

オイカワ属魚類の摂餌に関する形態学的研究

鈴木 清・木村 清志

Morphological Study of the Genus *Zacco* (Cyprinidae) in Relation to Their Feeding Behaviors

Kiyoshi Suzuki and Seishi Kimura

(Received October 11, 1977)

The present report aims the comparative morphology of two cyprinid fishes, *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel) and *Z. temminckii* (Temminck et Schlegel), particularly with reference to the relative growth of two parts of the mouth which may be closely related to the capture of food, the floor of oral cavity, the gill raker, the pharyngeal bone, and the intestine. Through the detailed comparative study of these organs, the authors could make success in making clear the significance of the structural adaptations of these organs in the two species in relation to their feeding behaviors.

The growth of two parts of mouth (length of upper jaw and width of lower jaw) was examined against changes of total length. Upon the relative growth method of analysis, it is clear that the sizes of these parts for *Z. temminckii* are obviously larger than those for *Z. platypus*. Therefore, it might be considered that *Z. temminckii* is capable of seizing larger food organisms.

The prominent fleshy folds, called the oral folds, are present on the floor of oral cavity. Development of these folds varies in its extent according to the species. In *Z. platypus*, the folds develop gradually and increase in their number with growth of the fish. When the fish reaches about 90 mm in total length, all of the folds are highly elevated above the surface of the floor. In *Z. temminckii*, they are scarcely developed throughout the life history excepting the first two which are highly elevated in the fish measuring more than 60 mm in total length.

The outer surfaces of oral folds are provided with prominent papillae. There are also some specific variations in the degree of development of these papillae. In *Z. platypus*, the first indication of formation of the papillae can be observed in the fish measuring about 45 mm in total length. With growth of the fish, they develop gradually and increase in their sizes. In *Z. temminckii*, the papillae appear on the outer surfaces of the first two folds when the fish exceeds 55 mm in total length, and increase gradually in their sizes. However, the rest of folds are furnished with minute papillae which are only sparsely set on their surfaces. It appears that the development of oral folds and their papillae is positively related to the herbivorous behavior of the fish.

The modal number of gill rakers on the first arch is 11 in *Z. platypus* and 10 in *Z. temminckii*. In the former species, the gill rakers are rather slender, tapering gradually towards the pointed tips. While in the latter, the distal ends of gill rakers on the ceratohyal bone are truncated or the knob-like appearances when the fish reaches about 120 mm in total length.

The dental formula of pharyngeal teeth is 1, 4, 4-4, 4, 2 in *Z. platypus* and 2, 4, 5-4, 4, 2 in *Z. temminckii*. From the statistical comparison of the growth of three parts of pharyngeal bone (length of bone, width of the same and length of the longest tooth) against changes of total length between *Z. platypus* and *Z. temminckii*, it is clear that the relative sizes of three parts for the latter species become obviously larger than those for the former when the fish exceeds about 45 mm in total length.

Intestines of the two species bear a close resemblance to each other in their forms in the fish measuring less than 35 mm in total length. However, owing to the occurrence of somewhat complicated coiling, the intestine of *Z. platypus* becomes longer than that of *Z. temminckii* when the fish exceeds 35 mm in total length. It is presumed that the elongation of the intestine of the former species is a structural adaptation for assimilating minute adherent algae.

Considering from the facts described above, it may be deducible that the structures of feeding and digesting organs change ontogenetically in relation to the behavior of minute adherent algae

feeding in *Z. platypus* whereas in *Z. temminckii* the structural changes of these organs take place gradually with growth of the fish in connection with the behavior of insect feeding.

(Faculty of Fisheries, Mie University, Tsu-shi, Mie-ken 514, Japan)

魚がたべる餌の種類は多種多様であり、摂餌の仕方も一様でない。したがって摂餌や消化に関する諸器官の形態には、それぞれの食性に関連して種々の程度の適応が認められる。また魚は成長に伴って食性が変化することも知られている。とくに食性が急激に変化する魚、例えばアユ・ボラでは、既往研究(松井, 1938; 江草, 1950; Iwai, 1962)により歯系・胃・腸などの器官について食性変化に対応する形態的適応現象が明らかにされている。しかしながら他の魚種、とくに食性が徐々に変化する魚について摂餌・消化に関する器官の形態的变化を詳細に検討した研究は少ない。

著者らはオイカワ属魚類のオイカワ *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel) およびカワムツ *Z. temminckii* (T. et S.) について、上顎長・下顎幅などの全長に対する相対成長、口腔床部の形態、鰓耙の形態と鰓耙数、咽頭骨と咽頭歯、および腸型などを比較検討し、その結果に基づき、これらの器官の種別・発育段階別の形態的特徴を明らかにし、さらに食性との関連について検討し、その結果知見を得たので報告する。

材料と方法

この研究で使用した材料は 1974 年 8 月から 1975 年 10 月にかけて三重県雲出川的美杉村比津(河口から約 46 km 上流)、同村庄屋出(河口から約 41 km 上流)、同村中原(河口から約 34 km 上流)、一志町石橋(河口から約 15 km 上流)で採集された。採集には、網目 7 mm と 12 mm の投網、網目 2 mm の巻網とタモ網、およびモンドリを使用した。ただし全長 150 mm 以上のカワムツ大型魚の一部は 1974 年 8 月に兵庫県揖保川の新宮町香山(河口から約 24 km 上流)で釣により採集された。採集した標本はオイカワ 337 個体、カワムツ 211 個体で、いずれも現場で市販ホルマリン 10% 溶液で固定された。

全長・上顎長・下顎幅などの外部形質の測定は全個体について行なった。全長は吻端から尾鰭上葉後端までの距離、上顎長は上顎前端から両顎関節点までの距離、および下顎幅は左右の両顎関節点間の幅で表わした。

口腔床部の形態はオイカワ 219 個体、カワムツ 113 個体について下顎を両顎関節点直後で切り離し、その内面を实体顕微鏡下で観察した。

鰓耙の形態観察と鰓耙数の算定は左側第 1 鰓弓について行なった。使用した材料はオイカワ 182 個体、カワムツ 115 個体である。

咽頭骨と咽頭歯はオイカワ 105 個体、カワムツ 117 個体について、左右の第 5 鰓弓(下咽頭骨)を摘出し、次亜塩素酸ナトリウム溶液に浸して筋肉質を溶解させ、さらに解剖針で筋肉を完全に除去し、観察および測定に供した。咽頭骨長は咽頭骨の最大長、咽頭骨幅は咽頭骨の最大幅、咽頭歯長は咽頭歯の最大長とし、測定は左側咽頭骨について 15 mm 以上はノギスを、それ以下は实体顕微鏡に装着したマイクロメーターを用いて行なった。

腸型の観察は左側腹壁を除去したオイカワ 80 個体、カワムツ 20 個体について行なった。

結 果

上顎長・下顎幅の全長に対する相対成長

全長を X とし、上顎長・下顎幅などの各部位の大きさを Y とし、両者の関係を両対数グラフにプロットした。ほとんどの場合両者の関係は単一の直線で表わすことができず、屈折あるいは不連続性が認められたので、この変曲点を中心に群を分け、各群について相対成長の式 $y = b + ax (y = \log Y, b = \log B, x = \log X)$ を求めた。

さらに変曲点を境とする各相対成長直線間の傾斜の差および位置の差の有意性検定を伊藤(1951)にしたがって実施し、傾斜および位置のいずれか一方が危険率 5% で有意性が認められるならば、一応この変曲点で成長屈折が行なわれると考えた。また両種の相対成長直線間の比較検定も伊藤の方法にしたがった。

1. 上顎長—全長関係 (Fig. 1-1A, 2A)

オイカワ：両者の関係は全長 35 mm 附近に推定される変曲点を境とする 2 本の相対成長直線で表わすことができる。すなわち 34.9 mm 以下に対しては、 $y = -1.2404 + 1.05595x$ 、35.0 mm 以下に対しては、 $y = -1.02946 + 0.95201x$ である。直線間の傾斜の差は $F_0 = 2.18$ で差は有意でないが、位置の差は $F_0 = 105.94$ で差は明らかに有意である。したがって 2 本の直線の間には不連続性が存在することになるが、窪田(1961)が指摘したように魚の成長には断続的変化がないことから、両直線を連結する直線が必要であると考えた。

カワムツ：両者の関係は全長 35 mm 附近および 70 mm 附近に推定される 2 変曲点を境とする 3 本の相対成長直線で表わすことができる。すなわち 34.9 mm 以下に対しては、 $y = -1.57891 + 1.32304x$ 、35.0~69.9 mm に

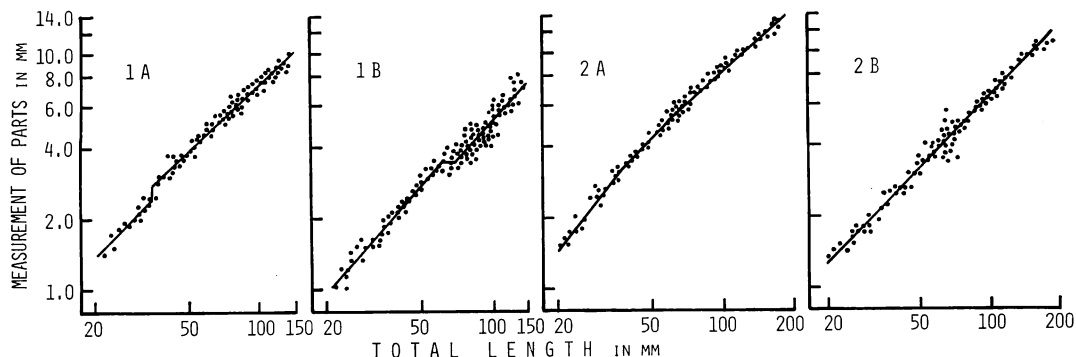


Fig. 1. Relative growth in length of upper jaw and width of lower jaw of two species of *Zacco*. 1, *Z. platypus*; 2, *Z. temminckii*. A, length of upper jaw; B, width of lower jaw.

対しては、 $y = -1.15909 + 1.04988x$ 、70.0 mm 以上に対しては、 $y = -0.84500 + 0.88276x$ である。34.9 mm 以下と 35.0~59.9 mm の 2本の直線間の傾斜の差は $F_0 = 10.60$ で差は有意であるが、位置の差は $F_0 = 1.36$ で差に有意性は認められない。35.0~69.9 mm と 70.0 mm 以上の 2本の直線間については傾斜の差は $F_0 = 33.01$ 、位置の差は $F_0 = 29.47$ で、いずれも差に有意性が認められた。したがって上顎長の全長に対する相対成長は全長 35 mm と 70 mm で成長屈折を行なうと考えてよい。

両種の比較：オイカワ・カワムツ両種の全長 34.9 mm 以下の 2標本、全長 35.0 mm 以上のオイカワと全長 35.0~69.9 mm のカワムツの 2標本および全長 35.0 mm 以上のオイカワと全長 70.0 mm 以上のカワムツの 2標本について相対成長直線の差を比較検定した。第1の場合では傾斜の差は $F_0 = 3.89$ で差は有意でないが、位置の差は $F_0 = 29.70$ で差に有意性が認められた。第2の場合では傾斜の差は $F_0 = 11.41$ 、位置の差は $F_0 = 252.53$ 、第3の場合も傾斜の差は $F_0 = 11.78$ 、位置の差は $F_0 = 335.16$ で、いずれの場合も傾斜および位置に有意な差が認められた。すなわち全長に対する上顎長は明らかにオイカワよりカワムツの方が大きい。

2. 下顎幅—全長関係 (Fig. 1-1B, 2B)

オイカワ：全長 60 mm と 70 mm に変曲点を推定したので、標本を全長 59.9 mm 以下と 70.0 mm 以上に分けて、それぞれの場合について相対成長直線を求めると、前者に対しては、 $y = -1.5157 + 1.14951x$ 、後者に対して $y = -1.55486 + 1.13129x$ が適用される。なお全長 60.0~69.9 mm の区間ではプロットした点のちらばりが大きいので、この区間の直線は計算せず、一応全長 59.9 mm と 70.0 mm に対する下顎幅の計算値を結んで図示した。全長 59.9 mm 以下と 70.0 mm 以上に対する相対成長直線間の傾斜の差に対しては $F_0 = 0.17$ で差に有意

性はないが、位置の差は $F_0 = 67.93$ で差は明らかに有意である。このことから下顎幅の相対成長は全長 60.0~69.9 mm 付近で成長屈折を行なうものと思われる。

カワムツ：変曲点は認められず、両者の関係は単一の相対成長直線 $y = -1.22538 + 1.02280x$ で表わすことができた。

両種の比較：オイカワの全長 59.9 mm 以下と 70.0 mm 以上の 2標本に対する相対成長直線をそれぞれカワムツの相対成長直線と比較した。前者の場合では傾斜の差は $F_0 = 23.58$ 、位置の差は $F_0 = 427.25$ 、また後者の場合でも傾斜の差は $F_0 = 9.99$ 、位置の差は $F_0 = 1431.37$ で、いずれの場合も傾斜および位置に有意な差が認められた。すなわち全長に対する下顎幅は明らかにオイカワよりカワムツの方が大きい。

捕食に直接的に関連する上顎長と下顎幅について全長に対する相対成長を推測統計学的方法により比較検討した。その結果いずれの部位もオイカワよりカワムツの方が大きいことが判った。このことはカワムツの方がより大きな口を備えることにより、より大型の食餌を捕食することを可能ならしめていると考えられる。

口腔床部の形態

1. 口床皮褶

口腔床部には同心楕円状にならぶ口床皮褶 (oral fold) がある (Figs. 2 and 3)。これらの皮褶を相互に区別するため、最外縁から内側に向かって順に第1口床皮褶、第2口床皮褶、----とした。

オイカワ：口床皮褶は成長に伴って徐々に発達する。全長 35 mm 付近までは隆起は弱いですが、全長 50 mm 前後になると、まず第1口床皮褶、次いで第2、第3口床皮褶の隆起が明瞭となるが、他の口床皮褶では隆起の程度は微弱である。全長 90 mm 前後になると、すべての口床皮褶は顕著に隆起するようになる。

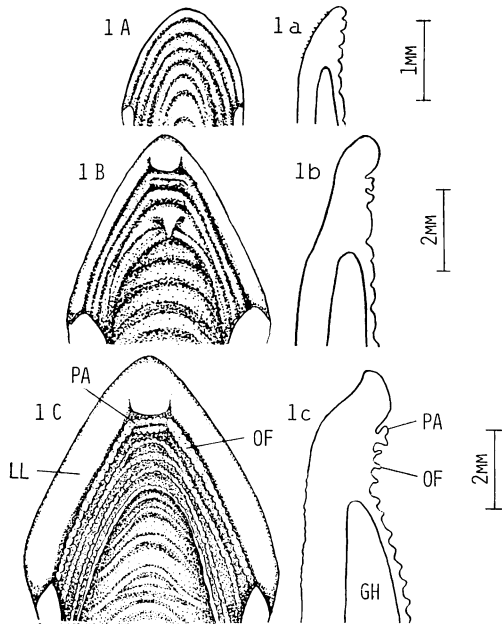


Fig. 2. Dorsal view of the floor of oral cavity (1A~1C) and its longitudinal section (1a~1c) in *Z. platypus*. 1A-1a, 23.0 mm in total length; 1B-1b, 57.5 mm; 1C-1c, 130.4 mm. GH, glossohyal; LL, lower lip; OF, oral fold; PA, papilla on upper margin of oral fold.

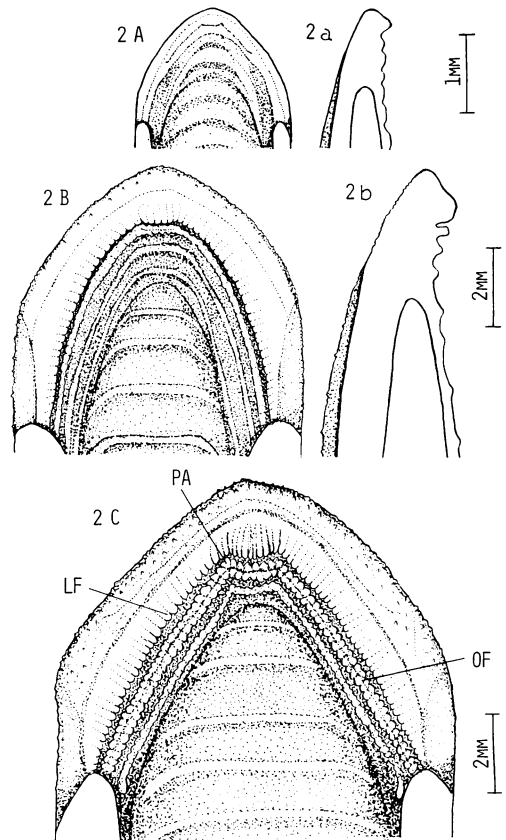


Fig. 3. Dorsal view of the floor of oral cavity (2A~2C) and its longitudinal section (2a~2c) in *Z. temminckii*. 2A-2a, 32.3 mm in total length; 2B-2b, 56.2 mm; 2C-2c, 136.6 mm. GH, glossohyal; LF, labial fold; OF, oral fold; PA, papilla on upper margin of oral fold.

カワムツ：全長 25 mm 以下では隆起はほとんど認められないが、全長 25 mm 以上になると口床皮褶は徐々に発達し、全長 55 mm 前後に達すると、第1口床皮褶が顕著に隆起し、次いで第2口床皮褶の隆起が明瞭になる。以後これらの皮褶は成長に伴って隆起していくが、その他の口床皮褶では終生隆起の程度は微弱である。

2. 口床皮褶の数

両顎関節点より前方に存在する口床皮褶の数を算定し、その結果を Fig. 4 に示した。この図から明らかなように、口床皮褶の数はオイカワでは成長に伴って増加するが、カワムツではほとんど変化しない。全長 35 mm 未満ではオイカワの口床皮褶の数はカワムツよりも少ないが、全長 35~65 mm ではカワムツとはほぼ同数になり、全長 65 mm 以上ではカワムツよりも多くなる。

3. 口床皮褶上の乳頭突起

口床皮褶上には乳頭突起が存在する。この突起の成長に伴う変化は次のとおりである。

オイカワ：全長 40 mm 以下では微小乳頭突起が口腔一面に散在し、口床皮褶上の乳頭突起はまだ明瞭に認められない。全長 45 mm 前後になると口床皮褶上に乳頭

突起が形成され始め、以後成長に伴い徐々に肥大する。さらに全長 70 mm 以上になると第1口床皮褶上の乳頭突起は著しく肥大する。

カワムツ：全長 55 mm 以下では微小乳頭突起が口腔

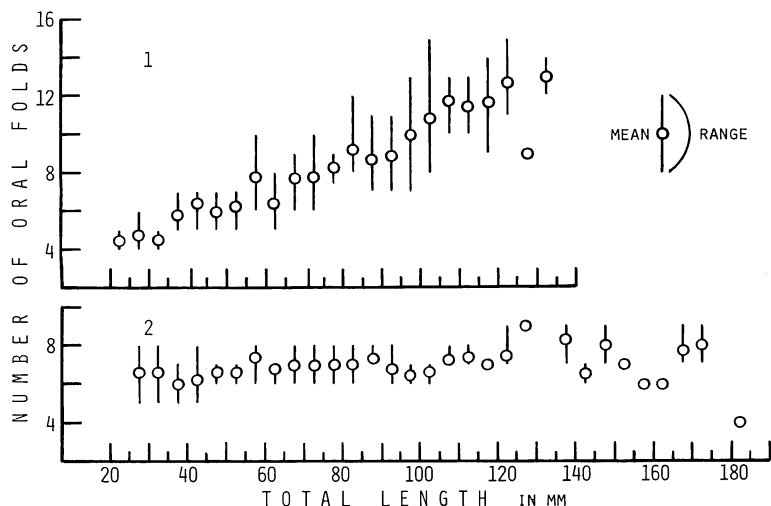


Fig. 4. Relationship between number of oral folds and total length in two species of *Zacco*. 1, *Z. platypus*; 2, *Z. temminckii*.

一面に散在し、口床皮褶上の乳頭突起はまだ明瞭でない。全長 55 mm 以上になると、第 1, 第 2 口床皮褶上に乳頭突起が形成され始め、以後成長に伴い徐々に肥大する。しかしその他の皮褶上では乳頭突起の肥大は認められず、微小乳頭突起が散在するのみである。さらに全長 140 mm 以上の大型個体になるとこれらの微小乳頭突起も消失し、第 1, 第 2 口床皮褶以外の皮褶は円滑になっている場合もある。

4. 口唇表面の形状

オイカワ：全長 55 mm 以下では口唇に微小乳頭突起が散在しているが、これらの突起は成長に伴って消失し、全長 60 mm 以上になると、口唇は円滑になる。

カワムツ：全長 40 mm 以下ではオイカワと同様に微小乳頭突起が散在しているが、全長 45 mm 前後になると、これらの突起は消失し口唇には唇褶 (labial fold) (Fig. 3) が形成され始める。

口床皮褶や乳頭突起の役割は、松井 (1938) がアユの口蓋部の褶皺について述べたように、これらの存在により口腔の表面積が拡大されることになり、その結果粘液細胞の数、分泌される粘液量を増加させ、微小藻類の嚥下能率を高めるものであると推定できる。したがって口床皮褶が徐々に発達するオイカワは成長に伴って微小藻類食に対する適応を深めるものと推定できる。しかしカワムツでは全長 55 mm までは口床皮褶の発達が認められるので、微小藻類食に対する適応を示すが、55 mm 以上になると口床皮褶の発達が止まることから、この適応は成長に伴って弱くなると考えることができる。

両種の下顎には口腔弁がなく、上顎の口腔弁は下顎の

第 1 口床皮褶に接している。このことはこの皮褶が上顎の口腔弁とともに呼吸水の吸入・排出に関する役割を果たしていることを意味し、このために第 1 口床皮褶は他の皮褶に比較し、早い時期に形成され、発達の程度も高いのである。

カワムツの口唇に存在する唇褶は捕食した餌生物が口腔から逃げ出すのを防ぐ役割を果たすものと推定される。したがって全長 45 mm 以上のカワムツに唇褶が発達していることは、動物食性に対する形態的適応の一つとみなすことができよう。

鰓耙の形態と鰓耙数

オイカワの鰓耙は全長 20 mm 以上ではその形態を大きく変えることなく、終生尖頭で細長い。カワムツの鰓耙は全長 60 mm まではオイカワに類似し、尖頭であるが、若干太くて短い。しかし全長 60 mm 以上になると徐々に先端は丸味を帯び、さらに太く短くなる。とくに全長 120 mm 以上の個体では角鰓骨上の鰓耙が平頭状、あるいは瘤状になっている場合もある (Fig. 5)。

鰓耙数は両種とも全長 20 mm 以上では、全長に対して無関係である。算定結果は Table 1 に表示した。両種の鰓耙数の平均値には有意差 ($F_0=151.23$) が認められ、

Table 1. Comparison of number of gill rakers on first gill arch in two species of *Zacco*.

Species	Range	Mode	Mean
<i>Z. platypus</i>	10~13	11	11.2
<i>Z. temminckii</i>	9~12	10	10.1

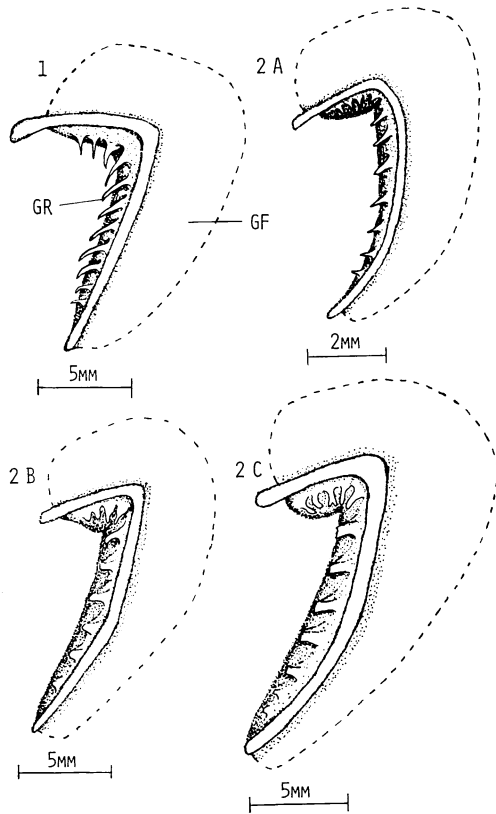


Fig. 5. Lateral aspect of outer side of the first gill arch, especially showing the gill raker. 1, *Z. platypus*; 2, *Z. temminckii*. 1, 119.2 mm in total length; 2A, 47.7 mm; 2B, 117.4 mm; 2C, 174.8 mm. GF, gill filament; GR, gill raker.

オイカワの方が約1本多い。

一般に動物食性の魚類ほど鰓耙は短かく疎生する。このことからカワムツはオイカワに比べて動物食性の傾向が強く、しかもこの傾向は成長に伴って徐々に強くなると考えられる。

咽頭骨と咽頭歯

1. 咽頭骨の形態 (Fig. 6)

全長 50 mm 付近までは両種の咽頭骨の形態はよく類似する。しかし 50 mm 以上になるとオイカワでは咽頭骨の外側にある凹面 (pitted surface) が広くなりカワムツではこの凹面が相対的に狭くなる。このためカワムツの咽頭骨はオイカワに比べてより頑丈になると考えられる。

2. 咽頭歯の形態 (Fig. 6)

両種の咽頭歯の形態はよく類似し、成長に伴う変化もほとんどなく、わずかに先端部の彎曲の程度が若干大き

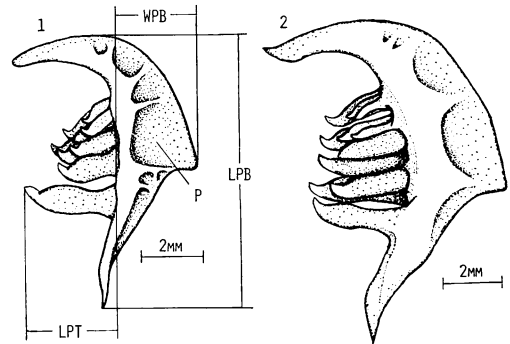


Fig. 6. Lateral aspect of left side of pharyngeal bone and its teeth. 1, *Z. platypus* (143.8 mm in total length); 2, *Z. temminckii* (143.2 mm). LPB, length of pharyngeal bone; WPB, width of the same; LPT, length of pharyngeal tooth; P, pitted surface.

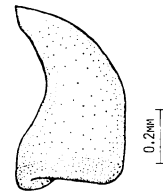


Fig. 7. Accessory pharyngeal tooth of *Z. platypus* (105.3 mm in total length). Three or four accessory pharyngeal teeth are arranged uniserially on the muscle between the second and the third rows of pharyngeal teeth.

くなるだけである。そこで成魚期における咽頭歯の形態について説明する。なお咽頭歯は両種とも3列にならぶので、外側を第1列、中央列を第2列、内側列を第3列とした。

第1列歯は第2、第3列歯より小さく、2本ある場合、これらはほとんど同大である。先端はわずかに彎曲しているか、あるいは彎曲していない。咀嚼面はほとんどない。

第2列歯は第1列歯より大きく、第3列歯に比較して同大か、あるいは小さい。ほとんどの歯の先端は彎曲している。極めて小さな咀嚼面が発達している。第2列歯の中では、下方に位置する咽頭歯ほど大きい。

第3列歯は最大の咽頭歯を含み、第1列、第2列歯に比べて扁平である。また下方に位置する咽頭歯ほど大きく、オイカワでは最下方の咽頭歯が最大であるが、カワムツでは最下方の咽頭歯とその一つ上に位置する咽頭歯とはほとんど同大である。先端は彎曲し、小さな咀嚼面を持つ。

第2～第3列歯の間の筋肉中に、咽頭骨に担われていない副咽頭歯 (accessory pharyngeal teeth) が存在し、これらは1列にならぶ3～4本の歯で構成されている。咽頭歯長は著しく短く、先端は彎曲し、第3列歯の先端部に類似する (Fig. 7)。この副咽頭歯は両種とも全長 20 mm 以上のすべての個体で認められた。

3. 咽頭歯数

オイカワ・カワムツ両種の咽頭歯数は左側第1列歯数をL-I, 左側第2列歯数をL-II, 左側第3列歯数をL-III, 右側第1列歯数をR-I, 右側第2列歯数をR-II, 右側第3列歯数をR-IIIとし、Table 2に示した。左右各歯列における歯数の出現範囲は両種とも同じであるが、平均値はL-I, L-III, およびR-IIIで両種間に有意差がみられ ($F_0=25.78$, $F_0=37.28$, $F_0=12.51$)。L-I, L-IIIではカワムツの方が多くR-IIIではオイカワの方が多い。

4. 相対成長

全長を X とし、咽頭骨長・咽頭骨幅・咽頭歯長などの各部位の大きさを Y とし、各部位について相対成長の式 $y=b+ax$ ($y=\log Y$, $b=\log B$, $x=\log X$) を求めた (Fig. 8)。なお相対成長直線の比較検定方法は「上顎長・下顎幅の全長に対する相対成長」の場合と同じである。

咽頭骨長—全長関係 (Fig. 8-1A, 2A)

オイカワ：両者の関係は全長 45 mm 附近に推定される変曲点を境とする2本の相対成長直線で表わすことができる。すなわち 44.9 mm 以下に対しては、 $y=-1.57757+1.25665x$ 、45.0 mm 以上に対しては、 $y=-1.05443+0.93096x$ が適用される。両直線間の位置の差は $F_0=2.67$ で有意ではないが、傾斜の差は $F=62.12$ で明らかに有意である。したがって全長 45 mm 附近で成長屈折が行われると考えてよい。

カワムツ：両者の関係は全長 65 mm 附近に推定される変曲点を境とする2本の相対成長直線で表わすことができる。すなわち 64.9 mm 以下に対しては、 $y=-1.83565$

$+1.43696x$ 、65.0 mm 以上に対しては、 $y=-1.09724+1.01001x$ が適用される。両直線間の傾斜の差は $F_0=291.06$ 、位置の差は $F_0=8.05$ で、いずれについても差に有意性が認められることから、全長 65 mm 附近で成長屈折が行われると見てよい。

両種の比較：オイカワ・カワムツ両種の成長屈折以前の直線間の傾斜の差は $F_0=18.38$ 、位置の差は $F_0=9.18$ 、屈折以後の直線間の傾斜の差は $F_0=11.80$ 、位置の差は $F_0=1254.21$ で、いずれの場合においても差に有意性が認められる。また Fig. 8 より明らかなように全長 45 mm 以上になるとオイカワでは成長屈折をするが、カワムツでは全長 65 mm に達するまでは成長屈折を起こさない。このために全長 45 mm 以上では両種間に顕著な差が生じ、咽頭骨長の全長に対する割合はカワムツの方が大きくなる。

咽頭骨幅—全長関係 (Fig. 8-1B, 2B)

オイカワ：両者の関係は全長 45 mm 附近に推定される変曲点を境とする2本の相対成長直線で表わすことができる。すなわち 44.9 mm 以下に対しては、 $y=-2.48945+1.42295x$ 、45.0 mm 以上に対しては、 $y=-2.00656+1.11182x$ が適用される。両直線の位置の差は $F_0=0.04$ で差は有意でないが、傾斜の差は $F_0=15.29$ で差に有意性が認められるので、全長 45 mm 附近で成長屈折が起ると考えてよい。

カワムツ：成長屈折は認められなかったので、両者の関係は単一の相対成長直線、 $y=-2.22526+1.28774x$ で示した。

両種の比較：全長 44.9 mm 以下では両種の直線間の傾斜の差は $F_0=2.74$ で差に有意性が認められないが、位置の差は $F_0=10.46$ で差は有意であるため、咽頭骨幅の全長に対する割合はカワムツの方が若干大きい。しかし全長 45.0 mm 以上になるとオイカワは成長屈折を行なうため、両直線間の傾斜の差は $F_0=25.43$ 、位置の差は $F_0=249.99$ で、傾斜および位置の両方について明らか

Table 2. Comparison of number of pharyngeal teeth on each row in two species of *Zacco*. L, left side; R, right side.

Species		Row of pharyngeal teeth					
		L-I	L-II	L-III	R-III	R-II	R-I
<i>Z. platypus</i>	Range	1~2	3~4	4~5	4~5	3~4	1~2
	Mode	1	4	4	4	4	2
	Mean	1.3	3.8	4.4	4.3	3.8	1.7
<i>Z. temminckii</i>	Range	1~2	3~4	4~5	4~5	3~4	1~2
	Mode	2	4	5	4	4	2
	Mean	1.6	3.8	4.8	4.1	3.9	1.6

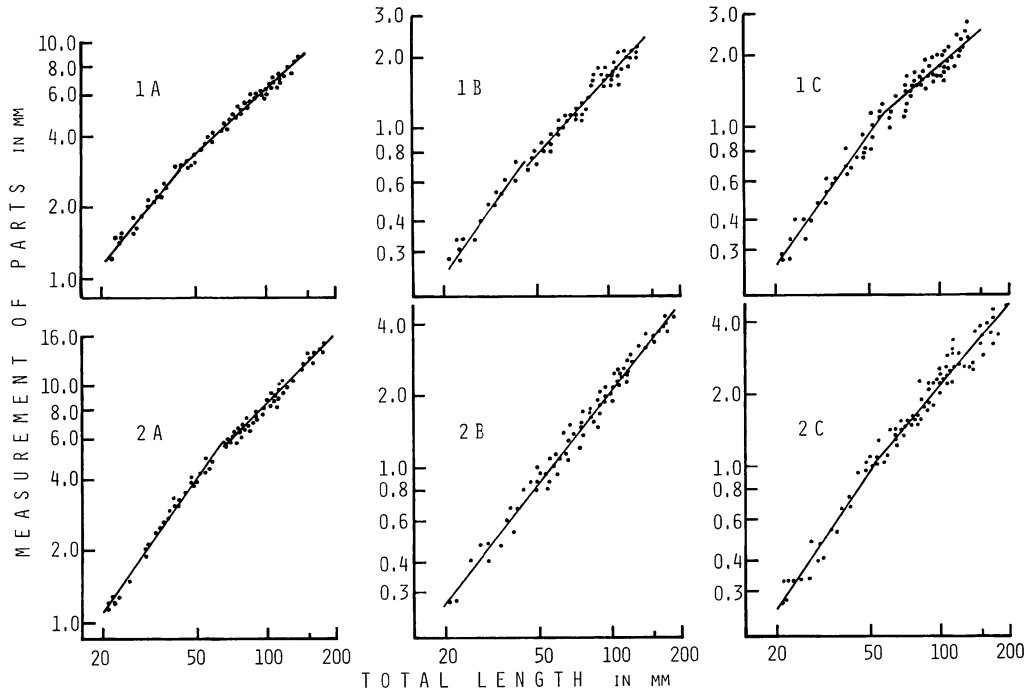


Fig. 8. Relative growth in length of pharyngeal bone, width of the same and length of pharyngeal tooth of two species of *Zacco*. 1, *Z. platypus*; 2, *Z. temminckii*. A, length of pharyngeal bone; B, width of the same; C, length of pharyngeal tooth.

に有意な差が認められ、咽頭骨幅の全長に対する割合はカワムツの方が一段と大きくなる。

咽頭歯長—全長関係 (Fig. 8-1C, 2C)

オイカワ：両者の関係は全長 60 mm 附近に推定される変曲点を境とする 2 つの相対成長直線で表わすことができる。すなわち 59.9mm 以下に対しては、 $y = -2.44733 + 1.41291x$ 、60.0 mm 以上に対しては、 $y = -1.53062 + 0.88870x$ が適用される。両直線間の位置の差は $F_0 = 0.53$ で差は有意でないが、傾斜の差は $F_0 = 29.61$ で差に有意性が認められるので、全長 60 mm 附近で成長屈折が行なわれると考えてよい。

カワムツ：両者の関係は全長 50 mm 附近に推定される変曲点を境とする 2 つの相対成長直線で表わすことができる。すなわち 49.9mm 以下に対しては、 $y = -2.49894 + 1.45613x$ 、50.0 mm 以上に対しては、 $y = -1.94157 + 1.13577x$ が適用される。両直線間の傾斜の差は $F_0 = 15.91$ 、位置の差は $F_0 = 4.86$ で、傾斜および位置の両方について差に有意性が認められた。したがって全長 50 mm 附近で成長屈折が行なわれると考えてよい。

両種の比較：成長屈折以前の両直線間の傾斜の差は $F_0 = 0.25$ 、位置の差は $F_0 = 2.02$ で、傾斜および位置の両方について差に有意性が認められなかった。しかし成長

屈折以後では傾斜の差は $F_0 = 9.67$ 、位置の差は $F_0 = 68.26$ で、いずれも差に有意性が認められ、したがって咽頭歯長の全長に対する割合はカワムツの方がかなり大きくなる。

オイカワ・カワムツ両種の咽頭歯は形態的にみて、餌生物の表皮に傷をつけたり、あるいは噛み切ったりするのに適していることから動物食に適応して発達してきたと考えられる。

咽頭骨長・咽頭骨幅・咽頭歯長の全長に対する相対成長は全長 45 mm に達するまでは両種ともよく類似した傾向を示すことから、咽頭骨および咽頭歯の動物食に対する形態的適応の程度はほぼ同じであると考えられる。しかし全長 45 mm 以上になると、オイカワでは咽頭骨長・咽頭骨幅の全長に対する相対成長直線の α の値が小さくなり、咽頭骨外側の凹面が広がる。さらに全長 60 mm 以上になると咽頭歯長の α の値も小さくなる。これに対しカワムツでは全長に対する咽頭骨長・咽頭骨幅・咽頭歯長の各相対成長直線の α はとくに成長屈折以後ではオイカワに比較して大きな値を示し、また咽頭骨外側の凹面も相対的に狭くなる。以上のことからカワムツはオイカワに比べて動物食に対する適応が成長とともにかなり強くなると推定される。

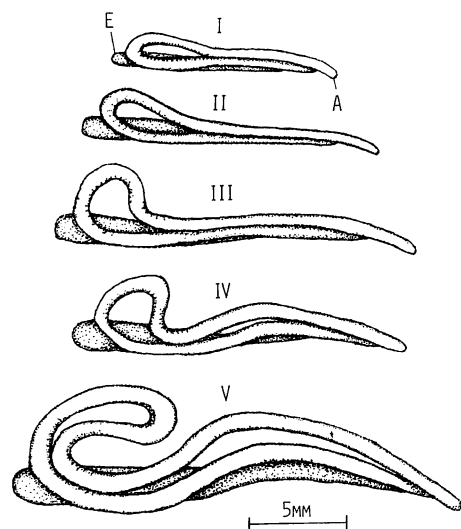


Fig. 9. Series of types of intestines according to different condition of coiling in *Z. platypus*. I, 34.5 mm in total length; II, 48.5 mm; III, 57.6 mm; IV, 54.3 mm; V, 67.6 mm. A, anus; E, esophagus.

腸の形態

オイカワ：腸の形態は Fig. 9 に示したように成長に伴って変化する。すなわち、全長 20~35 mm の個体では腸の形態はすべて I 型を示すが、全長 35~40 mm になると II 型を示す個体がまじり、全長 40~45 mm ではほとんどの個体が II 型を示すようになる。そして全長 45~50 mm になると III 型および IV 型を示す個体がまじり、全長 50~55 mm になると IV 型が大部分をしめるようになる。さらに全長 55~60 mm では V 型を示す個体がまじり、全長 65 mm 以上になってすべて V 型の形態を示すようになる。

カワムツ：腸はオイカワの I 型および II 型に類似した形態を示し、全長 20 mm 以上では成長に伴う変化は認められない。しかし全長 160 mm 以上になると腸の前部が膨出し、胃のような外観を呈する個体がみられる。

全長 35 mm 附近までは腸の形態が類似していることから、両種の植物食に対する適応は同程度であると思われる。しかし全長 35 mm 以上になると、オイカワでは腸の屈曲により腸長はカワムツに比較して著しく増加する。したがって植物食に対する適応の程度はオイカワの方が強くなると推定される。

考 察

オイカワおよびカワムツの食性に関しては名越ら (1962) がオイカワの生活史についての総合的研究の中

で、発育段階別に消化管内容物を精査することにより詳細に報告している。そこで著者らは名越らの報告を参考にしこの研究で明らかにした上顎長・下顎幅・口腔床部・咽頭骨・咽頭歯および腸などの摂餌・消化に関係する各部位の形態的特徴を食性と関連づけて考察した。

発育段階の全長による区分については、従来から多くの報告があるが、必ずしも一致した結果が得られていない。例えば、岡田・清石 (1936) はオイカワの稚魚期の終りを全長 29 mm とし、内田 (1939) は稚魚期と未成魚期を分ける基準を鱗完成時におき、この時期における全長を 30 mm とした。また鱗完成時の全長については、中村(一) (1952) は 33 mm、中村(守) (1969) は 43.1 mm であるとし、いずれも内田の全長とは異った値を示している。一方名越ら (1962) はオイカワ・カワムツ両種の発育段階を形態・生息場所・食物・捕食者などの変化の面から 6 段階に分け、稚魚期の終りを全長 25 mm とした。未成魚期と成魚期を分ける基準は内田によると最初の成熟である。名越らは両種とも全長 65 mm 前後ではじめて成熟するとし、発育段階では全長 62.1 mm 以上を成魚期とした。

今回の研究では鱗の形成や生殖腺の熟度について観察しなかったため、オイカワの腸型の変化を基準にして発育段階の区分を試みた。すなわち、腸型がすべて I 型を示す全長 34.9 mm 以下を稚魚期、腸型が変化の過程にある全長 35.0~64.9 mm を未成魚期、完全に V 型になった全長 65.0 mm 以上を成魚期とした。これらの全長範囲を上記述べた各発育段階の全長と比較すると、稚魚期の終りの全長は中村(一) (1952) の鱗完成時の全長に近く、成魚期に入った時の全長は名越ら (1962) の全長にはほぼ一致する。またカワムツの発育段階についてもオイカワと同じ全長範囲で区分した。

稚魚期 (全長 34.9 mm 以下)

オイカワ・カワムツ両種の口腔床部・咽頭骨・咽頭歯・鰓耙および腸などの各部位の形態には大きな差がみられず、また特定の食餌に対する形態的適応の程度も弱い。したがってこの段階における摂餌は口の大きさと運動力によって規定される。以上のことからオイカワの食餌は生息場所に比較的豊富に存在する附着藻類と、その中に生息する小型水生昆虫であると考えられる。

カワムツもオイカワと同様、附着藻類と小型水生昆虫が食餌の中心となるが、オイカワに比較して口が大きいことから、より大型の動物を捕食することも可能ではないかと思われる。

未成魚期 (全長 35.0~64.9 mm)

この段階に入ると、口腔床部・咽頭骨・咽頭歯および

腸などの各部位に形態的变化が起り、種の特性が顕著に現われてくる。オイカワでは口腔床部に口床皮褶や乳頭突起が発達し、腸が相対的に長くなることなどから附着藻類食に対する適応はより強くなり、逆に咽頭骨および咽頭歯の成長がカワムツに比較して著しく劣ることから動物食に対する適応はより弱くなると考えられる。したがってこの段階におけるオイカワの食餌は附着藻類が中心であると推定される。

一方カワムツでは口唇に唇褶が形成されること、咽頭骨および咽頭歯の成長がオイカワに比較して優れていることなど動物食に対する形態的適応がより強くなるが、口床皮褶や乳頭突起の発達の程度が低く、また腸型も変化しないことなどから逆に附着藻類食に対する適応は一段と弱くなるようである。すなわち未成魚期のカワムツの食餌は生息場所に豊富に存在し、容易に捕食できる陸上性昆虫が中心になると推定される。

成魚期 (全長 65.0 mm 以上)

未成魚期に生じた各部位の形態的变化は一応完了し、種の特性が確立される。オイカワでは未成魚期に引きつづき口床皮褶の発達がみられ、全長 90 mm 前後になるとすべての口床皮褶が顕著に隆起すること、口床皮褶上の乳頭突起が徐々に肥大し、全長 110 mm になると、とくに第 1 口床皮褶上の乳頭突起が顕著に肥大すること、および腸も腹腔内を屈曲することにより著しく伸長することなどから附着藻類食に対する適応は更に強くなると思われる。またオイカワはカワムツに比較して小さいが充分機能的である咽頭骨および咽頭歯を有していることは動物食に対する適応も微弱ながら備えていることを意味している。以上のことからオイカワの成魚期における食餌は附着藻類が中心となるが、冬季附着藻類が減少した時、あるいは羽化期のように水生昆虫が豊富な場合には昆虫も捕食することが考えられる。

一方カワムツでは全長 55 mm 以上になると第 1・2 口床皮褶は顕著に隆起するが、その他の口床皮褶では隆起の程度が微弱であること、第 1・2 口床皮褶以外の皮褶上に肥大した乳頭突起が形成されないこと、および腸型は II 型で、腸の伸長がみられないことなど附着藻類食に対する形態的適応の程度は弱い。しかし鰓耙は全長 60 mm

以上の個体では先端が丸みを帯び、太短くなり、とくに角鰓骨上の鰓耙は全長 120 mm 以上になると、平頭あるいは瘤状になる場合があること、および下顎幅・咽頭骨および咽頭歯の成長がオイカワに比較して優れていることなど動物食に対する形態的適応は未成魚期に引きつづき強い。したがって成魚期におけるカワムツの食餌は主として陸上性昆虫などのような動物性のものであると推定される。

引用文献

- 江草周三. 1950. マボラの後期稚魚期における食性に関する二三. 日本水産学会誌, 15 (11): 715~720, fig. 1.
- 伊藤 隆. 1951. 相対成長の推測統計学的考察. 科学教育研究会, 東京, i+45 pp. .
- Iwai, T. 1962. Studies on the *Plecoglossus altivelis* problems: Embryology and histophysiology of digestive and osmoregulatory organs. Bull. Misaki mar. biol. Inst., Kyoto Univ., (2): 1~101, figs. 1~37.
- 窪田三朗. 1961. マアナゴの生態・成長ならびに変態に関する研究. 三重県立大学水産学部紀要, 5 (2): 190~370, figs. 1~71, pls. 1~66.
- 松井 魁. 1938. 鮎 (*Plecoglossus altivelis* T. et S.) の消化系の発達と食性との関係. 水産研究誌, 33 (10): 457~469, figs. 1~8.
- 名越 誠・川那部浩哉・水野信彦・宮地伝三郎・森主一・杉山幸丸・牧 岩男・斉藤洋子. 1962. 川の魚の生活 III. オイカワの生活史を中心にして. 京都大学生理生態研究業績, (82): 1~19, figs. 1~11.
- 中村一雄. 1952. 千曲川産オイカワ (*Zacco platypus*) の生活史 (環境, 食性, 産卵, 発生, 成長其他) 並にその漁業. 淡水区水産研究所研究報告, 1 (1): 2~25, figs. 1~14, pl. 1.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科学シリーズ 4, 資源科学研究所, 東京, viii+ii+455 pp., 19 figs., ii+149 pls.
- 岡田弥一郎・清石礼造. 1936. 日本産淡水魚の仔魚及び稚魚の形態並に生態的研究 (III). 水産研究誌, 31 (12): 687~696, figs. 1~13.
- 内田恵太郎. 1939. 朝鮮魚類誌 第一冊. 絲頸類, 内頸類. 朝鮮総督府水産試験場報告, (6): viii+1~458, figs. 1~46, pls. 1~47.

(514 三重県津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部)