

## 魚類の水温記憶

米盛 亨\*・川村 軍蔵\*

### Ability to Memorize Water Temperature in Fish

Tooru YONEMORI\* and Gunzo KAWAMURA\*

#### Abstract

Ability to memorize surrounding water temperature in fish was examined by using a change in heart rate recorded in an experimental tank designed to change water temperature. *Tilapia, Sarotherodon mossambicus* (PETERS), reared for more than 50 days at a constant water temperature was used in the experiment. When the water temperature was lowered from rearing one, while body temperature slowly changed and became almost same with water temperature at about 30 minutes later, heart rate suddenly decreased and remained low and irregular. After cooling for 30 minutes to 10 hours, the heart rate increased and recovered the initial level only when the water temperature was changed to rearing one. This phenomenon was considered to show that the fish have memorized the rearing water temperature and so the heart rate recovered initial level at the rearing temperature, and the fish memorize surrounding water temperature at least for 10 hours.

#### 1. 緒 論

淡水、海水いずれの水界においても、水温分布は均質なものではなく、水平的にも鉛直的にも大きな温度勾配がみられ、さらにそれらは時間的にも変動する。黒木 (1970) は水温と生体の関係を考える場合には、水温変化を水温の時間微分値として扱うことの重要性を論じており、筆者等も同様に考えている。水温の時間的な変化を扱う場合、水温測定機器の時定数が考慮されねばならないであろう。また、水温変化と魚の関係をフィールドで論じる場合には、魚の対水移動速度も重要な要因となる。

BARDACH (1956) および BARADACH and BJORKLUND (1957) によれば、金魚やマス等の淡水魚は  $0.01\sim 0.05^{\circ}\text{C}$  (この時の変化率は約  $0.001^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ) の水温差を識別できるという。フィールドの水温勾配と魚の遊泳速度を考えると、魚は水温差の閾値よりもはるかに大きな水温変化を頻繁に受けているはずであり、非常に低い水温差閾値を持つことの生態的意味が興味深い問題となる。

一方、魚類の水温適応幅は広いが、1つの種類についてみると、その生息域は比較的狭い水温幅内にある事実も良く知られている (例えば NORRIS, 1963)。大きな水温勾配は魚の移動の障壁となるが、変温動物である魚は異った水温の中では体温が速やかにそれに追従し、

\* 鹿児島大学水産学部漁法学研究室 (Laboratory of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

環境水温とほぼ同じ体温になる。この時、魚が新しい環境水温に生理的に順応できると、魚の分布の水温依存性は弱いはずであるが、実際には魚の分布は水温に大きく規制され、また、あらゆる生理的活性が水温に依存する（例えば BRETT, 1970）。しかし、狭い地理的範囲での魚の分布の水温依存性は生理学的知見からのみでは説明され得ず、行動の面からも解明されるべきであると考えられる。行動の面からの説明として、魚がそれまで順応していた環境水温と異なる水温帯に入っても再び元の環境水温に戻るということが考えられるが、これは魚が環境水温を記憶できることが前提となる。

筆者等は、種々の刺激に対する魚の反応を心電図を指標として調べてきたが、魚を飼育水温と異なる水温で刺激すると心拍間隔が伸びると同時に不規則になるが、飼育水温に戻ると心拍間隔も元のレベルに戻ることを見出した。筆者等はこの現象を、魚が飼育水温を記憶していて、それと同じ水温に戻されたために心拍間隔が元のレベルに戻ったと考えた。これは極めて大胆な仮説であるが、この仮説に立て、魚が飼育水温と異なる水温に移された時に、どの位の時間飼育水温を記憶しているかを心拍間隔を指標として調べた結果を報告する。

## 2. 材料および方法

実験に用いた魚は、鹿児島県指宿市の温泉水が流入する川口で捕獲した全長 22.5~24.4 cm のティラピア・モザンビカ (*Sarotherodon mossambicus*) である。捕獲後50日以上、室内水槽で 22~23°C の水温で飼育した後に実験に供した。実験数日前に、魚の心臓部付近に心電図記録用の2本のエナメル線電極を装着固定した。実験水槽は 5×25×10 cm の発泡スチロール製の断熱水槽であり、実験直前に魚を餌育水槽からこの実験水槽に移した。この水槽には飼育水槽からの飼育水を循環させてあり、その中で心拍間隔が安定し、かつ、水温と魚体温がほぼ等しくなるのを待って飼育水を冷水に切換えた。冷水流入時間は30分~20時間とし、心電図、水温および魚体温を同時記録した。心電図は心電計（日本光電、ECG-5201）で記録した。

水温と魚体温測定には、YSI 社製524型サーミスタプローブを用いた。このプローブは24ゲージ（外径 0.55 mm）の皮下注射針の先端に微小サーミスタ素子を封入してあるもので、温度変化に対する追従性が極めて優れ（時定数0.1秒）、しかも魚体に刺した場合には魚体に殆んど損傷を与えない。プローブからの温度情報をストレンアンプ（横河、3126）で増幅較正してペンレコーダ（横河、3061）で記録した。

ストレンゲージとサーミスタでは抵抗値範囲が全く異なるので、バランス補正用に 5 k $\Omega$  の可変抵抗器を追加し、温度ドリフトを避けるためにこれをブリッジヘッドの中の固定抵抗と同位置に格納した。装置の温度較正は基準水銀温度計を用いて3点較正を行い、この装置では、レコーダの記録紙上で 1/50°C の精度で読取り可能である。水槽内の水温測定用に1本のサーミスタプローブを魚の頭部の下に置き、魚体温測定用に1本を魚の背部に体軸と垂直に刺した。

魚への視刺激を遮るために実験水槽を暗箱の中に入れ、暗箱と水槽の下にゴムスポンジを敷いて床からの振動を遮断した。これらの実験装置の概要を Fig. 1 に示した。

予備実験で腹腔はじめ種々の部位の魚体温の水温変化への追従性を調べた結果、水温変化

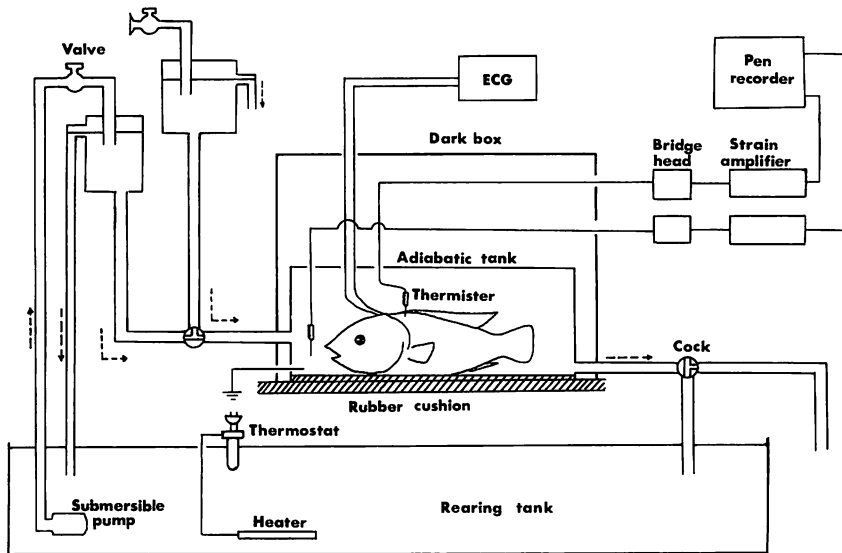


Fig. 1. Blockdiagram showing the experimental method.

直後の追従性は部位によって大きな差があったが、体温が水温とほぼ等しくなるまでの時間は部位によって差がなかった。

### 3. 結 果

水温を変化させた時の魚体温変化の一般的傾向は、水温変化後30秒以内に变化し始め、水温とほぼ等しくするには約30分を要する。飼育水温における心拍間隔は1~1.5秒で規則的であるが冷水流入と同時に心拍が不規則になり心拍間隔が急激に伸びる。この時の平均心拍間隔は冷水流入以前の3~5倍になる。心拍変化の大きさは水温差の大きさに比例せず、個体差の様であった。その後次第に心拍間隔が短くなり規則的になるが、冷水流入以前のレベルまで戻ることは決してなかった。飼育水の再流入によって心拍は急激に乱れて心拍間隔は長くなるが3~4分後には速やかに冷水流入以前のレベルに戻り、その後はそのレベルを維持する。体温は初期には速く、次第に緩慢に変化し、水温とほぼ等しくなるのは約30分後である。

飼育水温 22.5°C に順応させた魚に 13.0°C の冷水を5時間流入し、再び飼育水を流入した時の心拍間隔の変化と水温および背部筋肉深部の魚体温の変化を Fig. 2 に示した。

冷水流入時間を30分、1時間、10時間とした時には、冷水中での平均心拍間隔に個体差と考えられる差があったが変化の傾向は5時間の場合と同様であった。飼育水温から高い水温に変え再び飼育水温に戻した時も上と同様な結果となることを事前に予備実験で確認した。

冷水流入を20時間続けた時には、12時間を経過した時から心拍数が減少し始め、20時間後には魚が死亡した。

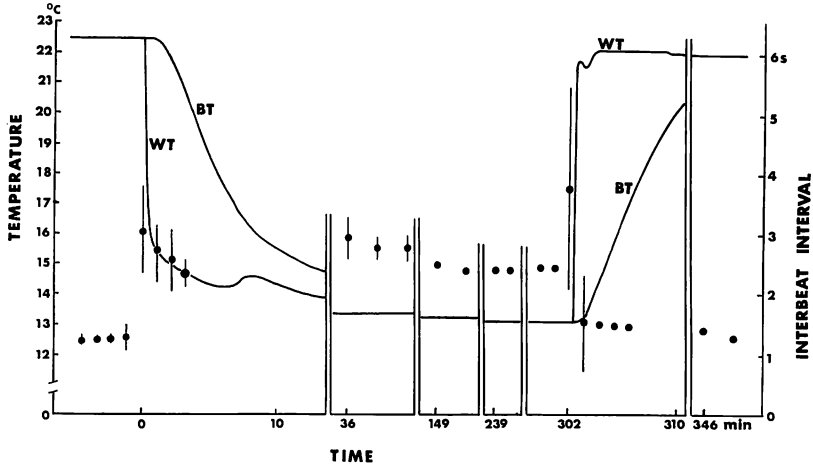


Fig. 2. Response of body temperature and interbeat interval to the 5-h change in water temperature from rearing temperature at 22.5°C to 13.0°C. Closed circle shows mean interbeat interval in one minute and vertical bar through the circle shows standard deviation. BT, body temperature; WT, water temperature.

#### 4. 考 察

川本 (1963) によると、魚類の心拍数は Van't Hoff の温度法則に従って 10°C の上昇に対して 2~3 倍に増加する傾向にあるという。しかし、これまでの筆者等の実験では、数時間という時間では水温を上げても下げても常に心拍数が減少し、飼育水温に戻した時のみ元のレベルに回復した。この現象は循環系の生理活性のみでは説明できず、かなり心理的な過程を含むと考えられる。冷水から飼育水温に切替えた直後にも心拍が乱れるのは、飼育水温を新しい刺激として受けたからであろうが、その後速やかに冷水流入以前のレベルに回復したのは魚が飼育水温であることを認識したからであり、魚は飼育水温を記憶していたと考えられる。それまでとは異なる水温の中に居ても、元の環境水温を記憶できる時間は、ティラピア・モザンビカの場合は10時間以上といえよう。

水温の記憶は魚の回遊において重要な意味を持つ。特に、海流に乗って回遊する種にとっては水温記憶は極めて重要ではないだろうか。魚の遊泳活動は温度依存的で、いわゆる適水温でピークを持つ (FISHER and SULLIVAN, 1958)。HUNTER and THOMAS (1973) はカタクタイワシ仔魚の摂餌行動を酔歩の理論を応用して解析し、餌料密度が低いと遊泳のターン頻度が高く step length が長くなるので searching area が広がるが、餌料密度が高いと遊泳活動が低下し、ターン頻度も低くなるのでプランクトンのパッチを見つけるとその中に長く滞在できると述べている。これを水温の場合で考えると、適水温では遊泳が活動的であるので、その中から出る確率は高くなり、適水温よりも高い水温や低い水温ではそこから出る確率は低くなる。海流に乗って回遊する種がその水温を記憶できないならば、一度海流の外に出た魚は二度と元の海流に戻れなくなり、水温記憶が極めて重要になるであろう。

MONAN *et al.* (1975) によると、Steelhead trout が Columbia 川からその支流の Snake

川に溯上する際支流の水溫が高いと魚は入り込まないという。これは、魚が單純に嗅覺の手掛りのみで母川を溯上するのではなく、水溫も何らかの形で溯上に関係することを示唆して興味深い。

ここで用いた測溫方法はフィールドで連続航走記録が可能で精度も高いので魚の行動と溫度との關係を扱う場合には適した方法であり、フィールドでの測溫結果を既に報告した（米盛他，1978）。この方法を応用して、フィールドにおける狭い時間内の水溫変化と魚の反応行動を觀察したいと考えている。また、本研究で述べた水溫記憶は心拍変化を指標としており、大胆な仮説に立って議論しているので多くの問題があろうと考えるが、皆様の御批判を仰ぎたく敢て報告させていただいた。

## 文 献

- BARDACH, J. E. (1956): The sensitivity of the goldfish (*Carassius auratus* L.) to point heat stimulation. *Am. Nat.*, **90**, 309-317.
- BARDACH, J. E. and BJORKLUND, R. G. (1957): The temperature sensitivity of some American freshwater fishes. *Am. Nat.*, **91**, 233-251.
- BRETT, J. R. (1970): Temperature, Animals, fishes. in "Marine Ecology" (ed. by KINNE, O.) Vol. 1, Part 1, Wiley-Interscience, London, pp. 515-573.
- FISHER, K. C. and SULLIVAN, C. M. (1958): The effect of temperature on the spontaneous activity of speckled trout before and after various lesion of the brain. *Can. J. Zool.*, **36**, 49-63.
- HUNTER, J. R. and THOMAS, G. L. (1973): Effect of prey distribution and density on the searching and feeding behaviour of larval anchovy *Engraulis mordax* GIRARD. in "The early life history of fish" (ed. by BLAXTER, J. H.), 559-574. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- 川本信之 (1963): "魚類生理生態学", 46, 恒星社厚生閣, 東京.
- 黒木敏郎 (1970): "魚類生理", 279-290, 恒星社厚生閣, 東京.
- MONAN, G. E., JOHNSON, J. H. and ESTERBERG, G. F. (1975): Electronic tags and related tracking techniques aid in study of migrating salmon and steelhead trout in the Columbia River Basin. *Mar. fish. Rev.*, **37** (2), 1-15.
- NORRIS, K. S. (1963): The function of temperature in the ecology of the percoid fish (*Girella nigricans* AYRES). *Ecol. Monogr.*, **33**, 23-62.
- 米盛 亨・柏 正明・柿本 亮・折田昭一 (1978): 水溫と曳繩張力の連続航走記録. 昭和53年度日本水産学会秋季大会講演要旨集.