



REPORT  
OF  
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

# 海洋生物環境研究所研究報告

No. 82201

## アオリイカの卵及び孵化幼生の高温耐性

昭和57年12月

December, 1982



海生研報告, No. 82201 : 1—30, 1982  
Rep. Mar. Ecol. Res. Inst., No. 82201 : 1—30, 1982

## アオリイカの卵及び孵化幼生の高温耐性

木 下 秀 明

### Thermal Tolerance of Eggs and Larvae of a Squid, *Sepioteuthis lessoniana* LESSON, (Decapoda, Mollusca)

HIDEAKI KINOSHITA

**Abstract:** Experiments were carried out using the eggs of a squid, *Sepioteuthis lessoniana* LESSON, from Ago Bay and Tokyo Bay to investigate the upper limits of hatchable or tolerable temperatures in the early embryonic, late embryonic and newly hatched larval stages, respectively. The results obtained were as follows; 1) In the case of abrupt exposure to higher temperatures, 27 to 35°C, the upper limit of normal hatch was 31-32°C in both embryonic stages. 2) In gradual, stepwise exposure with a 2°C increase every 24 hr, the upper limit was 32-33°C in the early embryonic stages, whereas 33°C or higher in the late embryonic stage. 3) The LT<sub>50</sub> in the late stage under conditions of short-term exposures of 3 to 24 hr was 32-33°C, while with exposures of less than 1 hr, it was as high as 35-39°C, indicating that the shorter the exposure, the better the survival. 4) The LT<sub>50</sub> in newly hatched larvae lay between 33 and 35°C regardless of the period of exposure.

**Keywords:** Squid, *Sepioteuthis lessoniana* LESSON, Egg, Larva, Temperature, Tolerance, LT<sub>50</sub>

**要約：**水産上重要なイカ類の1種であるアオリイカの受精卵を、英虞湾沿岸（三重県浜島町）及び東京湾沿岸（千葉県鋸南町）から入手し、その孵化上限温度等を明らかにする実験を行った。25°Cで飼育中の発生初期卵（卵割中または卵割終了直後）及び発生後期卵（胚体の形態形成ほぼ終了）を、27~35°Cの間に設定した5段階の各温度に移して飼育を続け、それぞれの正常孵化率（正常個体孵化率）を求めるという長期高温接触試験を行った。卵の高温移行には、25°Cから各温度へ直接移行する方法と、12時間もしくは24時間おきに2°Cずつ段階的に移行する方法とを採用し、孵化上限温度が移行方法によって相違するか否かについても検討した。また、25°Cで飼育中の発生後期卵を材料として、29~39°Cの間に設定した6段階の各温度に対して、それぞれ7.5分~48時間にわたる7~8段階の時間だけ接触させたのち、再び25°Cに戻すという短期高温接触試験を行い、正常孵化率を求めた。さらにまた、東京湾産受精卵から得られた孵化直後の幼生に対して、ほぼ同様な短期高温接触試験を行い、その高温耐性についても予察的な知見を得た。

直接移行法による孵化上限温度は、発生初期卵、発生後期卵とも31~32°Cであった。2°C/24時間の段階的移行によると、この温度は、発生初期卵では32~33°C、発生後期卵では33°Cまたはそれ以上であった。後期卵に対する短期高温接触試験の結果によれば、その孵化上限温度は、3~24時間という比較的長時間接触では32~33°Cに収束し、1時間以内の短時間接触では35~39°Cで、接触時間が短くなるほどより高温になるという傾向が認められた。孵化幼生に対する短期高温接触試験では、接触開始後約1昼夜経過時の観察から、接触時間の長短(7.5分~24時間)にかかわりなく、接触温度33°C以下では殆どすべての個体が生残し、35°C以上では全個体が死亡するという結果が得られた。

**キーワード：**アオリイカ、卵、幼生、温度、耐性、LT<sub>50</sub>。

目 次

I. まえがき	3	(1)直接移行試験	15
II. 材料と方法	3	(2)段階的移行試験	15
1. 供試材料	3	2) 短期高温接触試験	16
2. 試験方法	5	3. 孵化幼生の高温耐性	19
1) 長期高温接触試験	5	4. 要約と総合的考察	20
2) 短期高温接触試験	8	1) 長期高温接触試験	20
3) 試験装置と飼育用水管理	8	(1)方法	20
III. 結果と考察	9	(2)結果	20
1. 発生初期卵の孵化上限温度	9	2) 短期高温接触試験	21
1) 長期高温接触試験	9	(1)方法	21
(1)直接移行試験	9	(2)結果	21
(2)段階的移行試験	12	3) 総合的考察	22
2. 発生後期卵の孵化上限温度	15	引用文献	22
1) 長期高温接触試験	15	付 表	23

## I. まえがき

アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* LESSON は、頭足類、ツツイカ目、ジンドウイカ科に属し、地方によってはモイカ、バショウイカ、クツイカ、シロイカ、ミズイカ、イズイカ等とも呼ばれている。最大体型は外套背長で30数cm、体重で2kg近くにも達し、漁業対象として重要なイカ類の1種となっている。このイカの産卵期は一般に5~6月といわれ、産卵時には接岸して、海藻類等の付着基盤のうえに、通常数個づつの卵をつつむ“さやえんどう”状の卵嚢を1単位として、これらを房状もしくは塊状に産みつけるという習性をもっている。

このイカの卵発生については崔・大島(1960)、幼生の飼育等については大島・崔(1961)、CHOE(1966)、笹生(1979)、瀬川(1979a, b; 1980)の報告がある。しかし、卵の発生、孵化、幼生の生残等に及ぼす環境要因の影響については、筆者の知る限りでは殆ど報告がなく、僅かに崔・大島(1960)とCHOE(1966)のなかに、塩分に関する記載がみられるにすぎない。

筆者は、水温上昇がアオリイカ卵の発生、孵化等に及ぼす影響を把握することを目的とした実験を担当し、卵の孵化上限温度ならびに孵化幼生の高温耐性について知見を得たので、ここに報告する。

この実験に用いたアオリイカ卵の入手には、(株)中部環境緑化センター、ならびに保田漁業協同組合(千葉県鋸南町)の関係各位から多大の御協力をいただいた。特に保田漁協の笹生昇氏からは、採卵等について実践的な御指導をいただいた。また、卵の輸送方法等については東京水産大学の瀬川進氏から適切な御助言をいただいた。これらの各位に対し、心から厚くお礼を申し上げる。さらにまた、この研究の機会を与えられ、本稿を御校閲していただいだ当研究所中央研究所、吉川厚所長、深滝弘所長代理、柏木正章総括研究員にも謝意を表する。

## II. 材料と方法

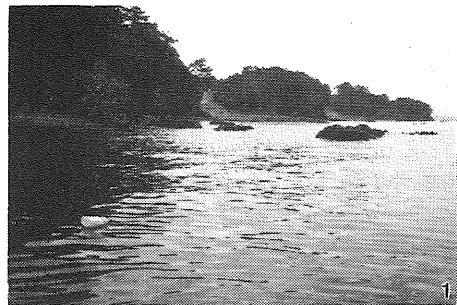
### 1. 供試材料

本実験に用いたアオリイカ受精卵の入手先は、英虞湾口の三重県浜島町沿岸と東京湾内の千葉県鋸南町保田沿岸の2ヵ所である(第1図)。英虞湾産の卵は、水深1.5~3mの砂泥底に生育するアマモのうえに自然産卵されたもので、その卵塊を1982年6月30日と7月20日の2回にわたって採集した。東京湾産の卵は、定置網に入った親イカを海上網活簀内に収容しておき、そのなかへ予め付着基盤として沈設しておいたホンダワラ科の海藻のうえに産みつけさせたものであり、これらの卵を同年7月3日と7月21日の2回にわたって採集した。

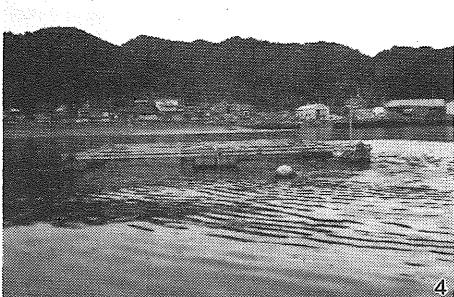
採集された受精卵は、海水と酸素を封入したビニール袋内に収容し、それぞれの産地から当研究所中央研究所(千葉県御宿町)まで、アイスボックスを利用して輸送した(第2図)。受精卵採集時の現地表層水温が、英虞湾では23.2~24.4°C、東京湾では21.8~22.2°Cであったこと(第1表)等を考慮にいれて、研究所においては、23°Cに保持した水槽内に卵を12~24時間収容したのち、25°Cの恒温水槽へ移して流水条件下で飼育を続け、これを対照群とするとともに、各高温接触試験に対する材料供給源とした。

前述の採集方法から卵の産出日については、直接確認することはできなかった。しかしながら、採集にあたっては、卵嚢の外観等によって、できるだけ産卵後の経過日数の少ないものを選別するように努めた\*。対照群の大部分は、25°Cで飼育を開始してから15~22日後の間

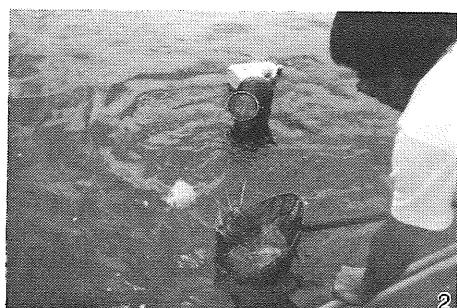
\*産卵直後の卵嚢は、半透明感のあるきれいな白色を呈しているが、日数の経過とともに微細藻類が表面に付着し、しだいに褐色を呈していく。



1



4



2



5



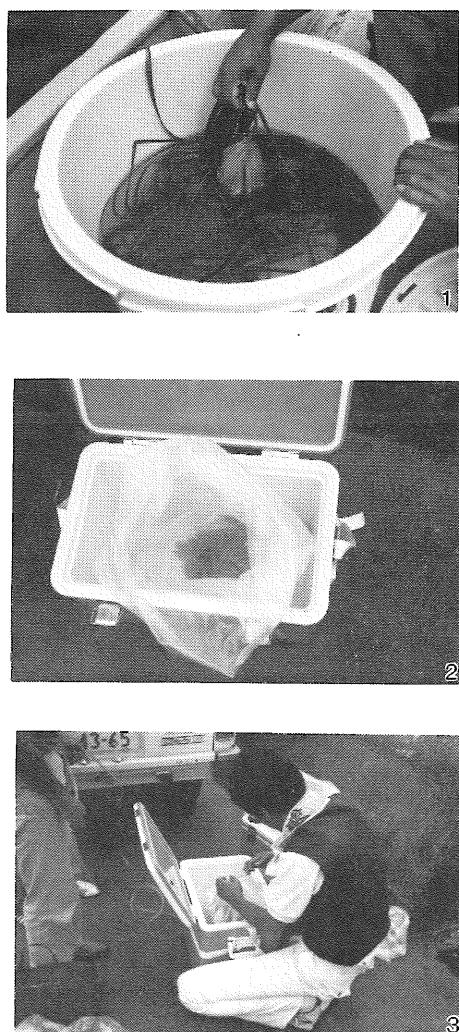
3



6

第1図 アオリイカ卵の採集

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 英虞湾における採集地点     | 4. 東京湾における親イカ収容活貯 |
| 2. 同湾アマモ場内自然産出卵の採集 | 5. 活貯内産出卵の採集      |
| 3. 同 上             | 6. 同 上            |



第2図 アオリイカ卵の輸送準備

1. 採集直後のアマモに付着した卵嚢
2. アイスボックスに収容
3. 輸送直前の酸素封入

に孵化した(後出、第7図及び第8図参照)。ちなみに崔・大島(1961)によれば、アオリイカの卵は、水温23.5~24.0°Cという飼育条件下で、産卵後約26日で孵化するとされている。第3図には、崔・大島(1961)が報告したアオリイカ卵の発生過程図を一部改変して示した。また、第4図には今回の試験中に撮影したアオリイカ卵の発生過程についての顕微鏡写真を示した。

卵に対する高温接触試験は、“発生初期卵”と“発生後期卵”的2ステージについて実施した。前者は卵割中または卵割終了直後のステージ(第4図1~3)に相当し、25°C飼育で15~20日後に孵化するものであった。後者は卵内胚体の形態が孵化幼生のそれに近づき、すでに眼球の色素や墨汁囊も明瞭に認められるステージ(第4図6)に相当し、25°C飼育では6~8日後に孵化するものであった。

なお、1個の卵嚢内に含まれている卵数は0~10個にわたっていたが、5~7個の場合が多くだったので(第5図)、この範囲内の卵数をもった卵嚢を選んで、各接触試験の供試材料とした。

## 2. 試験方法

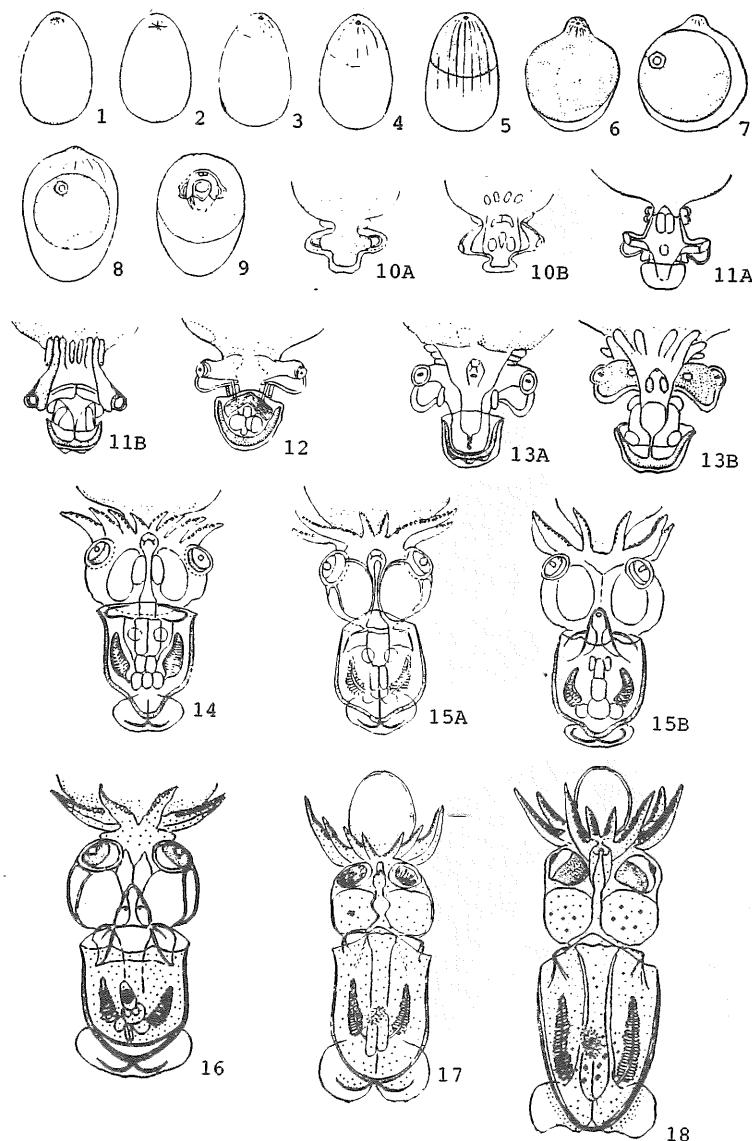
アオリイカ卵の孵化上限温度等を把握するために、“長期高温接触試験”及び“短期高温接触試験”を行った(第1表)。それらの具体的な試験方法は次のとおりであった。

### 1) 長期高温接触試験

25°Cで飼育中の卵を、27°Cから35°Cの間に、原則として2°Cおきに設定した5段階の温度に移し、それぞれの温度を一定に保持したま

第1表 試験方法別供試材料の要約

卵の 採集地	採集年月日	採集地 表層水温	供試 卵塊数	総卵嚢数	高温接触 ステージ	長期高 温接 触試 験		短期高 温接 触試 験
						直接移行	段階的 移行 2°C/12時間 2°C/24時間	
英虞湾	1982. 6. 30	23.2°C	3	300	初期卵	○	—	—
	7.20	24.4	1	162	後期卵	○	—	○
東京湾	1982. 7. 3	21.8	1	244	初期卵	○	—	—
	7.21	22.2	1	205	後期卵	○	○	—
					初期卵	○	○	—
					後期卵	—	—	○
					孵化幼生	—	—	○



第3図 アオリイカ卵発生ステージ (A : 背面側, B : 腹面側)

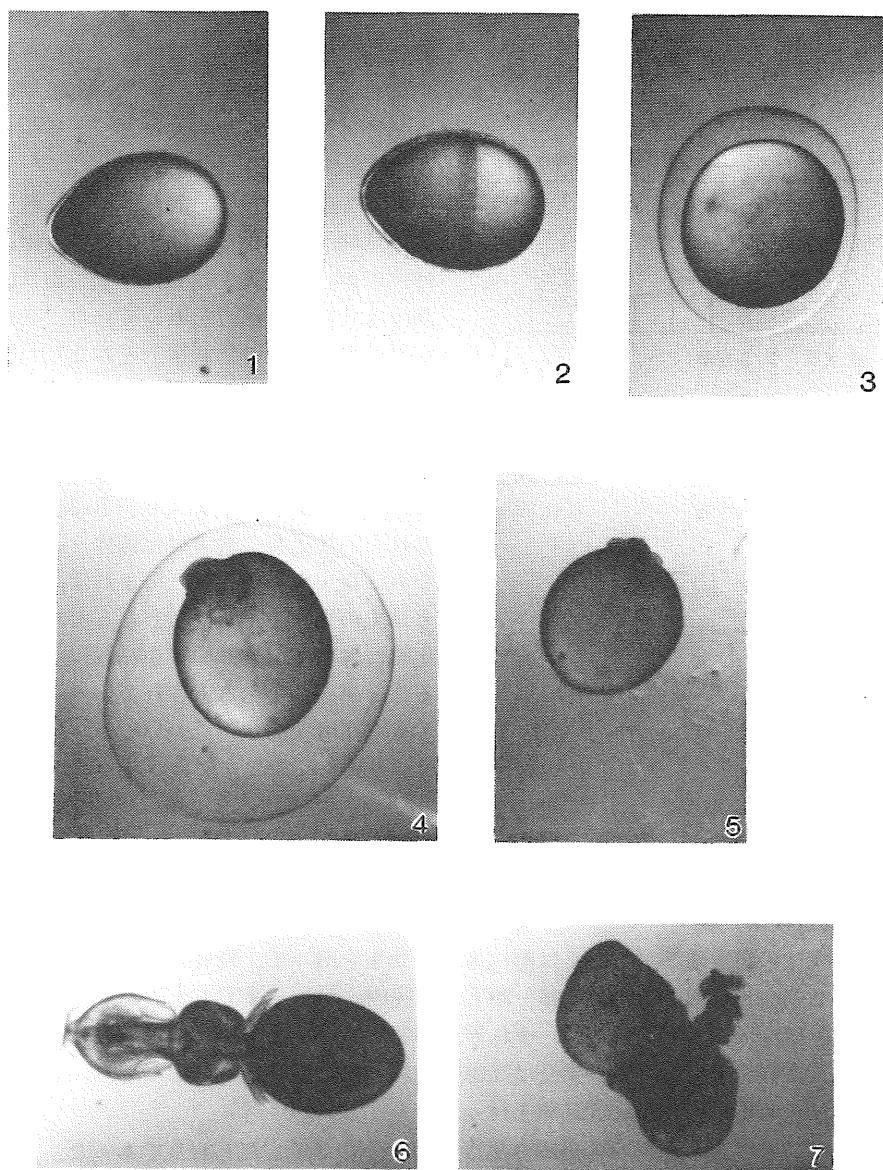
ステージ

- No. 1. 胚盤わずかに隆起  
2. 8細胞期  
3. 16細胞期: 11%被覆  
4. 桑実期: 24%被覆  
5. 43%被覆  
6. 囲卵黄腔出現: 83%被覆  
7. 胚環口閉鎖  
8. 囲卵黄腔顕著  
9. 眼・鰓・口球の原基出現

ステージ

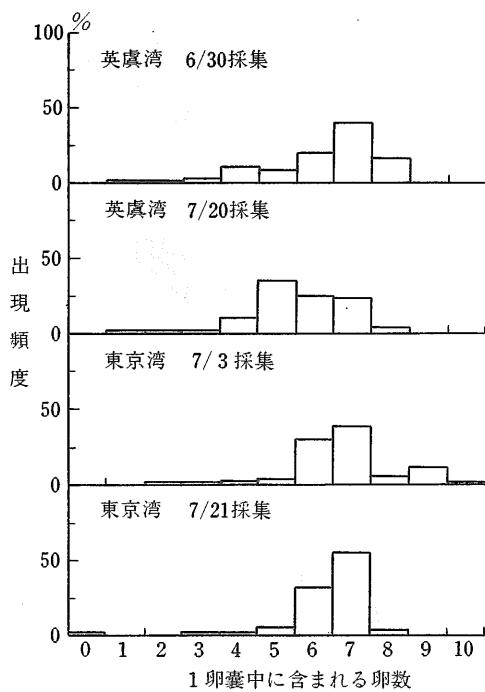
- No. 10. 胚が卵黄より突出  
11. 眼・鰓・鰭・外套及び第1~4脚の発達顯著  
12. 眼にレンズ形成  
13. 漏斗管及び口球の形成明確  
14. 第1~4脚に吸盤の形成、眼に赤茶色の色素沈着開始  
15. 眼の色素明瞭  
16. 墨汁囊明瞭  
17. 全身に色素胞が発達、卵黄50%吸収  
18. 孵化直後

〔崔・大島 (1961) から作成〕



第4図 アオリイカの発生過程写真

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1. 8~16細胞期 (ステージNo. 2~3) | 5. 第1~4脚発達 (ステージNo.11)                 |
| 2. 50%以上被覆 (ステージNo. 5~6) | 6. 墨汁囊明瞭 (ステージNo.16)                   |
| 3. 囲卵黄腔顯著 (ステージNo. 8)    | 7. 異常発生卵 (33°Cに接觸10日目)<br>(* 卵膜を除いて撮影) |
| 4. 胚が卵黄より突出 (ステージNo.10)  |  |



第5図 供試卵の卵嚢中に含まれる卵数の頻度分布

移す際に，“直接移行法”と“段階的移行法”的2方式を採用し、孵化上限温度が移行方式によって相違してくるか否かについても検討を加えた。ここでいう直接移行法とは、25°Cから各温度へ瞬時に移すという方法であり、段階的移行法とは、12時間もしくは24時間おきに2°Cずつ段階的に昇温させていくという方法である。

## 2) 短期高温接触試験

25°Cで飼育中の発生後期卵もしくは孵化直後の幼生を用いて、最短7.5分から最長48時間の間に設けた7～8段階の時間と、29～39°Cの範囲内におよそ2°Cごとに設定した5～6段階の温度とを組み合わせた試験区に、それぞれ供試個体を接触させたのち、再び25°Cに戻し、卵の場合は正常孵化率を、幼生の場合には高温接触開始後約1昼夜経過した時点における生残率をそれぞれ求めるという方法で試験を行った。

これらの各試験に用いた材料の詳細は第1表に要約して示したとおりであった。

## 3) 試験装置と飼育用水管理

前述の各試験においては、主として当研究所で設計・製作した海洋生物温度反応試験装置の1つであるMERI-03を使用した(第6図)。この装置の試験部は、用水量各140lの5連恒温水槽から成り、各槽ごとに独立に、海水の濾過循環と温度調整ができるシステムが採用されている。

試験期間中には、飼育用水に対する通気を行うとともに、3～4日ごとに各槽の用水の一部(30～60l)を交換し、さらに3週間ごとに全用水の交換を行った。また、珪藻類の繁茂を抑制するために、遮光用シートで各槽を覆った(CHOE and OSHIMA, 1963)。

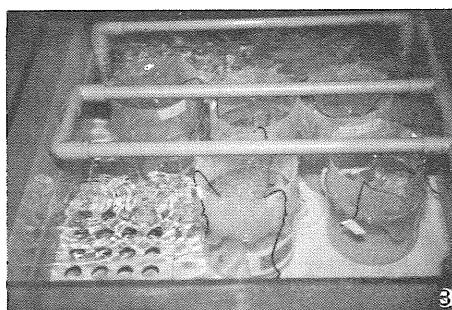
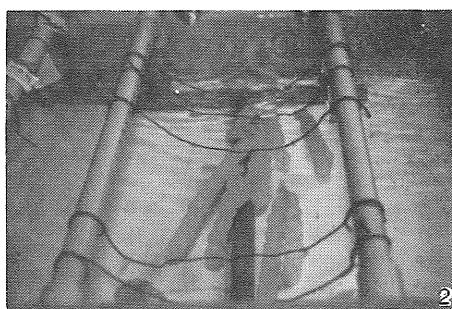
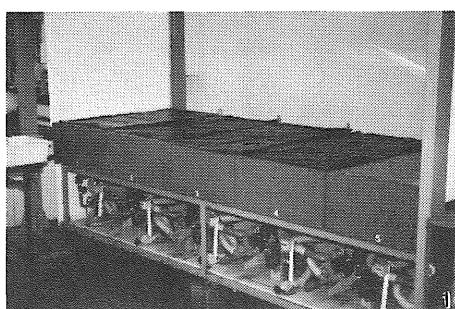
この装置とは別に、ほぼ25°Cに保った流水式の水槽で卵の飼育を続け、これを対照群ならびに高温接触試験に対する材料供給源とした。

ま、全供試卵が孵化するか、あるいは死亡して白濁するまで飼育を続け、正常な形態で孵化した幼生の個体数が、全供試卵数中に占める割合(%; 以下この割合を“正常孵化率”とする)を求めた。

25°Cで継続飼育した対照区や、比較的低温側の試験区で孵化した幼生の大部分は、孵化時点において卵黄を殆ど吸了しており、孵化幼生は活発な遊泳力をもっていた。このような幼生を“正常孵化個体”とみなした。一方、高温側の試験区で孵化した幼生のなかには、孵化というよりは、大きな卵黄をもった幼生が卵嚢から突出するという状態で、そのまま容器底に沈降してしまうものも認められた。これらの幼生を“異常孵化個体”とした。ちなみに崔・大島(1961)によれば、アオリイカ幼生の発育が正常に行われるためには、孵化時において卵黄の吸収が75%以上進んでいることが必要であるとされている。

長期高温接触試験においては、卵を高温に

おきに、卵を高温に



第6図 使用した試験装置と試験水槽

1. 海洋生物温度反応試験装置（MERI-03）
2. 同上装置で高温接触試験中の卵嚢
3. 孵化幼生計数用小容器

接触試験にあたっては、卵嚢1個ずつを糸で結び、それらを各試験槽内へ垂下する方法をすべての場合に採用した（第6図2）。

### III. 結果と考察

#### 1. 発生初期卵の孵化上限温度

##### 1) 長期高温接触試験

###### (1) 直接移行試験

英虞湾産及び東京湾産の発生初期卵を供試材料として、それぞれ採集月日を異にするものに

第2表 アオリイカの発生初期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験結果

採集地	採集月日		対照	接 触 温 度 (°C)					
			25°	27°	29°	31°	32°	33°	35°
英虞湾	6月30日	a. 供試個体数	24	26	—	26	—	27	26
		b. 死卵数	1	1	—	8	—	27	26
		c. 異常孵化数	0	0	—	0	—	0	0
		d. 正常孵化数	23	25	—	18	—	0	0
		e. 正常孵化率	95.8	96.2	—	69.2	—	0	0
東京湾	7月20日	a. 供試個体数	13	13	25	25	24	24	—
		b. 死卵数	0	1	5	18	23	24	—
		c. 異常孵化数	3	1	4	2	0	0	—
		d. 正常孵化数	10	11	16	5	1	0	—
		e. 正常孵化率	76.9	84.6	64.0	20.0	4.2	0	—
	7月3日	a. 供試個体数	27	25	—	29	—	26	29
		b. 死卵数	1	0	—	1	—	26	29
		c. 異常孵化数	0	0	—	2	—	0	0
		d. 正常孵化数	26	25	—	26	—	0	0
		e. 正常孵化率	96.3	100.0	—	89.7	—	0	0
	7月21日	a. 供試個体数	25	24	24	28	25	27	—
		b. 死卵数	0	0	0	2	24	27	—
		c. 異常孵化数	0	0	0	1	1	0	—
		d. 正常孵化数	25	24	24	25	0	0	—
		e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	89.3	0	0	—

について、合計4回の直接移行法による長期高温接触試験を行った(第1表)。それらの試験結果を第2表に要約して示した。

英虞湾産アオリイカ卵の供試時における発生ステージは、2回とも卵割が終了し、胚環口の閉鎖または顕著な囲卵黄腔が認められるもの(第4図3)であった。

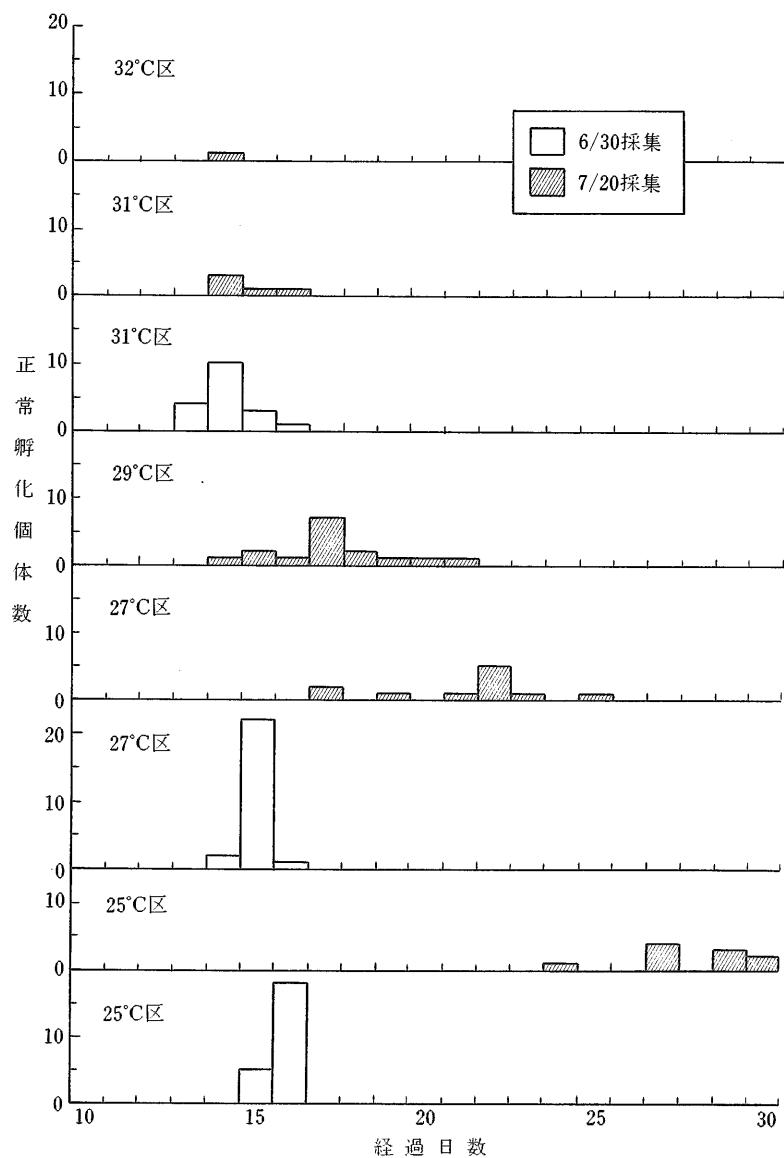
6月30日に採集した卵を用いた第1回試験の接触温度は、27°, 29°, 31°, 33°, 35°Cの5段階とした。しかし、そのうち29°C区については、調温装置故障のため試験を中止しなければならなかった。この試験によって得られた正常孵化率は、31°C以下の各試験区では69.2%以上と比較的高かったのに対し、33°C以上の試験区では0%であった。

7月20日採集卵を用いた第2回試験においては、正常孵化が皆無と予測された35°C区を除き、その代りに32°C区を設けた。正常孵化率は、29°C以下の各区では64%以上であったが、31°C区で20%, 32°C区で4.2%, 33°C区で0%と低下した。この第2回試験における正常孵化率は、対照区を含むすべての試験区で第1回試験の場合よりも明らかに低下していた。このような差を生じた原因を直接把握することはできなかった。しかしながら、両供試卵の高温接触開始時における発生ステージの間には殆ど差がなかったにもかかわらず、第2回試験の方が孵化までに多くの日数を要し、この傾向は対照区において特に顕著であったこと(第7図)などから、第2回試験に用いた材料の卵質等に、なんらかの欠陥があった可能性が示唆されていると考えられる。

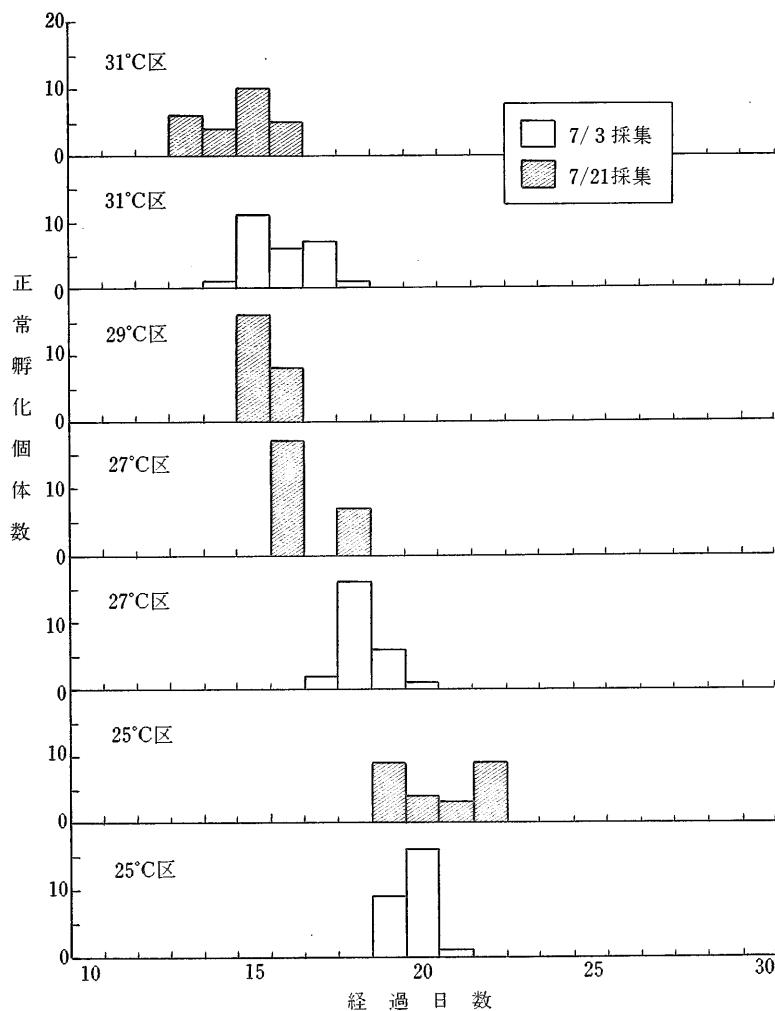
東京湾産アオリイカ卵の供試時における発生ステージは、卵割中の16細胞期ないしは桑実期(第4図1)であった。2回の試験とも接触温度を英虞湾産の場合と同じにした。試験結果を第2表と第8図に示した。

7月3日採集卵を材料とした第1回試験における正常孵化率は、31°C以下の試験区では89.7%以上と高い値を示したが、33°C以上の試験区では0%となった。

7月21日採集卵を用いた第2回試験においても、正常孵化率は31°C以下の試験区では89.3



第7図 英虞湾産アオリイカ卵の試験開始後経過日数別正常孵化個体数



第8図 東京湾産アオリイカ卵の試験開始後経過日数別正常孵化個体数

%以上であったのに対し、33°C以上の試験区では0%となった。この試験でも32°C区を追加設定したが、その正常孵化率は0%であった。

前述のとおり、卵質等に検討の余地が残されていたと考えられる英虞湾産の卵を用いた第2回試験を除くと、その他の3回の試験結果は、比較的よく一致していた(第2表)。したがって、25°Cで発生中のアオリイカ卵が、発生初期において、瞬時により高温な海水に接触した場合に、正常に発生を続けて孵化し得る上限温度は、31°と32°Cの間にあるとしてよいと考えられる。

## (2)段階的移行試験

25°Cで飼育中の発生初期卵を、各試験区の所定接触温度に達するまで、12時間ないしは24時間ごとに2°Cずつ、順次より高温に接触させていくという方法で試験を行った。具体的には、27°、29°、31°、32°、33°Cの恒温水槽を用い、最初は対照群を除くその他の各試験区用の卵全部を27°C区に移し、12時間または24時間経過後に27°C区用以外の供試卵を29°C区に移すというような手順を繰り返した。したがって、33°C区用の供試卵が、段階的移行を開始してか

第3表 アオリイカの発生初期卵に対する移行方法別長期高温接触試験結果

採集地	採集月日	移行方法		対照						
				25°	27°	29°	31°	32°	33°	
英虞湾	7月20日	直接移行	a. 供試個体数	13	13	25	25	24	24	
			b. 死卵数	0	1	5	18	23	24	
			c. 異常孵化数	3	1	4	2	0	0	
			d. 正常孵化数	10	11	16	5	1	0	
			e. 正常孵化率	76.9	84.6	64.0	20.0	4.2	0	
	2°C/24時間	段階的移行	a. 供試個体数	24	27	26	24	27	27	
			b. 死卵数	2	1	0	4	7	27	
			c. 異常孵化数	0	0	0	1	2	0	
			d. 正常孵化数	22	26	26	19	18	0	
			e. 正常孵化率	91.7	96.3	100.0	79.2	66.7	0	
東京湾	7月21日	直接移行	a. 供試個体数	25	24	24	28	25	27	
			b. 死卵数	0	0	0	2	24	27	
			c. 異常孵化数	0	0	0	1	1	0	
			d. 正常孵化数	25	24	24	25	0	0	
			e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	89.3	0	0	
	2°C/12時間	段階的移行	a. 供試個体数	28	27	27	28	28	26	
			b. 死卵数	3	3	1	2	13	26	
			c. 異常孵化数	0	0	0	0	7	0	
			d. 正常孵化数	25	24	26	26	8	0	
			e. 正常孵化率	89.3	88.9	96.3	92.9	28.6	0	
	2°C/24時間	段階的移行	a. 供試個体数	28	29	27	27	20	29	
			b. 死卵数	0	1	0	2	3	29	
			c. 異常孵化数	1	0	0	0	0	0	
			d. 正常孵化数	27	28	27	25	17	0	
			e. 正常孵化率	96.4	96.6	100.0	92.6	85.0	0	

ら、所定温度である33°Cに接触を開始するまでの所要時間は、2°C/12時間の場合には36時間、2°C/24時間の場合には72時間となった。

発生初期卵に対する段階的移行法による長期高温接触試験は、英虞湾で7月20日に採集した卵、及び東京湾で7月21日に採集した卵についてのみ実施した(第1表)。この両供試卵について、それぞれ2°C/24時間の段階的移行試験を行うとともに、後者については2°C/12時間の移行試験も実施した。

これらの試験結果を第3表に示した。この表のなかには、比較のために同じ材料を用いた直接移行試験の結果も再掲した。高温への移行速度が比較的速い2°C/12時間の場合の正常孵化率は、31°C以下の各試験区で88.9%以上を示したが、32°C区では28.6%に低下した。しかしながら、同じ材料を用いた直接移行試験における32°C区の正常孵化率0%と比較すれば、正常孵化温度の上限が僅かに拡がっていたことになる。

高温への移行速度が比較的遅い2°C/24時間の場合、正常孵化上限温度は、英虞湾産、東京湾産の卵とも32°~33°Cの間にあり、同じ材料を用いた直接移行の場合よりも約1°C高い値となつた。

第4表 長期高温接触試験で孵化したアオリイカ幼生の外套背長測定結果（移行方法・試験区間比較）

採集地	採集月日	移行方法	試験区	個体数	外套背長 (mm)			他試験区とのt検定結果 <sup>1)</sup> (組数)				
					範囲	平均	標準偏差	変動係数	有意差なし (P≤0.05)	有意差あり (P≤0.01)		
英虞湾	7月20日	直接移行	31°C	5	5.25–6.65	6.07	0.53	8.73%	21	1	0	
				29	16	4.50–6.68	6.11	0.51	8.34	13	4	5
				27	11	5.24–6.83	6.10	0.50	8.20	16	4	2
				25	7	6.05–6.83	6.30	0.27	4.29	16	4	2
		2°C/24時間	32	13	5.05–6.33	5.82	0.44	7.56	4	2	16	
				31	15	5.72–6.96	6.45	0.44	6.82	21	0	1
				29	21	6.31–7.00	6.60	0.18	2.73	5	1	16
				27	25	6.06–6.90	6.50	0.18	2.77	8	5	9
				25	22	5.82–6.96	6.57	0.16	2.44	7	6	9
		2°C/12時間	31	15	5.02–6.73	6.18	0.44	7.12	15	4	3	
東京湾	7月21日	直接移行		29	19	6.18–6.56	6.41	0.11	1.72	11	3	8
				27	19	6.10–6.63	6.40	0.14	2.19	10	5	7
				25	25	5.98–6.48	6.21	0.17	2.74	10	0	12
				32	8	5.00–5.66	5.33	0.22	4.13	0	1	21
				31	16	6.15–6.90	6.57	0.20	3.04	6	4	12
				29	21	6.13–6.67	6.38	0.15	2.35	11	5	6
				27	11	6.00–6.74	6.40	0.18	2.81	12	6	4
				25	11	6.07–6.42	6.25	0.11	1.76	11	2	9
		2°C/24時間	32	12	6.00–6.57	6.23	0.19	2.95	11	3	8	
				31	20	6.19–6.74	6.45	0.17	2.64	10	5	7
				29	22	6.00–6.58	6.35	0.14	2.20	13	1	8
				27	12	6.12–6.54	6.26	0.13	2.08	11	3	8
				25	18	6.10–6.40	6.24	0.09	1.44	10	1	11

<sup>1)</sup> t 検定結果の細部については付表12参照

なお、各温度で孵化した幼生\*の外套背長に関するデータを移行方法別に第4表に示した。外套背長平均値についてt検定を行った結果によれば、他試験区との間に最も高度な有意差が認められたのは、東京湾産の卵に対して2°C/12時間の移行をした32°C区であり、英虞湾産の卵に対して2°C/24時間の移行をした32°C区がこれに次いでいた。これらの両区における外套背長平均値のみが6mmに達しておらず、他区よりも孵化幼生が明らかに小型であった。また、英虞湾産の卵に対して、2°C/24時間の段階移行をした29°C区における孵化幼生は、全区のなかで最も大型でバラツキも小さいため、他区との間に高度な有意差を示した。

一方、対照区(25°C区)における孵化幼生の外套背長は、概してバラツキ(変動係数)が小さいという傾向が認められた。

これらの事実は、孵化幼生の大きさもまた、発生・孵化等の適温範囲や限界温度を検証するに有効な指標の1つになり得ることを示唆していると考えられる。

\* アオリイカ卵の孵化は、日中には殆どみられなかったことから、夜間から早朝にかけて行われていると推定される。そこで毎日午前中に確認された幼生を“孵化直後”とみなし、約1%のホルマリンで動きを止め、直ちに顕微鏡用計測装置を用いて外套背長を測定した。

## 2. 発生後期卵の孵化上限温度

### 1) 長期高温接触試験

#### (1) 直接移行試験

英虞湾産及び東京湾産の卵を25°Cで飼育し、卵内胚体の形態がほぼ完成して、眼球の色素や墨汁囊が明瞭に認められるステージ（第3図15）に達したものを、それぞれ供試材料として、1回ずつ直接移行法による長期高温接触試験を行った（第1表）。

それらの試験結果を第5表に示した。英虞湾産供試卵に対する接触温度は、27°Cから35°Cまでの間の5段階とした。しかし、29°C区については、調温機能に故障が生じたため、試験を中止しなければならなかった。正常孵化率は31°C区で100%であったが、33°C以上の試験区では0%となった。

第5表 アオリイカ発生後期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験結果

採集地	採集月日		対照 接触温度 (°C)						
			25°	27°	29°	31°	32°	33°	35°
英虞湾	6月30日	a. 供試個体数	28	31	—	29	—	33	35
		b. 死卵数	1	1	—	0	—	33	35
		c. 異常孵化数	0	10	—	0	—	0	0
		d. 正常孵化数	27	20	—	29	—	0	0
		e. 正常孵化率	96.4	64.5	—	100.0	—	0	0
東京湾	7月3日	a. 供試個体数	26	28	23	31	28	28	—
		b. 死卵数	0	0	0	7	27	28	—
		c. 異常孵化数	0	0	0	0	1	0	—
		d. 正常孵化数	26	28	23	24	0	0	—
		e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	77.4	0	0	—

東京湾産供試卵に対する試験においては、前述の英虞湾産供試卵についての試験結果を考慮に入れて、35°C区の代りに32°C区を設けた。正常孵化率は31°C区では77.4%であったが、32°C以上の試験区では0%となった。

これらの結果から、25°Cで発生中のアオリイカ卵が、発生後期において、瞬時により高温な海水に接触した場合に、正常に孵化し得る上限温度は、31°Cと32°Cの間にあるとしてよいと考えられる。これは、発生初期卵について得られた値と全く一致するものであった。

#### (2) 段階的移行試験

東京湾で7月3日に採集した卵を25°Cで飼育し、発生後期ステージに達したものを材料として、昇温速度を異にする段階的移行試験を、それぞれ1回ずつ実施した（第1表）。接触温度は27°Cから33°Cまでの間の5段階とし、発生初期卵の場合と同様に、12時間もしくは24時間おきに2°Cずつ、より高温に接触させるという方法を採用した。

これらの試験結果を、同じ材料を用いた直接移行試験の結果とともに、第6表に示した。

2°C/12時間の移行試験で得られた正常孵化率は、32°C区で100%、33°C区で14.7%であった。したがって、孵化上限温度は32°Cと33°Cの間にあり、同じ材料を用いた直接移行試験の場合よりも、約1°C高温となった。

一方、2°C/24時間の移行試験で得られた正常孵化率は、33°C区においても89.3%と高く、孵化上限温度は、控え目にみても33°C、あるいはそれ以上であることを示した。これは同じ

第6表 東京湾産(7月3日採集)アオリイカ発生後期卵に対する移行方法別長期高温接触試験結果

移行方法		対照	接 触 温 度 (°C)				
			25°	27°	29°	31°	32°
直接移行	a. 供試個体数	26	28	23	31	28	28
	b. 死卵数	0	0	0	7	27	28
	c. 異常孵化数	0	0	0	0	1	0
	d. 正常孵化数	26	28	23	24	0	0
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	77.4	0	0
段階的移行 2°C/12時間	a. 供試個体数	29	34	31	24	25	34
	b. 死卵数	3	1	1	1	0	19
	c. 異常孵化数	0	0	0	0	0	10
	d. 正常孵化数	26	33	30	23	25	5
	e. 正常孵化率	89.7	97.1	96.8	95.8	100.0	14.7
段階的移行 2°C/24時間	a. 供試個体数	28	30	26	28	27	28
	b. 死卵数	0	3	0	0	0	0
	c. 異常孵化数	0	0	0	0	0	3
	d. 正常孵化数	28	27	26	28	27	25
	e. 正常孵化率	100.0	90.0	100.0	100.0	100.0	89.3

材料を用いた直接移行試験の場合よりも約2°Cまたはそれ以上高温であった。

前述のとおり、直接移行よりも段階的移行の方が、より高い孵化上限温度を示すことは、発生初期卵についても認められていたことである。しかしながら、発生初期卵の場合は段階的移行法でも33°C区では正常孵化が皆無であったこと(第3表)と対比すると、発生後期卵においては段階的移行による高温耐性の増大傾向が、より顕著に発現したことになる。もっとも、高温接触開始時から孵化に至るまでの所要経過日数は、発生後期卵の方が短かいという事実があり、この事実が前述の傾向を助長する要因の1つとなっているとも考えられる。

## 2) 短期高温接触試験

25°Cで飼育中の英虞湾産及び東京湾産の卵が、胚体に墨汁囊が形成され、卵内胚体の活発な動きも観察できるステージ(第4図6)に達したものを供試材料として、それぞれ1回ずつ短期高温接触試験を行った(第1表)。

英虞湾産の供試卵を用いた試験においては、29°~39°Cの間にほぼ2°Cごとの6段階の接触温度を、また接触時間の方は、7.5分~1,440分(24時間)の間に7段階を、それぞれ設定し、原則として両者を組み合わせた42区において試験を行うように計画した。ただし、正常孵化率が対照区と同じになると予測された29°Cの30分以内の3区、ならびに正常孵化率が0%になると予想された37°Cの1,440分区と、39°Cの60分以上の4区、計8区を省略し、結局34区について試験を行った。1区当たりの供試卵数は、卵囊1個分ずつとしたので4~7個であった。

試験結果を第7表に示した。32.6°C以下の各区における正常孵化率は、24時間接触区を除けば、接触時間にかかわりなく、いずれも100%であり、24時間接触区においても83.3%という高い値を示した。正常孵化率が50%~100%の範囲内にあったのは、34.6°Cの60分以内の4区、37.1°Cの30分以内の3区、39.2°Cの7.5分区の計8区であった。正常孵化率が20~33

第7表 英虞湾産（6月30日採集）アオリイカ発生後期卵に対する短期高温接触試験結果

接触時間 (分)		接 触 温 度 (°C)					
		29.2	30.8	32.6	34.6	37.1	39.2
7.5	a. 供試個体数	—	7	4	6	6	6
	b. 死卵数	—	0	0	0	1	0
	c. 異常孵化数	—	0	0	1	2	2
	d. 正常孵化数	—	7	4	5	3	4
	e. 正常孵化率	—	100.0	100.0	83.3	50.0	66.7
15	a. 供試個体数	—	7	5	6	5	6
	b. 死卵数	—	0	0	0	0	0
	c. 異常孵化数	—	0	0	0	0	4
	d. 正常孵化数	—	7	5	6	5	2
	e. 正常孵化率	—	100.0	100.0	100.0	100.0	33.3
30	a. 供試個体数	—	6	7	6	6	7
	b. 死卵数	—	0	0	0	0	7
	c. 異常孵化数	—	0	0	0	1	0
	d. 正常孵化数	—	6	7	6	5	0
	e. 正常孵化率	—	100.0	100.0	100.0	83.3	0
60	a. 供試個体数	6	5	6	6	6	—
	b. 死卵数	0	0	0	0	1	—
	c. 異常孵化数	0	0	0	1	5	—
	d. 正常孵化数	6	5	6	5	0	—
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	83.3	0	—
180	a. 供試個体数	6	6	4	5	6	—
	b. 死卵数	0	0	0	1	6	—
	c. 異常孵化数	0	0	0	3	0	—
	d. 正常孵化数	6	6	4	1	0	—
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	20.0	0	—
360	a. 供試個体数	6	6	6	6	6	—
	b. 死卵数	0	0	0	2	6	—
	c. 異常孵化数	0	0	0	4	0	—
	d. 正常孵化数	6	6	6	0	0	—
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	100.0	0	0	—
1,440	a. 供試個体数	6	6	6	6	—	—
	b. 死卵数	0	0	0	6	—	—
	c. 異常孵化数	0	1	1	0	—	—
	d. 正常孵化数	6	5	5	0	—	—
	e. 正常孵化率	100.0	83.3	83.3	0	—	—

%を示したのは、34.6°Cの180分区と39.2°Cの15分区の2区にすぎず、正常孵化が全く認められなかったのは、34.6°Cでは6時間以上の各区、37.1°Cでは1時間以上、39.2°Cでは30分以上の各区であった。

第8表 東京湾産（7月21日採集）アオリイカ発生後期卵に対する短期高温接触試験結果

接触時間 (分)		接 触 溫 度 (°C)					
		29.1	31.1	32.9	34.8	37.2	39.0
7.5	a. 供試個体数	—	—	5	7	9	8
	b. 死卵数	—	—	0	0	0	1
	c. 異常孵化数	—	—	0	1	6	5
	d. 正常孵化数	—	—	5	6	3	2
	e. 正常孵化率	—	—	100.0	85.7	33.3	25.0
15	a. 供試個体数	—	—	7	6	9	9
	b. 死卵数	—	—	0	0	0	1
	c. 異常孵化数	—	—	1	0	3	7
	d. 正常孵化数	—	—	6	6	6	1
	e. 正常孵化率	—	—	85.7	100.0	66.7	11.1
30	a. 供試個体数	—	9	7	9	8	9
	b. 死卵数	—	0	0	2	0	2
	c. 異常孵化数	—	0	0	0	8	7
	d. 正常孵化数	—	9	7	7	0	0
	e. 正常孵化率	—	100.0	100.0	77.8	0	0
60	a. 供試個体数	—	8	7	6	7	—
	b. 死卵数	—	0	0	0	0	—
	c. 異常孵化数	—	0	0	1	7	—
	d. 正常孵化数	—	8	7	5	0	—
	e. 正常孵化率	—	100.0	100.0	83.3	0	—
180	a. 供試個体数	—	7	7	7	7	—
	b. 死卵数	—	0	3	3	7	—
	c. 異常孵化数	—	0	4	4	0	—
	d. 正常孵化数	—	7	0	0	0	—
	e. 正常孵化率	—	100.0	0	0	0	—
360	a. 供試個体数	—	7	6	9	7	—
	b. 死卵数	—	0	1	9	7	—
	c. 異常孵化数	—	0	3	0	0	—
	d. 正常孵化数	—	7	2	0	0	—
	e. 正常孵化率	—	100.0	33.3	0	0	—
1,440	a. 供試個体数	9	7	7	7	—	—
	b. 死卵数	0	0	7	7	—	—
	c. 異常孵化数	0	0	0	0	—	—
	d. 正常孵化数	9	7	0	0	—	—
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	0	0	—	—
2,880	a. 供試個体数	6	6	7	—	—	—
	b. 死卵数	0	0	7	—	—	—
	c. 異常孵化数	0	0	0	—	—	—
	d. 正常孵化数	6	6	0	—	—	—
	e. 正常孵化率	100.0	100.0	0	—	—	—

東京湾産の供試卵を用いて、同様な方法で行った短期高温接触試験の結果を第8表に示した。全般に英虞湾産のものよりも高温耐性がやや小さいという傾向が認められた。例えば、英虞湾産のものでは、32.6°Cの24時間接触区においても83.3%という高い正常孵化率が得られていた（第7表）のに対し、東京湾産のものでは32.9°Cにおける正常孵化率が3時間以上の各接触区で0~33.3%となった。両者の接触温度間に0.3°Cの差があったことも事実であるが、高温耐性に差が生じたのには、接触温度以外の要因が関与している可能性も考えられる。今回は各区の供試卵数が限られていたことでもあるので、今後機会が得られれば、この問題を含めて再検討してみたいと考えている。

今回の短期高温接触試験結果から得られた孵化上限温度について要約すれば、次のとおりとなる。1) 3~24時間という比較的長時間接触の場合には、先に直接移行法による長期高温接触試験から得られた値よりやや高い32~33°Cに収束する傾向がある。2) 60分以内というような比較的短時間接触の場合には、35~39°Cの間にあり、接触時間が短くなるほどより高温になるという関係が認められる。

### 3. 孵化幼生の高温耐性

東京湾で7月21日に採集したアオリイカ卵を25°Cで継続飼育し、得られた孵化直後の幼生を供試材料として、卵の場合とほぼ同様な方法で短期高温接触試験を1回実施した（第1表）。設定した接触温度は29°~37°Cの間の6段階、接触時間は7.5分~1,440分（24時間）の間の6段階とした。この両者を組み合わせた各試験区に、6尾ずつの孵化幼生をそれぞれの所定時間だけ接触させたのち、再び25°Cに戻し、接触開始後24~27時間経過した時点における生残率を求めた。

得られた試験結果を第9表に示した。33°C以下の各区においては、2区を除き生残率がすべて100%であった。この例外的な2区は29°Cの30分区と33°Cの60分区であったが、いずれもその生残率は83.3%という高い値を示した。一方、35.1°C以上の各区においては、生残率がすべて0%となった。

31°C以下に接触させた幼生は、接触当初でも墨汁の放出等の特異な行動を示さなかった。32°Cに接触させた幼生は、接触当初にのみ数回墨汁を放出したが、その後は特異な行動を示さなかった。33°Cに接触させた幼生は、終始墨汁を放出し続け、飼育用水が黒変したがその遊泳活動は活発であった。35.1°C以上の温度に接触させた幼生は、接触直後にはほぼ瞬間に死亡した。

第9表 アオリイカ孵化直後幼生に対する短期高温接触試験結果

接触時間	接 触 温 度 区 别 生 残 率 (%)					
	29.0°C	30.9°C	32.0°C	33.0°C	35.1°C	37.0°C
7.5分	—	100	100	100	0	0
15	—	100	100	100	0	0
30	83.3	100	100	100	0	0
60	100	100	100	83.3	0	0
180	100	100	100	100	0	—
1,440	100	100	100	100	0	—

各区の供試個体数はすべて6尾。

今回の予察的な試験結果でみる限り、アオリイカの孵化幼生の致死温度は、33~35°Cの間にあり、生残率が接触時間に依存して変化するという現象は認められなかった。

#### 4. 要約と総合的考察

アオリイカ卵の孵化上限温度を明らかにするため、英虞湾及び東京湾の沿岸で採集し、25°Cで飼育中の受精卵を用いて高温接触試験を行った。試験方法と得られた成果の概要は次のとおりであった。

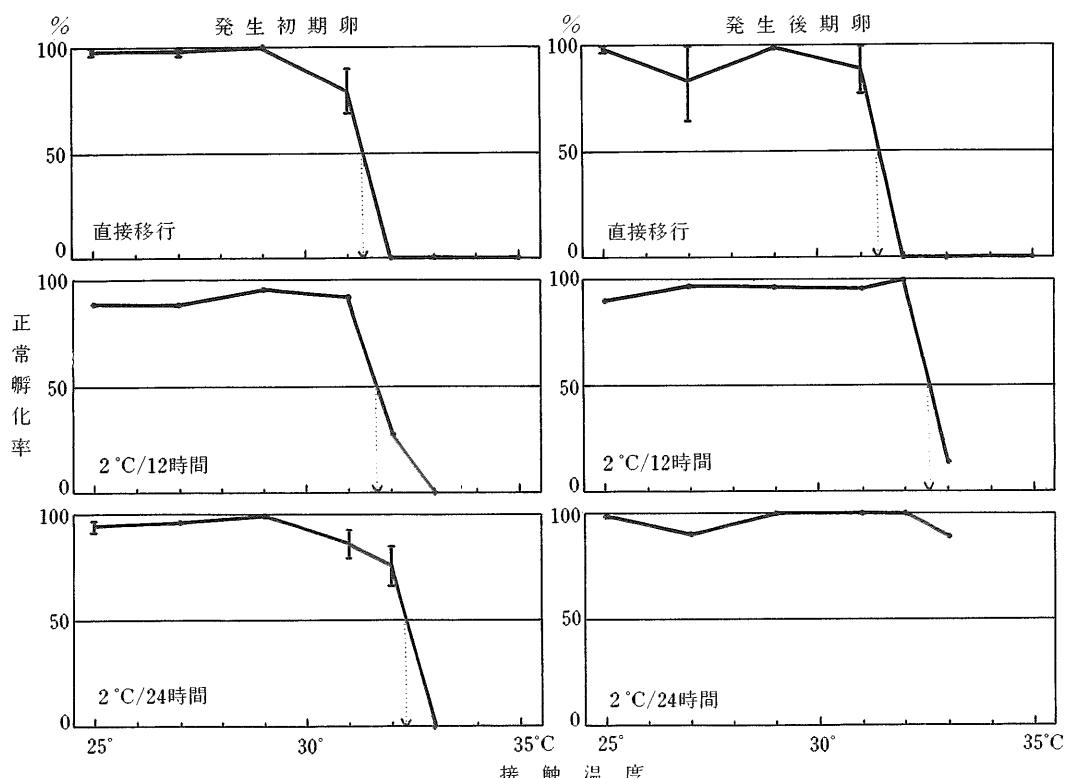
##### 1) 長期高温接触試験

###### (1)方法

25°Cで飼育中の発生初期卵（卵割中または卵割終了直後）及び発生後期卵（胚体の形態形成ほぼ終了）を、27~35°Cの間に設定した5段階の各温度に移して飼育を続け、それぞれの正常孵化率（正常個体孵出率）を求めた。卵の高温移行には、25°Cから各温度へ直接移行する方法と、12時間もしくは24時間おきに2°Cずつ段階的に移行する方法とを採用し、孵化上限温度が移行方法によって相違するか否かについても検討した。

###### (2)結果

試験結果を要約して第9図に示した。ただし、発生初期卵の直接移行については、前述のとおり、卵質に問題が残されていたと判断される1例の異常値を、この図では採用しなかった。この図から50%以上の個体が正常に孵化できる温度の上限を読みとると、第10表に示す値が得られた。



第9図 長期高温接触試験結果要約——接觸温度と正常孵化率との関係(接觸開始ステージ別・移行方法別)

第10表 50%正常孵化率が得られる上限温度

移行方法	接触開始時のステージ	
	発生初期	発生後期
直接移行	31.3°C	31.4°C
2°C/12時間	31.7	32.6
2°C/24時間	32.3	33.0<

発生初期卵、発生後期卵とも移行速度が緩かなほど、孵化上限温度がやや上昇するという傾向が認められた。また、直接移行の場合を除くと、発生後期から高温接触を開始した方が孵化上限温度が高くなるという傾向も認められた。発生後期卵に対する高温接触期間（日数）の短かいことも、このような差をもたらした1つの要因であろう。

## 2) 短期高温接触試験

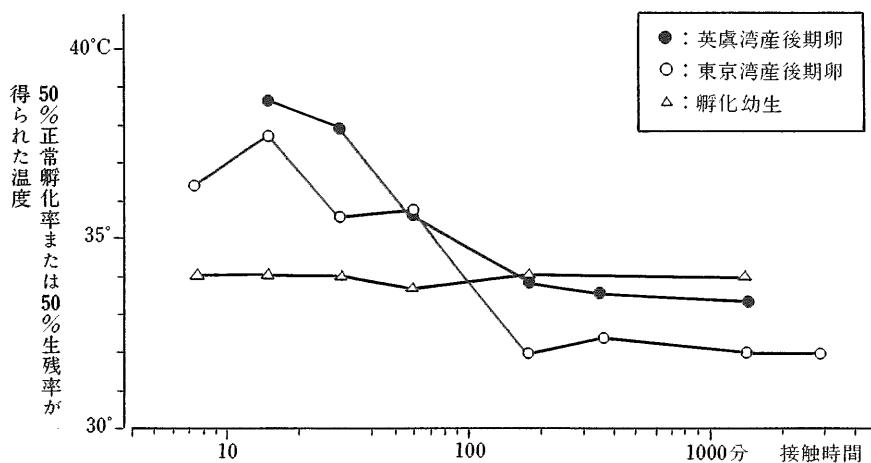
### (1)方法

25°Cで飼育中の発生後期卵及び孵化直後の幼生を、29~39°Cの間に設定した6段階の各温度に対して、それぞれ7.5分~48時間にわたる7~8段階の時間だけ接触させたのち、再び25°Cに戻し、卵の場合は正常孵化率を、孵化幼生の場合は接触開始後約1昼夜経過時の生残率を求めた。

### (2)結果

発生後期卵の50%正常孵化率と孵化幼生の50%生残率を第10図に示した。発生後期卵の孵化上限温度は、接触時間が3~24時間と比較的長い場合には32~33°Cに収束し、1時間以内の短時間接触では35~39°Cで、接触時間が短くなるほどより高温になるという傾向が認められた。

孵化幼生は、接触時間の长短にかかわりなく、33°C以下では殆どすべての個体が生残し、35°C以上では全個体が死亡するという結果が得られた。



第10図 アオリイカの発生後期卵及び孵化幼生に対する短期高温接触試験結果

第10図から明らかのように、接触時間が短かい場合は、発生後期卵の方が孵化幼生よりも高温耐性が大きく、接触時間が長くなると孵化幼生の方が発生後期卵よりも高温耐性がやや大きくなるという傾向が認められた。

### 3) 総合的考察

アオリイカ卵の場合、沿岸浅所の海藻等のうえに産みつけられるために、水温や塩分等の比較的急激な自然変化にさらされている可能性がある。個々の卵が直接裸出することなく、ゼラチン様物質から成る卵嚢によって保護されているのは、こうした急激な環境変化に対する耐性を獲得するための適応のひとつであるとも考えることができよう。

筆者らは、海産の魚卵や貝類卵の高温耐性が、卵内発生段階によって大きく変化するという事実を明らかにした（木下・道津、1981；木下ら、1982a, b）。しかしながら、アオリイカ卵について、今回実施した試験の範囲内では発生段階によって高温耐性が大きく変化することを示唆するような結果は認められなかった。この点についてもまた、卵嚢による保護という特性が関与している可能性を考えられよう。

### 引　用　文　献

- COHE, S. (1966). On the eggs, rearing, habits of the fry and growth of some cephalopods. *Bull. Mar. Sci. Gulf. & Carib.*, 16(2) : 330-347.
- 崔 相・大島泰雄 (1961). アオリイカの発生と稚仔の成長について. 貝類学雑誌, 21(4) : 462-476.
- CHOE, S. and Y. OSHIMA (1963). Rearing of cuttlefishes and squids. *Nature*, 197 : 307.
- 木下秀明・道津先生 (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・道津先生・古川 厚 (1982a). 水生生物の温度耐性-III. マダイ卵発生過程における高温耐性の変化. 昭和57年度日本水産学会春季大会講演要旨集 : 28.
- 木下秀明・道津先生・古川 厚 (1982b). 水生生物の温度耐性-IV. 初期発生過程における高温耐性についての一考察. 同上要旨集 : 28.
- 大島泰雄・崔 相 (1961). コウイカ類およびアオリイカ稚仔の育成について. 日水誌, 27(11) : 979-986.
- 笹生 昇 (1979). アオリイカの養殖について. 第2回千葉県水産業青壯年婦人活動実績発表大会資料 : 5-11.
- 瀬川 進 (1979). アオリイカの初期養成について. 昭和54年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 : 92.
- 瀬川 進 (1980a). アオリイカの初期養成について-II. 幼稚イカの摂餌. 昭和55年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 : 30.
- 瀬川 進 (1980b). アオリイカの初期養成について-III. 幼稚イカの呼吸量. 同上要旨集 : 35.

付表 1 英虞湾産 6月30日採集の発生初期卵に対する長期高温接触試験における孵化状況(直接移行)

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数									
		25°C		27°C		31°C		33°C		35°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	14	0	0	2	0	10	0	0	0	0	0
	15	5	0	22	0	3	0	0	0	0	0
	16	18	0	1	0	1	0	0	0	0	0
孵化総数		23	0	25	0	18	0	0	0	0	0

付表 2 東京湾産 7月3日採集の発生初期卵に対する長期高温接触試験における孵化状況(直接移行)

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数									
		25°C		27°C		31°C		33°C		35°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
	17	0	0	2	0	7	2	0	0	0	0
	18	0	0	16	0	1	0	0	0	0	0
	19	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	20	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
孵化総数		26	0	25	0	26	2	0	0	0	0

付表3 英虞湾産7月20日採集の発生初期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験における孵化状況

月／日 経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
	25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/22 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0		
15	0	0	0	0	2	0	1	0				
16	0	0	0	0	1	2	1	0				
17	0	0	2	0	7	0						
18	0	0	0	0	2	0						
19	0	0	1	0	1	0						
20	0	1	0	0	1	0						
21	0	0	1	0	1	0						
22	0	0	5	0	0	1						
23	0	0	1	0	0	0						
24	1	1	0	0	0	0						
25	0	0	1	1	0	1						
26	0	0										
27	4	0										
28	0	1										
29	3	0										
30	2	0										
孵化総数	10	3	11	1	16	4	5	2	1	0	0	0

付表4 英虞湾産7月20日採集の発生初期卵に対する段階的移行法（2°C/24時間）による長期高温接触試験における孵化状況

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
		25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/22	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
	14	0	0	4	0	21	0	11	0	12	1		
	15	0	0	6	0	3	0	4	0	4	0		
	16	0	0	8	0	2	0	3	0	0	1		
	17	0	0	4	0			1	1				
	18	2	0	2	0								
	19	6	0	0	0								
	20	9	0	1	0								
	21	2	0	1	0								
	22	0	0										
	23	1	0										
	24	0	0										
	25	0	0										
	26	0	0										
	27	1	0										
	28	0	0										
	29	1	0										
孵化総数		22	0	26	0	26	0	19	1	18	2	0	0

付表5 東京湾産7月21日採集の発生初期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験における孵化状況

月／日 経過 日 数	温度区別正常・異常孵化個体数											
	25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/23 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	16	0	10	0	0	1		
16	0	0	17	0	8	0	5	0				
17	0	0	0	0								
18	0	0	7	0								
19	9	0										
20	4	0										
21	3	0										
22	9	0										
孵化総数	25	0	24	0	24	0	25	1	0	1	0	0

付表6 東京湾産7月21日採集の発生初期卵に対する段階的移行法(2°C/12時間)による長期高温接触試験における孵化状況

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
		25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/23	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5		
	15	0	0	0	0	2	0	10	0	2	1		
	16	0	0	0	0	20	0	14	0	2	1		
	17	0	0	0	0	4	0	2	0	2	0		
	18	0	0	23	0								
	19	0	0	1	0								
	20	1	0										
	21	24	0										
孵化総数		25	0	24	0	26	0	26	0	8	7	0	0

付表7 東京湾産7月21日採集の発生初期卵に対する段階的移行法(2°C/24時間)による長期高温接触試験における孵化状況

月/日 経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
	25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/23 0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
14	0	0	0	0	6	0	13	0	4	0	0	0
15	0	0	0	0	3	0	2	0	2	0	0	0
16	0	0	26	0	14	0	6	0	0	0	0	0
17	0	0	2	0	4	0	4	0	0	0	0	0
18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
孵化総数	27	1	28	0	27	0	25	0	17	0	0	0

付表8 英虞湾産6月30日採集の発生後期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験における孵化状況

月/日 経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
	25°C		27°C		31°C		33°C		35°C			
	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/2 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
11	27	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
孵化総数	27	0	20	10	29	0	0	0	0	0	0	0

付表9 東京湾産6月30日採集の発生後期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験における孵化状況

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
		25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	7	0	5	0	0	1		
	9	0	0	0	0	12	0	13	0				
	10	8	0	20	0	4	0	6	0				
	11	17	0	8	0								
	12	1	0										
孵化総数		26	0	28	0	23	0	24	0	0	1	0	0

付表10 東京湾産6月30日採集の発生後期卵に対する直接移行法による長期高温接触試験における孵化状況

月／日	経過日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
		25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
		正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/22	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1
	7	0	0	0	0	4	0	15	0	13	0	5	3
	8	0	0	0	0	19	0	6	0	6	0		
	9	0	0	21	0	7	0	2	0	3	0		
	10	6	0	12	0								
	11	14	0										
	12	6	0										
孵化総数		26	0	33	0	30	0	23	0	25	0	5	10

付表11 東京湾産 6月30日採集の発生後期卵に対する段階的移行法(2°C/24時間)による長期高温接触試験における孵化状況

月/日 経過 日数	温度区別正常・異常孵化個体数											
	25°C		27°C		29°C		31°C		32°C		33°C	
	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常	正常	異常
7/22	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	3	0	4	0	15	0	24	3
8	0	0	0	0	11	0	14	0	11	0	1	0
9	0	0	20	0	12	0	10	0	1	0		
10	2	0	7	0								
11	18	0										
12	5	0										
13	2	0										
14	1	0										
孵化総数	28	0	27	0	26	0	28	0	27	0	25	3

付表12 孵化幼生の外套背長平均値に関する t 検定結果

		英虞湾 (7月20日採集)					東京湾 (7月21日採集)								
		直接移行		段階的移行(2°C/24時間)			直接移行		段階的移行(2°C/12時間)			段階的移行(2°C/48時間)			
		31°C	29	27	25		31	29	27	25		32	31	29	27
英虞湾 (7月 20 時間)	直 接	31°C	29	27	25		*	**	**	**	*	***	***	*	*
	2°C	32	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	C	31													
	29	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	24	27	***	* ***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	時間	25	***	* ***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	直	31		*	**	**	**	**	**	**	***	***	***	***	*
	接	29	*	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	27	*	***	***	**	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	25	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
東京 湾 (7月 21 時間)	直	31		*	**	**	**	**	**	**	***	***	***	***	*
	接	29	*	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	27	*	***	***	**	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	25	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	2°C	32	* ***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	C	31	** ***	* ***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	29	***	***	***	**	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	24	27	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	時間	25	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	2°C	32	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
有意差なし(無印)	直	31	13	16	16	4	21	5	8	7	15	11	10	10	0
	接	29	1	4	4	2	0	1	5	6	4	3	5	0	1
	27	4	4	4	2	0	4	2	2	2	3	2	3	2	4
	25	4	4	4	2	0	4	2	2	2	3	2	3	2	4
	時間	25	0	1	0	7	0	4	2	2	1	4	2	2	4
P≤0.05 (*)	直	31	1	4	4	2	0	1	5	6	4	3	5	0	1
P≤0.01 (**)	接	29	0	4	1	0	7	0	4	2	2	3	2	3	1
P≤0.001(***)	27	0	1	1	2	9	1	12	7	7	1	5	5	9	20
	時間	25	0	1	1	2	9	1	12	7	7	1	5	5	8