

相模湾初島沖のシロウリガイ群集周辺における 底泥中の硫黄酸化細菌

牧 陽之助*¹

相模湾初島沖の冷水湧出帯にみられるシロウリガイ群集のコロニー内部とその外部とで、柱状採泥器ないし電動グラブを使って底泥を採集した。底泥の上層と下層、コロニーの内部と外部について、MPN法によって硫黄酸化細菌の数と分布を推定した。硫黄酸化細菌数は1グラム乾土当たり数個から数十個で、非常に少なかった。コロニー内部の上層では下層よりやや多い傾向がみられたが、群集の内部と外部とでは差は認められなかった。硫黄酸化細菌にとっては硫化水素よりも溶存酸素が制限になっていると考えた。シロウリガイコロニーの分布と底泥断面の観察から、コロニーの成立と維持は湧水の有無に依存していると推察された。潜航の途中では発光物体の観察も行い、その性状について考察した。

キーワード：冷水湧出帯、シロウリガイ群集、硫黄酸化細菌

Numbers and Distributions of Sulfur-oxidizing Bacteria in the Sediments around the Colony of Clam Community at the Bottom of the Sagami Bay

Yōnosuke MAKI*²

Numbers and distributions of sulfur-oxidizing bacteria in the sediments were examined using the Most Probable Number Method. Numbers of the sulfur-oxidizing bacteria ranged from a few tens to a few hundreds per 1g dry soil. These values were one hundredth or one thousandth compared to that of the sediment in the shallow sea-floor. There were no differences in the numbers between the sediments inside and outside of the clam colony. In contrast, the bacterial numbers of the upper part of the sediment taken from the colonial points were slightly higher than that of the lower part. It was considered that the dissolve oxygen concentrations instead of the sulfide probably limit the biological sulfide oxidation. Based on the observations of sectional views of the sediment and also on the distributions of the clam colonies, it was assumed that the great extent of both colonization and development of the clam community depend on the water supply containing dissolved sulfide.

Key words : Deep-sea sediment, Clam colony, Sulfur-oxidizing bacteria

* 1 岩手大学人文社会科学部生物

* 2 Biological Laboratory, College of Humanities and Social Sciences, Iwate University

1. はじめに

深海の冷水湧出帯に見られるシロウリガイを中心とした生物群集は、炭素源とエネルギー源の多くを化学合成細菌である硫酸化細菌に依存していると想定されている。シロウリガイの鰓やチューブワームに硫酸化細菌の共生が見られることは、よく知られている。一方、硫酸化細菌の存在と地下から湧出している冷水（熱水）との関連では、バクテリア・マットの形成等が観察されている（竹内ほか、1992）が、底泥そのものの中に硫酸化細菌がどれほど存在しているのかについてはほとんど報告がない。

筆者は、陸上の温泉に着生する硫黄芝（硫酸化細菌群集）の研究を発端として硫酸化細菌に興味を持ち、その生態学的研究をすすめているが、機会を得て相模湾初島沖のシロウリガイ群集周辺の底泥を分与され、数回にわたって調べることができた。また、1992年には、「しんかい2000」で潜航し直接にシロウリガイ群集を観察できたので、深海における底泥中の硫酸化細菌の数と分布とともに、潜航観察によって得られた結果を報告する。

2. 材料と方法

2.1 硫酸化細菌の計数

「しんかい2000」で採取した底泥の分与を受けたのは、1989年10月18日（第448潜航）・1991年12月2日（第592潜航）であった。1992年11月28日（第657潜航）では「しんかい2000」で潜航し、シロウリガイ群集とその周辺の直接観察と底泥の採取を行った。

計3回の底泥の採取地点は、相模湾初島沖（35°00.00' N: 139°13.50'）の北側に分布するシロウリガイ群集の周辺で、深度はおおよそ1,150から1,180mであった。

「しんかい2000」の浮上・回収後ただちに採取底泥の分与を受け、「なつしま」船内で以下の処理を行った。すなわち、シロウリガイのコロニー内で柱状採泥器で採った泥については可能な場合には上層（表面を含む）と下層に分けて、また、柱状採泥器を使ったが分取が不可能な場合と電動グラバなどを使った場合は、上層と下層の混合物として扱った。対照にはシロウリガイコロニーの外部で採った底泥を使った。滅菌海水による5段階の希釈の後、培地の入った5連の試験管に分注するMPN法によって硫酸化細菌数を推定した。

培地には、TB培地（Tuttle and Jannasch, 1972）を使った。この培地は硫黄源としてチオ硫酸ナトリウムを1%含んでいるが、第657潜航では、このチオ硫酸ナト

リウムを単体イオウに替えたものも同時に使用した。

培養は研究室に運搬した後（約2日後）、摂氏5度から10度で約2か月間行った。陽性試験管の判定は、pHの測定（5以下）または試験管壁への白色物質（単体のイオウと判断される）の付着を基準とした。

2.2 底泥中の有機物量の測定

5mlの底泥を注射筒ではかりとり、摂氏105度で数時間乾燥してから、正確に計量した。この試料をマッフル炉でさらに8時間前後、摂氏500度で灼熱し、冷却後秤量した。この量と乾燥重量との差を、有機物量とした。

2.3 底泥断面の観察

シロウリガイコロニーの内部とその周囲で底泥断面の観察を試みた。やや斜面になった場所を選び、マニピュレーターによって数十cm掘った。

2.4 発光物体の観察

潜航の開始後着底までと離底から浮上までの間、船外の光を消し、船内の光が漏れないようにして観察を行った。結果をカセットテープに録音した。観察時間は合計1時間を超えた。

3. 結果と考察

3.1 硫酸化細菌の数と分布

表1には、第448（1989年10月18日）・592（1991年12月2日）・657（1992年11月28日）潜航で分与または直接採取し得た底泥中の硫酸化細菌数を示した。いずれの場合にも硫酸化細菌数は非常に少なく、わずかに数個から数百個であった。この数は、浅海（岩手県大槌湾、水深2から40m：宮城県蒲生干潟、水深数十cm）の底泥中の硫酸化細菌（未発表データ）にくらべて、2桁から3桁低い値である。

シロウリガイコロニーの内部では、底泥の上層では下層に比べてやや多い傾向がみられた。コロニー内の上層部の底泥は比較的柔らかく、有機物に富んで（約5から6%）おり、コロニーの外部（対照）も同様であった。これに対してコロニー内外層の泥は明らかにこれと異なり、粗いザラメ状で有機物量は2から3%にすぎなかった。第592潜航の貝殻内の泥には9.9%の有機物があり、対照に比べてもずっと多く、また柔らかな泥であった。以上の点からすれば、有機物量ないし泥の粒度が硫酸化細菌数にプラスにはたらいっているとも考えられるが、なお検討を要する。

有機物量についていえば、ここで得られた2から10%という値は岩手県大槌湾や宮城県蒲生干潟の底泥の有機物量と大きな差はない（未発表データ）。しかし、硫黄

表1 シロウリガイコロニーの内外における硫黄酸化細菌数(個/g乾土)

Table 1 Sulfur-oxidizing bacteria (ind./g soil) in sediments taken from the inside or outside of the clam colony.

Div.	448	592	657	657
培地	TB・チオ硫酸	TB・チオ硫酸	TB・チオ硫酸	TB・単体イオウ
コロニー内上層	180*	14	---	---
コロニー内下層	4	4	---	---
コロニー内混合	12	---	10	66
貝殻内の泥	14	92	---	---
コロニー外(対照)	12	41	120	300

*: 個/g・乾土

酸化細菌数は前述のように2から3桁少なかった。したがって深海で硫黄酸化細菌の少ない理由は、有機物量の多少ではない。

硫黄酸化細菌は、イオウ源である硫化水素を含んだ湧水があると推定されるシロウリガイコロニー内に多数存在するのではないかと考えたが、そのような結果は得られなかった。深海が浅い海に比べて溶存酸素の極めて乏しい環境であって、硫黄酸化細菌にとっては硫化水素量よりも溶存酸素量が制限的であるためかもしれない。有機物は測定されたように十分にあるので嫌気性の硫酸還元反応が進みやすく、その結果として硫化水素が十分量供給されているとすれば、硫黄酸化細菌は必ずしも湧水に含まれると期待される硫化水素に依存することはないとも考えられる。

第657潜航では、培地のイオウ源としてチオ硫酸と単体イオウの比較をしてみた。単体イオウの場合の方がやや高い値が得られたが、繰り返して検討する必要がある。

3. 2 底泥断面とシロウリガイコロニーとの関連

写真1は、ほとんどが活発に活動している個体から成るコロニーである。この写真にみられるように、シロウリガイは生きている場合に殻が垂直に近い状態で密集しているが、死んでいる場合には貝殻は倒れているので、コロニーの生死の状態は一見して判断できる。第657潜航で直接に観察することのできたシロウリガイコロニーの特徴のひとつは、生きているコロニーが巾1mあまりの帯状となって長く続いている(写真1)か、もしくは直径1m程度の塊状になっていることであった。これは、コロニーの形成と維持とが、底泥の条件に大きく依存しているためと考えられる。

もうひとつの特徴は、生きているコロニーでも、死んで貝殻が倒れ広がっている場合でも、一塊のコロニーを

構成する個体の大きさがほぼ均一に見えたことである。写真1でも、貝殻の大きさがどれも似ていることは、肉眼的に明らかである。コロニーは、おそらくあまり年齢にちがいのない個体から成ると推定される。

写真2では死んだ貝殻の上にすでにかなりの堆積物がつもり、これらの貝殻はやがて埋没するものと思われる。写真3と4は、第657潜航で底泥断面を観察する目的で、やや斜面になったシロウリガイコロニーの部位をマニピュレーターで掘ってみたところである。写真3では、コロニーの見られない部位の下に貝殻が埋もれているのが観察できた(矢印)。さらに写真4では、生きているコロニーのさらに下層、深さ約10cmの位置にもたくさんの貝殻が埋もれているようすが観察できた。この部位は、表面に比べてやや黒みを帯びており、より還元的であると推測される。おそらくかつて存在していたコロニーが死滅した上に、新たにコロニーが成立したものと考えられる。

シロウリガイコロニーの見られない場所では、柔らかな泥の層がかなり厚い。このことは、第489・587潜航での柱状採泥の際にも確認されており、シロウリガイコロニーの外では、柱状採泥器のコアを簡単に押し込むことができた。しかし、貝殻を垂直に立てて並んでいるシロウリガイコロニーの内部では、柔らかな層はほんの数センチメートルで、その下には明らかに性質の異なる固い層があった。この層には柱状採泥器は容易に押し込めず、また、電動グラバを使って採取した底泥は粗いザラメ状であった。第657潜航でもコロニーの下に固くて黒い層のあるのが確認された。この粗いザラメ状の部位に硫化水素を含んだ湧水があると判断され、シロウリガイはここにコロニーをつくるものと考えられる。コロニーが塊状ないし帯状になって分布しているのはこのためであろう。

以上のような観察結果から推測できることは、シロウ

リガイのコロニー形成は、硫化水素を含んだ湧水の部位に短期間に一斉に行われ、いったんつくられたコロニーに新たに個体が侵入してくることは少ないのではないかと、ということである。コロニーの形成と維持が、底泥からの硫化水素を含んだ湧水にもっぱら依存しているとすれば、コロニーは湧水の減少ないし停止によって全滅することになる。写真2のような一面の死貝はそのように説明されるだろう。また、写真4は全滅し埋もれたかつてのコロニーと、湧水の復活によって再度成立した新しいコロニーの状態を示しているものと考えられる。一方、写真5に見られるように、シロウリガイは、かなり移動能力を持つことも確かであるが、この問題は別に評価すべきであろう。

3. 3 発光物体の観察

発光物体は、深度約200m付近のほぼ真っ暗という状態から約1,200mの着底まで、絶え間なく見ることができた。200mより浅い場合には、発光物体自体が少ないものか、あるいは明るさのために観察できないものなのかは不明である。しかし、200mより深い場合でも、発光物体の密度には深さによって差があることが明らかであった。今回の観察では、上昇時の深度600mから400m付近で特にたくさん観察された。

発光現象は、照明をつけたときに肉眼で見えるいわゆるマリンスノーが、船外にあるペイロードなどに当たったときの刺激で起きると判断される。光は、光った瞬間がいちばん強く、徐々に減衰する。発光時間は長いものも短いものもあったが、肉眼で見えるかぎりでも数秒に達する場合もあった。色調は夜光虫などの発光と同様で、マリンスノーに付着する微生物によるものであろう。当たった刺激で全部のマリンスノー塊が発光しているものなのか、あるいは刺激を受けたものの一部だけが発光するのかどうかはわからない。かなり大きな塊がペ

イロード等に触れて散乱する様子も観察できた。

謝 辞

稿を終えるに当たって、試料を分与いただき、また潜航の機会を与えてくださった、東京大学海洋研究所大和田絃一教授に深甚の謝意を表します。また、「しんかい2000」の段野司令はじめ運航チームの方々、「なつしま」の船長・乗組員の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 藤岡換太郎・村山雅史 (1992): 日本海溝陸側斜面の世界最深のシロウリガイ群集とメガシアー。しんかいシンポジウム報告書, 8, 17-27.
- 藤倉克則・橋本 惇・瀬川 進 (1992): 熱水噴出孔生物の代謝測定法の検討。しんかいシンポジウム報告書, 8, 335-342.
- 竹内 章・徳山英一・宮下純夫・仲 二郎・門馬大和・大塚 清・徐 垣・石井次郎・嵯峨山積・倉本真一 (1992): 日本海盆東縁における開口割れ目とバクテリアマットの発見。しんかいシンポジウム報告書, 8, 29-39.
- Tuttle, J.H. and H.W. Jannasch (1972): Occurrence and types of thiobacillus-like bacteria in the sea. *Limnol. Oceanogr.*, 17, 532-543.
- 矢野 豊・中山昭彦 (1992): 深海生物, 底泥からの微生物の分離および二三の性状。しんかいシンポジウム報告書, 8, 291-295.

(原稿受理: 1994年6月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

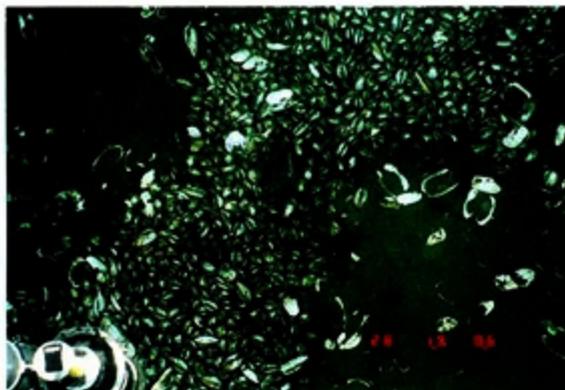


写真 1 帯状に発達したシロウリガイコロニー。巾約1m、ほぼ同程度の大きさの貝から構成されている。

Photo 1 Colony of clams. The colony developed in a belt of about 1m wide, and was consisted of individuals nearly the same shell-size.



写真 3 シロウリガイのコロニーの見られない場所での底泥断面。約10cm程下に貝殻が埋もれているのが見える(矢印)。

Photo 3 Sectional view of the sediment where the colony of the clam was absent. The arrows shows dead shells being buried under sediment.



写真 2 堆積物に埋もれつつあるシロウリガイの貝殻。貝殻はほぼ同じ大きさである。

Photo 2 Shells of dead clams. The shells were looked as a similar in size.



写真 4 シロウリガイコロニーの下から掘りだされた貝殻。生きているシロウリガイのコロニーの下に、たくさんの貝殻が埋まっていた。aは掘り出された貝殻、bは貝殻の上の生きている貝

Photo 4 Dead shells being buried under the living clams. a: dead shells, b: living clams colonizing over the dead shells.

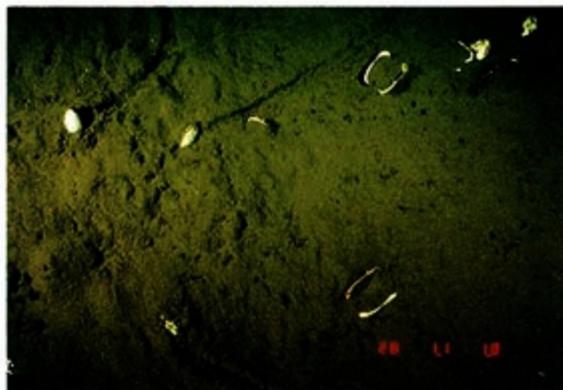


写真 5 シロウリガイの移動を示す形跡

Photo 5 Trails on the sediment showing the movement of clams.