



REPORT  
OF  
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 85201

メカイアワビの卵に及ぼす温度の影響

昭和 60 年 2 月

February, 1985



# メカイアワビの卵に及ぼす温度の影響<sup>1</sup>

道津光生・木下秀明<sup>2</sup>

## Thermal Effects on Eggs of the Abalone, *Haliotis sieboldii* REEVE

KOUSEI DOTU and HIDEAKI KINOSHITA<sup>2</sup>

DOTU, K. and H. KINOSHITA (1985). Thermal Effects on eggs of the abalone, *Haliotis sieboldii* REEVE. *Rep.Mar.Ecol.Res.Inst.*, No. 85201 : 1-16.

**Abstract :** Laboratory Experiments were carried out to investigate optimum temperatures and lethal points on the embryonic development of the abalone, *Haliotis sieboldii* REEVE. The results mainly obtained as follows :

- 1) The temperatures within the normal embryonic development ranged between 15 and 24°C, showing the conditions the higher temperature, the faster development. It is suggested that there appears an inflexion point at temperature 17 to 18°C nearby, furthermore, the biological zero temperature, which might cause none of embryonic development, would be about 9°C.
- 2) It was found that there is a close relationship between lethal temperatures and durations of animal exposure, resulting in low temperatures accompanied with longer exposures in duration. In addition, with the conditions of the same duration in exposure, lethal temperatures varied depending on their developing stages. In the case of the trocophore, which were reared at temperature 15.1 and 19.7°C, when exposed for 7.5 to 60min., the lethal temperature were 33.5 to 29.3°C and 33.6 to 29.3°C, respectively, while in the 2-4 celled stage fertilized at 18.8°C, these were between 29.6 and 25.6°C, resulting that the lethal temperatures in the trocophore were higher by 3 to 5°C than those in the 2-4 celled stage.

**Keywords :** Abalone, Development, Embryo, *Haliotis sieboldii*, Lethal temperature, Optimum temperature, Thermal effect.

1 この報告は、昭和54年度に環境庁から委託された業務の成果の一部を、委託者の許可を得て公表するものである。

2 現在：財團法人海洋生物環境研究所実証試験場（新潟県柏崎市荒浜4-7-17）

Present address : Biothermal Experiment Station, Marine Ecology Research Institute  
(4-7-17 Arahama, Kashiwazaki-shi, Niigata-Pref., 945-03, JAPAN)

道津光生、木下秀明 (1984)。メカイアワビの卵に及ぼす温度の影響。海生研報告,  
No. 85201 : 1-16.

要約：メカイアワビの卵に及ぼす温度の影響を明らかにするため、<飼育温度別発生試験>と<短期高温接触試験>を行った。得られた主な結果は次のとおりであった。

1) 発生適温範囲は15~24°Cであり、この範囲内では、温度が高くなるにつれて発生速度が大きくなった。飼育温度と発生速度との関係において、17~18°C付近に変曲点が存在する可能性が示唆された。発生速度が0となる生物学的零度はおよそ9°Cであると推定された。2) 致死温度は、接触時間と密接な関係にあり、接触時間が長くなるほど、より低い値を示した。また、同一条件の温度接触を行った場合であっても、発生ステージによって致死温度が異なっていた。すなわち、7.5~60分間高温に接触させた場合の半数致死温度は、15.1°Cと19.7°Cで飼育したトロコフォア期卵では33.5~29.3°Cと33.6~29.3°Cで、殆ど差がなかったのに対し、18.8°Cで受精させた2~4細胞期卵では29.6~25.6°Cとなり、2~4細胞期卵の方がトロコフォア期卵よりも3~5°C低温であった。

キーワード：メカイアワビ、卵、発生適温、発生速度、致死温度、温度影響

## 目 次

I. まえがき	3	1. 方法	9
II. 供試材料	4	2. 結果と考察	10
III. 飼育温度別発生試験	5	1) 2~4細胞期卵	10
1. 方法	5	2) トロコフォア期卵	13
2. 結果と考察	6	V. むすび	15
IV. 短期高温接触試験	9	引用文献	16

## 図 表 目 次

### < 図 >

第1図 海洋生物温度反応試験装置 [MERI-02]	5
第2図 各飼育温度におけるメカイアワビの発生経過	7

第3図 メカイアワビ卵における2～4細胞期から孵化までの発生速度(1/hr)と飼育温度との関係	8
第4図 海洋生物温度反応試験装置[MERI-01]	9
第5図 メカイアワビ卵に対する短期高温接触試験結果	11
第6図 メカイアワビ卵における接触時間と半数致死温度との関係	13

＜表＞

第1表 メカイアワビ卵の飼育温度別発生試験結果	6
第2表 メカイアワビの発生ステージNo.	7
第3表 高温接触試験の設定条件	10
第4表 18.8°Cで受精させたメカイアワビの2～4細胞期卵に対する短期高温接触試験結果	12
第5表 15.1°Cで予備飼育したメカイアワビのトロコフォア期卵に対する短期高温接触試験結果	14
第6表 19.7°Cで予備飼育したメカイアワビのトロコフォア期卵に対する短期高温接触試験結果	14

## I. まえがき

メカイアワビ *Haliotis sieboldii* REEVE は、原始腹足目ミミガイ科に属し、クロアワビ *H. discus discus* REEVE, エゾアワビ *H. discus hannai* INO, マダカアワビ *H. gigantea* GMELINとともに、我が国における重要な磯根資源の1つとなっている。その発生経過については猪野(1952)によって明らかにされ、産卵後約4～5日間は浮遊生活を送ることが知られている。金子ら(1976)は、クロアワビ、エゾアワビ、マダカアワビ、メカイアワビ、トコブシ *H. diversicolor aquatilis* REEVE の5種の卵及び幼生について、発生適温と発生速度にみられる種間の相違を検討した。また、関・菅野(1977)は、クロアワビ、エゾアワビ、マダカアワビを用いて詳細な実験を行い、発生速度を温度制御する方式の採用によって、種苗生産技術の体系化に大きく貢献する知見を得ている。これらの知見を背景として、種苗生産技術も近年完成の域に近づき、容易に受精卵が得られるようになった。

筆者らは環境庁から当研究所に委託された＜温排水環境容量算定基礎調査＞の一環として、メカイアワビの卵を用いて、それらの発生速度に及ぼす温度の影響ならびに高温耐性等を明らかにするために、＜飼育温度別発生試験＞と＜短期高温接触試験＞を行い、2～3の知見を得たのでここに報告する。

今回の飼育温度別発生試験は、メカイアワビの発生適温範囲、およびその範囲内における発生速度に及ぼす温度の影響を明らかにするとともに、短期高温接触試験を行う場合に重要な試験条件となる予備飼育温度及び接触温度を適切に設定するための知見を得ることを目的としたものである。

一方、適温範囲外の条件下におかれた水生生物について、温度による致死的影響を検討する場合には、接触温度とともに接触時間が温度死亡に関与していることを重視しなければならない。しかしながら、このような観点から水生生物の温度死亡を取り扱った報告はきわめて限られている(COUTANT, 1970a)。今回、筆者らが行った短期高温接触試験は、発生初期における温度死亡を接触時間との関連において明らかにすることを意図したものである。また、この試験においては、メカイアワビ卵の致死温度が、発生段階、ならびに高温接触前の予備飼育温度によって相違するか否かについても検討を加えた。

報告にあたり、供試材料の入手に御協力いただいた鶴原漁業協同組合アワビ種苗生産場(千葉県勝浦市)の滝口和弘氏(現在、千葉県立勝浦高等学校)を始めとする関係各位、また、委託成果の公表を許可して下さった環境庁水質保全局の関係各位に対し、厚くお礼を申し上げる。さらにまた、本稿を御校閲していただいた当研究所中央研究所古川 厚(前)所長、及び深滝 弘所長に謝意を表する。

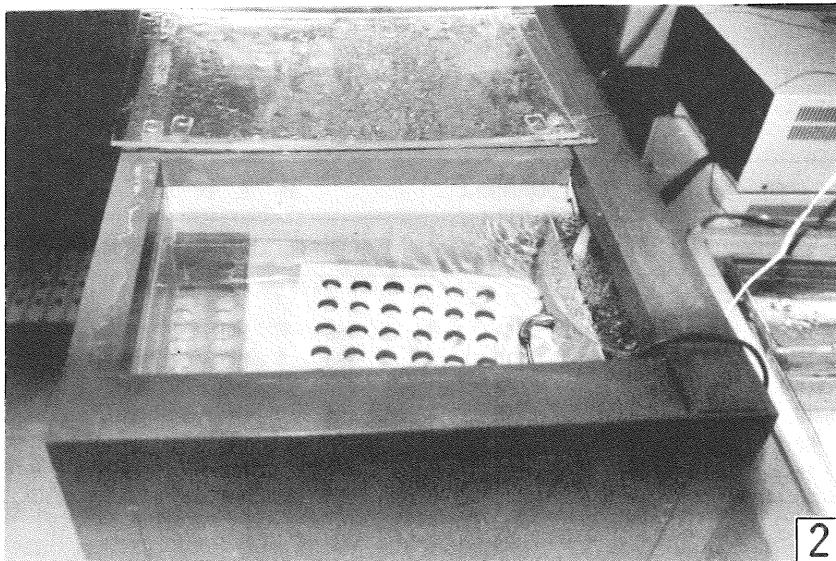
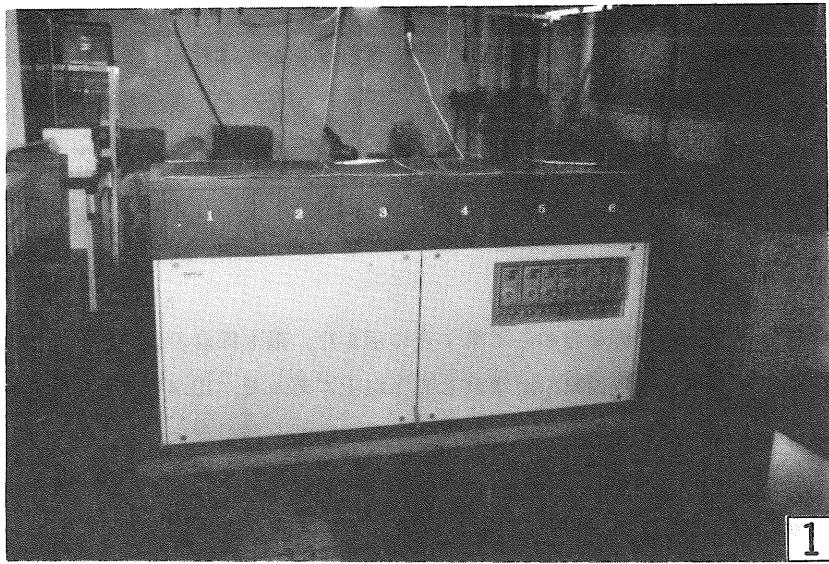
## II. 供 試 材 料

1979年12月3日に、千葉県勝浦市鶴原漁業協同組合のアワビ種苗生産場から入手した受精卵を供試材料とした。この種苗生産場では紫外線照射海水による刺激と温度刺激とを併用して産卵誘発を行っていた。産卵時の水温は18.8°Cであった。入手した受精卵を海水とともにポリエチレン容器に収容し、密閉した状態で当研究所(千葉県御宿町)まで輸送した。輸送に要した時間は30分以内であった。研究所に到着後、直ちにサイフォンを用いて洗卵を3回行い、残留精子等を除去した後に試験に供した。

### III. 飼育温度別発生試験

#### 1. 方法

飼育温度別発生試験には、当研究所で製作した海洋生物温度反応試験装置、MERI-02 (柏木ら, 1980) を用いた(第1図)。この装置は内寸で長さ285×幅375×深さ216mmの恒温水槽を6個連結したものであり、各水槽内の温度を独立して任意に調節できる機能をもっている。



第1図 海洋生物温度反応試験装置〔MERI-02〕  
1. 正面 2. 試験部

今回の試験に当っては、12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 22.5, 24.0°Cの6段階の飼育温度を設定した。試験期間中1時間毎に測定した各水槽の水温範囲とその平均値を第1表に示した。200mlの濾過海水を入れたビーカーを各水槽内に浸漬させ、そのなかで卵を飼育した。受精から試験開始までに1時間50分経過していたため、卵は2～4細胞期に達していた。

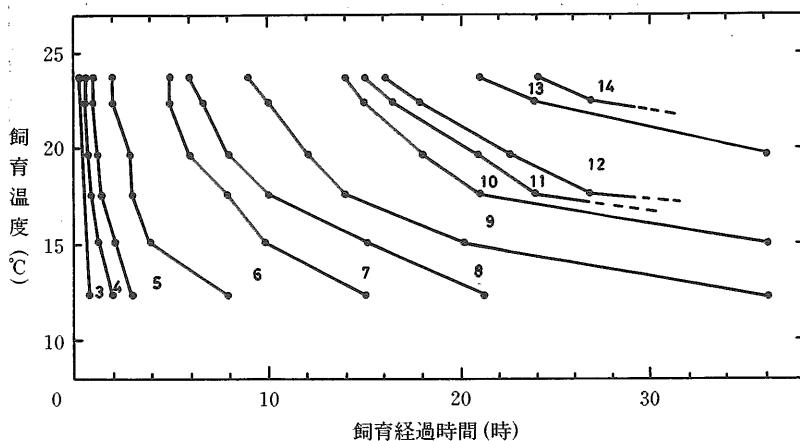
試験を開始してから0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 27, 36, 44, 48, 68時間経過時に、それぞれのビーカー内からピペットを用いて適量のサンプリングを行い、顕微鏡下で発生ステージを区分し、その経過を追跡した。また、卵内で纖毛運動が観察された後から孵化までの期間には、孵化時間を確認するため、上記の定期的なサンプリング以外に、ビーカー内の目視観察を適宜行った。各ビーカー内の飼育群については、幼殻が完成し、足・蓋が形成された時点、もしくは全個体が著しい奇形を呈し、その後の正常な発生が期待し得ないことが判明した時点でホルマリン固定をし、後の検鏡結果に基づいて、孵化率、正常発生率を求めた。

## 2. 結果と考察

各温度における飼育結果を要約して第1表に示した。最も低温の12.4°C飼育群を除く他の5群における正常発生率は、いずれも95%以上であった。12.4°C飼育群では孵化は認められたが、孵化したトロコフォア幼生は、全く幼殻を持たないか、あるいは変形した幼殻を持つ異常個体のみであった。正常な孵化が認められた飼育群で孵化までに要した時間の範囲は、23.7°C群の約9.3時間から15.1°C飼育群の約20時間までにわたっていた。

第1表 メカイアワビ卵の飼育温度別発生試験結果

飼育水温 平均 ℃	飼育水温 範囲 ℃	試験開始より孵化までの時間 分	発生状態		
			観察個体数	孵化率 %	正常発生率 %
12.4	12.3～12.5	2,160	162	100	0
15.1	14.5～15.3	1,210	188	100	97.9
17.6	17.5～17.7	850	126	100	100
19.7	19.6～19.8	720	158	100	96.8
22.5	22.4～22.5	595	162	100	98.8
23.7	23.6～23.7	560	177	100	96.6

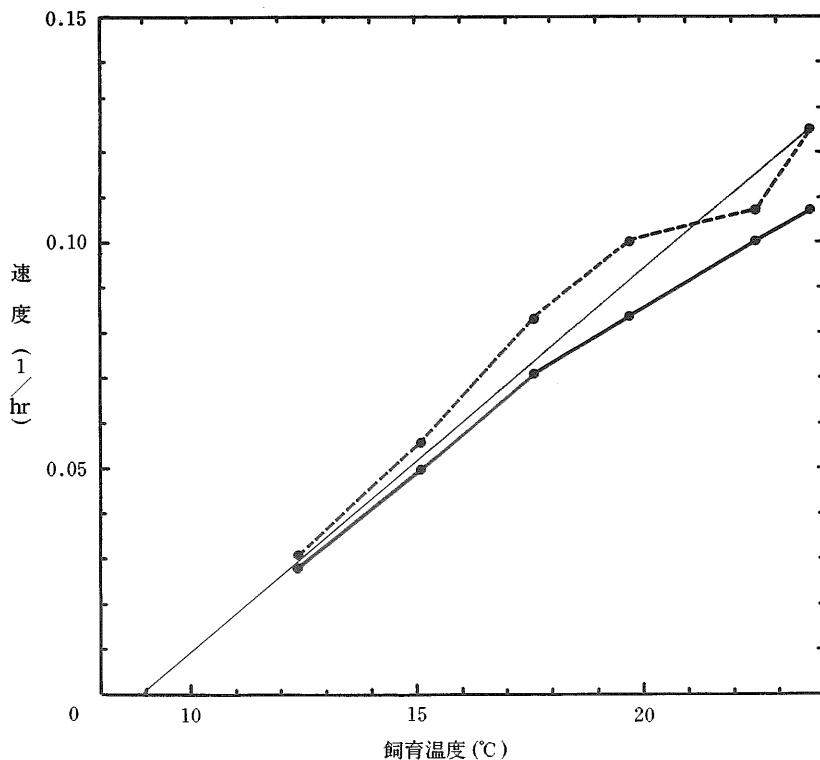


第2図 各飼育温度におけるメカイアワビの発生経過  
番号はステージNo. (第2表参照)

第2表 メカイアワビの発生ステージNo.

ステージNo	発生段階
1	受精卵：分裂前
2	2細胞期
3	4細胞期
4	8細胞期
5	16細胞期
6	桑実期
7	原腸期
8	トロコフォア期：孵化前
9	トロコフォア期：孵化直後
10	トロコフォア期：幼殻形成開始
11	ベリジャー期：面板完成・体の捩れ開始
12	ベリジャー期：幼生けん引筋出現
13	ベリジャー期：幼殻の完成、体を中に引込み得る
14	ベリジャー期：蓋、足の完成、しばしば着底し匍匐

猪野（1952）の記載を参考にして、第2表に示したとおり発生ステージの区分を行つた。この区分に基づいて各飼育温度における発生経過を追跡した結果を第2図に示した。また、第3図には試験開始から孵化までの発生速度と温度との関係を示した。図中の実線は孵化が最初に観察された時点を基準とした速度を、破線は孵化直前の定期的観察時点を基準とした速度を、それぞれ示しております、眞の孵化速度（2～4細胞期から孵化までの所要時間の逆数）は両者の間の値で示されることになる。



第3図 メカイアワビ卵における2～4細胞期から孵化までの  
発生速度 (1/hr) と飼育温度との関係

関ら (1977) は、ある発生ステージに達するまでの発生速度と水温との関係は次式で表されたとした。

$$1/t = aT - b$$

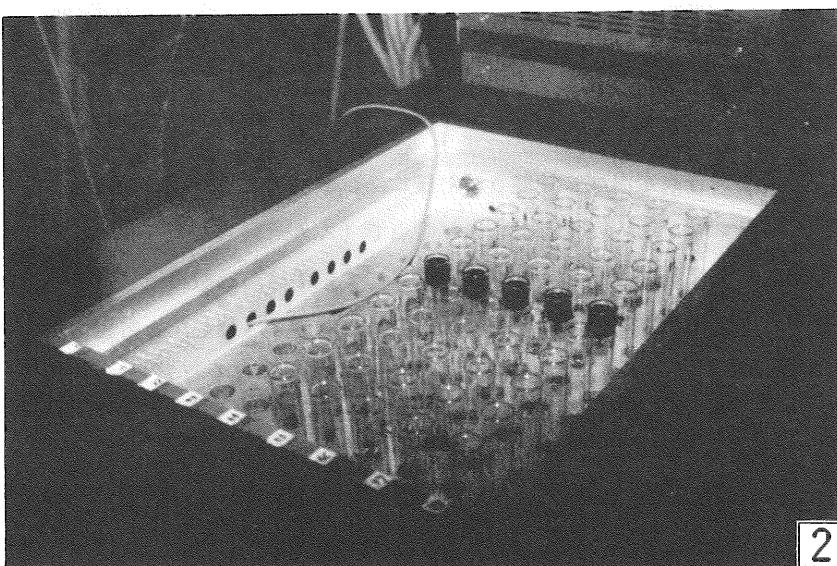
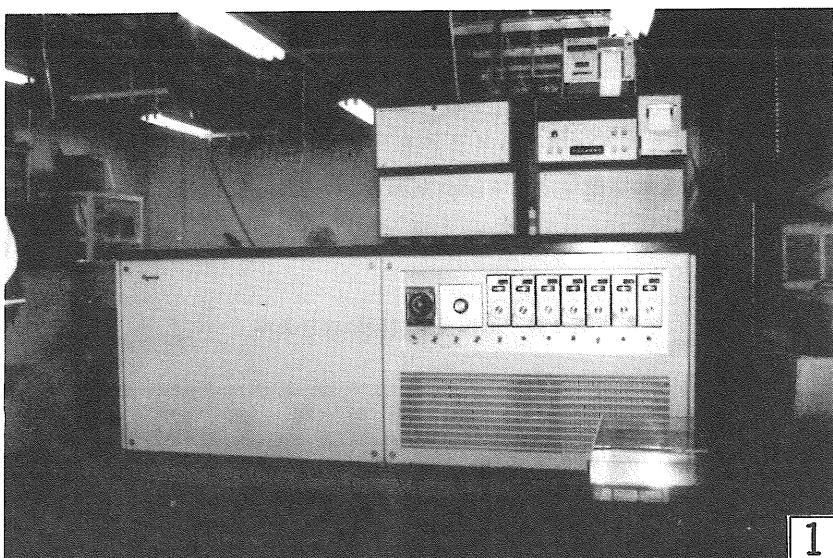
ここに、 $t$ ：時間、 $T$ ：水温、 $a, b$ ：定数である。この直線と $T$ 軸との交点を生物学的零度として、ある発生段階に至るまでに要する時間は、生物学的零度を越えた温度の時間的な積算値によって示すことができるとしている。

今回の試験では、17.6°C飼育群を境界として屈折する結果となった(第3図)。このことは、17～18°C付近に変曲点が存在する可能性を示唆するものである。図中の実線と破線の間に1つの想定直線をひくことは必ずしも妥当ではないが、この想定直線から強いて生物学的零度を求めてみると、それは約9°Cとなり、関らがクロアワビ、マダカアワビについて得た結果とほぼ一致する。

#### IV. 短期高温接触試験

##### 1. 方法

短期高温接触試験には、海洋生物温度反応試験装置、MERI-01(柏木ら、1980)を用いた(第4図)。この装置の温度設定方式は、KELLERら(1968)やHIDUら(1974)が植物プランクトンやカキ類幼生等の試験のために用いたものと同じである。この装置の場合、アルミニュウム・ブロックの大きさは、長さ620×幅430×高さ102mmであり、その



第4図 海洋生物温度反応試験装置〔MERI-01〕  
1. 正面 2. 試験水槽部 (No. 6側)

一端側に比較的高温の淡水を貫流させて加温し、対向する他の一端側に比較的低温の淡水を貫流させて冷却することによって、ブロック自体に温度勾配を形成させたものである。ブロック内には88個(11×8)の試験管挿入孔(Φ24mm)が設けられており、試験管内に収容された海水や卵等に対して11段階の接触温度が得られ、各温度段階について同時に8組の試験を行うことができる。

ブロック内に挿入する各試験管内の濾過海水量は30mlとし、予め各所定温度に到達させておいた各試験管内へ、ピペットを用いてメカイアワビ卵を静かに収容することによって、それぞれの温度に接触させた。今回の試験では、2～4細胞期の卵(ステージNo.2～3)と、15.1°Cおよび19.7°Cの水温で飼育し、トロコフォア期に達して卵内で纖毛運動を開始したステージの卵(ステージNo.8)について、それぞれ高温接触を行った。

試験条件は第3表に示したとおりで、接触時間は2～4細胞期卵については7.5分から1,440分(24時間)までの8段階、トロコフォア期卵については7.5分から60分までの4段階とした。また、接触温度は2～4細胞期卵については22.4～31.6°C、トロコフォア期卵については24.6°Cもしくは24.7°Cから39.4°Cまでとした。

第3表 高温接触試験の設定条件

発生ステージ	飼育 <sup>1)</sup> 温度	接 触 時 間 (分)								接觸温度 範 囲
		7.5	15	30	60	180	360	720	1440	
2～4細胞期卵	(18.8)	○	○	○	○	○	○	○	○	22.4～31.6
トロコフォア期卵	15.1	○	○	○	○	—	—	—	—	24.6～39.4
トロコフォア期卵	19.7	○	○	○	○	—	—	—	—	24.7～39.4

1) カッコ内は受精時水温

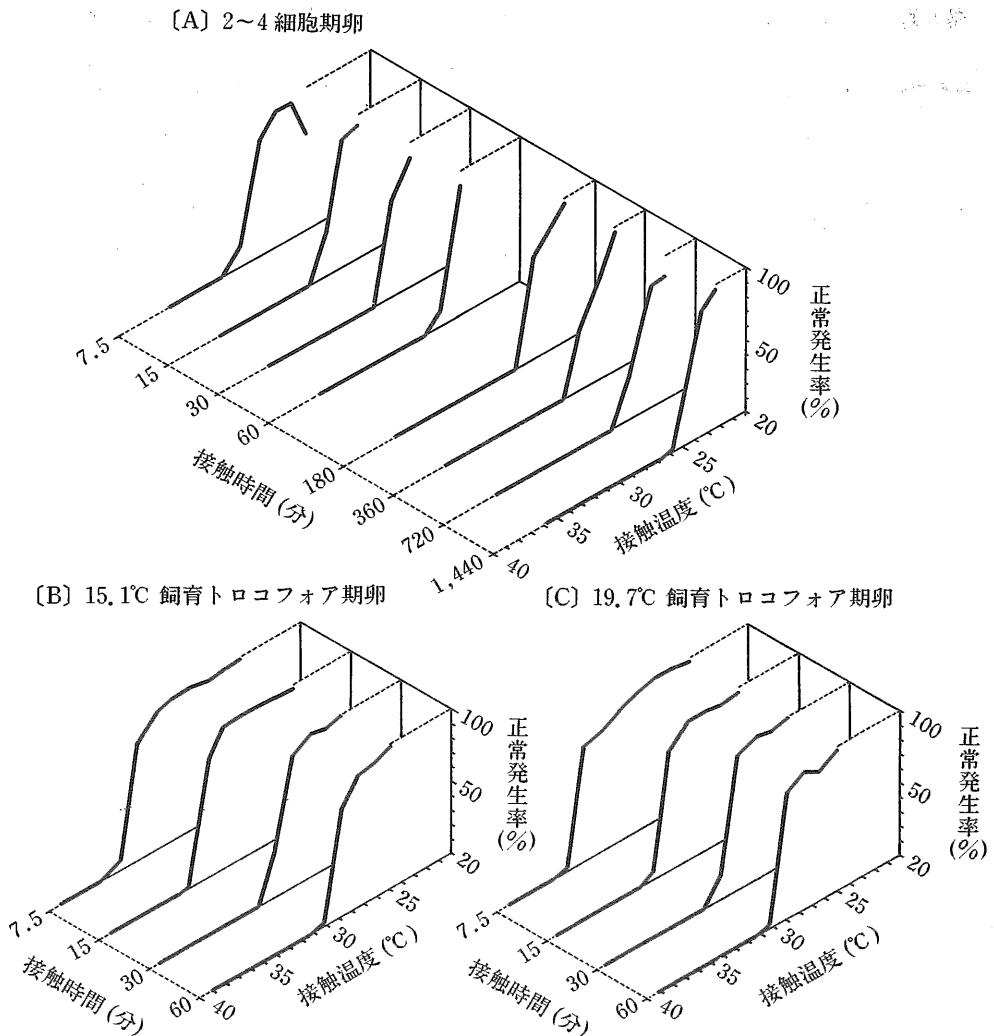
所定の時間だけ各設定温度に接触させた後に、試験管ごと15.5°Cの水槽内に移して飼育を続け、ベリジヤー期への変態がすんだ時点で(ステージNo.13～14)遊泳状態を観察したのち、ホリマリンで固定した。固定標本については、顕微鏡下で外部形態に基づいて孵化の有無、幼殻形成の有無、異常個体、正常個体を区分し、正常発生率(正常個体数/全計測個体数)を求め、半数致死(半数正常発生)温度を算定した。

## 2. 結果と考察

### 1) 2～4細胞期卵

試験結果を第5図[A]及び第4表に示した。

第5図中に破線で示した部分は設定した接觸温度範囲外の部分であり、時間軸は対数



第5図 メカイアワビ卵に対する短期高温接触試験結果

目盛で示されている。

正常発生の上限温度は接觸時間の増大とともに低下し、7.5分間接触区では28.9°Cにおいても81.6%の正常個体が認められたのに対し、1,440分間(24時間)接觸区では、25.8°Cで僅かに2.6%の正常個体しか認められなかった。

2~4細胞期卵の半数致死温度と接觸温度との関係を第6図中に示した。図中の破線より下の部分は、前述した銅育温度別発生試験の設定温度範囲であり(第1表)、その範囲の上限である23.7°Cにおいても96.6%の個体が正常な発生を示した。2~4細胞期卵の半数致死温度は7.5分間接触区の29.6°Cから1,440分間接触区の24.5°Cまで、接觸時間の延長に伴い低下した。

第4表 18.8°Cで受精させたメカイアワビの2~4細胞期卵に対する短期高温接触試験結果

接触時間	接触温度(°C)	—	—	25.1	26.4	27.6	28.9	30.3	31.8	33.1	34.4	36.0
7.5分	供試個体数	—	—	56	69	72	76	27	1) <sup>1)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	65
	孵化率(%)	—	—	94.6	100.0	100.0	100.0	85.1	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0
	正常発生率(%)	—	—	66.1	95.7	94.4	81.6	14.8	0	0	0	0
15分	接触温度(°C)	—	—	24.9	26.3	27.5	28.8	30.3	31.7	33.2	34.5	36.0
	供試個体数	—	—	92	110	31	44	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	109	96
	孵化率(%)	—	—	97.8	95.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0
	正常発生率(%)	—	—	93.5	89.1	29.0	0	0	0	0	0	0
30分	接触温度(°C)	—	—	24.8	26.3	27.6	29.0	30.4	31.7	33.2	34.5	36.1
	供試個体数	—	—	79	66	69	62	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	145	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	—	—	96.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0	0
	正常発生率(%)	—	—	89.9	66.7	0	0	0	0	0	0	0
60分	接触温度(°C)	—	—	24.8	26.3	27.6	29.1	30.4	31.6	33.1	34.4	36.1
	供試個体数	—	—	63	45	85	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	52	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	—	—	100.0	97.8	100.0	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0	0	0
	正常発生率(%)	—	—	90.5	11.1	0	0	0	0	0	0	0
180分	接触温度(°C)	22.5	23.6	24.9	26.3	27.5	29.0	30.4	31.7	33.0	34.5	36.0
	供試個体数	106	115	75	42	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	66	82	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	99.1	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0	0	0	0
	正常発生率(%)	97.1	82.6	70.7	0	0	0	0	0	0	0	0
360分	接触温度(°C)	22.5	23.6	25.1	26.5	27.7	29.0	30.5	31.7	33.0	34.6	35.9
	供試個体数	148	134	71	71	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	97	88	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0	0	0	0
	正常発生率(%)	96.6	70.9	42.3	0	0	0	0	0	0	0	0
720分	接触温度(°C)	22.4	23.6	25.3	26.6	27.7	29.1	30.4	31.6	33.0	34.4	35.9
	供試個体数	65	97	99	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	140	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0	0	0	0	0
	正常発生率(%)	86.2	84.5	29.3	0	0	0	0	0	0	0	0
1,440分	接触温度(°C)	22.4	23.6	25.7	26.6	27.8	29.1	30.5	31.7	33.1	34.4	35.9
	供試個体数	126	118	38	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	2) <sup>2)</sup>	56	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>	1) <sup>1)</sup>
	孵化率(%)	98.4	100.0	97.4	100.0	100.0	3) <sup>3)</sup>	0	0	0	0	0
	正常発生率(%)	97.6	86.4	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0

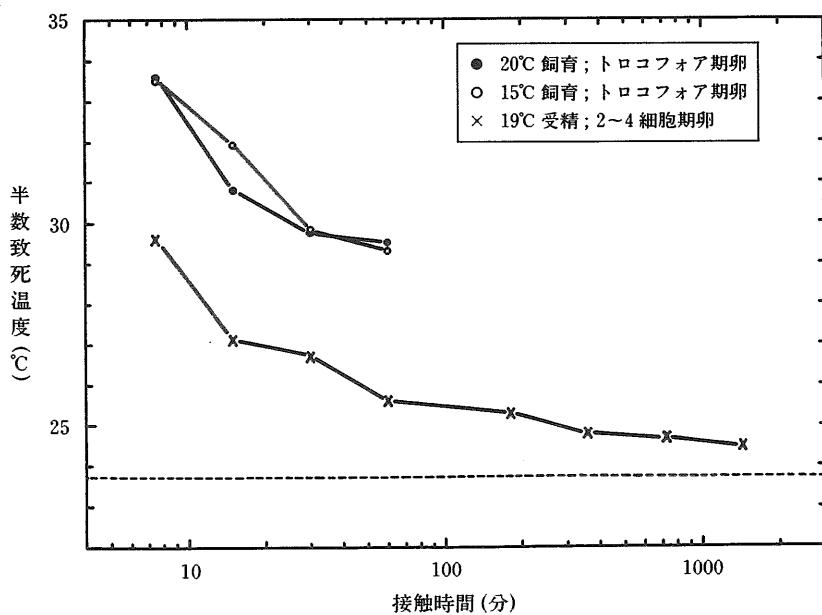
1) : 孵化せず計数を略す。

2) : 孵化はしたものの小球に分裂し個体として計数不能。

3) : 計数不能個体と、孵化しない個体が混在し、孵化率を求められず。

しかしながら、致死温度と接触時間の対数との間には、FRYら(1946), BRETT(1956), COUTANT(1970a, b)が、サケ科魚類について示したような直線関係は認められず、時間(の対数)の延長に伴い致死温度の低下は緩やかになり、24~25°C付近でほぼ一定となる傾向が認められた。

前述の飼育温度別発生試験とこの試験の結果を総合すると、メカイアワビ卵が正常に発生し得る温度の上限は24°C台付近にあるものと推定される。また、前述の発生試験結果によると、正常孵化率が12.4°Cで0%, 15.1°Cで97.9%であったので、メカイアワビ卵は、少なくとも15°Cにおいては正常に発生できることになる。したがって、今回の試験によって、確認し得た発生適温範囲は15~24°Cとなる。これは、金子ら(1976)が得た13.5~24.5°Cという結果とほぼ一致している。



第6図 メカイアワビ卵における接触時間と半数致死温度との関係

## 2) トロコフォア期卵

試験結果を第5図〔B〕、〔C〕及び第5表、第6表に示した。また、正常発生率に基づいて算出した半数致死温度と接触時間との関係を第6図中に示した。15.1°C飼育群と19.7°C飼育群の半数致死温度の間には、7.5、30、60分間接触区の範囲内では殆ど差は認められなかった(第6図)。僅かに15分接触区において約1°Cの差がみられたが、この程度の差で予備飼育温度によって致死温度が異なると断定することは妥当ではないと考えられる。

一方、トロコフォア期卵の半数致死温度と2~4細胞期卵のそれとを比較すると、7.5~60分間接触区では、いずれもトロコフォア期卵の半数致死温度の方が、2~4細胞期卵のそれよりも約3~5°C高い値を示した。

以上の事実から、メカイアワビ卵の高温耐性には発生ステージによってかなり大きな差のあることが明らかにされた。高温耐性が発生ステージによって異なることは、クロアワビを始め、他の水生動物の卵、稚仔においても広く認められる事実であり(木下ら、1982)，卵、稚仔等の高温耐性を検討する場合には、この点を十分考慮する必要がある。この点においてはメカイアワビ卵も例外ではないと考えられる。

第5表 15.1°Cで予備飼育したメカイアワビのトロコフォア期卵に対する短期高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接触 温度(°C)	24.7	26.0	27.3	28.7	30.1	31.4	32.9	34.2	35.9	37.5	39.2
	供試個体数	115	270	109	117	67	85	108	58	2)	2)	98
	孵化率(%)	100.0	100.0	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3)	3)	0
	正常発生率(%)	98.3	98.1	97.2	99.1	98.5	95.3	81.5	6.9	0	0	0
15分	接触 温度(°C)	24.6	26.0	27.3	28.8	30.1	31.3	32.8	34.1	35.8	37.5	39.2
	供試個体数	80	109	97	106	118	100.0	75	2)	2)	63	1)
	孵化率(%)	97.5	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0
	正常発生率(%)	97.5	98.2	99.0	99.1	98.3	81.0	1.3	0	0	0	0
30分	接触 温度(°C)	24.8	26.0	27.3	28.7	30.1	31.4	32.8	34.3	35.8	37.6	39.4
	供試個体数	50	86	90	90	73	93	2)	2)	72	81	1)
	孵化率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0	0	0
	正常発生率(%)	100.0	97.7	98.9	91.1	32.9	0	0	0	0	0	0
60分	接触 温度(°C)	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.4	32.7	34.3	35.7	37.4	39.2
	供試個体数	64	88	67	79	57	2)	2)	2)	88	1)	1)
	孵化率(%)	100.0	97.7	100.0	100.0	96.5	100.0	100.0	3)	0	0	0
	正常発生率(%)	98.4	93.2	91.0	73.4	3.5	0	0	0	0	0	0

第6表 19.7°Cで予備飼育したメカイアワビのトロコフォア期卵に対する短期高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接触 温度(°C)	24.7	26.2	27.5	28.9	30.2	31.6	33.1	34.4	36.0	37.6	39.2
	供試個体数	53	61	56	70	73	90	132	192	2)	2)	62
	孵化率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	100.0	99.2	99.4	100.0	100.0	0
	正常発生率(%)	98.1	100	100	97.2	91.8	84.4	80.3	3.6	0	0	0
15分	接触 温度(°C)	24.7	26.2	27.4	28.9	30.3	31.5	32.9	34.3	35.9	37.6	39.3
	供試個体数	32	123	107	83	74	66	56	2)	2)	2)	66
	孵化率(%)	100.0	96.7	100.0	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3)	0
	正常発生率(%)	96.9	95.1	97.2	96.4	83.8	6.1	0	0	0	0	0
30分	接触 温度(°C)	24.8	26.2	27.4	28.9	30.2	31.6	32.9	34.4	35.9	37.7	39.4
	供試個体数	38	75	102	83	143	39	2)	2)	2)	2)	91
	孵化率(%)	100.0	100.0	99.0	97.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3)	0
	正常発生率(%)	100.0	97.3	99.0	92.8	16.8	0	0	0	0	0	0
60分	接触 温度(°C)	25.0	26.4	27.6	28.9	30.3	31.6	32.9	34.5	35.8	37.5	39.2
	供試個体数	50	60	43	65	39	59	2)	2)	2)	46	1)
	孵化率(%)	100.0	91.7	95.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	3)	0	0
	正常発生率(%)	98.0	90.0	95.3	87.7	2.6	0	0	0	0	0	0

<sup>1)</sup> : 孵化せず計数を略す。<sup>2)</sup> : 孵化はしたもの的小球に分裂し、個体として計数不能。<sup>3)</sup> : 計数不能個体と、孵化しない個体が混在し、孵化率を求められず。

## V. む す び

前述のとおり、今回の試験から得られた2～4細胞期卵の接触時間（対数）と致死温度とは、COUTANTらが示したような直線的関係とはならなかった。COUTANTらの場合は、サケ科の幼魚または成魚を供試材料としているのに対し、今回の場合は、生理状態が急速に、しかも不可逆的に変化する＜卵＞を供試材料としており、高温接触期間中にも比較的低温区では発生が進行し、高温耐性がこの期間中にも変化していくことが、サケ科魚類の場合との相違を生じさせた原因の1つであると考えられる。

しかしながら、今回採用した試験方法から得られた結果を、COUTANT（1970a）のいう＜温度ショックに対する生残ノモグラフ＞と同様に活用することは可能であり、卵・稚仔を対象にして考察を行う場合には一層有効であろう。

今回の短期高温接触試験結果を用いて、メカイアワビ卵の発電所施設内連行影響のうち、昇温に関する側面のみについて考察する。考察の前提として、メカイアワビ卵が取水路内へ取り込まれて、復水器内通過時に7°Cの昇温を経験したのち、放水管、放水路、放水口等を経て、再び前面海域に到達するまでに15分間を要するという仮定をおくことにする。

今回の産卵時水温は18.8°Cであったが、メカイアワビを含む日本産アワビ類の産卵水温が20°C前後であることは、すでに明らかにされている（猪野、1952；木下、1950；など）。したがって、産卵盛期には、復水器通過によって水温が27°Cまで上昇するとして、第6図を適用すると、トロコフォア期卵の15分間接触における半数致死温度は30°C台～31°C台であるから、少なくとも発電所施設内における昇温影響に関する限り、問題はない。一方、2～4細胞期卵の15分接触における半数致死温度は約27°Cであるから、施設内の昇温影響のみに対しても危険なレベルとなる。しかしながら、第2図から明らかなように、初期発生期間中に占める2～4細胞期の時間的な割合は限られているので、この危険を過大視することは必ずしも妥当ではなく、発生の進行に伴う高温耐性の変化過程を把握したうえで、より的確な評価を行う必要があると考えられる。

以上は、発電所施設内通過影響のうち、昇温という側面のみに限定した考察であるが、他の側面である機械的影響、薬剤処理に伴う化学的影響をも考慮に入れる必要があり、さらにまた、メカイアワビの資源量水準に及ぼす影響の有無という問題になると、周辺海域における卵や幼生等の現存量中に占める発電所通過量の割合等を基本とする、より総合的な判断が必要である。

## 引 用 文 献

- BRETT, J.R. (1956). Some principles in the thermal requirements of fishes. *Quart.Rev.Biol.*, 31(2) : 75-87.
- COUTANT, C.C. (1970a). Biological aspects of thermal pollution. I. Entrainment and discharge canal effects. *CRC Critical Reviews of Environmental Control*, 1(3) : 341-381.
- COUTANT, C.C. (1970b). Thermal resistance of adult coho (*Oncorhynchus kisutch*) and jack chinook (*O. tshawytscha*) salmon, and adult steelhead trout (*Salmo gairdneri*) from the Columbia River. BNWL-1508, Battelle Northwest Laboratory, Richland, Washington, 24pp.
- FRY, F.E.J., J.S.HART and K.F.WALKER (1946). Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout (*Salvelinus fontinalis*). *Univ.Trout Studies, Biol.Ser., Pub.Qut.Fish.Res.Lab.*, 66 : 5-35.
- HIDU, H., W.H.ROOSENBURG, K.G.DROBECK, A.J.MCERLEAN and J.A.MIHURSKY (1974). Thermal tolerance of oyster larvae, *Crassostrea virginica* GMELIN, as related to power plant operation. *Proc.Nat.Shellfisheries Assoc.*, (64) : 102-110.
- 猪野 峻 (1952). 邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究. 東海区水研報, (5) : 1-102.
- 金子信一・大場俊雄・佐藤秀一・遠山忠次 (1976). アワビ属の孵化, 輪匐に及ぼす水温の影響について. 千葉県水試研報, (35) : 65-77.
- 柏木正章・道津光生・深瀧 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.
- KELLER, E.C.JR., and C.S.NAGLE JR., (1968). The effects of saline-thermal-bacterial interaction on populations of primary producers. *Proc. Penn. Acad. Sci.*, (47) : 97-106.
- 木下秀明・道津光生・古川 厚 (1982). 水生生物の温度耐性-IV. 初期発生過程における高温耐性の変化についての一考察. 昭和57年度日本水産学会春季大会講演要旨集 : 28.
- 木下虎一郎 (1950). 鮑の知識とその増殖. 水産科学叢書, 第6輯, 北方出版社, 64pp.
- 関 哲夫・菅野 尚 (1977). エゾアワビの初期発生と水温による発生速度の制御. 東北区水研報, (5) : 1-102.