

한국산 연어속 어류의 형태학적 연구 - V.
연어 (*Oncorhynchus keta*), 산천어 (*O. masou*) 및
무지개송어 (*O. mykiss*)의 골격 비교

명정구 · 김용억*
한국해양연구소 · 부산수산대학교 해양생물학과*

Morphological Study of *Oncorhynchus* spp. in Korea - V.
Comparison of Skeletal Characters of Chum Salmon *O. keta*,
Masu Salmon *O. masou* and Rainbow Trout *O. mykiss*

Jung-Goo MYOUNG and Yong Uk KIM*

Korean Ocean Research and Development Institute Ansan, Kyonggi-do 425-600, Korea

*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

Comparative osteology of the chum salmon *Oncorhynchus keta*, masu salmon *O. masou* and rainbow trout *O. mykiss* in Korea was studied.

As a result, it was found that there were some differences in the structural features of the cranium and visceral skeleton among the species.

Interspecific differences in glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer were distinctive for the species. Chum salmon could be distinguished easily by some characters on form of glossohyal which is thin, long and sharp in shape. It has triangle shape supraethmoid while other two species have oval shape one.

The shape of parasphenoid, preopercle, hyomandibular and the number of epurals were evaluated as new taxonomic criteria for the salmon.

Key words : morphology, osteology, *Oncorhynchus* spp., Korea

서 론

태평양에 서식하는 연어속, *Oncorhynchus* 어류에는 연어, 왕연어 등 12종이 있으며 (Kendal, 1988), 우리나라에는 7종이 기재되어 있으나 (鄭, 1977) 현재 남한에는 연어, 무지개송어, 산천어 (시마연어 포함)의 3종뿐이다.

연어속 어류의 형태 및 계통에 관한 연구로는 분류형질을 찾으려는 연구의 일환으로 연어류 구강내의 이빨의 발달 상태나 내부 형태에 대한 연구 (Nomura,

1953, 1954), 비교골격학적 연구 (Norden, 1961; Hikita, 1962; Vladikov, 1962), 비늘의 형태에 관한 연구 (川嶋·鈴木, 1968), 인상(鱗相)에 의한 계통 판정에 관한 연구 (Kang, 1974) 등이 있다.

최근 들어서는 연어속 어류의 이러한 형태적 특징을 나이별, 성별로 나누고 하천별, 지역별 개체군 집단의 특징 형질로서의 연구가 활발히 진행되고 있으며 (Beacham and Murray, 1983, 1985a,b, 1986a,b, 1987), 효소 유전자의 지리적 특성과 유전적 특성 사이의 관계, 하천크기와 이형 집단율과의 관계 (Kijima

and Fujio, 1979, 1982, 1984, Okazaki, 1986), 분포, 회유와의 집단간 거리해석 (Okazaki, 1986), genetic marks (Seeb et al., 1986; Seeb and Seeb, 1986; Seeb et al., 1990) 등이 있다.

우리나라의 연어속 어류의 형태학적인 연구는 연어의 자치어기의 형태 (Myoung and Kim, 1993a, b), 중간 외부형태 비교 (Myoung and Kim, 1993c)가 있으나 골격에 관한 연구는 없다. 본 연구는 우리나라 하천과 바다에서 서식이 확인된 연어, 무지개송어 (도입종) 및 산천어의 골격 형질을 비교하여 우리나라 집단의 형태적 특징에 관한 자료를 축적함과 동시에 분류학적 위치를 검토하고, 새로운 분류 형질을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

연어는 1990년 10~11월에 동해안 연어 소상 하천 중 강원도 남대천, 삼척 오십천, 경북 왕피천 등 대표적인 6개 하천에서 채포한 195마리였으며 (Myoung and Kim, 1993a, b, c), 하천에 설치된 유도망으로 채포하였다. 무지개송어와 산천어는 1989년 10월과 11월, 1990년 11월 수산진흥원 양양내수면연구소에서 사육중이던 성숙한 개체를 표본으로 사용하였다. 표본은 냉동 상태로 실험실로 운반한 후, 삶아서 채골하였으며 모든 표본은 성별로 구분하여 처리하였다.

연어를 비롯한 산천어, 무지개송어의 골격은 두개골, 내장골, 척추골, 미골, 견대골, 및 요대골로 분리하

여 스케치하였으며, 이 중 연어속 어류 골격의 분류 형질로 잘 알려진, 인설골 (glossohyal), 상사골 (supraethmoid), 부설골 (parasphenoid), 서골 (vomer)은 길이와 폭 등 각 골편 부위를 caliper로 측정하여 (Fig. 1) 형태적 특징을 비교하였다. 각 형질에 대한 중간 분산 분석 (ANOVA)은 1%, 5% 수준에서 SAS의 GLM procedure를 사용하였다.

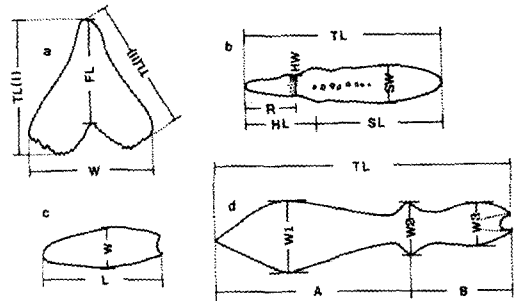


Fig. 1. Diagram showing the measurements of bones of *Oncorhynchus* spp. a. supraethmoid, b. vomer, c. glossohyal, d. parasphenoid.

결과

연어, 산천어 및 무지개송어의 두개골 (cranium), 내장골 (visceral skeleton), 척추골 (vertebrae), 미골 (caudal skeleton), 견대골 (shoulder girdle), 요대골 (pelvic girdle), 안골 (orbital bones), 악골 (jaw bones)에 대한 형태를 비교하였다.

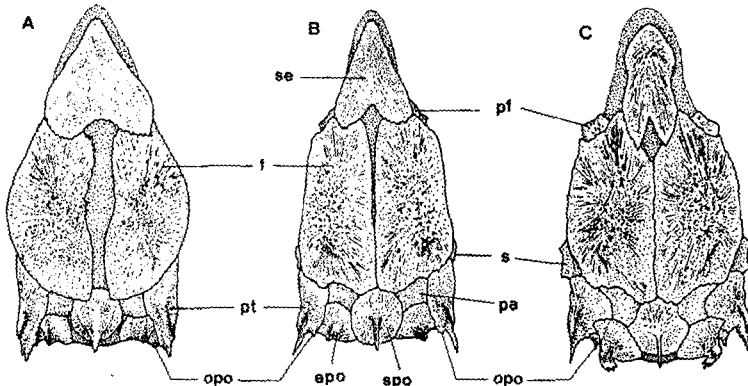


Fig. 2. The dorsal view of cranium of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. epo, epiotic; f, frontal; o, opisthotic; pa, parietal; pf, prefrontal; pt, pterotic; s, sphenotic; se, supraethmoid; spo, supraoccipital.

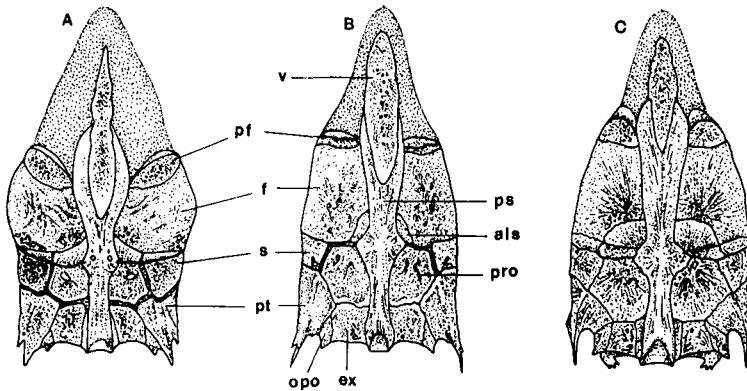


Fig. 3. The ventral view of cranium of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. als, alisphenoid; ex, exoccipital; f, frontal; opo, opisthotic; pf, prefrontal; pro, prootic; ps, parasphenoid; pt, pteriotic.

1. 두개골 (頭蓋骨, Cranium)

본 실험에서는 breeding growth 즉 성숙이 완료된 개체들을 사용하여 종간 비교를 행하였다. 연어 두개골은 안와(眼窩) 앞쪽이 커다란 연골조직으로 지지되어 있는 것이 특징이며, 그 연골조직 위에 상사골(supraethmoid)이 있고 아래쪽의 서골(vomer)에는 이빨들이 있다. 그리고, 그 외에 액골(frontal), 기저설골(basisphenoid), 상후두골(supraoccipital), 기저후두골(basioccipital) 등 17종류의 골편으로 이루어졌다. 이 중 상사골, 부설골, 기저후두골, 상후두골, 서골을 제외한 골편은 한쌍으로 거의 대칭을 이루고 있다 (Fig. 2, 3, 4).

조사 대상이 된 3종의 두개골의 형태는 유사하나 등쪽에서 보았을 때 무지개송어가 3종 중 가장 넓적한 형을 나타내었고, 그 다음이 연어, 산천어 순이었다.

두개골의 등쪽면을 가장 넓게 덮고 있는 골격은 액골(frontal)로서 앞끝은 상사골에 덮혀있으며, 뒤끝은 상후두골에 이른다. 좌우 액골이 두개골 가운데에서 만나는 모양이 3종간에 차이가 나며 연어의 좌우 액골은 가운데에서 서로 만나지 않고 상사골 뒤끝에서 외후두골 앞끝까지는 아래의 연골편이 나타나 있다. 산천어의 경우는 연어와 마찬가지로 좌우 액골이 만나지는 않지만 그 간격은 매우 좁아서 거의 선모양으로 연골이 나타나 보인다. 반면, 무지개송어의 좌우 액골은 두개로 정중선에서 붙어 있어 위의 두 종과는 뚜렷이 구별되며 상사골의 뒤끝과 좌우 액골 앞부분

사이에 다이아몬드형으로 연골편이 나타나 있다 (Fig. 2).

상후두골과 익이골 사이에 위치한 상이골(epiotic)은 뒷가장자리가 연어, 산천어는 단순히 뾰족한데 비해서 무지개송어는 잘 발달한 돌기가 상후두골쪽으로 휘어져 있는 독특한 모양을 하고 있다. 그외 익이골, 노정골, 상후두골의 형태와 위치는 비슷하지만 전액골(prefrontal), 설이골(sphenotic)은 연어, 산천어에서는 등쪽에서 거의 보이지 않는데 비해 무지개송어에서는 액골의 앞쪽과 익이골의 앞쪽에 뚜렷히 나타나 보인다 (Fig. 2).

두개골의 가장 앞쪽에 있는 상사골의 형태는 연어의 경우 앞이 뾰족하고 거의 정삼각형 모양에 가깝고, 산천어는 폭이 좁고 이등변 삼각형 모양이며 무지개송어는 가운데 오목한 홈이 있고 뒷쪽은 마치 매미의 날개 모양을 하고 있다 (Fig. 5). 이 골편을 Fig. 1과 같이 종별 길이 TL(I), TL(II)에 대한 폭(W)의 비와 앞쪽에서 홈이 진 곳까지의 길이(FL)에 대한 폭의 비값을 계산한 결과는 Table 1에 나타내었다.

상사골에 있어서 종간의 세가지 값은 모두 1% 수준에 유의하여, 좋은 분류형질임을 나타내었다. 길이(TL(I))에 대한 폭(W)은 연어가 91.19%로 가장 컸으며, 산천어 58.22%, 무지개송어 48.27% 순으로 작았다. 옆 변의 길이(TL(II))에 대한 폭 역시 연어가 94.28%로 가장 컸고, 산천어, 무지개송어 순이었다. 정중선의 길이(FL)에 대한 폭은 연어가 124.9%로 폭의 길이가 홈진 곳의 길이 보다 오히려 더 크게

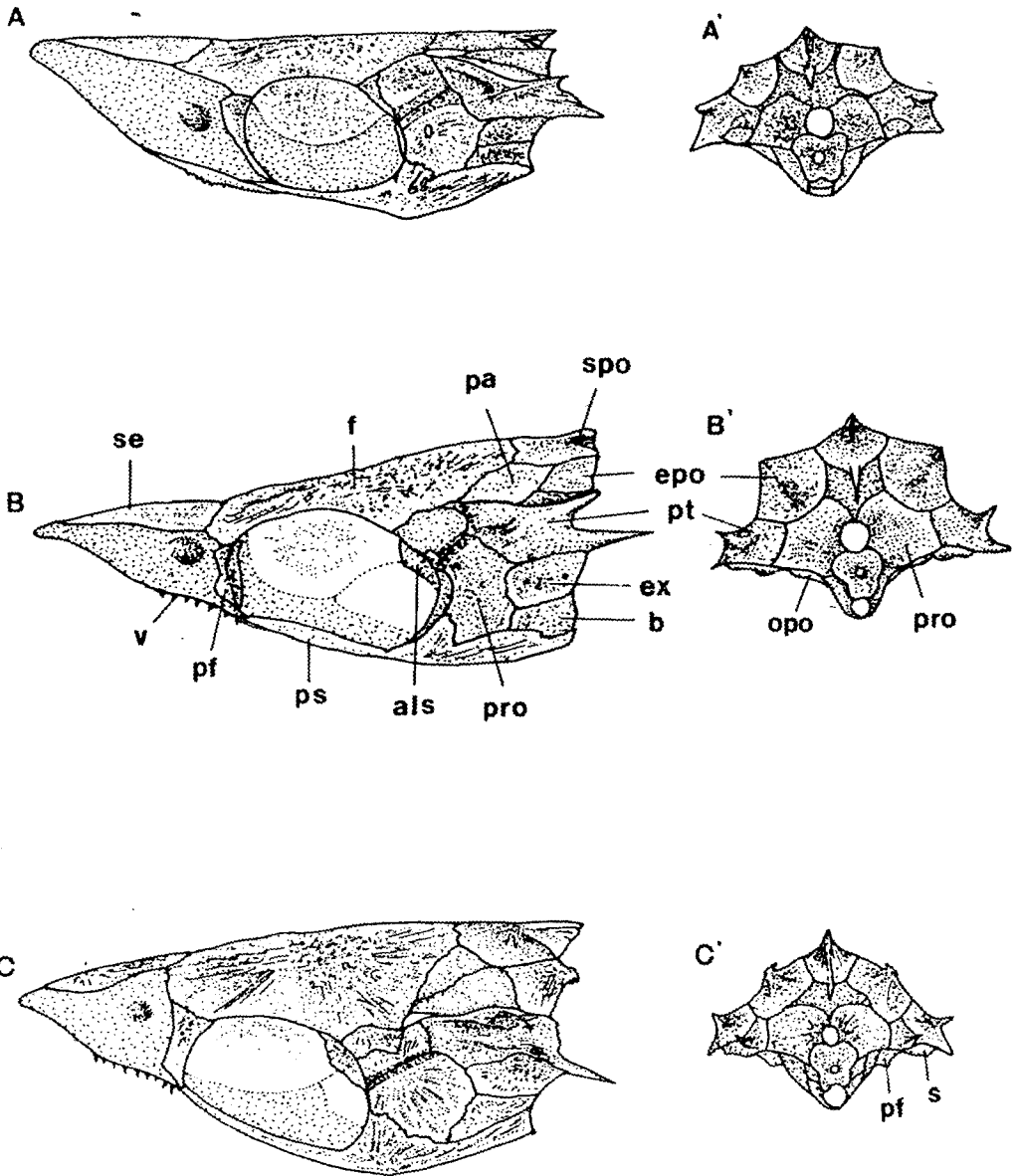


Fig. 4. The carniun of *Oncorhynchus* spp. A-C, lateral view; A'-C', posterior view. A.A'. *O. keta*, B.B'. *O. masou*, C.C'. *O. mykiss*. als, alisphenoid; b, basioccipital; epo, epiotic; ex, exoccipital; f, frontal; opo, opisthotic; pa, parietal; pf, prefrontal; pro, prootic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; s, sphenotic; se, supraethmoid; spo, supraoccipital; v, vomer.

나타났으며, 산천어는 97.67%, 무지개송어는 68.78%였다. 이 상사골의 성에 따른 종별 차이를 알아 보기 위하여 암컷과 수컷으로 나누어 본 결과는 Table 2, 3에 나타내었다.

상사골의 길이 (TL(I), TL(II))와 정중선 길이 (FL)에 대한 폭 (W)의 비는 암수에서 모두 3종 간 차이가 인정되었다. 암수 모두 3 값에서 거의 비슷한 경향을 나타냈으며 암컷의 TL(II)에 대한 폭 (W)의

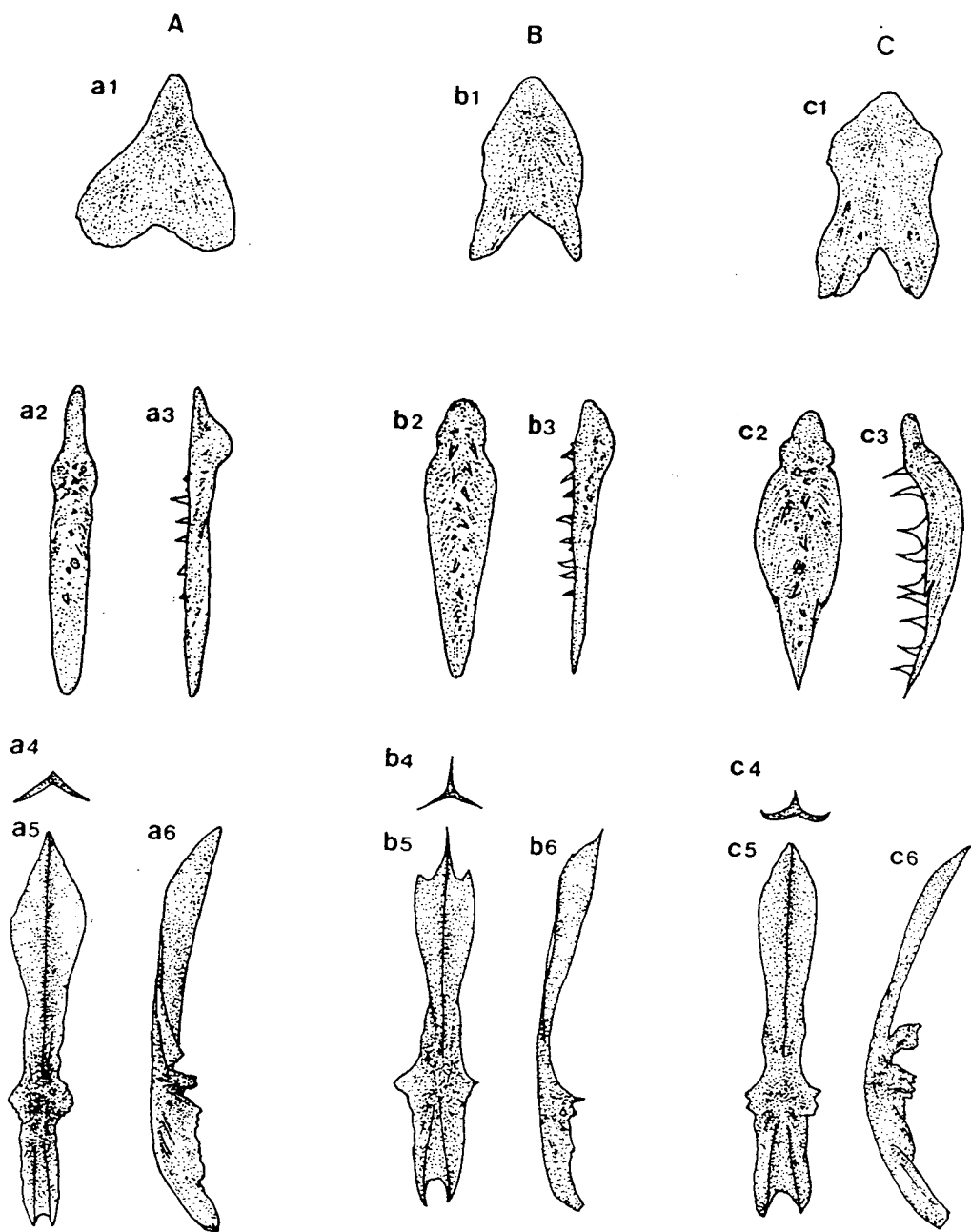


Fig. 5. The shape of supraethmoid, vomer and parasphenoid of *Oncorhynchus* spp.
 A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*.
 a1-c1; dorsal view of supraethmoid, a2-c2; dorsal view of vomer,
 a3-c3; lateral view of vomer, a4-c4; frontal view of parasphenoid,
 a5-c5; dorsal view of parasphenoid, a6-c6; lateral view of parasphenoid.

Table 1. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of *Oncorhynchus* spp. in Korea. No. of individual are given in brackets (%)

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
Glossohyal					
W/L	30.40 ± 6.30(73)	35.44 ± 5.37(30)	42.84 ± 9.05(8)	18.13	p<0.01
Supraethmoid					
W/TL(I)	91.19 ± 15.47(78)	58.22 ± 10.15(17)	48.27 ± 7.11(7)	58.60	p<0.01
W/FL	124.90 ± 30.47(78)	97.67 ± 23.34(17)	68.72 ± 15.05(7)	6.69	p<0.01
W/TL(II)	94.28 ± 17.20(77)	58.84 ± 15.80(17)	47.85 ± 6.53(7)	51.17	p<0.01
Parasphenoid					
B/A	55.77 ± 6.55(108)	52.20 ± 6.93(28)	56.12 ± 3.78(8)	3.45	p<0.05
W1/TL	21.00 ± 2.95(108)	16.22 ± 2.91(28)	14.78 ± 2.00(8)	42.57	p<0.01
W2/TL	17.42 ± 2.89(108)	18.50 ± 2.98(28)	17.79 ± 2.05(8)	1.58	p>0.05
W3/TL	3.85 ± 1.25(108)	4.72 ± 1.10(28)	8.19 ± 1.33(8)	48.96	p<0.01
Vomer					
HL/SL	46.86 ± 12.80(105)	35.92 ± 5.60(30)	32.74 ± 8.15(8)	14.54	p<0.01
R/TL	21.72 ± 4.94(105)	16.23 ± 3.35(30)	14.69 ± 2.53(8)	23.04	p<0.01
SW/TL	11.64 ± 2.80(105)	13.28 ± 2.88(30)	10.94 ± 2.53(8)	4.51	p<0.05
WT/TL	9.46 ± 1.93(105)	12.97 ± 3.33(30)	13.07 ± 2.88(8)	31.77	p<0.01

Table 2. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of female of *Oncorhynchus* spp. in Korea. No. of individual are given in brackets (%)

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
Glossohyal					
W/L	30.95 ± 6.05(39)	34.80 ± 4.86(21)	38.78 ± 8.80(5)	5.65	p<0.01
Supraethmoid					
W/TL(I)	94.75 ± 14.16(44)	58.25 ± 7.31(12)	45.71 ± 8.31(4)	57.17	p<0.01
W/FL	132.56 ± 32.40(44)	99.73 ± 24.65(12)	61.61 ± 6.93(4)	13.94	p<0.01
W/TL(II)	99.28 ± 17.66(43)	58.50 ± 18.53(12)	45.45 ± 6.96(4)	38.06	p<0.01
Parasphenoid					
B/A	57.01 ± 7.11(61)	53.32 ± 7.38(19)	54.11 ± 1.08(5)	2.21	p>0.05
W1/TL	20.82 ± 3.18(61)	16.27 ± 3.23(19)	14.51 ± 2.36(5)	21.51	p<0.01
W2/TL	17.79 ± 3.12(61)	19.12 ± 3.17(19)	17.52 ± 2.34(5)	1.41	p>0.05
W3/TL	3.77 ± 1.27(61)	4.68 ± 1.16(19)	8.02 ± 1.33(5)	28.31	p<0.01
Vomer					
HL/SL	47.71 ± 15.16(58)	35.86 ± 5.71(22)	32.03 ± 8.15(5)	8.65	p<0.01
R/TL	21.58 ± 5.69(58)	16.45 ± 2.85(22)	13.84 ± 2.03(5)	12.28	p<0.01
SW/TL	11.46 ± 2.84(58)	12.51 ± 2.68(22)	10.88 ± 2.93(5)	1.34	p>0.05
WT/TL	9.61 ± 2.13(58)	12.86 ± 3.51(22)	12.40 ± 3.01(5)	13.76	p<0.01

비는 평균 99.28%로 산천어 (58.50%), 무지개송어 (45.45%) 보다 컸다.

정중선 길이 (FL)에 대한 폭의 비 역시 연어가 132.56%로서 산천어 (99.73%)나 무지개송어 (61.61%) 보다 컸다. 수컷의 경우도 경향은 암컷과 거의 유사하였으나 연어의 경우 TL (II)에 대한 W값이 87.94%, FL에 대한 W값이 114.98%로 암컷의 값 보다 작게 나타났다.

연어 수컷의 상사골 형태는 암컷과 거의 유사하나 TL (II)에 대한 W값과 FL에 대한 W값이 암컷 보다 약간 작게 나타났다.

두개골의 아래면은 등쪽면과 윤곽이 닮아 있으며 정중선 위에는 서골과 부설골이 이어져 있다. 서골은 눈 앞쪽의 연골 아래에 위치하며 부설골의 앞쪽면 위에 겹쳐져 위치 하는데 (Fig. 3), 형태나 이빨 발달상태는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 각 종마다 특징을 가지고 있다. 서골의 형태나 이빨이 나 있는 부위는 3 종간에 차이가 있으며, 앞돌기 (R), 목의 폭 (WT), 뒷판의 폭 (SW)의 전체길이 (TL)에 대한 비와 이빨이 생기기 시작하는 곳까지의 거리 (HL)와 이빨이 나타

나는 뒷판길이 (SL)의 비를 성별, 종별로 조사한 결과는 Table 1, 2, 3에 나타내었다.

암수 구분없이 계산하였을 때 각 부위 내의 값은 모두 종간 차이가 인정되었으며 HL/SL 값은 연어가 46.86%로 가장 크고, 산천어가 35.92%, 연어가 32.74% 순으로, 이빨 앞의 돌기 길이는 연어가 가장 길었고 무지개송어가 가장 짧았다. 뒷판의 폭 (SW/TL)은 산천어가 13.28%로 가장 넓었고, 무지개송어와 연어는 차이가 없었다. WT/TL의 값은 연어가 9.46%로 가장 작았으며, 산천어와 무지개송어는 각각 12.97%, 13.07%로 차이가 없었다 (Table 1).

암컷과 수컷을 구분하여 서골의 형태를 살펴보면, 암컷의 경우 SW/TL의 값은 종간에 차이가 인정되지 않았고 (F85=1.34, p>0.05), 그 외 부위의 비는 모두 1% 수준에서 종간에 차이가 유의하였다. 뒷판 길이에 대한 (SL) 이빨앞의 길이 (HL)와 전체 길이에 대한 돌기의 비 (R/TL)는 연어가 47.71%, 21.58%로 가장 컸으며 산천어, 무지개송어 순이었다 (Table 2).

수컷의 경우에는 조사한 값 모두가 1% 수준에서 종간 차이가 유의하였으며, 경향은 암컷과 거의 유

Table 3. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of male of *Oncorhynchus* spp. in Korea. No. of individual are given in brackets (%)

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
Glossohyal					
W/L	29.77 ± 6.61(34)	36.94 ± 6.49(9)	49.61 ± 4.67(3)	15.43	p<0.01
Supraethmoid					
W/TL(I)	86.59 ± 16.07(34)	58.13 ± 16.29(5)	51.67 ± 4.19(3)	12.69	p<0.01
W/FL	114.98 ± 24.88(34)	92.72 ± 21.58(5)	78.21 ± 19.26(3)	4.54	p<0.01
W/TL(II)	87.94 ± 14.50(34)	59.64 ± 7.31(5)	51.07 ± 5.30(3)	17.77	p<0.01
Parasphenoid					
B/A	54.17 ± 5.41(47)	49.82 ± 5.50(9)	59.48 ± 4.54(3)	4.21	p<0.05
W1/TL	21.25 ± 2.63(47)	16.11 ± 2.28(9)	15.23 ± 1.52(3)	21.19	p<0.01
W2/TL	16.94 ± 2.53(47)	17.20 ± 2.16(9)	18.24 ± 1.81(3)	0.42	p>0.05
W3/TL	3.95 ± 1.23(47)	4.79 ± 1.04(9)	8.48 ± 1.58(3)	20.29	p<0.01
Vomer					
HL/SL	45.81 ± 9.14(47)	36.07 ± 5.66(8)	33.94 ± 9.80(3)	6.20	p<0.01
R/TL	21.89 ± 3.87(47)	15.64 ± 4.64(8)	16.11 ± 3.04(3)	17.70	p<0.01
SW/TL	11.87 ± 2.78(47)	15.40 ± 2.42(8)	11.04 ± 2.28(3)	6.13	p<0.01
WT/TL	9.27 ± 1.66(47)	13.27 ± 2.98(8)	14.20 ± 2.79(3)	21.89	p<0.01

사 하였다. HL/SL 값은 연어가 45.81%였고 산천어 36.07%, 무지개송어 33.94% 순으로 작았다 (Table 3).

서골을 부설골에서 분리하여 측면에서 보면 연어와 무지개송어는 거의 일직선이며, 산천어는 앞돌기 뒷부분이 위로 휘어져 있는 특징을 가진다. 서골 위의 이빨은 3종 중 무지개송어가 가장 크며 서골의 뒤 끝까지 발달한다. 서골 위의 이빨은 연어가 거의 일직선으로 발달하는 반면 무지개송어와 산천어는 불규칙한 2열로 발달한다.

부설골 (parasphenoid)은 두개골 아래 정중선 위에 위치하며 앞쪽은 서골에 겹쳐져 있고 뒤쪽은 기저후두골을 지지하며 두개골 끝까지 뻗어 있는 하나의 골편이다. 부설골은 위에서 보면 창모양의 앞돌기와 끝지점에 옆으로 돌출된 관절부분이 있고 뒤로는 홈을 가진 V자 골편이 연장된다. 앞돌기 끝의 형태는 무지개송어와 연어의 경우 창모양으로 뾰족한데 비하여, 산천어의 부설골 앞끝은 산자를 닮은 모양으로 양쪽이 휘어져 올라간 모양을 나타낸다. 부설골을 옆에서 보면 연어와 산천어가 거의 직선형인데 비하여 무지개송어는 중간부분이 아래로 쳐져 양쪽 끝이 위로 휘어진 모양을 나타낸다 (Fig. 5).

부설골의 형태를 비교하기 위하여 Fig. 1과 같이 각 부위를 측정하여 앞판 (A)과 뒷판 (B)의 비, 전체길이 (TL)에 대한 각 부위의 폭 (W1, W2, W3)의 비값을 비교하였다 (Table 1, 2, 3). 암수 구분없이 비교해 본 결과 중간 관절부분의 폭 (W2)의 TL에 대한 비값을 제외하고 모두 종간 차이가 유의하였다. B/A값은 산천어가 52.2%로 가장 작게 나타났으며, W1/TL값은 연어가 21.00%로 3종 중 앞판의 폭이 가장 넓은 특징을 나타내었다. 반면, W3/TL값은 연어가 3.85%로 가장 작고 무지개송어가 8.19%로 가장 넓게 나타났다 (Table 1).

암컷과 수컷으로 구분하였을 때, 암컷은 W1/TL, W3/TL 값에서만 종간 차이가 인정 되었고 B/A, W2/TL 값에서 F값이 각각 2.21 ($p>0.05$), 1.41 ($p>0.05$)로 종간 차이가 없었다 (Table 2). 수컷의 경우에는 W2/TL 값만 종간 차이가 없었으며 ($F_{59}=0.42, p>0.05$), 나머지는 모두 종간 차이가 있었다. W1/TL값은 암컷, 수컷 모두 연어가 20.82%, 21.25%로 앞돌기의 폭이 가장 넓은 것으로 나타났으며, 그 다음이 산천어, 무지개송어 순이었다 (Table 3). W3/TL값은 반대로 무지개송

어가 암, 수컷에서 8.02%, 8.48%로 가장 넓고, 산천어, 무지개송어 순으로 뒷폭이 좁아진다.

두개골을 측면에서 보면 새부리모양의 연골이 앞쪽으로 튀어나와 있고 그 위를 상사골이 덮고, 아래쪽에는 몇개의 날카로운 이빨을 가진 서골이 위치하고 있다. 연어와 산천어의 액골은 편평한 모양이며, 무지개송어의 액골은 상사골과 접촉한 부분의 뒤쪽으로 융기된 선이 나타난다. 익이골은 3종 모두 뒤쪽으로 뾰족한 돌기가 연장되어 있다 (Fig. 4, A-C). 두개골을 뒤에서 보면 상후두골을 중심으로 상이골, 익이골, 외후두골, 기저후두골이 좌우 대칭을 이루고 있으며, 이들 골편과 상후두골, 상이골, 외후두골은 서로 접촉하지 않으며 이들 골편 사이는 연골로 이어져 있다 (Fig. 4, A'-C'). 연어와 산천어의 두개골의 뒷면은 거의 유

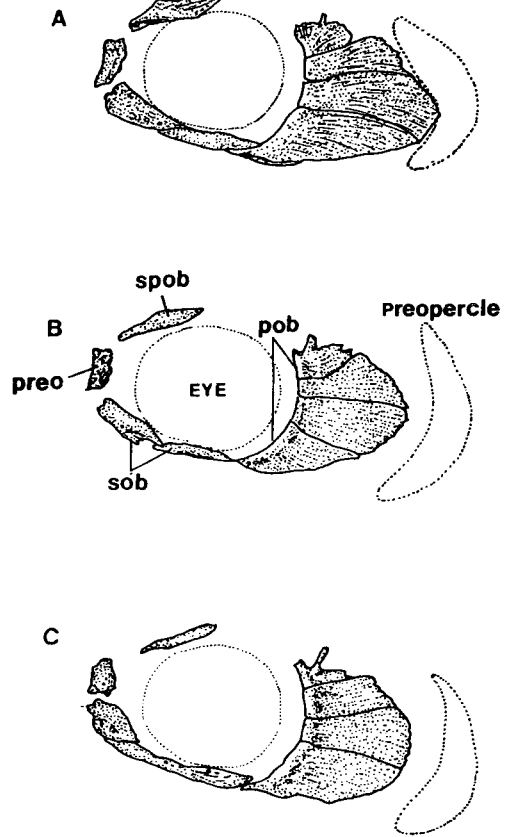


Fig. 6. The orbital bones of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. pob, postorbital; preo, preorbital; sob, suborbital; spob, supraorbital.

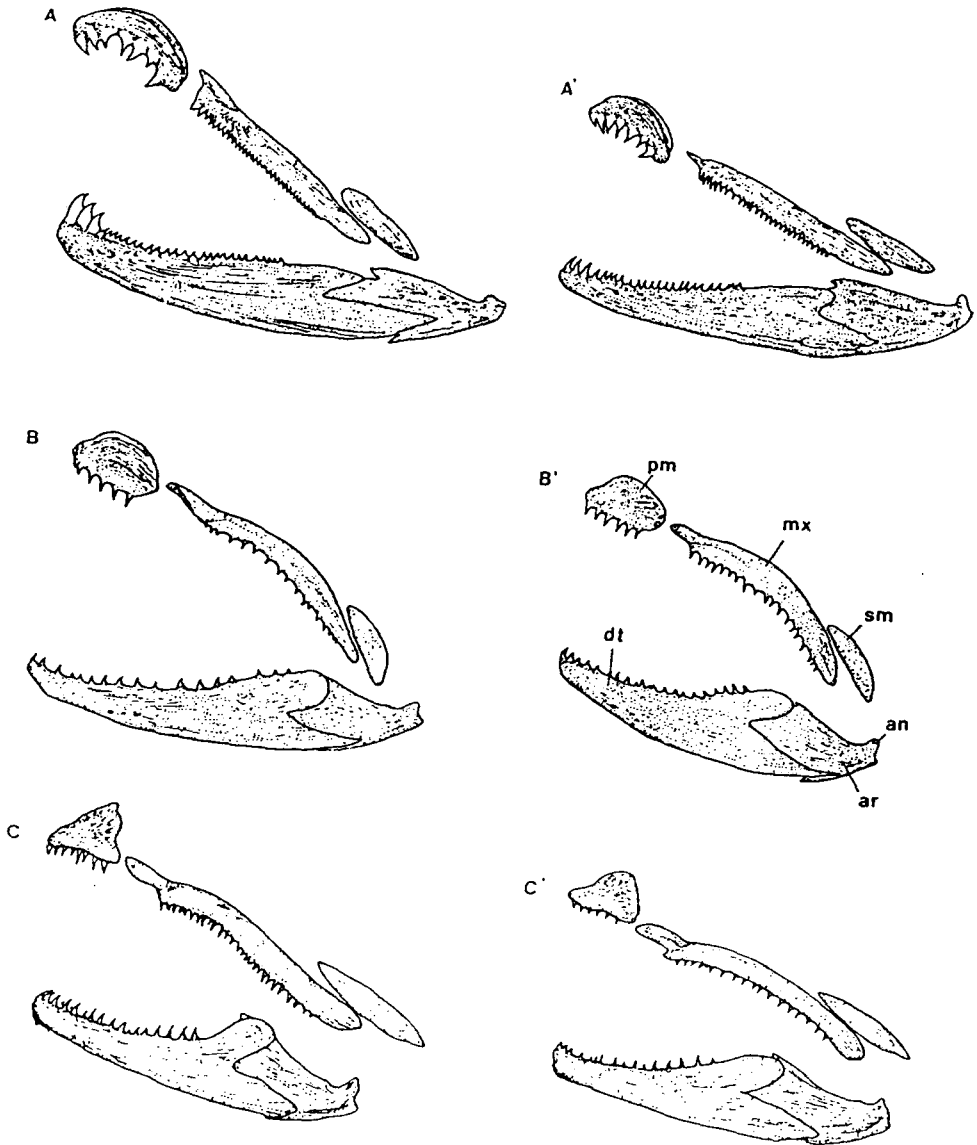


Fig. 7. Jaw bones of *O. keta*. A-C. male, A'-C'. female. A.A'. *O. keta*. B.B'. *O. masou*. C.C'. *O. mykiss*. an, angular; ar, articular; dt, dentary; mx, maxillary; pm, premaxillary; sm, supramaxillary.

사하지만 무지개송어는 설이골 (sphenotic)과 전액골 (prefrontal)이 뒤쪽에서 보이는 점, 상이골 (epiotic)의 돌기가 갈구리모양으로 안쪽으로 휘어져 있는 점이 앞의 두 종과의 차이점이다.

2. 안골 (眼骨, Orbital bone)

연어의 안골은 눈 위의 안상골 (supraorbital), 눈앞

의 안전골 (preorbital), 눈 아래 2개의 안하골 (suborbital 또는 infraorbital)과 4개의 안후골 (postorbital)이 붙어있다. 연어나 산천어 안하골의 뒷 가장자리는 전 새개골의 앞 끝과 닿아 있으나 무지개송어는 닿지 않는다.

안골을 구성하는 골편의 수는 3종이 모두 같으나 각각 골편의 형태는 종간 차이가 있으며 그 중 앞쪽

안하골의 형태에서 뚜렷한 차이가 있다. 연어와 산천어의 첫번째 안하골의 형태는 앞쪽이 넓적하고 뒷쪽으로 갈수록 가늘어지는 형이나 무지개송어는 나뭇잎 모양으로 짧고 넓적한 형을 나타내며, 두번째 안하골은 무지개송어의 것이 특징적으로 길다 (Fig. 6).

3. 악골 (顎骨, Jaw bones)

악골은 주둥이를 구성하는 골격으로 위턱 (upper jaw)을 구성하는 전상악골 (premaxillary), 주상악골 (maxillary), 상주상악골 (supramaxillary)과 아래턱 (lower jaw)을 구성하는 치골 (dentary), 관절골 (articular) 및 각골 (angular)로 이루어진다. 연어, 산천어, 무지개송어의 악골은 수컷이 암컷보다 크게 발달하며 특히 전상악골과 치골의 이빨의 형태에 큰 차이를 나타낸다 (Fig. 7). 즉, 수컷은 암컷에 비하여 이빨의 크기가 크고 갈구리 모양을 하고있다. 연어의 경우는 치골 앞부분의 3~4개의 이빨은 수컷이 큰 갈구리 모양으로 그 뒤쪽의 이빨보다 상당히 큰데 비해 암컷의 이빨은 수컷처럼 크지도 않고 뒤쪽의 이빨보다 조금 큰 경향만 나타낸다.

악골의 종간 차이점은 전상악골의 등쪽 융기부, 치골 앞부분의 윤곽과 주상악골의 형태에서 찾아 볼 수 있다. 연어의 전상악골은 초생달 모양으로 휘어져있고, 무지개송어와 산천어는 아랫면이 휘어져 있지 않는 공통점을 가지고 있다. 전상악골의 형태는 연어가 등쪽에 얇은 막상 융기부를 가지고 있는 것에 비하여 산천어와 무지개송어는 등쪽 골판이 융기되어 달걀모양, 삼각형 모양을 띠고 있고 특히 무지개송어는 윗쪽이 높이 융기되어 거의 정삼각형모양을 하고있다. 이 전상악골의 형태는 암, 수 차이가 크지 않다.

치골 앞끝의 윤곽은 연어와 산천어가 매끄러운데 비하여 무지개송어는 거칠다. 악골 중 또 하나의 종간 차이점은 주상악골의 형태인데 연어는 앞끝 돌기가 짧고 전체가 거의 직선을 이루고 있는데 비하여 산천어와 무지개송어는 앞돌기가 연어에 비해 크며 전체가 위쪽으로 휘어진 모양을 하고 있다. 특히, 무지개송어의 주상악골 앞돌기는 곤봉형으로 둥글고 길게 튀어나와 있다.

4. 현수골 (懸垂骨, Suspensorium)

현수골은 입천정부분을 구성하는 구개부 (palate)와

아가미뚜껑을 구성하는 새개부 (opercular)로 나누어진다 (Fig. 8).

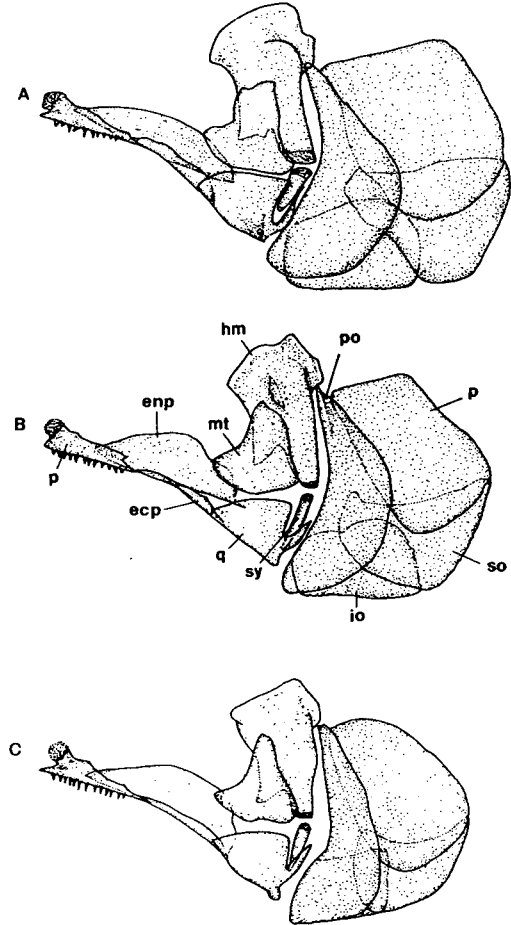


Fig. 8. The suspensorium of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. hm, hyomandibular; ecp, ectopterygoid; enp, endopterygoid; io, interopercle; mt, metapterygoid; o, opercle, palatine; po, preopercle; q, quadrate; so, subopercle; sy, symplectic.

구개부는 가장 앞쪽에 이빨이 발달한 구개골 (palatine)이 위치하며 입천정에선 서골 양 옆쪽에 떨어져 위치하는데 조사 대상이 된 3종 간에 뚜렷한 차이를 나타내었다. 즉, 연어와 산천어의 구개골은 앞쪽 돌기가 짧고 위로 돌출된 부분에서 뒤쪽으로 향해 조금씩 낮아지는 경향이 있으나, 무지개송어는 앞의 두 종에

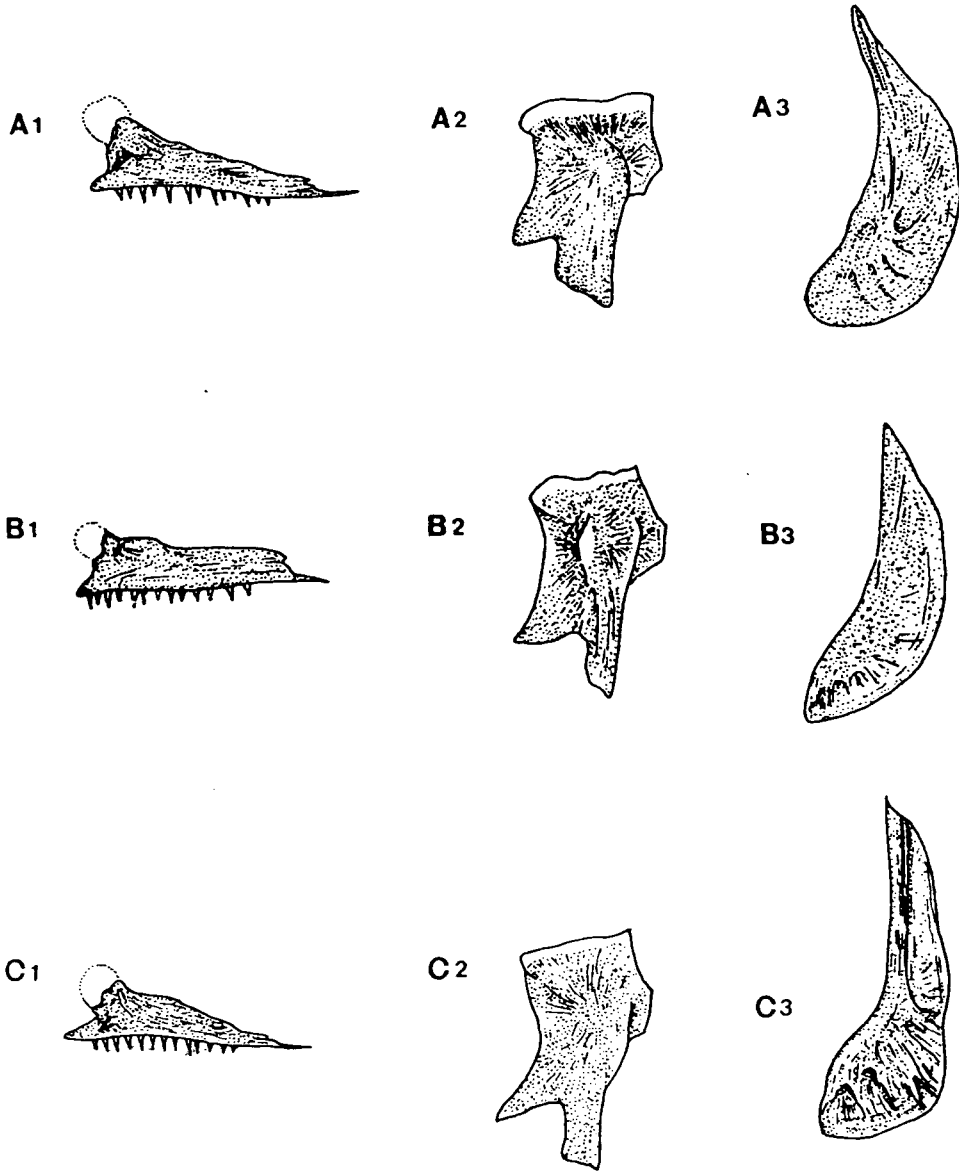


Fig. 9. Shapes of palatine, hyomandibular and preopercle of *Oncorhynchus* spp. A1-C1; palatine, A2-C2; hyomandibular, A3-C3; preopercle. A1-A3. *O. keta*, B1-B3. *O. masou*, C1-C3. *O. mykiss*.

비하여 앞쪽 끝이 길고 뾰족하게 돌출되어 있고 위쪽 돌출부에서 뒷쪽으로는 가운데 부분부터 급격히 낮아지는 경향을 나타내고 있다 (Fig. 9, A1-C1).

구개골 뒤에는 내익상골 (endopterygoid)과 외익상골 (ectopterygoid)이 접속하며 그 뒤에 방골 (quadrate)이 붙어있다. 방골과 후익상골 사이는 막상연골

로 이어진다. 구개부의 가장 뒷뼈인 설악골 (hyomandibular)은 위쪽으로 두개골의 설이골 (sphenotic), 익이골 (pterotic)과 연골로서 관절하며 아래쪽으로는 접속골 (symplectic)로 방골과 연결된다. 앞쪽 부분은 후익상골에 덮혀 있다.

설악골은 윗부분이 삼각형의 판모양이고 아래부분

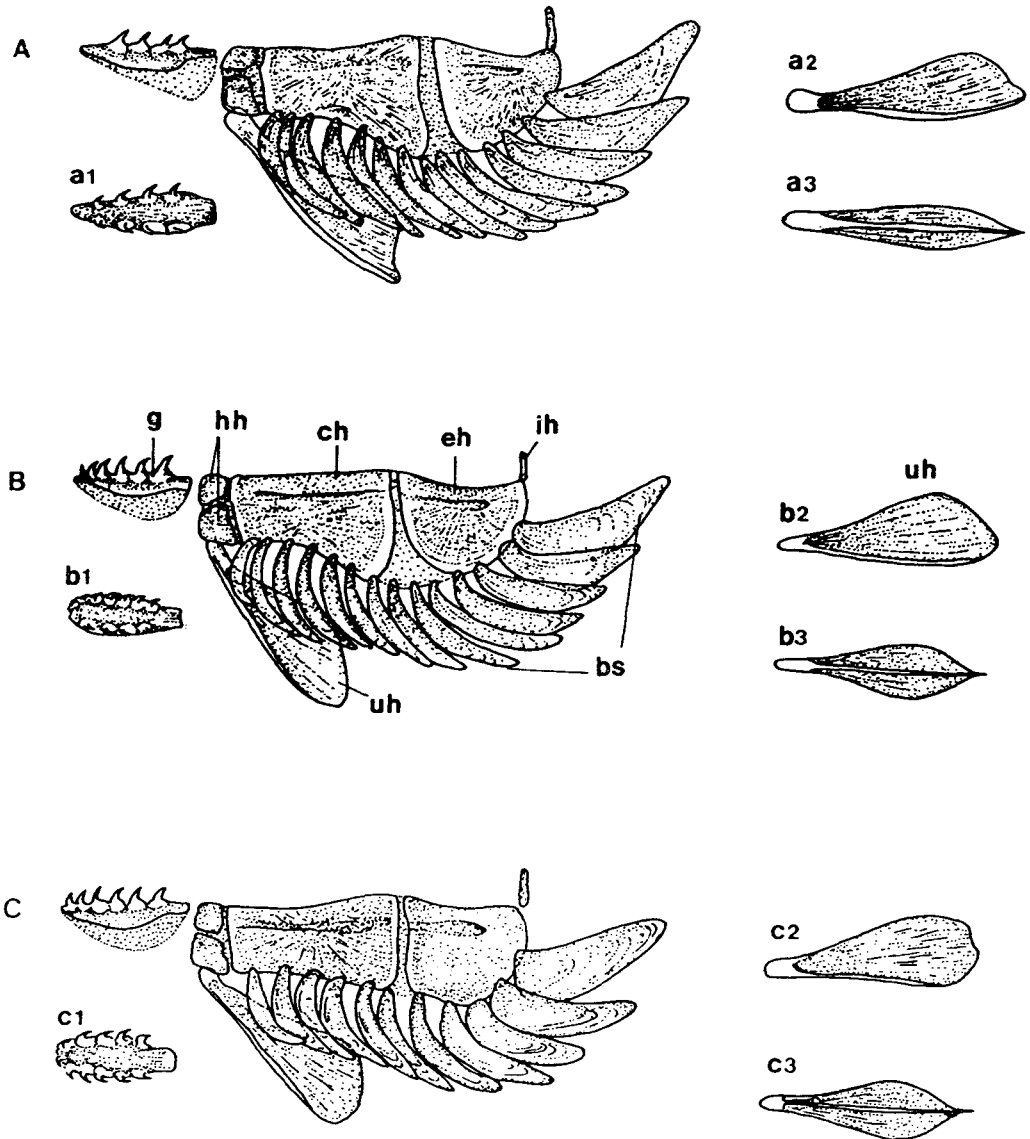


Fig. 10. The hyoid arch of *Oncorhynchus* spp.
 A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*.
 a1-c1; dorsal view of glossohyal, a2-c2; lateral view of urohyal,
 a3-c3; dorsal view of urohyal. bs, branchiostegal ray; ch, ceratohyal; eh, epihyal; g, glossohyal;
 hh, hypohyal; ih, interhyal; uh, urohyal.

이 V형으로 홈이 패여 뾰족한 앞쪽과 한 뒷쪽으로 갈라져 있다. 연어의 설악골은 뒷쪽 가장자리가 윗편의 중앙으로 뾰여 올라가면서 가운데가 움기되어 있으며 (Fig. 9, A2), 산천어는 뒷쪽 가장자리가 연어만큼 돌출되어 뾰여 올라가지 않으나 윗편 중앙에 긴 삼각형의 판상 돌기물이 움기되어 있다 (Fig. 9, B2).

반면, 무지개송어는 연어나 산천어같이 특별히 움기된 부분이 없이 전체가 밋밋하여 앞의 두 종과 구별된다 (Fig. 9, B3).

그외 방골, 접속골, 후익상골의 형태는 3종이 비슷하였다. 새개부 (opercular)는 구개부의 설악골, 접속골, 방골로 이어지는 윤곽에 접속하는 전새개골

(preopercle)과 아래에서 일부가 서로 겹쳐지는 주새개골 (opercle), 하새개골 (subopercle)과 가장 아래부분에 전새개골과 하새개골 아래에 위치한 간새개골 (interopercle)의 4종류 뼈로 구성되어 호흡운동에 관여하고 있다 (Fig. 8).

새개부를 구성하는 4개의 골편 중 연어와 산천어, 무지개송어에서 차이를 보인 것은 전새개골이며 나머지 주새개골, 하새개골, 간새개골의 형태는 큰 차이가 인정되지 않는다. 연어의 전새개골은 3종 중 폭이 가장 넓었으며 앞쪽 윤곽이 안쪽으로 약간 휘어져 오목한 형을 이루고 있고 몇개의 융기선이 뒷쪽으로 향해 휘어져 있다 (Fig. 9, A3). 이에 비하여 무지개송어의 전새개골은 윗쪽이 가늘고 아래쪽이 몽툰한 주걱모양을 하고 있으며 아래쪽 넓은 면 위에는 깊은 융기선이 5~6개가 패여져 있다 (Fig. 9, C3). 산천어는 연어와 닮아 있으나 앞쪽 윤곽이 연어만큼 오목하지 않다 (Fig. 9, B3).

5. 설궁 (舌弓, Hyoid arch)

설궁 (Fig. 10)은 구강 바닥의 정중선에 위치하며 혀를 지지하는 인설골 (glossohyal)과 그 위로 하설골 (hypohyal), 각설골 (ceratohyal), 상설골 (epihyal)이 연골로 이어져 좌우로 벌어져 있고 인설골의 후하방으로는 미설골 (urohyal)이 위치한다. 각설골과 상설골의 아래면을 따라 십수개의 휘어진 새조골 (branchiostegals ray)이 거의 서로 겹쳐지거나 이어져서 아가미 뚜껍의 아래 가장자리를 이루게 된다. 간설골 (interhyal)은 현수골인 접속골 (symplectic) 부근에 관절하는 조그마한 막대기 모양의 골격으로 상설골의 윗쪽 뒷끝에 수직으로 서 있다.

인설골은 혃바닥을 구성하는 뼈로서 혃를 구성하는 연골 위에 덮혀 있으며 연어과 어류에는 인설골 위에 크고 날카로운 이빨이 잘 발달하며, 그 형태도 종에 따라 차이를 나타내고 있다. 종간에 인설골의 형태차이는 길이 (L)에 대한 폭 (W)의 비 (Fig. 1)로 쉽게 파악할 수 있으며, Table 1에서 보는 바와 같이 3종간의 형태 차이는 1% 수준에서 유의하였다 ($F_{111} = 18.13, p < 0.01$). 길이에 대한 폭은 무지개송어가 42.84%로서 가장 넓적하고 산천어가 35.44%, 연어가 30.40%로 좁은 모양을 하고 있다.

앞컷과 수컷으로 나누어 검토해 보더라도 종간 차

이는 모두 1% 수준에서 유의하였으며, 산천어와 연어의 경우 암수 차이가 거의 없으나 무지개송어는 암컷이 38.78%, 수컷이 49.61%로 큰 차이를 나타내었다 (Table 2, 3).

측청치에서 본 바와 마찬가지로 연어의 인설골은 좌우에 4~5개의 이빨을 가지며 산천어나 무지개송어에 비하여 앞쪽 끝이 뾰족한 편이며 옆에서 보면 편평한 모양을 나타내고 있다. 또 이빨의 배열형태에도 종 간 차이를 보이며 산천어와 무지개송어의 인설골은 이빨의 배열상태가 유사하며 연어와는 달리 등그스럼한 앞끝에도 2~3개의 이빨이 있다 (Fig. 10, b1, c1).

각설골은 하설골과 상설골 사이에 위치한 넓적한 골격으로서 3종 사이에 뚜렷한 형태적 차이가 나타나지 않았다.

상설골 (epihyal)은 각설골 뒤에 붙어있는 넓적한 골격으로 3종간 차이는 거의 없으나 산천어의 상설골 아래의 앞쪽 윤곽이 연어, 무지개송어에 비하여 등근 경향을 나타내었다.

미설골 (Fig. 10, a2, 3-c2, 3)은 앞쪽은 약간 몽툰한 편이며 정중선 위에는 등쪽으로 얇은 판상 돌기가 높게 솟아 있고 아랫면과 수직을 이루며, 아랫면은 앞이 좁고 뒤가 넓은 긴 다이아몬드형으로 넓적한 뼈이다. 연어의 미설골 아랫면은 밑으로 약간 휘어진 형이지만 무지개송어는 직선이며, 산천어는 무지개송어와 연어의 중간형을 나타낸다. 위로 융기한 판상골판의 뒷가장자리는 연어와 산천어가 별다른 굴곡없이 미끈한 반면, 무지개송어는 중간이 약간 오목하게 들어간 모양을 나타내고 있다. 위에서 보았을 때 연어의 미설골 아랫면의 폭이 3종 중 가장 좁으며 (Fig. 10, a3), 무지개송어가 가장 넓고 끝이 뾰족한 특징을 나타내 보인다 (Fig. 10, c3).

새조골은 가늘고 길며 납작한 모양을 하고 있으며 앞쪽의 것은 바나나 모양을 하고 있으며 뒷쪽으로 갈수록 넓적해진다. 3종 간의 차이는 맨 뒷쪽 새조골에서 찾아볼 수 있는데 연어의 마지막 새조골은 가운데가 높고 시작과 끝이 가느다란 삼각형이지만, 무지개송어는 상설골쪽 (앞쪽)이 넓적하고 뒤끝으로 가면서 점차 가늘어지는 모양을 하고 있고, 산천어는 그 중간형을 나타낸다.

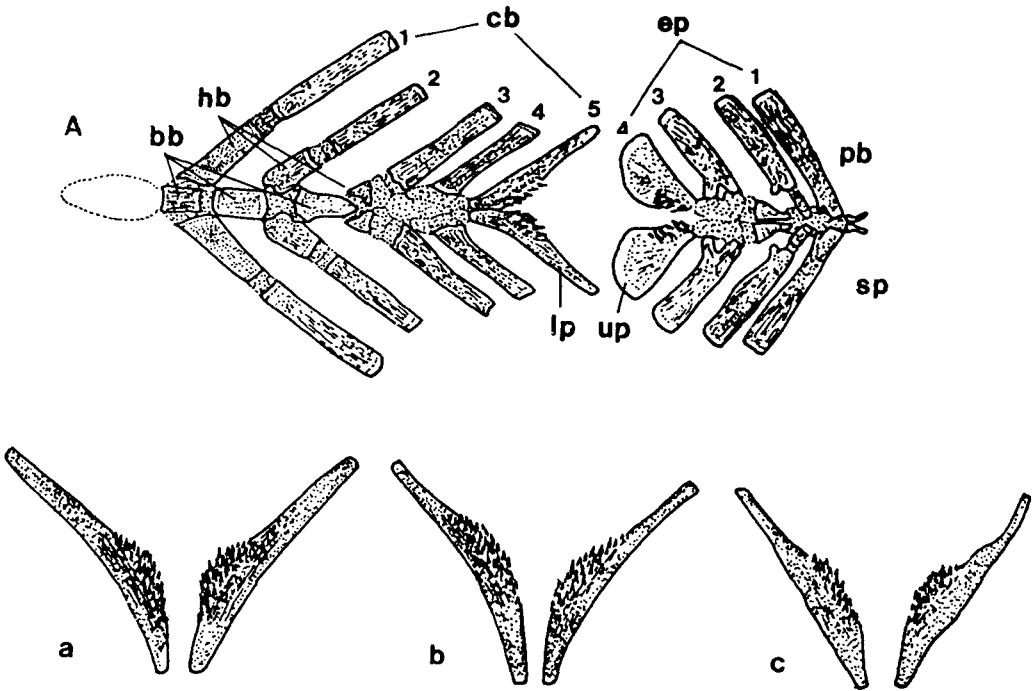


Fig. 11. The shape of gill arch and lower pharyngeal bone of *Oncorhynchus* spp.

A. gill arch of *O. keta*. a-c; lower pharyngeal bones.

a. *O. keta*, b. *O. masou*, c. *O. mykiss*. bb, basibranchial bone; cb, ceratobranchial bone; eb, epibranchial bone; hb, hypobranchial bone; lp, lower pharyngeal bone; pb, pharyngobranchial bone; sp, sensory pharyngeal bone; up, upper pharyngeal bone.

6. 새궁 (鰓弓, Gill arch)

새궁은 아가미를 형성하고 있는 골격이며 모두 5쌍으로 이루어진다. 혀를 지지하는 인설골 바로 뒤에 3개의 기새골 (basibranchial bone)이 정중선을 따라 연골로 이어져 있으며 그 기새골 좌우로 3쌍의 하새골 (hypobranchial bone)이 있고 그것에 이어 4쌍의 각새골 (ceratobranchial bone)이 있다. 아래쪽 5번째 새궁은 하인두골로 변형되어 있다. 위쪽 새궁은 4쌍이며 인새골 (pharyngobranchial bone)과 3쌍의 상새골 (epibranchial bone)이 있으며 마지막 4, 5번째 새궁은 융합되어 상인두골 (upper pharyngeal bone)을 이루고 있다 (Fig. 11, A).

연어, 산천어, 무지개송어의 새궁을 형성하는 골편의 종류와 위치는 같았으며 단지 하인두골과 상인두골의 형태에서 약간의 차이가 있었다. 연어와 산천어의 다섯번째 아래 새궁인 하인두골은 바깥 윤곽이 안쪽으로 약간 휘어진 형인 반면 무지개송어의 그것은 약간 불룩한 형으로 차이가 있었고, 상인두골은 3중

모두 반달형을 하고 있었다 (Fig. 11, a-c).

7. 척추골 (脊椎骨, Vertebrae)

척추골은 두개골에 붙는 제1추골 (atlas)부터 몸통 끝까지의 복추골 (abdominal vertebrae)과 꼬리부분의 미추골 (caudal vertebrae)로 나눌 수 있다. 연어, 산천어, 무지개송어의 1~3번째 추골, 마지막 3개의 복추골과 49~50번째의 미추골의 형태는 Fig. 12에 나타내었다. 연어의 복추골의 추체는 허리가 잘록하지 않고 밋밋한 원통형이며 늑골 (rib)은 2~3번째 추체부터 추체에 아래면이나, 측돌기 (parapophysis)에 붙어 있으며 신경극 (neural spine)은 앞쪽이 짧고 뒤쪽으로 갈수록 길어지는데 1~2번째의 신경극은 앞에서 보면 좌우로 갈라져 있으며 단지 신경궁문 (neural arch)만 완성되어 있고, 3번째에서 30번째까지의 신경극은 좌우 2개의 가시가 결합되어 있는 형으로 나타나며 그 이후는 한개의 가시로 되어 있다. 1~30번째까지의 신경극은 기부로 갈수록 넓적하며 기부가끼이에

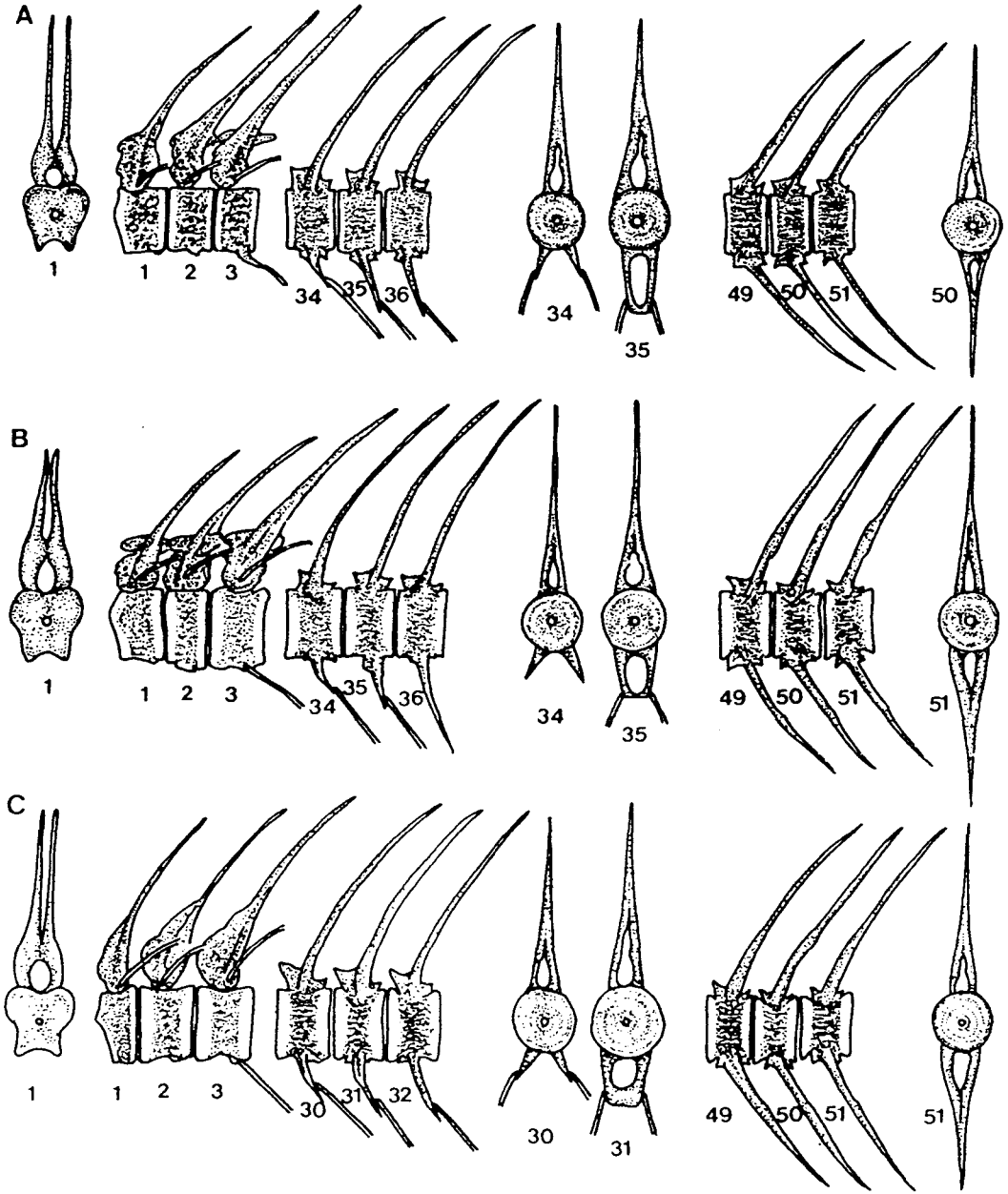


Fig. 12. Vertebrae of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. A1~36, B1~36, C1~32, abdominal vertebrae; A49~51, B49~51, C49~51, caudal vertebrae.

타원형 골판이 끼워져 있다.

연어의 복추골중 마지막에서 6개 (35번째~40번째)의 추골에서 좌우 측돌기가 끝에서 사각형 모양으로 붙어 미추골과 같이 혈도궁문 (hemal arch)을 형성

하고 그 양 옆에 늑골이 붙어있다. 미추골에는 혈관극 (hemal spine)이 발달하며 추체에는 신경관절돌기 (neural zygapophysis)와 혈관관절돌기 (hemal zygapophysis)가 신경극, 혈관극의 앞뒤에 발달한다 (Fig. 12).

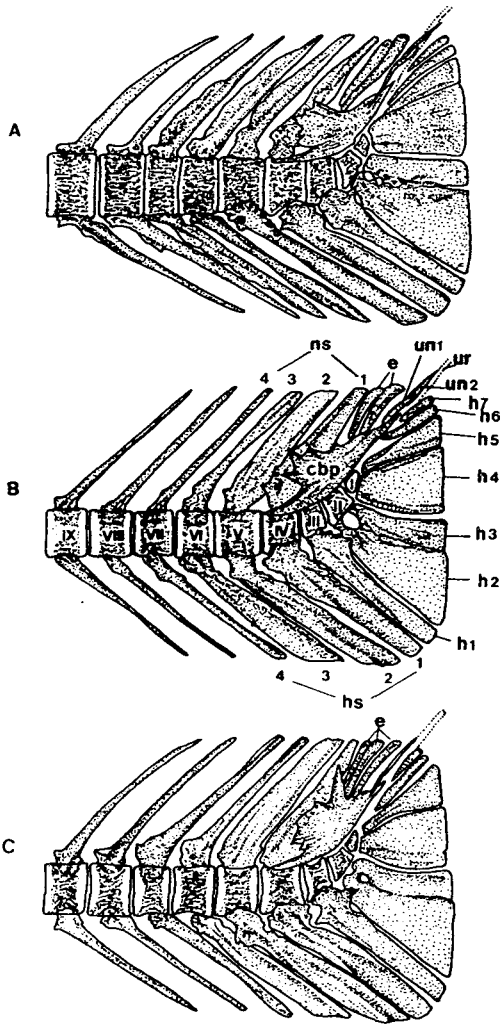


Fig. 13. Caudal skeleton of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. cbp, caudal bony plate; e, epural; h1-h7, hypurals; hs1-4, heamal spine; ns1-4, neural spine; unl, un2, uroneurals; ur, urostyle; l-lx, centrum.

산천어, 무지개송어의 척추골은 기본적인 구성 골편이 연어와 동일하다. 단지 산천어의 위쪽 마지막 부분의 복추골 중 좌우 측돌기가 붙어서 혈도공문을 형성하는 추체의 수가 1~4개로 다양하게 나타났다.

추체의 허리부분이 잘록한 정도는 무지개송어가 가장 강하며 다음이 산천어였고 연어는 거의 사각형으로 밋밋한 특징을 가지고 있다 (Fig. 12, A).

8. 미골 (尾骨, Caudal skeleton)

연어의 미부봉상골은 골화되어 있지 않은 상태로 있으며, 하미척골은 3개의 마지막 척추골이 휘어진 상태에서 지지하고 있다. 연어는 대부분 끝에서 8번째까지의 척추가 변형된 신경극과 혈관극을 가져 꼬리를 지지하는 미골을 이루며 무지개송어나 산천어는 끝에서 7번째까지의 척추가 미골로 볼 수 있다 (Fig. 13).

3종 모두 끝에서 4번째 추체의 위쪽에는 양끝이 뾰족하고 우상방으로 넓은 골판으로 발달된 미골판 (caudal bony plate 또는 제1 미신경골)이 위치하고 있다. 연어와 산천어는 그 형태가 비슷하며 무지개송어는 뒷쪽끝에 가까운 골판 위쪽으로 긴 돌기가 발달해 있는 특징을 가지고 있다. 이 caudal bony plate의 위쪽에는 독립된 상미추골 (epural bone)이 있는데, 우리나라의 연어는 2개 (n=166)이며, 산천어는 3~4개로, 3개가 89%, 4개가 11% (n=36), 무지개송어는 3~4개 (n=6)로 각각 50%로 나타났다 (Table 4).

Table 4. Variation in the number of epurals in the caudal skeleton of *Oncorhynchus* spp.

	2	3	4	n
<i>O. keta</i>	166			166
<i>O. masou</i>		31	4	35
<i>O. mykiss</i>		3	3	6

끝에서 4번째에서 7번째의 신경극은 연어의 경우 혈관극보다 더 잘 발달되어 있으며 노모양으로 넓적하게 변형되어 있으나 산천어, 무지개송어는 4번째, 5번째 신경극이 넓적한 노모양이고 6, 7번째 신경극은 기부근처만 넓어져 있어 연어와 구별된다.

미골판 위쪽에 접속한 2개의 미신경골 (uroneural bone)은 3종 모두 비슷한 위치에 비슷한 형태로 존재한다.

9. 견대골 (肩帶骨, Shoulder girdle bone)

가슴지느러미를 지지하는 견대골 (Fig. 14)은 아가미 바로 뒤의 몸통 윤곽을 형성하고, 피부 속에 묻힌 후측두골 (post-temporal)은 상후두골 (supraoccipital)의 중앙 돌기 양옆에 이른다. 연어의 후측두골은 양

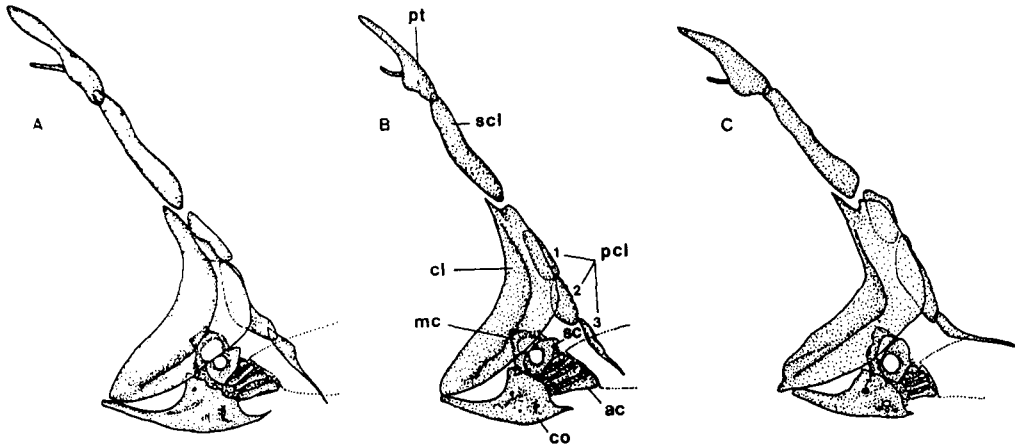


Fig. 14. Shoulder girdle of *Oncorhynchus* spp.

A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. ac, actinost; cl, cleithrum; co, coracoid; mc, mesocoracoid; pcl, post-cleithrum; pt, post-temporal; sc, scapula; scl, supracleithrum.

끝이 곤봉모양이며 무지개송어는 윗부분이 가늘고 아랫부분의 폭이 3종 중에서 가장 넓은 형이다.

후측두골과 쇄골(cleithrum)사이의 상쇄골(supracleithrum)은 긴 막대기모양이고, 무지개송어의 상쇄골은 아랫부분이 각진 사각형 모양으로, 등근형의 연어나 산천어와 구별된다. 쇄골은 견대골 중에서 가장 큰 골격이며 앞쪽이 오목한 초생달형으로 뒷쪽에서 1~2번째의 후쇄골(postcleithrum), 견갑골(scapula), 오혜골(coracoid) 및 중오혜골(mesocoracoid)과 접해 있다. 3종 모두 그 형태는 유사하나 쇄골 아래 가장자리가 연어, 산천어는 등근형인데 비하여 무지개송어는 약간 오목한 형태이다.

가슴지느러미 줄기를 지지하고 있는 사출골(actinost)은 3종 모두 4개였다. 후쇄골은 3개이며 3번째 것은 가슴지느러미 아래 근육속에 묻혀있으며, 연어와 산천어의 것이 곧은 직선형인데 비하여 무지개송어의 것은 휘어져 있다.

10. 요대골(腰帶骨, Pelvic girdle bone)

배지느러미를 지지하는 요대는 좌우 한쌍의 골편으로 구성되며, 크게 전요대돌기(anterior pelvic process), 전배판(antero-dorsal plate), 후요대돌기(posterior pelvic process) 부분으로 이루어지고, 좌우의 뼈는 후요대돌기 사이의 연골로 연결된다.

연어의 요대는 전배판이 잘 발달하여 전요대돌기의 앞끝 부분에서 시작되며 전배판에는 몇개의 윤문이 나타나고, 전요대돌기 기부에는 둥글게 융기된 얇은 골편이 붙어 있다(Fig. 15). 산천어와 무지개송어의 요대는 기본적인 형태는 연어와 비슷하지만 전배판이 전요대돌기의 앞끝까지에 이르지 못하며 약 1/4지점부터 시작된다. 또 무지개송어의 요대골은 전요대돌기의 기부쪽에서 바깥쪽으로 돌출된 작은 돌기를 갖고 있어 연어나 산천어와 구별된다(Fig. 15, C).

11. 담기골(擔鰭骨, Pterygiophore)

등지느러미와 뒷지느러미를 지지하는 담기골(ptyerygiophore)에는 직접 등지느러미와 뒷지느러미를 지지하는 신경간극(interneurial spine)과 혈관간극(interrhemal spine)이 있으며, 등지느러미 앞에서 후두부에 이르기까지에는 등지느러미 줄기를 갖지 않는 유리신경간극(free interneurial spine)이 있다.

연어의 신경간극은 14~15개이며 첫번째 신경간극은 앞쪽이 튀어나와 넓적해진 독특한 모양을 띠며 앞에서 7번째까지도 기부가 넓적해져 있고, 마지막 신경간극은 바로뒤에 삼각형에 가까운 골편을 갖고 있다(Fig. 16, A1). 신경간극의 수는 3종 모두 비슷하였다. 신경간극 앞에 있는 유리신경간극은 대개 척추의 신경극 사이에 1개씩 위치하고 앞쪽은 굵으나 뒤쪽은

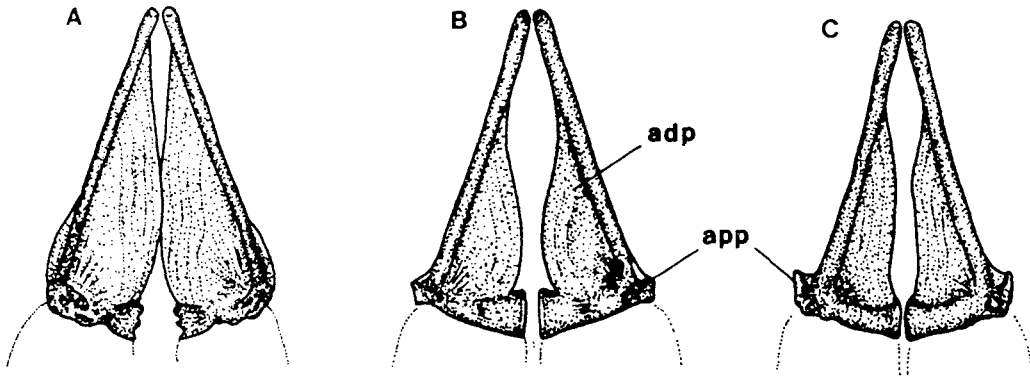


Fig. 15. Dorsal view of pelvic girdle of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. adp, antero-dorsal plate; app, anterior pelvic process.

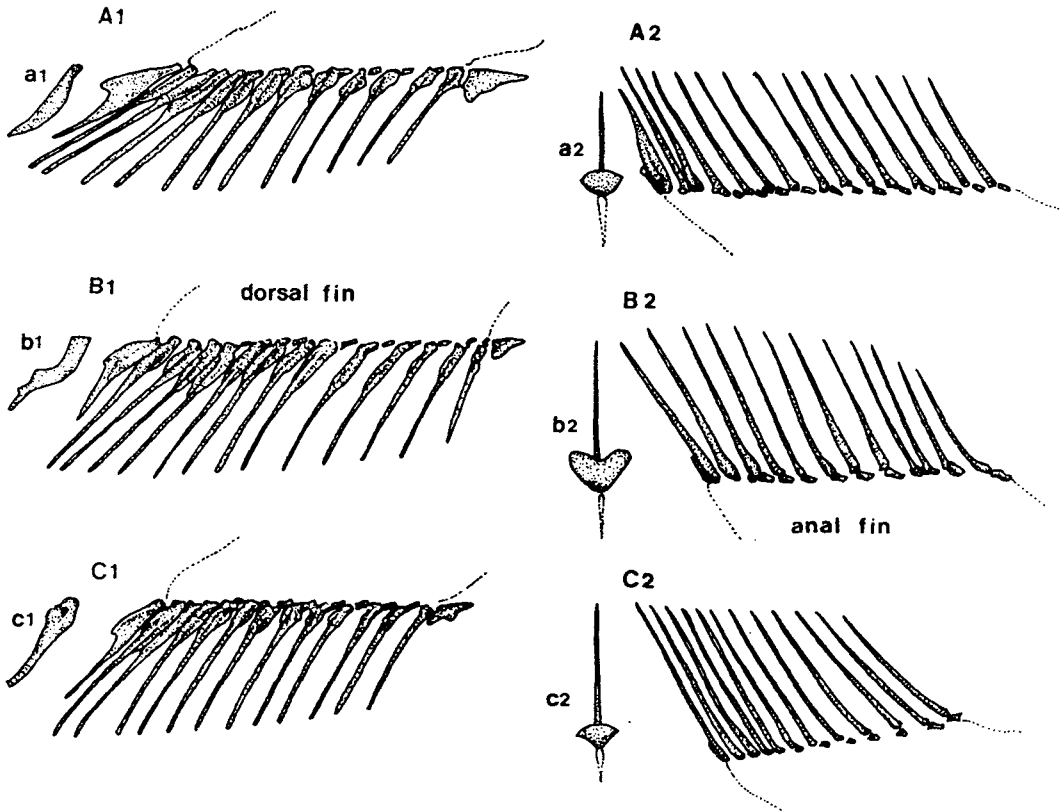


Fig. 16. The pterygiophore of *Oncorhynchus* spp. A1, A2. *O. keta*, B1, B2. *O. masou*, C1, C2. *O. mykiss*. A1-C1, interneural spine; A2-C2, inter hemal spine; a1-c1, first free interneural spine; a2-c2, frontal view of first interhemal spine.

로 갈수록 가는 실 모양인데, 두개골과 첫번째 신경극 사이에 위치한 첫번째 유리신경간극은 넓적하며 독특한 모양을 나타내며 그 형태는 같은 종 내에서 약간

의 차이가 인정된다 (Fig. 16, a1-c1).

연어의 첫번째 혈관간극은 등지느러미의 신경간극과 마찬가지로 앞쪽이 융기하여 볼록한 형태를 가

지며 그 앞 기부에는 반월형 골편이 붙어있다 (Fig. 16. a2). 반면 산천어나 무지개송어의 혈관간극은 첫 번째 것부터 마지막 것까지 특별히 변형된 것은 없고 단지 첫번째 혈관간극 앞의 돌기모양의 골편형태가 산천어는 하트형, 무지개송어는 부채형을 띠었다 (Fig. 16. b2. c2).

고 찰

연어아목 어류는 대부분 창자 속에 나선판 (spiral valve)의 잔유물로 생각되는 윤상 용기조직 (ringfalten)을 가져 (Hikita, 1962), 청어목 (Clupeiformes) 어류 무리에서 독특하게 진화된 그룹으로 알려져 있다 (松原, 1963). 그러나 이 무리들은 그 외의 다른 형질에서는 뚜렷이 분화된 특징을 나타내지 않는다. 본 연구의 대상인 연어, 무지개 송어, 산천어 뿐만 아니라 은연어, 왕연어, 홍연어 등 (Valdykov, 1962)에서도 미부봉상골이 하미축골을 지지하는 일반 경골어류 (金, 1978)와는 달리 마지막 3개의 척추가 위로 휘어진 형태로 미골을 형성하고 있는 점으로 미루어 연어류는 청어목 어류 가운데서 조상형에 상당히 가까운 것으로 볼 수 있다 (松原, 1963).

연어를 비롯한 무지개송어, 산천어는 입천정 앞부분에 위치하는 서골 위에 이빨이 있다는 점과 큰 알 (평균 지름 7.2 mm)을 가진다는 점은 연어과 (Salmonidae)에 속하는 *Salvelinus* sp., *Hucho* sp.와 구별할 수 있는 분류 형질로 알려져 있다 (Smith and Stearly, 1989).

연어류의 두부를 형성하고 있는 골편 중 종별 차이를 나타내는 것으로는 전상악골, 주상악골 상사골, 인설골, 부설골, 서골, 외익상골, 전새개골 등이 있으며, 이 중 전상악골, 상사골, 부설골, 서골등은 연어류의 계통 분류학상 중요한 분류 형질로 알려져 있다 (Norden, 1961; Vladykov, 1962; Smith and Stearly, 1989).

연어 암컷의 상사골 길이 (TL(II))에 대한 폭의 비는 본 조사결과 99.28%로 Vladykov (1962)가 조사한 결과인 94.0%에 거의 유사한 값을 나타내었고, *O. nerka*의 106.0%, *O. tshawytscha*의 108.0% 보다는 작은 값을 나타내었다. 정중선 길이 (FL)에 대한 폭의 비는 132.56%로 Vladykov (1962)의 125.9%와 비슷하였으

며 *O. nerka*의 150.7%, *O. tshawytscha*의 210.6% 보다는 작고, 산천어 (99.73%)나 무지개송어 (61.61%) 보다는 컸다. 수컷의 상사골의 형태에서도 암컷과 비슷한 경향을 보여 연어 두개골을 형성하는 골격 중 상사골의 형태(특히 뒷 폭의 형태)는 연어류의 계통 분류학적인 관계를 잘 나타내고 있다고 볼 수 있다.

한국산 연어 암컷의 서골의 뒷판 길이 (SL)에 대한 앞 돌기의 길이 (HL)의 비는 47.71%로 연어가 연어속 어류에서 가장 큰 값을 나타내었는데 Vladykov (1962)의 결과와 비교하면 우리나라 연어 보다 앞돌기가 약 13.9%나 크다. 또, 뒷판의 폭은 SL에 대한 비로 나타내어 직접 값을 비교하기 어려우나 *O. tshawytscha*의 34.6%에 이어 33.1%로 두번째 넓은 것으로 나타나 본 시험결과와 일치하고 있었다.

한국산 연어 수컷의 서골 형태중 SL/HL값은 45.81%이었는데 Vladykov (1962)는 연어가 68.2%로 본 실험결과 보다 약 22.4% 높게 보고하고 있고, 암컷과 달리 *O. tshawytscha*가 69.3%로 가장 큰 값을 나타내고 있다. 같은 종내에서 서골의 형태 차이가 이렇게 크게 나타난 것은 매우 흥미로운 일이며, 앞으로 지역 개체군간의 검토가 필요하다고 생각되었다.

부설골의 형태는 길이에 대한 폭 (W1, W3)의 비에서 종간에 뚜렷한 차이를 나타내고 있으므로 (Table 2, 3) 두개골 중에서 이미 많은 연구에 사용되어 온 서골, 상사골, 인설골, 안하골, 구개골 (Vladykov, 1962; Smith and Stearly, 1989)과 함께 연어과 어류의 계통 분류학상 좋은 분류형질로 취급해 볼 가치가 있다고 생각되었다.

주상악골은 직선형인지 휘어진 형인지는 연어과 어류의 계통분류학상 중요한 분류 형질로 취급되어 왔으므로, 직선형인 *O. keta*, *O. gorbuscha*, *O. nerka*와 이보다 더 조상형으로 알려져 있는 휘어진 형인 왕연어, 은연어, 산천어, 무지개송어의 그룹을 나누는 형질로 알려져 있다 (Smith and Stearly, 1989). 이번 조사결과에서는 주상악골의 형태는 무지개송어만 휘어진 형으로 3종 중 가장 조상형에 가깝게 나타났으며 암수 차이가 거의 없고 종 간에는 뚜렷한 차이가 나타나, 암수의 형태변이가 심한 연어과 어류의 중 분류 형질로서의 가치가 높다고 생각된다.

연어의 인설골은 무지개송어나, 산천어와는 달리 가늘고 긴 형이며 끝이 뾰족한 V자형 (Nomura, 1953)

이며 이같이 끝이 좁고, 옆으로 편평한 방추형의 인설골은 곱사연어나 홍연어 (*O. nerka*)에서도 볼 수 있으며 (Nomura, 1953; Vladykov, 1962), 또 이들은 주상악골의 직선형을 가진 그룹이기도 하다. 연어와 달리 끝이 뚱뚱하고 둥근 산천어와 무지개송어는 왕연어, 은연어와 같은 특징을 가지고 있는 무리에 속한다 (Smith and Stearly, 1989).

인설골의 길이에 대한 폭의 비는 3종 간의 차이가 암수 모두에서 인정되었으며 W/L값은 북태평양 연어속 어류중 *O. gorbuscha*가 22.6% (암컷), 24.9% (수컷)으로 가장 작고 *O. tshawytscha*가 49.2% (암컷), 47.7% (수컷)으로 가장 컸으며 연어와 *O. nerka*는 암수가 모두 32.1~32.6% 범위로 비교적 폭이 좁게 나타났다 (Vladykov, 1962). 이러한 뚜렷한 경향으로 미루어 인설골은 두개골의 몇몇 골편과 함께 중요한 분류형질로 인정되나 암수 간의 뚜렷한 차이로 인하여 종별 비교시에는 성이 고려되어야 할 형질로 판단된다.

각설골은 하설골과 상설골 사이에 위치한 넓적한 골격으로서 그 길이는 산천어, 연어, 곱사연어, 홍연어 등에서는 짧고, 무지개송어는 길다고 알려져 있으나 (Smith and Stearly, 1989), 본 조사대상이 된 연어, 산천어와 무지개송어 사이에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

꼬리지느러미의 주구조를 지지하는 하미축골 (hy-pural bone)은 그 형태나 수가 전갱이 5개, 당멸치 9개 (金, 1978), 주둥치 2개 (Myoung and Kim, 1984), 복어류 2개 (Kim and Kim, 1985), 민어과어류 2개 (Kim and Kim, 1965) 등 종 분류형질로 잘 알려져 있는데 연어, 산천어, 무지개송어는 왕연어 (*O. tshawytscha*), 홍연어 (*O. nerka*), 은연어 (*O. kisutch*), 곱사연어 (*O. gorbuscha*)나 대서양연어 (*S. salar*)와 같이 7개의 하미축골을 갖고 있으며, 그 형태도 대부분의 종에서 유사하였다 (Vladykov, 1962).

미골 중 마지막 신경극과 미부봉상골 사이에 위치한 상미축골은 1~4개로, 종 간 분류형질과 지역 개체군의 특징을 가진 형질로 알려져 왔는데 (Vladykov, 1962) 상미축골 수는 연어의 경우 모두 2개로 Vladykov (1962)가 Brithish Columbia산, 일본 북해도산 등 태평양 연어를 조사한 결과와 일치하지만, 산천어 (3~4개)는 4~6개로 보고한 Vladykov (1962)의 결과와 차이를 보여 앞으로 검토가 필요한 형질로 나타났

다.

연어속 어류의 두개골에 있어서 서골, 부설골, 상사골, 악골 중의 전상악골, 안골, 인설골 등은 연어의 계통분류학상 중요한 형질로서 진화 방향이나 분화 정도를 잘 나타내고 있는데, 담수 생활기가 짧은 연어는 연어류 중에서 가장 늦게 진화한 곱사연어나 홍연어 (Smith and Stearly, 1989)와 골격 형질에 있어 유사한 그룹을 형성하고 있었다. 산천어는 상사골, 인설골, 부설골, 두개골의 액골 사이의 연골의 노출형태, 안골의 전새개골과의 접속여부, 전상악골의 윗 골판 형태, 설악골, 요대골 등 대부분 골격 형질에서 무지개송어와 연어의 중간 형질을 띠고 있어 Jordan (1906)의 지적과 잘 일치하고 있으며, Smith and Stealy (1989)가 제시한 계통수에도 잘 일치하고 있다. 따라서 우리나라 연어속 어류 3종은 형태 분석결과 (Myoung and Kim, 1993c)와 상사골, 주상악골, 인설골의 형태, 안후골과 전새개골의 접속 여부 등의 골격 형질의 특징으로 보아 무지개송어가 조상형에 가장 가깝고 다음이 산천어, 연어 순으로 진화한 것으로 나타났다.

본 실험 결과 지금까지 연어과 어류의 분류 형질로 사용되어오던 지느러미 줄기수, 옆줄 비늘 수, 새파수, 지느러미 위의 반점 유무, 상사골, 구개골 등 골격형질 외에 부설골, 설악골, 전새개골의 형태와 미축골수가 새로운 분류 형질로 나타났으며 앞으로 서골, 부설골의 형태나 상미축골수 등은 종내 지역 개체군의 식별의 형질로서의 사용 가능성여부에 대한 연구가 필요하리라 생각되었다.

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 연어 채포와 표본 채집에 도움을 주신 국립수산진흥원 양양내수면연구소, 강원도내수면개발시험장, 경북내수면개발시험장 임직원 여러분과 표본처리와 자료 분석에 도움을 주신 국립수산진흥원 환경호박사, 부산수산대학교 어류학 실험실 강충배, 고정락 선생님과 연구실원 여러분께 감사드립니다. 또 현장 작업과 자료 분석에 힘이 되어준 한국해양연구소 생물공학연구그룹 김병기, 홍경표 선생님께도 감사드립니다.

요 약

한국산 연어속에 속하는 연어, 산천어 및 무지개송어 3종의 골격학적 비교 연구를 하였다.

연어속 어류인 연어, 산천어, 무지개송어의 골격을 비교한 결과 두개골과 현수골의 형태나 결합 형태에서 3종간 차이를 나타내었다.

두부 골격중에서는 인설골, 상사골, 부설골, 서골의 형태에서 종간 차이가 뚜렷하였고 계통 분류학적 특징을 잘 나타내었다. 연어의 인설골은 산천어, 무지개송어에 비하여 가늘고 길며, 끝이 뾰족한 특징을 가졌다. 상사골은 연어가 거의 정삼각형의 모양을 가지고 있으나 산천어나 무지개송어는 가늘고 길며 날개를 가진 형태였다.

본 연구에 나타난 골격 형질 분석 결과 알려져 있는 분류 형질외에 부설골의 형태, 전새개골, 설악골의 형태 및 미추골수 등이 새로운 분류 형질로 나타났으며, 산천어는 연어와 무지개송어의 중간 형질을 가지고 있는 종으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Beacham, T. D. and C. B. Murray. 1983. Sexual dimorphism in the adipose fin of Pacific salmon (*Oncorhynchus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40, 2019~2024.
- Beacham, T. D. and C. R. Murray. 1985a. Effect of female size, egg size, and water temperature on developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from the Nitinat River, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42, 1755~1765.
- Beacham, T. D. and C. R. Murray. 1985b. Variation in length and body depth of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum salmon (*O. keta*) in Southern British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42, 312~319.
- Beacham, T. D. and C. R. Murray. 1986a. Comparative developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from the Fraser River, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 252~262.
- Beacham, T. D. and C. R. Murray. 1986b. Sexual dimorphism in the length of upper jaw and adipose fin of immature and maturing Pacific salmon (*Oncorhynchus*). Aquaculture. 58, 269~276.
- Beacham, T. D. and C. R. Murray. 1987. Adaptive variation in the body size, age, morphology, egg size, and developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44, 244~261.
- Hikita, T. 1962. Ecological and morphological studies of the genus *Oncorhynchus* (Salmonidae) with particular consideration on phylogeny. Sci. Rep. Hokkido Salmon Hatchery, No.17. 97pp.
- Jordan, D. S. 1906. Note on the salmon and trout of Japan. Ann. Zool. Jap. 5, 161~162.
- Kang, Y. J. 1974. A study on the racial classification of asian chum, *Oncorhynchus keta* (Walbaum) based on scale characteristics. Bull. Korean Fish. Soc. 7(2), 91~97.
- Kendal, R. L. 1988. Taxonomic changes in North American trout names (Editorial). Trans. Ame. Fish. Soc. 117, p. 321.
- Kijima, A., and Y. Fujio. 1979. Geographical distribution of IDH and LDH isozymes in chum salmon population. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 45(3), 287~295.
- Kijima, A. and Y. Fujio. 1982. Correlation between geographic distance in population of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48(12), 1703~1709.
- Kijima, A. and Y. Fujio. 1984. Relationship between average heterozygosity and river population size in chum salmon. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 50 (4), 603~608.
- Kim, Y. S., and Y. U. Kim. 1985. Comparative osteology and body form of Tetraodontidae fishes. Bull. Nat. Fish. Univ of Pusan. 25, 1~25.
- Kim, Y. U., and I. B. Kim. 1965. Osteological study

- of fishes from Korea(I), Comparative osteology of the family sciaenidae. Bull. Pusan Fish. Coll. 6(2), 61~76. pl I-VIII (in Korean).
- Myoung, J. G., and Y. U. Kim. 1984. Morphology of larvae and juveniles of *Leiognathus nuchalis* (Temminck et Schlegel). Bull. Nat. Fish. Univ. Pusan. 24(1), 1~2 (in Korean).
- Myoung, J. G., and Y. U. Kim. 1993a. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea— I. Egg development and morphology of alevin, fry and smolt of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. Korean J. Ichthyol. 5(1), 53~67.
- Myoung, J. G., and Y. U. Kim. 1993b. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea—II. Osteological development of chum salmon, *Oncorhynchus keta* in alevin, fry and smolt stage. Korean J. Ichthyol. 5(1), 68~84.
- Myoung, J. G., K. P. Hong, and Y. U. Kim. 1993c. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea—III. Sexual dimorphism of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. Korean J. Ichthyol. 5(1), 85~95.
- Myoung, J. G., and Y. U. Kim. 1993. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: salmonidae) in Korea—IV. Comparison of morphological characters of chum salmon *Oncorhynchus keta*, masu salmon, *Oncorhynchus masou* and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Korean J. Ichthyol. 5(1), 96~112.
- Nomura, M. 1953. On the taxonomic characters in the mouth cavity of salmonoid fishes. Jap. J. Ichthy. 2, 261~271 (in Japanese).
- Nomuya, M. 1954. On the taxonomic characters in the mouth cavity of salmonoid fishes. Jap. J. Ichthy. 4, 162~169 (in Japanese).
- Norden, C. R. 1961. Comparative osteology of representative salmonid fishes with particular reference to the grayling (*Thymallus arcticus*) and its phylogeny. J. Fish. Res. BD. Canada. 18(5), 679~790.
- Okazaki, T. 1986. Distribution, migration and possible origins of genetically different populations of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Along the eastern coasts of northern Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 52(6), 983~994.
- Seeb, J. E., and L. W. Seeb. 1986. Gene mapping of isozyme loci in chum salmon. The J. Hered. 77, 399~402.
- Seeb, L. W., J. E. Seeb, R. L. Allen, and W. K. Hershberger. 1990. Evaluation of adult returns of genetically marked chum salmon, with suggested future applications. Am. Fish. Soc. Sym 7, 418~425.
- Seeb, J. E., L. W. Seeb, and F. M. Utter. 1986. Use of genetic marks to assess stock dynamics and management programs for chum salmon. Trans. Ame. Fish. Soc. 115, 448~454.
- Smith, G. R., and R. F. Stearly. 1989. The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. Fisheries. 14(1), 4~10.
- Vladykov, V. D. 1962. Osteological studies on pacific salmon of the genus *Oncorhynchus*. Bull. Fish. Res. Board Can. 136: p172.
- 金容億. 1978. 魚類學 總論, 太和 出版社, 釜山. 270pp.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 727pp. 一志社, 서울.
- 川嶋和雄·鈴木亮. 1968. 日本産サケ屬 2, 3種における鱗相 比較研究. 淡水 年譜. 18(1), 49~59.
- 松原喜代松. 1963. 魚類の形態と検索 I. 石崎書店, 東京. 789pp.

1995년 9월 21일 접수

1996년 2월 10일 수리