

アユの櫛状歯の無機質量

駒田 格知

Amount of Inorganic Matter in Comb-like Teeth of *Plecoglossus altivelis*

Noritomo Komada

(Received July 24, 1980)

Denticles (banjoshi in Japanese term) constituting comb-like teeth were extracted from about 200 adult ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel: about 100 fish from the Yahagi River (anadromous type) and about 100 fish which were collected in Lake Biwa and then cultured for two months in a pond (lacustrine type). The two types of samples were analyzed for calcium, magnesium and ash contents by chelatometry. Calcium made up 22~23% of the dry weight of denticles, and the total ash accounted for about 54% of the dry weight of denticles. Amounts of calcium, magnesium and ash were not different in anadromous and lacustrine types of the species. The results were basically similar to the amounts of calcium, magnesium and ash obtained for rats and rabbits.

(Department of General Anatomy, Gifu College of Dentistry, 1851 Hozumi-cho, Motosu-gun, Gifu-ken 501-02, Japan)

アユ *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel は、標準体長 50~80 mm の河川溯上期に、動物性から植物性への食性の変化に伴って、稚魚型歯系（円錐歯）から成魚型歯系（櫛状歯）に変化することが古くから知られている。これら円錐歯および櫛状歯に関して、その発生、組織についてかなり研究が行われてきた（松井、1938；堀井、1950；Iwai, 1956, 1962）。しかし、これらの歯の化学組成に関する研究はほとんどみられず、櫛状歯や門歯の蛋白質の電気泳動パターンについての報告があるのみで（Komada and Katsukawa, 1978），無機成分に関して不明な点が多い。そこで、本研究では、キレート滴定法により櫛状歯の無機成分の分析を行い、哺乳動物の歯の成分と比較検討した。

材料および方法

1978 年 7 月~8 月に、矢作川（愛知県西尾市）で投網により標準体長 12.0~16.0 cm の海産溯上アユの成

魚約 100 尾を採捕した。一方、1978 年 5 月に琵琶湖で採捕したアユを 2 カ月間池中放養した後、約 100 尾を取り上げ標本とした。これらの標本は、本文中、前者を海産アユ、後者を湖産アユと呼ぶこととする。標本中、5 尾ずつを中性フォルマリン 10% 溶液で固定し、他は -20°C で冷凍保存した。その後、冷凍標本の上顎および下顎から櫛状歯を構成する板状歯（小歯）を電子顕微鏡用ピンセットで 1 本ずつ抜歯した。この板状歯は長さ約 2 mm、最大幅約 0.4 mm、厚さ約 0.04 mm で非常に小型であるため、少量の付着物によっても分析結果が大きく影響されると考えられるので、実体顕微鏡下で結合組織等の軟組織を可能な限り除去した。

海産アユと湖産アユのそれぞれで、これらの板状歯を 2~4 尾分、歯数にして約 800~1500 本ずつ 8 群に分けて粉碎し、110°C 2~4 時間送風乾燥した後、秤量ビンで乾燥重量を測定した。さらに、その乾燥試料（約 0.01~0.02 g）をポートで 700°~800°C 条件下で完全に灰化し、灰分の重量を測定した。そして、灰分（0.005~0.012 g）を 6N-HCl 少量で溶解し、メスフラスコに蒸留水で移し、全量を 100 ml として試料原液とした。これらの原液を 10 ml ずつ取り、佐々木・深江（1973）に従ってキレート滴定法により Ca および Ca+Mg の定量を行った。

次に、中性フォルマリン溶液固定の標本より抜歯した板状歯を HNO₃ 5% 溶液で 20 分~2 時間脱灰処理した後、処理前の形態と比較した。また、板状歯をアリザリン・レッド S で染色し、色調の部位的差異を観察した。一部の標本については 5% 酢酸で脱灰後、パラフィンおよびセロイジンに包埋して薄切、ヘマトキシリン・エオジン染色およびアザン染色を行って櫛状歯の組織および歯周組織について鏡検した。

実験結果

アユの上・下顎から抜歯した歯を乾燥・灰化後、キレート滴定法によって Ca および Ca+Mg を定量した結果は Table 1 に示す通りであった。板状歯の灰分量は乾燥重量の平均 54%，Ca 量は乾燥重量に対して平均 22~23%，灰分量に対して平均 39~40% であり、Mg 量は Ca 量よりも著しく少なく、約 1/10 であった。これらの分析結果に関しては海産アユと湖産アユの間で全く差異はみられなかった。

HNO₃ 5% 溶液で脱灰処理した板状歯は、20 分経過するとアリザリン・レッド S に対して全く呈色せず、処理前の歯に比較して最大幅が約 30% 短縮し、最大幅を示す部分でほとんど溶解する部位が認められた（Fig. 1）。

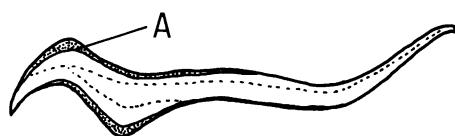


Fig. 1. Shape of the denticle constituting comb-like teeth in the upper jaw of a specimen of 140 mm in standard length. A, portion dissolving in 5.0% HNO_3 solution for 20 min.

1). しかし、歯の長さや厚さについてほとんど差異がみられなかった。次に、無処理の歯をアリザリン・レッド S で染色して色調の部位的差異を調べたところ、歯の先端部および末端部は他の部分よりも染色が淡く、最大幅を示す部分で最も濃かった。従って後者は前者よりも石灰化が著しいことが分かった。なお、観察には 4 尾 20 本の歯を用いた。

さらに、組織標本を鏡検したところ、櫛状歯は上顎骨および歯骨の外側面に配列し、歯の末端部は結合組織内に終り、筋肉も全く付着せず、下部の骨とも結合していないことが明らかとなつた。この場合、結合組織線維は歯の末端部と下部の骨の間で骨に並行するように走行していた。

考 察

アユの櫛状歯の発生・組織・形態に関する研究は多い (Chapman, 1941; 堀井, 1950; Iwai, 1956, 1962)。ところが、櫛状歯は極めて薄く、エナメル質、象牙質および歯髄によって構成されるという報告 (堀井, 1950) がある一方では、エナメル質は存在しないという報告

(Iwai, 1956) もある。なお、この場合のエナメル質は、Poole (1967), 桐野 (1969) ら以来、魚類一般でエナメロイドと呼ばれているものと同じである。しかし、前述したように、櫛状歯を構成する板状歯には、 HNO_3 5% 溶液で脱灰処理すると不溶解物をほとんど残さずに溶解する部分、すなわち、石灰化のかなり進んだ部位が存在することも事実である。なお、本研究で鏡検した組織標本は脱灰処理をしたものであり、エナメロイドの有無に関する知見は得られなかつた。この点については、発生学的および組織化学的立場からの研究も必要と思われ、今後の課題であろう。

今回の分析で得られたアユの板状歯の Ca 量および Mg 量はラット臼歯 (井出ほか, 1964a) やイエウサギの歯の象牙質 (井出ほか, 1964b) の分析結果とほぼ似た値を示した。しかし、ヒトの象牙質およびセメント質の Ca 量は 26~27% (日本生化学会, 1979) であり、アユの歯ではこれらよりやや少ない傾向がみられた。さらに、ラット臼歯やイエウサギの歯の無機質量は不明のために比較できないが、ヒトの象牙質やセメント質の無機質総量の乾重量に対する比率とアユの歯の結果を比べると、前者は 72~80% であり (日本生化学会, 1979), アユの歯の灰分量はかなり少なかった。その原因のひとつには、板状歯が非常に小さいために、物理的に歯の表面から除去されなかつた軟組織が分析結果に影響を与えたことも考えられる。しかし、河川に溯上したアユが激しい游泳をしながら着生藻類を削り取る際に、岩石の表面や小石等と接触するため、高度に石灰化した歯では破損が大きいと考えられる。そこで、その破損を防ぐために、石灰化の程度を低くして歯に弾力性を富ませているとも考えられる。この場合、歯の先端部における石灰

Table 1. Ash, calcium and magnesium contents in denticles constituting the comb-like teeth of *Plecoglossus altivelis* from the Yahagi River and Lake Biwa. (%)

N	Yahagi River		Lake Biwa		
	Mean \pm SD	Range	Mean \pm SD	Range	
Ash weight	8	54.2 \pm 2.2	50.0~59.5	54.0 \pm 2.5	51.0~59.2
Dry weight					
(Ca+Mg) weight	8	24.8 \pm 1.8	21.0~28.6	25.0 \pm 2.0	20.5~29.0
Dry weight					
Ca weight	8	22.2 \pm 2.2	19.8~28.0	23.1 \pm 2.1	20.1~27.2
Dry weight					
(Ca+Mg) weight	8	42.4 \pm 1.4	38.0~45.0	43.0 \pm 1.5	38.4~46.2
Ash weight	8	39.0 \pm 2.1	35.5~44.0	40.1 \pm 2.0	36.0~44.3
Ca weight					
Ash weight					

化的程度は中央部よりもかなり低く、板状歯は破損するよりも摩耗すると考えられる。

謝 詞

本研究について終始御指導・御鞭撻を賜わった岐阜歯科大学堀井五十雄教授、岐阜大学出浦滋之教授、ならびに分析方法につき種々御教示下さった岐阜大学化学教室五島文韶教授に深謝の意を表します。

引 用 文 献

- Chapman, W. M. 1941. The osteology and relationships of the isospondylous fish, *Plecoglossus altivelis* T. and S. J. Morphol., 68(3): 425~455, figs. 1~12.
- 堀井正雄. 1950. 成長速度を異にする鮎の口部形態の差異. 歯科学雑誌, 7(9): 3~8, figs. 1~4.
- 井出春夫・若松桂子・伊藤一利・丸山秀雄・野尻敏樹. 1964a. ラット臼歯の無機質量の歯種別比較. 日大歯学, 38: 267~277, figs. 1~5.
- 井出春夫・若松桂子・村上二郎・村田清起・郷家保雄. 1964b. EDTA 長期連続投与による家兎象牙質ならびに下顎骨の無機成分の量的変化. 日大歯学, 38: 115~122, figs. 1~5.
- Iwai, T. 1956. Development of the comb-like teeth in a salmonid fish, *Plecoglossus altivelis* T. and S. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 22(1): 12~15, figs. 1~3.
- Iwai, T. 1962. Studies on the *Plecoglossus altivelis* problem: Embryology and histophysiology

of digestive and osmoregulatory organs. Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., 2: 1~101, figs. 1~37.

桐野忠大. 1969. 歯の硬組織の比較発生—魚類、両棲類、爬虫類について—. 荒谷真平他編: 硬組織研究—歯の形成を中心として—. 医歯薬(株), 東京, pp. 361~381, figs. 1~40.

Komada, N. and H. Katsukawa. 1978. Studies on the teeth of *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel (3) Electrophoretic pattern of proteins from incisor and denticle (Banjoshi) in ayu. J. Gifu Dent. Soc., 6(2): 70~75, figs. 1~6.

松井 魁. 1938. 鮎 (*Plecoglossus altivelis* T. & 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.

Poole, D. F. G. 1967. Phylogeny of tooth tissues: Enameloid and enamel in recent vertebrates, with a note on the history of cementum. In Miles, A. E. M., ed.: Structure and chemical organization of teeth. Vol. 1. Academic Press, New York and London, pp. 111~149, figs. 1~40.

日本化学会(編). 1979. 生化学データブック 1. 生物体質の諸性質・生体の組成. 東京化学同人, 東京, xii+1923 pp, 671 figs.

佐々木哲・深江 充. 1973. 無機質分析法. 須賀昭一・田熊庄三郎・佐々木哲(編). 歯の研究法—構造と組成—. 医歯薬(株), 東京, (xx+857 pp, many figs.), pp. 563~588.

(501-02 岐阜県本巣郡穗積町高野 1851 岐阜歯科大学解剖学教室)