

# Notes on the larger forminifers found at Tsukumo Bay, Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture, Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/30227">http://hdl.handle.net/2297/30227</a>

## 能登半島九十九湾から産出した大型有孔虫

木戸屋 昌亨<sup>1)</sup>・加藤 道雄<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>金沢大学理学部地球学科, 金沢市角間町(〒920-1192)

<sup>2)</sup>金沢大学理工研究域自然システム学系, 金沢市角間町(〒920-1192)

### Notes on the larger foraminifers found at Tsukumo Bay, Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture, Japan

Masakyou KIDOYA<sup>1)</sup> and Michio KATO<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Geosciences, Faculty of Science, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192

<sup>2)</sup>School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa 920-1192

#### はじめに

有孔虫目(Foraminiferida)は、単細胞生物である原生動物の重要な目(Order)の一つである。地球上には5億年以上も前に出現し、長い時間を経てさまざまな進化を遂げ、現在の海洋にも広く分布している。軟体部を含む殻を有しており、その遺骸が堆積物中に化石として残されることから、地質時代の決定や過去の海洋環境の復元などに広く用いられている。多くは海底の堆積物表面や内部での底生生活を、一部は海洋プランクトンとして浮遊生活を営んでいる。底生有孔虫の生息域は汽水環境や浅海から深海底まで広範囲にわたっており、その分布は水温・光量・塩分・溶存酸素量・底質・共生生物など、物理的・化学的・地学的・生物学的な様々の環境要因によって規制されている。

多くの有孔虫の生活環は、二つの世代が交互に交代する二形性生活環であり、細胞分裂による無性生殖をするアガモント(agamont)世代と、配偶子による有性生殖をするガモント(gamont)世代を繰り返している。この生活環のサイクルは熱帯域では1年で完結するが、高緯度地域では2年あるいはそれ以上を要している。

殻の大きさはまれに100mm以上に達するものもあるが、大部分は1mm以下の微小な殻を持っている。殻の大きさや内部構造の複雑さなどにもついて、一部の有孔虫を大型有孔虫(larger foraminifera)とし、それ以外を小型有孔虫(smaller foraminifera)として区別している。しかしこの区分には殻の大きさや分類学的な根拠はなく、大型有孔虫には系統とは関係なく種々の科(Family)や科の一部の種が含まれている。大型有孔虫は無性生殖を繰り返した後、有性生殖を行う三形性生活環を持っていると考えられている(ROTTGER, 1990; ARMSTRONG and BRASIER, 2005)。体内に共生藻類を有しており、その共生藻類による光合成産物を利用して成長や生殖に必要なエネルギーを賄っている。一方、共生藻類は宿主である有孔虫が放出する二酸化炭素を吸収しており、貧栄養環境下でも安定した成長、増殖を行っている。有孔虫の代謝速度は海水温の上昇に伴って速くなることから、この共生関係は貧栄養でかつ温暖な水域で有利な方法であり(HALLOCK, 1985;

BOUDAGHER-FADEL, 2008)、大型有孔虫は熱帯-亜熱帯域のサンゴ礁のような、貧栄養で淡水の流入や季節変動の少ない環境に生息している。

日本における大型有孔虫の現生種の分布は、沖縄など南西諸島に限られているが(HOHENEGER, *et al.*, 1999)、近年山陰沖など日本海沿岸からも、遺骸殻の産出が報告されている(INOUE, 1989; 竹ノ内, 1990, 1998)。さらに能登半島の七尾市能登島緩目町東方沖の底質(谷口・加藤, 2008)や、珠洲市馬縹町赤神の海浜砂(内村, 2007MS)からも、その存在が確認されている。

本報告では、熱帯-亜熱帯に生息する大型有孔虫がいつ頃から能登半島に生息するようになったのか、また能登半島近海で世代交代を行っているのか否か、についての考察を試みる。

### 調査海域

調査地は能登半島東岸の石川県鳳珠郡能登町九十九湾である(第1図)。九十九湾は湾口幅約300m、奥行約1,200m、最大水深27mの典型的な溺れ谷であり(角川日本地名大辞典編集委員会, 1981)、湾口が狭いため湾内は荒天時にも波浪を見ないほど静穏な水域である(のと海洋ふれあいセンター, 1995)。このような九十九湾の水質に関しては、のと海洋ふれあいセンターによって湾内の13地点で、表層水の水温・塩分・pHについて1996年以降毎月1回の測定が行われている。これらの地点の内、6地点では表層水の他に水深5mと10m、水深の大きい3地点ではさらに水深20mでも同様に水溫・塩分・pHが、さらに6地点では透明度も測定されている。1996年から2006年までの11年間の平均表層水溫は、8月に27.2℃と最高になり、3月に10.2℃と最低を示している(のと海洋ふれあいセンター, 1997-2007)。

### 試料と方法

#### 1) 試料採取

調査地点は、湾口の南東方約450mのSt.1と、湾口部のSt.2の2地点であり、2007年4月に底質を採取した(第1図)。両地点でグラブ採泥器を用いて表層堆積物(0-1cm)を採取し、粒度分析試料とした。表層堆積物採取後、フレーザー式柱状採泥器(インナーチューブ内径:約35mm)を用いて、St.1で14.0cm、St.2で29.7cm、またSt.2と同一地点(St.2')で19.1cmの柱状堆積物を採取した。St.1とSt.2の2本の柱状試料を有孔虫・含泥率試料とし、St.2'の試料を年代軸設定試料

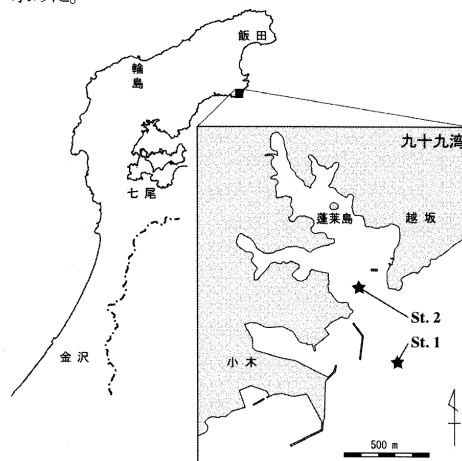
とした。

試料採取と同時に多項目水質計(Quanta G, TELEDYNE ISCO社)を用いて、表層水および柱状採泥器のインナーチューブ内の底層水について、水溫・塩分・溶存酸素量・電気伝導度・pHを測定した。

#### 2) 試料処理

##### 2-1) 粒度分析試料

グラブ採泥器で採取した表層堆積物0-1cmの試料は乾燥重量を秤量後、開口径63μmの篩で水洗した。篩上に残った残渣を乾燥、秤量して63μm以下の粒子の重量を求め含泥率を計算した。乾燥試料を開口径2,000、1,000、500、250、125、63μmの各篩を通して、各篩と皿に残った粒子の乾燥重量から粒度組成を求めた。



第1図 調査地点位置図

St.1: 37°17'55.578"N, 137°14'23.640"E; 水深 40.3m  
St.2: 37°18'12.120"N, 137°14'12.948"E; 水深 24.8m

2-2) 時間軸設定試料

下船後直ちに厚さ 1cm ごとに切り分け、あらかじめ秤量してあるプラスチック軟膏容器に入れて電子天秤で秤量し、堆積物の湿潤重量を求めた。研究室に持ち帰ってから 40℃に設定したオープンで充分乾燥させ、再び秤量して含水率を求めた。乾燥試料から貝殻などの不純物を取り除いた後、瑪瑙乳鉢で粉碎し、金沢大学環日本海域環境研究センター低レベル放射能実験室に、Ge 半導体検出器  $\gamma$  スペクトロメーター (ORTEC: GEM10) による  $\gamma$  スペクトル検出を依頼した。

2-3) 有孔虫・含泥率試料

柱状試料採取後、船上において最上部 (0-1cm) を切り取り、プラスチック棒瓶に入れ、約 60%エタノールで固定して持ち帰った後、研究室において生体殻を区別するためローズベンガル法(高柳, 1978)による染色を行った。インナーチューブ内に残った深さ 1cm より下位の試料は、密封して持ち帰った後、厚さ 1cm ごとに切り分け、フィルムケース (径: 30mm) を用いて、周縁部の含泥率試料 (約 2.6cc) と、中心部の有孔虫試料 (約 7cc) とに切り分けた。

含泥率試料は 40℃で乾燥・秤量し、開口径 63  $\mu$ m の篩で水洗した後、残渣の乾燥重量を秤量して含泥率を求めた。

有孔虫試料は開口径 63  $\mu$ m の篩を用いて水洗した後、残渣を 40℃に設定したオープンで乾燥した。大型有孔虫は、125  $\mu$ m 以上の粒子からすべての個体を拾い出して同定した。小型有孔虫については、1 試料から 200 個体以上得ることを目安として、各試料を 1/64-1/256 程度まで分割し、実体顕微鏡下で拾い出しと同定を行った。

結果

1) 水質

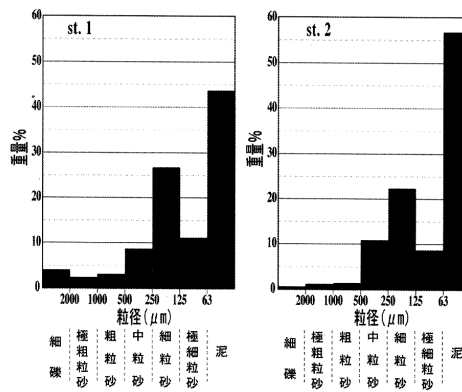
試料採取時に測定した水質を表 1 に示す。なお St.1 の底層水の塩分は、計器の不具合から信頼される値が得られなかったため除いている。

大型有孔虫の生息域を規制する最も大きな要因である水温は、2 地点で表層水温、底層水温ともに 14℃以下であった。塩分は 2 地点とも通常の沿岸水と同程度の 33‰程度とやや低塩分であり、溶存酸素量は St.1 の底層水がやや少ないものの、ほぼ 10mg/L 前後で表層、底層ともに酸化的環境であった。電気伝導度は 51.5-51.6S/m と河川水に比較して高く、pH は 8.27-8.33 と弱アルカリ性を示した。

2) 堆積物の粒度組成

2-1) 表層堆積物 (第 2 図)

2 地点とも粒径 63  $\mu$ m 以下の泥が全体の 40%以上を占め、次いで 125-250  $\mu$ m の細粒砂が 20%以上を



第 2 図 表層堆積物 (0-1cm) の粒度分布

表 1 調査地点の水質 (2007 年 4 月 27 日測定)

	St.1		St.2	
	表層水	底層水	表層水	底層水
水温 (°C)	13.18	13.79	13.18	13.62
塩分 (‰)	33.21	—	33.21	33.12
溶存酸素量 (mg/l)	11.27	9.75	11.27	10.22
電気伝導度 (S/m)	51.6	—	51.6	51.5
pH	8.31	8.33	8.31	8.27

占める細粒砂質泥であった。しかし、St.1 では粒径 0.5mm 以上の粗粒砂-細礫がやや多く、とくに径 2mm 以上の細礫が 4%以上も含まれており、全体として St.2 よりも粗粒の堆積物であった。

### 2-2) 柱状堆積物 (第3図)

St.1 は表層 (0-1cm) の 44.7%を除くと、含泥率 15.8-22.7%の泥質砂であり、層準による岩相変化はほとんど無かった。St.2 も同様に表層の 58.2%を除くと、含泥率が 29.0-50.7%の泥質砂である。表層堆積物と同様に、全層準を通して St.1 がより粗粒であった。

### 3) 堆積年代

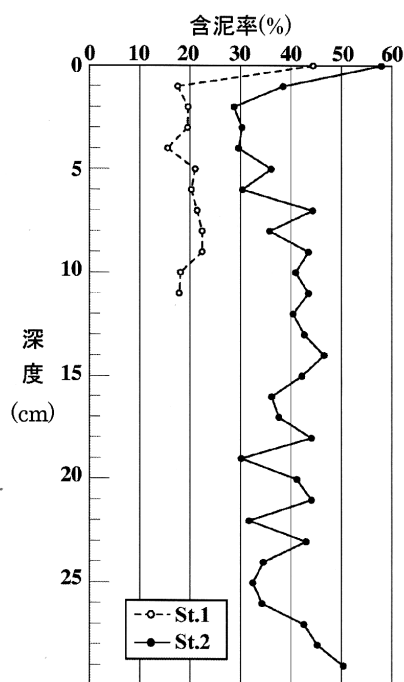
使用した年代測定法は exc-Pb-210 法である。この方法は、半減期 22.3 年の放射性鉛 (Pb-210) の減衰から堆積速度を見積もって年代を求める方法で、適用年代範囲は百数十年である。地殻に含まれる U-238 の壊変によってできる Rn-222 は、気体のため大気中に拡散し、大部分は壊変して Pb-210 となる。エアロゾルとして降水に取り込まれて降下した Pb-210 は堆積物中に付加される。このことを式で表すと以下ようになる。

$$A(t)/A(0) = \exp(-\lambda t)$$

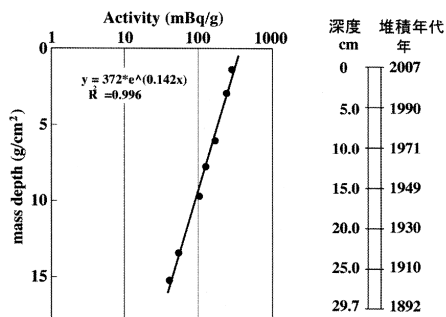
ここで  $t$  は測定時からの時間 (年数)、 $A(t)$  と  $A(0)$  はそれぞれ  $t$  年後と 0 年での Pb-210 の放射線強度、 $\lambda$  は Pb-210 の壊変定数で、半減期 22.3 年を用いれば  $\lambda = 0.693/22.3$  である (松本, 1975)。この方法は、柱状堆積物試料を用いた微化石分析を行う研究をはじめ、多くの研究に用いられている (例えば、YASUHARA and YAMAZAKI, 2005)。

St.2' の柱状堆積物についての  $\gamma$  スペクトル測定結果と、求められた堆積年代を第 4 図に示す。exc-Pb-210 の放射線強度は指数曲線的に減少していた。堆積物表層には波や流れの影響を受けて、しばしば混合層 (Mixing layer) が形成される。この場合には、堆積物表層部で exc-Pb-210 の放射線強度が指数曲線的には減少せず、平均質量堆積速度を求めるためには、流量拡散方程式などを用いて混合層の影響を補正する必要が生じる。今回の測定結果では、表層部の減衰傾向に乱れがないことから、混合層は存在しないと判断して補正は行わず、平均質量堆積速度を求めた。

St.2' の平均質量堆積速度が  $0.219\text{g/cm}^2/\text{y}$  という結果が得られたことから、この値にもとづいて堆積年代を求めた。年代軸設定試料の長さは 19.1cm であるが、有孔虫試料 (St.2) の長さは 29.7cm である。そこで、深度 19cm より下位層準の年代は、堆積速度を一定と仮定して求めた。その結果、St.2 の有孔虫試料には現在から約 115 年前までの記録が残されていることになる。



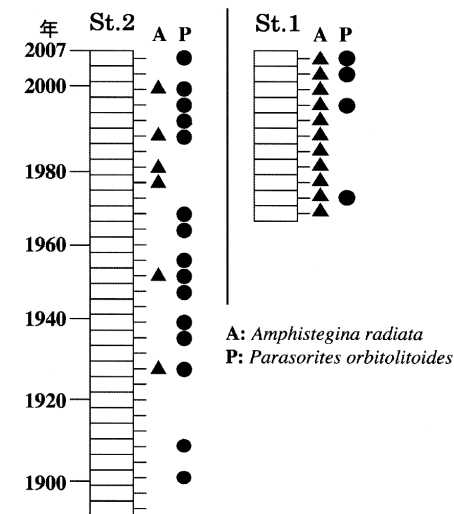
第3図 柱状堆積物の含泥率



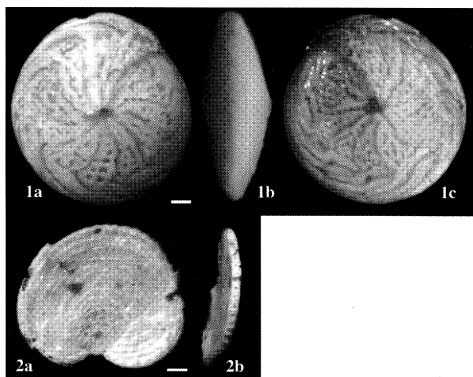
第4図 St.2 における放射線強度の深度変化(左図)と堆積年代(右図)

#### 4) 大型有孔虫

大型有孔虫の産出状況を第5図に示す。*Amphistegina radiata*と*Parasorites orbitolitoideis*の2属2種が産出したが、生体殻は見られず遺骸殻のみであった。*A. radiata*は破損や摩耗のない良好な保存状態であるのに対して、*P. orbitolitoideis*は1個体を除いて破片であった。殻の大きさは径1mm以下で、これらの種としては比較的小さな個体である。とくに*P. orbitolitoideis*の成体は円盤状の形態になるが、産出した個体は扇型をしており幼体である(第6図)。



第5図 大型有孔虫の産出層準



第6図 大型有孔虫 (scale bar: 100µm).

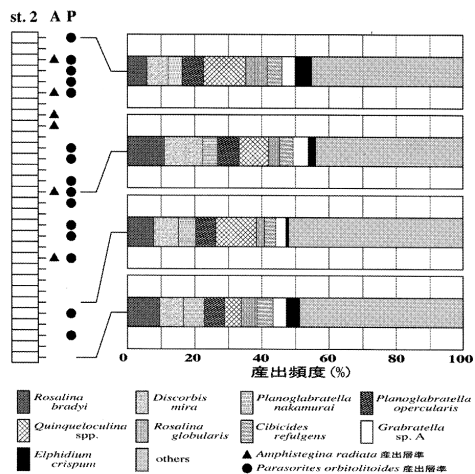
1a-c: *Amphistegina radiata* (FICHEL and MOLL), St.1: 0-1cm; 2a-b: *Parasorites orbitolitoideis* (HOFKER), St.2: 0-1cm

St.1では、全層準から連続的に*A. radiata*が42個体産出し、*P. orbitolitoideis*は4層準からそれぞれ1個体、計4個体が産出した。St.2では、*A. radiata*が6層準からそれぞれ1個体、計6個体が、*P. orbitolitoideis*は15層準から計22個体産出した。*P. orbitolitoideis*の産出した最も下位の試料は、西暦1899-1903年の間に堆積したと考えられる層準(27-28cm)である。

#### 5) 小型有孔虫

小型有孔虫の群集組成を第7図に示す。St.2の試料のうち、最下位(28-28.7cm)と最上位(0-1cm)、さらに大型底生有孔虫が産出しなかった層準の24-25cmの試料、産出した層準の14-15cmの試料、計4試料について調査し、各試料から200個体以上を目安として拾い出し、50属80種を同定した。

最下位の試料から産出した群集は、産出頻度の高い8種1属で群集の50%以上を占めている。これらは*Rosalina bradyi*、*Discorbis mira*、*Planoglabratella nakamurai*、*P. opercularis*、*Quinqueloculina* spp.、*Rosalina globularis*、*Cibicides refulgens*、*Glabratella* sp. A、*Elphidium crispum*である。調査した4層準でこれらが占める割合は、最下位層準が51.2%、24-25cm層準が48%、14-15cm層準が56.0%、最上位層準が54.8%であり、層準による変化はほとんど無かった。



第7図 St.2における主要小型有孔虫8種1属の産出頻度の層位変化

考察

大型有孔虫の産出した層準と産出しなかった層準の含泥率には大きな変化は認められず、全層準にわたって泥質砂である。また小型有孔虫群集においても8種1属が群集のほぼ半数を占めており、群集組成には層準による変化は認められない。このように堆積物や小型有孔虫群集の観点からは、過去115年間の底層環境にはほとんど変化が無かったと判断できる。

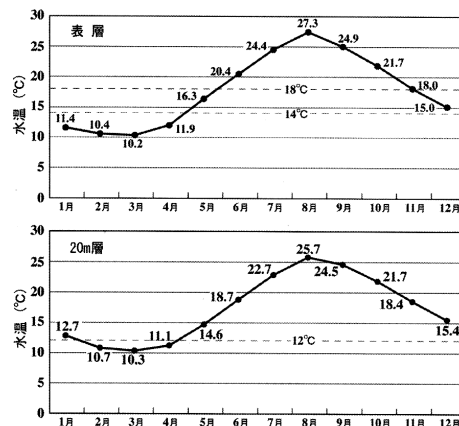
一般に大型有孔虫はサンゴ礁などの粗粒堆積物からなる海底に生息しているが、*Amphistegina radiata* や *Parasorites orbitolitoides* は泥質堆積物でも生息可能な種であり、九十九湾の底質でも生息は可能であると考えられる。また *A. radiata* の殻は摩耗や破損も無く保存の良い状態で産出し、多くの層準からほぼ連続的に産出することから、たまたま海流によって遠方から運搬されて来たものではなく、九十九湾あるいはその周辺海域で生息していたと考えられる。*P. orbitolitoides* は1個体を除いて破片であったが、その表面には摩耗などが見られないことから、*A. radiata* と比べて構造的に弱い殻形態に原因があると考えられる。

これらの大型有孔虫が産出したのは西暦1900年前後の年代を示す層準であり、柱状堆積物のほぼ最下位層準である。過去100年間に日本海表層の海水温が最大1.6℃上昇したとの報告がなされ(気象庁, 2007)、近年の温暖化との関連が話題となったが、大型有孔虫は温暖化が懸念される時期よりも前に、既に九十九湾周辺海域で生息していたことになる。九十九湾における大型有孔虫の初産出が、1900年からどの程度遡るのかは現段階では不明であり、より長い柱状堆積物での調査が必要である。

一方、大型有孔虫の分布を規制する水温の観点からは、世代交代には18℃以上が必要であるとされ(MURRAY, 1973, 1991)、さらに *Amphistegina* 属の地理的な分布域は、冬季の表層水温が14℃以上である海域に限られている(LANGER and HOTTINGER, 2000)。*A. radiata* の水温変化に対する反応実験も行われており、12℃以下では活動を停止することも明らかにされている(ZMIRI, et al., 1974)。

九十九湾における冬季の平均表層水温は、1-4月の4ヵ月間は14℃を下回っている。のと海洋ふれあい

センターが St.2 の近傍に位置する定点で、試料採取深度24.8mに近い水深20m層の水温測定を行っており、過去11年間の平均水温は、2-4月の3ヵ月の間12℃を下回っている(のと海洋ふれあいセンター, 1996-2006)。このように、水温の点からは少なくとも冬季には、九十九湾における大型有孔虫の生息は不可能であるといえる(第8図)。



第8図 のと海洋ふれあいセンターの定点観測点における、表層(上図)と水深20m層(下図)の1996年-2006年の月平均水温(のと海洋ふれあいセンター, 1997-2007)

*Amphistegina radiata* が活動を停止する水温10-12℃の状況下に4日間置かれた後、水温を18℃に戻すと活動を再開することも報告されている(ZMIRI, et al., 1974)。この結果を考慮すると、冬季に3-4ヵ月間休眠した後、水温の上昇する夏季に活動を再開している可能性も否定できないが、4ヵ月もの期間活動を停止した後、再活動が可能か否かは不明である。このように年間水温からは、大型有孔虫が九十九湾で年間を通して生息することは困難なように思われる。

竹ノ内(1990)は、鳥取県東伯郡琴浦町八橋沖の水深0-27mの4地点で表層堆積物中の底生有孔虫群集を調査し、4地点合計の全底生有孔虫1,000個体中 *A. radiata* が219個体含まれ、生体殻も12個体含まれていることを明らかにした。とくに水深1.2mでは群集の51.5%を *A. radiata* が占めること、さらに生体5個体を含んでいることを明らかにしている。山陰沖における過

去 16 年間の平均表層水温は、試料を採取した 6 月は 19.9°C で世代交代可能な温度ではあったが、1-4 月には 14°C を下回っており(鳥取県栽培漁業センター, 2008)、表層水温については九十九湾と同様の状況にある。さらに彼は島根県から鳥取県にかけて 9 地点の海浜砂に含まれる底生有孔虫群集を調査し、すべての地点で *A. radiata* の産出を確認している(竹ノ内, 1998)。

底生有孔虫の分散については、LESSARD (1980) が七つの方法を挙げている。

- ①配偶子、接合子の時期に海流によって輸送される。
- ②海藻などの浮遊物に付着して輸送される。
- ③鳥の体や足に付着して輸送される。
- ④近海魚の鱗や体内に付着して輸送される。
- ⑤船舶等に付着して輸送される。
- ⑥幼体の時期に海流によって輸送される。
- ⑦海底を移動する。

九十九湾において、少なくとも過去 100 年以上にわたって底生の原生動物がほぼ連続的に産出していることから、偶然による分散方法は考え難い。最も可能性の高い方法は、鞭毛を持って浮遊する配偶子の時期に、海流によって輸送される①の分散方法である。日本海で冬季の表層海水温が 14°C を超えるのは、対馬暖流の日本海への流入口である長崎県対馬周辺海域である(日本海洋データセンター, 2008)。

この海域では配偶子放出による有性生殖が可能であると考えられるが、配偶子としての生存期間は不明である。「星砂」や「太陽の砂」と呼ばれる大型有孔虫の *Baculogypsina* 属や *Calcalina* 属は、西太平洋の熱帯-亜熱帯のサンゴ礁海域に生息しており、日本の南西諸島にも生息しているが、中央太平洋やハワイ諸島では、これらの種は確認されていない(TODD, 1960)。このことは、南西諸島から黒潮で輸送される配偶子がハワイ諸島に到達するまでに死滅するのであり、黒潮の流速から考えるとその生存期間は約 6 週間以内であろうとされている(LESSARD, 1980)。小笠原諸島にもこれら 2 種は生息しておらず、その理由はサンゴ礁の発達程度によるものか、分散能力によるものかはっきりしていない(藤田, 2001)。分散能力によるものであれば、配偶子の生存期間は 6 週間よりもさらに短くなる。

表層水温から配偶子放出の可能性が考えられる長崎県対馬から、能登半島禄剛崎までは直線距離で約 800km である。日本海に流入した対馬暖流は蛇行しながら北上しており、その流速は軸部でも平均時速 0.5kt 程度である(第八管区海上保安本部海洋情報部, 2000-2008)。配偶子がこの暖流に乗って直線的に運ばれてきたとしても 6 週間程度必要となり、暖流が蛇行していることからさらに長い期間が必要である。*Amphistegina* 属の配偶子の生存期間が、LESSARD (1980) の報告した「星砂」と同程度と仮定すると、より能登半島に近い場所、例えば島根半島や隠岐島、丹後半島などで配偶子の放出が行われることが必要である。

#### 結論

大型有孔虫 *Parasorites orbitolitoideis* と *Amphistegina radiata* は、西暦 1900 年頃には既に能登半島九十九湾を含む周辺海域で生息していた。

分布海域に関する先行研究で指摘されている水温条件(14°C、18°C)から外れている能登半島九十九湾に、大型有孔虫殻が産出する理由としては、無効分散によって夏季にのみ生息している可能性、休眠によって越冬している可能性、偶然による運搬の可能性などが考えられるが、本研究では特定はできなかった。今後は、九十九湾における夏季-秋季に生体殻の確認や、長崎県対馬より能登半島に近い島根半島、隠岐島、丹後半島、軸倉島などの海域における同様の調査が必要である。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、金沢大学環日本海域応用研究センター低レベル放射能実験施設山本政儀教授、坂口 綾博士には、exc-Pb-210 の測定をして頂き、年代軸設定に関する有益な助言を頂いた。さらに金沢大学理工研究域自然システム学系神谷隆宏教授、長谷川卓准教授ならびに地質・古生物グループの院生・学生諸氏には多くの議論と助言を頂いた。また底質採取に当たっては、環日本海域応用研究センター臨海実験施設又多政博技術専門員にお世話になった。ここに記し深甚なる感謝の意を表する。



参考文献

- ARMSTRONG, H. A. and BRASIER, M. D., 2005. *Microfossils* (2nd ed.). Blackwell Publ., Oxford, 296 pp.
- BOUDAGHER-FADEL, M. K., 2008. Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera. Elsevier, London, 540 pp.
- 第八管区海上保安本部海洋情報, 2000-2008. 日本海南部・若狭湾海流観測報告. [http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN8/gaiho/gaiho\\_in dex.shtml](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN8/gaiho/gaiho_in dex.shtml).
- 藤田和彦, 2001. 星砂の生物学. *みどりいし*, (12): 26-29.
- HALLOCK, P., 1985. Why are larger Foraminifera large? *Paleobiology*, 11: 195-208.
- HOHENEGGER, J., YORDANOVA, E., NAKANO, Y. and TATZREITER, F., 1999. Habitats of larger foraminifera on the upper reef slope of Sesoko Island, Okinawa, Japan. *Marine Micropaleontology*, 36: 09-168.
- INOUE, Y., 1989. Northwest Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ., Tsukuba, (sec. B., Geol. Sci.)*, 10: 57-162.
- 角川日本地名大辞典編纂委員会, 1981. 角川日本地名辞典, (17), 石川県, 角川書店, 東京, 1430 pp.
- 気象庁, 2007. 日本海の海域平均海面水温(年平均)の長期変化傾向(2007). [http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/e\\_2/maizuru-warm/maizuru\\_warm.html](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/e_2/maizuru-warm/maizuru_warm.html).
- LANGERF, M. R. and HOTTINGER, L., 2000. Biogeography, of selected "larger" foraminifera. *Micropaleontology*, 46: 105-127.
- LESSARD, R. H., 1980. Distribution patterns of intertidal and shallow-water foraminifera of the tropical Pacific Ocean. *Cushman Found. Foram. Res., Spec. Publ.*, (19): 40-58.
- LOHMANN, G. P., 1978. Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic Ocean. *Jour. Foram. Res.*, 8: 6-34.
- 松本英二, 1975. Pb-210法による琵琶湖底泥の堆積速度. *地質学雑誌*, 81: 301-306.
- MURRAY, J. W., 1973. Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids. Heinemann, London, 274 pp.
- MURRAY, J. W., 1991. Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman Scientific & Technical, Essex, 397 pp.
- 日本海洋データセンター, 2008. 水温統計処理データ. [http://www.jodc.go.jp/index\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/index_j.html).
- のと海洋ふれあいセンター, 1995. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (1): 63-66.
- のと海洋ふれあいセンター, 1997. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (3): 61-65.
- のと海洋ふれあいセンター, 1998. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (4): 63-70.
- のと海洋ふれあいセンター, 1999. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (5): 49-58.
- のと海洋ふれあいセンター, 2000. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (6): 63-73.
- のと海洋ふれあいセンター, 2001. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (7): 70-79.
- のと海洋ふれあいセンター, 2002. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (8): 57-66.
- のと海洋ふれあいセンター, 2003. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (9): 79-84.
- のと海洋ふれあいセンター, 2004. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (10): 53-56.
- のと海洋ふれあいセンター, 2005. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (11): 55-58.
- のと海洋ふれあいセンター, 2006. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (12): 57-61.
- のと海洋ふれあいセンター, 2007. 九十九湾周辺における気象と水質. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (13): 97-100.
- ROTTGER, R., 1990. Biology of larger foraminifera. Present status of the hypothesis of trimorphism and ontogeny of the gamont of *Heterostegina depressa*. In: TAKAYANAGI, Y. and SAITO, T. (eds.) *Studies in Benthic foraminifera, Benthos '90*. Tokai Univ. Press, Sendai, 43-54.
- 高柳洋吉, 1978. 微化石研究マニュアル. 朝倉書店, 東京, 161 pp.
- 竹ノ内誠一, 1990. 堆積環境観察学習のための基礎的研究(第1報)-大山北麓八橋沿岸沖の現生有孔虫群集-. *地学教育*, (43): 141-148.
- 竹ノ内誠一, 1998. 堆積環境観察学習のための基礎的

- 研究(第5報)-山陰中部地域沿岸の現生有孔虫群集-. 鳥取地学会誌, (2): 1-8.
- 谷口麻由佳・加藤道雄, 2008. 能登半島七尾湾の現生有孔虫群集-群集の時間的变化に関する基礎的研究-. 日本海域研究, (39): 19-16.
- TODD, R., 1960. Some observations on the distribution of *Calcarina* and *Baculogypsina* in the Pacific. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol., Spec., 4):* 100-107.
- 鳥取県栽培漁業センター, 2008. <http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=53428>
- 内村奈緒子, 2007MS. 能登半島東海岸に分布する底生有孔虫. 金沢大学理学部地球学科卒業論文, 40 pp.
- YASUHARA, M. and YAMAZAKI, H., 2005. The impact of 150 years of anthropogenic pollution on the shallow marine ostracode fauna, Osaka Bay, Japan. *Marine Micropaleontology*, 55:63-74.
- ZMIRI, A., KAHAN, D., HOCHSTEIN, S. and REISS, Z., 1974. Phototaxis and thertotaxis in some species of *Amphistegina* (Foraminifera). *Journal of Protozoology*, 21: 133-138.