8個体となった。9月29日では水深に伴って両種の生体がともに多産する傾向を示し、水深 5.4 m 地点では *A. lobifera* が19個体(表面積 100 cm<sup>2</sup> あたり76個体)、*A. radiata* が4個体(表面積 100 cm<sup>2</sup> あたり16個体)であり、汀線付近(水深 0.2 m)では *A. lobifera* が15個体(表面積 100 cm<sup>2</sup> あたり60個体)、*A. radiata* は1個体(表面積 100 cm<sup>2</sup> あたり4個体)産出した。

2020年度事業から引き続き島根半島多古漁港湾内での定点調査の結果を総合すると(3月調査は自己負担で実施)、*A. lobifera* の生体は、11月・12月を除くほとんどの月で水深がやや深い(約 6.1 m) 地点で多産する傾向を示した。水深がやや深い地点では、汀線付近と比べて水温変化が安

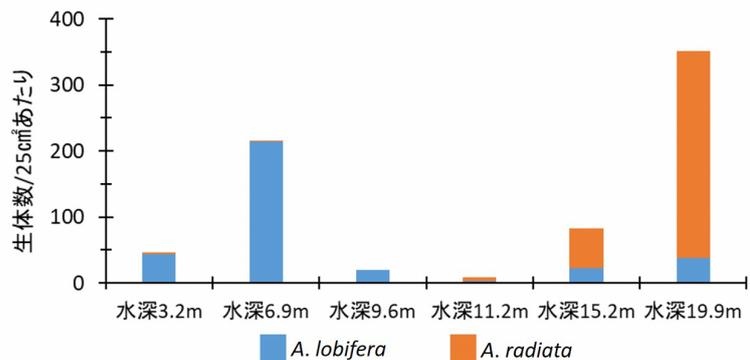


9月29日の多古漁港水深5.4m地点で得られた*A. lobifera*(上), および*A. radiata*(下)の生体個体

定していると考えられ、島根半島沿岸ではこうした地点が *A. lobifera* の生息に適している可能性がある。一方で、11月と12月ではむしろ汀線付近の個体密度が圧倒的に高くなった。2020年度の本研究助成では、底質への固着能力に乏しい小型個体は汀線環境から選択的に除去され、やや深い水深へ運搬されている可能性が示唆されていた。本研究による通年の変動パターンは、こうした水深方向の個体群間移動を強く支持するものである。

多古漁港で産出した *A. lobifera* の年間を通して殻長サイズに着目すると、調査したすべての月で小型個体～大型個体が産出しているため、この地点では通年で生殖しているものと考えられる。小型個体が占める割合は、調査したほとんどの月で、水深に伴った増加傾向が認められた。今回、3月の定点地点（水深5.3m）において最大径が0.5mm未満である小型の越冬個体が検出され、その最小個体は0.36mmであった。報告されている成長速度（0.046～0.081mm/週：Hallock, 1981）を考慮すると、3月に検出された小型個体は初冬以降に誕生し、越冬している個体と考えられる。島根半島での *Amphistegina* 属の越冬個体は今回が初検出である。島根半島沿岸の最寒月表面水温は14℃を有意に下回るため、多産限界の個体群が低温に対する適応体制を獲得しているものと考えられる。なお、これまで研究室で行われた日本海個体群を対象とする飼育調査では、冬季に成長速度の大きな低下が観察された（林, 2019）。今回は冬季での成長速度の低下について考慮していないものの、冬季の生息条件が厳しい島根半島沿岸において未成熟の小型個体でも越冬していることが明らかになった。一方で、水深がやや深い地点で最も多産した8月では、*A. lobifera* の小型個体（殻径0.5mm以下）の占める割合は40.1%と非常に高い値を示した。このことは、夏季の海水温上昇に伴って誕生した小型個体を多数検出したためと考えられる。

野波の沖合にある瀬での水深3.1m～19.9mの6地点において、*A. lobifera* の生体個体が最も多産したのは水深6.9m地点（25cm<sup>2</sup>あたり214個体）である。報告されている *A. lobifera* の分布中心は水深0m付近であり（Hohenegger, 2004）、本事業の結果はそれよりもやや深い水深を示すため、相対的に寒冷な地域である島根半島沿岸における深度分布の特徴である可能性が示唆される。一方、*A. radiata* が最も多産したのは水深19.9m地点（25cm<sup>2</sup>あたり314個体）であり、その個体密度は深度とともに顕著な増加傾向を示す。これは先行研究による報告と整合的であり、さらに深い水深を調査することで島根半島沿岸でもより多量の *A. radiata* が産出する可能性が高い。加えて、多古漁港では1年間を通して *A. radiata* の生体個体が産出するため、島根半島では *A. lobifera* だけでなく、比較的深い水深を好む *A. radiata* もすでに定着しているものと考えられる。



本研究事業で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の生体有孔虫を対象とした定点調査により、年間を通して熱帯性大型有孔虫 *Amphistegina* 属の生体が多量に検出された。調査したすべての月で小型個体～大型個体が産出しているため、この地点では通年で生殖しているものと考えられる。
- (2) *A. lobifera* の生体個体はほとんどの月で水深がやや深い地点で多産する傾向を示すため、島根半島沿岸では水温が安定しているやや深い水深の地点が *A. lobifera* の生息に適している可能性がある。
- (3) 多古漁港湾内の汀線付近とやや深い地点における *A. lobifera* の個体密度の増減パターンは水深ごとで異なる結果を示す。やや深い地点において8月に個体密度が最も高いのは、夏季の海水温上昇期に誕生した小型個体を多数検出したためと考えられる。
- (4) 島根半島において *Amphistegina* 属の越冬個体ははじめて検出された。島根半島沿岸の最寒月表面水温は14℃を下回るため、多産限界の個体群が低温に対する適応体制を獲得している

可能性が高い。3月の定点地点において最大径が0.5 mm未満である小型の越冬個体が検出されたことから、冬季の生息条件が厳しい島根半島沿岸でも未成熟の小型個体が越冬していることが明らかになった。

(5) 野波の沖合にある瀬の水深3.2 m~19.9 mにおいて、*A. lobifera*の分布中心は水深6.9 m地点であった。これは報告されている*A. lobifera*の分布中心よりも深い水深を示し、相対的に寒冷な地域である島根半島沿岸における特徴である可能性が示唆される。

(6) 野波の瀬において*A. radiata*の生体個体が豊富に検出され、その個体密度は深度とともに顕著な増加傾向を示す。また、多古漁港では調査したすべての月で*A. radiata*の生体個体が産出するため、島根半島では比較的深い水深を好む*A. radiata*もすでに定着していると考えられる。

#### (5) 謝辞

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。深く感謝します。