

# 眞珠貝及び眞珠の生化学的研究

## 第1報 貝殻の形成と貝の排出する炭酸ガスとの関連性

堀 口 吉 重

Biochemical Study on Pearl-oyster and Pearl

(I) Relation between Shell-formation and  $\text{CO}_2$  Excreted by Pearl-oyster

Yoshishige HORIGUCHI

### I. 緒 言

貝類の持つ介殻の生因については、18世紀の中葉まで殆ど注意されず、この殻は所謂「石の皮」として、外界からの附着物と考えられていたが、レオムール(Reaumur, 1759)がはじめて介殻は動物体からの分泌物で生命と関係があることを唱えて以来、介殻形成の機構については多くの研究が発表されている。又美しい眞珠層を持つ貝類に天然に眞珠が形成されることは相当古くから知られており、現在ではこれらの貝類を利用して、天然のものと同性質を持つ養殖眞珠を人工的に生産することが行われている。介殻と眞珠は類似の成分よりなり、その生成機構は同一原理に基くものとされているが、眞珠の生因についての研究は、眞珠の持つ価値上、介殻に比べて古くより注目され多くの業績が出ている。眞珠養殖に関する大部分の業績は眞珠質を分泌する組織細胞の生物学的研究であり、これらの組織より如何なる生化学的機構を経て眞珠質が分泌形成されるかに就いては多く追求されていない。一方介殻及び眞珠の成分組成は、 $\text{CaCO}_3$  92~93%、有機物5~6%、水分0.2~2%であり大部分が $\text{CaCO}_3$ よりなることが知られている。従つて介殻及び眞珠の形成機構を研究するに当つて $\text{CaCO}_3$ の生成分泌機構を明かにすることは極めて重要な課題の一つである。現在まで得られた介殻及び眞珠形成機構に関する知見<sup>1)</sup>を総合すると、介殻物質は外套膜周縁部に存在する細胞の作用により血液中に膠質状に存在していたCaが $\text{CaCO}_3$ として品出されるがこの品出過程は細胞外で行われる。 $\text{CaCO}_3$ は外界の媒質、食物等より得られたCaと、別に媒質中の $\text{HCO}_3^-$ 及び代謝の結果生産される $\text{CO}_2$ が利用されて $\text{CaCO}_3$ を形成し過飽和に蓄積されると沈着が行われるものと説明されている。他方、多くの眞珠養殖業者の経験的事実、及び研究者の研究結果<sup>2)</sup>によれば眞珠質分泌量は略々水温の昇降に比例し夏期は分泌旺盛であるが冬期水温が11~12°C以下に低下すれば完全に停止することが知られている。介殻の主成分である $\text{CaCO}_3$ を構成する成分中Caについて考察するに、補給源である海水中のCa含量は年間を通じて介殻分泌を停止せしめるような著しい減少は認められない。他の成分、炭酸根についても海水中の溶存量はCaと同様、季節的変化は少く、むしろ海藻の多い海域では同化作用の結果夏期程 $\text{CO}_2$ は少い傾向にある。従つて水温の昇降に伴つて排出量の増減が著しいと予測される貝の代謝 $\text{CO}_2$ が介殻形成に或程度の影響を及ぼすと推定される。本実験では介殻形成機構を解明する一方法として数種の二枚介の鰓を用い、水温の昇降による $\text{CO}_2$ 生産の量的変化を

求め、更に介殻物質分泌の最低水温を異にする3種の二枚介の鰓を用い夫々の貝の特性が水温低下により  $\text{CO}_2$  生産量に如何なる変化を与えるかを追求した。眞珠質分泌に関する最近の知見<sup>3)</sup>として眞珠質の分泌機能は外套膜の特定細胞だけにあるのではなく、具体的に或種の刺激が加えられると新に眞珠質分泌機能を獲得する可能性を示している。若し眞珠質分泌に代謝  $\text{CO}_2$  が相当量利用されるものとすれば鰓と外套膜が互に接触して存在する状態は鰓より排出する  $\text{CO}_2$  を利用するに極めて有利な位置にあり、外套膜より  $\text{CO}_2$  が全く生産されなくても克く介殻物質を分泌する事が出来る。人工的に眞珠を作る場合のように外套膜細胞を切り取り鰓の排出  $\text{CO}_2$  を直接利用し得ないと考えられる内臓表皮下に移植した場合は外套膜細胞が  $\text{CO}_2$  を生産するか、或は周囲の組織より  $\text{CO}_2$  を補給されなければ眞珠は形成されないことになる。呼吸器官の未発達な動物では表皮細胞その他呼吸器以外の組織で呼吸が補われるのは既に明な所であるが、本実験では人工的に眞珠質を分泌させるに使用している外套膜について  $\text{CO}_2$  生産量を測定した。尙各器官の  $\text{CO}_2$  生産量と眞珠質分泌力の関係については引き続き実験中である。実験に使用した二枚介の種類決定に御指導を仰いだ水産学部村山三郎教授、並に本文御校閲を賜わつた柏田研一教授に深甚なる謝意を表す。本実験費の一部は昭和25年度文部省科学研究費によつた。

## II. 実験及び考察

実験 I. 二枚介鰓の  $\text{CO}_2$  排出量と温度との関係。

### 試料

クロテフガイ. *Pinctada margaritifera*

1949年8月鹿児島県薩群島周辺で採取し鹿児島湾水産学部前海岸に垂下養殖した。貝は環境不適の爲か生長悪く一部衰弱の徴候が見られた。

ベニコテフガイ. *Pinctada fucata*

1949年8月鹿児島県薩島海鼠池で採取し、クロテフガイと同様条件下に養殖した。

イシガイ. *Lymniumdouglassiae niponense (v. martens)*

1950年1月福岡県柳川で採取し、水産学部内淡水養魚池で飼育した。

試料はいづれも眞珠質を有する二枚介類であり可能な範囲で同一条件を具備するよう注意した。クロテフガイ、ベニコテフガイは測定前1~7日間室内で水槽飼育を行い、その間毎日換水した。イシガイは測定当日池よりとり上げて用いた。剝身後鰓を完全に切りとり、測定温度に調節した緩衝液(クロテフガイ、ベニコテフガイは M/2 人工海水、イシガイはリンゲル液を使用した)に5~10分間浸漬後水切りして測定した。尙クロテフガイは鰓の一部分を、他の貝は全部を用いた。貝の年齢、性別、強弱、光線の影響等は考慮に入れなかつたが平均値に対し極端に変化のある実験値は除外した。

### 実験装置. Parker 氏法 (Fig. I)

同径同質の硬質ガラス管数本を準備し、夫々燐酸塩緩衝液 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) 10ml にフェノールレッド3滴宛加え PH 7.36~7.78 の PH 比色標準液を作り密栓する。別に同径同質のガラス管 (C) に  $\frac{N}{10,000}$   $\text{NaHCO}_3$  10ml をとりフェノールレッド3滴を加え活栓付の2本のガラス管を有するゴム栓を挿入し、且つゴム栓の下部に図の如く鰓を吊り下げる鈎をつける。

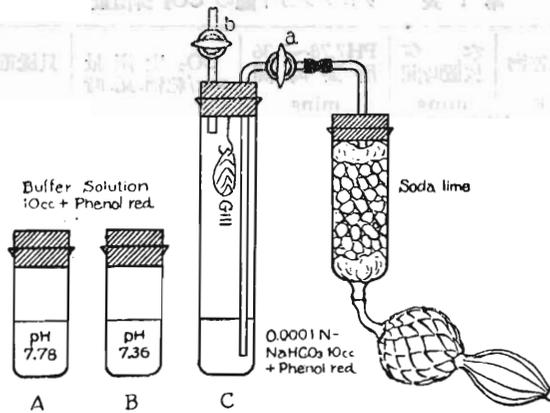


Fig. I CO<sub>2</sub> 測定装置

C管の二つの活栓を開き a を通じ CO<sub>2</sub> を含まぬ空気を送ると NaHCO<sub>3</sub> は CO<sub>2</sub> を失つて Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を生じ PH 値は漸次上昇する。色調が標準溶液 PH 7.78 と同調になつたら空気の送入を止め活栓 a, b を閉じ同時に時刻を記録する。C管を時々振盪すると鰓より排出される CO<sub>2</sub> は下の液に溶解し NaHCO<sub>3</sub> を生じ PH 値は減少するから PH 7.36 の標準溶液と同色調になる迄に要した時間を測定する。



10 ml の  $\frac{N}{10,000}$  NaHCO<sub>3</sub> を PH 7.78 から 7.36 にするに要する CO<sub>2</sub> 量は 0.0034mg (Parker の原著では 0.0066mg となつてゐるが川口氏の計算によれば 0.0034 mg<sup>1)</sup> が正しいと記載されているのでこれに従つた) であるが、呼吸室内では CO<sub>2</sub> は液中と気体中に均一に分布していると見られる故、45ml 容のガラス管を用いたとすれば生産 CO<sub>2</sub> 全量は  $0.0034 \text{ mg} \times 4.5 = 0.0153 \text{ mg}$ 。

PH の移動に要した時間を t 時間、鰓乾物重量を g 瓦とすれば無水物 1 瓦、1 時間当の排出量は  $\frac{0.0153}{g \cdot t}$  mg で算出される。尙装置全体は恒温器中に入れて一定温度を保たしめた。

### 実験結果

貝の種類及び温度別による鰓の CO<sub>2</sub> 排出量は第 1 乃至第 3 表の通りであつた。

これらの数値を図示すれば Fig I, II, IV の如くなる。又空気中の放置時間 0 分の温度別 CO<sub>2</sub> 生産量を図示すれば Fig V の如くなる。

### 考 察

鰓の CO<sub>2</sub> 排出量は空気中に放置する時間の経過と共に急激に減少し 30~60 分後では、最初の量の約 1/2 に過ぎない。従つて剝身直後の測定結果が生活時の代謝量に最も近似すると推定されるので、空気中の放置時間 0 分について考察するのが妥当である。実験結果の示す所によれば二枚介の CO<sub>2</sub> 排出量は温度の一定範囲内では温度の昇降に略々比例して増減している。殊に 20°C 以上では貝の種類に関せず同一傾向を示し、単位重量当りの CO<sub>2</sub> 排出量も近似値が得られた。20°C 以下では温度低下が CO<sub>2</sub> 排出量に及ぼす影響

第1表 クロテフガイ鰓の CO<sub>2</sub> 排出量

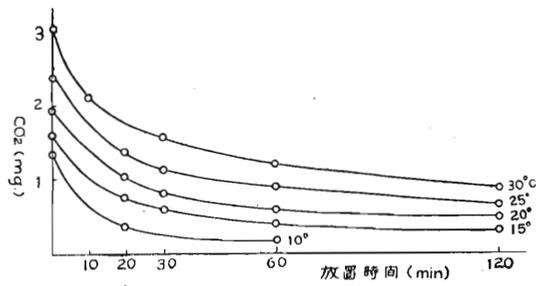
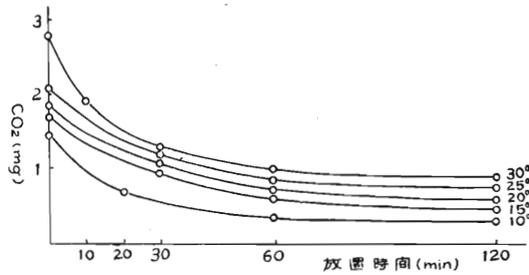
番号	温度 °C	鰓乾物 g	空 気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所 要 時 間 mins	CO <sub>2</sub> 生 産 量 mg/乾物.瓦.時	貝総重量 g	測定年月日
1	30	0.150	0	2	3.060	126.0	1950 III-19
2	"	"	10	3	2.048	"	"
3	"	"	30	4	1.530	"	"
4	"	"	60	5	1.224	"	"
5	"	"	120	7	0.873	"	"
6	25	0.050	0	8	2.295	98.0	1950 III-17
7	"	"	20	12	1.350	"	"
8	"	"	30	16	1.148	"	"
9	"	"	60	20	0.918	"	"
10	"	"	120	30	0.612	"	"
11	20	0.188	0	3	1.845	151.0	1950 III-18
12	"	"	20	5	0.977	"	"
13	"	"	30	10	0.738	"	"
14	"	"	60	17	0.621	"	"
15	"	"	120	20	0.459	"	"
16	15	0.150	0	4	1.530	116.0	1950 III-14
17	"	"	20	9	0.698	"	"
18	"	"	30	10	0.612	"	"
19	"	"	60	20	0.306	"	"
20	"	"	120	22	0.288	"	"
21	10	0.116	0	6	1.319	132.8	1950 III-16
22	"	"	20	25	0.315	"	"
23	"	"	60	62	0.126	"	"

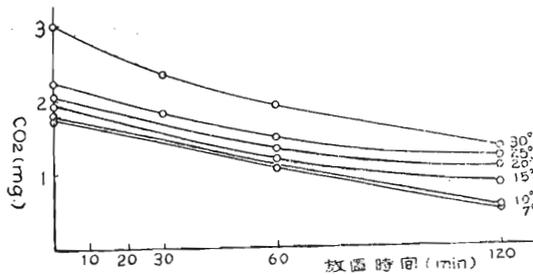
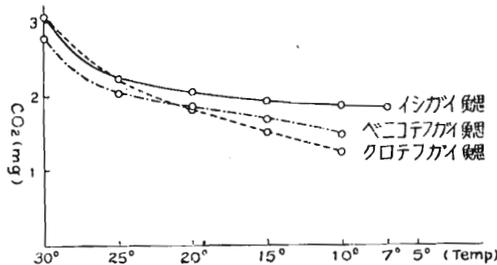
第2表 ベニコテフガイ鰓の CO<sub>2</sub> 排出量

番号	温度 °C	鰓乾物 g	空 気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所 要 時 間 mins	CO <sub>2</sub> 生 産 量 mg/乾物 瓦.時	貝総重量 g	測定年月日
1	30	0.054	0	6	2.831	21.0	1950 II-9
2	"	"	10	9	1.886	"	"
3	"	"	30	13	1.305	"	"
4	"	"	60	17	0.699	"	"
5	"	"	120	22	0.810	"	"
6	25	0.0535	0	7	2.070	29.0	1950 II-11
7	"	"	30	11	1.260	"	"
8	"	"	60	16	0.900	"	"
9	"	"	120	20	0.720	"	"
10	20	0.069	0	7	1.899	24.4	1950 II-15
11	"	"	30	12	1.107	"	"
12	"	"	60	17	0.779	"	"
13	"	"	120	25	0.531	"	"
14	15	0.0535	0	10	1.710	19.6	1950 II-17
15	"	"	30	18	0.954	"	"
16	"	"	60	25	0.675	"	"
17	"	"	120	35	0.486	"	"
18	10	0.049	0	13	1.440	18.0	1950 II-20
19	"	"	20	32	0.585	"	"
20	"	"	60	45	0.374	"	"
21	"	"	120	50	0.294	"	"

第3表 イシガイ鯧の CO<sub>2</sub> 排出量

番号	温度 °C	鯧乾物 g	空気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所要時間 mins	CO <sub>2</sub> 生産量 mg/乾物 瓦.時	貝総重量 g	測定年月日
1	30	0.015	0	20	3.060	4.8	1950 Ⅱ-26
2	"	"	30	25	2.430	"	"
3	"	"	60	30	2.025	"	"
4	"	"	120	45	1.350	"	"
5	25	0.024	0	17	2.250	9.9	1950 Ⅱ-2
6	"	"	30	20	1.913	"	"
7	"	"	60	25	1.530	"	"
8	"	"	120	30	1.274	"	"
9	20	0.027	0	16	2.115	10.8	1950 Ⅱ-7
10	"	"	60	25	1.350	"	"
11	"	"	120	30	1.125	"	"
12	15	0.023	0	20	1.980	5.95	1950 Ⅱ-13
13	"	"	60	35	1.215	"	"
14	"	"	120	55	0.788	"	"
15	10	0.013	0	38	1.845	2.9	1950 Ⅱ-10
16	"	"	60	52	1.125	"	"
17	"	"	120	120	0.509	"	"
18	7	0.018	0	28	1.823	7.6	1950 Ⅱ-5
19	"	"	60	40	1.134	"	"
20	"	"	120	90	0.567	"	"

Fig. Ⅱ クロテフガイ鯧 CO<sub>2</sub> 排出量Fig. Ⅲ ペニコテフガイ鯧 CO<sub>2</sub> 排出量

Fig. IV イシガイ鰓 CO<sub>2</sub> 排出量Fig. V 貝鰓の空气中放置時間0分に於ける CO<sub>2</sub> 排出量

は貝の種類によつて明かに相違が見られる。貝の種類によつて貝殻物質分泌の最低水温は夫々限界点を異にし更に分泌開始期と停止期では多少水温に差が見られる。アコヤガイ<sup>2)</sup> *Pinctada martensu* に例をとると分泌開始水温は 14°C, 分泌停止水温は 10.7°C であるが此の現象は他の貝類にも起るものと推定される。実験に使用した貝類の分泌限界水温について見ると、クロテフガイ 16~18°C, ベニコテフガイ 11~14°C, イシガイ 10°C 以下にあるが、これらの性質と各温度における CO<sub>2</sub> 排出量には一定の相関係が認められた。即ち温度低下に伴つて、介殻物質分泌停止温度の最も高いクロテフガイは温度低下に比例して CO<sub>2</sub> 排出量も減少する。分泌停止温度の最も低いイシガイは温度下降による CO<sub>2</sub> 排出量の減少は非常に緩慢であり低温度でも尙相当量の CO<sub>2</sub> を生産した。クロテフガイとイシガイの中間的性質を持つベニコテフガイは CO<sub>2</sub> 排出量の減少も両者の中間に位した。これらの実験結果より直ちに介殻形式に排出 CO<sub>2</sub> が直接利用されるとは断定出来ないが、鰓の CO<sub>2</sub> 発生機能と介殻の形成と言う二つの現象が、温度低下と言う共通の一つの条件によつて同じような状態で妨害されるのは、此の二つの現象の間に或る聯関の存在することを想像してもよい。

#### 実験 II. 外套膜の CO<sub>2</sub> 排出量

実験 I と同一の装置を用い、同様の方法でクロテフガイ、ベニコテフガイ、イシガイの外套膜について CO<sub>2</sub> 排出量を測定し、第 4~6 表の結果を得た。

#### 実験結果

第4表 クロテフガイ外套膜の CO<sub>2</sub> 排出量

番号	温度 °C	試料乾物 g	空 気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所要時間 mins	CO <sub>2</sub> 生 産 量 mg/乾物 瓦時	貝総重量 g	測定年月日
1	30	0,269	0	20	0,171	150	1950 Ⅲ-24
2	"	"	30	35	0,113	150	"

第5表 ベニコテフガイ外套膜の CO<sub>2</sub> 排出量

番号	温度 °C	試料乾物 g	空 気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所要時間 mins	CO <sub>2</sub> 生 産 量 mg/乾物 瓦時	貝総重量 g	測定年月日
1	10	0,050	0	30	0,612	31,0	1950 Ⅲ-27
2	"	"	60	35	0,408	31,0	"

第6表 イシガイ外套膜の CO<sub>2</sub> 排出量

番号	温度 °C	試料乾物 g	空 気 放置時間 mins	PH7.78~7.36 所要時間 mins	CO <sub>2</sub> 生 産 量 mg/乾物 瓦時	貝総重量 g	測定年月日
1	7	0,063	0	10	1,443	8,55	1950 Ⅲ-28
2	"	"	40	40	0,359	"	"
3	"	"	50	50	0,287	"	"

## 考 察

測定温度はクロテフガイ 30°C, ベニコテフガイ 10°C, イシガイ 7°C の3例のみで、これら少数の結果より直ちに外套膜全般についての結論は得られないが、同温度の鰓 CO<sub>2</sub> 排出量と比較すれば、クロテフガイでは外套膜は鰓の  $\frac{1}{18}$ , ベニコテフガイでは約  $\frac{1}{2}$ , イシガイでは  $\frac{1}{1.8}$  の排出量を示した。クロテフガイ, ベニコテフガイ外套膜の CO<sub>2</sub> 排出量がこの実験結果のように、それらの鰓が介殻分泌停止水温において排出する CO<sub>2</sub> 量より少量であれば、外套膜細胞移殖による眞珠形成の際、移殖細胞より排出する一定量以上の CO<sub>2</sub> が CaCO<sub>3</sub> 沈着にとり不可欠条件の一つであるという推定は成立しない。しかし本実験の結果は次の二点を考慮する必要がある。即ち 1) CO<sub>2</sub> 排出速度は組織の表面積に比例するがイシガイの外套膜に比べてクロテフガイ外套膜は非常に肥厚しており、この傾向はクロテフガイ, ベニコテフガイ, イシガイの順に減少し、イシガイでは鰓と外套膜の厚さに大差はない。2) 測定時期が冬期であるためクロテフガイ, ベニコテフガイは冬眠状態に入っており斯る生理状態下では外周温度を急激に上昇させても5~10分間位の短時間では代謝機能は正常に回復しない。このことは多少とも CO<sub>2</sub> 代謝を行っている鰓に比べて介殻物質を分泌せず全く冬眠状態にある外套膜に特に著しいと思われる。上述の理由によりクロテフガイ, ベニコテフガイ外套膜の CO<sub>2</sub> 生産量は低い値が得られ、イシガイは正常状態にあるため外套膜は鰓と略々同程度の CO<sub>2</sub> 排出をなし得たとすれば、外套膜細胞移殖による眞珠形成に外套膜細胞の排出する CO<sub>2</sub> が参与する可能性はある。これらについては代謝機能が正常に営まれている夏期に改めて追試確認する予定である。

### Ⅱ. 要 約

- 1) クロテフガイ, ベニコテフガイ, イシガイの鰓より排出される  $\text{CO}_2$  を測定した.
- 2)  $\text{CO}_2$  排出量は略々温度の昇降に比例して増減する.
- 3)  $20^\circ\text{C}$  以下に於いて, 温度降下に伴う  $\text{CO}_2$  排出量の減少程度は貝殻形成の最低限界水温の高いクロテフガイに於ける方が, 最低限界水温の低いイシガイに於けるよりも著しい.
- 4) 低温下に於て介殻物質の分泌が衰えるのは, 介殻の主成分たる  $\text{CaCO}_3$  の生成に関与すると思われる鰓の  $\text{CO}_2$  排出量が低温下に於て減少することに, その原因の一部があるものの様に考えられる.
- 5) 外套膜も相当量の  $\text{CO}_2$  排出機能を持つ.

### R é s u m é

1. Author measured  $\text{CO}_2$  amount excreting from gill of *Pinctada margaritifera*, *Pinctada fucata* (gould) and *Lymnium douglasiae nipponense* (v. *martens*).
2. Excreted  $\text{CO}_2$  increased and decreased proportionally to temperature.
3. When the temperature was lower than  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$  excreted from *Pinctada margaritifera* which did not secrete the shell-substances at lower temperature was much smaller than that from *Lymnium douglasiae nipponense* which secreted the shell substances even at lower temperature.
4. Secretion of shell-substances stopped because of lower temperature, and he knew the next result, that above mentioned phenomenon was related to the excreted  $\text{CO}_2$  gas which was supposed to do the formation of  $\text{CaCO}_3$  in vivo.
5. Even mantle had excretive function of  $\text{CO}_2$ .

### 文 献

1. 沼野井春雄: 1948, 塩の生理化学.
2. 小林新二郎: 1951, アコヤ貝に於ける再生試験から見た介殻形成の勾配と年変化, 眞珠の研究, 第2巻, 第1,2号.
3. 山口正男: 1951, 眞珠貝及び珠貝及び眞珠とその生産.
4. Parker, G. H.: The Production of Carbondioxide by nerve. Jour. Gen. Physiol., 7, 5, 1925.
5. 山本時男: 動物生理の実験.