Japanese Journal of Ichthyology
Vol. 32, No. 1 1985

魚類学雑誌
32巻1号 1985年

アユ稚魚の上顎骨上の歯の発達

駒田格知

Development of Teeth on the Upper Jaw in Juvenile and Young Ayu, *Plecoglossus altivelis*

Noritomo Komada

(Received April 9, 1984)

The dentition of the ayu, *Plecoglossus altivelis*, changes during young stages (Matsui, 1938; Chapman, 1941; Suehiro, 1942; Iwai, 1962; Komada, 1980a). In this paper, the development of teeth on the upper jaw are described to be compared with the developmental pattern of teeth on the lower jaw. The present study was based upon about 100 specimens from Lake Biwa (Kohoku-cho, Shiga Pref.) and about 180 hatchery-reared specimens, measuring from 24 to 60 mm in standard length (SL). In the histological examination of jaws, some specimens were serially sectioned at a standard thickness of 8 μm. The sections were mostly stained with hematoxiryn-eosin and some stained with azan. The other specimens were stained with alizarin red S.

The first indication of the formation of comb-like teeth is observable at 70 day old specimen (about 24 mm SL). At about 32 mm SL, 100 day old, a thin stratum of dentine appeared between the ectodermal columnar cells and odontoblast. Then the number of tooth groups on the upper jaw was about seven and about three on the lower jaw. Each tooth group consists of 10 to 20 separated denticles. The teeth constituting the tooth group is roughly in rod shape on the lower jaw and small canine like teeth on the upper jaw. On the upper jaw, teeth located at the anterior part of each tooth group are ankylosed with the pre-maxillary and maxillary, and, they erupt at this stage. The primordia of comb-like teeth are laid externally and separated from the dentary on the lower jaw. At about 40 mm SL, teeth on the upper jaw are rod-shaped and they are separated from the pre-maxillary and maxillary. At this stage, the form and arrangement of teeth consisting the comb-like teeth on the upper jaw are similar to that on the lower jaw. These results suggest that the comb-like teeth on the upper jaw are usable to catch micro-crustaceans at the juvenile stage.

(Department of General Anatomy, School of Dentistry, Asahi Univershity, 1851 Hozumi, Hozumi-cho, Motosu-gun, Gifu 501-02, Japan)

アユ, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel, の歯系が食性の変化に伴って稚魚期の円錐歯から成魚期の櫛状歯に変化することは古くから知られてきた（松井, 1938; Chapman, 1941; Suehiro, 1942; Iwai, 1962）. 下顎では歯骨上に形成された円錐歯は若魚期に脱落し, その後歯骨の外側の結合組織内に櫛状歯が形成される. しかし, 上顎骨上には円錐歯の存在は確認されず, 稚魚期の歯についてはやや不明な点がある. そこで, 稚魚期における上顎の歯系と成魚期の歯系との関係について調査し検討した.

材料および方法

長良川産親アユから人工受精によって孵化した仔アユに動物性プランクトン（シオミズツボワムシ, *Brachionus plicatilis*; タマミジンコ, *Moina macrocopa*）および人工配合餌料を給与して人工飼育し, 標準体長 24.0～30.0 mm に達した孵化後 70 日目と, 体長 28.0～40.0 mm に達した孵化後 100 日目に標本としてそれぞれ約 90 尾を取り上げた. 一方, 1978 年 12 月 25 日, 1979 年 2 月 20 日に琵琶湖内で体長 30～60 mm のアユを総計約 100 尾採捕した. これら標本は 10% 中性ホルマリン溶液で固定し, 標準体長を測定した. まず, 人工孵化アユおよび琵琶湖産アユの体長約 24 mm, 32 mm, 40 mm および 60 mm の標本 2 尾～3 尾ずつを 5% 硝酸で脱灰後パラフィン包埋して頭部の連続切片を作製した. これらの切片は大部分ヘマトキシリン・エオシン染

色し，さらに一部はアザン染色を行って歯の形成状況を鏡検した．残りの標本はすべてアリザリン・レッド S で染色し，KOH-グリセリン系統で透明化し透明骨格標本とした．これらの透明標本を標準体長別に区分して上顎および下顎の櫛状歯の形成状況や下部の骨との結合状況等を調べた．また，比較のためアマゴ稚魚，(*Oncorhynchus rhodurus*) (標準体長 30 mm) の頭部の連続切片を作製してヘマトキシリン・エオシン染色し鏡検した．

結　　果

70 日齢，体長 24.0～30.0 mm の人工孵化稚アユの上顎および下顎の外側には上皮細胞が増殖した，いわゆる櫛状歯の原基が観察された．しかし，歯の石灰化は 78 尾すべての標本で確認されなかった．100 日齢，体長 28.0～40.0 mm に達すると 74 尾中 66 尾 (89.2%) で前上顎骨と上顎骨の下縁に小歯群がほぼ等間隔に存在しているのが観察された．しかし，同日齢群においても体長 30 mm 以下の 16 尾中 8 尾 (50.0%) では小歯は確認されなかった．一方，下顎では 74 尾中 61 尾 (82.4%) において歯骨前端の外側部に形成される結合組織内に小歯が観察された．この場合，小歯群 (歯列) が確認された標本における歯列数を数えたところ，上顎では平均 7.35 であるのに対して下顎では平均 3.50 で前者の半数以下であった (Table 1)．

次に琵琶湖産アユについてみると，12 月下旬に採捕された体長 32～36 mm の稚アユの上顎に小歯の存在が 17 尾中 11 尾 (64.8%) で確認されたのに対して下顎では 17 尾中 5 尾 (29.4%) で確認されたにすぎなかった．2 月中旬に採捕された体長 33～40 mm のアユにおいて上顎では 20 尾中 15 尾 (75.0%) で小歯が確認されたが下顎では 11 尾 (55.0%) であり，下顎における小歯の形成は上顎よりやや遅れていた．さらに，2 月中旬採捕の体長 43～50 mm のアユの上顎における櫛状歯の歯列数は平均 8.32 列で下顎の約 2.1 倍であり，体長 50～60 mm のアユでは平均 9.46 列で下顎の約 1.4 倍であった (Table 1)．この場合，上顎において小歯の存在が確認された時にはその歯列数 (小歯群数) は常に 6 列以上で，下顎よりも著しく多かった．

体長 30～33 mm 稚アユの上顎における一歯列は 10～20 本の小歯で構成されており，やや不完全な犬歯状を呈し，歯骨上の円錐歯と下顎の櫛状歯を構成する棒状の小歯の中間型で非常に微弱であった．全歯長は 0.03～0.04 mm，基底部の最大幅はその 1/3～1/4 であった．注目されるのは，これら上顎における櫛状歯を構成する歯列の前部に位置する比較的大型の歯は前上顎骨や上顎骨の下縁と骨性結合をし，しかもわずかながら歯冠尖部が萌出している点である．これに対して，下顎における櫛状歯を構成する小歯は歯骨から著しく離れており，小歯と歯骨の間には厚い結合組織が介在していた．一つの歯列は上顎と同様に 10～20 本の小歯で構成され，小歯の全長は平均 0.05 mm で上顎の小歯よりも細長く棒状であった．これら下顎の小歯は全く萌出していなかった．なお，この時期の歯骨上の円錐歯の歯長は平均 0.08 mm，基底部の最大幅は平均 0.04 mm であった．体長 40 mm に達したアユでも，上顎の歯列の前部に位置する小歯は長細い石灰化された索状構造物によって前上顎骨や上顎骨と結合されていた．しかし，小歯の型は前期と著しく異なり，伸長して棒状を呈し，下顎の小歯と全く同じであった．そして，小歯と顎骨の間は著しく離れており，しかも前期のような小歯の萌出は全く観察されなかった (Fig. 1)．

体長 32 mm の稚アユの上顎および下顎の連続切片標本を鏡検して歯胚の形成される位置をみると，上顎では

Table 1. Number of tooth groups on the upper and lower jaws of juvenile and young ayu.

Form	Standard length (mm)		No. of tooth group	
			upper jaw	lower jaw
Hatchery reared form*	28.0–40.0	Mean±S.D.	7.35±0.81	3.50±0.51
		Range	6–8	3–4
		n	20	20
Lacustrine form**	43.0–50.0	Mean±S.D.	8.32±0.67	4.00±0.67
		Range	7–9	3–5
		n	19	19
	50.0–60.0	Mean±S.D.	9.46±1.10	5.82±1.50
		Range	8–11	3–8
		n	22	22

*, 100 day old; **, collected from Lake Biwa on 20 Feb. 1979.

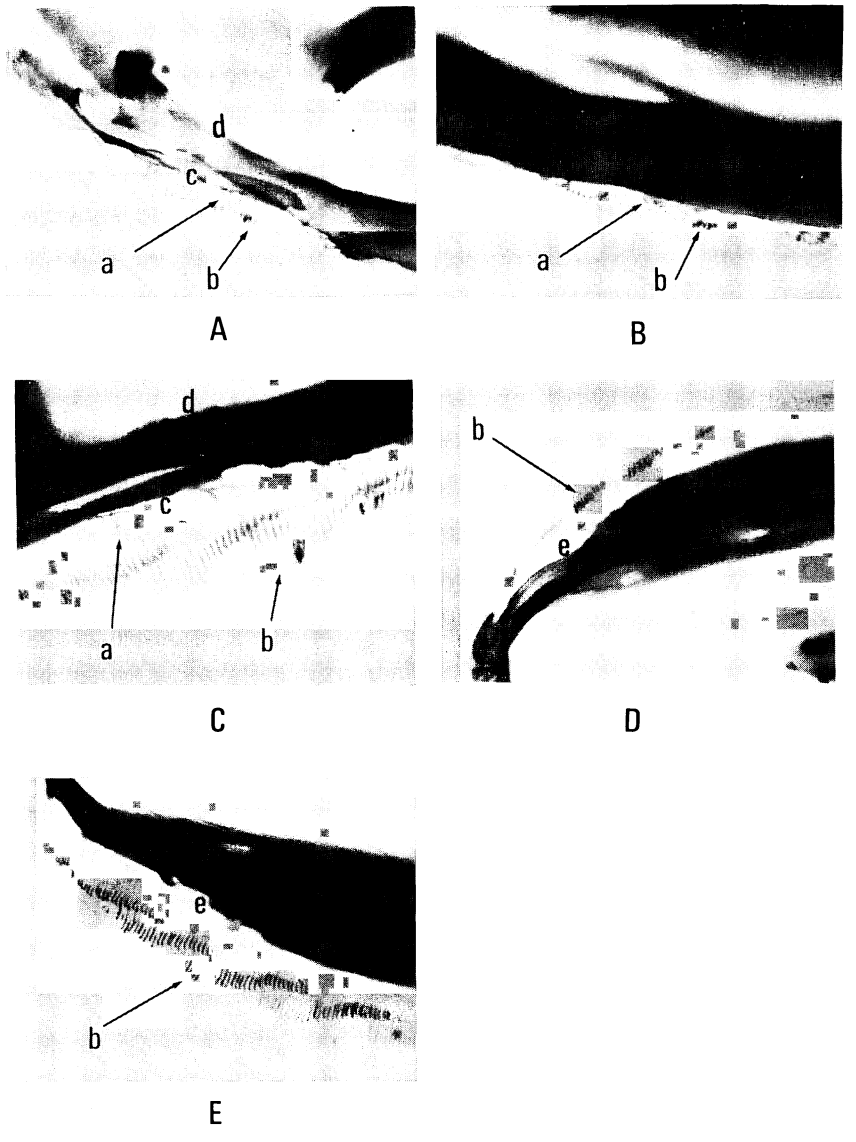

Fig. 1. Upper jaw of *Plecoglossus altivelis* in 32 mm SL specimen (A, B) and 40 mm SL specimen (C), and lower jaw in 32 mm SL specimen (D) and 40 mm SL specimen (E). ×60. a, bone of attachment; b, denticle constituting the comb-like teeth (tooth group); c, pre-maxillary; d, maxillary; e, dentary.

櫛状歯の歯胚は前上顎骨および上顎骨の下縁に沿って，薄い結合組織内に形成されていた．これに対して，下顎では歯骨から外側下方へ伸長した結合組織の垂状構造物の下端に櫛状歯の歯胚が形成されていた．なお，円錐歯の歯胚は歯骨の上縁に形成される．すなわち，櫛状歯の歯胚は下顎では骨から著しく離れた位置で発達するが，上顎では前上顎骨や上顎骨に接近していた．その歯胚の構成要素は上・下顎で全く同様であり，歯骨上に形成された円錐歯とは配列および大きさから明瞭に識別された (Fig. 2)．そして，下顎に形成された結合組織の垂状構造物は下顎の前部では短く，次第に長くなってやがて下顎から遊離して消失する．この構造物は体長 24 mm 以上に達した時に形成され始め，その後体長の伸長に伴って長さを増すために，ここに構築される櫛状歯の歯胚数も順次増加する．しかし，この垂状構造物はアユ特有のものではなく，アマゴ稚魚の下顎でも形成されるが，

歯胚の形成は認められなかった．一方，上顎では，前上顎骨の前端から上顎骨の後端に至るまでの区域でこれらの骨の下縁に沿って歯胚が形成されていた．そのために，上顎では下顎に比べて形成初期からかなり多くの歯胚がほぼ同時に出現することになる．体長 40 mm および 60 mm に達すると歯胚および小歯の数は増加し，小歯は顎の骨から離れて結合組織内に 3～4 層の歯列状をなして配列していた．アリザリン・レッドS染色の透明骨格標本および組織標本の観察において，稚アユの前上顎骨および上顎骨上には，歯骨上にみられた円錐歯と同様の歯は観察されなかった．

考　　察

アユ，*Plecoglossus altivelis*，の稚魚期には，鋤骨，口蓋骨，歯骨，中翼状骨，咽舌骨，基鰓骨および上・下咽頭骨上に円錐歯が形成される（松井，1938; Iwai, 1962; 駒田，1978, 1980a），しかし，前上顎骨および上顎骨上には円錐歯の存在は確認されていない．一方，成魚型歯系すなわち櫛状歯の形成開始時期は標準体長 25～30 mm で極めて早く，その歯列の形成は常に上顎の方が下顎よりも早く，歯列数も多いことが知られてきた（駒田，1980a; 1982）．今回の調査においてもこれらと同様の結果であった．アユ稚魚期の食性（殖田・岡田，1934; 1935; 1936; 1937）を考えた場合に，この時期に積極的に餌生物を把握するための強力な歯が必要であるとは考えられないが，微細な餌生物の口腔からの逃亡を防止する程度の歯は必要であろうと思われる．今回の研究で，体長 30 mm に達した稚アユの前上顎骨および上顎骨の腹縁にほぼ等間隔に小歯の列が形成され，しかもこれらの小歯は背方の骨と骨性結合し，一部では萌出していることが確認された．すなわち，この時期の小歯は機能歯であると判断される．しかし，この上顎における小歯は稚魚期の歯骨上にみられる円錐歯とは全く異なり，その歯胚の構成要素，配列および成長過程等は歯骨の腹側面の結合組織性の垂状構造物内に形成された櫛状歯と全く同様であった．その組織像は Iwai (1956, 1962) が述べたものと全く同じであった．そして，この小歯と前上顎骨および上顎骨との位置関係は，円錐歯と歯骨の関係とほぼ同じであった．以上の事から，上顎の下縁に形成された櫛状歯は稚魚期にすでに歯として機能すると考えられる．しかし，その機能は成魚期と異なり餌生物を把握するために働くのであろう．稚魚期以後，これらの小歯は歯骨上の円錐歯のように脱落せずに成長し続けて，次第に藻を削り取るための櫛状歯として発達していくと考えられる．すなわち，アユ稚魚期の一時期には，

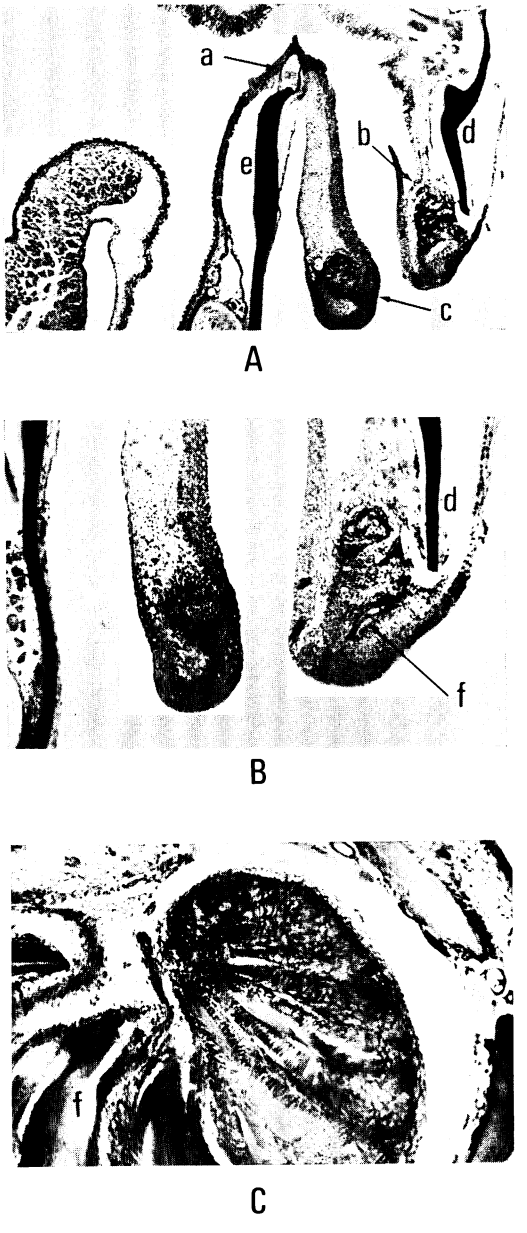

Fig. 2. Cross section through upper and lower jaws of *Plecoglossus altivelis* in 32 mm SL specimen, showing conical teeth and primordium of comb-like teeth, ×130 (A), ×260 (B), and lower jaw in 60 mm SL specimen, showing arrangement of comb-like teeth, ×130 (C). a, conical tooth; b, c, primordium of comb-like teeth; d, maxillary; e, dentary; f, denticle constituting the comb-like teeth.

櫛状歯が円錐歯の機能をも代行するものと考えられる．アユに近縁のワカサギ，*Hypomesus transpacificus nipponensis*, の食性（白石，1961）および口部・歯系（駒田，1980b; Komada, 1983）さらに，今回の結果を総合して考えると，系統発生学的にアユの前上顎骨および上顎骨上にはかつて円錐歯が存在していたが，長い歴史の間に退化し，代りに櫛状歯が一時期を代行するようになったとも考えられる．

謝　辞

終始御指導御鞭撻を賜わった朝日大学歯学部堀井五十雄教授ならびに岐阜大学医学部出浦滋之教授に深謝の意を表します．本研究の一部は昭和 59 年度，宮田研究奨励金によった．

引　用　文　献

Chapman, W, M. 1941. The osteology and relationships of the isospondylous fish, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel. J. Morphol., 68(3): 425–455.

Iwai, T. 1956. Development of comb-like teeth in a salmonoid fish, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 22(1): 12–15.

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.

駒田格知．1978．アユの成長に関する研究—特に相対成長および口部・歯系の成長について—．岐阜歯科学会誌，6(2): 80–128, pls. 1–23.

駒田格知．1980a．アユ稚魚における歯系および歯の交換．魚類学雑誌，27(2): 144–155.

駒田格知．1980b．ワカサギ (*Hypomesus transpacificus nipponensis*) 若・成魚の口部形態および歯の分布について．歯科基礎医学会誌，22(2): 289–299.

駒田格知．1982．アユ稚魚における歯骨歯の成長と交換．魚類学雑誌，29(2): 213–219.

Komada, N. 1983, Development and shedding of teeth on jaw bones in adult smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis*. Zool. Mag., 92(2): 231–237.

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.

白石芳一．1961．ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究．淡水区水産研報，10(3): 1–263.

Suehiro, Y. 1942, A study on the digestive system and feeding habits of fish. Japan. J. Zool., 10(1): 1–303.

殖田三郎・岡田喜一．1934．アユの天然餌料に関する研究 (I)．日本水産学会誌，2(5): 241–245.

殖田三郎・岡田喜一．1935．アユの天然餌料に関する研究 (II)．日本水産学会誌，3(5): 275–280.

殖田三郎・岡田喜一．1936，アユの天然餌料に関する研究 (III)．日本水産学会誌，4(4): 233–238.

殖田三郎・岡田喜一．1937．アユの天然餌料に関する研究（完）．日本水産学会誌，5(2): 113–115.

(501-02 岐阜県本巣郡穂積町穂積 1851　朝日大学歯学部解剖学教室)