

## マダイ卵の高温耐性

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	木下, 秀明 道津, 光生
巻/号	37巻1号
掲載ページ	p. 15-20
発行年月	1989年4月

## マダイ卵の高温耐性

木下 秀明・道津 光生  
(財団法人海洋生物環境研究所)

Thermal Tolerance of Eggs of Red Sea Bream

*Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL)

Hideaki KINOSHITA and Kousei DOUTU

マダイ *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) は、北海道以南の日本の各地に広く分布し、わが国では古くから、重要な漁獲対象種の1つであり、近年では養殖対象としても重要な位置を占めるようになってきた。産卵期は2~7月で、水温が14°C前後になる時期に産卵がはじまるとされている<sup>1)</sup>。本種についての報告は極めて多い<sup>2)</sup>が、卵の発生に伴う高温耐性の変化について検討した例は見当たらない。ここでは、マダイ卵の高温耐性を、高温接触時間と発生段階との関係から検討した結果を報告する。

### 材料および方法

**供試材料** マダイ親魚蓄養池で自然産卵された卵を供試材料とした。採卵後、濾過海水で洗卵し、浮遊卵のみを20°Cに設定した恒温水槽内に収容した。試験は昭和54、55年の5~6月に実施した。昭和54年には神奈川県水産試験場の養魚池で採卵し、現地で試験を実施した。昭和55年には鶴原漁業協同組合(千葉県勝浦市)の養魚池で採集した卵を当所(千葉県御宿町)に輸送して試験を実施した。輸送には約30分を要した。採卵時の水温は18.5~21.5°Cの範囲にあった。

**高温接触時間と高温耐性** マダイ卵の3発生段階、すなわち受精後2時間経過し16細胞に達した卵(以下、16細胞期)、受精後15時間経過し胚体が出現した卵(胚体出現期)、受精後30時間経過し心臓の拍動が認め

られる卵(心拍開始期)について、主として高温接触時間が正常孵化率に及ぼす影響を調べた。25~38°Cの11~12段階の各温度に設定した濾過海水の入った試験管内に供試卵を収容し、16細胞期の場合は、7.5、15、30、60、180、360、720、1,440分の8段階、胚体出現期、心拍開始期の場合は、7.5、15、30、60分の4段階の接触時間区を設けて、高温接触を行った。接触終了後は、20°Cの恒温水槽内へ試験管ごと戻し、孵化まで静置した。試験管内の白濁沈降卵は死亡卵として随時計数して取り出した。すべての卵が孵化あるいは死亡(沈降)した時点で計数し、孵化率、奇形率、正常孵化率等を算出した。

**発生に伴う高温耐性の変化** 発生に伴う高温耐性の変化の詳細を明らかにするために、20°Cの恒温水槽内に収容中の供試卵を、1~4時間間隔で恒温水槽から取り出して、25~37°Cの11段階の各温度に設定した濾過海水の入った試験管内へ収容し、15分の高温接触を行った。接触終了後、試験管ごと20°Cの恒温水槽内へ戻し、前述の方法と同様の方法で正常孵化率等を算出した。

表1に高温接触を実施した受精後の経過時間と発生段階を示した。ここでは、2回の試験結果について示した。以下、それらを第1回試験、第2回試験と呼ぶ。第1回試験では、2~4時間間隔で孵化までに12発生段階について高温接触を行った。第2回試験では、温

受領日:1988(S63)年11月7日

索引語:マダイ/卵/高温耐性/発生段階

連絡先:〒299-51 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300 (財)海洋生物環境研究所中央研究所 木下秀明

Address: H. KINOSHITA, Marine Ecology Research Institute, Onjuku, Isumi-gun, Chiba 299-51

表1 マダイ卵に対する15分間高温接触試験時の受精後経過時間と発生段階

第1回試験		第2回試験		
受精後経過時間	発生段階	受精後経過時間	発生段階	No.*
0時間00分	受精(採卵)	0時間00分	受精(採卵)	
0 : 49	2細胞期	1 : 13	4細胞期	1
2 : 47	桑実期	3 : 12	桑実期	2
4 : 47	胞胚期	5 : 12	胞胚期	3
6 : 47	囊胚期	7 : 12	囊胚期	4
8 : 47	"	9 : 12	"	5
10 : 47	"	10 : 12	"	6
12 : 47	胚体出現期	11 : 12	胚体出現期	7
15 : 47	原口閉鎖期	12 : 12		8
18 : 47		13 : 12		9
21 : 47		14 : 12	原口閉鎖期	10
24 : 47	尾鰭分離期	15 : 12		11
28 : 47		16 : 12		12
32 : 33	孵化開始	17 : 12		13
		18 : 12		14
		19 : 12		15
		21 : 12		16
		23 : 12	尾鰭分離期	17
		25 : 27		18
		27 : 17		19
		28 : 27	孵化開始	

\* : 図4参照

度耐性が大きく変化すると推定された時期には1時間間隔で、その他の時期にはおよそ2時間間隔で合計19発生段階について高温接触を実施した。20°Cの恒温水槽内でも同様な操作を行い、これを対照とした。

## 結 果

**高温接触時間と高温耐性** 図1に、各発生段階別に求めた接触時間、接触温度と正常孵化率との関係を示した。正常孵化率は接触温度の低い試験区や接触時間の短い試験区で高い値を示し、ある温度を超えると2~4°Cという比較的狭い温度範囲で急激に低下した。この正常孵化率から各接触時間ごとに正常孵化率が50%を示す温度を算出し、これを $LT_{50}$ と表し<sup>3)</sup>、以下この値を用いて検討した。この $LT_{50}$ は奇形個体を全て死亡個体のなかに含めた場合の半数致死温度に相当する。図2にはこのようにして求めた $LT_{50}$ と接触時間との関係を示した。

16細胞期の場合、 $LT_{50}$ は7.5分接触区で30.6°C、接触時間が180~1,440分の範囲では27.3~26.4°Cと接

触時間の増大に伴って低下し、26°C付近に漸近する傾向を示した。胚体出現期の場合、 $LT_{50}$ は7.5分および15分接触区では28.8°C、60分接触区では27.6°Cで16細胞期の場合よりやや低い値を示した。心拍開始期の場合には、 $LT_{50}$ は7.5分接触区で36.7°C、60分接触区で32.6°Cと接触時間の増大に伴い急激に低下したが、16細胞期、胚体出現期の $LT_{50}$ と比較すると4~8°C高く、これら3発生段階においては心拍開始期の高温耐性が最も大きい結果となった。また、心拍開始期では接触時間( $t$ , 分)と $LT_{50}$ ( $T$ , °C)との関係は $T=40.6-4.60 \log t$ , ( $r=-0.99$ )の回帰直線で示された。

**発生に伴う高温耐性の変化** 図3に接触時間が15分の場合の各発生段階別に算出した $LT_{50}$ の変化を示した。第1回と第2回試験では高温接触を実施した発生段階数が異なっていたが、おおむね同様の傾向を示し、 $LT_{50}$ は、受精後の経過時間に伴って大きく変化した。なお、対照区の正常孵化率は、第1回試験では2細胞期で74.3%とやや低かったが、その他の発生段階では

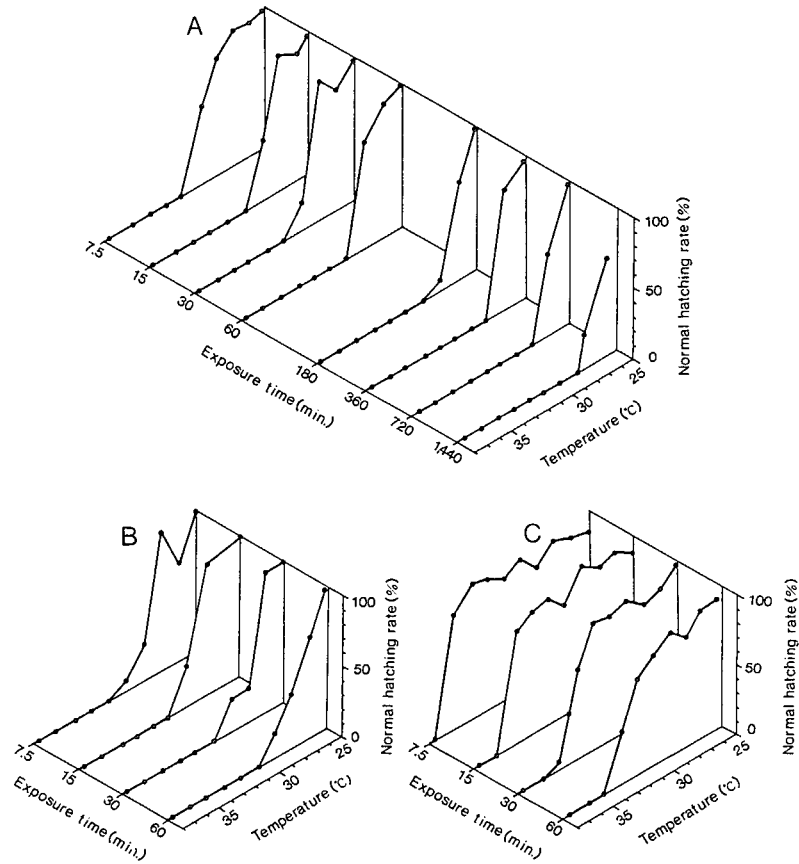


図1 マダイ卵の各発生ステージにおける接触時間、接触温度と正常孵化率との関係  
 A : 16細胞期 (受精後2時間), B : 胚体出現期 (受精後15時間),  
 C : 心拍開始期 (受精後30時間)

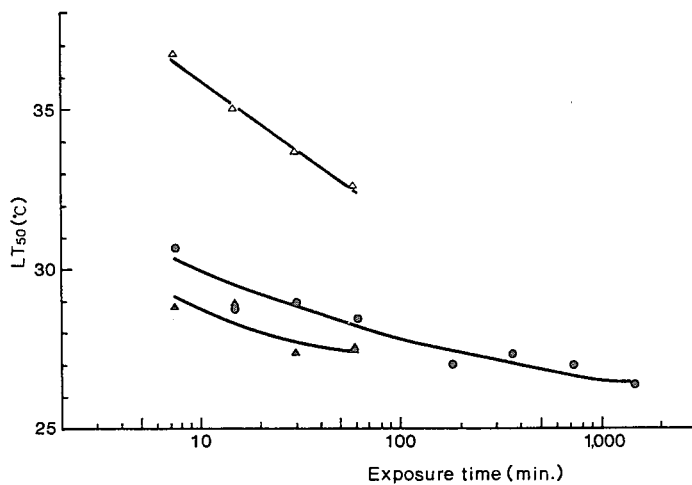


図2 マダイ卵における接触時間とLT<sub>50</sub>との関係  
 ● : 16細胞期 (受精後2時間), ▲ : 胚体出現期 (受精後15時間),  
 △ : 心拍開始期 (受精後30時間)

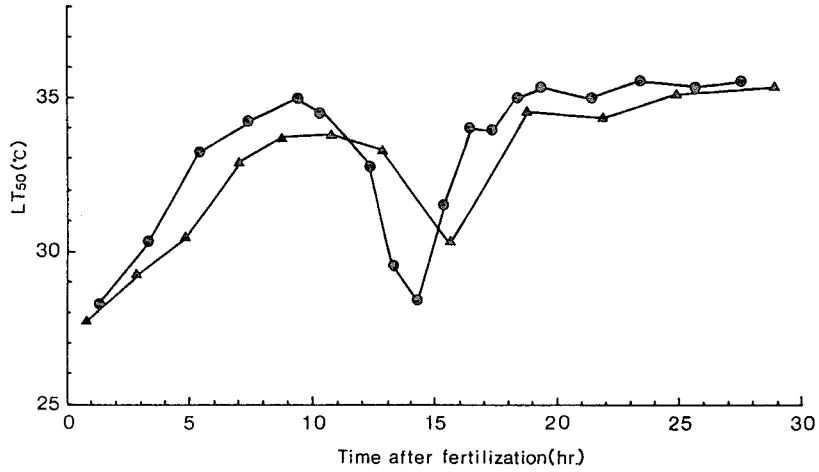


図3 マダイ卵に対する受精後経過時間と15分間高温接触時の  $L_{T_{50}}$  との関係  
 ▲：第1回試験， ●：第2回試験

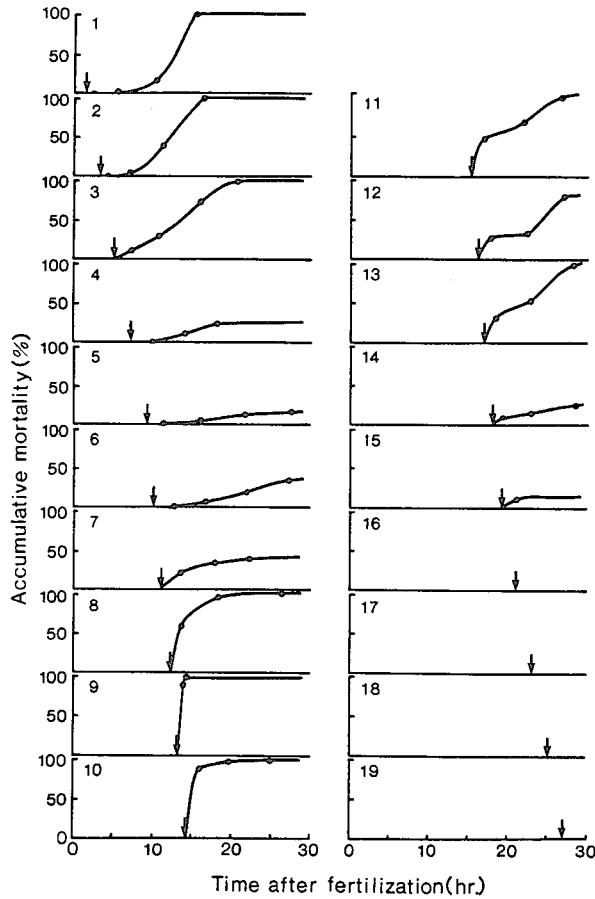


図4 各発生段階における接触温度34.6°C，接触時間15分の場合の白濁沈降卵（死亡卵）の累積出現率，図中の数字及び矢印は，高温接触を実施した時の発生ステージNo.（表1参照）および受精後経過時間を示す。

いずれも88%以上、第2回試験では、いずれの発生段階においても95%以上であった。LT<sub>50</sub>が低い時期は、受精後1時間前後および13~15時間で、これを発生段階に対応させると、2~4細胞期および胚体出現期から原口閉鎖までの発生段階であった。一方、胞胚期から囊胚期、また、原口閉鎖後孵化直前までのLT<sub>50</sub>は高く、およそ35℃を示した。第1回試験では、高温接触を実施した発生段階数が少なかったため、最もLT<sub>50</sub>が低下すると推定された受精後13~15時間におけるデータはないが、第2回試験の14時間後および第1、2回試験の受精直後のLT<sub>50</sub>値から、LT<sub>50</sub>の最低値はおおよそ28℃付近にあると推定された。

図4に第2回試験における接触時間15分、接触温度34.6℃の場合の経時的死亡状況を累積死亡率で示した。ここでは、白濁沈降卵を死亡卵とみなした。発生段階No.1~3では、受精後15時間頃に死亡卵出現のピークがあったのに対し、発生段階No.8~10では、高温接触後直ちに死亡した。原口閉鎖後の発生段階No.11~13においても死亡率は高かったが、死亡卵は徐々に出現する傾向を示し、発生段階No.10とNo.11の間でも死亡卵の出現状況が変化した。なお、すべての発生段階で全供試卵が死亡した36.8℃接触区では、発生段階No.2~14、19においては高温接触後2時間以内に大多数の卵が死亡して沈降した。発生段階No.1では、34.6℃接触の場合と同様に受精後15時間頃までに、発生段階No.15~18では高温接触後6~7時間でほとんどの供試卵が死亡した。

## 考 察

マダイ卵の発生に及ぼす水温の影響についての研究例としては、発生適温、発生速度に関連した報告が多い。梶山<sup>9)</sup>は、マダイ受精卵は16~18℃で高い孵化率を示し、孵化最適温は奇形率を考慮して17.7℃であるとしている。APOSTOLOPOULOS<sup>5)</sup>はマダイ卵の孵化に及ぼす水温と塩分の影響を調べ、塩分が11~19‰では15~23℃、27‰で17~29℃、35‰で15~31℃で孵化が認められるとし、塩分17~35‰、水温19~25℃で孵化率が80%以上を示すとしている。古賀<sup>8)</sup>は、既往文献から孵化速度と水温との関係を整理し、9℃以下では孵化しないと推定している。発生速度は、水温によって著しく異なり、水温14℃では孵化までに要する時間は約90時間、24℃では25時間前後であるとされている<sup>1)</sup>。しかし、高温耐性を接触時間と発生段階との関係で明らかにした例は見当たらない。

本試験の結果から、マダイ卵のLT<sub>50</sub>は、16細胞期、

胚体出現期、心拍開始期ともに、接触時間の増大に伴って低下し、LT<sub>50</sub>は接触時間に依存することが示された。16細胞期および胚体出現期では、接触時間が2~24時間の場合は、LT<sub>50</sub>の値は26℃前後に漸近する傾向が認められ、この供試卵の半数が正常に孵化する上限温度は26℃付近にあると考えられる。心拍開始期卵のLT<sub>50</sub>を、16細胞期および胚体出現期のそれと比較すると、接触時間7.5~60分の範囲で、いずれも心拍開始期のLT<sub>50</sub>が4~8℃高い。また、心拍開始期のLT<sub>50</sub>は接触時間(対数)の増加に伴い直線的に低下し、発生段階によって、接触時間とLT<sub>50</sub>との関係は異なるものといえよう。

発生段階別の高温耐性の変化についてより詳細にみると、高温感受性が高い発生段階は2~4細胞期および胚体出現期から原口閉鎖までであり、逆に、高温感受性が低い発生段階は、胞胚期から囊胚期までと、原口閉鎖後から孵化までであった。すなわち、高温に対する感受性が高い時期はごく短時間で、特定の発生段階に限られると推定された。*Fundulus heteroclitus* 卵では<sup>7)</sup>、受精直後から受精後2時間30分後の卵割開始前まで30分ごとに5分間の昇温処理を行った結果、受精後1時間の場合に一時的に温度感受性が低下し、卵割開始前でも、温度感受性が変化することが示されている。これらの知見は、高温に対する感受性が発生の進行に伴って極めて短時間のうちに変化することを示している。

卵割期および胚体出現期から原口閉鎖にかけて高温に対する感受性が高いことは、キス<sup>8)</sup>、コイ<sup>9)</sup>、*F. heteroclitus*<sup>7)</sup>などでも示されている。これらの中で、マダイの高温感受性の発生に伴う推移傾向はキス<sup>8)</sup>の場合に類似していた。卵割期において短時間の高温接触を受けると、割球の大きさが不揃いであるなどの異常卵割がみられるとされている<sup>7,8,10)</sup>。本試験の結果では、細胞が崩壊し卵が白濁した時点死亡時期と考えられると、接触温度が34.6℃の場合の白濁沈降卵の出現状況から、受精後の卵割期から胞胚期に至る発生段階では高温により異常卵割等を引き起こすが、それらの障害がすぐそのまま死亡には繋がらず、囊胚および胚体を形成できずに死亡すると推定される。一方、胚体出現期から原口閉鎖にかけては、囊胚形成速度の不均一から、細胞結合がこわれるとされている<sup>8)</sup>。本試験の結果からも、この発生段階においては高温接触により直ちに細胞が崩壊し白濁死亡すると考えられ、同接触温度、同接触時間であっても、卵の発生段階によって細胞の崩壊などの過程が異なっていることを示してい

ると推察された。

### 要 約

マダイ卵の発生に伴う高温耐性の変化について、高温接触時間と発生段階との関係から検討した。

- 1) 3発生段階について、 $LT_{50}$  (正常孵化率が50%を示す温度)と接触時間との関係を検討した。16細胞期(受精後2時間)の場合、接触時間が7.5~1,440分(24時間)では、 $LT_{50}$ は接触時間が長くなるのに伴い低下し、接触時間180~1,440分ではおよそ26℃となった。胚体出現期(受精後15時間)の $LT_{50}$ は、16細胞期よりやや低い値を示したが、心拍開始期(受精後30時間)では、16細胞期、胚体出現期の $LT_{50}$ と比較すると、接触時間7.5~60分では、4~8℃高い値を示した。また、心拍開始期では、接触時間が7.5~60分の範囲で、接触時間( $t$ , 分)と $LT_{50}$ ( $T$ , °C)との関係は $T=40.6-4.60 \log t$ , ( $r=-0.99$ )の回帰直線で示された。
- 2) 12~19発生段階について15分の高温接触を行った試験結果によれば、 $LT_{50}$ は、受精後経過時間に伴って大きく変化し、 $LT_{50}$ が低い時期、すなわち高温感受性が高い時期は受精後1時間前後および13~15時間であり、これを発生段階に対応させると、2~4細胞期および胚体出現期から原口閉鎖までであった。一方、胞胚期から囊胚期、および原口閉鎖後孵化直前までの $LT_{50}$ は高く、高温感受性は低いことが明らかになった。

### 謝 辞

本報告について、御校閲を賜った東京大学農学部平野禮次郎教授に深謝の意を表す。本研究の遂行にあたり、御支援いただいた当所職員各位に厚く御礼申しあげる。また、供試材料の入手等に便宜を図っていただいた神奈川県水産試験場および千葉県鶴原漁業組合に感謝します。本研究の一部は、環境庁からの委託事業の一環として行われた。ここに記して、謝意を表す。

### 文 献

- 1) 落合明・田中克(1980): 魚類学(下). 恒星社厚生閣.
- 2) 山口正男(1978): タイ養殖の基礎と実際. 恒星社厚生閣. pp. 414.
- 3) 木下秀明(1989): ウバガイの卵および浮遊幼生の高温耐性. 水産増殖, 37(1), 9-14.
- 4) 梶山英二(1928): 真鯛孵化及び発育に及ぼす水温及び比重の影響について. 動物学雑誌, 40(482), 521-522.
- 5) APOSTOLOPOULOS, J.S. (1976): Combined effects of temperature and salinity of the hatching rate, hatching time and total body length of the newly hatched larvae of the Japanese red sea bream *Pagrus major*. *La mer*, 14(1), 23-30.
- 6) 古賀文洋(1973): マダイの卵発生について. 福岡水試研究業務報告. 昭和46年度, 217-224.
- 7) HOPKINS, S. R. and J. M. DEAN (1975): The response of developmental stages of *Fundulus* to acute thermal shock. In *Physiological ecology of estuarine organisms* (Edited by VERNBERG, F.J.). Univ. South Carolina Press, 301-318.
- 8) OOEKI, Y. and R. HIRANO (1985): Effects of temperature changes on the development of eggs of the Japanese whiting *Sillago japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51(4), 557-572.
- 9) FRANK, M. L. (1974): Relative sensitivity of different developmental stages of carp eggs to thermal shock. In *Thermal ecology*. (Edited by GIBBONS, J. W. and R. R. SHARTZ). Technical Information Center, U. S. Atomic Energy Commission, 171-176.
- 10) BERGAN, P. (1960): On the blocking of mitosis by heat shock applied at different mitotic stages in the cleavage divisions of *Trichogaster trichopterus* var. *sumatranus* (Teleostei: Anabantidae). *Nytt. Mag. Zool.*, 9, 37-121.