

## 系統の異なるシオミズツボワムシの形態および増殖適温

伊藤 史郎\*・坂本 久\*\*

堀 正和・平山 和次

Morphological Characteristics and Suitable Temperature for the Growth of Several Strains of the Rotifer, *Brachionus plicatilis*Shiro ITO, Hisashi SAKAMOTO, Masakazu HORI  
and Kazutsugu HIRAYAMA

Ten strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis* collected from various places were morphologically studied by measuring 3 parts of lorica: Lorica length, maximal lorica width and minimal lorica width, at the growth stage of biological minimum. Suitable temperature for the growth of each strains was judged by the values of two indices: Net reproduction rate ( $R_0$ ) and intrinsic rate of population increase ( $r$ ) obtained at various temperatures. Many first-laid eggs were cultured separately in many test tubes each containing two or three individuals and were observed to obtain the survival rate and fecundity at a regular intervals (1~3 times/day), while food suspension (marine type of *Chlorella* sp.;  $277 \times 10^4$  cells/ml) was renewed at every time of observation. From the data of survival rate and fecundity thus obtained, the values of two indices were calculated by Birch's computational method.

Results obtained are as follows.

The strains used in this studies can be divided into two groups, so-called L- and S-types, according to Ōgami. Even in the strains belonging to the same group, however, the size and shape of occiput spines differ slightly with different strains. There are some strains to be considered as the intermediate form between two types.

On the basis of the values of  $R_0$  and  $r$ , the suitable temperature for the growth of the strains belonging to S-type is estimated as around 30°C, and the upper limit of temperature for the growth may be over 35°C. For the strains of L-type, relatively low temperature is suitable compared with S-type, and they can grow even at 16°C. These facts support Ōgami's results that the strains of S-type is adaptable to higher temperature than those of L-type. But, even in the strains belonging to the same type, the suitable temperature for the growth is somewhat different.

シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下ワムシと略) は大きさや形態が稚仔魚の餌料として適当であるうえ、短期間に大量生産が可能なることから、マ

ダイを初め多くの有用魚類の種苗生産用初期餌料として不可欠なものである。一方、稚仔魚の摂取しうる餌料生物の大きさの範囲は、その口径によって定まるの

\* 現所属: 佐賀県東松浦郡鎮西町名護屋, 佐賀県栽培漁業センター

\*\*現所属: 高松市尾島東町字間家75-5, 香川県水産試験場

で(代田, 1970), ワムシの大きさの変異は, その増殖生理とともに, 種苗生産上の大きな検討課題であると云いする。

現在, ワムシの大量培養は主として屋外の大型培養槽で実施されており, 季節によって, 単一系統群のワムシでも, その体長組成に変化が生じ, 高水温時には体長は小さく, 逆に低水温時には大きくなる傾向があることが報告されている(福所・岩本, 1978)。

ワムシの形態変異については Rylov (1935) によって2変種にわけて記載されており, それぞれ被甲の形態から長型 (Verlängerte Form), 広型 (Breite Form) と名付けられている。一方, 日本各地で培養されているワムシについても大きさにかなりの変異があり, 大型のものを生ずる系統と小型のものを生ずる系統が存在することが報告されている(日野・平野, 1973)。さらに, 大上 (1976) は静岡県水産試験場伊豆分場のワムシについて, 被甲の大きさ, 形態が明らかに異なる2つのタイプの存在を認め, 大型のものをL型, 小型のものをS型と仮称して区別している。さらに, 大上 (1977) によると, 25°C以上の高水温ではS型がL型を上まわる日間増殖率を示し, 逆に低水温域ではL型の日間増殖率がS型のそれよりも高くなり, これらの2つのタイプは増殖に好適な温度にも著しい違いがあるとしている。

以上のことから, L型ワムシとS型ワムシとは明らかに異なった生理特性をもっていると考えられる。しかし, 同型のワムシでも生息域によって環境条件にも違いがあることから, 系統によって形態や生理特性に違いがあると考えられる。そこで本研究ではこの点に着目し各地より入手した多くの系統について, 被甲の形態の比較を行ない, さらにこれらのうちの数系統について増殖と温度との関係を求め, 各系統の増殖適温について検討したのでここに報告する。

## 材料及び方法

実験に用いたワムシは各地より入手後, 1個体から単為生殖を重ねて増殖させ, 単一系統の群としたもので, 予備培養は煮沸済海水中で海産 *Chlorella* sp. (以下, クロレラと略) を投与し23°Cで行なった。投餌したクロレラは一部組成を改変した Erd-schreiber 型培養液を用いて通気培養した。

それぞれのワムシの入手日, 入手経路は次に示す通りである。各系統は産地に基く略号で示した。

〔長崎〕: 1969年長崎県水産試験場より分譲, 以後実験室にて累代飼育を続けてきたもの。

〔浜名〕: 1978年4月静岡県浜名湖で採取されたワ

ムシが形成した耐久卵を, 日野明德氏(東京大学農学部)より分譲され研究室にて孵化させたもの。

〔玉野〕: 1978年4月瀬戸内海栽培漁業協会玉野事業所にて大量培養中のワムシの中から安田公昭氏(宮崎大学農学部)により採取され, 分譲。

〔大矢野〕: 1978年4月熊本県水産試験場大矢野支場より分譲。

〔伊豆L, 伊豆S〕: 1978年10月静岡県水産試験場伊豆分場にて大量培養中のワムシの中から大上皓久氏(静岡県水産試験場)によって採取され, 分譲。大上 (1976) によってそれぞれL型, S型と仮称されたもの。

〔Salton〕: 米国, California, Salton Sea より採取され, 1978年11月, W. T. Yang氏(The University of Texas Medical Branch)より分譲。

〔McKay〕: 1980年4月米国, Florida, McKay Bay より採取され, T. W. Snell氏(The University of Tampa)より分譲。

〔協和〕: 大分マリンバレスより協和発酵KKに分与され, 長期間にわたり油脂酵母(同KK製)で飼育されていたので, 油脂酵母によく適応していると考えられるもの, 1980年10月分譲。

〔甌〕: 1978年5月鹿児島県上甌島貝池にて松山通郎氏(長崎大学水産学部)により採取され, 分譲。

被甲の形態の測定はこれら10系統について行ない, 増殖と温度との関係を求める実験は〔伊豆L〕, 〔Salton〕, 〔協和〕, 〔甌〕の4系統について行なった。なお〔長崎〕については, ほぼ同様の実験方法で Hirayama and Kusano (1972) によりすでに求められているのでこの結果を引用した。

## 形態の比較

各系統のワムシについてクロレラを十分与えて抱卵させ, 多数の卵を採取し, その内で孵化直前と思われる単為生殖卵を選び, この卵が孵化して最初に卵をつけたとき被甲の形態測定を行なった。すなわち, クロレラ懸濁液 ( $150 \times 10^4$  cells/ml) を試験管多数に分注し, それにえられた孵化直前の単為生殖卵を数個ずつ入れて, 室温23°Cで飼育し, このワムシ卵が孵化して生物学的最小形(最初の卵をつけた時)となったとき被甲の形態の測定を行なった。測定部位は甲長, 最大甲巾, 最小甲巾の3ヶ所である。Fig. 1には〔長崎〕と〔甌〕の2系統について被甲の典型的な形態と測定部位を示した。測定は各系統それぞれ20個体ずつ, 20~30%ホルマリン液で固定した後, 24時間以内に光学顕微鏡下でマイクロメーターを使用して行なった。

## 増殖と温度との関係

増殖適温は次の操作でえられた指標値を比較するこ

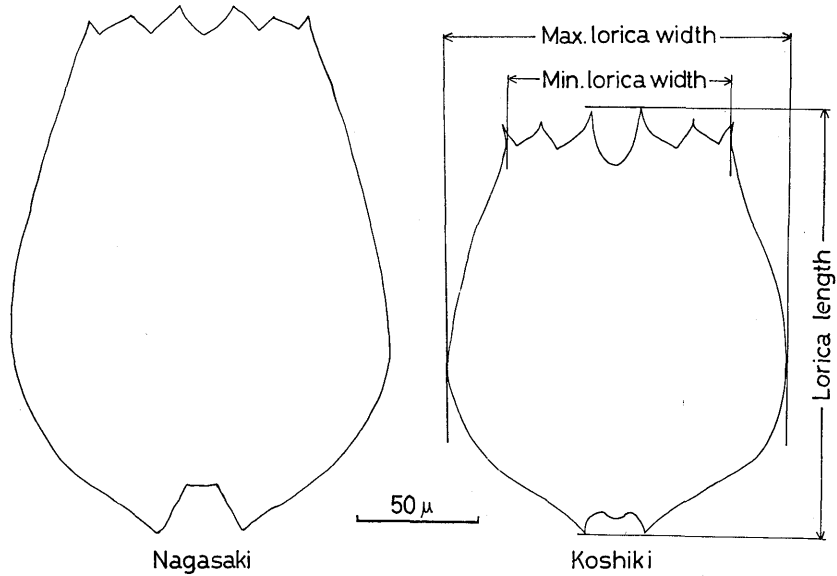


Fig. 1. Typical shape of lorica of two strains of the rotifer, "Nagasaki" and "Koshiki" and lorica parts measured for morphological comparison.

とによって求めた。すなわち、所定の温度でワムシを個別に多数飼育し、一定時間おきにそのワムシの生死および前回の観察以後に出産された卵数を調べ、飼育経過に伴う生残率の推移および1個体当りの平均産卵数の推移を求めた。これらの観察結果（生残率と産卵数）から Birch (1948) の方法により純繁殖率 (Net reproduction rate:  $R_0$ ) および内的自然増加率 (Intrinsic rate of population increase:  $r$ ) を求め、増殖に関する指標値とした。純繁殖率とは親虫一個体が一生の間に産む平均総産卵数を示し、内的自然増加率とは個体群の年齢構成が安定しており環境が制限的でない場合、 $N$  を個体数、 $t$  を時間としたときの増殖を示す関係式  $dN/dt=rN$  の  $r$  として表わされる。 $r$  の値が高いほどその個体群は単位時間に増殖する割合が大きいことを示している。

実験は活力のあるワムシ群から得られた初産卵を用いた。すなわち、多数のワムシを実験開始1週間前より所定の温度で餌料のクロレラを十分与えて飼育し、多数の個体が抱卵したとき、この卵を採取し、そのうち8時間から24時間以内に孵化した活力のある仔虫をクロレラ懸濁液 ( $277 \times 10^4$  cells/ml) を分注した試験管多数に2~3個体ずつ収容した。これらのワムシの成熟をまち、初めてつけた卵を多数採取し、その中から孵化直前と思われるものを選び実験に用いた。

実験はクロレラ懸濁液 ( $277 \times 10^4$  cells/ml) を数mlずつ分注した試験管多数にこれらの初産卵を2~3個

ずつ収容し、一定時間おきに初産卵から孵化した親虫の生死、親虫がつけている卵数、仔虫数、親虫から分離した卵数を記録し、その際に親虫のみそれがつけている卵とともに新しい海産 *Chlorella* 懸濁液に移しかえるという操作を全親虫が死亡するまで繰返すことによって行なった。

それぞれの系統について各温度でこのような操作を行なったが、その1例として〔甌〕について観察ごとの生残率、産卵数の推移を示すと、Fig. 2, Fig. 3, のようになる。なお観察は23 °C 以下では、24時間おき、25 °C から28 °C までは12時間おき、30 °C 以上では8時間おきに行なった。また、実験期間中、両性生殖は認められなかった。

## 結 果

### 被甲の形態

後頭棘の形状：S型はL型に比べて6本の後頭棘がいずれも鋭角的であるとの大上 (1976) の報告に基いて分類を行なった結果、〔浜名〕、〔玉野〕、〔大矢野〕、〔伊豆L〕、〔長崎〕の5系統がL型に、〔Salton〕〔McKay〕、〔協和〕、〔伊豆S〕、〔甌〕の5系統がS型に属することがわかった。L型系統のうち〔浜名〕は6本の棘の先端が幾分鋭くなっている点が他の4系統と違っていた。S型系統では、〔協和〕、〔Salton〕、〔McKay〕の3系統が〔伊豆S〕よ

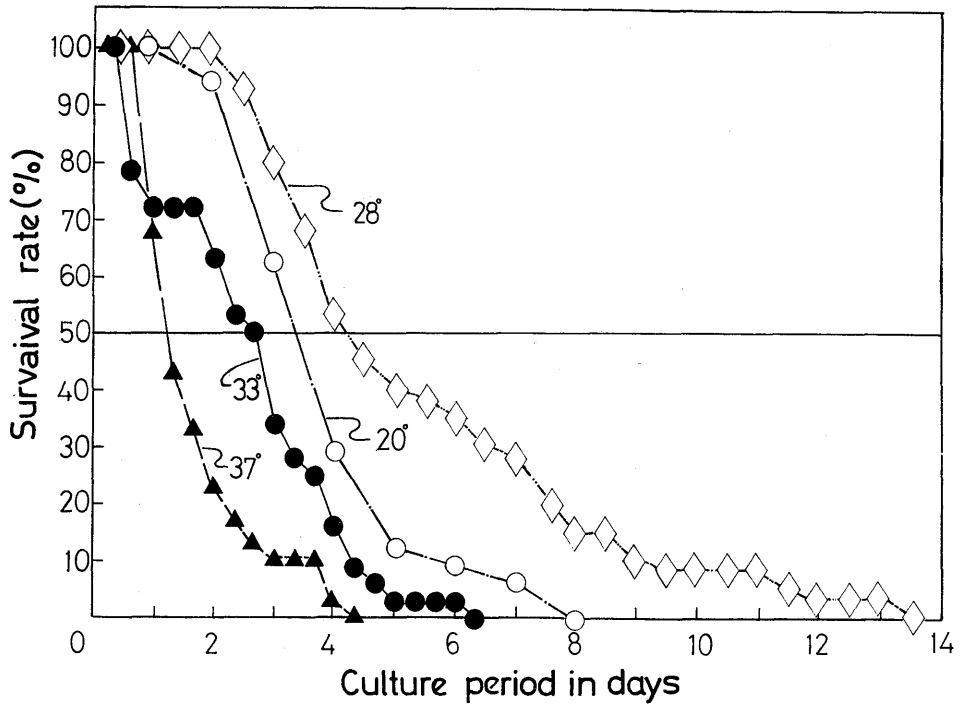


Fig. 2. Survivorship of "Koshiki" strain of the rotifer cultured at various temperatures.

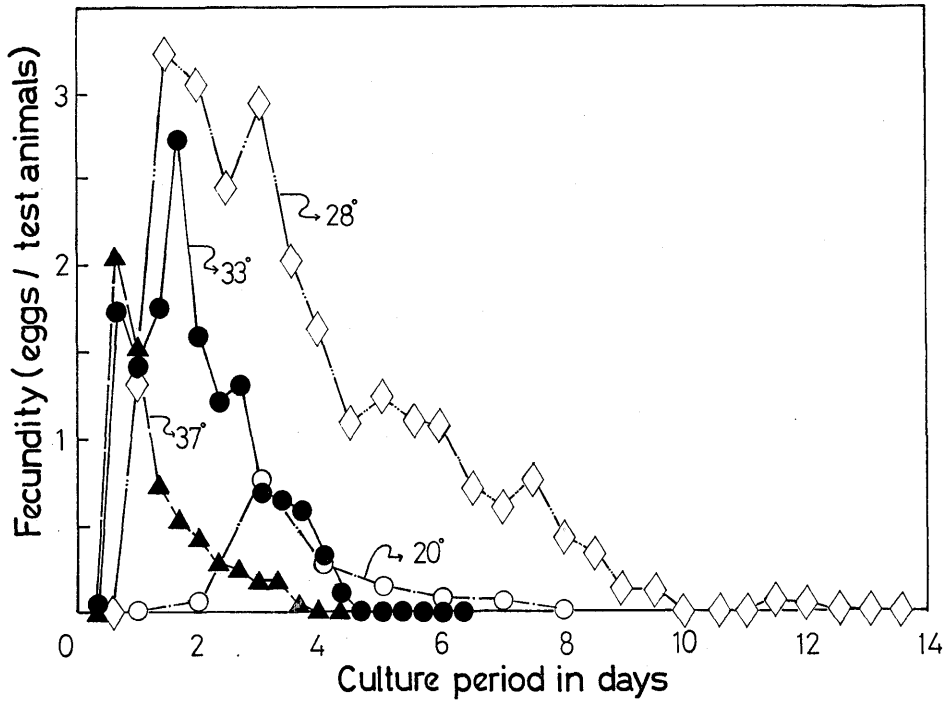


Fig. 3. Fecundity of "Koshiki" strain of the rotifer cultured at various temperatures.

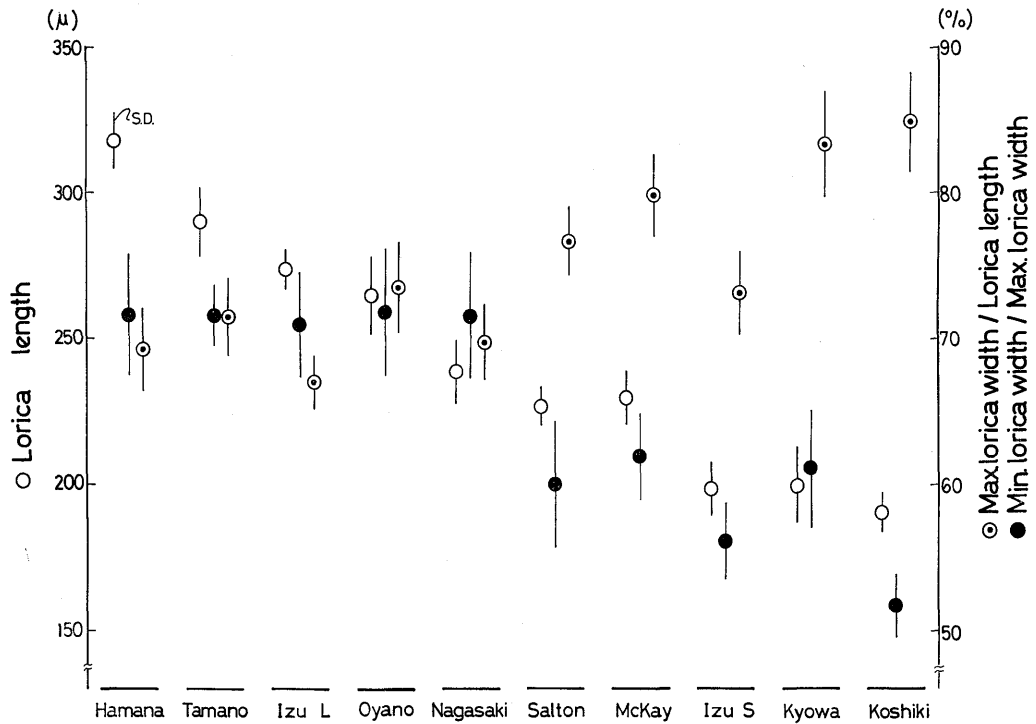


Fig. 4. Morphological characteristics in lorica of ten strains of the rotifer.

りも6本の棘が著しく鋭角であり、特に〔協和〕は両端の2本の棘が他のS型に比べ長く尖っていた。

被甲の形状：各系統の甲長，最大甲巾に対する最小甲巾の割合，および甲長に対する最大甲巾の割合はFig. 4に示した。甲長の大きいものから順に配列すると〔浜名〕>〔玉野〕>〔伊豆L〕>〔大矢野〕>〔長崎〕>〔McKay〕>〔Salton〕>〔協和〕>〔伊豆S〕>〔甌〕となった。最大甲巾に対する最小甲巾の割合は〔浜名〕≒〔伊豆L〕≒〔大矢野〕≒〔長崎〕>〔McKay〕≒〔協和〕>〔Salton〕>〔伊豆S〕>〔甌〕となり，L型5系統ではほとんど差がなく高い値を示し，S型5系統では系統間の差は見られるものの，L型に比べると明らかに低い値を示している。

甲長に対する最大甲巾の割合は，値の小さなものから配列すると〔伊豆L〕<〔浜名〕≒〔長崎〕<〔玉野〕<〔伊豆S〕<〔大矢野〕<〔Salton〕<〔McKay〕<〔協和〕<〔甌〕となり，甲長の小さいものほど値が大きくなる傾向が見られた。

**増殖と温度との関係**

生残率と1個体当たり産卵数とから算出された各系統の純繁殖率および内的自然増加率と温度との関係はFig. 5, Fig. 6にそれぞれ示し，さらに個々の系統に

ついて各温度でえられた純繁殖率と内的自然増加率との関係はFig. 7に示した。

Fig. 5にみられるように各系統の純繁殖率の最高値は〔長崎〕では16℃のとき16.4，〔伊豆L〕では20℃のとき24.9，〔甌〕では28℃のとき24.2，〔協和〕と〔Salton〕とは共に33℃のとき22.7と23.9であった。〔甌〕，〔Salton〕，〔協和〕の3系統は高温で高い値を示し，特に〔協和〕と〔Salton〕とは共に35℃，37℃の高温でも高い値が得られた。

Fig. 6より各系統の内的自然増加率の最高値は，〔長崎〕では27℃のとき0.91/日，〔伊豆L〕では28℃のとき1.60/日，〔甌〕では35℃のとき2.16/日，〔協和〕では35℃のとき2.98/日，〔Salton〕では33℃のとき3.00/日が得られた。

Fig. 7より，〔伊豆L〕，〔甌〕，〔協和〕，〔Salton〕の4系統について純繁殖率の最高値はそれぞれ22.7~25.0の値であったが，そのときの内的自然増加率の値は著しく異なり，〔伊豆L〕では0.77/日，〔甌〕では1.43/日，〔協和〕では2.16/日，〔Salton〕では2.72/日であった。一方，〔長崎〕は純繁殖率の最高値16.4のとき内的自然増加率は0.40/日であった。

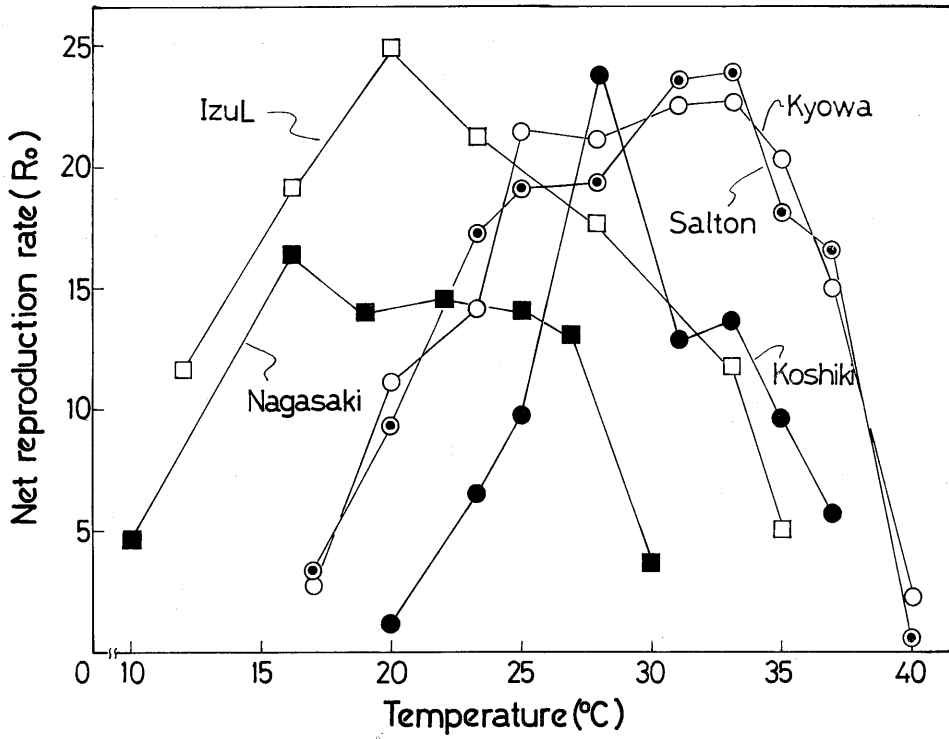


Fig. 5. Relation between net reproduction rate ( $R_0$ ) and water temperature in 5 strains of the rotifer.

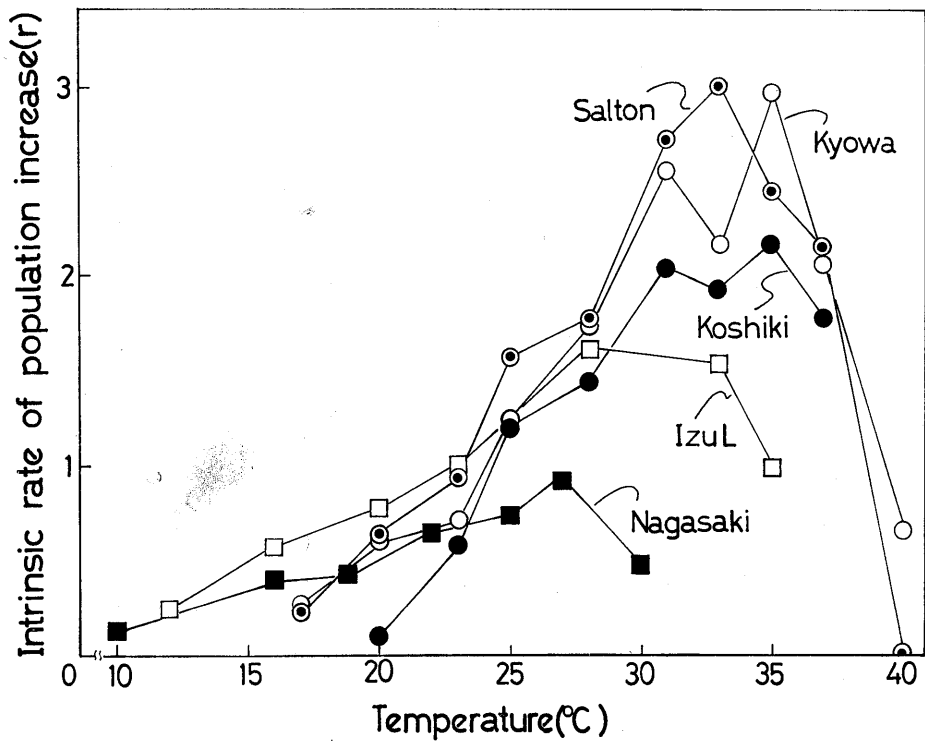


Fig. 6. Relation between intrinsic rate of population increase ( $r$ ) and water temperature in 5 strains of the rotifer

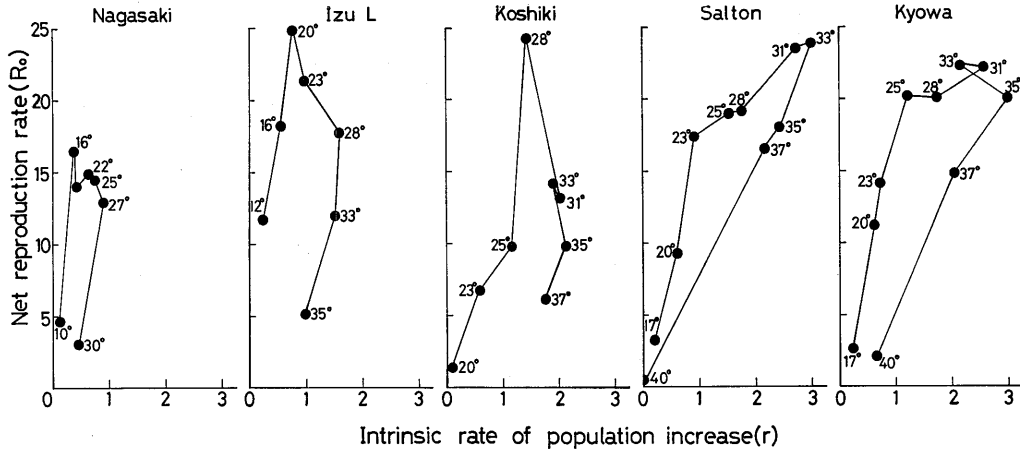


Fig. 7. Relation between net reproduction rate ( $R_0$ ) and intrinsic rate of population increase ( $r$ ) in 5 strains of the rotifer.

考察及び結論

本実験に用いたワムシの各系統は大上 (1976) の報告に基づいて、後頭棘の形状、大きさ、体型から大きく2つ (L型, S型) に分けることができた。しかし、同型と思われるものでも、後頭棘の形状、被甲の大きさ、体型には明らかに違いがあり、特にS型の体型についてはL型とS型の中間型に近いと考えられる系統が存在することがわかった。

ワムシの増殖に好適な水温を内的自然増加率と純繁殖率の値とから判断すると、全般的にS型と考えられる系統では両指標値の最高値が28°C以上の高温でえられることから、この系統は30°C付近に増殖に好適な温度があり、35°Cでも十分増殖が可能であろうと考えられる。しかし、20°C以下では両指標値が著しく低くなることから20°C以下の低温はその増殖に適していないと考えられる。一方L型と考えられる系統は、S型程高温に適應しえず、20°C~25°C付近が増殖適温と考えられる。しかし、S型と比べより低温でも増殖することが可能で、16°C以下でも産卵をすることができる。このように、大上 (1977) がS型が高温に適應しており、L型は低温に適應していたとした事実をうらづける結果がえられたが、同型のワムシでも、その系統によって、増殖の好適温度が幾分異なることもわかった。

Fig. 7に示すように、各系統によって両指標値の関係は異なり、同じ純繁殖率を示す場合でもその内的自然増加率は系統によって大きく異なっている。このことは、孵化後、産卵を開始するまでの日数、産卵のピ

ークに達するまでの日数等、一生を通じての産卵の経過が系統によって異なっていることを示し、同じ純繁殖率でも内的自然増加率の大きい系統は孵化後すみやかに産卵に参加し、一生の早い時期に集中的に産卵する傾向のあることを示している。

謝辞：終りに、本研究を行なうにあたり本文に記載したワムシを提供していただいた各研究機関、研究者の皆様様に感謝致します。

引用文献

Birch, L. C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Animal Ecol.* 17, 15-26.  
 福所邦彦・岩本 浩 (1980). シオミズツボワムシの大きさの季節変化. 養殖研究所研究報告, 1, 29-37.  
 日野明德・平野礼次郎 (1973). シオミズツボワムシの大きさの変異について. 昭和48年度日本水産学会春季大会講演要旨集. p. 73.  
 Hirayama, K. and Kusano, T. (1972). Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture- II. Influence of water temperature on population growth of rotifer. *Bull. Japn. Soc. Sci. Fish.*, 38(12). 1357-1363.  
 大上皓久 (1976). シオミズツボワムシの形態について. 伊豆分場だより, 184, 2-5.  
 大上皓久 (1977). シオミズツボワムシの摂餌量および増殖率と培養温度との関係. 伊豆分場だより, 187,

2-5.

Rylov, W. M. (1935). "Binnengewässer" (ed. by  
A. Thienemann), 15, E. Schweizerbart'sche

Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 63-64.

代田昭彦 (1970) . 魚類稚仔期の口径に関する研究  
日水誌. 36(4). 353-368.