



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 85202

シロギス幼魚の成長と酸素消費量に及ぼす水温の影響

昭和60年3月

March, 1985

シロギス幼魚の成長と酸素消費量に及ぼす水温の影響

城戸勝利・木下秀明¹

Effects of Temperature on Growth and Oxygen Consumption of the Young Japanese Whiting, *Sillago japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL(Pisces, Sillaginidae)

KATSUTOSHI KIDO and HIDEAKI KINOSHITA

KIDO, K. and H.KINOSHITA(1985). Effects of temperature on growth and oxygen consumption of the young Japanese whiting, *Sillago japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL(Pisces, Sillaginidae). *Rep.Mar. Ecol.Res.Inst.*, No. 85202 : 1-20.

Abstract : Laboratory studies were carried out to clear the effects of temperature on growth, feeding and oxygen consumption of the young Japanese whiting, *Sillago japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL. The 10 months old young fish were kept in four different temperatures : 20, 23, 26 and 29°C. To examine their daily growth 23 to 24 days, they were reared in running sea water of respective temperatures, then they were held in the still water at the same temperatures to determine their oxygen consumption. As regards analysis of variance on individual growth, no significant difference was found among the four temperatures. In comparisons among the mean values of each temperature group, however, the trends found were as follows ; 1) Growth rate tended to increase with the increment of water temperature at 20, 23, 26°C, but it slightly declined at 29°C. 2) The daily feeding rate increased with the temperature increment. 3) The highest mean value of food conversion efficiency was obtained at 26°C, but there was no remarkable difference among the four temperatures. 4) Oxygen consumption was 240-634 mℓ/kg · hr at the temperature range of 20-29°C, being expressed as the function of temperature and body weight. It was suggested that the tolerable lower threshold of dissolved oxygen ranges from 1.4 to 1.8 mℓ/ℓ, 30-36% in saturation level.

Keywords : Japanese whiting, *Sillago japonica*, Growth, Feeding, Oxygen consumption, Temperature.

城戸勝利・木下秀明 (1985). シロギス幼魚の成長と酸素消費量に及ぼす水温の影響. 海生研報告, No. 85202 : 1-20.

要約：生後約10ヶ月のシロギス 0年魚の成長・摂餌・飼料転換効率・酸素消費量に及ぼす水温の影響について検討した。設定水温は20°C, 23°C, 26°C, 29°C の4段階とし、23~24日間にわたる成長比較試験を流水条件下で、酸素消費量測定を止水条件下で、それぞれ実施した。各個体の増重量については水温区間で有意差は認められなかったが、水温区毎の平均値においては、26°C区を頂点とする単峰型の傾向がみられた。各水槽群毎の日間成長率、増重量は、20°C区から26°C区まで水温とともに増大し、29°C区では26°C区に比べてやや減少する傾向がみられた。水槽群別日間摂餌率は、水温とともに増大した。水槽群別飼料転換効率には水温区間で明瞭な傾向が認められなかったが、その最大値は26°C区で得られた。酸素消費量

1 現在：財團法人海洋生物環境研究所実証試験場（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)

は、20~29°Cの範囲で240~634ml/kg·hrであり、水温と体重との関係式で表された。また、水温23~29°Cの範囲内で、供試魚が低酸素状態に耐忍し得る限界値は1.4~1.8ml/l(飽和度30~36%)であった。
キーワード：シロギス，*Sillago japonica*，生長，摂餌，酸素消費量，水温。

目 次

| | |
|----------------|----|
| I. まえがき | 3 |
| II. 供試材料 | 3 |
| III. 試験方法 | 4 |
| 1. 試験装置 | 4 |
| 2. 試験期間中の飼育条件 | 6 |
| 3. 魚体測定 | 8 |
| 4. 酸素消費量の測定 | 8 |
| IV. 試験結果 | 9 |
| V. 考 察 | 16 |
| 1. 成長最適水温範囲 | 16 |
| 2. 水温と成長に関する指標 | 17 |
| 3. 水温と酸素消費量 | 18 |
| 引用文献 | 19 |

図 表 目 次

< 図 >

| | |
|--|----|
| 第1図 供試魚養成中の飼料別給餌期間 | 4 |
| 第2図 本試験開始時の体長と体重との関係 | 5 |
| 第3図 試験装置模式図 | 6 |
| 第4図 水温経時変化 (a. 予備飼育, b. 水温馴致飼育, c. 本試験) | 7 |
| 第5図 本試験開始時・終了時の体重組成と試験期間中の増重量組成 | 11 |
| 第6図 本試験期間中の供試魚増重量の平均値とその標準偏差 | 12 |
| 第7図 水温と摂餌・成長に関する指標との関係 | 14 |
| 第8図 シロギスの酸素消費量に及ぼす水温の影響 | 15 |
| 第9図 シロギス幼魚 (体重20, 30, 40g) の水温と酸素消費量との関係 | 16 |

< 表 >

| | |
|----------------------------------|----|
| 第1表 本試験開始直前時における供試魚の体重に関する分散分析結果 | 5 |
| 第2表 試験期間中の水温測定結果 | 8 |
| 第3表 本試験期間中の水質測定結果 | 8 |
| 第4表 本試験開始時・終了時の供試魚体長・体重測定結果 | 10 |
| 第5表 本試験期間中の供試魚増重量に関する分散分析結果 | 10 |
| 第6表 シロギス本飼育試験結果 | 13 |
| 第7表 シロギスの酸素消費量測定結果 | 15 |
| 第8表 スズキ亜目に属する魚種の酸素消費量測定例 | 18 |

I. まえがき

シロギスは、北海道以南の日本各地の沿岸海域に広く分布しており(益田ら, 1980), 渔業及び遊漁の主要な対象種の一つとなっている。シロギスに関する研究として、産卵・卵発生については(上野・藤田, 1954; 平本, 1976; 熊井・中村, 1977; KUMAI and NAKAMURA, 1978; KASHIWAGI et al., 1984), 種苗生産については(古賀ら, 1978~1981; 升間・慶徳, 1981; 長浜・日高, 1982; 塚島ら, 1983), 卵・稚仔魚の形態的特徴と孵化時間については(水戸, 1963), 稚仔魚の分布と水温・塩分については(堀木, 1975), 年令と成長については(三尾, 1965), 生態と漁法については(角田, 1970; 川村・神之門, 1975; KAWAMURA et al., 1975)等をあげることができる。しかし、発育段階毎の適水温や飼育条件等に関する知見はきわめて乏しい。

筆者らは、飼育中の親魚の産卵によって得られたシロギス0年魚を用い、成長・摂餌・餌料転換効率・酸素消費量に及ぼす水温の影響について検討する機会を与えられたので、ここにその結果を報告する。

報告に先立ち、供試魚の飼育管理について全面的な御協力をいたしました当研究所の主任技術員瀬戸熊 卓見・技術員箕輪 康の両氏に多大の謝意を表する。また、供試魚の計測および図表の作成等に協力いたしました研究員伊藤 康男氏ならびに江沢 孝枝・為田 星世の両嬢にも感謝する。さらによろしく、この研究の機会を与えられた当研究所の古川 厚(前)所長、本稿を御校閲していただいた深滝 弘所長、貴重な御批判をいたしました須藤 静夫主任研究員に厚くお礼を申し上げる。

II. 供 試 材 料

1982年7月、千葉県御宿町地先で釣獲したシロギス親魚を飼育し、同年9月6日水槽内産卵によって得られた卵を孵化させ、その後約10カ月間養成してきた0年魚を供試材料とした。養成期間中、初期にはシオミズツボワムシ、アルテミアを、その後には配合餌料を中心とした餌料を与えた(第1図)。試験に当って、供試魚の雌雄判別は行わなかった。

本飼育試験開始時における供試魚の体長範囲は113~141mm、体重範囲は17.9~32.1gであり、体長(L : cm)と体重(W : g)との間には

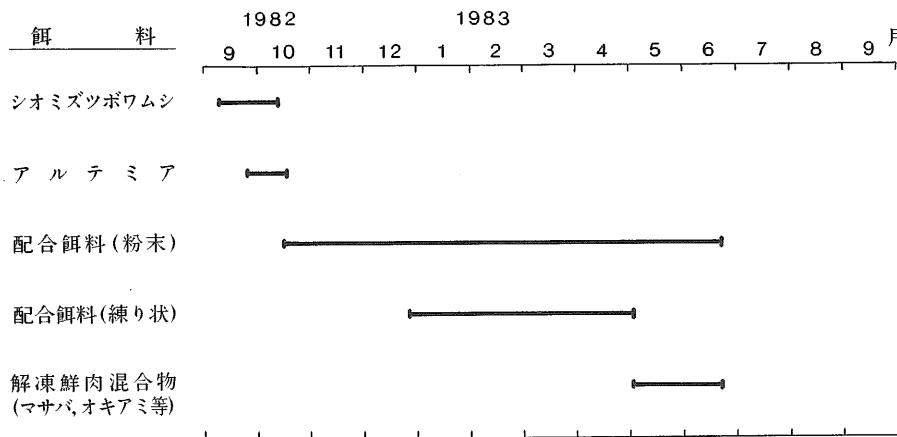
$$W = 6.44L^{3.237} \cdot 10^{-3} \quad (r=0.923)$$

という関係式が得られた(第2図)。この関係式は、瀬戸内海で漁獲されたシロギスについて得られた体長と体重との関係式(角田, 1970)

$$W = 9.69L^{3.079} \cdot 10^{-3}$$

とほぼ一致した(第2図)。のことから今回の供試魚は健全な状態を保っていたものと推定される。

試験開始時に各水槽に収容した供試魚の体重について分散分析を行ったところ、飼育水槽間には有意差は認められなかった(第1表)。したがって、供試魚のサイズに関する初期条件は比較的一様に保持されていたと判断することができた。

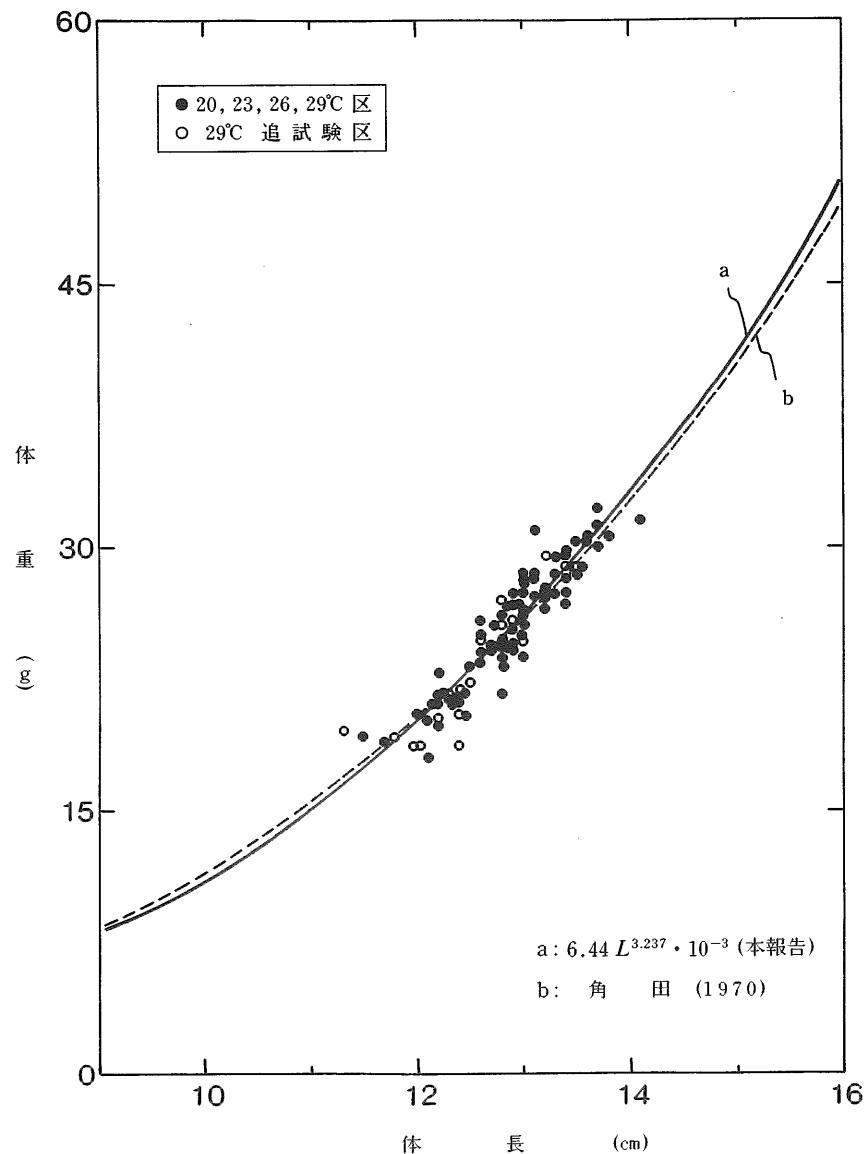


第1図 供試魚養成中の餌料別給餌期間

III. 試 験 方 法

1. 試験装置

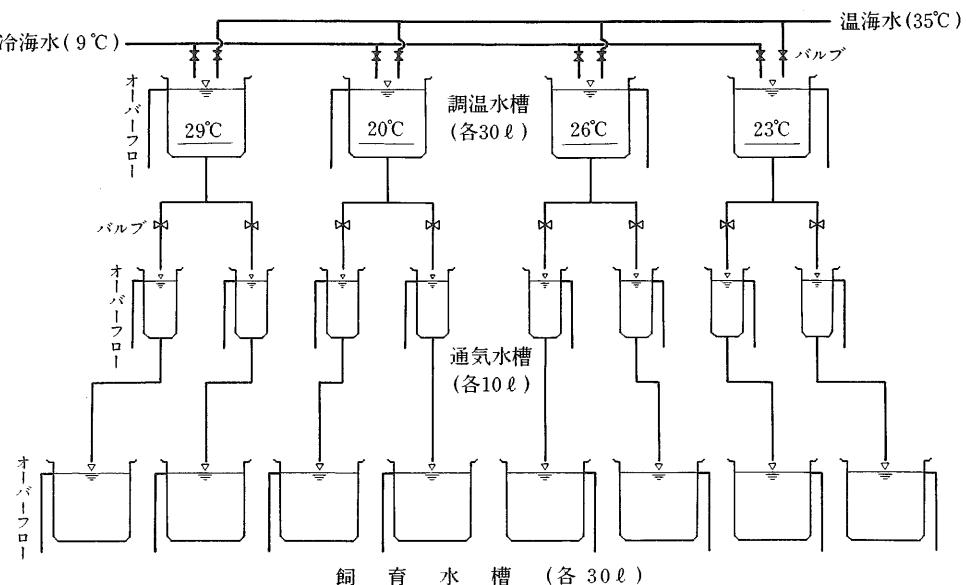
試験装置の概略を模式的に第3図に示した。この装置は、上・中・下段の各水槽群によって構成されている。上段は調温水槽群、中段は通気水槽群、下段は飼育水槽群であり、自然流下による流水方式を採用した。上段の調温水槽には30ℓ容パンライト円形水槽を用い、当研究所の海水調温設備から供給される温海水(約35℃)と冷海水(約9℃)の各流下量を適宜調節混合することによって、各設定水温を維持できるようにした。中段の通気水槽には10ℓ容角型水槽を用い、試験期間中エアーストーンによって連続通気を行った。下段の飼育水槽には30ℓ容パンライト円形水槽を用い、<鰓切り法>によって



第2図 本試験開始時の体長と体重との関係

第1表 本試験開始直前時における供試魚の体重に関する分散分析結果

| 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 |
|-------|-----------------------|---------|--------------------|--------|
| 水槽間誤差 | 129.6913 1175.0882 | 9 90 | 14.4101 13.0565 | 1.1036 |
| 総和 | 1304.7795 | 99 | | |



第3図 試験装置模式図

個体識別をした供試魚10尾づつを収容した。また、供試魚に対する光刺激を避けるため、各水槽の外面に黒色ビニール布を張りつけ、さらに、供試魚の飛び出しを防ぐため、水槽上面に透明プラスチック板の蓋をした。

2. 試験期間中の飼育条件

飼育水温として、20°C, 23°C, 26°C, 29°Cの4段階を設定し、各水温区には飼育水槽を2槽ずつ配置した(No. 1~8水槽)。試験開始に先立ち、あらかじめ飼育水槽に供試魚を馴らすため20°Cで3日間予備飼育を行い、その後各設定水温において更に6日間の馴致飼育を行った。29°C区については、20°Cで2日間、25°Cで1日間の予備飼育を行った後、その翌日から29°Cに移行させるという段階的昇温経過をたどるようにした。

なお、予備飼育終了直後の魚体計測時に、29°C区の2水槽において、それぞれ1尾と2尾の供試魚が麻酔から回復しなかったため、新たに29°C追試験区の2槽を追加設定し、他の水槽の場合とほぼ同様な経過で試験を実施した。

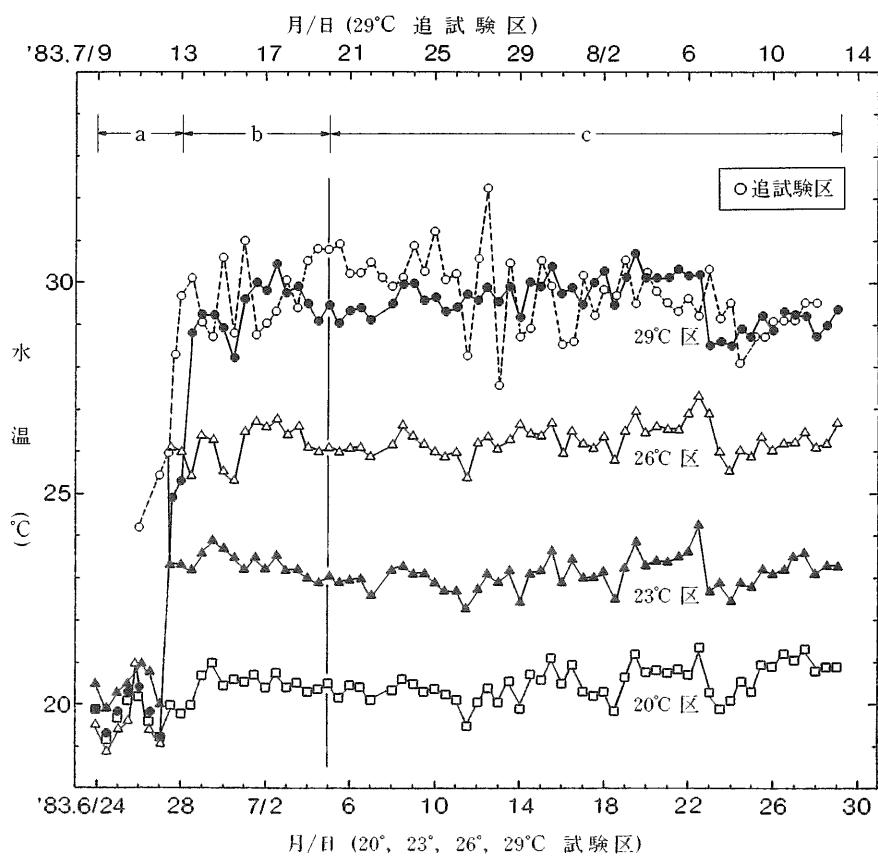
飼育海水には、当研究所の取水・濾過・調温の各システムを経由した調温海水を用いた。各飼育水槽内の海水容量は25ℓに保持し、流量は75ℓ/時(置換率3回/時)とした。

各水温区とも、水槽内に水温センサーを装着し、試験期間内の水温を連続記録した。また、原則として1日2回、水銀温度計による測温も行った。後者の結果に基づき、各

水温区内の平均水温の推移を第4図と第2表にそれぞれ示した。

試験期間中、隨時実施した塩分・溶存酸素量測定の結果を第3表に示した。塩分については誘導型塩分計を用い、また、溶存酸素量についてはウインクラー滴定法に基づいて、それぞれ測定を実施した。塩分は32.14~34.42%の範囲内にあり、溶存酸素量の範囲は3.15~4.78ml/l (飽和度68.4~89.0%) であった。

予備飼育、水温馴致飼育、本試験期間中を通じて、供試魚に対して市販の配合飼料(ノーサン印マダイ初期飼料2号)を与えた。用いた飼料の成分は、魚粉等64%，穀類1%，その他卵黄粉末等32%とされており、他に約3%の水分が含まれていた。この配合飼料に70%相当の水分を加えて練り合わせたものを粒状にし(乾重量=0.57×湿重量)，供試魚の摂餌状況を確認しながら、1日2回、午前10時と午後3時に、飽食量給餌方式によって、1時間以内の飽食量を与えた。ただし、供試魚の魚体測定前日および各日曜日には給餌しなかった。



第4図 水温経時変化 (a. 予備飼育, b. 水温馴致飼育, c. 本試験)

第2表 試験期間中の水温測定結果

| 期 間 | | 測定回数 | 水温区 | 水槽 No | 水温 (平均±標準偏差) |
|------------|---------------|------|----------|-------|-----------------|
| 予備飼育 | 1983. 6.24~27 | 56 | — | 1~8 | 19.9±0.58°C |
| 水温馴致 飼育 | 6.28~7.4 | 26 | 20°C区 | 3, 4 | 20.5±0.24°C |
| | 〃 | 〃 | 23°C区 | 7, 8 | 23.4±0.29°C |
| | 〃 | 〃 | 26°C区 | 5, 6 | 26.2±0.49°C |
| | 〃 | 〃 | 29°C区 | 1, 2 | 29.4±0.59°C |
| 同・追試験 | 7.12~19 | 30 | 29°C(追)区 | 9, 10 | 29.6±0.84°C |
| 本飼育 | 7.5~29 | 96 | 20°C区 | 3, 4 | 20.5±0.41°C |
| | 〃 | 〃 | 23°C区 | 7, 8 | 23.1±0.37°C |
| | 〃 | 〃 | 26°C区 | 5, 6 | 26.3±0.37°C |
| | 〃 | 〃 | 29°C区 | 1, 2 | 29.6±0.59°C |
| 同・追試験 | 7.20~8.12 | 94 | 29°C(追)区 | 9, 10 | 29.7±0.92°C |

第3表 本試験期間中の水質測定結果

| 試験水温区 | 測定回数 | 水温 (°C) | 塩分 (‰) | 溶存酸素量 (mℓ/ℓ) | 溶存酸素量 飽和度(%) |
|----------|------|------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 20°C区 | 8 | 19.5~21.2 | 32.14~34.39 | 4.29~4.78 | 80.8~89.0 |
| 23°C区 | 8 | 22.6~23.7 | 33.49~34.26 | 3.66~4.45 | 71.7~86.7 |
| 26°C区 | 8 | 25.4~27.3 | 32.14~34.40 | 3.56~4.14 | 73.9~85.1 |
| 29°C区 | 8 | 29.2~30.4 | 33.50~34.27 | 3.28~3.85 | 71.4~84.0 |
| 29°C(追)区 | 13 | 28.5~31.0 | 33.93~34.42 | 3.15~3.91 | 68.4~84.3 |

3. 魚体測定

予備飼育および本試験の各開始時と終了時には、MS222の0.005% 海水中に供試魚を収容し、麻醉状態下で各個体の体長、体重を測定した。測定にあたっては供試魚の体表を保護するために、海水を浸したガーゼに包んで作業を行った。なお、魚体測定時には、魚病予防のため水産用テラマイシン0.005% 溶液による薬浴処理も行った。

4. 酸素消費量の測定

本試験終了直後に止水条件下で、諸岡（1966）の方法に基づいて、各水温区毎に10分間隔で各水槽内の溶存酸素量を測定し、供試魚の酸素消費量を求めた。溶存酸素量の測定については、隔膜ボーラロ電極型溶存酸素計を用い、ワインクラー滴定法により補正

を行った。止水条件下で上面が開いた水槽中に供試魚を入れた場合、水槽中の溶存酸素量の変化は、次式で表される。

$$D_t = (D_a - \frac{K_f}{K}) \cdot e^{-Kt} + \frac{K_f}{K}$$

D_a ：測定開始時の酸素未飽和度、 D_t ：t 時間後の酸素未飽和度

K_f ：魚の酸素消費係数、 K ：曝気係数

そこで、等時間間隔で酸素未飽和度を測定し、先の関係式から係数 K 、 K_f を求ることによって、魚の酸素消費量が得られる。

なお、この時の魚の酸素消費量 ($\text{m}\ell/\text{kg} \cdot \text{hr}$) は次式で表される。

$$\text{魚の酸素消費量} = \frac{K_f \times \text{容器中の水量} (\ell) \times \text{溶存酸素の飽和量} (\text{m}\ell/\ell)}{\text{容器中の魚の重量} (\text{kg})}$$

IV. 試験結果

1. 水温と増重量

本試験開始時・終了時の魚体測定結果を第4表及び第5図に示した。試験終了時における供試魚の体長範囲は124~150mm、体重範囲は21.4~46.4gとなり、試験期間23~24日間の増重量範囲は、-2.6gの1尾を除くと、2.2~16.2g(平均7.8g:本試験開始時平均体重の31%)であった。各水槽毎の増重量の平均値とその標準偏差を第6図に示した。 29°C 区については追試験区の測定値を用いて、本試験期間中の増重量の分散分析を行ったところ、個体間及び同一水温区の水槽間の変動が大きいため、水温区間に有意差は認められなかった(第5表)。しかしながら、増重量平均値については 26°C 区を頂点とする単峰型の傾向が認められた。

2. 水温と成長に関する指標

水温と成長を表す指標との関係を検討するため、水槽毎の供試魚体重、摂餌量等から水槽群別の日間摂餌率、日間成長率、増肉係数、餌料転換効率、増重率の値を求め、それらを第6表、第7図に示した。

日間成長率、増重率は、いずれも 20°C 区から 26°C 区まで、水温の上昇とともに増大して 26°C 区で最高値を示し、 29°C 区ではやや減少する傾向が認められた。日間摂餌率は水温とともに上昇する傾向にあった。餌料転換効率は 26°C 区で最大値を示し、 20 、 23°C 両

区でこれに次ぎ、29°C区でやや低い傾向を示した。なお、追試験区を含む29°C区においては、日間摂餌率・餌料転換効率とも水槽間の差が特に大きかった。

第4表 本試験開始時・終了時の供試魚体長・体重測定結果

| 水温区 | 水槽No | 尾数 | | 平均体長 (mm) | | | 平均体重 (g) | | |
|-----------------|------|----------|------|-----------|-------|------|----------|----------|---------|
| | | '83.7/5 | 7/29 | 7/5 | 7/29 | 増加分 | 7/5 | 7/29 | 増加分 |
| 20°C区 | 3 | 10 | 10 | 130±5 | 136±5 | 6±2 | 26.1±3.4 | 32.7±4.5 | 6.6±2.0 |
| | 4 | 10 | 10 | 130±5 | 138±4 | 8±2 | 26.1±3.2 | 33.6±3.2 | 7.5±2.4 |
| 23°C区 | 7 | 10 | 10 | 129±4 | 139±4 | 9±2 | 26.3±3.5 | 35.2±4.9 | 9.0±2.1 |
| | 8 | 10 | 10 | 130±5 | 136±6 | 6±2 | 26.2±3.6 | 33.1±5.2 | 6.9±2.6 |
| 26°C区 | 5 | 10 | 10 | 129±5 | 138±7 | 9±4 | 25.5±3.9 | 33.8±6.8 | 8.4±3.7 |
| | 6 | 10 | 10 | 129±7 | 139±9 | 10±4 | 25.4±4.0 | 34.9±7.4 | 9.5±4.3 |
| 29°C区 | 1 | 9 | 9 | 129±6 | 138±6 | 8±5 | 25.0±3.8 | 32.8±6.2 | 7.8±4.6 |
| | 2 | 8 | 8 | 127±5 | 134±4 | 8±3 | 24.3±3.3 | 31.2±4.9 | 7.0±2.5 |
| | | '83.7/20 | 8/12 | 7/20 | 8/12 | 増加分 | 7/20 | 8/12 | 増加分 |
| 29°C区 (追試験区) | 9 | 10 | 10 | 126±5 | 133±6 | 7±4 | 23.5±3.9 | 31.0±4.4 | 7.5±2.4 |
| | 10 | 10 | 10 | 125±6 | 133±9 | 8±3 | 23.0±3.9 | 31.2±6.2 | 8.2±3.2 |

第5表 本試験期間中の供試魚増重量に関する分散分析結果

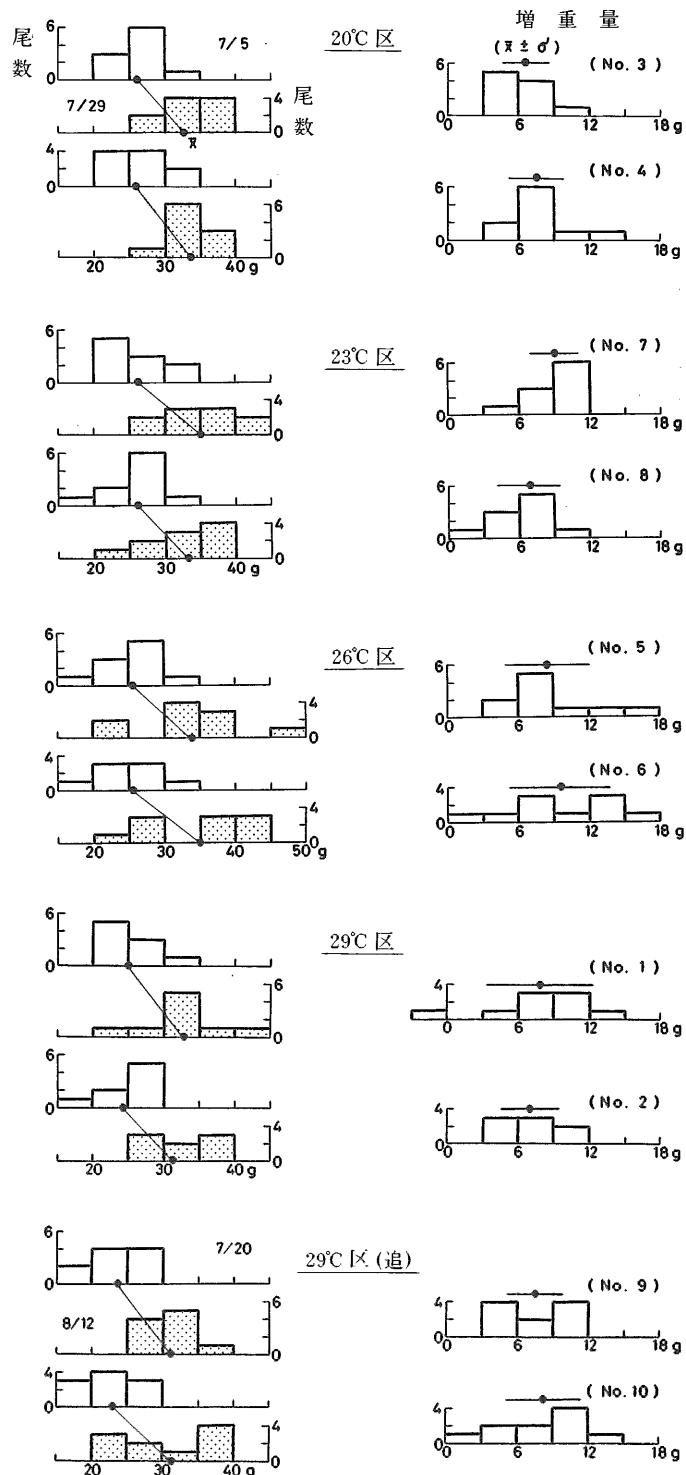
| 要因 | 平方和 | 自由度 | 分散 | 分散比 |
|------|----------|-----|---------|-------|
| 水温区間 | 35.6950 | 3 | 11.8983 | 1.412 |
| 水槽間 | 71.9914 | 7 | 10.2844 | 1.220 |
| 残差 | 581.4314 | 69 | 8.4265 | |
| 総和 | 689.1178 | 79 | | |

3. 水温と酸素消費量

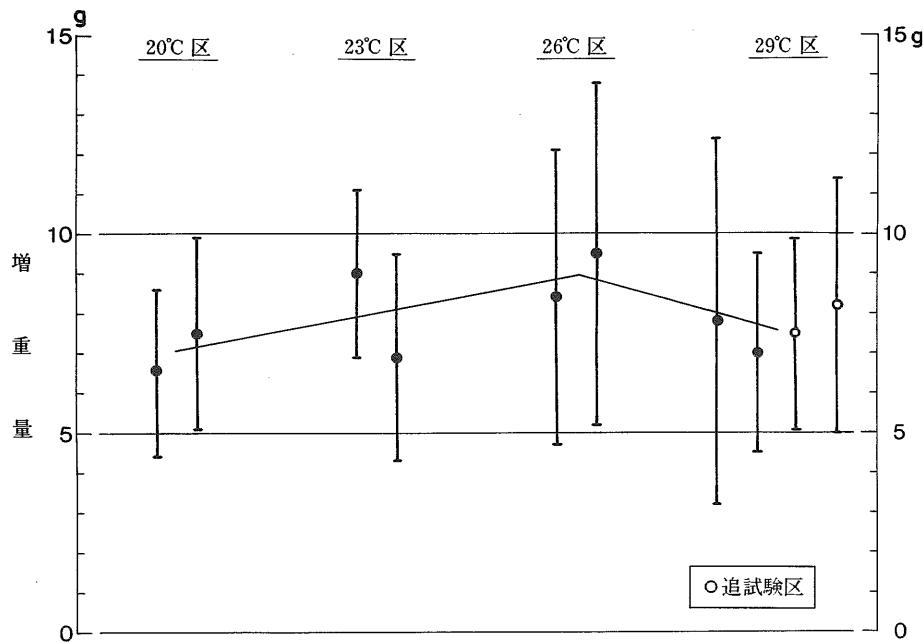
酸素消費量測定のため止水条件下で、10分間隔で数回、各水槽の溶存酸素量を測定した。止水条件としたため、測定期間に各水温区では、0.1~2.2°Cの温度上昇、または0.1~0.2°Cの温度降下が生じた。得られた酸素消費量の測定結果を第7表に示した。

一般に魚の酸素消費量 (R : mℓ/hr) は、他の諸条件が一定の場合、体重 (W : kg) との関係式

$$R = \alpha \cdot W^{\gamma}$$



第5図 本試験開始時・終了時の体重組成と試験期間中の増重量組成



第6図 本試験期間中の供試魚増重量の平均値とその標準偏差

で表されるとされている (ZEUTHEN, 1953; 井上, 1969)。ここで、 α は代謝準位を、 γ は体重に係わる定数を表す。代謝準位 α は、

$$\alpha = \beta (\theta - \theta_t)^\delta$$

で表され、 θ は温度 ($^{\circ}\text{C}$)、 β 、 δ は定数である。

体重に関する係数 γ は、板沢 (1977)、落合 (1977) によれば、一般に $2/3 (= 0.67)$ あるいは 0.73 が多いとされているので、ここでは 0.7 と仮定した。この仮定のもとに、測定中水温の中点値 ($\bar{\theta}$)、平均酸素消費量 (\bar{R})、平均体重 (\bar{W}) より上記の 2 式に基づき、次の関係式が得られた (第8図)。

$$\bar{R} = 82 (\bar{\theta} - 20)^{0.41} \cdot \bar{W}^{0.7}$$

さらに、体重が $20, 30, 40\text{g}$ の場合の酸素消費量推定値と水温との関係を、前述の式に基づいて求め、その結果を第9図に示した。

なお、測定期間に、溶存酸素量の減少に伴い、供試魚の鰓蓋活動回数が増大し、 23°C 区の No. 8 水槽では、約 50 分後に供試魚 2 尾が平衡を喪失したので、この時点で 23°C の両水槽に通水を開始した。通水後、1 尾は正常に回復したが、1 尾はそのまま死亡した。この時の溶存酸素量は $1.83\text{m}\ell/\ell$ (飽和度 36.3%) であった。同様に、 26°C 区の No. 5 水槽でも、約 50 分後に溶存酸素量が $1.43\text{m}\ell/\ell$ (飽和度 30.0%) に低下した時点で 1 尾

第6表 シロギス本飼育試験結果

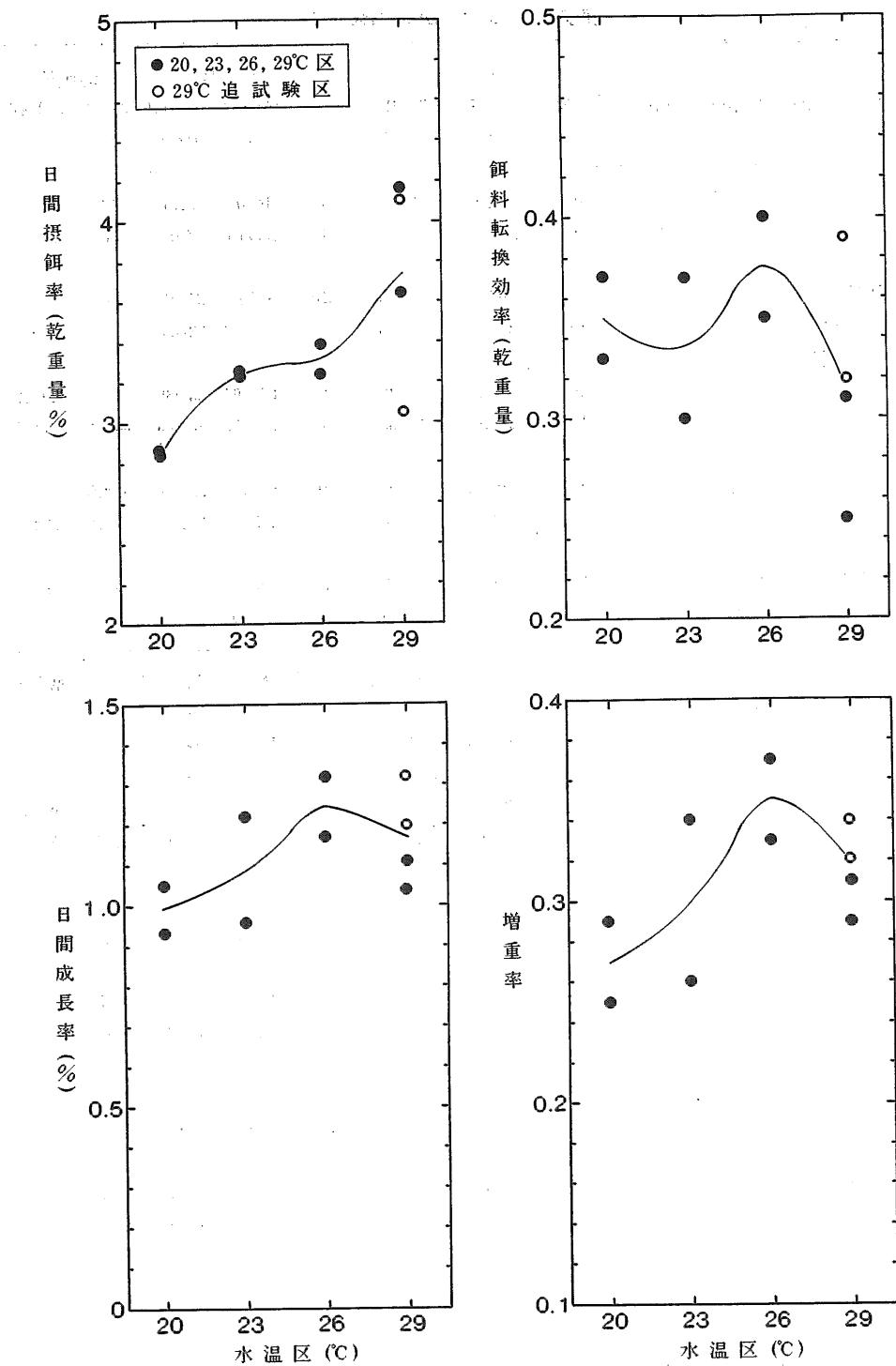
| 期 間 | 水温区 | 水槽No | 開始時 | | | 終了時 | | | 摂餌量 | |
|-------------------------|----------------|------|--------|------------|-------------|-------|------------|-------------|------------|------------|
| | | | 尾数 | 総重量 (g) | 平均体重 (g) | 尾数 | 総重量 (g) | 平均体重 (g) | 湿重量 (g) | 乾重量 (g) |
| | (20°C区) | 3 | 10 | 261.06 | 26.11 | 10 | 326.67 | 32.67 | 352.1 | 200.7 |
| | | 4 | 10 | 260.89 | 26.09 | 10 | 336.18 | 33.62 | 360.0 | 205.7 |
| 1983年 7月5日～ 7月29日 | (23°C区) | 7 | 10 | 262.58 | 26.26 | 10 | 352.27 | 35.23 | 420.4 | 239.6 |
| | | 8 | 10 | 262.34 | 26.23 | 10 | 330.84 | 33.08 | 402.9 | 229.7 |
| | (26°C区) | 5 | 10 | 254.45 | 25.45 | 10 | 337.97 | 33.80 | 422.6 | 240.9 |
| | | 6 | 10 | 253.48 | 25.35 | 10 | 348.53 | 34.85 | 410.9 | 234.2 |
| 7月20日～ 8月12日 | (29°C区) | 1 | 9 | 225.02 | 25.00 | 9 | 294.88 | 32.76 | 399.5 | 227.7 |
| | | 2 | 8 | 194.06 | 24.26 | 8 | 249.87 | 31.23 | 390.0 | 222.3 |
| | (29°C追 試験区) | 9 | 10 | 234.71 | 23.47 | 10 | 309.81 | 30.98 | 335.9 | 191.5 |
| | | 10 | 10 | 229.87 | 22.99 | 10 | 312.06 | 31.21 | 449.2 | 256.0 |
| 期 間 | 水温区 | 水槽No | 日間摂餌率 | | | 日間成長率 | | | 増肉係数 | |
| | | | 湿重量(%) | 乾重量(%) | % | 湿重量 | 乾重量 | 湿重量 | 乾重量 | — |
| | (20°C区) | 3 | 4.99 | 2.84 | 0.93 | 5.37 | 3.06 | 0.19 | 0.33 | 0.25 |
| | | 4 | 5.02 | 2.86 | 1.05 | 4.78 | 2.72 | 0.21 | 0.37 | 0.29 |
| 1983年 7月5日～ 7月29日 | (23°C区) | 7 | 5.70 | 3.25 | 1.22 | 4.69 | 2.67 | 0.21 | 0.37 | 0.34 |
| | | 8 | 5.66 | 3.23 | 0.96 | 5.88 | 3.35 | 0.17 | 0.30 | 0.26 |
| | (26°C区) | 5 | 5.94 | 3.39 | 1.17 | 5.06 | 2.88 | 0.20 | 0.35 | 0.33 |
| | | 6 | 5.69 | 3.24 | 1.32 | 4.33 | 2.47 | 0.23 | 0.40 | 0.37 |
| 7月20日～ 8月12日 | (29°C区) | 1 | 6.40 | 3.65 | 1.11 | 5.72 | 3.26 | 0.17 | 0.31 | 0.31 |
| | | 2 | 7.32 | 4.17 | 1.04 | 6.99 | 3.98 | 0.14 | 0.25 | 0.29 |
| | (29°C追 試験区) | 9 | 5.36 | 3.06 | 1.20 | 4.47 | 2.55 | 0.22 | 0.39 | 0.32 |
| | | 10 | 7.21 | 4.11 | 1.32 | 5.46 | 3.11 | 0.18 | 0.32 | 0.36 |

備考：日間摂餌率 (f) = $F / \{ \frac{(W_0 + W_t)}{2} \cdot \frac{(N_0 + N_t)}{2} \cdot t \} \text{ (%)}$ 、日間成長率 (I) = $(W_t - W_0) / \{ \frac{(W_0 + W_t)}{2} \cdot t \} \text{ (%)}$

$$\begin{aligned} \text{増肉係数 } (R) &= F / \{ (W_t - W_0) \cdot (N_t + N_0) / 2 \}, \text{ 転換効率 } (E) = I/f = 1/R \\ &= \{ (W_t - W_0) \cdot (N_t + N_0) / 2 \} / F \end{aligned}$$

$$\text{増重率} = (W_t / W_0) - 1$$

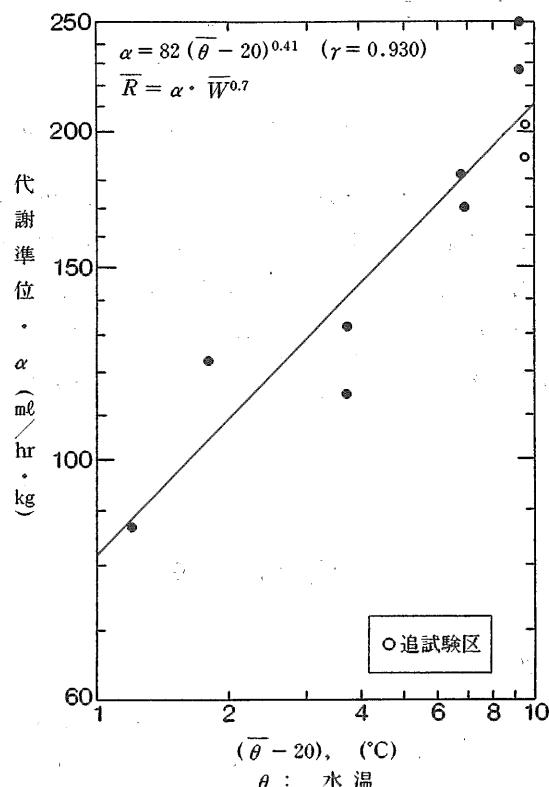
F : 摂餌量, W_0 : 開始時平均体重, W_t : 終了時平均体重, N_0 : 開始時尾数, N_t : 終了時尾数, t : 飼育日数



第7図 水温と摂餌・成長に関する指標との関係

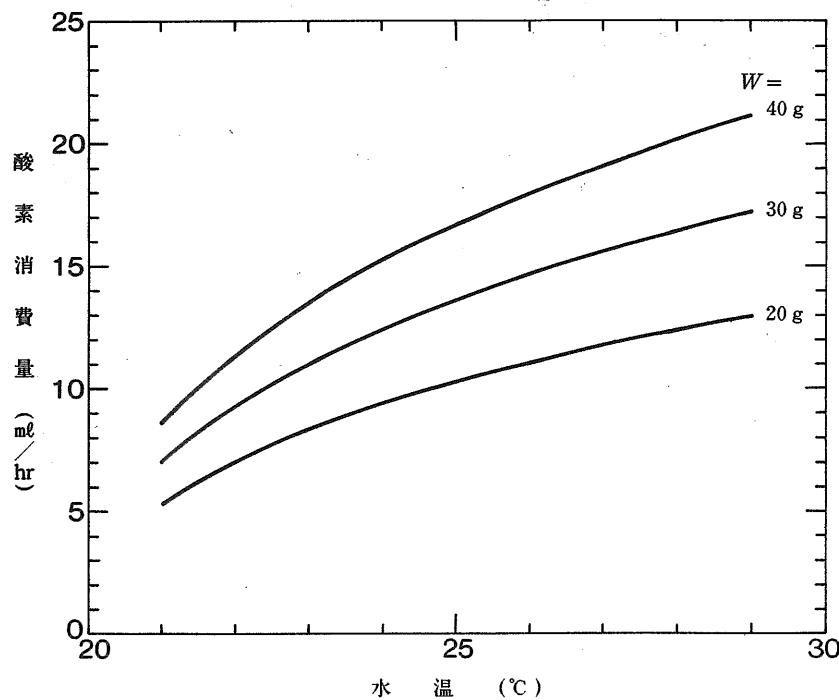
第7表 シロギスの酸素消費量測定結果

| 測定月日 | 水温区 | 水槽 | 尾数 | 総重量 (g) | 水量 (ℓ) | 水温 (°C) | 塩分 (‰) | 飽和酸素量 (mℓ/ℓ) | K_f/K | K | K_f | 酸素消費量 (mℓ/kg·hr) | |
|-------|---------|------------|----|------------|-----------|------------|-----------|-----------------|---------|-------|-------|---------------------|-----|
| 7月29日 | (20°C区) | 3 | 10 | 326.67 | 25 | 21.2~22.4 | 34.23 | 5.27 | 0.963 | 0.886 | 0.853 | 344 | |
| | | 4 | 10 | 336.18 | 25 | 20.1~22.3 | 34.23 | 5.37 | 1.490 | 0.404 | 0.602 | 240 | |
| | (23°C区) | 7 | 10 | 352.27 | 25 | 23.5~23.9 | 34.23 | 5.08 | 1.064 | 0.817 | 0.869 | 313 | |
| | | 8 | 10 | 330.84 | 25 | 23.5~23.9 | 34.23 | 5.08 | 1.021 | 0.936 | 0.955 | 367 | |
| | (26°C区) | 5 | 10 | 337.97 | 25 | 26.8~27.1 | 34.23 | 4.80 | 0.871 | 1.521 | 1.324 | 470 | |
| | | 6 | 10 | 348.53 | 25 | 26.7~26.8 | 34.23 | 4.81 | 0.852 | 1.694 | 1.443 | 498 | |
| | (29°C区) | 1 | 9 | 294.88 | 25 | 29.3~29.2 | 34.23 | 4.59 | 0.847 | 1.924 | 1.629 | 634 | |
| | | 2 | 8 | 249.87 | 25 | 29.3~29.2 | 34.23 | 4.59 | 0.743 | 1.436 | 1.067 | 490 | |
| | 8月12日 | (29°C追試験区) | 9 | 10 | 309.81 | 25 | 29.6~29.4 | 34.20 | 4.56 | 0.955 | 1.523 | 1.454 | 535 |
| | | 10 | 10 | 312.06 | 25 | 29.5~29.4 | 34.20 | 4.57 | 0.907 | 1.727 | 1.566 | 573 | |



第8図 シロギスの酸素消費量に及ぼす水温の影響

 $(\bar{R}$: 平均酸素消費量, mℓ/hr; \bar{W} : 平均体重, kg)



第9図 シロギス幼魚（体重20, 30, 40g）の水温と酸素消費量との関係

が平衡を喪失したが、通水すると回復した。また、29°C追試験区（No. 10水槽）においては、約40分後に溶存酸素量が 1.36 ml/l （飽和度29.7%）に低下すると、1尾が平衡を喪失し、通水後回復した。これらの事実から、本試験に用いた発育段階のシロギスが、水温23~29°Cの範囲内において耐忍し得る溶存酸素量の下限は、ほぼ $1.4\sim1.8\text{ ml/l}$ （飽和度30%前後）程度であり、これ以下になると、急速に平衡を喪失し、死亡に至ることが示唆された。

V. 考察

1. 成長最適水温範囲

今回の試験よって得られたシロギス0年魚の水槽群別日間成長率・増重率は、いずれも26°C区で最高値を示し、29°C区でこれに次ぐという傾向を示していた（第7図）。このことから、シロギス0年魚の成長最適水温は26°C付近にあるものとの推察された。

熊井・中村（1977）は、釣獲した親魚が自然産卵を行った水温範囲は21.0~30.5°Cで

あり、産卵最適水温は26.0~29.0°Cであろうと推定している。また、古賀ら(1979, 1980, 1981)、長浜・日高(1982)によれば、シロギスの自然産卵は、水温上昇期において水温が20°C(年によっては22°C)を越えると開始され、水温最高期(26~29°C)に最盛となり、水温下降期においては26°C以下になると産卵量が減少し始め、24~25°C以下で急減するとされている。これらの知見は、シロギス親魚の産卵適温範囲が26~29°Cであることを示している。したがって、今回の試験結果に関する限り、シロギス幼魚の成長最適温は親魚の産卵適温範囲の下限付近に相当することになる。

2. 水温と成長に関する指標

シロギスの水槽群別日間摂餌率は、設定水温範囲内で水温の上昇とともにほぼ直線的に増大する傾向を示した。平本(1976)によれば、産卵実験用の親魚として、地曳網によって採捕したシロギスに、マアジ、カタクチイワシ、エビ類、アサリ等の細片肉を飽食させて飼育を行った場合、日間摂餌率が水温9.0~10.9°C(2月下旬)で1.53%、水温13.0~13.9°C(4月下旬)で4.58%、水温27.5~28.0°C(8月下旬)で6.50%であり、この間に、供試魚の平均体重は約30gから約70gに増加した。今回の試験とは供試魚の発育段階が異なってはいるが、水温が高くなるほど日間摂餌率が高くなるという点では全く共通した傾向を示している。

これらの傾向は、石渡(1984)が指摘しているように、魚が生理的変調を来たさないで摂餌できる水温範囲内では、水温が上昇すると飽食率が増大し、しかも消化速度が速くなるため、ある水温までは日間摂餌率も増大することを示しているものと考えられる。

石渡は、マアジの飽食率(f : %)と水温(x : °C)との関係は、水温12~26°Cの範囲で、

$$f = 0.5300x - 1.7347$$

の直線式で表し得ることを示している。今回得られた第7図の日間摂餌率(F : 乾重量%)と水温(平均値; T : °C)との関係についても、

$$F = 0.091T + 1.017 \quad (r = 0.747)$$

の回帰直線式が得られた。マアジとシロギスの両試験で水温範囲が重なり合っている水温20°Cと26°Cにおける、 f と F のそれぞれの比を求めてみると、 $f_{26°C}/f_{20°C} = 12.0453/8.8653 = 1.36$ 、 $F_{26°C}/F_{20°C} = 3.40/2.85 = 1.19$ と、ほぼ同程度の上昇率が得られた。

酸素消費量についても水温の上昇とともに増大する傾向が認められた。一方、前述の成長に関する両指標では26°C区で最大となり、29°C区では再び減少傾向に転じていた。これらの事実は、成長最適水温以上になると、餌料としてとりこんだ有効エネルギーの

内、代謝エネルギーの占める割合が増大することに起因する現象を示唆するものと考えられる。

なお、魚の摂餌と飽食量との関係については、石渡(1968a~e, 1969a, b, 1979)が指摘しているように、飼育日数、魚の生理状態(空腹)、魚体の大小、魚群の大きさ、餌の種類、投餌回数等によって飽食量が左右されるため、同一尺度で比較を行うことが困難である。より厳密な比較を行うためには、適切な同一条件下で同時に異った魚種の飼育試験を行う必要があろう。

3. 水温と酸素消費量

キス科の属するスズキ亜目魚類の酸素消費量に関する既往の知見を第8表に示した。シロギスについては体重132g、水温21.5°Cで339mℓ/kg·hrの僅か1例のみが記載されているにすぎない(第8表)。今回の試験で得られた、平均体重30g前後のシロギスの酸素消費量は、水温によって240~634mℓ/kg·hrと変化した(第7表)。第8表中のシロギスの値は、今回の試験で得られた20°C区における測定2例中の1例と極めて近似していた。

一般的に、魚の酸素消費量については、魚自体の側の条件(種、性、成長段階、体重、活性度、摂餌他)および環境の条件(温度、酸素量、炭酸ガス量、塩分他)などの様々な要因によって異なることが知られている(板沢、1977)。前述のとおり、他の諸条件が一定であり、キス幼魚についても体重に関する定数項が他の魚とほぼ同様($\gamma=0.7$)であると仮定して、酸素消費量と水温、体重との関係式を求めた。その結果得られた水温に係わる代謝準位 α の値は、水温21.2~29.5°Cの範囲で87~250であった(第8図)。これは、同水温範囲の基礎代謝時から平静状態時にかけてのハマチの酸素消費量測定時の代謝準位(井上、1969)とほぼ等しい値であった。

第8表 スズキ亜目に属する魚種の酸素消費量測定例

| 種 | | 体 重 (g) | 水 温 (°C) | 酸素消費量 (mℓ/kg·hr) | 測定法 ¹⁾ | 文 献 ²⁾ |
|------|-----------------------------|------------|-------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| マアジ | <i>Trachurus japonicus</i> | 137 | 21.5 | 444 | C | I |
| ヒラマサ | <i>Seriola aureovittata</i> | 1050 | 28.2~28.4 | 560 | O | M |
| | | 4000 | 18.3 | 197 | 〃 | I |
| ブリ | <i>S. quinqueradiata</i> | 1 | 22~25 | 800 | C | I |
| | | 20 | 〃 | 600~700 | 〃 | 〃 |
| | | 43 | 22.5 | 315 | F | 〃 |
| | | 60 | 22~25 | 400 | C | 〃 |
| | | 162 | 24.7~24.9 | 483 | 〃 | 〃 |
| | | 735 | 15.4~15.7 | 236 | F | 〃 |
| | | 1855 | 21.7 | 186 | C | 〃 |
| | | 7000 | 18.3 | 180 | O | 〃 |

| | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|--|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
| カンパチ | <i>S. purpurascens</i> | 1200 2700 | 28.7 28.2~28.4 | 322 422 | O 〃 | M 〃 |
| イシダイ | <i>Oplegnathus fasciatus</i> | 17 942 3700 | 26.0 20.8 27.2~27.8 | 258 156 227 | F C O | I 〃 M |
| スズキ | <i>Lateolabrax japonicus</i> | 77 174 415 | 14.0 11.6 〃 | 138 100 60 | C 〃 〃 | I 〃 〃 |
| キジハタ | <i>Epinephelus akaara</i> | 445 475 | 21.3 28.3~28.7 | 60 150 | C O | I M |
| マハタ | <i>E. septemfasciatus</i> | 197 | 21.3 | 155 | C | I |
| キス ³⁾ | <i>Sillago sihama</i> ³⁾ | 132 | 21.5 | 339 | C | I |
| クロダイ | <i>Mylio macrocephalus</i> | 227 308 327 | 21.7 21.6 10.0 | 197 169 56 | C 〃 〃 | I 〃 〃 |
| マダイ | <i>Chrysophrys major</i> | 101 118 124 210 257 720 1250 | 18.8 22.5 〃 21.7 9.5 15.0 28.5 | 92 233 183 143 45 123 210 | C F 〃 C 〃 O 〃 | I 〃 〃 〃 〃 〃 M |
| エフキダイ | <i>Lethrinus haematopterus</i> | 225 2050 | 21.3 28.3 | 78 346 | C O | I M |
| イサキ | <i>Parapristipoma trilineatum</i> | 89 | 20.8 | 104 | C | I |
| コロダイ | <i>Plectorhynchus pictus</i> | 450 | 27.8 | 428 | O | M |
| タカノハダイ | <i>Goniistius zonatus</i> | 348 | 11.6 | 25 | C | I |

¹⁾ C: 密閉止水式, F: 流水式, O: 開放止水式。²⁾ I: 板沢 (1977), M: 諸岡 (1966)。³⁾ この表を含む既往の報告には、キス *Sillago sihama* (FORSSKÅL) という記載がしばしば見られるが、これはシロギス *Sillago japonica* (TEMMINCK et SCHLEGEL) のシノニムとされた (SANO・MOCHIZUKI, 1984)。

引用文献

- 平本義春 (1976). キスの種苗生産に関する研究—I. 室内水槽における自然産卵について. 水産増殖, 24(1): 14-20.
- 堀木信男 (1975). 紀伊水道及び紀南沿岸海域に出現する魚卵・稚仔魚の研究—IV. 稚仔魚の出現と水温 及び塩素量との関係. 和歌山水試事報, 昭和49年度: 219-243.
- 井上裕雄 (1969). 酸素消費量, 大島泰雄・稻葉伝三郎監修, 養魚講座, 第4巻, ハマチ・カンパチ, 緑書房: 119-121.

- 石渡直典 (1968a). 魚の摂餌に関する生態学的研究-II. 魚群の慣れと飽食量との関係. 日水誌, 34(6) : 498-502.
- 石渡直典 (1968b). 同上-I. 空腹状態と飽食量との関係. 日水誌, 34(7) : 604-607.
- 石渡直典 (1968c). 同上-IV. 飽食曲線. 日水誌, 34(8) : 691-694.
- 石渡直典 (1968d). 同上-V. 魚の大小と飽食量との関係. 日水誌, 34(9) : 781-784.
- 石渡直典 (1968e). 同上-VI. 饱食量に影響する外的条件(1). 日水誌, 34(9) : 785-791.
- 石渡直典 (1969a). 同上-VII. 投餌回数と飽食量との関係. 日水誌, 35(10) : 979-984.
- 石渡直典 (1969b). 同上-VIII. 投餌回数と成長との関係. 日水誌, 35(10) : 985-990.
- 石渡直典 (1979). 同上-XI. 饱食量に影響する外的条件(2). 日水誌, 45(10) : 1275-1276.
- 石渡直典 (1984). 魚の飽食量に及ぼす水温の影響. 日水誌, 50(2) : 355.
- 板沢靖男 (1977). 呼吸, 川本信之編, 魚類生理, 恒星社厚生閣 : 46-91.
- 角田俊平 (1970). 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究. 広大水畜紀, 9 : 1-55.
- KASHIWAGI, M., N.YAMADA, Y.OKADA and F.NAKAMURA (1984). A periodic variation of spawning time of Japanese whiting *Sillago japonica* during the spawning season. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50(12) : 2135.
- 川村軍蔵・神之門秀人 (1975). キス刺網網目選択性曲線. 日水誌, 41(7) : 711-715.
- KAWAMURA, G., A.SHINOMIYA and H.KAMINOKADO (1975). On the burrowing behaviour of *Sillago sihama* (FORSSKÅL) observed directly. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 41(7) : 797.
- 古賀文洋・渡辺一民・大隅 迪 (1978). キス種苗生産技術開発基礎研究. 昭和51年度福岡水試研究業務報告, 140-145.
- 古賀文洋・渡辺一民・大隅 迪 (1979). 同上. 昭和52年度同上報告, 91-98.
- 古賀文洋・渡辺一民 (1980). 同上. 養成親魚の産卵と配合飼料による仔魚飼育の検討. 昭和53年度同上報告, 159-168.
- 古賀文洋・長浜真一 (1981). 同上. 養成親魚の産卵と配合飼料による仔魚飼育の検討(2). 昭和54年度同上報告, 91-98.
- 熊井英水・中村元二 (1977). キスの自然産卵について. 近大農紀, 10 : 39-43.
- KUMAI, H. and M.NAKAMURA (1978). Spawning of the silver whiting *Sillago sihama* (FORSSKÅL) cultivated in the laboratory. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 44(9) : 1055.
- 益田 一・荒賀忠一・吉野哲夫 (1980). 魚類図鑑—南日本の沿岸魚—. 改訂版. 東海大学出版会, 382pp.
- 升間主計・慶徳尚寿 (1981). シロギスの種苗生産について. 栽培技研, 10(2) : 121-126.
- 三尾真一 (1965). キスの年令と成長. 日水研報告, 14 : 1-18.
- 水戸 敏 (1963). 日本近海に出現する浮遊性魚卵-III. スズキ亜目. 魚稚, 11(1,2) : 39-82.
- 諸岡 等 (1966). 魚類の酸素消費量測定について. 水産土木, 2(2) : 13-18.
- 長浜真一・日高 健 (1982). キス種苗生産技術開発基礎研究. 配合飼料による仔魚飼育と海上網生簀による仔魚飼育の検討. 昭和55年度福岡水試研究業務報告, 39-46.
- 日本魚類学会 (1981). 日本産魚名大辞典. 三省堂, 834pp.
- 落合 明 (1977). 成長, 川本信之編, 魚類生理, 恒星社厚生閣 : 216-244.
- SANO, M. and K.MOCHIZUKI (1984). A revision of the Japanese sillaginid fishes. *Japan. J. Ichtyol.*, 31(2) : 136-149.
- 塙島康生・吉田範秋・北島 力・松村靖治・C.L.BESCH III (1983). 小型シオミズツボワムシを用いたシロギスの種苗生産. 水産増殖, 30(4) : 202-210.
- 上野雅正・藤田矢郎 (1954). キス *Sillago sihama* (FORSSKÅL) の卵発生. 魚稚, 3(3,4,5) : 118-120.
- ZEUTHEN, E. (1953). Oxygen uptake as related to body size in organisms. *Q. Rev. Biol.*, 28 : 1-12.