

スナガニ類の巣穴の助長効果について

嶋永 元裕

【研究の背景と目的】

「一見一様な環境が広がる干潟で、小型底生生物の生物多様性はどのように維持されているのか？」

大きな河口や内湾に発達する干潟は、アサリなどの有用生物の苗床であると同時に、堆積した有機物を分解する浄化槽としての生態系サービスを人類に提供する（和田 2000）。この生態系サービスを支えるのが、干潟の堆積物表面や内部に生息する大小さまざまなサイズの底生生物（ベントス）である。ベントスは、体の大きさによって、いくつかのグループに分けられる。

メイオフアウナは1mmの篩を通過する小型底生生物の総称である。干潟における彼らの生物量は大型底生生物（マクロファウナ）の数分の一だが、世代交代時間が短いため、生物生産量の点ではマクロファウナに匹敵し、それを凌駕する場合もある（ラファエリ&ホーキンス 1996）。

一方、マクロファウナには、小型生物では不可能な、干潟内の構造を大規模に改変する能力がある。例えば、北海の干潟に普遍的に生息するタマシキゴカイの1種のU字型巣穴は、堆積物中の還元層を貫く形で形成されるが、この巣穴の周りには薄い酸化層が形成され、様々な好気性のメイオフアウナが巣穴内の微細構造を種特異的に利用しており（図1）、その結果、干潟全体のメイオフアウナの種多様性や生物量の増加に、これらの巣穴が貢献している事が報告されている（ライゼ 1985）。つまりゴカイなどのマクロファウナの巣穴は、一様な平面構造の広がる干潟に三次元的な厚みを与え、酸素や食物を泥の奥まで行き渡らせる「毛細血管」の役割を果たし、より小型の生物たちに微細生息場所を提供しているのである。このように沿岸堆積物中では、マクロファウナの活動が、より小型の底生生物の生物量・種多様性を増大させる方向に堆積物環境を改変する「助長効果（promotion）」を及ぼす場合が非常に多い（ライゼ 1985）。

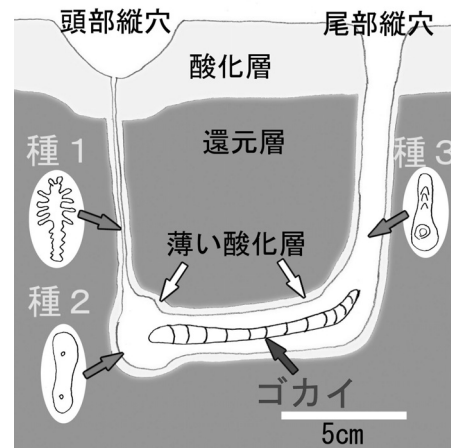


図1. ゴカイの巣穴と主なメイオフアウナの分布. メイオフアウナ各種のサイズは誇張されており、分布中心は矢印で示されている. ライゼ (1985) の図を元に著者が作成.

シオマネキ、コメツキガニなどのスナガニ類の仲間は、干潟に普遍的に分布するカニ類であるが、彼らの捕食活動は、堆積物表層のメイオフアウナに負の影響を与える事が知られている（Reinsel 2004）。だが他方で、熱帯の干潟に生息するスナガニ類などの巣穴近縁の堆積物中では、その周辺の堆積物よりメイオフアウナ全体、あるいは特定の分類群の個体数が多かったという報告もある（Dittmann 1996）。したがって、スナガニ類の巣穴にも、タマシキゴカイなどと同様に、堆積物中のメイオフアウナに対する助長効果があると思われる。しかし、彼らの巣穴周辺における、メイオフアウナのcmスケールの微小な空間分布に関する包括的な研究例は、極めて少ないのが現状である。

干潟の代表的マクロファウナであるスナガニ類の助長効果が、メイオフアウナの群集構造に与える影響を解明する事は、干潟生態系において生物多様性が維持される仕組みや、有機物・エネルギーの流れを理解する上で必要不可欠であると考えられる。

そこで私は、スナガニ類のメイオフアウナに対する助長効果を明らかにするために、天草諸島の一つ、前島に所在する合津マリンステーション前の干潟において、ハクセンシオマネキとコメツキガニの巣穴周囲のメイオフアウナの微小分布の調査を開始した。両種は、干潟上部の砂質部の代表的スナ

ガニ類である。調査に当たっては、以下の二つの作業仮説を念頭に置いた（図2）。

仮説1. 堆積物表層は、カニの摂餌活動により攪乱され、また、酸素が外部から堆積物中に直接供給されやすい。したがって堆積物表層では、巣穴の助長効果は弱い、あるいは完全に打ち消されるため、メイオファウナの水平分布は、巣穴からの距離と無関係である。

仮説2. 堆積物深層では、巣穴がスノーケルの役割を果たすため、それに近いほど酸素濃度が高いと思われる。したがって堆積物深層では、巣穴の助長効果が強く働き、巣穴に近いほどメイオファウナ密度は高くなる。

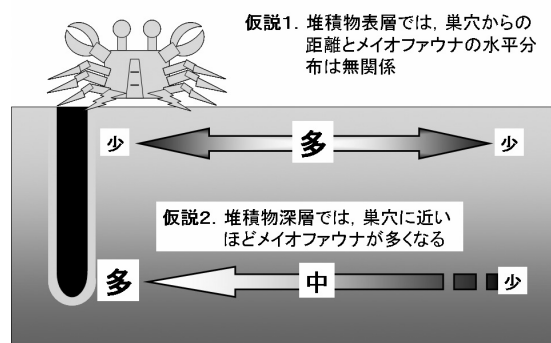


図2. スナガニの巣穴と、メイオファウナの堆積物中の分布に関する作業仮説

【材料と方法】

サンプル採集は、2007（平成19）年に、ハクセンシオマネキ、コメツキガ二種類の繁殖期にあたる8月と、両種の活動が弱まる11月（一部12月初め）に行われた。サンプル採集と処理の詳細は、以下のとおりである。

まず干潟の干出直後に、いずれかの種の巣穴を含むように、内径8cmのプラスチック製コアサンプラーを深さ10~15cmまで挿入して、堆積物コアサンプルを採集した。同時に、その巣穴付近（巣穴中心部から水平距離で20cm以内）の巣穴がない場所からも堆積物コアサンプルを採集した。潮位とスナガニ類の摂食活動の影響を調べるため、最大干潮時にも、干出直後にサンプル採集を行った場所付近（2m以内）で同じ種に対する同様の採集を行った。サンプルを層別に分けて生物を固定処理するのにかかる時間（コア1本につき30分以上）と、潮位変化の速度を考えると、1日1セット（上記のコア4本分）が限界であった。したがって、同一干潟内のmスケールの変異をおさえるために、各時期において数日かけてサンプル採集を行った。

採集された堆積物コアサンプルは、「巣穴あり」「巣穴なし」ともに、実験室において、堆積物表面から垂直方向に2cm毎に、押し出し器を用いて層別に分けた。巣穴を含むコアサンプルの場合、巣穴近縁のメイオファウナの微小空間分布の変化を調べるために、それぞれの層において、巣穴壁面からの水平距離が0-1cm, 1-2cm, 2-3cmの位置で、先端を切り落としたシリンジ（断面積0.71cm²）を用いて堆積物サブサンプル（シリンジにより2回採集、合計1.42ml）を採集した。巣穴のないコアサンプルの場合も、同じシリンジを用いて、各層のコア中心付近から1.42mlの堆積物を採集した。

上記のとおり、本研究のために採集されたサンプル数は莫大で、全てを解析するには多大な時間を要する。そこで本講演会では、干潮時に採集されたサンプルを元に、両種の巣穴からの水平距離が0-1cm, 2-3cm, <10cm（巣穴のないコアからの堆積物）における堆積物中のメイオファウナの個体密度、群集構造を、堆積物表面から0-1cmの層（以後、堆積物表層と呼称）と、表面から4-5cmの層（堆積物深層）で比較した結果を示す（図3）。

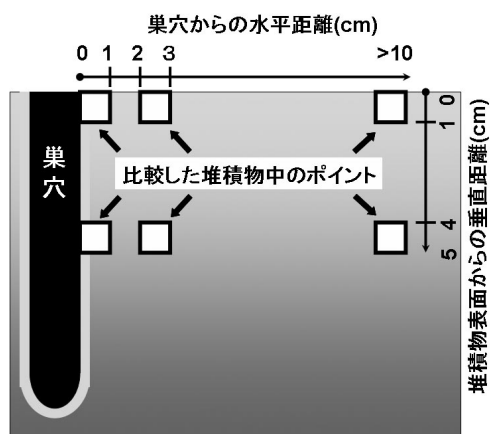


図3. 本講演会で用いるデータの解析デザイン

【結果と考察】

メイオファウナ全体の個体密度

2007年8月、11月の、コメツキガニとハクセンシオマネキの巣穴周辺におけるメイオファウナ全体の微小空間分布をそれぞれ図4, 5に示す。

堆積物表層のメイオファウナの分布には、両種ともに、巣穴からの水平距離に沿った明確な傾向は見出されなかった。また、月を問わず水平距離間に有意差は検出されなかった (ANOVA, $P > 0.05$)。この結果は仮説1と矛盾しない。

一方、堆積物深層部では、両種の巣穴周辺で異なる傾向が見られた。コメツキガニの巣穴の場合、堆積物表層と同様に、メイオファウナ個体数と、巣穴からの水平距離との間に関連性は示されなかった。それに対して、ハクセンシオマネキ巣穴周辺では、メイオファウナ平均個体数密度の最大値は、8月、11月ともに、巣穴直近部で観察された。これは仮説2を支持する結果である。しかし、サンプル間のバラツキが大きく、両月とも水平距離間に有意差は検出されなかった。メイオファウナの主要な高次分類群（線虫類、クマムシ類、多毛類など、動物門 - 綱レベル[甲殻類は、より細かく亜綱 -

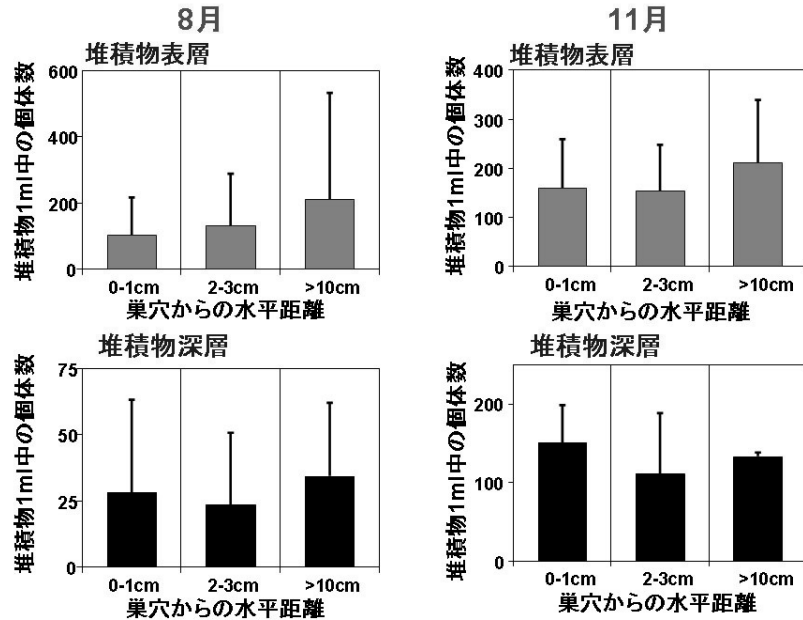


図4. コメツキガニの巣穴からの水平距離が0-1cm, 2-3cm, >10cmの堆積物中のメイオファウナ全体の個体密度(個体数/1ml). 上段が堆積物表層, 下段が堆積物深層. バーは平均値, エラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。

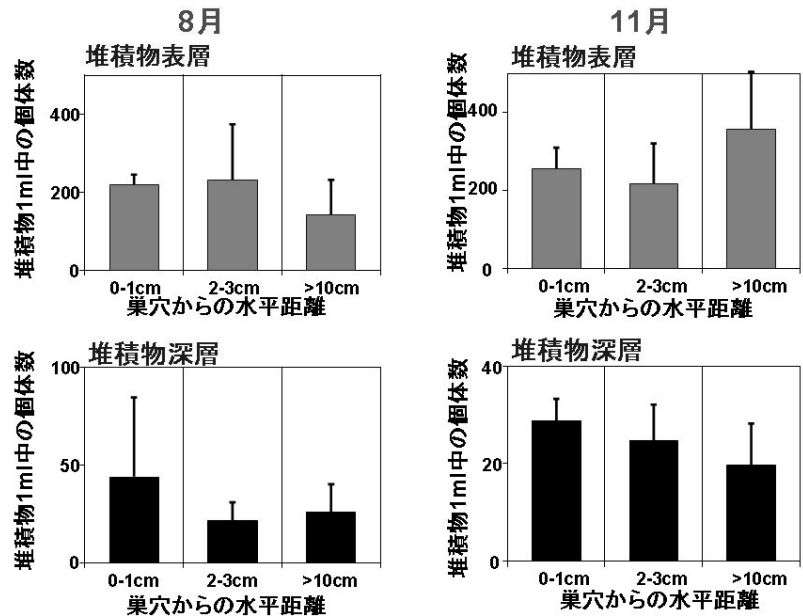


図5. ハクセンシオマネキの巣穴からの水平距離が0-1cm, 2-3cm, >10cmの堆積物中のメイオファウナ全体の個体密度(個体数/1ml). 以下の説明は図4と同じ。

目レベル]で分類されたグループを指す) に対して同様の解析を行ったところ、最優占分類群である線虫類の11月の堆積物深層の空間分布に有意差が検出された。

メイオフauナ高次分類群の組成

2007年8月にハクセンシオマネキ巣穴周辺から採集されたメイオフauナ高次分類群の組成を元に、主成分分析を行った解析結果を図6に示す。群集構造が最も変化する方向を示す第一主成分軸（横軸：全分散の71%を説明）に沿って、左に堆積物表層からのサンプル、右に深層のサンプルが配置された。また、組成変化への貢献度の高かった4つの分類群のベクトルのうち、第一主成分軸に下ろした垂線が最大となったのが線虫類であった。これらにより、メイオフauナ高次分類群の組成は、堆積物深度に沿って最も大きく変化する事、そして、この変化に最も貢献するのが線虫類で、深度とともにこの分類群の相対頻度が増大する事が示された。しかし、巣穴からの水平距離に沿った明確な空間変異は、堆積物表層、深層ともに見出されなかった。11月のハクセンシオマネキ、および両月のコメツキガニの巣穴周辺の解析結果からも似たような結果が得られたので、ここでは省略する。

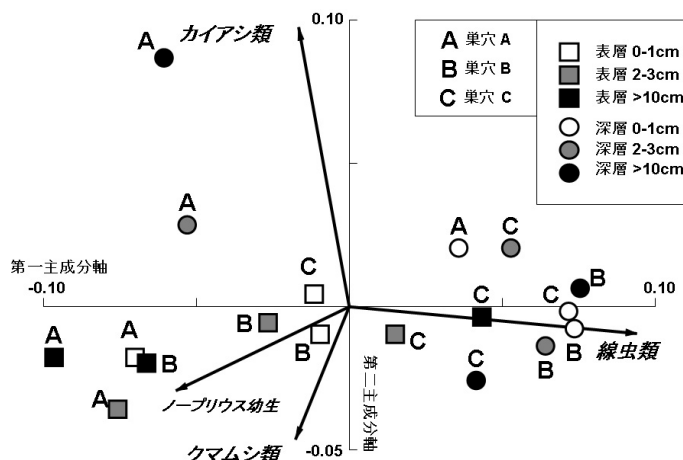


図6. ハクセンシオマネキ巣穴周辺のメイオフauナ群集組成の空間変異。堆積物表層から採集されたサンプルは四角、深層から採集されたサンプルは丸で示されている。各記号の濃淡(白, 灰, 黒)は巣穴からの水平距離を示す。同一のアルファベットは同一の巣穴から採集されたサンプルであることを示す。サンプル組成が似ているサンプルは互いに近い位置にプロットされている。群集の組成変化に大きく貢献した分類群についてのみ変化の方向をベクトルで示している(長いほど貢献度が高い)。矢印の方向へ向かうにつれて、サンプル内のその分類群の割合が増大する。

以上を踏まえると、スナガニ類二種の巣穴によるメイオフauナへの助長効果は、ハクセンシオマネキの巣穴の方がより強いものの、両種ともに巣穴周辺のメイオフauナの群集構造に大きく影響する程のものではないようである。今回研究対象としたスナガニ二種は、堆積物粒子の粗い砂泥底に生息している。それらの干潟では堆積物中の間隙が広い(つまり通気がいい)ので、堆積物のかなり深い場所まで酸素や栄養が浸透し、そのため、堆積物深層といえども、巣穴の助長効果がメイオフauナの空間分布に及ぼす影響が明確に現れなかったのかも知れない。しかし、助長効果の強度が潮汐とともに変動する可能性は否定できないので、引き続き、これらの巣穴周辺における干出直後のメイオフauナの空間分布を調査する予定である。

【参考文献】

- Dittmann, S., 1996. Effects of Macrobenthic burrows on infaunal communities in tropical tidal flats. Marine Ecology Progress Series, 134, P119-130.
- ライゼ, K., 1985. 干潟の実験生物学 (倉田 博訳), 生物研究社, 東京.
- ラファエリ, D. & S. ホーキンス, 1996. 潮間帯の生態学 (朝倉 彰訳), 文一総合出版, 東京.
- Reinsel K.A., 2004. Impact of fiddler crab foraging and tidal inundation on an intertidal sandflat: season-dependent effects in one tidal cycle. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 313, P1-17.
- 和田恵次. 2000. 干潟の自然史, 京都大学学術出版会, 京都

キーワード:メイオフauナ・スナガニ類・巣穴の助長効果