

イシダイ幼稚魚の成長に伴う選好温度の変化

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	土田, 修二 田端, 重夫
巻/号	63巻1号
掲載ページ	p. 64-69
発行年月	1997年1月

イシダイ幼稚魚の成長に伴う選好温度の変化

土田修二, 田端重夫

(1996年2月19日受付)

Changes of the Preferred Temperature in Striped Beakperch,
Oplegnathus fasciatus, during the Juvenile GrowthShuji Tsuchida*¹ and Shigeo Tabata*²

Temperature preference of 2-14 month old striped beakperch, *Oplegnathus fasciatus*, (B.L. 3.3-14.9 cm) hatched on the same day was tested using a vertical temperature gradient tank. Fish were acclimated to 25°C for more than 18 days before the experiments. Temperature was a dominant factor affecting fish distribution in a vertical temperature gradient, since the distribution was shifted in accordance with the location of preferred temperature. No clear change in the preferred temperature was shown with exposure to the temperature gradient for more than 24 hours. The preferred temperatures were related to the growth of the fish. Two to eight month old fish preferred a progressively cooler temperature from 28.6 to 24.7°C as they grew. Fish older than 8 months preferred a narrower temperature range of 25 and 26°C.

キーワード: 行動, 選好温度, イシダイ, 成長段階, 水槽実験

多くの魚類が温度勾配下において, 特定の温度域を選好することは, これまで数多く報告されている。さらに, 選好温度が種によって異なるだけでなく, 同一種においても馴致温度,^{1,4)} 季節,^{5,6)} 年齢⁶⁻¹⁰⁾などによって異なる場合も知られている。しかし, これらの報告の多くは, 淡水魚類を対象としており, 特に日本沿岸に生息する海水魚類の選好温度に関する知見は殆どない。

イシダイの選好温度については, 土田ら⁴⁾が体長約12 cmの1年魚を用いて馴致温度との関係を検討し, 選好温度が馴致温度の影響を受けること, ならびに最終選好温度が26°C付近にあることを明らかにした。一方, 本種は北海道以南の日本各地に生息する重要な磯魚資源であり, 栽培漁業や人工魚礁の造成に関連し, その生理・生態に関する知見が集積されつつある。¹¹⁻¹⁶⁾ それらによれば, 本種は幼稚魚期に流れ藻等につく習性をもっていることから, 海の表層部を主な生活の場とするが, 成長に伴い底層部に移行し, その食性も変わることが知られている。¹¹⁾

そこで, 同一日に孵化し, それらを養成飼育したイシダイ幼稚魚についての成長に伴う選好温度の変化を, 垂

直温度勾配反応試験装置を用いて検討した。

材料と方法

供試魚 1987年7月25日に, 海洋生物環境研究所中央研究所の親魚用水槽(7t)で自然産卵された卵を, 孵化後引き続き自然水温(21~24°C)下で養成飼育した。それらが平均体長3.3 cm(孵化後約2カ月), 7.6 cm(同3カ月), 11.2 cm(同6カ月), 12.5 cm(同11カ月), 14.9 cm(同14カ月)に達したものを供試魚とした。実験開始に先立ち, 供試魚を温度馴致用の飼育水槽(500 l)に移し, 濾過海水温度調節設備から供給される25.0±0.2°Cの海水を, 毎時500 l注水して18日以上温度馴致飼育を行った。飼育水温を自然水温から馴致温度へ移行する際には, 1~3日間をかけて緩やかに昇温し, 急激な温度変化をさけた。養成飼育および温度馴致飼育期間中には, 解凍したアミを, 1日3回飽食するまで与えた。

実験方法 選好温度の測定には, 垂直温度勾配反応試験装置を用いた。^{17,18)} この装置は, 11個の独立した熱交換器で異なる温度に調節された海水を実験水槽(L

*1 本研究の概要は平成元年度日本水産学会秋季大会にて報告した。

*2 海洋生物環境研究所 (Marine Ecology Research Institute, Onjuku, Isumi, Chiba 299-51, Japan)。

*3 新日本気象海洋(株) (Shin-Nippon Meteorological & Oceanographical Consultant Co., Ltd., Ooigawa, Shida, Shizuoka 421-02, Japan)。

1,500 mm × W 600 mm × D 1,650 mm) 内の 11 水深帯 (中心間隔 150 mm) 別に層状に注入し、各層からの排水は熱交換器に戻して調温する循環方式によって、鉛直方向に温度勾配を形成することができる。実験中は、供試魚の行動を混乱させる刺激を避けるために、実験水槽室を無人化し、水槽前面に設置したビデオカメラを用いて別室内で行動観察を行った。各供試魚の滞泳位置の計

測は、ビデオデジタイザを用いて行った。実験中の照度は、水面上で 800~1,000 lx であった。供試魚 5 尾は、水槽全体の温度を馴致温度と等しい 25°C の温度無勾配状態の中に実験前日に収容し、一晚放置した。供試魚の遊泳行動に、特に異常が認められないことを確認した後、実験を開始した。実験水槽に供試魚を収容した後は、無給餌とした。

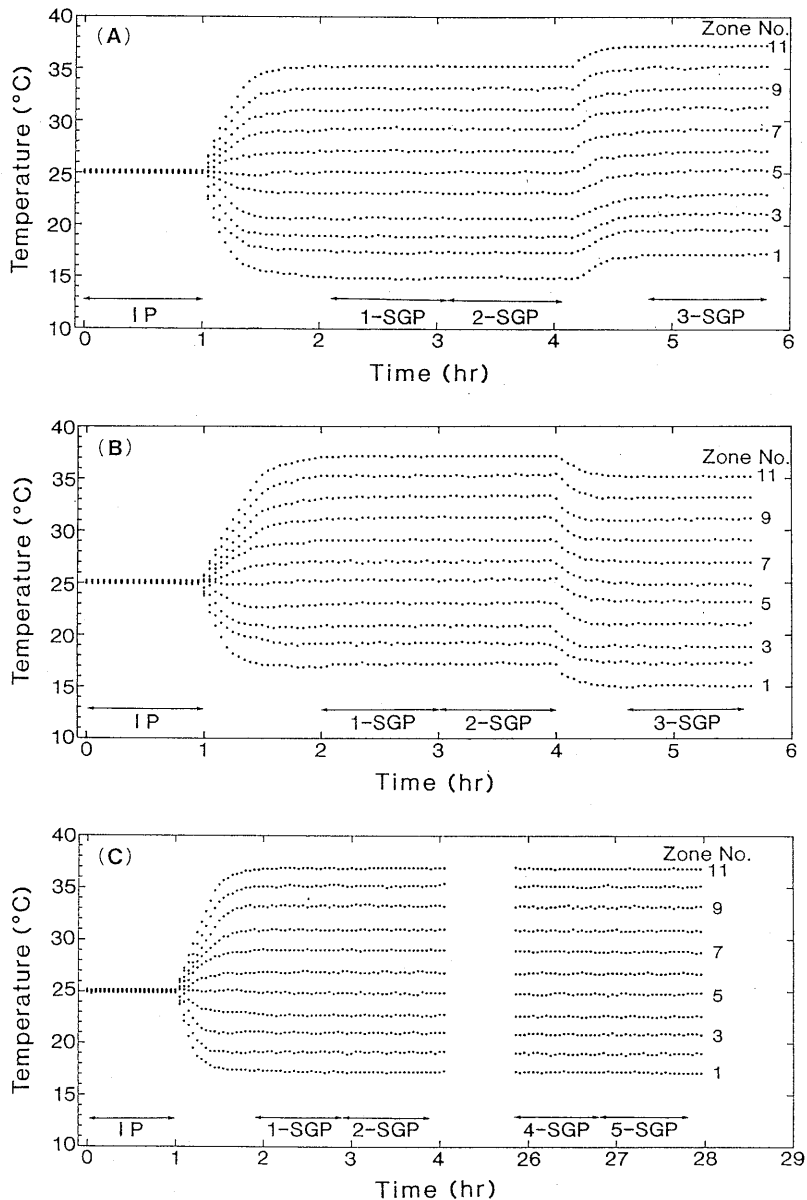


Fig. 1. Sequential change of zoned temperatures in a vertical temperature gradient tank.

Following an initial isothermal condition of 25°C, a stable temperature gradient with a range of 20°C was formed. The temperature range was then shifted either upward [A] or downward [B] by 2°C. In another experiment [C], a stable temperature gradient was continued for about 26 hours. Fish positions were recorded during IP (isothermal period) and SGP (stable temperature gradient period).

Fig. 1 には実験期間中の 11 水深帯の温度推移を例示する。実験開始から 1 時間の温度無勾配期を IP (isothermal period), それ以後の安定温度勾配期を SGP (stable temperature gradient period) とした。SGP は, 20°C の範囲の安定した温度勾配が形成された直後の 2 時間を前後に分けた 1-SGP と 2-SGP, さらに設定温度を 2°C 上昇または降下させ, 新しい温度勾配が形成された後の 1 時間の 3-SGP, および初めの安定した温度勾配を維持継続した 24 時間後の 2 時間を前後 1 時間ずつの 4-SGP と 5-SGP に区分した。そして, これらの時間区分帯に供試魚の滞泳位置および温度のデータを集録した。各データ集録期には 11 水深帯の温度および供試魚の滞泳水深帯を 3 分毎に同時計測した。以上の選好温度実験を各成長段階毎に 2~4 回実施した。ただし, 2 カ月齢の滞泳水深帯の記録は, 供試魚の平均体長が 3.3 cm と小型であったため, ビデオデジタイズを用いての観察および計測ができなかった。このため, 水槽前方部に暗幕を垂らし, 暗幕中央のぞき窓から目視で供試魚の滞泳水深帯を確認した。また, 各データ集録期における滞泳水深帯の記録は 30 秒毎に, 11 水深帯の温度記録は 1 分毎に, いずれも 1 時間のうちの 30 分間行った。

結果および考察

各実験の終了時に測定した海水の塩分は 32.3~34.2 psu, pH は 8.12~8.23, 溶存酸素飽和度は 87~98% であった。各成長段階について 25°C の温度無勾配期に得られた供試魚の滞泳水深帯別の頻度分布を集計し Fig. 2 に示す。2 カ月齢の場合, 供試魚は全水深帯にわたって滞泳したが, 特に表層部に偏在する傾向が認められた。3 カ月齢では, 2 カ月齢に比べ表層部の滞泳頻度が減少し, 底層部の頻度が増加した。8 カ月齢以降では, さらに表層部の頻度が減少し, 底層部の頻度が増す傾向が強まった。この様に, 温度無勾配期の滞泳位置は, 成長に伴って底層部に移行することが明らかとなった。

各実験の温度勾配形成後の結果を要約して Table 1 に示す。Fig. 3 には, 3 カ月齢の供試魚について温度無勾配期から 15~35°C の範囲の温度勾配を形成し, さらに設定温度範囲を 2°C 上げて, 新たに 17~37°C の範囲の温度勾配を形成した実験例を示す。供試魚は, 温度無勾配期には底層部にやや高い頻度を示したものの, はば水槽全体に滞泳していた。15~35°C の範囲の温度勾配が形成された後には, 供試魚の滞泳位置は中層部に移動し, 特に No. 6, 7 の水深帯 (25~27°C) にはほぼ集中した。その際, 多くの個体が鉛直方向および水平方向の移動を繰り返す, 主に 2~4°C 程度の温度範囲を遊泳していた。また, ある時間のみ鉛直方向の移動が少なくな

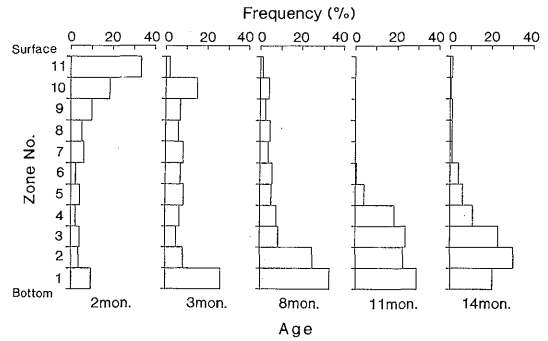


Fig. 2. Distribution pattern of striped beakperch in relation to age (months) under isothermal condition.

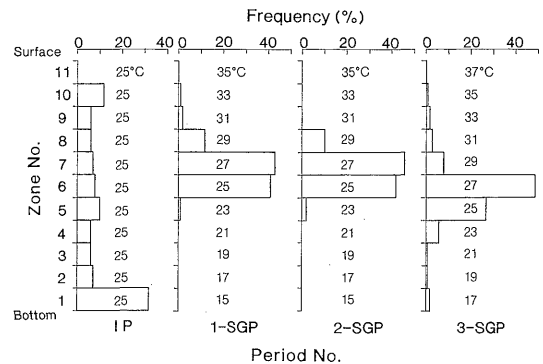


Fig. 3. Distribution pattern of striped beakperch (3 months old) under a series of thermal conditions.

IP, 1-SGP, 2-SGP, 3-SGP are the same periods as shown in Fig. 1.

り, 主に水平方向の移動を繰り返す, 再び鉛直方向および水平方向の移動を繰り返す個体も観察された。次いで設定温度を 2°C 上げて 17~37°C の範囲の温度勾配を形成したところ, 滞泳水深帯の最頻値は No. 5, 6 と下層方向に移動した。しかし, 供試魚の滞泳温度は, やはり 25~27°C を中心としていた。また, 設定温度を 2°C 下げた実験例では, 供試魚の滞泳位置は, 上記の例とは逆に上層方向に移動したが, 滞泳温度帯は設定温度変更前とはほぼ同じ温度帯であった (Table 1)。温度無勾配状態から温度勾配の形成に伴う温度変化, および水槽内に設定した温度範囲の昇降に際し, 特定の温度帯を求めて移動するという結果は, マアジ *Trachurus japonicus* 未成魚など他の魚種においても報告されている。^{3,4,19,20} 今回のいずれの成長段階においても, 水槽内の特定の水深を選ぶことなく, それぞれ特定の温度域を滞泳することが認められ, 本種の行動に対する温度環境の強い影響が認

Table 1. Summary of observations of temperature preference by striped beakperch at different ages

Age (month)	Body length* ¹	Body weight* ¹	Period No.	Temp. range in test tank	Temp. preferred by fish* ²	
	Mean ± SD	Mean ± SD			Range	Mean ± SD
2	3.3 ± 0.2 cm	1.1 ± 0.3 g	S-SGP* ³	15-35°C	25.1-31.2°C	28.6 ± 1.3°C
			L-SGP* ³	15-35	23.0-33.1	28.7 ± 1.7
			3-SGP* ³	17-37	23.1-33.0	28.4 ± 1.7
	3.2 ± 0.4	1.2 ± 0.3	S-SGP	17-37	27.0-31.2	28.5 ± 1.2
			3-SGP	15-35	25.2-35.1	28.7 ± 1.6
3	7.4 ± 0.4	14.9 ± 1.7	S-SGP	17-37	21.0-30.9	26.9 ± 1.7
			L-SGP	17-37	22.7-29.0	26.7 ± 1.1
	7.6 ± 0.1	16.2 ± 1.2	S-SGP	15-35	23.1-33.1	26.5 ± 1.6
			3-SGP	17-37	17.1-35.1	26.5 ± 2.6
			S-SGP	17-37	23.0-31.2	27.0 ± 1.3
7.8 ± 0.5	18.1 ± 3.6	3-SGP	15-35	24.8-31.0	27.1 ± 1.4	
		8	11.4 ± 0.6	59.5 ± 8.7	S-SGP	15-35
L-SGP	15-35				20.9-27.4	24.6 ± 1.3
10.9 ± 0.3	47.8 ± 4.6		S-SGP	15-35	20.9-29.0	25.5 ± 1.4
			3-SGP	17-37	21.0-29.0	25.3 ± 1.6
			S-SGP	15-35	18.8-27.1	23.9 ± 1.5
11.2 ± 0.8	49.8 ± 10.4	S-SGP	15-35	23.1-27.4	26.0 ± 1.2	
		11	12.9 ± 1.0	88.2 ± 16.5	L-SGP	15-35
S-SGP	15-35				23.1-29.0	27.1 ± 1.4
12.2 ± 0.6	74.8 ± 6.8		3-SGP	17-37	23.0-31.1	26.7 ± 1.6
			S-SGP	15-35	21.1-24.8	23.2 ± 0.4
			S-SGP	15-35	23.0-29.3	26.2 ± 1.7
14	15.1 ± 0.4	153.5 ± 16.0	S-SGP	15-35	23.3-31.0	25.7 ± 1.2
			L-SGP	15-35	23.1-29.1	25.5 ± 1.3
	15.1 ± 0.7	132.8 ± 20.7	S-SGP	15-35	23.2-28.9	26.1 ± 1.2
			3-SGP	17-37	21.2-29.0	25.5 ± 1.4
			S-SGP	15-35	23.3-28.9	25.5 ± 1.1
14.6 ± 0.8	122.2 ± 26.7	S-SGP	15-35	23.3-28.9	25.5 ± 1.1	

*¹ Each experimental group consisted of 5 fish.

*² Temperatures preferred by individual fish were recorded 20 times for each one hour period of observation, but 60 times in 2 months old fish.

*³ S-SGP=1-SGP+2-SGP ; L-SGP=4-SGP+5-SGP ; 1-, 2-, 3-, 4-, 5-SGP are the same periods as shown in Fig. 1.

められた。

一方、多くの魚類で測定される選好温度は、測定に先立つ馴致温度の影響を受けることが知られ、また、それぞれの種に固有の最終選好温度が有り、温度勾配下に放置された場合、実験魚は徐々にか、もしくは段階的にこの最終選好温度に近づいていくともされている。^{21,22)} 15~28°Cで馴致したイシダイ1年魚(体長12cm)の結果では、最終選好温度(26°C前後)より低温の15, 20°C馴致群の選好温度は、温度勾配下での時間経過(24時間以上)に伴って最終選好温度に近づく傾向を示したのに対し、最終選好温度に近似した25°C馴致群および高温の28°C馴致群は、温度勾配形成直後に最終選好温度付近を選好し、時間経過による変化がほとんど認

められていない。⁴⁾ 本実験において、いずれの成長段階とも温度無勾配期から温度勾配を形成した直後と、引き続き24時間以上保持した後では、滞泳温度帯の変化はほとんど認められなかった(Table 1中同一群のS-SGPおよびL-SGP, Fig. 4)。したがって、25°Cで馴致飼育した各成長段階のイシダイは、温度勾配が形成した直後に、最終選好温度域付近に移動していることが明らかである。

温度勾配形成直後の2時間における供試魚の滞泳温度の平均値を選好温度とみなし、各成長段階の滞泳頻度と選好温度をFig. 5に示す。各成長段階の選好温度は、2カ月齢では28.6°C, 3カ月齢では26.8°C, 8カ月齢では24.7°C, 11カ月齢では25.6°C, 14カ月齢では25.7°Cで

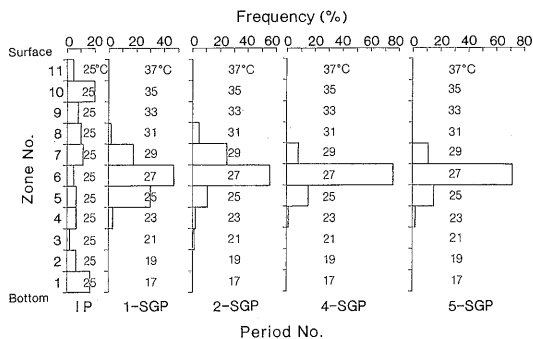


Fig. 4. Distribution pattern of striped beakperch (3 months old) under a stable temperature gradient maintained for about 26 hours.

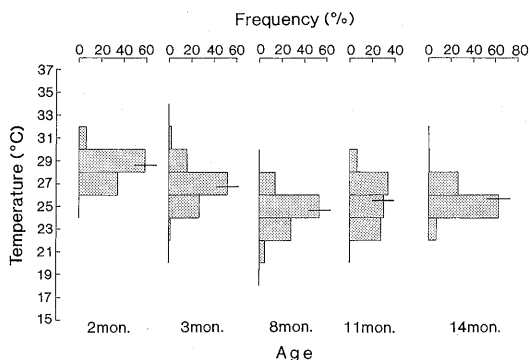


Fig. 5. Distribution patterns of striped beakperch in relation to growth during the first two hours (1- and 2-SGP) after reaching a stable temperature gradient.

Horizontal bars show the mean preferred temperature.

あった。2~8カ月齢の間では、選好温度が成長に伴って低下する傾向が認められたのに対し、8~14カ月齢の間では選好温度が25~26°Cの範囲にあってほぼ一定していた。

既往の研究によると alewife *Alosa pseudoharengus*,⁶⁾ yellow perch *Perca flavescens*,⁷⁾ yellow bullhead *Ictalurus natalis*,⁸⁾ ニジマス *Salmo gairdneri*,⁹⁾ striped bass *Morone saxatilis*¹⁰⁾ では、選好温度が年齢や成長段階等によって異なり、いずれの魚種でも加齢や成長に伴って、選好温度が低下すると報告されている。このような選好温度の変化については、実験水槽上部の光条件あるいは食性や捕食関係などの生態的变化および成長に伴う生理的变化との係わりが指摘されている。⁷⁻¹⁰⁾ 一方、bluegill *Lepomis macrochirus*²³⁾ や commonshiner *Notropis cornutus*²⁴⁾ では、年齢等の成長段階による選好温度の差は認められていない。このように、選好温度と成長段階との

関係は、それぞれの種によって異なるものと考えられる。

幼稚魚期(全長8~60 mm前後)のイシダイは、6~9月の高水温期に流れ藻に付くなど表層部を主な生活の場としているが、その後流れ藻を離れて底層部に移行する。また、その食性は、幼稚魚期に甲殻類を主食とするが、全長10 cmぐらいから雑食性が強まり、15 cm以上のものはウニ類やフジツボ類のような殻の堅い底生動物または付着動物を捕食することが知られている。¹¹⁾ こうした生態的变化は、成長に伴う温度無勾配期の滞泳水深の変化および温度勾配期の選好温度の変化と良く一致している。この他、幼稚魚期のイシダイやマダイ *Pagrus major* では、成長段階によって照度に対する選択性が変化することが知られている。^{25,26)} 以上のように、自然海域におけるイシダイでは、底層部への移行期に食性や照度の選択性が変化するばかりか、選好温度も変化することが明らかとなった。このことは、温度特性の変化がこの様な生態的变化を引き起こす要因となりうる例を示すものと考えられる。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、有益な御助言と御校閲を頂いた東京大学名誉教授の羽生功博士に深謝の意を表す。また、供試魚の飼育管理を担当して頂いた当研究所の瀬戸熊卓見主任技術員、磯貝嘉孝技術員に多大な協力を得たことに、心より感謝する。なお、本研究の一部は通産省資源エネルギー庁の委託業務「温排水生物影響調査」の一環として行われたことを記して、関係者各位に御礼申し上げます。

文 献

- 1) F. P. Richards, W. W. Reynolds, R. W. McCauley, L. I. Crawshaw, C. C. Coutant, and J. J. Gift: Temperature preference studies in environmental impact assessments: An overview with procedural recommendations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **34**, 728-761 (1977).
- 2) W. W. Reynolds and M. E. Casterlin: Behavioral thermoregulation and the final preferendum paradigm. *Amer. Zool.*, **19**, 211-224 (1979).
- 3) A. Furukawa, H. Fukataki, and S. Tsuchida: Temperature preference of immature horse mackerel, *Trachurus japonicus*, in a vertical temperature gradient. *NOAA Tech Rep. NMFS*, **69**, 19-23 (1988).
- 4) 土田修二, 渡辺幸彦, 鈴木繁美: イシダイ1年魚の選好温度と高温耐性. *海生研報*, **91202**, 1-24 (1991).
- 5) C. A. Barans and R. A. Tubb: Temperatures selected seasonally by four fishes from western Lake Erie. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30**, 1697-1703 (1973).
- 6) R. G. Otto, M. A. Kitchel, and J. O. Rice: Lethal and preferred temperatures of the Alewife (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **105**, 96-106 (1976).
- 7) R. W. McCauley and L. A. A. Read: Temperature selec-

- tion by juvenile and adult yellow perch (*Perca flavescens*) acclimated to 24°C. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30**, 1253-1255 (1973).
- 8) W. W. Reynolds and M. E. Casterlin: Ontogenetic change in preferred temperature and diel activity of the yellow bullhead, *Ictalurus natalis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **59A**, 409-411 (1978).
 - 9) W. Kwain and R. W. McCauley: Effects of age and overhead illumination on temperatures preferred by under-yearling rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in a vertical temperature gradient. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **35**, 1430-1433 (1978).
 - 10) C. C. Coutant: Thermal preference: when does an asset become a liability? *Envir. Biol. Fish.*, **18**, 161-172 (1987).
 - 11) 落合 明, 田中 克: イシダイ. 魚類学 (下), 恒星社厚生閣, 東京, 1986, pp. 666-669.
 - 12) 河尻正博, 松原壮六郎: 伊豆東岸におけるイシダイ若年魚の移動 (短報). 静岡水試研報, **7**, 9-13 (1974).
 - 13) 河尻正博: 標識放流結果からみた東海区沿岸におけるイシダイの移動と回遊. 静岡水試研報, **13**, 61-74 (1979).
 - 14) 大岩靖之, 武田晃一: 燈灘におけるイシダイ放流—I, 若年魚の移動・分布. 栽培技研, **11**, 23-27 (1982).
 - 15) 熊井英水: イシダイの養殖生物学的研究. 近畿大学水産研究所報告, **2**, 1-128 (1984).
 - 16) 小川良徳, 竹村喜夫: 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—III. 東海区水研研報, **45**, 127-135 (1966).
 - 17) 土田修二, 深滝 弘: 新型垂直温度勾配反応試験装置の構造と性能. 海生研研報, **91201**, 1-20 (1991).
 - 18) S. Tsuchida: The relationship between upper temperature tolerance and final preferendum of Japanese marine fish. *J. Therm. Biol.*, **20**, 35-41 (1995).
 - 19) J. R. Brett: Temperature tolerance in young Pacific salmon genus *Oncorhynchus*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **9**, 265-323 (1952).
 - 20) R. W. McCauley: Preferred temperature of yearling lake trout, *Salvelinus namaycush*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **27**, 1729-1733 (1970).
 - 21) C. C. Coutant: Biological aspects of thermal pollution. I. Entrainment and discharge canal effects. *CRC Crit. Rev. Envir. Cont.*, **1**, 341-381 (1970).
 - 22) L. I. Crawshaw: Attainment of the final thermal preferendum in brown bullheads acclimated to different temperatures. *Comp. Biochem. Physiol.*, **52A**, 171-173 (1975).
 - 23) T. L. Beitinger and J. J. Magnuson: Influence of social rank and size on thermoselection behavior of bluegill (*Lepomis macrochirus*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **32**, 2133-2136 (1975).
 - 24) D. A. Ulvestad and J. H. Zar: Preferred temperature of the common shiner, *Notropis cornutus*, in relation to age, size, season and nutritional state. *Ohio J. Sci.*, **77**, 170-173 (1977).
 - 25) 林多恵子, 山川 紘, 松生 治: イシダイの仔稚魚の成長に伴う走光行動の変化. 日本誌, **58**, 1043-1047 (1992).
 - 26) 矢野 勲, 小川良徳: マダイ稚仔魚の鉛直移動に与える水中照度の影響. 養殖研報, **3**, 45-49 (1982).