

# ウスメバル稚魚の耐温性

大池 一 臣

## Temperature Tolerance of Young Rockfish, *Sebastes thompsoni* (JORDAN et HUBBS)

KAZUOMI OUCHI

### Abstract

For young rockfish, *Sebastes thompsoni* (JORDAN et HUBBS), acclimated to temperatures between 10 and 25°C, the upper incipient lethal temperature (defined as the temperature at which 50% of fish die after 24h) ranged between 25.6 and 28.8°C, and it was observed that the ultimate upper lethal temperature was about 28.6°C.

The upper thermal tolerance zones for the fish were 334 degrees Centigrade squared; and the thermal tolerance (sum of upper and lower thermal tolerance zones) was 701 degrees Centigrade squared, being estimated by the EDSELL *et al.*'s regression equation.

In comparison of these values of the fish to those of North American fishes, it was revealed that the temperature tolerance of the fish was closely similar to that of *Perca flavescens* (Family Percidae).

This suggests that larvae of *Sebastes thompsoni* have a extremely low level of temperature tolerance among inhabitants of warm-waters.

### Ⅰ. 緒 言

ウスメバル *Sebastes thompsoni* (JORDAN et HUBBS) は日本海北部沿岸, 特に新潟県周辺海域では主として刺網や底引網漁業などで漁獲される産業上重要な魚種である。諸外国でもメバル属の多くは重要な漁獲対象魚種となっており, その生物学についても比較的多数の報告がなされている。にもかかわらず, 本種に関する生物学的知見は極めて少ない。

本研究は, 1972年から5ヶ年間実施された「温排水の生物に及ぼす影響に関する研究」\*の一環として, ウスメバル稚魚の高温耐性について実験的に検討したものである。最近, 本種の養殖指向の動きもあり (永原・他, 1975, 池原・他, 1976), その飼育環境としての温度条件についても検討し, 若干の知見を得たので報告する。

### Ⅱ. 材 料 と 方 法

本研究に用いたウスメバル稚魚は, 1975年6月能登半島周辺海域の流れ藻に付随していたものを採集し, 室内の濾過循環方式の水槽中で, 主として市販のマス稚魚用ペレットを与え飼育

\* 環境庁国立機関公害防止等試験研究費

したものである。飼育約1ヶ月後、これらの稚魚を順化用のエアリフトによる濾過循環方式の200ℓ樹脂製恒温水槽4基（恒温装置は大洋科学KK製のクールユニットCML-1型）にそれぞれ分けて移した後、各水槽の温度を徐々に昇降温し、2—3日を要して、所定の順化温度10、15、20および25℃の4段階にそれぞれ設定した（第1表）。

順化期間中（9日間）は前記の餌料を1日に1—2回供試魚の全部が飽食する程度に与え、残餌や糞は1日に1回細いビニール管を使用してサイフォンで除去し、それによる海水の減量分はその都度清浄海水で補充した。なお、設定温度の変動は±0.5℃であった。

致死温度の検討は、あらかじめ空調庫内（20±0.5℃）に2℃（±0.2）間隔に設定したエアリフトによる濾過循環方式の63ℓガラス製恒温槽（温度調節は100Wヒーターとサーモスタット使用）を用いて行なつた。すなわち、順化水槽中の稚魚をこの実験水槽にそれぞれ急激に移した後、一定時間毎に死亡数を記録し、前報（大池・小金沢、1976）同様の方法で、半数致死温度並びに実験温度における半数致死に要する時間を求めた。各種実験温度下に投入された尾数は各8—10個体で、実験期間は無投餌とし24時間で終了した。死亡の判定は水槽底部に横臥し鰓蓋運動の認められなくなつた状態を基準とした。

なお、順化期間並びに実験期間中の塩分は32—34‰で、蛍光灯による照明は9:00—18:00頃までの約9時間とした。

### Ⅲ. 結 果

各種温度に順化された供試魚は第1表に示した通りである。この順化中における各温度区の稚魚の生残率は、25℃区の76.2%を除き殆んど100%であった。

第1表 致死温度実験に用いられたウスメバル稚魚  
Table 1. Larvae of *Sebates thompsoni* used in lethal temperature tests.

Acclimation temperature (°C)	Number of fish	Body length (cm)		Body weight (g)	
		Avg	Range	Avg	Range
10	69	4.4	3.5-4.8	1.9	0.9-2.7
15	64	4.4	3.8-4.9	1.8	0.9-2.6
20	79	4.4	3.7-4.9	1.8	0.9-2.5
25	84	4.4	3.8-4.8	2.0	1.1-2.9

種々の実験温度で得られたウスメバル稚魚の経時累積死亡率（付表1—4）から得られた、実験温度における稚魚の半数致死に要する時間並びに、最初の致死温度に与える順化温度の影響を第2表に示した。最初の致死温度とは無制限に浸漬されている間に実験魚の半数が正確に殺される実験温度（FRY *et al.*, 1946）、すなわち、致死限界温度を意味するが、ここではそれを24時間内の致死限界温度とする。したがつて、この温度以上の実験温度で求められた、半数致死に要する時間は抵抗時間に相当する。

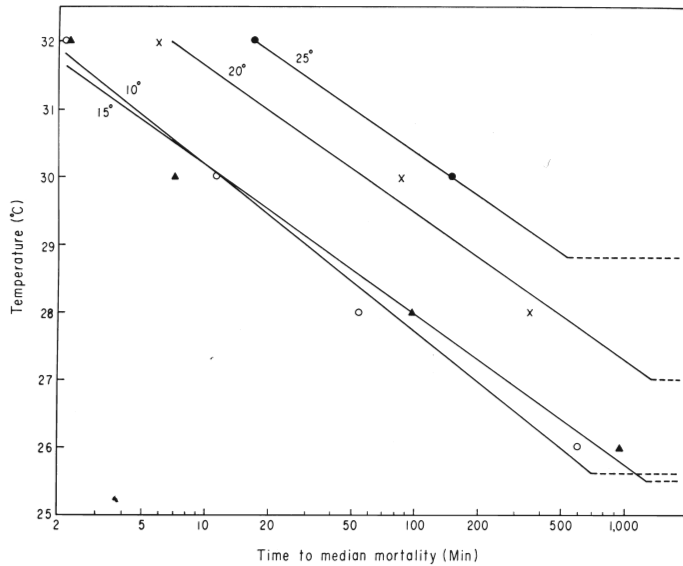
第2表から明らかなように、順化温度が高くなるに従い、稚魚の致死温度は漸次高くなり、その抵抗時間も長くなる。すなわち、ウスメバル稚魚の高温耐性は順化温度に依存していて、それが高くなる程強まる傾向が認められる。

ウスメバル稚魚の温度と抵抗時間の関係を第1図および第3表に示した。この表からわかるように、各順化温度区とも温度と抵抗時間との間に負の相関がある。したがつて、順化温

第2表 各種温度に順化されたウスメバル稚魚の死亡率、半数致死に要する時間および最初の半数致死温度

Table 2. Percentages dead, times to median mortality at test temperatures, and upper incipient lethal temperatures for larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to various temperatures.

Acclimation temperature (°C)	Test temperature (°C)	Death (%)	Time to median mortality (min)	Upper incipient lethal temperature (°C)
10	20	0	—	25.6
	22	0	—	
	24	0	—	
	26	60	600.0	
	28	100	54.0	
	30	100	11.2	
15	20	0	—	25.5
	22	0	—	
	24	10	—	
	26	60	858.0	
	28	100	97.2	
	30	100	7.2	
20	22	0	—	27.0
	24	0	—	
	26	0	—	
	28	100	360.0	
	30	100	87.6	
	32	100	6.0	
25	26	0	—	28.8
	28	10	—	
	30	100	147.0	
	32	100	17.2	



第1図 種々の温度に順化されたウスメバル稚魚の温度と半数致死に要する時間との関係。点線は最初の致死温度の位置に相当する

Fig. 1. Relations (solid lines) between temperature and time to median mortality for larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to different temperatures. Dashed horizontal lines correspond to incipient lethal temperatures.

第3表 ウスメバル稚魚の温度と半数致死に要する時間との関係を表わす 回帰直線のパラメーター

Table 3. Parameters of regression equations describing the relation between temperature and time to median mortality for larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to various temperatures.

Acclimation temperature (°C)	Thermal resistance regression parameters <sup>1</sup>			
	Intercept a	Slope b	N <sup>2</sup>	r <sup>3</sup>
10	32.652	-2.475	4	-0.994
15	32.371	-2.202	4	-0.990
20	33.836	-2.181	3	-0.985
25	34.651	-2.146	2	-1.000

<sup>1</sup> Parameters based on  $Y=a+b(\log X)$ , Y: Temperature, X: Time to median mortality.

<sup>2</sup> Number of time for which temperature to median mortality was obtained.

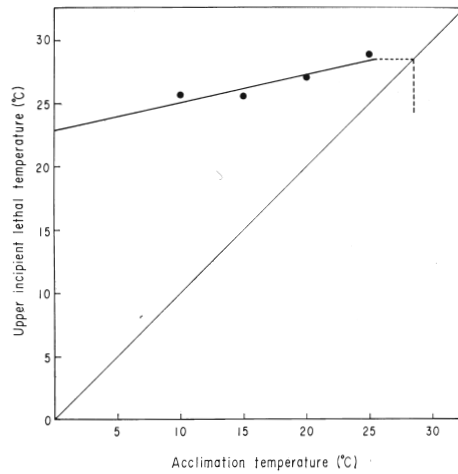
<sup>3</sup> Correlation coefficient.

度10, 15, 20および25°C区の稚魚が, それぞれの致死限界温度にさらされた場合, それに耐える時間はそれぞれ700, 1320, 1360 および530分以内と推定される(第1図).

順化温度と致死限界温度との関係は, 前者をX, 後者をYとすると,

$$Y = 22.84 + 0.22X \quad (r = 0.928)$$

の回帰直線で表わされる. しかし, 稚魚を10, 15および25°Cの温度から1日に2°Cの段階的昇温にさらし, その高温順化能力を検討したところ, 致死限界温度は28.6°C (SD=0.78)で, この温度以上での順化は不可能であつた. したがつて, この温度を究極の致死限界温度に近似するものと考えると, 順化温度26°C以上では致死限界温度の上昇は全くみられない(第2図).



第2図 ウスメバル稚魚の高温耐性. 点線は28.6°Cの位置を示す

Fig. 2. Upper thermal tolerance of larvae of *Sebastes thompsoni*. Dashed line indicates a level of 28.6°C.

Ⅳ. 考 察

致死限界温度は実験期間の長短で多少異なることが知られており、その為の修正として、72時間以内の3、6、12、24および48時間の実験で得られた高温致死限界温度の場合は、それぞれ1.3、0.9、0.74、0.41および0.15℃を減じた値をもつて実験72時間の致死限界温度と考えられている (BRETT, 1970)。しかしながら、本実験の場合は、実験温度に±0.2℃の変動があるため、実験24時間の調整値0.41℃は測定誤差範囲に入る可能性がある。また、この値がかなり小さい点からみて、実験期間の相違が多少あつても他魚種との比較においてはあまり問題はないと思われる。

本実験において、10—25℃の温度に順化されたウスメバル稚魚の24時間内高温致死限界温度は25.6—28.8℃であつた。この値は、最大致死限界温度が25℃を越えることが極めて少ないサケ科魚種や27℃以下であるコクチマス科魚種に比較してやや高いが、イボダイ科の *Girella nigricance* やコイ科の *Semotilus atromaculatus*, *Carassius auratus* など30℃を越える致死限界温度を有するものよりも低く、スズキ科の *Perca flavescens* の致死限界温度にほぼ近いようである (第4表)。

第4表 種々の温度で順化された魚の致死限界温度と耐水温域  
Table 4. Upper incipient lethal temperatures and thermal tolerance for fishes acclimated to various temperatures.

Species	Upper incipient lethal temperatures for acclimation temperatures of:						Upper thermal tolerance (°C <sup>2</sup> )	Thermal tolerance (°C <sup>2</sup> )	Reference
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C			
<i>Oncorhynchus keta</i> (fry)	21.8	22.5	23.1	23.7			258	468	1
<i>O. nerka</i> (fry)	22.2	23.4	24.4	24.8			274	505	1
<i>O. tshawytscha</i> (fry)	21.5	24.3	25.0	25.1			278	529	1
<i>Coregonus arteddi</i> (young)	21.75	24.25		26.25	25.75		293	541	2
<i>C. clupeaformis</i> (young)	20.62	22.67	25.78	26.65			280	612†	4
<i>C. hoyi</i> (young)	22.50	23.75	24.75	26.50	26.75		297	617†	3
<i>Salvelinus fontinalis</i>	23.7	24.4	25.0	25.3	25.3		300	625	1
<i>Perca flavescens</i>	21.3	25.0	27.7		29.7		342	742	1
<i>Girella nigricans</i>		28.7		31.4		31.4	439	800	1
<i>Semotilus atromaculatus</i>	24.7	27.3	29.3	30.3	30.3		405	808	1
<i>Carassius auratus</i>	29.0	30.8	32.8	34.8	36.6	38.9	589	1220	1

† Estimated from EDSALL *et al.*'s equation.

References: (1) BRETT, 1956; (2) EDSALL and COLBY, 1970; (3) EDSALL *et al.*, 1970; (4) EDSALL and ROTTIERS, 1976.

魚の耐水温域は高温致死限界温度と低温致死限界温度によつて形成される多角形で囲まれた範囲で、これは温度平方 (C<sup>2</sup>) で表わされ (FRY *et al.*, 1942)、高温と低温の耐水温域の境界は、第2図に示したように、縦座標軸と横座標軸の交叉によつてできる角度を二等分する対角線である (EDSALL *et al.*, 1970) といわれている。第2図より、ウスメバル稚魚の高温耐水域を

測定すると334℃<sup>2</sup>である。なお EdSALL *et al.* (1970) が北アメリカにおける種々の淡水性魚種および溯河性魚種から得られた、高温究極致死限界温度 (X) と高温耐水温域 (Y) との関係式

$$Y = -225.292 + 20.290 X$$

(SE=35.813,  $r = 0.986$ ;  $p < 0.001$ ,  $df = 15$ ) に、 $X = 28.6$  として計算すると、高温耐水温域は355℃<sup>2</sup>となり、前記の値とよく一致している。ウスメバル稚魚の高温耐水温域334℃<sup>2</sup> (または355℃<sup>2</sup>) も *Perca flavescens* のそれに近いといえる (第4表)。

本実験では低温致死限界温度の検討は行なわれなかつたが、ウスメバル稚魚の耐水温域は、EdSALL *et al.* (1970) の高温究極致死限界温度 (X) と耐水温域 (Y) との関係式

$$Y = -610.506 + 45.871 X$$

(SE=16.578,  $r = 0.985$ ;  $p < 0.001$ ,  $df = 16$ ) から求められる。これによると、ウスメバル稚魚の耐水温域は701℃<sup>2</sup>となり、この値も *Perca flavescens* の耐水温域にはほぼ近い (第4表)。

*Perca flavescens* の高温致死限界温度、高温耐水温域および耐水温域は、Salmonidae の冷水性魚類よりも高いレベルにあるが、温水性魚類としては最も低いレベルに属する (Brett, 1956)。したがって、ウスメバル稚魚の耐温性は温水性魚類の中では極めて低いレベルに属するものと推察される。

なお、ウスメバル稚魚の環境温度条件の面から考察すると、順化温度26℃以上では致死限界温度の上昇がみられなくなることは、稚魚の高温に対する生理的補償のための機構がこの温度以上で衰えることを示唆する。したがって、環境温度が26℃以上になることはウスメバル稚魚の生存にとって極めて危険であるといえよう。

## V. 要 約

1. 10—25℃の温度で順化されたウスメバル稚魚の24時間内の高温致死限界温度は25.6—28.8℃であつた。また、究極の致死限界温度は約28.6℃と推定された。
2. 稚魚の高温耐水温域は334℃<sup>2</sup>で、耐水温域 (高温耐水温域 + 低温耐水温域) は701℃<sup>2</sup>と推定された。
3. 北アメリカ産の他魚類と高温致死限界温度、高温耐水温域並びに耐水温域を比較した結果、これらはスズキ科の *Perca flavescens* に酷似していることを述べ、ウスメバル稚魚の耐温性が温水性魚類の中では極めて低レベルに属することを示唆した。

終りに、貴重な材料を採集し提供していただいた石川県水産試験場の関係各位、その運搬にあつてご協力いただいた日本海区水産研究所資源第二研究室の方々、並びに調査船みずほ丸の乗組員のご好意に対し心からお礼申し上げます。

本文のご校閲をいただいた日本海区水産研究所小牧勇蔵浅海開発部長に対し、また印刷原図を作製していただいた長沼典子技官に対して厚く謝意を表する。

## 引 用 文 献

- BRETT, J. R. (1956). Some Principles in the thermal requirements of fishes. *Quarterly Rev. Biol.*, **31**: 75—89.
- (1970). Temperature; Animals; Fishes; Functional Responses. In O. KINNE (Ed.), *Marine ecology*, **I**: 523—528. Wiley-Interscience, London-New York.

- EDSALL, T. A. and P. J. COLBY (1970). Temperature tolerance of young-of-the-year cisco, *Coregonus artedii*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **99**: 526—531.
- , D. V. ROTTIERS, and E. H. BROWN (1970). Temperature tolerance of bloater (*Coregonus hoyi*). *J. Fish. Board Can.*, **27**: 2047—2052.
- and —— (1976). Temperature tolerance of young-of-the-year lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*. *J. Fish. Res. Board Can.*, **33**: 177—180.
- FRY, F. E. J., J. R. BRETT, and G. H. CLAWSON (1942). Lethal limits of temperature for young goldfish. *Rev. Can. Biol.*, **1**: 50—66.
- , J. S. HART, and K. F. WALKER (1946). Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout, *Salvelinus fontinalis*. *Univ. Toronto Stud. Biol. Ser.*, **54**, 1—35. Cited by EDSALL, T. A. *et al.* (1970).
- 永原正信・池原宏二・古川 厚 (1975). メバル類養殖の基礎研究 I. ウスメバル稚魚の餌料蛋白消化率について. 日水研報, (26) : 27-33.
- 池原宏二・永原正信・古川 厚 (1976). メバル類養殖の基礎研究 II. ウスメバル稚魚の消化管内における餌料滞留時間. 日水研報, (27) : 35-40.
- 大池一臣・小金沢昭光 (1976). 2・3の重要海産魚貝類稚仔に及ぼす高水温の影響. 日水研報, (27) : 103-105.

付表1 ウスメバル稚魚の各実験温度における経時死亡率。順化温度：10℃

Appendix Table 1 Cumulative percent mortality of larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to 10°C.

Test temp. (°C)							
Time of exposure (min)	20	22	24	26	28	30	32
1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	11	100
10	0	0	0	0	0	33	
15	0	0	0	0	0	89	
20	0	0	0	0	0	100	
25	0	0	0	0	0		
30	0	0	0	0	0		
60	0	0	0	0	60		
120	0	0	0	0	90		
180	0	0	0	0	100		
360	0	0	0	20			
720	0	0	0	60			
1440	0	0	0	60			

付表2 ウスメバル稚魚の各実験温度における経時死亡率。順化温度：15℃

Appendix Table 2 Cumulative percent mortality of larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to 15°C.

Test temp. (°C)							
Time of exposure (min)	20	22	24	26	28	30	32
1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	36.7	100
10	0	0	0	0	0	62.5	
15	0	0	0	0	0	62.5	
20	0	0	0	0	0	87.5	
25	0	0	0	0	0	87.5	
30	0	0	0	0	0	100	
60	0	0	0	0	11.1		
120	0	0	0	10	66.7		
180	0	0	0	10	100		
360	0	0	0	20			
720	0	0	0	50			
1440	0	0	42	60			

付表3 ウスメバル稚魚の各実験温度における経時死亡率。順化温度：20℃

Appendix Table 3 Cumulative percent mortality of larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to 20°C.

Test temp. (°C)						
Time of exposure (min)	22	24	26	28	30	32
1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	40
10	0	0	0	0	0	80
15	0	0	0	0	0	100
20	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	
60	0	0	0	0	0	
120	0	0	0	0	90	
180	0	0	0	0	100	
360	0	0	0	50		
720	0	0	0	100		
1440	0	0	0			

付表4 ウスメバル稚魚の各実験温度における経時死亡率。順化温度：25℃

Appendix Table 4 Cumulative percent mortality of larvae of *Sebastes thompsoni* acclimated to 25°C.

Test temp. (°C)				
Time of exposure (min)	26	28	30	32
1	0	0	0	0
5	0	0	0	10
10	0	0	0	10
15	0	0	0	30
20	0	0	0	70
25	0	0	0	100
30	0	0	0	
60	0	0	0	
120	0	0	0	
180	0	0	100	
360	0	0		
720	0	0		
1440	0	10		