

## ナマズ稚魚の下あごひげの再生、ならびに琵琶湖産 ナマズ類の下あごひげの比較

佐藤光雄・片桐康雄  
(弘前大学理学部生物学教室)

Regeneration of the mandibular barbels of the fry of the catfish, *Parasilurus asotus*, and comparison of histological structure of the mandibular barbels of three catfishes inhabiting Lake Biwa

Mitsuo SATO and Yasuo KATAGIRI  
(Department of Biology, Faculty of Science, Hirosaki University,  
Hirosaki, Aomori-ken)

ナマズ類のひげの正常再生については BEIGEL (1912), GOSS (1954), KAMRIN & SINGER (1955), 及び THORNTON (1961) の報告があり, 再生時における軟骨支柱の重要性を指摘している。特に GOSS (1956) は神経の表皮に対する作用と軟骨膜細胞の移動の二つが, ひげの正常再生に不可欠であることを報じている。本邦産ナマズの稚魚は2対の下あごひげをもち, そのうちの1対はあとで退化消失する (ATODA, 1935)。このように消失する下あごひげを一時下あごひげ temporary mandibular barbel と呼ぶことにすると, このひげの再生力は稚魚の生長にともなつて当然低下するはずである。この下あごひげが退化を起しかけた時にその先端部を切除されると, その伤口が完全にふさがれるものなのか, またもしふさがれるとすればどれ位の日時を要するものか, さらにこの場合軟骨膜細胞の移動が起るものなのかなどを知るために以下の調査を行なつた。なお京都大学の友田淑郎氏の依頼により, 3種の琵琶湖産ナマズの下あごひげの組織構造を比較観察したので, その結果をもあわせてここに報告する。

### 材料と方法

ひげの再生実験に用いた稚魚は, 1962年6月2日から8日にかけて弘前市近郊の水田から採集した受精卵を実験室内で孵化, 飼育したものである。下あごひげの切断は全長 20 mm 及び 35 mm の稚魚各 30 尾について試みられ, 各個体の右側 1 対の下あごひげ (一時下あごひげと永存下あごひげ permanent mandibular barbel) の先端約 3 分の 1 を眼科用鉗で切断し, 左側の 1 対の下あごひげを対照とした。切除は稚魚を 0.5% クロレトンで麻酔後, 解剖顕微鏡下で行なわれた。再生経過を知るために, 切断直後, 切断後 6 時間, 12 時間, 1 日, 2 日, 3 日, 4 日, 5 日, 6 日, 及び 8 日目のひげをブアン液で固定, 10 $\mu$  のパラフィン切片を作り, ヘマトキシリン・エオシンの二重染色を施した。なお飼育観察中の水温は 20~23°C であった。

\* 片桐の現所属は北海道大学理学部動物学教室

琵琶湖産ナマズ類のひげの比較に用いた材料は、友田淑郎氏が堅田漁業協同組合から入手し、必要部位をブアン液に固定、送付されたものである。パラフィン切片の作製及び染色法は、上記のひげの再生の場合と同様である。

## 結 果

1. 下あごひげの再生 永存ひげと一時ひげの再生経過を、全長 20 mm と 35 mm の稚魚について観察した。

a. 20 mm 稚魚 この時期の稚魚においては、永存ひげと一時ひげの長さがほぼ等しく約 3 mm で、黒色素胞が少なく白っぽい色をしている。永存ひげを切断すると、切断直後には傷口から表皮細胞やその他の細胞が血液とともに流出するが(第1図)，間もなく赤血球、表皮細胞などやこれらの崩壊物の混入した粘液様のもので傷口がふさがれる。また表皮が傷口をおうってくる。切断後 6 時間経過すると、2 層位の表皮細胞によって傷口が完全におうわれてしまい(第2図)，最初に傷口をふさいでいた血液などの凝固物はみられなくなる。被覆した表皮と軟骨支柱の切断端との間に赤血球や軟骨膜細胞が集まつてくる。軟骨膜細胞は軟骨膜内では



Regeneration of permanent mandibular barbel of 20 mm long fry.

- Fig. 1. Cut end of barbel, immediately after amputation.  $\times$  ca. 150.  
 Fig. 2. Healed stump, 6 hours after amputation.  $\times$  ca. 450. cr, cartilaginous rod; p, perichondrium.  
 Fig. 3. Regenerating barbel, 12 hours after amputation, showing the formation of cartilaginous rod blastema (b).  $\times$  ca. 650.  
 Fig. 4. Incipient terminal bud (tb) in the regenerate, 5 days after amputation.  $\times$  ca. 650.

細長い形をしているが、軟骨支柱の切断端に集っているものは紡錘形をしている。切断12時間後には傷口をおうった表皮と軟骨支柱切断端との間にかなりスペースができ、そこに集まる軟骨膜由來の細胞がその数を増し、且軟骨支柱に対して大体直角に位置するようになる(第3図)。この細胞群がGoss(1954)のいう軟骨支柱の再生芽にはかならない。この時期に細い血管が傷口をおうった表皮層に到達している。切断後2日目になると、切断ひげの先端部の表皮も4層位の厚さになり、基底膜近くの表皮細胞に分裂像がしばしばみられるようになる。また上記の軟骨再生芽の細胞にも相当数の分裂像が認められ、且これらの細胞間に線維状構造があらわれ、明らかに軟骨化の徵候を示し始める。この時期には既に神経の再生も進んでいるようであるが、銀染色などのような特別の染色法を施さなかったので、その分布状態をみるとることはできなかつた。切断の3日後には再生芽細胞から分化新成された軟骨支柱が再生部に判然と認められ、また個体によつては再生部の先端表皮中に終末棍 terminal bud がみられた。切断後5日目になると切断された下あごひげは伸長して対照として残された左側の永存下あごひげと同じ長さに達し、内部構造その他においても対照のひげと大差がなく、再生部位の表皮中にはかなりの数の終末棍も認められるにいたつた(第4図)。この結果から永存下あごひげの再生部の伸長率は1日あたり平均約0.25mmといつてよい。なお再生部位の結合組織も細胞分裂を起すものと思われるが、この部位付近の結合組織に核分裂像をみるとことはできなかつた。なおこの時期の一時ひげの再生経過は永存ひげのそれと大差なく、切断後6時間目には傷口が表皮によつて完全におうわれ、切断の12時間後にはこの表皮と軟骨支柱の切断端との間に、赤血球や軟骨膜細胞が集まり(第5図)、切断後5日で左側の対照の一時下あごひげとほぼ同じ長さになつた。

b. 35 mm稚魚の永存ひげ この時期の永存ひげの全長は3.4~4mmで、切断後の再生経過は前述の20 mm稚魚の永存下あごひげの場合とほとんど変りがない。ただ20 mm稚魚にして、再生に多少日時を要する。たとえば、終末棍が再生部に形成されるのは切断後早くて3~4日であった。

c. 35 mm稚魚の一時ひげ 自然環境では稚魚の全長が40~50mmになるまで生長しないとこのひげの退化は起らないが、実験室内で飼育した場合は稚魚の生長がおくれ、全長35mm稚魚の一時下あごひげに退化現象がみられた。前述のように永存下あごひげの長さが3.4~4mmであるのに、一時下あごひげのそれは約2.5mmであり、内部構造も著者らの一人 SATO(1959)の報告にあるような退化的状態を示していた。このひげの先端3分の1を切除すると、6時間後になつても傷口は表皮によつて完全にふさがれることなく、傷口が凹んで、この部位に赤血球などをまじえた凝固物を見るに過ぎない(第7図)。切断後12時間目になつても、傷口は表皮によつて完全におうわれなく、軟骨支柱の切断端は露出に近い状態にある。切断の1日後には1層の表皮が傷口をほとんどおううが、この表皮と軟骨支柱の切断端との間にある僅かな間隙、及び切断端周辺に集まるのは赤血球で、軟骨膜細胞は極めて少なかつた(第6図)。切断後3日以上経過しても上記の状態にはほとんど変化がなく、再生芽の形成もみられず、従つてひげの伸長も全く認められなかつた。また傷口をおうった表皮中に終末棍もあらわれなかつた。

2. 3種の琵琶湖産ナマズの下あごひげの組織構造 琵琶湖には普通のナマズ *Parasilurus asotus* のほかに、ビワコオオナマズ *P. biwaensis* とイワトコナマズ *P. lithophilus* の2種が棲息する(TOMODA, 1961)。TOMODA(1961)及び友田(1962)によるとビワコオオナマズの下あごひげは発達が悪く、このナマズの体長が20cmを超すころには、下あごに弱々しくなれた



Amputation of temporary mandibular barbel of 20 mm long (Fig. 5)  
and 35 mm long fry (Figs. 6-7).

Fig. 5. Healed stump of barbel, 12 hours after amputation.  $\times$  ca. 400.

Fig. 6. Cut end of barbel, 1 day after amputation.  $\times$  ca. 450.

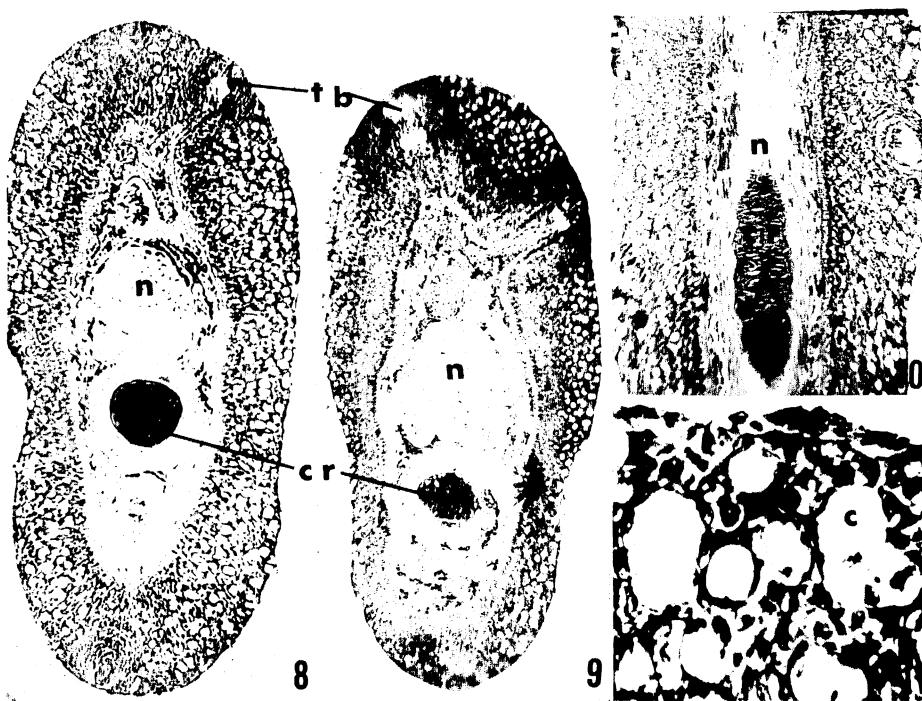
Fig. 7. Cut end of barbel, 6 hours after amputation.  $\times$  ca. 650.

付属器官として残存する。このようなことから友田氏はこのナマズの下あごひげの表皮には終末棍のような感覚器が埋在しているものかどうかを、ほかのナマズの下あごひげと比較調査するよう筆者らに依頼があった。

今回用いた材料について上下両あごひげの長さを比較すると、下表の通りである。

	体 長 (cm)	頭 長 (cm)	上あごひげの 長さ (mm)	下あごひげの 長さ (mm)
ナ マ ズ (♀)	33	6.5	80	20
イワトコナマズ (♀)	45	8.9	80	16
ビワコオオナマズ (♀)	85	19.8	185	14

上の表からもわかるように、ナマズ及びイワトコナマズの下あごひげの長さは上あごひげの20%に達しているのに、ビワコオオナマズの場合は20%に及ばず、ビワコオオナマズの下あごひげの発達の悪いことは友田の指摘の通りである。しかしひげの組織構造をみると、上記の3種には大差がなく、ビワコオオナマズのひげ表皮にも終末棍が埋在しており(第8~10図)，この結果だけからはビワコオオナマズの下あごひげの機能が、ほかのナマズ類のそれよりも劣っているとはきめられない。一方、イワトコナマズの下あごひげの表皮中にclavate cellと考えられるものがみられた(第11図)。従来この細胞はひげの表皮には存在しないといわれていたものである。



Comparison of histological structure of mandibular barbel of three species of catfishes from Lake Biwa.

Fig. 8. *Parasilurus asotus* (cross section).  $\times$  ca. 80.

Fig. 9. *P. biwaensis* (cross section).  $\times$  ca. 80.

Fig. 10. *P. lithophilus* (longitudinal section).  $\times$  ca. 80.

Fig. 11. Section of epidermis of barbel of *P. lithophilus*, showing clavate cell (c).  $\times$  ca. 450. n, nerve; tb, terminal bud; other letter, vide Fig. 2.

### 考 察

OOSTEN (1957) は魚類の皮膚のもつ働きの一つとして、傷つけられた直後に皮膚の傷口から多数の白血球をまじえた粘液が分泌され、傷口をふさぐことをあげている。これは皮膚の表面近くにつくられた浅い傷口の場合であるが、ナマズのひげの切断直後にも上記と類似した現象がみられた。ただ本観察においては白血球のための組織学的方法を施さなかったので、ひげの切断端の皮膚から分泌される粘液中に多数の白血球が存在するものか否かは明らかでない。

ナマズ稚魚の下あごひげの再生過程は、退化途上にある一時ひげの場合を除いて、Goss (1954) 及び KAMRIN & SINGER (1955) の結果とよく一致する。ただこれらの研究者の用いた *Ameiurus* では、軟骨支柱の再生芽の形成や再生部の表皮に終末棍が出現するまでに、今回の稚魚の場合より多くの日時を要している。これは用いた *Ameiurus* がいずれも 10 cm 内外の個体であったことが主な原因と考えられる。

孵化後 40 日以上実験室内で飼育した全長 35 mm の稚魚の一時下あごひげは既に退化の徵候を示しているが、この時期には自然環境におけるナマズの稚魚の全長は 50~60 mm になつてゐるわけで、一時ひげが退化を起しても不思議がない。今回の結果からこの一時ひげの表皮も再

生力をほとんど失つてゐることは明らかであり、傷口は切断後1日で漸く既存の表皮によつておうわれるに過ぎなく、この表皮と軟骨支柱の切断端との間に軟骨膜細胞が集積するだけの間隙も形成されない。この状態はひげの切断後4000rのX線を切断部位にあてた場合(GOSS, 1955)のそれに類似している。

「結果」の項で既に述べたように、イワトコナマズの下あごひげの表皮に clavate cell とよぶべきものが存在する。しかも頭部の皮膚に接続するひげの基部ではなく、ひげのかなり先端部にこの細胞がみられる。OXNER(1905)は *Ameiurus*などのナマズ類のひげにはこの細胞が存在しないと報告している。イワトコナマズのひげはこの点における一つの例外とも考えられるが、調査個体数が1尾に過ぎなく、確たる結果とは云えない。今後なお調査の必要がある。

## 要 約

- 全長20mm及び35mmのナマズの稚魚の下あごひげの再生経過と3種の琵琶湖産ナマズ類の下あごひげの組織構造を調べた。
- 20mm稚魚においては永存ひげも一時ひげもその再生経過には差異がなく、ひげ切断後約6時間で傷口は表皮によって完全におおわれ、12時間後には軟骨支柱の再生芽が形成され、切断後5日目で対照のひげと同じ長さ及び組織構造をもつにいたる。
- 35mm稚魚の永存ひげの再生は、再生に幾分多くの日時を要する点を除くと、20mm稚魚のそれとほとんど変りがない。
- 35mm稚魚の一時ひげは退化の兆しをみせていたが、このひげを切断した場合、傷口が切断後1日目にしてようやく1層の表皮でおおわれるだけで、軟骨膜細胞の切断端への移動はみとめられない。
- ビワコオオナマズの下あごひげはナマズ及びイワトコナマズのそれに比して短少で発達が悪いが、その組織構造においてはこれら3種間にほとんど差異がない。

## 文 献

- ATODA, K. 1935: The larva of the catfish: *Parasilurus asotus* L. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. (Biol.), vol. x (1), pp. 29-32.
- BEIGEL, C. 1912: Regeneration der Barteln bei Siluroiden. Arch. Ent-Mech. Bd. xxxv s. 363-370.
- GOSS, R. J. 1954: The role of the central cartilaginous rod in the regeneration of the catfish taste barbel. J. Exp. Zool., vol. cxxvii (1), pp. 181-200.
- 1955: The effect of X rays on taste barbel regeneration in the catfish, *Ameiurus*. Am. J. Anat., vol. xcvi (1), pp. 59-78.
- 1956: An experimental analysis of taste barbel regeneration in the catfish. J. Exp. Zool., vol. cxxxix (1), pp. 27-44.
- KAMRIN, R. P. and M. SINGER 1955: The influence of the nerve on regeneration and maintenance of the barbel of the catfish, *Ameiurus nebulosus*. J. Morph., vol. xcvi (1), pp. 173-182.
- OOSTEN, J. V. 1957: in The Physiology of Fishes. vol. i, Academic Press Inc., New York.
- OXNER, M. 1905. Ueber die Kolbenzellen in der Epidermis der Fische; ihre Form, Verteilung, Entstehung und Bedeutung. Jena. Zeit. f. Naturwiss., Bd. xl, s. 589-646.
- SATO, M. 1959: Some observations on the temporary mental barbels of the larva of the Japanese catfish, *Parasilurus asotus*. Annot. Zool. Japon., vol. xxxii (1), pp. 18-22.
- THORNTON, C. S. 1961; in The Encyclopedia of the Biological Sciences. Reinhold Publishing Co., New York.
- TOMODA, Y. 1961: Two new catfishes of the genus *Parasilurus* found in Lake Biwa-ko. Mem.

Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B, vol. xxviii (3), pp. 347-354.

友田淑郎 1962: びわ湖産魚類の研究 I. びわ湖産3種のナマズの形態の比較およびその生活との関連。魚類学雑誌, 第 viii 卷 (5~6 号), 126-146,

### Résumé

1. Regeneration of the mandibular barbel The fry of the catfish possesses two pairs of mandibular barbels: one is permanent and the other is temporary. The temporary barbels degenerate and ultimately disappear when the body length of the fry exceeds about 40 mm (ATODA, 1935). The regenerative ability of the temporary barbels may be expected to diminish gradually according to the increase in body length of the fry. The present paper reports on the regeneration of both the permanent and the temporary barbels of the fry measuring 20 mm and 35 mm in total length, respectively. In 60 animals, the distal one-third of a pair of right mandibular barbels was amputated.

In the 20 mm long fry, the permanent and the temporary mandibular barbels were similar in the processes of regeneration. Within six hours after amputation, a two-cell layer of epidermis covered the wound area, and perichondrial cells infiltrated into the space between the end of the cartilaginous rod and the overlying epidermis. By approximately twelve hours after amputation, the perichondrial cells mentioned above increased in number and oriented at a right angle to the axis of the cartilage. The accumulation of the perichondrial cells represents the initial formation of blastema of cartilaginous rod. By about three days after amputation, the blastema differentiated into cartilaginous rod, and incipient terminal buds appeared in the epidermis of the regenerate. Once the cartilaginous rod blastema had been formed, the regenerate elongated at the rate of about 0.25 mm per day at temperatures varying between 20-23°C, and attained the similar length and structure to those of the intact barbel by five days after amputation.

The processes of the regeneration of permanent barbels of the 35 mm long fry were similar to those of the barbels of the 20 mm long fry, except that the former needed more time than the latter in accomplishment of the regeneration.

The temporary barbels of the 35 mm long fry showed degenerative figures in their structure, and failed to regenerate normally. One day after amputation, the end of the barbel stump was barely covered with a layer of epidermal cells, but the accumulation of the perichondrial cells did not occur,

2. Histology of the mandibular barbel of three catfishes of Lake Biwa Three species of catfishes of Lake Biwa can be distinguished from their morphology and mode of life (TOMODA, 1961, '62). TOMODA (1961, '62) found that the mandibular barbel of *Parasilurus biwaensis*, a member of the catfishes, was short and very feeble. He suspected that the barbel might be little effective as a sensory organ (personal communications). However, the present observation revealed that there were no great differences in histological structure among barbels of these three catfishes.