



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 85203

マガキの卵及び浮遊幼生の高温耐性

昭和60年9月

September, 1985

(

(

マガキの卵及び浮遊幼生の高温耐性

木下 秀明¹

Thermal Tolerance of Japanese Oyster Eggs and Larvae

HIDEAKI KINOSHITA¹

KINOSHITA, H. (1985). Thermal tolerance of Japanese oyster eggs and larvae. *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, No.85203 : 1-43.

Abstract : Thermal tolerance of eggs and larvae of Japanese oyster, *Crassostrea gigas*, was examined in their various developmental stages. The thermal gradient apparatus was used for these experiments with 11 different temperature ranging from 25°C to 47°C and seven different duration of exposure from 7.5 minutes to 24 hours. After about 24 hours from the initial time of exposure, survival rates were measured by counting live and normal larvae, and their changes among different developmental stages and temperature were examined. The LT₅₀ values of eight-cell stage were 33.0-33.6 °C in 7.5 minutes exposure and 29.0-30.3 °C in 24 hours exposure. These values lowered according as the exposure time increases. The LT₅₀ values of stages from the straight-hinge to the full-grown were 45.1-46.7°C in 7.5 minutes, and they continuously decreased with exposure time increases, 35.4-38.5°C in 24 hours exposure. Drastic changes of thermal tolerance were observed between the eight-cell stage (2hours after fertilization) and the straight-hinge stage(24 hours). The difference of LT₅₀ values between the cleavage stage and the straight-hinge stage was 12-15°C in 15 minutes exposure. It was indicated that thermal tolerance of oyster larvae increased between these two stages. No remarkable change, however, was shown during the stages from straight-hinge to fullgrown.

Keywords : Oyster, *Crassostrea gigas*, Egg, Larva, Temperature, Tolerance, LT₅₀.

木下秀明 (1985) : 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.

要約: マガキの生活初期における高温耐性を明らかにするため、千葉県産天然母貝及び三重県産養殖母貝から得られた卵及び浮遊幼生を供試材料として、各発育段階(8細胞期~フルグロン期)に対する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25~47°C、接触時間を7.5分~24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24~27時間経過した時点で、供試個体の生死判定と正常・異常別計数を行って、正常生残率を求め、50%正常生残温度に基づいて発育段階相互間等を比較した。すべての発育段階のいずれの接触時間区におい

1 現在: 財團法人海洋生物環境研究所実証試験場 (〒945-03 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)

ても、それぞれ特定のある温度までは殆ど死亡が起ららず、その温度を超える2~4°Cの範囲内で正常生残率が急速に低下することが認められた。8細胞期卵の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区の33.0~33.6°Cから、接触時間が長くなるほど低下し、24時間区では29.0~30.3°Cとなった。D型期以降、フルグロン期に至るまでの各発育段階の50%正常生残温度は、いずれも、接触時間7.5分区で45.1~46.7°C以上の範囲にあり、接触時間の長期化とともに連続的に低下し、24時間区では35.4~38.5°Cの範囲内となった。以上の事実から8細胞期(受精後2時間)からD型期(同24時間)に移行する間に、高温耐性が大きく変化することが明らかにされた。接触時間15分区の50%正常生残温度で比較すると、これら両期の間に12~15°Cの差が認められた。一方、D型期、アンボ期を経てフルグロン期に達するまでの間においては、発育に伴って高温耐性が変化するということは全く認められなかった。少なくとも今回の試験結果に関する限り、幼生の高温耐性が母貝産地によって異なるということは認められなかった。

キーワード：マガキ、卵、幼生、温度、耐性、 LT_{50}

目 次

I. まえがき	3	IV. 試験結果及び考察	9
II. 供試材料	4	1. 千葉県産マガキ	11
1. 採卵用母貝	4	1) 千葉県産 I	12
2. 産卵誘発	5	2) 千葉県産 II	13
3. 浮遊幼生の飼育	5	2. 三重県産マガキ	14
III. 試験方法	6	3. 発育に伴う高温耐性の変化	15
1. 試験装置	6	4. 高温耐性に関する母貝産地間の比較	18
2. 高温接触試験方法	6	V. むすび	21
1) 接触開始時の発育段階	6	1. 施設内連行影響	21
2) 接触時間	7	2. 温排水内連行影響	23
3) 接触温度	7	引用文献	23
4) 生死等の判定	8	付図	25
		付表	27

図 表 目 次

第1図 千葉県産マガキ Iに対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係	9
第2図 千葉県産マガキ IIに対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係	10
第3図 三重県産マガキに対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係	11
第4図 千葉県産マガキ Iから得られた卵及び幼生の各発育段階における接触時間と 50%正常生残温度との関係	12
第5図 千葉県産マガキ IIから得られた卵及び幼生の各発育段階における接触時間と 50%正常生残温度との関係	13
第6図 三重県産マガキから得られた卵及び幼生の各発育段階における接触時間と	

50%正常生残温度との関係.....	14
第7図 マガキの卵及び幼生に対する15分間高温接触試験時の受精後経過時間と50%正常生残温度との関係.....	15
第8図 マガキ（本試験；平山ら,1970）及びバージニアガキ（HIDUら,1974）における接触時間と50%致死温度との関係.....	16
第9図 千葉県産及び三重県産マガキから得られた8細胞期・囊胚期・D型期における50%正常生残温度の比較.....	18
第10図 千葉県産及び三重県産マガキから得られたアンボ前期・アンボ後期・フルグロン期幼生における50%正常生残温度の比較.....	19
付図 マガキの発生経過.....	25
第1表 採卵用母貝の採集情報.....	4
第2表 F／2培養液.....	5
第3表 マガキの卵及び浮遊幼生に対する高温接触試験実施経過.....	7
第4表 マガキの各発育段階における50%正常生残温度.....	22
付表1 千葉県産マガキIから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果.....	27
付表2 千葉県産マガキIから得られたD型期卵に対する高温接触試験結果.....	28
付表3 千葉県産マガキIから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果.....	29
付表4 千葉県産マガキIから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果.....	30
付表5 千葉県産マガキI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6 千葉県産マガキIIから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果.....	32
付表7 千葉県産マガキIIから得られた卵（受精後4時間）に対する高温接触試験結果.....	33
付表8 千葉県産マガキIIから得られた卵（受精後6時間）に対する高温接触試験結果.....	33
付表9 千葉県産マガキIIから得られた囊胚期卵に対する高温接触試験結果.....	34
付表10 千葉県産マガキIIから得られたD型期卵に対する高温接触試験結果.....	35
付表11 千葉県産マガキIIから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果.....	36
付表12 千葉県産マガキIIから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果.....	37
付表13 三重県産マガキから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果.....	38
付表14 三重県産マガキから得られた囊胚期卵に対する高温接触試験結果.....	39
付表15 三重県産マガキから得られたD型期卵に対する高温接触試験結果.....	40
付表16 三重県産マガキから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果.....	41
付表17 三重県産マガキから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果.....	42
付表18 三重県産マガキ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.....	43

I. まえがき

海産動物の卵及び浮遊幼生に及ぼす発電所取放水影響を考察するためには、これらの卵及び幼生の致死温度を高温に対する接触時間との関連において究明した知見が必要である。外国産二枚貝類の卵及び幼生について、これらの知見を明らかにした研究としては、バージニアガキ *Crassostrea virginica* についての HIDU *et al.* (1974)、マルスダレガイ科の *Mercenaria mercenaria* とバカガイ科の *Mulina lateralis* についての KEN-

NERY et al. (1974a,b), オオノガイ *Mya arenaria* とムラサキガイ *Mytilus edulis*についての BARKER and STEWERT (1978) をあげることができる。最近では, WRIGHT et al. (1983) が, イタヤガイ科の *Argopecten irradians* とバカガイ科の *Spisula solidissima*について同様の研究を行い, その結果を前記のバージニアガキ, *M. lateralis*, *M. mercenaria*について得られた既往の知見と比較検討している。一方, 本邦産二枚貝類の卵もしくは幼生について, 同様の知見が得られているのは, ハマグリ (木下・道津, 1981) とマガキの胞胚期 (平山・平野, 1970) にすぎない。

筆者は, マガキの生活初期における高温耐性を発育段階別に検討し, 2, 3 の知見を得たのでここに報告する。

報告に先立ち, 二枚貝の採卵, 飼育法等について御教示下さり, また, 飼料として貴重な *Monochrysis lutheri* を快くお分け下さった水産庁養殖研究所田中彌太郎博士に深謝の意を表する。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た当研究所古川 厚前所長, 深瀬 弘所長に厚くお礼申し上げる。また, 供試材料の採集, 運搬等について当研究所, 瀬戸熊卓見主任技術員の協力を受けた。計数, 作表, 作図等については為田星世嬢にお願いした。これらの労に謝意を表する。

II. 供 試 材 料

1. 採卵用母貝

千葉県館山湾内の天然産マガキ, 及び三重県的矢湾内の養殖マガキを今回の試験のための採卵用母貝として使用した。これら母貝の採集情報を第1表に示した。

採集現地から当研究所 (千葉県御宿町) まで母貝を輸送し, 裂をよく洗浄してから,

第1表 採卵用母貝の採集情報

略 称	採集場所	採集年月日	備 考
千葉県産 館山湾内 平久里川河口域		1983. 6. 29	
三重県産 的矢湾内		1983. 7. 12	1980年9月, 宮城県下で採苗後, 的矢湾内へ移入, 以後継代養殖, 1982年3月早期人工採卵後, 養成。

約20°Cの流水（海水）条件下の水槽内へ収容し、予備的な飼育を行った。

2. 産卵誘発

約20°Cの流水条件下に収容しておいた母貝10~20個程度を、約25°Cに設定した30ℓ容水槽内へ移し、産卵誘発を行った。すなわち、母貝が自然に開殻したのち、予め雄貝から切り出し法によって得ておいた精子を水槽内に懸濁させて、放卵、放精を誘発した。こうした方法では、温度刺激を開始してから約20~60分以内に産卵が認められた。水槽内に充分な卵が産出された時点で母貝を取り除き、卵が沈降したのちに、数回の洗卵を実施した。

3. 浮遊幼生の飼育

受精後約24時間経過した時点で浮上した個体を、飼育海水1mlあたり数個体の密度となるように、100ℓ容及び30ℓ容水槽内に移し換え、給餌を開始した。餌料としては主としてF/2培養液(第2表)で単一培養した*Monochrysis lutheri*を、飼育海水1ml中に5,000~10,000細胞の密度となるように1日1回添加した。

飼育開始後、7~10日毎にミューラーガーゼを用いて飼育海水の交換を行うとともに、飼育水槽も交換した。飼育期間中の海水温度は21~24°C、塩分は31.0~34.5‰の範囲内にあった。

第2表 F/2培養液

保存原液-A	Na NO ₃ Na H ₂ PO ₄ · H ₂ O Na ₂ Si O ₃ · 9H ₂ O 蒸留水を加えて100mlにする。	7.5g 0.5g 1.5g ~ 3.0g
保存原液-B (微量元素)	Cu SO ₄ · 5H ₂ O Zn SO ₄ · 7H ₂ O Co Cl ₂ · 6H ₂ O Mn Cl ₂ · 4H ₂ O Na ₂ Mo O ₄ · 2H ₂ O それぞれを蒸留水100mlずつに溶かす。	0.98g 2.2g 1.0g 18.0g 0.63g
保存原液-C	Fe Cl · 6H ₂ O Na ₂ EDTA 以上を蒸留水900mlに溶かし、これにB液各1mlずつ(計5ml)を加えた後、蒸留水を追加して1lにする。	3.15g 4.36g
培養液	A液1ml、B液1mlにビタミン類としてThiamine HCl 0.1mg、Biotin 0.5μg、B ₁₂ 0.5μgを添加し、海水を加えて1lにする。	

(大森・池田、1976より引用)

III. 試験方法

1. 試験装置

マガキの発育段階別高温耐性を究明することを目的とした今回の試験には、当研究所で設計製作した卵・稚仔温度反応試験装置 (MERI-01; 柏木ら, 1980) を、主として使用した。この装置の温度設定方法は、KELLER and NEGLE (1968) 及び HIDU *et al* (1974) が、植物プランクトンやカキ類幼生等の試験のために考案実用したものと同じである。すなわち、88個 (11個×8列) の試験管挿入孔 ($\phi 24\text{mm}$) をもうけたアルミニウム製ブロック (L620mm × W430mm × D102mm) の片側を加温し、その反対側を冷却することによって、アルミニウムブロック自体に温度勾配を生じさせる。この温度勾配を利用すると、各列の試験管内の飼育用水に11段階の試験温度が得られるわけである。

この装置を用いると、11段階のそれぞれの設定温度がほぼ均一であるという条件を保持したまま、同時に8組の試料について試験を行うことができる。設定温度の測定には、アルミニウムブロックの試験管挿入孔の間に埋め込まれた99個 (11個×9列) の白金測温抵抗体を用い、その測定値は小型多点温度記録装置へ集録され、デジタルで表示されるとともに、設定したプログラムに従って一定時間毎に測定値がプリントされるシステムが採用されている。

2. 高温接触試験方法

1) 接触開始時の発育段階

各接触試験開始時における供試材料の発育段階を、それらの受精後経過時間、平均殻長とともに第3表に示した。千葉県産の母貝からは2回 (7月4日と7月25日) 採卵を行い、第3表以降この報告ではそれぞれの採卵によって得られた供試材料を、千葉県産I, 同IIと区分して表示することにした。なお、千葉県産IIについては、アンボ期以降成長が鈍化し、受精後17日経過した時点の平均殻長は $120\mu\text{m}$ にすぎなかつたが、なかには殻長 $200\mu\text{m}$ 以上の個体も認められたため、一応<アンボ後期>として取扱い、それ以降の発育段階については試験を実施しなかつた。

第3表 マガキの卵および浮遊幼生に対する高温接触試験実施経過

母貝	月日	受精後経過時間	発育段階	殻長(μm)	
				平均	標準偏差
千葉県産 (館山湾)	I	7月4日	2時間	8細胞期卵	—
		7月5日	1日	D型期幼生	76.0 4.9
		7月11日	7日	アンボ前期幼生	94.7 5.7
		7月19日	15日	アンボ後期幼生	168.7 18.3
		8月3日	30日	フルグロン期幼生	288.6 25.9
	II	7月25日	2時間	8細胞期卵	—
			4時間	卵	—
			6時間	卵	—
			8時間	囊胚期	—
		7月26日	1日	D型期幼生	77.5 4.4
		8月2日	8日	アンボ前期幼生	104.8 8.2
		8月11日	17日	アンボ後期幼生	120.3 22.6
三重県産 (的矢湾)		7月14日	1.5時間	8細胞期卵	—
			8時間	囊胚期	—
		7月15日	1日	D型期幼生	78.8 4.9
		7月21日	7日	アンボ前期幼生	102.8 11.6
		8月1日	18日	アンボ後期幼生	193.8 27.1
		8月24日	41日	フルグロン期幼生	270.6 23.4

2) 接触時間

試験を行った各発育段階のうち、8細胞期、D型期、アンボ前期、アンボ後期、フルグロン期の5発育段階については、高温に対する接触時間を7.5分、15分、30分、60分、180分、360分、1,440分(24時間)の7区とした。

囊胚期(浮遊卵)については、高温に対する接触時間を7.5分、15分、30分、60分の4区に限定した。また、千葉県産IIの受精後4時間、同6時間の卵について15分間のみの高温接触試験を追加実施した。

3) 接触温度

今回の試験においては、マガキの卵もしくは幼生に対する接触温度を25~47°Cの範囲

内に設定した。すなわち、濾過海水30 mlを入れた試験管を、M E R I - 0 1 のアルミニュウムブロックの各挿入孔内へ入れ、試験管内の海水温度が設定温度に達したのち、ピペットを用いて供試卵もしくは供試幼生を、ごく少量（0.1~0.2ml程度）の飼育海水とともに各試験管内に移し入れて高温接触を開始した。

所定の各高温接触時間が経過した都度、25°Cの恒温水槽内へ試験管ごと移し、高温接触を開始してから24~27時間経過するまで、そのまま恒温水槽内に静置した。同様の操作を恒温水槽内でも行い、これを対照区とした。

4) 生死等の判定

接触時間が7.5~360分の場合には接触開始後約24時間経過した時点で、また接触時間が1,440分(24時間)の場合には接触開始後約27時間経過した時点で生死等の判定を行った。

判定には、試験管中の供試材料の遊泳状態により、次の2つの方法を用いた。すなわち、浮遊個体についてはすべて生残個体とし、ホルマリンで固定後、正常個体、異常個体別に計数した。一方、沈降個体についてはホルマリン固定を行わず直ちに検鏡して、動きが全く認められない個体を死亡個体とし、動きがある個体についてはさらに正常個体と異常個体に区分して計数を行った。

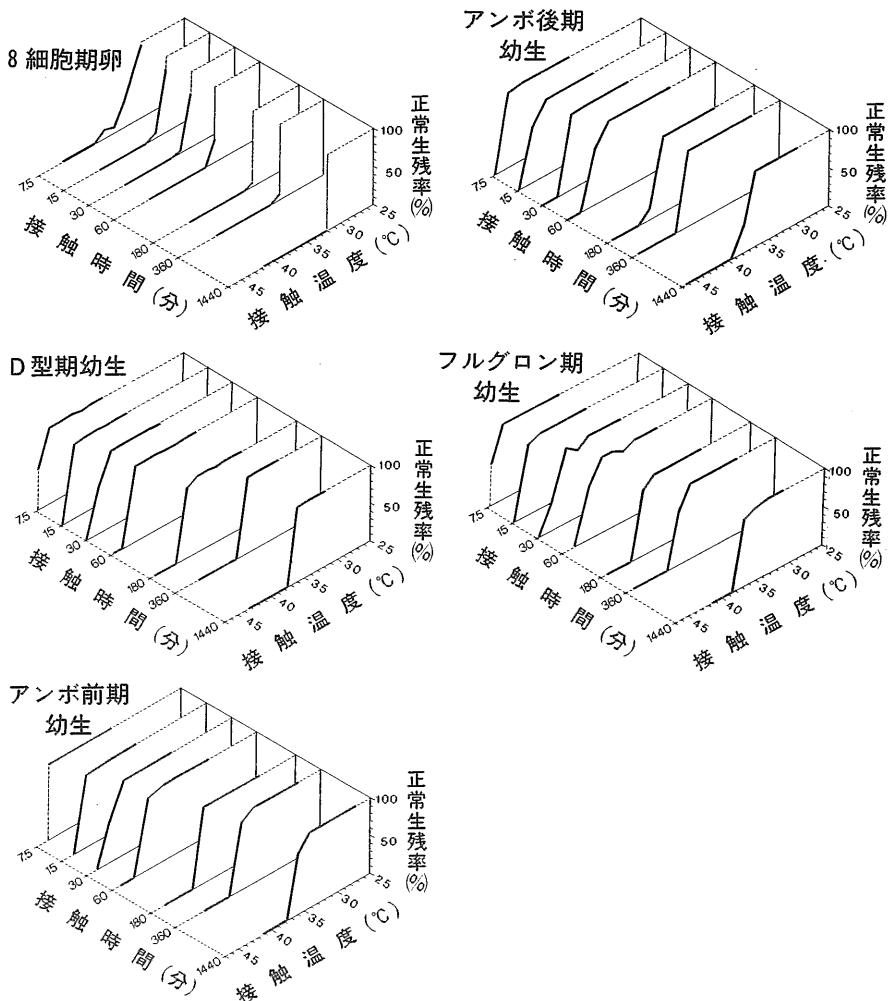
なお、殻形成前の発育段階にあたる8細胞期から囊胚期に対する生死の判定に際しては、判定時に殻を全く形成していないものを、その浮沈状態にかかわらずすべて死亡個体の中に含めた。これは、殻を形成していない個体は短時間内で死亡することが明らかであること、また、活発な動きはあるものの割球がバラバラとなり、個体として計数が不可能なものが多数含まれていたことを考慮したためである。なお、付表中には生死判定時における試験管内の幼生の遊泳状態について、ほとんどすべての個体が浮遊する場合を+、全ての個体が沈降して動きがみられない場合を-、両者が混在する場合を±として示した。

以上の判定結果に基づいてこの報告では、<正常生残率>を次式から算出した。

$$\text{正常生残率} (\%) = (\text{正常生残個体数}/\text{供試個体数}) \times 100$$

IV. 試験結果及び考察

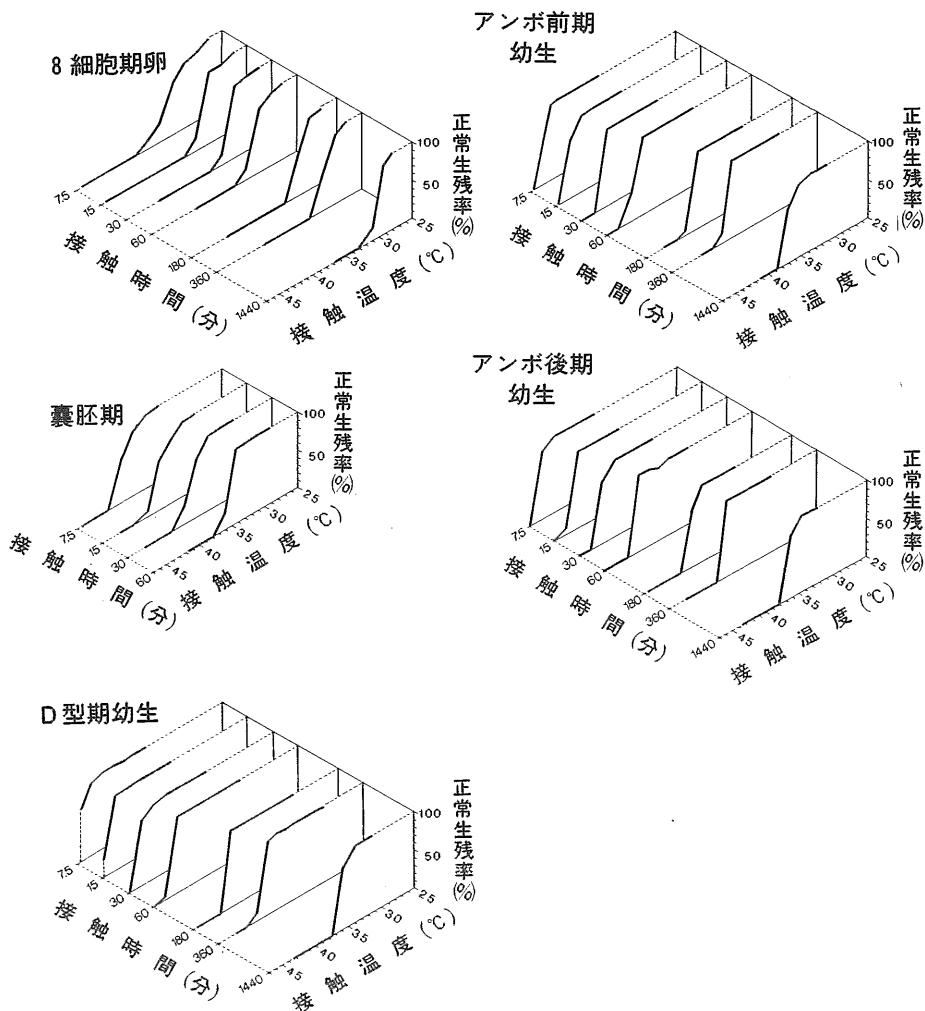
千葉県産 I, IIについての試験結果を第1図, 第2図に, 三重県産についての試験結果を第3図にそれぞれ示した。これらの図は、発育段階別に、各接触時間毎の接触温度と正常生残率の関係を示したものである。図中で破線で示したところは、設定温度範囲外の部分であり、時間軸上の位置は接触時間の対数によって配置されている。また、図



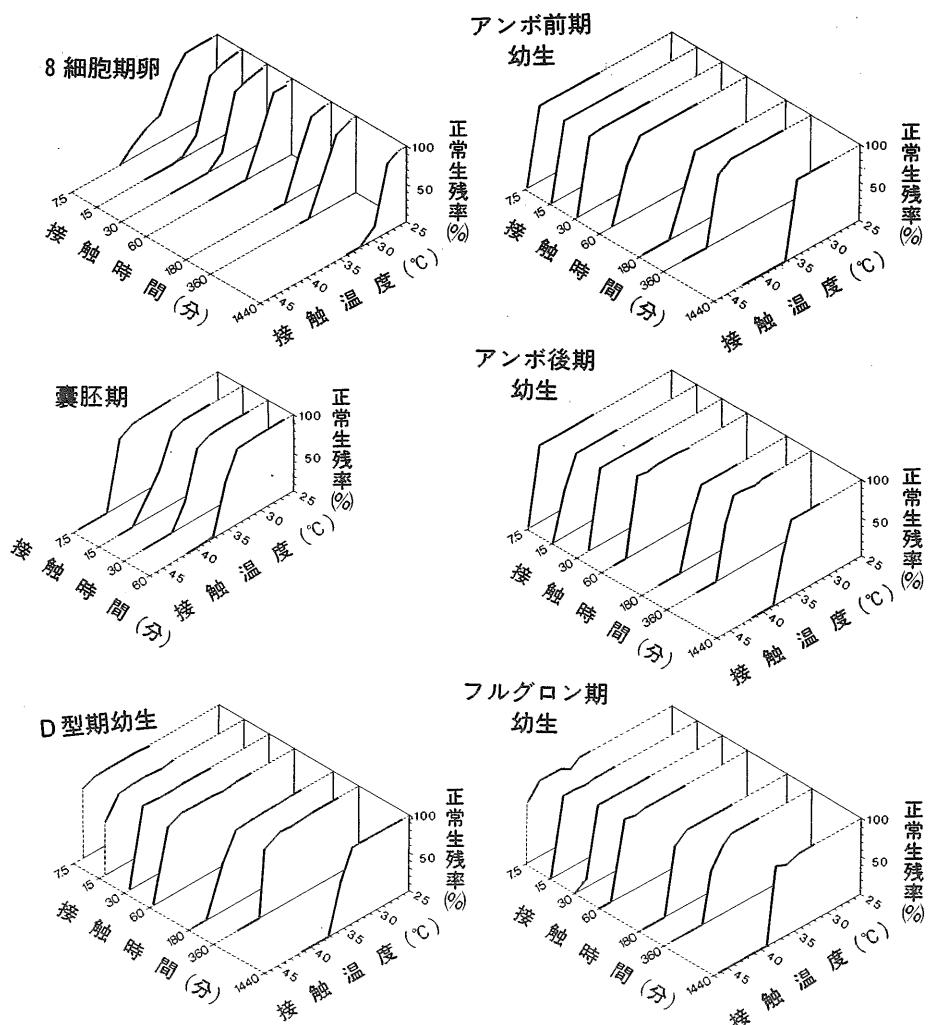
第1図 千葉県産マカキ I に対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係

中の立面部の面積が大きいほど高温に対する耐性が強いことを示している。

各図から明らかなとおり、いずれの発育段階においても、接触温度の上昇に伴い正常生残率が徐々に低下するという傾向を示さず、接触温度のうえでは2~4℃の変化という狭い範囲内で、正常生残率が急激に低下することが認められた。そこで、接触時間毎に正常生残率50%を示す接触温度を<50%正常生残温度>とし、これを基準として発育段階相互間等の比較検討を行うことにした。



第2図 千葉県産マカキIIに対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係



第3図 三重県産マガキに対する試験から得られた接触温度・接触時間と正常生残率との関係

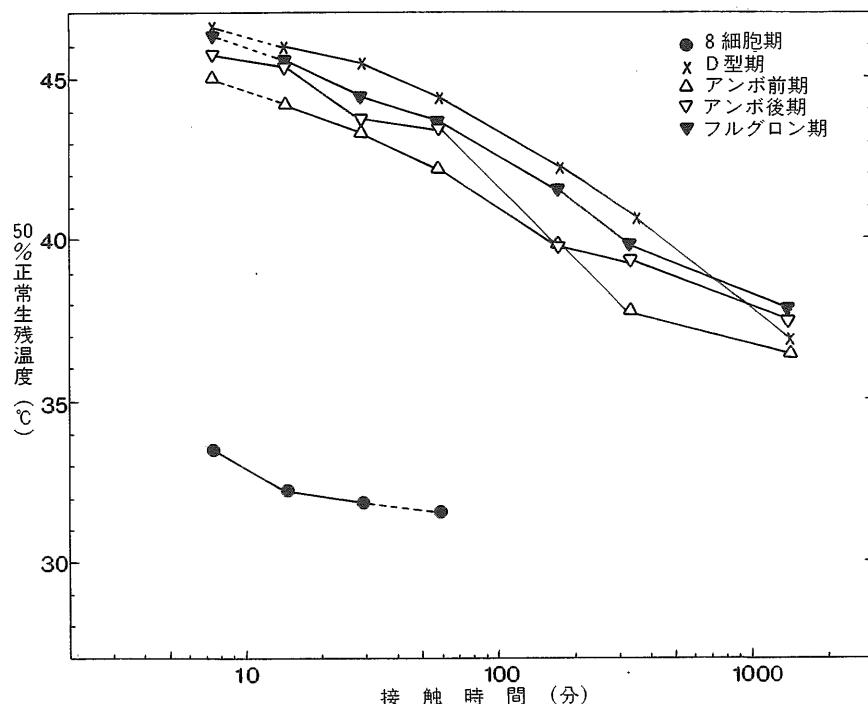
1. 千葉県産マガキ

千葉県産 I, II の試験結果から、各接触時間毎の 50% 正常生残温度を求め、第4図、第5図にそれぞれ発育段階別に示した。これらの図中の破線は 50% 正常生残温度を求めることができなかった接触時間区における設定温度の上限もしくは下限を示した部分である。

1) 千葉県産 I

8細胞期, D型期, アンボ前期, アンボ後期, フルグロン期の各発育段階に対して接觸試験を実施した。

8細胞期に対する試験では, 接触温度を31.5°C以上に設定したため, 50%正常生残温度を算出できた接觸時間区は30分以内の3区に限られた。すなわち, 50%正常生残温度は, 7.5分区で33.6°C, 15分区で32.2°C, 30分区で31.9°Cであった。



第4図 千葉県産マガキ I から得られた卵及び幼生の各発育段階における接觸時間と50%正常生残温度との関係

D型期からフルグロン期に至る各発育段階に対する試験から得られた50%正常生残温度は, 7.5分区で45.1~46.7°C以上, 15分区で44.2~45.9°C, 1,440分区で36.6~37.7°Cであった。これらの値から, ①D型期以降の各発育段階では50%正常生残温度が殆ど変化しないこと, ②どの発育段階においても接觸時間の延長に伴い50%正常生残温度が継続的に低下する傾向のあること, が認められた。

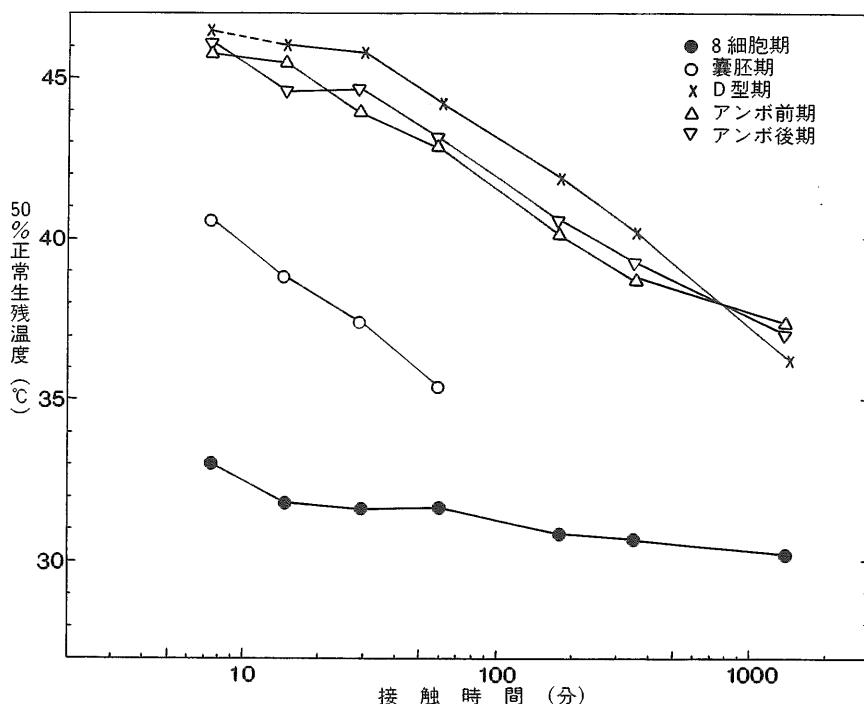
また, 8細胞期とD型期以降の50%正常生残温度を比較すると, 両者の間に12~13°Cの差があり, これらの発育段階の間で高温耐性が大きく変化することが明らかにされた。

2) 千葉県産II

8細胞期、囊胚期、D型期、アンボ前期、アンボ後期の各発育段階に対して接触試験を実施した。

8細胞期の50%正常生残温度は、7.5分区で33.2°C、15分区で31.9°Cと、接触時間の延長に伴い低下するが、接触時間をさらに延長すると30°C付近に近づく傾向が認められた。

D型期以降、アンボ後期に至る各発育段階では、千葉県産Iの場合と同様に、50%正常生残温度が殆ど変化せず、接触時間 7.5分区で45.8~46.6°C、15分区で44.5~46.0°C、



第5図 千葉県産マガキIIから得られた卵及び幼生の各発育段階における接觸時間と50%正常生残温度との関係

1440分区で36.3~37.4°Cと、接觸時間の延長に伴い継続的に低下した。

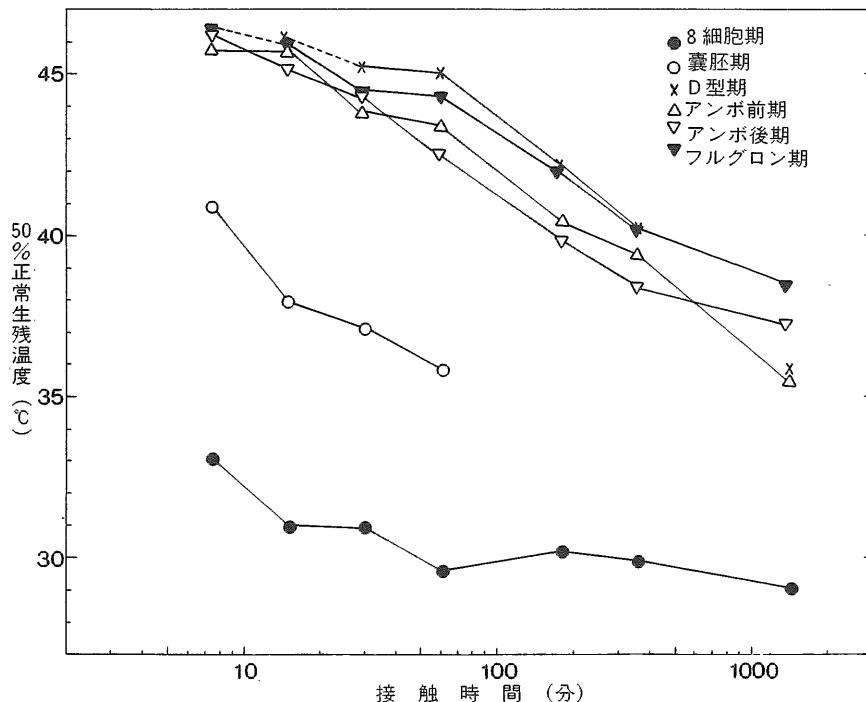
千葉県産IIの供試材料については、高温耐性が大きく変化する過程内にあると推察された囊胚期（8細胞期とD型期の間の発育段階）についても試験を実施した。この発育段階の50%正常生残温度も、接觸時間 7.5分区で40.6°C、15分区で38.8°C、60分区で35.5°Cと、接觸時間の延長に伴い継続的に低下したが、その値は、8細胞期とD型期の

ほぼ中間に位置するものであった。

2. 三重県産マガキ

三重県産マガキについては、8細胞期、囊胚期、D型期、アンボ前期、アンボ後期、フルグロン期に対して接触試験を実施した。これらの試験結果から得られた各接触時間毎の50%正常生残温度を求め、第6図に示した。

8細胞期の50%正常生残温度は、接触時間7.5分区で33.0°C、15分区で31.0°Cと低下



第6図 三重県産マガキから得られた卵及び幼生の各発育段階における接觸時間と50%正常生残温度との関係

したが、接觸時間をさらに延長すると29°C付近に近づく傾向が認められた。

囊胚期の50%正常生残温度は、接觸時間7.5分区で40.8°C、15分区で37.8°C、60分区で35.8°Cと、千葉県産IIに対する試験結果とはほぼ同様な値が得られた。

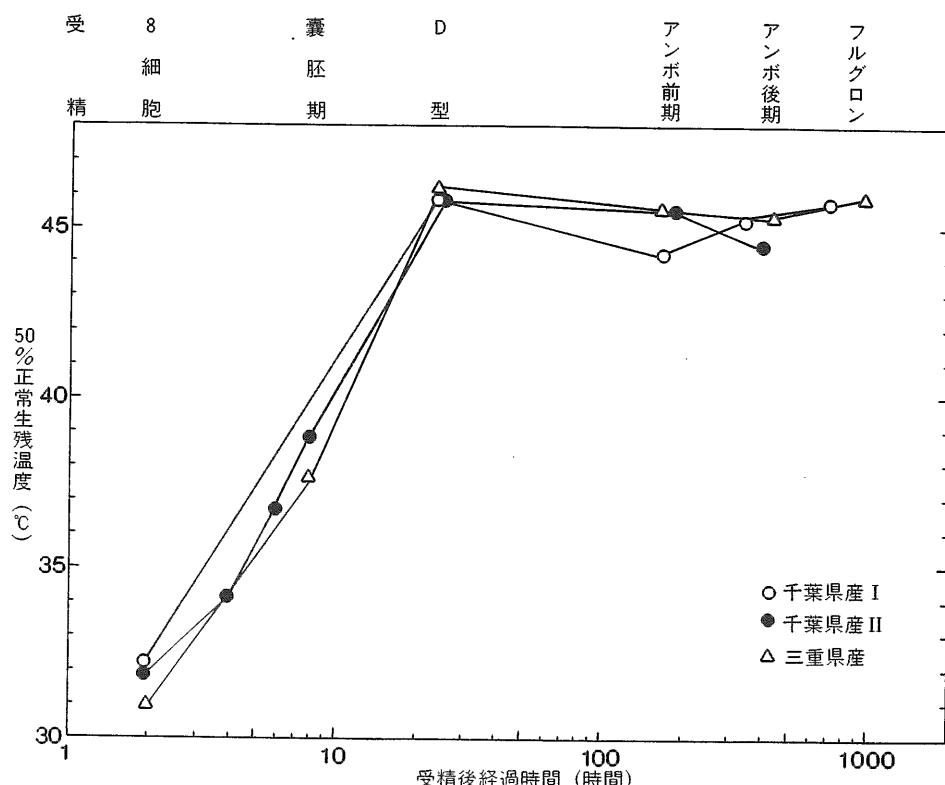
D型期からフルグロン期に至る各発育段階に対する試験から得られた50%正常生残温度は、接觸時間7.5分区で45.7~46.7°C以上、15分区で45.4~46.1°C以上、1,440分区で35.4~38.5°Cであった。千葉県産の供試材料の場合と同様に、これらの発育段階の間で

は50%正常生残温度に殆ど差がなく、また、いずれの発育段階においても、接触時間の延長に伴い50%正常生残温度が継続的に低下する傾向が認められた。

3. 発育に伴う高温耐性の変化

各産地別に接触時間15分区の50%正常生残温度と受精後経過時間（対数目盛）との関係を第7図に示した。図中には千葉県産IIの受精後4時間及び6時間経過した卵に対する試験結果をも含めた。

この図から明らかなように、マガキの生活初期における50%正常生残温度は、受精後約2時間経過した8細胞期の約32°Cから、受精後24時間経過したD型期の約46°Cに至る



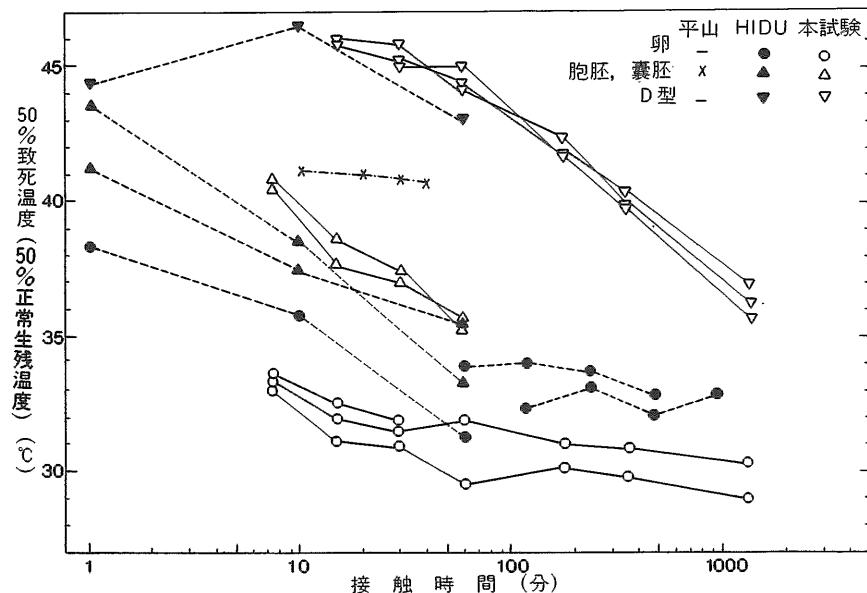
第7図 マガキの卵及び幼生に対する15分間高温接触試験時の受精後経過時間と50%正常生残温度との関係

までの間に、急速に上昇した。一方、D型期以後、フルグロン期に至るまでの各発育段階では、50%正常生残温度が44~46°Cの範囲内にあり、この間には殆ど変化が認められなかった。8細胞期とD型期以後との間の50%正常生残温度にみられる差は、15分区では12~15°Cに達した。接触時間がこれよりも長い試験区においては、この差がやや小さくなり、1,440分区で比較すると6~9°Cであった。

バージニアガキの受精卵、囊胚期、D型期（受精後2日）について、接触時間と致死温度との関係を調べた HIDU *et al.* (1974)によれば、受精卵の半数致死温度は、接触時間10秒から2時間の範囲内では、接触時間の延長とともに急速に低下し、接触時間が2~16時間の範囲内では33°Cに近づくこと、また、囊胚期及びD型期の半数致死温度は受精卵の場合よりも約3°C及び約8~12°C、それぞれ高いと報告されている。

平山・平野 (1970) は、マガキの胞胚期に対する接触時間と致死温度の関係を調べ、接触時間10~40分の範囲内の生残率が、接触温度37°Cでは100%，40°Cでは90~100%であるが、42°Cにすると0~10%に低下するとしている。

HIDU *et al.* (1974) 及び平山・平野 (1970) の結果から50%正常生残温度を算出し、今回の試験結果とともに第8図に示した。ここでは、発育段階を卵期からD型期までの



第8図 マガキ（本試験；平山ら, 1970）及びバージニアガキ（HIDUら, 1974）における接觸時間と50%致死温度との関係

範囲に限定して、既往知見との比較を行った。バージニアガキの場合と今回のマガキの場合とを比較すると、囊胚期、D型期については、接触時間が重複している7.5分～60分の範囲内では、両者の50%正常生残温度の間に差が認められなかった。しかし、卵期の50%正常生残温度においてはバージニアガキの方が高い値となった。

LOOSANOFF and DAVIS (1963)によれば、バージニアガキでは、受精卵からD型期へ移行する割合は、30°Cで100%であるが、33°Cでは40%に低下するとされている。一方、妹尾ら(1926)は、マガキの受精卵を飼育した場合、D型期における正常生残率が、飼育水温27.7°Cでは74.5%であるが、29.7°Cでは0.2%に低下すると報告している。これらの知見からも、バージニアガキとマガキとの間には、温度耐性のうえで若干の差があることが推定され、前述の卵にみられた両種の高温耐性上の差と対応している。しかしながら、卵からD型期へ移行するまでの間に高温耐性が大きく変化すること、卵の場合に、接触時間の延長に伴って50%正常生残温度(致死温度)が一定の温度に近づくことなど、両種に共通する傾向も認められている。

カキ類以外の二枚貝類においても、卵からD型期に移行するまでの間に、高温耐性が増大することを明らかにした研究としては、*M. lateralis* と *M. mercenaria*についての KENNEDY *et al.* (1974a,b), *M. arenaria* とムラサキイガイについての BARKER and STEWART (1978), *A. irradians* と *S. solidissima* についての WRIGHT *et al.* (1983), ハマグリについての木下・道津(1981)をあげることができる。

二枚貝類のD型期以降の発育段階における高温耐性に関する既往の知見(DIAZ, 1975)によれば、*M. lateralis* 幼生の温度耐性は、受精後2～12日の間には殆ど変化がないとされている。一方、*M. arenaria* とムラサキイガイの幼生の場合には、受精後1日から受精後5～11日の間に、僅かながら温度耐性が増大するとされている(BARKER and STEWART, 1978)。また、ハマグリの場合も、D型期～アンボ期の高温耐性に比較するとフルグロン期～沈着稚貝のそれが僅かに増大するという傾向が認められている(木下・道津, 1981)。

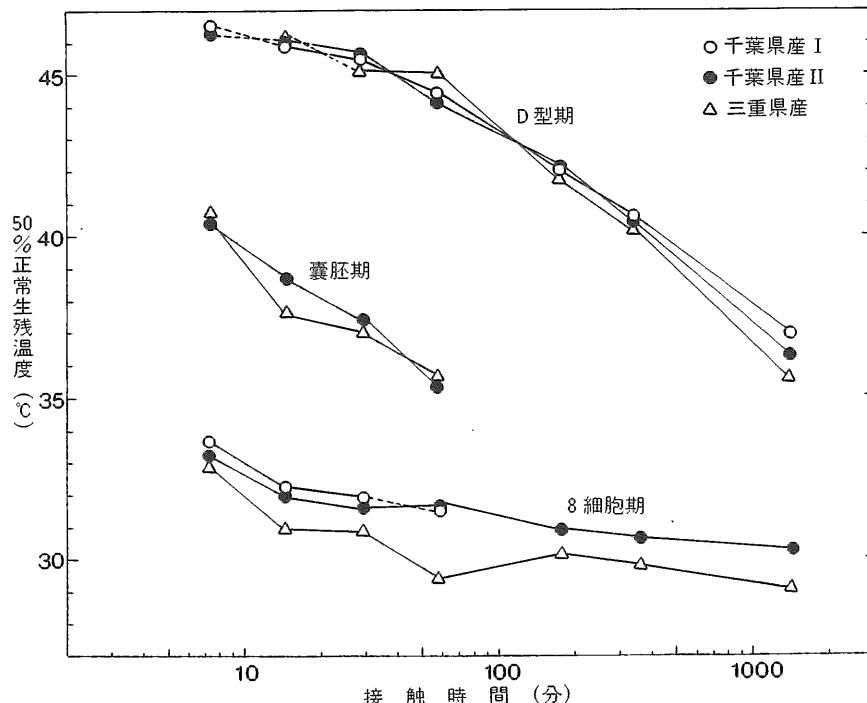
なお、平山・平野(1970)によれば、マガキの胞胚期の致死温度は、接触時間に殆ど依存せずに約41°Cであるとされており、今回の試験とは相違した結果となっている。この相違は、平山らが高温接触終了直後に生死判定を行っているのに対し、今回の試験や HIDU *et al.* では、接触開始後24時間以上経過した時点で生死判定をしているという、試験方法上の違いから生じたものと推察される。

4. 高温耐性に関する母貝产地間の比較

千葉県産 I, 同II, 及び三重県産の供試材料について, それぞれ実施した試験結果相互間を比較するために, 接触時間と50%正常生残温度との関係を, 発育段階別に第9図及び第10図に示した。すなわち, 第9図には, 8細胞期, 囊胚期, D型期に対する試験結果を, 第10図には, アンボ前期, アンボ後期, フルグロン期に対する試験結果を, それぞれ示した。

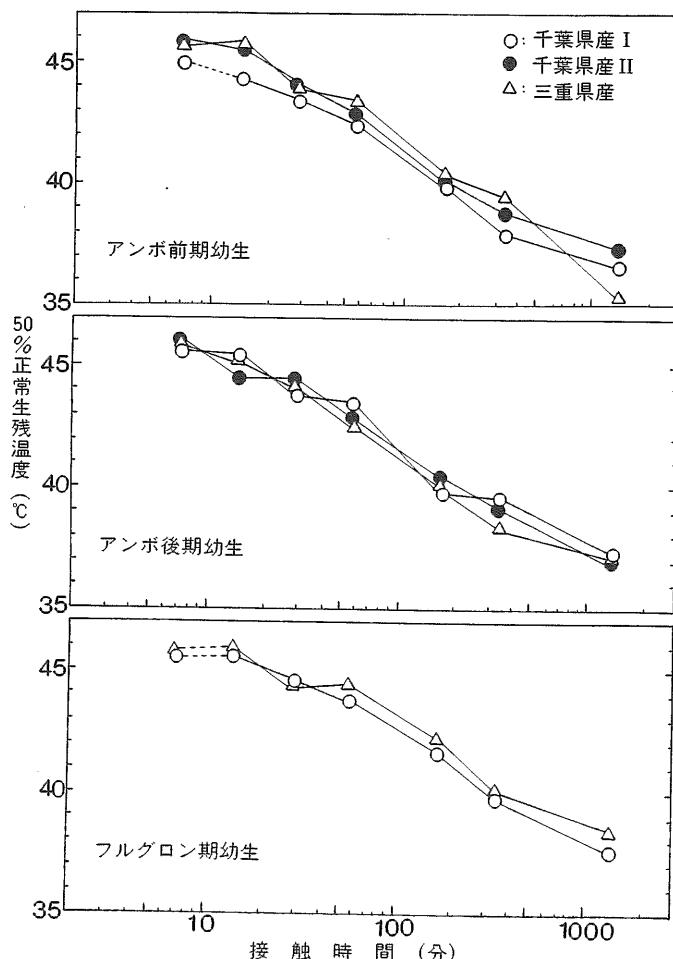
千葉県産 I と同IIを比較すると, 共通して試験を行った発育段階である8細胞期, D型期, アンボ前期, アンボ後期のいずれの場合においても, 両者の50%正常生残温度の間に殆ど差が認められなかった。また, 千葉県産と三重県産との試験結果相互間を比較すると, 囊胚期, D型期, アンボ前期, アンボ後期, フルグロン期の各50%正常生残温度間には差が認められなかった。

しかし, 8細胞期については, 三重県産の50%正常生残温度が千葉県産のそれよりも



第9図 千葉県産及び三重県産マガキから得られた8細胞期・囊胚期・D型期における50%正常生残温度の比較

1°C 程低い値を示した。接触温度の設定間隔がおよそ 2°C であることから、8細胞期についての試験結果をやや詳細に検討すると、例えば接触時間1440分(24時間)区の場合、千葉県産では正常生残率が、接触温度29.4°Cで91.7%，31.0°Cで15.8%であったのに対し、三重県産では正常生残率が、接触温度28.0°Cで91.9%，29.8°Cで17.9%であった。すなわち、正常生残率に急激な変化が起こっている温度が、千葉県産では29.4~31.0°C、三重県産では28.0~29.8°Cの範囲内にあった。これらの範囲には若干の重複部分があ



第10図 千葉県産及び三重県産マガキから得られたアンボ前期・アンボ後期・フルグロン期幼生における50%正常生残温度の比較

り、接触温度の設定間隔が 1.6°C と 1.8°C であったことなどを考慮に入れると、千葉県産と三重県産との間に高温耐性上の差があるか否かを確認するためには、接触温度の設

定間隔を、今回よりもさらに細かくした試験を行う必要があると考えられる。

マガキ卵の発生適温については、古くから調査が行われている。妹尾ら(1926)によれば、神奈川県産マガキの発生限界温度は、最高30°C、最低15°Cで、その好適範囲は23~26°Cとされている。菊池(1961)は、宮城県産マガキでは水温18.4~29.9°Cの範囲内で大体発育が可能であろうとしている。IMAI and SAKAI(1961)は、各地のマガキを純系交配して、同一条件で飼育すると、成長、殻の形態、冷水域や暖水域における斃死率等が、地理的分布と対応して異なり、遺伝的差異が認められるとしている。一方、沼知(1962)は、これに関連して、日本沿岸各地に産するマガキについて、発生適温の調査を行ったところ、80~90%以上の受精率が得られる温度範囲は、北海道産で15~30°C、宮城県産及び広島県産で15~30.5°C、有明海産で15.5~30.5°Cであり、また、80~90%以上の個体が卵からD型期幼生に移行し得る温度範囲は、北海道産で19~26°C、宮城県産及び広島県産で21~26°C、有明海産で21~27°Cであり、産地により適温範囲が異なることを示している。

今回の試験結果のうち、8細胞期の接触時間1440分区の正常生残率から発生適温を推定すると、90%以上の正常生残率が得られた温度範囲の上限は28~29°Cとなり、妹尾ら(1926)、沼知(1962)の結果よりも2°C程高い値となった。産地間の適温範囲の差が0.5~1°Cであるとすると、この2°Cという差は非常に大きいことになる。しかしながら、前述のような発生初期における高温耐性の急激な変化の存在を考えると、マガキの発生適温の差異等を検討する場合には、試験温度に移行する方法及びその時の卵の発育段階を同一にすることが、不可欠であると考えられる。また、接触温度の設定間隔を0.5°C程度に細分化して試験を行う必要もある。

マガキの好適発生塩分範囲を妹尾ら(1926)は23.3~28.5%とし、AMEMIYA(1928)は20~26%としている。一方、沼知(1960)によると、好適発生塩分は親ガキ飼育水の塩分によって可逆的に変化し、14~37%の広い塩分範囲に適応できることを明らかにした。今回の試験に用いた母貝の採集地点における採集時の塩分は、千葉県産が12.3%，三重県産が28.0%と、両者で大きく異なっていた。試験開始に先立ち、千葉県産母貝については5昼夜以上、三重県産母貝については1昼夜、塩分31.0~34.5%の海水中で流水飼育を行ったのちに採卵に供し、それ以後における卵や幼生の飼育、試験とも、この塩分範囲の海水を使用したので、塩分に関してはすべてほぼ同一条件のもとで試験が行われたものとみなすことができよう。なおこの塩分は、マガキの好適塩分範囲の上限に

近いものであるとも考えられるので、いくつかの塩分条件下においても試験を行い比較検討する必要があろう。

V. 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としては、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＜施設内連行影響＞と、放水域において、周辺海水から昇温した温排水ブ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つをあげることができる。

今回の試験によって得られたマガキの卵および浮遊幼生の高温耐性に関する知見に基づいて、これらの2つの影響について、昇温に伴う側面のみについて考察を行った。

1. 施設内連行影響

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10~15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分区において得られたマガキの卵及び浮遊幼生の50%正常生残温度に基づいて考察を進めることにした。

接触時間15分区における50%正常生残温度は、最も高温耐性が低かった8細胞期卵では31.0~32.2°Cであり、D型期~フルグロン期では44.2~46.1°C以上であった(第4表、第7図)。予備飼育期間中の海水温度21~24°Cを基準温度として、50%正常生残温度との差を求めるとき、8細胞期では+7~8°C以上、D型期以降では+20~22°C以上という値が得られる。

母貝を含む予備飼育期間の海水温度をさらに高くした場合には、卵や幼生の高温耐性がいくぶん増大することも予測されるが、今回の試験ではその点を確認していないので、安全側に立って、高温耐性がこれ以上にならないものと仮定し、基準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、接触時間15分区の50%正常生残温度との差は、8細胞期では+3°C、D型期以降では+16~18°Cとなる。

一方、わが国で最近建設される大部分の臨海発電所における設計昇温幅(ΔT)は7°Cである。前述の基準温度と50%正常生残温度との差と、この ΔT とを対比すると、D型

期以降のマガキ幼生については、発電所通過に伴う昇温影響に関する限り、全く問題がないとすることができる。

第4表 マガキの各発育段階における50%正常生残温度

母貝	発育段階	各接触時間における50%正常生残温度(℃)							対照群 水温(℃)	接触前 の飼育 水温(℃)
		7.5分	15分	30分	60分	180分	360分	1440分		
千葉 県産 I	8細胞期卵	33.6	32.2	31.9	<31.6	25.5	19.9
	D型期幼生	>46.7	45.9	45.4	44.3	42.1	40.5	36.9	25.7	21.2
	アンボ前期幼生	>45.1	44.2	43.5	42.3	39.9	37.8	36.6	25.2	21.6
	アンボ後期幼生	45.7	45.4	43.8	43.6	39.8	39.6	37.4	27.2	22.3
	フルグロン期幼生	>46.6	45.7	44.6	43.8	41.7	39.7	37.7	25.5	22.5
千葉 県産 II	8細胞期卵	33.2	31.9	31.7	31.8	31.0	30.8	30.3	25.1	22.0
	卵(受精後4時間)	—	34.1	—	—	—	—	—	25.0	22.0
	卵(受精後6時間)	—	36.6	—	—	—	—	—	24.9	22.5
	囊胚期	40.6	38.8	37.4	35.5	—	—	—	25.5	22.5
	D型期幼生	>46.6	46.0	45.8	44.2	41.9	40.3	36.3	25.5	22.5
	アンボ前期幼生	45.8	45.6	44.1	42.9	40.2	38.8	37.4	25.4	22.5
	アンボ後期幼生	46.0	44.5	44.3	42.9	40.5	39.2	37.1	25.5	23.4
三重 県産	8細胞期卵	33.0	31.0	30.9	29.5	30.2	29.8	29.0	25.5	22.5
	囊胚期	40.8	37.8	37.1	35.8	—	—	—	25.5	22.5
	D型期幼生	..	>46.1	45.2	45.1	42.3	40.2	35.7	25.4	22.4
	アンボ前期幼生	45.7	45.8	43.9	43.5	40.5	39.5	35.4	25.1	22.3
	アンボ後期幼生	46.0	45.4	44.2	42.5	39.9	38.4	37.3	25.6	24.0
	フルグロン期幼生	>46.7	46.0	44.4	44.4	42.2	40.2	38.5	25.0	22.1

> : 設定最高温度においても50%以上の死亡が起らなかった接觸時間区

< : 設定最低温度において50%以上が死亡した接觸時間区

.. : 設定温度範囲内で50%正常生残温度が求められなかった接觸時間区

なお、卵期については、受精後4時間以内の卵の50%正常生残温度のみが35℃以下であり、基準温度を28℃とした場合に問題が残ることになる。しかしながら、受精後6時間未満の卵は静止海水中では沈降する性質をもっており、浮遊幼生の場合よりも冷却水とともに連行される確率が低くなるものと考えられる。また、マガキ幼生の全浮遊生活期間は水温24℃で2~3週間とされている(小笠原, 1980)ので、全浮遊生活期間中に占める受精後4時間の比率は極めて小さなものである。

以上は、施設内通過影響のうち、昇温のみに限定した考察である。マガキ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にした総合的な判断を必要としている。

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、再び発電所前面海域へ放出されると、周辺海水との希釈混合や大気中への放熱によって、しだいに周辺海水との温度差を失っていく。この希釈混合の過程において、周辺海水の表層部で浮遊している発電所を通過しなかったマガキの幼生等も、周辺海水とともに温排水ブ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に比較すれば、放水域における希釈混合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。

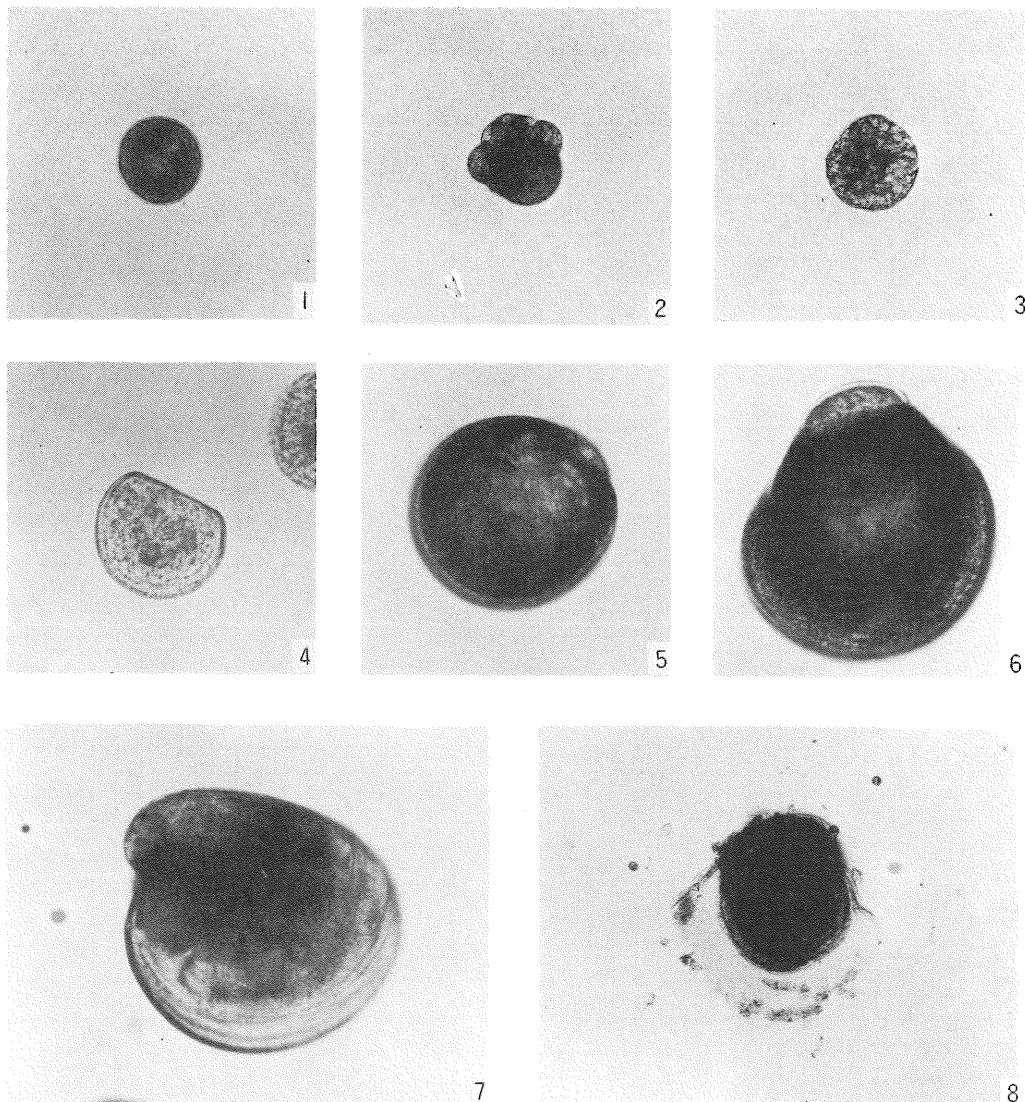
放出直後には $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ を維持している温排水が、周辺海水と等温になるまでに要する時間は、温排水の放出量、放出方式等によって異なるが、当研究所が稼動中の大規模発電所の前面海域で実測した事例では、通常数時間以内であった。ここでは安全側に立って、今回の試験中の最大接触時間である24時間区の50%正常生残温度に基づいて、温排水内連行影響の考察を行うことにした。

第4表から明らかのように、24時間区におけるD型期以降の50%正常生残温度は、いずれも 35°C 以上であり、基準水温を 28°C としても、 $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ 以上の差があることになった。 $\Delta T 7^{\circ}\text{C}$ を維持している範囲は、放水口の極めて至近領域に限られるので、このような比較的高温に接しているのは、極めて短時間であろう。以上の考察を総合すると、産出直後の受精卵に若干の保留をおけば、マガキの浮遊期幼生の温排水内連行に伴う昇温影響についても、問題が生じないものと結論することができる。

引 用 文 献

- AMEMIYA, I. (1928). Ecological studies of Japanese oysters, with special reference to the salinity of their habitats. *J. Coll. Agri. Univ. Tokyo*, 9(5): 333-382.
- BARKER, S. L. and J. R. STEWART. (1978). Mortalities of the larvae of two species of bivalves after acute exposure to elevated temperature. In JENSEN, L. D., ed., *Fourth National Workshop on Entrainment and Impingement* : 203-210.
- DIAZ, R. J. (1975). Effects of brief temperature increases on larvae of *Mulinia lateralis* (Mollusca: Bivalvia). *J. Fish Res. Bd. Can.*, 32 (10): 1870-1872.
- 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. Shellfish. Assoc.*, 64: 102-110.

- 平山 和次・平野 礼次郎 (1970). 2, 3 の海産浮遊幼生に及ぼす高温と残留塩素の影響について. 長崎大水研報, (29) : 83-89.
- IMAI, T. and S. SAKAI (1961). Study of breeding of Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Tohoku J. Agri. Res.*, 12(2) : 125-171.
- 柏木 正章・道津 光生・深瀬 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 interactions on populations of primary producers. *Proc. Penn. Acad. Sci.*, 47 : 97-106.
- KENNEDY, V. S., W. H. ROOSENBURG, M. CASTAGNA and J. A. MIHURSKY (1974a). *Mercenaria mercenaria* (Mollusca : Bivalvia) : Temperature-time relationships for survival of embryos and larvae. *Fish. Bull.*, 72 (4) : 1160-1166.
- KENNEDY, V. S., W. H. ROOSENBURG, H. H. ZION and M. CASTAGNA (1974b). Temperature-time relationships for survival of embryos and larvae of *Mulinia lateralis* (Mollusca : Bivalvia). *Mar. Biol.*, 24 : 137-145.
- 菊池 省吾 (1961). 松島湾産カキの発生に及ぼす水温・塩分の影響. 東北水研報, (19) : 154-163.
- 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.
- LOOSANOFF, V. L. and H. C. DAVIS (1963). Rearing of bivalve mollusks. In F. S. RUSSELL ed., *Advances in Marine Biology*, 1 : 1-136.
- 沼知 健一 (1960). カキ受精卵の好適発生塩分濃度に対する親カキ飼育塩分濃度の影響について. 昭和35年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 :
- 沼知 健一 (1962). 沼知 健一 (1976) から引用.
- 沼知 健一 (1976). カキ養殖の進歩, カキの生物学的研究. 改訂版浅海完全養殖(今井 丈夫監修) : 85-152.
- 小笠原 義光 (1980). 水産と付着生物. *Ocean Age*, 12(7) : 30-37.
- 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. 229pp.
- 妹尾 秀実・堀 重蔵・日下部 台次郎 (1926). マガキ卵の発生と温度及び比重との関係. 水講試報, 22(3) : 169-176.
- WRIGHT, D. A., V. S. KENNEDY, W. H. ROOSENBURG, M. CASTAGNA and J. A. MIHURSKY (1983). Temperature tolerance of embryos and larvae of five bivalve species under simulated power plant entrainment conditions : a synthesis. *Mar. Biol.*, 77 : 271-278.



付図 カキの発生経過

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. 受精卵 (55μ) | 2. 8細胞期卵 |
| 3. 囊胚期 (浮上遊泳胚) | 4. D型期幼生 (77μ) |
| 5. アンボ前期幼生 (120μ) | 6. アンボ後期幼生 (150μ) |
| 7. フルグロン期 (320μ) | 8. 付着稚貝 (350μ) |
- () 内は卵径あるいは殻長

付表1 千葉県産マガキ I 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(℃)	31.6 33.0 34.3 35.6 37.2 38.7 40.2 41.7 43.3 45.1 46.7								
7.5分	生 残 率(%)	96.1 75.2 70.3 30.4 27.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *								
	正 常 生 残 率(%)	96.1 61.0 36.7 7.8 9.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *								
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + + ± - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.5 33.0 34.5 35.9 37.3 38.7 40.3 41.7 43.4 45.1 46.8								
15 分	生 残 率(%)	93.4 32.2 5.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	84.9 6.8 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + + ± - - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.5 33.0 34.4 35.9 37.4 38.7 40.2 41.6 43.4 45.1 46.9								
30 分	生 残 率(%)	86.2 11.8 1.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	69.0 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + - - - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.6 33.0 34.3 35.8 37.3 38.7 40.1 41.7 43.3 45.3 47.0								
60 分	生 残 率(%)	76.7 8.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	31.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + + + + ± - - - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.8 33.2 34.5 35.9 37.0 38.3 39.7 41.4 42.8 44.6 46.4								
180 分	生 残 率(%)	38.1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	4.8 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + ± - - - - - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.6 33.0 34.1 36.0 37.1 38.3 39.8 41.2 42.9 44.4 46.2								
360 分	生 残 率(%)	28.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	7.1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + + ± - - - - -								
<hr/>										
	接 触 温 度(℃)	31.9 32.9 34.4 36.0 37.4 38.7 40.2 41.5 43.2 44.7 46.3								
1440 分	生 残 率(%)	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	正 常 生 残 率(%)	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *								
	遊 泳 状 態	+ + + + + - - - - -								
<hr/>										
対照群	接 触 温 度(℃)	125.5 25.5 25.5 25.5 25.5								
0 分	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0								
	正 常 生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 98.9 99.0								
	遊 泳 状 態	+ + + + +								

* : 計数を略す

(幼殼を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表2 千葉県産マガキIから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接 触 温 度(℃)	31.5 33.0 34.3 35.7 37.3 38.8 40.3 41.7 43.3 45.1 46.7											
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0											
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 99.4 100.0 100.0 100.0 55.9											
15 分	接 触 温 度(℃)	31.5 33.1 34.5 35.9 37.4 38.8 40.4 41.8 43.5 45.1 46.8											
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 42.4											
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 99.0 99.2 100.0 99.5 96.5 0.0											
30 分	接 触 温 度(℃)	31.6 33.0 34.4 36.0 37.4 38.8 40.3 41.7 43.4 45.1 46.9											
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 79.6 0.0											
	正常生残率(%)	* * * 99.4 100.0 100.0 100.0 100.0 99.3 59.1 0.0											
60 分	接 触 温 度(℃)	31.7 33.0 34.4 36.0 37.4 38.8 40.2 41.8 43.4 45.3 47.1											
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 57.1 0.0											
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 98.6 99.0 100.0 100.0 99.1 0.0 0.0											
180 分	接 触 温 度(℃)	31.9 33.3 34.7 36.0 37.1 38.4 39.9 41.5 42.9 44.6 46.5											
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 22.6 0.0 0.0											
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 98.6 100.0 100.0 90.2 0.0 0.0 0.0											
360 分	接 触 温 度(℃)	31.6 33.0 34.3 36.1 37.2 38.4 39.8 41.3 42.9 44.4 46.2											
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 1.1 0.0 0.0 *											
	正常生残率(%)	100.0 99.4 100.0 99.2 100.0 92.3 99.3 0.0 0.0 0.0 *											
1440 分	接 触 温 度(℃)	32.0 33.0 34.7 36.2 37.6 39.0 40.5 41.8 43.4 44.9 46.4											
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 61.9 21.5 0.0 0.0 0.0 * *											
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 98.9 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *											
対照群 0 分	銅 育 温 度(℃)	25.7 25.7 25.7 25.7 25.7											
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0											
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 98.8 99.2											

* 計数を略す

付表3 千葉県産マガキIから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果

7.5分	接 触 温 度(℃)	26.7 28.6 30.3 32.0 33.9 35.7 37.6 39.3 41.2 43.3 45.1
	供試個体数	* * * * * 26 43 42 33 28 44
	生 残 率(%)	* * * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
15 分	接 触 温 度(℃)	26.6 28.6 30.4 32.2 34.0 35.7 37.7 39.3 41.3 43.3 45.2
	供試個体数	* * * * * 34 28 27 23 21 28
	生 残 率(%)	* * * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * * 100.0 100.0 100.0 95.7 95.2 0.0
30 分	接 触 温 度(℃)	26.6 28.5 30.3 32.3 34.0 35.7 37.5 39.3 41.3 43.4 45.4
	供試個体数	* * * * 27 39 30 27 46 28 14
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 89.3 0.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 53.6 0.0
60 分	接 触 温 度(℃)	26.7 28.5 30.3 32.2 34.0 35.7 37.5 39.2 41.3 43.5 45.6
	供試個体数	* * * 84 92 48 28 55 21 34 27
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 79.4 0.0
	正常生残率(%)	* * * 98.8 100.0 100.0 100.0 100.0 90.5 0.0 0.0
180 分	接 触 温 度(℃)	27.0 28.8 30.5 32.2 33.7 35.3 37.0 39.0 40.7 42.8 44.9
	供試個体数	* * 77 12 54 67 25 12 25 24 21
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 36.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0
360 分	接 触 温 度(℃)	26.8 28.5 30.1 32.3 33.7 35.2 37.0 38.8 40.7 42.6 44.6
	供試個体数	* 8 81 17 13 15 9 27 21 17 *
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 63.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 88.9 0.0 0.0 0.0 *
1440 分	接 触 温 度(℃)	27.3 28.5 30.2 32.4 34.2 35.9 37.7 39.3 41.2 43.0 44.9
	供試個体数	38 19 15 12 18 21 16 19 17 * *
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 81.0 0.0 0.0 0.0 * *
0 分	飼育温 度(℃)	25.2 25.2 25.2 25.2 25.2
	供試個体数	9 17 23 51 10
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* 計数を略す

付表4 千葉県産マガキIから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接 触 温 度(℃)	29.1 30.8 32.4 34.0 35.8 37.6 39.3 41.0 42.8 44.8 46.6
	供試個体数	* * * * 43 28 44 52 56 31 21
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 96.8 00.0
15 分	接 触 温 度(℃)	29.0 30.8 32.5 34.2 35.9 37.6 39.4 41.0 42.9 44.8 46.7
	供試個体数	* * * * 38 56 57 66 52 42 65
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 1.5
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 71.2 0.0
30 分	接 触 温 度(℃)	29.0 30.8 32.4 34.3 35.9 37.5 39.2 40.9 42.9 44.8 46.9
	供試個体数	* * * 41 58 60 55 53 62 51 81
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 98.0 0.0 0.0
60 分	接 触 温 度(℃)	29.1 30.8 32.4 34.2 35.9 37.6 39.2 41.0 42.3 45.0 47.0
	供試個体数	* * 66 57 45 69 28 37 31 33 52
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 9.1 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 75.0 0.0 0.0
180 分	接 触 温 度(℃)	29.3 31.0 32.6 34.3 35.5 37.1 38.7 40.6 42.3 44.2 46.3
	供試個体数	* 59 40 71 53 49 47 41 37 22 38
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 14.6 0.0 0.0 0.0
360 分	接 触 温 度(℃)	29.2 30.8 32.2 34.3 35.6 37.1 38.7 40.5 42.8 44.0 46.1
	供試個体数	35 24 37 31 52 39 53 31 31 48 46
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 29.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1440 分	接 触 温 度(℃)	29.7 30.9 32.5 34.5 36.2 37.7 39.5 41.0 42.8 44.5 46.4
	供試個体数	34 28 43 26 29 36 27 37 31 49 33
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 69.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 35.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
对照群 0 分	銅 育 温 度(℃)	27.2 27.2 27.2 27.2 27.2
	供試個体数	54 44 50 38 45
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* 計数を略す

付表5 千葉県産マガキ I 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

7.5分	接触温度(℃)	30.6 32.2 33.7 35.1 36.7 38.3 39.9 41.4 43.1 44.9 46.6
	供試個体数	* * * * 14 11 15 16 12 11 9
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 55.6
15分	接触温度(℃)	30.7 32.3 33.8 35.3 36.8 38.3 40.0 41.4 43.2 44.9 46.7
	供試個体数	* * * * 17 9 17 15 17 14 11
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 92.9 0.0
30分	接触温度(℃)	30.6 32.2 33.7 35.3 36.8 38.2 39.8 41.3 43.1 44.9 46.8
	供試個体数	* * * 10 13 12 7 9 9 10 17
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 88.9 100.0 40.0 0.0
60分	接触温度(℃)	30.7 32.3 33.6 35.3 36.7 38.2 39.7 41.4 43.1 45.1 47.0
	供試個体数	* * 9 14 11 14 12 10 8 16 8
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 12.5 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 92.9 100.0 100.0 75.0 0.0 0.0
180分	接触温度(℃)	31.0 32.5 33.9 35.3 36.5 37.8 39.3 41.0 42.6 44.3 46.2
	供試個体数	* 19 26 19 20 13 23 20 18 24 16
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 11.1 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 85.0 0.0 0.0 0.0
360分	接触温度(℃)	30.8 32.2 33.5 35.4 36.6 37.8 39.3 40.9 42.6 44.2 46.0
	供試個体数	15 14 21 14 12 10 16 7 17 18 18 11
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 76.5 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 68.8 0.0 0.0 0.0 0.0
1440分	接触温度(℃)	31.2 32.3 33.7 35.6 37.1 38.5 40.1 41.5 43.2 44.7 46.4
	供試個体数	15 17 18 26 26 22 18 13 * * *
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0 * * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 196.0 88.5 0.0 0.0 0.0 * * *
0分	飼育温度(℃)	25.5 25.5 25.5 25.5 25.5
	供試個体数	19 27 22 20 18
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* 計数を略す

付表6 千葉県産マガキIIから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接 触 温 度(℃)	27.1 29.0 30.7 32.4 34.3 36.3 38.1 40.0 41.9 44.1 46.1
	生 残 率(%)	100.0 98.7 100.0 94.3 85.7 34.4 36.1 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	98.5 89.7 85.0 68.6 23.8 9.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊 泳 状 態	++ + + + + + + + + - -
15 分	接 触 温 度(℃)	27.0 28.0 30.8 32.7 34.5 36.3 38.2 40.0 42.1 44.1 46.2
	生 残 率(%)	100.0 00.0 100.0 89.1 6.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 93.7 92.6 16.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊 泳 状 態	++ + + + + + + + + - -
30 分	接 触 温 度(℃)	27.0 29.0 30.7 32.6 34.4 36.1 37.9 39.8 42.0 44.1 46.4
	生 残 率(%)	100.0 99.3 97.9 81.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	199.2 97.8 93.6 14.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *
	遊 泳 状 態	++ + + + + + + + - - -
60 分	接 触 温 度(℃)	27.1 29.0 30.8 32.7 34.5 36.3 38.1 40.1 42.1 44.4 46.6
	生 残 率(%)	100.0 98.4 98.9 61.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 95.1 84.8 15.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	遊 泳 状 態	++ + + + + + + + - - -
180 分	接 触 温 度(℃)	27.4 29.2 31.0 32.7 34.2 35.3 37.6 39.6 41.5 43.6 45.9
	生 残 率(%)	100.0 00.0 92.9 21.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	96.9 94.7 50.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	遊 泳 状 態	++ + + + + ± - - - - -
360 分	接 触 温 度(℃)	27.5 29.1 30.7 32.9 34.3 35.8 37.7 39.6 41.6 43.4 45.6
	生 残 率(%)	100.0 98.8 89.3 6.9 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * * *
	正常生残率(%)	100.0 90.1 53.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * * *
	遊 泳 状 態	++ + + + + - - - - -
1440 分	接 触 温 度(℃)	28.1 29.4 31.0 33.0 34.9 36.7 38.6 40.4 42.1 43.9 45.3
	生 残 率(%)	100.0 100.0 168.4 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * * *
	正常生残率(%)	100.0 91.7 15.8 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * * *
	遊 泳 状 態	++ + + + + - - - - -
对照群 0 分	飼育温度(℃)	25.1 25.1 25.1 25.1 25.1
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	98.8 100.0 98.0 98.4 100.0
	遊 泳 状 態	++ + + + +

*: 計数を略す

(幼殼を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表7 千葉県産マガキIIから得られた卵（受精後4時間）に対する高温接触試験結果

15分	接觸温度(℃)	27.2 29.0 30.9 32.8 34.6 36.4 38.2 40.2 42.2 44.4 46.7
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 57.1 10.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 98.9 100.0 100.0 28.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊泳状態	+ + + + + + + + + + + ±
対照群 0分	飼育温度(℃)	25.0 25.0 25.0
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	遊泳状態	+ + +

(幼殻を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表8 千葉県産マガキIIから得られた卵（受精後6時間）に対する高温接触試験結果

15分	接觸温度(℃)	27.1 29.1 30.8 32.8 34.6 36.4 38.1 40.1 42.1 44.4 46.7
	生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 86.5 60.5 8.1 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 99.2 100.0 37.5 55.0 11.6 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊泳状態	+ + + + + + + + + + + ±
対照群 0分	飼育温度(℃)	24.9 24.9 24.9
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	遊泳状態	+ + +

* : 計数を略す

(幼殻を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表9 千葉県産マガキIIから得られた囊胚期に対する高温接触試験結果

7.5分	接觸温度(℃)	27.2 29.3 31.1 33.0 34.8 36.6 38.6 40.3 42.4 44.4 46.4
	生残率(%)	* * * * 100.0 99.4 95.1 93.1 11.5 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 97.7 84.5 58.1 0.0 0.0 0.0
	遊泳状態	++ + + + + + + + + + +
15分	接觸温度(℃)	27.2 29.2 31.3 33.0 34.8 36.5 38.4 40.2 42.4 44.4 46.6
	生残率(%)	* * * 100.0 100.0 99.1 94.1 60.3 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* * * 99.6 98.8 83.9 64.0 7.9 0.0 0.0 *
	遊泳状態	++ + + + + + + + + + -
30分	接觸温度(℃)	27.2 29.2 31.0 33.0 34.8 36.6 38.3 40.3 42.3 44.5 46.7
	生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 99.8 97.5 16.9 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 99.1 70.7 25.5 0.0 0.0 0.0 *
	遊泳状態	++ + + + + + + + + + -
60分	接觸温度(℃)	27.5 29.4 31.2 33.0 34.4 36.1 37.9 39.9 41.7 43.7 46.0
	生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 95.7 32.5 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	* 99.3 99.6 98.2 97.6 21.3 0.0 0.0 0.0 * *
	遊泳状態	++ + + + + + + + + ± -
0分	飼育温度(℃)	25.5 25.5 25.5
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0
	遊泳状態	++ +

* : 計数を略す
(幼殻を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表10 千葉県産マガキIIから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接觸溫度(℃)	30.7 32.2 33.6 35.0 36.6 38.2 39.8 41.4 43.0 44.9 46.6
	生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 99.3 100.0 100.0 94.5 57.0
15分	接觸溫度(℃)	30.7 32.2 33.7 35.2 36.7 38.2 39.9 41.4 43.1 44.9 46.7
	生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.5 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 99.0 98.1 21.6
30分	接觸溫度(℃)	30.6 32.2 33.7 35.3 36.8 38.2 39.8 41.3 43.2 45.0 46.9
	生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 97.1 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 97.1 85.9 0.0
60分	接觸溫度(℃)	30.8 32.2 33.7 35.3 36.8 38.3 39.8 41.5 43.2 45.1 47.1
	生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 97.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 4.2 0.0
180分	接觸溫度(℃)	31.1 32.5 33.9 35.4 36.5 37.9 39.3 41.1 42.7 44.4 46.4
	生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 91.5 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 0.0
360分	接觸溫度(℃)	30.9 32.3 33.6 35.6 36.7 38.0 39.4 41.0 42.7 44.3 46.1
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.6 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	99.6 100.0 100.0 100.0 98.7 100.0 96.3 10.9 0.0 0.0 *
1440分	接觸溫度(℃)	31.3 32.4 33.8 35.7 37.3 38.7 40.2 41.6 43.3 43.8 46.4
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0 96.3 95.5 88.0 7.4 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 79.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
対照群 0分	飼育溫度(℃)	25.5 25.5 25.5 125.5 25.5
	生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* : 計数を略す

付表11 千葉県産マガキIIから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果

7.5分	接 触 温 度(℃)	30.7 32.3 33.7 35.2 36.8 38.4 39.9 41.5 43.1 45.0 46.7
	供試個体数	* * * * 79 73 61 75 56 59 47
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 98.3 0.0
15 分	接 触 温 度(℃)	30.7 32.4 33.8 35.3 36.9 38.3 40.0 41.5 43.2 45.0 46.7
	供試個体数	* * * * 76 91 75 85 142 1.1 2.5
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 99.3 74.3 0.0
30 分	接 触 温 度(℃)	30.7 32.4 33.7 35.4 36.9 38.3 39.9 41.3 43.2 45.0 46.9
	供試個体数	* * * 58 56 47 51 54 49 49 55
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 59.4 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0
60 分	接 触 温 度(℃)	30.8 32.4 33.8 35.4 36.9 38.4 39.9 41.6 43.2 45.2 47.1
	供試個体数	* * 52 44 0 43 44 67 60 62 73 65
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 37.1 0.0 0.0
180 分	接 触 温 度(℃)	31.1 32.5 33.9 35.4 36.5 37.9 39.3 41.1 42.6 44.4 46.4
	供試個体数	* 55 84 88 48 45 52 64 57 70 *
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 4.7 0.0 0.0 *
360 分	接 触 温 度(℃)	30.8 32.2 33.5 35.5 36.6 37.9 39.4 41.0 42.7 44.2 46.1
	供試個体数	42 41 42 58 62 63 48 88 76 * *
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 15.5 0.0 0.0 * *
1440 分	接 触 温 度(℃)	31.1 32.1 33.5 35.4 37.0 38.5 39.9 41.3 43.0 44.6 46.2
	供試個体数	51 66 78 73 59 39 49 45
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 15.4 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 194.5 71.2 0.0 0.0 0.0
0 分	飼 育 温 度(℃)	25.4 25.4 25.4 25.4 25.4
	供試個体数	31 71 53 62 13
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* : 計数を略す

付表12 千葉県産マガキIIから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間	接 触 温 度(℃)	31.9	33.5	34.7	36.1	37.6	39.1	40.6	42.0	43.6	45.3	46.9
7.5分	供試個体数	*	*	*	*	38	20	37	42	42	41	55
	生 残 率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.6
	正常生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.8	0.0
	接 触 温 度(℃)	32.0	33.4	34.8	36.2	37.7	39.0	40.6	41.9	43.6	45.3	47.0
15 分	供試個体数	*	*	*	*	44	25	25	40	34	49	53
	生 残 率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
	正常生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	8.2	0.0
	接 触 温 度(℃)	31.9	33.5	34.8	36.3	37.7	39.0	40.5	41.9	43.7	45.3	47.1
30 分	供試個体数	*	*	*	44	38	42	27	46	59	29	57
	生 残 率(%)	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	24.1	0.0
	正常生残率(%)	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.4	0.0	0.0
	接 触 温 度(℃)	32.0	33.5	34.8	36.3	37.7	39.1	40.5	42.1	43.6	45.5	47.3
60 分	供試個体数	*	*	44	19	27	22	25	40	58	53	40
	生 残 率(%)	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	正常生残率(%)	*	*	100.0	100.0	100.0	95.5	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度(℃)	32.2	33.6	34.9	36.2	37.2	38.5	39.9	41.5	43.0	44.7	46.5
180 分	供試個体数	*	13	19	27	24	20	18	27	32	39	51
	生 残 率(%)	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	正常生残率(%)	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	接 触 温 度(℃)	31.9	33.2	34.4	36.3	37.3	38.5	39.9	41.4	43.0	44.5	46.3
360 分	供試個体数	16	24	17	16	17	19	33	37	37	28	*
	生 残 率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	5.9	0.0	0.0	*
	正常生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*
	接 触 温 度(℃)	32.4	33.4	34.7	36.5	38.0	39.3	40.7	42.0	43.6	45.1	46.6
1440 分	供試個体数	36	33	32	26	22	26	11	36	38	*	*
	生 残 率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	*
	正常生残率(%)	100.0	100.0	100.0	80.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	*
	対照群	飼育温 度(℃)	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5					
0 分	供試個体数	28	58	44	26	26						
	生 残 率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0						
	正常生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	96.2						

* : 計数を略す

付表13 三重県産マガキから得られた8細胞期卵に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接 触 温 度(℃)	25.8 27.9 29.8 31.7 33.7 35.8 37.7 39.7 41.8 44.0 46.1
	生 残 率(%)	100.0 99.5 100.0 100.0 100.0 99.2 98.9 96.6 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	99.7 99.3 97.7 75.4 35.1 20.6 15.6 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + ± - - -
15 分	接 触 温 度(℃)	25.7 27.9 29.9 31.9 33.9 35.8 37.9 39.7 41.9 44.1 46.3
	生 残 率(%)	99.7 98.2 96.8 59.9 32.9 25.0 10.3 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	99.0 96.8 88.7 21.0 2.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + ± - - -
30 分	接 触 温 度(℃)	25.8 27.9 29.9 31.9 33.9 35.7 37.7 39.6 41.9 44.2 46.5
	生 残 率(%)	99.6 100.0 98.0 48.1 1.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	99.6 96.0 85.7 16.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 *
	遊 泳 状 態	+ + + + + + + - - - -
60 分	接 触 温 度(℃)	25.9 27.9 29.8 32.0 33.9 35.8 37.7 39.8 41.9 44.3 46.6
	生 残 率(%)	99.2 98.8 88.8 18.2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	92.5 94.4 40.9 0.9 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	遊 泳 状 態	+ + + + + ± - - - -
180 分	接 触 温 度(℃)	26.2 28.2 30.1 32.0 33.6 35.4 37.2 39.7 41.4 43.6 46.0
	生 残 率(%)	99.5 98.5 86.2 36.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	99.5 94.2 52.9 6.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * *
	遊 泳 状 態	+ + + + + - - - - -
360 分	接 触 温 度(℃)	26.1 28.0 29.7 32.1 33.6 35.3 37.3 39.3 41.4 43.4 45.6
	生 残 率(%)	100.0 98.6 75.8 3.7 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * *
	正常生残率(%)	98.3 91.2 52.9 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * *
	遊 泳 状 態	+ + + + + - - - - -
1440 分	接 触 温 度(℃)	26.5 28.0 29.8 32.1 34.0 35.8 37.8 39.6 41.7 43.6 45.8
	生 残 率(%)	100.0 96.6 50.0 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * *
	正常生残率(%)	99.0 91.9 17.9 0.0 0.0 0.0 0.0 * * * *
	遊 泳 状 態	+ + + + - - - - - -
对照群 0 分	飼育温 度(℃)	25.5 25.5 25.5 25.5 25.5
	生 残 率(%)	99.1 100.0 98.1 100.0 100.0
	正常生残率(%)	98.7 100.0 98.1 100.0 99.0
	遊 泳 状 態	+ + + + +

* : 計数を略す

(幼殻を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表14 三重県産マガキから得られた囊胚期に対する高温接触試験結果

7.5分	接觸温度(℃)	25.8 28.0 30.1 32.1 34.1 35.9 38.0 39.9 42.0 44.2 46.3
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 92.5 7.7 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 98.7 99.2 98.9 96.9 86.6 0.0 0.0 0.0
	遊泳状態	+ + + + + + + + + + +
15 分	接觸温度(℃)	25.8 28.0 29.9 32.0 34.0 35.8 37.8 39.7 42.0 44.2 46.5
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 93.3 74.3 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 95.3 49.3 26.5 0.0 0.0 *
	遊泳状態	+ + + + + + + + + + ±
30 分	接觸温度(℃)	25.9 27.9 29.8 31.9 33.9 35.8 37.7 39.8 41.9 44.2 46.6
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 96.3 0.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 99.2 90.2 30.1 0.0 0.0 0.0 *
	遊泳状態	+ + + + + + + + + + -
60 分	接觸温度(℃)	26.2 28.2 30.1 32.0 33.5 35.4 37.2 39.4 41.4 43.6 45.9
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 98.1 30.9 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 98.9 98.6 62.3 1.8 0.0 0.0 * *
	遊泳状態	+ + + + + + + + + ± - -
0 分	飼育温度(℃)	25.5 25.5 25.5 25.5 25.5
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 99.6
	正常生残率(%)	9.3 100.0 100.0 99.6 99.6
	遊泳状態	+ + + + +

* : 計数を略す

(幼殻を形成したものを生残個体として取り扱った)

付表15 三重県産マガキから得られたD型期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間 7.5分	接觸溫度(℃)	26.1 27.8 29.7 31.6 33.7 35.7 37.6 39.5 41.6 43.8 45.7
	生 残 率(%)	* * * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 99.1 97.7
	正常生残率(%)	* * * * * 99.2 100.0 100.0 100.0 98.6 91.8
15 分	接觸溫度(℃)	25.8 27.8 29.7 31.6 33.7 35.7 37.7 39.6 41.7 44.0 46.1
	生 残 率(%)	* * * * * 99.8 99.2 100.0 100.0 100.0 90.1
	正常生残率(%)	* * * * * 99.8 97.8 99.7 98.7 96.1 68.9
30 分	接觸溫度(℃)	25.7 27.9 29.8 31.9 33.8 35.7 37.8 39.6 41.9 44.1 46.2
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 72.1
	正常生残率(%)	* * * * 98.9 99.6 100.0 99.7 99.5 100.0 0.0
60 分	接觸溫度(℃)	25.7 27.8 29.7 31.9 33.8 35.7 37.6 39.6 41.9 44.1 46.4
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 99.1 100.0 100.0 100.0 99.4 0.0
	正常生残率(%)	* * * 99.3 99.6 96.6 98.9 99.6 100.0 89.0 0.0
180 分	接觸溫度(℃)	25.8 27.9 29.8 31.9 33.8 35.8 37.6 39.7 41.8 44.2 46.6
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 95.8 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 99.3 99.4 99.4 97.7 62.7 0.0 0.0
360 分	接觸溫度(℃)	26.1 28.1 30.0 31.9 33.5 35.3 37.1 39.3 41.3 43.5 45.9
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 99.7 15.9 0.0 *
	正常生残率(%)	* 99.7 100.0 99.7 98.7 99.2 98.1 87.3 0.0 0.0 *
1440 分	接觸溫度(℃)	26.0 27.9 29.7 32.0 33.6 35.3 37.2 39.2 41.3 43.3 45.6
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 98.3 79.2 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	99.5 99.0 100.0 100.0 99.4 63.2 0.0 0.0 0.0 * *
対照群 0 分	飼育溫度(℃)	25.4 25.4 25.4 25.4 25.4
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	95.2 100.0 98.9 98.8 99.7

* : 計数を略す

付表16 三重県産マガキから得られたアンボ前期幼生に対する高温接触試験結果

接触時間	接触温度(℃)	29.3	30.8	32.4	34.0	35.8	37.6	39.3	41.0	42.8	44.8	46.6
7.5分	供試個体数	*	*	*	*	117	132	115	105	100	164	81
	生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	正常生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	0.0
15分	接触温度(℃)	29.0	30.9	32.5	34.2	36.0	37.6	39.4	41.0	43.0	44.9	46.7
	供試個体数	*	*	*	*	109	113	158	120	138	157	147
	生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
30分	供試個体数	*	*	*	*	103	138	126	213	151	143	183
	生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
	正常生残率(%)	*	*	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	0.0
60分	接触温度(℃)	29.1	30.8	32.4	34.2	35.9	37.6	39.2	41.0	42.9	45.0	47.1
	供試個体数	*	*	97	62	72	67	95	47	92	83	103
	生残率(%)	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
180分	供試個体数	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	生残率(%)	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
	正常生残率(%)	*	*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
360分	接触温度(℃)	29.2	30.7	32.3	34.3	35.7	37.1	38.7	40.6	42.4	44.3	46.4
	供試個体数	47	38	48	27	44	37	32	33	45	43	*
	生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	6.1	0.0	0.0	*
1440分	供試個体数	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.5	0.0	0.0	*
	生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	*
	正常生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	*
对照群 0分	飼育温度(℃)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1						
	供試個体数	151	99	32	78	48						
	生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0						
	正常生残率(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0						

* : 計数を略す

付表17 三重県産マガキから得られたアンボ後期幼生に対する高温接触試験結果

7.5分	接 触 温 度(℃)	30.8 32.4 33.8 35.3 36.9 38.5 40.1 41.6 43.3 45.1 46.8
	供試個体数	* * * * 59 38 46 44 37 32 62
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 1.6
15 分	接 触 温 度(℃)	30.7 32.4 33.9 35.4 37.0 38.4 40.1 41.5 43.3 45.0 46.8
	供試個体数	* * * * 64 35 28 25 14 45 57
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 5.3
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 62.2 0.0
30 分	接 触 温 度(℃)	30.7 32.3 33.8 35.4 37.0 38.3 40.0 41.5 43.3 45.1 47.0
	供試個体数	* * * 21 47 46 58 32 54 30 37
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0
60 分	接 触 温 度(℃)	30.8 32.3 33.8 35.5 37.0 38.5 40.0 41.6 43.3 45.3 47.1
	供試個体数	* * 51 65 48 50 31 37 37 26 22
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 98.0 100.0 100.0 100.0 96.8 100.0 0.0 0.0 0.0
180 分	接 触 温 度(℃)	31.1 32.6 34.0 35.5 36.6 38.0 39.4 41.2 42.7 44.5 46.4
	供試個体数	* 42 80 42 35 42 69 50 48 45 *
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 *
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 66.7 0.0 0.0 0.0 *
360 分	接 触 温 度(℃)	30.9 32.3 33.6 35.6 36.7 38.0 39.5 41.1 42.7 44.3 46.1
	供試個体数	29 75 29 32 33 35 52 56 50 * *
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0 0.0 * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 96.6 100.0 100.0 68.6 0.0 0.0 0.0 * *
1440 分	接 触 温 度(℃)	31.3 32.3 33.8 35.7 37.2 38.6 40.2 41.6 43.2 44.8 46.4
	供試個体数	48 37 28 31 102 57 93 61 * * *
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 3.5 0.0 0.0 * * *
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 54.9 0.0 0.0 0.0 * * *
0 分	飼育 温 度(℃)	25.6 25.6 25.6 25.6 25.6
	供試個体数	24 29 22 72 42
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* : 計数を略す

付表18 三重県産マガキ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

7.5分	接觸温度(℃)	31.8 33.3 34.6 35.9 37.4 38.9 40.3 41.8 43.3 45.1 46.7
	供試個体数	* * * * 23 37 13 36 15 28 23
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 92.3 100.0 100.0 100.0 78.3
15 分	接觸温度(℃)	31.9 33.3 34.7 36.0 37.4 38.8 40.4 41.7 43.4 45.1 46.8
	供試個体数	* * * * 27 29 23 37 21 27 33
	生 残 率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 42.4
	正常生残率(%)	* * * * 100.0 100.0 100.0 97.3 100.0 100.0 0.0
30 分	接觸温度(℃)	31.9 33.3 34.6 36.1 37.5 38.8 40.3 41.7 43.5 45.1 46.9
	供試個体数	* * * 17 34 29 26 20 26 22 40
	生 残 率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 0.0
	正常生残率(%)	* * * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 13.6 0.0
60 分	接觸温度(℃)	32.0 33.2 34.5 36.1 37.5 28.9 40.3 41.9 43.4 45.3 47.1
	供試個体数	* * 61 24 27 28 25 31 18 35 43
	生 残 率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 20.0 0.0
	正常生残率(%)	* * 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 96.8 100.0 0.0 0.0
180 分	接觸温度(℃)	32.1 33.4 34.7 36.1 37.3 38.6 40.0 41.6 43.1 45.0 46.7
	供試個体数	* 14 25 23 26 26 23 23 20 20 17
	生 残 率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 30.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	* 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 87.0 0.0 0.0 0.0
360 分	接觸温度(℃)	31.9 33.1 34.3 36.2 37.2 38.4 39.8 41.2 42.8 44.4 46.1
	供試個体数	29 13 17 16 23 26 9 25 13 26 24
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 28.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 92.3 66.7 0.0 0.0 0.0 0.0
1440 分	接觸温度(℃)	32.2 33.1 34.4 36.3 37.8 39.1 40.6 41.9 43.4 44.9 46.4
	供試個体数	29 21 15 18 12 11 10 25 19 18 20
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0 72.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 94.4 100.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0 分	飼育温度(℃)	25.0 25.0 25.0 25.0 25.0
	供試個体数	22 31 26 33 49
	生 残 率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	正常生残率(%)	100.0 100.0 100.0 100.0 100.0

* : 計数を略す

