# 国立真珠研究所報告

22

昭和53年(1978)8月

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

22

August 1978

# 国立真珠研究所報告 22 (1978)

#### 内 容

矢	野		勳	アコヤガイおよびカキ体液のアミノ酸組成
船	越	将		アコヤガイ血球の細胞電気泳動度について
伊	藤	克	彦	アコヤガイの代謝・成長量からみた養殖深度の特徴
伊	藤	克	彦	英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイの栄養環境について2363
伊菔	東克彦	5 . 7	水本3	朗 英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイのへい死について2383
ЦГ	コー登	R	軍尾卫	澄 中層垂下養殖法と海底養殖法におけるアコヤガイの活力
				の比較

#### 学会誌等発表論文

 須賀昭一・和田浩爾・小川正昭 サメの形成期ならびに成熟した enameloid の石灰化像と弗素分布
 和 田 浩 爾 電子顕微鏡の真珠研究への応用
 和 田 克 彦 大西洋産二枚貝三種の染色体核型: Isognomon alatus, Pinctada imbricata および Argopecten irradians irradians

\* 国立真珠研究所報告最終刊のお知らせ (p. 2325)

#### お知らせ

農林省設置法が改正され、農林省は昭和53年7月から農林水産省として発足しました。 この法の改正により、真珠研究所、淡水区水産研究所および東海区水産研究所増殖部が 廃止され、昭和54年3月1日から養殖研究所として発足することに決定しました。

したがって、昭和31年発刊以来24年間に251の研究論文を掲載しました国立真珠研究所 報告も本刊(22号)が最終刊となり、昭和54年度からは養殖研究所研究報告として発足す ることになります。

真珠研究所長 杉 本 仁 弥

### ANNOUNCEMENT ON THE LAST ISSUE OF THE BULLETIN OF THE NATIONAL PEARL RESEARCH LABORATORY

Accrding to the reorganization of our research system, the National Pearl Research Laboratory has cesed to exist as a separate unit and has joined the National Research Institute of Aquaculture which will start on March 1st, 1979. Simultaneously, the Bulletin of the National Pearl Research Laboratory will no longer be published, and the present issue, No. 22, is the last one in this series.

Looking back at the 22 years of the Bulletin's history, 251 articles have been published in the fields of biology, biomineralogy, biochemistry and environmental science, concerned with the pearl culture in Japan. After this, these works will be done in the National Research Institute of Aquaculture.

Hitomi Sugimoto

# アコヤガイおよびカキ体液のアミノ酸組成

# 矢 野 勲\*1 国立真珠研究所

軟体動物,特に二枚貝類の体液中のアミノ酸および蛋白質に関する生理学的研究は生物 学的に極めて興味ある問題を含み,それによって体液のもつ機能の一端が明確になると考 えられる。しかし,この問題に関する従来の研究の多くはヘモシアニンおよびヘモグロビ ン(Read, 1966; Ghiretti, 1966, 1972)について行われたものであり,この他総蛋白質量 に関し二,三の報告(矢後ら, 1959; 植本, 1970)があるが,体液のアミノ酸組成につい ては極めて少なく,著者の知る限り,Kenny (1964)のカキでの報告のみである。

本研究は二枚貝類の体液に関する生理学的研究の一環として,アコヤガイおよびカキを 用い,性別ならびに採血部位を考慮して体液のアミノ酸組成を検討し,二,三の知見を得 たので報告する。

なお,報告に先立ち,アコヤガイおよびカキ体液の採液にご協力を頂いた国立真珠研究 所町井昭博士に対し,深甚なる感謝の意を表する。また本稿のご校閲を賜わった本研究所 杉本仁弥所長ならびに同町井昭博士にお礼申し上げる。

#### 材料と方法

試料: 材料は英虞湾内で垂下養成したアコャガイ Pinctada fucata とマガキ Crassostrea gigas で, 両種とも4年生貝を使用した。体液は1975年1月29日アコャガイでは心臓と足



Fig. 1. Diagram of the pearl oyster showing the regions of both the heart and foot that the body fluids were withdrawn.

\* Isao Yano. Amino acid composition of the body fluids in *Pinctada fucata* and *Crassostrea* gigas. With English summary, p. 2331. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 22: 2327-2331.

† 国立真珠研究所業績 No. 246 (国立真珠研報22:2327-2331. 昭和53年 8 月)

部とに分けて採液し(Fig. 1),カキについては心臓から採液したものをそれぞれ 試料とした。両種とも1個体から採液できる体液の量が少ないため、アコヤガイでは40個体分、 カキの雄では2個体分、カキの雌では7個体分の体液を集めた。なお、カキでは採液時に 性を判別できたので雌雄別とし、アコヤガイは性の判別ができなかったため性別に分けず に採液した。採液した体液は直ちに 3000rpm で15分間遠心し、その上澄みをアミノ酸分 析に供した。

**アミノ酸分析**:各試料に等量の 12N 塩酸を加え,脱気後封管し110℃で22時間加水分 解した後,蒸発乾固をくりかえして塩酸を除いたものを pH2.2 のクエン酸緩衝液に溶解 して日立 KLA—5 型アミノ酸分析計で分析した。

#### 結 果

Table 1 にアコヤガイおよびカキ体液のアミノ酸の種類とそのモル濃度を示した。心臓 から採液したカキ体液のアミノ酸の種類は雌で17種認められたが、雄ではシスチンが検出 されず16種が認められた。アコヤガイについては足部から採液した体液で17種、心臓から の体液ではシスチンが検出されず16種のアミノ酸が認められた。各アミノ酸の濃度をみる と、カキ体液は性別で著しく異なっていた。すなわち、トレオニン、セリン、グルタミン 酸、プロリン、グリシン、アラニン、バリン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニンお

Materials	Body fluid ( $\mu$ mole/d $l$ )							
	P. fu	icata	С. g	igas				
Amino acids	heart	foot	male*	female*				
Aspartic acid	107.2	98.2	307.0	302.4				
Threonine	56.0	52.1	386.4	101.0				
Serine	46.0	43.8	142.7	89.9				
Glutamic acid	94.4	90.5	317.5	190.0				
Proline	33.2	30.7	195.1	85.3				
Glycine	63.3	56.3	358.1	186.7				
Alanine	57.2	51.8	317.4	151.7				
Cystine (half)		24.3		34.6				
Valine	62.0	52.4	148.4	80.2				
Methionine	9.6	18.8	35.3	25.9				
Isoleucine	46.4	38.7	194.7	124.3				
Leucine	67.2	57.9	257.4	157.6				
Tyrosine	30.7	38.4	98.3	24.4				
Phenyalanine	32.0	26.2	108.0	61.7				
Lysine	35.5	36.1	16.5	16.6				
Histidine	38.4	43.2	289.2	191.9				
Arginine	26.8	27.5	98.2	83.0				

Table 1. Amino acid composition of body fluids in Pinctada fucata and Crassostrea gigas.

\* body fluid removed from heart

よびヒスチジンの11種のアミノ酸のモル濃度はいずれも雄が雌の1.5~3.8倍の高い値を示 した。これに対し、アスパラギン酸、リジンおよびアルギニンは雌雄でほぼ同じ濃度を示 した。アコヤガイでは、アスパラギン酸、トレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、 グリシン、アラニン、バリン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 リジン、ヒスチジンおよびアルギニンの15種のアミノ酸は足部、心臓ともほぼ同じ濃度を 示した。

Table 2 にカキおよびアコヤガイの体液に含まれる総アミノ酸残基量1000に対する 各 アミノ酸残基量の割合を示した。心臓から採液したカキ体液中の各アミノ酸残基量の割合 はアスパラギン酸で雌は雄の約1.6倍,トレオニンとチロシンでは雄は雌の2倍強もあり, これら3種のアミノ酸は雌雄で著しく異なっていた。しかし,雄に検出されなかったシス チンを除いて,セリン,グルタミン酸,プロリン,グリシン,アラニン,バリン,メチオ ニン,イソロイシン,ロイシン,フェニルアラニン,リジン,ヒスチジンおよびアルギニ ンの13種のアミノ酸残基量の割合は雌雄ともほぼ同じ値を示した。カキ体液は雌雄ともア スパラギン酸,トレオニン、グルタミン酸およびヒスチジンの4種のアミノ酸の残基量が 全残基量の約44%を占め,リジンは最も低い割合を示した。アコヤガイ体液は足部,心臓 ともアスパラギン酸,グルタミン酸が多く,これら2種のアミノ酸で全残基量の25%前後 を占め,次いでロイシン,トレオニン,バリン,イソロイシン,チロシン,フェニルアラ

Materials	Body fluid									
Amino acids	P. heart	fucata foot	C. z male*	g <i>igas</i> female*						
Aspartic acid	138.4	124.2	101.1	163.7						
Threonine	63.5	57.9	111.8	48.0						
Serine	45.0	41.9	35.5	36.8						
Glutamic acid	136.7	128.5	117.3	115.4						
Proline	36.2	32.7	54.2	38.9						
Glycine	40.5	35.3	58.4	50.1						
Alanine	45.6	40.4	64.5	50.7						
Cystine (half)		59.4		36.1						
Valine	69.0	57.1	42.1	37.4						
Methionine	14.1	27.2	13.2	16.0						
Isoleucine	58.9	48.1	63.0	66.1						
Leucine	85.3	72.0	83.3	83.9						
Tyrosine	56.2	68.8	45.9	18.7						
Phenylalanine	52.8	42.4	45.5	42.7						
Lysine	51.0	50.9	6.0	10.0						
Histidine	59.0	65.1	113.5	123.8						
Arginine	47.1	47.2	43.9	61.0						

Table 2. Amino acid composition of body fluids in *Pinctada fucata* and *Crassostrea gigas*. (amino acid residues per 1000 total residues)

\* body fluid removed from heart

ニン, リジンおよびヒスチジンが多く, これら10種のアミノ酸で全残基量の約70%を占め, メチオニンは最も低い割合を示した。いっぽう, シスチンについてみると, このアミノ酸 が認められるカキの雌ではバリン, プロリン, セリンとほぼ同じ割合で含まれている。

#### 考 察

二枚貝類の体液のアミノ酸については Kenny (1964) がカキの心臓から採液した体液 をペーパークロマトグラフィーで分析し、遊離アミノ酸は検出されず、6N の塩酸で加水分 解した体液にはシスチン、フェニルアラニン、パリン、チロシン、プロリン、グリシン、 グルタミン酸およびセリンの8種のアミノ酸が検出されることを報告している。本実験で はアコヤガイおよびカキ体液に16種から17種のアミノ酸が検出された。カキの体液におい てトレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、バリン、ロイシ ン、チロシン、フェニルアラニンおよびヒスチジンの11種のアミノ酸は雄の方がいずれも 高い濃度を示したが、含まれる体液アミノ酸濃度の多寡が常に性別に関係して左右される のかあるいは他の要因で左右されるのか現在不明であり、今後は性別はもちろんのこと採 液部位、季節、成熟等の要因を考慮して検討する必要があろう。また、アコヤガイは採液時 に性を判別することが出来なかったが、今回分析した値を仮に雌雄の平均値として、そのモ ル濃度をカキと比べた場合、明らかにカキの方がアコヤガイよりもアミノ酸濃度は高かっ た。この傾向はカキ体液の蛋白質量(234±74 mg/dl)を報告している矢後ら(1959)の研究 とアアコヤガイのそれ(22-42 mg/dl)について報じた植本(1970)の結果と一致する。

#### 要 約

アコヤガイ Pinctada fucata およびマガキ Crassostrea gigas の体液のアミノ酸組成を 調べた。

1. 心臓から採液したカキ体液のアミノ酸の種類は雌で17種, 雄ではシスチンが検出さ れず16種が認められた。アコヤガイでは足部から採液した体液で17種, 心臓からの体液で はシスチンが検出されず16種のアミノ酸が認められた。

2. カキ体液は雌雄ともアスパラギン酸、トレオニン、グルタミン酸およびヒスチジン の4種のアミノ酸の残基量が全残基量の約44%を占め、リジンは最も低い割合を示した。 アコヤガイ体液は足部、心臓ともアスパラギン酸、グルタミン酸が多く、両種のアミノ酸 で全残基量の25%前後を占め、次いで、ロイシン、トレオニン、バリン、イソロイシン、 チロシン、フェニルアラニン、リジンおよびヒスチジンが多く、これら10種のアミノ酸で 全残基量の約70%を占め、メチオニンは最も低い割合を示した。

3. カキ体液はトレオニン, セリン, グルタミン酸, プロリン, グリシン, アラニン, バ リン, ロイシン, チロシン, フェニルアラニンおよびヒスチジンの11種のアミノ酸のモル 濃度がいずれも雄は雌の1.5~3.8倍の高い濃度を示したのに対し, アスパラギン酸, リジ ンおよびアルギニンは雌雄でほぼ同じ濃度を示した。

#### 矢野-アコヤガイおよびカキ体液のアミノ酸組成

#### Summary

Amino acid composition of the body fluids of the pearl oyster, *Pinctada fucata*, and the oyster, *Crassostrea gigas*, was investigated. Sixteen to seventeen amino acids were determined in the body fluids obtained from the two species by the ion exchange column chromatographic method. In the oyster the body fluid removed from the heart of male showed a higher value of amino acids, threonine, serine, glutamic acid, proline, glycine, alanine, valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine and histidine as compared with those of female. The body fluids removed from the heart and the foot of the pearl oyster have high amounts of aspartic acid and glutamic acid, threonine and histidine. The male oyster contained no cystine.

#### 文 献

Ghiretti, F. 1966. Molluscan Hemocyanins. in "Physiology of Mollusca" (Academic Press) . II: 233-248.

Ghiretti, F. and Ghiretti-Magaldi, A. 1972. Respiratory Proteins in Mollusks. in "Chemical Zoology" (Academic Press) VII: 201-217.

Kenny, M. T. 1964. The in vitro maintenance of oyster cardiac tissue in undefined and chemically defind media. University Microfilms Inc. Ann. Arbor, Michigan: 1-97.

Read, K.R.H. 1966. Molluscan Hemoglobin and Myoglobin. in "Physiology of Mollusca" (Academic Press) II: 209-232.

植本東彦 1970. アコヤガイの成長と生理的指標について。国立真珠報15:1863-1873.

矢後長純・永瀬金一郎・山口正弘・高槻俊一 1959. カキの体液の化学成分に関する研究 I. マガキ (Gryphea gigas)の血液及び囲心腔液に含まれる蛋白質。動雑68:8-11. アコヤガイ血球の細胞電気泳動度について\*,†

#### 船越将二

#### 国立真珠研究所

電解質溶液中に細胞を懸濁させて通電する時,細胞表面が負に荷電しているため,細胞 は陽極に向って泳動するので,この時の泳動速度を測定して細胞表面の荷電状態を推定す るのが細胞電気泳動法であり,細胞の種類によるその表面荷電の相違が泳動速度の差とし て現れる(島尾,1973)。しかし同じ種類の細胞についても泳動度は常に一定のものでは なく,細胞の機能と分化に伴って変化するものであり (小島,1973,1974),また各種の 人白血病末梢白血球の細胞電気泳動像には特徴的なパターンが存在することが知られてい る(穴戸,1972)。

軟体動物に属する貝類の造血に関しては、ほとんど解明されてなく、血球の分類は一般 に形態学的特徴に基ずいてなされており、これらの血球の細胞電気泳動度についての測定 例を知らない。今回はアコヤガイを用いて、主として形態学的特徴に基ずいて分類された 血球ごとの泳動度を調べた。

稿を草するにあたり有益な助言をいただいた奈良県立医科大学小島清秀教授ならびに真 珠研究所養殖研究室長町井昭博士に感謝の意を表します。

#### 材料および方法

三重県英虞湾多徳島前の海面下2m層に垂下養殖した愛媛県産満3年貝を用いて,1977 年9月30日-10月31日に測定した。

血リンパ液は1貝あたり0.5—1.0mlの量を開殻後15分間以内に心室から注射器で取り, 1回の測定には10貝を用い,それぞれの貝から取った血リンパ液は混合した。採取した血 リンパ液は1000rpm で5分間遠心沈澱させ、上澄をすてた後,Table 1の泳動液に懸濁 させて血球を洗滌し,1200rpm で8分間遠心沈澱させ上澄をすてた。次いで,細胞数が 0.7—3×10<sup>7</sup>/ml になるように泳動液に再び懸濁させて、血球懸濁液を調整した。採血か ら測定までは低温(4—10°C)に保ち,採血後2時間以内に測定を完了した。1回の測定 ごとに無顆粒血球,粗大顆粒血球および微小顆粒血球についてそれぞれ20—40個を測定し, あわせて5回測定した。

泳動度は Zeiss 製の Cytopherometer (白金電極)を用いて 25±0.5℃, 10mA の条件 で測定した。泳動液の pH は7.1, イオン強度は0.10である。

<sup>\*</sup> Shoji Funakoshi. Electrophoretic mobility of the hemocytes of the pearl oyster, *Pinctada fucata*. With English summary, P. 2336. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 22: 2333-2336. 1978.

<sup>†</sup> 国立真珠研究所業績 No. 247 (国立真珠研究所報告 22:2333-2336. 昭和53年 8 月)

А	Dextrose-buffer solution						
	Ingredient	Amount per 100 ml					
	Dextrose	16.2 g					
	M/7 sodium barbiturate	10 ml					
	M/7 sodium acetate	10 ml					
	0.1N HCl	11 ml					
В	Salt solution after Cameron						
	Ingredient	Gram per liter					
	NaCl	27.27					
	KCI	0.76					
	CaCl <sub>2</sub>	1.22					
	MgCl <sub>2</sub>	2.36					
	MgSO <sub>4</sub>	3.44					
Mixtu	ire rate						
A	9 parts						
В	1 part						

Table 1 Electrophoretic medium

結果および考察

アコヤガイの血球の泳動度を5回測定し、その値を Table 2 に示した。また、5回の 測定値を総合して血球の種類別に泳動度の度数分布を示したのが Fig. 1 である。



Fig. 1 Distribution of electrophoretic mobilities of each hemocyte type. The abscissa represents electrophoretic mobility (E. P. M.), the ordinate does the frequency for the hemocytes measured. AH, agranular hemocyte; CGH, coarsely granular hemocyte; FGH, finely granular hemocyte.

Hemocyte type	Agranular hemocyte	Coarsely granular hemocyte	Finely granular hemocyte
	$-0.33 \pm 0.08$	$-0.40 \pm 0.05$	$-0.65 \pm 0.02$
	$-0.32 \pm 0.05$	$-0.39 \pm 0.03$	$-0.65 \pm 0.02$
Mean ± standard deviation	$-0.27 \pm 0.04$	$-0.41 {\pm} 0.05$	$-0.65 \pm 0.04$
deviation	$-0.29 \pm 0.06$	$-0.40 \pm 0.06$	$-0.64 \pm 0.03$
	$-0.27 \pm 0.06$	$-0.40 \pm 0.05$	$-0.65 \pm 0.04$
Total mean	-0.29	-0.40	-0.65

Table 2 Electrophoretic mobility of hemocytes. Mobility is expressed as  $\mu/\text{sec}/\text{V/cm}$ .

無顆粒血球 (AH)の 泳動度は総平均値  $-0.29 \mu/\text{sec/V/cm}$  で3種類の血球中で最も低い値を示し、 $-0.18 \sim -0.59 \mu/\text{sec/V/cm}$ の範囲に分布しており、特に平均値から高速度方向への分散化が認められ、この高速度の泳動を示す無顆粒血球には小形のものが多く観察された。また、無顆粒血球の泳動度の分布は粗大顆粒血球(CGH)および微小 顆粒血球(FGH)の分布と重なり合う部分があった。粗大顆粒血球の泳動度は総平均値 $-0.40 \mu/\text{sec/V/cm}$ で3種類の血球のうちで中間の値を示し、 $-0.27 \sim -0.54 \mu/\text{sec/V/cm}$ の範囲に分布した。 微小顆粒血球の泳動度は総平均値  $-0.65 \mu/\text{sec/V/cm}$ で3種類の血球中で最も速く、 $-0.55 \sim -0.72 \mu/\text{sec/V/cm}$ の範囲に分布し、粗大顆粒血球の分布と重なり合うことはなかった。

Fig. 1 に示したように、 3 種類の血球の泳動度はそれぞれ正規分布をしているとみ な すことができ、それぞれの分布の山は分離している。さらに t 検定の結果 5 回の測定値す べてに、3 種類の血球相互の間に有意の差(P<0.5%)が認められた。これらのことから、 主として形態学的特徴に基ずいて分類された 3 種類の血球は、その泳動度からも、それぞ れ異なる細胞群であると認めることができよう。

粗大顆粒血球は細胞質中に密に粗大顆粒のみを含んでいるものが多いが、少数の微小顆 粒や屈折率の高い顆粒をあわせ含むものも観察され、微小顆粒血球は微小顆粒のみを含む。 この両顆粒血球の間には微小顆粒が共通して含まれる場合があることから、両種の血球は 本来同じ種類のものであり、ただ成長段階のちがいであるという考え方もできるが、両血 球の間には食作用の有無および血球の大きさに相違があることから機能的に異なる血球と 考えた(船越, 1974)。両顆粒血球を泳動度からみると、もし成長にともなう移行関係が あるならば、泳動度の分布には両血球の間に重複する部分が当然あると考えられる。しか し、実際にはそういうことは起らず、互にはっきり分離した正規分布を示すことから考え て、両顆粒血球の間には移行関係が存在する可能性は少ないと推察される。

哺乳類の細胞の泳動度測定にあたっては、器具のチェックならびに泳動度補正のために 標準細胞としてラット赤血球が用いられている。海産貝類の体液の塩分濃度は海水のそれ とほぼ等しく(Robertson, 1966),脊椎動物の体液にくらべて浸透圧が著るしく高いた めに、本実験の泳動液には Dextrose を添加して浸透圧を調節した(Table 1)。このよう な高浸透圧溶液中ではラット赤血球は使用できなかったので、今回の測定には標準細胞を 用いていないが、Table 2 に示したように比較的再現性の高い測定結果が得られたことか ら、血球の種類相互間の泳動度の比較はできたものと考える。

アコヤガイの3種類の血球中で、微小顆粒血球の泳動度はその分散が最も小さく、また 測定値(平均値)も再現性が最も高かった(Table 2, Fig. 1)ことから、今後行う海産貝 類の細胞電気泳動度測定にあたり、アコヤガイの微小顆粒血球を標準細胞として実験を進 めることとしたいが、微小顆粒血球の細胞電気泳動度と貝の年令ならびに季節的な変化と の関係について、なお若干の検討の余地が残されているので、アコヤガイ以外の貝から標 準細胞が得られるかということとあわせて今後追求する。

#### 耍 約

1. アコヤガイの血球の細胞電気泳動度を測定した。

2. 主として形態学的特徴に基ずいて分類された3種類の血球,すなわち無顆粒血球, 粗大顆粒血球,および微小顆粒血球はそれぞれ異なる細胞電気泳動度を示した。

3. 細胞電気泳動度は微小顆粒血球が最も高く,無顆粒血球は最も低く,そして粗大顆 粒血球はそれらの中間に近い値を示した。

4. 海産貝類の細胞電気泳動度測定にあたり、アコャガイの微小顆粒血球を標準細胞と して用いることについて論議した。

#### Summary

The electrophoretic mobility of the hemocytes of the pearl oyster, *Pinctada fucata*, was measured by the method of cell electrophoresis using a cytopherometer.

The three types of hemocytes: agranular hemocytes, coarsely granular hemocytes and finely granular hemocytes, which are mainly classified according to their morphological feature, possess characteristic electrophoretic mobilities, respectively. That is, agranular hemocytes possess the lowest electrophoretic mobility, coarsely granular hemocytes have faster electrophoretic mobility than that of agranular hemocytes, and finely granular hemocyses show the highest electrophoretic mobility.

Finely granular hemocytes might be used as a standard cell on the measurement of cell electrophoretic mobility of marine molluscs.

#### 文 献

船越将二 1974. アコヤガイの血球について、 国立真珠研報 18:2140-2147.

小島清秀 1973・細胞の機能と分化に伴う細胞表面荷電の変化・細胞電気泳動実験法(山田喬編),文 光堂 pp. 109-113.

小島清秀 1974. 細胞の表面荷電と表層構造. 生物物理 14(5):18-27.

Robertson, J. D. 1966. Osmotic and ionic regulation. *in* 'Physiology of Mollusca I' (ed. by Wilbur, K.M. and Yonge, C.M.), Academic Press, pp. 283-312.

島尾和男 1973. 電気泳動現象の物理化学的原理 .細胞電気泳動実験法(山田喬編),文光堂 pp 11-33.

六戸英雄 1972. 細胞電気泳動,最新医学 27(3):606-611.

# アコヤガイの代謝・成長量からみた

# 養殖深度の特徴\*,†

#### 伊藤克彦

#### 国立真珠研究所

垂下式貝類養殖の有効で適切な生産管理を行なうためには,漁場の各深さのもつ生態学 的特徴を把握し,その特徴を養殖過程の中で効果的に利用することが必要である。

本報告では,真珠漁場の各深さのもつ特徴をアコヤガイの成長と代謝をもとに明らかに することを目的として試験を行ない,知見を得たので報告する。

報告に先立ち,原稿のご校閲を賜った杉本仁弥所長,水本三朗技術研究室長に謝意を表 す。また,交配貝の提供を頂いた和田克彦技官,供試貝の手入れと水温,比重などの観測 をお願いした前田弘也氏御夫妻にお礼申し上げる。

#### 方 法

試験に用いたアコャガイは愛媛県より搬入した天然採苗後養殖した貝(NAT と略記) と人工採苗による集団同系交配貝の第3代(ART と略記)である。試験は1974年から 1977年までの4年間にわたり行ない, '74年には NAT と ART 共に満2年貝について5 月~12月まで, '75年には NAT 2年貝について6月~12月, '76年には NAT 2年貝,'77 年には1年と2年貝について共に5月~12月まで行なった。

試験貝は英虞湾多徳島定点の試験筏から海面下0.5,2,5および7mに垂下養殖した (76年と'77年にはこれに5mを加えた)。成長量の測定用の貝は、あらかじめ各個体ごと に標識し(74年は30個体,'75年~'77年は50個体),試験期間を通して全重量(空中重量) を測定した。ただし,'77年の1年貝については標識をつけず無作為に15個体ずつ抽出し 成長量の測定に供した。

湿肉重量と乾燥肉重量からみた成長は、別に各深さに養殖した貝の15個体の全重量、湿肉重量ならびに乾燥肉重量(60℃で48時間以上乾燥)を測定し、それらの湿肉重量と全重量の比(W/T)、乾燥肉重量と湿肉重量の比(D/W)から推定した。その他に、成熟、産卵の指標としての主要内臟塊重量と湿肉重量の比(IW/MW)と貝肉中の炭素と窒素の含有率(Perkin Elmer 社の Elemental Analyzer)を測定した。また、各深さに養殖してあったアコヤガイの酸素消費量とアンモニア態窒素排泄量を'74年~'75年にかけての2年

<sup>\*</sup> Katsuhiko Itoh. Ecological characteristics of cultured depth based on growth and metabolism of pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould). With English summary, p. 2351. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 22: 2337-2362. 1978.

<sup>†</sup> 国立真珠研究所業績 No. 248 (国立真珠研究所報告 22:2337-2362. 昭和53年8月)

間にわたり伊藤(1976)に従い測定した。

#### 結 果

湿肉重量と全重量の比(W/T)について '74年における各深さでの NAT 2年貝の W/T は(Fig. 1),季節的には5月~6月に大きく,産卵期に小さく,9月以降大きくな ったが,各深さの貝の間にはとくに差はなかった。'75年の NAT 2年貝の W/T は,5 月~8月にかけて7mの貝がその他の貝よりも大きかったが,9月以降逆になった。'76年 のNAT 2年貝では,各深さ共8月~9月にかけて小さくなったが,深さによる違い は なかった。'77年の NAT 2年貝の W/T は,各深さとも8月に小さくなり,その後大き



Fig. 1 Seasonal changes of weight of tissue: total weight ratio (T/W) of 1 and 2 year pearl oysters cultured at the different depths in 1974-1977.
●: 0.5 m, ○: 2 m, □: 5 m, △: 7 m.

くなった。深さによる違いは、0.5mの貝が他に比べて8月以降小さかった。NAT 1年貝のW/T は2年貝の動きに似ていた。

乾燥肉重量と湿肉重量の比 (D/W) について '74年における NAT 2年貝の D/Wは (Fig. 2),各深さとも産卵期を中心に低下したが、 9月中旬以後2m>0.5m>7mの順になった。'75年の NAT 2年貝は前年と同様に産卵期を中心に低下したが、0.5mと 2mの貝は8月に最低になり、7mでは9月中旬に最低になった。9月以降は0.5mと2mの貝が7mの貝より著しく高くなったが、12月には各深さの間に差がなくなった。'76年 における NAT 2年貝の D/W は8月初めに低下し、その後、2mの貝は下旬にかけて



Fig. 2 Seasonal changes of dry weight: wet weight of tissue ratio (D/W) of 1 and 2 year pearl oysters cultured at the different depths in 1974—1977.
●: 0.5 m, ○: 2 m, □: 5 m, △: 7 m.

更に低くなり、5mと7mでは高くなった。10月~12月には0.5mの貝が僅かに低かった がその他の貝の間には殆んど違いがなかった。1年貝は季節的に増減が激しく、9月以降、 5mの貝が最も高くなり、次いで2mと0.5mで7mが最も低かった。

主要内臓塊重量と湿肉重量の比(IW/MW)について '74年の NAT 2年貝の IW/ MWは(Fig. 3), 0.5mの貝で7月初めと8月中旬に高く(0.285), 7月中旬に低く (0.257),9月以降低下した。2mでは6月中旬と7月下旬~8月上旬(0.27~0.286)に高 く,7月初めに低く(0.223),8月以降低下した。7mでは7月初めと8月上旬に高く





(0.313),7月中旬に低くなり(0.255),8月中旬以降低下した。'75年における0.5 mの NAT 2年貝の IW/MW は6月下旬に最高に達した(0.369)のち徐々に低下した。2 m の貝も0.5mと同様に6月下旬に最高に達した(0.353)のち季節と共に低下した。7 mで は7月下旬と8月中旬に高く(0.353),8月初めに低く(0.297)なったが,8月下旬以降 低下した。'76年における0.5mの NAT 2年貝の IW/MW は,6月下旬(0.329),2mで 6月初めと7月中旬(0.349),5mで6月初めと8月初め(0.321~0.334),7mで7月中 旬と8月下旬(0.345~0.396)に高くなり,その後季節と共に低下した。'77年における 0.5mの NAT 2年貝の IW/MW は、7月上旬(0.317),2mで6月中旬と7月下旬 (0.334),5mで7月上旬(0.360),7mで6月中旬と7月下旬(0.327~0.350)に高くな ったのち低下した。1年貝の IW/MW は各深さ共7月下旬に高くなり,その後季節とと もに低下した。

軟体部の炭素と窒素含有率について '74年における ART 2年貝の炭素含有率は(Fig. 4), 0.5mの貝で最も高く, 2m>7mの順に低くなった。窒素含有率は7mの貝が最も高く, 2m>0.5mの順に低くなった。'74年の NAT 2年貝の炭素含有率は (Fig. 4),



Fig. 4 Seasonal changes of carbon and nitrogen contents in tissue of 2 year pearl oyster cultured at the different depths in 1974. ART and NAT indicate the 3rd generation of the combined oyster and the natural oyster respectively.
●: 0.5 m, ○: 2 m, △: 7 m.

昭和53年

6月~8月までは0.5mの貝が最も高く、2m > 7mの順に低くなったのにたいし、窒素 含有率は7mで最も高く、2m > 0.5mの順に低くなった。9月以降は2mの貝の炭素含 有率が最も高く、0.5m > 7mの順に低くなったが窒素含有率には特に差がなかった。 '75年の NAT 2年貝の炭素含有率の深さによる違いは(Fig. 5)、8月まで殆んど差はな く、それ以降、0.5mの貝が最も高くなり、2m > 7mの順に低くなった。窒素含有率は 7mの貝が最も高く、その他の貝の間には差がなかった。'76年における NAT 2年貝の 炭素含有率は(Fig. 5)、全体的に0.5mの貝で高く、7mで低かった。窒素含有率には深



Fig. 5 Seasonal changes of carbon and nitrogen contents in tissue of 2 year oyster (NAT) cultured at the different depths in 1975 and 1976.
●: 0.5 m, ○: 2 m, □: 5 m, △: 7 m.

さによる違いがなかった。'77年における NAT 2年貝の炭素含有率の深さによる違いは (Fig. 6),5月~6月に0.5mで最も高く,7m>5m>2mの順に低くなった。その後 は深さによる違いはなく,0.5mの貝が他に比べて変化が大きかった。1年貝の炭素含有 率は(Fig. 6)深くなるにつれてその量的な変化の幅が少なくなった。また,窒素含有率 は0.5mの貝を除けば相互に類似した動きを示した。

乾燥肉重量からみた成長速 (Fig. 7), 6月~8月末にかけて正と負の成長をくり返し、9月以降正成長になりその最大成長速度 は0.5mの貝で最も大きく(33mg/day),次いで2mの26mg、7mの7~18mgの順に小さく なった。また、総成長量は(Table 1), 2mが最も大きく、次いで0.5m, 7mの順にな



Fig. 6 Seasonal changes of carbon and nitrogen contents in tissue of 1 and 2 year pearl oysters (NAT) cultured at the different dephts in 1977.
●: 0.5 m, ○: 2 m, □: 5 m, △: 7 m.



Fig. 7 Seasonal changes of growth rate of dry tissue of 2 year oyster cultured at the different depths in 1974.

	Age of oysters	Flomente	0	).5 m		2	2.0 m		E	i.0 m		,	7.0 m	
Experimental period		Elements	G	S	S/G	G	S	S/G	G	S	S/G	G	S	S/G
1974 May - December (NAT) (ART)	2 Y 2 Y	D C N	1960 802 199	505 243 44	25.8 30.3 22.1	2080 812 214	366 168 35	$17.6 \\ 20.7 \\ 16.4$				1893 746 193	798 358 80	42.2 48.0 41.5
(ART)	2 Y	D C N	1492 615 150	188 100 9	$12.6 \\ 16.3 \\ 5.9$	1875 759 196	61 27 3	$3.3 \\ 3.6 \\ 1.5$				1187 509 139	214 124 30	$18.0 \\ 24.4 \\ 21.6$
1975 May - December (NAT)	2 Y	D C N	2256 944 220	913 435 73	$40.5 \\ 46.1 \\ 33.2$	2410 1047 255	790 405 76	32.8 38.7 29.8				1784 716 182	932 422 94	52.2 58.9 51.6
1976 May - December (NAT)	2 Y	D C N	2225 903 220	640 294 47	28.8 32.5 21.2	2148 891 227	642 308 69	29.9 34.5 30.5	2066 825 233	453 195 62	21.9 23.6 26.5	1972 741 205	489 176 48	24.8 23.7 23.3
1977 May - December (NAT)	1 Y	D C N	2008 822 213	28 21 2	$1.4 \\ 2.6 \\ 0.9$	2239 929 241	139 62 15	$\substack{\textbf{6.1}\\\textbf{6.7}\\\textbf{6.2}}$	2087 857 222	92 45 11	$4.4 \\ 5.2 \\ 4.8$	2016 801 213	$145 \\ 61 \\ 14$	7.2 7.6 6.7
	2 Y	D C N	2152 934 215	$658 \\ 311 \\ 48$	30.6 33.3 22.1	2138 908 229	643 274 70	30.1 30.1 30.5	2438 1039 258	966 415 99	39.6 39.9 38.2	2194 938 242	806 358 87	36.7 38.1 36.1

Table 1. Annual growth and the spawning by 1 and 2 year pearl oysters culturedat the different depths in 1974-1977

ς.

G: Growth (mg/year), S: Spawning (mg/individ), D: Dry weight, C: Carbon weight, N: Nitrogen weight

擹

り、産卵量は7mの貝で最も多く、0.5m、2mの順に少なくなった。 各深 さ にお ける ART 2年貝の成長は (Fig. 7)、全体として5月~8月にかけて正と負の成長をくり返し 9月以降正成長になりその最大成長速度は2mの貝が最も大きく (22mg)、次いで0.5mの 14mg、7mの10mgの順になった。また、総成長量は2mの貝が最も大きく、0.5m、7m の順に小さくなり、産卵量は7m>0.5m>2m の順になった。'75年における各深 さの 貝の成長は (Fig. 8)、6月~8月までは正と負の成長をくり返し、その後、 正成長にな りその最大成長速度は2mと0.5mで最も大きく32mg、7mでは25mgを示した。また、総成 長量は2mの貝で最も大きく、0.5m、7mの順に小さくなり、産卵量は7m,0.5m、2m の順に小さくなった。



Fig. 8 Seasonal changes of growth rate of dry tissue of 2 year pearl cultured at the different depths in 1975 and 1976.

'76年における各深さの貝の成長は (Fig. 8), 6月~8月下旬まで正と負の成長をくり 返し、9月以降急速に成長しその成長速度は2mで最も大きい時で33mg/dayとなり、0.5m, 5m, 7mの順に小さくなった。総成長量は0.5m, 2m, 5m, 7mの順に小さく産卵 量は2m, 0.5m, 7m, 5mの順に小さくなった。'77年における2年貝の成長は (Fig. 9) 10月には2mで36mgの最大成長を示し、5mと0.5mで26~27mg, 7mで16mgになった。総 成長量は2mが最も大きく、7m, 0.5m, 5mの順に小さく,産卵量は5m, 7m, 0.5m, 2mの順に小さくなった。1年貝は (Fig. 9), 8月上旬の負成長を除けば全て正成長を 示し、特に10月には0.5mで 19mg/day, 2mで18mg, 5mで16mg, 7mで13mgの最大成長 を示した。また、1年貝は従来から、通常産卵をしないと言われているが (松井 1965) 8月初めの負の成長が産卵によるものであったとすれば,産卵量は7m, 2m, 5m, 0.5mの 順に小さくなる。総成長量は2mの貝で最も大きく、5m, 0.5m, 7mの順に小さくなった。



Fig. 9 Seasonal changes of growth rate of dry tissue of 1 and 2 year pearl oysters cultured at the different depths in 1977.

体の基礎構成元素の炭素と窒素含有量からみた貝の成長は、その季節的な動きや総成長 量も肉重量からみた成長と類似していた(Appendix table 1)。

酸素消費量とアンモニア態窒素排泄量について '74年の NAT 2年貝の酸素消費量は (Fig. 10),各深さとも6月中旬,8月上旬,9月中旬に高くなったが,深さによる違いは 7 mを除き殆んど認められなかった。ART 2年貝は季節を通して0.5m,2m,7mの 順に消費量を減じ,7月下旬~8月にかけて各深さとも最大の消費を示した。'75年の2年 貝では,7月下旬に最高になり季節にともない減少した。

'74年の NAT 2年貝のアンモニア態窒素排泄量は(Fig. 10),0.5mで7月初め,2mで8 月末,7mで8月初めに高くなった。ART 2年貝では,0.5mの貝で7月中旬,2mでは 7月中旬と8月中旬,7mでは7月下旬に高くなった。季節的には7mの貝の排泄量が他 に比べて高い傾向があった。'75年における2年貝の排泄量は7mが最も高く,0.5mと2 mの間に差がなかった。

#### 考 察

試験した各年における成長期のアコャガィの W/T と D/W の深さによる違いは,全体 として7mの貝が最も小さくそれ以外の貝の間には明らかな差はない。IW/MW の 深 さ による違いは,各年の環境条件とも関連し年毎にその出現傾向を異にしている。7mの貝



Fig. 10 Seasonal changes of oxygen consumption and ammonia-N excreted of 2 year pearl oyster. ●: 0.5 m, ○: 2 m, △: 7 m.

の成長はその他の貝に比べて遅く成長速度も小さい傾向がある。この傾向は深さによる産 卵の終了時期の違いと関係あるように思われる。各深さの貝の総成長量は 0.5m, 2m zよび5mの間で年毎にその大きさに違いがあり,7mの貝は他に比べて小さい(Table 1)。 それに対し、産卵量は'76年を除けば5mと7mで多く、2mと0.5mで少ない。また、産 卵量と成長量との比(S/G)は深さと共に大きくなり、7mの貝では年によって50%を越 えることもある。このことは、産卵量の多少が成長量の大きさと直接的には関係しないこ とを示している。この深さによる産卵量の違いは各深さのもつ環境条件に左右され、水温 や海水の比重のような物理的条件は表層ほど変化が大きく、深さと共に安定してくるし、 溶存酸素量は7mでは他に比べ低濃度の条件にある(伊藤,水本 1978)。また,餌条件につ いては深さによる見かけ上の餌濃度とその内容に相違があるとは言い難い(伊藤 1978)。 従って、各深さの貝の成長に影響すると思われる主たる要因は水温と溶存酸素量が挙げら れよう。産卵量を左右する条件は環境の安定性であり、生殖巣の成熟と積算水温との関係 (和田 1976),水温変動とくに水温上昇が成熟,産卵を促進・刺激すること,7mの貝の 全体的に産卵の開始が他に比べると遅くなることなどから、7mの貝と他の貝とで産卵の 在り方に相違が生じていると言える。すなわち, 0.5mや2mの貝では水温の変化は7m より大きく、これが性成熟、産卵活動に active に作用し、 条件さえ整えば量には関係な く成熟したものから順次放出されるが、7mの貝ではその様な刺激条件は少なく生殖腺の



十分な充実と短期間でしかも量的に多くの生殖物質の放出が行なわれるものと推定される。

アコヤガイの代謝については、深さを異にした貝の酸素消費量と排泄窒素量に相違があ り、特に窒素排泄量は7mの貝が他に比べて相対的に多くなり、逆に酸素消費量は少なく なるという(伊藤 1976)。このことは、酸素消費量と環境の酸素濃度との関係に関する 過去の知見(宮内・入江 1976,宮内 1970, May 1972)からも明らかであったが、窒 素排泄量の低酸素化にともなう増加については明らかにされていなかった。

Redfield et al. (1963) は動物の酸素消費量と窒素排泄量の原子比 (O/N) が体内で代 謝に利用されている物質の指標として使用できることを指摘し, Jawed (1969) は代謝に 蛋白質が利用されると O/N は8に近づくとしている。また, Snow and Williams (1971) は海産無脊動物の O/N は代謝基質の内容を示す呼吸商 (R.Q) に代替しうるものとした。 アコヤガイの酸素消費量と窒素排泄量との比 (O/N) と養殖深度との関係は (Fig. 11), '74年の NAT 2年貝では各深さとも8月下旬に低くなり (10~17), 7 mでは他に比べて 全体的に低い。ART 2年貝では7 mで最も低く, 2 m, 0.5 mの順に大きくなり, '75年 でも7 mの貝の O/N は低かったが,0.5 mと 2 mでは差がなかった。Snow and Williams (1971) の考え方を基にすれば, この様な O/N の深さによる相違は栄養状態と代謝内容 の変化との関係に依るものと考えられる。

Bayne and Thompson (1970)は、動物に与えられるストレスの程度が大きくなるほど O/N の低下率が大きくなるとし、Bayne (1973)はこの O/N がストレスの程度の 有効 な尺度になるとしている。彼等の言うストレスとは環境条件の複合的なものであるが、 Widdows (1978)はこれを更に細分し、水温と餌濃度とし、その両者について O/N を検 討した結果、餌濃度が多くなるにつれて O/N が大きくなり、飢餓または不十分な餌条件 が O/N を低下せしめ (15~20)、窒素排泄量を相対的に高めるとした。また、伊藤・花 岡 (1972)は Tigriopus について飢餓にともない O/N が低下し、しかも炭素と窒素の含 有率も低下するとし、Ikeda (1974)も各種動物プランクトンで同様な報告をし、動物中の C/N も低下することを指摘した。この様に O/N は動物とくに水生無脊椎動物の 代謝内 容の指標になり、しかもそれが体の構成成分の内容比率に関係していることから、各深さ の貝の軟体部中の C/N (原子比)を検討した。

'74年における NAT 2年貝の C/N は (Fig. 12), 0.5mが最も大きく, 次いで2m, 7mの順になり季節を通してその変化の幅は0.5mが大きかった。ART 2年貝について も同様であったが, '75年の NAT 2年貝では0.5mと2mの間に差はなく, 7mの貝では 産卵期以外は低くなった。'76年と'77年には代謝量の測定を行なわなかったが,肉質部中の C/N はやはり7mの貝が全体として最も低く, 7m以外の貝の間には相違がないように 思われる。

この O/N と C/N との関係については, O/N が高ければ C/N も高くなり, O/N が 低ければ C/N も低くなる。すなわち, 代謝内容は貝の栄養状態と関係しているというこ とは明らかである。栄養状態を左右する要因としては,前述した低酸素水と貝の排泄窒素量 の増加との関係から, 餌条件に差がないにしても環境の酸素条件が低く抑えられることに より, 代謝が蛋白質の消費に傾きそれが成長に影響したものと考えられる。このことは, 深さによる C/N の差が殆んどない年には各深さの貝の総成長量に差が少なく、C/Nに大きな相違のある年には成長量にも明らかな差がある。従って、貝の成長にみられる養殖深度の特徴は、貝をとりまく諸環境の条件が代謝の内容と体構成成分の比率に影響する結果



Fig. 12 Seasonal changes of carbon: nitrogen ratio (C/N atomic ratio) in tissue of 1 and 2 year pearl oysters cultured at the different depths in 1974—1977.
●: 0.5 m, ○: 2 m, □: 5 m, △: 7 m.

として生じると言えるが、今後、更に詳細な検討を行なう必要がある。

#### 要 約

真珠漁場の各深度のもつ特徴をアコャガイの成長と代謝を基にして明らかにするため、 1974年~1977年の4年間にわたり真珠漁場の0.5m, 2m, 5mおよび7mの深さにアコ ャガイ(主に2年生母貝)を養殖し,それらの貝の成長量と代謝量(酸素消費量とアンモ ニア態窒素排泄量),湿肉重量と全重量の比(W/T),乾燥肉重量と湿肉重量の比(D/W) 主要内臟塊重量と湿肉重量の比(IW/MW),軟体部中の炭素と窒素の含有率を測定した。

成長期のアコヤガイの W/T と D/W は7mの貝が小さく,その他の貝の間には殆ん ど相違がなかった。総成長量は0.5m,2mおよび5mの間に年により大きさの順序に変 化があったが、7mの貝は他のものに比べて常に成長量,成長速度とも低かった。産卵量 は7mの貝で最も多く,成長量との間には関係がない。

酸素消費量と排泄窒素量の原子比(O/N)は7mの貝が全体的に低く,その他の貝の間には年毎にその順序が変化し、また、軟体部中の炭素と窒素の含有率の原子比(C/N)は7mで最も低く、このC/N と O/N の養殖深度との関係は貝の栄養状態と代謝内容とを反映するものである。貝の成長にみられる養殖深度の特徴は、貝を取りまく諸環境条件が代謝の内容と体構成成分の比率に影響する結果生じると言える。

#### Summary

On pearl oysters cultured at 0.5, 2, 5 and 7 meter depths in 1974 to 1977, the oxygen consumption, ammonia-N excreted, total wet weight (T), wet flesh weight (W), dry flesh weight (D), weight of the internal organs, and carbon and nitrogen contents in flesh were investigated.

Values of W/T and D/W during growth season (Sept.-Nov.), the total growth in a year and the growth rate at 7 meter depth were the smallest than the others. Atomic ratios of the oxygen consumption to ammonia-N excreted (O/N) and of carbon to nitrogen contents of the oysters (C/N) at 7 meter depth were the lowest than the others. The seasonal changes of them tended to be similar to each other depths throughout the all seasons.

It was estimated that the characteristics of the cultured depth results from the effects of many environmental conditions on the variations of their metabolism and of the proportion of their constituents (C and N) qualitatively.

#### 文 献

Bayne, B. L. 1973. Physiological changes in *Mytilus edulis* L. induced by temperature and nutritive stress. J. mar. biol. Ass. U. K., 53: 39-58.

Bayne, B. L., and R. J. Thompson. 1970. Some physiological consequences of keeping Mytilus

edulis in the laboratory. Helgölander wiss. Meeresunters. 20: 526-552.

- Ikeda, T. 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 22: 1-97.
- 伊藤克彦 1976. 異なる水温条件下におけるアコヤガイの酸素消費量ならびにアンモニア態窒素排泄量 と肉重量との関係。国立真珠研報.20:2254-2275.
- 伊藤克彦 1978. 英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイの栄養環境について. 国立真珠研報. 22: 2363-2381.
- 伊藤克彦・花岡 資 1972.動物プランクトンの排泄窒素量と酸素消費量について.九大農学芸誌. 26:185-190.
- 伊藤克彦・水本三朝 1978.英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイのへい死について.国立真珠研報. 22: 2383-2404.

Jawed, M. 1969. Body nitrogen and nitrogenous excretion in Neomysis rayii Murdoch and Euphausia pacifica Hansen. Limnol. Oceanogr., 14: 748-754.

松井佳一 1965. 真珠の事典,北隆館(東京).

May, D. R. 1972. The effects of oxygen concentration and anoxia on respiration of Abarenicola pacifica and Lumbrineris zonata (Polycheata). Biol. Bull., 142: 71-83.

宮内徹夫 1970.アコヤガイの活力判定法に関する研究,特に活力指標としての貝殻運動と貝殻形成に ついて.真珠技術研会報.9:1-221.

宮内徹夫・入江春彦 1966. 低圧酸素海水中におけるアコヤガイの酸素消費量と貝殻運動. 長大水産研 報. 21: 139-144.

Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In the Sea, vol. 2, 26-77. Ed. M. N. Hill, New York.

Snow, N. B., and P. J. LEB Williams 1971. A simple method to determine the O:N ratio of small marine animals. J. mar. biol. Ass. U.K., 51: 105-109.

- 和田克彦 1976. 採卵成績の年変動などからみたアコヤガイの成熟と積算水温の関係. 国立真珠研報. 20: 2243-2253.
- Widdows, J. 1978. Physiological indices of stress in Mytilus edulis. J. mar. biol. Ass. U.K., 58: 125-142.

Date	Dry weight	Ash	Carb	on	Nitro	ogen	Hydrogen		
	(g)	(%)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	
1973 NAT 3 year 0.5 m depth	r								
Jul. 4 31 Aug 20	2.04	7.37	42.25 41.03	839	$10.71 \\ 11.11 \\ 11.20 \\ 11.2$	227	$6.64 \\ 6.51 \\ 6.27$	133	
Oct. 24 Dec. 6	2.84 3.54	5.82 5.99	40.37 40.38 40.25	1146 1426	11.29 10.76 9.98	305 354	6.62 6.60	123 188 234	
2 m depth Jul. 10	1.99	5.94	41.83	833	10.78	215	6.41	127	
Aug. 2 Sept. 21 Nov. 8 Dec. 25	1.93 1.97 3.10 3.82	6.61 7.59 6.26 7.77	40.92 40.00 39.80 40.34	791 788 1234 1542	11.06 10.94 10.11 10.20	214 216 314 390	$6.39 \\ 6.58 \\ 6.29 \\ 6.45$	124 130 195 247	
7 m depth	2.24	7 26	12 11	1410	11 49	372	6 82	221	
Aug. 7 Sept. 12 Oct. 31	2.32 2.08 2.76	6.88 5.82 5.52	43.44 41.32 40.68 41.66	958 847 1151	11.48 11.62 11.30 11.45	269 235 316	6.57 6.47 6.61	152 135 183	
Dec. 13 Mar. 12 May. 17	3.45	4.88 4.68 5.28	$40.39 \\ 38.88 \\ 39.19$	1392	$10.81 \\ 10.51 \\ 10.72$	373	6.36 6.33 6.23	219	
1974 ART 2 year	r								
May 13 Jun. 3	0.485 0.714	4.59 5.22	41.20 41.29	200 295	10.32 9.93	50 71	6.65	32 47	
Jul. 9 22	$0.916 \\ 0.976 \\ 0.993 \\ 1.167$	4.84 5.53 5.12	42.17 41.81 42.93	386 408 426	9.13 9.70 9.46	84 95 94	6.69 6.62 6.79	65 67	
Aug. 2 12 Sept. 2 25	1.153	4.51 5.08 6.05	42.58 42.68 40.58	497 492 397	9.59 10.53	103 111 103	6.70 6.47 6.51	77 63 84	
Oct. 30 Dec. 17	1.288 1.754 1.789	5.02 4.93	40.74 40.43 39.97	525 709 715	10.39 10.34 10.68	181 191	$6.51 \\ 6.47$	114 116	
2 m depth	0.470	0 77	20.00	104	10.00	40	6 90	20	
Jun. $3$	0.472 0.724 0.882	4.35 4.71	40.82 40.77	296 360	10.09 10.14 9.75	40 73 86	6.51 6.49	47 57	
Jul. 9 22 Aug. 2	0.987 1.011 0.950	5.72 5.81 5.12	41.66 42.61 42.48	411 431 404	10.20 10.18 10.47	100 103 100	6.66 6.69	67 64	
Sept. 2	0.998 1.128	5.18 5.47	40.81	407 461	10.17	102	6.48	65 73	
Oct. 30 Dec. 17	1.486 2.229 2.286	$4.95 \\ 4.37 \\ 4.44$	39.83 39.26 40.05	592 875 916	10.24 10.09 10.55	152 225 241	6.48 6.50 6.55	96 145 150	
7 m depth									
May 13 Jun. 3 24	0.493 0.556 0.858	5.60 5.01 5.55	39.34 40.57 41.66	194 226 357	$10.23 \\ 10.67 \\ 11.13$	50 59 96	6.22 6.47 6.59	31 36 57	
Jul. 9 22	$0.861 \\ 0.827$	5.60 5.85	40.82 41.39	$\begin{array}{c} 351 \\ 342 \end{array}$	$11.16 \\ 10.97$	96 91	6.50 6.56	56 54	
Aug. 3 12	$1.059 \\ 1.008$	5.44 6.65	$\substack{42.28\\40.24}$	448 406	$\begin{array}{c} 11.04 \\ 10.60 \end{array}$	117 107	$6.52 \\ 6.46$	69 65	

Appendix table 1. Carbon, nitrogen, ash contents and dry weight of tissue of pearl oyster.

\_

2354	国立	真 珠	研報				昭和53年
Sept. 2 0.879 25 0.929 Oct 30 1.271	5.65 5.17 5.07	38.52 40.06	339 372 502	10.51 11.02 10.68	92 102 136	$6.34 \\ 6.48 \\ 6.16$	56 60 78
Dec. 17 1.466	4.89	39.51	579	10.00	159	6.48	95
1974 NAT 2 year 0.5 m depth							
May 7 1.70	4.93	41.22	702 669	10.32 10.76	176 179	6.40	109 107
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	4.32	41.42	722 812	10.28	179 188	6.49	113 129
15 1.74 Aug. 2 1.81	5.28	$42.34 \\ 41.81$	735 755	10.21 9.51	177 172	6.64 6.65	115 120
5 1.85 16 1.57	4.94	42.51 40.72	787 639	9.95 9.94	184 156	$6.74 \\ 6.69$	125 105
27 1.58 Sept. 11 1.57	6.04 5.16	39.26 40.10	621 628	$10.48 \\ 10.77$	166 169	6.36 6.48	101 101
Oct. 14 2.65 Dec. 11 3.12	4.59 5.16	39.31 39.40	1041 1288	10.27 10.63	272 331	6.42 6.39	170 199
2 m depth							
May 7 1.46 28 1.59	$\begin{array}{c} 4.14 \\ 4.40 \end{array}$	$41.72 \\ 40.65$	607 645	10.76 10.80	157 171	$6.57 \\ 6.47$	96 103
Jun. 17 1.74 Jul. 1 1.59	6.67 5.35	41.23 40.49	$719 \\ 642$	10.33 10.30	180 163	$6.47 \\ 6.40$	113 101
15 1.68 Aug. 2 1.85	5.99 5.62	$41.29 \\ 41.27$	694 762	$10.76 \\ 10.20$	181 188	$6.61 \\ 6.70$	111 124
5 1.65 16 1.74	$5.01 \\ 5.54$	$40.62 \\ 39.43$	671 686	$10.30 \\ 10.63$	170 185	$6.47 \\ 6.39$	107 111
27 1.73 Sept. 11 2.01	$5.50 \\ 4.90$	39.97 40.50	690 815	$10.71 \\ 10.59$	185 213	$6.46 \\ 6.36$	112 128
Oct. 14 2.86 Dec. 11 3.17	5.49 4.50	$40.67 \\ 39.48$	$\begin{array}{c} 1162 \\ 1252 \end{array}$	$10.48 \\ 10.56$	299 335	$6.47 \\ 6.42$	185 204
7 m depth							100
May 7 1.59 28 1.52	6.26 6.06	$40.39 \\ 40.94$	641 624	10.52	167 166	6.47 6.42	103
Jun. 17 1.69 Jul. 1 2.02	5.55 5.88	$41.44 \\ 41.69$	701 840	10.81	183 220	6.50 6.63	110 134
15 1.57 30	$5.48 \\ 6.29$	$39.94 \\ 40.28$	629	10.89	171	6.41 6.46	101
Aug. 16 1.67 27 1.37	4.95 5.62	38.37 37.76	642 517	10.66 10.70	178 147	6.27 6.30	105
Sept. 11 1.65 Oct. 14 1.87	$5.55 \\ 4.99$	38.23 38.72	629 724	10.46	172 203	6.28	103
Dec. 11 2.62	4.94	38.64	1012	10.64	279	6.36	167
1975 NAT 2 year 0.5 m depth							
Jun. 4 1.98	5.26	42.71	846	10.15	201	6.70	133
Jul. 14 1.70	6.88	42.79	924 713	9.68	209 181	6.70	1149
Aug. 5 1.50 13 1.41	7.16 6.85 7.21	40.65 40.70 39.53	557 610 557	10.68	146 157 149	6.44 6.40	90 97 90
Sept. 1 1.68	6.82 5.82	38.18	542 672	10.34	147 170	6.60	90 111 112
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	5.87	39.98 41.78	700 902	10.57	185 235	6.56	142
20 2.76 Nov. 10 3.37	5.77	41.49 41.99	1415	10.58	292 358	6.62	223
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	5.54 5.03 5.11	41.40 41.82 40.82	1494 1405 1355	10.48 10.83 10.65	381 364 354	6.67 6.42	239 224 213

	2 m ć	lenth								
	Jun.	4	2.02	5.05	41.75	842	10.00	202	6.79	137
	T <sub>11</sub> 1	23	2.06	6.12	41.91	862	10.10	208	6.72	138
	jui.	29	1.48	7.29	41.22	602	10.05	155	6.60	124 98
	Aug.	5	1.46	7.24	38.15	557	10.22	149	6.30	92
		20	1.51	7.78 5.83	40.85 39.70	524	10.56	$159 \\ 142$	6.59 6.46	99 85
	Sept.	1	1.55	6.56	39.05	606	10.25	159	6.52	101
	Oct	16 1	1.56 2.04	5.98	38.43 40 34	600 821	10.18	159 215	6.35 6.49	99 132
		20	2.64	6.30	40.44	1068	10.60	280	6.58	174
	Nov.	10 26	3.17	5.84	40.70	1291	10.32	327 373	6.43	204
	Dec.	8	3.48	4.40	41.19	1431	10.68	371	6.57	228
		22	3.64	4.17	40.81	1484	10.48	381	6.52	237
	7 m ć	lepth								
	Jun.	4	1.79	5.81	42.19	755	10.81	193	6.65	119
	Jul.	23 14	1.87	6.54 6.59	41.79	792	11.30 11.11	208	7.56	$120 \\ 141$
		23	1 00	6.31	42.40	017	10.78	011	6.72	120
	Aug.	29 5	1.98 1.71	6.88 5.91	41.26 40.20	817 687	10.67	185	6.56	152
	0	13	1.86	7.13	40.38	751	10.73	199	6.53	121
	Sept.	20 1	1.90	6.55 6.16	$40.26 \\ 38.41$	765 545	$10.52 \\ 10.75$	200 153	6.57 6.42	124 91
		16	1.23	7.64	38.48	473	10.71	132	6.31	78
	Oct.	1 20	1.48 1.60	5.32 5.28	38.80 38.96	574 623	10.92 10.86	162 174	6.25 6.31	93 101
	Nov.	10	2.12	6.08	39.48	837	10.83	230	6.38	135
	Dec	26 8	2.41	6.11 5.51	39.96 40 13	963 1047	10.86	262 276	6.41 6 39	154 167
	Dee	22	2.64	5.41	39.70	1049	10.63	281	6.38	168
1070	MAT	0								
1976	NAI 05 m	2 year depth								
	Mav	10	1 50		41 19	616	10.93	163	6 36	95
	Jun.	3	1.47	7.48	41.58	613	10.81	159	6.39	94
	Ĭui	28 19	2.03	6.39 7.67	42.49	864 770	9.88	201 186	6.64 6.37	135
	Aug.	2	1.51	7.78	40.44	610	10.15	159	6.30	95
	Sont	24 24	1.42	5.69	40.53	574	11.20	159	6.38	90
	Oct.	21	2.55	5.11	41.75 41.41	1055	10.79	275	6.41	163
	Dec.	1	2.79	7.66	39.32	1097	10.43	291	6.06	169
	Jan.	28 31	3.08 2.99	6.30 7.10	39.79 39.36	1226	10.92	336 318	5.97	189
	2 m ć	lepth								
	May	10	1.54		41.19	634	10.93	168	6.36	98
	Jun.	3	1.92	6.92	41.76	803	10.81	208	6.33	122
	Jul.	28 19	$1.81 \\ 1.72$	5.86 9.98	$41.38 \\ 40.98$	750 705	10.58 10.48	192 180	6.59 6.27	108
	Aug.	2	1.34	5.38	39.96	535	10.91	146	6.38	85
	Sept.	24 24	1.28	6.60 6.42	38.67	495 746	10.81	138 191	5.97	76
	Oct.	21	2.74	4.86	42.53	1167	10.99	302	6.63	182
	Dec.	1 27	3.13 3.05	6.83 5.41	39.72 39.97	$1244 \\ 1217$	10.60 10.71	332 326	6.19 6.27	194 191
	Jan.	31	2.73	6.42	39.34	1074	10.54	288	6.19	169
	5 m d	lepth								
	May	10	1.52		41.19	627	10.93	167	6.36	97
	Jun.	3 28	$1.90 \\ 1.77$	7.96	40.76	774 721	10.85	206 193	6.40 6.44	122
	Jul.	19	1.82	7.92	41.29	751	11.18	203	6.38	116

2356		国 立	真 珠	研報				昭和53年
Aug. 2 24 Sept. 24 Oct. 21 Dec. 1 27 Jan. 31	1.50 1.52 1.79 2.49 3.25 3.14 2.90	6.73 5.42 5.59 8.19 7.84 5.69 7.27	40.91 40.04 39.83 39.47 39.83 40.10 38.39	612 610 715 982 1295 1258 1111	11.5210.1710.6110.0910.4510.779.86	173 155 190 251 340 338 285	6.42 6.37 6.16 6.12 6.20 6.24 6.04	96 97 111 152 201 196 175
7 m depth May 10 Jun. 3 28 Jul. 19 Aug. 2 24 Sept. 24 Oct. 21 Dec. 1 27 Jan. 31	1.52 1.83 1.72 1.81 1.46 1.86 1.83 2.44 3.08 3.01 2.61	5.67 5.14 9.95 6.77 9.48 6.67 5.14 7.27 5.98	$\begin{array}{c} 41.19\\ 40.87\\ 41.43\\ 39.72\\ 40.16\\ 40.24\\ 40.45\\ 39.41\\ 39.41\\ 39.67\\ 38.59 \end{array}$	628 746 711 718 586 748 739 960 1214 1193 1006	$10.93 \\ 10.96 \\ 11.06 \\ 10.95 \\ 10.99 \\ 11.11 \\ 11.35 \\ 10.48 \\ 10.64 \\ 10.77 \\ 10.61 \\ 10.61 \\ 10.93 \\ 10.61 \\ 10.93 \\ 10.9$	167 200 190 198 161 207 207 255 328 324 277	6.36 6.38 6.43 6.17 6.32 6.16 6.34 6.19 6.13 6.18 6.05	97 117 110 112 92 115 116 151 189 186 158
1977 NAT 1 year 0.5 m depth May 24 Jun. 14 Jul. 8 27 Aug. 11 Sept. 2 28 Oct. 27 Nov. 30 Dec. 26	0.145 0.403 0.553 0.525 0.586 0.915 1.473 1.817 2.125	8.01 7.17 7.76 8.36 7.81 6.06 7.42 8.99 6.94 9.89	40.24 43.68 42.23 41.22 39.39 40.80 41.09 40.68 40.13 40.43	58 176 198 228 207 239 376 599 729 859	10.09 9.36 10.21 10.79 10.98 11.12 11.34 10.62 10.40 10.60	15 38 48 60 58 65 104 156 189 225	6.31 6.72 6.63 6.50 6.34 6.20 6.18 6.16	9 27 31 36 33 39 58 91 112 131
2 m depth May 24 Jun. 15 Jul. 8 27 Aug. 11 Sept. 2 28 Oct. 27 Nov. 30 Dec. 26	0.145 0.310 0.428 0.586 0.447 0.644 1.123 1.635 2.233 2.299	8.01 5.68 6.98 8.12 7.74 7.61 6.03 6.42 7.77 7.48	40.24 41.14 41.15 41.14 40.10 39.69 40.89 41.65 40.08 40.23	58 128 176 241 179 256 459 681 895 925	10.09 10.32 10.47 10.95 11.00 10.62 11.24 10.64 10.20 10.47	15 32 45 64 49 68 126 174 228 241	6.31 6.70 6.58 6.42 6.26 6.39 6.47 6.20 6.10	9 21 28 38 29 40 72 106 138 140
5 m depth May 24 Jun. 15 Jul. 9 27 Aug. 11 Sept. 3 28 Oct. 27 Nov. 30 Dec. 27	$\begin{array}{c} 0.145\\ 0.341\\ 0.353\\ 0.553\\ 0.461\\ 0.740\\ 1.067\\ 1.528\\ 2.375\\ 2.140\\ \end{array}$	8.01 6.62 7.98 6.98 7.55 6.20 7.70 6.89 8.43	40.24 41.68 40.51 40.72 39.20 40.64 40.62 41.07 40.53 40.70	58 142 143 225 181 301 433 628 963 871	10.09 10.32 10.75 10.70 10.51 10.91 10.95 10.56 10.18 10.54	15 35 38 59 49 81 117 161 242 226	6.31 6.61 6.51 6.57 6.23 6.44 6.33 6.33	9 23 22 36 28 49 67 98 150 136
7 m depth May 24 Jun. 15 Jul. 9 27 Aug. 11 Sept. 3 28 Oct. 27	0.145 0.239 0.389 0.523 0.378 0.631 0.903 1.280	8.01 6.78 7.81 8.01 6.64 6.80 6.75 7.26	40.24 40.10 40.81 40.75 40.35 40.41 40.60 40.55	58 96 159 213 153 255 367 519	10.0910.4311.0510.9411.3210.8111.0110.76	15 25 43 57 43 68 99 138	6.31 6.48 6.48 6.36 6.40 6.39 6.26 6.31	9 16 25 33 24 40 57 81

	Nov. Dec.	30 27	1.760 2.016	8.44 8.27	39.92 39.64	703 799	10.30 10.59	181 214	6.14 6.22	$108 \\ 125$
1977	NAT	2 year								
	0.5 m o	depth								
	May	23	1.73	9.52	40.31	699	10.45	181	6.11	106
	Jun. Jul	13	1.99	6.67 9.51	42.40 40.57	842 725	9.87	196 181	6.44 6.12	128
	Jui.	25	1.41	9.86	40.12	565	10.72	151	6.14	87
	Aug.	9	1.33	8.54	39.96	530 606	11.18	$148 \\ 168$	6.14 6.17	82 96
	Sept.	29	1.50	6.32	40.92	757	11.33	210	6.19	115
	Oct.	25	2.61	6.24	40.41	1056	10.84	283	6.33	165
	Nov. Dec	28 22	3.15	6.94 6 44	41.43	1303	10.91	343 348	6.79	$204 \\ 219$
	2 m d	enth	0.20	0.11	10.01		_			
	Mav	23	1 80	9.52	40.31	726	10.45	188	6.11	110
	Jun.	13	1.93	8.74	40.63	785	10.31	199	6.25	121
	Jul.	6 25	1.70	9.69	40.72	691 720	10.29	174	6.15 6.17	104 110
	Aug.	20 9	1.78	9.18	40.48 39.43	720 540	10.82	149	5.96	78
	<u> </u>	29	1.42	4.58	38.31	543	10.69	152	6.14	87
	Sept. Oct	26 25	2.02	6.26 5.60	40.06	807 1281	10.91	333	6.46	199
	Nov.	28	3.53	7.03	41.47	1462	10.78	380	6.45	227
	Dec.	22	3.30	7.81	41.26	1360	10.54	348	6.27	207
	5 m d	epth								
	May	23	1.73	9.52	40.31	699	10.45	181	6.11 6.18	106
	Jun. Jul.	6	2.06	9.49 8.08	40.55	756	10.00	199	6.34	118
		25	1.71	7.63	40.48	693	10.96	188	6.18	106
	Aug.	9 29	1.10	6.50	38.41 38.74	421 621	10.95 10.75	120	6.05	98
	Sept.	26	2.10	8.05	40.74	856	11.02	231	6.28	132
	Oct.	25	2.89	4.52	40.85	1182	10.58	306	6.48	$\frac{188}{217}$
	Dec.	28 22	3.34 3.21	4.57	41.43 41.27	1323	10.63	341	6.37	204
	7 m de	nth								
	Mav	23	1.75	9.52	40.31	704	10.45	183	6.11	107
	Jun	13	2.07	9.02	41.20	854	10.92	226	6.25	130
	Jul.	6 25	1.60	9.47	39.86	639 619	10.81	173	5.80	93 96
	Aug.	9	1.27	8.09	39.17	496	10.97	139	6.24	79
	C	29	1.39	5.92	39.46	549	10.96	153	6.29	88 110
	Sept. Oct	26 25	1.75	8.40	41.10	718 897	11.02	238	0.∠0 6.36	140
	Nov.	28	2.87	7.67	40.83	1170	10.55	302	6.23	179
	Dec.	22	3.14	6.75	40.97	1284	10.76	337	6.34	199

伊藤-アコヤガイの代謝・成長量からみた養殖深度の特徴

2357

8月

Appendix table 2. W/T, D/W, and IW/MW of pearl oyster.

				1
	0.5 m	2 m	5 m	7 m
	W/T $^{IW/}_{MW}$ D/W	$W/T \frac{IW}{MW} D/W$	W/T <sup>IW/</sup> <sub>MW</sub> D/W	W/T <sup>IW/</sup> <sub>MW</sub> D/W
1974 ART 2 year				
May 14 Jun. 3 26	$\begin{array}{c} 0.382 \ 0.208 \ 0.140 \\ 0.401 \ 0.236 \ 0.173 \\ 0.429 \ 0.287 \ 0.174 \\ 0.287 \ 0.174 \end{array}$	$0.368 \ 0.176 \ 0.134$ $0.396 \ 0.248 \ 0.164$ $0.426 \ 0.250 \ 0.160$		$\begin{array}{c} 0.382 \ 0.208 \ 0.140 \\ 0.346 \ 0.209 \ 0.154 \\ 0.399 \ 0.307 \ 0.179 \\ 0.304 \ 0.267 \ 0.165 \end{array}$
Jul. 10 23	$0.399 \ 0.325 \ 0.167$	0.396 0.296 0.168		$0.377 \ 0.280 \ 0.156$
A4g. 3	$0.390 \ 0.288 \ 0.190 \ 0.370 \ 0.303 \ 0.185$	$0.379 \ 0.283 \ 0.152$ $0.351 \ 0.331 \ 0.163$		0.389 0.317 0.185 0.385 0.261 0.137
Sept. 3	$0.351 \ 0.278 \ 0.147$ 0.360 0.257 0.161	$0.359 \ 0.290 \ 0.158$ $0.378 \ 0.243 \ 0.166$		$0.385 \ 0.261 \ 0.137$ $0.355 \ 0.231 \ 0.144$
Oct. 30	$0.373 \ 0.215 \ 0.177$	0.394 0.221 0.195		$0.394 \ 0.229 \ 0.151$
Dec. 18	0.371 0.196 0.168	0.404 0.198 0.182		0.404 0.203 0.100
NAT 2 year		0.040.0.100.0.101		0 242 0 108 0 168
May 10 28	$0.359 \ 0.184 \ 0.166$ $0.361 \ 0.211 \ 0.157$	$0.340 \ 0.186 \ 0.161$ $0.364 \ 0.219 \ 0.159$		$0.345 \ 0.198 \ 0.156$ $0.345 \ 0.189 \ 0.156$
Jun. 19 Jul. 1	$0.368 \ 0.254 \ 0.154$ $0.370 \ 0.285 \ 0.166$	$0.371 \ 0.257 \ 0.157$ $0.346 \ 0.223 \ 0.143$		$0.352 \ 0.246 \ 0.166$ $0.392 \ 0.305 \ 0.167$
16 30	$0.329 \ 0.257 \ 0.160$ $0.343 \ 0.278 \ 0.153$	$0.356\ 0.284$ 0.334 0.286 0.154		$0.348 \ 0.255 \ 0.139$ $0.323 \ 0.274 \ 0.153$
Aug. 6	0.337 0.280 0.158	0.328 0.254 0.141		$0.341 \ 0.313 \ 0.141$
16 28	$0.322 \ 0.275 \ 0.141$ $0.333 \ 0.245 \ 0.132$	$0.333 \ 0.242 \ 0.144$ $0.333 \ 0.236 \ 0.137$		$0.335 \ 0.200 \ 0.141$ $0.282 \ 0.241 \ 0.142$
Sept. 11 Oct. 14	$0.305 \ 0.233 \ 0.132$ $0.347 \ 0.228 \ 0.174$	$0.327 \ 0.230 \ 0.155$ $0.339 \ 0.218 \ 0.183$		$0.320 \ 0.237 \ 0.144$ $0.356 \ 0.192 \ 0.133$
Dec. 12	0.376 0.189 0.168	0.382 0.203 0.167		0.378 0.200 0.160
1975 NAT 2 year				
Jun. 6	$0.390 \ 0.291 \ 0.184$	$0.402 \ 0.314 \ 0.181$		$0.406 \ 0.272 \ 0.164$ $0.408 \ 0.325 \ 0.164$
Jul. 10	$0.356 \ 0.297 \ 0.151$	0.357 0.320 0.162		0.386 0.323 0.159
24 29	$0.326 \ 0.282$ $0.323 \ 0.281 \ 0.129$	$0.350\ 0.264$ $0.334\ 0.289\ 0.132$		$0.379 \ 0.344 \ 0.161$
Aug. 6 13	$0.336 \ 0.287 \ 0.131$ $0.317 \ 0.287 \ 0.126$	$0.315 \ 0.275 \ 0.135$ $0.340 \ 0.300 \ 0.133$		$\begin{array}{c} 0.345 & 0.294 & 0.150 \\ 0.353 & 0.353 & 0.156 \end{array}$
20 Sont 2	0.315 0.225 0.127	$0.315 \ 0.234 \ 0.121$		$0.365 \ 0.324 \ 0.153$ $0.314 \ 0.246 \ 0.134$
Sept. 5 17	$0.326 \ 0.233 \ 0.141$ $0.334 \ 0.263 \ 0.134$	$0.332 \ 0.235 \ 0.140$		$0.303 \ 0.247 \ 0.117$
Oct. 16 22	$0.377 \ 0.213 \ 0.136$ $0.374 \ 0.216 \ 0.160$	$0.351 \ 0.204 \ 0.138$ $0.363 \ 0.226 \ 0.160$		$0.320 \ 0.197 \ 0.129$ $0.354 \ 0.185 \ 0.120$
Nov. 6 28	$0.390 \ 0.228 \ 0.173$ $0.384 \ 0.209 \ 0.185$	$0.388 \ 0.185 \ 0.166$ $0.390 \ 0.185 \ 0.180$		$0.363 \ 0.212 \ 0.146$ $0.365 \ 0.206 \ 0.159$
Dec. 8	0.390 0.194 0.167	0.388 0.203 0.171		0.387 0.191 0.163
19	0.390 0.218 0.105	0.400 0.200 0.170		0.012 0.201 0.100
1976 NAT 2 year	0.007.0.010.0.147	0 267 0 212 0 147	0 367 0 212 0 147	0 367 0 212 0 147
Jun. 2	$0.367 \ 0.212 \ 0.147$ $0.326 \ 0.278 \ 0.157$	$0.367 \ 0.212 \ 0.147$ $0.380 \ 0.334 \ 0.147$	$0.367 \ 0.334 \ 0.174$	$0.359 \ 0.212 \ 0.147$ $0.359 \ 0.304 \ 0.172$
25 Jul. 19	$0.363 \ 0.329 \ 0.175$ $0.361 \ 0.307 \ 0.147$	0.335 0.321 0.167 0.344 0.349 0.148	$\begin{array}{c} 0.339 & 0.308 & 0.151 \\ 0.358 & 0.317 & 0.150 \end{array}$	$0.344 \ 0.315 \ 0.159$ $0.367 \ 0.396 \ 0.147$
Aug. 3	$0.314 \ 0.276 \ 0.134$ 0 294 0 262 0 142	$0.303 \ 0.280 \ 0.126$ $0.303 \ 0.260 \ 0.117$	$0.330 \ 0.322 \ 0.132$ $0.317 \ 0.285 \ 0.133$	$0.328 \ 0.324 \ 0.130$ $0.334 \ 0.346 \ 0.154$
Sept. 22	0.341 0.243 0.129	0.324 0.235 0.143	0.317 0.251 0.142	0.307 0.269 0.149
Dec. 20	$\begin{array}{c} 0.357 \ 0.233 \ 0.158 \\ 0.368 \ 0.213 \ 0.152 \end{array}$	$0.376 \ 0.235 \ 0.166$ $0.366 \ 0.224 \ 0.183$	$0.325 \ 0.226 \ 0.172$ $0.368 \ 0.226 \ 0.182$	0.360 0.243 0.179
27 Jan. 31	$0.353 \ 0.191 \ 0.174$ $0.373 \ 0.188 \ 0.161$	0.369 0.224 0.175 0.356 0.191 0.163	0.373 0.210 0.172 0.363 0.208 0.166	0.374 0.207 0.165
• · · · •				

1977 NAT 2 year				
May 23	0.376 0.282 0.164	0.376 0.282 0.164	0.376 0.282 0.164	0.376 0.282 0.164
Jun. 13	0.361 0.303 0.174	0.373 0.306 0.166	0.384 0.352 0.175	0.372 0.350 0.185
Jul. 7	0.333 0.317 0.162	0.339 0.283 0.150	0.358 0.360 0.162	0.322 0.314 0.155
26	0.287 0.306 0.142	0.317 0.334 0.159	0.334 0.353 0.153	0.323 0.326 0.145
Aug. 10	0.299 0.287 0.127	0.302 0.268 0.133	0.282 0.236 0.121	0.320 0.240 0.123
30	0.331 0.261 0.127	0.285 0.257 0.136	0.346 0.267 0.132	0.314 0.246 0.132
Sept. 27	0.305 0.234 0.146	0.334 0.251 0.134	0.341 0.241 0.163	0.305 0.250 0.154
Oct. 26	0.359 0.251 0.154	0.359 0.251 0.177	0.382 0.257 0.177	0.330 0.246 0.161
Nov. 29	0.362 0.216 0.167	0.377 0.231 0.184	0.378 0.250 0.183	0.369 0.238 0.171
Dec. 23	0.361 0.238 0.171	0.362 0.227 0.174		
26			0.382 0.265 0.173	0.387 0.237 0.173
NAT 1 year			2 2	
May 24	0.407 0.275 0.161	0.407 0.275 0.161	0.407 0.275 0.161	0.407 0.275 0.161
Jun. 15	0.448 0.315 0.196	0.412 0.291 0.172	0.409 0.306 0.189	0.374 0.286 0.185
Jul. 8	0.405 0.328 0.170	0.414 0.286 0.162	0.385 0.301 0.168	0.386 0.302 0.170
27	0.337 0.347 0.165	0.343 0.373 0.174	0.390 0.322 0.177	0.349 0.322 0.173
Aug. 11	0.323 0.334 0.160	0.319 0.324 0.156	0.324 0.262 0.152	0.303 0.237 0.163
Sept. 2	0.313 0.266 0.161	0.345 0.248 0.168	0.350 0.272 0.176	0.358 0.285 0.183
28	0.339 0.245 0.166	0.356 0.244 0.171	0.373 0.266 0.175	0.351 0.266 0.170
Oct. 27	0.353 0.229 0.182	0.379 0.246 0.190	0.382 0.278 0.198	0.371 0.259 0.176
Nov. 30	0.376 0.235 0.187	0.405 0.242 0.182	0.405 0.257 0.190	0.399 0.251 0.178
Dec. 26	0.383 0.230 0.171	0.412 0.236 0.181		
27			0.403 0.251 0.180	0.398 0.243 0.171
			Į	

Date	W. T. (°C)	Weight ( wet(g)	of tissue dry(g)	O <sub>2</sub> consumpt. μg atms/hr/ individ.	Ammonia-N excreted. μg atms/h/ individ
1973 NAT 3 year		1			
0.5  m depth					
Jul. 4	24.6	17.81	2.23	156.53	4.76
5	24.8	15 27	1.92	150.65	4.85
31	20.0	14.18	1.89	148.41	6.30
Aug. 30	28.7	15.96	1.92	172.94	5.90
0.4		14.12	1.70	161.37	5.01
Oct. 5 24	23.4	17.98	2.72	100.51	2.09
21	15.0	17.29	2.61	99.19	2.54
Dec. 6	11.1	23.25	3.69	32.78	0.40
		26.43	4.19	27.01	0.73
2 m depth				101.00	0 70
Jul. 10 $A_{110}$ 2	27.2	18.22	1.91	184.08	6.79 7.86
riug. 2	20.0	10.14	1.49	129.81	9.58
Sept. 21	23.4	17.17	2.02	138.92	7.01
Nov 9	17 0		1.61	105.85	6.87
NOV. 8	17.8	23.50	2.97	77.28	1.43
Dec. 25	9.2	24.97	3.97	11.34	0.23
		21.06	3.35	7.02	0.29
7 m depth					
July 11	27.9	20.15	3.24	229.23	12.16
Aug. 7	28.3	15.45	2.23	173.55	9.21
Sept. 12	25.0	16.27	2.07	134.39	4.99
		15.96	2.03	133.26	5.26
Oct. 31	19.1	19.32	2.77	72 29	3.68
Dec. 13	10.7	22.52	3.44	25.72	0.88
		19.79	2.84	16.20	0.84
1973 ART 1 vear					
2 m depth		0.47		12.40	0.10
Jul. 12 Autor 9	28.0	0.17	0.024	13.48	0.19
Alug. J	20.0	0.51	0.073	20.71	0.39
Sept. 26	22.9	2.06	0.322	41.89	2.99
Oat 26		0.76	0.119	17.33	1.24
001. 20		2.18	0.225	22.06	0.67
Dec. 11	11.0	4.38	0.792	9.22	0.15
		2.95	0.532	7.62	0.17
1974 ART 2 year					
0.5 m depth May 14	19.6	3.81	0 535	24 83	0.96
Jun. 4	22.4	4.46	0.773	52.47	1.05
25	24.6	5.59	0.97	90.50	2.23
Jul. 10	25.6	6.29	1.05	101.48	3.30
410 Aug 13	20.0 27.8	0.34 6.54	1.21	100.05	2.15
Sept. 3	27.2	6.93	1.11	92.58	2.75
26	23.3	8.14	1.31	71.76	2.81
Oct. 31 Dec 18	19.4	9.93	1.76	41.67	1.78
0 m d = 4	10.0	10.10	1.00	10.10	
Z m depth May 14	18.6	3.73	0.50	21.83	0.71
,			- •••		

Appendix table 3. Oxygen consumption and ammonia-N excreted by pearl oyster.
75         38.62         0.89           35         65.94         1.65           96         79.89         3.88           95         84.86         3.36           94         82.12         4.06           98         84.07         2.69           40         64.22         2.40           12         51.19         2.21           18         16         91
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
10.51
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
28.17
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
10.00         10.00           12         110.04         5.98           12         124.08         5.63           14         128.73         7.58           19         94.20         4.68           10         120.71         6.99           11         109.81         6.62           13         109.81         6.79           14         109.81         6.62

2361

i.

2362		国 立 真	昳 研 報		昭和53年
Nov. 11 27 Dec. 8 23	$18.0 \\ 15.2 \\ 14.8 \\ 11.8$	20.23 19.99 20.63 20.67	3.50 3.70 3.45 3.41	77.77 48.25 52.83 37.58	1.37 2.35 1.61 1.16
2 m depth Jun. 7 24 Jul. 15 30 Aug. 14 Sept. 2 Oct. 2 21 Nov. 11 28 Dec. 8 23	22.8 22.9 26.8 28.3 27.1 29.0 25.9 21.8 18.0 15.2 14.8 11 8	11.47 12.23 11.53 11.21 11.63 10.92 13.99 15.45 17.17 17.83 17.71 18.60	2.08 2.10 1.87 1.48 1.55 1.53 1.93 2.47 2.85 3.21 3.03 3.27	$127.91 \\ 124.58 \\ 116.36 \\ 138.35 \\ 99.36 \\ 120.51 \\ 99.11 \\ 99.47 \\ 59.24 \\ 38.85 \\ 34.06 \\ 21.89 \\$	6.87 4.26 6.72 7.56 3.73 4.99 7.37 2.49 1.48 1.53 1.64 2.00
7 m depth Jun. 7 24 Jul. 15 30 Aug. 14 Sept. 2 Oct. 2 21 Nov. 11 28 Dec. 8	22.8 22.9 26.8 28.5 27.1 29.0 25.9 21.8 18.0 15.2 14.8	$\begin{array}{c} 11.21\\ 11.51\\ 12.20\\ 12.71\\ 10.83\\ 11.71\\ 13.45\\ 14.16\\ 14.98\\ 15.80 \end{array}$	$1.84 \\ 1.89 \\ 1.94 \\ 2.05 \\ 1.93 \\ 1.45 \\ 1.51 \\ 1.61 \\ 2.13 \\ 2.38 \\ 2.58$	$\begin{array}{c} 93.65\\ 84.76\\ 112.33\\ 141.41\\ 106.33\\ 92.45\\ 48.21\\ 66.54\\ 62.02\\ 38.66\\ 40.02 \end{array}$	8.67 7.68 9.23 9.96 6.07 11.18 9.48 8.07 1.94 1.51 1.79

# 英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイの

# 栄養環境について<sup>\*,†</sup>

### 伊藤克彦

#### 国立真珠研究所

真珠養殖漁場におけるアコャガイの栄養環境については、従来から懸濁物を中心にした 研究(関・柴原 1970, '71, '75, 関・柴原・吉田 1972,山口・蓮尾 1977)や餌料植物プ ランクトンの種類組成や構成要素からの研究(鈴木 1957,福島 1970, '72)などがある。

英虞湾真珠漁場においては, 1974年には約1.4×10<sup>8</sup>個のアコヤガイが養殖されており (三重県統計情報部 1974),それらの貝がつねに餌料懸濁物を濾過し,同化している。こ の莫大な数のアコヤガイが摂取する餌料の消費と湾内漁場における基礎生産との間の量的 な関係については,未だに十分な調査がなされていない。しかも,懸濁物の現存量が貝に とって今後利用されるものなのか,あるいは,すでに利用された残りとして考えるのかは 論議のあるところであり,この点を明らかにしなければアコヤガイの栄養環境の適正度の 判断に混乱を生ずる恐れがある。

報告では, 懸濁物の質的・量的な季節変化と現場でのアコヤガイによる懸濁物の同化効 率の季節変化とから, 英虞湾真珠漁場における栄養環境の状態について検討した。

報告に先立ち,原稿の校閲を賜った杉本仁弥所長,水本三朗技術研究室長に謝意を表す。 また,供試貝の手入れと水温,比重などの観測をお願いした前田弘也氏御夫妻にお礼申し 上げる。

### 方 法

観測定点は英虞湾多徳島地先の筏で, 調査の対象にした深さは 0.5, 2,5 および7 m である。これら各深さにおける懸濁物量 (SS),SS 中の炭素と窒素の含有率,Chlorophyll-a 量,Pheophytin 量,Margalef (1962)の色素指標ならびに粒状有機物量 (POS) を1976年から1977年の2年間にわたり調査した。なお,これらと併行して観測定点の透明 度,降水量を1975年~1977年の3か年について調べた。また,アコヤガイによる現場にお ける SS の同化効率を測定した。

SS の測定には450℃で60分間の熱処理後秤量した Whatman GF/C 24m/m ガラス繊維濾紙を用いた。濾過水量は500~1000mlの範囲で, 濾過後, 濾紙を 0.9%W/V の ギ酸 アンモニウム溶液で洗滌し (Conover 1966, Widdows and Bayne 1971), 60℃で24時間 以上乾燥し,乾燥重量として SS を求めた。POS はこの濾紙を450℃で60分熱処理し, 処

<sup>\*</sup> Katsuhiko Itoh. Nutritional environment for pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) in pearl cultured ground, Ago Bay. With English summary, p. 2376 Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 22: 2363-2381. 1978.

<sup>†</sup>国立真珠研究所業績 No. 249 (国立真珠研究所報告 22:2363-2381. 昭和53年8月)

昭和53年

理の前と後の重量差から算出した。SS 中の炭素および窒素含有率は これらの 濾紙を Perkin Elmer 社製の Elemental Analyzer を用いて分析して求めた。

Chlorophyll-a (Chl-a) と Pheophytin (Pheo-P) は Lorenzen 法 (1967), 透明度は 透明度板によった。色素指標 (D<sub>430</sub>/D<sub>665</sub>)の測定は SS 中のアセトン抽出色素の430nm と665nm における吸光度の比として求めた。

SS の貝による同化効率の測定にあたっては,太田 (1959)の水温と摂餌・排泄までに 要する時間との関係の結果を基にして行った。すなわち,同化効率測定時の1~2時間前 に0.5,2,5および7mの各深さから採水し,熱処理後秤量した24m/m ガラス繊維濾 紙上に吸引濾過した。糞の採取は各深さに垂下養殖してあった貝の10個体をSS 測定後1~ 2時間してとりあげ,別に用意した流水水槽(海水は孔径5µm で濾過)中に収容し1.5~ 2.5時間後に大型ピペットで行った。採取した糞はガラス繊維濾紙上に吸引し,その後の 処理は SS 測定法に従った。同化効率については,Conover (1966)の Copepoda を対象 にした研究結果からの同化効率の算出式を用いて,最近,貝類とくに Mytilusの同化効率 を測定し Copepoda の場合と同様な結果が報告されている (Widdows 1978, Widdows and Bayne 1971)。本研究ではこの算出式を用いてアコャガイについて同化効率を測定した。 即ち,

$$U = \frac{(F-E)}{(1-E)F} \times 100$$

Uは餌料中の有機物の同化効率,Eは糞の中の有機物含有率,Fは餌料中の有機物含有率.

そのために,乾燥したSSと糞を450℃で60分熱処理し,両者の中の有機物含有率を測定した。



Fig. 1 Seasonal changes of the mean transparency for a period of ten days at Tatokujima Station in Ago Bay, 1975-1977.

結 果

透明度の季節変化 '75年~'77年における各年の透明度(旬別平均)の季節変化を Fig. 1



Fig. 2 Seasonal changes of the precipitation at Tatokujima, Ago Bay, in 1974-1977.

に示した。観測した全ての期間を通して透明度は降水量(Fig. 2) との関連でかなり変化 し、'75年には6月~10月にかけて4~6m、11月以降8m以上になった。'76年には5月 下旬の降雨により透明度は1mになったが、8月~9月上旬には6~7m、9月中旬に一 時的に小さくなり(2.5m)、11月以後9m以上になった。'77年には、5月~8月にかけて 5~7mであり、9月はじめに10m、中旬以降5~8mの間で変化した。

**懸濁物疇,粒状有機物量ならびに色素量(Chl-a+Pheo-p)の季節変化** '76年におけ る各深さの SS, POS および色素量の季節変化を Fig. 3 に示した。

0.5mの SS は5月下旬の降雨により  $45 mg/\ell$  になったが、その後急減し、9月の一時的な3~4mgを除けば12月まで1~3mgであった。2mの SS は0.5mの場合と似た 傾向で変化し、5月の13~14mg、9月~10月の3~4mgを除けば2mg前後で変化した。5mの



Fig. 3 Seasonal changes of suspended substance (SS), particulate organic substance (POS), chloropyll + pheophytin (Chl a + Pheo-P) and  $D_{430}/D_{665}$  at 0.5, 2, 5 and 7 meter depths in 1976.  $\bigcirc$ : 0.5m,  $\bigcirc$ : 2m, +: 5m,  $\triangle$ : 7m

SS の経過は、5月~6月上旬と9月~10月の3~6 mgを除けば12月までほぼ2~3 mg の 間で変化した。7 mの SS は5 m深の SS と同様な変化を示した。



Fig. 4 Seasonal changes of suspended substance (SS), particulate organic substance (POS), chlorophyll a + pheophytin (Chl a + pheo-P) and  $D_{430}/D_{665}$  at 0.5, 2, 5 and 7 meter depths in 1977.

8月

0.5mの POS は SS の季節変化と類似した形で変化し、 5月には 3 mg以上と高くなっ たが、その後、7月中旬、9月中旬を除いては 0.5~2 mg/l の範囲で変化した。2 mで は、5月下旬に 3 mg、以後急激に減少し7月~12月にかけて 1 mg前後で推移した。5 mの POS は SS ほど変化せず 5月~10月末まで 1~2 mg, 11月以降 1 mg以下になった。7 m では、5月中旬にほぼ零に近い値になった。しかし、それ以後、一時的に増加した7月上 旬 (1.85mg)を除き 1 mg前後で経過した。

0.5 mの色素量は5月末に  $39\mu g/l$  を示したが,その後,6月と9月の高い値を除けば 季節にともない低下した。2 mでは5月末( $19\mu g$ )と9月中旬( $8\mu g$ )に山がみられ7月~ 8月中旬と10月以後で2 $\mu g$ 程度であった。5 mの色素量は前述の二層と異なり季節にと もない増減が著しく,5月上旬( $5.5\mu g$ )と9月中旬( $6.9\mu g$ )に著しい山があらわれたが その他の時期は1~4 $\mu g$ の範囲で変化した。7 mでは5月中旬には零に近い値であった が,5月下旬~7月上旬にかけて増加し( $5.7\mu g$ ),その後はSSの動きと類似した形で変 化し,季節にともない低下した。

<sup>777年における0.5mの SS の季節変化は (Fig. 4), 6月上旬まで3 mg以上,6月中旬~ 10月にかけ1.5~2.75mg,11月以後は1~2mgの範囲で変化した。2mでは5月~6月上 旬,7月中旬,8月上旬,9月中旬および10月上旬に山を示し(2.2~3mg),その他の時 期は1~2mgの範囲で変化した。5mのSSは5月~7月中旬(2~3mg),7月下旬~8 月初めの Gymnodinium sp.の繁殖(5.7mg)を除けば8月中旬以降季節にともない減少した。 7mでは7月下旬頃の Gymnodinium sp.の繁殖による8.5mgを除けば1.5~2.6mgの範囲で 変化した。</sup>

0.5mの POS は 6 月上旬まで 1 mg以上, 6 月中旬以降0.5~1 mgになった。2 mでは SS の変化に比べて POS はそれほど著しく変化せず,周年を通して 1 mg前後であった。5 m の POS は 7 月下旬頃の著しい増加(3.8mg)を除けば 1 mg以下であった。7 mでは 7 月下旬(8.5mg)以外は1.5~2.6mgの範囲で POS は変化した。

0.5mの色素量は4月~10月にかけて1.2~6.7µg/ℓの範囲で著しい増減をくり返し、
 10月下旬以降1~2µgになった。2mでは0.5mの場合ほど変化の幅は大きくなく、9月下旬~10月上旬(6.7µg)を除けば1.3~3.9µgの間で変化した。5mの色素量は7月下旬(42µg)以外は1.3~6µgの範囲であった。7mの色素量は5mの場合と類似した傾向を示した。

**色素指標 D**<sub>430</sub>/**D**<sub>665</sub> の季節変化 '76年における0.5mの色素指標は (Fig. 3),7月~8 月上旬にかけて2.8~3.6,その他は2.6~2.9の範囲で変化した。2mでは,7月~8月中 旬に3~4.2にあったが下旬以降2.5~3.0になった。5mでは7月下旬に4.1に達し,8月 中旬~10月下旬に3.1~3.5,9月と12月には2~3の範囲にあった。7mにおいては7 月に2.7~3.9であったが,8月以降徐々に低下した。'77年における0.5mの色素指標は

(Fig. 4),5月末,7月中旬,8月中旬,9月上旬および10月末に3以上になったが,その他は2.35~3.0の間で変化した。2mでは7月末~8月初め,9月上旬と10月末に3を 越えたが,その他の期間は2.35~3.0であった。7mでは6月中旬,7月中旬,9月上旬 ならびに12月上旬に3以上になったが,その他は2.3~3.0の間で変化した。 8月

両年における色素指標と色素量との間には,指標値が小さくなると色素量が増加し,指 標値が大きくなると色素量が減少する傾向があり,このことは'76年においては著しくないが'77年にはその傾向が著しい。

懸濁物中の炭素,窒素および灰分含有率の季節変化 '77年における 0.5 mの SS 中の炭 素含有率は(Fig. 5),6月上旬,7月中旬および 9月上旬に山を示した(18~20%)が, その他の時期では10~15%の範囲内で変化した。2 mの SS では5月末と8月末の高い値 (19~21%),9月中旬と11月上旬の低い値(7.7~9.9%)を除けば11~17%の範囲にあ った。5 mの SS 中では、5月末と7月下旬に高く(17~30%),8月以降減少し11月に



Fig. 5 Seasonal changes of carbon and nitrogen contents of SS in 1977.
●:0.5 m, ○:2 m, +:5 m, △:7 m,

は10%以下になることがあった。7 mの SS では6月中旬~7月下旬 にかけて増加し (21.7%),9月中旬に減少し(11%),9月下旬~10月上旬に僅かに高くなり,以後減少 した(12月で7.6%)。

各深さの SS 中の窒素含有率は(Fig. 5),炭素含有率の変化と類似した形で変化 し, 0.5mの窒素含有率は5月下旬,7月中旬,9月上旬に山を示し(2.8~2.9%),6月上旬 8月上旬,9月中旬,10月中旬に低くなり,それ以外の時期は1.5~2.7%で変化した。2m では、5月末と8月末の高い値(3~3.9%)、9月中旬と11月上旬の低い値(1~1.4%) を除けばほぼ1.5~2.5%の間で変化した。5mでは、7月下旬に4.8%になり、それ以降 徐々に減少し1.5~2%になった。7mでは、7月に2~2.8%になったのち減少し1~2 %の間で変化した。

'76年における0.5mの SS 中の灰分含有率は (Fig.6), 5月下旬の降雨による陸からの 多量の無機物の流入による高率 (90%以上) と8月下旬の40%台を除けば58~70%の間に あった。2mの SS では, 0.5mの場合と類似し, 年間を通じて57~75%の範囲で変化し た。5mと7mの SS では, 5月に高率 (5mで85%, 7mで100%) であったが,その後 は51~76%であった。'77年における0.5mと2mの SS 中の灰分含有率は年間を通して46~



73%の間で変化し、特に9月以降高くなった。5mと7mのSSでは、7月下旬の鞭藻類の繁殖による5mの32%、7mの46%を除けば両層とも54~75%の範囲にあった。

'77年における各深さの SS の炭素と窒素の変化は灰分含有率により左右され, 灰分 が 増減すると炭素と窒素は減増することを示した。また, SS 中の炭素,窒素ならびに灰分 含有率の深さによる相違は時期的に出現することはあっても周年を通してほとんどないよ うである。

同化効率の季節変化 Conover (1966) による同化効率の算出式を基にし各深さでの貝



Fig. 7 Seasonal changes of SS, POS and assimilation efficiency of pearl oyster cultured at 0.5, 2, 5 and 7 meter depths in 1977. Gym indicates the development of *Gymnodinium sp*.

による SS の同化効率を測定した (Fig. 7)。0.5mの貝の同化効率は季節的に変化し, 6 月上旬に65%, 7月~8月中旬が31~43%, 8月下旬に一時的に高くなり (72%),9月中 旬には28%,その後11月~12月で55%であった。2mの貝は5月末の3%,10月初めの0% を除けば7月~10月中旬にかけて40~66%であった。5mの貝では,6月上旬,7月末8 月~9月,10月中旬と12月に高く (43~58%),その他の時期は低かった (12~20%)。

2371

7 mの貝は6月~7月にかけて20~30%,9月に最も高く52%に達し,10月中旬以降45% 以上になった。

同化効率測定時の各深さでの SS 中の灰分含有率は0.5mで $44\sim69\%$ , 2,5および 7 m で $53\sim74\%$ の範囲で変化し, SS は 5 m と 7 mの 7 月末頃の鞭藻類を除けば,0.5mで  $1.6\sim 2.7mg/\ell$ , 2 mで $1.4\sim3.7mg$ , 5 mで $1.8\sim3.7mg$ , 7 mで $1.6\sim2.7mg$ であった。 各深さにおけるアコヤガイによる SS の同化効率と SS および SS 中の灰分含有率との関係は,各深さを通して SS が多くなったり, SS 中の灰分含有率が高くなると同化効率は低下 し SS が低下したり灰分含有率が低くなると同化効率が高まる傾向を示した。 ただ,5 m と 7 mの貝の 7 月末頃における同化効率は鞭藻類の繁殖で SS が極めて多くなっていたにもかかわらず,貝の排糞量は僅かであり,貝がこのプランクトンを摂取していなかったものと思われるので,この時期の測定値は参考値として取扱った。

考 察

'76年と'77年の両年における SS の季節変化は深さによりその変化が著しいが, 各深さの年間平均 SS 量をみると, '76年では0.5mで 8.04mg/l, 2mで 5.04mg, 5mで 4.37 mg, 7mで4.15mgになる。しかし, 5月の出水による高い値を除けば, 各深さ共 SS は 2.97~3.07mg/l の範囲にあり深さによる差はほとんどなくなる。また, '77年では0.5m の年平均 SS 量は 2.27mg/l, 2mで2.07, 5mで2.58, 7mで2.47となり, 幾分か5m



Fig. 8 Relationships between SS, POS and chlorophyll a + pheophytin (phyto-pigments) at 0.5, 2, 5 and 7 meter depths.

で高くなるが、7月~8月の5mと7mの鞭藻類の繁殖時を除けば、各深さのSS は2.07 ~2.27 $mg/\ell$  になり76年と同様に深さによる濃度差はないと考えられる。

SS 中のアセトン抽出色素 (色素量)を貝の餌料としての植物プランクトンの量的指標と 考え,色素量と SS ならびに POS の各深さ毎での関係を検討した (Fig. 8)。色素量と SS との関係は0.5*m*と2*m*では色素量>4.5 $\mu$ g/ $\ell$ ,5*m*で>1.5 $\mu$ g,7*m*で>0.5 $\mu$ g で著しく 変化している。それに対し、色素量と POS との関係は深さによる違いがなく、7*m*にお ける色素量・POS 関係から色素量が零になった時の POS は 0.03*m*g/ $\ell$  と推定され、他の 深さではこれより下ることはなかった。

SS 中の炭素と窒素の含有率の原子比 (C/N) は各々の深さで時期的に変化したが、各



dig. 9 Seasonal changes of C: N atomic ratio of SS at the different depths in 1977.

深さの間に特に差があるとは考えられない (Fig. 9)。室内で培養した珪藻類の C/N は原 子比にして 5 ~ 7 であり、その時の灰分含有率は12~31%であるという Parsons 他 (1961) や野沢 (1971)の結果から、降雨による陸からの無機物の流入時を除けば、現場における SS 中の灰分含有率は40~70%で変化し、培養種の 2 倍、また、 C/N は6.2~10で、培養 種の1.4倍となっている。 さらに、SS の灰分中に450℃では分解されないか な り の物質 が炭素として検出されること (Appendix table 1)から、現場の SS 中には純粋 な植物 プランクトン起源のものばかりでなくその他の物質がかなりな割合で含まれていることが 考えられる。

Conover (1966) は動物プランクトンの同化効率と餌料中の灰分含有率との関係につい て検討し、灰分含有率が高くなるにつれ同化効率が低下することを述べている。 また、 Widdows and Bayne (1971) と Widdows (1978) は Mytilus の同化効率は餌濃度が高 くなるにつれて低くなるという結果をえている。このことはアコヤガイによる現場の SS の同化効率についても現象的に認められ (Fig. 10)、特に SS が  $2 ng/\ell$  以下では灰分含



有率と同化効率とは負の相関性がある。また,SS の濃度と同化効率とは傾向として負 の 相関性の存在が推定されるが明確ではない。このように,同化効率と SS の量的,質的関 係が明確に出てこないことは,同化効率の測定時には現場の SS が全て貝によって取込ま れ選択的摂取はなされていないという前提に立っているが,実際に,'77年の7月~8月 に出現した鞭藻類の繁殖とその場の貝がこれを摂取していないことや SS と糞の中の灰分 の炭素含有率が糞の方に少ない傾向があることなどから,これらのことは摂餌選択性の存 在と関係があると考えられる。

8月

Margalef (1968) は色素指標が上昇流のある海域のプランクトンの水の華に対して2.5~3.5をとり、しかも単位生物あたりの生産力(P)を

$$P = C(D_{665})^{1.3}/(D_{430})^{0.6}$$

として表わし, P は色素指標の逆数の3乗に比例することを指摘している。英虞湾定点で は, '76年~'77年の色素指標は2.5~4.0の間で変化し, いわゆる水の華の生産力といわれ る範囲内にあることから,英虞湾真珠漁場は周年を通して高い基礎生産状態下にあったと 言えよう。

伊藤(1978) は2mに養殖したアコヤガイの代謝量,成長量ならびに現場の SS の平均 濃度(2mg/l)を基礎に,次式

$$\operatorname{Rss} = (\operatorname{Mc} \sharp t \wr \operatorname{M}_{N}) \times \frac{100}{\operatorname{Ass}} \times \frac{100}{\operatorname{Soc} \sharp t \wr t \operatorname{Son}} \times \frac{100}{\operatorname{Sorg}}$$

ここで Rss は懸濁物摂取量 (g dry wt./month/individ.), Mc と M<sub>N</sub> は代謝と成長に要 した炭素量と窒素量 (g/month/individ.), Ass は貝の同化効率 (%), Soc と So<sub>N</sub> は SS 中の炭素と窒素の含有率 (%), Sorg は SS 中の有機物含有率 (%)。

に従って貝の代謝・成長に必要な SS 量を5月~12月までの年間必要量として 91 g と試算し、これを基に一日の平均濾水量を 133  $\ell$  と求めた。しかし、この試算には純粋な植物 プランクトン中の炭素と窒素含有率の33.2%C、7.2%Nを使用していることと、貝による 捕捉効率を 100 % としている点に問題があった。

いま,英虞湾真珠漁場における SS 中の実際の炭素と窒素の含有率は10~20%C, 1~ 3.5%N と純粋培養種のほぼ1/2にすぎず,これを基にして餌の必要量を試算しただけでも 伊藤の計算値の倍になる。それに加えて,カキによる SS の捕捉効率を40~50%とする楠 木 (1977b) の報告を考慮に入れれば更に必要量は倍になる。 従って,アコャガィによる 餌要求量は真珠漁場の SS の乾量にして年間約360mg,日間濾水率にして300~450ℓ にな り,関 (1972) の110~160ℓ,佐藤他 (1964) の24~351ℓ,さらには楠木 (1977 a) の カキの濾水率 (6.7~6.9ℓ/hr)を越えることになる。このことは,基礎にした SS の年平 均現存量による試算が問題になるが,関 (1972),楠木 (1977a) および佐藤他 (1964) ら の濾水率の測定値と試算値との差の大きさや,SS 中の POS 濃度が SS の変動にかかわ らず1 mg前後でほぼ一定していることから,SS 現存量は今後貝によって使われる餌と 考 えるよりも,むしろ,すでに利用された残余部分とみるのが妥当と考えられ,英虞湾真珠 漁場の栄養環境は,周年を通して基礎生産量と貝による SS の消費量とが平衡した状態下 にあるものと推定されるが,今後,基礎生産力と貝による摂餌強度について更に詳細な検 討を行う必要がある。

### 要 約

英虞湾真珠漁場における1976年~1977年の2年間にわたる懸濁物の質的,量的な季節変 化と現場におけるアコヤガイによる懸濁物の同化効率の測定を基に湾内の貝の栄養環境の 状態について検討した。 懸濁物量と色素量は季節的に著しく変化したが,懸濁物中の粒状有機物量は年間を通し て1 mg/ℓ前後であり,懸濁物の濃度変化は殆んど無機成分に左右されていた。 懸濁物中 の炭素と窒素の含有率はそれぞれ10~20%C, 1~3.5%Nであり,C/N は深さによる 差 がなく6.2~10の範囲にあった。色素指標は2.5~4.0の間にあり高い基礎生産力を 示唆し ていた。アコヤガイによる懸濁物の同化効率は 0~66%の範囲で変化し,懸濁物中の灰分 含有率と関係があるが,濃度との関係は明らかではない。

アコヤガイの代謝量,成長量,懸濁物濃度ならびに炭素含有率などに基づく貝の日間濾 水量の試算値と既報の濾水率との比較,粒状有機物濃度ならびに色素指標による高生産力 の示唆などから,英虞湾真珠漁場の栄養環境は基礎生産量と貝による SS の一次消費量と がつり合った状態下にあると推定された。

#### Summary

It was investigated on the nutritional environment to the pearl oysters in Ago Bay from seasonal changes of suspended substances (SS), phyto-pigments, particulate organic substances (POS) and assimilation efficiencies in 1976 to 1977.

SS and phyto-pigments (chlorophyll a + pheophytin) changed remarkablly, but POS was approximately l mg/l throughout the year. Therefor, the seasonal changes of SS almost depended on the inorganic matters.

Carbon and nitrogen contents, and C/N atomic ratios of SS seasonally changed within the range of 10 to 20 % C, 1 to 3.5 % N and 6.2 to 10 respectively.  $D_{430}/D_{665}$  values in phyto-pigments varied within 2.5 to 4 which suggest high primary production. The assimilation efficiency by the oysters related to the ash contents of SS. The filtration rate was calculated from the growth, the metabolism and the assimilation rate, SS concentration and carbon contents in SS.

It was estimated that the nutritional environment for the oyster ground is of the equibrium between the primary production and the consumption of SS by pearl oysters, judging from the difference between the filtration rate calculated and the actual measurements and the seasonal variation of POS and  $D_{430}/D_{665}$  values.

文 献

Conover, R. J. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. Limnol. Oceanogr., 11: 338-345.

福島菊夫 1970. 的矢湾および五ケ所湾におけるアコヤガイの異状斃死に関する研究.特に,餌料生物 環境について. 真珠技術研会報.70:1-21.

福島菊夫 1972. 餌料生物環境とアコャガイの健康状態について,異状斃死に関する昭和46年度の試験. 真珠技術研会報. 73: 15-31.

伊藤克彦 1978. 代謝・成長量を基礎にしたアコヤガイの餌料要求量の試算,国立真珠研資料5:95-98. 楠木 豊 1977 a. マガキの濾過水量の測定法について、日水誌,43:1069-1076.

楠木 豊 1977 b. マガキえらによる懸濁微小粒子の捕捉. 日水誌. 43: 1391-1396.

Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric

equations. Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.

Margalef, R. 1968. 将来の生態学説,サイバネティック的生態学. 森主一,今福宏司,山村則男共訳. 築地書館(1972). 東京.

三重県統計情報部 1974. 三重県漁協組合統計表(昭和49年度). 東海農政局.

野沢洽治 1970. 植物プランクトンの種および生育温度の相違による炭素並びに窒素含量の差異. IBP-PM セクション昭和45年度研究業績報告, 59-61.

太田 繁 1959. アコヤガイの食性に関する研究Ⅱ. アコヤガイの糞の量の季節的変化. 国立真珠研報. 5: 429-433.

Parsons, T. R., K. Stephens and J. D. H. Strickland 1961. On the chemical composition of eleven species of manine phytoplankters. J. Fish. Res. Bd. Canada. 18: 1001-1016.

- 佐藤忠勇,松本三郎,堀口吉重,辻井 禎 1964. 粗珪酸を指標とするアコヤガイの濾過水量と摂餌量 の測定法について。日水誌. 30:717-722.
- 関 政夫 1972. 養殖環境におけるアコヤガイ *Pinctada fucata*,の成長および真珠品質に影響を及ぼ す自然要因に関する研究. 三重県水試研報. 1:32-149.
- 関 政夫・柴原敬生 1970.昭和44年度真珠養殖漁場の適正利用に関する研究.英虞湾真珠漁場の環境 とアコヤガイの成長.昭和45年度三重県浜島水試事業報告(付録),1-23.
- 関 政夫・柴原敬生 1971. 英虞湾真珠漁場の環境とアコヤガイの成長Ⅲ. 昭和45年度試験結果. 昭和 44年度三重県浜島水試事業報告. 1-24.

関 政夫・柴原敬生 1975. 昭和48年度真珠貝標準生理調査,特に本年度の成長不良原因について. 三 重県浜島水試年報(昭和48年度). 25-38.

関 政夫・柴原敬生・吉田小虎 1972.昭和46年度真珠養殖漁場の環境とアコヤガイの成長.三重県浜 島水試資料.1-13.

鈴木一善1957.アコヤガイとその生育環境の生化学的研究 I.肉質,プランクトン,底質化学成分の 季節的変化について、国立真珠研報。2:57-67.

Widdows, J. 1978. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. J. mar. biol. Ass. U. K., 58: 109-124

Widdows, J. and B. L. Bayne 1971. Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. J. mar. biol. Ass. U. K., **51**: 827-843.

山口一登・蓮尾真澄 1977.アコヤガイの活力と環境要因の季節変動との関係について、国立真珠研報. 21:2315-2324.

### 国立真珠研報

Appendix table 1. Concentrations of suspended substance, particulate organic substance, chlorophyll a, pheophytin and carbon, nitrogen and ash contents in suspended substance at Tatokujima Station in Ago Bay.

	Date		SS	Ash	POS	Chl-a F	Pheo-a	Chl+	E430/	Car	bon	Nitro	gen	Hydro	gen
	Date		(mg/l)	(%)	(mg/	l) (μ	g/l)	$(\mu g/l)$	L 6 6 5	SS	Ash	SS	Ash	SS	Ash
	0.5 m e	dept	h												
1976	Мау	12 26 27 28 31	15.91 44.51 26.06 12.40 12.29	84.5 93.4 87.6 86.5 73.6	2.47 2.94 3.23 1.67	2.02 4.56 4.23 39.72	3.28 0 1.69 0	5.30 4.56 5.92 39.72		2.29	1.22	0.30	0.03	1.48	0.44
	Jun. Jul.	4 14 1 8 15	9.26 5.54 2.33 2.49 2.95	70.0 59.9	1.84 2.03 0.75 1.18	6.25 7.99 6.30 2.01 4.72	1.62 2.06 1.47 0.95 0.62	7.87 10.05 7.77 2.96 5.34	3.49 2.80 2.85						
	Aug.	22 5 13	$1.71 \\ 1.76 \\ 1.55 \\ 1.04$	58.2 69.1 58.7	0.71 0.54 0.64	1.84 1.90 1.50	0.01 0.17 0.90	1.85 2.07 2.40	3.62 3.55 2.88						
	Sept. Oct.	16 30 25	1.94 3.56 2.86 2.27	47.3 58.0 71.0 71.1	1.50 0.83 0.66	4.00 6.47 2.04 1.59	2.07 0.82 0.55	5.34 8.54 2.86 2.14	2.93 2.63 2.79 2.76						
1000	Dec.	1 24	2.05	65.7 64.3	0.70	2.22	0.21 0.14	2.43	2.71 2.67						
1977	Jan. Apr. May	7 28 11 25	1.39 1.02 3.61 3.66	68.7 47.7 68.6 57.4	0.44 0.55 1.13 1.56	1.11 2.52 1.44 6.45	0.66 0 2.03 0	1.77 2.52 3.47 6.45	2.65 2.60 2.65 2.69	10.29 16.82	3.02 4.31	1.42 2.93	0.00	2.68	1.51 1.54
	Jun.	31 8 9	$3.54 \\ 3.07 \\ 1.78$	58.9 64.1 52.1	1.45	1.80 4.51 1.65	0.85 2.15 1.12	2.65 6.66 2.77	3.19 2.53 2.73	12.46 15.83 19.74	3.78 3.32 4.11	1.68	0	2.49 2.56 3.62	1.45
	Jul.	11 14 28	2.43 2.69 2.04	54.7 66.2 60.0	1.10 0.91 0.82	4.18 1.10 1.92	0 0.07 1.37	4.18 1.17 3.29	2.36 3.45 2.82	17.77 12.01 15.56	6.36 1.76 2.51	2.51 1.88 2.34	0.46 0.03 0.12	3.49 2.76 3.44	3.07 0.96 1.54
	Aug.	1 2 15 17	1.92 2.59 2.11 2.47	67.1 67.9 52.8 67.7	0.63 0.83 1.00 0.80	1.21 1.76 1.99 1.59	1.25 0.09 0.88 0	2.46 1.85 2.87 1.59	2.95 2.88 3.04 3.87	13.29 10.19 12.08 10.70	2.03 2.93 3.79 1.45	$2.04 \\ 1.43 \\ 1.70 \\ 1.61$	0.06 0.06 0 0.15	3.13 2.33 2.67 2.51	$0.96 \\ 1.10 \\ 1.59 \\ 1.18$
	Sept.	24 6 16 20	1.87 1.50 2.73 2.11	46.4 61.2 65.6 72.1	1.00 0.58 0.94 0.59	2.06 1.46 2.50 1.38	0.17 0.12 0.72 0.35	2.23 1.58 3.22 1.73	3.04 3.56 2.74 3.01	13.02 20.02 12.68 11.59	2.18 1.26 1.24 1.57	2.14 2.96 1.80 1.36	0.34 0.12 0.11 0	2.95 3.52 2.74 2.45	1.55 0.64 0.94 0.34
	Oct.	4 11 14	2.52 2.24 2.69	61.1 68.2 73.0	0.98	4.95 5.90 2.45	1.32 0.81 0.98	6.27 6.71 3.43	2.64 2.47 2.49	14.58 13.30 9.60	0.70 0.68 0.92	2.66 2.11 1.37	0 0.08 0.11	2.88 2.42 2.24 2.57	0.50 0.24 0
	Nov. Dec.	8 7	1.11 1.76 1.61	70.6 65.5	0.47 0.52 0.56	1.66 1.69	0.06	1.72 1.75	2.61 2.82	11.37 11.09	0.37 0.03	$1.50 \\ 1.61$	0 0.05	2.17 2.22	0 0.02
	2 m d	epth	1							0 10	1 10	0.05	0.00	1 50	0 40
1976	Мау	12 26 27 28	13.93 13.89 12.74 13.13	83.9 82.7 78.7 77 1	2.24 2.40 2.71 3.01	4.46 10.98 6.93	0 2.91 0.75	4.46 13.89 7.68 18.87		2.40	1.19	U.35	0.03	1.50	0.42
	Jun.	20 31 4 14	8.98 8.51 3.97	76.3 75.5 62.0	2.13 2.08 1.51	7.76 10.15 3.84	0.78 0.73 1.54	8.54 10.88 5.38							
	Jul.	1 8 15 22	2.33 2.62 2.45 1.85	60.7 72.4 71.0 56.8	0.92 0.67 0.71	2.67 1.56 2.13	0.79 0.29 0.26 0.13	3.46 1.85 2.39 1.39	4.00 2.92 3.42 4.03						
	Aug.	-5	1.78	69.3	1.23	3 1.85	0	1.85	3.67						

	Sept. Oct. Dec.	$13 \\ 26 \\ 16 \\ 30 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 22 \\ 25 \\ 3 \\ 24$	1.682.193.973.093.913.343.082.282.702.141.55	57.8 61.7 74.5 68.3 68.9 67.9 64.3 62.3 69.4 71.6 63.5	0.97 0.84 1.01 0.98 1.22 1.07 1.08 0.86 0.83 0.61 0.57	0.97 2.44 6.49 1.89 1.33 1.86 0.93	0.55 0.97 2.18 0.76 0.95 0.33 0.05	1.52 3.41 8.67 2.65 2.28 2.19 0.98	3.92 2.93 2.52 2.74 2.94 2.73 2.56					
1977	Jan. Apr. May. Jun. Jul. Aug. Sept. Oct.	$\begin{array}{c} 7\\ 28\\ 11\\ 25\\ 27\\ 8\\ 10\\ 11\\ 13\\ 28\\ 3\\ 15\\ 19\\ 24\\ 6\\ 16\\ 20\\ 4\\ 11\\ 13\\ 31 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2.13\\ 1.17\\ 1.53\\ 1.78\\ 2.96\\ 3.08\\ 1.74\\ 2.18\\ 2.27\\ 1.48\\ 2.73\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.53\\ 2.37\\ 2.11\\ 1.13\end{array}$	67.5 47.9 56.2 48.46 67.7 48.55 51.56 62.66 67.82 61.50 61.50 61.50 61.50 69.02 69.02 69.42 67.42	$\begin{array}{c} 0.69\\ 0.61\\ 0.92\\ 1.05\\ 0.98\\ 0.90\\ 1.06\\ 0.85\\ 0.67\\ 0.88\\ 0.93\\ 0.66\\ 0.62\\ 0.98\\ 0.66\\ 0.62\\ 0.98\\ 0.66\\ 0.62\\ 0.98\\ 0.64\\ 0.76\\ 0.77\\ 0.68\\ 0.64\\ 0.76\\ 0.64\\ 0.76\\ 0.64\\ 0.64\\ 0.64\\ 0.64\\ 0.64\\ 0.66\\ 0.62\\ 0.66\\ 0.66\\ 0.62\\ 0.66\\$	$\begin{array}{c} 1.21\\ 2.06\\ 1.42\\ 2.90\\ 2.68\\ 2.31\\ 3.56\\ 0.92\\ 2.12\\ 1.43\\ 0.92\\ 2.12\\ 1.97\\ 1.43\\ 2.814\\ 3.25\\ 4.94\\ 5.690\\ 0.90\end{array}$	$\begin{array}{c} 0.21\\ 0.12\\ 0.05\\ 0.64\\ 1.21\\ 0.12\\ 0.21\\ 0.37\\ 0.90\\ 0.87\\ 0.90\\ 0.65\\ 1.01\\ 0.41\\ 0.47\\ 0.06\\ 1.21\\ 1.69\\ 0\\ 0.06\end{array}$	$\begin{array}{c} 1.42\\ 2.18\\ 1.47\\ 3.50\\ 3.89\\ 2.43\\ 3.79\\ 2.33\\ 1.79\\ 2.33\\ 1.79\\ 2.33\\ 1.79\\ 2.44\\ 2.98\\ 1.84\\ 3.28\\ 4.46\\ 6.63\\ 1.80\\ 4.46\\ 6.63\\ 0.96\end{array}$	$\begin{array}{c} 2.77\\ 2.59\\ 3.08\\ 14.86\\ 2.71\\ 19.38\\ 2.77\\ 12.91\\ 2.53\\ 12.88\\ 2.92\\ 16.80\\ 2.80\\ 15.47\\ 2.33\\ 13.80\\ 3.06\\ 16.74\\ 3.15\\ 14.06\\ 2.78\\ 12.07\\ 2.86\\ 13.93\\ 2.93\\ 20.91\\ 3.14\\ 13.10\\ 2.79\\ 12.07\\ 2.87\\ 9.83\\ 2.83\\ 11.97\\ 2.52\\ 12.58\\ 2.59\\ 14.36\\ 3.12\\ 11.55\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 4.58\\ 7.89\\ 2.53\\ 2.43\\ 6.80\\ 3.94\\ 3.57\\ 1.28\\ 2.666\\ 2.69\\ 1.25\\ 0.73\\ 0.79\\ 1.859\end{array}$	2.00 3.08 1.85 1.67 2.03 2.11 1.90 2.48 2.05 1.94 2.19 3.95 1.83 1.72 1.37 1.80 2.002 1.51	0 0.24 0.09 0.08 0 0.21 0.09 0.31 0.05 0.07 0.33 0 0 0 0.15 0 0	3.12 3.73 2.38 2.16 3.25 2.71 3.53 3.394 2.40 4.35 2.40 2.40 2.40 2.71 2.40 2.71 2.00 2.71 2.00 2.71 2.00 2.71 2.00 2.71 2.00 2.71 2.000 2.0000 2.0000 2.0000 2.0000 2.00000 2.000000000000000000000000000000000000	$\begin{array}{c} 1.71\\ 1.93\\ 1.25\\ 0.84\\ 2.21\\ 1.60\\ 1.17\\ 1.88\\ 0.63\\ 0.77\\ 0.65\\ 1.65\\ 0.36\\ 0.76\\ 0.22\\ 0.43\\ 0.38\\ 0.64\\ 0.05\\ \end{array}$
	Nov. Dec.	31 7 6	$1.13 \\ 2.09 \\ 1.48$	67.5 67.2	$0.40 \\ 0.69 \\ 0.48$	$1.90 \\ 1.41$	0.00 0.38	1.90 1.79	2.74 7.66 2.58 11.50	0.07 0	1.01 1.50	0	1.44 2.33	0 0.24
1976	5 m d May Jun. Jul.	epth 12 26 27 28 31 4 14 1	13.05 6.84 7.78 7.34 8.93 5.80 3.12 2.82	85.4 84.9 81.6 81.8 81.0 79.2 67.5 62.3	1.91 1.03 1.43 1.34 1.70 1.21 1.01 1.01	5.26 0.61 0.57 0.82 2.06 2.73 2.73 1.34	0 1.10 0.92 0.90 1.48 0 0.33 0.48	5.26 1.71 1.49 1.72 3.54 2.73 3.06 1.82 2.22	2.16	1.11	0.30	0.02	1.46	0.44
	Aug. Sept. Oct.	8 15 22 5 13 26 16 30 25 27	3.45 2.78 1.72 2.39 2.76 2.07 4.56 3.42 5.50 2.91	61.9 71.4 50.8 65.1 65.7 57.2 67.3 68.9 67.2 71.2	1.31 0.80 0.85 0.83 0.95 0.89 1.49 1.06 1.80 0.84	2.76 2.72 0.99 3.98 0.99 2.16 3.88 1.98 1.47	$\begin{array}{c} 0.57\\ 0.39\\ 0.62\\ 0.48\\ 1.12\\ 0.69\\ 3.02\\ 2.07\\ 1.85 \end{array}$	$\begin{array}{c} 3.33\\ 3.11\\ 1.62\\ 4.46\\ 2.11\\ 2.85\\ 6.90\\ 4.05\\ 3.32 \end{array}$	2.31 3.08 4.11 3.37 3.47 2.87 2.64 2.40 3.16					
	Dec.	28 29 1 24	1.49 2.60 1.69	69.2 70.3 68.3 62.7	0.97 0.44 0.82 0.63	1.52 0.88	0.29 0	1.81 0.88	2.70 2.62					
1977	Jan. Apr. May. Jun.	7 28 11 25 31 8 9 11 14	2.42 1.68 2.00 1.85 2.26 2.82 2.08 3.07 2.77	72.0 60.6 63.3 53.7 63.3 70.6 59.1 64.1 61.5	0.68 0.66 0.73 0.86 0.83 0.83 0.83 0.85 1.10 1.07	1.08 1.84 1.08 2.03 2.29 1.47 1.31 4.70 2.10	$\begin{array}{c} 0.40 \\ 0.05 \\ 0.18 \\ 0.03 \\ 0.16 \\ 0.63 \\ 0.24 \\ 0.05 \\ 0.87 \end{array}$	$1.48 \\ 1.89 \\ 1.26 \\ 2.06 \\ 2.45 \\ 2.10 \\ 1.55 \\ 4.75 \\ 2.97$	$\begin{array}{c} 2.71\\ 2.47\\ 3.07 \ 12.23\\ 2.97 \ 17.31\\ 2.82 \ 14.06\\ 2.67 \ 10.33\\ 2.80 \ 12.82\\ 2.90 \ 16.77\\ 3.18 \ 13.37 \end{array}$	3.64 5.23 2.18 1.87 3.71 1.76 2.77	1.39 2.30 1.90 1.27 1.58 2.53 2.06	0.02 0 0.12 0 0.06 0.18 0.10	2.56 3.17 2.84 2.13 2.64 3.25 2.65	1.16 1.40 1.19 0.78 1.75 0.62 1.19

	Aug. Sept. Oct. Nov.	28 1 15 17 6 14 20 5 11 13 31 7	5.59 5.72 2.22 2.71 1.76 2.23 2.32 2.05 2.58 1.95 1.83	31.4 55.0 68.0 55.3 64.1 62.0 58.4 68.4 68.4 62.4 71.6 68.5 75.9	3.83 2.57 1.17 0.99 0.97 0.67 0.70 0.73 0.77 0.73 0.61 0.44	$\begin{array}{c} 39.84\\ 19.33\\ 8.69\\ 3.04\\ 2.12\\ 0.67\\ 2.09\\ 2.15\\ 2.36\\ 4.80\\ 6.30\\ 1.54\\ 1.44\\ 1.44\end{array}$	$\begin{array}{c} 2.79\\ 2.79\\ 0.24\\ 1.03\\ 0.92\\ 0.61\\ 1.89\\ 0.29\\ 1.33\\ 1.27\\ 0\\ 0\\ 0.14\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 42.12\\ 22.12\\ 8.93\\ 4.07\\ 3.04\\ 1.28\\ 3.98\\ 2.44\\ 3.69\\ 6.07\\ 6.30\\ 1.54\\ 1.58\\ .58\end{array}$	2.79 2.93 2.87 2.67 3.05 3.18 2.81 2.86 2.88 2.48 2.49 2.95 2.72	29.92 16.52 18.70 12.94 12.32 12.69 14.11 11.09 12.13 12.29 11.55 10.17 9.20	5.04 2.24 2.11 2.12 1.83 1.75 1.58 0.89 0.30 0.57 1.98 0.34 0.52	4.84 2.29 2.63 2.09 1.95 1.60 2.07 1.64 1.99 1.96 1.56 1.52 1.31	0.48 0.11 0.08 0.22 0.18 0 0 0.12 0.19 0	5.07 3.21 3.66 2.93 2.78 2.45 2.77 2.39 2.52 2.22 2.05 1.97	$\begin{array}{c} 2.66\\ 1.07\\ 1.11\\ 1.29\\ 1.24\\ 0.38\\ 0.73\\ 0.46\\ 0.30\\ 0.32\\ 0.51\\ 0.19\\ 0.20\\ \end{array}$
	Dec.	0	1.60	69.2	0.49	1.30	0.71	2.07	2.48	10.06	0.22	1.50	0.08	2.12	0.14
	7 m d 1976 May	12 12 26 27	11.16 6.98 6.15	99.7 84.1 87.4	0.03 1.11 0.77	0 0.69 0.58	0 0.28 0	$0 \\ 0.97 \\ 0.58 \\ 1.72$							
	Jun. Jul	$     \begin{array}{c}       28 \\       31 \\       4 \\       14 \\       1     \end{array} $	7.27 5.11 3.35	81.6 79.4 72.0	1.34 1.05 0.94	1.44 2.73 1.66 2.39	0.30	1.72 1.76 2.73 2.32 3.11							
	Jui.	8 15 22	3.87 2.96 2.06	52.3 76.3 54.8	1.85 0.70 0.93	4.80 1.80 2.04	0.88 0.35 0.27	5.68 2.15 2.31	2.91 3.18 3.67						
	Aug.	13 26	2.63	58.1 57.7	1.10	2.12	1.39	3.51	3.04 2.83						
	Sept. Oct	16 30 25	3.76 3.50	$73.1 \\ 74.0 \\ 70.0$	$1.01 \\ 0.91 \\ 1.13$	2.67 1.08	2.45	5.13 2.51 2.70	2.62 2.52 3.05						
	Dec.	1 24	2.13	70.3 62.7	0.63	1.59 0.80	$0.33 \\ 0.16$	$1.92 \\ 0.96$	2.59 2.45						
	1977 Jan.	24 28	$2.43 \\ 1.79$	71.2 65.2	0.07 0.62	1.02 1.58	0.38 0.39	$1.40 \\ 1.97$	2.56 2.62						
	Apr. May.	11 25	$1.66 \\ 2.03 \\ 0.71$	$61.3 \\ 54.8 \\ 62.7 \\ 63.7 \\ $	0.64	1.69	0 0.58	$1.69 \\ 2.40 \\ 2.11$	2.69	13.56 15.13	3.17 3.27	1.68	0 0.02	2.84	1.37
`	Jun.	27 8 10	$\frac{2.71}{1.44}$	68.3 66.4	0.98	1.52 1.84	0.26	1.78 2.27	2.45 2.76 3.15	13.13 11.72 11.23	2.56	1.80 1.40 1.43	0.08 0.14	2.30	1.00
	Jul.	11 13	2.35 3.67	53.6 58.6	$1.09 \\ 1.52$	5.66 7.14	0.90	6.56 7.63	2.49 3.16	$19.04 \\ 15.23$	$\begin{array}{c} 3.62\\ 2.34 \end{array}$	$3.06 \\ 2.42$	0.24 0.15	3.47 2.83	1.39
	Aug.	28 3 15	3.83 8.50 1.70	45.6 59.5 55.2	2.12 3.44 0.76	18.20 20.79 3.49	2.38 1.60 1.25	20.58 22.39 4.74	2.80	21.72 16.96 13.10	5.43 1.70 2.90	3.13 1.99 2.10	$0.09 \\ 0.05 \\ 0.10$	4.06 3.42 2.94	1.78
	Sept.	19 . 6	2.34 2.05	67.9 64.1	0.75	2.05 1.09	0.57	2.62 1.46	2.92 3.04	12.28 11.21	2.74 0.12	$1.94 \\ 1.48$	0.29 0.12	2.19 2.22	0.84
	_	14 20	$2.22 \\ 1.65$	$58.4 \\ 61.1$	0.92 0.66	$2.54 \\ 2.30$	$0.13 \\ 0.54$	$2.67 \\ 2.84$	2.65 2.86	10.93 13.26	$1.75 \\ 1.35$	1.47 $1.91$	$0.34 \\ 0.09$	$2.47 \\ 2.65$	0.65
	Oct.	5 11	2.05	58.0 71.1	0.86	2.87 4.71	1.44	4.31	2.60	12.87 12.10	$1.48 \\ 1.14 \\ 1.01$	1.94	0 0	2.52	0.43
	N	31	1.50	70.2 63.7	0.63	3.13 1.53	0.12	4.71	2.27	9.83	0.23	1.42	0	2.08	0.10
	Nov. Dec.	8 7	$1.83 \\ 1.91$	74.7 67.9	U.46 0.62	$2.04 \\ 0.57$	0.05 1.35	$2.09 \\ 1.92$	2.66 3.16	$8.03 \\ 7.47$	0.37 0	$1.13 \\ 1.08$	U 0.03	$1.92 \\ 1.79$	0.24 0

		Su	Suspen ded substances Feces of pearl oyster Assimilation				Feces of pearl oyste		nilation		
Date		Dry	С	N	Ash	Chla+	С	N	Ash	enicie	ency (%)
		wt. (mg/l)	(%)	(%)	(%)	pheo-p (μg/l)	(%)	(%)	(%)		references
0,5 m dept 1977 May 3 Jun. Jul. 1 Aug. 1 2 Sept. 1 Oct. Nov. Dec. 1	h 31 9 4 1 2 7 4 6 4 8 7 4	$\begin{array}{c} 2.776\\ 1.775\\ 2.695\\ 1.923\\ 2.591\\ 2.472\\ 1.866\\ 2.728\\ 2.524\\ 1.755\\ 1.606\\ 2.688\end{array}$	$\begin{array}{c} 8.68\\ 15.63\\ 10.25\\ 7.26\\ 9.25\\ 10.84\\ 11.44\\ 13.88\\ 11.00\\ 11.06\\ 8.68\end{array}$	1.68 2.64 1.85 1.37 1.46 1.80 1.69 2.66 1.50 1.56 1.26	$\begin{array}{c} 61.9\\ 49.6\\ 65.2\\ 62.8\\ 68.4\\ 67.2\\ 44.5\\ 65.9\\ 64.4\\ 68.6\\ 67.5\\ 74.5\end{array}$	2.65 2.78 0.91 2.46 1.85 1.59 2.23 3.23 6.27 1.72 1.76 3.43	$\begin{array}{c} 7.09\\ 9.17\\ 9.39\\ 13.63\\ 8.59\\ 8.19\\ 12.48\\ 11.47\\ 6.29\\ 5.93\end{array}$	$1.10 \\ 1.47 \\ 1.47 \\ 2.13 \\ 1.10 \\ 1.23 \\ 1.73 \\ 1.95 \\ 0.89 \\ 0.72$	76.8 73.6 73.3 74.5 78.6 75.7 74.0 72.9 73.7 82.7 82.6	50.964.731.642.441.034.571.828.135.454.256.3	
2 m depth 1976 Oct. 1 1 1977 May 2 Jun. 1 Jul. 1 Aug. 2 Sept. 1 Sept. 1 Oct. Nov. Dec.	34527033946476	3.769 3.261 2.967 2.231 2.964 1.738 2.267 2.727 2.103 1.407 3.156 2.529 2.093 1.475	10.00 8.36 12.78 10.47 18.05 10.82 11.24 7.59 11.50	2.03 1.81 2.12 3.62 1.72 1.80 1.01 1.50	68.9 69.9 62.3 62.1 53.1 62.4 68.4 60.0 57.8 67.3 72.4 67.5 69.2	3.29 2.43 1.29 1.79 2.45 2.97 3.28 4.45 1.00 1.79	$9.43 \\ 13.27 \\ 7.04 \\ 11.53 \\ 11.06 \\ 11.32 \\ 12.34 \\ 6.25 \\ 6.54$	1.55 2.52 1.02 1.84 1.52 1.54 1.99 1.00 0.72	$\begin{array}{c} 79.4\\ 79.3\\ 76.6\\ 72.6\\ 62.8\\ 71.4\\ 67.0\\ 76.6\\ 72.3\\ 71.7\\ 68.8\\ 79.0\\ 83.1 \end{array}$	$\begin{array}{c} 35.3\\ 40.6\\ 43.0\\ 37.8\\ 3.1\\ 54.7\\ 18.5\\ 33.9\\ 42.5\\ 45.9\\ 18.1\\ 0\\ 44.7\\ 54.4 \end{array}$	
5 m depth 1976 Oct. 2 2 1977 May 3 Jun. Jul. 1 Aug. 1 Sept. 1 Oct. 1 Nov. Dec.	2728919412745376	$\begin{array}{c} 2.729\\ 3.915\\ 1.491\\ 2.255\\ 2.028\\ 2.771\\ 5.716\\ 3.668\\ 2.708\\ 2.190\\ 2.316\\ 2.581\\ 1.826\\ 1.596\end{array}$	11.88 9.11 10.60 12.53 11.83 9.57 8.68 9.84	1.78 1.52 1.96 1.73 2.07 1.99 1.37 1.31 1.42	70.4 70.3 70.7 64.9 61.4 63.5 54.6 62.4 64.6 61.1 67.6 72.4 73.4 68.3	2.45 1.55 2.97 22.12 8.93 3.04 3.98 3.69 6.30 1.58 2.07	$12.39 \\ 9.11 \\ 11.70 \\ 8.43 \\ 8.21 \\ 12.13 \\ 5.80 \\ 6.85 \\ 5.67 \\ \end{array}$	1.73 1.39 1.78 1.12 1.11 1.68 0.73 0.87 0.72	81.2 76.1 79.6 67.9 73.7 68.2 72.1 67.6 76.8 78.8 71.8 84.3 80.5 83.3	44.8 25.7 30.3 12.6 42.7 18.9 53.5 20.2 44.8 57.8 57.8 57.8 18.2 51.1 33.2 56.8	Gymnodinium sp. develop- ment "
7 m depth 1977 May 2 Jun. 1 Jul. 1 Aug. 1 Sept. 1 Oct. 1 Nov. Dec.	7 0 3 9 4 5 4 8 7	2.710 2.573 3.669 8.497 2.341 2.217 2.051 2.098 1.828 1.914	$\begin{array}{r} 8.33\\ 12.89\\ 9.54\\ 9.18\\ 11.39\\ 9.44\\ 7.66\\ 7.47\end{array}$	1.29 2.27 1.65 1.13 1.94 1.42 1.13 1.05	62.6 63.2 59.5 66.5 64.5 58.4 70.7 74.1 67.6	$\begin{array}{c} 3.11\\ 2.27\\ 7.63\\ 22.38\\ 2.62\\ 2.66\\ 4.31\\ 4.71\\ 2.09\\ 1.92 \end{array}$	$10.30 \\ 7.50 \\ 8.63 \\ 14.67 \\ 6.49 \\ 5.84 \\ 5.60 \\ \end{array}$	$1.71 \\ 2.84 \\ 1.02 \\ 1.02 \\ 1.85 \\ 0.82 \\ 0.79 \\ 0.71 \\ 0.71 \\ 0.81 \\ 0.71 \\ 0.91 \\ $	66.3 69.7 62.6 65.5 77.1 79.2 62.7 81.6 84.1 82.8	$14.8 \\ 25.3 \\ 30.9 \\ 22.7 \\ 41.2 \\ 52.5 \\ 16.5 \\ 45.6 \\ 46.1 \\ 56.6 \\ $	Gymnodinium sp. develop- ment "

Appendix table 2. Concentrations of suspended substance, chlorophll a + pheophytin, carbon, nitrogen and ash contents in suspended substance and feces, and assimilation efficiency by pearl oyster.

## 英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイの

## へい死について\*,†

## 伊藤克彦•水本三朝

### 国立真珠研究所

真珠養殖漁場におけるアコヤガイ, Pinctada fucata, のへい死は,従来,主として養殖量 の過密や水質環境の悪化(酸素欠乏,硫化水素の発生など)と結びつけて論じられてきて いるが(関1965,'69,沢田1965,'66),アコヤガイの生活周期を組み入れた観点からのへ い死原因に関する研究については,関(1972 a, b),関・柴原(1970,'71,'75,'76),関・ 柴原・吉田(1972)による英虞湾の真珠漁場を中心にした検討以外にはない。しかし, これらの研究においても,へい死の出現時期と出現のしかたについては,調査間隔の長さ と貝の状態に関する詳細な観察の不足などにより十分な把握がむづかしく,へい死原因の 究明に明確さを欠いている。

本報告では、英虞湾多徳島定点で1974年から1977年の4年間にわたる養殖垂下層別によるアコャガイのへい死の出現経過と貝の生活周期ならびに環境諸条件との関連から、へい 死原因について検討し知見をえたので報告する。

報告にさきだち,供試貝の手入れと水温と比重などの観測をお願いした前田弘也技官に お礼申し上げる。

## 方 法

へい死試験に用いたアコャガィは (Table 1),1974年と1975年は2年生母員,1976年 は2年と3年生母員,1977年は1,2および3年生母員で,各年共,試験の前年の11月下 旬に愛媛県より搬入し,英虞湾多徳島地先で越冬させた。試験は多徳島地先の定点から

Experimental periods	Age of oysters	Number of individ.	Cultured depths
1974 May - December	2 Y	130	0.5 m, 2.0 m, 7.0 m
1975 May - December	2 Y	300	"
1976 May - December	2Y, 3Y	300	0.5 m, 2.0 m, 5.0 m, 7.0 m
1977 May - December	1 Y, 2 Y, 3 Y	300	"

 Table 1. Experimental periods, cultured depths and age of pearl oyster for the measurement of mortality

\* Katsuhiko Itoh and Saburo Mizumoto. Mortality of pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) in pearl cultured ground, Ago Bay. With English summary, p. 2398. Bull. Natl, Pearl Res. Lab. 22: 2383-2404. 1978.

† 国立真珠研究所業績 No. 250 (国立真珠研究所報告 22:2383-2404. 昭和53年8月)

(Fig. 1) 水深0.5, 2, 5 および 7 mに垂下飼育したそれぞれ130~300個体の貝について, 5 月から12月まで行った。ただし, 5 m層での試験は'76年と'77年のみである。



Fig. 1 Observational station for the measurement of mortality of pearl oyster in Ago Bay.

へい死貝の調査は7日から10日毎に行ない,へい死に伴なう貝の補充は行なわなかった。 環境条件として,定点における0,2,5および7mの水温,比重,溶存酸素量(Winkler 法)と多徳島での降水量を測定した。貝の状態に関する観察では,別にそれぞれの深さに 養殖したアコヤガイの閉殻筋,外とう膜を除いた主要内臓塊重量と全湿肉重量の比(IW/ MW)を計測した。さらに,それらの貝の軟体部を60℃で48時間以上乾燥し粉砕後, Perkin Elmer 社製の Elemental Analyzer で炭素含有率を分析した。また,'76年と'77 年の両年には,へい死した貝殻内面の寄生虫による損傷率の出現状態を調査した。

#### 結 果

累積へい死率について 各年における年令別,水深別の累積へい死率を Table 2 に,月

Table 2.	Integrated morta	ity of pear	l oyster cultu	ired at the di	fferent depths
	in 1974—1977				

		Mortality of pearl oyster (%)						
Experimental period	Age of oysters	0.5 m	2.0 m	5.0 m	7.0 m			
1974 May – December	2 Y	26.8	32.8		20.0			
1975 May - December	2 Y	27.0	30.0		17.0			
1976 May - December	2 Y	56.0	23.7	18.3	13.3			
-	3 Y	60.3	26.0	16.7	21.0			
1977 May - December	1 Y	4.0	3.7	3.7	4.7			
	2 Y	22.7	14.6	10.0	10.6			
	3 Y	21.0	18.3	18.6	18.0			

別積算へい死率を Fig. 2,3 ならびに4に示した。'74年には2 mの貝のへい死が最も高く(約33%),次いで 0.5m, 7 m の順に低くなった。'75年におけるへい死率は前年と同様な傾向をしめし、2 mで最も高く、約30%に達した。'76年の2年貝と3年貝では、0.5 mで極めて高いへい死率が出現したが(2年貝で56%,3年貝で60%),それらを除けば2 mでのへい死が他の深さの貝に比較して高率であった。0.5mの高いへい死率は5 月末



Fig. 2 Integrated mortality of 2 year pearl oyster cultured at the different depths in 1974—1975. ●:0.5 m, ○:2 m, △:7 m.



Fig. 3 Integrated mortality of 2 and 3 year pearl oysters cultured at the different depths in 1976. ●:0.5 m, ○:2 m, +:5 m, △:7 m.

から6月初めの多量の降水とそれにともなう長期にわたる海水の低比重化によるものと考えられる。3年貝のへい死の出現傾向は2年貝と似ていた。777年における1年貝のへい 死率は各深さの間に差は存在せず3~5%の範囲内にあった。2年貝のへい死率は0.5 m が最も高く(約23%),次いで2m,7m,5mの順に低くなった。3年貝のへい死率は 2年貝と様相が異なり,2m,5mおよび7mの各深さの間に差がみられなかった(17~ 18%)。



Fig. 4 Integrated mortality of 1, 2 and 3 year pearl oysters cultured at the different depths in 1977. ●:0.5 m, ○:2 m, +:5 m, △:7 m.

**IW/MW 比とへい死率の季節変化** 生殖巣の成熟と産卵の指標としての IW/MW 比 とへい死率の季節的な出現傾向を Fig. 5,6 ならびに7に示した。'74年における 0.5 m の2年貝の IW/MW は5月より高くなり6月末に山をしめしたのち (0.285),いった ん低下し,8月初めに再度高くなった。へい死は6月中旬と7月の終りから8月初めに高 くなった(4.6%)。2 mの貝の IW/MW は6月中旬と7月中旬~8月初めに高くなった のち低下した。へい死は7月下旬に最も多くなり(10%),その後も8月中旬,9月中旬, 10月中旬に多くなった。7 mの貝の IW/MW は7月初めに山をしめした (0.305)のち低下したが,8月初めに再び高くなり,8月中旬~下旬に急減した。へい死は6月中旬,7 月中旬,8月中旬ならびに10月中旬に多くなった。



Fig. 5 Seasonal changes of mortality (M) and weight of internal organs: wet weight of tissue ratio (IW/MW) of 2 year pearl oyster cultured at the different depths in 1974 and 1975.

'75年における2年貝の IW/MW は、0.5mの貝で6月末に最高値(0.370)に達したの ち低下し、7月中旬~8月上旬に0.28前後を維持したが8月中旬に急減した。へい死は7 月中旬に最も多くなり(9.3%)、8月中旬には3%に近い値を示した。2mの貝の IW/ MWは6月下旬に高く(0.355)なったのち、いったん低下し8月中旬に急減した。へい 死は7月下旬に最高になり(6%)、8月下旬と10月初めに2%の値を示した。7mの貝 の IW/MW は7月下旬に高くなった(0.345)のち低下したが、8月中旬に再度高くな り、9月上旬にかけ急減した。へい死は8月中旬と9月の前半に著しかった( $2\sim3\%$ )。

'76年における0.5mの2年貝の IW/MW は、6月下旬に最高に達したのち(0.330)、徐々に低下した。へい死は6月初めの多量の死(47%)を除けば、8月初めと9月中旬に山が出現した(3%)。2mの貝の IW/MW は6月初めに高くなったのち(0.335)、季節にともない低下した。へい死は7月末に8%に達した。5mの貝の IW/MW は6月初めと8月初めに山を示した。へい死は6月下旬と8月に増加したが、周年を通して著しくなかった。7mの貝の IW/MW は5月より増加し、7月中旬に最大になり(0.395)、8月初めに低下し下旬に再度高くなったのち徐々に低下した。へい死は8月初めに若干高くなった



Fig. 6 Seasonal changes of mortality and weight of internal organs: wet weight of tissue ratio of 2 year pearl oyster cultured at the different depths in 1976.

が(2%),季節を通して多くなかった。

'77年における0.5mの1年貝の IW/MW は、 5月から高くなり7月下旬に最高に達し (0.340)、その後、8月~9月にかけて低下した。2mの貝では、5月~7月中旬までそ



Fig. 7 Seasonal changes of mortality and weight of internal organs: wet weight of tissue ratio of 1 and 2 year pearl oyster in 1977.

8月

れほど変化せず、7月下旬に急に高くなり(0.375)、9月はじめにかけて低下した。5 m の貝の IW/MW は、7月末に最高に達し(0.320)、8月に低下したあとは大きな変化が なかった。7 mの貝は、5 mと似た動きを示した。各深さの貝のへい死は散発的であり、 特に多量の出現はなかった。0.5mの2年貝の IW/MW は7月上旬に最も高くなり(0.320)、 その後、低下した。へい死は7月初め、7月中旬~8月中旬、9月中旬に多く出現した (2~3.2%)。2 mの貝の IW/MW は5月~6月にかけて高くなり、その後、7月中旬ま で低下し、下旬に最高に達し(0.330)、8月中旬に低下した。へい死は7月中旬~8月上 旬に多く出現した。5 mの貝の IW/MW は5月~6月中旬に高くなったのち7月中旬ま でほぼ0.35で経過し8月初めに急減した。へい死は7月末から8月初めに増加する傾向が あった。7 mの貝の IW/MW は7月初めの低下を除けば5 mの貝と似た動きを示した。 へい死は7月初めと8月中・下旬に高くなった。



Fig. 8 Seasonal changes of carbon contents of 2 year pearl oyster cultured at the different depths in 1974-1977. ●:1974, ○:1975, ①:1976, +:1977.

軟体部の炭素含有率の季節変化 軟体部中のグリコーゲンと脂質の季節変化については 従来から多くの研究がなされてきたが(沢田・谷口 1961,関 1972b,関・柴原 1971), この両物質はそれぞれ量的に変化しその総量として季節的にどのような変化をするかは不 明な点が多かった。従って,ここでは両物質の基礎構成元素である炭素の含有率の季節変 化を調査した(Fig. 8)。

<sup>'74年における0.5</sup>m層の貝の炭素含有率は7月中旬に最高になり(42.3%),いったん 減少したが8月初めに再び増加した(42.5%),その後, 8月末にかけて激減した。2m の貝では,6月中旬,7月中旬~8月上旬に高く(41.3%),5月末と7月初め並びに8 月中旬に低下した。7mの貝では,7月上旬に41.8%を示し,中旬に低下し,同月の末に いったん増加したが8月末にかけて減少した。'75年における0.5mの貝の炭素含有率は6 月に最高の42.8%を示したが8月中旬にかけ減少し(38.2%),下旬には40%以上に回復 した。2mの貝では,6月下旬に最高になり(41.9%),7月末にかけてゆるやかに減少 したが,8月上旬~中旬に著しく増減しながら9月中旬まで減少した。7mの貝では,7 月中旬に最高に達し(42.2%),8月中旬の若干の増加を除けば8月下旬にかけ減少し,そ の後は回復した。

'76年における0.5mの貝の炭素含有率は6月下旬に最高になり(42.2%),8月初めに 減少し、中旬以降は季節にともない増加した。2mの貝では6月下旬に最高になったが8 月下旬まで減少し、その後急速に回復した。7mの貝では6月下旬に最高になり、7月中 旬にかけ減少したのち徐々に増加した。'77年における0.5mの貝の炭素含有率は'76年と似 た動きを示し、8月末に最低になったのち増加した。2mの貝の場合も同様であった。7 mの貝では8月中旬に最低になった。この年は'76年と同様に炭素含有率が6月~9月の 間を2つ以上の増減の変化がなかったことが特徴としてあげられる。

へい死貝殻内面の寄生虫その他による損傷について '76年と'77年におけるへい死 試験 の各深さにおけるへい死貝殻内面の寄生虫その他による損傷貝出現率の季節変化を調査した(Table 3)。ただし,'76年の0.5mの2年貝と3年貝の5月末の大量死の個体について

Experimental periods		Shell inside infected by parasites (%)						
Experimental periods	Age of oysters	0.5 m	2.0 m	5.0 m	7.0 m			
1976 May - December	2 Y		52.1	63.7	80.2			
	3 Y		67.9	72.0	84.0			
1977 May - December	1 Y	58.3	72.7	63.6	71.4			
	2 Y	69.1	84.1	83.3	100.0			
	3 Y	93.7	92.7	89.3	90.7			

Table 3. Infection rates of shell inside by parasites of died oyster in 1976-1977.

は測定しなかった。2年貝の年間損傷率は2mで52%,5mで64%,7mで80%,3年貝の2mで68%,5mで72%,7mで84%で,年令と深さにともない高くなる傾向を示した。 77年の1年貝の貝殻内面の損傷率は0.5mで58%,2mで73%,5mで64%,7mで71% になり、2年貝では、それぞれ69%、84%、83%、100%であった。3年貝では、0.5mの 貝で94%、2mで93%、5mで89%、7mで91%であった。

損傷痕のない死殻の出現は (Appendix table 2), '76年の2mでは主に7月下旬,5m で8月上旬,7mで8月前半に集中しており,その他の時期には殆んど全ての死殻に寄生 虫による痕があった。3年貝の2mでは6月下旬と7月下旬,5mと7mで6月下旬に損 傷率は低下したが2年貝に比べ全体的に高かった。'77年の1年貝の非損傷殻の出現は0.5 mで7月下旬,2mで7月~8月,5mで7月下旬~8月上旬,7mで8月中旬にあり, 2年貝の0.5mでは7月下旬~8月前半,2mと5mでは8月上旬,7mでは全くなかっ た。3年貝では特に傾向はなく各深さとも,ほとんど全ての死殻が損傷をうけていた。

環境条件について (1) 水温 水温は絶対値ばかりでなくその変動もアコヤガイの生活 に影響を与えることは言うまでもない。ここでは、多徳島定点の0,2,5および7mの 各深さでの'67年から'77年の11年間の旬別平均水温(真珠研究所 1972)の季節変化を平年 水温とみなし、'74年から'77年の各年の旬別平均水温との偏りとして各々の深さの水温の 季節的な動きを調べた。



Fig. 9 Seasonal variations of mean water temperature for a period of ten days during 1967—1977.

まず,平年水温の変化を各深さ別にみると(Fig. 9),1月~3月までは各深さの間に は殆んど水温差はないが,4月以降差が生じ,7月~8月にかけてこの差が最も大きくな る。0mの水温は7月中旬~8月下旬に27℃以上(27.1~29.0℃)となる。2mでは27℃

2391

以上の水温は7月下旬~8月上旬まであり、5mでは27℃以上になることはなく、最高水 温期の8月に26℃に達する程度であった。7mの水温は最も高い時期でも26℃を越えるこ とはなかった。9月中旬以降、各深さの間の水温差は小さくなった。



Fig. 10 Seasonal variations of the deviation from mean water temperature in 1974-1977.

次に、平年水温と各年の旬別平均水温との偏りの変化をみると(Fig. 10)、'74年では1 月~2月にかけ-2℃、3月には+1.5、5月中旬まで平年並みであったが、5月下旬~7 月上旬に平年以上、7月中旬~8月上旬には逆に平年以下、8月中旬には平年並みに戻っ た。'75年の水温変化は、2月上旬まで+2、3月下旬にかけて低下し、4月上旬~5月 下旬と6月下旬~8月上旬にはほぼ平年並み、6月前半は高く、8月中旬に低くなったが 下旬以降は高めに経過した。'76年の水温変化は、2月~3月には平年値よりかなり高く なり(2月上旬で+2.5)、4月下旬、5月中旬、6月前半および7月中旬に±1の範囲で 変化したが、それ以外は平年並みであった。'77年の水温変化は1月~4月下旬には平年 値以上で、特に2月~3月に+2~2.2であったが、5月に入って平年値より低くなった。 7月には+1.5となり、8月に入って平年値を下まわり(-2)、9月以降は高く経過した。 2*m*、5*m*および7*m*の各深さにおける各年の旬別平均水温の季節変動の振幅は深さにと もない僅かずつ小さくなっているが、0*m*水温の動きとほぼ似た形で変動していた。



Fig. 11 Seasonal changes of the precipitation at Tatokujima, Ago Bay in 1974-1977.

(2) 比重 多徳島定点の'74~'77年までの各々の深さの海水の比重は年毎にその季節変化の形が違っている。これは降水量と関係していると考えられる(Fig. 11)。ここでは,年別,深さ別の年間平均比重を基礎とし旬別の平均比重との差を基にして各深さの比重の季節変動の傾向を検討した(Fig. 12)。'74年の0mの比重は6月~7月にかけ著しく低下し,7月中旬には-9に達し,その後,僅かずつ回復した。2mの比重は0mの場合と同じく6月~10月にかけて低下したが,0mに比べてその程度は小さかった(7月下旬で-4.3)。この低比重海水は7mまで及んでいた。'75年の0mの海水の比重は6月~8月中旬まで年平均値に近かったが,9月~10月の降水により低下した。2mの比重は0mと



Fig. 12 Seasonal variations of the deviation from annual mean of specific gravity at 0, 2, 5 and 7 meter depth.

似た形で変化し、7 mでは周年を通して年平均値に近かった。'76年の0 mの比重は5月下 旬の降水により(2日間で270mm)著しく低下し、その影響は7月まで続いた。2 mの比重 は0 mと似た形で変化したが、その変化幅は小さかった。5 mと7 mでは、前2 層よりも さらに変化幅は小さくなった。'77年の0 mの比重は6月~7月と9月の降水でかなり低 下した(6月下旬で-6)。2 m、5 mならびに7 mの比重は深くなるにつれてその変化 の大きさは小さくなる傾向があった。

(3) 溶存酸素量 定点における溶存酸素量 (DO) の'75年~'77年の3年間にわたる観測 の結果を Fig. 13 に示した。'75年における0.5mの DO は、6月~7月には 5ml/l 以 上、8月上旬に減少したのち9月には5m以上になった。2mでは8月に4~5ml, 10月 には3ml以下になることがあった。7mでは他の2層に比べて全体的に低く、11月まで殆 んど5mlを越えることはなかったが、特に9月~10月にかけて2~3mlに減少した。'76年 の各深さの DO は季節を通じて深さと共に減少する傾向があり、0.5mと2mでは4ml以 上、5mでは6月中旬と10月初めに4mlを下廻り、7mでは6月上旬、7月中旬、10月初め に4ml以下になった他は4ml以上であった。'77年の0.5mの DO は8月~9月にかけて 5ml以下になった他は5ml以上であり、2mでも同様であった。5mの DO は7月下旬 に 9mlに達する過飽和状態が出現したが、周年を通じて4ml以下になることはなく、7m では8月中旬の1ml以下の一時的な出現を除けば3~4mlの範囲内にあった。





### 考 察

アコヤガイのへい死は酸素欠乏,硫化水素の発生,赤潮による異常環境などが直接的に 働いた場合(沢田 1965,'66,関 1965)を除けば,貝を取りまく物理,化学ならびに 生物学的諸条件と貝自身の生活リズムとの関連で論じられてきている。関(1972a,b)は このような生活リズムと環境諸条件との関係で生じる死について,へい死はまず貝を衰弱 させるような条件があり,それが強度に働くことによってそのまま死ぬかあるいはつぎに 更に直接のきっかけとなるような原因があって死ぬと考え,その死をひき起す前提条件と して水温,餌の少い場合,餌の質の問題,体内消費が多い場合(流速その他)などに分け て論議している。

多徳島定点における'74年~'77年の深度別のアコヤガイのへい死の季節的な出現傾向と 産卵の指標としての IW/MW 比とから,各年,各深さでのおもなへい死の出現は産卵が 終了してから10~15日以内にある。この現象は高へい死率を示した'74~'75年,特に'75年 において明瞭にしめされており,主なへい死の出現は産卵行為と関係していると推定され る。ホタテガイの成熟,産卵期には成長は完全に止まり,全てのものが産卵に向けられる という Fuji and Hashizume (1976)の報告によっても,産卵回数が多いほど体の栄養 的消耗,衰弱も大きくなると考えられる。このことから産卵そのものが関(1972 a, b)の 言う「貝を衰弱させるような条件」に相当するのであろう。'74年 ~'77年における貝の産 卵期は IW/MW 比と炭素含有率の季節的変化から考察して,おおよそ0.5mの貝で'74年 は7月中旬~9月中旬,'75年は6月下旬~8月中旬,'76年は6月下旬~8月中旬,'77年 は6月中旬~8月末,2mの貝ではそれぞれ6月中旬~8月中旬,6月下旬~9月中旬6 月下旬~8月下旬,7月上旬~8月末,7mの貝でそれぞれ7月上旬~8月末,7月下旬 ~9月上旬,6月下旬~7月下旬,6月中旬~8月中旬にあり,それらの期間でも主な産 卵は産卵期を前半と後半に分ければ前半に重点があると推定される。

各深さの水温変動は深くなるにつれて少しずつゆるやかになるが、傾向としては各深さ 共類似しているので2mを例として産卵期を中心とした水温変動にみると、'74 年 には水 温は低め、'75年と'76年は平年並み、'77年は高めを示した。 生殖巣の成熟は積算水温と密 接に関連をもち(和田 1976)、また、産卵には温度の上昇が大きく刺激として働く こ と はよく知られているので、'74年は産卵を抑える方向、'77年は促進する方向に水温は 関 与 し、'74年には8月に入っての水温上昇が産卵を促したと推定される。

低比重海水と貝の反応については、川本(1953)の比重の低い海水ほど貝の閉殻の時間 が長いこと、太田・福島(1961)の海水の低比重化と排糞量の減少、Wada(1969)の長 時間にわたる海水の連続稀釈が貝の閉殻を起さぬまま死に到らしめるという報告などから 海水の低比重化現象も重要なへい死に関与する要因である。'74年には産卵期を中心にし た著しい低比重海水の出現があり、その他の年には低比重海水の出現はあったにしてもそ の程度は大きくなかった。

関(1972a)は英虞湾浜島での貝のへい死と冬季水温との関係から,冬の低水温がへい 死の原因になるとしているが,浜島では現象的によく関連性があるのに対し,同湾内の他 の真珠漁場ではあてはまらないというように統一的には説明できない。多徳島 定 点 で は '76年と'77年に冬季水温は平年に比べ著しく高く経過し,その年にはへい死は少なくなっている。このことは,関の言う冬季水温の高さが春先の貝の栄養蓄積を高め,産卵への十分な貯えとなったのか,あるいは産卵回数が少なかったことが冬季水温の高かったことによるのか,産卵までの環境変動に関連するのかは更に検討する必要がある。

溶存酸素量は深さが増すにつれて減少し、一時的に7mで1ml/ℓ を切ることがあったが、試験した4年間において、このような低酸素水の出現が直接的に死に関与することはなく、死の出現と明確な関連性は認められない。

今までは主に物理・化学的な環境諸条件と貝の死について検討してきたが,貝の死に多 毛類,特に Polydora ciliata の寄生が関係することはよく知られており,その生態と 駆 除法などの研究もなされてきている(水本 1964,'66 a, b,'68)。'76年と'77年のへい 死 貝の殻内面への寄生虫による損傷の出現率の調査から,2年貝では深さが増すにつれてへ い死率は少なくなるのに対し損傷殻の出現率は高くなり100%に近づく。また,寄生率は 貝の年令とともに高くなるという報告(水本 1966a)を反映し,2年貝より3年貝の貝殻 損傷率が高くなる。肉眼的に損傷痕のない貝殻の出現は産卵期を中心に集中し,その他の 時期はほぼ100%損傷を受けている。これらのことは,貝殻内面に達するような寄生虫の 寄生が貝の死の背景として存在しており,それが産卵期での貝の衰弱条件,物理化学的な 環境変動などと関連して死をひき起す一つの要素となるものと推定される。

以上の論議から,'74年~'77年における深き別のアコヤガイのへい死の主な原因は産卵 期を中心にした水温変化がまずあげられよう。この水温変化は各深さを通してその傾向は 似ているが、0~2mでは平年水温でアコヤガイの生活適水温の限界近くでの水温変化と 5mと7mでの適水温内での変化とでは貝に与える作用の大きさは違ってくると考えられ る。従って、0.5mと2mの貝の死は産卵期における貝の代謝バランスの失調(関・柴原 1976)と寄生虫や低比重海水の出現などに帰因するものと言える。それに対し、7mの貝 にとっては水温変化や低比重海水のような条件は主な要因とはなり難く、むしろ寄生虫に よる損傷と産卵による衰弱とが関連した死が中心になっていたと言える。

各年のへい死率の違いは産卵のあり方にあり、'74年と'75年,'76年と'77年の二つに分け られる。'74年と'75年には産卵期間中に生殖巣の数度の充実があり、特に'74年には産卵期 を中心にして水温が低下の方向で変化し、また、他の年に比べ IW/MW 比が小さく環境 からの栄養蓄積が低く抑えられた結果として貝の衰弱要因が強く働き、それに環境変動が 加わったものと推定される。'76年と'77年は産卵回数は前2年に比べて少なく、産卵によ る衰弱は軽微であり、そのことが産卵期でのへい死量を低く抑えたと考えられるが、関 (1972a)の言う冬季水温の動向とへい死率の出現量との関係については今後更に検討する 必要があろう。

結論的に言えば、アコヤガイ母貝のへい死は主に寄生虫による寄生、水温変動および低 比重海水の出現頻度などの環境諸条件と貝の衰弱要因としての産卵活動とが相互に結合し た結果現われたと言える。

2397
#### 要 約

英虞湾多徳島地先で1974年~1977年の4年間にわたり養殖深度を異にしたアコャガイ (1~3年生母貝)のへい死を調査し、その原因について解析した。

環境条件として平年水温からの偏りとしての水温変化,海水の比重,溶存酸素量,降水 量を観測した。また,貝の条件として IW/MW 比,軟体部中の炭素含有率,へい死した 貝殻内面への寄生虫による損傷率を調べた。

深さにともなう水温の変化幅は深くなるにつれて徐々に小さくなるが,その変化の傾向 は類似していた。比重は深さと共にその変化は安定していた。各年の主なへい死は,季節 的には産卵期を中心に出現し,炭素含有率の激減する時期にほぼ一致していた。産卵期以 外に出現したへい死貝の殆んど全ての殻内面には寄生虫による損傷痕が認められた。

アコヤガイ母貝のへい死は主に寄生虫による寄生,水温変動および低比重海水の出現頻 度などの環境諸条件と貝の衰弱要因としての産卵活動とが相互に結合した結果現われたと 結論づけられる。

#### Summary

It was determined the mortality of pearl oyster *Pinctada fucata* cultured at the different depths, Tatokujima station in Ago Bay, 1974 to 1977. On the environmental conditions, seasonal deviations of water temperature and specific gravity and dissolved oxygen contents were observed at 0, 2, 5 and 7 meter depths.

Seasonal changes of internal organs: wet flesh weight ratio, carbon contents in the flesh and the infection rate of shell inside by the parasite *Polydora ciliata* were measured. Seasonal deviations of the water temperature at each depths were similar with each others, but of the specific gravity became more stable with depth deeper.

The mortality of the pearl oyster seasonally had appearance during the breeding periods and was corresponded with the rapid decrease of carbon contents. The shell inside of the oyster died except on the breeding season was almost all infected by the parasite.

The difference of the mortality between the oysters cultured at the various depths and in each years examined, was related with the water temperature and the specific gravity, their degrees of the seasonal deviations, and the infection rates under the weakenned condition by their spawning.

It was concluded that the death of the pearl oyster resulted from the combined effects of the environmental conditions on the oysters which were weakenned by their spawning.

8月

#### 文 献

- Fuji, A and M. Hashizume 1974. Energy budget for a Japanese common scallop, Patinopecten yessoensis (Jay), in Mutsu Bay. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 25: 7-19.
- 川本信之 1954. アコヤガイの生理学的研究Ⅱ. 稀釈海水における介体液の氷点降下度について. 日水 誌, 20: 273-276.
- 水本三朗 1964. アコヤガイ貝殻の病害に関する研究 I. 貝殻に侵入する多毛類の種類および病害の状 況とその駆除法について、国立真珠研報。9:1143-1155.

水本三朗 1966a. アコヤガイ 貝殻の病害. 真珠技術研会報. 54: 3-18.

- 水本三朗 1966b. アコヤガイ貝殻の病害に関する研究Ⅱ.アコヤガイ貝殻に出現する主要加害種 Polydora ciliata の季節的消長について、国立真珠研報. 11: 1368-1377.
- 水本三朗 1968. アコヤガイ貝殻の病害に関する研究Ⅲ. Polydora ciliata によるアコヤガイ貝殻疾 病の季節的発症経過について、国立真珠研報,13:1624-1634.
- 太田 繁・福島洋太郎 1961. アコヤガイの食性に関する研究 VI. 低比重海水がアコヤガイの糞量に及 ぼす影響.国立真珠研報. 6:567-572.

沢田保夫 1965. 真珠養殖における漁場の環境,特に密殖と老化について. 真珠技術研会報. 50:7-20. 沢田保夫 1966. 真珠養殖における異常環境と被害対策. 真珠技術研会報. 54: 29-41.

- 沢田保夫・谷口宮三郎 1961. 真珠貝の生化学的研究Ⅳ. アコヤガイの肉質成分の季節変化について. 国立真珠研報. 6: 553-560.
- 関 政夫 1965. 鵜方浦を中心とした異常へい死漁場の状況について. 真珠技術研会報. 52: 22-30.
- 関 政夫 1969. 真珠と環境,特に水温と密殖の影響について. 真珠技術研会報. 65: 1-19.
- 政夫 1972a. 真珠貝のへい死原因について,調査研究の現状と問題点.真珠技術研会報. 74:1-25. 関
- 関 政夫 1972b. 養殖環境におけるアコヤガイ, Pinctada fucata, の成長および真珠品質に影響を及 ぼす自然要因に関する研究. 三重県水試研究報告. 1: 32-149.
- 関 政夫・柴原敬生 1970.昭和44年度真珠養殖漁場の適正利用に関する研究,英虞湾真珠漁場の環境 とアコヤガイの成長.昭和43年度三重県浜島水試事業報告(付録).1-23.
- 関 政夫・柴原敬生 1971. 英虞湾真珠漁場の環境とアコヤガイの成長Ⅲ,昭和45年度試験結果.昭和 44年度三重県浜島水試事業報告. 1-24.
- 関 政夫・柴原敬生 1975.昭和48年度真珠貝標準生理調査・特に、本年度の成長不良原因について、 三重県浜島水試年報(昭和48年度). 25-38.
- 関 政夫・柴原敬生 1976.昭年49年度英虞湾環境調査.海水,底泥,アオノリ,アコヤガイ,付着生物 の化学成分からみた環境.三重県浜島水試年報(昭和49年度).1-36.
- 関 政夫・柴原敬生・吉田小虎 1972.昭和46年度真珠養殖漁場の適正利用に関する研究.英虞湾真珠 漁場の環境とアコヤガイの成長.三重県浜島水試資料.1-13.
- 真珠研究所 1972. 真珠研究所多徳島臨海実験場および大村支所の観測記録(1955~1970). 国立真珠 研資料 2:1-356.
- Wada, K. T. 1969. Studies on the crystalline style of japanese pearl oyster I. Effect of diluted sea water on the crystalline style. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 35: 133-140.
- 和田克彦 1976. 採卵成績の年変動などからみたアコガイの成熟と積算水温の関係。国立真珠研報。 20: 2244 - 2253.

	0.5	m	2	m	7	m
	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	No. of died individ.	Integrated mortality (%)
1974 NAT 2 Year						
May 10 20 31	0 0 2	0.0 1.5	0 1 1	$0.0 \\ 0.8 \\ 1.5$	0 0 0	0.0
June 10 20 30	5 1 0	5.3 6.1	1 0 0	2.3	0 3 0	2.3
July 10 20 31	0 _1 _6	6.9 11.5	0 2 13	3.8 10.0	0 2 0	3.8
Aug. 10 20 31	6 4 0	16.1 19.2	2 4 0	$\begin{array}{c} 15.3\\ 18.4 \end{array}$	1 4 1	$4.6 \\ 7.7 \\ 8.5$
Sept. 10 20 30	3 0 0	21.5	5 2 0	22.2 23.7	5 2 0	12.3 13.8
Oct. 10 20 31	3 2 0	23.8 25.3	5 2 0	27.5 29.0	5 0 0	17.6
Nov. 10 20 30	0 0 0		0 0 0		0 0 0	
Dec. 10 20 31	0 2 0	26.8	0 2 3	30.5 32.8	0 0 3	20.0
N=130	35		43		26	
1975 NAT 2 Year						
May 28	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Jun. 4 13	0		3 1	1.0 1.33	1 0	0.33
July 3 8 15 23	0 2 9 28	0.67 3.67 13.00	0 0 5 18	3.00 9.00	2 3 0 0	1.00 2.00
29 Aug 4	10	16.33	9	12.00	1	2.33
12 18 26	2 8 4	17.07 18.34 21.00 22.33	5 5 6 7	15.07 15.34 17.34 19.67	4 6 1	4.00 6.00 6.33
Sept. 2 9 16 30	2 4 1 1	23.00 24.33 24.67 25.00	6 5 4 2	21.65 23.33 24.67 25.34	6 5 9 4	$8.33 \\ 10.00 \\ 13.00 \\ 14.33$
Oct. 7 13 20 27	1 0 1 0	25.33 25.67	6 1 0 1	27.34 27.67 28.00	0 3 2 1	15.33 16.00 16.33
Nov. 4 10	1 0	26.00	2 0	27.67	1 0	16.67

Appendix table 1. Integrated mortality of pearl oyster.

		0.5	m	2	m	7	m
		No. of died individ.	Integrated mortality (%)	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	No. of died individ.	Integrated mortality (%)
	17 25	0		01	29.00	01	17.00
Dec.	1 8 16 22	1 0 2 0	26.33 27.00	1 1 1 0	29.33 29.67 30.00	0 0 0 0	
1976 Jan.	6 13 26	0 0 2	27.67	0 1 2	30.33 31.00	2 1 3	17.67 18.00 19.00
Feb.	2 10 21	1 1 0	28.00 28.33	1 5 7	31.33 33.00 35.33	3 3 6	$20.00 \\ 21.00 \\ 23.00$
Mar.	9 26	2 0	29.00	3 4	36.33 37.67	7 5	25.33 27.00
Apr.	21	9	32.00	7	40.00	10	30.33
N=300		96		120		91	

Appendix (cont.)

Appendix table 2. Integrated mortality and number of infected shell inside of pearl oyster.

	0.5 m		2 m	_		5 m			7 m	
X	No. of died individ. Integrated mortality (%)	Infected shell inside No. of died	individ. Integrated mortality(%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside.	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside
1976 NAT 3 year	0 0 0	0	0 0 0	0	0	0.0	0		0.0	0
May 11 17	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	2 1	2 0.7 2 1.4	2 2	2 0	0.0	2	8	$2.7 \\ 3.4$	8 2
Jun 1 8 14 21	$\begin{array}{rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr$		0 0 0 13 5.7	0	1 2 1 6	$1.0 \\ 1.7 \\ 2.0 \\ 4.0$	1 2 1 0	2 5 0 8	$4.1 \\ 5.8 \\ 8.5$	2 5 0
July 2 9 16 23 30	0 0 0 4 54.9	3 1	$\begin{array}{cccc} 3 & 6.7 \\ 1 & 7.0 \\ 3 & 8.0 \\ 2 & 8.7 \\ 12 & 12.7 \end{array}$	3 1 3 1 7	0 2 0 3 1	4.7 5.7 6.0	2 2 0	1 2 0 0 5	8.8 9.5	1 2 4
Aug. 6 12 21 27	3 55.9 0 0 2 56.6	1	3 13.7 2 14.4 3 15.4 1 15.7	1 1 2 1	6 8 1 1	8.0 10.7 11.0 11.3	5 6 1 0	1 4 1 1	11.5 12.8 13.1 13.4	1 3 1 1
Sept. 3 9 18 25	3 57.6 0 3 58.6 2 59.3	3 3 2	5 17.4 1 17.7 5 19.4 5 21.1	5 1 5 5	2 0 0 1	12.0 12.3	2 1	3 3 2 2	$14.4 \\ 15.4 \\ 16.1 \\ 16.8$	3 3 2 2

2401

Appendix (cont.)

			0.5 m			2 m	<u> </u>		5 m			7 m	
		No. of died individ.	Integrated mortality(%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality(%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality(%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside
Oct.	1 12 19 27	2 0 0 1	60.0	1	3 4 2 0	22.1 23.4 24.1	3 3 2	0 4 2 1	$13.6 \\ 14.3 \\ 14.6$	4 1 1	1 3 4 1	17.1 18.1 19.4 19.7	1 3 4 1
Nov.	2 9 13 22	0 0 0 0			0 0 2 1	24.7 25.0	1 1	1 2 0 0	14.9 15.6	1 2	0 0 0 1	20.0	1
Dec.	3 15 25	0 0 0			0 3 0	26.0	3	1 0 2	15.9 16.6	1 2	1 1 0	20.3 20.6	1 1
N=3	300	181			78		53	50		36	62		52
1976 NAT 2 May	2 year 11 17	0	0.0	0	0	0.0	0 2	02	0.0	0	0	0.0	0
Jun.	1 8 14 22	131 1 0	43.7 44.0	0	6 0 0	2.7	0	2 0 0	1.4	2	3 1 0	$1.0 \\ 1.3 \\ 2.7$	3 0
July	2 9 16 23 30	0 1 0 2 9	44.3 44.7 45.3 48.3	1 1 1 6	1 0 3 9 24	4.0 5.0 8.0 16.0	1 0 5 7	2 0 0 0 2	2.7 3.4 4.1	4 2 2	0 1 0 1 2	3.0 3.3 4.0	1 1 2
Aug.	6 12 21 27	2 1 3 0	49.0 49.3 50.3	1 0 2	2 3 3 0	16.7 17.7 18.7	1 2 1	17 4 2 2	9.8 11.1 11.8 12.5	5 2 0 0	6 1 4 1	6.0 6.3 7.7 8.0	3 0 2 0
Sept,	3 9 18 25	2 1 9 1	$51.0 \\ 51.3 \\ 54.3 \\ 54.6$	0 0 3 1	0 1 2 0	19.0 19.7	1 2	2 1 0 4	$13.2 \\ 13.5 \\ 14.8$	1 1 3	1 0 1 3	8.3 8.7 9.7	1 1 3
Oct.	1 12 19 27	2 2 0 0	55.3 56.0	1 2	1 3 2 0	20.0 21.0 21.7	1 3 2	1 2 1 1	$15.1 \\ 15.8 \\ 16.1 \\ 16.4$	1 2 1 1	2 2 0 2	10.3 11.0 11.7	2 2 2
Nov.	2 9 13 22	0 0 0 0			0 0 1 0	22.0	1	0 2 0 0	17.1	2	0 1 1 1	12.0 12.3 12.7	1 1 1
Dec.	3 15 25	0 0 0			4 1 0	23.3 23.6	4 1	3 0 1	18.1 18.3	3 1	1 1 0	13.0 13.3	1 1
N = 3	00	156			71		37	55		35	40		33

2403

							1			1		
		0.5 m			2 m			5 m			7 m	
	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside
1977 NAT 1 yea May 23 30	00	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0 1
Jun. 6 13 20	1 0 0	0.3	0	0 0 0			0 0 0			0 0 0		
July 1 12 20 27	2 0 0 4	1.0 2.3	2 0	0 1 0 1	0.3 0.7	0 0	0 1 0 1	0.3 0.7	1 0	3 0 0 0	1.3	3
Aug. 4 11 19 29	0 0 0 1	2.6	1	0 1 0 4	1.0 2.3	0 4	0 2 1 0	1.4 1.7	0 1	0 3 1 2	2.3 2.6 3.3	0 1 2
Sept. 5 14 21 30	0 3 0 0	3.6	3	0 1 0 1	2.7 3.0	1 1	1 0 2 0	2.0 2.7	0 2	1 1 1 0	$3.6 \\ 4.0 \\ 4.3$	0 1 1
Oct. 7 21 28	0 0 0			0 2 0	3.7	2	0 2 0	3.4	2	1 0 0	4.7	1
Nov. 8 18	0			0			0			0		
Dec. 1 13 27	1 0 0	4.0	1	0 0 . 0			0 0 1	3.7	1	0 0 0		
N=300	12		7	11		8	11		7	14		10
1977 NAT 2 yea May 23 30	0 2	0.0 0.7	0 2	0	0.0	0	03	0.0	0 2	02	0.0	0 2
Jun. 6 13 21	0 0 1	1.0	1	0 0 0			1 1 2	$1.3 \\ 1.7 \\ 2.3$	0 1 2	3 1 0	1.7 2.0	3 1
July 1 12 20 28	7 1 8 5	3.3 3.6 6.3 8.0	5 1 6 3	1 2 7 6	$0.3 \\ 1.0 \\ 3.3 \\ 5.3$	1 2 6 5	3 1 2 2	$3.3 \\ 3.7 \\ 4.3 \\ 5.0$	3 1 2 2	3 0 1 0	3.0 3.3	3 1
Aug. 4 11 19 29	5 4 9 2	$9.7 \\ 11.0 \\ 14.0 \\ 14.7$	0 4 2 2	5 3 3 4	7.0 8.0 9.0 10.3	3 3 2 3	4 0 2 2	6.3 7.0 7.7	1 2 2	0 3 4 5	4.3 5.6 7.3	3 4 5
Sept. 5 14 21 30	0 10 6 1	18.0 20.0 20.3	9 4 1	2 2 2 1	$11.0 \\ 11.7 \\ 12.4 \\ 12.7$	2 2 1 1	2 1 0 0	8.4 8.7	2 1	2 4 1 2	8.0 9.3 9.6 10.3	2 4 1 2
Oct. 7	2	21.0	2	0			0			0		

Appendix (cont.)

昭和53年

Appendix (cont.)

			0.5 m			2 m			5 m			7 m	
		No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality (%)	Infected shell inside	No. of died individ.	Integrated mortality(%)	Infected shell inside
21	3	0 2	21.7	2	3 0	13.7	3	1 0	9.0	1	0		
Nov. 8 18	3	0 1	22.0	1	1 0	14.0	1	1 0	9.3	1	1 0	10.6	1
Dec. 1 13 27	L 3 7	2 0 0	22.7	2	1 1 0	14.3 14.6	1 1	0 0 2	10.0	2	0 0 0		
N=300		68		47	44		37	30		25	32		32
1977 NAT 3 y May 23 30	ear } )	0 2	0.0	0 2	04	0.0	0 4	04	0.0	0 2	03	0.0	0 2
Jun. 6 13 21	5	3 0 0	1.7	3	1 2 0	1.7 2.3	1 2	5 3 0	$3.0 \\ 4.0$	4 3	1 2 0	1.3 2.0	1 2
July 1 12 20 28	2	2 1 6 3	$2.4 \\ 2.7 \\ 4.7 \\ 5.7$	2 1 6 3	2 0 3 4	3.0 4.0 5.3	2 3 3	6 2 1 0	6.0 6.7 7.0	6 2 1	5 4 3 1	3.7 5.0 6.0 6.3	5 4 3 1
Aug. 4 11 19 29	4 L 9	2 3 6 8	$6.4 \\ 7.4 \\ 9.4 \\ 12.1$	2 3 6 5	4 3 7 3	6.6 7.6 9.9 10.9	3 3 6 3	1 3 6 8	7.3 8.3 10.3 13.0	1 3 6 7	0 13 4 2	10.6 11.9 12.6	12 3 1
Sept. 5 14 21 30	5 4 1 )	3 5 4 1	$13.1 \\ 14.8 \\ 16.1 \\ 16.4$	3 5 4 0	1 2 2 5	11.2 11.9 12.6 14.3	1 2 1 5	8 1 3 0	15.7 16.0 17.0	7 1 3	1 3 3 0	12.9 13.9 14.9	1 3 3
Oct. 7 21 28	7 L B	1 7 3	16.7 19.0 20.0	1 7 3	1 0 6	$14.6\\16.6$	1 6	0 3 0	18.0	3	0 2 4	15.6 16.9	2 4
Nov. 8 18	3	3 0	21.0	3	2 2	17.3 18.0	2 2	0 1	18.3	0	1 1	$\begin{array}{c} 17.2 \\ 17.5 \end{array}$	1 0
Dec. 1 13 27	[ ] 7	0 0 0			1 0 0	18.3	1	0 1 0	18.6	1	1 0 0	18.0	1
N=300		63		59	55		51	56		50	54		49

### 中層垂下養殖法と海底養殖法における アコヤガイの活力の比較<sup>\*,†</sup>

# 山口一登•蓮尾真澄

#### 国立真珠研究所

真珠養殖は,貝を中層に垂下して行なう養殖方法がとられているが,これは一面,養殖 管理上,集約されたなかで多くの利点を備えている。しかしながら,アコャガイは元来, 底棲の付着性の生物であるので,これを中層に垂下することによって生態学的にみれば, 貝に対して何等かの変化をもたらすのではないかと考えられる。しかるに,アコャガイの 生理・生態学的研究の多くは中層に垂下した場合の貝に関するもので,底棲のアコャガイ についての研究はほとんど見られない。

本試験は,最近の真珠業界において養殖技術面の大きな関心事であるアコヤガイの歩留 低下の問題も含め,中層垂下養殖方式の技術改良に資するための知見を得ることを目的と し,中層垂下養殖と海底養殖の異なる養殖条件下におけるアコヤガイの活力の比較検討を 実施した。

報告にあたり,海況観測および貝の測定に協力いただいた当所村上悦男技官に感謝する。

#### 試験方法

試験は大村湾内の真珠研究所大村支所地先において、1975年から1977年までの3年間に わたって実施した。各年における試験期間は1975年は7月から12月までの6か月間、1976 年と1977年は6月から12月までの7か月間である。

海況観測の項目および方法は次のとおりである。

水温および塩素量:Electronic Switchgear 社製サリノメーター MC 5型を使用。 溶存酸素量:ウインクラー法によった。

クロロフィル a 量: J.D.H. Strickland and T.R. Parsons の方法によった。

懸濁物量:海水5ℓを Ultra filta 984H で吸引ろ過し, デシケーターで乾燥後重量を 直示天秤で秤量した。

COD:ヨード滴定法によった。

観測はほぼ1週間隔で午前10時を中心として実施した。観測層は、中層垂下養殖地点は 0、1.5m、底層(平均水深3m)の3層であり、海底養殖地点は0、1.5、3m、底層(

\* Kazuto Yamaguchi and Masumi Hasuo. Comparative studies on the activity of pearl oyster between suspending and bed culture methods. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 22.

† 国立真珠研究所業績 No. 251 (国立真 珠研報 22: − . 昭和53年 月)

平均水深4m)の4層である。

供試したアコヤガイ Pinctada fucata は1975年と1977年は大分県産,1976年は高知県 産の各3年貝である。中層垂下養殖法は試験筏から海面下1.5m層に垂下した。丸型化せ ん網籠を用い,1籠当り60貝を収容した。貝掃除および籠のとり換えは原則として1か月 に1回行なった。海底養殖法は試験筏付近の底質が砂泥質のため,海底を利用できないの で,筏から約200m離れたところの,底質は岩礁性で年間平均水深4mの地点を選び,金 網平籠に収容して海底に据え置いた。1籠当りの収容数は120貝である。貝,籠ともに付 着物はほとんどなかったので,貝掃除,籠のとり換えは全く実施しなかった。

測定項目および方法は次のとおりである。

杆晶体重量:開殻後直ちに杆晶体を取り出し、ろ紙で粘液,付着物を取り除き,直示天 秤で秤量した(1回の測定数50貝)。

肉質湿重量:杆晶体を取り出した貝について,すみやかに貝殻から肉質部を取りはずし, その重量を上皿天秤で秤量した(1回の測定数50貝)。

肉質乾燥重量:湿重量を秤量したものを、90℃に設定した熱風循環式乾燥器内で3日間 乾燥し、デシケーターで放冷後、その重量を上皿天秤で秤量した(1回の測定数50貝)。

貝殻重量:肉質部を取りはずした貝殻を熱風循環式乾燥器内で90℃,3時間乾燥した後, 上皿天秤で秤量した(1回の測定数50貝)。

なお,貝殻重量を測定したものについて1976年と1977年の両年は,中層と底層における 多毛虫の侵蝕状態を貝殻内面の目視観察によって比較した。

以上の測定は各年とも試験期間中,原則として2週間隔で行なった。

また,貝の斃死数調査のため,各年の試験開始時に中層垂下養殖のものは,丸型化せん 網籠に50貝収容の4 籠を海面下1.5m層に垂下し,海底養殖のものは,金網平籠2 籠に100 貝づつ収容して海底に据え置き,1週間隔で実施する海況観測時に斃死貝の個数を数えた。

#### 結 果

#### 海況観測結果

結果のとりまとめに当っては,中層垂下養殖層の1.5mおよび海底養殖の底層の数値を 使用した。

1. 水温 水温の変化を Fig. 1 に示した。1975年から1977年までの3か年を通じて夏 季の7,8月に中層に比べて底層は低い水温を示した。とくに、1975年と1977年は、中層 と底層の較差が著しく、1975年の最大は約3.5℃、1977年は約4.5℃の差がみられた。各年 によって時期的に多少のずれはあるが、おおよそ9月中旬以降は中層は底層に比べてやや 低い水温を示す傾向がみられた。6、7月の水温上昇期においては、底層は中層よりも水 温の上昇速度が遅く、また、9月以降の下降期においては、中層、底層の水温は時期的な ずれをほとんどみせないで下降していくので、底層は中層に比べて27℃以上の高水温の出 現期間は短いのが特徴的であった。

2. 塩素量 塩素量の変化を Fig. 2 に示した。3か年を通じて全般的にみると,中層 は底層に比較して低い値で推移し, 6,7 月においては目立ってその差は大きいようであ



Fig. 1 Variations of water temperature at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

った。また,各年とも中層は底層に比べて変動の幅が大きく不安定な状態を示したが,と くに 6,7月の梅雨期においては,その変動が著しかった。しかしながら,底層では変動 の幅は小さくて,比較的安定した状態を呈した。また,1977年は8月以降において,中層, 底層とも他の2年よりも高い値(18%台)で経過したのが特色であった。

2407

昭和53年



Fig. 2 Variations of chlorinity at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

2408

3. 溶存酸素量 溶存酸素量の変化を Fig. 3 に示した。各年とも全般的に中層は底層 よりも高い値を示した。とくに、1975年と1977年の7月上旬における中層と底層との差は



Fig. 3 Variations of dessolved oxygen at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

大きく、1975年は約 3  $m\ell/\ell$ 、1977年では約 2.5  $m\ell/\ell$  の差がみられた。1976年には、9 月下旬の一時期に中層が底層よりも約 2  $m\ell/\ell$  高い値を示した。溶存酸素量の変動は、



Fig. 4 Variations of chlorophyll-a at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

各年とも中層,底層のいずれも大体 3~6  $m\ell/\ell$  (飽和度60~120%)の範囲内であって,底層においても 2  $m\ell/\ell$  以下に低下することは全くなかった。



Fig. 5 Variations of dry weight of suspended matter at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

4. クロロフィル a 量 クロロフィル a 量の変化を Fig. 4 に示した。1975年は7月 上旬から9月上旬までは底層の方が高い値を示し、9月中旬から11月上旬にかけては中層 がやや高い値となり、それ以降は中層と底層との差はほとんど認められなかった。また、 7、8月には中層において極度の減少が認められ、この期間のクロロフィル a 量の平均 O<sub>2</sub> mg/l



Fig. 6 Variations of COD at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

値は 0.24 mg/m<sup>3</sup> と非常に低い値を示したが、底層では 1.13 mg/m<sup>3</sup> を示した。中層と底層 との差がとくに大きく現われたのは7月中旬から8月上旬にかけての期間であった。1976 年には中層と底層とはほとんど類似したような経過をたどっており、7、8月の時期にお いても中層の平均値は 0.81 mg/m<sup>3</sup>、底層では 0.66 mg/m<sup>3</sup> で、両者間には大きな差は 認め られなかった。1977年では6月から9月までの期間は底層の方が高い値を示し、中層との 差は6月中旬、7月下旬で約 4 mg/m<sup>3</sup>、9月中旬では約 3 mg/m<sup>3</sup> であった。10月以降は 中層と底層との差はほとんど認められなかった。また、他の2年のように、7、8月にク ロロフィル a 量が極度に減少するような現象はみられず、この期間の平均値は中層 に お いても 1.60 mg/m<sup>3</sup> を示し、底層では 2.43 mg/m<sup>3</sup> を示した。

5. 懸濁物量 懸濁物量の変化を Fig. 5 に示した。1975年と1976年は,底層では懸濁 物量の変動の幅がかなり大きく,不安定な状態であるが,中層は変動の幅は小さく,やや 安定した状態を呈した。全般的にみれば,底層は中層に比べて懸濁物量は多かった。また 1977年は他の2年に比べて中層,底層ともに変動の幅は小さく,安定状態を示したが,底 層の懸濁物量は中層よりも少ない傾向がうかがわれた。

6. COD COD の変化を Fig. 6 に示した。 各年とも中層と底層との間に差はほとん ど認められなかった。ただ, 1977年は他の2年よりも全般的に低い値を示したのが特徴的 であった。

#### 供試貝の測定結果

各年の試験開始時における供試貝の各測定値相互間に差異がみられるのは,供試貝の産 地および大村湾に搬入した時期の違いによるものである。

1. 肉質湿重量 肉質湿重量の変化を Fig. 7 に示した。1975年は,試験開始時の7月 上旬から8月上旬までは中層と底層との差はほとんど認められなかった。8月中旬から9 月中旬までは底層の方が重い傾向を示したが,10月上旬以降は逆に中層の方が大きい値を 示した。1976年は,7月上旬においては両者間の差は認められなかったが,7月中旬以降 12月中旬の試験終了時までは中層の方が優位を示した。この期間内では10月中旬における 差が最も大きく,その差は約2.5gであった。1977年では7月上旬から下旬にかけては中 層,底層ともやや減量の傾向がみられた。また,7月上旬から9月中旬までは中層と底層 の間にほとんど差は認められなかった。中層においては,8月上旬から9月中旬まで,底 層では10月上旬までそれぞれ重量の横ばい状態が続いた。中層では9月下旬以降,底層で は10月中旬以降にそれぞれ増量が認められたが,底層の増量は僅少であるので両者間の重 量差は大きくなった。

2. 肉質乾燥重量 肉質乾燥重量の変化を Fig. 8 に示した。1975年は、中層では7月 上旬から9月中旬までは減量したのに対して、底層での減量は9月上旬までであったため 9月中旬の一時期には底層が大きい値を示したが、それ以外の期間は中層の方が優位を示 しながら推移した。9月下旬以降は中層、底層ともに増量したが、中層の方が増量程度は 大きいので、その差は次第に開いた。1976年は、中層と底層では大体類似した経過を示し たが、7月上旬および8月中旬を除けば中層の方が大きい値を示しながら推移した。1977 年では、8月下旬の一時期を除くと中層の方が大きい値を示した。中層では9月上旬以降、

昭和53年



Fig. 7 Variations of wet weight of meat at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

増量が認められたが,底層は8月上旬から10月中旬までほとんど横ばい状態のため,9月 中旬以降は中層と底層との差は次第に大きくなった。

3. 貝殻重量 貝殻重量の変化を Fig. 9 に示した。1975年は7月上旬から9月上旬までは中層の方が,また、9月中・下旬では逆に底層の方がわずかながらそれぞれ大きい値を示したが、10月上旬以降は中層が優位を示し、約1~2gの差が現われた。1976年は、7月上旬と9月中旬の一時期を除くとほかの期間は中層が底層よりも大きい値を示した。両者の差は9月中旬まではわずかであるが、それ以降は次第に大きくなり、約1~2gの差を生じた。1977年は、6月中旬から7月中旬までは中層と底層との間にはほとんど差は認められなかったが、それ以降は中層の方が大きい値を示し、12月中旬にはその差は約3gとなった。





4. 杆晶体重量 杆晶体重量の変化を Fig. 10 に示した。 1975年は, 全般的には底層 の方が重い値で推移し,とくに8月上旬から9月上旬にかけては差が大きく現われたが, 10月下旬以降は有意の差は認められなかった (α=0.05)。 また, 杆晶体重量の最低値が 現われたのは中層では9月上旬であったが, 底層では約1か月遅く10月上旬であった。 1976年は, 中層, 底層とも重量の増減をくりかえしながらほぼ似たような推移を示した。

8月





6月下旬から10月中旬までの期間では8月下旬に中層の方が重かったほかは有意の差は認 められなかった(*a*=0.05)が、10月下旬以降は逆に底層の方が重い傾向を示した。1977 年は、7月上旬に一時的に中層が軽くなるが、7月下旬から9月上旬にかけては中層の方





が重くなった。9月下旬以降11月中旬までは中層と底層との間に有意の差は認められなかった(*α*=0.05)。12月中旬に中層において重量の減少が目立った。

5. D/W 値 肉質部の乾燥重量(D)と湿重量(W)との比率で肉質部の充実度を示

8月

し、貝の活力の指標とした(山口・蓮尾, 1977)。D/W 値の変化を Fig. 11 に示した。 1975年は、中層、底層における類似した現象として、7月中旬から9月上旬にかけてはと もに D/W 値は減少し、底層の方が低い傾向を示した。中層では9月下旬まで引続き減少 しているが、底層では9月中旬に高い値を示しているのでこの一時期は底層の方が優位を 示した。9月下旬から10月中旬にかけては有意の差は認められなくなり( $\alpha$ =0.05)、10月 下旬から11月下旬の間は再び底層が低い値を示したが、12月には両者間に有意の差は認め られなかった( $\alpha$ =0.05)。1976年は、8月中旬までは中層と底層との間に有意の差は認



Fig. 11 Variations of ratio of dry meat weight to wet meat weight at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

2418

められなかった ( $\alpha$ =0.05) が、 8月下旬以降は底層の方が低い値を示しながら推移した。 1977年は、6月中旬から9月上旬までの中層、底層における D/W 値の推移は類似し、 両者間に有意の差は認められなかった ( $\alpha$ =0.05)。9月中旬以降12月中旬までの期間に おいては、10月上旬に一時的に底層が高い値を示したほかはすべて底層の方が低い値を示 しながら推移した。



Fig. 12 Variations of ratio of dry meat weight to shell weight at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

Table 1. Erosin rate of Polychaeta

Bottom

78.0 % 78.0 82.0 84.0 86.0 91.0 90.0

(1976)				(1977)	
Da	te	1.5 m	Bottom	Date	1.5 m
Sep.	2	90.0 %	62.0 %	Sep. 6	98.0 %
	16	92.0	66.0	20	100.0
	28	98.0	63.0	Oct. 5	98.0
Oct.	13	96.0	70.0	18	100.0
	26	100.0	68.0	Nov. 1	100.0
Nov.	9	98.0	80.0	15	98.0
	25	100.0	90.0	Dec. 20	100.0
Dec.	22	100.0	84.0		



Fig. 13 Variations of death rate of pearl oyster at 1.5 meter depths and bottom from 1975 to 1977.

Month

6. D/S 値 肉質部の乾燥重量(D)と貝殻重量(S)との比率で肉質部の肥瘠度を示し、活力の指標とした。D/S 値の変化を Fig. 12 に示した。D/S 値については各年ともそれぞれの D/W 値とよく似たパターンを示しているようである。1975年は、9月中旬に底層が高い値を示したほかはすべて有意の差は認められなかった( $\alpha$ =0.05)。1976年は、8月中旬に中層と底層との間に有意の差が認められなかったほかは、7月中旬以降12月中旬まで底層の方が低い値で推移し、両者間に有意の差が認められた( $\alpha$ =0.05)。1977年は11月中旬に底層の方が低い値を示したほかは中層と底層との間に有意の差は認められなかった( $\alpha$ =0.05)。

7. 多毛虫の貝殻侵蝕状況 多毛虫の貝殻侵蝕率を Table 1 に示した。 1976年, 1977 年の両年とも 9 月から12月にかけて中層,底層ともに次第に侵蝕率は高くなっており,ま た,中層は底層に比べて1976年は10~30%, 1977年では10~20%と多毛虫の貝殻侵蝕率は 明らかに高い。

8. 斃死率 斃死率の変化を Fig. 13 に示した。 1975年は, 試験期間中の斃死率は中 層で17.6%,底層では5.5%であり,中層において 8 月上旬から10月中旬までの期間 にか なり高い斃死率(8月-4.1%,9月-6.0%,10月-5.9%)を示したのが特徴的であっ た。1976年は,試験期間中の斃死率は中層で7.0%,底層では6.5%であり,1977年は,中 層で4.0%,底層では3.0%と比較的低い斃死率を示し,両年とも夏季においてもとくに斃 死率の高くなるような特異現象は認められなかった。

#### 考 察

環境諸要因の変化に対してアコャガイが適正な生活を営むために必要な適応範囲につい ては,そのいくつかの要因について,すでに報告がなされている(三重県水試, 1950; 植本 1968;片田,1959;森,1948他)が,本試験における観測結果からは,塩素量,溶存酸素 量, 懸濁物量および COD については, アコヤガイの活力に対して直接悪影響をおよぼす ような異常な値は出現していない。しかしながら、水温については3か年とも夏季におい ては,アコヤガイの適温範囲の上限である27℃を越えた高水温が中層,底層のいずれにも 出現しており,アコヤガイの活力に対して明らかに悪影響をおよぼしたと考えられる。ま た,年によって水温上昇の程度や高水温の持続時間には差異が認められるので,アコヤガ イにおよぼす影響の程度にも差があったことは推測できる。ここで、中層と底層における 夏季水温の変化をみると,水温上昇期において27℃を越える時期には若干のずれがみられ 各年とも中層は底層よりも早い時期に27℃を越えている。また,27℃以下に下降する時期 は底層の方がやや遅れているようであるが,その時期における底層と中層の差は上昇時期 の差に比べると小さいので、高水温の持続時間は中層が底層よりも長いことになる。また 最高水温についても中層と底層とでは若干の差がみられ,1975年,1976年には0.3℃,1977 年には0.5℃の差があり、いずれも中層に比べて底層は低い値を示している。 つまり、 中 層に垂下養殖されたアコャガイは海底養殖のものに比べて、より高い水温に長期間さらさ れたことになるので、夏季の水温条件については底層が良好であったといえる。次に、各 年の夏季におけるクロロフィル a 量について中層と底層とを比較すると,1976年はほとん

ど差は認められないが、1975年と1977年は底層の方が相対的に高い値を示している。ただ し、1975年は中層におけるクロロフィル a 量が極度に減少しているが、1977年は中層 に おいても減少はみられず、むしろ比較的高い値を示している。このことから、クロロフィ ル a 量を指標としたアコヤガイの餌料条件をみると、1976年には差は認められなかった といえよう。また、1975年、1977年は中層よりも底層の方が条件は良好であったようであ るが、1977年は中層においても決して悪い条件ではなかったと考えられる。

ここで、各年の中層と底層の環境を水温条件と餌料条件から比較してみると、1975年は 底層の環境は中層に比べてやや良好ではあるが、中層は極度に悪い環境であったと考えら れる。1976年は、底層と中層とに差異はなく、その程度は1975年の中層の環境条件よりも まさっていたといえる。次に、1977年は底層の方がすぐれ、しかも中層、底層ともに他の 2年に比べて良好であったといえるようである。

一方,夏季におけるアコヤガイの活力について,中層に垂下養殖したものと海底養殖の ものとの比較を D/W 値, D/S 値および杆晶体重量から総合的に判断すると,1975年にお いては中層垂下養殖,海底養殖とも他の2年に比べて活力の低下は著しいが,とくに中層 垂下養殖の貝は活力の低下が大きかった。1976年,1977年については海底養殖のものの活 力は中層垂下のものに比較して低い傾向がみられた。

また,アコヤガイの斃死率については,1975年の中層垂下のものは目立って斃死率の高 いのが特徴的であるが,他のものはとくに高いとはいえない程度の斃死率であった。

上述のことがらから、とくに夏季における水温およびクロロフィル a 量からみた 環境 条件とアコヤガイの活力および斃死率との関連性について検討すると、1975年の中層は高 水温、少餌料といった悪い環境のため必然的に貝の活力の低下は著しく、高い斃死率を示 すに至ったのであろう。しかしながら、1976年の中層と底層ではほとんど環境条件に差は みられないのに海底養殖の貝の方が活力は低く、また、1977年は中層よりも底層の方がよ りよい環境条件と考えられるにもかかわらず貝の活力は逆に海底養殖のものが低い傾向が みられた。これらは、1975年に比較して1976年、1977年は、中層、底層とも貝の生活にと っては相対的に好適な環境条件であったことによると考えられる。つまり、貝の生活にと って水温・餌料条件からみた中層の環境が底層のそれに比べると極度に悪い場合は、それ が大きく影響して中層での貝の活力低下は著しいので、海底養殖のものであっても優位を 示すようである。また、中層と底層の水温・餌料条件が同程度である場合は、中層の環境 を優位に指向させる海水流動などの他の要因が作用して、貝の活力は中層垂下のものが海 底養殖のものよりも優位を示すものと推察される。

なお、アコャガイの斃死の一因と考えられている多毛虫の貝殻侵蝕状況についてみると 1976年、1977年(1975年は調査を実施しなかった)とも底層の方が侵蝕率は低い結果とな っている。ところが反面、貝の活力の動向は全般的に底層は中層に比べて低い傾向が認め られており、また、斃死率については底層と中層との間にはほとんど差は認められなかっ た。これは、両年の環境条件が比較的に良好であり、貝の活力水準もある物度高かったた めに、多毛虫の侵蝕が貝の生理状態に対して直接影響をおよぼし斃死をひきおこすような ことは少なく、斃死率にも差は認められなかったものと推察される。 以上,中層垂下養殖と海底養殖という二つの養殖条件の違いによるアコヤガイの活力を 比較してみたが,貝の生活に対して好適な環境条件のもとにあっては,貝の活力,貝の成 長(本試験では肉質重量,貝殻重量を指標とした)のいずれも中層垂下養殖のものが優位 を示した。しかしながら,大村湾においては,とくに夏季の高水温の出現と餌料の不足が 貝の生活環境の悪化をまねいているようであり(山口・蓮尾,1977),また,本試験の結 果からも,高水温の上昇程度やその持続期間などの条件が,中層においてはアコヤガイの 好適範囲を越えた状態になることも容易に推察されるところであり,さらに,貝を中層に 垂下することによっておこる振動が貝の生理面におよぼす影響について解明すべき点が多 く残されているが,アコヤガイの定着性についての生態学的意味から考えても,養殖期間 を通じて,ある一時期にしろ時期的な海底養殖の組込みについて,今後,検討を加える必 要があるのではないかと考えられる。

#### 要 約

1. 中層垂下養殖と海底養殖の二つの異なった養殖条件下におけるアコャガイの活力を 1975年~1977年の3年間にわたって比較した。

2. 中層と底層との環境条件の比較を行なうため水温,塩素量,溶存酸素量,クロロフ ィル a 量,懸濁物量および COD について観測し,一方,貝の活力を比較するための指 標として杆晶体,肉質湿重量・乾燥重量および貝殻重量を測定した。また,多毛虫の貝殻 ~侵蝕率を調査した(1975年は除く)。

3. 27℃以上の高水温期間の長短,最高水温値の高低,クロロフィル a 量の減少 度 合 などによって中層と底層との環境条件には差がみられ,おおむね底層の方が良好な環境条 件であったとみなされた。

4. 貝の活力の動向は、1975年は底層が高く、1976年、1977年は中層が全般的に高かった。また斃死率は、1975年の中層がとくに高いほかは差は認められなかった。

5. 中層の環境が極度に悪化した場合は、貝の活力・斃死率の面では底層が優位である が、中層の環境が良好か、もしくは中層と底層が同程度の場合は、中層の方が優位である と推察された。

6. 多毛虫の貝殻侵蝕は,貝の活力水準がある程度以上高ければ影響はほとんどおよぼ さないようである。

#### 文 献

片田清次 1959. 低比重海水がアコヤガイ Pinctada martensii (Dunker) の斃死,成長並びに真珠の 品質に及ぼす影響. 国立真珠研報 5:489-493.

三重県水産試験場 1950. 英虞湾における冬季のアコヤガイの斃死率と低水温の出現時間(真珠貝耐寒 試験結果). 三重水試旬報6.

森 主一 1948. 低圧 O2 海水中のアコヤガイの呼吸. 貝雑 15 (1~4):46-51.

· 柿本東彦 1968. アコヤガイの酸素消費量と水温との関係について.国立真珠研報 13:1617-1623.

山口一登・蓮尾真澄 1977. アコヤガイの活力と環境要因の季節的変動との関係について. 国立真珠研 報 21:2315−2324.

## サメの形成期ならびに成熟した enameloid の石灰化像と弗素分布

須 賀 昭 一 和 田 浩 爾 小 川 正 昭 日本歯科大学歯学部病理学教室 真珠研究所

> 歯科基礎医学会雑誌 第20巻第1号別刷 (昭和53年3月発行)

Reprinted from JAPANESE JOURNAL OF ORAL BIOLOGY Vol. 20, No. 1, March, 1978

### 原 著

### サメの形成期ならびに成熟した enameloid の石灰化像と弗素分布

須 賀 昭 → 和 田 浩 爾\* 小 川 正 昭 日本歯科大学歯学部病理学教室 \*真珠研究所

〔受付:昭和52年9月29日〕

抄録:アオザメ(Isurus glaucus)の形成期ならびに、完成した enameloid の石灰化像を microradiography で、その中での弗素(F)の分布を electron microprobe によって観察した。石灰化の初期において は、石灰化進行の速度は層によって異なる。しかし、最終的には、石灰化度は表層で最も高く、深層に向う に従って低下する。Fの濃度は石灰化の初期ですでにかなり高い(2%以上)。次で、特に、表層側  $\frac{1}{2}$ の範 囲で急な上昇をとげ、形成の中頃(その時点で enameloid の内側には osteodentin は未だ形成されていな い)でほとんど最終的な分布パタンを示すようになる。完成した enameloid で、表層での 濃度は切端で最 も高く(約3.7%)、歯頸側に向って徐々に低下する傾向を示す。それに対して、最深層での下は、切端部直 下で表層とほぼ同じ値を示すのを除くと、全レベルでほとんど同じ値(約1.5%)を示している。

#### I. 緒 言

サメのエナメロイドの中に含まれる 弗素(F) の量は極めて高く(約3%以上),しかもそれは fluorapatiteの形でとり込まれていることはすで に何人かの研究者によって報告されている(Trautz ら,1952<sup>17)</sup>,Glas,1962<sup>5)</sup>,Büttner,1966<sup>3)</sup>)。 この量はヒトの正常エナメル質の表層での値(約 1000 ppm,Brudevold,1956<sup>1)</sup>)の30倍以上にもあ たるのである。それに対して、象牙質中のF量は 0.4%前後であると言われている(Büttner, 1966)<sup>3)</sup>。

この様な高濃度の下が enameloid に 含まれる 機構については未だ明らかではないが, エナメロ イドを形成する細胞がもつ 弗素濃縮機構によると 想像する研究者もある (Glas, 1962)<sup>5</sup>。 いずれにしても, enameloid の形成の段階で歯 質中にF濃度が増してゆく様相を観察することに よってF濃縮の機構の一端をさぐることが出来る かも知れない。この点についてはすでに Büttner (1966)<sup>3)</sup>が発育段階別, ならびに,層別の化学分 析を行っている。

一方,われわれは、多くの硬骨魚(teleosts)な らびに軟骨魚(elasmobranchs)の歯牙硬組織中 のFの定量分析を electron microprobe によって 行いつつあるが、現在までのところ、F含量は多 くの海水魚の enameloid で3%以上であるのに対 して、それらの象牙質や、骨中では意外に少く、 0.5%以下であること、更に、一部の海水魚(フグ)、 ならびに、淡水魚(コイ)では enameloid 中でもF 濃度は低く、0.17%以下でヒトのエナメル 質中で の値に近いことなどを知った(Suga ら、1977)<sup>16</sup>。

Mineralization pattern and fluoride distribution of the developing and matured enameloid of the shark. Shoichi SUGA, Kohji WADA\* and Masaaki OGAWA (Department of Pathology, Nippon Dental College, Tokyo, 1-9-20, Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, and \*National Pearl Research Laboratory, Kashikojima, Ago-cho, Shima-gun, Mie-ken, Japan)

Jap. J. oral Biol., 20: 1-15, 1978.

目下,多くの魚の enameloid 中のF含量につい て環境水や魚の系統発生(phylogeny)との関連の もとに検索をすすめている。

以上のべたわれわれの系統的な研究のための基礎観察として、更に、先にのべた様に enameloid 中でのF濃縮機構の一端を知る意味で、先ずサメ の形成期、並びに完成した enameloid の石灰化 像を microradiography により観察し、それと対 応させながら、同一試料についてFの濃度分布を electron microprobe によって観察したのである。

#### II. 材料の方法

本観察に用いたのはアオザメ(Isurus glaucus, Blue shark, Mako)一頭(体長不明)の上,下顎 の形成期歯胚と,萌出した歯牙(機能歯)である。 それらは,採取後,約一週間冷凍した後,顎とと もに10%フォルマリンに約一週間固定された。歯 胚列を被う軟組織を除去した後,歯胚と歯牙は顎 骨に付着させたまま上昇アルコール系列で脱水, 更に,styren を通過させた後,polyester 樹脂に 浸漬,包埋,重合,硬化させた。

包埋の後, 顎骨は最も幼若な第1列目の 歯胚の 頂と, 第4列目の歯胚の頂とを結ぶ線に沿って 歯 胚を縦断する様にダイヤモンドデスクを 装着した 硬標本薄切装置によって薄切された。

ただし、この場合、第5列目の歯胚と第6列目 にあたる萌出歯は斜目切りとなるので、別の歯列 で、これらの歯牙を頂で縦断する様に薄切した。 薄切片は更に砥石を用いて約 $60\mu$ の厚さの両面平 行な大型研磨片とした。これら研磨片から先ず、 軟X線の照射によって microradiogram が撮影さ れた。用いられた装置はソフテックス社(東京)製 の CMS 特別仕様型で、管球のターゲットは Cu、 管電圧は 20kV,電流は 3 mA. ターゲットから 試料までの距離は 10 cm, 用いられた感光剤料は Kodak 社の spectroscopic plate, 649-O である。

次いで、研磨片は二部分に分割、それぞれを研 磨したアルミニウムブロックの表面に epoxy 樹 脂 (Alardite, Chiba)を用いてはりつけ、重合さ せた後、あらためてその表面を仕上げ砥石で研磨 した。その後、電気伝導性を与えるためその表面 にカーボン蒸着がほどこされた。 この様な処置をほどこした試料面において electron microprobe による元素分析が行われた。用 いられた装置は島津-ARL, EMX-SM 型で、検出 条件は先の検索での成績 (Suga, 1972)<sup>10</sup> に基ず いて決定された、即ち、各元素の分析に用いられ た彎曲結晶と検出器は表1の如くで、加速電圧は 15kV,試料電流は0.2 $\mu$ A である。

·		Table	e 1		
Conditions	of the	electro	n micr	oprobe	analysis

Apparatus: Shimadzu-ARL, EMX-SM  $FK\alpha$ : 4-inch RAP and FPC  $MgK\alpha$ : 4-inch ADP and Ar-Exatron  $CaK\alpha$ : 4-inch LiF and Kr-Exatron Accelerating voltage: 15 kV Specimen current: 0.15  $\mu$ A. Standard sample for fluoride determination: Fluorapatite (Durango)

Electron microprobe による分析は, 試料上の 特定線上でのF, Mg, Ca の同時線分析 (line analysis) と, 特定点での点分析 (point analysis) によるFの定量とからなっている。特に, 後者に あたっては標準試料として fluorapatite (Durango) (弗素の含有量 3.77%) が用いられた。分析 線,又は, 点の選び出しにあたっては,先に撮影 された microradiogram の所見を参考とした。

Microradiogram の観察は顕微鏡によって、又 は、顕微鏡写真の引伸しプリント上で行われた。 その際、部位と時期による微妙な濃度変化を正確 に把握する目的で、microradiogram のカラーデ ィスプレー装置 (Colour Data System, NAC, 東京) による等濃度線表示 (contour map representation) が行われた。その方法の 詳細 は 須賀 (1977)<sup>15</sup>) を参照してほしい。

#### III. 観察成績

 Microradiography による石灰化像の観察 この種類のサメの歯の象牙質はいわゆる 骨様象 牙質 (osteodentin) である。

最も未熟な第1列目の歯胚では enameloid の 基質は未だ形成段階にあるか, 全層の形成が終了 して間もない段階にある。前者の場合には未だ石 灰化をはじめていない。それに対して後者の場合 歯基礎誌 20:1-15, 1978.

には、 極く軽度に石灰化がはじまっている。

第2列目の歯胚では enameloid の 全層にわた って石灰化が進行している。 その石灰化度は未だ 極めて低い。ただし, 注目すべきことは,石灰化 の進行度が層によって 明らかに異なること,更に その順位は歯冠のレベルによって 異なることであ る (図1の左)。

切端側約<sup>1</sup>/<sub>3</sub>のレベルでは表層側の約<sup>1</sup>/<sub>3</sub>の範 囲で最も石灰化度が高く, 深層<sup>1</sup>/<sub>3</sub>がそれに次 ぐ。前二層よりやや幅の広い中層で石灰化度は最 も低い。

それに対して、 今、 歯冠のほぼ中央あたりのレ ベルで enameloid をほぼ 等間隔に4つの層に分 けると、 表層の第1層で最も石灰化度が低く、そ の直下の第2層で最も高い石灰化度を示し、 石灰 化度は以下、最深の第4層、 第3層の順である (図 6-a)。尚、第3層と第4層(最深層)内には enameloid の内面から表面に向ってやや斜目に走 るX線透過性の高い細管状構造を見る。 その太さ は第3層に入ると細くなり分枝している様に見え る。

以上の様な状態は切端側に向うに従って 先にの べた所見に徐々に移行している。一方,歯頸側に 向うに従って,第3層の幅が次第に狭くなり,遂 には消失するが他の3層の幅にはそれほどの変化 は見られない (図1の左)。更に,詳細に観察する と,最表層の極めて幅のせまい範囲(約10 $\mu$ ぐら い)での石灰化度がそれよりも深層(第1層)より もわずかに高いのがわかる。その差は切端側に向 うに従って大きくなる。その表面側の輪廓はわず かにジグザグ状を示している(図 6-a)。

この段階での enameloid を全体としてみると 咬頭頂での表層が最も高い石灰化度を示してお り、以下、同じ部位の深層、歯頸側  $^{2}/_{3}$ の範囲で の第2層の順である。

以上のべた所見はカラーディスプレーによる 等 濃度線表示により容易に 把握することが出来る。 ただし、 最表層の幅せまい範囲はその幅がモニタ ー上の走査線のそれより狭いため明瞭に 表示され ていない (図5)。

この段階の歯胚には象牙質は未だ 形成されてい ない。 第3列目の歯胚(図1の中央)では enameloid 全体の石灰化度は第2列目でのそれよりもはるか に高くなっているのが先ず注目される。それに次 く重要な変化は歯髄腔に骨様象牙質が細い網状に 形成されはじめていることである。ただし、こ の段階では、高度に石灰化した enameloid の髄 腔面とすでに形成された象牙質との間には少く とも石灰化した象牙質の形成は未だ行われていな い。

切端側では石灰度は表層で最も高く, 深層に向って低下する。それに対して, 歯頸側<sup>2</sup>/3 では (図 6 - b),石灰化度は最表層の幅せまい範囲で最 も高く,以下, 第4層,第2層,第1層,第3層 の順となる。ただし,第3層と第4層では細胞の 突起を入れる細管は相変わらず X線透過性(未石 灰化)である。したがって,細管の間の基質がか なり高石灰化である様に見える。

Enameloid を全体としてみると、石灰化度は歯 頸側で最も高く、それは切端に向って低下する様 に見える。ただし、この前の段階でも見られた様 に歯冠のレベルによって各層が占める範囲も、各 層が示す石灰化度の順序も違うことを考慮しなけ ればならない。又、中央の約<sup>1</sup>/。のレベルでは第 3、第4層での未石灰化の細管構造の存在が特に 著明である(図1の中央)。

第4列目の歯胚では (図1の右),第3列目での それに比して enameloid 全体にわたって,特に, 切端側<sup>2</sup>/<sub>3</sub> での石灰化度上昇が進行したことがわ かる。その結果,歯冠全体において enameloid の 石灰化度は表層で最も高く内層に向うに従って次 第に低下する様になる。それに伴って,内層に見 られた細管構造のX線透過性も低くなり,その太 さも細くなった様に見える。ただし,これが, 果して細管内に石灰塩が沈着したことによるもの か,細管間の基質での石灰化度の上昇による見か け上のものかは不明である (図6-c)。全体として みて切端側と歯頸部側との間でもはや石灰化度に 大きなちがいは見られない。

この段階では骨様象牙質の網目構造は一層,太 く緻密になり,その上, enameloid の髄腔面にも 密接して形成されている。更に又, enameloid の



Fig. 1 Microradiogram of a ground section of lower jaw of blue shark. The tooth germs were cut longitudinaly. The developing enameloid and dentin at the early, middle and late stages of formation can be seen.

In the enameloid at the early stage (left), the difference of gradient of mineralization increase can be observed for the layers. In the incisal one-third, the mineralization degree is highest in the surface layer and, then, in the inner layer, however, in the basal two-third, the middle layer shows steepest increase (see Figs. 5 and 6). The dentin has not been formed yet.

At the middle stage(middle), the mineralization degree has very much increased and is highest in the whole surface layer. The incisal-half of enameloid is little less mineralized than the basal half. The osteodentin has been formed in the pulp, however, it is not obzerved on the inner-wall of enameloid.

At the late stage (right), the mineralization of enameloid has more advanced, especially, in the inner-half layer of the incisal half of crown, than the previous stage. The osteodentin has been formed beneath the enameloid and its trabecule has been more densely arranged.

Line scan analysis by the electron microprobe (Fig 7) was performed along the lines crossing the enameloid and dentin perpendicularly at the points indicated by the white dotts (a-d).



- Fig. 2 Microradiogram of a fully matured and unerupted tooth germ. The osteodentin has been formed more densely than the previous stage. The thickness of the ground section is little thinner in the incisal part than the basal part. Line scan analysis was performed at the point **e**.
- Fig. 3 Microradiogram of a erupted tooth. The trabecule of osteodentin is more densely formed than the previous stage. Line scan analysis was performed at the point **f**.
- Fig. 4 Microradiogram obtained by the long exposure for soft x-ray, from the same ground section as used for Fig. 3. The minealization degree is highest in the surface layer and shows a gradual degree towards the enameloid-dentin junction.

深層内を走る細管の内, 髄腔に近い太い部分の中 に,象牙質とほとんど同じX線吸収度を示す石灰 化組織が形成されているのが見られる(図6-c)。

第5列目のほとんど完成したと思われる 歯胚, それにすでに萌出した機能歯の enameloid の石 灰化像は、第4列目の歯胚(図1の右)のそれと ほとんど同じである。一方、骨様象牙質の梁は次 第に太くなり緻密化が進んでいることがわかる (図2,3,4)。





Fig. 5 Conture map representation of microradiogram of the tooth germ at the early and middle stages of formation (left and middle in Fig. 1). The difference of gradient of mineralization increase for the layers in the enameloid can be clearly recognized.

2. Electron microprobe による元素分布の 観察

(1) 形成各段階での線分析による観察(図7)。

線分析による F. Mg それに Ca の分布の同時 観察は発育の各段階(各列)における歯胚の 切端 側約<sup>2</sup>/<sub>3</sub>の部分で(図1,2,3上で白い 点で示 してある) enameloid の表面に対してほぼ直角に 走る線上で行った。その線の一端は、初期の歯胚 では歯乳頭、中期以降では象牙質内にまで及んで いる。分析の記録は全段階,全く同じ条件で行わ れた。

第2列目の歯胚(図 7-a, 図1の左の a 点, 図 6-a に相当)では、Ca 濃度は microradiogram の所 見にほぼ相当する様に enameloid 層の中央より やや表面側の層で最も高い。

F濃度はこの段階ですでにかなり高く、石灰化

度の最も高い中層ですでに2%を越えている。 その全層にわたる濃度分は Ca のそれにほぼ平行しているのが注目される。Mg 濃度は全層にわたって極めて低い。

第3列目の歯胚では(図7-b,図1の中央のb点), Caの濃度は全層にわたって,特に,表層側<sup>1</sup>/2で 極めて上昇している。その結果,表層側で最も濃 度が高く,深層に向うに従って徐々に低下を示し ている。尚,深層側<sup>1</sup>/2で濃度の変動がはげしい のが認められるが,すでにのべた同層での未石灰 化の細管を横切ったことによると思われる。

F濃度も全層でこの前の段階に比して上昇を示 している。特に,表層側 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> において著しいのが 注目される。それに対して深層側 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> での上昇は 極めてわずかである。その結果,F濃度は表層側 <sup>1</sup>/<sub>3</sub> の範囲で,特に表面からやや内方で最も高く, (3.5%を越えている),表面側と深層側に向って 低下を示している。特に,深層 <sup>1</sup>/<sub>3</sub> での濃度低下 の勾配は急で歯乳頭に接する部分で最も低い濃度 を示している。F は以上の様な分布を基本的に示 しているが,その上,全層にわたって極めて細か な変動を示している。それは計測にあたっての統 計変動のそれをはるかに越えるほどである。その 理由については,深層では未石灰化の細管の存在 と関連していると考えられるが,表層では何と関 連しているかは目下のところ不明である。

Mg の濃度は尚, 全層にわたって極めて低い。

この時期においてはすでに骨様象牙質の形成が はじまっているが、それを横切る線上ではenameloid に比して Ca 濃度は低く、又、F濃度も著る しく低く0.5%以下である。ここで注目しなけれ ばならないことは、第2列目での enameloid の大 部分の石灰化度と Ca 濃度はこの骨様象牙質のそ れとほとんど同程度であるのに(図1)、前者での F濃度はすでに後者の4倍以上であったことであ る。それに対して、後者の Mg 濃度は前者のそれ の2倍以上の値を示している(図7-b,図1の中 央)。

第4列目の歯胚 (図7-d, 図1の右の d 点) で Ca分布は第3列目でのそれに比してほとんど変 化は見られない。

それに対して、F分布にはわずかながら変化が



Fig. 6 High magnification of the developing enameloid at the each stage of development shown in Figs. 1, 2 and 3.

a: The early stage, the highest mineralization degree is observed in the middle layer.

 $\mathbf{b}$ : The middle stage. The mineralization degree is highest in the outer-most narrow layer, then, in the middle layer. The many radiolucent tubles can be seen in the inner.half of layer.

c: The late stage. The mineralization increase has more advanced in the outer and inner layers than the previous stage. In the tubles in the inner-most layer, the less mineralized matrix is formed.

d: The erupted tooth. There is no remarkable changes in the enameloid as compared with the late stage of development.

見られる。即ち,F濃度は表層の狭い範囲で上昇 を示し,全層中で最も高い値を示している。それ に対してそれより深層側ではかえってわずかな低 下が見られ,深層に向って徐々に低下を示してい る。その上,先にのべた微かな濃度の変動は表層 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> では少くなっているが,深層側<sup>1</sup>/<sub>2</sub> では相変わ らず著明である。

分析線の一端が象牙質の切端部で終わる様な位置で行った線分析の所見を見ると(図7-c,図1の右のc点)深層でのF濃度はそれより歯頸部 側で行った分析(図7-d)の際に得られた深層での値より高いのがわかる。

この時期に入ると Mg 濃度分布の変化が enameloid においても 骨様象牙質に おいても 現われ る。先ずあげられるのは, enameloid の深層にお いて、小範囲にわたる Mg 濃度のピーク形成 が、いくつも見られることである。詳細に見る と、この様な Mg の小ピークの位置にほぼ一致し て、Fと Ca の濃度の低下が見られることがわか る。特に、F濃度低下との対応の観察が容易であ る。次に象牙質中では、第3列目での所見に比し て Mg 濃度は全層にわたって上昇している。そ れに対して、Ca とFの濃度には特別の変化は見 られない。

この時期では enameloid の内面に 骨様象牙質 が密接して形成されている部分(図7-c) と,尚, 両組織間に未石灰化部が介在 して いる 部分(図 7-d)とがある。各元素の濃度分布は基本的には, いずれの 場合でも 同じで ある。前者の 場合,F 濃度は enameloid と骨様象牙質の 間で急激な 変



Fig. 7 The distribution patterns of F, Mg and Ca in the enameloid and dentin at the each stage of development, revealed by the line scan analysis of the electron microprobe. Line scan analysis was performed along the lines crossing the enameloid layer at the points indicated by the white dotts (**a**-**f**) in Figs. 1, 2 and 3. Condition of analysis, see Table 1.

 $\mathbf{a}$ : The early stage (Fig. 1, left). The highest concentration of F and Ca in the middel layer. F concentration has become to show higher than 2 per cent in the middle layer. Mg concentration is very low.

**b**: The middle stage. (Fig. 1, middle). In the enameloid, Ca concentration is highest in the surface layer and shows very slow decrease towards the inner layer. F concentration in the enameloid has very much increased, especially in the outer-half of layer (already, higher than 3.5 per cent in the surface layer). In the osteodentin, F concentration is very low (about 0.5 per cent) and Mg concentration is little higher than in the enameloid.

c: Incisal part of the enameloid at the late stage of formation(Fig. 1, right). F concentration shows almost the same distribution pattern as observed at the middle stage, but, that in the inner layer is little higher than in the same layer at the middle stage. Mg concentration in the dentin has slightly increased than the previous stage.

d: Lateral enameloid at the late stage of formation (Fig. 1, right). In the enameloid,

almost the same pattern of F distribution as observed at the middle stage can be seen. The several peaks of Mg concentration which accompany the decreases of F and Ca concentrations can be observed in the inner-half layer. These parts seem to correspond to the less mineralized dentin matrix formed in the tubles (see Fig. 6, c and d). There is a narrow space which is not occupied by the mineralized dentin, beneath the enameloid. F concentration in the dentin has little more increased.

e: The fully matured and unerupted tooth (Fig. 2). F, Mg and Ca show almost the same pattern of distribution in the enameloid as observed at the previous stage(d). Slight increase of Mg concentration is observed in the dentin.

f: The erupted tooth (Figs. 3 and 4). There is no observable difference of the F, Mg and Ca distributions in the enameloid and dentin, as compared with the previous stage (e).

動を示している。

第5列目の歯胚(図7-e,図2)では enameloid 中の各元素の濃度分布は第4列目でのそれとほと んど同じである。最表層での濃度にわずかな変化 が見られることがあるが、これは後の項(Ⅲ-2-(2)) でのべる様に、切端部からの距離のちがいと関連 しているものと思われる。

それに対して osteodentin 内では, いくつかの 変化が見られる。先ず, その第1はF濃度のわず かな上昇によるいくつかの小ピークの出現であ る。しかし, それは未だ0.5%を越えていない。 第2は, Mg 濃度の上昇がこの前の段階でより一 層進行していることである。この段階では第3列 目の歯胚での値の2~2.5倍にもなっている。

萌出歯では enameloid と骨様象牙質の両方共 に、第5列目の歯胚でのそれらに比して 特別な変 化は見られない (図 7-f)。

(2) <u>完成歯の enameloid 中の部位によるF濃</u>
 度変化の点分析による観察(図8)

図2の microradiogram と同じ第5列目の歯胚 から得られた別の 連続研磨片について、歯冠の部 位によるF濃度の変化を知るために各所で点分析 を行った。分析部位は図8の模型図上に示して ある。即ち、先ず enameloid 表層の番号をつけ た部位で点分析を行う。次いで、その部位で enameloid 表面に対してほぼ 直角な線を引き、

それが enameloid と象牙質との境界と交わる 部 分に 近い enameloid の最深層で更に,点分析を 行った。尚,その際,分析位置が未石灰化の細管 にかからない様に注意を払った。

それぞれの点で得られたF濃度は図8中に位置 を表わす番号をつけてプロットしてあるが, enameloid 表層での値は白い丸で, enameloid と象 牙質の境界部付近から得られた値は黒い丸で 示し てある。

先ず注目される所見は、表層でのF濃度は 全表 面において同じではなく、 切端部 で 最も 高く 約 3.7%であるが、 歯頸部に向うに従って、次第に、 低下を示し、10の位置では約1.7%となる こ と で ある。

それに対して、象牙質との境界に近い部分での F濃度は1と2の様な切端直下では3%を越える が、その他の部分では1.5%を中心としたほぼ同 じ値を示している。

#### **IV.** 総括と考案

サメの歯冠の外層を占める 高石灰化の硬組織は 哺乳動物の歯のエナメル質に相当するが、それと 比較して二つの点で特異な性状を 持つことがわか っている。第1 はその有機性基質は中胚葉由来で あることである。この点から哺乳動物のエナメル 質が外胚葉由来であることに対して、サメの同部 分は間葉エナメル質 (mesodermal enamel)又は enameloid と呼ばれている。その第2 は enameloid 中のF含量が極めて高く (3%前後)、しか もそれは fluorapatite として とり 込まれている ことである (Trautz ら 1952<sup>17)</sup>。 Glas, 1962<sup>5)</sup>, Büttner, 1966<sup>3)</sup>)。

なぜ、サメの enameloid 中のF含量がこの様 に高いのか、又どの様にして濃縮されるのかにつ いては未だに不明である。

われわれはかつて,海水硬骨魚でも同じ所見が 見られることを観察し,一方,ある淡水魚では極 めて低いことから enameloid 中のF濃度は環境水 中のF濃度と関連するのではないかと考えた(海 水中のF濃度は約1.3 ppm である)(Suga ら,


Fig. 8 The fluoride distribution in the surface and inner-most layers of the fully matured and unerupted enameloid. The fluoride concentration in the surface layer is highest at the tip and decreases towards the cervical region, however, that in the inner-most layer are constant throughout the lateral enameloid, except the incisal region.

1976)<sup>13)</sup>。しかし、その後、同じ海水硬骨魚でも enameloid 中のF濃度がかなり低い(0.17%以下) 例がある(フグ) ことを見出し、enameloid 中のF 濃度決定の条件は環境水にばかりに あるのではな く、魚の系統発生とも関連していると考える様に なった(Suga ら、1977)<sup>16)</sup>。

もし、魚の系統発生とも関連しているとする と、ある種の魚の enameloid の形成機構、又は体 液中のイオンの 調節機構のいずれか、又は、両方 に、Fを enameloid 中に濃縮する特異な働きが含 まれいてると考えなくてはならない。この点の解 明は、多くの材料の様々な方法による観察や、実 験によらなくてはならないであろう。

本研究は以上の問題の一端の解明のためと,魚 の歯質中の微量元素濃度の系統発生学的観点から の比較研究の方法決定のための基礎観察として意 義を持つものである。

10

(i). Enameloid の石灰化進行像

サメの enameloid の石灰化は, その有機性基 質の全層の形成が終った後に, ほぼ全層にわたっ てはじまる様である。ただし, その後の石灰化度 上昇の勾配は歯冠のレベルによって又, 層によっ て異なる。特に,初期において歯頸側<sup>2</sup>/』の範囲 では中層での石灰化度上昇が最も著しいのに対し て,表層でのそれが最も緩やかなこと,しかし, 最終的には石灰化度は表層で最高で, 深層に向う に従って低下を示す様になることが注目された。 すでに Fosse ら (1974)<sup>4</sup> も似た所見を報告して いる。この様な所見は enameloid 基質の石灰化 進行に対する細胞,又は,基質内の構造(細管構 造)などの関与の機構を理解する足がかりを提供 していると考えられる。

これに似た 所見はすでに各種の哺乳動物(牛, ハムスター,犬)の形成期エナメル 質においても 観察されている (Suga, 1972<sup>11)</sup>, 須賀ら, 1975<sup>12)</sup>, 須賀ら, 1977<sup>14)</sup>)。

現在のところ、その様な所見が現われる機構は 良くわからないが、似た所見が有機性基質の由来 の異なるエナメル質と enameloid の両方で見ら れたことは重要で、enameloid においても、エナ メル質の成熟期と同様に、その石灰化進行に対し てエナメル芽細胞側の関与が大きく、極めて似た 機構が働いていることを示唆している様に思われ るのである。

Enameloid の最表層の極く幅せまい範囲が石灰 化の中期で特に高い石灰化度を示し、その表面は ジグザグ状をなし、又、その下の石灰化度の低い 表層とは明確な線で境されていた。この層の組織 由来は本観察の方法では全く不明であるが、以上 の所見から多分にエナメル器由来であることが考 えられる。今後、検討すべき問題である。

Enameloid の内側  $\frac{1}{2}$  の範囲で、X線吸収度の 著しく低い細管構造が多数、歯髄側から表層に向 って走っているのが認められた。 すでに多くの人 々によって enameloid 基質中に象牙芽細胞の突 起を含む細管が多数存在しており、又、それは microradiogram 上、X線透過性の高い細管とし て見られることが示摘されている (Kerr, 1955<sup>7)</sup>, Grady, 1970<sup>6)</sup>, Ripa ら1972<sup>8)</sup>, Fosse ら, 1974<sup>4)</sup>)。 しかし、本観察においては、 中層と表層にはX線 吸収像の上で細管構造は認められない。 即ち、石 灰化の初期では細管の先端はほぼ 高石灰化の中層 に接して終っている様に見える。

石灰化が進むに従って、細管でのX線透過度は わずかに低下し、やや細まる様に見える。その上、 中層近くの分枝は次第に不明瞭になる。これらの 変化が、細管内への石灰塩の沈着によるものか、 細管間の基質での石灰化度上昇による見かけ上の 所見かは今後の検討にまたなくてはならない。

Enameloid の石灰化度上昇を歯冠全体としてみ ると、石灰化初期では、 表層でのそれは切端側か ら歯頸側に向って、 中層でのそれは歯頸側から切 端側に向って 進行 する 様に 見える。Fosse ら (1974)<sup>4</sup>) は単に歯頸側から切端側に向って 進行す るとのべているが、 実際にはもっと複雑で層によ ってその傾向が異なるのである。

中期に入ると表層と中層での石灰化度の上昇は 歯頸側から切端側に向って進行している様に見 える。しかし、末期においては表層は歯冠全体 にわたってほぼ同程度の石灰化度を示す様にな る。この様な傾向は哺乳動物の形成期エナメル 質の石灰化進行の際には認められていない(須賀 1977)<sup>14</sup>。

石灰化の初期から中期にかけては、この種のサ メでは、enameloid の内面に接して未だ骨様象牙 質は形成されていない。従って、その時期での enameloid はエナメル芽細胞側と歯髄側の両方か らの直接的な関与によって石灰化度上昇を続けて いる可能性がある。

骨様象牙質が enameloid の内面に密接して形 成される時期には、もはや enameloid の石灰化 像は萌出歯のそれにほとんど 近くなっていること も以上の考えを裏付けるものである。

(ii). Enameloid 中でのFの分布について

先ず, 形成各段階での enameloid におけるF の濃度分布を線分析によって比較観察した。注目 されたのは石灰化の初期ではFの分布は Ca の分 布とよく平行しており, 更に最も高い石灰化度を 示す中層においてすでに2%以上の 値を示してい たことである。

それに次いで、表層側<sup>1</sup>/2 でのF濃度上昇が急

速に進行し、中期でもはや萌出歯で見られるのと ほとんど同じ濃度分布を示す様になる。その際, 表層で約3.5%,深層で約1.7%である(切端側約 <sup>2</sup>/<sub>3</sub>のレベル)。

Büttner (1966)<sup>3)</sup> は各種のサメの enameloid 中の下の定量を形成段階ごとに、且つ、層別に化 学分析により行っている。それによると、表層で は形成初期で約2.7%で萌出歯で約3.7%であるの に対して、最内層では初期に約1.5%で萌出歯で 約2.5%であるという。

発育にともなうF濃度上昇については本観察の 所見と Büttner のそれとの間にほぼ 共通した 傾 向を見るごとが出来る。 ただし、定量値のわずか な差については Büttner の場合、 enameloid の 全体を6層に分けて集めた試料による分析値であ るのに対して、われわれの検索は約  $3 \mu m \phi$  の電子 ビームによる照射領域から得られた値であること を考慮しなくてはならない。

Enameloid の石灰化進行の初期から中期にかけ て、表層側  $\frac{1}{2}$  の範囲で石灰化度の上昇にともな ってF濃度の上昇が特に著しかったことは、 Fの 供給がエナメル芽細胞側から 行われていることを 示唆するのかも知れない。 先にのべた様に、その 時期においては enameloid の内面は 未だ象牙質 によって被われておらず、しかも、 内側  $\frac{1}{2}$  の層 は細管を多く含んでおり、 細管間での石灰化度上 昇もかなり著明である。 それにもかかわらずその 範囲でのF濃度の上昇は初期から中期の間、 更に それ以降で表層側  $\frac{1}{2}$  でのそれに比して 著しく微 かであった。

勿論,この場合,内層に含まれる 細管内ではF 濃度はいちじるしく低いことを考慮しなければな らないであろう。しかし, $3 \mu m \phi$ 前後の電子ビー ム照射による定量であれば,そのものの存在が石 灰化部の分析値にそれほど大きく影響していると は考えられないのである。

完成未萌出歯で行った部位別点分析によって得 られた所見も以上の点について示唆する点が多い 様に思う。最深層でのF濃度は切端直下を除い て,ほぼ一定しているのに対して,enameloid 表 層での値は切端で最も高く,歯頸側に向って次第 に低下を示していた。これらの事実は enameloid への下の沈着にあたってエナメル器側の 関与が歯 髄側のそれより大きいことを考えさせるのであ る。切端直下の最深層での値が特に高かったこと もその部分は形態上,エナメル器の影響を三方向 から受ける 位置にあることから理解出来る様に思 う。

歯冠のレベルによって 表層でのF濃度がこの様 に違う理由として想像される 第一として, レベル に応じて(ほぼ平行して), enameloid の厚味が変 化していることがあげられる。図8の模型図を見 ると,2と2'の部分を除いて, enameloid は切端 から歯頸部に向って 次第に薄くなっているのがわ かる。

Enameloid の石灰化に要する時間はその厚味と 関連すると極く常識的に考えるならば, enameloid の表面でエナメル器の細胞が機能している 期間も 厚味に応じて長くなると考えられる。 もし, その 間, Fの供給が継続的にエナメル 器細胞側から行 われているとすれば, 今回得られた所見が理解出 来る様に思われる。

第2に、microradiography で得られた石灰化 進行像上の所見を考えてみる必要がある。 今回観 察された様な形成期における石灰化進行像の部位 的な違いが最終的に歯質が 持つ性状の部位的な違 いと関連すると 考えなくてはならないかもしれな い。

Glas (1962)<sup>5)</sup> の示した 分析値(3.3%) は以上 の事実を全く無視して削り出された 試料の化学分 析による結果であった。又,Büttner (1966)<sup>3)</sup> の 場合も,層分けの上集められた 試料による分析と はいえ,表層でのF濃度のレベルによるちがいは 全く考慮されていない。

X線回折法や赤外分光法などによって、 サメの enameloid 中ではFは fluorapatite としてとりこ まれていることが示摘されて いる (Trautz ら, 1952<sup>17)</sup>, Glas, 1962<sup>5)</sup>)。特に, Glas は化学分折 値(3.3%)が fluorapatite 中のF含量(3.77%)に 近いことを以上の考えを裏付ける重要な 根拠とし てあげている。

しかし、本研究の成績においても、又、Büttner の成績においても、F含量が3%を越すのは表層 のみであった。F含量が3%以下の部分で無機塩 結晶が果して fluorapatite の型をとっているかど うかは今後の検索にまたなければならない。 尚, 従来の報告での結晶学的検索はすべて 全層から得 られた試料について 行われたものであった。Electron microprobeによる定量値は原則的に容積当 りの重量値であるから, 歯質中には有機質が多か れ少なかれ含まれていることを考えると, 現実に は同じ容積内に含まれる灰分あたりのF量は fluorapatite を構成するに 充分なほどであると考えて よいかも知れない。

(iii). 象牙質の石灰化像と元素分布

サメの歯の象牙質の構造は、サメの種類によっ て異なり、2種に分けられる。即ち、ヒトの象牙 質と同じ様な像を示す orthodentin と、骨に似た 構造を持つ骨様象牙質である。本研究で用いたア オザメの歯の象牙質は後者であった。

すでに論じた様に, enameloid の石灰化が急速 に進行している時期においては未だ象牙質は形成 されていないか, 形成されていても歯髄中に遊離 した形をとっていた。象牙質が enameloid の内 壁に密接して形成される頃には enameloid はも はやほとんど石灰化を完了した様に見える。この 事実は enameloid の石灰化進行や下のとり込み の機構を考える上で重要である。

象牙質中のF濃度は極めて低い。形成開始後, 時間の経過と共にわずかに上昇を示すが,その構 造から考えて体液との間の物理化学的な交換によ る結果と考えられる。それにしても象牙質中のF 濃度は0.5%を越えることはなかった。

Enameloid の石灰化にあたってはエナメル質と 同様、象牙質よりもはるかに長い期間を要し、し かも最終的石灰化度も高いから、それに伴ってF のとり込み量も象牙質より多くなるとも考えられ る。しかし、現実には骨様象牙質とほとんど同じ 石灰化度を示していた形成初期の enameloid 中 においてF 濃度はすでに2%を越していた。

更に、ヒトの歯でのF濃度は齲蝕病巣での 再石 灰化部の様な場合 (Suga, 1972)<sup>10)</sup>をのぞいてエナ メル質よりも象牙質の方で高いのが 一般的な所見 である (Brudevold ら, 1956<sup>1)</sup>, Brudevold ら, 1960<sup>2)</sup>, Weatherell と Robinson, 1973<sup>18)</sup>)。そ れに対してサメの歯でのF含量は逆に enameloid で象牙質よりもはるかに高かったのである。 これ らの事実も又, サメの enameloid の形成細胞で の高いF濃縮能の存在を裏付ける様に思われる。

象牙質中の Mg の濃度は形成の初期から enameloid 中のそれよりはるかに高かった。 哺乳動 物の歯牙においても同じ傾向が認め られ ている (須賀ら,1971)<sup>9)</sup>。これは無機塩結晶の大きさのち がい,それにF含量のちがいと関連していると思 われる。尚,萌出段階に近ずくに従ってそれは次 第に上昇を示していたが,これもFの場合と同じ く体液との間の交換によるものと思われるが,そ の機構は不明である。

形成末期の enameloid の内層において, Mg 濃度の上昇と Ca とF濃度の低下を示す狭い部分 の散在が認められた。同じ部分の microradiogram 上,太い細管内に象牙質とほとんど 同じX線吸収 度を示す硬組織の形成が認められているから,以 上の様な各元素濃度の変化はそれと 関連して現わ れたものと考えられる。

以上各項でのべた様々な所見はエナメル器の細胞,又は、その側が下の enameloid 中への濃縮 に対して積極的な作用を営んでいることを示唆し ている様に思われる。又、その他に、鰓、腎、腸 管などにおける体液調節の機構が関連している可 能性も無視出来ないと思う。これらの問題につい ては、今後、多くの所見の整理と実験的な証明が 必要である。

#### 結 論

i) アオザメ (Isurus glaucus) の 歯胚と萌出 歯 (機能歯) の 非脱灰研磨片について microradiography によって 石灰化進行像 を, electron microprobe によって F, Mg, と Ca 等の元素の 濃度分布を観察し, それぞれの所見の比較検討を 行った。

ii). Enameloid の有機性基質の形成が 終ると すぐに全層にわたる石灰化がはじまる。 ただし, 石灰化度上昇の勾配と最終的な石灰化度は 層によ って異なる。象牙質は 骨様象牙質 である。 それ が enameloid の内壁に密接して形成される 頃に は, enameloid の石灰化進行はほとんど完了して いる様に見える。 最終的には石灰化度は表層で最 も高く、深層に向って低下する。

iii). Enameloid 中のF濃度は,その石灰化の 初期においてすでにかなり高く,2%を越える部 分があり,以後,急速に,特に,表層側<sup>1</sup>/2で上昇 を続け,形成の中期(enameloid の内壁に密接し て象牙質の形成がはじまる頃)には,萌出歯とほ とんど同じ濃度と分布を示す様になる。

iv). 完成未萌出歯の enameloid 中の下の濃度 は、表層では切端部で最も高く (3.5%以上)、歯 頸側に向うに従って徐々に低下する。それに対し て、最深層でのそれは、 切端直下で表層に近い値 を示すのを除けば、他のレベルではほとんど 同じ 値 (1.5%前後)を示している。

v). 形成初期での象牙質中のF濃度は enameloid でのそれに比しいちじるしく低く, 萌出まで の過程でわずかに上昇するがそれ で も 0.5%を越 えない。

vi). Mg 濃度は enameloid 中ではその形成の 初期から極めて低く,石灰化の進行に伴って2次 的に変化することはない(細管構造内での象牙質 様物の形成部位での所見をのぞく)。それに対し て,象牙質では,その形成の初期から enameloid に比して極めて高く,しかも形成期間中に2次的 に上昇する。

vii). Enameloid 中への下の高濃度のとり込み に対してエナメル芽細胞側の 関与が大きいことを 示唆する所見が多い。

本研究は農林水産技術会議昭和51年度(51—農会第 1102号)昭和52年度(52—農会第1096号)流動研究費に 基ずく共同研究成果の一部である。

**Abstract:** The fact that the enameloid of shark teeth contains fluoride as high as about 3.3 per cent in the form of fluorapatite has been previously pointed out by the several investigators<sup>3050179</sup>. In the present investigations, the distribution of fluoride in the developing and matured enameloid of the shark (Isurus glaucus, Blue shark, Mako) was investigated by means of the electron microprobe, in order to verify the mechanism of fluoride incorporation into the enameloid.

The undemineralized ground sections (about 70 micron thick) including a row of tooth germs (from the early stage to the late stage, of development) and matured tooth were made. They were, at first, microradiographed and, then, were subjected for the electron microprobe analysis. The condition of analysis are shown in Table 1.

The enameloid organic matrix begins to mineralize throughout the whole layer immediately after it was fully formed. However, the gradient of mineralization increase is different for the layers in the matrix (Fig. 1, left, and Fig. 5). It seems that the mineralization of enameloid has been completed before the dentin is formed on the inner wall of the enameloid (Fig. 1, middlle and right). The mineralization degree in the fully matured enameloid is highest in the surface layer and decreases gradually towards the enameloid-dentin junction (Fig. 6, c-d). The tubles containing the cytoplasmic processes of odntoblasts are observed as radiolucent spaces in the inner-half layer (Fig. 6, a-d).

The fluoride concentration has been already relatively high in the enameloid (higher than 2 per cent in the middle layer) at the early stage (Fig. 7, a). Then, as it approaches to the middle stage, the steep increase of fluoride concentration becomes observable in the outer-half layer (Fig. 7, b). Finally, in the fully matured enameloid, the fluoride concentration is highest in the surface layer (higher than 3.5 per cent at the level of incisal one-third) and decreases gradually towards the enameloid-dentin junction (about 1.7 per cent) (Fig. 7, c-f). However, in the dentin, the fluoride concentration is about 4 times higher in the dentin than in the enameloid.

In the fully matured and unerupted enameloid, the fluoride concentration in the surface layer is highest at the incisal tip (about 3.7 per cent) and decreases gradually towards the cervical region. On the other hand, the fluoride concentration in the inner-most layer shows almost the same degree

14

throughout all level, except the incisal portion in which it is high as at the surface layer (Fig. 8).

The results of present investigations seem to suggest that the enameloid forming cells have a peculiar ability to concentrate the fluoride in the enameloid.

#### 引用文献

- BRUDEVOLD, F., GARDNER, D. E. and SMI-TH, F. A.: The distribution of F in human enamel, J. dent, Res., 35 : 420-429, 1956.
- BRUDEVOLD, F., STEADMAN, L. T. and SMITH, F. A.: Inorganic and organic components of tooth structures, Ann, N. Y. Acad. Sci, 85, Part 1, 110-132, 1960.
- BÜTTNER, W.: Konzentration und Verteilung von Fluorid in Haifischzännen, Adv. Fluor. Res., 4: 193-200, 1966.
- FOSSE, G., RISNES, S. and HOLMBAKKEN, N.: Mineral distribution and mineralization pattern in the enameloid of certain elasmobranchs, Archs oral Biol. 19: 771-780, 1974.
- 5) GLAS, J. E.: Studies on the ultrastructure of dental enamel, VI. Crystal chemistry of shark's teeth, Odont. Revy.. 13: 315-326, 1962.
- GRADY, J. E. : Tooth development in sharks, Archs oral Biol, 15: 613-619, 1970.
- KERR, J.: Development and structure of the teeth in the dog fish, Squalus acanthias L. and Scyliorhynus caniculus (L), Proc. Zool. Soc. Lond. 125: 95-114, 1955.
- RIPA, L. W., GWINNETT, A. J., GUZMAN, C. and LEGLER, D.: Microstructural and microradiogaphic qualities of lemon shark enameloid. Archs oral Biol. 12: 165-173, 1972.
- 9) 須賀昭一,近藤稔,小野寺章, 久保田安則,大 塚倫治:各種動物エナメル質内での Cl. Mg. Na の分布のX線マイクロアナライザによる観 察,歯基礎誌,13:85-94,1971.
- 10) SUGA, S.: Fluorine distribution in sound,

carious and developing teeth, revealed by electron mricroprobe analysis, Proc. of VI th International Conference on X-Ray Optics and Microanalysis, edited by Shinoda, G. et al., Univ. of Tokyo Press, Tokyo. p.p. 847-852, 1972.

- SUGA, S.: Biophysical studies of the developing enamel, Histochemistry and Cytochemistry, 1972, Kyoto, p.p. 87-88, 1972.
- 12)須賀昭一,高橋誠一,鰕原悦郎,手呂千鶴天, 佐藤蔵六:ハムスターの切歯エナメル質の石灰 化進行像,歯基礎誌,16:331-349,1974.
- 13) SUGA, S., WADA, K. and OGAWA, M.: Biophysical analyses of the enameloids of the teleosts, J. dent. Res., 55 : D 177 (Abst.). 1976.
- 14)須賀昭一,神尾則光,吉田修子,堂昭夫:犬の 永久歯エナメル質の石灰化進行像,その等濃度 線図表示による観察,歯基礎誌,19:219-238, 1977.
- 須賀昭一:カラーテレビジョンデイスプレイシ ステムによる microradiogram の画像解析,映 像情報,9:41-46, 1977.
- 16) SUGA, S., WADA, K. and OGAWA, M.: Fluoride concentration in the enameloid of fishes, J. dent. Res., 56 : Special issue A, Abst. No. 45, 1977.
- 17) TRAUTZ, O. R., KLEIN, E. and ADDELSTON, H. K.,: Variations in the x-ray diffractograms of dental enamel of man and shark, J. dent. Res., 31: 472-473, 1952.
- WEATHERELL, J. A. and ROBINSON, C.: The inorganic composition of teeth, from Biological Mineralization, edited by Zipkin, I. John Wiley and Sons, New York, p.p. 43-74, 1973.

# 電 子 顕 微 鏡 の 真 珠 研 究 へ の 応 用\*

#### 和 田 浩 爾

(国立真珠研究所\*\*)

#### 1. はじめに

真珠の研究は真珠形成機構究明の歴史であり, 真珠が 高価で入手し難かったことも手伝って,構造,組成,形 成機構などが本質的に同一である貝殻との比較で行われ てきた.日本は世界に先んじて 1927 年ごろには真円真 珠の養殖技術を現在の産業体系に育成した.しかし真珠 に科学のメスが本格的に入れられたのは過去 30 年ほど で,とくに「真珠と貝殻の形成機構に関する研究」は飛 躍的な進歩をとげ,電子顕微鏡の貢献には目を見張るも のがある.

この間ダイヤモンドナイフの登場は, 真珠や貝殻表面 での結晶形成過程を断面から観察可能にし, また結晶内 部の微細組織に関する新知見がイオンマイクロミーリン グ装置 (IMMI) で作製した薄片によって得られている. 標本作成の技術開発が進むかたわら, 走査電子顕微鏡が

導入され,エネルギー分散型および波長分散型X線分光 器とも併用されるようになり,この分野の研究でも電子 顕微鏡にさらに大きな期待がかけられている.

ひとくちに真珠の形成に関する電子顕微鏡による研究 といっても、異なる専門分野から実にいろいろと角度を 変えた視点でアプローチされて現在に至っている.しか し、誌面の制約上から真珠でみられる結晶形成と組織形 成に焦点をしぼり、これを理解するのに必要な知見を総 括しながら、筆者が真珠と貝殻の真珠層で行った観察の 一端を紹介したい.

#### 2. 貝が作る宝石

真珠は真珠袋上皮の働きによってその内腔に形成され る. 真珠層を分泌する外套膜の外面上皮が何かの原因で 体内に落ち込むか(天然真珠), この外套膜の小片を内 植すると(養殖真珠), 上皮が再生現象によって真珠袋 を形成する.

Koji Wada: Application of Electron Microscope to the Studies of Pearl. \* 国立真珠研究所業績 No. 219 \*\* 〒517-05 三重県志摩郡阿児町賢島 1978 年 3 月 1 日受付 真珠は炭酸カルシウムを主成分とし、約 5% の有機 物を含む真珠層から作られ、 貝殻の真珠層と全く同じ 成分と組織構造からなる. 炭酸 カル シウム は 板状 の aragonite の 微粒子として生じ、有機物は蛋白質を主体 とし、少量の多糖体、糖蛋白質などを含んでいる.

宝石としての価値を生ずる強い真珠光沢をもつ真珠層 はどんな組織構造を有し,真珠袋上皮や外套膜外面上皮 はこの組織構造をどのようにして形成するのであろう か.この解決はまさに電子顕微鏡しかなしえない.

#### 2.1. 真珠層の組織構造

フコヤガイ養殖真珠の真珠層の組織構造を、模式的 に図1に示す.盛んに成長している表面は、微小な aragonite 板状結晶が石畳状に敷きつめられてできる結 晶層を少しずつずらしながら階段状に積み重ねた構造か らなり、表面に対して垂直に切った断面では、結晶層と 有機質シート (interlamellar matrix) とが交互に繰り返 して重畳した層状構造を示す (図 2).有機物 intercrystalline matrix) は結晶層を作る aragonite 結晶間 にも分布しており、断面でみる結晶と有機物の分布関係 はあたかもレンガ建築物のレンガを結晶に、レンガを接 着するセメントを有機物にみたてられる. この種の研 究はいろいろな 種類の貝殻真珠層について行われてい る<sup>1~70</sup>.

真珠層のX線回  $ff^{2,6}$  や制限 視野電子回 $ff^{0,10}$  は, aragonite 結晶が決してでたらめに沈着するのではな く,結晶層の厚さ方向に c 軸を (図3),結晶層の拡大方 向に b 軸をほぼ並べて配列することを示した.

#### 2.2. 真珠層の炭酸カルシウム結晶

真珠層の aragonite は卓越した (001) 面を基底面と する板状結晶で,異なる指数の側面の発達とそれら側面 の大きさの違いによっていろいろな形の板状結晶に変化 し,貝の種類や生理状態,それに生活環境の季節変化が 結晶の形態に反映する<sup>2,10,11)</sup>. こうしてみると貝が作る aragonite 結晶はなんの変哲もない板状の単結晶である が,この単結晶は有機物 (intercrystalline matrix) で 仕切られた幅 0.2~0.5  $\mu$ m,長さ 1  $\mu$ m ほどの小さなブ



図1 二枚貝の真珠層の表面と断面構造を示す模式図



図 2 結晶層と有機質シートとが交互に繰り返して重畳したアコヤガイ真珠の真珠層構造(×29,000)と aragonite 板状結晶の方位配列を示す制限視野電子回折像(図 3)

ロックからなるとの考え<sup>3)</sup>と、図2にもみられるように ブロック構造はなく、有機物を含む分泌液のインクルー ジョンによる泡状構造を有するとの考え<sup>12)</sup>とがある. こ の種の研究は貝殻の calcite についても行われ、代謝に よって作られた結晶の特徴が無生物系で生成した同種の 結晶との比較から明らかにされつつある<sup>3,5,12,13)</sup>.

## **2.3.** 真珠層の有機物

図4は真珠層片をEDTA水溶液で脱灰したのち50kc の超音波を使用して分離した有機質シート(interlamellar matrix)の電子顕微鏡像である.有機質シートは多 孔性の網状の膜で,瘤ないし結節をもった繊維からなっ ており,孔の大きさ,形,密度,配置などは貝の種類に よって異なる<sup>14,19)</sup>. 断面からみると,この有機質シート は3層からなるといわれ<sup>10)</sup>,孔も観察できる.しかし, この孔が実際にあるのか,あるにしてもムコ多糖体で満 たされているのか,あるいは脱灰で生じた人工像なのか 議論がわかれている.

この有機質シートに孔があるかないかは,重畳した結 晶同士が連絡するのか,完全に分離されて連絡しないか を意味し,真珠層の形成機構にかかわってくる.

## 3. 真珠の成長メカニズム

真珠袋を形成し,母床組織と癒着した外套膜外面上皮 細胞は,新しい有機的環境のもとで真珠を形成する.し



図 4 クロチョウガイ貝殻真珠層の多孔性の有機質シート(矢印は結晶境界に挾まれた有機物 ×21,000)

たがって,真珠形成の具体的な担い手は真珠袋となった 上皮細胞である.真珠鉱物は細胞から分泌された溶液か ら,細胞の調節を受けながら有機質シートと交互に生成 し,繰り返し多重層薄膜構造からなる真珠層に発達する ことを明らかにしたのも電子顕微鏡の成果である.

#### 3.1. 真珠を作る細胞<sup>17~19)</sup>

真珠層を作る細胞の1例として、イケチョウガイの真 珠袋上皮細胞を図5に示す.上皮細胞の丈は2~10µm と扁平,基底面は基底膜につづく.細胞の自由面は直径 約0.1µmの微絨毛でおおわれ、基底面の形質膜に陥入 がしばしば認められる.核は円形ないし長円形で、細胞 の中央かやや基底部に位置する.粗面小胞体は核周辺, とくに核と基底面との間に散在し、分泌活動との関連で



図 5 真珠層を作っているイケチョウガイ真珠袋上皮 細胞 ×5,000

内腔の容積を変える.多数の遊離したリボゾームが細胞 質の基質中にみられ、ゴルジ装置は核の上縁側に位置し、 顆粒状のミトコンドリアが散在する.分泌活動が盛んな 時期には小胞や空胞が上縁側に多数あり、微絨毛より蛋 白様物質が滲み出ているが、冬期分泌活動が停止すると これらにとってかわり不定形の大きな空胞を生じ、粗面 小胞体の内腔はきわめて狭く圧閉する.しかし、電子顕微 鏡で不可視な電解質イオンの輸送についての情報はいま だ乏しい.このように真珠袋上皮細胞はカルシウム分泌 細胞としての特異的な形態をもたないが、高等動物の蛋 白分泌膜細胞と基本的構造できわめて類似しており、蛋 白質や多糖体の合成、Caの代謝、呼吸系を通しての  $CO_{3^2}$ の供給、分泌と吸収など数多くの機能を有し、真 珠鉱物が生成する条件を調節する.

#### 3.2. 分泌液からの結晶の誕生<sup>20)</sup>

鉱物結晶が代謝によって細胞内あるいは細胞外に生成 する(石灰化)には,(1)細胞膜のイオンポンプ作用に より鉱物イオン濃度が結晶核を自然発生的に形成するの に必要な活動度積以上に局所的に押し上げられるか,あ るいは,(2)生成する鉱物結晶の格子間隔とほぼ類似し たイオン配列からなる表面構造をもち,イオン集団の非 特異的吸着により結晶の不均一核形成をうながす有機物 が細胞によって作られる必要がある.

ここに真珠がどんな機構を通して石灰化を開始するか 証明する実験<sup>21-24)</sup>がある.1例として貝殻と外套膜との 間に挿入したカバースリップ上でおこさせた初期石灰化 のX線マイクロアナライザー分析結果を図6に示した. この結果を組織化学および生化学分析と比較してみる と,外套膜外面上皮から分泌された硫酸基をもった糖蛋 白質を含む有機質顆粒が鉱物結晶の形成をうながす鋳型 (template) をその表面に備えていると考えられ,鋳型



図 6 石灰化した有機質顆粒と石灰化前の有機質顆粒 中の Ca と S のX線分析

Vol. 13, No. 1 (1978)



図7 フコヤガイ真珠の真珠層石灰化前線における結 晶形成と成長(矢印は分泌液中に形成された有 機質シート ×10,000)

はあるアミノ酸側鎖のカルボキシル基群<sup>23)</sup>,あるいはこのアミノ酸側鎖と結合した多糖体の硫酸基群<sup>24)</sup>の負電荷の周期配列で作られていると想像される.

## 3.3. 結晶層の層状沈着<sup>10,26)</sup>

結晶層が有機質シートと交互に繰り返し沈澱する機構 を観察するには、上皮と分泌液と真珠層成長面での結晶 形成(添加的石灰化)との関係をできる限り壊したり, 変化させないように注意して固定、包埋、薄切しなけれ ばならない. この目的にとって天然真珠は非常に好都合 な材料で、図7はダイヤモンドナイフで薄切したアコヤ ガイの真珠袋一天然真珠の無染色切片で観察した真珠層 表面の石灰化前線の電子顕微鏡像である. 上皮からの分 泌液中には顆粒状または繊維状の有機物が初めは不規則 に存在し、やがてその一部は細胞の自由面とほぼ平行 なシートを形成し, 層状に仕切られた分泌液の1区画 (compartment)<sup>27)</sup> ができる.新たに生ずる結晶は、す でに形成されている結晶の (001) 面に吸着しているシー ト (interlamellar matrix) を1枚挾んで (001) 面に残 された階段あるいは結晶の縁や隅に残された階段部分 で、基盤結晶の結晶方位に支配されながら成長する.成 長にともなって結晶は仕切りを形成するシートに到達 し、厚み方向の成長は阻止されるようになり、側面は同 一の仕切り中で成長する隣接結晶と接合するまで横方向 へ成長をつづけ、仕切りの中を埋めていく. 隣接結晶と 接合する際, 仕切りの中にある有機物ならびに結晶を 囲む有機質のさや (envelop)<sup>28)</sup> は結晶境界に挾まれる (intercrystalline matrix).

このように,有機質シートによる層状の仕切りの形成 と仕切りの中での結晶層の発達とが繰り返されることに よって真珠層特有の層状構造が形成され,特殊な成長条



図 8 ハボウキガイ貝殻真珠層表面に成長する aragonite 単結晶のスパイラル成長 ×3,000



図 9 アコヤガイ貝殻真珠層のスパイラル成長 ×58

件が大きく発達した (001) 面をもった板状の aragonite 結晶を生成し、方位配列をもたらす.

#### 3.4. 真珠のスパイラル成長

真珠や貝殻の真珠層成長表面には2種類のスパイラル がある. 第1は、ラセン転位を介して成長する単結晶の 成長スパイラルである<sup>2,26,29,30)</sup>. 図8は、電子顕微鏡で とらえた真珠層の aragonite 単結晶の (001) 面上の成 長スパイラルの1例である.

第2は真珠層の成長スパイラルで,成長途上にある結 晶層の成長前線によって描かれた成長模様<sup>2,23,31)</sup>である (図 9).単結晶の成長スパイラルと同様に,この成長ス パイラルは一般に中心が一番高く,1回転するごとに周 囲に向かって1段ずつ低くなるが,段高はスパイラルの 中心を除けば約0.3~0.5/mを示し,真珠層のaragonite 単結晶の厚さに相当する. 真珠層の成長スパイラルにも 左巻と右巻とがあり, ほとんどの場合スパイラルの中心 にはラセン転位を含む aragonite 単結晶が位置し, 真珠 層の成長スパイラルの回転方向はこのラセン転位による スパイラルの回転方向と一致する.

ところでこの特徴的なスパイラルは, 真珠層のように 結晶が方位配列したモザイク構造をとる貝殻層で, しか も生物の個体成長の過程でおこる貝殻の形態形成にあた って貝殻が湾曲し, 同時にとくに強いストレスがかかる 貝殻部分に集中して発生する傾向を示す<sup>62)</sup>. こうしたこ とから, 真珠層の成長スパイラルはラセン転位によるス パイラル成長理論を導入<sup>2,8,80,33,34)</sup> するか, ラセン転位 にディスクリネーションを組み合せて, 合理的に説明で きると考えられる.

#### 4. むすび

軟体動物が貝殻を作る特性を上手に利用したのが真珠 養殖であり、日本で独自に開発された世界に誇れる技術 である.自然のきまぐれに全くまかせられていた天然真 珠の形成に比べ、養殖真珠は養殖の全作業を人間の管理 のもとで高密度に生産される.しかし、こと品質の養殖 管理となると今日でも自然の力にゆだねられており、養 殖中に真珠の品質をコントロールする技術を確立するこ とが真珠研究の究極の目的である.そのためには、いろ いろな専門分野からの科学的裏付けとその統合と組み立 てが必要である.

こうした背景の中で,電子顕微鏡と電子回折は従来, 光学顕微鏡でなしえなかった大きな成果を挙げてきた. たとえば, 真珠の微細構造や結晶構造と品質との関 係<sup>9,35~38)</sup>,水温の季節変化にともなう成熟,産卵,冬眠 とそれからの覚醒といった生理変化でおこる細胞の分泌 活動状態の変化と分泌液からの結晶形成と成長の変化が 真珠の微細構造のどこにどんな変化をもたらして品質に 影響するか<sup>19,38~40)</sup>などを明らかにしてきた.

研究者の悩みの1つは幸か不幸か真珠が日本の特産品 であり,研究者も日本人に限られるため討論の場が非常 に限られることである.ところが真珠を石灰化の観点か らみると,脊椎動物の骨,歯,卵殻,無脊椎動物の外骨 格,植物や単細胞生物などの石灰化と広い基盤に立って 多くの全く共通の研究問題をかかえている.そしてX線 微量元素検出器を備えた透過型および走査型電子顕微鏡 が今後この分野の研究にとっても非常に大きな威力を発 揮するであろう:

## 文 献

- Grégoire, Ch.: J. Biophys. Biochem. Cytol., 3, 797 (1957)
- Wada, K.: Bull. Natl. Pearl Res. Lab., 7, 703 (1961)
- Watabe, N.: J. Ultrastruct. Res., 12, 351 (1965)
- Towe, K. M. and Hamilton, G. H.: Calc. Tiss. Res., 1, 306 (1968)
- 5) Mutvei, H.: Biomineralization, 2, 48 (1970)
- 6) Wise, S. W.: Eclogae geol. Helv., 63, 775 (1970)
- 7) Erben. H. K.: Biomineralization, 6, 15 (1972)
- Wada, K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 24, 422 (1958)
- Wada, K. and Sakai, T.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29, 658 (1963)
- 10) Wada, K.: Biomineralization, 6, 141 (1972)
- 11) Wada, K.: J. Electronmicrosc., 9, 21 (1960)
- 12) Towe, K. M.: Calc. Tiss. Res., 10, 38 (1972)
- 13) Wada, K.: J. Electronmicrosc., 12, 224 (1963)
- Grégoire, Ch.: Bull. Inst. Roy. Sci. Natur. Belg., 36, 1 (1960)
- 15) Grégoire, Ch.: in Florkin, M. and Scheer, B.T. (Ed.), Chemical Zoology. Vol. VII Mollusca, Academic Press, New York, 1972, p. 45
- 16) 中原 晧: 無脊椎動物および魚類における石灰化 機構に関するシンポジウム,東大海洋研 (1977)
- 17) 辻井 禎: 荒谷真平他編「硬組織研究」医歯薬出版,東京,p. 431 (1969)
- 18) Wada, K.: in Yukawa, H. (Ed.) Profiles of Japanese Science and Scientists 1970, Kodansha, Tokyo, 1970, p. 227
- 19) 和田浩爾: 国立真珠研報, 16, 1949 (1972)
- 20) 和田浩爾: 荒谷真平他編「硬組織研究」医歯薬出版,東京,p. 399 (1969)
- Wada K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30, 393 (1964)
- Wada K.: Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 9, 1087 (1964)
- Wada K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30, 993 (1964)
- 24) Wada, K.: in press
- 25) Weiner, S. and Hood, L.: Science, 190, 987 (1975)
- 26) 和田浩爾: 国立真珠研報, 13, 1561 (1968)
- 27) Bevelander, G. and Nakahara, H.: Calc. Tiss. Res., 3, 84 (1969)
- 28) Erben, H.K. and Watabe, N.: Nature, 248, 128 (1974)
- 29) 和田浩爾: 国立真珠研報, 2, 74 (1957)
- 30) 和田浩爾, 平野賢一: 金属物理, 3, 77 (1957)
- 31) Schmidt, W.J.: Zool. Jahrb., 45, 1 (1924)
- 32) 和田浩爾: 固体物理, 5, 297 (1970)
- 33) Wada, K.: Nature, 211, 1427 (1966)

34)	Wise, S. W. and deVilliers, J.:	Trans. Amer.
	Micros. Soc., 90, 376 (1971)	

35)	和田浩爾:	日水誌,	23,	302	(1957)	1
-----	-------	------	-----	-----	--------	---

36) 和田浩爾: 水産増殖, 3, 51 (1957)

37)	和田浩爾:	国立真珠研報,	5,	357	(1959)	
38)	和田浩爾:	国立真珠研報,	8,	948	(1962)	
39)	和田浩爾:	国立真珠研報,	5,	381	(1959)	
40)	和田浩爾:	国立真珠研報,	6,	586	(1961)	

÷

# CHROMOSOME KARYOTYPES OF THREE BIVALVES: THE OYSTERS, ISOGNOMON ALATUS AND PINCTADA IMBRICATA, AND THE BAY SCALLOP, ARGOPECTEN IRRADIANS IRRADIANS<sup>1</sup>

#### KATSUHIKO WADA

## National Pearl Research Laboratory, Kashikojima, Mie, Japan

Since Menzel and Menzel (1965) reported on the chromosomes of two species of clams, several workers have observed the chromosomes of bivalves (pelecypod molluscs) using squash or air-drying techniques (Ahmed and Sparks, 1967, 1970; Longwell, Stiles and Smith, 1967; Menzel, 1968; Patterson, 1970; Ieyama and Inaba, 1974; Ieyama, 1977). However, there are still only a few species of bivalves for which chromosome numbers have been established, as compared with the greater numbers of gastropod molluscs with known chromosome karyotypes.

This paper presents the chromosome number and gross morphology of three species of Bivalvia not previously reported: *Isognomon alatus*, the flat tree oyster; *Pinctada imbricata*, the Atlantic pearl oyster; and *Argopecten irradians irradians*, the commercial bay scallop.

#### MATERIALS AND METHODS

Specimens of *Isognomon alatus* were collected in June, 1976, from Biscayne Bay, Miami, Florida. Specimens of *Pinctada imbricata* were collected in February, 1977, near Pompano Beach, Florida. Cultured specimens of *Argopecten irradians irradians* were obtained from a commercial hatchery on Long Island, New York.

Eggs and sperm were obtained by stripping the gonads of *I. alatus* (10 animals). Spawning was induced thermally in *P. imbricata* (14 animals) and in *A. i. irradians* (25 animals). *A. i. irradians* is hermaphroditic and usually spawns both eggs and sperm almost simultaneously. When unfertilized eggs were needed, these animals were induced to spawn in sea water containing 0.02% EDTA (eth-ylene-diaminetetraacetic acid) which, by chelating calcium out of the sea water, must prevent the acrosome reaction of the sperm essential for fertilization. Self-fertilization was effectively prevented by the EDTA. EDTA-exposed eggs were washed with fresh sea water just after spawning, and no chromosome damage was observed in them. Following fertilization, eggs and embryos were fixed at intervals in Carnoy fixative (3:1). Chromosome preparations were made by squashing the eggs or embryos in 1 to 2% aceto-orcein.

To obtain colchicine metaphase in some cleaving eggs, fertilized eggs were held in sea water containing 0.02% colchicine for 15 to 30 minutes. *P. imbricata* eggs were not treated with colchicine.

<sup>1</sup> Contribution No. 245 from the National Pearl Research Laboratory, Kashikojima, Mie, Japan.



FIGURE 1. Meiotic chromosomes of *Isognomon alatus*: A, fourteen metaphase I chromosomes; B, fourteen metaphase II chromosomes. Scale bars represent 5  $\mu$ .

Chromosomes were examined with a 100X Zeiss phase-contrast objective, and suitable cells were photographed. Drawings were made to supplement the photographs.



FIGURE 2. Twenty-eight colchicine-metaphase chromosomes of first cleavage in *Isognomon* alatus. Scale bar represents 5  $\mu$ .

# Observations and Results

#### *Flat tree oyster*, I. alatus

Stripped and unfertilized eggs were oocytes at meiotic prophase I about diakinesis. After insemination, eggs proceeded to complete meiosis. Clear counts of 14 pairs of chromosomes were observed in 10 eggs at metaphase I (Fig. 1A) and 14 chromosomes in 14 eggs at metaphase II (Fig. 1B). The chromosome pairs are all homomorphic and isopyknotic with no evidence of specialized sex chromosomes. Chiasmata are present, indicating the occurrence of crossing-over of the genes. The diploid number of 28 was observed in well-spread cleavage metaphases or anaphases from both 30 embryos treated with colchicine and from 20 untreated embryos. Figure 2 shows a well-spread metaphase plate of a colchicine-treated embryo.

Five sets of 28 chromosomes in colchicine metaphase were tentatively arranged into pairs according to decreasing size. Total measured length of these chromosomes, arm ratio and general morphological appearance, as measured and observed in the photographic prints, were the criteria used for pairing. Using the mean and standard deviation of the 5 tentative arrangements in Figure 3, mean length extended from  $6.0 \pm 0.78$  to  $2.2 \pm 0.03 \mu$  or from  $5.6 \pm 0.25$  to  $2.1 \pm 0.07\%$  of the total length of the diploid complement. Arm ratios measured from  $1.2 \pm 0.01$ to  $2.6 \pm 0.24$ . Five chromosome pairs may be tentatively classified as metacentrics and the others as submetacentrics (Levan, Fredga and Sandberg, 1964). Both metacentrics and submetacentrics are included among the longer and the shorter chromosomes. Apparent variation in chromosome size is probably due to nonsynchronous coiling of the chromosomes, both natural and colchicine-induced (see Fig. 3).

#### Atlantic pearl oyster, P. imbricata

Spawned and unfertilized eggs were at diakinesis of metaphase I. Fourteen homomorphic and isopyknotic chromosomes were counted in about 200 squashes of eggs at metaphase I (Fig. 4A). Chromosomes complete meiosis after insemination, and 14 chromosomes were observed in 24 eggs at metaphase II (Fig. 4B).

Twenty-eight chromosomes were counted in well-spread metaphase or anaphase plates in 8 first cleavage embryos untreated with colchicine. Figure 5 shows metaphase plates of first cleavages.

The chromosomes in drawings of two mitotic metaphase plates were tentatively arranged into 14 pairs in the same manner as done for *I. alatus* (Fig. 6). Mean length ranged from  $7.8 \pm 0.99$  to  $1.7 \pm 0.44 \ \mu$  (mean and standard deviation of two tentative arrangements in Fig. 6). Three or four pairs can be classified tentatively as subtelocentrics and the others as submeta- or metacentrics. These are, however, only preliminary observations, and there are very sizeable morphological variations of the chromosomes in the arrangement.

 $\sim 5$ 

KATSUHIKO WADA



FIGURE 3. Five tentative arrangements of colchicine-metaphase chromosomes of early cleavages in *Isognomon alatus*. Scale bar represents  $5 \mu$ .



FIGURE 4. Meiotic chromosomes of *Pinctada imbricata*: A, fourteen metaphase I chromosomes; B, fourteen metaphase II chromosomes and first polar body. Scale bars represent 5  $\mu$ .



FIGURE 5. Two drawings of mitotic metaphase plates with twenty-eight chromosomes of first cleavages in *Pinctada imbricata*. Scale bars represent 5  $\mu$ .



FIGURE 6. Two tentative arrangements of mitotic metaphase chromosomes of *Pinctada imbricata* from the drawings of Figure 5. Scale bars represent 5  $\mu$ .



FIGURE 7. Meiotic chromosomes of Argopecten irradians irradians: A, sixteen metaphase I chromosomes; B, sixteen pairs of anaphase I chromosomes. Scale bars represent 5  $\mu$ .



FIGURE 8. Meiotic chromosomes of *Argopecten irradians irradians*: A, sixteen metaphase II chromosomes and sperm nucleus (at arrow); B, drawing of the chromosomes shown in A.

### CHROMOSOMES OF THREE BIVALVES



FIGURE 9. Thirty-two colchicine-metaphase chromosomes of first cleavages in Argopecten irradians. Scale bar represents 5  $\mu$ .



FIGURE 10. Two tentative arrangements of colchicine-metaphase chromosomes of first cleavages in Argopecten irradians. Scale bar represents 5  $\mu$ .

## Bay scallop, A. irradians irradians

Unfertilized eggs were at diakinesis or metaphase I. Sixteen homomorphic, isopyknotic chromosome pairs were observed in over 50 squashes of meiosis I at metaphase (Fig. 7A). (Figure 7B shows these chromosomes at anaphase I.) After insemination 16 chromosomes were counted in 6 eggs at metaphase II (Fig. 8).

Thirty-two chromosomes were counted in well-spread metaphase plates in 30 embryos treated with colchicine and in 20 untreated ones. Figure 9 shows colchicine metaphase plates of first cleavages.

The chromosomes in Figure 9 were tentatively arranged into 16 pairs (Fig. 10). It was difficult to recognize the centromere in some chromosomes, and there were large morphological variations because of the technique used. Even so, the chromosome complements seemed to consist of meta-, submeta-, subtelo- and telocentrics. Mean length ranged from  $5.0 \pm 1.67$  to  $1.8 \pm 0.23 \mu$  or from  $5.2 \pm 0.26$  to  $1.9 \pm 0.30\%$  of the total length of the diploid complement (mean and standard deviation of four tentative arrangements). The construction in one of the longest chromosomes might have been a technical artifact.

#### DISCUSSION

There has been no report to date on the chromosome number of any species in the family Isognomonidae of the order Pterioida. The chromosome number (2n = 28) of *I. alatus* given above coincides with those of *Pinctada fucata* (Wada, 1976) and *P. imbricata* also given above. All of these species are in the superfamily Pteriacea, and are the only ones examined in this superfamily (Table I). Constancy of chromosome number here seems to be one additional example of the tendency for chromosome number to be stable within the family or superfamily of Pelecypoda (Menzel, 1968; Patterson, 1970; Ieyama and Inaba, 1974).

In the Japanese pearl oyster, P. fucata, about four of 14 pairs in the tentative arrangement of early cleavage metaphase chromosomes were identified as subtelocentrics and others as meta- or submetacentrics (Wada, 1976). In the study of the Atlantic pearl oyster reported here, three or four subtelocentrics were likewise observed, and the others were similarly meta- or submetacentrics. No one has previously compared the chromosomes of the Atlantic and the Japanese pearl oysters. In his taxonomic revision of the genus Pinctada, Ranson (1961) classified the Atlantic pearl oyster, which also has distribution in the Pacific Ocean, as well as the Indian Ocean, Persian Sea and Mediterranean Sea, as Pinctada radiata (Leach). He classified the Japanese pearl oyster, P. martensii (Dunker), separately from P. radiata. Recently, Kuroda, Habe and Oyama (1971) reported the Japanese oyster to be a subspecies, P. fucata martensii (Dunker), of the tropical Pacific oyster, P. fucata (Gould), which was reported to be synonymous with P. radiata by Hynd (1955). Hayes (1972) considered the Atlantic species to be a synonym of P. imbricata Röding. The similarity of chromosome number in the Japanese and Atlantic pearl oysters may have bearing on their taxonomy. It would be interesting to observe if chromosome behavior at meiosis in a hybrid of these two oysters appeared to be normal or abnormal. The latter would indicate chromosome dissimilarities in spite of karyotypic similarity.

#### CHROMOSOMES OF THREE BIVALVES

Species name	2n	n	Reference
Isognomonidae			
Isognomon alatus	28	14	Present study
Pteriidae			
Pinctada fucata	28	14	Wada, 1976
P. imbricata	28	14	Present study
Pectinidae			
Pecten maximus	38	19	Beaumont & Gruffydd, 1974
Chlamys varia	38	19	Beaumont & Gruffydd, 1974
Ch. distorta	38	19	Beaumont & Gruffydd, 1974
Ch. islandica	38	19	Beaumont & Gruffydd, 1974
Ch. opercularis	26	13	Beaumont & Gruffydd, 1974
Argopecten irradians irradians	32	16	Present study
Placopecten magellanicus	38	19	Beaumont & Gruffydd, 1974

 TABLE I

 Chromosome numbers of three families of pelecypod molluscs.

In the family Pectinidae, the following chromosome numbers of six species were reported (Beaumont and Gruffydd, 1974): 2n = 38 for *Pecten maximus*, *Placopecten magellanicus*, *Chlamys varia*, *Ch. distorta* and *Ch. islandica* and 2n = 26 for *Chlamys opercularis*. The number (2n = 32) for *A. i. irradians* examined in the present study is different. Beaumont and Gruffydd (1974) implied that the mode of diploid number for the family Pectinidae was 2n = 38. They considered the possibility that the number of *Ch. opercularis* (2n = 26) was probably the result of "Robertsonian" centric fusion and that this species derived from an ancestral type with more than 26 (2n) chromosomes. At any rate, there seem to be some variations in chromosome number among species and genera within the family Pectinidae. This is in contrast with the tendency of chromosome numbers within other families of Bivalvia to be the same, as noted above. However, to confirm the seeming chromosome variation, further studies are needed on other species of this large family Pectinidae, which includes about 350 species (Hertlein, 1969).

A. i. irradians is hermaphroditic and the absence of defined sex chromosomes is expected. Self-fertilized and cross-fertilized embryos alike appear to develop with equal success in the laboratory, although self-fertilization is uncommon in nature (Castagna and Duggan, 1971; Castagna, 1975). No difference in incidence of chromosome irregularities in self- and cross-fertilized embryos was apparent on cursory examinations. More study would be needed, though, to confirm this impression.

I wish to express appreciation to Dr. Arlene Longwell of the Milford Laboratory, National Marine Fisheries Service, for her comments and critical evaluation of the manuscript; and to Dr. James E. Hanks, Director of the Milford Laboratory,

÷.

#### KATSUHIKO WADA

for his permission to conduct this study at Milford. I am also grateful to Messrs. George Miller (Miami Laboratory, NMFS), Edwin W. Rhodes (Milford Laboratory) and Andre LaBonte for their collection and transportation of the flat tree oyster and the Atlantic pearl oyster. Thanks are also expressed to Miss Rita S. Riccio for her critical reading and typing of this manuscript.

# Summary

Chromosome number and morphology were observed in the squashed eggs and embryos of three bivalve species, *Isognomon alatus, Pinctada imbricata* and *Argopecten irradians irradians. I. alatus* has 14 pairs of chromosomes, all of which are either meta- or submetacentrics. Three or four of 14 chromosomal pairs of *P. imbricata* are subtelocentrics and the rest are submeta- or metacentrics. The chromosome complement of *P. imbricata* seems to be similar to that of *P. fucata.* Chromosome numbers of *A. i. irradians* are 16 (n) and 32 (2n) and are different from those of six Pectinidae species previously reported. The 16 pairs of chromosomes of *A. i. irradians* appear to consist of meta-, submeta-, subtelo-, and telocentrics.

#### LITERATURE CITED

- AHMED, M., AND A. K. SPARKS, 1967. A preliminary study of chromosomes of two species of oysters (Ostrea lurida and Crassostrea gigas). J. Fish. Res. Board Can., 24: 2155-2159.
- AHMED, M., AND A. K. SPARKS, 1970. Chromosome number, structure and autosomal polymorphisms in the marine mussels *Mytilus edulis* and *M. californianus. Biol. Bull.*, 138: 1-13.
- BEAUMONT, A. R., AND LL. D. GRUFFYDD, 1974. Studies on the chromosomes of the scallop Pecten maximus (L.) and related species. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 54: 713-718.
- CASTAGNA, M., 1975. Culture of the bay scallop, Argopecten irradians, in Virginia. Mar. Fish. Rev., 37: 19-24.
- CASTAGNA, M., AND W. DUGGAN, 1971. Rearing the bay scallop, Aequipecten irradians. Proc. Nat. Shellfish. Assoc., 61: 80-85.
- HAYES, H. L., 1972. The recent Pteriidae (Mollusca) of the Western Atlantic and Eastern Pacific Oceans. Ph.D. Thesis, George Washington University, 202 pp.
- HERTLEIN, L. G., 1969. Family Pectinidae. Pages 348-373 in R. C. Moore, Ed., Treatise on invertebrate paleontology, Part N, 1 (Mollusca 6, Bivalvia). Geological Society of America, Inc., Boulder, Colorado.
- HYND, J. S., 1955. A revision of the Australian pearl-shells, genus Pinctada (Lamellibranchia). Aust. J. Mar. Fresh. Res., 6: 98-137.
- IEYAMA, H., AND A. INABA, 1974. Chromosome number of ten species in four families of Pteriomorphia (Bivalvia). Jpn. J. Malacol. (Venus), 33: 129-137.
- IEYAMA, H., 1977. Studies on the chromosomes of two species in Mytilidae (Pteriomorphia, Bivalvia). Jpn. J. Malacol. (Venus), 36: 25-28.
- KURODA, T., T. HABE, AND K. OYAMA, 1971. The sea shells of Sagami Bay. Maruzen Co., Tokyo, 500 pp.
- LEVAN, A., K. FREDGA, AND A. A. SANDBERG, 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- LONGWELL, A. C., S. S. STILES, AND D. G. SMITH, 1967. Chromosome complement of the American oyster Crassostrea virginica, as seen in meiotic and cleaving eggs. Can. J. Genet. Cytol., 9: 845-856.

MENZEL, R. W., 1968. Chromosome number in nine families of Pelecypod molluscs. Nautilus, **82**: 45–58.

MENZEL, R. W., AND M. Y. MENZEL, 1965. Chromosomes of two species of quahog clams and their hybrids. Biol. Bull., 129: 181-188.

PATTERSON, C. M., 1970. Chromosomes of molluscs. Proceedings of Symposium on Mollusca, Mar. Biol. Assoc. India, Symposium Series 3, Part II: 635-686.
 RANSON, G., 1961. Les espèces d'huitres perlieres du genre Pinctada. Mem. Inst. R. Sci. Nat. Belg., 67: 1-93.

WADA, K., 1976. Number and gross morphology of chromosomes in the pearl oyster, Pinctada fucata, collected from two regions of Japan. Jpn. J. Malacol. (Venus), 35: 9-14.

# 昭和53年8月1日印刷 昭和53年8月5日発行 三重県志摩郡阿児町賽島 発行所 水産庁真珠研究所 発行者 杉本 仁弥 印刷者 山 形 健 雄 大阪市東住吉区秦津町4-58 印刷所 75永出版印刷株式会社

# Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

22

August 1978

# CONTENTS

Yano, I. Amino acid composition of the body fluids in Pinctada fucata
and Crassostrea gigas
Funakoshi, S. Electrophoretic mobility of the hemocytes of the Pearl
oyster, Pinctada fucata2333
Itoh, K. Ecological characteristics of cultured depth based on growth
and metabolism of pearl oyster, Pinctada fucata (Gould)2337
Itoh, K. Nutritional environment for pearl oyster, Pinctada fucata (Gould)
in pearl cultured ground, Ago Bay2363
Itoh, K. and Mizumoto, S. Mortality of pearl oyster Pinctada fucata
(Gould) in pearl cultured ground, Ago Bay2383
Yamaguchi, K. and Hasuo, M. Comparative studies on the activity of
pearl oyster between suspending and bed culture methods2405
The originals published in other journals
Suga, S., Wada, K. and Ogawa, M. Mineralization pattern and fluoride
distribution of the developing and matured enameloid of the shark
Wada, K. Application of Electron Microscope to the Studies of Pearl
Wada, K. T. Chromosome karyotypes of three bivalves: The oysters,
Isognomon alatus and Pinctada imbricata, and bay scallop,
Argopecten irradians irradians

\* This is the last Bulletin of this series (see p. 2325). List of all reports of this series can be found in the Table of Contents (1956-1978).

National Pearl Research Laboratory Kashikojima, Ago-cho, Shima-gun, Mie Prefeoture, Japan