

相模湾初島沖より得られたシロウリガイの呼吸速度

小池勲夫^{*1} 白山義久^{*1} 蒲生俊敬^{*1} 酒井 均^{*1}

相模湾初島沖の1100-1200m付近のシロウリガイ (*Calymene bairdi*) を「しんかい2000」を用いて採集し、母船「なつしま」船上で24時間以内に呼吸速度の測定を含む代謝実験を行った。シロウリガイによる酸素呼吸の実験は、現場に近い温度及び常圧で行い、溶存酸素濃度の変化は、ウィンクラー滴定法、酸素電極法及びガスクロマトグラフィー法を併用して測定した。いずれの分析方法でも、得られた呼吸速度はほぼ一致し、約 $5-16 \mu\text{mol O}_2/\text{body}/\text{hr}$ であった。さらに採取されたシロウリガイは、 $3-4^\circ\text{C}$ の条件下で数日以上、生存していることが確認された。

Respiration Rate of *Calymene bairdi* obtained from the *Calymene* Communities at the Hatsushima Site.

Isao KOIKE^{*2}, Yoshihisa SHIRAYAMA^{*2},
Toshitaka GAMO^{*2} and Hitoshi SAKAI^{*2}

The respiration rate of *Calymene bairdi* obtained from the Hatsushima site (1,100-1,200m depth) was measured at atmospheric pressure and at near in-situ temperature. The clams used in this study were collected by the "SHINKAI 2000" and recovered under near in-situ temperature. The decrease of the dissolved oxygen content during incubation of the clams in the glass or plexiglass container was measured by either the Winkler titration method or by an oxygen electrode. The gas-chromatographic method was also applied for the determination of dissolved oxygen and total carbonate concentrations in the incubation medium supplemented with sodium thiosulfate. The measured rates of oxygen consumption were in the range of $5-16 \mu\text{mol O}_2/\text{body}/\text{hr}$, irrespectively of the measuring methods applied. The clams recovered were found to live for more than 4 days under incubation at near temperature in-situ temperature.

*1 東京大学 海洋研究所

*2 Ocean Research Institute, University of Tokyo

1. はじめに

相模湾初島沖の水深1100m付近に見いだされたシロウリガイ (*Calypotgena soyoae*) 群集の分布、その周辺の地形地質構造についてはすでに詳細な報告がなされている(橋本ほか, 1987; 太田ほか, 1987; 酒井ほか, 1987) これらのシロウリガイ群集はパッチ状に分布しその生物量は湿重量換算(殻込み)で10kg/m²以上と推定され、極めて高密度で特異な生態系を構成している。シロウリガイ群集を中心とした生態系のエネルギー収支を行うためには、シロウリガイの呼吸速度等の代謝速度に関する知見が必須であるが、現在まで熱水噴出孔生態系でのシロウリガイなども含めて、バクテリアを共生させている二枚貝の代謝について測定例は極めて乏しい(Childress et al., 1986; Smith, unpublished)。

昭和62年11月相模湾初島沖水深1100-1200mに分布するシロウリガイ群集に関する第2回目の総合的調査が「しんかい2000」を用いて実施された。今回の調査には東大海洋研究所、名大水圏科学研究所、鹿児島大学水産学部、海洋科学技術センターからの研究者が参加し、4回の潜航調査(D313-D316)によってシロウリガイ群集についての生態学的、生理学的、地球化学的研究が行われた。本報告は、この総合調査のうちシロウリガイの代謝速度を実験的に測定した結果について予察的にまとめたものである。

2. 試料及び測定法

実験に用いたシロウリガイは、「しんかい2000」に装備された、電動グラブサンプラー、あるいはマジックハンドにより採集された。シロウリガイの現場における生理状態を出来るだけ保持するためには、まず温度、圧力の変化を避けなければならない。この内圧力保持に関しては技術的な問題がまだ残っているので、無視することとし、今回は保冷箱を用いて、「しんかい2000」が、浮上してからシロウリガイを船内に移すまでの水温の上昇を抑えることを試みた。保冷箱は厚さ10mmの塩ビ板で作成し、現場温度(3-4℃)に冷却した初島沖表面海水で中を満たして蓋をした状態で潜航し、現場でシロウリガイを収納した後、再び蓋をして浮上してくるという操作を行った。保冷箱

を船上に回収した後の水温の測定の結果では、箱の表面水温は18℃と同海域の表層水温付近まで上昇していたが、シロウリガイの入っていた底付近では6-7℃に保たれていた。このことはおそらくシロウリガイ採取の際に混入した堆積物による保冷効果が大きかったものと考えられる。保冷箱により船上にもたらされたシロウリガイは、採取時に機械的な損傷を受けた個体以外はほとんど生存しており、これを直ちに水温3-4℃の海水に移し、12時間以内に実験に使用した。

3. 代謝実験

シロウリガイを用いて船上で行った代謝実験の項目は、a) 酸素呼吸速度の測定、b) 呼吸に伴う炭酸ガス生成速度の測定、c) 窒素化合物の排泄速度の測定、d) チオ硫酸($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)の³⁵Sトレーサー法による酸化速度の測定の4項目である。このうち、c)、d)に関しては、現在分析中でありa)、b)についてここでは報告することにする。

シロウリガイによる酸素呼吸速度の測定はいづれもパッチ法で行ったが試水中の溶存酸素の測定には次の3つの方法を用いた。また実験に使用した濾過海水は、初島沖表面で採水した海水をGF/Fグラスファイバーフィルターで濾過したものである。

(i) 酸素電極法

シロウリガイ1個体を濾過海水を満たしたアクリル製の密閉容器(700ml)に入れ、定量ポンプにより中の試水を小型酸素電極(Rank Brothers Co.)を通して循環させ、試水中の酸素濃度の変化を連続的にモニターした(Koike and Mukai, 1983)。インキュベーションの水温: 約6.5℃、インキュベーション時間: 4-7時間、常圧で行った。

(ii) 酸素滴定法

シロウリガイを濾過水で満たした内容量約500mlの密閉容器に容れ、次に容器中の炉過海水を約700mlオーバーフローさせた後、気相を残さないように密閉し、インキュベーションを開始した。用いた濾過海水の一部を20ml容量の酸素瓶にとりウィンクラー法で溶存酸素の測定を行って実験開

始時の酸素濃度とした。インキュベーションの条件は水温：3.5–4.0°C，インキュベーション時間：6–10時間，常圧，暗条件下である。実験終了後容器中の試水をサイホンで酸素瓶に移し溶存酸素濃度の測定を再び行い酸素呼吸速度を推定した。

(iii) ガスクロマトグラフィー法

シロウリガイを内容量が750mlのアクリルチューブ容器の片方にピストンがつき，他方にサンプリングのためのコックのついた容器に入れ，濾過海水で満たした。この実験の場合，0.077Nの $^3\text{S-Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 10mlを濾過海水に加えた。コックを密閉し，30分間3.5–4.0°C，暗条件においた後，3時間から5時間おきに試水を20mlの酸素瓶にサイホンで集めた。酸素瓶中の試水に0.1N HgCl_2 0.2mlあるいは中性ホルマリン（0.5ml）を加えた後，実験室に持ち帰り，ガスクロマトグラフィーにより，溶存酸素，及び全炭酸の測定を行った（Gamo and Horibe, 1980）。

4. 結果及び考察

今回実験に使用したシロウリガイは殻長が約110–130mmであり従来このシロウリガイ群集で見いだされているシロウリガイのサイズ範囲に入ってい

る。（酒井ほか，1987）。ガラス或はアクリル容器中のシロウリガイは，ほとんどの場合実験開始後5分以内に殻を開き水管をのぞかせること，また多少の震動などを与えても殻を閉じないことが観察された。表1は酸素電極法及びウィンクラー法で測定されたシロウリガイ個体当りの呼吸速度をまとめたものである。合わせて，それぞれの貝の体積及び殻長を示してある。酸素電極法による実験測定も，ウィンクラー法による実験測定でもほぼ同様の呼吸速度が得られ，酸素電極法での平均値は $9.29 \mu\text{mol O}_2/\text{body/hr}$ に対して，ウィンクラー法での平均値は $7.88 \mu\text{mol O}_2/\text{body/hr}$ であった。ウィンクラー法の場合同じ個体を使って2回の測定を行ったが（#5），その結果はよく一致していた。また，酸素電極法では，5個体の呼吸速度が得られているが，シロウリガイの体積の大きい方がより高い呼吸活性を示す傾向が見られた。

共生細菌を持つ二枚貝，特に深海に分布するものの呼吸に関する報告は乏しいが，K.Smithはイガイの仲間の水深2670mの現場における呼吸速度を測定し $13-36 \mu\text{mol O}_2/\text{body/hr}$ の値を得ている（Williams et al., 1981）。またメキシコ湾の炭化水素化合物の吹き出し口から採集され

表1 相模湾より得られたシロウリガイ（*Calyptogena soyoe*）の呼吸速度

Table. 1 Respiration rate of *Calyptogena soyoe*, obtained from the Sagami Bay *

Method	animal #	whole volume (ml)	shell size (mm)	oxygen respiration ($\mu\text{mole O}_2/\text{body/hr}$)
Winkler method	4	74	—	11.5
	5	99	—	5.90
	5	99	—	6.25
O_2 electrode method	1	87	114	6.34
	4	74	—	5.58
	5	99	—	6.12
	6	122	116	16.2
	7	144	127	12.2

* For experimental conditions, see text.

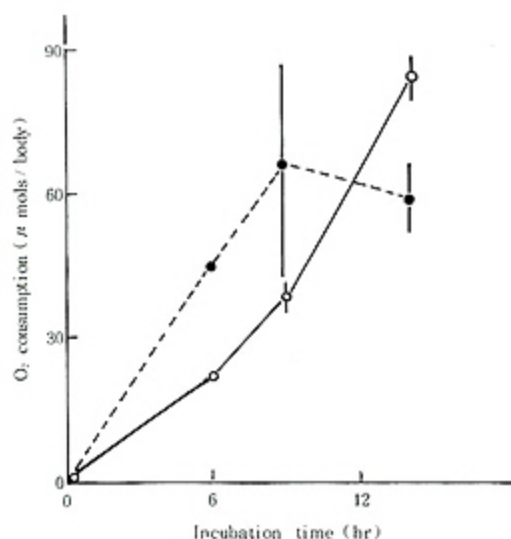


図1 チオ硫酸ナトリウムを添加した海水中におけるシロウリガイ (*Calyptogena soyoe*) の呼吸速度の時間変化 黒丸が試料#1, 白丸が試料#2で, 実験の詳細については本文参照のこと。

Fig. 1 Time courses of oxygen consumption by *Calyptogena soyoe* in the seawater supplemented with sodium thiosulfate. Closed circle : animal #1, and open circle : animal #2. For the details of incubation, see text.

たメタン細菌共生のイガイにおいて $0.24-1.2 \mu\text{mol O}_2/\text{g wet wt.}/\text{hr}$ の値が報告されている (Childress et al., 1986)。

我々がここで測定したシロウリガイの呼吸速度の値は常圧条件下のものであり, 今後現場圧力 (約100気圧) が呼吸速度, その他の代謝にどのような影響を持つのかについて検討を行う予定である。

図1にチオ硫酸を加えた実験系における, 個体当りの酸素呼吸の時間変化を示した。この実験の場合14時間までインキュベーションを行ったが, 用いたシロウリガイの殻長は#1の個体で110mm, #2で109mmとほとんど同じ大きさである。#1の場合, タイムコースの途中の点の, 測定のばらつきが大きい, ほぼ2回のサンプリングによる測定の一貫している14時間目の値を使って呼吸速度を求めると#1の個体で $4.12 \mu\text{mol O}_2/\text{body}/\text{hr}$, #2の個体で $6.26 \mu\text{mol O}_2/\text{body}/\text{hr}$ の値が得られた。これらの値は, 表1で示した酸素電極法及びウィンクラー法による測定値 ($5.58-16.2 \mu\text{mol O}_2/\text{body}/\text{hr}$) と比べるとやや低いが, インキュベーション温度の違い (図1の実験 $3-4^\circ\text{C}$: 表1の実験 $6-7^\circ\text{C}$) を考慮すると, その違いは大きくないと考えられる。このことはチ

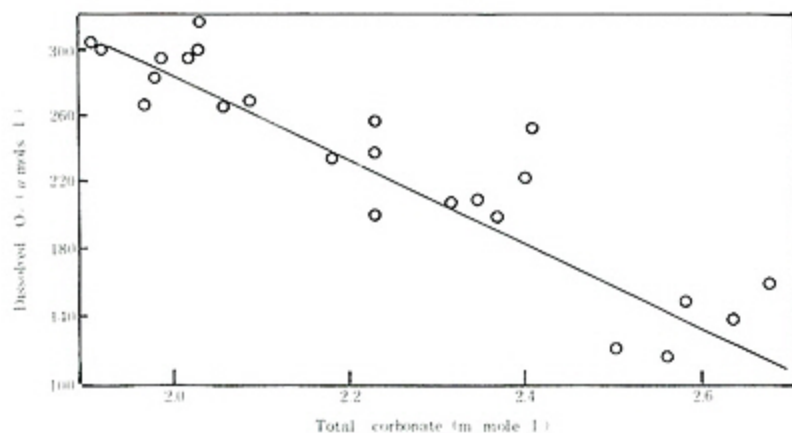


図2 シロウリガイ (*Calyptogena soyoe*) のインキュベーション中における, 試水中の溶解酸素濃度と全炭酸濃度との相関。この図より得られた直線回帰式は $Y = 750 - 231X$ ($r = -0.912$)。

Fig. 2 Correlation between dissolved oxygen and total carbonate concentrations in the medium during the incubation of *Calyptogena soyoe*. Regression line in the figure is $Y = 750 - 231X$ ($r = -0.912$).

オ硫酸の添加効果が顕著ではないことを示唆しているが、データ数がすくないため今後の³⁵Sを用いたチオ硫酸の酸化速度の測定結果を待って検討を行ないたい。

図2はガスクロマトグラフィー法による実験での、試水中の溶存酸素濃度と同時に測定された全炭酸濃度との相関を見たものである。試水中の溶存酸素濃度がインキュベーション中に呼吸によって減少するのに対応して試水中の全炭酸濃度は明らかな増加を示していることがわかる。一方溶存酸素の減少に伴う、全炭酸の増加のモル比は全体を平均すると約1:4であり、この結果は酸素呼吸による有機物分解において期待される値: CO_2/O_2 (モル/モル) = 1.0-0.7に比べて大幅に全炭酸の生成過剰となっている。ここで見いだされたシロウリガイの呼吸による酸素消費と炭酸生成との間の異常なモル量比の原因については、1) シロウリガイの殻の溶出、2) 醗酵代謝系による CO の生成等のいくつかの可能性が考えられる。試水中のCaの分析、あるいはそのものの実験を通じてこの問題についても検討を行う予定である。

謝 辞

本研究は海洋科学技術センターの「しんかい2000」による1987年11月の潜航調査(D313-D316)を使って行なわれた。実施計画を推進された同センター深海部の堀田宏 部長はじめ「しんかい2000」の運航にあたられた皆様に深く感謝致します。また、試料の採集に協力された、名古屋大学水圏科学研究所の増沢敏行氏、鹿児島大学の三浦知之氏、この初島沖のシロウリガイ群集に関する総合研究の調整役をしていただいた東京大学海洋研究所の太田 秀氏に感謝致します。

参 考 文 献

- Childress, J. J., Fisher, C. R., Brooks, J.M., Kennicutt II, M. C., Bidigare, R. and Anderson, A. E., 1986, Amethanotrophic marine molluscan (Bivalvia, Mytilidae) symbiosis: Mussels fueled by gas. *Science*, 233, 1306-1308.
- Gamo, T. and Horibe, Y., 1980, Precise determination of dissolved gases in sea water by shipboard gas chromatography. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 53, 2839-2842.
- 橋本 惇, 田中武男, 松澤誠二, 堀田 宏, 1987, 相模湾初島沖におけるシロウリガイ群集の調査, 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 37-50.
- Koike, I. and Mukai, H., 1983, Oxygen and inorganic nitrogen contents and fluxes in burrows of the shrimps *Callinassa japonica* and *Upogebia major*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 12, 185-190.
- 太田 秀, 酒井 均, 大和田紘一, 石井輝秋, 前田昌調, 藤岡換太郎, 才野敏郎, 木暮一啓, 蒲生俊敬, 白山義久, 古田俊夫, 石塚明雄, 遠藤圭子, 角 隆幸, 堀田 宏, 橋本 惇, 半田暢彦, 増沢敏行, 堀越増興, 1987, 相模湾初島沖における「シロウリガイ群集」総合調査報告 I, 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 51-60.
- 酒井 均, 蒲生俊敬, 遠藤圭子, 石橋純一郎, 柳沢文孝, 日下部 実, 赤木 右, 石塚明雄, 小寺雅子, 五十嵐丈夫, 石井輝秋, 太田 秀, 1987, しんかい2000による相模湾初島沖シロウリガイコロニーの地球化学的研究, 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 75-90.
- Williams, P. M., Smith, K. L., Druffel, E. M. and Linick, T. W. (1981). Dietary carbon sources of mussels and tubeworms from Galapagos hydrothermal vents determined from tissue ¹⁴C activity. *Nature*, 292, 448-449.

(原稿受理 1988年4月14日)