



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 88203

アコヤガイの卵・浮遊幼生・付着稚貝の高温耐性
アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝の高温耐性

昭和63年12月

December, 1988



アコヤガイの卵・浮遊幼生・付着稚貝の高温耐性

岡村 武志・中村 幸雄

Thermal Tolerance of Eggs, Planktonic Larvae and Settled Juveniles of the Pearl Oyster, *Pinctada fucata martensii* (Dunker)

Takeshi Okamura and Yukio Nakamura

Okamura, T. and Nakamura, Y. (1988). Thermal tolerance of eggs, planktonic larvae and settled juveniles of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Dunker). *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, No.88203 : 1-32.

Abstract : Eggs, planktonic larvae and settled juveniles of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Dunker), was examined in their thermal tolerance during various developmental stages. Materials were obtained from two mother strains originating in Mie and Nagasaki Prefectures. This study was carried out using a thermal gradient apparatus, which can control eleven different temperatures ranging from 26°C to 49°C and eight different exposure times from 7.5 minutes to 24 hours. At 24 hours after the initial time of exposure, survival rates and normal developing rates were determined by counting live and normal larvae. Based on these results thermal tolerance was compared among different developmental stages and between strains.

LT_{50} values of eight-cell embryos in 7.5, 15, 30 minutes and 24 hours exposure were 34.5, 32.9, 31.2 and 29.2°C for the Mie strain, and 36.4, 34.5, 33.6 and 30.4°C for the Nagasaki strain. The corresponding values of the stages from straight hinge larvae to settled juveniles were 41.8-44.4, 41.0-43.0, 40.9-42.9 and 35.3-36.8°C for the Mie strain and 41.7-44.1, 41.4-42.4, 40.7-42.2 and 35.5-37.1°C for the Nagasaki strain. Each stage after the straight hinge larvae had remarkably high LT_{50} value (5.3-10.0°C) than the eight-cell stage. It was observed that the LT_{50} values of each stage tend to decrease with increase of exposure time. No remarkable changes were observed on thermal tolerance in stages following straight-hinge. It was also shown that the LT_{50} values of each stage except for the eight-cell stages were similar between the two strains. The difference of LT_{50} values between strains in the eight-cell stage may possibly be due to the distinction of egg quality.

Compared with the LT_{50} values of planktonic larvae stages of different bivalves species, the pearl oyster has slightly higher values than those of *Ruditapes philippinarum*, and lower values than those of *Meretrix lusoria* and *Crassostrea gigas*. On the other hand, the pearl oyster showed smaller ΔT (test temperature minus rearing temperature) than those of the other three species.

Keywords : Pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, Eggs, Larvae, Juvenile, Temperature, Tolerance, LT_{50} .

岡村武志・中村幸雄(1988). アコヤガイの卵・浮遊幼生・付着稚貝の高温耐性. 海生研報告, No. 88203 : 1-32.

要約：アコヤガイの生活初期における高温耐性を明らかにするために、三重県産、長崎県産の各母貝から得られた卵・浮遊幼生・付着稚貝を供試材料として、8細胞期卵から付着稚貝にいたる5発育段階に

ついて、それぞれ高温接触試験を行った。試験には卵・稚仔温度反応試験装置を用い、接触温度を約26～49°Cにわたる11段階、接触時間を7.5分～24時間にわたる8段階とした。接触開始後24時間経過した時点で、供試個体の生死判定および正常・異常個体別の計数を行い、接触時間毎に正常生残率が50%を示す接触温度を50%正常生残温度(LT_{50})とし、その値を基準として発育段階相互間、母貝産地相互間における高温耐性を比較検討した。

8細胞期卵の LT_{50} は、三重県産のものについては、接触時間7.5分区で34.5°C、15分区で32.9°C、30分区で31.2°C、24時間区で29.2°C、長崎県のものについては、7.5分区で36.4°C、15分区で34.5°C、30分区で33.6°C、24時間区で30.4°Cであった。D型期幼生から付着稚貝に至るまでの各発育段階の LT_{50} の範囲は、三重県産のものについては7.5分区で41.8～44.4°C、15分区で41.0～43.0°C、30分区で40.9～42.9°C、24時間区で35.3～36.8°C、長崎県産のものについては、対応する各値が、41.7～44.1°C、41.4～42.4°C、41.4～42.4°C、40.7～42.4°C、35.5～37.1°Cであった。これらの値から、いずれの発育段階においても接触時間のより長い試験区ほど LT_{50} が低下すること、8細胞期卵から浮遊幼生に移行する間に LT_{50} が顕著に(5.3～10.0°C)上昇すること、D型期幼生から付着稚貝に至る間には高温耐性に大きな変化が認められないことが明らかにされた。母貝産地間の比較では、8細胞期卵を除く他の各発育段階の高温耐性は同程度であった。8細胞期卵でみられた高温耐性の差については、産卵誘発の経過等から、卵質の相違による偶発的なものと判断された。

今までに調べられたハマグリ、マガキ、アサリの試験結果と比較すると、浮遊生活期におけるアコヤガイの LT_{50} はアサリよりわずかに高く、ハマグリ、マガキより低い値を示した。また、飼育水温と50%正常生残温度との差(ΔT)で比較すると、アコヤガイのそれは他の3種に比べてやや低い値を示した。

キーワード：アコヤガイ、卵、幼生、稚貝、温度、耐性、 LT_{50}

目 次

I. まえがき	3	の比較	12
II. 供試材料	4	1) 母貝産地間における比較	12
1. 採卵用母貝	4	2) 発育段階相互間における比較	13
2. 産卵誘発	5	2. 既往知見との比較	14
3. 浮遊幼生及び付着稚貝の飼育	5	3. 他の邦産二枚貝との比較	15
III. 試験方法	6	VI. むすび	18
IV. 試験結果	7	1. 発電所内連行影響	18
1. 三重県産アコヤガイ	9	2. 温排水内連行影響	19
2. 長崎県産アコヤガイ	10	引用文献	21
V. 考察	12	付図	22
1. 母貝産地間、発育段階相互間		付表	23

図 表 目 次

第1図 三重県産・長崎県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における 接触温度・接触時間と正常生残率との関係	8
第2図 三重県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における 高温接触時間と50%正常生残温度との関係	10
第3図 長崎県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における 高温接触時間と50%正常生残温度との関係	11

第4図	三重県産・長崎県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における50%正常生残温度の比較	12
第5図	二枚貝類4種の8細胞期卵およびアンボ期幼生における高温接触時間と50%正常生残温度との関係	16
第6図	二枚貝類4種の8細胞期卵およびアンボ期幼生における高温接触時間と ΔT (50%正常生残温度 - 飼育温度)との関係	17
付図	アコヤガイの発生経過	22
第1表	アコヤガイ採卵用母貝の大きさ	4
第2表	アコヤガイの各発育段階に対する高温接触試験実施経過	6
第3表	アコヤガイの各発育段階における50%正常生残温度	9
付表1	三重県産アコヤガイから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果	23
付表2	三重県産アコヤガイから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果	24
付表3	三重県産アコヤガイから得られたアンボ期幼生に対する高温接触試験結果	25
付表4	三重県産アコヤガイから得られたフルグロン期幼生に対する高温接触試験結果	26
付表5	三重県産アコヤガイから得られた付着稚貝に対する高温接触試験結果	27
付表6	長崎県産アコヤガイから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果	28
付表7	長崎県産アコヤガイから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果	29
付表8	長崎県産アコヤガイから得られたアンボ期幼生に対する高温接触試験結果	30
付表9	長崎県産アコヤガイから得られたフルグロン期幼生に対する高温接触試験結果	31
付表10	長崎県産アコヤガイから得られた付着稚貝に対する高温接触試験結果	32

I. まえがき

アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* (Dunker)は、房総半島・佐渡の本州中部以南からインド・太平洋海域の温帶・熱帶海域に分布する二枚貝であり、我が国では真珠養殖用母貝の優良な種として著名である。アコヤガイの生理・生態に関しては、これまでにも数多くの研究が行われておらず、そのうち高温耐性を取り扱ったものとしては、桑谷(1966), 太田(1966), 田中(1974), 沼口・田中(1986)を挙げることができる。桑谷はアコヤガイ成貝の上限臨界温度に関する既往知見を総述しており、太田は他の数種の二枚貝と巻貝の幼生に対する試験結果からアコヤガイ幼生の高温耐性を類推している。また、田中らはアコヤガイ稚貝を供試材料として、その高温耐性を把握する試験を行っている。しかしながら、これらは主としてアコヤガイ付着初期稚貝以降の発育段階におけるものであり、受精卵や浮遊期幼生等の生活初期における高温耐性についての知見は見当たらない。他の二枚貝類の生活初期の高温耐性については、当研究所員によって、ハマグリ(木下・道津, 1981), マガキ(木下, 1985a), アサリ(木下, 1985b)において明らかにさ

れてきた。今回は新たにアコヤガイの生活初期の高温耐性を把握することができたので、それらの知見について報告する。

報告に先立ち、アコヤガイに関する既往の研究成果について御教示をいただいた水産庁養殖研究所環境管理部長 植本東彦博士、同研究所遺伝育種部遺伝研究室長 和田克彦博士に対し、厚くお礼を申し上げる。また、母貝の入手に際して多大の御協力をいただくとともに、採卵・飼育技術について種々御教示をいただいた三重県水産技術センター栽培漁業センター担当副参事 村主昭也氏をはじめとする職員各位、並びに、田崎真珠株式会社養殖研究開発室長 村松守光氏、同社養殖事業部伊ノ浦採苗課 柴原 靖氏に対し、深謝の意を表する。さらに、この研究の機会を与えられ、本稿を御校閲していただいた当研究所深瀧 弘所長にお礼を申し上げる。

II. 供試材料

1. 採卵用母貝

今回の試験には、三重県産と長崎県産のアコヤガイを母貝として用いた。三重県産母貝は、1983年に三重県栽培漁業センター（浜島町）で採苗された後、沖出しサイズである殻長約1cmに達した時点で同県古江町地先海域に移して養成され、1985年3月から再び同センターの屋内水槽で飼育されていたものであり、同年4月10日に入手した。長崎県産母貝は、昭和58年に鹿児島県奄美大島で採苗された後、沖出しサイズで長崎県西彼杵郡伊ノ浦郷地先海域に移して養成されていたものを、1985年6月11日に入手した。それぞれの母貝を、両産地から当研究所中央研究所（千葉県御宿町）まで、アイスボックスに収容して輸送した。両産地の母貝の大きさを第1表に示した。

第1表 アコヤガイ採卵用母貝の大きさ（平均値±標準偏差）

産 地	殻 長	殻 高	殻 幅	蝶番線長	体 重
三重県	75.9±4.2 mm	81.1±5.6 mm	27.6±1.2 mm	69.2±3.6 mm	65.2±10.7 g
長崎県	72.5±3.2	75.2±3.2	26.5±1.7	65.2±5.4	47.5±10.7

母貝は、当研究所に到着後直ちに、水温約20°Cに設定した水槽に雌雄別々に収容し、止水条件下で採卵時まで飼育を行った。

2. 産卵誘発

産卵誘発は、干出温度刺激法（三重県浜島水試、1979）によって行った。まず、採卵に用いる母貝を、風通しのよい日陰で約1時間干出した後、20°Cの海水を満した30ℓ容水槽内に、雌雄別々に収容し、投入型のガラスヒーターを用いて水温を約28°Cまで上昇させ、放卵、放精を誘発した。三重県産母貝ではこうした操作を2日間に3度繰り返した後に、また、長崎県産母貝では1回の操作で放卵、放精を誘発することができた。母貝の放卵、放精が誘発されると、すみやかに雄、雌を同一水槽内に移し、受精させた。なお、三重県産母貝については、放精された精子の活性が低かったため、精子を含む海水（30ℓ）中に1N-NH₄OH溶液を約5ml滴下して、人為的に精子を活性化させ、受精を促した（桑谷、1965）。

充分量の受精卵が得られた時点で母貝を取り除き、洗卵を数回繰り返した後、受精卵を水温25°Cの恒温水槽に収容した。

3. 浮遊幼生及び付着稚貝の飼育

受精後24時間で浮上を完了しD型期に達したアコヤガイ幼生を、サイフォンを用いて、新たに設定した水温25°Cの恒温水槽に移し換えて給餌を開始した。餌料としては、f/2培養液（大森・池田、1976）でそれぞれ単一培養した *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galvana*, *Chaetoceros gracilis* を適宜混合して与えた。

飼育水槽内におけるアコヤガイ浮遊幼生の収容密度は数個体/mlとし、その発育段階に応じて餌料密度が5,000~50,000細胞/mlになるように給餌した。また、1週間に2回、浮遊幼生をその大きさに応じた目合のプランクトンネット地を用いて別の水槽に移し換えるという方法で、飼育海水の交換を行った。また、付着初期の稚貝（以下、付着稚貝とする）については、付着器としてポリエチレン製の97%遮光ネットを水槽内に垂下し、浮遊幼生の場合と同様の方法で投餌、換水を行った。

なお、飼育期間中の水温は24.2~26.0°C、塩分は32.5~34.4‰の範囲内であった。

III. 試験方法

今回の高温接触試験には、当研究所で製作した卵・稚仔温度反応試験装置（柏木ら、1980）を用いた。まず、濾過海水30mℓを入れた試験管を、試験装置のアルミニウムブロック内の各挿入孔（11孔×8列）へ入れ、1列毎の試験管内の海水温度を約26~49℃の範囲内の11段階に設定した。次に、これらの各試験管内へ、所定の発育段階に達した卵、浮遊幼生を、約1.0~1.5mℓの飼育海水とともにピペットを用いて移し入れ、高温接触を開始した。また、付着稚貝の場合は、付着個体数および試験管の容積を考慮して、前述の付着器を適当な大きさに切り取り、それらの各試験片を試験管内へ収容するという方法を採用した。そして、後述する所定の各高温接触時間が経過する度に、1列の試験管11本を25℃の恒温水槽内へ移し、高温接触を開始してから24時間経過するまで、そのまま静置した。

両産地の供試材料とも、8細胞期卵、D型期幼生、アンボ期幼生、フルグロン期幼生、付着稚貝の5発育段階について高温接触試験を行った。各発育段階に対する接触試験開始時における供試材料の受精後経過時間と平均殻長を第2表に示した。

第2表 アコヤガイの各発育段階に対する高温接触試験実施経過

母貝 産地	高温接 触試験実施 年月日	受精後		発育段階	殻長(μm)	
		経過時間	平均		標準偏差	
三重県	1985. 6. 4	2.5時間	—	8細胞期卵	—	—
	6. 6	2 日	84.0	D型期幼生	4.5	
	6.26	22 日	120.0	アンボ期幼生	14.5	
	7. 1	27 日	235.0	フルグロン期幼生	19.6	
	7.25	51 日	1334.5	付着稚貝	267.5	
長崎県	1985. 7. 16	2.5時間	—	8細胞期卵	—	—
	7.23	7 日	90.2	D型期幼生	5.1	
	8. 8	23 日	116.7	アンボ期幼生	8.3	
	8.15	30 日	173.0	フルグロン期幼生	17.3	
	9. 9	55 日	1364.3	付着稚貝	279.1	

いずれの試験においても高温接触時間は、7.5, 15, 30, 60, 180, 360, 720, 1,440分(24時間)の8段階とした。

高温接触開始時より24時間経過した時点で、供試個体に対する生死等の判定を開始した。判定にあたっては、各発育段階毎の形態および生態特性を考慮に入れて、次の方法

を採用した。

① 8細胞期卵——全ての供試個体をホルマリン固定し、殻を全く形成していないものを死亡個体とし、殻を形成しているものについては、正常生残個体、異常生残個体（奇形個体）別に計数した。

② D型期、アンボ期、フルグロン期の各幼生——これらの発育段階は良く発達したペラムで泳ぎ回る浮遊期であるため、まず試験管底に沈降した個体と浮遊個体とを区分した。沈降個体については直ちに検鏡して、動きが全く観察されないものを死亡個体とし、動きの認められるものについては、さらに正常生残個体と異常生残個体（奇形個体+異常行動個体）に分けて計数した。なお、浮遊しているものについては、全てを生残個体とみなし、ホルマリン固定後、正常個体、異常個体（奇形個体）別に計数した。

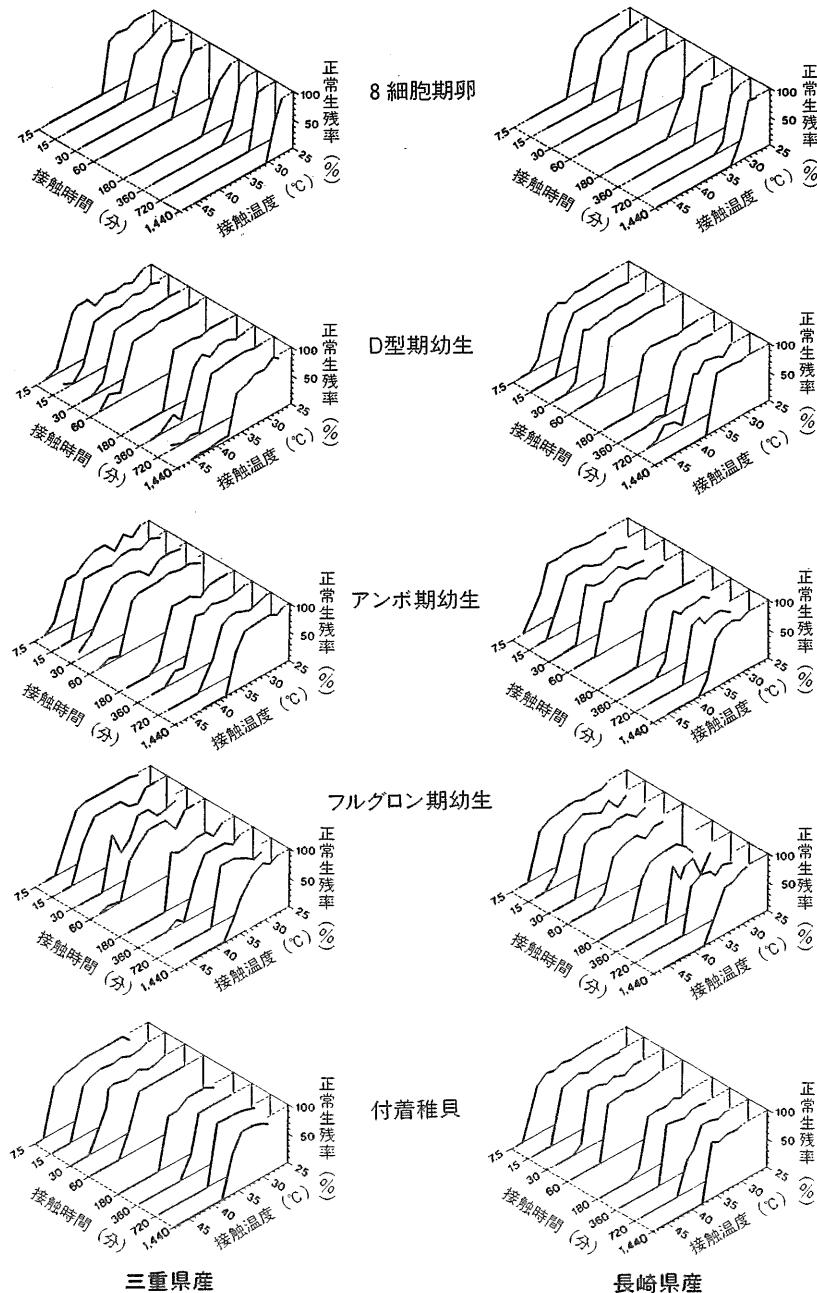
③ 付着稚貝——まず、付着器に付着したままの個体と、付着器から脱落した個体に分けた。前者については、さらに正常生残個体と異常生残個体に区分し、後者については異常生残個体、死亡個体に分けて計数した。これらの場合の正常・異常・死亡の判定には、心臓の拍動、繊毛運動、貝殻開閉運動等の有無を基準とした。

以上の生死等の判定結果から、全供試個体中に占める正常生残個体の割合、すなわち正常生残率を算出した。

IV. 試験結果

三重県産アコヤガイについての試験結果を付表1～5に、また、長崎県産についての試験結果を付表6～10に、それぞれ示した。さらに、それらに基づいて、各発育段階における接触時間・接触温度と正常生残率との関係を、母貝産地別に第1図に示した。図中の破線部は設定温度の範囲外を示し、時間軸は対数目盛である。

いずれの発育段階、接触時間区においても、正常生残率は、低温側では100%に近く、高温側ではほとんど0%となっており、特定のごく狭い温度範囲内で、正常生残率の急激な低下が認められた。また、その温度範囲は、接触時間の長い試験区の場合ほど低温側に移行する傾向がみられた。そこで、各接触時間区において、供試個体の半数が正常に生残し得る水温を〈50%正常生残温度〉とし、これを基準として、母貝産地間、発育段階相互間の高温耐性を比較検討した。母貝産地別・発育段階別・接触時間区別の50%



第1図 三重県産・長崎県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における接觸温度・接觸時間と正常生残率との関係

正常生残温度を第3表に示した。

第3表 アコヤガイの各発育段階における50%正常生残温度

母貝産地	発育段階	接触時間区別50%正常生残温度 (°C)							
		7.5	15	30	60	180	360	720	1,440分
三重県	8細胞期卵	34.5	32.9	31.2	30.9	30.4	29.8	29.4	29.2
	D型期幼生	42.7	41.0	41.0	40.9	38.8	38.5	36.6	36.7
	アンボ期幼生	42.7	43.0	42.9	40.7	38.9	38.0	36.5	36.2
	フルグロン期幼生	41.8	42.4	40.9	40.3	38.4	37.1	36.0	35.3
	付着稚貝	44.4	42.5	42.4	39.7	38.7	36.9	36.5	36.8
長崎県	8細胞期卵	36.4	34.5	33.6	33.5	33.2	31.9	30.0	30.4
	D型期幼生	41.7	41.4	42.2	40.5	39.8	37.4	37.5	36.6
	アンボ期幼生	42.3	42.4	41.8	41.6	39.2	37.6	37.4	36.7
	フルグロン期幼生	43.2	41.8	41.9	39.9	39.6	37.5	37.4	35.5
	付着稚貝	44.1	42.3	40.7	40.4	38.8	38.4	37.6	37.1

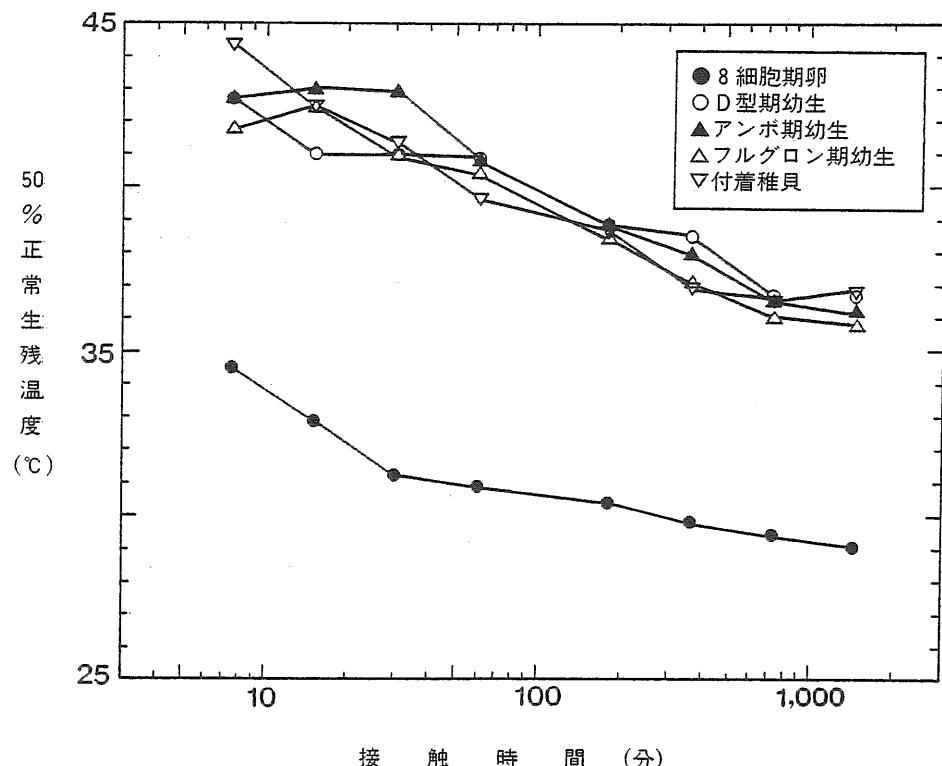
1. 三重県産アコヤガイ

発育段階別の高温接触時間に対する50%正常生残温度を第2図に示した。

8細胞期卵の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で34.5°C、15分区で32.9°C、30分区で31.2°C、さらに接触時間1,440分区では29.2°Cとなり、接触時間が長くなるとともに低下した。

浮遊生活期にあたるD型期、アンボ期、フルグロン期における各幼生の50%正常生残温度の間には、顕著な差は認められなかった。これら幼生の各接触時間区毎の50%正常生残温度は、7.5分区で41.8~42.7°C、15分区で41.0~43.0°C、30分区で40.9~42.9°Cの各範囲内にあり、比較的短時間の高温接触区では大きな変化は認められなかった。しかし、全体的には、8細胞期卵の場合と同様に、接触時間の長い試験区ほど、50%正常生残温度が低下し、1,440分区では35.3~36.7°Cとなった。

付着稚貝の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で44.4°C、15分区で42.5°C、30分区で42.4°C、さらに、1,440分区では36.8°Cとなり、浮遊幼生の場合とほぼ同程度の値を示した。



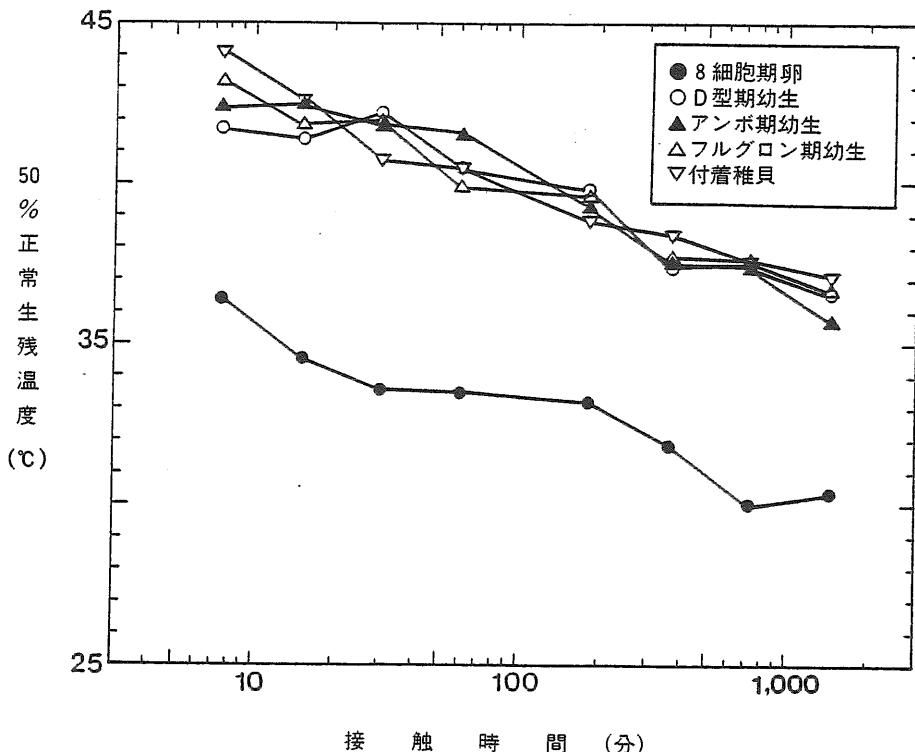
第2図 三重県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における
高温接触時間と50%正常生残温度との関係

2. 長崎県産アコヤガイ

発育段階別の高温接触時間に対する50%正常生残温度を第3図に示した。

8細胞期卵の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で36.4°C, 15分区で34.5°C, 30分区で33.6°Cであり、接触時間が長い試験区の場合ほど低くなり、1,440分区では30.4°Cとなった。

浮遊幼生3期の各発育段階における50%正常生残温度の間には、著しい差は認められなかった。各接触時間区における50%正常生残温度は、7.5分区で41.7~43.2°C, 15分区で41.4~42.4°C, 30分区で41.8~42.2°C、さらに1,440分区では35.5~36.7°Cと、三重県産アコヤガイの場合と同様に、接触時間が長くなるのに伴って低下する傾向が認められた。



第3図 長崎県産アコガヤイから得られた供試材料の各発育段階における高温接触時間と50%正常生残温度との関係

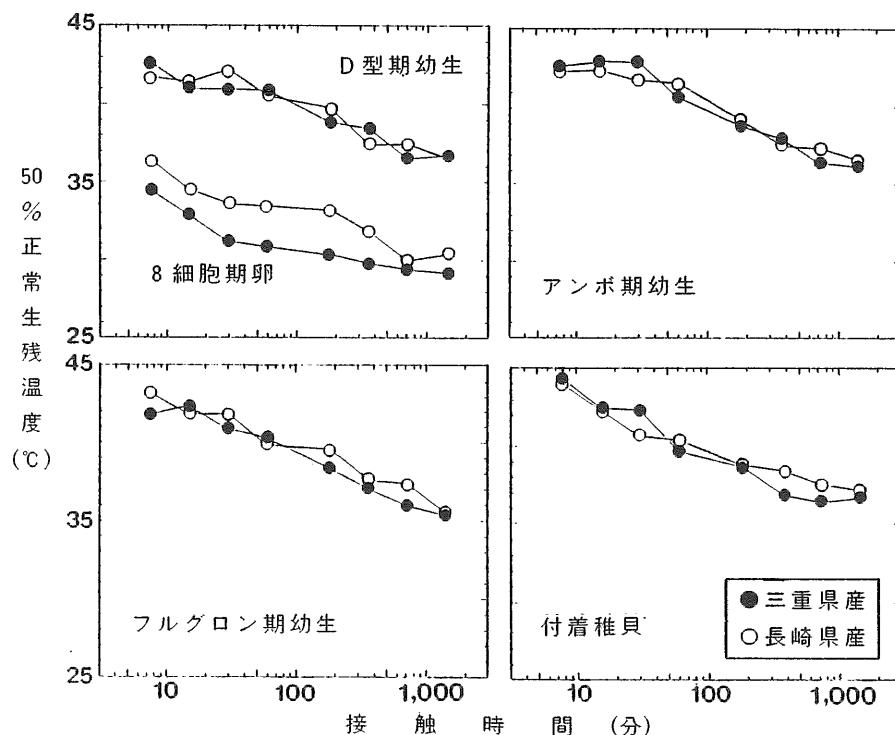
付着稚貝の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で44.1°C、15分区で42.3°C、30分区で40.7°C、さらに、1,440分区では37.1°Cであり、浮遊幼生の場合とほぼ同程度の値を示した。

以上のように、三重県産、長崎県産のそれぞれの母貝より得られた8細胞期卵、浮遊幼生、付着稚貝の50%正常生残温度は、いずれの発育段階においても、接触時間が長くなるのに伴って低下する傾向が認められた。また、D型期以降の浮遊幼生および付着稚貝の50%正常生残温度は、8細胞期卵の場合に較べ、顕著に高い値を示し、この間に高温耐性が著しく増大することが明らかにされた。

V. 考 察

1. 母貝産地間、発育段階相互間の比較

アコヤガイの卵、浮遊幼生、付着稚貝の高温耐性について、母貝産地間、発育段階相互間で比較検討するため、両産地から得られた供試材料の発育段階別50%正常生残温度を第4図に示した。



第4図 三重県産・長崎県産アコヤガイから得られた供試材料の各発育段階における50%正常生残温度の比較

1) 母貝産地間における比較

8細胞期卵を除く各発育段階においては、両産地の母貝に由来する浮遊幼生の50%正常生残温度はいずれもほぼ同一の値と傾向を示し、高温耐性にはほとんど差が認められ

なかった。しかし、8細胞期卵における50%正常生残温度については、長崎県産の方が三重県産よりも0.6~2.8°C高い値を示した。

アコヤガイの形質に関する既往の研究では、殻形（太田, 1957；蓮尾, 1958, 1964）、真珠の品質（沢田・丹下, 1959；蓮尾・山口, 1965）等に地理的な差異が認められることが明らかにされている。しかし、これらの形質は、同じ環境におかれることによって相互に類似してくることから、アコヤガイ自身がもつ遺伝子的要因に起因するものではないと考えられている。また、和田(1984)は、日本各地から得られたアコヤガイの貝殻形質、蛋白質の分子量およびそのアミノ酸組成を比較し、日本産アコヤガイの遺伝的な差が地域間で比較的少ないことを明らかにしている。

一方、アコヤガイの高温耐性についての地理的変異性に関する知見は、筆者らの知る限り皆無である。また、今回の試験では、D型期幼生以降の発育段階における高温耐性には母貝産地間で明確な差は認められなかったことから、8細胞期における高温耐性の産地別の差は、母貝の遺伝的分化に由来するものというよりはむしろ、以下に述べるような供試卵側の要因によるものとする考え方方が妥当であろう。

三重県産母貝は、自然状態で成熟する以前に屋内の水槽へ移され、水温20°Cのもとで管理飼育されていたものであり、今回の試験では、前述のように3回の産卵誘発によってようやく採卵が可能になった。これに対して、長崎県産母貝は、成熟する直前まで自然状態で海面に垂下養成されていたものであり、1回の産卵誘発によって採卵が可能であった。これらのことから、長崎県産母貝は三重県産母貝よりも自然に近い状態で成熟しており、今回の試験で8細胞期卵において認められた母貝産地間の高温耐性の差は、主として母貝の成熟状態の違いに起因する卵質の優劣によるものと考えられる。

2) 発育段階相互間における比較

各発育段階の高温耐性を比較すると、8細胞期卵の耐性はD型期幼生以降の各発育段階の場合よりも顕著に小さいことが明らかとなった（第2図～第4図）。同様の事実は、ハマグリ（木下・道津, 1981）、マカキ（木下, 1985a）、アサリ（木下, 1985b）においても認められており、このことは類似した初期発生様式を有する二枚貝類の高温耐性に共通した特徴であるのかも知れない。

上記の二枚貝類3種の8細胞期卵に対する高温接触試験の結果では、高温に対する接触時間が長くなるのに伴って、50%正常生残温度がある特定の温度に収束する傾向が認

められている。今回のアコヤガイの場合、卵質が良好であったと考えられる長崎県産の試験結果において（第3図）、8細胞期卵の50%正常生残温度は接触時間30～180分区および720～1,440分区の間ではほとんど変化がなく、7.5～30分区と180～720分区の間で比較的大きく低下した。アコヤガイの卵は25°Cにおいて、受精後約6時間で孵化し、トロコフォア幼生となり、24時間以内に幼殻をもつD型期幼生となる。したがって、上記のような高温耐性の不規則な変動は、8細胞期卵からD型期幼生までの発育段階で耐性が微妙に変化していることを示唆しているとも考えられ、この点については、より細かな発育段階毎に短期の高温接触試験を行って確認する必要があろう。

D型期幼生以降の各発育段階における高温耐性にはほとんど差が認められなかった。しかし、フルグロン期では、比較的低温側の接触温度区における正常生残率に、他の発育段階に較べて、大きな変動が認められた（第1図）。フルグロン期は、成体とほぼ同様な組織が整い機能し始め、成長も極めて盛んな時期である。また、生態的には遊泳生活から付着生活へ移行する時期であること等から、このような発育段階においては、温度等の外部環境の変化に対する反応特性も大きく変化している可能性がある。

2. 既往知見との比較

水産生物と温排水研究協議会(1973)が収集・整理したアコヤガイに関する既往の研究報告によれば、アコヤガイ受精卵の発生適温は28～30°Cの範囲内にあり、32°C以上では正常なD型期幼生になるものが少ないとされている。今回の8細胞期卵に対する試験において、接触時間24時間(1,440分)区で正常生残率が0%となる接触温度は、三重県産で約30.4°C、長崎県産で約32.7°Cであった（付表1および付表6）。両者の間には2°C以上の差があるが、供試材料の卵質に問題がなかったと推定される長崎県産の結果は、既往の知見とほぼ一致している。

田中(1974)は飼育水温を14°Cとした場合の殻長15mmの稚貝について、また、沼口・田中(1986)は飼育水温を28°Cとした場合の蝶番線長約3mmの稚貝について、それらの高温耐性を把握する試験を行い、接触温度35°C、接触時間24時間における斃死率が、前者の場合には86%，また、後者では10%であったとそれぞれ報告している。一方、今回の試験では、飼育水温25°Cにおける殻長約1.3mmの付着初期の稚貝の場合、接触温度35°C、接触時間24時間区における死亡率は1～6%に過ぎなかった。また、接触時間24時間区における50%正常生残温度は36.8～37.1°Cであった（第3表）。これらの試験結果に基づい

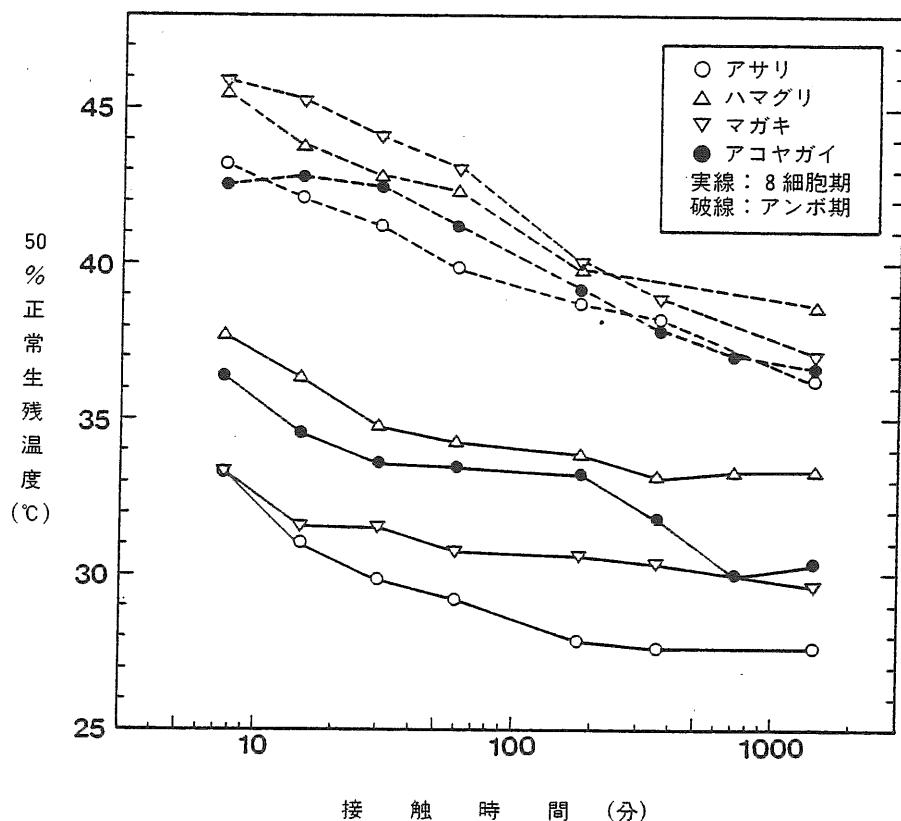
て、付着稚貝の高温耐性を吟味すると、アコヤガイ稚貝期における高温耐性は発育の進んだものほど小さいことになる。しかしながら、各試験における接触前の飼育水温、生死判定の方法等は相互に異なっており、上記の試験結果を直接的に比較することは困難である。例えば、田中の報告では、殻長約15mm稚貝の場合、高温接触による斃死率が極めて高かったが、この主な原因としては、他の2つの試験の場合より飼育水温が10°C以上も低かったことが挙げられる。

高温がアコヤガイ成貝の生理および成長に及ぼす影響については、桑谷(1966)によるアコヤガイの上限臨界温度に基づいた考察や、沖野(1977)、山口ら(1977)の貝殻形成量、植本(1968)、伊藤(1976)の酸素消費量をそれぞれ指標とした報告例がある。これらの報告は、いずれも年齢2~4年の成貝を取り扱ったものであり、それらの適温の上限は27~30°Cとなっている。一方、殻長約1.3mm稚貝の最大接触時間24時間区における高温側の100%正常生残可能水温は34.5~36.4°Cであり、上記の成貝について得られた適温上限値より数°C高かった。今回得られた100%正常生残可能水温は必ずしも適温上限値に対応するものではない。しかしながら、沼口・田中(1986)の報告でも、稚貝の適温範囲の上限値が成貝よりも若干高いことが推定されており、アコヤガイの着底期以降の各発育段階における高温耐性については、今後、充分検討する余地があろう。

3. 他の邦産二枚貝類との比較

アコヤガイについて得られた50%正常生残温度を、ハマグリ、マガキ、アサリについて既に得られている値(木下・道津, 1981; 木下, 1985a, b)とともに第5図に示した。ここでは高温耐性が比較的小さい8細胞期卵と、浮遊幼生のうちのアンホ期幼生の50%正常生残温度について比較検討した。なお、アコヤガイの8細胞期卵については、卵質に若干の問題があったと推定される三重県産から得られた値を除外し、長崎県産から得られた結果のみを用いた。この図では、4種の二枚貝ごとに、異なる母貝産地等の供試材料から得られた50%正常生残温度の平均値を採用し、それらの値を実線あるいは破線で結んで示した。

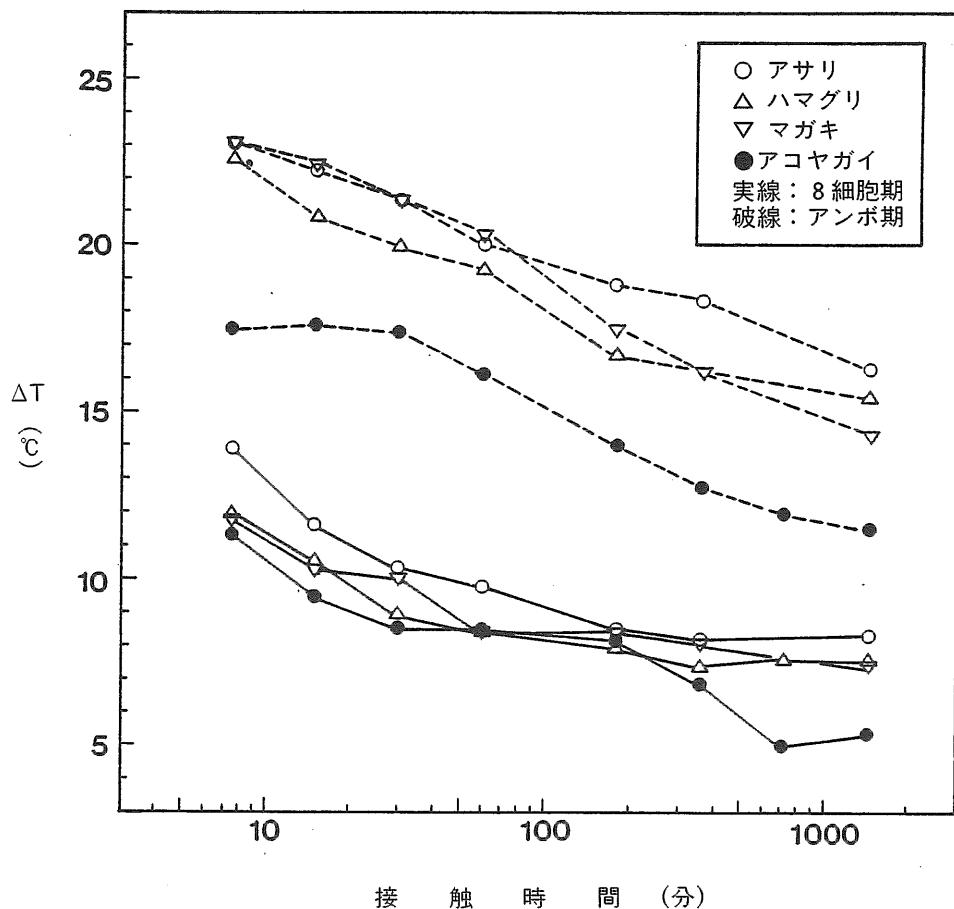
8細胞期卵の50%正常生残温度は、ハマグリが最も高く、次いでアコヤガイ、マガキ、アサリの順であった。接触時間が720~1,440分の範囲内ではアコヤガイとマガキの50%正常生残温度はほぼ同程度の値であった。アンホ期における50%正常生残温度は、接触時間1,440分を除けばマガキが最も高く、次いでハマグリ、アコヤガイ、アサリの順であ



第5図 二枚貝4種の8細胞期卵およびアンボ期幼生における高温接触時間と50%正常生残温度との関係の比較

った。しかし、接触時間7.5~15分、180~1440分の範囲内でアコヤガイとアサリはほとんど同程度の値を示した。

自然条件下では、これら二枚貝類4種の産卵時期にはズレがあり、産卵水温および卵から稚貝までの各発育段階における生息水温にも幅がある。従って、それらを供試材料とした上記の高温接触試験では、接触試験直前の飼育水温がそれぞれ異なっていた。そこで、種間の高温耐性を水温の絶対値としてではなく、試験水温と飼育水温との差（昇温幅）を基準として比較検討した。すなわち、各二枚貝類4種について、50%正常生残温度からそれぞれの接触試験直前の飼育水温を引いた値を ΔT (°C) とし、高温接触時間と ΔT との関係を求め、その結果を第6図に示した。



第6図 二枚貝4種の8細胞期卵およびアンボ期幼生における高温接触時間と
 ΔT (50%正常生残温度 - 飼育温度)との関係

木下(1985b)は、アサリ、ハマグリ、マガキにおいて、8細胞期卵およびアンボ期幼生の両者とも、接触時間7.5~1,440分の範囲内の ΔT には、ほとんど差が認められないとしている。一方、アコヤガイの8細胞期卵では、 ΔT が接触時間7.5~360分区の範囲内で他の3種の値とほぼ一致し、720~1,440分区で他の3種よりもやや低い値を示した。また、アコヤガイのアンボ期における ΔT は、他の3種の場合よりも約2.5~5.5°C 低く、同様の傾向がD型期およびフルグロン期においても認められた。

各邦産二枚貝の卵・幼生期における発生適温範囲は、アコヤガイが28~30°C、ハマグリが19~31°C、マガキが23~26°Cである(水産生物と温排水研究協議会、1973)。アサリ

の発生適温に関しては、明確な知見は見当たらないが、産卵水温が約13~23°Cであること（田村, 1967）、また、木下(1985b)が示した8細胞期卵の接触時間24時間区における50%正常生残温度が26.9~28.6°Cであること等から、少なくともアコヤガイの発生適温範囲とされている28~30°Cよりも低いと考えられる。

前述したように、アコヤガイは温帶海域から熱帶海域にわたって分布する二枚貝であり、全国的に分布するハマグリ、マガキ、アサリに比較すると、その発生適温範囲は狭く、比較的高温側にある。このため、今回の試験における接触直前の飼育水温は、他の3種の場合よりも一般に高温側に設定されていた。すなわち、アンボ期等の ΔT が他の3種よりも低い値を示したという事実は、アコヤガイの生息海域が他の3種よりも南に偏しているというこの種の生態特性を反映した結果として捉えることができよう。

また、上記4種の8細胞期卵の ΔT が接触時間7.5~360分区において、ほぼ同じ値を示したのに対して、浮遊幼生期以降では種間で若干の差が認められたという事実は、二枚貝類の水温変化に対する反応特性が、卵期では類似し、幼生期に至って異なってくることを示唆するものであろう。

VI. む　す　び

発電所の運転が浮遊生活をしている海産動物の卵や幼生に及ぼす影響については、冷却用海水とともに発電所施設内を通過することによって発生する「発電所内連行影響」と、放水域において、周辺海域から昇温した温排水プルーム内へ引き込まれることによって発生する「温排水内連行影響」の2つに区分して検討する必要がある。アコヤガイの初期の5発育段階に対する短期高温接触試験から得られた知見に基づいて、これらの2つの連行影響のうちの昇温という側面のみに限定して考察すると、次のとおりである。

1. 発電所内連行影響

我が国の臨海発電所における冷却水の施設内通過所要時間は、通常10分以内もしくは15分以内である。したがって、復水器通過以後の高温接触時間はさらに短くなるわけであるが、ここでは一応、接触時間15分区における50%正常生残温度に基づいて考察を進めることにする。

接触時間15分区における50%正常生残温度は、8細胞期卵では34.5°C（前述の理由から長崎県産母貝から得られたものの値）、D型期幼生からフルグロン期幼生では41.0～43.0°Cの範囲内にあった（第3表）。今回の高温接触前の飼育水温25°Cを基準として、これらの15分間接触区における50%正常生残温度との差（ ΔT ）を求めるとき、8細胞期卵では+9.5°C、D型期～フルグロン期幼生では+16.0～18.0°Cとなる。採卵用母貝の飼育過程を含む高温接触前の飼育水温をさらに高く設定すると、卵や幼生の50%正常生残温度がいくぶん高くなることも考えられるが、ここでは、アコヤガイの発生適温が比較的狭いことから、さほど大きな変化は示さないものとする。また、基準となる環境水温を中部日本近海における最高水温に相当する28°Cとすると、15分接触区における50%正常生残温度と基準水温との差は、8細胞期卵では+6.5°C、D型期～フルグロン期幼生では+13.0～15.0°Cとなる。

一方、近年、わが国で建設される臨海発電所冷却水の設計昇温幅（ ΔT ）は7°Cである。

したがって、基準水温を25°Cとした場合には、試験を行ったいずれの発育段階についても、基準水温から50%正常生残温度までの温度差は、発電所の設計昇温幅よりも大きな値となり、昇温のみによる死亡は起こらないことになる。また、基準温度を28°Cとした場合でも、D型期～フルグロン期の浮遊幼生については、なお充分な許容昇温幅を有していることになる。同じ場合に8細胞期卵についてのみ50%正常生残に対して設計昇温幅の方が僅かに上回ることになる。しかしながら、受精後6時間未満の卵は、少なくとも静止した海水中では沈降する性質を有しているので、発電所内へ連行される確率は比較的低いものと考えられる。また、仮に卵が外力等によって浮遊するものとしても、約1ヶ月間に及ぶ浮遊生活期全体に占める卵期の時間範囲は極めて小さなものである。

以上は、発電所内連行影響のうち、昇温という側面のみに限定した考察であり、この他に発電所通過に伴う機械的影响や化学的影响についても別途考察する必要がある。さらには、アコヤガイの資源量水準に及ぼす影響の有無という基本的な問題となると、周辺海域における浮遊幼生の現存量中に占める発電所通過量の割合等に基づいた総合的な判断が必要である。

2. 温排水内連行影響

復水器通過に伴って急激に昇温した冷却用海水が、再び発電所の前面海域へ放出され

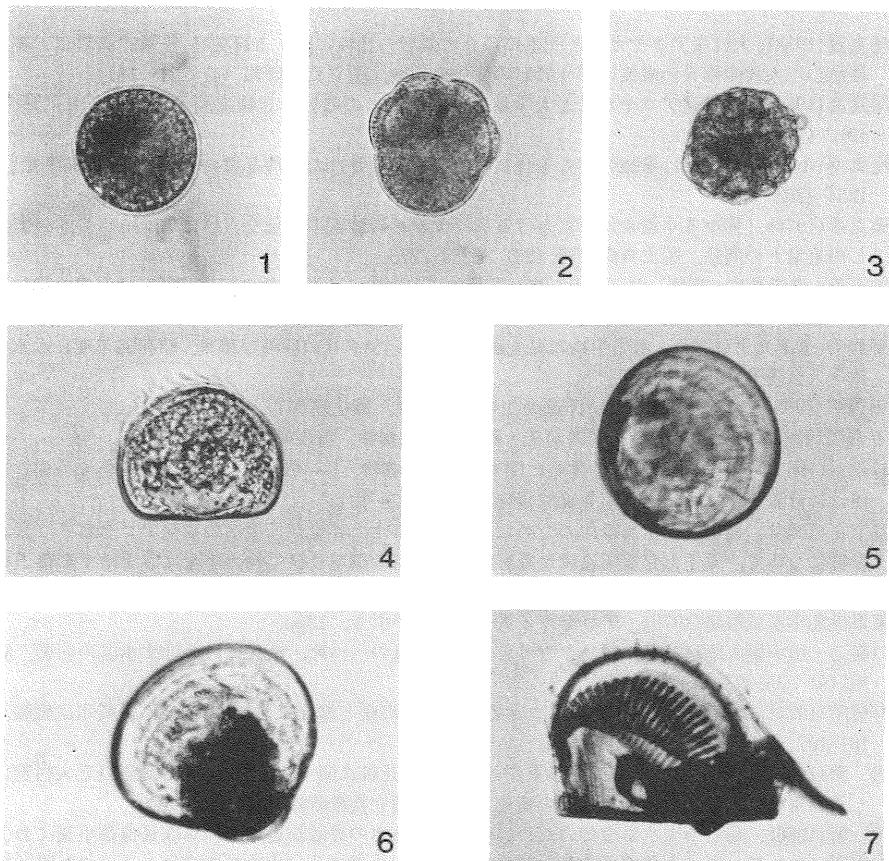
ると、周辺海水との混合希釈や大気中への放熱によって、次第に周辺海水との温度差を失っていく。この混合希釈の過程において、発電所を通過しなかった周辺海水中に浮遊しているアコヤガイ幼生等も、周辺海水とともに温排水プルーム内へ連行されるわけである。しかしながら、復水器通過時の急激な昇温ショックや、発電所の冷却水系内の各所で遭遇する機械的ショック等に比較すれば、放水域における混合希釈過程で遭遇するこれらのショックは、はるかに緩慢なものである。

放水直後には $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ を保持していた温排水が、周辺海水と等しい水温になるまでに要する時間は、温排水の放出量、放出方式等によって異なるが、稼動中の大規模発電所の前面海域で当研究所が実測した例では、通常数時間以内であった。そこで、6時間接触区における50%正常生残温度を採用すると、D型期～フルグロン期幼生の50%正常生残温度は $36.9\sim38.5^{\circ}\text{C}$ であり、また、安全側に立った評価という意味から、今回の試験中の最大接触時間である24時間区の50%正常生残温度を採用すると、その値は $35.3\sim36.7^{\circ}\text{C}$ であった。したがって、基準となる環境水温を 28°C としても $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ 以上の差があることになる。実際には $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ の昇温を示す温排水の範囲は放水口のごく至近域に限定されるので、このような高温に接しているのはごく短時間であろう。以上を総合すると、アコヤガイの浮遊幼生期の温排水内連行に伴う昇温に関しては、殆ど影響は無いものと考えられる。

なお、最近の真珠養殖業においては、従前からの天然採苗方式の他に、経験の明らかな養殖母貝を用いて、人工的に管理された環境条件のもとで採苗するという方式が導入されてきているので、実際の海域で産出された幼生が発電所内または温排水内へ連行されるという問題の占める意味合いも、次第に変化してきているものと考えられる。

引 用 文 献

- 蓮尾真澄(1958). 大村産アコヤガイと三重県産との殻形の比較に関する研究II. 三重県産稚貝と英虞湾に移植した大村産稚貝の成長に伴う殻形の変化の比較. 国立真珠研報, (4) : 318-324.
- 蓮尾真澄(1964). 大村産アコヤガイと大分県、愛媛県産との殻形の比較に関する研究. 国立真珠研報, (9) : 1170-1178.
- 蓮尾真澄・山口一登(1965). 产地の異なる母貝によって生産された真珠品質の比較. 国立真珠研報, (10) : 1254-1263.
- 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.
- 柏木正章・道津光生・深滝弘・古川厚・千葉強平(1980). 水生生物の温度耐性—I. 卵・稚仔試験装置の試作. 昭和55年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 : 104.
- 木下秀明・道津光生(1981). 水生生物の温度耐性—II. ハマグリの卵及び稚貝. 昭和56年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 : 130.
- 木下秀明(1985a). マガキの卵及び浮遊幼生の高温耐性. 海生研報告, No.85203 : 1-43.
- 木下秀明(1985b). アサリの卵・浮遊幼生・稚貝の高温耐性. 海生研報告, No.85204 : 1-38.
- 桑谷幸正(1965). アコヤガイの種苗生産に関する基礎的研究. I—切り出し卵巣卵の成熟度の判定と産卵期における変化について. 国立真珠研報, (10) : 1228-1243.
- 桑谷幸正(1966). 発電所復水器冷却のために使用した海水の昇温が近接湾の養殖アコヤガイにおよぼす影響について. 原子力発電所建設が熊野灘沿岸海域の環境及び生物の生産におよぼす影響予察報告書. 三重県熊野灘沿岸工業開発調査委員会漁業関係専門部会 : 115-121.
- 三重県浜島水產試験場(1979). アコヤガイ人工採苗の手引き. 13pp.
- 沼口勝之・田中彌太郎(1986). アコヤガイ付着初期稚貝のへい死、成長におよぼす水温の影響. 養殖研報, (9) : 35-39.
- 沖野哲昭(1977). 高水温の継続が養殖アコヤガイの貝殻形成と斃死におよぼす影響. 長崎水試研報, (3) : 101-107.
- 太田繁(1957). 大村産アコヤガイと三重産との殻形の比較に関する研究I. 大村産稚貝と大村湾に移植した三重産稚貝の成長に伴う殻形の変化の比較. 国立真珠研報, (2) : 119-126.
- 太田繁(1966). 発電所復水器冷却のために使用した海水の昇温が近接湾の真珠貝採苗事業におよぼす影響について. 原子力発電所建設が熊野灘沿岸海域の環境及び生物の生産におよぼす影響予察報告書. 三重県熊野灘沿岸工業開発調査委員会漁業関係専門部会 : 123-124.
- 大森信・池田勉(1976). 動物プランクトン生態研究法. 生態学研究法講座5. 共立出版, 東京, 299pp.
- 沢田保夫・丹下孚(1959). 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究II. 英虞湾内の4点において生産される真珠品質の比較と海況について. 国立真珠研報, (5) : 459-480.
- 水産生物と温排水研究協議会(1973). 水産生物と温排水. 水産研究叢書25, 日本水産資源保護協会, 158 pp.
- 田村正(1967). 浅海増殖場の環境. 水産増養殖叢書25-1. 日本水産資源保護協会, 96pp.
- 田中彌太郎(1974). 高温水に対する二枚貝幼・稚貝の耐性実験. 温排水の生物におよぼす影響に関する研究. 昭和48年研究成果報告書. 東海水研・日水研・水産大学校 : 98-100.
- 植本東彦(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.
- 和田克彦(1984). アコヤガイ *Pinctada fucata* の改良に関する研究. 養殖研報, (6) : 79-157.
- 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.



付図 アコヤガイの発生経過

1. 受精卵 卵径・ $48\mu\text{m}$
2. 8細胞期卵 受精後 2.5時間
3. トコロフォア幼生 " 6.0時間
4. D型期幼生 " 23.0時間 軸長・ $80\mu\text{m}$
5. アンホ期幼生 " 22日 " 139μm
6. フルグロン期幼生 " 27日 " 212μm
7. 付着稚貝 " 55日 " 1300μm

付表1 三重県産アコヤガイから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果

時間区(分)	接觸溫度区 No.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	36	59	63	48	67					
	7.5	80	62	33	30	25	*	*	*	*	*
	15	48	44	45	30	*	*	*	*	*	*
	30	33	56	27	*	*	*	*	*	*	*
	60	51	60	22	*	*	*	*	*	*	*
	180	27	50	22	*	*	*	*	*	*	*
	360	63	32	30	*	*	*	*	*	*	*
	720	53	29	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	57	32	*	*	*	*	*	*	*	*
接觸溫度 (°C)	0 ¹⁾	24.2	25.2	24.6	24.7	25.2					
	7.5	26.8	28.6	30.4	32.1	34.1	35.0	37.8	39.6	41.6	43.7
	15	26.6	28.5	30.3	32.2	34.1	36.0	37.9	39.7	41.7	43.8
	30	26.5	28.6	30.5	32.4	34.2	36.0	38.0	39.7	41.8	43.8
	60	26.5	28.5	30.4	32.4	34.2	35.9	37.8	39.6	41.7	43.8
	180	26.6	28.4	30.3	32.2	34.1	35.9	37.7	39.7	41.6	44.0
	360	26.8	28.7	30.4	32.2	33.9	35.6	37.4	39.5	41.3	43.4
	720	27.0	28.6	30.3	32.3	33.9	35.6	37.4	39.2	41.2	43.1
	1,440	27.4	28.7	30.4	32.4	34.2	36.0	37.8	39.5	41.4	43.3
生残率 (%)	0 ¹⁾	100	93.2	100	100	100					
	7.5	100	100	97.0	96.7	92.0	*	*	*	*	*
	15	100	95.5	86.7	80.0	*	*	*	*	*	*
	30	97.0	100	85.2	*	*	*	*	*	*	*
	60	98.0	98.3	68.2	*	*	*	*	*	*	*
	180	100	86.0	54.5	*	*	*	*	*	*	*
	360	98.4	90.6	26.7	*	*	*	*	*	*	*
	720	100	96.6	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	98.2	78.1	*	*	*	*	*	*	*	*
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	100	89.8	100	100	100					
	7.5	100	100	93.9	96.7	88.0	*	*	*	*	*
	15	100	90.9	84.4	76.7	*	*	*	*	*	*
	30	93.9	100	81.5	*	*	*	*	*	*	*
	60	96.1	98.3	68.2	*	*	*	*	*	*	*
	180	100	86.0	54.5	*	*	*	*	*	*	*
	360	98.4	90.6	26.7	*	*	*	*	*	*	*
	720	100	96.6	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	98.2	68.8	*	*	*	*	*	*	*	*
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+					
	7.5	+	+	+	+	+	+	±	-	-	-
	15	+	+	+	+	+	+	±	-	-	-
	30	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	60	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	180	+	+	+	+	+	±	-	-	-	-
	360	+	+	+	+	±	-	-	-	-	-
	720	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	1,440	+	+	+	±	-	-	-	-	-	-

*: 計数、計算不能、+ : ほとんど全ての個体が浮遊、- : 全個体沈降、± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表2 三重県産アコヤガイから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果

		接 触 温 度 区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	11	27	44	32	41						
	7.5	29	20	15	17	14	15	19	9	22	42	45
	15	20	37	23	39	18	21	12	20	33	39	18
	30	19	12	23	22	12	30	24	23	51	35	29
	60	24	27	30	22	24	16	19	55	53	32	38
	180	107	100	48	81	17	22	16	37	40	50	33
	360	50	29	25	63	36	35	45	32	70	234	126
	720	28	36	26	32	22	30	45	37	59	35	21
	1,440	30	43	27	33	41	18	37	41	51	60	236
接觸温度 (°C)	0 ¹⁾	25.8	25.1	24.6	25.2	25.2						
	7.5	26.8	28.6	30.4	32.2	34.2	36.1	37.9	39.8	41.8	43.9	45.6
	15	26.6	28.5	30.3	32.2	34.1	36.1	38.0	39.9	41.9	44.0	46.0
	30	26.5	28.6	30.5	32.4	34.3	36.1	38.1	39.9	42.0	44.1	46.1
	60	26.5	28.5	30.4	32.4	34.3	36.0	37.9	39.8	42.0	44.1	46.3
	180	26.6	28.5	30.3	32.3	34.2	36.0	37.8	39.8	41.8	44.1	46.4
	360	26.9	28.8	30.6	32.4	34.0	35.8	37.5	39.6	41.4	43.6	45.9
	720	27.1	28.8	30.5	32.5	34.1	35.7	37.5	39.4	41.4	43.3	45.4
	1,440	27.5	28.8	30.5	32.5	34.3	36.1	37.9	39.6	41.5	43.3	45.1
生残率 (%)	0 ¹⁾	100	100	100	100	100						
	7.5	96.6	95.0	93.3	88.2	100	93.3	100	100	90.9	92.9	45.6
	15	100	100	95.7	100	100	95.2	91.7	100	93.9	15.4	5.6
	30	100	100	100	100	100	100	100	95.7	45.1	0	0
	60	100	100	100	100	100	100	100	96.4	13.2	21.9	0
	180	100	100	100	100	100	100	100	64.9	0	0	0
	360	100	93.1	100	100	91.7	100	95.6	3.1	21.4	0.4	0
	720	100	100	100	100	95.5	96.7	93.3	1.6	8.5	14.3	42.9
	1,440	100	100	92.6	100	100	100	40.5	4.9	0	11.7	0
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	100	100	100	96.9	100						
	7.5	96.6	85.0	93.3	88.2	92.9	80.0	100	100	90.9	7.1	0
	15	95.0	100	91.3	97.4	88.9	90.5	91.7	90.0	21.2	0	5.6
	30	100	100	95.7	95.5	100	96.7	95.8	91.3	15.7	0	0
	60	95.8	96.3	96.7	95.5	100	93.8	94.7	92.7	13.2	21.9	0
	180	100	100	100	97.5	100	100	100	0	0	0	0
	360	96.0	93.1	100	100	88.9	100	84.4	3.1	21.4	0.4	0
	720	96.4	97.2	100	100	95.5	96.7	93.3	1.6	8.5	0	9.5
	1,440	93.3	100	85.2	87.9	78.1	72.2	8.1	4.9	0	3.3	0
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
	7.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	±	-
	15	+	+	+	+	+	+	+	+	±	-	-
	30	+	+	+	+	+	+	+	±	-	-	-
	60	+	+	+	+	+	+	±	±	-	-	-
	180	+	+	+	+	+	±	±	-	-	-	-
	360	+	+	+	+	+	±	±	-	-	-	-
	720	+	+	+	+	+	±	-	-	-	-	-
	1,440	+	+	+	+	±	±	-	-	-	-	-

+ : ほとんどの個体が浮遊, - : 全個体沈降, ± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表3 三重県産アコヤガイから得られたアンボ期幼生に対する高温接触試験結果

供試個体数	0 ¹⁾	接触温度区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.5	7	15	26	15	14	21	12	14	9	15	12	
15	16	21	13	27	23	16	23	32	30	34	15	
30	17	22	25	20	19	14	21	31	24	25	19	
60	24	22	22	25	32	32	32	19	26	23	24	24
180	28	19	16	17	31	32	61	18	14	17	36	
360	27	26	33	23	25	27	22	17	30	20	24	
720	12	34	17	20	17	19	15	27	31	15	35	
1,440	13	19	22	23	19	15	29	27	24	43	39	
接触温度 (°C)	0 ¹⁾	25.1	25.5	24.5	25.0	25.0						
7.5	26.6	28.3	30.1	32.0	34.0	36.0	37.8	39.7	41.8	44.0	45.7	
15	26.3	28.3	30.1	32.0	34.0	36.0	38.0	39.9	41.9	44.2	46.2	
30	26.2	28.3	30.3	32.2	34.2	36.0	38.1	39.9	42.0	44.1	46.3	
60	26.0	28.3	30.2	32.3	34.1	35.9	38.0	39.7	42.0	44.2	46.5	
180	26.2	28.2	30.0	32.1	34.0	35.8	37.7	39.8	41.8	44.2	46.6	
360	26.5	28.3	30.3	32.1	33.1	34.9	36.6	38.8	40.7	42.9	45.4	
720	25.9	27.7	29.4	32.1	33.1	34.8	36.6	38.6	40.6	42.6	44.8	
1,440	26.4	27.7	29.4	32.1	34.0	35.7	37.6	39.4	41.5	43.3	45.2	
生残率 (%)	0 ¹⁾	100	100	95.0	100	96.8						
7.5	100	100	100	100	100	100	100	78.6	88.9	80.0	0	
15	100	100	100	100	100	93.8	95.7	100	96.7	8.8	0	
30	100	100	96.0	100	94.7	100	100	96.8	87.5	28.0	10.5	
60	100	95.5	100	100	100	100	100	100	3.8	8.7	0	
180	100	100	100	100	96.8	96.9	100	100	0	0	0	
360	100	96.2	100	100	100	96.3	95.5	17.6	20.0	0	0	
720	100	100	100	100	100	94.7	66.7	0	0	0	0	
1,440	100	100	100	100	100	100	6.9	0	0	0	0	
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	96.0	93.8	95.0	97.2	96.8						
7.5	100	86.7	100	80.0	100	100	91.7	78.6	77.8	13.3	0	
15	93.8	100	92.3	100	100	93.8	95.7	96.9	96.7	0	0	
30	94.1	95.5	96.0	80.0	94.7	100	100	96.8	66.7	28.0	10.5	
60	87.5	95.5	90.9	96.0	96.9	96.9	96.9	84.2	3.8	8.7	0	
180	100	100	100	88.2	96.8	96.9	100	11.1	0	0	0	
360	100	96.2	93.9	95.7	100	92.6	95.5	17.6	20.0	0	0	
720	100	94.1	88.2	100	100	89.5	46.7	0	0	0	0	
1,440	100	94.7	100	95.7	94.7	66.7	0	0	0	0	0	
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
7.5	+	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	
15	+	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	
30	+	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	
60	+	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	
180	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—	
360	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—	
720	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—	—	
1,440	+	+	+	±	±	—	—	—	—	—	—	

+ : ほとんど全ての個体が浮遊, - : 全個体沈降, ± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表4 三重県産アコヤガイから得られたフルグロン期幼生に対する高温接触試験結果

供試個体数	0 ¹⁾	接触温度区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.5	58	10	13	11	8	13	6	21	14	12	10	
15	12	9	10	12	14	25	11	15	22	7	10	
30	51	11	10	6	8	9	13	14	23	13	11	
60	9	12	8	10	23	2	6	3	8	18	5	
180	4	13	9	8	19	12	5	13	19	33	11	
360	6	10	6	17	16	17	13	4	9	11	16	
720	13	15	45	9	12	5	9	7	6	4	13	
1,440	15	15	16	15	38	14	6	20	13	17	8	
接触温度 (°C)	0 ¹⁾	24.8	23.8	24.5	24.4	24.8						
7.5	27.4	29.1	30.8	32.5	34.4	36.3	38.0	39.8	41.8	43.9	45.7	
15	27.2	29.1	30.8	32.5	34.4	36.3	38.1	39.9	41.9	44.0	46.0	
30	27.2	29.1	30.9	32.7	34.5	36.3	38.2	39.9	42.0	44.1	46.1	
60	27.1	29.1	30.8	32.8	34.5	36.2	38.0	39.8	42.0	44.1	46.3	
180	27.2	29.0	30.7	32.6	34.4	36.1	37.9	38.9	41.9	44.1	46.5	
360	27.3	29.0	30.6	32.3	33.2	34.8	36.5	38.8	40.4	42.6	45.1	
720	26.9	28.5	30.0	32.6	33.5	35.1	36.8	38.7	40.6	42.6	44.7	
1,440	27.4	28.7	30.3	32.9	34.6	36.4	38.1	39.7	41.6	43.5	45.3	
生残率 (%)	0 ¹⁾	100	100	94.1	100	100						
7.5	100	100	100	100	100	100	100	100	85.7	100	0	
15	100	100	90.0	91.7	100	100	100	100	86.4	0	0	
30	96.1	90.9	100	100	100	100	61.5	92.9	73.9	0	0	
60	100	100	100	100	100	100	100	100	0	5.6	20.0	
180	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	
360	100	90.0	100	100	100	100	92.3	0	11.1	0	0	
720	100	100	97.8	100	100	100	0	0	0	0	0	
1,440	100	93.3	100	93.3	86.8	100	0	0	0	0	0	
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	87.5	94.1	88.2	92.0	83.3						
7.5	96.6	100	100	100	100	100	100	95.2	50.0	0	0	
15	100	100	80.0	83.3	100	100	100	100	68.2	0	0	
30	88.2	81.8	80.0	100	100	66.7	53.9	92.9	0	0	0	
60	100	100	75.0	100	100	100	83.3	66.7	0	5.6	0	
180	100	84.6	100	100	94.7	91.7	100	0	0	0	0	
360	100	90.0	100	100	100	100	69.2	0	11.1	0	0	
720	84.6	80.0	88.9	100	100	100	0	0	0	0	0	
1,440	100	93.3	100	93.3	63.2	28.6	0	0	0	0	0	
遊泳状態	0 ¹⁾	±	+	±	±	+	+	±	±	—	—	
7.5	±	±	±	+	+	±	+	±	±	—	—	
15	+	+	±	+	±	±	+	±	±	—	—	
30	±	±	±	+	±	+	±	±	—	—	—	
60	+	+	±	±	±	±	±	±	—	—	—	
180	+	±	+	±	+	+	±	—	—	—	—	
360	+	±	+	+	±	+	±	—	—	—	—	
720	+	+	+	+	±	+	—	—	—	—	—	
1,440	+	±	±	—	—	—	—	—	—	—	—	

+ : ほとんど全ての個体が浮遊, - : 全個体沈降, ± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表5 三重県産アコヤガイから得られた付着稚貝に対する高温接触試験結果

高温接触時間区(分)	接触温度区 No.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	20	58	15	22	25					
	7.5	27	9	17	19	11	15	35	22	32	11
	15	25	35	15	12	22	37	52	30	32	35
	30	17	30	14	4	15	8	23	26	64	30
	60	18	19	61	42	42	18	9	108	25	14
	180	17	19	13	22	9	24	10	14	13	20
	360	23	16	31	9	17	9	29	24	15	5
	720	14	49	14	16	16	7	7	15	20	39
	1,440	25	17	7	48	20	15	18	12	19	13
接觸温度(℃)	0 ¹⁾	25.0	25.0	24.8	25.2	24.7					
	7.5	28.7	30.4	32.1	33.9	35.9	37.8	39.7	41.5	43.5	46.0
	15	28.5	30.3	32.1	33.9	35.8	37.8	39.8	41.6	43.7	46.2
	30	28.6	30.6	32.5	34.4	36.3	38.1	40.1	41.9	44.1	46.2
	60	28.5	30.6	32.4	34.4	36.2	37.9	39.9	41.8	44.1	46.2
	180	28.6	30.5	32.3	34.2	36.1	37.9	39.8	41.8	43.9	46.3
	360	28.9	30.7	32.4	34.2	35.6	37.3	39.1	41.3	43.2	45.5
	720	28.8	30.5	32.2	34.5	35.8	37.5	39.3	41.3	43.3	45.2
	1,440	29.2	30.5	32.2	34.5	36.3	38.1	39.9	41.7	43.7	45.5
生残率(%)	0 ¹⁾	95.0	100	100	90.9	100					
	7.5	92.6	100	100	100	100	100	97.1	95.5	78.1	9.0
	15	100	97.1	100	100	95.5	100	96.2	96.7	0	0
	30	100	93.3	92.9	100	100	100	95.7	69.2	0	0
	60	100	100	100	100	100	100	44.4	0	0	4.8
	180	100	100	100	100	100	91.7	0	0	0	0
	360	100	100	100	100	100	66.7	0	0	0	0
	720	92.9	100	100	100	0	0	0	0	0	0
	1,440	96.0	100	100	100	95.0	0	0	0	0	0
正常生残率(%)	0 ¹⁾	95.0	100	100	86.4	96.0					
	7.5	85.2	100	100	100	100	100	94.3	90.9	78.1	0
	15	100	94.3	93.3	100	95.5	100	96.2	86.7	0	0
	30	100	93.3	92.9	100	93.3	100	95.7	65.4	0	0
	60	100	100	100	100	100	100	44.4	0	0	0
	180	94.1	100	100	100	88.9	87.5	0	0	0	0
	360	100	100	100	100	100	33.3	0	0	0	0
	720	92.9	98.0	100	100	100	0	0	0	0	0
	1,440	88.0	94.1	100	100	70.0	0	0	0	0	0

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接觸させたもの。

付表6 長崎県産アコヤガイから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果

		接 触 温 度 区 No.										
高温接触時間区(分)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	600	600	196	391	325						
	7.5	516	446	243	546	166	132	*	*	*	*	*
	15	162	197	134	113	56	*	*	*	*	*	*
	30	149	179	268	165	*	*	*	*	*	*	*
	60	721	129	260	655	*	*	*	*	*	*	*
	180	636	313	427	65	*	*	*	*	*	*	*
	360	※—	352	170	*	*	*	*	*	*	*	*
	720	658	408	64	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	329	312	187	*	*	*	*	*	*	*	*
接觸溫度 (°C)	0 ¹⁾	25.2	25.0	24.7	24.9	24.8						
	7.5	27.1	28.7	30.4	32.1	34.0	35.8	37.5	39.2	41.1	43.7	44.8
	15	26.9	28.7	30.4	32.1	34.0	35.8	37.7	39.4	41.2	43.9	45.8
	30	27.3	29.3	31.0	32.8	34.6	36.4	38.3	39.9	41.9	43.9	46.0
	60	27.3	29.2	30.9	32.8	34.6	36.2	38.1	39.8	41.9	43.9	46.1
	180	27.4	29.2	30.9	32.8	34.5	36.3	38.0	39.9	41.8	44.0	45.9
	360	27.7	29.4	31.1	32.8	34.0	35.7	37.3	39.3	41.1	42.8	45.4
	720	27.4	29.1	30.6	32.8	34.0	35.6	37.3	39.1	41.0	42.7	45.0
	1,440	27.8	29.1	30.7	32.7	34.6	36.2	38.0	39.6	41.5	43.3	45.1
生残率 (%)	0 ¹⁾	99.7	100	96.4	99.5	97.5						
	7.5	98.8	98.2	99.6	97.1	95.8	81.1	*	*	*	*	*
	15	100	97.5	99.3	91.2	87.5	*	*	*	*	*	*
	30	100	98.3	97.8	97.6	*	*	*	*	*	*	*
	60	99.9	99.9	98.8	84.7	*	*	*	*	*	*	*
	180	99.7	98.4	98.4	80.0	*	*	*	*	*	*	*
	360	※—	97.7	98.8	*	*	*	*	*	*	*	*
	720	98.8	99.5	23.4	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	99.1	99.7	82.9	*	*	*	*	*	*	*	*
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	99.5	99.5	95.9	98.7	96.6						
	7.5	98.1	98.0	97.5	94.9	90.4	78.0	*	*	*	*	*
	15	100	97.0	95.5	81.4	73.2	*	*	*	*	*	*
	30	98.7	98.3	97.8	97.6	*	*	*	*	*	*	*
	60	99.6	98.6	98.8	84.7	*	*	*	*	*	*	*
	180	99.5	97.8	93.4	67.7	*	*	*	*	*	*	*
	360	※—	94.9	95.3	*	*	*	*	*	*	*	*
	720	97.9	93.6	12.5	*	*	*	*	*	*	*	*
	1,440	98.2	98.7	41.2	*	*	*	*	*	*	*	*
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
	7.5	+	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—
	15	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—	—
	30	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—	—
	60	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—	—
	180	+	+	+	±	—	—	—	—	—	—	—
	360	+	+	±	±	—	—	—	—	—	—	—
	720	+	+	±	±	—	—	—	—	—	—	—
	1,440	+	+	±	±	—	—	—	—	—	—	—

※：未収容、*：計数、計算不能、+：ほとんど全ての個体が浮遊、—：全個体沈降、±：両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表7 長崎県産アコヤガイから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果

供試個体数	0 ¹⁾	接触温度区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.5	95	94	102	83	119	73	71	78	103	50	50	
15	140	107	96	137	131	121	107	120	101	130	86	
30	125	137	111	125	91	132	113	119	34	78	77	
60	126	117	96	144	130	126	129	103	108	139	113	
180	116	161	134	143	104	221	118	112	101	107	107	
360	88	114	145	94	92	80	138	186	123	167	118	
720	95	78	106	95	119	154	147	132	120	115	83	
1,440	118	133	117	134	116	129	87	139	39	89	88	
接觸温度 (°C)	0 ¹⁾	25.0	25.0	24.6	24.5	23.9						
7.5	28.8	30.5	32.0	33.7	35.5	37.3	39.0	40.8	42.6	44.9	46.3	
15	28.5	30.4	32.0	33.7	35.5	37.3	39.2	40.9	42.7	45.0	46.9	
30	28.8	30.7	32.4	34.2	35.9	37.6	39.5	41.1	43.1	45.1	47.0	
60	28.7	30.7	32.4	34.2	35.9	37.6	39.5	41.1	43.1	45.1	47.0	
180	28.8	30.5	32.1	33.9	35.7	37.4	39.1	41.0	42.9	45.1	47.3	
360	29.0	30.6	32.3	33.9	35.2	36.8	38.5	40.4	42.2	44.3	46.6	
720	28.8	30.4	31.9	34.1	35.3	36.8	38.5	40.3	42.2	44.0	46.1	
1,440	29.3	30.5	32.1	34.2	35.9	37.5	39.2	40.8	42.6	44.4	46.2	
生残率 (%)	0 ¹⁾	100	95.8	100	100	100						
7.5	100	97.9	100	100	100	97.3	98.6	100	71.8	8.0	0	
15	99.3	100	100	100	99.2	99.2	99.1	96.7	70.3	0.8	0	
30	100	100	100	100	100	98.5	98.2	100	94.1	0	0	
60	98.4	99.1	100	97.9	99.2	98.4	99.2	94.2	0	0	0	
180	100	100	99.3	99.3	100	100	97.5	0	0	0	0	
360	100	100	100	100	100	82.5	9.4	11.3	0	0	0	
720	98.9	100	97.2	100	83.2	99.4	0.7	18.2	20.0	2.6	0	
1,440	100	99.2	100	100	100	42.6	0	0	0	0	0	
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	91.3	91.7	90.9	89.7	97.6						
7.5	98.9	97.9	98.0	97.6	98.3	89.0	95.8	89.7	11.7	0	0	
15	98.6	100	100	97.8	99.2	99.2	98.1	70.0	3.0	0	0	
30	100	100	98.2	100	97.8	97.0	90.3	97.5	11.8	0	0	
60	98.4	99.1	100	97.9	98.5	96.8	94.6	28.2	0	0	0	
180	100	99.4	95.5	98.6	98.1	97.7	92.4	0	0	0	0	
360	98.9	100	99.3	100	98.9	82.5	1.5	9.7	0	0	0	
720	98.9	84.6	93.4	97.9	70.6	89.6	0.7	17.4	20.0	2.6	0	
1,440	100	97.0	100	98.5	99.1	0	0	0	0	0	0	
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
7.5	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—	
15	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—	
30	+	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	
60	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	
180	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—	—	
360	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	
720	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—	—	
1,440	+	±	±	—	—	—	—	—	—	—	—	

+ : ほとんど全ての個体が浮遊, - : 全個体沈降, ± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は对照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表8 長崎県産アコヤガイから得られたアンボ期幼生に対する高温接触試験結果

		接 触 温 度 区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	71	55	54	71	97						
	7.5	58	98	56	42	71	40	49	52	44	54	39
	15	58	197	47	27	53	29	89	65	74	66	49
	30	36	76	81	62	105	30	38	43	56	37	39
	60	143	223	104	132	129	48	69	97	64	28	32
	180	84	96	163	77	124	67	133	94	74	73	120
	360	101	84	42	39	45	95	82	54	70	55	85
	720	42	105	33	58	60	68	102	57	54	53	64
	1,440	48	18	17	30	55	54	45	79	28	43	58
接觸温度	0 ¹⁾	24.9	24.6	25.1	24.9	25.7						
(°C)	7.5	29.2	30.8	32.3	33.8	35.6	37.3	38.9	40.6	42.3	44.4	45.8
	15	28.9	30.7	32.2	33.9	35.6	37.3	39.1	40.7	42.5	44.6	46.4
	30	29.1	30.9	32.6	34.3	35.9	37.5	39.3	40.9	42.8	44.6	46.5
	60	29.0	30.8	32.5	34.3	35.9	37.4	39.2	40.7	42.7	44.6	46.6
	180	28.9	30.4	31.9	33.4	35.1	36.8	38.4	40.1	41.8	44.0	45.4
	360	29.3	30.9	32.4	34.0	35.1	36.6	38.2	40.1	41.7	43.6	45.4
	720	29.1	30.6	31.9	34.1	35.1	36.6	38.2	39.9	41.6	43.3	45.3
	1,440	29.4	30.6	32.1	34.2	35.7	37.3	38.9	40.4	42.2	43.8	45.5
生残率	0 ¹⁾	100	100	100	100	100						
(%)	7.5	98.3	99.0	100	97.6	100	100	100	100	94.4	0	
	15	100	100	97.9	92.6	100	96.6	100	98.5	95.9	0	0
	30	100	100	100	100	100	100	100	100	64.3	0	0
	60	100	100	99.0	100	100	100	100	100	0	0	0
	180	98.8	100	99.4	98.7	100	100	100	72.3	0	0	0
	360	100	100	100	97.4	100	100	84.2	0	0	0	0
	720	100	99.1	100	100	100	98.5	0	0	0	0	0
	1,440	100	100	100	96.7	100	88.9	0	0	0	0	0
正常生残率	0 ¹⁾	100	90.9	90.8	97.2	95.9						
(%)	7.5	95.0	96.0	92.9	92.9	98.6	100	96.0	98.1	50.0	20.4	0
	15	87.9	90.4	80.9	81.5	86.8	93.1	92.1	93.9	50.0	0	0
	30	80.6	89.5	86.4	96.8	92.4	86.7	89.5	97.9	3.6	0	0
	60	90.2	90.6	87.5	96.2	96.1	97.9	82.6	88.7	0	0	0
	180	96.4	97.9	96.9	97.4	100	100	91.7	1.1	0	0	0
	360	86.1	96.4	92.9	92.3	88.9	100	23.2	0	0	0	0
	720	81.0	91.4	93.9	86.2	100	94.1	0	0	0	0	0
	1,440	97.9	94.4	100	96.7	87.3	25.9	0	0	0	0	0
遊泳状態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
	7.5	+	+	+	+	+	+	+	+	±	—	
	15	+	+	+	+	+	+	+	+	±	—	
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	±	—	
	60	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	
	180	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	
	360	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—	
	720	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	
	1,440	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—	

+ : ほとんど全ての個体が浮遊、- : 全個体沈降、± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表9 長崎県産アコヤガイから得られたフルグロン期幼生に対する高温接触試験結果

		接 触 温 度 区 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
供試個体数	0 ¹⁾	82	192	131	55	80						
	7.5	75	79	86	101	69	64	54	108	30	38	42
	15	21	34	62	71	16	41	22	31	26	57	53
	30	370	201	109	217	62	63	41	106	62	102	59
	60	66	129	29	35	39	72	73	33	51	44	79
	180	70	64	21	254	119	94	97	24	45	16	59
	360	91	53	177	51	36	25	77	88	37	64	38
	720	44	39	79	22	52	253	130	87	215	63	36
	1,440	62	100	43	28	95	74	40	68	25	73	51
接 触 温 度 (°C)	0 ¹⁾	25.3	25.1	24.3	25.0	25.0						
	7.5	29.0	30.3	32.1	33.7	35.5	37.3	38.9	40.6	42.5	44.8	46.2
	15	28.8	30.5	32.1	33.7	35.5	37.3	39.0	40.7	42.6	45.0	46.8
	30	29.0	30.8	32.5	34.1	35.9	37.5	39.4	41.0	43.0	45.0	47.0
	60	28.9	30.7	32.3	34.2	35.8	37.4	39.2	40.9	43.0	45.0	47.2
	180	29.0	30.7	32.3	34.1	35.8	37.5	39.2	41.0	42.9	45.3	47.4
	360	29.3	31.0	32.6	34.2	35.1	36.7	38.3	40.3	42.0	44.1	46.3
	720	28.9	30.5	31.9	34.4	35.2	36.8	38.4	40.2	42.0	43.8	45.9
	1,440	29.1	30.4	31.9	34.4	36.1	37.7	39.4	41.0	42.8	44.6	46.4
生 残 率 (%)	0 ¹⁾	100	99.5	99.2	96.4	100						
	7.5	100	100	100	100	100	100	100	99.1	96.7	31.6	0
	15	100	100	100	100	100	100	100	100	76.9	0	0
	30	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0
	60	100	98.4	100	100	100	100	100	100	0	0	0
	180	100	100	100	100	100	100	97.9	0	0	0	0
	360	100	100	100	100	100	100	24.7	0	0	0	0
	720	100	100	100	100	100	99.6	0	0	0	0	0
	1,440	100	100	100	89.3	100	0	0	0	0	0	0
正 常 生 残 率 (%)	0 ¹⁾	76.8	99.5	99.2	83.6	97.5						
	7.5	96.0	91.1	93.0	90.1	97.1	95.3	90.7	88.0	76.7	0	0
	15	90.5	79.4	98.4	88.7	93.8	100.0	90.9	80.7	23.1	0	0
	30	90.5	86.1	96.3	97.2	93.6	95.2	95.1	89.6	0	0	0
	60	86.4	88.4	72.4	88.6	87.2	80.6	76.7	15.2	0	0	0
	180	62.9	87.5	95.2	96.1	90.8	89.4	68.0	0	0	0	0
	360	84.6	50.9	91.5	84.3	69.4	96.0	0	0	0	0	0
	720	86.4	89.7	75.9	86.4	92.3	82.2	0	0	0	0	0
	1,440	95.2	95.0	88.4	82.1	31.6	0	0	0	0	0	0
遊 泳 状 態	0 ¹⁾	+	+	+	+	+						
	7.5	+	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—
	15	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—
	30	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—
	60	+	+	+	+	+	+	+	±	—	—	—
	180	+	+	+	+	+	±	±	—	—	—	—
	360	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—	—
	720	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
	1,440	—	—	—	+	±	—	—	—	—	—	—

+ : ほとんど全ての個体が浮遊, - : 全個体沈降, ± : 両者混在。

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接触させたもの。

付表10 長崎県産アコヤガイから得られた付着稚貝に対する高温接触試験結果

高温接触 時間区(分)		接触温度区 No.										
供試個体数	0 ¹⁾	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7.5	24	31	14	34	46	18	17	22	24	27	38	
15	44	45	33	59	26	38	66	14	32	19	51	
30	14	25	29	35	37	10	49	19	21	61	38	
60	15	31	28	39	21	40	24	55	27	17	19	
180	34	21	28	40	53	27	26	40	51	42	25	
360	29	24	18	27	25	22	41	26	33	28	21	
720	29	26	33	29	35	26	39	36	35	56	41	
1,440	32	39	29	26	38	51	38	37	46	44	53	
接觸温度 (°C)	0 ¹⁾	24.8	24.8	25.2	25.2	25.1						
7.5	29.9	31.0	32.5	34.2	36.1	38.0	39.5	41.2	43.2	45.4	47.0	
15	29.6	31.0	32.7	34.2	36.1	37.9	39.8	41.4	43.4	45.5	47.5	
30	29.2	31.0	32.8	34.5	36.3	37.8	39.9	41.3	43.4	45.4	47.6	
60	29.1	31.3	32.5	34.7	36.1	37.7	39.7	41.2	43.4	45.5	47.8	
180	29.4	31.1	32.5	34.3	36.0	37.8	39.5	41.5	43.3	45.6	47.9	
360	29.6	31.0	32.9	34.3	35.9	37.6	39.2	41.3	43.0	45.1	47.4	
720	29.7	31.1	32.7	34.5	36.0	37.4	39.2	41.0	42.9	44.7	46.9	
1,440	30.1	31.2	32.7	34.6	36.4	37.9	39.6	41.2	43.3	44.9	46.7	
生残率 (%)	0 ¹⁾	96.3	100	100	97.2	92.1						
7.5	100	100	100	97.1	95.7	100	94.1	95.5	91.7	0	0	
15	100	97.8	100	98.3	96.2	100	95.5	100	0	0	0	
30	100	100	100	100	94.6	100	100	31.6	0	0	0	
60	100	96.7	96.4	97.4	100	100	95.8	0	0	0	0	
180	100	95.2	100	95.0	98.1	96.3	69.2	0	0	0	0	
360	96.6	100	100	92.6	96.0	100	2.4	0	0	0	0	
720	100	96.2	100	100	68.6	57.7	0	0	0	0	0	
1,440	100	100	96.6	92.3	100	2.0	0	0	0	0	0	
正常生残率 (%)	0 ¹⁾	96.3	100	100	94.4	92.1						
7.5	100	100	100	97.1	95.7	100	94.1	95.5	83.3	0	0	
15	97.7	97.8	100	98.3	92.3	100	95.5	92.9	0	0	0	
30	100	100	93.1	100	94.6	100	100	21.1	0	0	0	
60	100	96.7	96.4	94.9	100	97.5	95.8	0	0	0	0	
180	100	95.2	100	95.0	96.2	96.3	11.5	0	0	0	0	
360	96.6	100	100	92.6	96.0	100	0	0	0	0	0	
720	100	96.2	100	100	68.6	57.7	0	0	0	0	0	
1,440	96.9	94.9	96.6	92.3	100	2.0	0	0	0	0	0	

¹⁾ 高温接触時間 0分は対照区を示し、基準水温に1440分(24時間)接觸させたもの。

アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝の高温耐性

渡辺 幸彦

Thermal Tolerance of Juveniles, Young and Adults of the Pearl Oyster, *Pinctada fucata martensi* (Dunker)

Yukihiko Watanabe

Watanabe, Y. (1988). Thermal tolerance of juveniles, young and adults of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensi* (Dunker). *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, No. 88203 : 33-71.

Abstract : Thermal tolerances of different developmental stages of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensi* (Dunker), were studied. Short and long term tests on juveniles (2 mm in shell length), young (10-45 mm) and adults (60 mm) were conducted in the test chambers and outdoor channels. In short term tests, exposure temperatures ranged from 30°C to 46°C and 8-9 different duration of exposure from 7.5 minutes to 72 hrs were chosen. After 24, 72 and ca. 168 hrs from initial time of exposure, survival rates were estimated. The LT₅₀ values of 2-60mm size, except suspected weak 35 mm size, were 42.3-42.7°C in 7.5 minutes exposure. The values showed a tendency to decrease with the increase of exposure time. No remarkable change was observed among the stages from 2 to 60 mm size.

Long term tests were conducted in the summer, 1985 and 1986. In 1985 pearl oysters of 16mm size were examined for 3 months (early July to late September) under natural seawater condition. Although the seawater temperature rose up to 29.7°C during this period, all pearl oysters survived, and their body weight and shell length increased twelve times and two times respectively. In 1986 pearl oysters of two different shell lengths (10 and 60 mm) were examined under 6 different temperature conditions ranging from ΔT 0 °C to ΔT10°C. During the test period natural seawater temperature rose from 21°C to 26°C. Because of the high mortality of 10 mm size class in all the experimental conditions including the contrast, tolerance of young pearl oysters to the thermal stress was not determined. Mortality rate of 60mm size increased with higher temperatures. At ΔT 0, 2 and 4°C almost all pearl oysters survived, but suffered 50 % mortality at ΔT 6 °C and 100% mortality at ΔT 8 and 10 °C. Test results on thermal tolerance of adult pearl oysters indicated that the maximum survival temperature was about 35 °C and that reattachment ability was lost at 32-33°C.

Keywords : Pearl oyster, *Pinctada fucata*, Juvenile, Young, Adult, Temperature, Tolerance, LT₅₀.

渡辺幸彦 (1988). アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝の高温耐性. 海生研報告, No. 88203 : 33-71.

要約：アコヤガイの発育段階別高温耐性を明らかにするために、三重県産の殻長約 2, 10, 35, 45, 60 mm (月齢—2, 4, 6, 8, 16) の貝に対する短期高温接触試験を行った。また、コンクリート製水路施設等を活用した長期飼育試験を夏季に 2 回実施した。

短期高温接触試験には、ウォーターバス方式の恒温水槽を用い、接触温度を 30~46°C、接触時間を 7.5 分~72 時間の各範囲内に設定し、両者を組み合わせた各試験区において高温接触を行った。接触開始から

24, 72時間後、一部については168時間後に供試貝の生死判定を行い、2mm貝については72時間後、10mm以上の貝については168時間後の生残個体を正常生残個体として、各接触時間区における50%正常生残温度を求め、この値に基づいて、発育段階相互間の高温耐性を比較した。供試材料の健全性に疑問の残った35mm貝を別にした2, 10, 45, 60mm貝の50%正常生残温度は、接触時間7.5分の42.3~42.7°Cから接触時間が長くなるほど低下し、24時間区では34.6~37.1°C、72時間区で32.4~36.2°Cとなった。試験対象にした各発育段階の高温耐性の間には、顕著な差はなかった。また、12時間以上の接触では45, 60mm貝で高温耐性が低下する傾向が認められた。

1985年7月1日から9月29日までの91日間にわたって、16mm貝を供試材料にして、コンクリート製水路内で自然水温条件下における長期飼育試験を実施した。飼育期間中の水温は最高29.7°Cに達したが、期間中の供試貝の死亡はなく、体重で約12倍、殻長で約2倍程度の成長がみられた。1986年7月3日から9月13日までの72日間にわたって、10mm貝と60mm貝を供試材料にして、自然温度海水・温排水・温排水再加温海水の3者の混合比率を変えることによって得られた△T 0°C, △T 2°C, △T 4°C, △T 6°C, △T 8°C, △T 10°C区の昇温幅の異なる試験区を、200ℓ容水槽内に設定して長期飼育試験を行った。10mm貝の場合は、試験の終了時までに対照区(△T 0°C区)でも大部分の供試貝が死亡したので、高温耐性について言及できるデータは得られなかった。一方、60mm貝の場合は、△T 4°C以下の3試験区では試験期間中の死亡が殆ど起らなかったのに対し、△T 6°C区では半数以上の個体が、△T 8°C区と△T 10°C区では全個体が死亡した。試験期間中の水温変化と供試貝の死亡経過から、アコヤガイ1年貝の生存可能な上限水温は35°C付近にあり、32~33°C付近で再付着能力を失うことが明らかにされた。

キーワード：アコヤガイ、稚貝、幼貝、成貝、温度、耐性、LT₅₀

目 次

I. まえがき.....	35	2. 試験結果.....	45
II. 供試材料.....	36	V. 考察.....	51
III. 短期高温接触試験.....	37	1. 発育に伴う高温耐性の変化および既往知見との比較.....	51
1. 試験方法.....	37	2. 高温側の生存可能限界水温.....	53
2. 試験結果.....	39	引用文献.....	55
IV. 長期飼育試験.....	44	付表.....	55
1. 試験方法.....	44		

図 表 目 次

第1図 アコヤガイの各発育段階に対する高温接触試験より得られた接触温度・時間と正常生残率との関係.....	41
第2図 アコヤガイの各発育段階に対する高温接触試験より得られた接触温度・時間と正常生残率との関係.....	42
第3図 アコヤガイの発育段階別50%正常生残温度.....	43
第4図 自然水温下における長期飼育試験期間中の日平均水温と供試貝の殻長、体重の推移.....	46
第5図 水温上昇期における昇温段階別試験期間中の日平均水温と生残数および活力判定における付着数の推移.....	47

第1表	供試アコヤガイの入手時の月齢、殻長等.....	36
第2表	アコヤガイ短期高温接触試験実施経過.....	37
第3表	各発育段階における50%正常生残温度.....	40
第4表	水温上昇期における昇温段階別試験での供試貝の成長経過.....	49
第5表	水温上昇期における昇温段階別試験での60mm貝の体成分測定結果.....	50
第6表	付着稚貝期における50%正常生残温度の比較.....	51
付表1	アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温19°C）.....	56
付表2	アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温23°C）.....	57
付表3	アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温28°C）.....	58
付表4	アコヤガイの10mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温21°C）.....	59
付表5	アコヤガイの10mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温30°C）.....	60
付表6	アコヤガイの35mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温26°C）.....	61
付表7	アコヤガイの45mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温17°C）.....	62
付表8	アコヤガイの60mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温25°C）.....	63
付表9	昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力判定における付着数の推移（10mm貝）.....	64
付表10	昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力判定における付着数の推移（60mm貝）.....	68

I. まえがき

アコヤガイ [*Pinctada fucata martensi* (Dunker)] は、本州中部以南の沿岸から九州にかけて分布する二枚貝であり、真珠養殖用母貝として特に重要な種である。

アコヤガイの生理および成長に及ぼす高温の影響については、桑谷(1966)、植本(1968)、伊藤(1976)、沖野(1977)、山口ら(1977)等の研究をあげることができる。しかし、これらの報告はいずれも年齢2~4年の成貝を取り扱ったものであり、幼貝については、殻長15mmの貝を供試材料にした田中(1974)の研究のほかは見当たらない。

筆者は、“アコヤガイの高温耐性に関する研究”的一部として、稚貝・幼貝・成貝についての試験を担当し、アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝の高温耐性について、知見を得たので報告する。

なお、アコヤガイの稚貝・幼貝・成貝に対する高温耐性試験は、新潟県柏崎市にある当研究所実証試験場で行った。実証試験場は東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所に隣接しており、温排水ならびに自然温度海水の供給を常時受けて、試験を遂行できる施設となっている。本研究の初年度に当たる1985年には、主として高温接触試験の試験温度範囲、試験期間等について予備的な検討を行うための試験、ならびに殻長16mmの貝を供試材料にしたコンクリート製水路での長期飼育試験を実施した。1986年には、前年度の予備的な試験結果に基づいて、殻長約2, 10, 35, 45, 60mmのアコヤガイを供試材料とし、接

触温度を30~46°C、接触時間を7.5分~72時間の各範囲内に設定した短期高温接触試験、ならびに殻長10、60mmの貝を供試材料にした長期飼育試験を実施した。

報告に先立ち、アコヤガイに関する既往の研究成果について御教示をいただいた水産庁養殖研究所環境管理部長 植本東彦博士、同所遺伝育種部遺伝研究室長 和田克彦博士に対し、厚くお礼を申し上げる。また、飼育技術等について御教示いただくとともに、供試貝の入手や飼育管理等の面で多大の御協力をいただいた三重県水産技術センターの栽培漁業担当副参事 村主昭也氏、関 政夫氏をはじめとする職員各位、並びに浜島漁業協同組合の浜口 武氏に対し深謝の意を表する。

II. 供 試 材 料

試験に用いたアコヤガイは、1985年6月から1986年10月までの間に合計6回にわたり、三重県栽培漁業センター(志摩郡浜島町)あるいは三重県浜島漁業協同組合から入手した。これらの入手供試貝の月齢、殻長等を第1表に示した。

第1表 供試アコヤガイの入手時の月齢、殻長等

採卵年月日	入手年月日	月齢	殻 長 (mm)		呼 称	飼育状況
			平 均	範 囲		
1985. 2. 17	1985. 6. 21	5	16.0	10~20	16mm貝	沖出し後浜島地先で養成
1986. 2. 10	1986. 4. 9	2	1.44	0.6~2.3	2mm貝	屋内水槽で飼育
1986. 3. 10	1986. 5. 15	2	1.46	0.7~2.5	2mm貝	屋内水槽で飼育
1986. 2. 9	1986. 6. 11	4	8.8	5~12	10mm貝	沖出し後浜島地先で養成
1985. 3. 13	1986. 6. 11	16	59.5	55~65	60mm貝	沖出し後浜島地先で養成
1986. 2. 9	1986. 8. 23	6	35.2	32~44	35mm貝	沖出し後浜島地先で養成
1986. 2. 9	1986. 10. 17	8	42.4	38~50	45mm貝	沖出し後浜島地先で養成

三重県栽培漁業センターでは例年2~3月に種苗生産用の早期採卵を行っており、1985年6月に入手した当年貝は、同年2月の採卵後から同センター内で飼育し、殻長2mmの大きさで沖出し後、浜島地先の海中で養成したものである。

1986年4、5月に入手した殻長約2mmの稚貝(以下、"2mm貝"などと略記する)は、採卵後同センター屋内の水槽内で養成したものである。また、1986年6、8、10月に入

手した当年貝は、4月17日に2mm貝の大きさで沖出し後、入手日まで浜島地先の海中で養成したものである。1986年6月に入手した1年貝は、同様な養成過程を経たものである。

三重県下から実証試験場までの輸送には鉄道を利用した搬送もしくは宅配便を利用した。輸送に要した時間は16~20時間であった。海水で湿らせたガーゼに供試貝を包んでビニル袋に入れ、酸素封入を施したのち、発泡スチロール製断熱容器内に収容して輸送した。夏期の輸送には、輸送中の温度上昇を防ぐために容器内に氷を入れた。実証試験場に到着後には、2mm貝は屋外の200ℓ容水槽に収容した。10mm以上の貝は所定目合のアコヤガイ養成用のちょうちん籠に収容して、その籠を屋外のコンクリート製水路（長さ100m、幅50cm、水位45cm）内に垂下した。自然海水温度で飼育し、注水量は200ℓ水槽へは1m³/時、コンクリート製水路へは20m³/時とした。

III. 短期高温接觸試験

1. 試験方法

殻長約2~60mmの範囲内にある月齢2, 4, 6, 8, 16ヶ月の発育段階について短期高温接觸試験を行った。第2表に、短期高温接觸試験の実施経過を示した。

第2表 アコヤガイ短期高温接觸試験実施経過

試験実施期間 (1986年)	月齢	試験前の 飼育水温 (℃)	1試験区の 供試個体数	殻長 (mm)	
				平均	標準偏差
6. 5 ~ 6. 8	2	19	30	1.48	0.45
6.16 ~ 6.21	2	23	10	1.50	0.39
6.28 ~ 7. 1	2	28	10	1.86	0.56
7.10 ~ 7.19	4	21	30	9.10	0.82
8. 6 ~ 8.13	4	30	30	9.35	0.95
8.17 ~ 8.24	16	25	5	58.1	3.10
9.10 ~ 9.17	6	26	20	35.5	2.88
11. 6 ~ 11.13	8	17	10	42.8	2.92

2mm貝については試験開始の前日に実体顕微鏡下で、活力の高い個体、すなわち足で

よく活動するものや、接触刺激に対して外套膜の収縮反応がみられるものを選別して供試個体群とし、各試験容器内に所定の個体数を収容して、対照区水温と等しい水温で飼育した。10mm以上の貝については、試験開始の2日前に、足糸により相互に付着している個体を切り離し、調温海水を注入して流水状態を保った薄型の水槽に入れておき、翌日、足糸で水槽内壁に付着している貝を選定して、所定の個体数を各試験容器に収容した。

接触試験開始前の飼育水温は、原則として自然海水温度としたが、2mm貝（月齢—2）に対する試験の場合は、試験前の飼育水温を19, 23, 28°Cの段階とし、10mm貝（月齢—4）に対する試験の場合は、その水温を21, 30°Cの段階とした。

1985年に殻長16mmの貝について実施した予備的な試験結果によると、接触水温の最高を34°Cとし、この水温に96時間接触させた後、24時間経過後に生死判定をしたところ、90%の生残率を示した。そこで、高温接触試験の場合には、接触水温を32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46°Cの8段階とした。また、接触時間は、原則として7.5, 15, 30, 60, 180, 360, 720, 1440分(24時間), 4320分(72時間)の9段階としたが、2mm貝に対する試験の場合には72時間を除く8段階とした。予め対照区と同じ水温で飼育を継続してきた供試貝を、所定の各接触水温に所定の各時間だけ接触させたのち、再び対照区と同じ水温に戻すという方法で高温接触を行った。具体的な試験装置としては、ポンプ付温度設定型ヒーター、40ℓ容塩ビ製水槽、10ℓ容ポリエチレン製水槽、冷却用コイル各8式、冷却器付恒温器1式を組み合わせて、ウォーターバス方式で8段階の水温を保持できる装置を用いた。

各試験水槽内の水温は、白金測温抵抗体センサーで測定し、デジタル記録計に記録した。各試験水槽内へは通気を施すとともに、透明塩ビ製の蓋をして海水の蒸発を抑制した。試験水槽内の塩分の上昇は、対照区と比較して0.8%以内にあった。また、各水槽内の塩分濃度の増大と水質の悪化を避けるために、チューブ圧搾式の10連式定量ポンプ2台を用いて、試験水槽内の海水を一部交換しながら試験を続けた。海水の交換率は3～4回／日とした。なお、試験期間中は無給餌とした。

対照区用と高温接触後の飼育用の水槽には、200ℓ容の角型水槽を用い、これらの水槽内の海水温度を、供試貝入手後屋外で飼育していた時の水温と等しくなるように保持した。この場合の水温制御には、調温海水を水槽内へ注入する方式、または一部の海水を交換しながら循環調温をする方式を採用した。水槽の底部には塩ビ製の簀の子を設け、

供試貝の排泄物浮上による水質悪化を抑えた。

供試貝を高温に接触させる場合の試験容器としては、それぞれの発育段階に対応する大きさのものを用いた。すなわち、2mm貝の場合には、選別済みの供試個体を直径6cmのガラスシャーレに入れ、開口部を目合1mmのポリエチレン製ネットで覆った。10mm貝、35mm貝の場合は、ポリエチレンネット製の直径6cm、長さ10cmの円筒型の籠のなかに供試貝を収容し、その円筒上端の開口部を塩ビ製の細い棒で縫い合わせたものを用いた。45mm以上の貝の場合は、目合1cmの袋状のネット内に供試貝を収容した。

高温接触後における供試貝の生死判定は、2mm貝については接触開始時から24、72時間後に、10mm以上の貝については24、72、168時間後に、それぞれ行った。

2mm貝の場合は、実体顕微鏡下で、殻を透過して組織を観察できるため、心臓の拍動が活発であって、接触刺激によって外套膜に収縮反応が認められているものを生残個体とした。高温接触開始から24時間後の判定時には、生残個体であっても外套膜の一部が変形している異常個体も認められたが、こうした個体は72時間後にはすべて死亡していた。そこで高温接触開始時から72時間経過後における生残個体を、〈正常生残個体〉とした。

10mm貝の場合は、殻に放射状の模様が形成されているが、実体顕微鏡下で、外套膜の状態と心臓拍動を観察できる個体が大部分を占めていた。そこで、2mm貝の場合と同様な基準で生死判定を行い、心臓拍動が観察できない一部については、外套膜の収縮反応のみによって生死判定を行った。

35mm以上の貝の場合には、殻の外側から組織内の状態を観察することが不可能であったため、次の基準で生死判定を行った。まず、水中で開口している個体については、接触刺激に対する閉殻反応や外套膜収縮反応の有無を調べた。殻を閉じている個体については、殻を挟んで押し、開殻したものは開口器でその状態を保持しながら、また、開口しないものは開口器で開口させたのちに、外套膜を刺激して収縮反応の有無を調べ、生死判定を行った。

10mm以上の貝については、168時間(7日)後に生残していたものを〈正常生残個体〉とした。

2. 試験結果

各発育段階に対する短期高温接触試験結果の詳細を付表1～8に示した。また、それ

らの結果に基づいて、各発育段階における接触時間・接触温度と正常生残率との関係を第1図、第2図に示した。これらの図中の破線部は設定した接触温度の範囲外を示し、時間軸は対数目盛である。

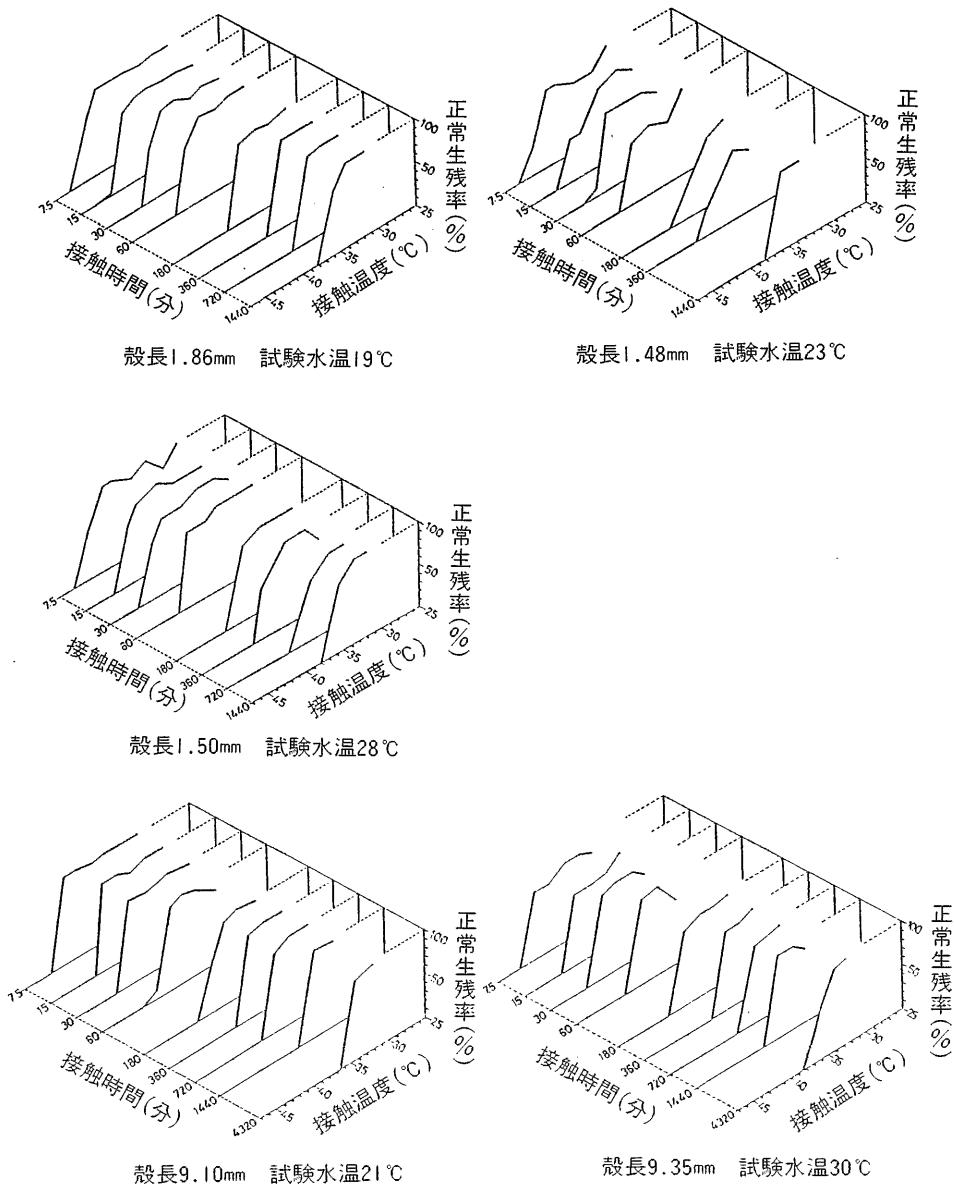
いずれの発育段階においても、正常生残率は低温側で100%に近く、高温側では殆ど0%を示し、特定のごく狭い温度範囲で、生残率が急激に低下する傾向が認められた。また、その温度範囲は、接触時間の延長に伴って低温側に移行する傾向も認められた。そこで、各接触時間区において、供試個体の半数が正常に生残し得る水温を〈50%正常生残温度〉とし、これを基準にして発育段階相互間の高温耐性を比較した。各発育段階別、接触時間別の50%正常生残温度を、第3表および第3図に示した。

2mm貝（月齢—2）の試験前の飼育水温が19°Cの場合の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で42.6°C、15分区で41.7°C、30分区で40.5°Cと接触時間の延長とともに低下し、1440分区では35.7°Cとなった。試験前の飼育水温が23°Cまたは28°Cであった場合は、供試個体数が少なかったためか、接触時間の延長に伴う50%正常生残温度の低下傾向に変動がみられたが、供試前の飼育水温が19°Cの場合の試験結果との間に大きな差は認められなかった。

10mm貝（月齢—4）の試験前の飼育水温が21°Cの場合の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で42.6°C、15分区で40.8°C、30分区で40.8°C、60分区で38.8°C、1440分区で35.3°C、72時間区では35.2°Cと低下し、2mm貝の場合と同様な値を示した。試験前の飼育水温が30°Cの場合も、50%正常生残温度は同様の値を示したが、接触時間1440分区では37.1°C、72時間区では36.2°Cと1~2°C高温となっていた。

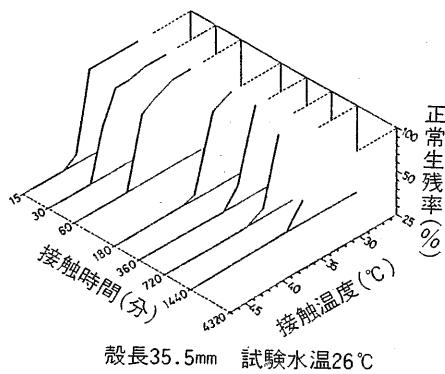
第3表 各発育段階における50%正常生残温度

供試貝 の殻長 (mm)	試験前 飼育水温 (°C)	接触時間区別 50%正常生残温度 (°C)								
		7.5分	15分	30分	60分	180分	360分	720分	1440分	72時間
2	19	42.6	41.7	40.5	38.8	38.3	37.4	36.4	35.7	—
2	23	42.7	41.4	40.2	39.0	38.0	36.5	36.9	35.1	—
2	28	42.3	41.7	40.7	39.6	36.5	36.3	—	36.7	—
10	21	42.6	40.8	40.8	38.8	38.0	37.1	36.9	35.3	35.2
10	30	42.7	40.8	41.0	39.4	38.9	37.0	36.9	37.1	36.2
35	26	—	39.2	39.3	38.6	35.0	33.2	32.9	31.8>	31.8>
45	17	—	41.0	40.6	38.5	37.1	37.3	35.2	34.8	32.4
60	25	—	40.9	40.5	38.6	37.4	37.0	34.7	34.6	34.2

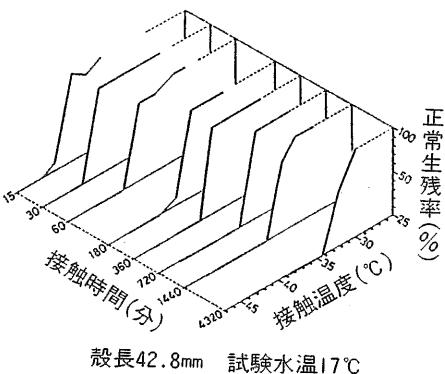


第1図 アコヤガイの各発育段階に対する

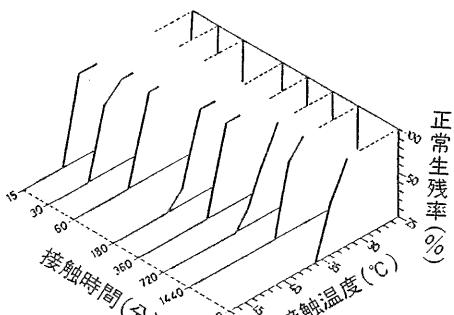
高温接触試験より得られた接触温度・接触時間と
正常生残率との関係



殻長35.5mm 試験水温26°C

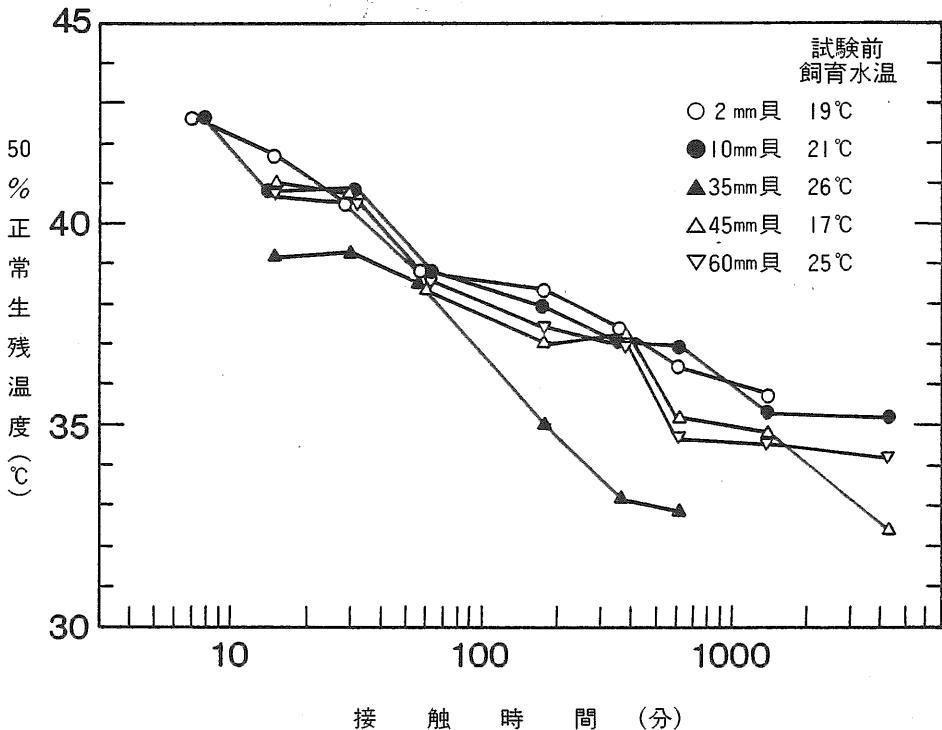


殻長42.8mm 試験水温17°C



殻長58.1mm 試験水温25°C

第2図 アコヤガイの各発育段階に対する
高温接触試験より得られた接触温度・接触時間と
正常生残率との関係



第3図 アコヤガイの発育段階別50%正常生残温度

35mm貝（月齢—6）の50%正常生残温度は、接触時間15分区で39.2°C、60分区で38.6°C、720分区では32.9°Cと比較的低い値を示し、特に1440分区と72時間区においては設定した接触温度の範囲内で50%以上の供試個体が死亡したため、50%正常生残温度を求めることができなかった。

45mm貝（月齢—8）の50%正常生残温度は、接触時間15分区で41.0°C、30分区で40.6°C、60分区で38.5°C、1440分区では34.8°C、72時間区で32.4°Cであった。

60mm貝（月齢—16）の50%正常生残温度は、45mm貝の場合とほぼ同様な値を示した。

2mm貝から60mm貝までの各発育段階における50%正常生残温度を比較すると、35mm貝の値がその前後の発育段階より異常に低いことが注目された（第3図）。45mm貝と60mm貝では、接触時間720分以上の場合の50%正常生残温度が、2, 10mm貝の値と比較すると低下する傾向が認められた（第3図）。

IV. 長期飼育試験

1. 試験方法

1) 自然水温条件下における試験

殻長約16mmの貝を供試材料とし、目合約10mmのポリエチレン製網籠（幅45×深さ45×長さ50cm）2個のなかに、それぞれ供試貝を50個体ずつ収容し、水位を45cmに保持した幅員50cmのコンクリート製水路内に垂下して、1985年7月1日から9月29日までの91日間にわたる長期飼育試験を行った。水路内への注水量は約20m³/時、水路内の平均流速は約2.5cm/秒とした。試験期間中は、無給餌とした。また、使用海水中の餌の量や質については、特に調査しなかった。試験期間中に5回、供試貝の殻長、蝶番線長、体重を計測し、成長過程を追求した。

2) 水温上昇期における昇温段階別試験

実証試験場へ導入されている自然温度の海水と温排水、重油ボイラー等によって温排水をさらに10°C加温した海水（温排水再加温海水）の3者を、適宜混合して得られるΔT 0°C, ΔT 2°C, ΔT 4°C, ΔT 6°C, ΔT 8°C, ΔT 10°Cの段階の海水を用いて、供試貝の1986年7月3日から9月13日までの72日間にわたる長期飼育試験を行った。

この試験には1986年6月に入手した10mm貝と60mm貝を供試材料とした。試験水槽としては屋外に設置した200ℓ容角型水槽6個を用い、各水槽内に10mm貝50個体ずつと、60mm貝25個体ずつを、それぞれ区分して同時に収容し試験を行った。具体的には、10mm貝の方は直径15cm×長さ20cmの透明塩ビ製パイプ内に入れて、そのパイプの両端を目合5mmのネットで覆ってから水槽底部に置いた。また、60mm貝については目合30mmのちょうちん籠に入れて、水槽内に垂下した。

供試貝収容後2°C/日の割合で昇温させ、それぞれの所定昇温幅に到達するように調整した。したがって、ΔT 10°C区の場合には5日間を要した。各水槽への注水量は1m³/時、換水率は5回/時とした。試験期間中は、無給餌とした。また、使用海水中の餌の量や質については、特に調査しなかった。

7月3日から9月13日までの試験期間中、毎日1回全供試個体について生死判定を行った。判定法は、前述の短期高温接触試験の場合に準じた。

さらに、7日おきに生残個体の再付着能力の有無を基準に活力判定を行った。10mm貝の場合は、パイプの内壁または相互に付着している供試貝を切り離して、再びパイプ内に収容した。60mm貝の場合はちょうどちん籠から取り出して相互に付着している個体を切り離し、水槽底面に重ならないように置いた。この状態で一晩放置しておき、翌日に水槽の内壁または相互に付着していた個体を計数した。

試験期間中に、開始時(7月3日)、7月29日、8月18日、終了時(9月13日)の4回、殻長、蝶番線長の測定を行い、60mm貝については体重も測定した。

また、これまで述べてきた供試60mm貝とは別に、各試験区に5個体ずつを予め体成分分析用として収容しておき、 $\Delta T 10^{\circ}\text{C}$ 区で死亡個体が現れ始めた時期(8月9日)に、各区からこれらの供試貝を取り上げて肉質部の分析を行い、試験開始時の分析値と比較検討した。採用した各分析法は、水分——常圧加熱乾燥法、タンパク質——ケルダール法、脂質——クロロホルム・メタノール混液抽出法、灰分——直接灰化法であり、糖質とカロリーについては各測定値から計算式によって求めた。

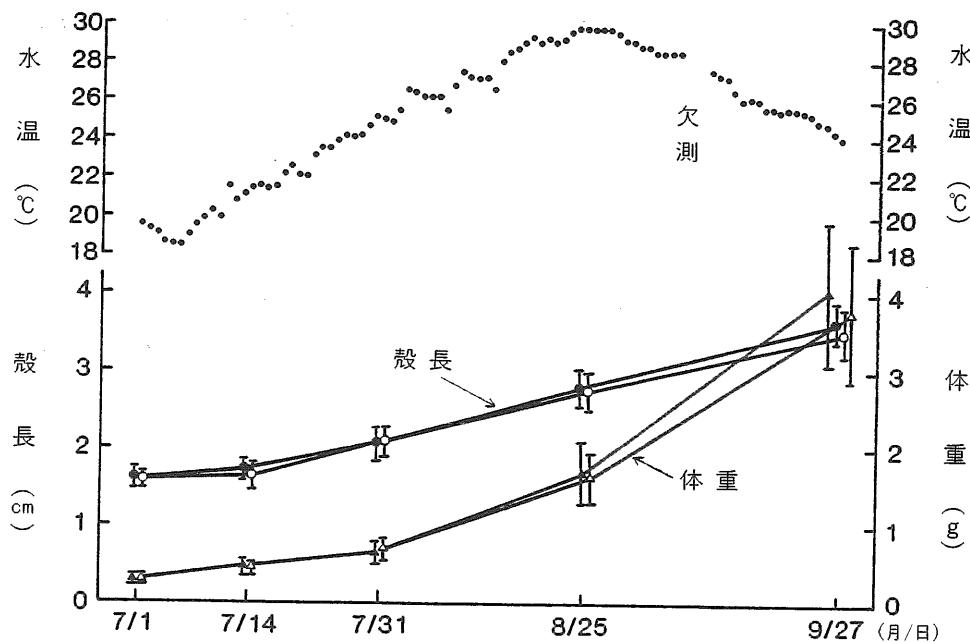
2. 試験結果

1) 自然水温条件下における試験

第4図に飼育期間中の水温変化と供試貝の殻長・体重の測定結果を示した。試験期間中の水温は、開始時の 18.5°C から上昇し、8月下旬には最高の 29.7°C を記録した。その後水温は低下し、終了時には 24°C となった。試験期間中の約3カ月間に死亡する個体は全く現れなかった。この期間内に体重で約12倍、殻長で約2倍程度の成長が認められた。

2) 水温上昇期における昇温段階別試験

10mm貝：試験期間中の各試験区における日平均水温、供試貝の生残個体数、活力の指標とした付着数の推移を付表9および第5図に示した。試験期間中の自然海水温度は 21°C から上昇し、8月17日(45日目)には 26°C に達し、その後はほぼ同じ水準の水温を維持した。試験開始直後から7月19日(16日目)までの期間内には、各試験区とも供試貝の死亡が殆ど起こらなかったため、7月19日現在の生残率は96~100%であり、活力判定でも付着数の減少は認められなかった。この時の水温は $\Delta T 0^{\circ}\text{C}$ 区で 22.0°C 、 $\Delta T 10^{\circ}\text{C}$ 区で 32.4°C であった。その後の各試験区における推移の概要は次のとおりであった。

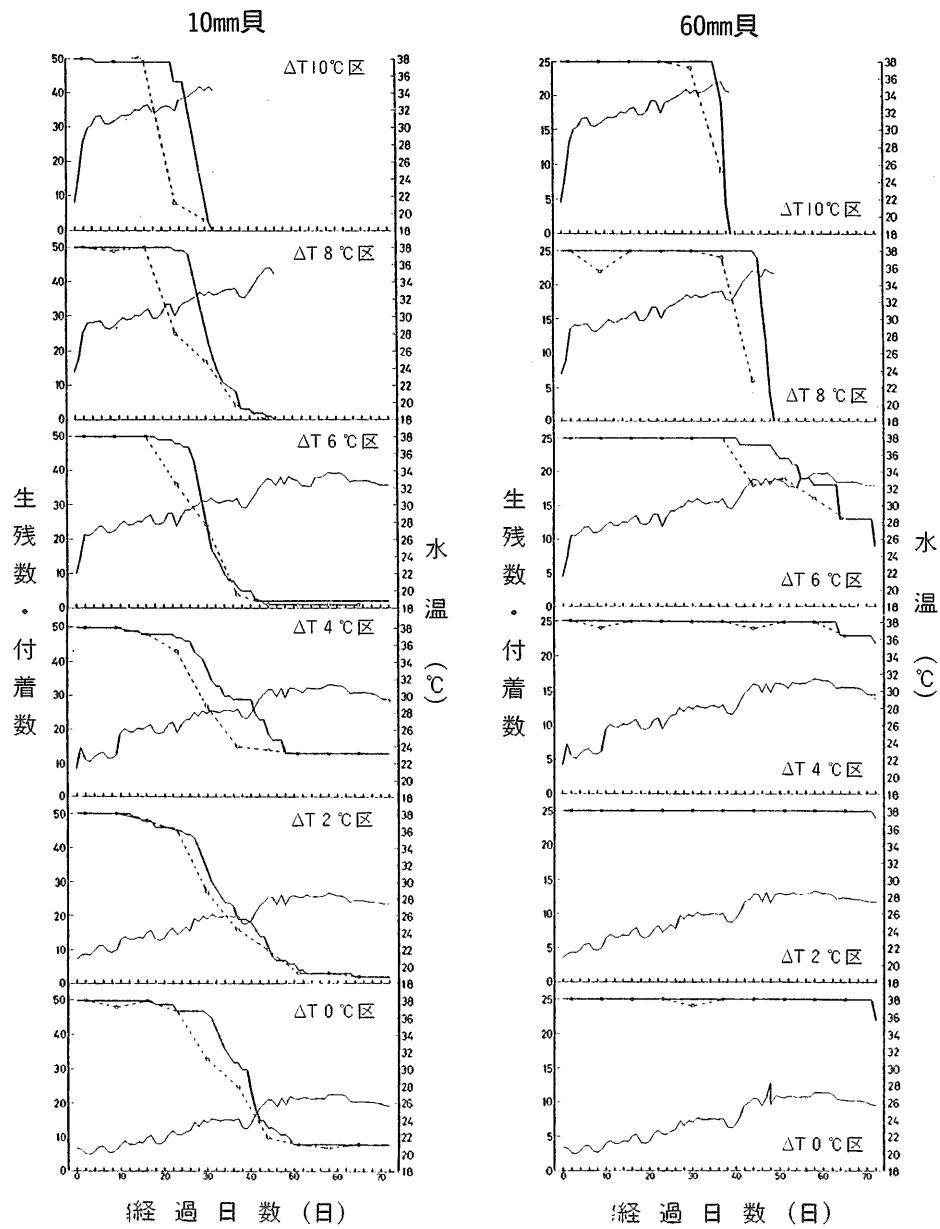


第4図 自然水温下における長期試験期間中の日平均水温と供試貝の殻長、体重の推移 (●, ▲-1区, ○, △-2区)

$\Delta T 10^{\circ}\text{C}$ 区では、7月24日(21日目)に水温が33°C台に達し、7月26日(23日目)に6個体が死亡して生残率が86%になり、付着数も8個体と低下した。その後水温がさらに上昇して34°C台に達するとともに、生残率は7月31日(28日目)には46%、8月2日(30日目)には18%と急速に低下し、8月4日(32日目)にはすべての個体が死亡した。

$\Delta T 8^{\circ}\text{C}$ 区では、7月24日(21日目)に水温が31°C台に達した。7月26日までは生残率98%を維持していたが、この時の付着数は25個体に低下していた。その後水温がさらに上昇を続け、8月2日(30日目)には32.4°C、8月9日(37日目)には33.3°C、8月16日(44日目)には35.7°Cに達した。こうした水温上昇に伴って供試貝の死亡個体数も増加し、生残率は8月2日には54%、8月9日には16%、8月16日には2%と低下し、8月18日にはすべての個体が死亡した。

$\Delta T 6^{\circ}\text{C}$ 区では、7月24日(21日目)に水温が29°C台となった。7月26日における生残率は96%であったが、付着数は36個体に低下した。8月2日には水温30.4°C—生残率48%，8月9日には水温30.8°C—生残率12%，8月14日(42日目)には水温32.0°C—生残



第5図 水温上昇期における昇温段階別試験期間中の日平均水温と生残数および活力判定における付着数の推移 [左=10mm具；右=60mm具]
(——生残数, ○---○付着数, ——日平均水温)

率2%と推移した。

ΔT 4°C 区では、7月26日(23日目)の水温が25.6°Cで、生残率は94%であり、大量の死亡や付着数低下は認められなかった。しかしその後は死亡個体が増加し、8月16日(44日目)には水温30.8°C—生残率38%，試験終了時の9月13日には生残率26%となった。

ΔT 2°C 区では、7月26日の水温が23.8°Cで、生残率は90%であり、大量の死亡や付着数低下は認められなかった。しかしその後は死亡個体が増加し、8月16日には水温28.3°C—生残率22%，試験終了時の9月13日には生残率4%となった。

ΔT 0°C 区では、7月26日の水温が22.3°Cで、生残率は94%であり、大量の死亡や付着数低下は認められなかった。しかしその後は死亡個体が増加し、8月16日には水温26.5°C—生残率26%，試験終了時の9月13日には生残率16%となった。

10mm貝の成長量の測定結果を第4表に示した。各試験区の測定値は測定日における生残個体についての値であるが、いずれも試験開始時の値と比較して、変化が認められなかった。 ΔT 0°C 区と ΔT 2°C 区では試験終了時まで、 ΔT 4°C 区では8月18日まで殆ど成長していなかったが、その後の ΔT 4°C 区と ΔT 6°C 区では試験終了時までの間に、顕著な成長が認められた。

60mm貝：試験期間中の各試験区における日平均水温、供試貝の生残個体数、活力の指標とした付着数の推移を付表10および第5図に示した。試験期間中の自然海水温度は21°Cから徐々に上昇し、8月17日(45日目)には26°Cに達し、その後はほぼ同じ水準の水温を維持した。試験開始直後から8月7日(35日目)までの期間内には、各試験区ともすべての供試貝が生残し、活力判定でも付着数の減少は認められなかった。8月17日の水温は ΔT 10°C 区で35.3°C、 ΔT 0°C 区で24.1°Cであった。その後の各試験区における推移の概要は次のとおりであった。

ΔT 10°C 区では、水温が35.4°Cになった8月8日(36日目)に2個体、35.6°Cになった8月9日に4個体が死亡した。この時には付着数も19個体中9個体と低下した。8月10日(38日目)以降水温はやや低下したが8月11日にはすべての個体が死亡した。

ΔT 8°C 区では、水温が33.3°Cになった8月9日(37日目)には全供試貝が生残しており、96%の個体が付着能力をもっていた。水温が35.7°Cとなった8月17日(45日目)にも全数が生残していたが、付着能力を有する個体が24%に低下した。その後8月21日(49日目)までの間の水温は34.9~35.9°Cであったが、この期間内に全部の供試貝が死亡した。

ΔT 6°C 区では、試験期間中の最高水温は33.8°Cであったが、33°C台になった8月16

第4表 水温上昇期における昇温段階別試験での供試貝の成長経過

試験区 昇温幅 (ΔT °C)	測定 月日	10mm貝				60mm貝			
		生 個体数	残 個体数	平均殻長(mm)	平均蝶番線長(mm)	生 個体数	残 個体数	平均殻長(mm)	平均蝶番線長(mm)
0	7/ 3	50	9.3	11.4		25	58.6	54.3	18.3
	7/29	47	8.6	10.7		25	57.4	55.0	18.4
	8/18	12	8.4	10.9		25	56.0	53.5	17.9
	9/13	8	8.3	10.5		22	55.1	51.9	17.4
2	7/ 3	50	9.5	11.6		25	58.7	55.2	18.4
	7/29	44	8.7	10.8		25	56.6	55.1	18.7
	8/18	7	7.9	10.9		25	55.7	53.8	18.4
	9/13	2	7.8	10.9		24	55.6	52.8	18.4
4	7/ 3	50	9.0	11.0		25	58.6	52.6	17.9
	7/29	46	8.4	10.5		25	57.4	53.3	17.9
	8/18	17	8.3	10.3		25	56.0	51.3	17.5
	9/13	13	13.9	16.6		22	56.7	51.5	17.5
6	7/ 3	50	9.2	11.1		25	59.3	55.2	18.4
	7/29	47	8.8	10.7		25	58.0	54.4	18.7
	8/18	1	10.0	11.5		24	57.4	53.0	18.4
	9/13	1	12.3	15.1		9	57.2	52.1	17.4
8	7/ 3	50	9.2	11.2		25	58.8	54.0	17.7
	7/29	48	8.7	10.7		25	57.2	53.3	17.9
	8/18	0	—	—		17	56.9	51.8	17.6
	9/13	0	—	—		0	—	—	—
10	7/ 3	50	9.1	11.0		25	59.2	54.4	18.3
	7/29	38	8.7	10.4		25	58.3	53.6	18.8
	8/18	0	—	—		0	—	—	—
	9/13	0	—	—		0	—	—	—

日(44日目)から付着能力を失った個体が現れ、その後日数の経過とともに死亡する個体が増加し、試験終了時の生残率は36%となった。

一方、 ΔT 4°C 区、 ΔT 2°C 区、 ΔT 0°C 区では、試験期間中を通じて付着能力を失ったものは1、2個体しか出現しなかった。試験終了間際に一部の供試貝が死亡したが、試験終了時における生残率は ΔT 4°C 区で88%， ΔT 2°C 区で96%， ΔT 0°C 区で88%であった。

全試験区を通じてみると、 ΔT 10°C 区と ΔT 8°C 区では水温が35°C 台に達した時に、比較的短期間に全個体が死亡した。 ΔT 6°C 区では水温が31°C 台に達した時点で死亡個

体が現れ始め、この試験区の最高水温33°C台に達した期間に死亡が進行したが、32°C台に再び水温が低下した試験終了時には36%の個体が生残していた。ΔT 4°C以下の各区では、死亡や付着能力低下が殆ど起こらず、ΔT 6°C以上の試験区とは対照的な傾向を示した。

試験期間中の供試貝の測定結果を第4表に示した。10mm貝の場合と同様に測定時の生残個体についての測定値であるが、各試験区とも殻長や体重に変化が認められなかった。

最高水温区のΔT 10°C区において、最初に死亡個体が出現した日の翌日(8月9日；37日目)に、各試験区内で別に飼育していた供試貝を5個体ずつ取り上げて、殻を除く体成分の分析を行った。それらの分析結果を第5表に示した。試験開始時の分析値は10個体についての平均値である。死亡がみられたΔT 10°C区では、試験開始時と比較すると水分が増加し、タンパク質が減少していた。同様の傾向はΔT 8°C区、ΔT 6°C区でも認められた。一方、ΔT 0°C区では試験開始時よりもむしろ水分が減少し、タンパク質が増加していた。

第5表 水温上昇期における昇温段階別試験での60mm貝の体成分測定結果

項目	試験開始時		取り上げ時 8/9 (37日目)					
	7/3	ΔT 0°C	ΔT 2°C	ΔT 4°C	ΔT 6°C	ΔT 8°C	ΔT 10°C	
水分 (%)	90.0	88.6	89.6	89.9	91.0	90.4	90.6	
タンパク質 (%)	5.8	6.8	5.9	5.5	4.5	5.1	5.0	
脂質 (%)	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	
灰分 (%)	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.7	
糖質 (%)	0.8	1.1	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	
カロリー(Kcal /100g)	34.0	41.0	37.0	35.0	30.0	32.0	33.0	

V. 考 察

1. 発育に伴う高温耐性の変化および既往知見との比較

アコヤガイの卵期から付着稚貝期までの5発育段階について、50%正常生残温度を指標として、各期の高温耐性相互間を比較すると、8細胞期からD型幼生期へ移行する過程で高温耐性が著しく増大するが、D型幼生期から付着稚貝期に至る間では、高温耐性には顕著な変化が生じていないことが明らかにされた（岡村・中村, 1988）。

本試験において高温接触試験を行った5発育段階のうち、〈2mm貝〉の平均殻長は約1.5~1.9mmであり（第2表）、岡村・中村（1988）が、〈付着稚貝期〉と称した供試貝（殻長約1.4mm）とほぼ同じ発育段階に相当していた。両者の高温耐性を各接触時間区における50%正常生残温度で比較すると、本試験の結果の方が岡村・中村（1988）の得た結果よりも0.4~1.8°Cだけ低い値を示した（第6表）。しかしながら、こうした相違を生じさせた理由の一つは、両者の試験で採用した生死・正常・異常の判定時期の差によるものであった。すなわち、岡村・中村（1988）の場合は、高温接触開始時を起点として24時間経過した時点で判定作業を始めていたのに対して、本試験の場合には、同じ起点から24時間経過した時点と72時間経過した時点の2回にこの作業を行い、第3表や第3図には72時間経過時の値を採用した。そこで、共通する判定時期の値を用いて〈付着稚貝〉と〈2mm

第6表 付着稚貝期における50%正常生残温度の比較

接触開始から 判定までの 経過時間	試験前 飼育水温 (°C)	接觸時間区分 50%正常生残温度 (°C)									母貝
		7.5分	15分	30分	60分	180分	360分	720分	1440分		
岡村・中村 (1988)	24	25	44.4	42.5	42.4	39.7	38.7	36.9	36.5	36.8	三重県産
	24	25	44.1	42.3	40.7	40.4	38.8	38.4	37.6	37.1	長崎県産
平均 (A)		44.3	42.4	41.6	40.1	38.8	37.7	37.1	37.0		
渡辺(1988)	24	19	43.4	41.7	41.8	40.6	39.0	38.2	36.4	36.5	三重県産
	24	23	43.3	41.9	41.4	40.1	38.8	36.9	37.0	36.5	"
	24	28	42.8	41.7	41.1	40.7	37.6	37.2	—	36.9	"
平均 (B)		43.2	41.8	41.4	40.5	38.5	37.4	36.7	36.6		
	72	19	42.6	41.7	40.5	38.8	38.3	37.4	36.4	35.7	"
	72	23	42.7	41.4	40.2	39.0	38.0	36.5	36.9	35.1	"
	72	28	42.3	41.7	40.7	39.6	36.5	36.3	—	36.7	"
平均 (C)		42.5	41.6	40.5	39.1	37.6	36.7	36.7	35.8		
(A) - (B)		1.1	0.6	0.2	-0.4	0.3	0.3	0.4	0.4		
(A) - (C)		1.8	0.8	1.1	1.0	1.2	1.0	0.4	1.2		

貝の50%正常生残温度を比較したところ、各接触時間区ごとの平均値は極めて近似しており、7.5, 15分を除く接触時間区において両者の差は0.4°C以下であった(第6表)。今回の試験では、接触後24時間後に、生死判定を行った場合には、外套膜に変形が認められるけれども、生残個体と判定された個体が一部認められた。しかし、こうした個体は、72時間後の生死判定時にはすべて死亡していた。このような過程で死亡した個体は、高温接触によるショックを一次要因として死亡したと考えられる。また、今回は試験期間中は無給餌条件であったことから、飢餓など高温接触以外の要因による死亡影響を避けるために、対照区で良好な生残率を示す期間内(2mm貝では72時間、10mm以上の貝では168時間)での生残個体で、正常生残率を求めた。初期致死温度の定義(Fry et al, 1946)に準じれば、高温接触後できるだけ長い時間観察を続けることが必要となるが、上述したように高温接触以外の要因による影響を避けるために、適当な判定時期が、主として供試材料の発育段階によって決定される。卵・付着幼生等発生初期のものについては、接触後24時間時点等で行われている。成体については、Brett(1952)が初期致死温度を求める場合に用いている試験期間の1週間が上限であろう。

今回、短期高温接触試験を行った殻長約2, 10, 35, 45, 60mm(月齢—2, 4, 6, 8, 16)の発育段階相互間について、50%正常生残温度を指標として、高温耐性に変化があるか否かを検討すると、35mm貝(月齢—6)のステージでやや高温耐性の低下する傾向がみられたが、他の発育段階相互間には顕著な変化は認められなかった(第3表、第2図)。

35mm貝の高温耐性が若干低下していた理由としては、①このステージがアコヤガイの生活史のなかにおける一つの危急期に相当している、②今回の供試貝の健全性に若干の問題があった、という二つの可能性が考えられる。しかしながら、アコヤガイの生態上、このステージが変化の起こる時期に相当しているという知見も見当たらないので、②の判断が妥当であると考えられる。しかし、この点については、今後機会を得て追試験を行い確認する必要があろう。

以上、本試験と岡村・中村(1988)の試験結果を総合すると、アコヤガイの高温耐性は、卵期からD型幼生期へ移行する過程で急速に高まり、その後は浮遊生活期から付着生活期を通じて、そのまま大きな変化をすることなく保持されているものと考えられる。

アコヤガイの生理および成長に及ぼす高温の影響について、桑谷(1966)はこれまでに報告されたアコヤガイの上限臨界温度に基づいて考察している。沖野(1977), 山口ら

(1977) は貝殻形成量を、植本(1968)、伊藤(1976)は酸素消費量を、それぞれ指標として検討した。これらの報告は、年齢2~4年の成貝を取り扱ったものであるが、いずれも適温の上限は27~30°Cとなっている。田中(1974)は、水温14°Cで飼育していた殻長15mmのアコヤガイ稚貝を、33, 35°Cの高温海水に移し、24時間後の死亡率を調べた結果、33°Cで78.3%, 35°Cで86.0%と、マガキの16.7%, 68.7%, アサリの28.3%, 82%等より高く、高温に対する抵抗性はこれら2種より小さいとした。

今回行った高温接触試験において、水温21°Cで飼育した殻長9.10mmの稚貝の場合、接触時間24時間、接触温度31.9°C, 34.2°C, 36.4°Cで、接触開始から24時間後の死亡率は、それぞれ0%, 0%, 93.3%であった。また、水温30°Cで飼育した殻長9.35mmの稚貝の場合には、接触温度32.4°C, 34.1°C, 36.0°C, 38.1°Cで、それぞれ死亡率は3.3%, 3.3%, 0%, 100%であった。田中の試験結果と今回の結果を比較すると、今回の方がより高温に対する耐性を有する結果となり、また、前述のマガキ、アサリの結果と比較しても、同等以上の高温耐性を有することになった。このことは、試験前の飼育水温が、田中(1974)の14°Cに比較して、今回の21, 30°Cではそれぞれ7, 16°C高い水温であったための、馴致効果によるものと推察される。今回の試験結果でも、24時間接触区の50%正常生残温度は、飼育水温21°Cより30°Cの方が、1.8°C高くなっていた。

2. 高温側の生存可能限界水温

1985年の夏季に、16mm貝を対象にして実施した自然水温条件下における長期飼育試験結果によれば、飼育期間中の水温は18.5°Cから次第に上昇して最高29.7°Cに達し、その後24°Cまで低下した。この試験では供試貝の死亡がみられず、試験期間中に供試貝の体重は約12倍になるという成長がみられた。

1986年の夏季には、10mm貝と60mm貝を対象にして、 ΔT 0°C区から ΔT 10°C区までの6段階の昇温幅の異なる試験区で長期飼育試験を行った。

10mm貝の場合は、 ΔT 10°C区では水温が33°Cを超えると付着能力が衰え、34°Cを超えると4日間で急速に全個体が死亡した。 ΔT 8°C区では32°C台で半数以上が付着能力を失い、32.8~35.6°Cの間に全数が死亡した。 ΔT 6°C区では30.4~32.0°Cの間に1個体を除くすべての貝が死亡した。しかしながら、 ΔT 4°C以下の3試験区においても半数以上の供試貝が死亡し、試験終了時における生残率は ΔT 4°C区で26%, ΔT 2°C区で4%, ΔT 0°C区で16%となった。対照区ともいべき ΔT 0°C区でも大量死亡が起こ

り(第5図), いずれの試験区においても成長が殆ど認められなかつたこと(第4表)から, この試験に用いた10mm貝の健全性に問題があつたという可能性が残されている。また, アコヤガイが接する環境水の流れの状態など, 温度以外の要因が影響したとも考えられ, 試験方法に問題があつた可能性も残されている。また, 前年の夏季に長水路を利用して実施した自然水温条件下の長期飼育試験の結果とも, 整合性が乏しいという結果となつてゐる。従つて, この試験から10mm貝の高温側の生存可能限界水温等に言及することは避けるべきであると考えられる。なお, 前述の短期高温接触試験において, 他の発育段階との間に若干の異常性が認められた35mm貝と, この試験に用いた10mm貝とは, 同じ日に採卵されており, おそらくは同じ親から生まれたものと推察される。

同じ試験に用いた60mm貝の場合は, ΔT 4°C以下の3試験区では殆ど死亡が起らなかつた(第5図)のに対し, ΔT 6°C区では半数以上の個体が死亡し, ΔT 8°C区と ΔT 10°C区では試験期間中に全数が死亡したこと(第5図)から, 高温側の生存可能限界水温についての知見が得られたものと考えられる。 ΔT 10°C区, ΔT 8°C区とも35°C以上の日平均水温が3日間連続した後に急速に死亡したこと(付表10)は, アコヤガイ1年貝の生存可能な上限水温は35°C付近にあることを示唆しているものと考えられる。また, 水温32~33°C付近で半数以上の個体が付着能力を喪失していたこと, 試験期間中に生残個体の成長が殆ど認められなかつたこと(第4表)から, 60mm貝の生育適温範囲はより低温であると考えられる。なお, 既往の研究によれば, アコヤガイの2~4年貝の適温の上限は27~30°Cとされている(桑谷, 1966; 植本, 1968; 伊藤, 1976; 沖野, 1977; 山口ら, 1977)。

60mm貝について高温接触試験で得られた50%正常生残温度は, 24時間接触で34.6°C, 72時間で34.2°Cであった。一方, 長期飼育試験の ΔT 10°C区において, 水温が28日目から34°C台に達し, 35日目まで8日間34°C台の水温が続いたのにもかかわらず, この間死亡個体が観察されず, その後, 水温は35°C台に上昇して急激に死亡するという推移を示した。このように高温接触試験の結果以上の生残を示したことについては, 34°Cに上昇するまでの期間に高温に対する馴致が進行し, 高温耐性が増大したものと推察される。 ΔT 8°C区については, ΔT 10°C区と同様に水温が35°C台に上昇した時点で急激に死亡しているが, 最高水温が33°C台であった ΔT 6°C区でも, 50日目頃から徐々に死亡が起つてゐる。 ΔT 10°C区で死亡し始めた37日目の時点で実施した体成分の分析結果では, ΔT 10°C区に限らず, ΔT 8, 6°C区でもタンパク質含量の減少と, 水分含量の増加が

みられている。これより、 $\Delta T 6^{\circ}\text{C}$ 区においては、短期的にみると致死的な水温ではないにもかかわらず、関(1972)が述べているように、エネルギーとして利用できる蓄積成分量に対し、高水温という体成分の消費方向へ傾かせる要因が長時間持続的に作用した結果、これが減少し死亡が進行したものと考えられる。

以上の短期高温接触試験、長期飼育試験によって得られた結果に基づいて、付着生活期に入ったアコヤガイに対する温排水影響について考察する。得られた結果は以下の様にまとめられる。①付着生活に入ってからの各発育段階に対する短期高温接触試験から得られた24時間接触区における50%正常生残温度は、供試材料の健全性に疑問の残った35mm貝を別にすれば、34.6~37.1°Cの範囲内にあり、それらの高温耐性の間には大きな差がなかった。②水温上昇期における昇温段階別長期飼育試験の結果によれば、殻長約60mmのアコヤガイの再付着能力の喪失は32~33°C付近で起こり、死亡は35°C付近で起こる。これらを総合すると、環境水温が25~26°Cより高まるような時期や場所に、アコヤガイの養殖場が設定されている場合には、そこに温排水プルーム内の比較的高温な部分が到達すると、昇温の直接的な影響を受けて、付着能力を喪失したり、死亡が起こる可能性があることを示している。しかし、実際のアコヤガイ養殖では、日射の強い夏季に表層水温が30°C以上になるような内湾域においては、より水温の低い深い層へ貝を垂下するために、〈深吊り〉措置が講じられており、温排水による昇温の影響は、同様の措置で回避できるものと推察される。

引 用 文 献

- Brett, J. R. (1952). Temperature tolerance in young Pacific salmon, Genus *Oncorhynchus*. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 9 (6) : 265-323.
- Fry, F. E. J., Hart, J. S. and Walker, K. F. (1946). Lethal temperature relations for a samples of young speckled trout (*Salvelinus fontinalis*). *Univ. trout Studies, Biol. Ser.*, Pub. Qut. Fish. Res. Lab., 66 : 5-35.
- 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の関係. 国立真珠研究所報告, (20) : 2254-2275.
- 桑谷幸正(1966). 発電所復水器冷却のために使用した海水の昇温が近接湾の養殖アコヤガイにおよぼす影響について. 原子力発電所建設が熊野灘沿岸海域の環境及び生物の生産におよぼす影響予察報告書. 三重県熊野灘沿岸工業開発調査委員会漁業関係専門部会 : 115-121.
- 岡村武志・中村幸雄(1988). アコヤガイの卵及び浮遊幼生の高温耐性. 海生研報告, No.88203 : 1-32.
- 沖野哲昭(1977). 高温水の継続が養殖アコヤガイの貝殻形成と斃死におよぼす影響. 長崎県水産試験場研究報告, (3) : 101-107.

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. 三重県水産試験場研究報告, (1) : 32-149. 田中彌太郎(1974). 高温水に対する二枚貝幼・成貝の耐性実験. 温排水の生物におよぼす影響に関する研究. 昭和48年研究成果報告書. 東海水研・日水研・水産大学校: 98-100.

植本東彦(1968). アコヤガイの酸素消費量と水温との関係について. 国立真珠研究所報告, (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. 国立真珠研究所報告, (21) : 2315-2324.

付表1 アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温19°C）

接觸時間	接 觸 溫 度 (°C)	31.4	33.2	35.4	37.5	40.0	41.2	43.1	45.1
7.5分	24時間後生残率 (%)	100.0	80.0	100.0	90.0	100.0	100.0	60.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	70.0	90.0	90.0	100.0	100.0	30.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.4	33.2	35.4	37.6	40.1	41.2	43.2	45.2
15分	24時間後生残率 (%)	90.0	90.0	90.0	100.0	90.0	70.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	80.0	90.0	90.0	100.0	90.0	70.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.4	33.2	35.4	37.7	40.2	41.3	43.2	45.3
30分	24時間後生残率 (%)	90.0	100.0	100.0	90.0	90.0	70.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	90.0	100.0	100.0	80.0	70.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.5	33.3	36.2	37.7	40.1	41.3	43.3	45.2
60分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.7	33.5	35.8	38.0	40.3	41.7	43.7	45.5
180分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.6	33.3	35.8	37.9	40.2	41.5	43.5	45.4
360分	24時間後生残率 (%)	80.0	100.0	100.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	80.0	90.0	100.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.7	33.5	35.9	37.9	40.3	41.6	43.5	45.4
720分	24時間後生残率 (%)	90.0	90.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	90.0	90.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	31.8	33.5	35.7	38.0	40.4	41.6	43.6	45.3
1440分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	90.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 觸 溫 度 (°C)	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1			
对照群 0分	24時間後生残率 (%)	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	72時間後生残率 (%)	95.0	90.0	100.0	100.0	100.0			

付表2 アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温23°C）

接触時間	接觸溫度(℃)	31.8	34.0	35.8	38.0	39.8	41.4	42.7	45.1	
		24時間後生残率(%)	100.0	100.0	96.7	100.0	100.0	100.0	70.0	0.0
		72時間後生残率(%)	100.0	83.3	90.0	96.7	96.7	93.3	50.0	0.0
15分	接觸溫度(℃)	31.8	34.1	35.7	38.1	39.6	41.3	42.8	45.0	
		24時間後生残率(%)	93.3	96.7	96.7	100.0	96.7	86.7	3.3	0.0
		72時間後生残率(%)	90.0	93.3	90.0	93.3	86.7	53.3	0.0	0.0
30分	接觸溫度(℃)	31.8	34.0	35.6	37.9	39.4	41.2	42.3	44.8	
		24時間後生残率(%)	93.3	96.7	90.0	100.0	96.7	60.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	86.7	96.7	86.7	93.3	90.0	0.0	0.0	0.0
60分	接觸溫度(℃)	31.8	34.0	35.7	38.0	39.7	41.2	42.3	44.9	
		24時間後生残率(%)	100.0	100.0	93.3	96.7	70.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	93.3	100.0	86.7	83.3	26.7	0.0	0.0	0.0
180分	接觸溫度(℃)	31.8	34.1	35.7	38.0	39.7	41.3	42.6	45.0	
		24時間後生残率(%)	100.0	93.3	96.7	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	96.7	90.0	93.3	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360分	接觸溫度(℃)	31.8	34.1	35.8	38.0	39.8	41.4	42.8	45.1	
		24時間後生残率(%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	100.0	90.0	76.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
720分	接觸溫度(℃)	31.8	34.2	35.9	38.1	40.0	41.6	42.9	45.2	
		24時間後生残率(%)	100.0	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	96.7	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1440分	接觸溫度(℃)	31.8	34.2	35.9	38.2	40.1	41.8	43.4	45.3	
		24時間後生残率(%)	96.7	96.7	73.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率(%)	93.3	80.0	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対照群 0分	接觸溫度(℃)	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8				
		24時間後生残率(%)	100.0	96.7	96.7	100.0	93.3			
		72時間後生残率(%)	100.0	90.0	90.0	100.0	93.3			

付表3 アコヤガイの2mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温28°C）

接触時間	接 触 温 度 (°C)	33.6	35.6	37.9	40.4	41.5	43.4	45.2	
		24時間後生残率 (%)	100.0	80.0	80.0	90.0	90.0	30.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	90.0	60.0	70.0	70.0	80.0	10.0	0.0
15分	接 触 温 度 (°C)	33.6	35.7	38.0	40.4	41.7	43.5	45.3	
		24時間後生残率 (%)	90.0	100.0	90.0	50.0	50.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	70.0	90.0	90.0	50.0	50.0	0.0	0.0
30分	接 触 温 度 (°C)	33.7	35.7	38.1	40.4	41.7	43.5	45.5	
		24時間後生残率 (%)	80.0	90.0	90.0	90.0	10.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	70.0	90.0	80.0	70.0	0.0	0.0	0.0
60分	接 触 温 度 (°C)	33.7	35.6	38.2	40.3	41.9	43.8	45.6	
		24時間後生残率 (%)	100.0	70.0	80.0	70.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	90.0	50.0	70.0	40.0	0.0	0.0	0.0
180分	接 触 温 度 (°C)	33.7	35.7	38.1	40.5	41.7	43.6	45.6	
		24時間後生残率 (%)	90.0	80.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	60.0	60.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360分	接 触 温 度 (°C)	33.7	35.7	38.1	40.4	41.7	43.6	45.6	
		24時間後生残率 (%)	70.0	80.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	70.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1440分	接 触 温 度 (°C)	33.7	35.9	38.1	40.5	42.0	43.8	45.6	
		24時間後生残率 (%)	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		72時間後生残率 (%)	90.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
対照群 0分	接 触 温 度 (°C)	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	
		24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	100.0	100.0
		72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	80.0	100.0	100.0

付表4 アコヤガイの10mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温21°C）

接触時間	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.4	36.2	37.8	40.0	41.6	43.6	45.5
		24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
7.5分	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	96.7	100.0	100.0	0.0	0.0
15分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.3	36.2	37.8	40.0	41.0	43.2	45.4
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3.3	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	93.3	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
30分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.6	36.0	37.7	39.8	41.7	42.1	45.5
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	96.7	100.0	100.0	93.3	96.7	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	96.7	100.0	96.7	93.3	96.7	0.0	0.0	0.0
60分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.5	36.1	37.7	39.8	41.7	43.1	45.4
	24時間後生残率 (%)	93.3	100.0	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	93.3	100.0	100.0	93.2	16.7	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	83.3	96.7	100.0	93.3	10.0	0.0	0.0	0.0
180分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.5	36.1	37.7	39.8	41.7	43.1	45.4
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	93.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	93.3	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	96.7	100.0	93.3	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.2	36.2	38.0	40.0	41.7	43.3	45.6
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	96.7	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
720分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.3	36.2	37.9	40.0	41.7	43.3	45.6
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1440分	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.2	36.4	38.1	40.0	41.6	42.4	45.6
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	96.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72時間	接 触 温 度 (°C)	31.9	34.2	36.4	38.1				
	72時間後生残率 (%)	96.7	100.0	0.0	0.0				
	168時間後生残率 (%)	96.7	90.0	0.0	0.0				
対照群 0分	接 触 温 度 (°C)	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9			
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	96.7	96.7	96.7	90.0			

付表5 アコヤガイの10mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温30°C）

接触時間	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.5	36.0	38.0	40.2	42.1	44.1	45.6
7.5分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	93.3	93.3	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	96.7	100.0	93.3	80.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	83.3	90.0	90.0	76.7	76.7	0.0	0.0
15分	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.2	36.0	38.0	40.2	42.1	44.1	45.5
	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	63.3	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	96.7	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	96.7	83.3	80.0	80.0	0.0	0.0	0.0
30分	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.5	36.0	38.1	39.8	42.2	44.2	45.7
	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	90.0	100.0	100.0	93.3	0.0	0.0	0.0
60分	接 触 温 度 (°C)	32.4	33.8	36.1	38.2	40.6	42.1	44.3	45.7
	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	90.0	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	76.7	100.0	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0
180分	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.4	36.1	38.1	40.3	42.2	44.1	45.7
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	96.7	96.7	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	93.3	93.3	93.3	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0
360分	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.3	36.1	38.1	40.3	42.2	44.2	45.7
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	76.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	96.7	100.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	96.7	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
720分	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.2	36.0	38.1	40.3	42.1	44.1	45.7
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	93.3	90.0	86.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1440分	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.1	36.0	38.1	40.3	42.2	44.2	45.6
	24時間後生残率 (%)	96.7	96.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	96.7	96.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	83.3	93.3	93.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72時間	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.0	36.0	38.2				
	72時間後生残率 (%)	96.7	96.7	86.7	0.0				
	168時間後生残率 (%)	96.7	93.3	56.7	0.0				
对照群 0分	接 触 温 度 (°C)	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7			
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0			
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	93.3	96.7			

——は未実施

付表6 アコヤガイの35mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温26°C）

15分	接 触 温 度 (°C)	31.8	34.1	36.1	38.1	40.0	41.7	44.0	45.4
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	80.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	5.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0
30分	接 触 温 度 (°C)	31.7	34.0	36.3	38.1	39.9	41.4	43.7	45.2
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	95.0	95.0	60.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	95.0	95.0	20.0	0.0	0.0	0.0
60分	接 触 温 度 (°C)	31.7	34.0	36.4	38.0	39.9	41.7	43.7	45.2
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	95.0	15.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	95.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	90.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180分	接 触 温 度 (°C)	31.7	34.0	36.2	38.1	40.0	42.1	43.9	45.4
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	95.0	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	90.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360分	接 触 温 度 (°C)	31.7	33.9	35.9	38.1	40.1	42.2	43.7	45.5
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
720分	接 触 温 度 (°C)	31.8	34.0	36.0	38.1	40.1	42.3	44.2	45.9
	24時間後生残率 (%)	100.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	85.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1440分	接 触 温 度 (°C)	31.8	34.0	35.0	37.5	40.1	42.3	44.2	45.9
	24時間後生残率 (%)	100.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72時間	接 触 温 度 (°C)	31.7	34.0	35.0	37.5				
	72時間後生残率 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0				
	168時間後生残率 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0				
对照群 0分	接 触 温 度 (°C)	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2			
	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			

付表7 アコヤガイの45mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温17°C）

	接 触 温 度 (°C)	29.8	31.8	34.2	35.9	37.8	39.7	42.0	43.6
15分	24時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	90.0	100.0	80.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	90.0	100.0	10.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	29.8	31.6	34.1	35.5	37.6	39.5	41.7	43.2
30分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	29.6	31.7	33.0	35.6	37.7	39.6	41.7	43.4
60分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	30.1	32.0	33.6	36.1	37.9	39.9	41.9	44.2
180分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	60.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	30.3	32.3	33.8	36.3	38.2	40.2	42.1	44.2
360分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	40.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	30.0	32.2	34.1	36.3	38.4	40.1	42.0	44.0
720分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	29.9	32.2	34.1	36.2	38.4	40.2	42.0	44.1
1440分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	29.9	32.1	34.1	36.2	38.4			
72時間	72時間後生残率 (%)	100.0	70.0	0.0	0.0	0.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	60.0	0.0	0.0	0.0			
	対照群	接 触 温 度 (°C)	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9		
0分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			

—— は未実施

付表8 アコヤガイの60mm貝に対する高温接触試験結果（試験前飼育水温25°C）

	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.5	36.4	37.6	39.9	41.8	43.7	45.3
15分	24時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	—	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.4	34.7	36.2	37.6	39.8	41.8	43.9	45.6
30分	24時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.2	36.2	37.3	39.9	41.9	44.3	45.8
60分	24時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	60.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.0	36.2	38.0	40.1	42.0	43.7	46.1
180分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.0	35.8	38.1	40.3	42.3	44.5	46.0
360分	24時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	—	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.3	34.3	36.1	37.8	40.0	42.0	44.1	45.8
720分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	80.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	60.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	32.2	34.0	35.7	37.9	40.3	42.2	44.3	46.0
1440分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	72時間後生残率 (%)	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	168時間後生残率 (%)	100.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度 (°C)	31.8	33.9	35.7	37.9				
72時間	72時間後生残率 (%)	100.0	60.0	0.0	0.0				
	168時間後生残率 (%)	100.0	60.0	0.0	0.0				
	対照群	接 触 温 度 (°C)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1		
0分	24時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	72時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
	168時間後生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			

—は未実施

付表9-1 昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力

経過日数	月／日	0℃区			2℃区			4℃区		
		水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
0	7/3	20.8	50		20.8	50		21.3	50	
1	7/4	20.7	50		21.3	50		23.8	50	
2	7/5	20.1	50	50	21.5	50	50	22.4	50	50
3	7/6	20.0	50		21.4	50		22.1	50	
4	7/7	20.3	50		21.8	50		22.7	50	
5	7/8	20.9	50		22.4	50		23.1	50	
6	7/9	21.0	50		22.5	50		23.3	50	
7	7/10	20.3	50		21.8	50		22.6	50	
8	7/11	20.2	50		21.7	50		22.6	50	
9	7/12	20.5	50	48	22.0	50	50	22.9	50	50
10	7/13	21.2	50		23.2	50		25.5	50	
11	7/14	21.6	50		23.6	50		26.1	49	
12	7/15	21.2	50		23.2	50		25.7	49	
13	7/16	21.2	50		23.2	49		25.7	49	
14	7/17	21.5	50		23.5	49		26.1	49	
15	7/18	21.4	50		23.4	48		26.0	48	
16	7/19	22.0	50	50	24.0	48	48	26.3	48	48
17	7/20	22.3	50		24.3	48		26.6	48	
18	7/21	21.3	49		23.3	46		25.6	48	
19	7/22	21.2	49		23.1	46		25.5	48	
20	7/23	21.5	49		23.4	46		25.7	48	
21	7/24	22.4	49		24.2	46		26.6	48	
22	7/25	22.8	49		24.6	46		26.8	48	
23	7/26	22.3	47	47	23.8	45	45	25.6	47	43
24	7/27	22.3	47		24.2	45		26.4	47	
25	7/28	22.6	47		24.7	44		27.1	46	
26	7/29	22.8	47		24.2	44		27.2	46	
27	7/30	23.8	47		25.7	43		28.0	43	
28	7/31	23.3	47		25.3	40		27.6	42	
29	8/1	24.0	47		25.9	36		28.2	41	
30	8/2	23.7	46	33	25.6	33	27	27.9	38	27
31	8/3	24.2	45		26.1	30		28.3	34	
32	8/4	24.1	42		25.8	28		28.1	33	
33	8/5	24.0	39		25.8	26		28.0	33	
34	8/6	24.1	36		25.9	24		28.3	30	
35	8/7	24.1	34		26.0	24		28.3	30	
36	8/8	24.0	32		25.8	23		28.1	29	

判定における付着数の推移 (10mm貝)

6℃区			8℃区			10℃区		
水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
21.8	50		21.6	50		21.1	50	
23.7	50		25.0	50		24.1	50	
26.5	50	50	28.1	50	50	28.3	50	50
26.4	50		29.3	50		29.9	50	
26.8	50		29.2	50		30.2	50	
27.5	50		29.4	50		31.2	49	
27.5	50		29.4	50		31.3	49	
26.8	50		28.7	50		30.4	49	
26.8	50		28.6	50		30.3	49	
27.1	50	50	28.9	50	49	30.6	49	49
27.7	50		29.4	50		31.0	49	
28.1	50		29.9	50		31.4	49	
27.7	50		29.6	50		31.3	49	
27.7	50		29.7	50		31.5	49	
28.1	50		30.1	50		32.0	49	
28.0	50		30.0	50		31.9	49	
28.5	50	50	30.5	50	50	32.4	49	49
28.8	50		30.8	50		32.6	49	
27.9	49		29.8	50		31.7	49	
27.8	49		29.8	50		31.7	49	
28.0	49		30.3	50		32.2	49	
29.0	49		31.4	50		33.4	49	
29.0	49		31.4	50		33.3	49	
27.5	48	36	30.0	49	25	31.9	43	8
28.6	48		31.0	49		33.1	43	
29.4	47		31.5	49		33.3	43	
29.4	47		31.7	48		33.6	38	
29.8	43		32.0	42		33.9	31	
30.0	37		32.3	37		34.2	23	
30.6	30		32.8	32		34.7	15	
30.4	24	24	32.4	27	17	34.2	9	3
30.8	17		32.8	21		34.6	2	
30.5	15		32.5	17		34.3	0	
30.2	13		32.6	14				
30.4	10		32.9	11				
30.5	8		33.1	10				
30.4	8		33.1	9				

付表 9-2 昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力

経過日数	月／日	0℃区			2℃区			4℃区		
		水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
37	8/ 9	24.2	32	25	26.0	19	16	28.4	29	15
38	8/10	23.1	30		25.1	19		27.5	29	
39	8/11	23.0	30		25.0	19		27.3	29	
40	8/12	23.6	24		25.5	18		27.9	29	
41	8/13	24.5	19		26.4	16		28.8	25	
42	8/14	25.5	15		27.3	14		29.7	23	
43	8/15	26.0	15		27.7	14		30.2	23	
44	8/16	26.5	13	10	28.3	11	10	30.8	19	14
45	8/17	26.4	13		28.2	8		30.7	17	
46	8/18	25.7	12		27.4	7		29.9	17	
47	8/19	26.7	11		28.5	7		30.9	17	
48	8/20	25.8	11		27.3	7		29.8	13	
49	8/21	26.8	10		28.3	6		30.9	13	
50	8/22	26.6	8		28.4	6		30.9	13	
51	8/23	26.5	8	8	28.2	4	3	30.7	13	13
52	8/24	26.7	8		28.2	4		30.4	13	
53	8/25	26.7	8		28.5	3		31.0	13	
54	8/26	26.5	8		28.2	3		30.9	13	
55	8/27	26.6	8		28.3	3		30.9	13	
56	8/28	26.6	8		28.3	3		30.9	13	
57	8/29	26.6	8		28.4	3		31.1	13	
58	8/30	27.1	8	7	28.7	3	3	31.4	13	13
59	8/31	27.1	8		28.5	3		31.3	13	
60	9/ 1	27.1	8		28.4	3		31.2	13	
61	9/ 2	27.1	8		28.4	3		31.2	13	
62	9/ 3	26.9	8		28.2	3		30.9	13	
63	9/ 4	26.3	8		27.7	3		30.3	13	
64	9/ 5	26.3	8		27.9	2		30.4	13	
65	9/ 6	26.2	8	8	27.9	2	2	30.4	13	13
66	9/ 7	26.2	8		27.8	2		30.4	13	
67	9/ 8	26.2	8		27.7	2		30.4	13	
68	9/ 9	26.2	8		27.7	2		30.3	13	
69	9/10	26.1	8		27.6	2		30.1	13	
70	9/11	26.0	8		27.5	2		29.7	13	
71	9/12	25.8	8		27.4	2		29.6	13	
72	9/13	25.7	8		27.4	2		29.6	13	

判定における付着数の推移 (10mm貝) [続]

6°C区			8°C区			10°C区		
水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
30.8	6	4	33.3	8	4			
29.8	5		32.3	3				
29.7	5		32.1	3				
30.3	5		32.7	3				
31.1	3		33.6	2				
32.0	1		34.5	2				
32.5	1		35.0	2				
33.1	1	1	35.7	1	0			
33.0	1		35.6	1				
32.3	1		34.9	0				
33.3	1							
32.4	1							
33.3	1							
33.0	1							
32.8	1	1						
32.2	1							
32.2	1							
32.1	1							
33.2	1							
33.2	1							
33.3	1							
33.8	1	1						
33.7	1							
33.7	1							
33.8	1							
33.4	1							
32.7	1							
32.8	1							
32.8	1	1						
32.8	1							
32.8	1							
32.7	1							
32.6	1							
32.4	1							
32.4	1							
32.4	1							

付表10-1 昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力

経過日数	月/日	0℃区			2℃区			4℃区		
		水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
0	7/ 3	20.8	25		20.8	25		21.3	25	
1	7/ 4	20.7	25		21.3	25		23.8	25	
2	7/ 5	20.1	25	25	21.5	25	25	22.4	25	25
3	7/ 6	20.0	25		21.4	25		22.1	25	
4	7/ 7	20.3	25		21.8	25		22.7	25	
5	7/ 8	20.9	25		22.4	25		23.1	25	
6	7/ 9	21.0	25		22.5	25		23.3	25	
7	7/10	20.3	25		21.8	25		22.6	25	
8	7/11	20.2	25		21.7	25		22.6	25	
9	7/12	20.5	25	25	22.0	25	25	22.9	25	24
10	7/13	21.2	25		23.2	25		25.5	25	
11	7/14	21.6	25		23.6	25		26.1	25	
12	7/15	21.2	25		23.2	25		25.7	25	
13	7/16	21.2	25		23.2	25		25.7	25	
14	7/17	21.5	25		23.5	25		26.1	25	
15	7/18	21.4	25		23.4	25		26.0	25	
16	7/19	22.0	25	25	24.0	25	25	26.3	25	25
17	7/20	22.3	25		24.3	25		26.6	25	
18	7/21	21.3	25		23.3	25		25.6	25	
19	7/22	21.2	25		23.1	25		25.5	25	
20	7/23	21.5	25		23.4	25		25.7	25	
21	7/24	22.4	25		24.2	25		26.6	25	
22	7/25	22.8	25		24.6	25		26.8	25	
23	7/26	22.3	25	25	23.8	25	25	25.6	25	25
24	7/27	22.3	25		24.2	25		26.4	25	
25	7/28	22.6	25		24.7	25		27.1	25	
26	7/29	22.8	25		24.2	25		27.2	25	
27	7/30	23.8	25		25.7	25		28.0	25	
28	7/31	23.3	25		25.3	25		27.6	25	
29	8/ 1	24.0	25		25.9	25		28.2	25	
30	8/ 2	23.7	25	24	25.6	25	25	27.9	25	25
31	8/ 3	24.2	25		26.1	25		28.3	25	
32	8/ 4	24.1	25		25.8	25		28.1	25	
33	8/ 5	24.0	25		25.8	25		28.0	25	
34	8/ 6	24.1	25		25.9	25		28.3	25	
35	8/ 7	24.1	25		26.0	25		28.3	25	
36	8/ 8	24.0	25		25.8	25		28.1	25	

判定における付着数の推移 (60mm貝)

6°C区			8°C区			10°C区		
水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
21.8	25		23.6	25		21.1	25	
23.7	25		25.0	25		24.1	25	
26.5	25	25	28.1	25	25	28.3	25	25
26.4	25		29.3	25		29.9	25	
26.8	25		29.2	25		30.2	25	
27.5	25		29.4	25		31.2	25	
27.5	25		29.4	25		31.3	25	
26.8	25		28.7	25		30.4	25	
26.8	25		28.6	25		30.3	25	
27.1	25	25	28.9	25	23	30.6	25	25
27.7	25		29.4	25		31.0	25	
28.1	25		29.9	25		31.4	25	
27.7	25		29.6	25		31.3	25	
27.7	25		29.7	25		31.5	25	
28.1	25		30.1	25		32.0	25	
28.0	25		30.0	25		31.9	25	
28.5	25	25	30.5	25	25	32.4	25	25
28.8	25		30.8	25		32.6	25	
27.9	25		29.8	25		31.7	25	
27.8	25		29.8	25		31.7	25	
28.0	25		30.3	25		32.2	25	
29.0	25		31.4	25		33.4	25	
29.0	25		31.4	25		33.3	25	
27.5	25	25	30.0	25	25	31.9	25	25
28.6	25		31.0	25		33.1	25	
29.4	25		31.5	25		33.3	25	
29.4	25		31.7	25		33.6	25	
29.8	25		32.0	25		33.9	25	
30.0	25		32.3	25		34.2	25	
30.6	25		32.8	25		34.7	25	
30.4	25	25	32.4	25	25	34.2	25	24
30.8	25		32.8	25		34.6	25	
30.5	25		32.5	25		34.3	25	
30.2	25		32.6	25		34.4	25	
30.4	25		32.9	25		34.8	25	
30.5	25		33.1	25		35.3	25	
30.4	25		33.1	25		35.4	23	

付表10-2 昇温段階区別の日平均水温、生残数、活力

経過日数	月／日	0℃区			2℃区			4℃区		
		水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
37	8/ 9	24.2	25	25	26.0	25	25	28.4	25	25
38	8/10	23.1	25		25.1	25		27.5	25	
39	8/11	23.0	25		25.0	25		27.3	25	
40	8/12	23.6	25		25.5	25		27.9	25	
41	8/13	24.5	25		26.4	25		28.8	25	
42	8/14	25.5	25		27.3	25		29.7	25	
43	8/15	26.0	25		27.7	25		30.2	25	
44	8/16	26.5	25	25	28.3	25	25	30.8	25	24
45	8/17	26.4	25		28.2	25		30.7	25	
46	8/18	25.7	25		27.4	25		29.9	25	
47	8/19	26.7	25		28.5	25		30.9	25	
48	8/20	25.8	25		27.3	25		29.8	25	
49	8/21	26.8	25		28.3	25		30.9	25	
50	8/22	26.6	25		28.4	25		30.9	25	
51	8/23	26.5	25	25	28.2	25	25	30.7	25	25
52	8/24	26.7	25		28.2	25		30.4	25	
53	8/25	26.7	25		28.5	25		31.0	25	
54	8/26	26.5	25		28.2	25		30.9	25	
55	8/27	26.6	25		28.3	25		30.9	25	
56	8/28	26.6	25		28.3	25		30.9	25	
57	8/29	26.6	25		28.4	25		31.1	25	
58	8/30	27.1	25	25	28.7	25	25	31.4	25	25
59	8/31	27.1	25		28.5	25		31.3	25	
60	9/ 1	27.1	25		28.4	25		31.2	25	
61	9/ 2	27.1	25		28.4	25		31.2	25	
62	9/ 3	26.9	25		28.2	25		30.9	25	
63	9/ 4	26.3	25		27.7	25		30.3	25	
64	9/ 5	26.3	25		27.9	25		30.4	23	
65	9/ 6	26.2	25	25	27.9	25	25	30.4	23	23
66	9/ 7	26.2	25		27.8	25		30.4	23	
67	9/ 8	26.2	25		27.7	25		30.4	23	
68	9/ 9	26.2	25		27.7	25		30.3	23	
69	9/10	26.1	25		27.6	25		30.1	23	
70	9/11	26.0	25		27.5	25		29.7	23	
71	9/12	25.8	25		27.4	25		29.6	23	
72	9/13	25.7	22		27.4	24		29.6	22	

判定における付着数の推移 (60mm貝) [続]

6℃区			8℃区			10℃区		
水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数	水温	生残数	付着数
30.8	25	25	33.3	25	24	35.6	19	9
29.8	25		32.3	25		34.6	4	
29.7	25		32.1	25		34.4	0	
30.3	25		32.7	25				
31.1	24		33.6	25				
32.0	24		34.5	25				
32.5	24		35.0	25				
33.1	24	18	35.7	25	6			
33.0	24		35.6	24				
32.3	24		34.9	17				
33.3	24		35.9	12				
32.4	24		35.5	4				
33.3	23		35.3	0				
33.0	22							
32.8	22	19						
32.2	22							
32.2	21							
32.1	21							
33.2	19							
33.2	19							
33.3	19							
33.8	18	16						
33.7	18							
33.7	18							
33.8	18							
33.4	18							
32.7	18							
32.8	13							
32.8	13	13						
32.8	13							
32.7	13							
32.6	13							
32.4	13							
32.4	13							
32.4	9							

