

アユ稚魚における歯系および歯の交換

駒田 格 知

Replacement of Dentition in Ayu, *Plecoglossus altivelis*

Noritomo Komada

(Received February 21, 1980)

Malformations of the mouth shape, such as the "open-jaw syndrome" and "twisted lower jaw", occur highly frequently in the ayu, *Plecoglossus altivelis* (Komada, 1974, 1980). It is also well known that the fish undergoes a change in the type of dentition on the jaws during the young stage (Matsui, 1938; Chapman, 1941; Iwai, 1956, 1962). In this paper, mouth shape, number and distribution of conical teeth in the juvenile stage, and period of shedding of the conical teeth and of formation of comb-like teeth on the jaws in young stage were described and reported to establish a basis for differentiating normal and abnormal structures. The present study is based upon 800 specimens from Tanabe Bay, Wakayama Pref., and the Yahagi River, Aichi Pref., 400 specimens from Lake Biwa, 200 specimens from the Ado River, Shiga Pref., and 413 hatchery reared specimens, measuring 25~90 mm in standard length (SL).

In the juvenile stage, 30~70 mm SL, the lengths of the maxillary and the dentary and the width of the vomer in fish from Tanabe Bay were larger than those from Lake Biwa. The numbers of conical teeth on the vomer, palatine and dentary in fish from Lake Biwa were significantly larger than those from Tanabe Bay (t-test, $p < 0.001$), and the number of these teeth in hatchery reared fish was clearly reduced. But there is no difference in number of conical teeth on the glossohyal and mesopterygoid between these three samples.

In 78 specimens (32.5%) of 240 hatchery reared fish, the lower jaw was twisted either to the right or left, and in 112 specimens (46.7%) the hyobranchial skeleton was ventrally projected. In these fish, the morphology of the vomer, palatine and dentary appeared normal, but the conical teeth on the bones were lacking at rates of 29.6%, 30.4% and 26.7%, respectively.

The conical teeth on the vomer, palatine and dentary were worn away or lost in 50~60 mm SL fish from the Yahagi River. On the other hand, the conical teeth were done in 66~80 mm SL fish from Lake Biwa and the Ado River. The conical teeth were shed from the bones in 50~56 mm SL hatchery reared fish.

In fish of 45~70 mm SL, the number of teeth groups on the outer surface of the jaws were significantly larger in fish from the Yahagi River than in those from Lake Biwa and the Ado River (t-test, $p < 0.001$). But, there was no difference between the specimens from Lake Biwa and from the Ado River. In the same stage, the length of denticles in comb-like teeth on the upper jaw of fish from the Yahagi River were clearly larger than those from Lake Biwa and from the Ado River (t-test, $p < 0.001$). There was no difference between fish from Lake Biwa and from the Ado River.

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

アユ *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel の口部・歯系が食性の変化に伴って稚魚期と成魚期では著しく変化することは古くから知られ (末広, 1935; 松井, 1938; Chapman, 1941; Iwai, 1962), 成魚期の櫛状歯に関する発生および形態学的研究も詳しく行われ

てきた (Chapman, 1941; Iwai, 1956, 1962; 駒田, 1977a). しかし, 稚魚期の口部・歯系に関する研究や稚魚型歯系の脱落時期および成魚型歯系の成長に関して, 海産溯上アユ, 琵琶湖陸封アユおよび人工孵化養殖アユの間で比較した報告は少なく (駒田, 1977a, 1978), 資

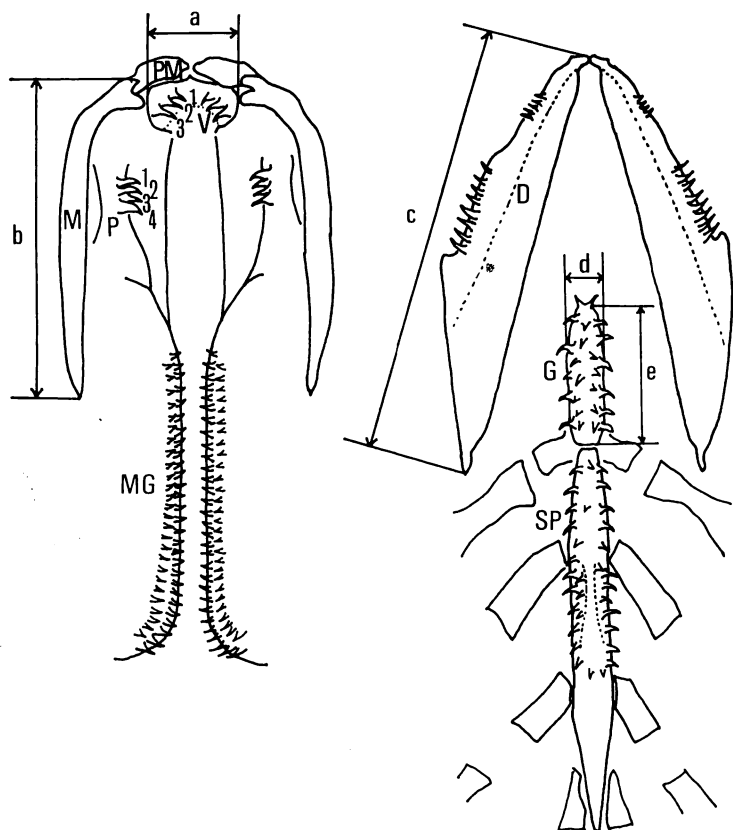


Fig. 1. Diagram showing the methods of measurements of bones and the position of conical teeth in an ayu of 45 mm in standard length. a, width of vomer; b, length of maxillary; c, length of dentary; d, width of glossohyal; e, length of glossohyal; 1~4, position of conical teeth on vomer and palatine; D, dentary; G, glossohyal; M, maxillary; MG, mesopterygoid; P, palatine; PM, premaxillary; SP, suprabasals bone.

料も不足している。一方、アユにおいて、口部形態異常“open jaw syndrome”“下顎の彎曲”等がかなり高い頻度で出現することが判明している（駒田，1974；Komada，1980）。

そこで、本研究では、これら口部形態異常の発現状況およびその原因を明らかにするための基礎資料を得る目的で、海産アユ、琵琶湖陸封アユ、琵琶湖安曇川溯上アユおよび人工孵化養殖アユの稚魚期における口部形態、口部骨格の成長、歯数、歯の分布、さらに稚魚型歯系の脱落時期、脱落順序、成魚型歯系の形成時期等を明らかにし、比較検討を行った。

材料および方法

1978年2月～3月に田辺湾（和歌山県）、1976年～1979年3月～5月に矢作川河口および河口より10km

上流部（愛知県西尾市米津）で、角建網および投網を用いて、アユ稚・若魚（標準体長25～90mm）約800尾を採捕した。さらに、1978年～1979年2月～5月に琵琶湖で沖曳き漁法（水深6m）およびまき網により湖産稚・若アユ（標準体長25～85mm）約400尾、そして、1975年～1977年5月に安曇川（滋賀県）で湖産溯上アユ（標準体長45～90mm）約200尾を採捕した。また、1975年11月に、木曾川下流（愛知県・木曾川町）で採捕した雌・雄5対から人工採卵し、乾導法により受精し、 $19 \pm 1^\circ\text{C}$ 条件下で孵育させ、以後、動物プランクトンおよび人工配合飼料を投与して飼育、翌年3月～5月に413尾取上げ標本とした。これらの標本は採捕直後に中性ホルマリン（市販の10%）溶液で固定した。本文中、これら4者の標本群をそれぞれ順に海産アユ、湖産アユ、湖産溯上アユ、人工孵化アユと略称する。

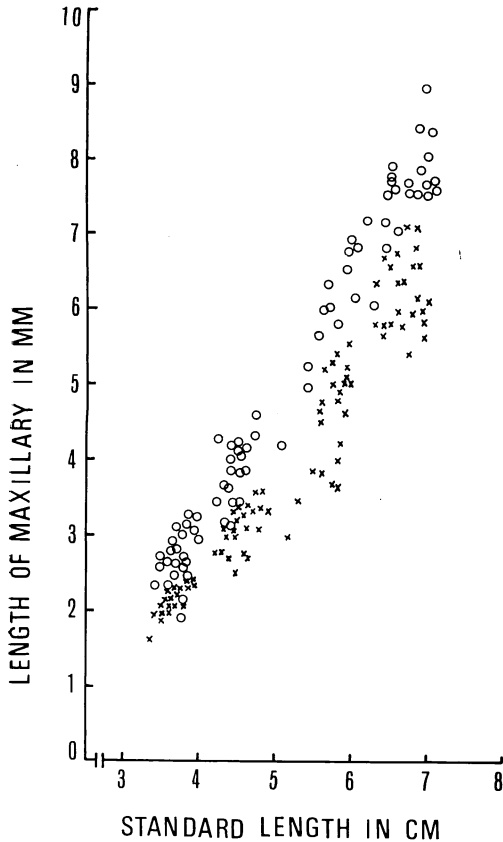


Fig. 2. Relation between length of maxillary and standard length in juvenile ayu. ○, from Tanabe Bay (n=80); ×, from Lake Biwa (n=91).

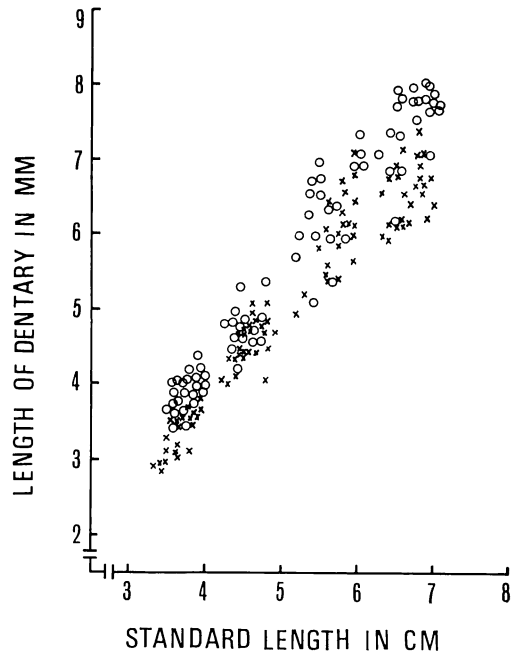


Fig. 3. Relation between length of dentary and standard length in juvenile ayu. ○, from Tanabe Bay (n=80); ×, from Lake Biwa (n=91).

大部分の標本は、標準体長を計測した後、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。これら標本を標準体長別にそれぞれ区分して、上顎骨長、歯骨長、鋤骨幅、咽舌骨長および咽舌骨幅を顕微鏡下で測定し、さらに歯の分布、歯数および鋤骨歯、口蓋歯および歯骨歯の形成順を明らかにし、これらが海産アユ、湖産アユ、人工孵化アユの間でどのように異なるかを検討した (Fig. 1)。また、歯数異常についても発現状況を検索した。一方では、鋤骨歯、口蓋歯および歯骨歯の脱落時期、脱落順序ならびに成魚型歯系の形成状況を調べ、これらが海産アユ、湖産アユ、湖産湖上アユ、人工孵化アユの4者間でどのように異なるかをも検討した。なお、成魚型歯系は一般的に櫛状歯と称され、上顎・下顎それぞれで20~30本の小歯から成る12~14歯列によって構成される。

次に、海産アユと湖産アユの稚魚 (体長約25~40

mm) それぞれ10尾の頭部を5.0%酢酸で脱灰後パラフィンに包埋して薄切し、H・E染色を行い、円錐歯の組織や櫛状歯の発生状況を鏡検して、両者間で比較した。さらに、口部下面を島津ASM-ST型走査顕微鏡で写真撮影して、円錐歯の形態を観察した。

結 果

体長に対する口部各部の相対比 稚アユ (体長30~70mm) における標準体長に対する上顎骨長、歯骨長および鋤骨幅は、Figs. 2~4に示すように、同じ体長で比較すると、海産アユの方が湖産アユよりも大きな値を示した。次に、咽舌骨長および咽舌骨幅を2者間で比較したところ、体長40~50mmの時期には、海産アユの方が大きな値を示すが、それ以後は全く差異がみられなかった (Figs. 5, 6)。また、上顎および下顎の最大幅に関しては、両者間でほとんど差はみられなかった。すなわち、体長30~70mmの稚魚期には、海産アユの口部の方が湖産アユよりも長く、やや大型であるといえる。なお、海産アユでは体長約30mm以下、そして湖産アユでは体長約40mm以下の稚魚においては、骨の末端部の骨化が不十分なために骨の長さの計測が不可能な場合が多かった。

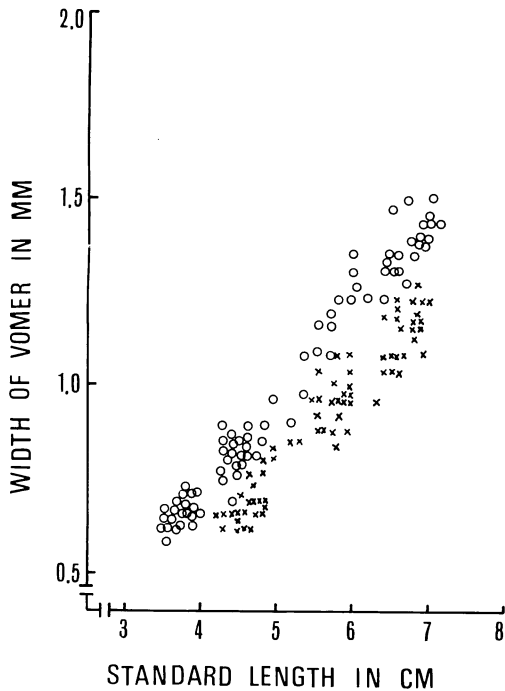


Fig. 4. Relation between width of vomer and standard length in juvenile ayu. ○, from Tanabe Bay (n=80); ×, from Lake Biwa (n=70).

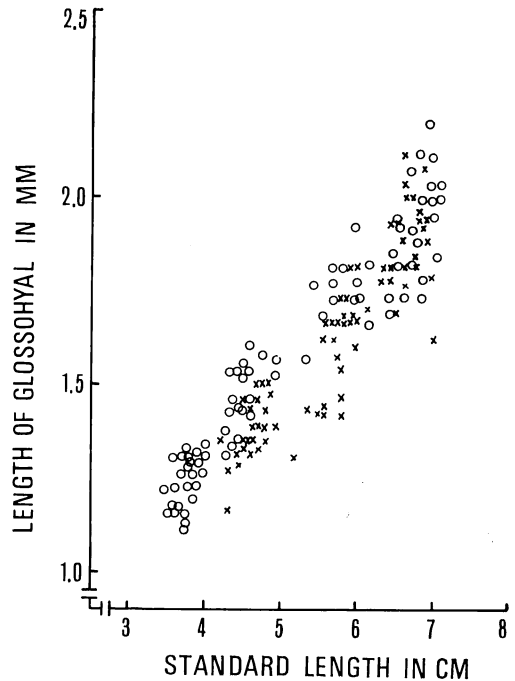


Fig. 5. Relation between length of glossohyal and standard length in juvenile ayu. ○, from Tanabe Bay (n=80); ×, from Lake Biwa (n=70).

歯数および歯系の基本型 稚アユの口部にみられる歯系には、鋤骨歯、口蓋骨歯、齒骨歯、中翼状骨歯、咽舌骨歯、基鰓骨歯および咽頭骨歯が含まれ、これら歯系が形成され始めるのは、海産アユの方が湖産アユよりもやや早く、前者では体長約 30 mm、後者では体長約 35 mm の頃であった。その後、成長に伴って歯数は増加し、体長約 42 mm に達すると、産地の違いに関係なくほぼ安定した数値を示すようになる。そこで、体長 42~50 mm の時期に、それぞれの円錐歯数を、海産アユ、湖産アユ、人工孵化アユの 3 者間で比較したところ、中翼状骨歯、咽舌骨歯、基鰓骨歯および咽頭骨歯に関しては、全く有意差はみられなかった (t-検定, $p > 0.05$)。しかし、鋤骨歯および口蓋骨歯の左右の総数は湖産アユで最も多く、次いで海産アユ、人工孵化アユの順で、3 者相互間で明らかに差異が認められた (t-検定, $p < 0.001$)。また、齒骨歯に関しては、齒骨の前端部に位置する小型歯群では 3 者間で差異はみられないが、それより後方に位置する大型歯群を左側の歯骨上のもので比較すると、湖産アユが海産アユおよび人工孵化アユよりも明らかに多く (t-検定, $p < 0.001$)、後 2 者間では差異はみられなかった (t-検定, $p > 0.05$) (Fig. 7)。この場

合に用いた人工孵化アユの標本は外部形態、特に口部形態に全く異常のみられないものであった。また、鋤骨歯、口蓋骨歯および齒骨歯数の変異係数は産地の別なく 10~25 の範囲であったが、これは咽舌骨歯数の約 2~3 倍で、前 3 者は後者よりも変異幅が大きいといえる。

鋤骨歯および口蓋骨歯の円錐歯の並び方を海産アユと湖産アユの間で比較すると以下のようなになる。海産アユの鋤骨上には左右に 2 本ずつ列植するものが最も多く (42.5%)、以下、左右に 3 本ずつ (37.8%)、左右に 2 本・3 本 (17.0%)、左右に 4 本ずつ (2.8%) 列植するという順であった。しかし、湖産アユでは、左右に 3 本ずつ列植するものが最も多く (31.3%)、次いで、左右に 2 本ずつ (21.0%)、左右に 2 本・3 本 (18.2%) の順であった。

海産アユの口蓋骨歯は、左右の口蓋骨歯にそれぞれ 3 本ずつ列植するものが最も多く (31.0%)、湖産アユの場合には、4 本ずつ列植するものが最も多かった (39.6%)。これらの結果の詳細は Figs. 8, 9 および Table 1 に示す通りである。すなわち、稚アユにおける鋤骨歯および口蓋骨歯の植立の仕方はかなり変異に富んでいるといえる。

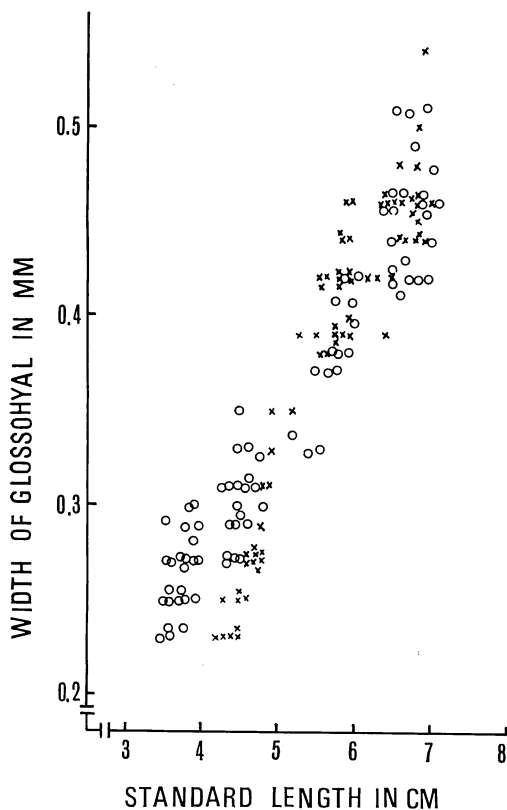


Fig. 6. Relation between width of glossohyal and standard length in juvenile ayu. ○, from Tanabe Bay (n=80); ×, from Lake Biwa (n=70).

稚魚期の口部にみられる歯の型は基本的には単純な円錐型であるが、咽舌骨歯の歯冠部は鋭く、萌出部は短く頑強に見えるが、歯骨歯は歯冠部がやや鈍く、萌出部もやや細長く、生える場所によってやや異なる。この結果は駒田 (1978) の報告とほぼ一致している。その形態に関しては、海産アユ、湖産アユ、人工孵化アユの3者間で全く差はみられなかった。さらに、円錐歯の組織標本の鏡検結果も、Iwai (1962)、駒田 (1978) の場合と全く同様で、円錐歯はそれぞれ下部の骨と骨性ゆ着をしており、それらの組織構造に関して、産地別の差異は全く認められなかった。

円錐歯の形成順 稚アユの口部にみられる円錐歯は、成長が進行すると下部の骨と骨性ゆ着するが、その歯長は体長 35~60 mm の期間伸長し続ける。ここでは、歯根部が下部の骨と骨性ゆ着する順序を歯の形成順とした。

鋤骨の左右両側に円錐歯が2本ずつ形成される場合には、最初に形成された歯の後方・外側部に他の1本が形

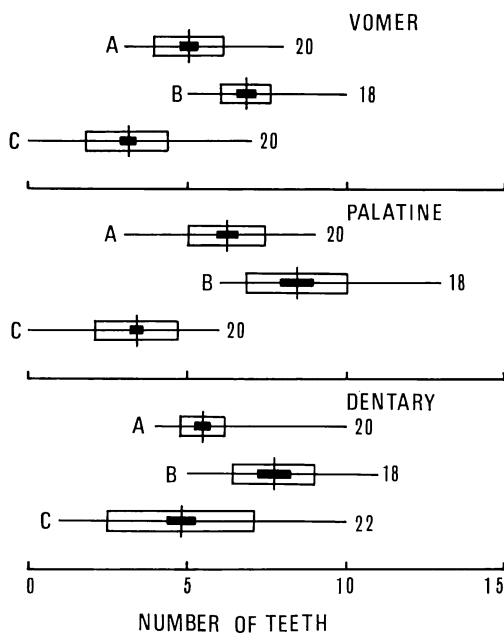


Fig. 7. Number of teeth on the vomer, palatines (left+right) and dentary (left) in juvenile ayu. Horizontal line, range of measurements; vertical line, arithmetical mean; solid rectangle, standard errors on either side of mean; open rectangle, standard deviation on either side of mean. Figure on each horizontal line represents number of specimens. A, from Tanabe Bay; B, from Lake Biwa; C, hatchery reared fish.

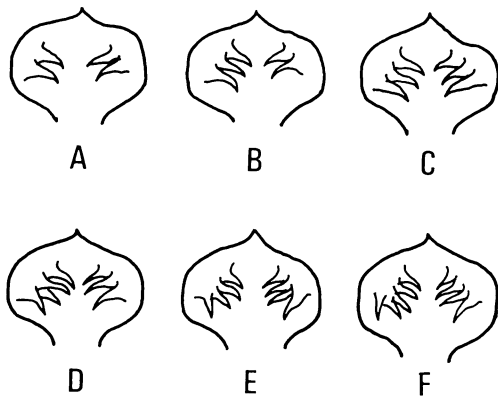


Fig. 8. Types of dentition on the vomer in ayu, 40~50 mm in standard length.

成されることが最も多かった。3本形成される時には、2-3-1の順が最も多く、次いで2-1-3の順であった。さらに、4本形成される時は、2-1-3又は4の順が66.7%であった。この鋤骨歯の形成順には海産アユと湖産アユ

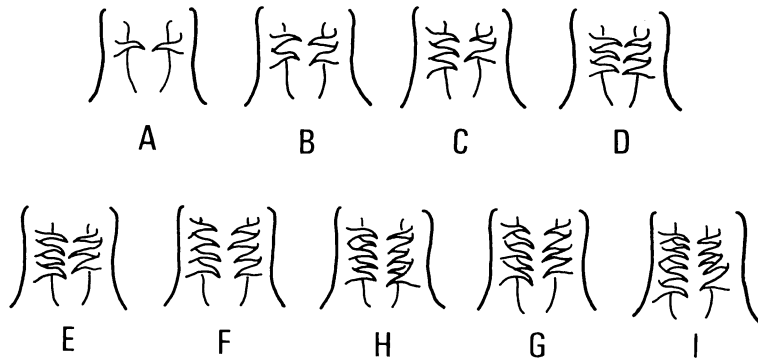


Fig. 9. Types of dentition on the palatines in ayu, 40~50 mm in standard length.

の間で差はみられなかった (Table 2).

口蓋骨上に3本の円錐歯が形成される時には、2-3-1の順が最も多かった。しかし、4本以上列植する場合には、最初の歯が形成され始めてから全ての歯が形成されるまでの期間 (体長 34~40 mm) が短く、ほぼ同時に進行するため、今回の調査ではその順序を明らかにすることは不可能であった (Table 2).

稚アユの歯骨上には、骨の前方部に小型歯群、その後

Table 1. Frequencies of dentition types (Figs. 8, 9) of the vomer and palatine in ayu, 40~50 mm in standard length. For each type actual number is given on the top line and percentage is shown in parentheses on the bottom line.

Type of dentition	Vomer		Palatine	
	Tanabe Bay	Lake Biwa	Tanabe Bay	Lake Biwa
A*	45 (42.5)	37 (21.0)	5 (5.8)	0 (0.0)
B	18 (17.0)	32 (18.2)	11 (12.6)	0 (0.0)
C	40 (37.8)	55 (31.3)	15 (17.2)	0 (0.0)
D	0 (0.0)	21 (11.9)	27 (31.0)	30 (12.1)
E	3 (2.8)	25 (14.2)	12 (13.8)	51 (20.6)
F	0 (0.0)	6 (3.4)	3 (3.4)	98 (39.6)
G			6 (6.9)	30 (10.5)
H			0 (0.0)	25 (10.1)
I			0 (0.0)	11 (4.4)
Total	106	176	79	245

* As for details, see Figs. 8 and 9.

方に大型歯群がみられるが、両歯群ともに形成時期はほぼ同じで、前方部に位置するもの程早く形成される。鋤骨歯、口蓋骨歯と同様に、海産アユと湖産アユにおける形成順には差異はみられなかった。

歯数異常 人工孵化アユ 240 尾に関して口部形態異常の検索を行ったところ、舌骨が下方に陥没している異常魚 112 尾 (46.7%)、下顎が左右に彎曲している異常魚 78 尾 (32.5%) が発見された。また、鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯の欠歯異常の頻度はそれぞれ 29.6%、30.4%、26.7% であったが、これらの大部分 (95~97%) は上記の口部形態異常を呈する標本に限定されていた。

しかし、鋤骨、口蓋骨および歯骨の形態は基本的に正常

Table 2. Typical sequence of attachment of conical teeth on the vomer and palatine in ayu, 30~50 mm in standard length.

Number of teeth	Sequence of attachment	Locality			
		Tanabe Bay N	Bay (%)	Lake Biwa N	Biwa (%)
Vomerine teeth					
2	1-2*	30	(75.0)		
	2-1	10	(25.0)		
	Total	40			
3	2-1-3	43	(76.8)	48	(71.6)
	2-3-1	9	(16.1)	13	(19.4)
	2-1 and 3	4	(7.1)	6	(9.0)
	Total	56		67	
4	2-1-3 and 4			10	(66.7)
	2-3-1 and 4			5	(33.3)
Palatine teeth					
3	2-3-1	43	(49.4)	15	(50.0)
	2-1-3	18	(20.6)	7	(23.3)
	2-1 and 3	26	(30.0)	8	(26.7)
	Total	87		30	

* As for details, see Fig. 1.

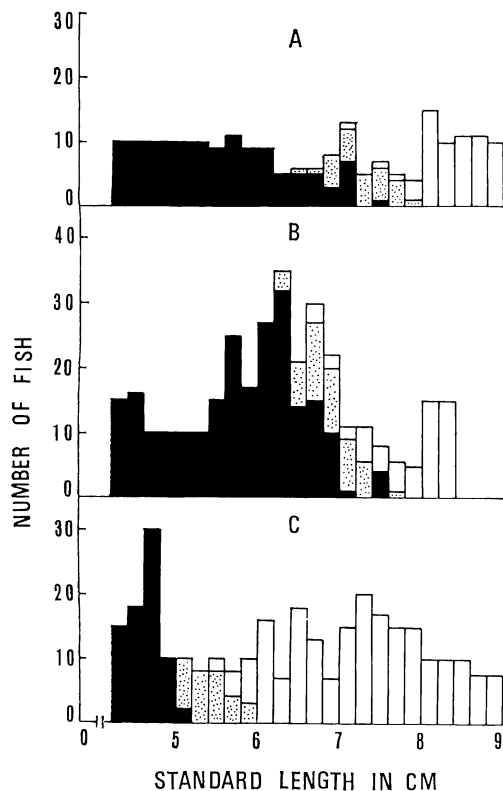


Fig. 10. Period of shedding of conical teeth from the vomer in ayu. A, from Ado River; B, from Lake Biwa; C, from Yahagi River. Solid rectangle, number of specimens with perfect dentition; dotted rectangle, number of specimens with imcomplete dentition; open rectangle, number of fish without conical teeth.

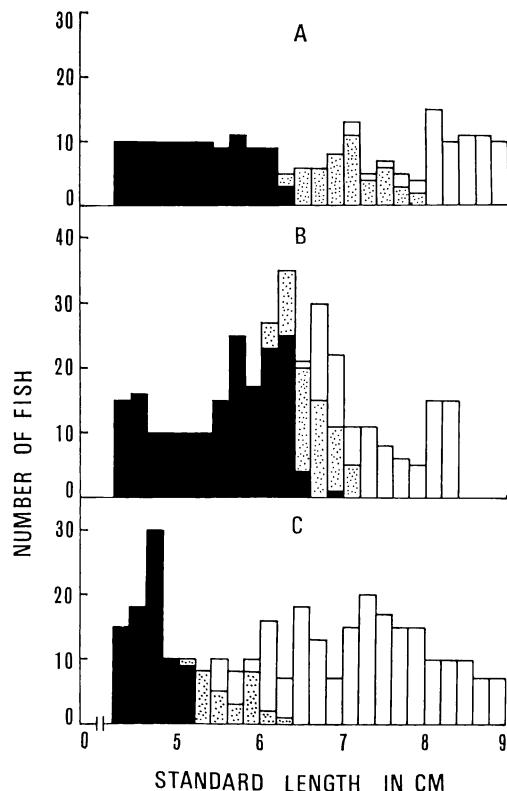


Fig. 11. Period of shedding of conical teeth from the palatine in ayu. See Fig. 10 for legend.

Table 3. Frequencies of malformation of mouth shape and lack of conical teeth on bones in hatchery reared ayu, 40~50 mm in standard length.

Type of abnormalities	N	%
Ventrally projected hyobranchial skeleton	112	46.7
Twisted lower jaw	78	32.5
Lack of conical teeth		
on vomer	71	29.6
on palatine	73	30.4
on dentary	64	26.7
Total	240	

魚に比べて差異はみられなかった (Table 3).

口部形態異常魚では、咽舌骨の成長が著しく不良の場合が多く、必然的にその骨の上に列植する円錐歯数も顕著に減少しているのが確認された。しかし、前述の3者のように、咽舌骨の形態・成長が正常であるにもかかわらず歯数が減少している例はみられなかった。

なお、今回の研究に用いた海産アユ285尾、湖産アユ308尾中には、このような口部形態異常や欠歯異常は発見されなかった。

鋤骨歯・口蓋骨歯および歯骨歯の脱落時期 仔・稚魚期に口部に形成される鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯は湖上期に脱落するが、その時期を海産アユ、湖産アユおよび湖産湖上アユの3者間で比較すると Figs. 10~12 に示すようになる。まず海産アユでは、鋤骨歯、口蓋骨歯、歯骨歯ともに、体長 50 mm に達した時に脱落し始め、体長 60 mm に達するとこれらの歯はすべて脱落する。しかし、湖産アユでは、体長 60~64 mm に達した時に脱落が開始し、鋤骨歯は体長 78 mm、口蓋骨歯は

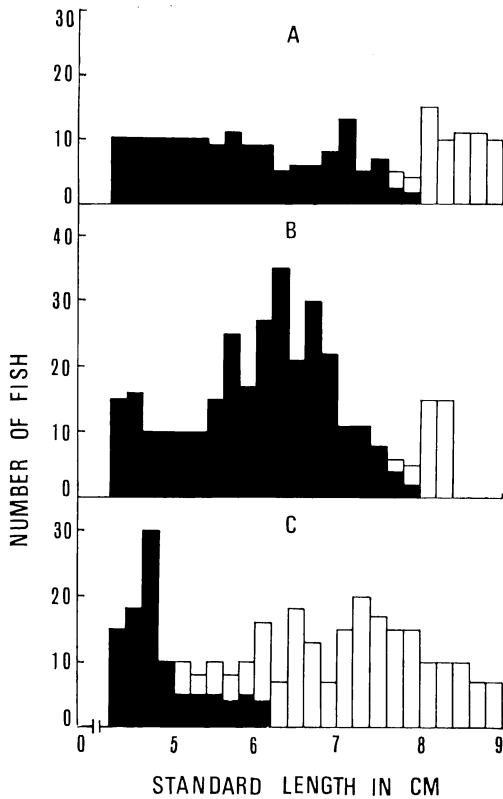


Fig. 12. Period of shedding of conical teeth from the dentary in ayu. A, from Ado River; B, from Lake Biwa; C, from Yahagi River. Solid rectangle, number of specimens with conical teeth; open rectangle, number of specimens without conical teeth.

体長 72 mm, そして歯骨歯は体長 80 mm に成長した時に脱落が完了する。湖産湖上アユにおいても、湖産アユと同様に、円錐歯の脱落は体長 60~64 mm の時に開始され、体長 80 mm の頃に完了する。すなわち、海産アユにおける鋤骨歯、口蓋骨歯、歯骨歯の脱落は琵琶湖内の湖産アユや安曇川の湖産湖上アユよりも明らかに早い、後 2 者間では全く差異はみられなかった。

人工孵化アユにおけるこれら歯系の脱落は体長 48 mm の時に開始され、体長 54~56 mm に達した時に完了し、海産アユの結果と非常に似ている。しかし、体長 62 mm, 70~74 mm のアユでも一部の標本 (13 尾中 2~5 尾) でこれら円錐歯の存在が確認されたのは興味深い (Fig. 13)。

鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯の脱落順序 前述したように、アユ稚魚では鋤骨歯は左右に 2 本又は 3 本ずつ列植することが最も多く、また、口蓋骨歯は左右の骨に

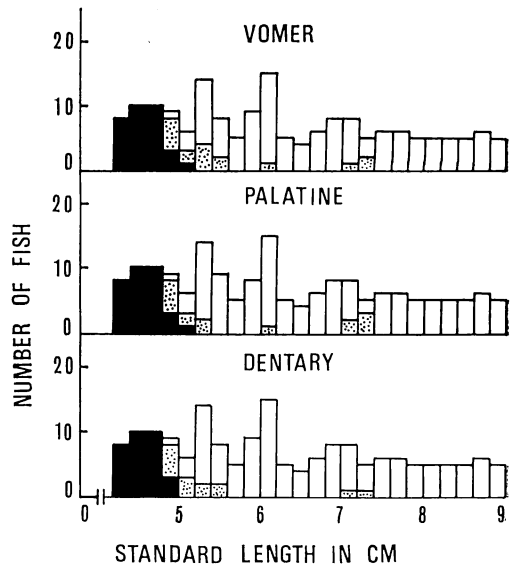


Fig. 13. Period of shedding of conical teeth from vomer, palatine and dentary in hatchery reared ayu. See Fig. 10 for legend.

3 本又は 4 本列植することが多いことが判明している、それらを基本として歯の脱落順序を調べたところ、Table 4 に示すような結果を得た。この場合の数字は円

Table 4. Typical sequences of shedding of conical teeth from the vomer and palatine in ayu from the Yahagi River and Lake Biwa.

Number of teeth	Sequence of shedding	Yahagi River		Lake Biwa	
		N	(%)	N	(%)
Vomerine teeth					
2	1-2*	22	(84.6)	77	(91.6)
	2-1	4	(15.4)	7	(8.3)
Total		26		84	
3	1-3-2	14	(77.8)	27	(79.4)
	1-2 and 3	4	(22.2)	7	(20.6)
	Total	18		34	
Palatine teeth					
3	1-2-3	13	(50.0)	60	(63.8)
	1-3-2	5	(19.1)	10	(10.6)
	1-2 and 3	7	(26.9)	22	(23.4)
	2 and 3-1	1	(3.8)	2	(2.1)
	Total	26		94	
4	1-2-3-4	13	(72.2)	93	(73.8)
	1-2 and 3-4	4	(22.2)	14	(19.0)
	2 and 3-1-4	1	(5.5)	9	(7.1)
	Total	18		126	

* As for details, see Fig. 1.

錐歯の前部から順に付した歯の番号である (Fig. 1).
 まず、鋤骨歯が2本ずつ列植する時には、前位の歯から先に脱落するものが海産アユで 84.6%, 湖産アユで 91.6% の頻度で認められた。また、3本ずつ列植している時には 1-3-2 の順で脱落する頻度が最も高かった。

口蓋骨歯が3本列植する時には 1-2-3 の順に脱落する場合が最も多く、4本列植する時には 1-2-3-4 の順が最も多かった。すなわち、最前方位の歯の脱落が最も早く、次いで中間位の歯が脱落し、最後位の歯は最も遅れる傾向がみられた。なお、歯骨歯の脱落は、歯骨上の前方位に植立する歯から開始され順次後方の歯が脱落する傾向がみられた。これらの傾向は、海産アユと湖産アユに共通して認められた。

櫛状歯の形成 アユの櫛状歯の原基は体長 25~30 mm の時期にすでに顎骨の外側面に確認され、その後石灰化が進行して、体長 35 mm に達すると未萌出の小歯が上皮内に認められるようになる。ここでは、未萌出歯を含めて、歯列の形成が明らかに認められたものについてその歯列数を体長別に数えて標本群別に比較した。その結果は Table 5 に示す通りである。

歯胚の形成および石灰化の進行は湖産アユよりも海産アユの方がやや早く、上皮内に未萌出の歯列が形成されるのも、海産アユでは体長 35~40 mm であるのに対して湖産アユでは体長 40~45 mm に達した時であった。この場合歯列の形成は上顎の方が下顎よりも先んじ、さらに、顎の前方位から後方へ順次進行する。その後、体

Table 5. Number (mean±SD) of groups of denticles on the jaws in juvenile and young ayu from the Yahagi River, Lake Biwa and the Ado River. Figures in parentheses are numbers of specimens.

Standard length (mm)	jaws	Locality		
		Yahagi R.	Lake Biwa	Ado R.
35~40	Upper	5.92±1.27	uncertain	—
	Lower	3.20±0.74 (25)	uncertain (20)	— (0)
45~50	Upper	7.62±0.95	6.90±1.04	6.60±1.02
	Lower	4.82±0.77 (21)	4.31±0.98 (20)	4.20±0.95 (10)
55~60	Upper	12.86±0.83	10.00±1.14	11.44±0.50
	Lower	10.14±1.12 (7)	7.45±1.11 (20)	8.22±0.79 (9)
65~70	Upper	13.04±0.64	11.85±0.85	11.91±0.95
	Lower	11.56±0.83 (27)	9.60±1.02 (20)	10.33±0.99 (22)

長の伸長に伴って歯列数は増加するが、体長 45~70 mm の期間で上顎・下顎について同じ体長で比較すると、海産アユの方が湖産アユよりも明らかに多かった (t-検定, $p < 0.001$)。また、湖産湖上アユと海産アユの間で比較すると、後者が前者よりも有意に歯列数が増加していた (t-検定, $p < 0.001$)。湖産湖上アユの歯列数は、体長 55~60 mm の時期に上顎では湖産アユよりも多い (t-検定, $p < 0.001$) が海産アユよりも少なく (t-検定, $p < 0.001$)、両者の中間の値を示した。しかし、体長 55~60 mm の時期の下顎、体長 45~50 mm および 65~70 mm の時期の上・下顎における歯列数は湖産アユと湖産湖上アユの間で全く差異はみられなかった。すなわち、体長 45~70 mm の期間、同じ体長における歯列数は海産アユの方が湖産アユや湖産湖上アユよりも明らかに多く、後2者間ではほとんど差がみられなかった。

小歯の成長 稚・若魚における櫛状歯を構成する歯列の上顎の前から4歯列目の前部に位置する小歯の長さを体長別に海産アユ、湖産アユおよび湖産湖上アユの3者間で比較すると Table 6 のようになる。

体長 45~50 mm の時期には、海産アユの小歯長が明らかに湖産アユよりも長く (t-検定, $0.01 < p < 0.05$)、体長 55~60 mm, 65~70 mm, 75~80 mm, 80~85 mm の時期にも前者が後者よりも有意に長かった (t-検定, $p < 0.001$)。同様に、海産アユにおける小歯長は、湖産湖上アユよりも長かった (t-検定, $p < 0.001$)。しかし、湖産アユと湖産湖上アユの間で同時期に比較すると全く差異はみられなかった (t-検定, $p < 0.05$)。すなわち、

Table 6. Length (mm; mean±SD) of denticles of the upper jaw in juvenile and young ayu from the Yahagi River, Lake Biwa and the Ado River. Figures in parentheses are numbers of specimens.

Standard length (mm)	Locality		
	Yahagi R.	Lake Biwa	Ado R.
35~40	0.054±0.001 (20)	uncertain (20)	— (0)
	0.124±0.020 (24)	0.111±0.024 (27)	— (0)
55~60	0.660±0.110 (16)	0.347±0.054 (27)	0.361±0.092 (20)
65~70	0.819±0.053 (26)	0.450±0.055 (20)	0.456±0.042 (20)
75~80	0.982±0.100 (16)	0.850±0.025 (15)	0.863±0.128 (16)
80~85	1.287±0.180 (16)	1.120±0.180 (10)	1.091±0.050 (16)

体長 45~85 mm の期間に、同じ体長で海産アユ、湖産アユ、湖産溯上アユの 3 者間で櫛状歯を構成する小歯の長さを比較したところ、後 2 者は海産アユよりも明らかに短い、後者 2 間では全く差異がみられなかった。

考 察

アユの口部歯系が、食性の変化 (殖田・岡田, 1934, 1935, 1936, 1937) に伴って、体長 50~70 mm の溯上期を境にして、稚魚期と成魚期では著しく変化することは古くから知られている (末広, 1935; 松井, 1938; Chapman, 1941; Suehiro, 1942; Iwai, 1956, 1962)。すなわち、稚魚型歯系の円錐歯は体長 50~70 mm の時期に脱落し、代生歯として櫛状歯が顎上に萌出・形成されるのである。成魚期に発達し、アユ特有の形質として認められている櫛状歯に関しては、その発生・形態について詳しく報告されてきた (Chapman, 1941; 堀井, 1950; Iwai, 1956; 駒田, 1977a)。しかし、稚魚期の口部にみられる円錐歯については Iwai (1962) が発生・組織について報告しているが、口部の成長、歯数および歯の分布、さらに、それらに関する海産アユと湖産アユ間での差異についてはほとんど明らかにされていない。このことは、海洋における稚魚期の生活史について不明な点が多いことも関連していると思われる。

本研究において、標準体長に対する上顎骨長、歯骨長および鋤骨幅の相対比は、海産稚アユにおいて湖産稚アユよりも大きな値を示し、稚魚型歯系の形成も前者が後者よりも早いことが判明した。すなわち、口部の骨格や歯系の発達海産アユの方が先んじ口部もやや大型である。Iwai (1955) は陸封アユの頭蓋骨の形態を詳細に検討し、陸封アユが成長のみならず発育の面でも不十分な状態にあると述べているが、上述の結果はこれを支持するものと思われる。さらに、体長約 42 mm に達した時には、海産アユ・湖産アユともに稚魚型歯系はほぼ完成に至る。そして、終生脱落しない咽舌骨、基鰓骨、中翼状骨上の円錐歯数では両者間で差がみられないが、溯上期に脱落する鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯の数は湖産アユの方が海産アユよりも有意に多く、また、鋤骨歯、口蓋骨歯では歯の並び方にも両者間で差異がみられた。しかし、産卵期が 11 月であることから、海産アユ由来と思われる親魚から人工孵化養殖した稚アユの歯系は、咽舌骨歯、基鰓骨歯、中翼状骨歯の数に関しては海産アユや湖産アユと差がみられないが、鋤骨歯および口蓋骨歯は後 2 者よりも、また、歯骨歯は湖産アユよりも明らかに歯数が減少していた。さらに、人工孵化稚アユ中に、鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯の全くみられない欠歯異

常魚がかなり高い頻度で認められた。これら 2 点の人工孵化アユの観察結果から考えると、海産アユと湖産アユ間にみられた稚魚型歯系の違いは遺伝的には十分固定されたものではないのかも知れない。換言すれば、歯数に差異のみられる鋤骨歯、口蓋骨歯および歯骨歯は差異のみられない他の円錐歯よりも不安定であり、環境条件等の影響で異常の発現しやすい形質であると思われる。今回認められた人工孵化アユにおける口部形態異常魚の出現頻度は Komada (1980) の結果とほぼ一致していた。なお、先に駒田 (1978) は琵琶湖産アユの一部標本で上主上顎骨に歯がみられたと述べているが、今回検索した 308 尾中には認められず、極めて頻度が低いのか、又は異常個体を観察したものと思われる。アユに近いワカサギ *Hypomesus transpacificus nipponensis* の鋤骨の形態、鋤骨歯の分布および歯数にもかなりの変異がみられ、鋤骨の発育が不良で歯数も 1/3~1/4 に減少している異常魚が観察されている (Komada, 投稿中)。

稚魚型歯系の脱落時期は湖産アユよりも海産アユの方がやや早いことが報告されている (駒田, 1978)。本研究では、調査標本数を駒田 (1978) の場合の 3~5 倍に増加し、琵琶湖陸封アユを湖内で採捕された湖産アユと安曇川を溯上する湖産溯上アユに分け、さらに、人工孵化アユの実験結果も追加してアユの歯の置換時期を比較検討した。その結果、海産アユの鋤骨歯、口蓋骨歯、歯骨歯は体長約 60 mm の時期に脱落を完了するのに対して、湖産アユでは体長約 80 mm の時期であり、かなり遅れることが確認された。これは駒田 (1978) の結果とほぼ一致している。5 月に琵琶湖内で採捕された湖産アユと、同時期に安曇川を溯上する湖産溯上アユの 2 者間では、これら円錐歯の脱落期に差異は全くみられなかった。また、代生歯である櫛状歯の形成時期および成長に関しても、海産アユは湖産アユおよび湖産溯上アユよりも明らかに先んずるが、後 2 者間では差がみられなかった。そして、櫛状歯の歯列数および小歯長は、河川溯上後又は放流後、河床に定着して成長するとまもなく両者間における差異はみられなくなる (駒田, 1977a)。このように歯系に関して差異のみられる稚魚期には、上顎骨長や歯骨長等の体長に対する相対比にも差がみられ、歯系に差異がみられなくなる頃にはこれら相対比に関しても差がみられなくなる (駒田, 1977a, 1978)。また、海産アユ由来と思われる親魚から人工孵化養殖をした稚アユにおける円錐歯の脱落時期は海産アユの結果と非常に類似していた。しかし、体長 70 mm に達したアユにおいても一部の標本 (15~40%) で円錐歯の存在が確認されたのは非常に興味深い。何故なら、海産アユと湖産ア

ニ間で明確な差のみられた稚魚型歯系の脱落期も前述した円錐歯数と同様に、あまり固定されたものではないことを暗示していると思われるからである。これらの事柄と、前述した欠歯異常などの口部形態異常の発現頻度が非常に高いこと(駒田, 1974; Komada, 1980)との関連性について興味を持たれるが、これは今後の課題である。なお、円錐歯の脱落は鋤骨歯、口蓋骨歯いずれも最前部の歯から始まるが、形成は2番目の歯が最も早く、脱落順と形成順の間には一定の傾向はみられないようである。また、脱落順と歯の使用頻度との関係も不明である。

従来、海産アユと湖産アユとの差異に関して、河川放流後の生態の違い(島津, 1954)、同一条件下の養魚池における成熟期の違い(船坂ほか, 1963)、卵径および抱卵数の差(東, 1973)、頭蓋骨の骨化状況の違い(Iwai, 1955)、櫛状歯および鱗の形成ならびに成長の差(駒田, 1977a), 椎体の成長差(駒田, 1977b)等が明らかになっている。これらのうち、前3者は成魚期における差であるが、後3者および今回の研究結果は稚・若魚期におけるものである。特に、櫛状歯、鱗および椎体の大きさや各部相対比は稚・若魚期に海産アユと湖産アユの間で差のみられるもので、成魚期に達すると全く認められなくなる(駒田, 1977a, b, 1978)。以上のことから、稚・若魚期における海産アユと湖産アユの形態的差異は湖産アユの成長の遅滞に基づくもので、長期間幼魚型を維持する結果と考えられる。なお、人工孵化アユの稚魚期における歯数、分布および歯の脱落時期にはかなりの変異がみられ、さらに、口部形態異常の発現頻度が非常に高いこと(駒田, 1974; Komada, 1980)等から、口部の構成要素は仔・稚魚期の成育環境条件により著しく影響をうけると思われるが、これらの点に関しては多くの課題が残されている。

謝 辞

終始ご指導・ご鞭撻を賜った岐阜歯科大学堀井五十雄教授ならびに岐阜大学出浦滋之教授に深謝の意を表します。さらに、琵琶湖アユ標本の入手をお世話下さった三重大学水産学部森浩一郎博士に謝意を表します。

引用文献

東 幹夫. 1973. びわ湖における陸封型アユの変異性に関する研究IV. 集団構造と変異性の特徴についての試論. 日本生態学会誌, 23(6): 255~265, figs. 1~4.
Chapman, W. M. 1941. The osteology and relationships of the isospondylous fish, *Plecoglossus*

altivelis Temminck et Schlegel. J. Morphol., 68(3): 425~455, figs. 1~12.
船坂義郎・石井重男・小木曾卓郎. 1963. アユ種苗生産に関する研究. 海産稚アユとびわ湖産小アユの成熟促進比較試験. 岐阜県水産試験場報告, 1963: 69~78, figs. 1~2.
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.
Iwai, T. 1955. Osteological annotations on the skull of the land-locked "Ayu" *Plecoglossus altivelis* Temminck and Schlegel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 21(5): 310~313, figs. 1~2.
Iwai, T. 1956. Development of the comb-like teeth in a salmonid fish, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 22(1): 12~15, figs. 1~3.
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.
駒田格知. 1974. 変形アユの骨格系異常に関する研究. 魚病研究, 8(2): 127~135, figs. 1~2.
駒田格知. 1977a. *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel の歯に関する研究. (2) 板状歯(分離小歯)および鱗の海産アユと湖産アユ間の形態差異について. 歯科基礎医学会雑誌, 19(2): 342~348, figs. 1~2.
駒田格知. 1977b. 海産・湖産・人工孵化アユにおける椎体の成長. 魚類学雑誌, 24(2): 128~134, figs. 1~7.
駒田格知. 1978. アユの成長に関する研究一特に相対成長および口部・歯系の成長について一. 岐阜歯科学会誌, 6(2): 80~128, figs. 1~37, pls. 1~23.
Komada, N. 1980. Incidence of gross malformation and vertebral anomalies of natural and hatchery *Plecoglossus altivelis*. Copeia, 1980(1): 29~35, figs. 1~8.
Komada, N. Growth of vomer and vomerine teeth in *Hypomesus transpacificus nipponensis* (Salmonina: Osmeridae). (投稿中).
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.
島津忠秀. 1954. 群馬県温川における放流アユの魚獲率について. 淡水区水産研究所報告, 3(2): 1~25, figs. 1~9.
末広恭雄. 1935. 魚類の消化系の発達と食性の変化について(予報). 動物学雑誌, 47: 346~352, figs. 1~2.
Suehiro, Y. 1942. A study on the digestive system and feeding habits of fish. Japan. J. Zool., 10(1): 1~303, figs. 1~15.
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, fig. 1.
殖田三郎・岡田喜一. 1935. アユの天然餌料に関する

駒田：アユの歯

研究(Ⅱ). 日本水産学会誌, 3(5): 275~280, fig. 2.
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, figs.
3~5.
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, fig. 6.
(501-02 岐阜県本巣郡穂積町高野 1851 岐阜歯科大学解剖学教室)