

BSPE 00254-420-3

한국산 연어류의 형태·분류학적 연구

Morphological and Taxonomic Studies
of *Oncorhynchus* sp. in Korea

1992. 3.

한국해양연구소

제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서는 “한국산 연어류의 형태·분류학적 연구”사업의 최종보고서로 제출
합니다.

1992. 3.

공동연구책임자 : 명 정 구

박 철 원

연 구 원 : 김 병 기

홍 경 표

요 약 문

I. 제목 : 한국산 연어류의 형태·분류학적 연구

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

최근 우리나라 연근해에서 생산되는 수산물 생산량은 남획에 의한 자원 감소와 환경오염으로 점차 감소하는 추세에 있는 반면 수산물 수요와 이들의 국민 단백질원으로서 차지하는 비율은 해마다 증가하고 있다. 그러므로 수산물 생산량의 계속적인 증가를 위해서는 어장보존 정책과 함께 양식, 방류사업을 통한 적극적인 자원관리가 필요하다. 이런 점에서 볼때 연어류는 특히 우리나라 동해안에서 수산업상 매우 중요한 무리이다.

본 연구의 목적은 우리나라에 서식하는 종들의 형태·분류적 체계를 재검토하고 앞으로의 연구에 기초자료 자료를 제공하는데 있다.

III. 연구개발내용 및 범위

1. 한국산 연어속 어류의 검색표 작성
2. 한국산 연어의 초기 형태 발달 조사
3. 한국산 연어의 동위유전자 특징 조사

IV. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의

(결 과)

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

연어의 초기 발생과정은 다른 연어속 어류와 비슷하였으며 성장 및 체형의 변화로 부상전의 자어기, 부상기, 스몰트기의 3 단계로 나눌 수 있었다. 초기의 골격은 섭이 활동과 호흡에 관여하는 턱 및 아가미를 구성하는 골격이 먼저 골화하였으며 대부분의 골격은 부상기에 해당하는 전장 3~4cm범위에서 골화하였다.

연어의 수컷과 암컷은 두장, 등지느러미 기점거리, 체고, 미병고, 기름지느러미, 등지느러미의 크기에서 차이를 나타 내었으며, 특히 연어의 수컷은 전장에 대한 두장이 24.7%로 암컷(21.7%)보다 컸고, 두장에 대한 주둥이의 길이와 윗턱은 수컷이 암컷보다 크고, 눈과 뺨은 암컷이 수컷보다 컸다. 표준 체장(PBL)에 대한 체고, 미병고, 등지느러미, 기름지느러미 길이는 모두 수컷이 컸다.

조사 대상이 된 6개 하천의 연어는 암컷에서 두장, 미병고, 기름지느러미의 길이, 주둥이, 윗턱 길이, 뒷지느러미 형태에서 차이를 나타내었고, 수컷에서는 두장, 체고, 항문체장, 미병고, 미병장, 기름지느러미, 체고에서 하천간 차이를 나타냈다. 연어의 하천별 체형의 유사도에 따른 비교 분석 결과 암컷과 수컷 모두 북쪽의 북천, 남대천, 주수천과 남쪽의 삼척 오십천, 왕피천, 강구 오십천의 두 그룹으로 나누어 졌다. 이러한 형태적 차이의 원인은 확실하지 않으나, 조사된 형질중 두장, 미병고, 윗턱의 길이는 암수 모두에서 하천간에 뚜렷한 차이를 나타내었으므로 앞으로 이런 형질을 중심으로 장기적인 조사가 필요하리라 생각된다.

한국산 연어의 MDH-B(Malate dehydrogenase) 유전자좌는 aaaa, aaab, aabb의 genotype이 나타났으며 a가 0.98, b가 0.02의 빈도를 보였다. LDH-A2(Lactate dehydrogenase) 유전자좌에는 aa, ab형의 genotype이 나타났으며, a가 0.95, b가 0.05의 빈도를 보였다.

연어속 어류인 연어, 산천어, 무지개송어의 계측, 계수형질 및 골격을 비교한 결과 체형에선 암컷이 두장을 비롯한 13개, 수컷이 11개 형질에서 차이가 있었고, 계수형질에선 유문수와 새파수에서 가장 뚜렷한 차이를 나타내었다. 이들 세 종은 암, 수컷 모두에서 표준체장에 대한 체고, 미병고, 등지느러미 길이, 뒷지느러미의 길이와 두장에 대한 주중이 길이, 안경, 위턱, 뺨의 비에서 차이를 보였다. 이중 두장에 대한 안경은 암수 모두에서 무지개송어, 산천어, 연어 순으로 크게 나타나 이들 3종을 분류할 수 있는 새로운 형질로 나타났다. 유문수 수는 연어가 103~236개(평균 151개)로 무지개송어 37~84개(평균 56개), 산천어 23~63(평균 41개)로 종간 좋은 분류형질로 나타났다.

두부 골격 중에서는 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 체형 및 골격 형질 분석 결과 알려져 있는 분류 형질외에 안경, 부설골의 형태, 설악골의 형태등이 새로운 형질로 나타났고, 산천어는 연어와 무지개송어의 중간 형질을 가지고 있는 종으로 나타나, Smith and Stealy(1989)의 계통수와 잘 일치하였다.

(건 의)

본 연구는 한국산 연어속 어류의 형태나 분류학을 이해 하고 연어과 어류의 계통 발생에 대한 기초자료를 제공하게 된다.

본 연구의 대부분 자료가 한국산 연어속 어류의 성어 단계에서 얻어졌으며, 어린 시기의 분류작업은 이루어 지지 않았다.

앞으로 이와같은 한국산 연어속 어류에 대한 연구는 계속되어야 하겠다.

ABSTARCT

I. Title

Morphological and Taxonomic Studies of *Oncorhynchus* sp. in Korea.

II. Objectives and Significance

The yield of Korean coastal fisheries have been fending downward in recent years due to diminishing fish stocks and deterioration of marine environment. On the other hand, the demand for fishery products has been on an increasing trend every year. To keep steady increase of fisheries yield, it is obligatory to manage resources wisely through the culture and release of organisms as well as to formulate policies for preservation of fishing grounds. In this point of view. Salmonids are generally known as an important group for fisheries, especially in the East Sea in Korea.

The objectives of the present study were to review morphology and taxonomy, and to provide basic information for the further study in Korea.

II. Scope of the Studies

1. To make a key to Korean *Oncorhynchus* sp.
2. To investigate a early developmert of *O. keta* on Korea.
3. To investigate a characteristics of isozyme of *O. keta* in Korea.

III. Results of the Studies and Suggestions

Results

The morphological characteristics of the chum salmon, *Oncorhynchus keta*, masu salmon, *O. masou*, and rainbow trout, *O. mykiss*, in Korea have been studied from 1989 to 1990.

The early larval developments of chum salmon, which was similar to those of other species in the same genus *Oncorhynchus*, could be divided into three stages according to the changes in body shapes : larval stage before swim up, swim up state and smolt stage.

The outstanding differences between males and females of chum salmon were observed in following characteristics : head length(HL), predosal distance(OD), body depth(BD), caudal peduncle depth(CPD), length of adipose fin(ADL), and length of anal fin(AL). The ratios of snout length and upper jaw length to head length of male were larger than those of female, whereas eye diameter and post orbital part of head(CK) of male were smaller than female's. The ratios of body depth, caudal peduncle depth, anal fin and adipose fin lengths to the standard length(PBL) of male were also larger than those of female.

Some morphological differences between *O. keta* from the six rivers along the eastern coast of Korea were distinguished. The salmon from the studied area can be divided into two groups according to the similarity of body forms : one from upper (nothern) rivers - Pukchon, Namdaechon, Jusuchon, and the other from lower(southern) rivers - Oshipchon(Samchuck), Wangpichon, Oshipchon(Kangku). The fishes from these two regions showed somewhat distinct differences in head length, caudal penduncle depth and length of upper jaw. The ecological factors causing the local variations in morphological characteristics were not immediately known, and thus merit further studies.

In biochemical isozymatic analysis, two loci of chum salmon, malate dehydrogenase (MDH) and lactate dehydrogenase(LDH), were identified as three and two polymorphic patterns, respectively. Three genotypes of MDH-B loci are *aaaa*, *aaab* and *aabb* having the gene frequencies of 0.98 for *a* and 0.02 for *b*, while tetrameric LDH-1 loci are composed of *aa* and *ab* types with the gene frequencies of 0.95 for *a* and 0.05 for *b*.

In the comparison of morphometrics and skeletal characters of three *Oncorhynchus* species(*O. keta*, *O. masou*, and *O. mykiss*) in Korea, it was found that there were some differences among species in the ratios of body depth, caudal penduncle depth and dorsal fin length to standard length(PBL), and snout length, eye diameter, upper jaw length, and cheek to head length.

In the ratio of head length to fork length of male, chum salmon was the highest(24.7%) and rainbow trout was the lowest(21.6%). No difference was found in female.

Interspecific differences in glossohyal, supraethmoid and vomer were distinct. Chum salmon could be distinguished easily by some characters on form of glossohyal which is thin, long and sharp in shape. Chum salmon has triangle shape supraethmoid while other two species have oval shape one. It was proved that number of vertebrae, gill rakers, pyloric caeca and lateral line scale were useful characteristics for classification of the salmon species. In particular, the shape of parasphenoid and hyomandibular, the ratio of eye diameter(ED) to head length(HL) appeared to be a new taxonomic criterion for the salmons in Korean waters.

Suggestion

This study might be helpful in understanding morphology and taxonomy of genus *Oncorhynchus* in Korea and in providing the basic information for phylogenesis of salmonidae.

Most of research data of this study were obtained from adult stages of *Oncorhynchus* sp. in Korea. Therefore, study on young stages of these fishes were not carried out this time.

It is suggested that this kind of study on genus *Oncorhynchus* in Korea should be continued.

目 次

그림목차	19
표목차	23
第 1 章 緒 論	25
第 2 章 材料 및 方法	29
2.1 實驗材料	29
2.1.1 成 魚	29
2.1.2 仔稚魚	29
2.2 實驗方法	33
2.2.1 形質分析	33
2.2.1.1 計測 및 計數形質	33
2.2.1.2 骨格形質	35
2.2.2 同位遺傳子分析	35
2.2.2.1 試 料	35
2.2.2.2 電氣泳動	35
第 3 章 結 果	39
3.1 韓國産 연어屬魚類의 分類學的位置	39

3.1.1	연어屬魚類의 特徵	39
3.1.2	연어屬魚類의 種檢索	39
3.2	韓國産연어의 特徵	41
3.2.1	卵發生	41
3.2.2	初期發達(形態, 體形)	43
3.2.3	骨格發達	53
3.2.4	性別形態學의 特徵	71
3.2.5	河川別形態比較	77
3.2.6	同位遺傳子特徵	85
3.2.6.1	Malate dehydrogenase(MDH)	85
3.2.6.2	Lactate dehydrogenase(LDH)	85
3.3	韓國産 연어屬魚類의 形態比較	88
3.3.1	計測形質	88
3.3.2	計數形質	96
3.3.3	骨格形質	100
3.3.3.1	頭蓋骨	101
3.3.3.2	眼骨	110
3.3.3.3	顎骨	113
3.3.3.4	懸垂骨	115
3.3.3.5	舌弓	118
3.3.3.6	鰓弓	121
3.3.3.7	脊椎骨	121
3.3.3.8	尾骨	124
3.3.3.9	肩帶骨	126

3.3.3.10 腰帶骨	128
3.3.3.11 擔鱗骨	129
第 4 章 考 察	131
參考文獻	145
附 錄	157

Content

List of Figures	19
List of Tables	23
Chapter I. Introduction	25
Chapter II. Materials and Methods	29
2.1 Materials	29
2.1.1 Adults	29
2.1.2 Larvae and Juveniles	29
2.2 Methods	33
2.2.1 Characters analysis	33
2.2.1.1 Morphometric and meristic characters	33
2.2.1.2 Skeleton	35
2.2.2 Isozyme analysis	35
2.2.2.1 Materials	35
2.2.2.2 Electrophoresis	35
Chapter III. Results	39
3.1 Taxonomy on <i>Oncorhynchus</i> sp. in Korea	39

3.1.1	Characters of <i>Oncorhynchus</i> sp.	39
3.1.2	Key to species of the genera <i>Oncorhynchus</i>	39
3.2	Characters of <i>Oncorhynchus keta</i> in korea	41
3.2.1	Egg development	41
3.2.2	Early development	43
3.2.3	Skeletal development	53
3.2.4	Morphological characters on each sex	71
3.2.5	Comparison of morphological charaters at each rivers	77
3.2.6	Isozyme characters	85
3.2.6.1	Malate dehydrogenase(MDH)	85
3.2.6.2	Lactate dehydrogenase(LDH)	85
3.3	Comparison of morphology of <i>Oncorhynchus</i> sp. in Korea	88
3.3.1	Morphometric characters	88
3.3.2	Meristic characters	96
3.3.3	Skeletal characters	100
3.3.3. 1	Cranium	101
3.3.3. 2	Orbital bones	110
3.3.3. 3	Jaw bones	113
3.3.3. 4	Suspensorium	115
3.3.3. 5	Hyoid arch	118
3.3.3. 6	Gill arch	121
3.3.3. 7	Vertebrae	121
3.3.3. 8	Caudal skeleton	124
3.3.3. 9	Shoulder girdle bone	126

3.3.3.10 Pelvic girdle bone	128
3.3.3.11 Pterygiophore	129
Chapter IV. Discussion	131
References	145
Appendices	157

그림목차

List of Figures

Fig. 1. Map showing the rivers where the specimens of <i>O. keta</i> were sampled	30
Fig. 2. Diagram showing the method of measuring body part of <i>Oncorhynchus</i> sp.	32
Fig. 3. Diagram showing the measurements of bones of <i>Oncorhynchus</i> sp.	36
Fig. 4. The eggs development of <i>O. keta</i>	42
Fig. 5. The alevin of <i>O. keta</i>	44
Fig. 6. The fry of <i>O. keta</i>	47
Fig. 7. Growth of alevin and fry of <i>Oncorhynchus keta</i> in aquarium	49
Fig. 8. Fingerling of <i>O. keta</i> (smolt, 55mm), <i>O. masou</i> (parr, 58mm) and <i>O. mykiss</i> (parr 50mm)	49
Fig. 9. Development of the cranium and visceral skeleton in <i>Oncorhynchus keta</i>	54
Fig. 10. Development of the cranium and visceral skeleton in <i>Oncorhynchus keta</i>	56
Fig. 11. Development of the jaws in <i>Oncorhynchus keta</i>	58
Fig. 12. Number of teeth on jaw bones and glossohyal by size groups in <i>O. keta</i>	59
Fig. 13. Number of teeth on palatine, vomer and pharyngeal by size groups in <i>O. keta</i>	60
Fig. 14. Development of the upper pharyngeal teeth in <i>Oncorhynchus keta</i>	62

Fig. 15. Development of the upper pharyngeal teeth in <i>Oncorhynchus keta</i>	62
Fig. 16. Schematic diagram of osteogenesis of vertebrae of <i>Oncorhynchus keta</i>	64
Fig. 17. Development of the caudal skeleton in <i>Oncorhynchus keta</i>	66
Fig. 18. Development of the shoulder girdle in <i>Oncorhynchus keta</i>	68
Fig. 19. Development of the pelvic girdle in <i>Oncorhynchus keta</i>	69
Fig. 20. Sequence of ossification of <i>Oncorhynchus keta</i>	72
Fig. 21. Head of breeding chum salmon.	73
Fig. 22. Mouth cavity of breeding chum salmon male.	74
Fig. 23. Mouth cavity of breeding chum salmon female.	75
Fig. 24. Dendrogram drawn from cluster analysis by index of Enclidean distance(ED) among six population of <i>Oncorhynchus keta</i> collected in the rivers along the eastern coasts of Korea.	83
Fig. 25. MDH patterns of muscle of <i>Oncorhynchus keta</i> in Korea.	86
Fig. 26. Schematic diagram of MDH variants from skeletal muscle extracts of chum salmon in Korea.	86
Fig. 27. LDH patterns of muscle extracts of <i>Oncorhynchus keta</i> in Korea.	87
Fig. 28. Schematic diagram of LDH variants from skeletal muscle extracts of chum salmon in Korea.	87
Fig. 29. The shape of supraethmoid, vomer and parasphenoid of <i>Oncorhynchus</i> spp.	102
Fig. 30. The dorsal view of cranium of <i>Oncorhynchus</i> spp.	106
Fig. 31. The ventral view of cranium of <i>Oncorhynchus</i> spp.	108
Fig. 32. The cranium of <i>Oncorhynchus</i> spp.	111

Fig. 33. The orbital bones of <i>Oncorhynchus</i> spp.	112
Fig. 34. Jaw bones of <i>O. keta</i>	114
Fig. 35. The suspensorium of <i>Oncorhynchus</i> spp.	116
Fig. 36. Shapes of palatine, hyomandibular and preopercle of <i>Oncorhynchus</i> spp.	117
Fig. 37. The hyoid arch of <i>Oncorhynchus</i> spp.	119
Fig. 38. The shape of gill arch and lower pharyngeal bone of <i>Oncorhynchus</i> spp.	122
Fig. 39. Vertebrae of <i>Oncorhynchus</i> spp.	123
Fig. 40. Caudal skeleton of <i>Oncorhynchus</i> spp.	125
Fig. 41. Shoulder girdle of <i>Oncorhynchus</i> spp.	127
Fig. 42. Dorsal view of pelvic girdle of <i>Oncorhynchus</i> spp.	128
Fig. 43. The pterygiophore of <i>Oncorhynchus</i> spp.	130



표 목 차

List of Tables

Table. 1. Sampling localities of Figure 1.	31
Table. 2. Growth inflection of body parts in <i>Oncorhynchus keta</i>	51
Table. 3. Development of fin-ray and pterygiophore counts in larvae and juveniles of <i>Oncorhynchus keta</i>	70
Table. 4. Comparison of the morphometric characters of female and male of <i>Oncorhynchus keta</i> in Korea.	76
Table. 5. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of <i>Oncorhynchus keta</i> in Korea.	78
Table. 6. Comparison of the morphometric characters of female of <i>Oncorhynchus keta</i> form various localities	79
Table. 7. Comparison of the morphometric characters of male of <i>Oncorhynchus keta</i> form various localities	81
Table. 8. Comparison of the morphometric characters of <i>Oncorhynchus keta</i> from various localities	84
Table. 9. Comparison of the morphometric characters of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	89
Table. 10. Comparison of the morphometric characters of female of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	91
Table. 11. Comparison of the morphometric characters of male of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	92
Table. 12. Results of Duncan's multiple range test in female and male of <i>Oncorhynchus</i> spp.	95

Table. 13. Variation of number of dorsal fin rays of <i>Oncorhynchus</i> spp.	96
Table. 14. Variation of number of anal fin rays of <i>Oncorhynchus</i> spp.	96
Table. 15. Variation of number of pectoral fin rays of <i>Oncorhynchus</i> spp.	97
Table. 16. Variation of number of pelvic fin rays of <i>Oncorhynchus</i> spp.	97
Table. 17. Variation of number of catch fins of <i>Oncorhynchus</i> spp.	97
Table. 18. Variation of number of gill rakers of <i>Oncorhynchus</i> spp.	98
Table. 19. Variation of number of branchiostegal rays of <i>Oncorhynchus</i> spp. ...	98
Table. 20. Variation of number of lateral line scales of <i>Oncorhynchus</i> spp.	99
Table. 21. Variation of number of pyloric caeca of <i>Oncorhynchus</i> spp.	99
Table. 22. Variation of number of abdominal vertebrae of <i>Oncorhynchus</i> spp.	100
Table. 23. Variation of number of caudal vertebrae of <i>Oncorhynchus</i> spp.	100
Table. 24. Comparison of percentage of cranium width to cranium length of <i>Oncorhynchus</i> spp. No. of specimens are given in brackets	101
Table. 25. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	103
Table. 26. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of female of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	104
Table. 27. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of male of <i>Oncorhynchus</i> spp. in Korea.	105
Table. 28. Variation in the number of epurals in the caudal skeleton of <i>Oncorhynchus</i> spp.	126
Table. 29. Comparison of the gene frequencies at each locus of chum salmon	137

第1章 緒 論

연어(*Oncorhynchus keta*)는 왕연어(*O. tshawytscha*), 곱사연어(*O. gorbusha*), 홍연어(*O. nerka*), 은연어(*O. kisutch*), 시마연어(*O. masou*)등과 함께 연어과(Salmonidae) 연어속(*Oncorhynchus* sp.)에 속하는 어류로 북태평양과 북극해에 서식한다(Dymond and Vladykov, 1934).

태평양 연어류는 대부분 담수에서 태어나 일정한 기간을 담수에서 생활한 후 바다로 내려가며, 바다에서 성숙하면 태어난 하천으로 돌아와 산란한 후에 일생을 마치는 독특한 생활사를 가지고 있다. 이들은 50~100만년 전에 북미대륙과 시베리아가 분리되었을 때 바다로 내려간 것으로 알려져 있다(Neave, 1958). 우리나라의 연어류는 최초로 Mori(1934)에 의해 *Oncorhynchus* sp.의 *O. keta*, *O. masou*를 비롯하여 *Hucho* sp., *Salvelinus* sp. 등의 13종이 보고되었다. 현재 우리나라의 연어속(*Oncorhynchus* sp.) 어류는 시마연어(*O. masou* var *masou*), 연어(*O. keta*), 낙연어(*O. lagocephalus*), 곱사연어(*O. gorbusha*), 산천어(*O. masou* var *ishikawai*), 은연어(*O. kisutch*)와 무지개송어(*O. mykiss*)의 7종이 기재되어 있으나(鄭, 1977), 현재 우리 나라 하천에 서식하거나 하천으로 회귀하는 어종은 연어, 산천어, 무지개송어, 시마연어(산천어의 降海型)뿐이다. 이 중에서 산천어는 한국, 일본, 소련을 포함한 극동 지방에만 분포하는 종이며(Oshima, 1934; 久保, 1988), 우리나라에는 자원량이 그다지 많지 않아 10여년 전 일본에서 도입한 품종이 현재 분포하고 있다. 그리고, 시마연어는 몇마리씩 확인되고 있으나 분포량은 극히 적고, 무지개송어는 1965년 도입된 이후(韓國송어養殖協議會, 1990) 양식 대상 종으로서 점차 자원량이 늘어 나고 있는 종이다. 따라서 우리나라의 연어속 어류는 연어, 무지개송어, 산천어의 3종으로 볼 수 있다.

연어는 성어의 크기가 1m에 달하여 어류 중에서는 비교적 대형 종에 속하며 모천회귀습성(母川回歸習性)을 가지고 있어 오래 전부터 연구가 진행되어 왔다.

연어에 대하여는 알의 발생에 미치는 환경 요인(Alderdice et al., 1958), 치어의 성장, 방류 시기, 방류 하천의 생태 (Hiyama et al., 1972a, b ; Hashimoto, 1982), 형태 변화와 유영 및 섭이 행동(Kaeriyama and Bunya, 1982), 산란 환경(Kobayashi, 1968), 부화에 미치는 환경 요인(Hashimoto, 1974 ; Shimizu, 1984), 난항 흡수 및 간 발달(Nishida and Kobayashi, 1971), 방류치어의 사육(Hashimoto, 1979 ; Kaeriyama and Bunya, 1982), 치어의 상대 성장(Kanno and Hamai, 1969), 비늘의 발달(Yamada, 1971 ; Kaeriyama, 1989), 강하 치어의 성장(Davis and Olla, 1987), 강하치어의 형태(Okada and Nishiyama, 1970), 회유(Sano, 1951 ; Irie, 1985a, b) 등에 관한 연구가 있으며, 단편적이거나 초기 감모 현상과 형태적 생태적 변화 사이의 관계를 확실히 하여 효율적인 연어 자원관리를 하려는 노력이 계속되어 왔다.

연어의 형태 및 계통에 관한 연구로는 분류 형질을 찾으려는 연구의 일환으로 연어류 구강내의 이빨의 발달 상태나 내부 형태에 대한 연구(Nomura, 1953, 1954), 비교 골격학적 연구(Norden, 1961 ; Hikita, 1962 ; Vladykov, 1962), 비늘의 형태에 관한 연구(川嶋·鈴木, 1968), 인상(鱗相)에 의한 계통 판정에 관한 연구(Kang, 1974) 등이 있다.

연어의 성에 따라 두부의 형태, 이빨의 발달상태, 체고 등 형태형질이 다른 것은 연어과 어류의 특징으로 옛부터 잘 알려져 있는 사실이다(Hikita, 1962 ; Vladykov, 1962). 최근 들어서는 연어의 이러한 형태적 특징을 나이별, 성별로 나누고 또 이들이 낳는 알의 크기, 부화생태 및 자어의 형태 등을 하천별, 지역별 개체군 집단의 특징 형질로서의 연구가 활발히 진행되고 있다(Beacham and Murray, 1983, 1985a, 1986a, b, 1987).

한편, 연어 송어류 유전자의 특징을 밝히려는 연구(Yamanaka et al., 1967 ; Yo-

neda and Ishihara, 1973 ; Yoshiyasu, 1973a, b)는 종 개체군 수준에서 지역 개체군 수준으로 세분화되어 최근 10여년간 isozyme (Allendorf and Phelps, 1981 ; Parkinson, 1984 ; Beacham and Withler, 1985a, b, 1987 ; Kijima and Fujio, 1979, 1982 ; Nakajima et al., 1986 ; Beacham and Murray, 1988 ; Berg and Gall, 1988 ; Leary et al., 1989 ; Utter et al., 1989)과 mt-DNA(Berg and Ferris, 1984 ; Hynes et al., 1989 ; Seeb and Miller, 1990)에 대하여 조사되고 있다.

연어의 개체군 특징에 대한 연구는 효소 유전자의 지리적 특성과 유전적 특성 사이의 관계, 하천 크기와 이형 집단율과의 관계(Kijima and Fujio, 1982, 1984), 분포, 회유와의 집단간 거리 해석(Okazaki, 1986), genetic marks(Seeb et al., 1986 ; Seeb and Seeb, 1986 ; Seeb et al., 1990) 등이 있고 우리나라와 소련 동해안 일부를 제외한 태평양 연안의 연어 개체군의 효소 유전자 패턴에 관한 유전적 구조는 Okazaki(1982a, b, 1983)에 의하여 정리된 바 있다.

우리 나라에 회귀해오는 연어는 1913년 일본인들에 의하여 최초로 함경남도 고원에 연어 부화장이 생긴 이후부터 인위적으로 관리가 시작되었으며, 본격적인 부화방류 사업은 1957년 경남 밀양강과 경북의 강구 오십천에서 시작되었다.

1960년대에 들어와 삼척 오십천, 밀양강에 부화장이 건립되고 1983년에 남대천에 부화장이 건립되어, 1969년 전국적으로 95마리였던 친어 채포 마리수는 1990년 현재 29,542마리로 증가하게 되었다(國立水産振興院, 1987).

우리 나라의 연어에 대한 연구는 표지 방류(金 등, 1967 ; 金과 朱, 1968), 초기사료 효과(吳와 朱, 1986)에 대한 단편적인 연구가 있으며, 그외 양식에 대한 연수보고서(鄭, 1972), 연어 송어 자원개발조사 보고(水産廳. 美國經濟協助處, 1967, 1973)가 있을 뿐이다.

본 연구는 한국산 연어 집단의 형태적 특징과 동위 유전자의 특징을 밝히기 위하여 우리나라 하천에 소상하는 연어를 대상으로 난에서 인공 부화후 방류시기가

되는 smolt까지의 난발생 및 초기형태를 관찰하여 초기생활사에 있어서의 형태적 특징을 조사하고, 성어에 있어서는 계수, 계측, 골격 형질을 중심으로한 성별, 하천별 형태 비교와 연어의 효소 유전자 중에서 태평양 연어의 지역 개체군의 특징을 잘 나타내고 있는 것으로 알려진 Malate dehydrogenase(이후, MDH), Lactate dehydrogenase(이후, LDH)의 효소 유전자 패턴의 특징 및 유전자 빈도를 조사하였다.

또, 북태평양에 서식하고 있는 12종의 연어속 어류 중 현재 우리 나라에서의 서식이 확인된 연어, 무지개송어 및 산천어의 계수 형질, 계측 형질 및 골격 형질을 비교하여 분류학적 위치를 검토하고, 새로운 분류 형질을 밝히고자 하였다.

第2章 材料 및 方法

2.1. 實驗材料

2.1.1. 成 魚

표본은 1989년 11월과 1990년 10~11월에 동해안 연어 소상 하천 중 대표적인 6개 하천(Fig. 1, Table 1)에서 채포한 195마리였다.

연어는 현지 하천에 설치된 유도망으로 채포하였다. 채포 즉시 동위유전자 분석을 위하여 살아있는 상태의 근육을 떼어내어 dry ice에 보관하고, 몸통은 실험실로 운반하여 몸 각 부위(Fig. 2)를 쥔 후 삶아서 골격을 뽑았다. 형태 및 골격형질 비교는 1990년 표본 145마리를 사용하여 실시하였으며, 모든 표본은 성별 하천별로 구분하여 처리하였다.

무지개송어와 산천어는 1989년 10월과 11월, 1990년 11월 수산진흥원 양양내수면 연구소에서 사육하던 성숙한 개체를 표본으로 사용하였다. 이들의 계측 및 골격표본 제작과 관찰 방법은 연어와 동일하였다.

2.1.2. 仔稚魚

연어의 초기 발생 과정은 1989년 12월, 1990년 12월 양양내수면연구소 실내 부화실과 한국해양연구소 수조실에서 관찰하였으며, 인공수정용 채란과 채정은 강원도 양양군 양양읍으로 흐르는 남대천에 회귀하여 온 성숙한 연어를 사용하였다.

친어 수컷과 암컷의 체장은 각각 50~65cm, 60~70cm 범위였으며, 관찰에 사용한 알은 당일 남대천에서 건도법으로 인공수정하여 얻은 수정란 중의 일부(약 4,000개)이며 수정 후 알은 양양 내수면 연구소 실내부화조(293cm×34cm×33cm)로

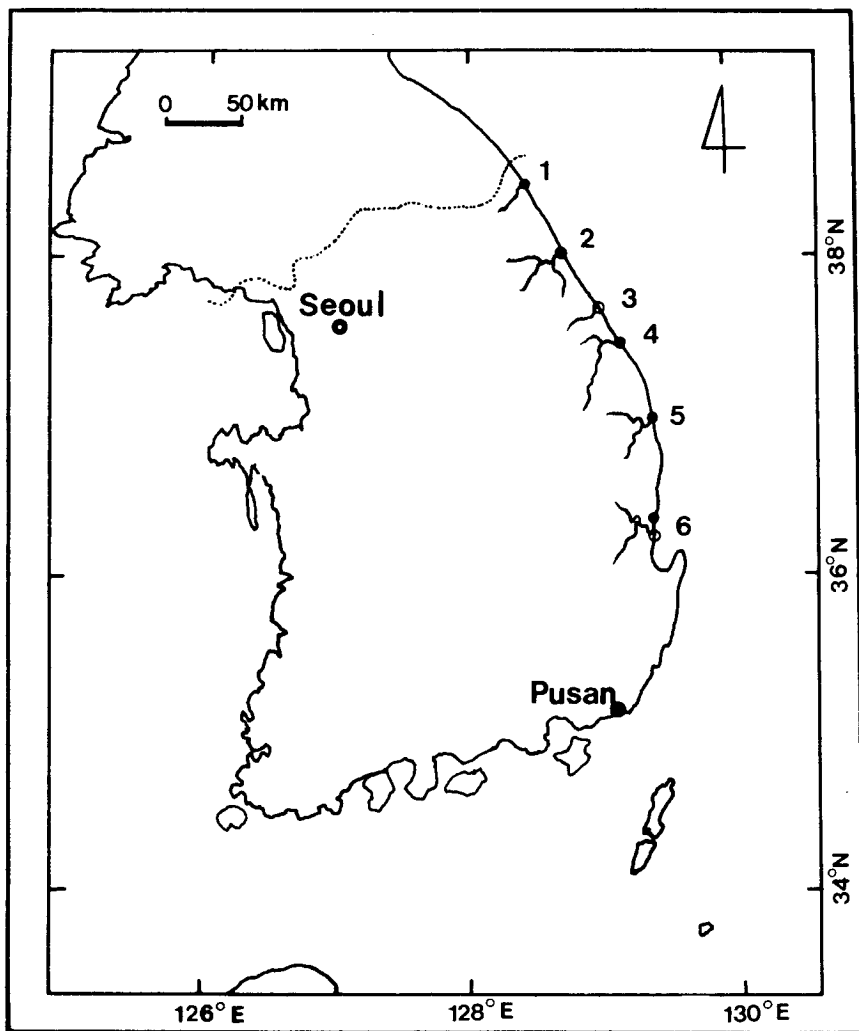


Fig. 1. Map showing the rivers where the specimens of *O. keta* were sampled. (Refer to Table 1 for the figures of the rivers)

Table 1. Sampling localities of Figure 1.

No.	Localities	Rivers
1	Kanson-up Kosong-gun Kang-won-do	Pukchon
2	Sonyang-myon Yangyang-gun Kang-won-do	Namdaechon
3	Okkye-myon Myongju-gun Kang-won-do	Chusuchon
4	Sajik-dong Samchok-si Kang-won-do	Oshipchon
5	Kunnam-myon Ulchin-gun Kyongsangbuk-do	Wangpichon
6	Kanggu-myon yongdok-gun Kyongsangbuk-do	Oshipchon

옮겨졌으며, 발생이 진행되는 동안 수생균(水生菌)의 발생 억제를 위하여 말라 카이트그린(4ppm/1시간)을 3일간격으로 처리하였다. 주수량은 18ℓ/분을 유지하였다.

난발생 과정은 수정 후 12시간까지는 2시간 간격, 그 후 2일까지는 4시간 간격으로, 15일까지는 24시간 간격으로, 그 후 부화할 때까지는 2~3일 간격으로 10~20개의 수정난을 포르말린 5%용액에 고정시켰으며 고정된 난들은 입체현미경 밑에서 난각을 제거한 후 발생단계와 형태를 관찰, 스케치하고 사진 촬영을 하였다.

부화자어의 형태 발달은 발안란을 한국해양연구소의 FRP 수조(1톤, 순환여과식)로 옮겨 부화시킨 자어를 대상으로 관찰하였다. 부상 자어부터는 송어 초기 사료를 1일 5~6회씩 투여하였으며, smolt가 된 3월 7일부터는 해수에 순치시켜 해수 사육을 실시하였다. 사육기간중 수온은 9.8~23.5℃ 범위였다. 부화자어 관찰용 표본은 부화 후 2개월까지는 7일 간격으로, 그후는 20일 간격으로 10~60마리씩 무작위 추출하여 5% 포르말린에 고정한 총 363마리(전장 1.8~13.4cm)를 대상으로 하였다.

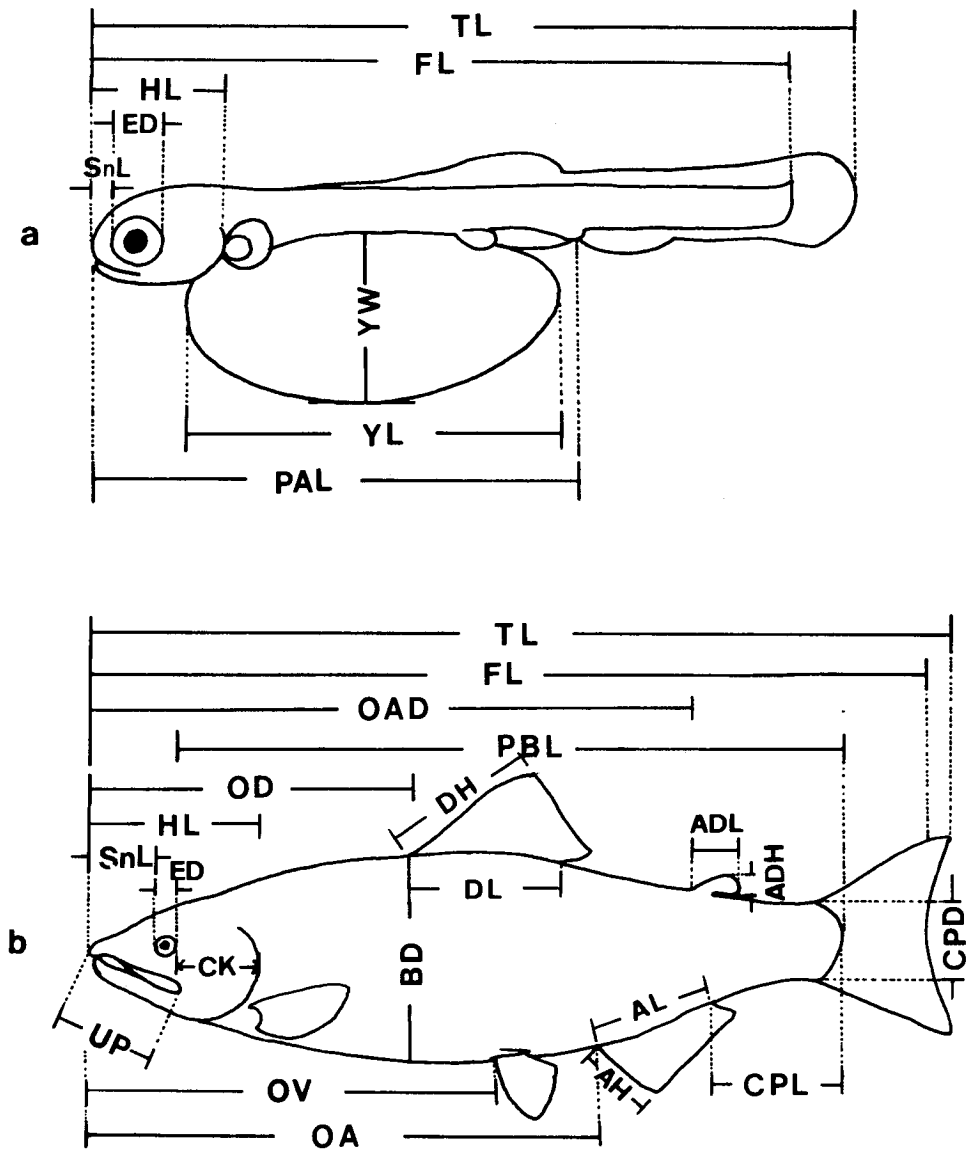


Fig. 2. Diagram showing the method of measuring body part of *Oncorhynchus* sp. a. hatched larvae, b. adult(juvenile).

TL, total length ; FL, fork length ; HL, head length ; ED, eye diameter ; SnL, snout length ; PAL, preanal length ; YL, york length ; YW, york width ; OAD, length of origin of adipose fin ; PBL, length from postorbital to origin of caudal fin ; OD, length of origin of dorsal fin ; DL, length of base of dorsal fin ; DH, height of dorsal fin ; ADL, adipose fin length ; ADH, adipose fin height ; CK, post orbital part of head ; BD, body depth ; UP, length of upper jaw ; OV, length of origin of ventral fin ; AL, length of base of anal fin ; AH, anal fin height ; CPL, caudal peduncle length ; CPD, caudal peduncle depth.

성장에 따른 체형의 변화는 성장속도의 변화가 나타난 부상 전후와 스폴트기 전후의 변곡점을 기준으로 I, II, III단계로 나누어 전장(TL)과 두장(HL)에 대한 몸 각 부위(Fig. 2)를 Huxley의 상대성장식(Martin, 1949), $\log Y = \log b + k \log X$ 으로 검토하였다.

외부형태 관찰과 계측이 끝난 표본은 Hollister법(沖山, 1979)을 사용하여 alizarin red로 염색하여 골격, 지느러미 줄기, 턱니, 인두치 등 형질의 골화 및 발달 과정을 관찰하였다.

표본의 몸 각 부위의 측정은 입체현미경과 1/20 vernier caliper를 사용하였으며 해부 및 골격 발달 과정도 입체현미경을 사용하였다. 스케치는 입체현미경의 drawing tube를 사용 하였다.

2.2. 實驗方法

2.2.1. 形質分析

2.2.1.1. 計劃 및 計數形質

연어, 산천어, 무지개송어의 외부형태적 계측 형질은 줄자와 1/20 vernier caliper를 사용하여 재었다(Fig. 2). 전장(Total length, TL), 체장(Fork length, FL) 부위의 길이를 재어 두장(Head length, HL), 등지느러미 기점거리 (length of origin of dorsal fin, OD), 기름지느러미 기점거리(length of origin of adipose fin, OAD), 배지느러미 기점거리(length of origin of ventral fin, OV), 뒷지느러미 기점거리 (length of origin of anal fin, OA), 체고(body depth, BD)와 항문 체장(preanal length, PAL)은 가랑이 체장(Fork length, FL)에 대한 백분율을 구하였다. 연어과 어류는 성에 따라 주둥이 부분의 형태 차이가 크므로, 주둥이 길이를 제외하기 위한 하나의 수단으로 눈 뒤에서 꼬리자루까지의 길이를 표준 체장(postorbital length + trunk L. + tail L., PBL)으로 하고 이 표준체장에 대한 체고(BD), 미병장

(caudal peduncle length, CPL), 미병고(caudal peduncle depth, CPD), 등지느러미 높이(height of dorsal fin, DH), 등지느러미 기저 길이(length of dorsal fin, DL), 뒷지느러미 기저길이(length of anal fin, AL), 뒷지느러미 높이(height of anal fin, AH), 기름 지느러미의 기저 길이(length of adipose fin, ADL)와 기름지느러미의 높이(height of adipose fin, ADH)의 백분율을 구하였고 또 두장(HL)에 대한 주둥이 길이(snout length, SnL), 안경(eye diameter, ED), 윗턱길이(length of upper jaw, UJ) 및 뺨의 길이(cheek, CK)의 백분율을 구하였다.

위 형질들은 성별과 종별로 비교하였다. 계측 형질을 기초로 한 하천별 형태적 유사성 분석은 6개 하천에서 채집된 연어를 암, 수로 나누어 체장에 대한 7개 형질, 표준 체장에 대한 9개 형질, 두장에 대한 4개 형질 등 총 20개 형질을 대상으로 하천간 거리계수(Euclidean distance)를 토대로 UPGMA를 사용한 computer program인 cluster. bls(Ludwig and Reynold, 1988)로써 분류하였다. 이때 하천간 차이가 인정되지 않는 형질의 값은 동일한 값으로 처리하였으며, 또한 차이가 인정되는 형질은 형질간 값의 차이가 분석 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 각 형질의 전체 평균치와의 차이값을 사용하였다.

Euclidean distance(Ludwig and Reynold, 1988)

$$ED_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^s (X_{ij} - X_{ik})^2}$$

(X_{ij}는 j하천에 있어서의 i형질의 크기)

각 형질에 대한 종간 및 하천별 분산 분석(ANOVA)은 1%, 5% 수준에서 SAS의 GLM procedure를 사용하였으며, Duncan's multiple range test를 사용하여 각 값의 차이 유무를 검토하였다.

계수 형질로는 각 지느러미의 줄기수, 유문수의 수, 측선비늘수, 새조골수,

새파수와 그리고 척추골수는 복추골(abdominal vertebrae, AVE)과 미추골(caudal vertebrae, CVE)로 나누어 계수하였고, 그 외에 전상악골, 주상악골, 치골, 구개골, 서골, 인설골 위의 이빨 수를 세었다. 연어는 위의 형질들을 하천별로 분리하여 각 하천 집단간의 형태비교를 행하였다.

2.2.1.2. 骨骼形質

연어를 비롯한 산천어, 무지개송어의 골격은 두개골, 내장골, 척추골, 미골, 견대, 및 요대로 분리하여 스케치하였으며, 이 중 연어속 어류 골격의 분류형질로 잘 알려진, 인설골(glossohyal), 상사골(supraethmoid), 부설골(parasphenoid), 서골(vomer)은 길이와 폭 등 각 골편 부위를 caliper로 재어(Fig. 3) 형태적 특징을 비교하였다.

2.2.2. 同位遺傳子分析

2.2.2.1. 試料

1989년과 1990년 동해안의 6개 하천으로 소상하는 연어를(195마리) 하천별로 분리하여 성체의 근육(등지느러미 앞쪽 기부 아래)을 채취하였다. 이를 dry ice로 급속 동결한 후 실험실로 운반하여 -20°C 이하 냉동고에 보관하였다. 유전자좌 분석에 사용한 근조직은 동량의 증류수로 희석하여 균질시킨 후(homogeniser) 3,000rpm으로 원심 분리하여 상등액을 전기영동 시료로 사용하였다.

2.2.2.2. 電氣泳動

Lactate dehydrogenase(LDH), Malate dehydrogenase(MDH)의 isozyme 분석을 위한 전기 영동용 gel은 hydrolyzed starch(Sigma, S-4501)를 사용하여 제조한 13% 전분겔을 이용하였다.

Gel의 제조를 위한 gel buffer 및 electrode buffer는 다음과 같다 (Show and Prasad, 1970).

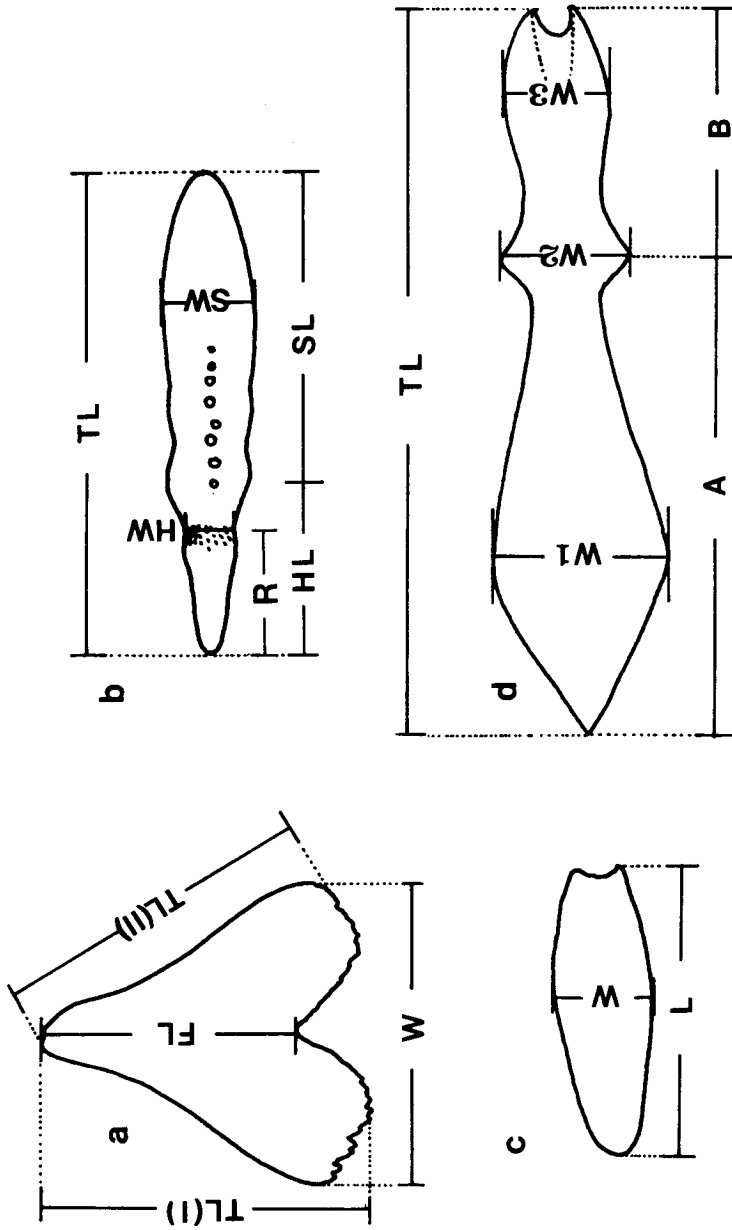


Fig. 3. Diagram showing the measurements of bones of *Oncorhynchus* sp.
 a. supraethmoid, b. vomer, c. glossohyal, d. parasphenoid.

I) Gel buffer (pH 8.5)

boric acid 0.3M
sodium hydroxide 0.005M

Electrode buffer (pH 8.0)

boric acid 0.3M
sodium hydroxide 0.085M

II) Gel buffer (pH 7.0)

electrode 66.7ml을 1ℓ 희석

Electrode buffer (pH 7.0)

tris 0.135M
citric acid 0.043M

Gel은 110×140×10mm의 frame을 이용하여 제조하였고, 3×5mm의 filter paper에 시료를 적셔서 gel plate에 loading한 후, 4℃ 이하의 cold chamber에서 200~250V 의 constant voltage로 3~5시간동안 전개시켰다. 전기영동 종료 후 gel을 수평으로 2mm의 두께로 slice 하여 15분~60분간 37℃ incubator에서 효소별 염색을 실시하였는데 염색액의 조성은 다음과 같다(Show and Prasad, 1970).

Genotype의 해석 방법은 Okazaki(1982 a, b)에 따랐으며 a, b의 유전자 빈도(p, q ; p+q=1)는 모든 유전자에 대한 각각의 비율로 구하였다.

I) LDH

Substrate (pH 7.1)

85% DL-Latate acid 10.6ml
1M Na₂CO₃H₂O 49ml
100ml H₂O (mass up)

Stain solution

NAD+	50ml
(Nicotinamide Adenine Dinucleotide, Oxidized form)	
NBT	30ml
(Nitro Blue Tetrazorium)	
PMS	2ml
(Phenazine methosulfate)	
Substrate	10ml
0.5M tris-HCl (pH 7.1)	15ml
H ₂ O	70ml
0.1M NaCN	5ml

II) MDH

Substrate (pH 7.0)

L-malic acid	13.4g
2M Na ₂ CO ₃ · H ₂ O	49ml
HO (mass up)	1,000ml

Stain solution

Substrate를 제외하고는 LDH와 동일함

第3章 結 果

3.1. 韓國産 연어屬魚類의 分類學的 位置

3.1.1. 연어屬魚類의 特徵

연어속 어류는 입이 크고 양턱에 이빨을 가지며 상주상악골(上主上顎骨)을 가지고 있다. 눈은 돌출하지 않으며 기름지느러미를 가지고 있고 발광기는 가지지 않는다.

배지느러미 바깥 자리에 피질돌기(splint)가 있으며 뒷지느러미 줄기 수가 8~19개이다. 부레는 유관표(有管鰓)이며, 서골(鋤骨) 위에 이빨이 있다.

담수에서 일생을 보내는 종도 있고 바다로 내려가는 종도 있다.

3.1.2. 연어屬魚類의 種檢索

본 검색표의 작성은 Hart(1973), 鄭(1977), 松原(1979)의 검색 기준과 본 연구의 조사 결과를 근거로 하였다.

1989년부터 미국수산학회 어명위원회(American Fisheries Society's Committee on Names of Fishes)에서 태평양에 서식하는 연어, 송어류를 모두 *Oncorhynchus* sp.에 포함시키고 무지개송어의 학명을 *Salmo gairdnerii*에서 *O. mykiss*로 변경기로 결정함에 따라, 이후 *O. mykiss*로 기재하였다. 또 산천어는 육봉형(*O. masou* var *ishikawai*, 산천어), 강해형(*O. masou* var *masou*)과 일본의 *O. rhodurus*(日本名; amago)사이에 분류학적인 검토가 현재 진행되고 있어, 본 연구에 사용된 산천어는 *O. masou*로 기재하였다.

- a1. 뒷지느러미 기저길이가 높이 보다 길고, 줄기수는 13 또는 그 이상의 발달된 줄기를 가진다(무지개송어 제외). 새파수는 13~27, 새조골수는 10~16, 서골은 앞부분에 폭이 좁은 돌기를 가지며 뒤 골판에 이빨을 가지고 있다. ...
..... *Oncorhynchus* sp.
- b1. 뒷지느러미 기저 길이가 높이보다 길다. 새파는 비교적 짧고 13~27개, 몸의 등쪽의 흑점은 해산종에서는 거의 없거나 분명하지 않다. 새조골수는 10~18. 새파수는 13~27.
- c1. 유문수는 50내외, 새파수는 14~25.
- d1. parr무늬를 일생동안 가진다. 유문수는 23~63, 새파수는 14~18.
..... *O. masou*(산천어)
- d2. parr무늬가 소실되고 등지느러미에 큰 흑색점이 있다.
..... *O. masou*(시마연어; 산천어의 강해형)
- d3. 등쪽, 기름지느러미 및 꼬리지느러미 위에 비교적 큰 흑색 반점이 있다.
새파수는 26~32. 유문수는 139~189. ... *O. gorbuscha*(곱사연어*)
- c2. 유문수는 103~236. 새파수는 15~27. 옆줄 비늘수는 115~156.
..... *O. keta*(연어)
- c3. 유문수는 50~81. 새파수는 19~25, 새조골수는 12~15. 뒷지느러미 줄기는 13~15, 등지느러미 줄기는 10. *O. kisutch*(은연어*)
- b2. 뒷지느러미의 기저 길이가 높이보다 짧고, 지느러미 줄기 수는 8~13이다. 체측에 윤곽이 뚜렷한 흑색반점이 있으며, 꼬리에도 다수 있다. 체측에 폭이 넓은 적자색 세로 무늬가 있다. *O. mykiss*(무지개송어)
- a2. 뒷지느러미 기저 길이가 높이보다 짧고 줄기 수는 12개 이하이다. 새파수는 10~15, 새조골수는 10~14. *Salmo* sp.(대서양산 연어, 송어류*)
- (* ; 현재 우리나라의 자연에 서식하지 않는 종)

3.2. 韓國産연어의 特徵

3.2.1. 卵發生

연어의 인공 수정된 수정란 및 난 발생 과정은 다음과 같다.

卵 : 연어알은 난황이 주황색, 붉은 빛을 띤 담황색이며, 주홍색을 띤 수많은 소유구를 갖고 있는 분리 침성란이다. 난각은 반투명하고 완전한 구형이 아니며 약간 찌부러진 모양을 하고 있다. 20개를 일렬로 배열한 후 낱 알의 평균지름은 7.2mm, 알의 평균무게는 0.23g(성어 체장 61cm개체)였다.

卵內發生過程 : 연어의 알은 난각이 반투명하여 현미경하에서의 발생과정의 관찰이 어려워 5% 포르말린 용액에 고정된 수정란의 난각을 핀셋으로 제거하면서 관찰한 난 발생 과정은 다음과 같다.

수정 후 약 2시간이 지나면 세포질이 배반을 형성하기 시작하며 10시간후에 최초의 난할이 시작되어 2세포기(Fig. 4, A), 4세포기를 거쳐 12시간후에는 8~16 세포기에 달한다. 그 후 약 20시간이 지나면 상실기에 이르며(Fig. 4, B) 그 후 포배기를 거쳐 5일이 지나면 배반은 난황을 덮어 내려오기 시작하고 배순이 자라기 시작한다(Fig. 4, C).

6일째에는 배순이 자라 올라가기 시작하며(Fig. 4, D), 7일째 배체는 난황의 위로 차츰 신장되어 가며 배체의 몸에 16개 전후의 근절이 나타 난다. 8일후에는 안포와 눈의 렌즈가 발달하여(Fig. 4, E) 11일후에는 40~45개의 근절이 발달하며 원구는 폐쇄 직전에 있다 (Fig. 4, F). 12일째에는 62개(38+24) 근절이 발달하며 가는 직선상의 소화관이 생기는데 이 때 배체의 길이는 6mm 전후이다. 그후 배체는 차츰 굽어지며 특히 머리 부분이 두화(頭化)현상을 나타내며, 16일경에는 눈의 가장자리에 작은 과립상 흑색소포가 나타나기 시작한다. 이포 뒤쪽에 가슴지느러미가 나타나며 난황 위에는 혈관들이 식별된다. 이 시기에 꼬리가 난황에서 분리되고 막지느러미가 발달하며 꼬리의 근절은 29개이다 (Fig. 4, G). 수정후 20

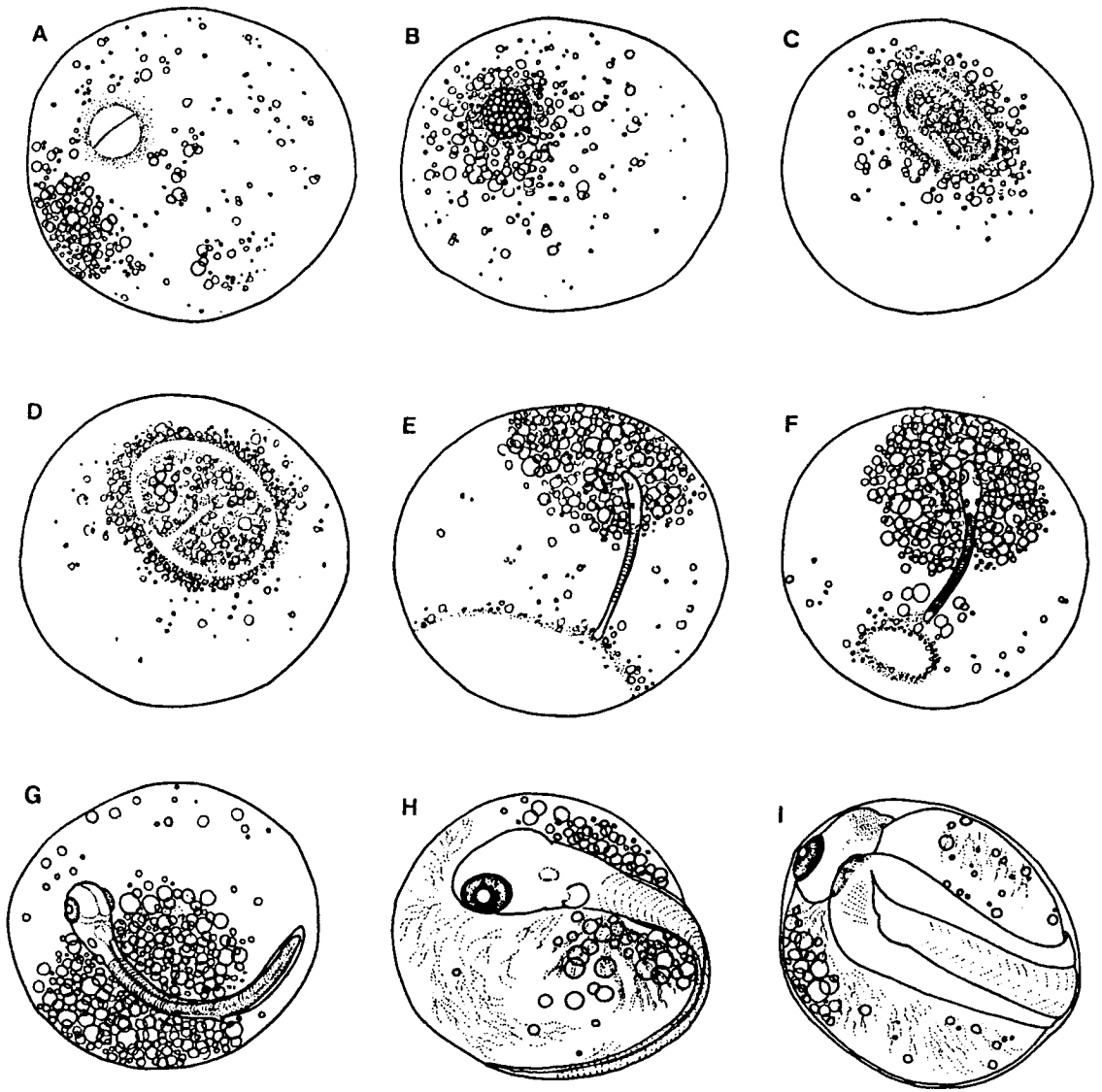


Fig. 4. The eggs development of *O. keta*.
 A. 2 cells stage, 10 hours after fertilization ; B. morula stage, 20-24 hrs. after fertilization ; C. gastrula stage, 5 days after fertilization (DAF) ; D. embryonic shield stage, 6 DAF ; E. formation of the eye vesicles and somite, 8 DAF ; F. overgrowth of yolk almost completed, 11 DAF ; G. formation of membranous fin, 16 DAF ; H, eyed egg stage, 23 DAF ; I, the embryo just before hatching, 35 DAF.

일경부터는 난각을 제거하지 않은 상태에서도 검은 색을 띤 눈이 관찰되는 발안기(eyed egg stage)의 배체가 되는데 이 시기까지의 적산온도는 약 280°C였다. 배체는 난황 둘레의 약 1/2정도까지 성장하며, 23일경에 전 배체가 발안하였다(적산온도 319°C, Fig. 4, H). 수정 후 35일이 지나면 배체는 난황 주위를 일회전할 정도까지 자라며, 막지느러미에는 등, 뒷지느러미의 기저 원기와 돌기 모양의 배지느러미가 나타나고, 척색 끝은 약간 위로 휘어지는데 아래에 5~6개의 꼬리 지느러미 줄기가 희미하게 나타난다. 두정부에는 흑색소포가 나타나기 시작하여 회색을 띤다(Fig. 4, I).

수정 후 38일(적산온도 480°C)에 첫 부화가 일어났으며 43일경(적산온도 531°C)에 완료되었다.

3.2.2. 初期發達

3.2.2.1. 成長에 따른 形態發達

갯 부화한 연어자어(alevin)는 1.80~2.56cm크기이며, 커다란 난황을 갖고 바닥에 누워있으며 가끔 꿈틀거린다. 눈은 잘 발달되었고 홍채부분은 은색 광택을 띠며, 등지느러미와 뒷지느러미에는 12개의 기저원기가 나타난다. 꼬리지느러미에는 19개의 줄기가 나타난다. 가슴지느러미와 배지느러미는 막상이다. 막지느러미는 가슴지느러미 윗부분 등쪽 가장자리에서 시작하여 항문까지, 또 항문에서 난황까지 이어지며, 등지느러미와 뒷지느러미의 뒷쪽은 오목하다. 근절수는 64~65개(43~44+20~21)이다. 난황은 길이가 $0.94 \pm 0.09\text{cm}$ (평균±표준편차), 폭이 $0.47 \pm 0.04\text{cm}$ (n=61)의 크기였으며, 직경이 0.1cm전후의 큰 유구부터 작은 유구에 이르기까지의 수많은 유구를 가지고 있다.

흑색소포는 두정부에 잘 발달하여 회색으로 보이며 배체의 몸통과 꼬리의 등쪽에도 가는 실모양의 흑색소포가 나타나기 시작한다. 입은 열려있으나 항문은 아직 열려있지 않다(Fig. 5, A).

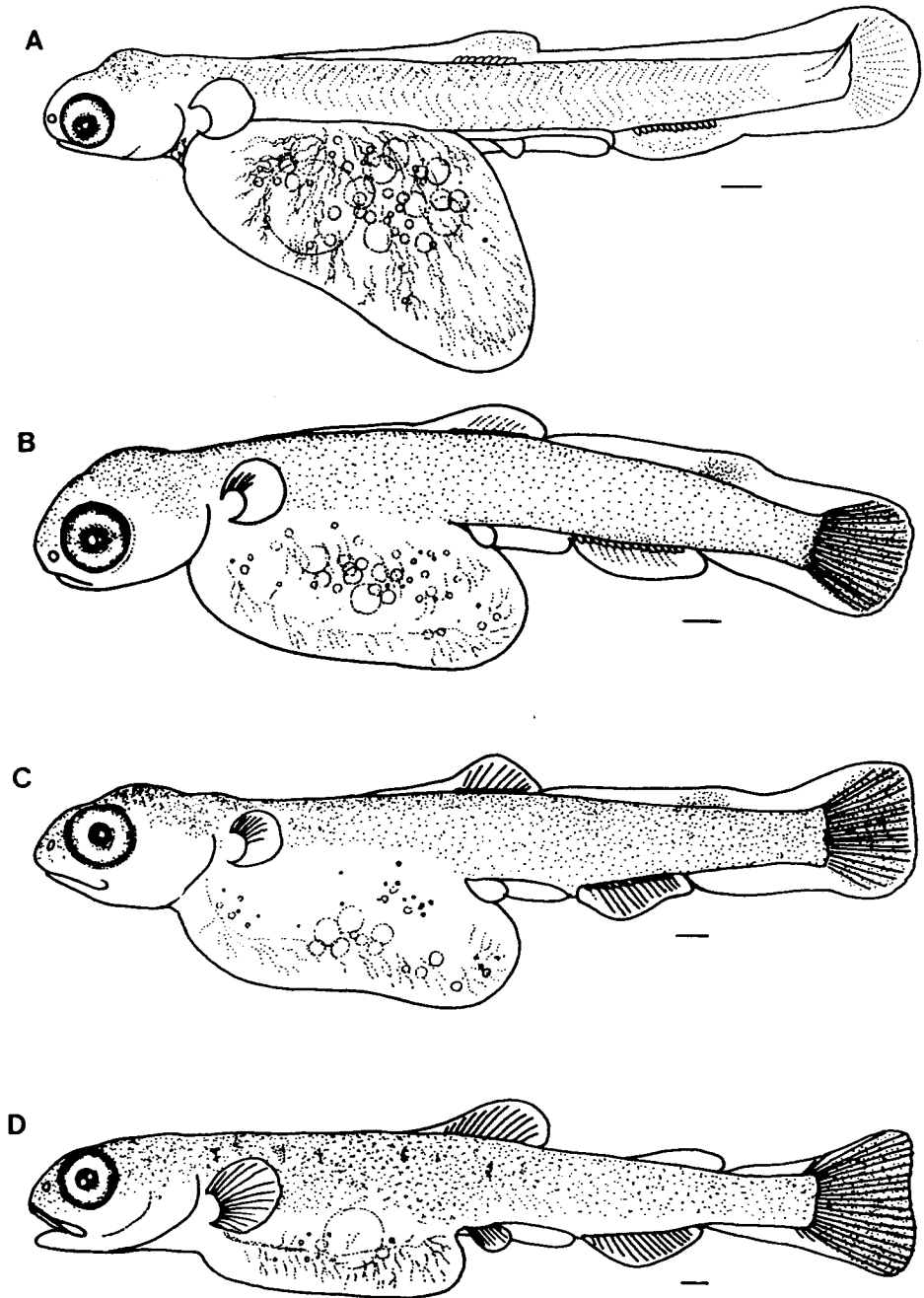


Fig. 5. The alevin of *O. keta*.
A. hatched alevin, 22.4mm in total length ; B. 7 days after hatching(DAH), 24.0mm in total length ; C. 14 DAH, 27.8mm in total length ; D. 20 DAH, 28.8mm in total length. scale bar : 1mm.

부화 7일후 자어는 전장이 2.10~2.87cm(평균 2.45 ± 0.20 cm, n=38)이고, 몸 전체에 흑색소포가 골고루 산재하며 등지느러미와 뒷지느러미의 윤곽이 나타나고 각각 7, 10개의 지느러미줄기가 나타난다. 기름지느러미가 생길 부분의 막지느러미는 약간 볼록하다. 꼬리지느러미의 뒷 가장자리 윤곽이 직선형에 가깝게 변하고 지느러미줄기 사이에 작은 흑색소포가 발달한다.

흑색소포는 꼬리지느러미에서만 처음으로 나타나고 있다(Fig. 5, B). 부화 14일후 자어는 전장이 2.22~3.28cm(평균 2.78 ± 0.25 cm, n=61)의 범위이며, 몸통 위 등지느러미의 막지느러미는 상당히 소실되어 있고 꼬리지느러미 앞쪽 막지느러미도 오목해지기 시작한다. 꼬리지느러미 줄기에는 2개의 마디가 발달하고, 등, 뒷지느러미의 형태가 거의 갖추어 진다(Fig. 5, C).

부화 20일후의 자어(전장 2.65~3.23cm)는 난황을 상당히 흡수하였으며 바른 자세로 바닥에서 헤엄치며, 각 지느러미는 형태를 갖추게 되고 등지느러미에 11~13개, 뒷지느러미에 12~15개, 꼬리지느러미에 19개(10+9), 배지느러미에 6개, 가슴지느러미에 7~10개의 줄기가 나타난다. 가슴지느러미는 등지느러미와 꼬리지느러미 사이에 그 형태가 나타나지만 아직 꼬리지느러미와는 막지느러미로 연결되어 있다. 아래위턱에 이빨이 발생하며, 흑색소포는 두부의 머리쪽과 몸통, 꼬리에 고루 분포하게되며 자어의 체색은 회색을 띠며 난황 위와 몸통, 배쪽은 거의 발달하지 않는다. 연어과 어류의 특징 중 하나인 parr 무늬가 몸통쪽에서 7~8개 희미하게나마 식별되기 시작한다(Fig. 5, D).

부화후 약 30일이 지나면 전장이 2.82~3.39cm(3.05 ± 0.17 cm, n=20)로 성장하며, 1/3 정도가 부상하고 표층 가까이 헤엄치며, 약 1/3정도는 바닥에 모여서 헤엄치고 있다. 나머지는 아직도 바닥에 누워있다. 이 시기에는 일부 부상한 개체가 먹이를 먹기 시작한다. 턱에는 이빨이 발달하며 콧구멍은 2쌍이다. 흑색소포는 머리와 몸의 등쪽 부분에 밀집되며 배쪽은 구아닌 색소의 침착으로 은색 광택을 띤다.

난황은 배의 정중선 부근에 갈라진 틈으로 관찰할 수 있으며, 각 지느러미가 완성되고, 막지느러미는 배지느러미, 항문 사이 및 꼬리지느러미 기부에 일부 존재한다. 체측 등쪽 부분에는 8~11개의 parr 무늬가 희미하게 윤곽을 들어낸다 (Fig. 6, E).

부화후 약 35일이 지나면 평균 전장이 $3.56 \pm 0.12\text{cm}$ ($n=20$)로 성장하며 난황을 완전히 흡수하고 치어기(fry)에 도달한다. 꼬리지느러미 뒷가장자리의 윤곽은 안으로 오목한 모양이 되며 줄기의 끝은 2개로 갈라지고 마디는 5~6개로 증가한다. 등지느러미에는 마디가 1개 나타나며 앞 부분과 기저 부근에 흑색소포가 발달하고, 기름지느러미, 가슴, 배, 뒷지느러미에는 흑색소포가 없다. 항문 바로 앞에 막지느러미가 흔적으로 남아 있으며 체측에는 7~11개의 parr 무늬가 나타난다 (Fig. 6, F).

부화후 56일경 전장 3.48~4.27cm범위의 연어 치어는 뺨과 두부의 아랫부분, 몸의 등쪽을 제외한 전체가 은색 광택을 띠며 presmolt기에 들어가며, 이때의 10개 전후의 parr 무늬는 체측의 등쪽에 막대기형으로 존재한다. 주둥이에도 흑색소포가 밀집하며, 두정부에서 꼬리까지의 등쪽은 황록색을 띤 회색이며 크고 작은 흑색반점이 산재한다. 등지느러미와 기름지느러미에 흑색소포가 발달하며 꼬리지느러미는 가장자리에 흑색소포가 밀집되어 있으며 줄기에는 6~7개의 마디가 발달한다. 이 시기에는 체측에 발달한 은색 광택소포에 의하여 parr 무늬가 거의 가려져 보이지 않는 개체(smolt)도 다수 나타난다(Fig. 6, G).

부화후 3개월이 지나면 평균 전장이 $5.67 \pm 0.53\text{cm}$ ($n=60$)로 자라고, 연어치어는 체측의 parr 무늬가 거의 소실되며 체측과 복부쪽의 은색 광택이 뚜렷해져 바다에서의 생활에 적합한 smolt기에 이르고, 해수에 쉽게 적응하여 바다로 내려간다. 연어과 어류의 특징 중의 하나인 배지느러미의 첫번째 줄기 옆의 피질돌기(flesh appendage, 또는 axillary process)는 담수 생활기인 전단계에서는 나타나지 않

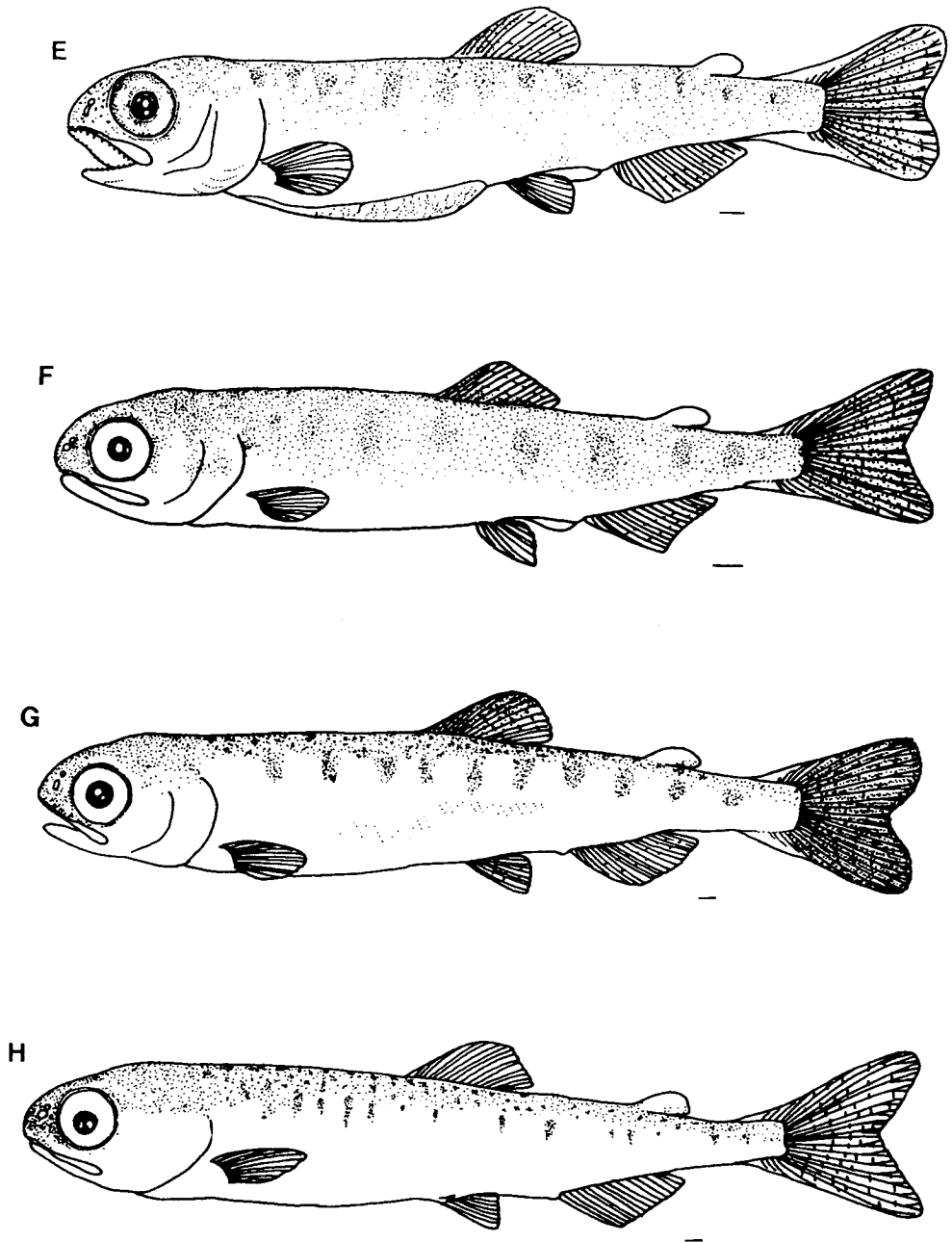


Fig. 6. The fry of *O. keta*.
E. 30 days after hatching(DAH), 31.0mm in total length ; F. 35 DAH, 3.56mm in total length ; G. 56 DAH, 42.7mm in total length ; H. 87 DAH, 5.20mm in total length. scale bar : 1mm.

았는데, smolt로 바뀌어 해수로 들어간 시기로 생각되는 이 단계에 최초로 나타나기 시작한다(Fig. 6, H). 이 피질 돌기는 점차 커져서 5월(전장 7~8cm)이 되면 거의 배지느러미 기부 길이만큼 성장하며 전장이 10cm 이상으로 자라면 거의 성어의 피질돌기 크기로 자란다.

3.2.2.2. 成長에 따른 體形變化

부화한 후 연어 자어의 성장은 Fig. 5, 6에 나타낸 바와 같이 성장함에 따라 급격한 형태변화는 나타내지 않으나, 난황흡수, 부상 및 smoltification의 일련의 변태과정을 겪는다. 즉, 난황을 흡수하고 부상을 시작하는 시기와 부상 후 먹이를 먹고 smolt화하기 시작하는 시기에서 성장의 변곡점이 나타났다(Fig. 7).

부화된 자어의 평균 전장은 $2.27 \pm 0.19\text{cm}$ ($n=61$)이었으나 난황을 가지고 있는 alevin 시기에는 비교적 빠른 길이 성장을 나타내어 부화 후 약 30일만에 평균 전장 $3.05 \pm 0.17\text{cm}$ ($n=38$)로 성장하게 된다. 부상 직전에 지느러미가 완성되고 난황을 대부분 흡수하게 되며 부화 60일 후까지 약 30일간은 성장속도가 매우 느려진다.

부화후 20일경 전장이 2.65~3.23cm일때 체측에 7~8개의 parr 무늬가 나타나 smolt가 되기까지 8~11개로 증가하였다. 이 시기의 산천어는 긴 타원형의 parr 무늬가 6~9개, 무지개송어는 7개 전후로 연어와는 그 수와 형태에서 구분이 가능하였다(Fig. 8).

부화후 60일경에는 평균전장이 $3.74 \pm 0.21\text{cm}$ 가 된다. 이 느린 시기에 부상이 완료되고 먹이를 먹기 시작하며 난황을 완전히 흡수하게 된다. 이 시기가 일반 해산 경골어류의 변태기에 해당하며 이때 연어는 녹색의 등과 은색의 배를 가진 smolt로 바뀌기 시작한다(presmolt stage).

그 후 smolt가 된 연어치어는 성장이 빨라져 해수 사육결과 부화해 90일경에는

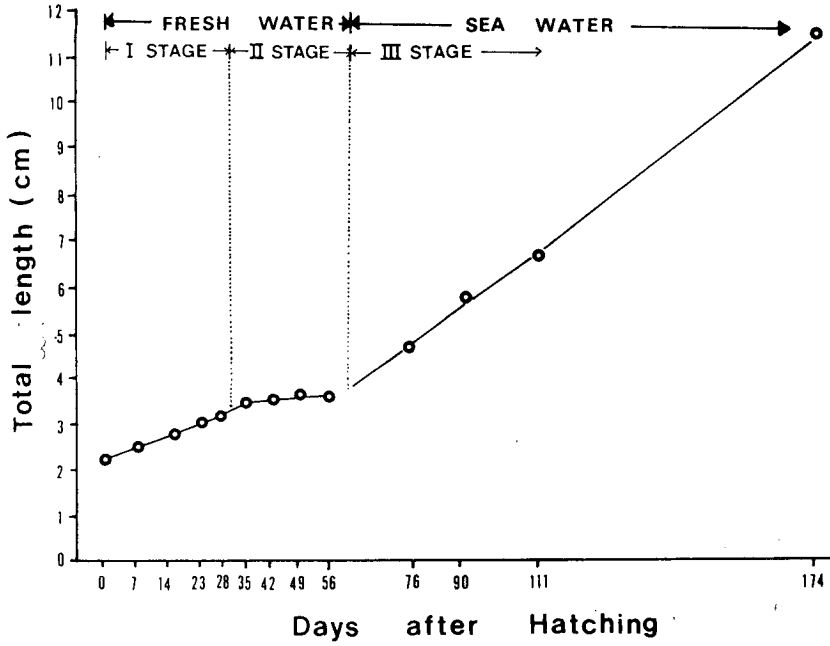


Fig. 7. Growth of alevin and fry of *Oncorhynchus keta* in aquarium.

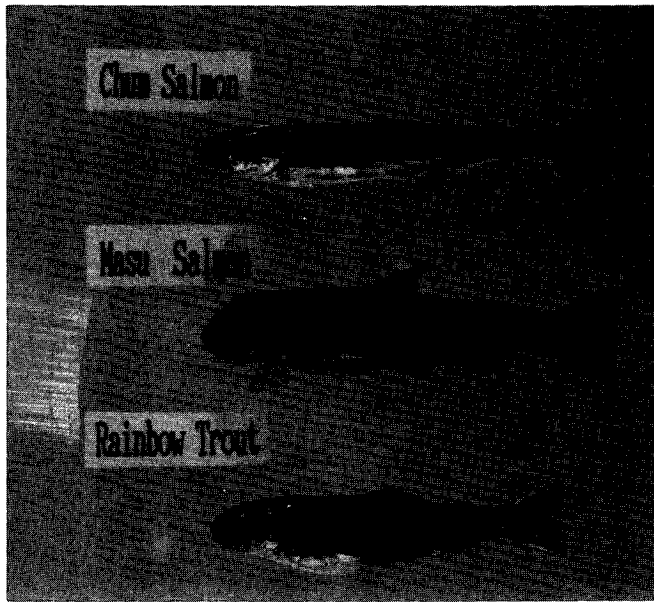


Fig. 8. Fingerling of *O. keta*(smolt, 55mm), *O. masou*(parr, 58mm) and *O. mykiss* (parr, 50mm).

평균 전장이 $5.67 \pm 0.53\text{cm}$ ($n=10$), 180일경에는 $9.88 \sim 13.41\text{cm}$ (평균 $11.88 \pm 0.95\text{cm}$)로 성장 하였다. 따라서 연어는 부화후 174일간의 사육 결과, 성장 속도에 따라 아래와 같이 크게 3단계로 나눌 수 있다.

1단계 : 부화직후부터 부상직전(평균전장 3.05cm)까지의 alevin단계

어미로부터 받은 영양으로 살며 비교적 빠른 성장을 나타내는 시기

2단계 : 성장속도가 가장 느린 시기로 부상기에 해당하는 시기(전장 3~4cm 범위)

3단계 : 평균전장 4cm전후의 presmolt 단계로 들어간 후, 빠른 성장을 보이는 단계

각 단계에 있어서의 전장(TL)에 대한 두장(HL), 안경(ED), 주둥이 길이(SnL), 향문 체장(PAL), 미병고(CPD), 미병장(CPL), 기름지느러미 전체장(OAD), 체고(BD), 등지느러미 기점거리(OD), 배지느러미 기점거리(OV), 몸통 길이(TR)와 두장(HL)에 대한 안경(ED), 주둥이 길이(SnL)에 대한 비성장을 Huxley의 상대성장식으로 검토한 결과는 Table 2에 나타내었다.

전장-두장 : 전장과 두장간의 상대성장식에서는 단계별 상대성장계수 k 값이 1.4562 ($t=12.7787$, $p<0.01$), 0.4957 ($t=3.6570$, $p<0.01$), 0.9431 ($t=2.2579$, $p<0.01$)로서 부등성장을 하였고, stage I에서 두장이 빠른 성장을 나타내고 stage II, III에선 전장에 비하여 느린 성장을 나타내었다.

전장-안경 : 전장에 대한 안경의 성장은 stage I에서 상관계수 k 값이 1.3966으로 빨랐으나, 그 이후는 0.3582, 0.7006으로 느려졌다.

전장-주둥이(SnL) : 몸 부위 중 전장에 대하여 가장 빠른 성장을 나타낸 부위가 주둥이였다. Stage I과 II에서 k 값을 각각 2.2126, 2.1789로서 전장의 성장에 비하여 주둥이의 성장은 매우 빠른 경향을 나타내었으며, stage III에서도 1.0786 ($p<0.05$)으로서 전장의 성장에 비해서는 빠른 성장을 나타내었다.

Table 2. Growth inflection of body parts in *Oncorhynchus keta*. The single asterisk indicates that the difference is significant at the 5% point, and the double one indicates a significant difference at the 1% point

	I(n=217,57)		II(n=80)		III(n=66)	
	k	t -value	k	t -value	k	t -value
TL - HL	1.4562**	12.7788(n=217)	0.4957**	3.6570	0.9431*	2.2579
TL - ED	1.3966**	8.8527	0.3582**	4.9407	0.7006*	0.0235
TL - SnL	2.2126**	14.4702	2.1789**	4.5432	1.0786*	2.3746
TL - PAL	0.8669**	7.7384	0.9286	0.7219	1.1157**	3.8956
TL - TR	0.5969**	13.4367	1.1885	1.0173	1.2069**	5.0463
TL - YL	-0.4923**	5.2996	-	-	-	-
TL - YW	-0.6048**	5.2483	-	-	-	-
TL - CPL	0.7819	0.8246(n=57)	1.3992	1.7925	1.1953**	5.4250
TL - CPD	0.4420*	2.5905	0.7537	1.8532	0.9162	0.8595
TL - BD	0.2982*	2.6206	1.6409**	3.3803	1.0641	1.4308
TL - OD	0.6126**	3.2942	1.5360*	2.0341	0.9574**	3.2030
TL - OAD	0.6619**	3.8117	0.7922**	2.9309	1.0389**	3.1120
TL - OV	0.3220**	4.6086	0.9832	0.2100	0.9643**	2.2739
HL - ED	0.8782**	3.7709(n=217)	0.1492**	8.3330	0.7331**	12.7095
HL - SnL	1.3936**	6.7397(n=217)	0.8508	0.5860	1.1185**	3.4548

전장-항문체장(PAL) : 전장에 대한 항문체장은 부화자어가 난황을 갖고 있던 stage I에서는 k값이 0.8669($p < 0.01$)로 전장에 비하여 느렸으며, stage II에서는 전장과 같은 등성장($k = 0.9286$, $p > 0.05$)을 하였고 stage III에선 k값이 1.1157로 전장보다 빠른 성장을 나타내었다.

전장-몸통길이(TR) : 몸통길이의 성장은 항문체장의 성장과 비슷한 경향을 나타내어 stage I에선 0.5969($p < 0.01$)로 전장에 비해 매우 느린 속도로 성장하다가 stage II에선 전장과 같은 등성장($k = 1.1885$, $p > 0.05$)으로 빠른 성장을 보였다.

전장-난황길이(YL), 폭(YW) : 난황의 길이와 폭은 난황을 가지고 있던 stage I에서만 계산되었는데 k값이 각각 $-0.4923(p<0.01)$, $-0.6048(p<0.01)$ 로서 전장이 성장함에 따라 빠른 속도로 감소하였다.

전장-미병고(CPD) : 전장에 대한 미병고는 stage I에서 k값이 $0.4420(p<0.01)$ 으로 가장 느린 성장을 보이다가 stage II와 III에서 k값이 각각 $0.7532(p>0.05)$, $0.9162(p>0.05)$ 로 전장과 등성장을 하였다.

전장-미병장(CPL) : 전장에 대한 미병장은 stage I, II에선 k값이 각각 $0.7819(p>0.05)$, $1.3992(p>0.05)$ 로 전장과 등성장을 유지하였으며 stage III에서 $1.1953(p<0.01)$ 으로 빨라졌다.

전장-체고(BD) : 전장에 대한 체고의 성장은 stage I에서 아주 느린 성장을 보이다가 ($k=0.2982$, $p<0.05$), stage II에선 k값이 1.6409 로 성장이 빨라졌으며 stage III ($k=1.0641$, $p>0.05$)에선 전장과 등성장을 나타내었다.

전장-등지느러미 기점거리(OD) : 전장에 대한 등지느러미 기점 거리는 stage I에서 k값이 $0.6126(p<0.01)$ 으로 느린 성장을 보이다가 stage II에서 $1.5360(p<0.05)$ 으로 빨라졌으며, stage III에서는 $0.9574(p<0.01)$ 로 다시 느려졌다.

전장-전 기름지느러미 기점거리(OAD) : stage I에서 $0.6619(p<0.01)$ 로 가장 높은 성장을 나타내다가 점차 빨라져 stage III에선 $1.0389(p<0.01)$ 로 빨라졌다.

전장-배지느러미 기점거리(OV) : stage I에서 $0.3220(p<0.01)$ 으로 가장 낮았으며, stage II에선 전장과 등성장을 나타내다가($k=0.9832$, $p>0.05$), stage III에선 $0.9643(p<0.01)$ 으로 느려졌다.

두장(HL)-안경(ED) : 두장에 대한 안경은 stage I에서 $0.8782(p<0.01)$ 로 느린 성장을 보이다가 stage II에서는 $0.1492(p<0.01)$ 로 가장 느린 성장을 나타내었고, stage III에서는 $0.7331(p<0.01)$ 로 전 단계에서 두장보다 안경은 느린 성장을 나타내었다.

두장-주둥이(SnL) : 두장에 대한 주둥이는 stage I에서 k값이 1.3936($p < 0.01$), stage III에서도 1.1185($p < 0.01$)로 빠른 성장을 나타내었다.

이상의 결과에서 연어가 부화후 난황을 흡수할 때까지의 stage I에서는 전장의 성장에 비하여 두장, 안경, 주둥이가 빠른 성장속도를 나타내었고, 항문체장이나 몸통길이, 미병고, 체고는 느린 성장을 하였다. stage II에선 두장과 안경의 성장속도가 늦어진 반면, 턱의 발달이나 소화관의 발달에 관계되는 주둥이, 몸통길이, 체고의 발달 속도가 빨라졌다.

3.2.3. 骨骼發達

3.2.3.1. 頭蓋骨 및 內臟骨

두부의 골격은 두개골(cranium)과 내장골(visceral skeleton)로 이루어지며 연어의 초기 두부골격 발달은 Fig. 9, 10에 나타낸 바와 같다.

부화직후 전장 1.95~2.13cm의 자어는 두부의 몇개 골격, 견대와 꼬리지느러미줄기 17개만 골화되어 있다. 두부에는 가는 선모양의 부설골(parasphenoid), 주상악골(maxillary), 치골(dentary)이 나타나며, 새개부(opercular)에는 주새개골(opercle)만이 휘어진 반달모양으로 골화한다(Fig. 9, A).

전장 2.15~2.18cm의 자어에서는 관절골(articular)이 뒷부분부터 골화하며, 새개부에서는 실선 모양의 전새개골(preopercle)이 나타나고, 설궁(hyoid arch)에 4개의 새조골(branchiostegals)이 골화된다. 전장 2.31cm자어는 주상악골 앞에 점상의 전상악골(preopercle)이 골화되며 눈 위쪽의 두개골 중에 최초로 액골(frontal)이 가는 실모양으로 골화되기 시작하며, 새개부에는 하새개골(subopercle)과 간새개골(interopercle)이 골화한다.

전장 2.42mm 개체에서는 두개골 중의 외후두골(exoccipital)이, 관절골 윗부분에 각골(angular)이 골화되며 설궁에는 인설골(glossohyal)이 골화되어 혀바닥 위의 이빨도 골화되어 나타나기 시작한다. 현수골(suspensorium)중에서는 최초로

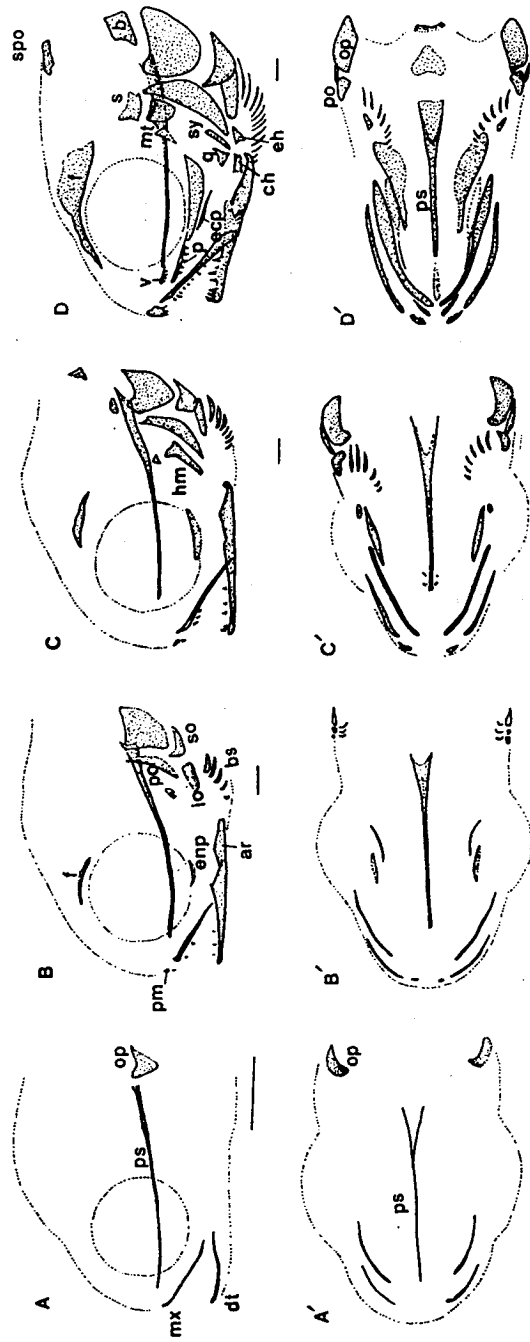


Fig. 9. Development of the cranium and visceral skeleton in *Oncorhynchus keta*. A-D : lateral view, A'-D' : dorsal view. A. 2.13cm in total length, B. 2.42cm, C. 2.75cm, D. 3.20cm. an, angular ; ar, articular ; b, basioccipital ; bs, branchiostegals ; ch, ceratohyal ; dt, dentary ; ecp, ectopterygoid ; eh, epiphyal ; enp, endopterygoid ; f, frontal ; hm, hyomandibular ; io, interopercle ; mt, metapterygoid ; mx, maxillary ; op, opercle ; p, paratine ; pm, premaxillary ; po, preopercle ; ps, parasphenoid ; q, quadrate ; so, subopercle ; spo, supraoccipital ; sy, symplectic ; v, vomer. scale bar : 0.1mm.

내익상골(endopterygoid)과 설악골(hyomandibular)이 골화한다. 새조골은 5개로 증가한다(Fig. 9, B).

전장 2.75cm가 되면 현수골의 후익상골(metapterygoid)이 나타나며 전장2.80 cm가 되면 현수골 중 방골(quadrate), 외익상골(ectopterygoid)과, 입천정 부분의 이빨을 가진 구개골(palatine)과 서골(vomer)이 동시에 골화하기 시작하고 설궁의 각설골(ceratohyal)이 골화한다(Fig. 9, C).

전장이 3.02~3.20mm가 되면 두개골의 가장 뒤 위쪽에 위치한 상후두골(supra-occipital)의 골화가 시작되며, 이어서 전이골(prootic)과 제 1추골(atlas)과 이어지는 기저후두골(basioccipital)이 골화한다. 접속골(symplectic)이 현수골 중 마지막으로 골화하며, 설궁에는 미설골(urohyal), 하설골(hypohyal)에 이어 상설골(epihyal)이 나타난다(Fig. 9, D).

전장이 3.45~3.50cm가 되면 두개골의 익이골(pterotic), 비골(nasal), 익설골(alisphenoid)이 골화되기 시작한다. 또 새조골은 13~15개가 모두 골화를 완료하고 호흡운동에 관여하고 있는 골편도 모두 골화가 완료된다. 그러나 이 시기까지는 대부분의 내장골이 형태를 갖추기 시작하는데 비하여 두개골의 골격들은 부분적으로 골화하기 시작하며 전체적인 형태는 나타나지 않은 상태이다(Fig. 10, A).

전장이 3.6~3.8cm가 되면 설이골(sphenotic), 상이골(epiotic), 노정골(parietal)이 골화하기 시작하여 상사골(supraethmoid)을 제외한 대부분의 골격이 나타나 있다. 또 이 시기에는 서골(vomer)의 이빨도 골화가 완료된다(Fig. 10, B). 전장 5.53cm 개체는 두개골의 골편이 대부분 형태를 갖추어 두개골이 완성되어 있다(Fig. 10, C).

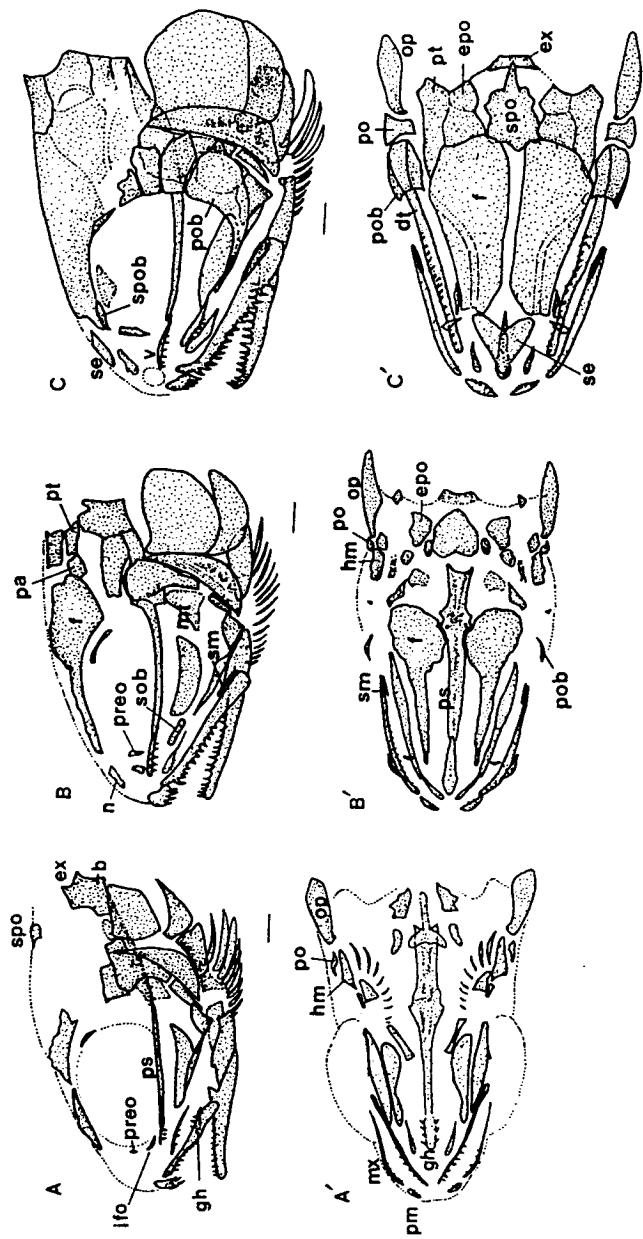


Fig. 10. Development of the cranium and visceral skeleton in *Oncorhynchus keta*. A-C: lateral view, A'-C': dorsal view. A. 3.50cm in total length, B. 3.80cm, C. 5.53cm. b, basioccipital; dt, dentary; epo, epiotic; ex, exoccipital; f, frontal; gh, glossohyal; hm, hyomandibular; mt, metapterygoid; mx, maxillary; n, nasal; op, opercle; pa, parietal; po, preopercle; pob, postorbital; preo, preorbital; ps, parasphenoid; pt, pterotic; se, supraethmoid; sm, supra-maxillary; sob, suborbital; spo, supraoccipital, spob, supraorbital; scale bar; 0.1mm.

3.2.3.2. 顎 骨

악골은 두부의 골격 중에서 두개골의 부설골, 새개부의 주새개골과함께 가장 먼저 발달하는 골격이다. 전장이 2cm전후인 부화직후 자어는 가느다란 선 모양의 주상악골(maxillary)과 치골(dentary)이 골화되며(Fig. 11, A), 전장 2.18cm 개체에는 관절골(articular)이 치골의 뒷부분에 나타난다. 전장이 2.31cm가 되면 주상악골 앞쪽에 1개의 이빨을 가진 전상악골(premaxillary)이 골화되어 나타나며, 전장 2.42cm일 때에는 주상악골과 치골 위에 각각 2~3개, 4개의 날카로운 이빨이 출현하기 시작한다(Fig. 11, B).

전상악골의 이빨은 전장 2.31cm에 처음으로 나타나기 시작하며 전장 3~4cm 범위에서 급격히 그 수가 증가하여 전장이 3.67cm일 때 7개가 골화된다. 개체에 따라서 그 차이가 많으나 전장 4cm이상으로 성장하면 거의 성어가 가진 형태의 이빨이 골화된다(Fig. 11, G).

주상악골의 이빨은 전장 2.42cm일 때 2~3개가 최초로 나타나며 이빨들은 뾰족한 끝부터 골화하기 때문에 alizarin으로 경골만 단독 염색하여 관찰하면 주상악골과 분리되어 있는 것처럼 나타난다. 치골은 전장이 2.42cm에 4개의 이빨이 최초로 골화하기 시작하며 골화 순서의 독특한 패턴은 관찰되지 않으며 외열치가 크고 강하며 빨리 발달하고 안쪽으로 향한 내열치는 골화가 늦다 (Fig. 11, E, F). 전장 3.7cm가 되면 상주상악골(supramaxillary)이 주상악골의 뒷부분 위에 실모양으로 골화되기 시작하여(Fig. 11, F), 전장 4~5cm사이에 골화가 완성된다. 주상악골과 치골 위에 이빨도 전상악골과 마찬가지로 3~4cm범위에서 빠른 속도로 증가하는 경향을 나타낸다(Fig. 12).

연어의 구강 속에는 악골 외에 입천정부의 서골(vomer)과 구개골(paratine) 위에 이빨이 발달하며, 혀바닥 위(인설골)에도 크고 날카로운 이빨이 발달한다. 구개골과 서골 위의 이빨은 전장이 2.8cm인 개체부터 2, 3개가 나타나기 시작하며

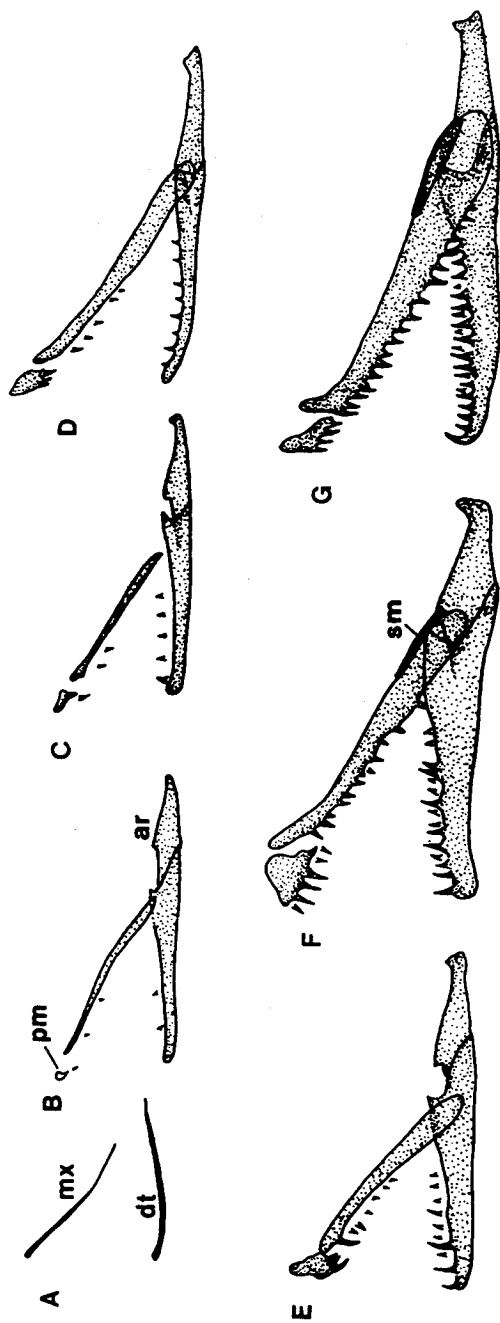


Fig. 11. Development of the jaws in *Oncorhynchus keta*. A. 1.95cm in total length, B. 2.42cm, C. 2.80cm, D. 3.00cm, E. 3.20cm, F. 3.71cm, G. 5.53cm. ar, articular ; dt, dentary ; mx, maxillary ; pm, premaxillary ; sm, supramaxillary.

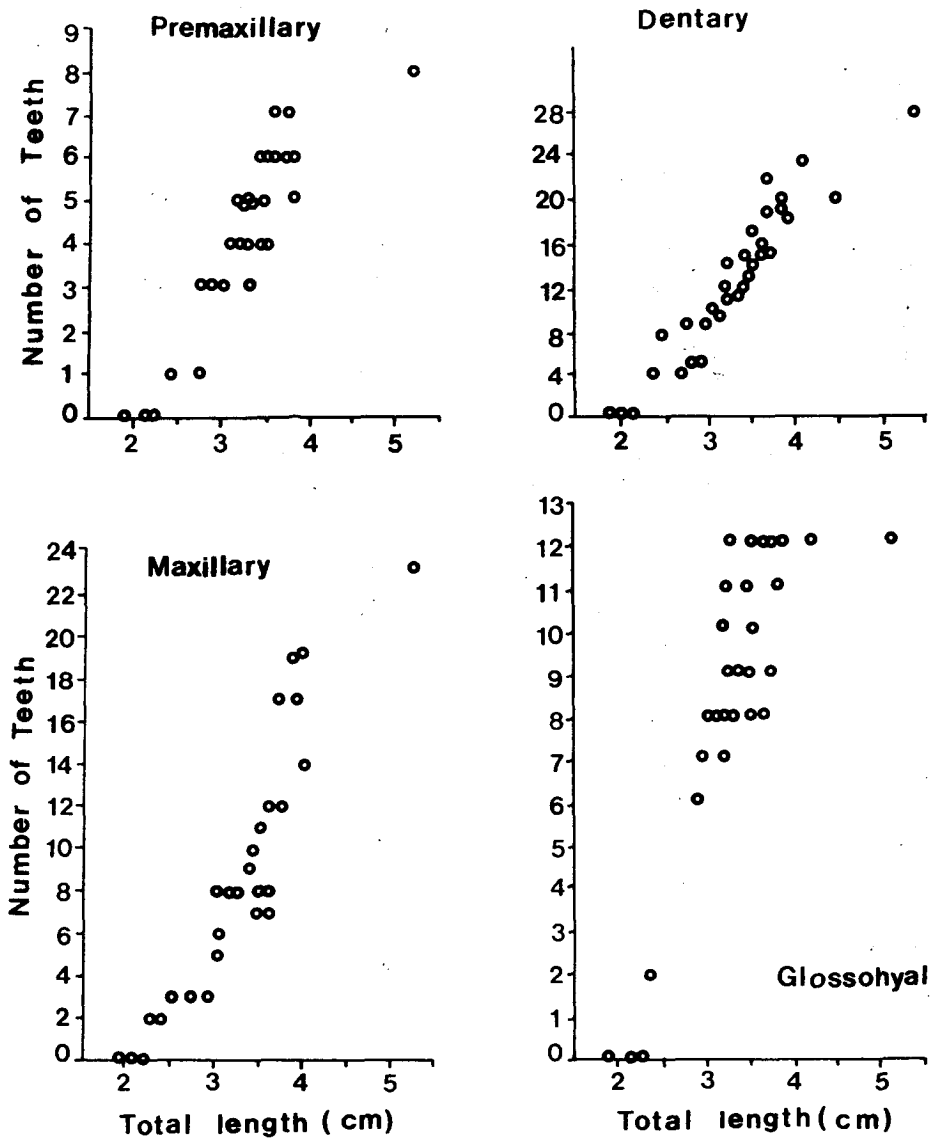


Fig. 12. Number of teeth on jaw bones and glossohyal by size groups in *O. keta*.

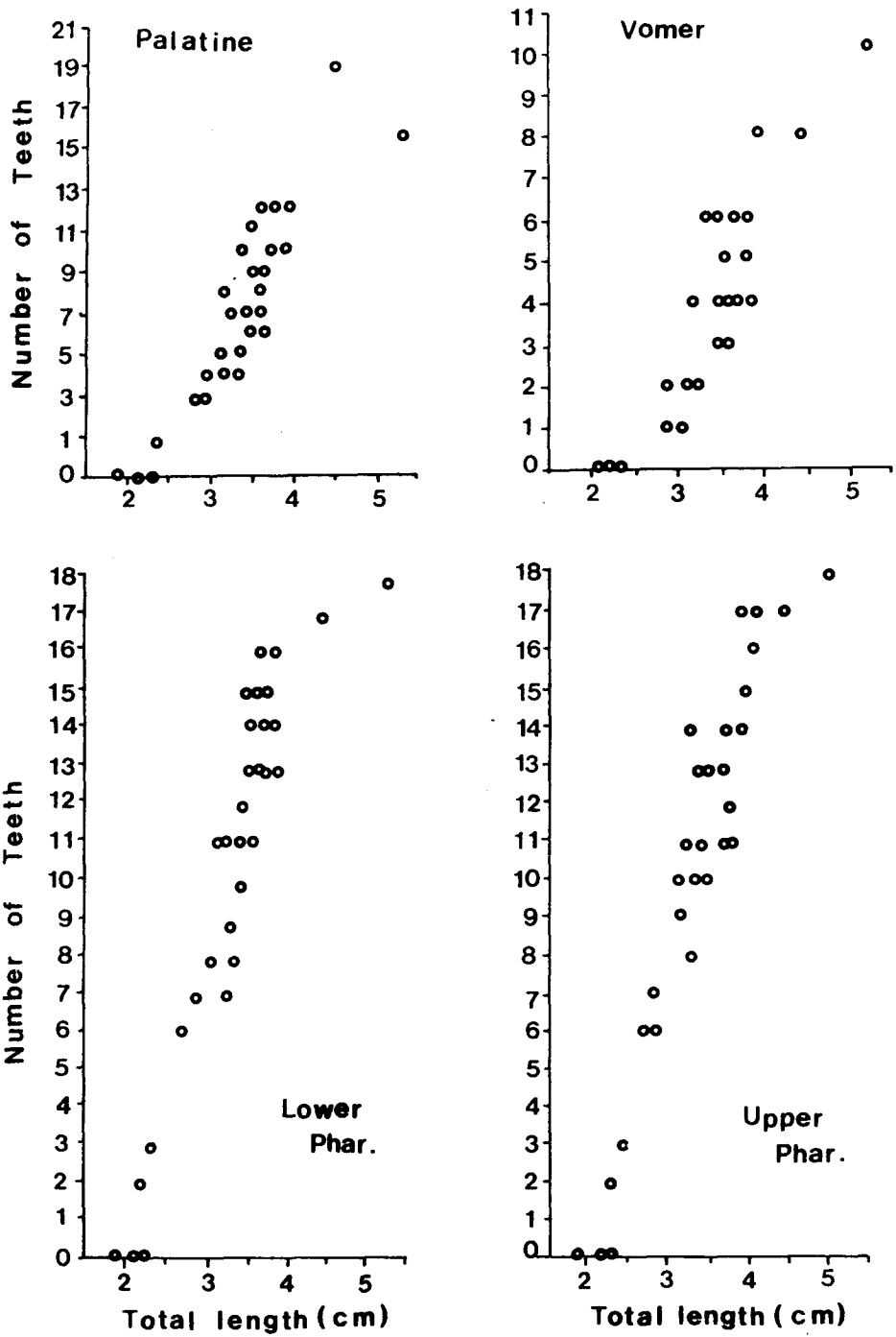


Fig. 13. Number of teeth on palatine, vomer and pharyngeal by size groups in *O. keta*.

혀위의 이빨은 전장 2.42cm에 나타나기 시작한다. 이들 이빨의 발달은 Fig. 12, 13에서보는 바와 같이 최초로 나타나는 시기는 조금씩 다르지만 악골의 이빨 발달과 마찬가지로 전장 3~4cm범위에서 빠른 증가를 보인다.

3.2.3.3. 咽頭骨

연어의 인두골은 설궁의 골편들이 골화하기 전인 전장 2.42cm개체에서 처음으로 골화하기 시작한다. 골화는 상인두치(upper pharyngeal teeth)와 하인두치(lower pharyngeal teeth)들의 뾰족한 끝부분부터 시작되어 기부쪽으로 진행된다. 전장 2.75cm개체에는 상, 하 인두치가 7~6개씩 뚜렷히 골화된다(Fig. 14, A ; 15, A). 전장 2.90cm개체에서는 각각 10, 9개의 상하 인두치 아래에 이빨을 지지하는 인두골이 판상으로 골화된다(Fig. 14, B ; 15, B).

전장 3.05cm개체는 각새골(ceratobranchial bone)이 골화되며 하인두치가 위치한 5번째 새궁의 각새골은 형태를 갖추지만, 새궁의 위쪽에는 아직 상새골이 골화하지 않아 상인두골만 골화되어 있다(Fig. 14, C ; 15, C). 그 후에는 상, 하인두치의 수와 크기가 증가하며(Fig. 14, D ; 15, D), 전장 3.78cm가 되면 상새골(epibranchial bone)이 골화 되어 주걱 모양의 4번째 상새골 위에 상인두치가 위치하게 된다. 이때의 상, 하 인두치의 이빨 수는 각각 13, 12개였다(Fig. 14, F ; 15, F).

그 후는 성장함에 따라 상하 인두치의 크기가 증가할 뿐 이빨 수는 10~17개 범위로 큰 변화가 없다(Fig. 13).

3.2.3.4. 眼 骨

연어의 눈 주위에는 전장 2.8cm에 안상골(supraorbital)이 가장 먼저 나타나며 전장 3.2cm에서 눈 아래의 안하골(suborbital 또는 infraorbital)이 골화된다(Fig. 9, D). 전장 3.8cm가 되면 안후골(postorbital ; Smith and Stearly, 1989)이 나타나기 시작하여(Fig. 10, B), 전장 5.53cm에서는 4개의 뚜렷한 모양을 갖는다(Fig. 10, C). 눈 앞에 위치한 안전골(preorbital)은 전장이 3.67cm에 나타난다.

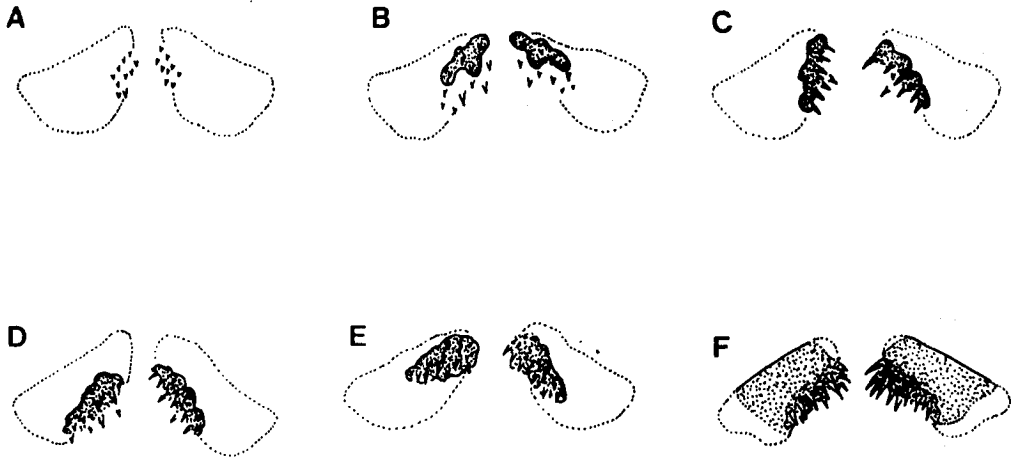


Fig. 14. Development of the upper pharyngeal teeth in *Oncorhynchus keta*. A. 2.75 cm in total length, B. 2.90cm, C. 3.05cm, D. 3.20cm, E. 3.56cm, F. 3.78cm.

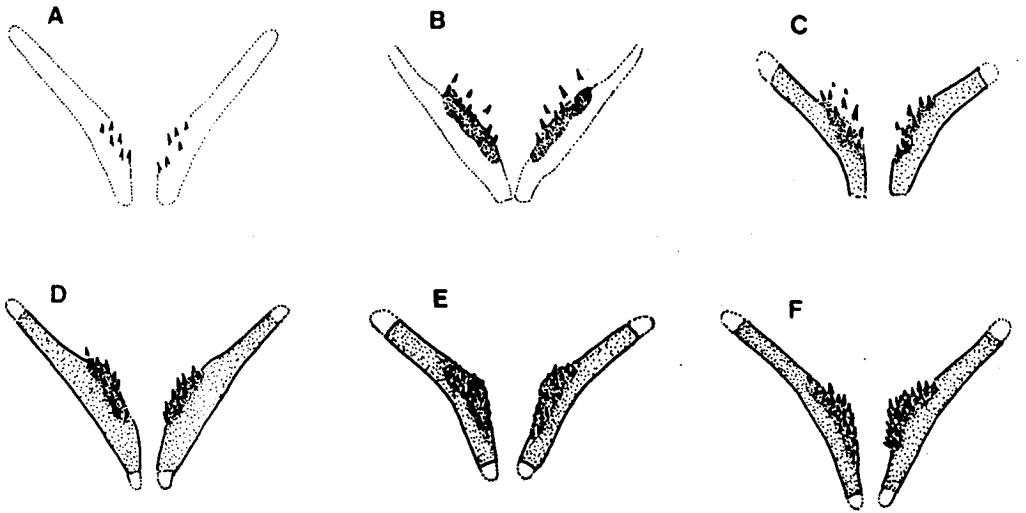


Fig. 15. Development of the lower pharyngeal teeth in *Oncorhynchus keta*. A. 2.75 cm in total length, B. 2.90cm, C. 3.05cm, D. 3.20cm, E. 3.56cm, F. 3.78cm.

3.2.3.5. 脊椎骨

척추골은 두개골이나 내장골 보다는 늦게 골화가 진행된다. 가장 먼저 골화되어 나타나는 골격은 늑골(rib)로 전장이 2.42cm인 개체에 앞에서 부터 10개가 가는 실모양의 골격으로 나타나기 시작한다(Fig. 16, A). 전장 2.80cm가 되면 신경궁문(neural arch)과 혈도궁문(haemal arch)이 추체 보다 앞서서 골화되기 시작하며 미골(尾骨)을 지지하는 마지막 2개의 신경궁문은 나타나 있지 않다. 전장 3.00cm가 되면 미추골(caudal vertebrae)의 혈관극(haemal spine)이 골화하기 시작하며, 34개의 늑골이 나타난다.

전장 3.20cm가 되면 복추골(abdominal vertebrae)에는 아직 신경극(neural spine)이 나타나지 않고, 미추골에는 신경극, 혈관극이 대부분 골화된다. 늑골은 38개로 증가하며 마지막 8개의 복추골에 측돌기(parapophysis)가 나타난다. 앞에서 2번째 추골의 추체로부터 9번째 추체까지 추체의 아래부분의 일부가 둥근 점모양으로 골화되기 시작한다. 미추골에서도 미골을 형성하는 4개의 추체와 끝에서 8번째부터 11번째까지의 미추골은 둥근 점 모양으로 골화되기 시작한다(Fig. 16, C).

전장 3.45cm개체에는 미추골에 혈관극, 신경극이 모두 생기며, 추체도 큰원형으로 모두 골화되어 나타나고, 마지막 6개의 복추골의 신경극이 발달한다(Fig. 16, D).

전장 3.67~3.71cm개체에서는 첫번째 추체를 제외한 모든 추체가 골화중에 있으며 골화 정도는 복추골이 미추골 보다 빠르다. 또 혈도궁문을 형성한 맨 뒤 6개 복추골의 앞쪽 4개의 추체에 측돌기(parapophysis)가 생긴다. 전장 3.78cm의 연어에는 첫번째 추골의 추체가 나타나며 전체 추체의 중간 부분은 긴 직사각형모양으로 골화한다(Fig. 16, E). 그 후 성장함에 따라 추체는 점차 넓게 골화되고 복추골의 측돌기도 골화되어 전장 4.5cm일 때에는 23개의 측돌기가 나타나며 미추골 추체의 등, 배쪽의 앞뒤로 관절돌기(zygapophysis)가 발달한다. 전장 5.53

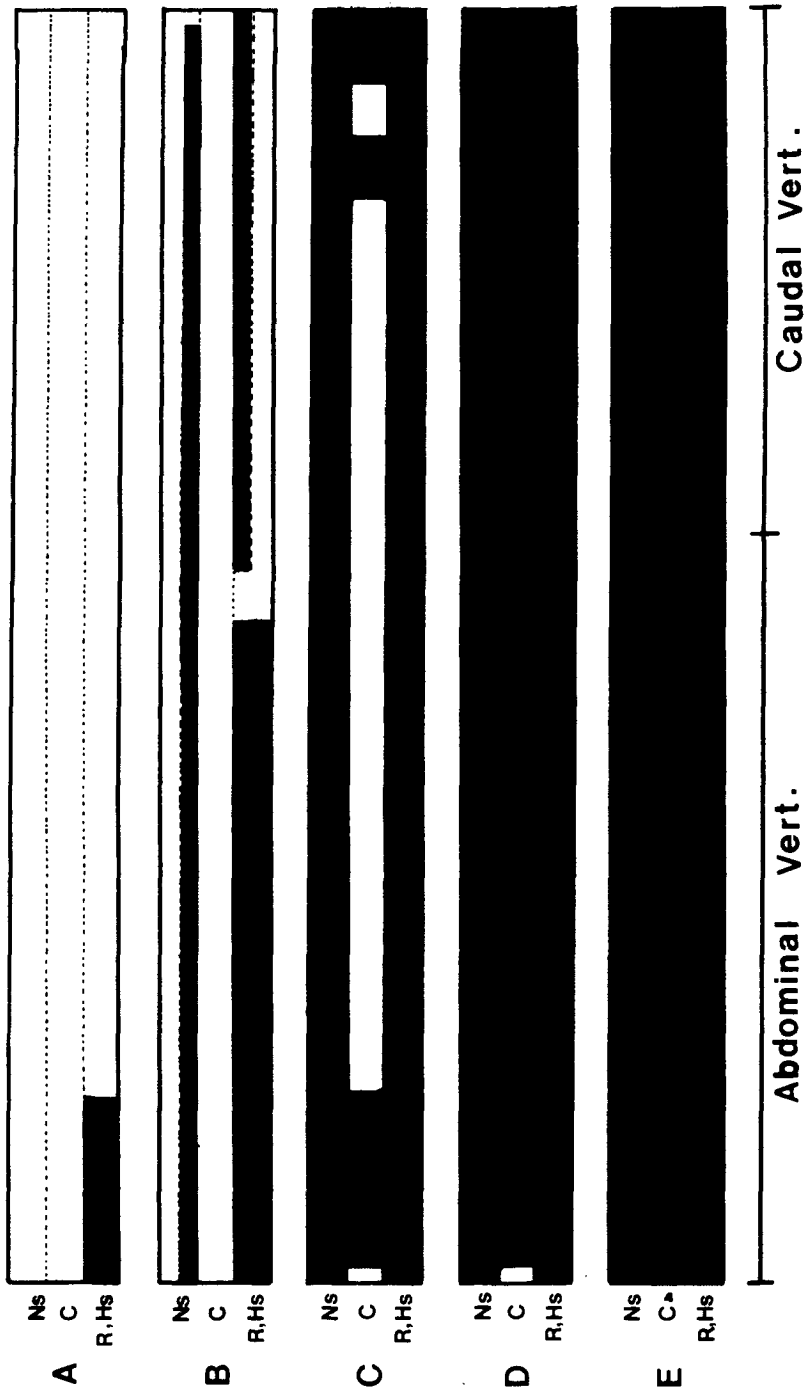


Fig. 16. Schematic diagram of osteogenesis of vertebrae of *Onchorhynchus keta*. A. 2.42cm in total length, B. 2.80cm, C. 3.20cm, D. 3.2-3.7cm, E. 3.7-5.3cm. C, centrum; Hs, heamal spine; Ns, neural spine; R, rib.

cm개체는 추체에 관절돌기가 잘 발달하고, 구멍과 줄무늬가 발달하여 성어의 추체와 비슷한 형태로 발달한다.

3.2.3.6. 尾骨

꼬리지느러미는 변형된 몇 개의 추골과 골편으로 이루어진 미골(caudal skeleton)에 의하여 지지를 받는다. 부화 직후 전장 2cm전후의 연어 자어는 미골이 골화되지 않으며 17개 전후의 지느러미 줄기만 발달한다. 전장 2.31cm개체에서 최초로 3개의 하미축골(hypural bone, h3, h4, h5)이 막대기 모양으로 골화되기 시작하며 척색 윗부분에 실모양의 미골판(caudal bony plate 또는 1st uroneural bone)이 나타났다(Fig. 17, A).

2.42cm가 되면 첫번째 하미축골의 중간부분과 두번째부터 5번째까지의 5개의 하미축골이 골화되어 나타난다(Fig. 17, B). 전장 2.75cm에선 6개의 하미축골과 첫번째 하미축골 앞의 넓적한 모양의 혈관극이 골화되며 형태도 거의 갖추게 되고, 첫째 미신경골도 크게 발달한다. 전장 2.80cm개체에선 7개의 하미축골이 모두 골화되어 나타나며 첫째 미신경골 바로 위쪽에 1번째 미신경골이 나타난다. 전장이 3.00cm가 되면 2번째 미신경골이 나타나며 미골을 형성하는 신경극과 혈관극이 골화되고 미부봉상골을 포함한 4개의 추체가 골화되기 시작한다(Fig. 17, D). 전장 3.45~3.50cm가 되면 마지막 신경극과 미신경골 사이에 2개의 상미축골(epural bone)이 나타나고 전장 4.5cm가 되면 골화 중인 추체를 제외한 전체 미골의 구성은 성어의 모습을 갖추게 되며(Fig. 17, E), 전장 5.53cm개체에서 미골이 거의 성어의 형태를 갖춘다(Fig. 17, G).

3.2.3.7. 肩帶骨

가슴지느러미를 지지하는 연어의 견대골(shoulder girdle)은 전장 1.95cm인 부화직후 자어에서 후측두골(post-temporal), 상쇄골(supracleithrum), 쇄골(cleith-

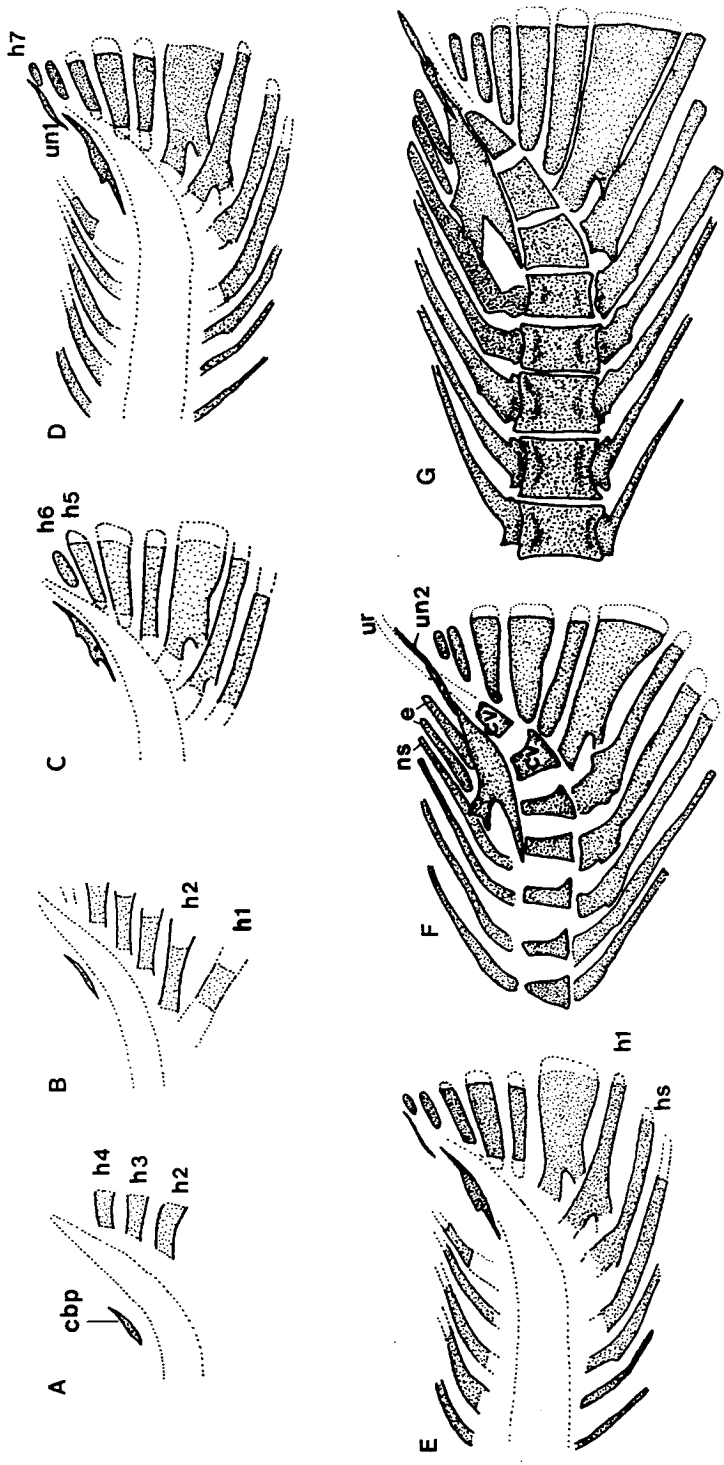


Fig. 17. Development of the caudal skeleton in *Oncorhynchus keta*. A. 2.31 cm in total length, B. 2.42 cm, C. 2.75 cm, D. 3.00 cm, E. 4.50 cm, F. 5.53 cm, G. 5.53 cm. cbp, caudal bony plate; cv, caudal vertebrae; e, epural; hs, hemal spine; h1-h7, hypural1-7; ns, neural spine; un1-2, uroneural1-2; ur, urostyle bone.

rum)이 가는 선으로 나타나기 시작한다(Fig. 16, A). 전장 2.31~2.42cm 개체는 쇄골이 조금 굽어지고 5개의 가슴지느러미 줄기가 나타나며, 2.8cm가 되면 후측두골의 돌기가 나타나고, 상쇄골도 넓어져 가운데 구멍이 하나 생긴다(Fig. 18, C).

전장 3.2cm의 개체에는 쇄골 뒤에 2개의 후쇄골(post-cleithrum)이 나타난다(Fig. 18, D). 전장 3.45cm의 개체에선 오혜골(coracoid)이 아랫 부분부터 나타나며, 3.50~3.56cm가 되면 가슴지느러미 줄기가 정수에 달하며, 견갑골(scapula)이 원형으로 나타나고, 4개 중 3개의 사출골(actinost)과 세번째 후쇄골이 골화된다(Fig. 18, F).

전장 3.67~3.8cm에서 중오혜골(mesocoracoid)이 골화되고, 사출골이 4개로 모두 골화되고, 3개의 후쇄골은 전체가 골화되어 서로 접속해 있는 형으로 나타난다(Fig. 18, G).

3.2.3.8. 腰帶骨

배지느러미를 지지하는 요대골(pelvic girdle)은 지느러미를 지지하는 골격 중에서도 가장 늦게 골화되며 5개의 지느러미 줄기가 전장 2.75cm 개체에서 먼저 골화하기 시작한 후, 전장 3.40~3.67cm개체에서 요대골이 골화하기 시작한다(Fig. 19, A). 전장 4.50cm에 전체적으로 골화되나(Fig. 19, B) 전장 5.5cm에서 전요대돌기(前腰帶突起, anterior pelvic process)와 전배판(前背板, antero-dorsal plate)이 골화되어 완전한 형태를 갖추게 된다(Fig. 19, C).

3.2.3.9. 지느러미줄기 및 鰓鰭骨

각 지느러미줄기와 등, 뒷지느러미를 지지하는 담기골의 골화과정은 Table 3에 나타내었다.

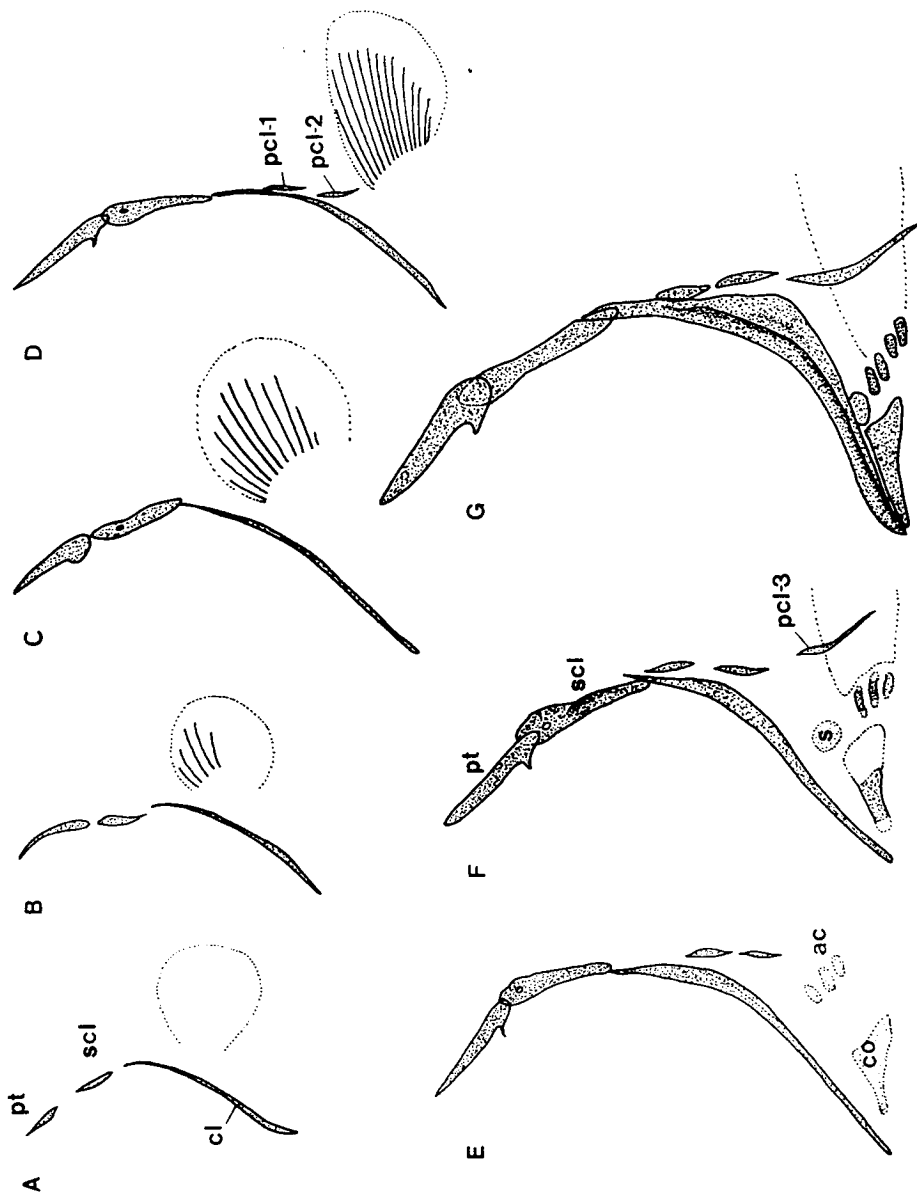


Fig. 18. Development of the shoulder girdle in *Oncorhynchus keta*. A. 1.95cm in total length, B. 2.42cm, C. 2.80cm, D. 3.20cm, E. 3.40cm, F. 3.54cm, G. 3.80cm. ac, actinost ; co, coracoid ; cl, cleithrum ; pcl 1-3, postcleithrum 1-3 ; pt, posttemporal ; s, scapula ; scl, supracleithrum.

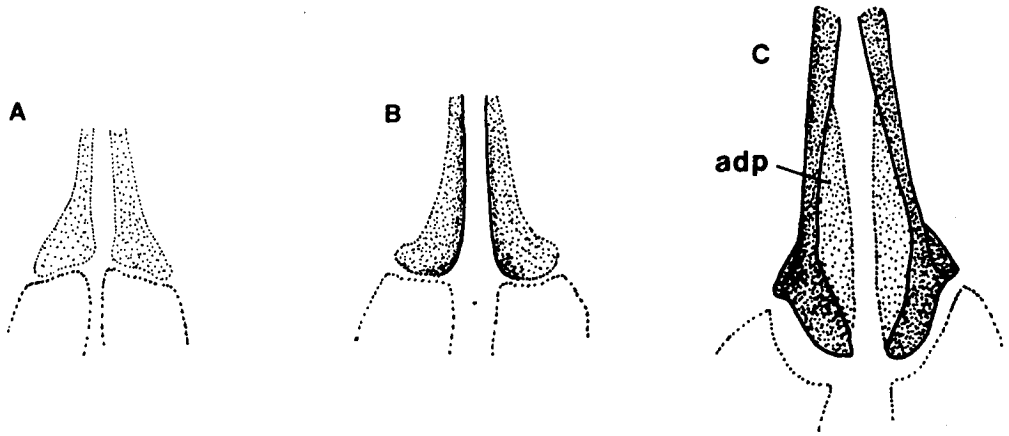


Fig. 19. Development of the pelvic girdle in *Oncorhynchus keta*. A. 3.67cm in total length, B. 4.50cm, C. 5.53cm. adp, antero-dorsal plate.

지느러미 중에서 가장 먼저 줄기가 골화되는 것은 꼬리지느러미이며 부화한자어 (전장 1.95~2.15cm)는 이미 17~19개의 꼬리지느러미줄기가 골화되어 있다. 전장 2.18cm일때 가슴지느러미에 2개의 줄기가 위에서부터 골화되기 시작하였으며, 이때 꼬리지느러미에는 19개의 주기조(主鰭條)가 정수에 달한다. 전장 2.23cm 개체에서 처음으로 등지느러미와 뒷지느러미 줄기가 각각 5, 6개씩 골화되어 나타난다. 등지느러미와 뒷지느러미 줄기는 개체 크기에 따라 조금씩 차이가 있으나 전장 3.2~3.5cm 사이에 각각 12~15개, 16~18개로 정수에 달하게 된다.

가슴지느러미는 전장 2.18cm에 최초로 골화되기 시작하여 위에서 아래로 골화되면서 증가하여 3.2cm를 전후한 크기에서는 12~14개로 정수에 달한다.

배지느러미는 지느러미 중에서 가장 늦게 골화되며 전장 2.75cm에 최초로 5개의 줄기가 나타나고 그 후 빠른 증가를 보여 다른 지느러미와 마찬가지로 전장 3.2cm 전후에서 8~10개로 정수에 달한다.

꼬리지느러미는 주기조가 전장 2.15cm에서 19~20개로 정수에 달한 이후 전장 2.31cm개체부터는 부기조가 나타나기 시작하며 전체 줄기는 전장 3.5cm전

Table 3. Development of fin-ray and pterygiophore counts in larvae and juveniles of *Oncorhynchus keta*(n=30). TL : total length, Sec. : secondary

TL(cm)	Fin-Rays							Pterygiophores	
	Dorsal	Anal	Pectoral	Pelvic	Caudal			Dorsal	Anal
					Upper Sec.	Principal	Lower Sec.		
1.95	0	0	0	0	0	17	0	0	0
2.15	0	0	0	0	0	19	0	0	0
2.18	0	0	2	0	0	19	0	0	0
2.23	5	6	2	0	0	20	0	0	0
2.31	10	11	5	0	0	20	1	0	0
2.42	10	11	5	0	1	20	2	0	0
2.75	12	12	7	5	3	19	3	0	0
2.80	12	15	10	6	5	19	5	0	0
2.90	11	12	7	6	2	19	3	0	0
3.00	13	8	10	6	5	19	5	0	0
3.05	11	12	11	7	2	19	3	0	0
3.20	13	17	13	9	5	19	4	7	0
3.20	15	17	14	10	8	20	8	11	9
3.22	12	17	10	8	4	19	4	9	14
3.25	12	18	12	9	6	20	6	8	10
3.30	13	18	12	9	6	20	5	5	12
3.32	14	17	12	9	7	20	6	8	10
3.45	14	17	13	8	6	20	5	11	11
3.48	13	17	12	9	8	20	6	11	15
3.50	13	16	12	9	8	20	7	10	15
3.51	14	17	12	9	8	20	7	12	14
3.52	15	17	12	10	8	20	7	11	15
3.55	14	18	10	9	7	20	7	11	15
3.56	14	18	14	10	7	20	6	12	15
3.67	14	17	14	10	11	20	9	11	14
3.71	14	17	12	11	10	20	9	12	15
3.78	14	18	14	10	9	20	8	12	16
3.79	15	18	14	10	10	20	9	12	15
3.80	14	18	15	10	10	20	9	11	15
4.50	15	18	14	10	12	20	10	13	15

후에 완성된다. 또 등지느러미와 뒷지느러미의 담기골은 전장 3.2cm부터 골화되기 시작하여 3.4~3.5cm경에 각각 11~12, 14~15개로 정수에 달하였다.

이상의 골격 골화 순서를 종합해보면 Fig. 20에 나타낸 바와 같다. Stage I에 두부 골격중 턱뼈와 부설골이 가장 먼저 발달하기 시작하여 stage II에 이르기까지 대부분의 현수골, 지느러미 지지골이 완성되며, 단지 두개골만 발달 속도가 늦은 경향을 나타내었다.

3.2.4. 性別形態學的特徵

산란을 위하여 하천으로 소상한 성숙된 연어의 암, 수 형태를 비교하였다. 성숙한 연어의 암컷과 수컷은 외형상 턱의 생김새와 이빨로 구별이 가능하였다. 수컷의 턱은 암컷에 비하여 크고 휘어져 있으며 위턱과 아랫턱에 크고 강한 이빨이 발달되어 있으며, 암컷의 턱은 수컷처럼 휘어지지 않으며 이빨도 수컷처럼 크지 않다(Fig. 21). 수컷의 구강은 크고 강한 이빨이 위, 아래턱의 앞 끝부분에 특징적으로 발달해 있어 암컷과 구별된다(Fig. 22, 23).

연어의 몸 각 부위의 체장(FL), 표준체장(PBL), 두장(HL)에 대한 백분비로서 암컷과 수컷간의 형태 비교를 해 본 결과는 Table 4에 나타내었다.

체장에 대한 몸 부위의 비값 중 암, 수가 차이가 인정되는 것은 두장(HL, $F_{145}=230.31$, $p<0.01$), 배지느러미의 기점거리(OV, $F_{145}=10.46$, $p<0.01$), 체고(BD, $F_{145}=32.60$, $p<0.01$)였으며, 등지느러미 기점거리(OD), 기름지느러미 기점거리(OAD), 뒷지느러미 기점거리(OA), 항문체장(PAL)은 암수 차이가 없었다.

두장은 암컷이 21.7%인데 수컷이 24.7%로 수컷이 컸으며, 배지느러미까지의 거리도 수컷이 51.9%로 암컷의 50.5%에 비하여 컸다. 체고 역시 수컷이 21.0%로 암컷(19.5%)보다 높게 나타났다. 표준체장에 대한 몸 부위의 비값 중 암수 간의 차이는 체고(BD, $F_{145}=58.93$, $p<0.01$)를 비롯하여 미병고(CPD), 등지느러미 기 부길이, 높이, 기름지느러미 높이와 길이에서 암수 차이는 1% 수준까지 유의하

BL (cm)	2	3	4	5
Cranium	parasphenoid frontal exoccipital	vomer	supraoccip. prootic basioccipital	sphenotic epiotic parietal pterotic nasal alisphenoid
Mandibular arch	maxillary dentary articular premaxillary angular		supramaxillary	
Suspensorium		endopterygoid hyomandibular metapterygoid quadrata ectopterygoid palatine	symplectic	
Opercular bones	opercle preopercle subopercle interopercle			
Hyoid arch	branchiostegals	glossohyal ceratohyal urohyal hypohyal	epihyal	
Branchial arches	upper pharyngeal lower pharyngeal	ceratobranchial basibranchial epibranch. hypobranch.	pharyngobranchial	
Vertebral column	rib	haemal spine neural spine parapophysis centrum	epineural	(PRZ. POZ) prezygapophysis, postzygapophysis
Shoulder girdle	cleithrum posttemporal supracleithrum fin ray	postcleithrum coracoid actinost mesocoracoid scapula		
Pelvic girdle		fin rays	pelvic bone	
Dorsal fin	fin rays	interneural spine		
Anal fin	fin rays	interneural spine		
Caudal skeleton	hypural fin rays(main)	uroneural	epural	
Orbital region		supraorbital suborbital	postorbital	preorbital

Fig. 20. Sequence of ossification of *Oncorhynchus keta*. Tip of bony element indicates the length of specimen at which the initial ossification of each element was observed. Vertical lines with arrow indicate the length at which the full complements are first ossified.

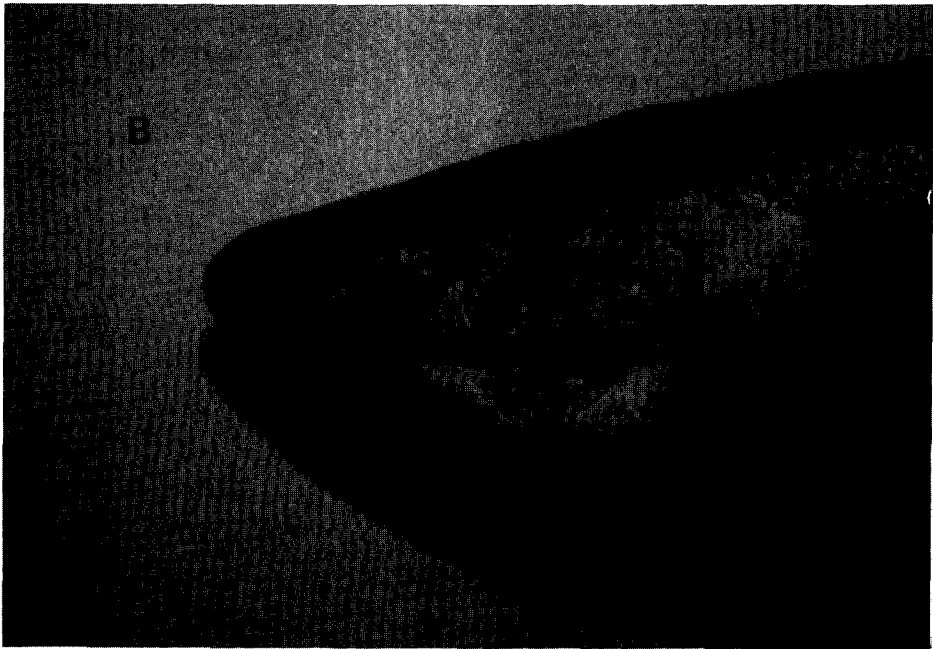
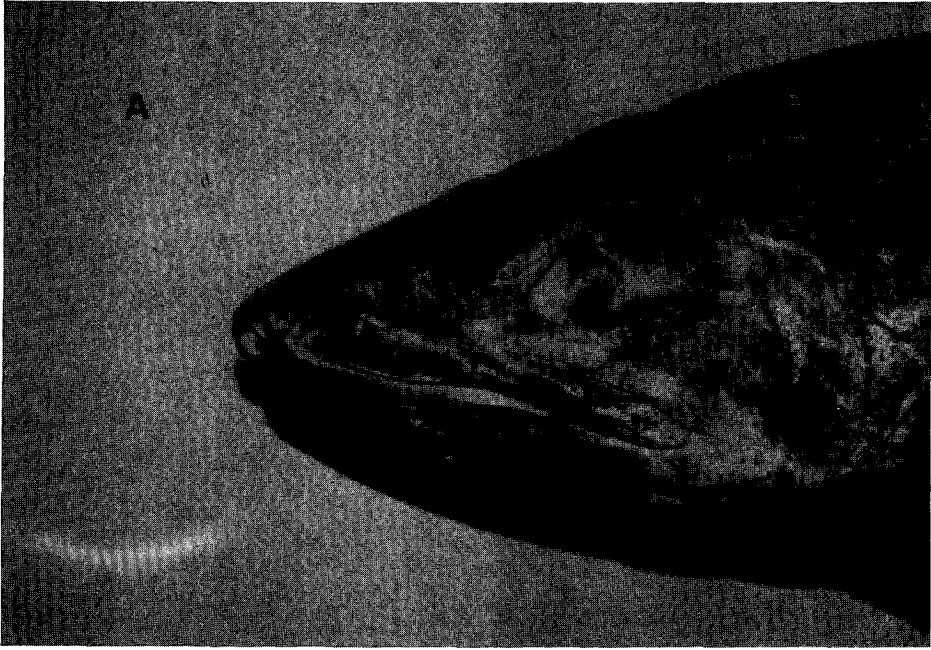


Fig. 21. Head of breeding chum salmon.
A, male ; B, female.

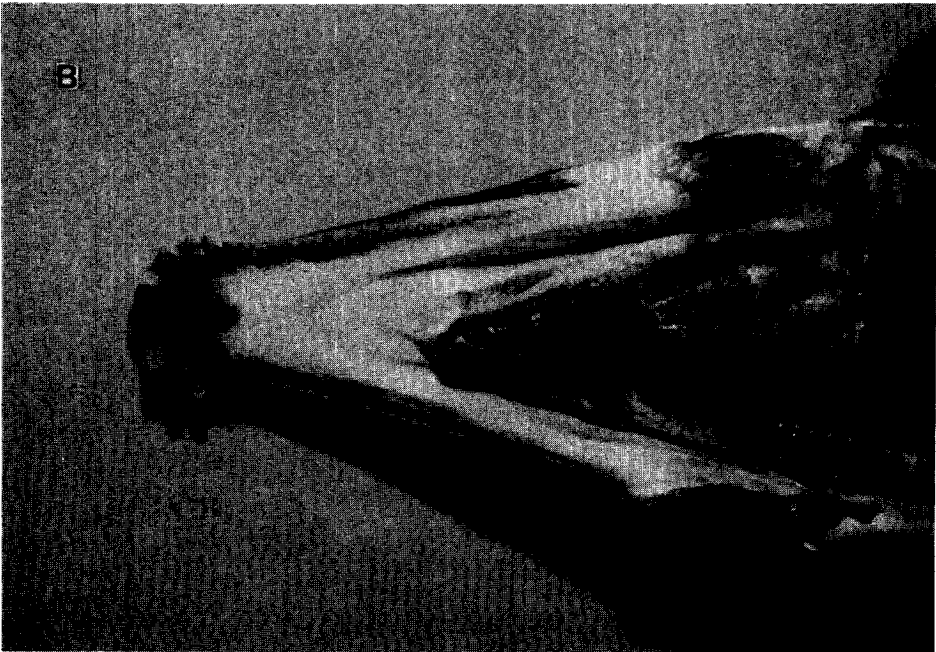


Fig. 22. Mouth cavity of breeding chum salmon male. A. roof of the mouth ; B. floor of the mouth.

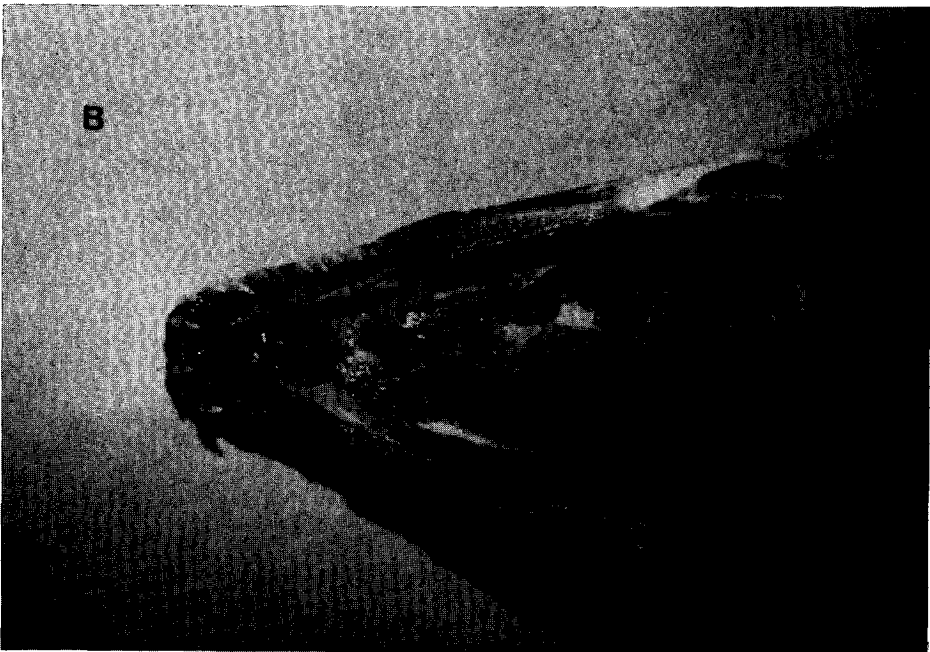


Fig. 23. Mouth cavity of breeding chum salmon female. A. roof of the mouth ; B. floor of the mouth.

Table 4. Comparison of the morphometric characters of female and male of *Oncorhynchus keta* in Korea

	Female	Male	F	P
NO. of ind.	77	68		
Fork length(cm)	37.6~72.9	44.3~74.9		
% to FL				
HL	21.7± 1.0	24.7± 1.4	230.31	P<0.01
OD	45.0± 3.7	46.0± 4.2	2.06	P>0.05
OAD	77.0± 3.6	76.2± 2.3	2.56	P>0.05
OV	50.5± 1.9	51.9± 3.1	10.46	P<0.01
OA	65.4± 2.3	66.0± 2.3	2.22	P>0.05
BD	19.5± 1.8	21.0± 1.5	32.60	P<0.01
PAL	67.6± 2.9	68.0± 2.2	0.82	P>0.05
% to PBL				
BD	22.9± 2.4	25.7± 1.9	58.93	P<0.01
CPL	18.7± 1.8	19.0± 1.3	1.78	P>0.05
CPD	7.7± 0.9	8.1± 0.7	9.06	P<0.01
DH	15.6± 1.6	17.3± 1.5	41.15	P<0.01
DL	11.1± 1.2	12.0± 1.3	21.96	P<0.01
ADL	1.8± 0.6	2.5± 0.7	46.61	P<0.01
ADH	3.3± 1.8	4.7± 0.9	34.79	P<0.01
AL	13.3± 1.2	13.1± 1.2	1.32	P>0.05
AH	11.8± 1.4	11.5± 1.0	2.08	P>0.05
% to HL				
SnL	32.8± 2.9	38.6± 2.7	160.80	P<0.01
ED	11.0± 1.2	10.1± 1.3	21.33	P<0.01
UJ	56.5± 5.5	60.4± 5.5	18.63	P<0.01
CK	54.6± 2.2	50.1± 3.6	82.93	P<0.01
AL / AH	114.4± 13.1	115.0± 14.6	0.08	P>0.05
DL / DH	71.5± 10.0	70.0± 9.2	3.63	P>0.05
ADL / ADH	62.7± 29.1	54.8± 18.9	3.63	P>0.05

였다. 반면, 미병장(CPL, $F_{145}=1.78$, $p<0.01$), 뒷지느러미 기부길이(AL, $F_{145}=1.32$, $p<0.01$), 높이(AD, $F_{145}=2.08$, $p>0.05$)는 암수 간 차이가 인정되지 않았다.

체고는 수컷이 25.7%로 암컷 보다 약 2.8%가 높았으며, 미병고 역시 수컷(19.0%)이 암컷(18.8%)보다 높았다. 등지느러미 기부의 길이와 높이는 모두 수컷이 컸으며, 기름지느러미의 기부길이와 높이도 수컷이 암컷보다 큰 것으로 나타났다.

두장(HL)에 대한 주둥이(SnL), 안경(ED), 윗턱(UJ) 및 뺨(CK)은 모두 암수 차이가 1% 수준에서 유의하였다. 두장에 대한 주둥이는 수컷이 암컷보다 약 5.8%나 큰것으로 나타났으며 수컷은 두부에서 주둥이 길이가 차지하는 비가 38.6%였다. 두장에 대한 안경과 뺨의 길이는 수컷보다 암컷이 큰 값을 나타내었으며, 윗턱의 길이는 주둥이 길이와 마찬가지로 수컷이 60.4%로 암컷의 56.5%보다 큰 값을 나타내었다.

암수간의 차이는 조사 골격형질 중 인설골과 서골에선 차이가 인정되지 않았으나 상사골, 부설골에서는 차이가 나타났다(Table 5).

상사골의 길이에 대한 폭(W/TL(I), W/TL(II))에서는 모두 암컷이 큰 값을 나타내었으며, W/FL값도 암컷이 132.56%로 수컷의 114.98%에 비하여 컸다.

부설골에서는 앞돌기의 폭(W1)이나 그외 폭(W2, W3)은 차이가 없었으나, 앞, 뒤돌기의 비값(B/A)에선 암컷이 57.01%, 수컷이 54.17%로 암컷이 수컷보다 뒤돌기가 큰 것으로 나타났다.

3.2.5. 河川別形態比較

우리나라 동해안의 6개 연어 소상하천에서 채포한 145마리의 연어를 암, 수로 구분하여 하천별 형태적 차이를 검토하였고 하천간 차이가 인정된 부위의 Duncan의 다중 비교 결과는 부록 I, II, III에 나타내었다.

연어 암컷의 하천별 형태비교는 Table 6에 나타내었다. 체장(FL)에 대한 몸

Table 5. Comparison of the morphology of glossohyal, supraethmoid, parasphenoid and vomer of *Oncorhynchus keta* in Korea. No. of individual are given in brackets

	female	male	F	P
Glossohyal				
W / L	30.95± 6.05(39)	29.77± 6.61(34)	0.64	P>0.05
Supraethmoid				
W / TL(I)	94.75± 14.16(44)	86.59± 16.07(34)	5.66	P<0.05
W / FL	132.56± 32.40(44)	114.98± 24.88(34)	6.87	P<0.05
W / TL(I)	99.28± 17.66(43)	87.94± 14.50(34)	9.14	P<0.01
Parasphenoid				
B / A	57.01± 7.11(61)	54.17± 5.41(47)	5.17	P<0.05
W1 / TL	20.82± 3.18(61)	21.25± 2.63(47)	0.56	P>0.05
W2 / TL	17.79± 3.12(61)	16.94± 2.53(47)	2.34	P>0.05
W3 / TL	3.77± 1.27(61)	3.95± 1.23(47)	0.55	P>0.05
Vomer				
HL / SL	47.71± 15.16(58)	45.81± 9.14(47)	0.57	P>0.05
R / TL	21.58± 5.69(58)	21.89± 3.87(47)	0.10	P>0.05
SW / TL	11.46± 2.84(58)	11.87± 2.78(47)	0.55	P>0.05
WT / TL	9.61± 2.13(58)	9.27± 1.66(47)	0.79	P>0.05

각 부위의 비 중 하천간 차이가 인정되는 것은 두장(HL, $F_{77}=4.35$, $p<0.01$)으로 북천(21.1%)과 남대천(21.3%)이 낮은 값을 나타내어, 다른 하천과의 차이가 인정되었다. 그 외 등지느러미, 기름지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미의 위치, 체고, 항문 체장은 하천간 차이가 없었다.

표준체장(PBL)에 대한 체고, 미병장, 등지느러미 길이, 높이, 기름지느러미 높이, 뒷지느러미 길이와 높이에선 하천간 차이가 인정되지 않으며, 미병고($F_{77}=4.76$, $p<0.01$)와 기름지느러미 길이($F_{77}=8.51$, $p<0.01$)에서 하천간 차이가 있었다. 미병고는 북천이 7.5%, 주수천이 7.4%, 남대천이 6.9%로 낮았으며, 그외 하천은

Table 6. Comparison of the morphometric characters of female of *Oncorhynchus keta* from various localities

	Kangwon-Do				Kyongsangbuk-Do		F	P
	Pukchon	Namdaechon	Chusuchon	Oshipchon*1	Wangpichon	Oshipchon*2		
No. of ind.	14	18	5	15	17	8		
Fork length (cm)	61.5±4.4 (51.0~68.0)	61.0±4.0 (54.0~70.0)	66.2±4.4 (60.0~72.0)	64.3±4.6 (55.3~72.9)	64.6±6.0 (52.6~73.2)	60.9±10.2 (37.6~70.1)		
% to FL								
HL	21.1±1.1	21.3±1.0	22.6±0.7	22.2±0.7	21.8±1.1	22.3±0.8	4.35	P<0.01
OD	45.1±1.6	45.5±1.4	45.8±1.6	44.6±6.2	44.9±3.8	44.3±5.0	0.21	P>0.05
OAD	77.6±5.2	76.6±2.2	79.8±7.9	77.2±2.8	76.3±2.4	76.3±2.2	0.93	P>0.05
OV	50.4±2.3	49.9±1.4	50.5±1.3	51.5±1.7	50.0±1.8	51.1±2.5	1.66	P>0.05
OA	64.7±3.1	65.5±2.0	65.1±1.3	65.9±2.4	65.6±2.0	65.5±2.8	0.47	P>0.05
BD	18.7±2.2	19.4±2.0	19.3±2.3	19.6±1.5	19.3±1.1	21.1±1.8	1.84	P>0.05
PAL	68.1±2.9	66.2±1.8	66.1±1.2	69.2±4.4	67.8±2.0	67.6±2.8	2.33	P>0.05
% to PBL								
BD	21.7±2.7	22.9±2.7	22.7±2.3	23.1±1.8	23.1±1.9	24.8±2.2	1.93	P>0.05
CPL	19.3±1.2	19.4±1.6	18.6±1.4	17.7±1.6	18.4±2.4	18.7±1.1	2.03	P>0.05
CPD	6.9±0.8	7.5±0.8	7.4±0.4	8.1±0.7	8.0±0.8	8.1±1.1	4.76	P<0.01
DH	16.0±1.5	16.3±1.9	16.4±1.4	14.8±1.2	15.2±1.2	15.4±2.2	2.05	P>0.05
DL	10.8±1.3	11.5±0.9	10.7±0.6	10.8±1.0	10.9±1.0	11.9±1.8	1.87	P>0.05
ADL	1.7±0.2	1.5±0.2	2.4±0.6	1.6±0.3	1.8±0.5	2.6±1.0	8.51	P<0.01
ADH	2.5±0.7	3.2±0.8	3.9±0.2	2.8±0.6	3.8±3.2	4.5±1.5	2.09	P>0.05
AL	12.6±0.7	13.1±1.2	13.7±1.0	13.4±1.0	13.8±1.5	13.7±1.4	2.06	P>0.05
AH	12.0±0.7	11.8±1.9	12.4±0.7	11.5±1.0	11.8±1.7	11.2±1.2	0.66	P>0.05
% to HL								
SnL	32.4±2.9	30.8±2.7	33.0±0.9	34.5±2.8	32.6±2.6	34.7±1.7	4.39	P<0.01
ED	11.3±1.2	11.1±1.3	9.9±0.8	11.1±1.5	10.7±1.0	11.7±1.0	1.75	P>0.05
UJ	60.1±5.0	60.4±4.2	60.8±1.0	52.9±4.0	53.3±3.9	51.9±4.0	12.54	P<0.01
CK	55.1±1.8	54.8±2.7	53.9±1.0	55.0±2.0	54.4±2.3	53.6±2.2	0.73	P>0.05
AL / AH	105.6±8.3	112.3±14.2	111.1±10.3	116.8±11.4	118.5±14.8	123.0±10.7	2.86	P<0.05
DL / DH	67.4±5.3	71.3±11.5	65.6±5.3	73.1±7.3	71.9±8.3	78.9±17.6	1.88	P>0.05
ADL /ADH	75.9±33.3	52.4±18.4	61.0±15.5	61.6±15.3	60.44±29.7	79.999 54.9	1.18	P>0.05

*1, Samchok ; *2, Kangsoo

모두 8.0% 이상으로 높아 뚜렷이 구분되었다. 기름지느러미의 길이는 강구 오십천 (2.6%)과 주수천(2.4%)이 다른 하천보다 컸다. 두장에 대한 주둥이, 윗턱의 길이, 뺨에서 하천간 차이가 있었고, 안경은 차이가 없었다.

주둥이는 강구 오십천이 34.7%, 주수천이 34.5%로 가장 컸으며, 남대천이 30.8%로 가장 작았다. 윗턱의 길이는 Duncan의 다중 비교 결과 60% 이상인 복천, 남대천, 주수천과 51~54% 범위인 삼척 오십천, 주수천, 강구 오십천의 두 그룹으로 나누어 졌다.

등지느러미의 길이와 높이의 비는 하천간 차이가 없었으며 뒷지느러미의 길이와 높이에 비는 F값이 2.86($p < 0.05$)으로 하천 간의 차이가 있었다. 암컷의 뒷지느러미 높이에 대한 길이의 비는 복천이 105.6%로 가장 작았으며 삼척 오십천이 118.5%, 강구 오십천이 123%로 컸다.

이상의 결과로 보아 암컷의 형태는 두장, 미병고, 기름지느러미 길이, 주둥이, 윗턱의 길이와 뒷지느러미의 형태에서 하천간 차이가 나타났으며, 체장에 대한 두장, 표준 체장에 대한 미병고, 두장에 대한 주둥이는 복천과 남대천 연어가 다른 하천보다 낮은 값을 나타내었고, 반면, 두장에 대한 윗턱의 길이는 복천, 남대천이 다른 하천보다 크게 나타 났다.

연어 수컷의 하천별 형태비교는 Table 7에 나타내었다. 체장에 대한 두장, 체고, 향문체장의 비는 하천간 차이가 있었으며, 등지느러미 기점거리, 기름지느러미 기점거리, 배지느러미 기점거리, 뒷지느러미 기점거리에서는 차이가 없었다. 체고와 향문체장에서 차이가 인정된 점은 암수의 차이로 볼 수 있겠다.

체장에 대한 두장은 하천간 차이가 1% 수준에서 유의하였으며, 남대천이 23.9%로 가장 작았고 삼척 오십천이 25.7%로 가장 큰 값을 나타내었으나 하천간의 뚜렷한 grouping은 되지 않았다. 체고는 5% 수준에서 하천간 차이가 인정되었으며, 남대천이 20.1%로 가장 낮았고, 주수천과 삼척 오십천이 21.6%, 21.5%로 가장

Table 7. Comparison of the morphometric characters of male of *Oncorhynchus keta* from various localities

	Kangwon-Do				Kyongsangbuk-Do		F	P
	Pukchon	Namdaechon	Chusuchon*1	Oshipchon	Wangpichon	Oshipchon*2		
No. of ind.	6	16	8	15	13	10		
Fork length (cm)	58.7±10.0 (47.0~74.9)	60.7±5.7 (52.0~73.0)	58.0±7.6 (46.5~67.0)	62.7±5.8 (52.2~73.3)	62.9±5.9 (52.2~69.8)	55.6±6.9 (44.3~63.4)		
% to FL								
HL	24.4±1.0	23.9±1.3	24.6±1.2	25.7±1.2	25.4±1.3	24.2±1.0	4.84	P<0.01
OD	47.9±2.7	46.3±2.6	48.0±1.2	46.3±3.6	43.7±6.0	44.9±5.3	1.64	P>0.05
OAD	77.1±2.0	75.8±3.0	77.3±2.5	75.5±2.0	75.9±1.8	77.0±2.0	1.26	P>0.05
OV	50.7±3.4	51.8±5.6	52.8±1.7	51.4±1.4	52.1±1.8	52.2±2.0	0.40	P>0.05
OA	66.3±2.6	66.2±3.1	67.6±2.2	65.4±1.6	65.5±2.1	66.0±1.9	1.11	P>0.05
BD	20.5±1.2	20.1±1.5	21.6±1.7	21.4±0.9	21.5±1.1	21.3±1.9	2.65	P<0.05
PAL	68.6±2.8	66.7±2.3	69.4±1.8	67.9±1.9	67.9±2.2	69.0±2.1	2.36	P<0.05
% to PBL								
BD	24.6±1.5	24.4±1.7	25.6±2.0	26.5±1.2	26.7±1.2	25.7±2.4	4.36	P<0.01
CPL	20.4±1.6	19.3±1.1	19.0±1.3	18.6±1.1	18.4±1.0	19.3±1.5	2.83	P<0.05
CPD	7.7±0.4	7.5±0.6	7.7±0.6	8.5±0.4	8.4±0.5	8.5±0.9	7.24	P<0.01
DH	17.1±0.6	17.8±1.5	18.0±1.4	17.1±1.4	17.2±1.3	16.4±1.9	1.66	P>0.05
DL	10.9±0.8	12.1±1.0	11.4±1.0	12.1±0.9	12.3±0.8	12.6±2.4	1.89	P>0.05
ADL	2.4±0.2	2.3±0.4	2.5±0.3	2.4±0.4	2.3±0.4	3.4±1.2	5.51	P<0.01
ADH	4.3±0.9	4.6±0.7	5.3±0.4	4.5±0.8	4.7±0.7	5.0±1.7	1.42	P>0.05
AL	12.4±1.2	12.5±1.0	13.1±1.0	13.4±1.0	13.2±0.6	13.9±2.0	2.64	P<0.05
AH	11.1±1.6	11.6±0.7	11.5±1.2	11.3±1.1	11.6±1.0	11.4±1.0	0.32	P>0.05
% to HL								
SnL	36.9±3.4	38.3±3.2	37.7±2.8	39.4±1.9	39.9±1.2	37.9±3.0	1.84	P>0.05
ED	9.8±3.4	10.0±1.1	10.4±1.4	9.5±1.1	9.8±1.1	11.1±1.0	2.30	P>0.05
UJ	64.3±3.8	64.4±3.8	63.6±4.3	56.3±4.8	59.7±3.2	56.3±6.2	8.62	P<0.01
CK	50.7±2.6	50.5±2.8	49.4±2.3	50.5±6.3	49.1±2.1	50.6±2.7	0.36	P>0.05
AL / AH	112.4±13.2	107.4±10.4	114.9±17.7	119.5±12.2	115.0±8.6	122.3±23.1	1.80	P>0.05
DL / DH	64.2±6.7	68.4±6.6	63.7±5.1	70.8±4.8	71.6±2.7	78.0±18.2	3.44	P<0.01
ADL /ADH	57.4±11.0	51.9±12.8	46.6±8.7	53.7±6.5	48.9±8.7	73.6±39.5	3.07	P>0.05

*1, Samchok; *2, Kanggoo

높은 값을 나타내었다.

표준체장에 대한 몸 각 부위의 비에서는 미병고, 기름지느러미 길이에서만 하천간 차이를 보였던 암컷과는 달리 수컷은 미병고와 기름지느러미 길이 이외에 체고와 미병장에서도 차이를 나타내었다. 체고는 남대천(24.4%), 북천(24.6%)에서 가장 낮았으며, 왕피천(26.7%), 삼척 오십천(26.5%)에서 가장 높았다. 미병장은 북천이 20.4%로 가장 길었으며 나머지 하천은 18.4~19.3% 범위였다. 미병고는 남대천(7.5%), 북천(7.6%), 주수천(7.7%)으로 낮았고, 강구 오십천(8.5%), 삼척 오십천(8.5%), 왕피천(8.4%)이 높아 뚜렷이 두 그룹으로 나누어졌다.

기름지느러미 길이는 강구 오십천이 3.4%로 가장 컸으며 나머지 하천은 2.3~2.4% 범위로 작았다. 뒷지느러미 높이에 대한 길이의 비는 암컷에서와 달리 하천간의 차이가 인정되지 않았다.

수컷의 표준체장에 대한 뒷지느러미 길이는 5% 수준에서 하천간 형태차이를 나타내었는데, 북천과 남대천에서 12.4%, 12.5%로 낮은 값을 나타내었으며, 강구 오십천이 13.9%로 가장 큰 값을 나타내었다.

두장에 대한 주둥이, 안경, 뺨의 비값에선 하천간 차이가 없었으며, 단지 윗턱의 길이는 1% 수준에서 유의하였다. 두장에 대한 윗턱의 길이는 남대천(64.4%), 북천(64.3%), 주수천(63.3%)의 순으로 컸으며, 나머지 삼척 오십천, 왕피천, 강구 오십천은 모두 50%미만으로 작은 값을 나타내었다. 등지느러미 길이와 높이의 비는 하천간 1% 수준에서 차이가 인정되었으며 두장에 대한 윗턱의 길이와 마찬가지로 남대천, 북천, 주수천이 107.4~114.9%로 낮은 값을 보이고, 나머지 3개 하천이 115.0~122.3%로 높은 값을 보였다.

그러므로 수컷의 경우 체장에 대한 두장, 체고, 항문체장의 비값과 표준체장에 대한 체고, 미병고, 기름지느러미 길이의 비값은 남대천이 6개 하천 중 가장 낮은 값을 나타내었으며 항문체장을 제외하면, 다음 낮은 값이 북천으로 나타나 남

대천과 북천은 6개 하천중 아주 비슷한 경향을 나타내고 있었다. 이런 결과는 암컷에서도 볼 수 있으며, 암수를 합쳐 계산한 결과에서도 유사하게 나타났다 (Table 8).

하천 간 형태 유사성 검토를 위하여 거리계수(distance coefficient)인 유클리드 거리계수(Euclidean distance, Sneath and Sokal, 1973 ; 고, 1988 ; Ludwig and Reynold, 1988)를 사용한 집괴분석 결과 암수 다같이 거리지수 3.83에서 북천, 남대천, 주수천이 한 그룹으로, 또 삼척 오십천, 왕피천, 강구 오십천이 한 그룹으로 나타나 주수천과 삼척 오십천사이를 경계로 그룹 간에 형태적 차이를 보였다. 또 동일 그룹 내에서도 암, 수 다같이 남대천과 북천의 형태적 유사성이 주수천보다 높으며 마찬가지로 삼척 오십천과 왕피천의 형태적 유사성도 강구 오십천보다 높은 것으로 나타났다. 한편 각 하천 간의 유사성은 암컷이 수컷에 비해 다소 높게 나타났다(Fig. 24).

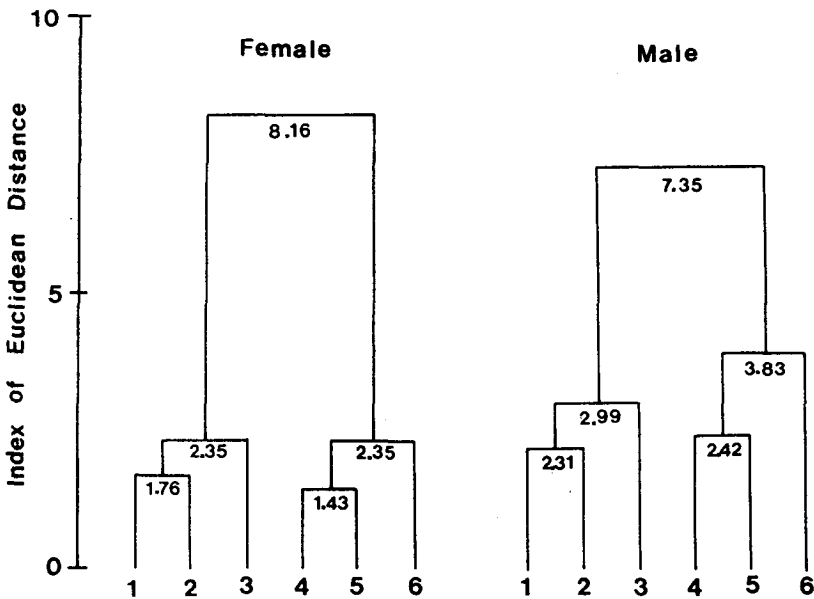


Fig. 24. Dendrogram draw from cluster analysis by index of Enclidean distance(ED) among six population of *Oncorhynchus keta* collected in the rivers along the eastern coasts of Korea. A : female, B : male. 1, Pukchon ; 2, Namdaechon ; 3, Chusuchon ; 4, Oshipchon(Samchok) ; 5, Wangpichon ; 6, Oshipchon(Kanggoo).

Table 8. Comparison of the morphometric characters of *Oncorhynchus keta* from various localities

	Kangwon-Do				Kyongsangbuk-Do		F	P
	Pukchon	Namdaechon	Chusuchon	Oshipchon*1	Wangpichon	Oshipchon*2		
No. of ind.	20	34	13	30	30	18		
Fork length (cm)	60.7±6.2 (47.0~74.9)	60.9±4.8 (52.0~73.0)	61.1±7.6 (46.5~72.0)	63.5±5.2 (52.2~73.3)	63.8±5.9 (52.6~73.2)	58.0±8.7 (37.6~70.1)		
% to FL								
HL	22.1±1.9	22.5±1.7	23.8±1.4	23.9±2.0	23.4±2.1	23.3±1.3	3.77	P<0.01
OD	46.0±2.3	45.9±2.1	47.2±1.7	45.5±5.1	44.4±4.9	44.6±5.0	1.27	P>0.05
OAD	77.4±4.4	76.2±2.6	78.3±5.1	76.3±2.5	76.1±2.2	76.7±2.0	1.40	P>0.05
OV	50.5±2.6	50.8±4.0	51.9±1.9	51.5±5.5	50.9±2.1	51.7±2.0	0.89	P>0.05
OA	65.2±3.0	65.8±2.5	66.6±2.2	65.7±2.0	65.6±2.0	65.8±2.3	0.64	P>0.05
BD	19.2±2.1	19.7±1.8	20.3±2.2	20.5±1.5	20.3±1.6	21.2±1.8	3.24	P<0.01
PAL	68.2±2.9	66.4±2.0	68.1±2.3	68.6±3.4	67.9±2.1	68.3±2.5	2.88	P<0.05
% to PBL								
BD	22.6±2.7	23.6±2.4	24.5±2.5	24.8±2.3	24.7±2.4	25.3±2.3	3.56	P<0.01
CPL	19.6±1.4	19.4±1.4	18.8±1.3	18.2±1.4	18.4±1.9	19.1±1.3	3.78	P<0.01
CPD	7.2±0.8	7.5±0.7	7.6±0.5	8.3±0.6	8.2±0.7	8.3±1.0	10.89	P<0.01
DH	16.3±1.3	17.0±1.8	17.4±1.6	16.0±1.8	16.1±1.6	16.0±2.0	2.53	P<0.05
DL	10.8±1.2	11.8±1.0	11.2±0.9	11.4±1.2	11.5±1.2	12.3±2.1	3.14	P<0.05
ADL	1.9±0.4	1.9±0.5	2.4±0.4	2.0±0.5	2.0±0.5	3.0±1.2	10.80	P<0.01
ADH	3.0±1.1	3.8±1.0	4.8±0.8	3.6±1.1	4.2±2.5	4.8±1.6	3.72	P<0.01
AL	12.5±0.9	12.8±1.2	13.3±1.0	13.4±1.0	13.6±1.2	13.8±1.7	3.89	P>0.01
AH	11.7±1.1	11.7±1.4	11.9±1.1	11.4±1.0	11.7±1.4	11.3±1.1	0.55	P>0.05
% to HL								
SnL	33.8±3.7	34.3±4.8	35.9±3.3	36.9±3.4	35.8±4.2	36.5±2.9	2.50	P<0.05
ED	10.8±1.6	10.5±1.3	10.2±1.2	10.3±1.5	10.3±1.1	11.4±1.0	2.19	P>0.05
UJ	61.3±5.0	62.3±4.5	62.5±3.7	54.6±4.7	56.1±4.8	54.4±5.7	15.79	P<0.01
CK	53.8±2.8	52.8±3.5	51.1±2.9	52.8±5.1	52.1±3.5	51.9±2.9	1.02	P<0.05
AL / AH	107.6±10.2	110.0±12.6	113.4±14.9	118.2±11.7	117.0±12.5	122.6±18.2	3.97	P<0.01
DL / DH	66.5±5.8	70.7±9.5	64.4±5.0	72.0±6.2	71.8±6.4	78.4±17.4	4.98	P<0.01
ADL / ADH	70.3±2.4	52.2±15.8	52.1±13.4	57.6±12.2	55.5±23.5	72.2±45.5	2.82	P<0.05

*1, Samchok ; *2, Kanggoo

3.2.6. 同位遺傳子特徵

1989과 1990년에 회귀해 온 연어 집단의 골격근 내 MDH, LDH isozyme의 특징을 조사한 결과는 다음과 같다.

3.2.6.1. Malate dehydrogenase(MDH ; EC, 1, 1, 1, 37)

MDH는 미토콘드리아형과 supernatant형의 두가지 pattern이 보고되어 있는데 본 연구에서는 supernatant MDH를 분석하였다(Fig. 25, 26). 연어의 근육 추출물에서의 MDH-B는 dimer(이량체)의 형태로 단일 유전자좌에서 두 개의 대립 유전자가 존재하였으며, genotype은 aaaa형, aaab형, aabb형이 관찰되었으며, c형은 없었다. 유전자 빈도는 a가 0.98, b가 0.02 였다.

3.2.6.2. Lactate dehydrogenase(LDH ; EC, 1, 1, 1, 27)

LDH는 유전현상과 subunit의 구조에 대해 가장 널리 알려진 효소 중의 하나이다. 연어류에서는 LDH-A 와 B loci가 존재하며 tetramer인 것으로 알려져 있다(Okazaki, 1982).

본 조사에서 LDH는 LDH-A2의 표현형을 나타내었으며(Fig. 27, 28), genotype은 모두 aa형과 ab형 이었고, 유전자 빈도는 a가 0.95, b가 0.05였다.

3.3. 韓國産 연어屬魚類의 形態比較

3.3.1. 計測形質

성숙한 연어, 산천어, 무지개송어 3종의 형태를 비교하기 위하여 체장(FL)에 대한 두장(HL), 등지느러미 기점거리(OD), 기름 지느러미 기점거리(OAD), 배 지느러미 기점거리(OV), 뒷지느러미 기점거리(OA), 체고(BD), 항문체장(PAL)의 백분비를 구하였다. 또 성숙한 연어 암컷과 수컷 사이에는 큰 형태적인 차이가 생기고 특히 주둥이 모양에서 차이가 크므로 암수 간의 오차를 최대한 줄이기 위하여 주둥이를 제외시킨 체장 즉, 눈 뒤에서 꼬리지느러미 기부까지의 표준체장(PBL)에 대한 체고(BD), 미병장(CPL), 미병고(CPD), 각 지느러미의 길이, 높이에 대한 백분율을 구하고, 두장(HL)에 대한 주둥이 길이(SnL), 안경(ED), 윗턱길이(UP), 뺨길이(CH)의 백분비를 구하여 Table 9에 나타내었다.

체장(FL)에 대한 각 부위의 백분비는 모두 1% 수준에서(두장은 약 5% 수준) 차이가 인정되었다. 체장에 대한 두장은 무지개송어가 21.5%로 3종 중 가장 작았으며, 주둥이에서 등지느러미 기점까지 거리(OD)는 연어와 무지개송어가 각각 45.5%, 45.0%인데 비해 산천어는 43.3%로 가장 짧았다. 기름지느러미까지의 거리는 연어가 76.6%로 가장 크고 산천어(74.8%), 무지개송어(72.7%)순 이었다. 배지느러미까지의 거리(OV)는 무지개송어가 47.7%로 가장 짧았고, 뒷지느러미까지의 거리와 항문체장은 연어가 65.7%, 67.8%로 3종중 가장 짧았다. 체고는 산천어가 23.5%로 무지개송어 22.9%와 연어 20.2% 보다 높았다.

표준체장(PBL)에 대한 체고(BD), 미병고(CPD), 등지느러미 길이(DL)는 3종간 차이가 인정되었으나, 미병장(CPL)은 3종간의 차이가 없었다($F_{145}=0.07$, $p>0.05$). 표준체장(PHL)에 대한 체고의 비는 역시 산천어가 28.9%로 가장 높았으며 연어가 24.2%로 가장 낮았다. 미병장(CPL)은 3종간의 차이가 없었으나, 미병고(CPD)는 무지개송어가 11.9%, 산천어가 10.8%였고 연어가 7.9%로 가장 낮았다($F_{196}=71.24$, $p<0.01$).

Table 9. Comparison of the morphometric characters of *Oncorhynchus* spp. in Korea

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
NO. of ind.	145	42	9		
Fork length	61.8± 6.0 (44.3~74.9)	23.6± 3.3 (16.4~29.5)	41.1± 5.2 (33.1~49.1)		
% to FL					
HL	22.1± 1.9	22.8± 1.5	21.5± 1.2	3.93	P<0.05
OD	45.5± 3.9	43.3± 2.3	45.0± 1.9	5.77	P<0.01
OAD	76.6± 3.1	74.8± 3.4	72.9± 1.6	11.38	P<0.01
OV	51.1± 2.6	50.7± 2.8	47.7± 1.2	7.08	p<0.01
OA	65.7± 2.3	67.8± 3.4	67.4± 2.4	10.93	P<0.01
BD	20.2± 1.8	23.5± 2.5	22.9± 1.7	49.93	P<0.01
PAL	67.8± 2.6	70.3± 4.0	69.5± 2.4	12.38	P<0.01
% to PBL					
BD	24.2± 2.5	28.9± 5.6	26.6± 2.2	31.43	P<0.01
CPL	18.9± 1.6	18.9± 3.6	18.6± 1.6	0.07	P>0.05
CPD	7.9± 0.8	10.8± 3.2	11.9± 0.7	71.24	P<0.01
DH	16.4± 1.8	16.4± 3.7	—	0.00	P>0.05
DL	11.5± 1.3	15.7± 3.0	13.5± 0.9	88.54	P<0.01
ADL	2.1± 0.7	2.3± 0.7	—	3.00	P>0.05
ADH	3.9± 1.6	4.3± 1.4	—	1.49	P>0.05
AL	13.2± 1.2	14.4± 2.5	—	16.14	P<0.01
AH	11.6± 1.2	14.6± 2.6	—	112.26	P<0.01
% to HL					
SnL	35.5± 4.0	26.7± 2.7	27.7± 2.1	101.94	P<0.01
ED	10.6± 1.4	17.0± 2.4	14.8± 0.9	267.33	P<0.01
UJ	58.3± 5.9	62.0± 5.7	57.4± 6.4	6.92	P<0.01
CK	52.5± 3.7	54.4± 3.6	57.8± 2.7	12.10	P<0.01
AL / AH	114.7± 13.8	99.2± 15.0	—	39.40	P<0.01
DL / DH	70.8± 9.7	96.8± 10.5	—	226.09	P<0.01
ADL / ADH	59.0± 25.1	57.1± 15.7	—	0.21	P>0.05

등지느러미의 높이는 무지개송어의 경우, 표본의 변형으로 자료 이용이 어려웠고, 산천어와 연어 사이에는 차이가 없었다. 반면, 등지느러미의 길이는 3종간의 차이가 인정되고($F_{196}=88.54, p<0.01$), 산천어가 15.7%로 가장 길었으며, 무지개송어 13.5%, 연어 11.5% 순이었다. 기름지느러미의 길이와 높이에서는 연어와 산천어 사이에 차이가 없었다. 표준 체장에 대한 뒷지느러미의 길이(AL)와 높이(AH)에서는 산천어가 14.4%, 14.6%로 연어의 13.2%, 11.6%에 비해 모두 큰값을 나타내었다.

두장(HL)에 대한 주둥이, 안경, 윗턱, 뺨길이는 3종간 모두 1% 수준에서 차이가 인정되었다. 두장에 대한 주둥이의 길이는 연어(35.5%)가 산천어(26.7%)와 무지개송어(27.7%)보다 길었고, 눈 지름은 연어가 10.6%로 3종 중 가장 작았다. 윗턱 길이는 산천어가 62.9%로 가장 길었다. 눈 뒤에서 아가미 뚜껑 뒤까지의 뺨은 연어가 52.5%로 가장 짧고 무지개송어가 57.8%로 가장 길었다. 뒷지느러미 높이(AH)에 대한 길이(AL)의 비는 연어가 88.4%로 산천어의 102.9%보다 작았다. 즉, 연어의 경우, 뒷지느러미의 길이는 높이 보다 짧았으며, 산천어는 뒷지느러미의 길이가 높이 보다 길었다. 등지느러미의 길이(DL)와 높이(DH)의 비 역시 연어가 70.8%로 산천어 96.8% 보다 작았다. 산천어와 연어의 기름지느러미 형태는 차이가 인정되지 않았다.

성별 형태차이를 고려하여 3종 간의 성별 계측 형질 비교는 Table 10, 11에, Duncan의 다중 비교 결과는 Table 12에 나타내었다.

3종간 총 23개 형질 비교 결과, 자료가 빠진 무지개송어를 제외한 총 15개 형질중 암컷이 12개, 수컷이 10개 형질에서 차이가 인정되었다. 암컷은 체장에 대한 두장은 3종간 차이가 없었으며($F_{109}=2.65, p>0.05$), 등지느러미 기점의 거리(OD)는 무지개송어가 45.7%로 가장 길었고, 연어 44.0%, 산천어 43.1% 순 이었으며, 기름지느러미 기점거리(OAD)는 연어가 77.0%로 가장 길었으며 산천어 75.2%, 무지개송어 72.9% 순이었다.

Table 10. Comparison of the morphometric characters of female *Oncorhynchus* spp. in Korea

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
NO. of ind.	77	27	5		
Fork length (cm)	63.1±4.9 (51.0~73.2)	24.1±3.0 (16.7~29.5)	41.7±3.3 (37.0~45.2)		
% to FL					
HL	21.7±1.0	22.3±1.4	21.4±0.9	2.65	P>0.05
OD	44.0±3.7	43.1±2.6	45.7±1.5	3.32	P<0.05
OAD	77.0±3.6	75.2±4.0	72.9±1.7	5.06	P<0.01
OV	50.5±1.9	51.1±3.1	47.5±1.5	5.08	P<0.01
OA	65.4±2.3	68.7±3.7	67.8±2.1	14.56	P<0.01
BD	19.5±1.8	24.0±2.5	23.0±1.7	54.90	P<0.01
PAL	67.6±2.9	71.5±4.2	70.2±2.4	14.63	P<0.01
% to PBL					
BD	22.9±2.4	29.9±6.6	26.8±2.3	33.67	P<0.01
CPL	18.7±1.8	18.8±4.5	17.8±1.0	0.27	P>0.05
CPD	7.7±0.9	10.5±2.1	11.8±0.5	66.06	P<0.01
DH	15.6±1.6	16.5±4.5	—	1.93	P>0.05
DL	11.1±1.2	16.1±3.6	13.4±0.8	61.76	P<0.01
ADL	1.8±0.6	2.4±0.7	—	17.60	P<0.01
ADH	2.3±1.8	4.2±1.3	—	5.71	P<0.05
AL	13.2±1.2	14.9±2.7	—	17.06	P<0.01
AH	11.8±1.4	15.2±3.0	—	64.36	P<0.01
% to HL					
SnL	32.8±2.9	26.3±2.4	27.8±2.8	57.19	P<0.01
ED	11.0±1.2	16.8±2.1	14.9±1.0	156.99	P<0.01
UJ	56.5±5.5	61.3±5.0	57.9±8.4	7.75	P<0.01
CK	54.6±2.2	55.2±3.4	58.3±2.3	4.96	P<0.01
AL / AH	114.4±13.1	100.0±16.6	—	20.83	P<0.01
DL / DH	71.5±10.0	99.6±10.8	—	150.21	P<0.01
ADL / ADH	62.7±29.1	58.2±14.6	—	0.57	P>0.05

Table 11. Comparison of the morphometric characters of male of *Oncorhynchus* spp. in Korea

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>	F	P
NO. of ind.	68	15	4		
Fork length (cm)	60.3± 6.8 (44.3~74.9)	22.5± 3.7 (16.4~27.7)	40.3± 7.5 (33.1~49.1)		
% to FL					
HL	24.7± 1.4	23.7± 1.2	21.6± 1.6	12.17	P<0.01
OD	46.0± 4.2	43.6± 1.5	44.0± 2.2	2.58	P>0.05
OAD	76.2± 2.3	74.1± 1.8	72.5± 1.5	9.68	P<0.01
OV	51.9± 3.1	50.2± 2.2	48.0± 0.5	4.81	P<0.01
OA	66.0± 2.3	66.1± 1.9	66.9± 3.0	0.30	P>0.05
BD	21.0± 1.5	22.6± 2.3	22.7± 1.9	7.30	P<0.01
PAL	68.0± 2.2	68.3± 2.9	68.7± 2.6	0.21	P>0.05
% to PBL					
BD	25.7± 1.9	27.1± 2.5	26.4± 2.5	3.20	P<0.05
CPL	19.0± 1.3	19.0± 1.4	19.5± 1.9	0.27	P>0.05
CPD	8.1± 0.7	11.4± 4.5	12.1± 1.0	22.77	P<0.01
DH	17.3± 1.5	16.3± 1.6	—	5.42	P<0.05
DL	12.0± 1.3	14.9± 1.2	13.7± 1.1	32.96	P<0.01
ADL	2.5± 0.7	2.3± 0.7	—	0.97	P>0.05
ADH	4.7± 1.0	4.5± 1.4	—	1.64	P>0.05
AL	13.1± 1.2	13.3± 1.3	—	0.27	P>0.05
AH	11.5± 1.0	13.7± 1.3	—	51.93	P<0.01
% to HL					
SnL	38.6± 2.7	27.4± 3.0	27.6± 1.0	129.40	P<0.01
ED	10.1± 1.3	17.3± 2.9	14.7± 0.9	132.42	P<0.01
UJ	60.4± 5.5	63.3± 6.8	56.8± 3.5	2.54	P>0.05
CK	50.1± 3.6	53.1± 3.6	57.2± 3.1	10.39	P<0.01
AL / AH	115.0± 14.6	97.8± 12.1	—	18.12	P<0.01
DL / DH	70.0± 9.2	91.7± 7.9	—	71.11	P<0.01
ADL / ADH	54.8± 18.9	55.0± 17.8	—	0.00	P<0.05

배지느러미 기점거리(OV)는 무지개송어가 47.5%로 작아 연어(50.5%), 산천어(51.1%)와 구별되었고, 뒷지느러미 기점거리(OA)와 체고(BD)는 연어가 65.4%, 19.5%로 무지개 송어, 산천어보다 작았다.

항문체장(PAL)은 산천어가 71.5%로 가장 값이 컸다.

암컷의 표준체장(PBL)에 대한 각 부위의 비에 있어서는 체고($F_{109}=33.67$, $p<0.01$)와 미병고($F_{109}=66.06$, $p<0.01$), 등지느러미길이($F_{109}=61.76$, $p<0.01$)가 3종간 차이가 있었다. 체고는 연어가 22.9%로 가장 낮았고, 무지개송어(26.8%), 산천어(29.9%)가 높았고, 미병고는 무지개송어(11.8%), 산천어(10.5%), 연어(7.7%) 순이었다. 등지느러미 길이는 산천어가 16.1%로 가장 길었고 무지개송어 13.4%, 연어 11.1% 순이었다. 반면 미병장은 3종간에 차이가 없었다($F_{109}=0.27$, $p>0.05$). 뒷지느러미 길이와 높이는 산천어가 연어보다 큰 값으로 나타났다. 암컷의 두장(HL)에 대한 주둥이, 안경, 윗턱의 길이, 뺨은 모두 3종간 차이가 1%수준에서 인정되었으며, 주둥이는 연어가 32.8%로 무지개송어 27.8%, 산천어의 26.8%보다 길었다. 안경은 산천어가 16.8%로 가장 길었으며, 무지개송어(14.9%), 연어(11.0%) 순이었다. 뺨은 무지개송어가 58.3%로 가장 길었다. 등지느러미의 높이에 대한 길이의 비는 산천어가 99.6%로 연어(71.5%, 88.6%)보다 높은 값을 나타내었고, 뒷지느러미의 높이에 대한 길이의 비는 연어가 114.4%로 산천어(100.0%)보다 컸다.

수컷의 체장에 대한 몸 각 부위의 비값은 암컷이 두장 이외의 몸 부위에 있어 3종간 차이가 유의했던 것과는 달리 등지느러미 기점거리, 뒷지느러미 기점거리, 항문체장의 값에 차이가 없었다. 반면, 두장은 3종 간 차이가 인정되었다($F_{87}=12.71$, $p<0.01$). 체장에 대한 두장은 연어, 산천어가 24.7%, 23.7%로 컸으며, 무지개송어의 21.6%보다 컸다. 기름지느러미 기점거리와 배지느러미 기점거리는 연어가 76.2%, 51.9%로 가장 컸으나 3종 간에 큰 차이는 없었다.

수컷의 표준체장에 대한 체고와 미병고는 암컷과 마찬가지로 3종 간에 차이가 유의하였으며, 미병장은 3종간 차이가 없었다. 체고의 경우 F값에 의한 3종 간 차이는 5%수준에서 유의하였으나 큰 차이는 인정되지 않았다. 미병고도 암컷과 마찬가지로 무지개송어, 산천어가 각각 12.1%, 11.4%로 연어의 8.1% 보다 높았다. 표준 체장에 대한 등지느러미 길이는 암컷과 마찬가지로 산천어가 14.9%로 가장 길었으며, 무지개송어(13.7%), 연어(12.0%) 순이었다. 연어, 산천어의 뒷지느러미 길이는 차이가 없었으며, 뒷지느러미의 높이는 암컷과 마찬가지로 산천어가 13.7%로 연어 11.5% 보다 높았다.

두장에 대한 주둥이, 안경, 뺨의 길이는 암컷과 마찬가지로 3종 간의 차이가 인정되었으나, 윗턱 길이는 3종간의 차이가 없었다($F_{87}=2.54$, $p>0.05$). 수컷의 두장에 대한 주둥이의 길이는 연어가 38.6%로 무지개송어와 산천어의 27.6%, 27.4%보다 약 11% 정도가 길게 나타났다.

안경은 산천어가 17.5%로 가장 컸고, 연어가 10.5%로 가장 작았다. 뺨은 암컷에서와 마찬가지로 무지개송어가 57.2%로 가장 컸다. 등지느러미의 높이에 대한 길이의 비는 암컷과 마찬가지로 산천어가 91.7%로 연어(70.0%) 보다 컸으며, 뒷지느러미의 높이에 대한 길이의 비는 연어가 115.0%로 산천어(97.8%) 보다 컸다.

이상에서 본 바와 같이 3종 간 차이가 인정된 암컷 12개, 수컷 10개 형질 중 Duncan's multiple range test에 따른 grouping 결과 3종 간에 각각 차이가 인정되거나 연어와 산천어, 무지개송어와 산천어가 유사한 결과는 있었으나 연어와 무지개송어가 유사하고 산천어와 구별되는 형질은 없었다(Table 12).

Table 12. Results of Duncan's multiple range test in female and male of *Oncorhynchus* spp. C, *Oncorhynchus keta*; M, *O. masou*; R, *O. mykiss*

	Female								Male							
	C/M/R*	CM/R	C/MR	CR/M	CR/MR	CM/MR	CM/CR	CMR	C/M/R	CM/R	C/MR	CR/M	CR/MR	CM/MR	CM/CR	CMR
% to FL																
HL								○		○						
OD								○								○
OAD						○								○		
OV		○												○		
OA			○													○
BD			○								○					
PAL					○											○
% to PBL																
BD			○													○
CPL								○								○
CPD	○										○					
DH								(C/M)	(C/M)							
DL	○								○							
ABL	(C/M)															(C/M)
ABH	(C/M)															(C/M)
AL	(C/M)															(C/M)
AH	(C/M)								(C/M)							
% to HL																
SnL			○								○					
ED	○								○							
UJ					○										○	
CK		○								○						
AL / AH	(C/M)															
DL / DH	(C/M)															
ADL / ADH								(C/M)								(C/M)
	3	2	4	0	2	1	0	3	2	2	3	0	0	2	1	5

* C/M/R means that three species separated each other by Duncan grouping.

3.3.2. 計數形質

종간 계수형질 비교를 위하여 각 지느러미 줄기 수, 새파 수, 새조골수, 옆줄비늘 수, 유문수의 수 및 척추골 수를 조사하였다. 종별 각 지느러미 줄기 수는 Table 13~17에 나타내었다. 등지느러미 줄기 수는 연어가 10~16개, 산천어가 12~15개 범위이고 두 종은 14개에서 각각 46.3%, 42.8%의 빈도로 가장 높게 나타났으며, 무지개송어는 10~14개 범위였다(Table 13).

Table 13. Variation of number of dorsal fin rays of *Oncorhynchus* spp.

	10	11	12	13	14	15	16	n
<i>O. keta</i>	1	1	10	36	63	23	2	136
<i>O. masou</i>			3	7	15	10		35
<i>O. mykiss</i>	1	2		4	1			9

뒷지느러미 줄기 수는 연어가 13~18개 범위 중 15, 16개가 73.5%를 차지하여, 11, 14개가 58.8%인 산천어나 13개가 62.5%인 무지개송어 보다 많았다(Table 14).

Table 14. Variation of number of anal fin rays of *Oncorhynchus* spp.

	11	12	13	14	15	16	17	18	n
<i>O. keta</i>			1	19	49	48	11	4	132
<i>O. masou</i>	1	6	10	10	6	1			34
<i>O. mykiss</i>			5	2	1				8

가슴지느러미 줄기 수는 연어가 13~17개, 산천어가 10~16개, 무지개송어가 11~16개 범위였으며 최다 빈도를 나타낸 수는 연어가 15개(64.0%), 산천어와 무지개송어가 14개(32.4%, 50%)로 약간의 차이를 나타내었다(Table 15). 배지느러미 줄기 수는 연어가 10~12개중 10개가 48.1%, 11개가 51.1%로 10, 11개였으며,

Table 15. Variation of number of pectoral fin rays of *Oncorhynchus* spp.

	10	11	12	13	14	15	16	17	n
<i>O. keta</i>				2	21	87	24	2	136
<i>O. masou</i>	3	1	2	8	11	8	1		34
<i>O. mykiss</i>		1			4	2	1		8

산천어는 8~11개범위 중 10개가 82.9%로 10개에 집중되어 있는 차이를 보였다. 무지개송어도 10~11개였다(Table 16).

Table 16. Variation of number of pelvic fin rays of *Oncorhynchus* spp.

	8	9	10	11	12	n
<i>O. keta</i>			64	68	1	133
<i>O. masou</i>	3		29	3		35
<i>O. mykiss</i>			5	3		8

꼬리지느러미는 하미축골에 의해 지지되는 주기조만을 헤아려 본 결과, 연어는 19개인지 20개인지 불분명한 개체도 있었으나 모두 19개로 취급할 수 있었으며, 산천어나 무지개송어는 16~23개, 15~20개 범위로 나타나지만 대부분 19개로 연어와 유사하였다(Table 17).

Table 17. Variation of number of caudal fin rays of *Oncorhynchus* spp.

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	n
<i>O. keta</i>					136					136
<i>O. masou</i>			1		28	2	1	1	2	35
<i>O. mykiss</i>	1			1	5	1				8

새파 수는 연어가 13~27개 범위로 변이가 컸으며 이 중 87.5%가 21~25개 범위에 속하였다. 반면, 산천어는 14~18개(16, 17개가 81.0%), 무지개송어는 17~21개(19~20개가 66.7%)로 연어 보다 적은 새파 수로 나타났다(Table 18).

Table 18. Variation of number of gill rakers of *Oncorhynchus* spp.

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	n
<i>O. keta</i>	1		2	1	1	1	3	3	16	21	33	29	13	2	2	128
<i>O. masou</i>		1	1	10	24	5	1									42
<i>O. mykiss</i>					1	1	3	3	1							9

새조골 수는 연어가 11~16개, 산천어가 10~14개, 무지개송어가 10~12개 범위였고, 14개가 56.5%인 연어가 가장 많은 수의 새조골 수를 나타내고 있었다(Table 19).

Table 19. Variation of number of branchiostegal rays of *Oncorhynchus* spp.

	10	11	12	13	14	15	16	n
<i>O. keta</i>		3	8	16	70	26	1	124
<i>O. masou</i>	1	5	11	7	10			35
<i>O. mykiss</i>	1	5	2					8

옆줄비늘 수는 연어가 115~156개(평균 135개), 산천어가 105~138개(평균 121개), 무지개송어가 120~129개(평균 124개) 범위로 각 종마다 그 범위가 넓어 중복되는 경우가 많지만 연어의 옆줄비늘 수는 69.2%가 131~140개 사이에 집중해 있어 무지개송어나 산천어 보다 많았다(Table 20).

Table 20. Variation of number of lateral line scales of *Oncorhynchus* spp.

	101 ~110	111 ~120	121 ~130	131 ~140	141 ~150	151 ~160	n
<i>O. keta</i>		3	20	99	20	1	143
<i>O. masou</i>	7	9	21	5			42
<i>O. mykiss</i>		1	8				9

유문수는 위와 창자 사이에 위치하는 가는 튜브형 소화기관으로 갯수가 어종별로 큰 차이가 나므로 중요한 분류형질로 취급되어 왔다. 연어의 유문수는 103~236개 범위로 종 내에서도 큰 변이폭을 나타내었으며 150개 전후를 가진 개체가 가장 많았다. 반면, 산천어는 23~63개 범위중 31~40개로 59.5%가 집중되어 있고, 무지개송어는 37~84개 범위 중 51~60개 범위에 44.4%가 집중되어 있어 연어보다 훨씬 적은 수의 유문수를 가지고 있었다(Table 21).

Table 21. Variation of number of pyloric caeca of *Oncorhynchus* spp.

	21 ~30	31 ~40	41 ~50	51 ~60	61 ~70	71 ~80	81 ~90	91 ~100	101 ~110	111 ~120	121 ~130	131 ~140	141 ~150	151 ~160	161 ~170	171 ~180	181 ~190	191 ~200	201 ~210	231 ~240	n
<i>O. keta</i>									2	10	23	15	23	14	19	16	5	8		1	135
<i>O. masou</i>		2	25	11	3	1															42
<i>O. mykiss</i>			1	1	4	2		1													9

척추골 수는 연어가 63~73개, 산천어가 54~68개, 무지개송어가 59~63개로 연어가 가장 많은 척추골 수를 가진 것으로 나타났는데, 이를 복추골과 미추골로 나누어 비교해 본 결과는 Table 22~23에 나타내었다.

Table 22. Variation of number of abdominal vertebrae of *Oncorhynchus* spp.

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	n
<i>O. keta</i>									1	5	35	60	25	7	1	1	135
<i>O. masou</i>	1		1	2		1	2	11	9	4	3	1					35
<i>O. mykiss</i>								1	2	2	2	1					8

Table 23. Variation of number of caudal vertebrae of *Oncorhynchus* spp.

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	n
<i>O. keta</i>				1	16	31	69	14	2	1	2	136
<i>O. masou</i>				11	13	5	1	2	1	2		35
<i>O. mykiss</i>		1	1	6								8

복추골 수는 연어가 37~44개 중 38~41개에 88.9%가 집중되어 있어, 산천어의 29~40개, 무지개송어의 36~40개에 비하여 많았다. 미추골은 무지개송어의 경우, 21~23개로 적어서 연어나 산천어와 전혀 그 수가 중복되지 않는 특징을 나타내고 있다. 연어는 24~31개, 산천어는 24~31개이며 연어는 27개가 50.7%로 가장 많았고, 산천어는 24, 25개가 71.4%로 연어에 비해서는 적은 경향을 나타내었다.

3.3.3. 骨骼形質

연어, 산천어 및 무지개송어의 두개골(頭蓋骨, cranium), 내장골(內臟骨, visceral skeleton), 척추골(脊椎骨, vertebrae), 미골(尾骨, caudal skeleton), 견대골(肩帶骨, shoulder girdle), 요대골(腰帶骨, pelvic girdle), 안골(眼骨, orbital bones), 악골(顎骨, jaw bones)에 대한 형태를 비교하였다.

3.3.3.1. 頭蓋骨(cranium)

본 실험에서는 breeding growth 즉 성숙이 완료된 개체들을 사용하여 중간비교를 행하였다. 연어 두개골은 안와(眼窩) 앞쪽이 커다란 연골조직으로 지지되어있는 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 16종류의 골편으로 이루어졌다. 이 중 상사골, 부설골, 기저후두골, 상후두골, 서골을 제외한 골편은 한 쌍으로 거의 대칭을 이루고 있다.

조사 대상이 된 3종의 두개골의 형태는 유사하나 등쪽에서 보았을 때 길이(L)에 대한 폭(W)의 비는 Table 24에서 보는 바와 같이 무지개송어가 가장 커서($62.2 \pm 5.2\%$) 3종 중 가장 넓적한 형을 나타내었고, 그 다음이 연어($55.9 \pm 6.0\%$), 산천어($50.6 \pm 6.0\%$)순이었다. 두개골의 가장 앞쪽에 있는 상사골의 형태는 연어의 경우 앞이 뾰족하고 거의 정삼각형 모양에 가깝고, 산천어는 폭이 좁고 이등변삼각형 모양이며 무지개송어는 가운데 오목한 홈이 있고 뒷쪽은 마치 매미의 날개모양을 하고 있다(Fig. 29). 이 골편을 Fig. 3과 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 25에 나타내었다.

Table 24. Comparison of percentage of cranium width to cranium length of *Oncorhynchus* spp. No. of specimens are given in brackets

	<i>O. keta</i>	<i>O. masou</i>	<i>O. mykiss</i>
female	$58.8 \pm 6.7(32)$	$50.4 \pm 6.0(19)$	$61.1 \pm 5.8(4)$
male	$52.8 \pm 4.5(22)$	$51.6 \pm 6.6(5)$	$64.5 \pm 4.1(2)$
total	$55.9 \pm 6.0(54)$	$50.6 \pm 6.0(24)$	$62.2 \pm 5.2(6)$

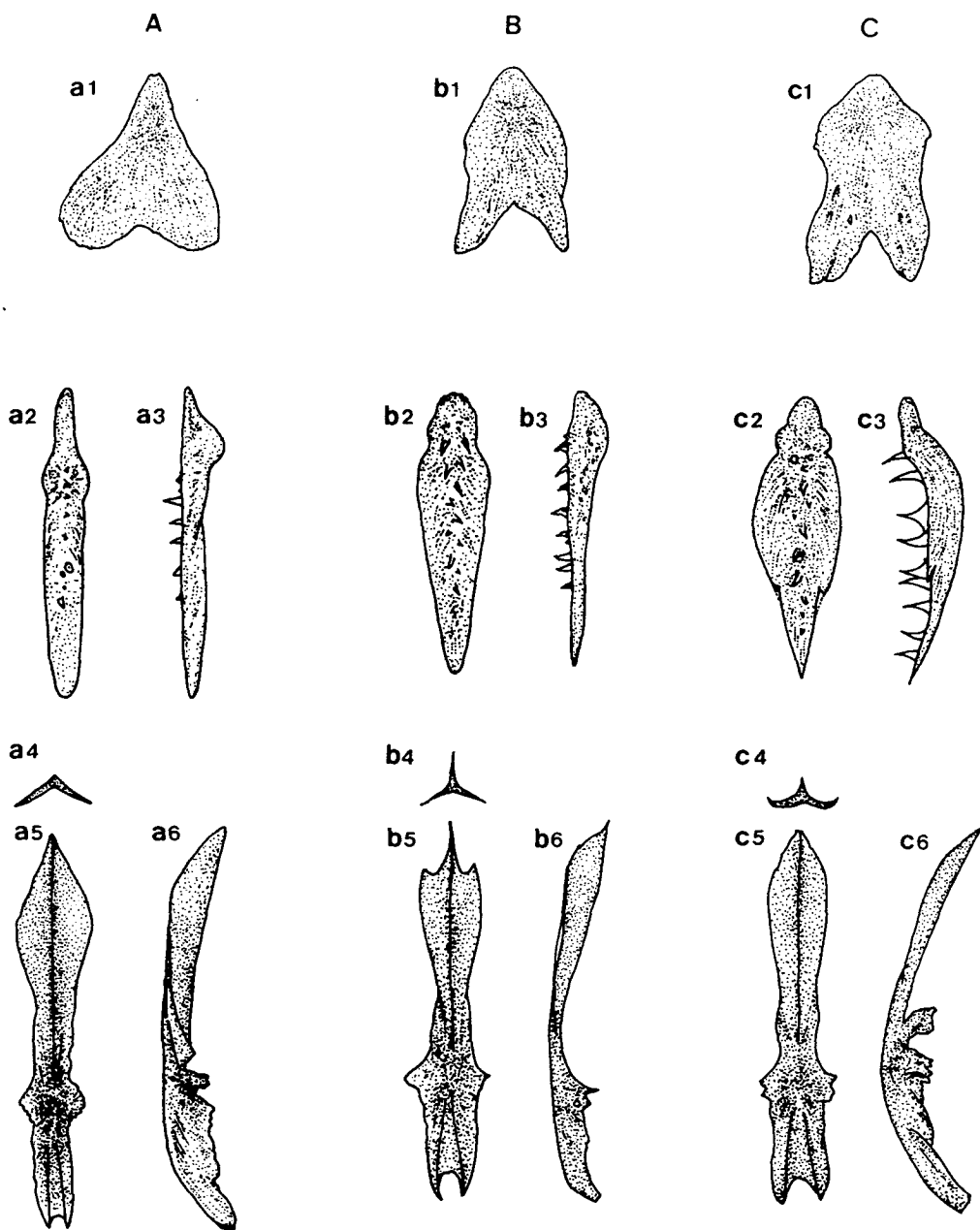


Fig. 29. The shape of supraethmoid, vomer and parasphenoid of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*.
 a1-c1 ; dorsal view of supraethmoid, a2-c2 ; dorsal view of vomer, a3-c3 ; lateral view of vomer, a4-c4 ; frontal view of parasphenoid, a5-c5 ; dorsal view of parasphenoid, a6-c6 ; lateral view of parasphenoid.

Table 25. 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± 12.8(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

상사골에 있어서 종 간의 세가지 값은 모두 1% 수준에 유의하여, 좋은 분류 형질임을 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 나타났으며, 산천어는 97.67%, 무지개송어는 68.78%였다. 이 상사골의 성에 따른 종별 차이를 알아 보기 위하여 암컷과 수컷으로 나누어 본 결과는 Table 26, 27에 나타내었다.

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

Table 26. 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

나타냈으며 암컷의 TL(II)에 대한 폭(W)의 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 등쪽면을 가장 넓게 덮고 있는 골격은 액골(frontal)로서 앞끝은 상사골에 덮혀있으며, 뒤끝은 상후두골에 이른다. 좌우 액골이 두개골 가운데에서

Table 27. 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

만나는 모양이 3종간에 차이가 나며 연어의 좌우 액골은 가운데에서 서로 만나지 않고 상사골 뒤끝에서 외후두골 앞끝까지는 아래의 연골판이 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 연골판이 나타나 있다(Fig. 30).

상후두골과 익이골 사이에 위치한 상이골(epiotic)은 뒷가장자리가 연어, 산천어에 발달한 돌기가 상후두골쪽으로 휘어져 있는 독특한 모양을 하고 있다. 그의 익이골, 노정골, 상후두골의 형태와 위치는 비슷하지만 전액골(prefrontal), 설이골(sphenotic)은 연어, 산천어에서는 등쪽에서 거의 보이지 않는데 비해 무지개송

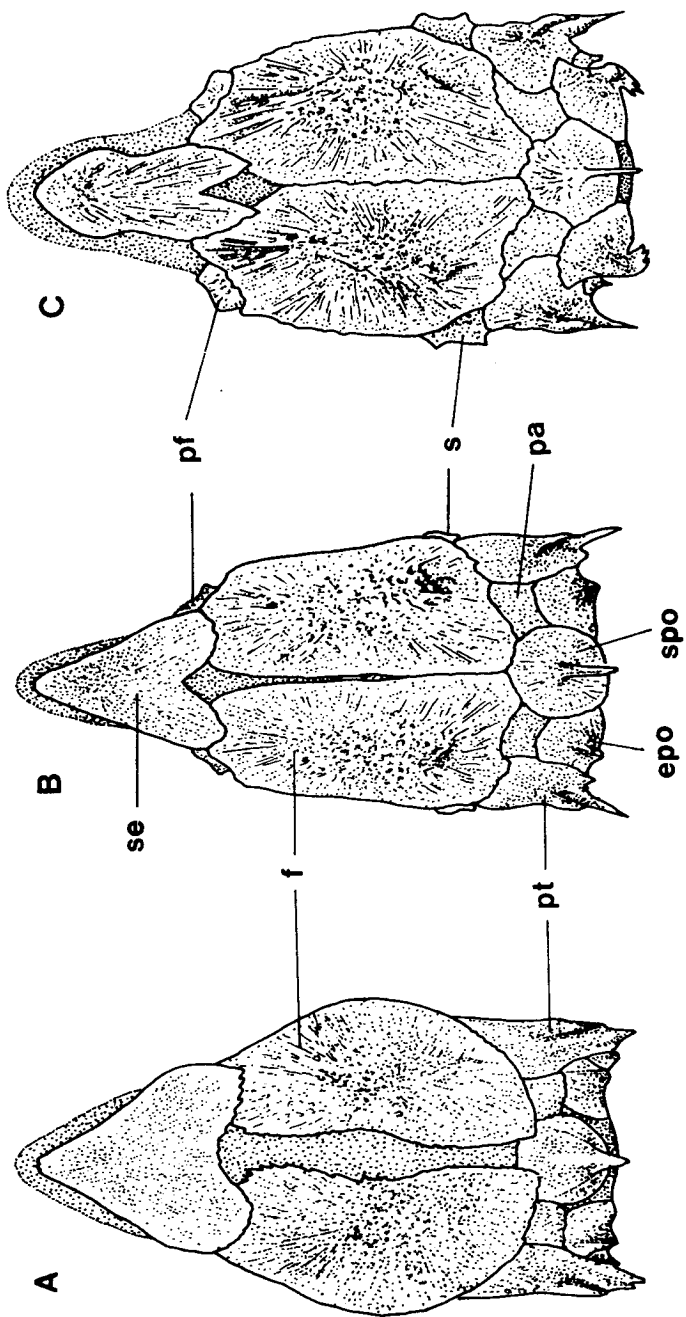


Fig. 30. The dorsal view of carapace of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*. B. *O. masou*. C. *O. mykiss*. epo, epiotic ; f, frontal ; pa, parietal ; pf, prefrontal ; pt, pterotic ; s, sphenotic ; se, supraethmoid ; spo, supraoccipital.

어에서는 액골의 앞쪽과 익이골의 앞쪽에 뚜렷히 나타나 보인다(Fig. 30).

두개골의 아랫면은 등쪽면과 윤곽이 닮아 있으며 정중선 위에는 서골과 부설골이 이어져 있다. 서골은 눈 앞쪽의 연골 아래에 위치하며 부설골의 앞쪽면 위에 겹쳐져 위치 하는데(Fig. 31), 형태나 이빨 발달상태는 Fig. 29에 나타난 바와 같이 각 종마다 특징을 가지고 있다. 서골의 형태나 이빨이 나 있는 부위는 3종간에 차이가 있으며, 앞돌기(R), 목의 폭(WT), 뒷판의 폭(SW)의 전체길이(TL)에 대한 비와 이빨이 생기기 시작하는 곳까지의 거리(HL)와 이빨이 나타나는 뒷판길이(SL)의 비를 성별, 종별로 조사한 결과는 Table 25, 26, 27에 나타내었다.

암수 구분 없이 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.

암컷과 수컷을 구분하여 서골의 형태를 살펴보면, 암컷의 경우 SW/TL의 값은 종간에 차이가 인정되지 않았고($F_{85}=1.34, p>0.05$), 그 외 부위의 비는 모두 1% 수준에서 종간에 차이가 유의하였다. 뒷판길이에 대한(SL) 이빨 앞의 길이(HL)와 전체길이에 대한 돌기의 비(R/TL)는 연어가 47.71%, 21.58%로 가장 컸으며 산천어, 무지개송어 순이었다(Table 26).

수컷의 경우에는 조사한 값 모두가 1% 수준에서 종간 차이가 유의하였으며, 경향은 암컷과 거의 유사하였다. HL/SL 값은 연어가 45.81%였고 산천어 36.07%, 무지개송어 33.94% 순으로 작았다.

서골을 부설골에서 분리하여 측면에서 보면 연어와 무지개송어는 거의 일직선이며, 산천어는 앞돌기 뒷부분이 위로 휘어져 있는 특징을 가진다. 서골 위의

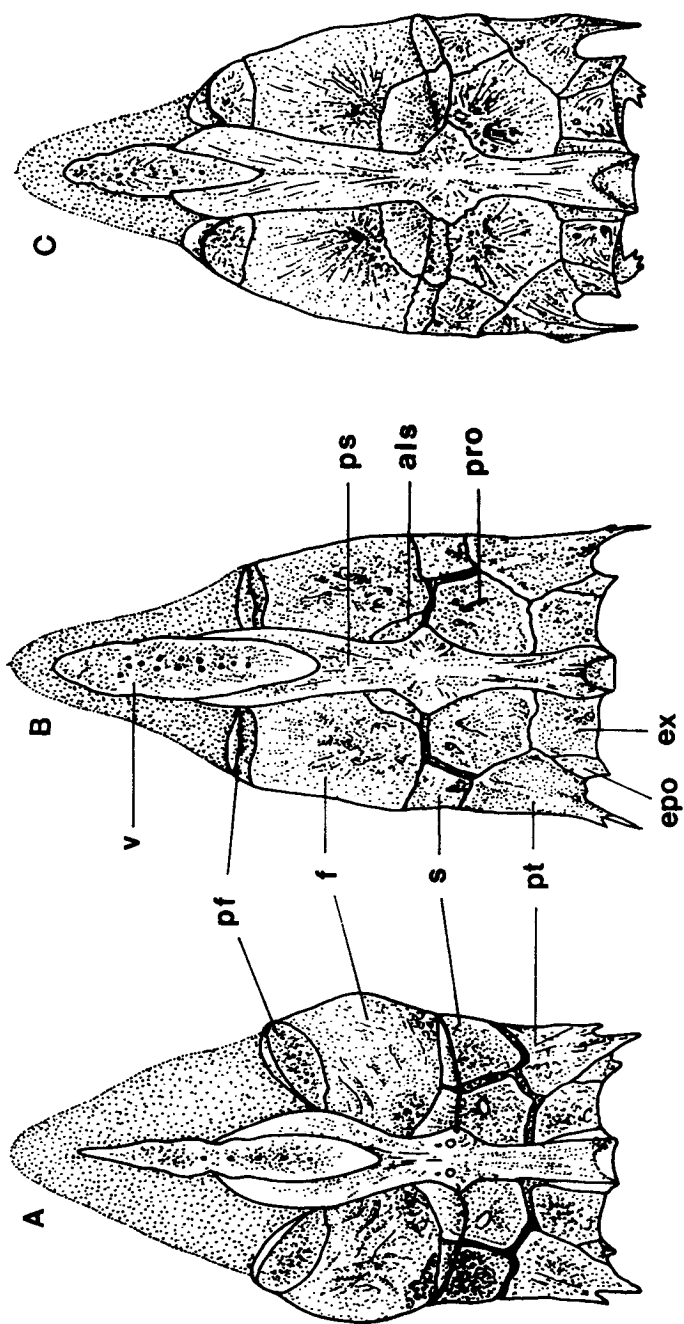


Fig. 31. The ventral view of cranium of *Onchorhynchus* spp. A. *O. keta*. B. *O. masou*. C. *O. mykiss*. als, alisphenoid ; epo, epiotic ; ex, exoccipital ; f, frontal ; pf, prefrontal ; pro, prootic ; ps, parasphenoid ; pt, pterotic.

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 처져 양쪽 끝이 위로 휘어진 모양을 나타낸다(Fig. 29).

부설골의 형태를 비교하기 위하여 Fig. 3과 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 25, 26, 27). 암수 구분 없이 비교해 본 결과 중간 관절부분의 폭(W2)의 TL에 대한 비를 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.

암컷과 수컷으로 구분하였을 때, 암컷은 W1/TL, W3/TL 값에서만 종간 차이가 인정 되었고 B/A, W2/TL값에서 F값이 각각 2.21($p>0.05$), 1.41($p>0.05$)로 종간 차이가 없었다(Table 26). 수컷의 경우에는 W2/TL값만 종간 차이가 없었으며($F_{90}=0.42$, $p>0.05$), 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 27). W3/TL값은 반대로 무지개송어가 암,

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

두개골을 측면에서 보면 새부리 모양의 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. 32, 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. 32, A'-C'). 연어와 산천어의 두개골의 뒷면은 거의 유사하지만 무지개송어는 설이골(sphenotic)과 전액골(prefrontal)이 뒤쪽에서 보이는 점, 상이골(epiotic)의 돌기가 갈구리모양으로 안쪽으로 휘어져 있는 점이 앞의 두종과의 차이점이다.

3.3.3.2. 眼 骨(orbital bone)

연어의 안골은 눈 위의 안상골(supraorbital), 눈앞의 안전골(preorbital), 눈아래 2개의 안하골(suborbital 또는 infraorbital)과 4개의 안후골(postorbital)이 붙어있다. 연어나 산천어 안하골의 뒷 가장자리는 전새개골의 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. 33).

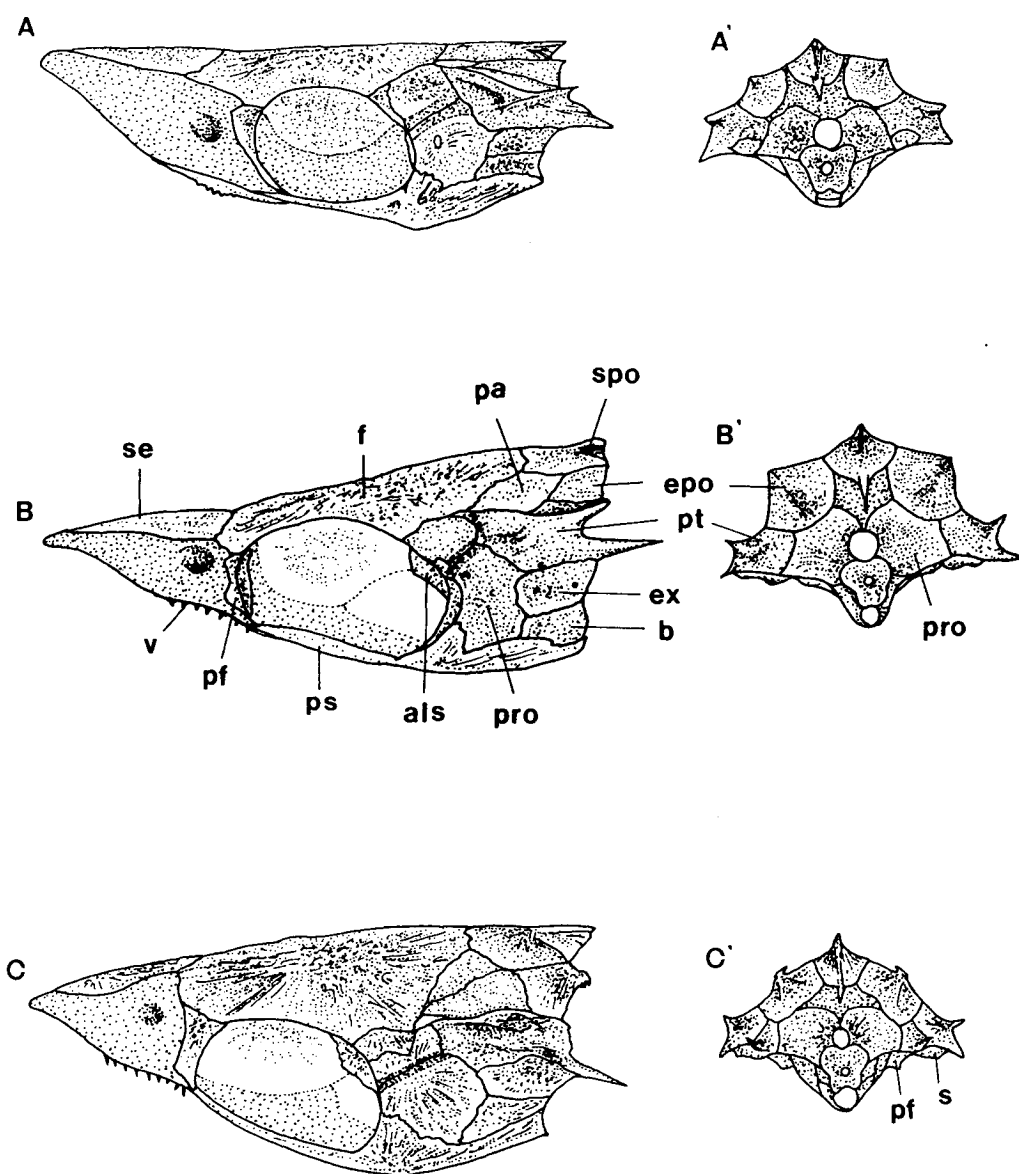


Fig. 32. The carniun of *Oncorhynchus* spp. A-C, lateral view ; A'-C', posterior view. A.A'. *O. keta*. B.B'. *O. masou*. C.C'. *O. mykiss*. als, alisphenoid ; b, basioccipital ; epo, epiotic ; ex, exoccipital ; f, frontal ; pa, parietal ; pf, prefrontal ; pro, prootic ; ps, parasphenoid ; pt, pterotic ; s, sphenotic ; se, supraethmoid ; spo, supraoccipital ; v, vomer.

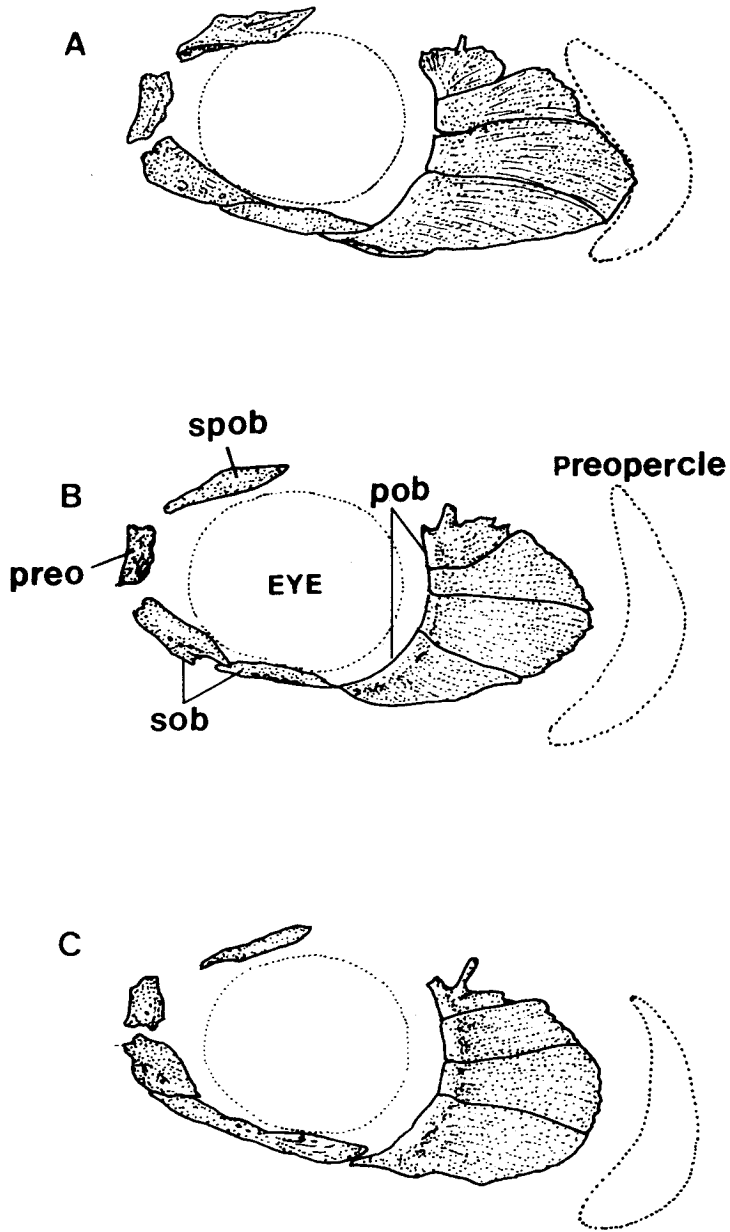


Fig. 33. The orbital bones of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*. B. *O. masou*. C. *O. mykiss*. pob, postorbital; preo, preorbital; sob, suborbital; spob, supra-orbital.

3.3.3.3. 顎骨(Jaw bones)

악골은 주둥이를 구성하는 골격으로 위턱(upper jaw)을 구성하는 전상악골(pre-maxillary), 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. 34). 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 휘어져 있고, 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 달걀 모양, 삼각형 모양을 띠고 있고 특히 무지개송어는 윗쪽이 높이 융기되어 거의 정삼각형 모양을 하고 있다. 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.

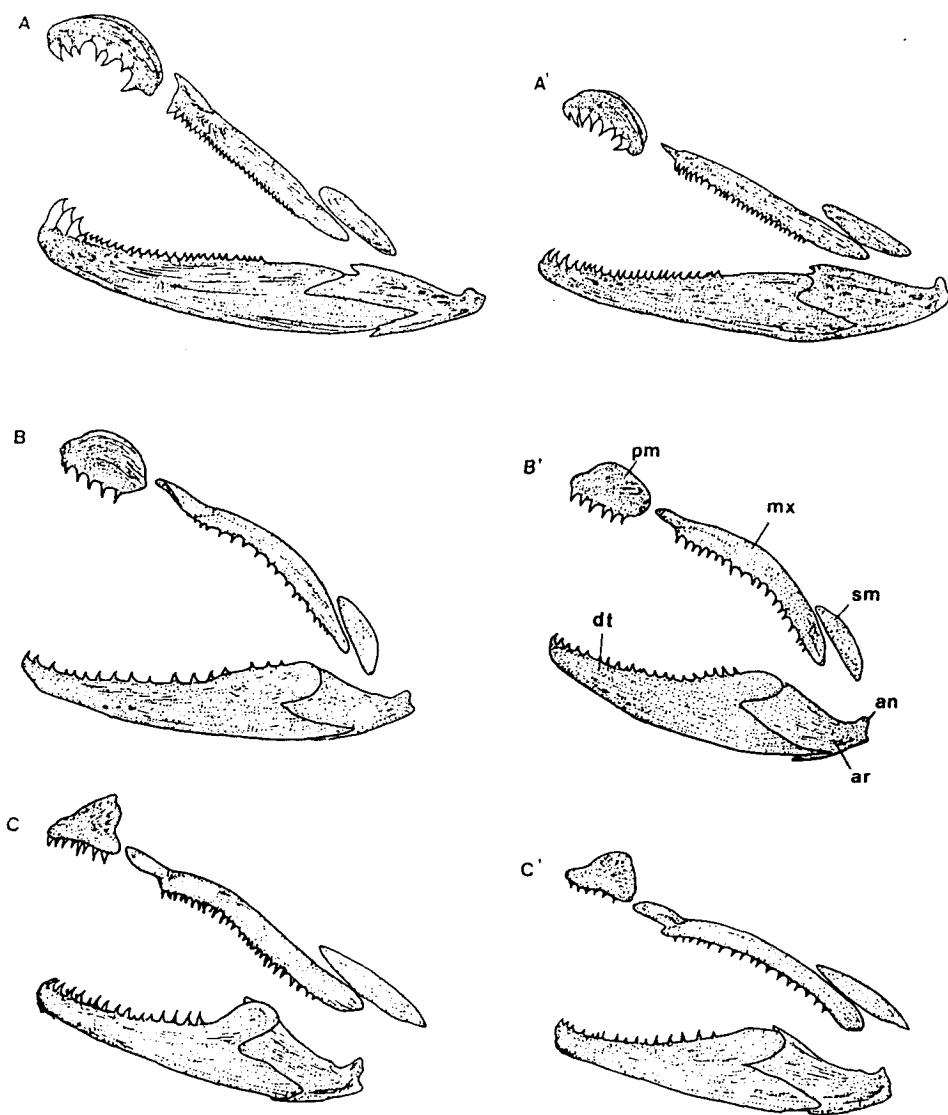


Fig. 34. Jaw bones of *Oncorhynchus* spp. A-C. male, A'-C'. female. A.A'. *O. keta*. B.B'. *O. masou*. C.C' *O. mykiss*. an, angular ; ar, articular ; dt, dentary ; mx, maxillary ; pm, premaxillary ; sm, supramaxillary.

3.3.3.4. 懸垂骨(suspensorium)

현수골은 입천정 부분을 구성하는 구개부(palate)와 아가미 뚜껑을 구성하는 새개부(opercular)로 나누어진다(Fig. 35).

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 비하여 앞쪽 끝이 길고 뾰족하게 돌출되어 있고 위쪽 돌출부에서 뒷쪽으로는 가운데 부분부터 급격히 낮아지는 경향을 나타내고 있다(Fig. 36, A1-C1).

구개골 뒤에는 내익상골(endopterygoid)과 외익상골(ectopterygoid)이 접속하며 그 뒤에 방골(quadrate)이 붙어있다. 방골과 후익상골 사이는 막상 연골로 이어진다. 구개부의 가장 뒷뼈인 설악골(hyomandibular)은 위쪽으로 두개골의 설이골(sphenotic), 익이골(pterotic)과 연골로서 관절하며 아랫쪽으로는 접속골(symplectic)로 방골과 연결된다. 앞쪽 부분은 후익상골에 덮혀 있다.

설악골은 윗부분이 삼각형의 판모양이고 아랫부분이 V형으로 홈이 패여 뾰족한 앞쪽과 넓적한 뒷쪽으로 갈라져 있다. 연어의 설악골은 뒷쪽 가장자리가 윗판의 중앙으로 뻗어 올라가면서 가운데가 융기되어 있으며(Fig. 36, A2), 산천어는 뒷쪽 가장자리가 연어만큼 돌출되어 뻗어 올라가지 않으나 윗판 중앙에 긴 삼각형의 판상돌기물이 융기되어 있다(Fig. 36, B2). 반면, 무지개송어는 연어나 산천어같이 특별히 융기된 부분이 없이 전체가 밋밋하여 앞의 두 종과 구별된다(Fig. 36, 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

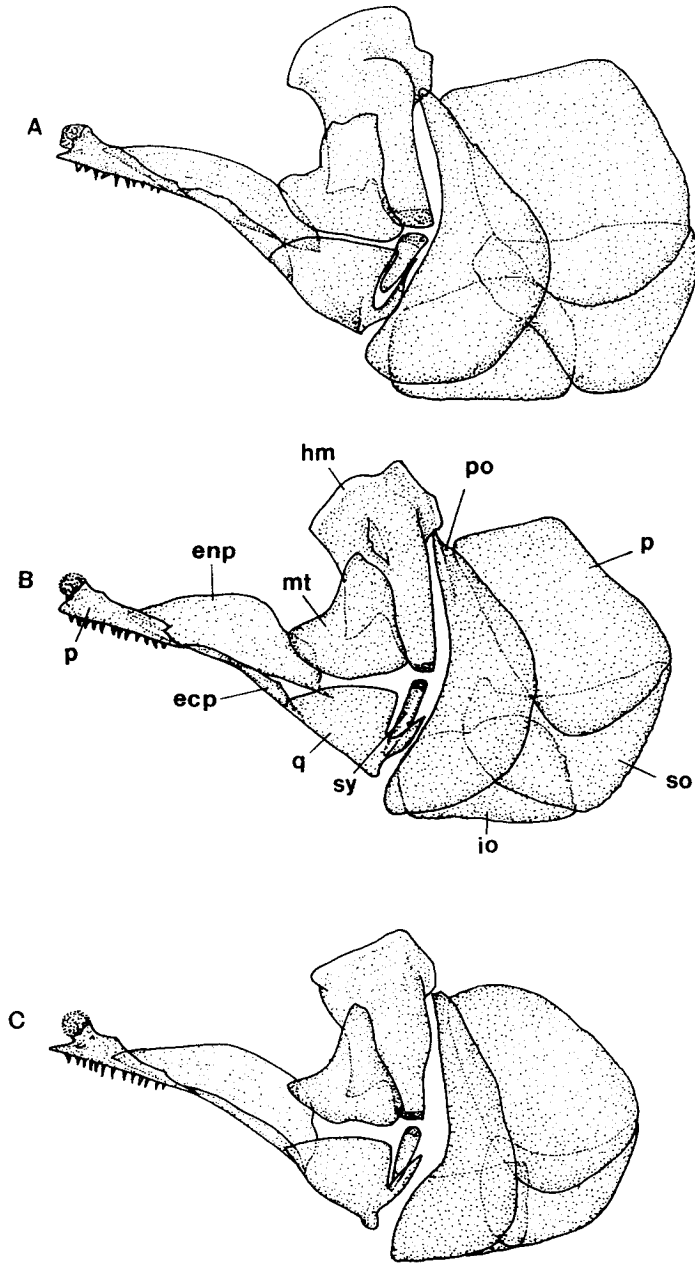


Fig. 35. The suspensorium of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*. B. *O. masou*. C. *O. mykiss*. hm, hyomandibular ; ecp, ectopterygoid ; enp, endopterygoid ; io, interopercle ; mt, metapterygoid ; p, palatine ; po, preopercle ; q, quadrate ; so, subopercle ; sy, symplectic.

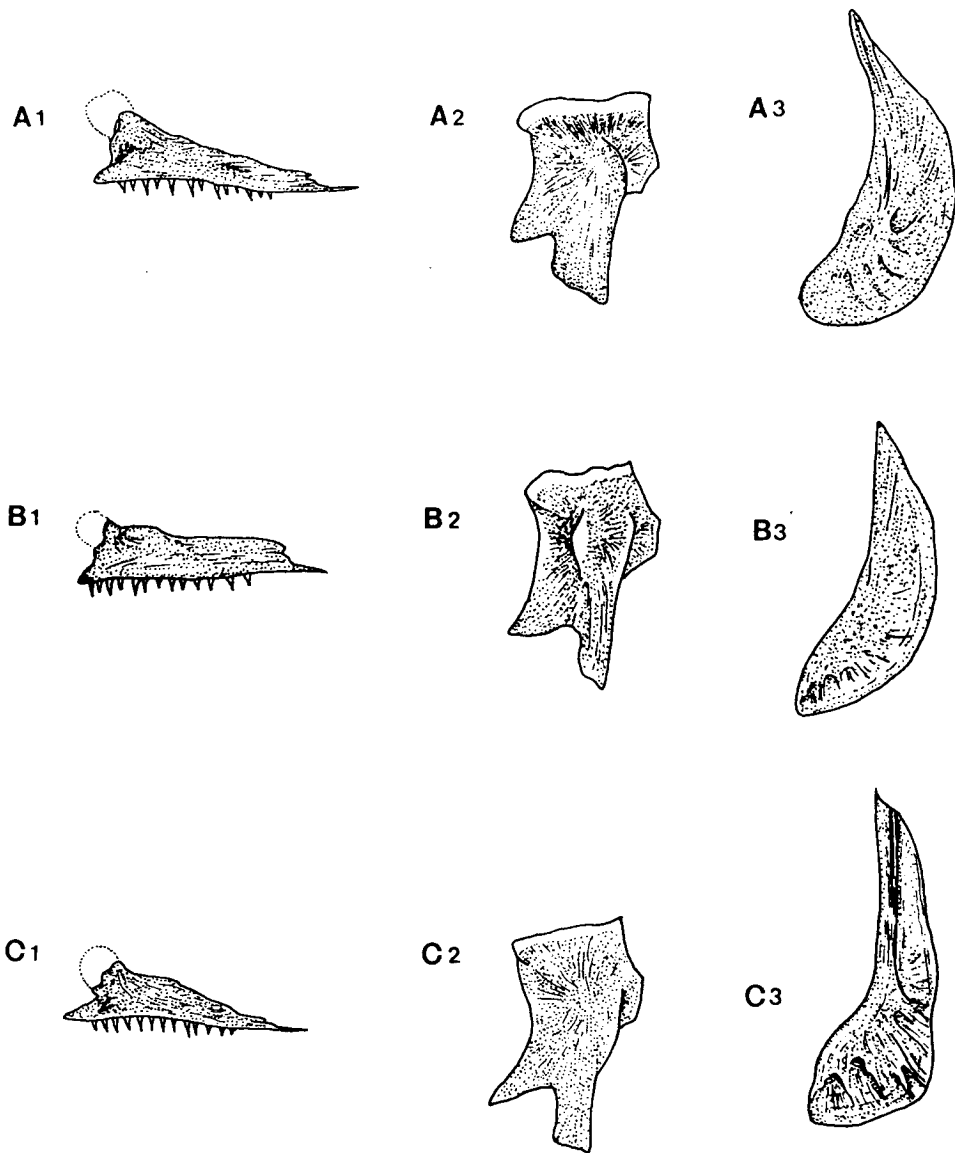


Fig. 36. Shapes of palatine, hyomandibular and preopercle of *Oncorhynchus* spp. A1-C1 ; palatine, A2-C2 ; hyomandibular, A3-C3 ; preopercle. A1-A3. *O. keta*, B1-B3. *O. masou*, C1-C3. *O. mykiss*.

가장 아랫부분에 전새개골과 하새개골 아래에 위치한 간새개골(interopercle)의 4종류 뼈로 구성되어 호흡 운동에 관여하고 있다(Fig. 35).

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. 36, A3). 이에 비하여 무지개송어의 전새개골은 윗쪽이 가늘고 아래쪽이 뚱뚱한 주 모양을 하고 있으며 아래쪽 넓은 면 위에는 깊은 융기선이 5~6개가 패어져 있다(Fig. 36, C3). 산천어는 연어와 닮아 있으나 앞쪽 윤곽이 연어만큼 오목하지 않다(Fig. 36, B3).

3.3.3.5. 혀 혀(Hyoid arch)

설골(Fig. 37)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 후하방으로 난 미설골(urohyal)이 위치한다. 각설골과 상설골의 아래면을 따라 십수개의 휘어진 새조골(branchiostegal ray)이 거의 서로 겹쳐지거나 이어져서 아가미 뚜껍의 아래 가장자리를 이루게 된다. 간설골(interhyal)은 현수골인 접속골(symplectic) 부근에 관절하는 조그마한 막대기모양의 골격으로 상설골의 윗쪽 뒷끝에 수직으로 서 있다.

인설골은 혀바닥을 구성하는 뼈로서 혀를 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. 3)로 쉽게 파악할 수 있으며, Table 25에서 보는 바와 같이 3종간의 형태차이는 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.

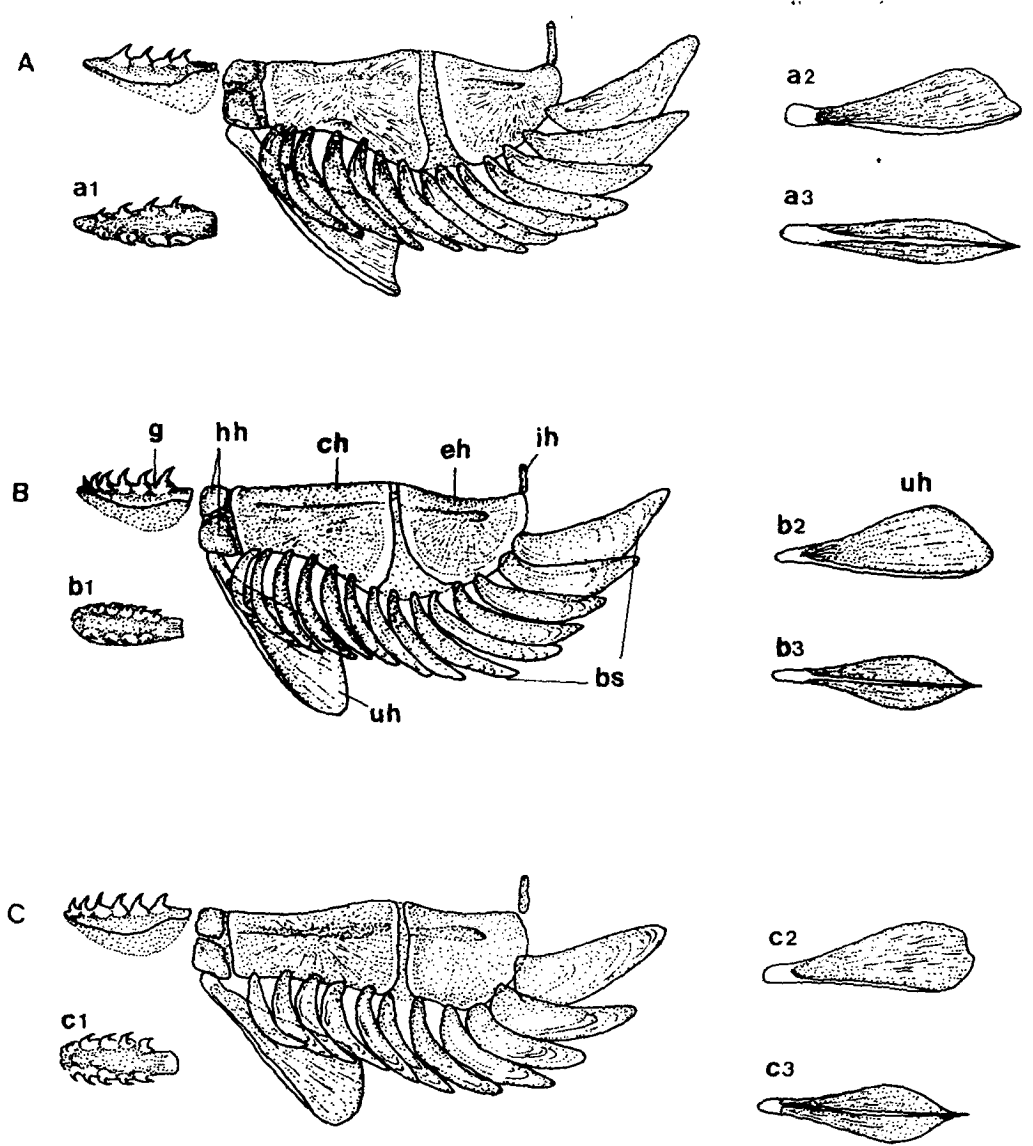


Fig. 37. The hyoid arch of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. a1-c1 ; dorsal view of glossohyal, a2-c2 ; lateral view of urohyal, a3-c3 ; dorsal view of urohyal. bs, branchiostegal ray ; ch, ceratohyal ; eh, epihyal ; g, glossohyal ; hh, hypohyal ; ih, interhyal ; uh, urohyal.

암컷과 수컷으로 나누어 검토해 보드래도 종간 차이는 모두 1% 수준에서 유의하였으며, 산천어와 연어의 경우 암수 차이가 거의 없으나 무지개송어는 암컷이 38.78%, 수컷이 49.61%로 큰 차이를 나타내었다(Table 26, 27).

측청치에서 본 바와 마찬가지로 연어의 인설골은 좌우에 4~5개의 이빨을 가지며 산천어나 무지개송어에 비하여 앞쪽 끝이 뾰족한 편이며 옆에서 보면 평평한 모양을 나타내고 있다. 또 이빨의 배열형태에도 종간 차이를 보이며 산천어와 무지개송어의 인설골은 이빨의 배열상태가 유사하며 연어와는 달리 둥그스름한 앞끝에도 2~3개의 이빨이 있다(Fig. 37, 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 둥근 경향을 나타내었다.

미설골(Fig. 37, a2, 3-c2, 3)은 앞쪽은 약간 뭉툭한 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 뒷 가장자리는 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. 37, a3), 무지개송어가 가장 넓고 끝이 뾰족한 특징을 나타내 보인다(Fig. 37, c3).

새조골은 가늘고 길며 납작한 모양을 하고 있으며 앞쪽의 것은 바나나 모양을 하고 있으며 뒷쪽으로 갈수록 넓적해진다. 3종간의 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. 새조골 수는 연어가 13~16개, 산천어 10~14개, 무지개송어가 10~12개이다(Table 21).

3.3.3.6. 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 상새골(hypobranchial bone)이 있고 그것에 이어 4쌍의 각새골(ceratobranchial bone)이 있다. 아래쪽 5번째 새궁은 하인두골로 변형되어 있다. 위쪽 새궁은 4쌍이며 인새골(pharyngo-branchial bone)과 3쌍의 상새골(epibranchial bone)이 있으며 마지막 4, 5번째 새궁은 융합되어 상인두골(upper pharyngeal bone)을 이루고 있다(Fig. 38, 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 볼록한 형으로 차이가 있었고, 상인두골은 3종 모두 반달형을 하고 있었다(Fig. 38, a-c).

3.3.3.7. 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. 39에 나타내었다. 연어의 복추골의 추체는 허리가 잘록하지 않고 밋밋한 원통형이며 늑골(rib)은 2~3번째 추체부터 추체의 아래면이나, 측돌기(pa-

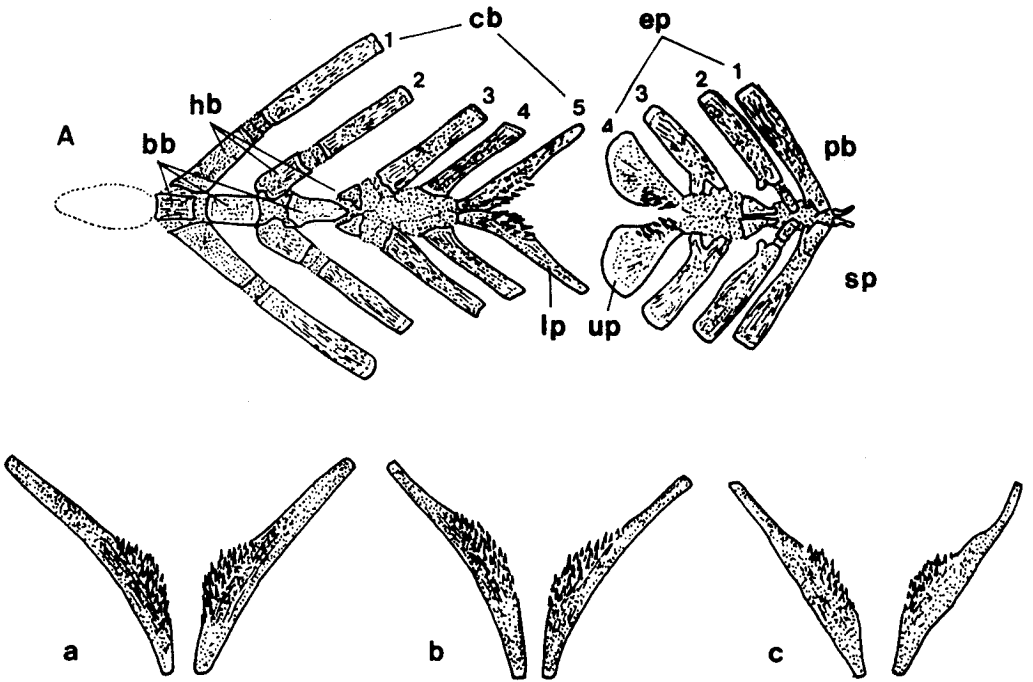


Fig. 38. The shape of gill arch and lower pharyngeal bone of *Oncorhynchus* spp. A. gill arch of *O. keta*. a-c; lower pharyngeal bones. a. *O. keta*, b. *O. masou*, c. *O. mykiss*. bb, basibranchial bone ; cb, ceratobranchial bone ; eb, epibranchial bone ; hb, hypobranchial bone ; lp, lower pharyngeal bone ; pb, pharyngobranchial bone ; sp, suspensory pharyngeal bone ; up, upper pharyngeal bone.

rapophysis)에 붙어 있으며 신경극(neural spine)은 앞쪽이 짧고 뒤쪽으로 갈수록 길어지는데 1~2번째의 신경극은 앞에서 보면 좌우로 갈라져 있으며 단지 신경궁문(neuralarch)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 기부 가까이에 타원형 골판이 끼워져 있다.

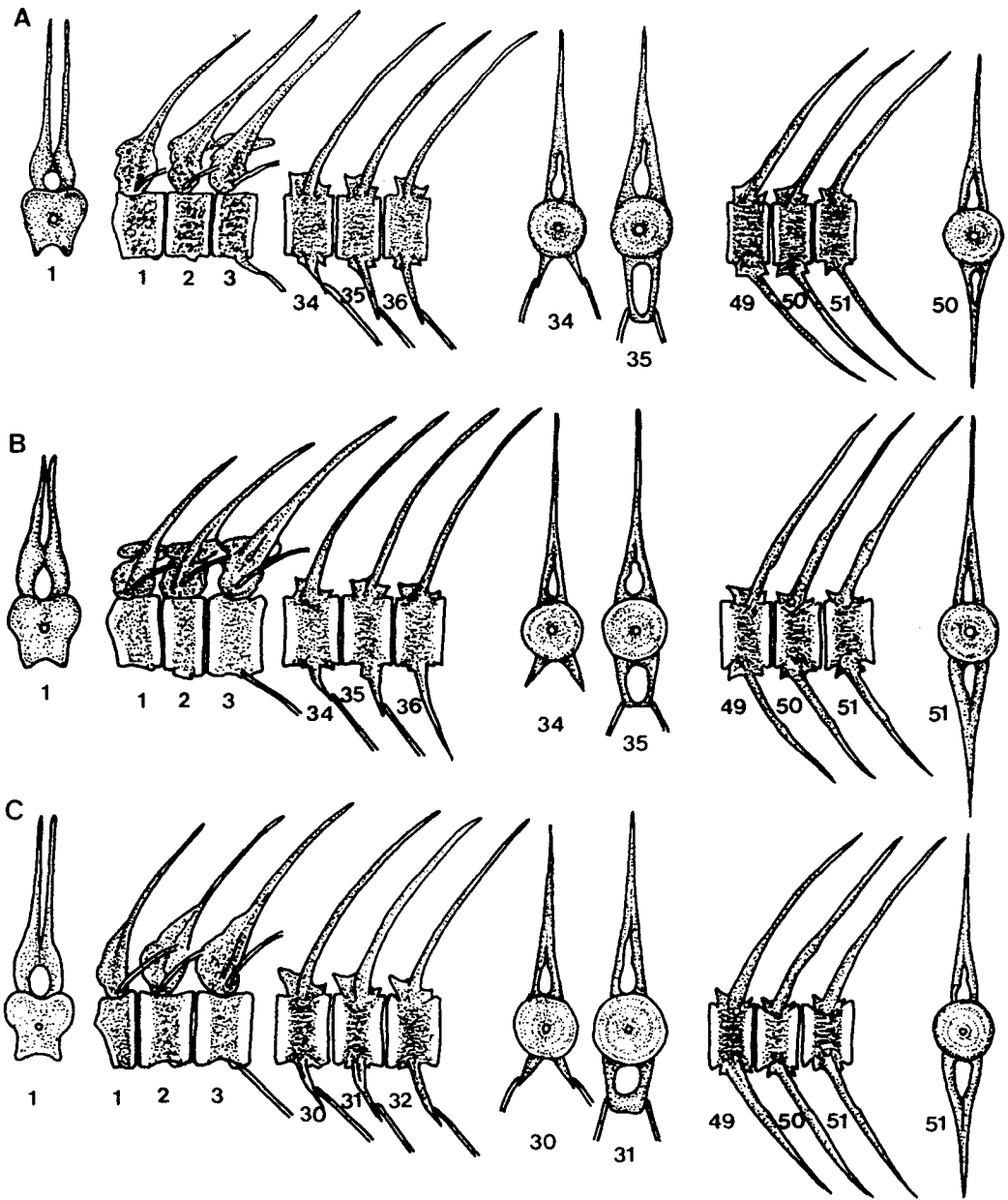


Fig. 39. Vertebrae of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. A1-36, B1-36, C1-32, abdominal vertebrae ; A49-51, B49-51, C49-51, caudal vertebrae.

연어의 복추골 중 마지막에서 6개(35번째~40번째)의 추골에서 좌우 측돌기가 끝에서 사각형 모양으로 붙어 미추골과 같이 혈도궁문(hemal arch)을 형성하고 그 양옆에 늑골이 붙어있다. 미추골에는 혈관극(hemal spine)이 발달하며 추체에는 신경 관절돌기(neural zygapophysis)와 혈관 관절돌기(hemal zygapophysis)가 신경극, 혈관극의 앞뒤에 발달한다(Fig. 39). 산천어, 무지개송어의 척추골은 기본적인 구성 골편이 연어와 동일하다. 단지 산천어의 위쪽 마지막 부분의 복추골 중 좌우측 돌기가 붙어서 혈도궁문을 형성하는 추체의 수가 1~4개로 다양하게 나타났다.

추체의 허리부분이 잘록한 정도는 무지개송어가 가장 강하며 다음이 산천어였고 연어는 거의 사각형으로 뭉뚱한 특징을 가지고 있다(Fig. 39, A).

3.3.3.8. 尾骨(caudal skeleton)

연어의 미부봉상골은 골화되어 있지 않은 상태로 있으며, 하미축골은 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. 40).

3종 모두 끝에서 4번째 추체의 위쪽에는 양끝이 뾰족하고 우상방으로 넓은 골판이 발달된 미골판(caudal bony plate 또는 제1 미신경골)이 위치하고 있다. 연어와 산천어는 그 형태가 비슷하며 무지개송어는 뒷쪽 끝에 가까운 골판 위쪽으로 긴 돌기가 발달해 있는 특징을 가지고 있다. 이 caudal bony plate의 위쪽에는 독립된 상미추골(epural bone)이 있는데, 우리 나라의 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 28).

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 기부 근처만 넓어져 있어 연어와

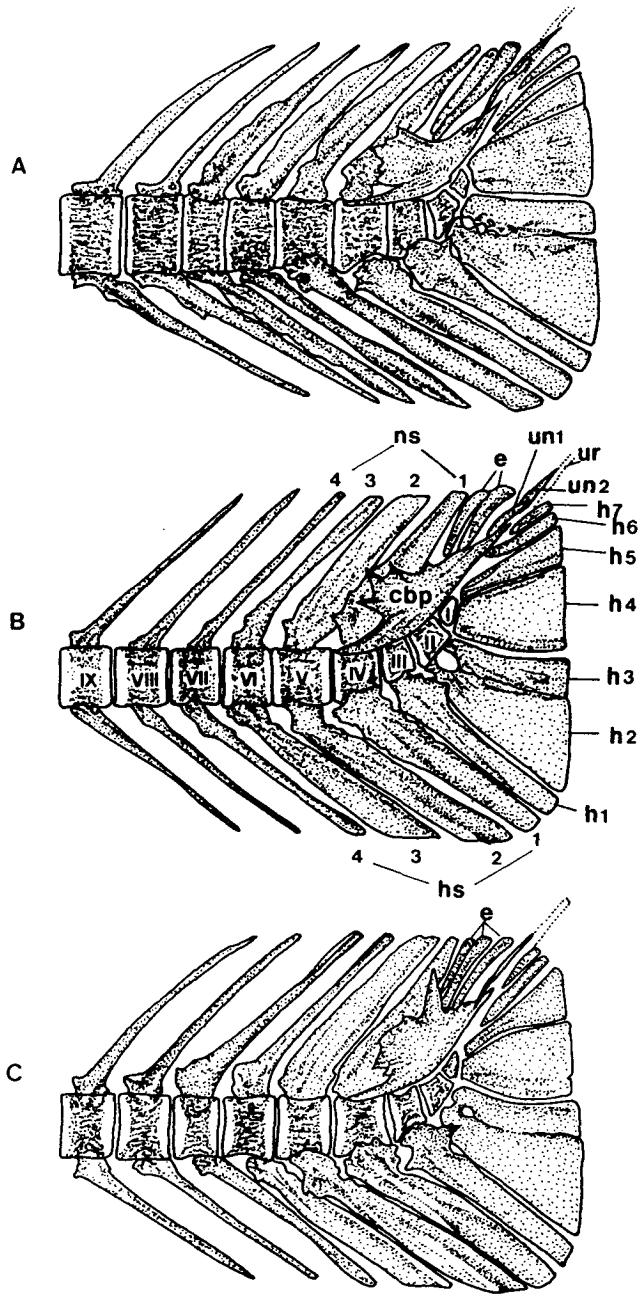


Fig. 40. Caudal skeleton of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. cbp, caudal bony plate ; e, epural ; h1-h7, hypurals ; hs1-4, heamal spine ; ns1-4, neural spine ; un1, un2, uroneurals ; ur, urostyle ; I-IX, centrum.

구별된다.

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

Table 28. 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

3.3.3 9. 肩帶骨

가슴지느러미를 지지하는 견대골(Fig. 41)은 아가미 바로 뒤의 몸통 윤곽을 형성하고, 피부 속에 묻힌 후측두골(posttemporal)은 상후두골(supraoccipital)의 중앙 돌기 양옆에 이른다. 연어의 후측두골은 양끝이 곧봉모양이며 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 접해있다. 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.

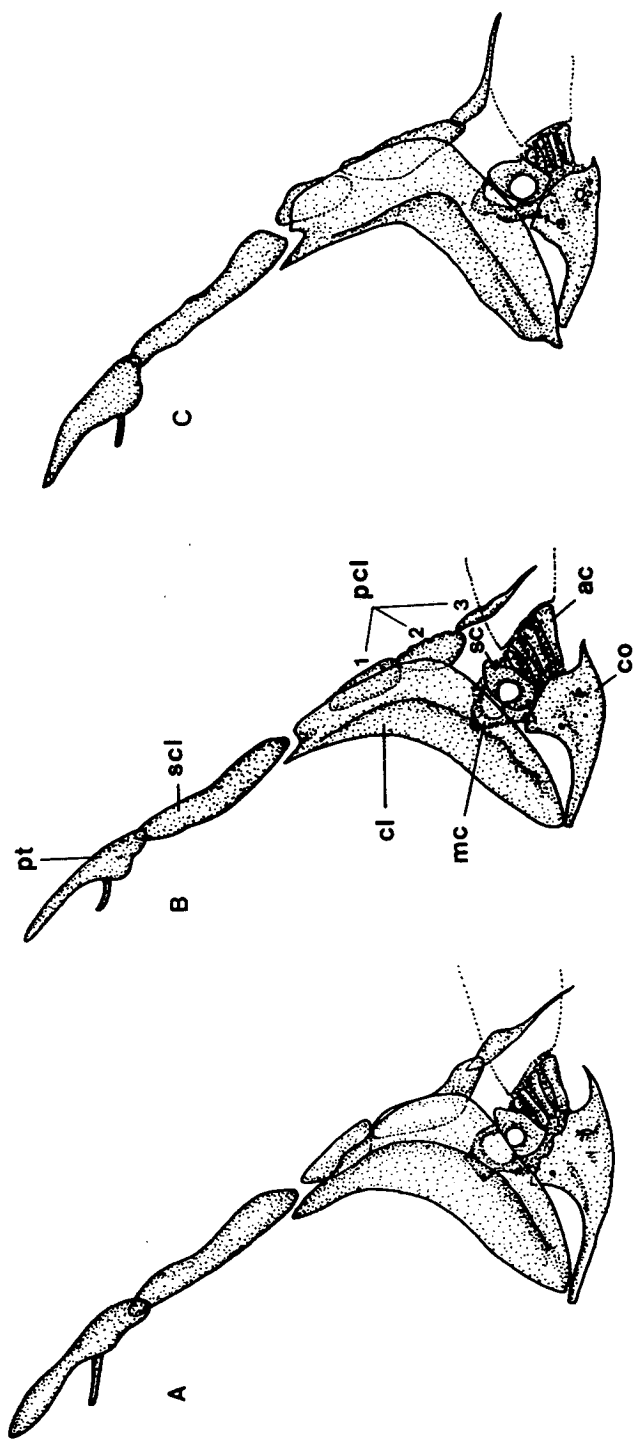


Fig. 41. Shoulder girdle of *Onchorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. ac, actinost; cl, cleithrum; co, coracoid; mc, mesocoracoid; pcl, postcleithrum; pt, posttemporal; sc, scapula; scl, supracleithrum.

후쇄골은 3개이며 3번째 것은 가슴지느러미 아래 근육속에 묻혀있으며, 연어와 산천어의 것이 곧은 직선형인데 비하여 무지개송어의 것은 휘어져 있다.

3.3.3.10. 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. 42). 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. 42, C).

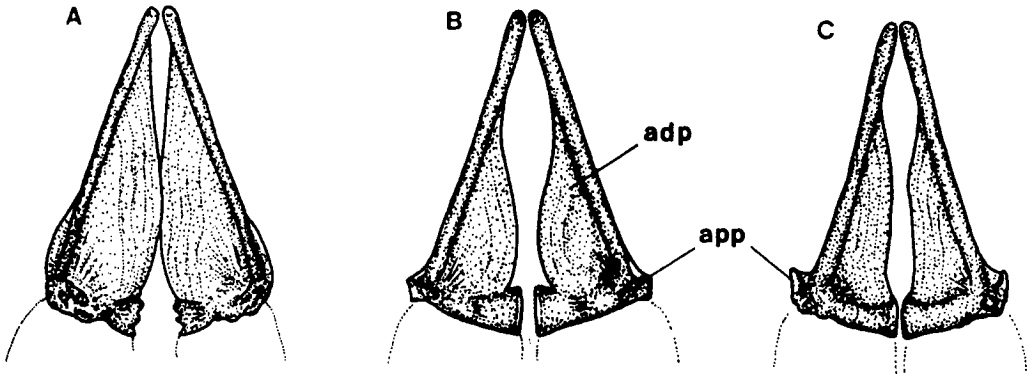


Fig. 42. Dorsal view of pelvic girdle of *Oncorhynchus* spp. A. *O. keta*, B. *O. masou*, C. *O. mykiss*. adp, antero-dorsal plate ; app, anterior pelvic process.

3.3.3.11. 擔鱗骨(ptyerygiophore)

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

연어의 신경간극은 14~15개이며 첫번째 신경간격은 앞쪽이 튀어나와 넓적해진 독특한 모양을 띠며 앞에서 7번째까지도 기부가 넓적해져 있고, 마지막 신경간격은 바로 뒤에 삼각형에 가까운 골편을 갖고 있다(Fig. 43, A'). 신경간극의 수는 3종 모두 비슷하였다. 신경간격 앞에 있는 유리 신경간극은 대개 척추의 신경극 사이에 1개씩 위치하고 앞쪽은 굵으나 뒤쪽으로 갈수록 가는 실 모양인데, 두개골과 첫번째 신경극 사이에 위치한 첫번째 유리 신경간극은 넓적하며 독특한 모양을 나타내며 그 형태는 같은 종 내에서 약간의 차이가 인정된다(Fig. 43, a1-c1).

연어의 첫번째 혈관간극은 등지느러미의 신경간극과 마찬가지로 앞쪽이 용기하여 볼록한 형태를 가지며 그 앞 기부에는 반월형 골편이 붙어있다(Fig. 43, a2).

반면 산천어나 무지개송어의 혈관간극은 첫번째 것부터 마지막 것까지 특별히 변형된 것은 없고 단지 첫번째 혈관간극 앞의 돌기모양의 골편형태가 산천어는 하트형, 무지개송어는 부채형을 띠었다(Fig. 43, b2, c2).

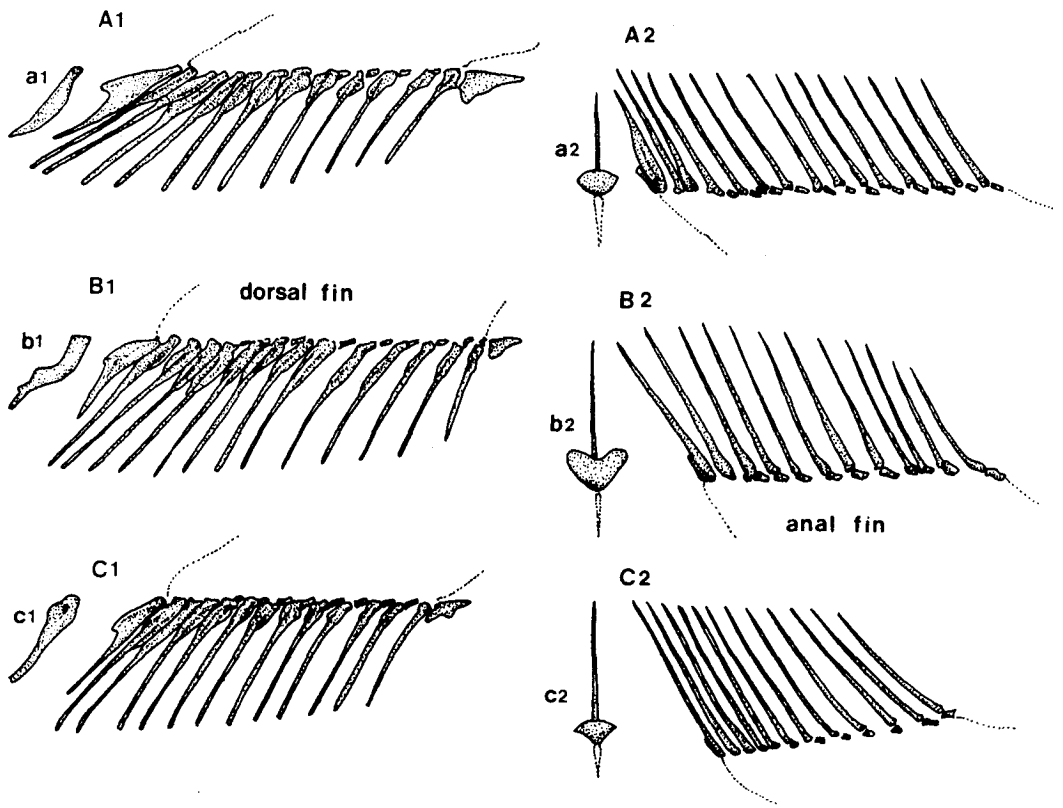


Fig. 43. The pterygiophore of *Oncorhynchus* spp. A1, A2. *O. keta*, B1, B2. *O. masou*, C1, C2. *O. mykiss*. A1-C1, interneural spine ; A2-C2, interhemal spine ; a1-c1, first free interneural spine ; a2-c2, frontal view of first interhemal spine.

第4章 考 察

대서양 연어 송어류가 Linnaeus(1758)에 의하여 *Salmo*란 속명이 최초로 붙여진 후, 북태평양의 연어 송어류는 Walbaum(1792)에 의하여 *keta*(연어), *nerka*(홍연어), *mykiss*(무지개송어) 등의 이름이 붙여진 이래 새로운 채집과 조사 때마다 여러 가지의 이름이 붙어져 왔는데 1862년 Suckley에 의하여 수컷의 형태적 특징을 상징한 *Oncorhynchus*란 속명을 갖게 되며(Smith and Stearly, 1989), Gunther(1866), Jordan and Gilbert(1883), Regan(1914), Jordan et al.(1930), Dymond and Vladykov(1934), Tchernavin(1918,1937)등에 의하여 *Salmo* sp., *Oncorhynchus* sp.의 속과 종 개념이 수정 보완되면서 점차 속명이 정립되어 왔다.

1960년대 이후 수리분류학, 골격학, 유전, 생화학의 방법에 의한 분류체계에 대하여 검토 연구가 계속되어(Rounsefell, 1962 ; Vladykov,1963 ; Hennig 1966 ; Savvaitova, 1975 ; Vasil'yev, 1975 ; Dorofeyeva et al., 1980 ; Cavender and Miller, 1982 ; Berg and Ferris, 1984 ; Kendall and Behnke, 1984), 그 결과들을 토대로 1988년 미국 수산학회의 어명위원회(American Fisheries Society's Committee on Names of Fishes)에서 대서양 연어 송어류를 *Salmo* sp., 태평양 연어 송어류를 *Oncorhynchus* sp.로 확정하면서 분류 체계를 수정하였다(Kendal, 1988).

이에 따라 무지개송어를 비롯하여 태평양에 서식하는 *Salmo* sp.는 모두 *Oncorhynchus* sp.에 포함되면서 6종이었던 태평양의 연어속 어류는 12종으로 증가하였다. 이중 *Salmo gairdnerii*(무지개송어)는 캄차카송어(*S. mykiss*)와 같은 종임이 밝혀져 *Oncorhynchus mykiss*로 바뀌었다.

우리나라의 연어속 어류에 대하여는 鄭(1977)이 연어, 산천어, 흥연어, 곱사연어등 7종을 기재하였으나, 이 중 곱사연어와 은연어는 최근 우리나라에 이식 방류사업을 하고 있으나 아직 회귀한 사실이 밝혀지지 않고 있고, 현재 본 조사에서 확인된 종은 연어, 산천어(시마연어)와 무지개송어의 3종 이었다. 이 중 시마연어는 산천어의 강해형으로 강원도 양양 남대천으로 소상하는 사실이 확인되고는 있으나 그 양이 극히 적어 표본 채집이 어려웠고, 남대천 하구 부근 해안의 정치망에서 포획되는 시마연어(방언 : 참송어)는 미성숙 상태였기 때문에 본 연구에서는 제외하였다. 그러나 시마연어의 골격 형질중 상미축골(epural bone) 수에서 본 실험에 사용된 산천어와 차이점이 발견되어 앞으로 이들이 우리나라 하천에 올라오는 그룹인지 또는 일본, 북한, 소련의 하천에 소상하는 집단인지를 밝히기 위한 조사가 필요할 것으로 생각된다.

1988년 이전 *Oncorhynchus* sp.와 *Salmo* sp.를 구분하는 가장 큰 형태적 특징은 뒷지느러미의 형태였다(Gunther, 1866 : Jordan and Snyder, 1902). 1989년부터 무지개송어가 연어속 어류에 포함됨에 따라 연어속 어류의 검색은 우선 뒷지느러미 기저 길이와 높이의 비에 따라 무지개송어와 기존 연어무리를 분리하였다. 그의 유문수 수, 각 지느러미 위의 흑색 반점의 유무, 새파 수, parr무늬의 유무 등에 의하여 우리나라의 연어속 어류의 종 검색표의 작성이 가능하였다(第3章, 3.1.2).

연어아목 어류는 대부분 창자 속에 나선판(spiral valve)의 잔유물로 생각되는 윤상 융기조직(Ringfalten)을 가져(Hikita, 1962), 청어목(Clupeida) 어류무리에서 독특하게 진화된 그룹으로 알려져 있다(松原, 1966). 그러나 이 무리들은 그 외의 다른 형질에서는 뚜렷이 분화된 특징을 나타내지 않는다. 본 연구의 대상인 연어, 무지개송어, 산천어 뿐만 아니라 은연어, 왕연어, 흥연어 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

칭어목 어류 가운데서 조상형에 상당히 가까운 것으로 볼 수 있다(松原, 1966).

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

수정난의 발생 과정 및 자어의 발달은 연어형(Salmoniform)어류의 분류뿐만 아니라 계통적 형질을 잘 나타내는데(Soin, 1980), 연어의 발생과정은 무지개송어 산천어의 발생과정과 거의 유사하였다(韓國海洋研究所, 1990).

연어 초기 발육단계에서 주둥이의 빠른 발달(stage I, II)과 턱뼈의 빠른 골화는 다른 경골 어류에서도 유사하며(Takakazu, 1976; Mook, 1977; Myoung and Kim, 1984; Matsuoka, 1987), 초기 생활사에 있어 살아 남기 위해 먹이를 잡아 먹기 위한 섭이기관의 기능화에 따른 적응으로 생각된다. 또 연어는 smolt가 되어 바다로 내려가면 연안 생활에 적응한 후 연안을 따라 이동하기 시작하는데(Sano, 1951, 1954; Irie, 1985a, b), 이 시기의 크기는 전장 8cm 전후로 본 실험의 III단계에 해당하였다.

연어를 비롯한 연어속 어류는 어릴 때에는 암수의 형태적 차이가 없으나(Beacham and Murray, 1986b), 성숙함에 따라 두부, 이빨의 형태, 체고, 기름지느러미 등 외부형태나 골격에서 암수 사이에 형태적 차이가 있음이 이미 밝혀져 있다(Hikita, 1962; Vladykov, 1962; Beacham and Murray, 1983, 1986b). 두개골에서는 조사 대상 골편중 상사골과 부설골에서 암수 차이가 인정되었다. 상사골 길이에 대한 폭의 비가 암컷이 수컷보다 컸으며 이같은 암수 차이는 *O. gorbusha*, *O. kisutch*, *O. masou*, *O. nerka*, *O. tshawytscha* 등 연어속 어류에서도 공통적으로 나타나므로(Vladykov, 1962), 상사골의 형태는 연어류의 계통분류학상 중요한 형질일 뿐만 아니라(Smith and Stearly, 1989), 이들 종의 암수간 형태적 차이를

특징짓는 좋은 형질로 나타났다. 부설골은 폭(W1-3)에선 차이가 없었으나 앞뒤 돌기의 비(B/A)에서 암컷보다 수컷의 뒷돌기가 큰 것으로 나타났다.

기름지느러미는 연어과 어류의 성에 따라 형태 차이가 있으며(Vladykov, 1963) 곱사연어, 왕연어, 은연어, 홍연어에 비하여 연어의 기름지느러미는 암수 모두에서 작고 수컷의 기름지느러미가 암컷보다 30~50% 정도 큰 것으로 알려져 있는데(Beacham and Murray, 1983), 한국산 연어의 기름지느러미는 암수 차이가 인정되지 않았다. 이것이 지역 개체군의 차이인지는 앞으로 검토가 필요하리라 생각되었다.

한국산 연어를 캐나다산 연어(Beacham and Murray, 1983)와 비교해보면 수컷이 큰 머리, 높은 체고, 큰 등지느러미를 가지고 있다는 점은 일치하고 있으나, 캐나다산 연어는 배지느러미가 암컷이 수컷보다 컸는데 한국산 연어는 암수 차이가 인정되지 않는 차이점을 나타내었다. 이같은 성적인 형태차이는 연어의 나이에 따라서도 달라지므로(Beacham and Murray, 1985b), 앞으로 한국산 연어의 형태적 특징은 나이와 크기를 고려한 조사가 필요하리라 생각된다.

연어의 하천간 형태 비교 결과 두장, 미병고, 기름지느러미의 길이, 주둥이 등 암컷에서 6개, 수컷에서 10개형질에서 하천간 차이를 나타내었고 주수천과 삼척 오십천을 경계로 남, 북으로 구분되었다. 이렇게 두 그룹으로 나누어진 이유는 두가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 첫째로 우리나라에 현재 소상하는 연어 개체군이 대부분 지난 5~20년 사이에 외국으로부터 이식한 것이기 때문이며, 둘째는 현재 연어 자원 관리가 부화장 단위로 되어지고 있어 인근 하천끼리는 같은 개체군이 방류되기 때문으로 생각해 볼 수 있다.

1970년부터 1990년까지 우리나라에 도입된 연어는 미국과 일본으로부터 들어왔다. 미국에서는 1970년대에 4차례에 걸쳐 5~76만마리가 1970, 1972, 1976년 경남 내수면개발시험장과 1970, 1975년 경북 내수면개발시험장으로 들여와 밀양강,

장구 오십천, 왕피천 등지에 이식되었고, 1980년 이후 A는 이식된 적이 없다. 그후 1983년 강원도 양양에 내수면연구소가 설립되고 1985년 일본 북해도 수산시험장으로부터 100만개의 발안란이 도입되어 그 중 약 95만 마리의 치어를 1986년 봄에 남대천에 방류하였으며(國立水産振興院, 1987), 이때의 방류된 치어중 일본으로부터 도입된 연어 치어는 전체 방류량 중에서 약 30%를 차지하고 있었다. 1990년 남대천으로 소상한 연어중 4세어는 전체의 약 65.1%였으며 우리 나라로 돌아오는 연어의 나이가 2~5세인 점(성, 미발표)을 감안한다면 본 연구에 사용한 1990년도의 남대천 표본 중 약 20%정도는 일본 북해도산 일 것으로 추정된다.

한편, 우리나라의 연어 방류사업은 현재 양양내수면연구소, 강원도 내수면개발시험장, 경북 내수면개발시험장에서 이루어 지고 있어 각 관할 하천에서 포획된 연어의 알은 이 세 기관에서 공동 관리 후 분산 방류하게 된다. 본 연구 대상 하천중 같은 배양장에서 부화 방류되고 있는 남대천과 북천, 주수천과 삼척 오십천, 왕피천과 장구 오십천으로 각각 구분되는데, 이 중 남대천과 북천, 왕피천과 장구 오십천의 형태의 유사도가 높았던 것은 같은 집단으로 잘 일치하고 있다. 그러나 주수천과 삼척 오십천을 경계로 남, 북 두 그룹으로 나뉜 것은 현재의 부화장별 관리가 80년대 중반 이후에 와서 뚜렷이 구분되어 이루어진 점을 고려하더라도 매우 흥미있는 결과로 생각되며 장기적인 자료의 축적이 필요하다고 생각된다.

그러나, 본 연구 결과에 나타난 하천별 형태 차이가 우리나라 연어 집단의 지역적 차이인지 또는 외국으로부터 이식된 치어의 방류 사업에 의한 집단 혼합에 의한 결과인지는 단정지을 수는 없으며 최근 몇년간 회귀량이 크게 증가하고 있는 양양 남대천과 그 주위의 하천이 1980년대에 들어와 관리되기 시작한 점을 감안한다면 연어 집단의 특징을 나타내는 형태 조사는 본 조사에서 하천간의 뚜렷한 형태 차이를 나타낸 두장, 미병고, 위턱의 길이를 중심으로 우리 나라에 소상하는 연어 집단이 정착될 때까지 장기적인 조사가 필요하리라 생각된다.

생물체의 동일 개체나 동일 종 내에서 다형을 나타내는 동위 유전자(isozyme)가 존재하는 것이 밝혀진 후(Markert and Moller, 1959), 어류에서는 담수산 어류인 붕어, 은어(Amano et al., 1971 ; Sato and Ishida, 1977)등에 대한 isozyme 분석 연구를 시작하여 연어과 어류인 *Salvelinus* sp.(Yoshiyasu and Humoto, 1972 ; Mayet al., 1979), *Oncorhynchus* sp.(Yoshiyasu, 1973a, b ; Arai and Yamazaki, 1979, 1980 ; Okazaki, 1982a, b, 1983 ; Bartley and Gall, 1990), Steelhead trout(Parkinson, 1984), *Salmo trutta*등 송어류(Thompson, 1985 ; Crozier and Ferguson, 1986)등에 대하여 연구가 수행되어 왔다.

isozyme분석은 Numachi et al.(1972), May et al.(1979), Okazaki(1982a, b, 1983)에 의하여 MDH, LDH, Isocitrate dehydrogenase(IDH), Superoxide dismutase(SOD) 등의 효소를 대상으로 조사된 바 있으며 중 MDH-B, LDH-A2, IDH-2 등 유전자좌는 다형(polymorphism)으로 밝혀져 있고, MDH-B는 dimeric(2량체), LDH-A2은 tetrameric enzyme(4량체)으로 알려져 있다.

이중 MDH-B유전자좌는 단일형이나 다형이나에 따라 연어의 집단을 아시아 계군과 북미 계군으로 분리할 수 있다(Okazaki, 1983). 우리나라 연어는 MDH-B의 a가 0.98, b가 0.02의 빈도를 나타내는 다형으로, MDH-B의 유전자 빈도 만으로 본다면 일본 쓰렌 계군과 같은 아시아군에 속하며, c유전자를 가지지 않는 일본 혼슈우 연어집단과 닮아 있다(Table 29). LDH-A2은 a유전자가 0.95, b가 0.05의 빈도를 나타내어 b의 빈도가 0.2이상으로 나타난 일본 혼슈우의 중부 지역인 kado, jintsu river집단(Okazaki, 1982a, b)과는 우리 나라와 거의 같은 위도상에 있으나 다른 특징을 나타내었다.

이와같이 연어가 같은 위도상이나 비교적 좁은 지역에서의 유전자 빈도에서 지역 개체군의 특징을 나타내는 것은 매우 흥미있는 사실이며 아마 오랜 세월동안 자기가 태어난 하천으로만 회귀함으로써 생긴 유전적 격리 현상에 기인된 것으로

Table 29. Comparison of the gene frequencies at each locus of chum salmon

Location	LDH-A2		MDH-B			Ref.
	a	b	a	b	c	
in Korean Rivers	0.95	0.05	0.98	0.02	0.00	present paper
Yukon River (North America)	0.75	0.25	1.00	0.00	0.00	Okazaki, 1982
Harrison River (North America)	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	〃
Hokkaido	0.84-0.95	0.05-0.16	0.96-1.00	0.00-0.04	0.00-0.1	〃
Honshu (Japan)	0.79-0.95	0.05-0.21	0.96-1.00	0.00-0.04	0.00	〃

생각되고 있으며, 이런 현상은 연어나 곱사연어(*O. gorbuska*)에 비하여 하천 생활을 오래하는 *O. nerka*, *O. kisutch*, *O. tshawytscha*, *O. masou* 등의 종에서 더 심한 것으로 알려져 있다(Grant and Utter, 1980 ; Okazaki, 1983).

연어는 대부분이 자기가 태어난 하천으로 돌아와 산란하는 습성을 가지고 있으므로 한국산 연어의 유전적 특성은 외국으로부터 도입한 연어들이 우리 나라의 하천 집단으로 완전히 안정될 때까지 계속적인 추적 조사가 필요하다고 생각된다. 또 우리 나라의 연어류는 소련에 서식하는 연어류와 같은 혈통이란 지적도 있어 (Mori, 1934), isozyme중 일본과 소련 집단의 특징을 잘 나타내는 것으로 알려져 있는 IDH-2나 α -GDH-2(Okazaki, 1982a, b)의 분석을 통하여 아시아 계군 내에서의 비교를 해 볼 필요가 있다고 생각된다.

우리나라에 서식하고 있는 연어속 어류 3종의 계측 형질 비교 결과 암컷 13개 형질, 수컷 11개 형질에서 종간 차이가 인정되었으며, 이 중 체장에 대한 기름 지느러미 기점거리, 배지느러미 기점거리, 표준 체장에 대한 체고, 미병고, 등지느러미 길이, 뒷지느러미 높이와 두장에 대한 주둥이 길이, 안경, 뺨의 길이는

암수 모두에서 종간 차이가 인정되어 성에 관계없이 연어, 산천어, 무지개송어를 구별하는 좋은 분류 형질로 나타났다.

Gunther(1866)이후 연어속과 송어속은 뒷지느러미의 형태에 의해 분리되며, 뒷지느러미의 줄기 수 역시 중요 형질로 취급되고 있다. 본 연구 결과 3종 간의 지느러미 줄기 수의 범위는 중복되기도 하지만 연어의 뒷지느러미 줄기 수는 15~16개에서 가장 높은 빈도를 나타내어(73.5%), 산천어의 13~14개, 무지개송어의 13개보다 줄기 수가 많아 다른 2종과는 차이가 인정되었다. 그 외의 계수형질 중 새조골 수, 새파 수, 측선 비늘 수에서도 3종 간 차이가 있으나, 종 내 변이가 커서 중복되는 것이 많았다. 측선 비늘 수는 산천어의 경우 105~138개 범위였는데, 문헌에 따라 160~210개(Jordan and Snyder, 1902), 190~210개(Kitahara, 1904), 112~140개(鄭, 1977)로 다양하게 기록되어 있어 앞으로 검토가 필요한 형질로 나타났다. 유문수는 종 간 차이가 뚜렷하여 좋은 분류 형질로 나타났는데, 연어의 유문수는 140, 150여개(Hart, 1973; 鄭, 1977), 140~185개(Jordan and Snyder, 1902), 140~249개(Scott and Crossman, 1973), 152~179개(松原, 1979)등 그 폭이 넓고 다양하게 기록되어 있어 앞으로 집단의 특징을 나타내는 형질로서의 사용 가능성 판단을 위한 조사가 필요하리라 생각된다.

척추골 수는 복추골에서 3종 간에 서로 중복되는 범위를 보였으나, 미추골에서 연어가 27개전후, 산천어가 24~25개인데 비하여 무지개송어는 21~23개로 뚜렷이 구분되었다. 따라서 연어류의 척추골 수를 비교할 때에는 복추골과 미추골로 나누어 사용하는 것이 종간의 차이를 나타내는데 효과적인 것으로 생각된다.

이와같은 척추골 수, 새조골 수 등 계수형질은 초기 발생시 수온 환경에 의해 달라질 수 있으므로 그 변이 폭은 크지만(Garside, 1966) 위도가 다른 지역에서 서식하는 지역 개체군의 특징을 나타내는 형질로서의 사용 가능성에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

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 분류형질로 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 비슷하였으며 *O. nerka*의 150.7%, *O. tshawytscha*의 210.6%보다는 적고, 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 실험 결과와 일치하고 있었다.

한국산 연어 수컷의 서골 형태중 SL/HL값은 45.81%이었는데 Vladykov(1962)는 연어가 68.2%로 본 실험 결과 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 개체군 끼리의 검토가 필요하다고 생각되었다.

부설골의 형태는 길이에 대한 폭(W1, W3)의 비에서 종간에 뚜렷한 차이를 나타내고 있으므로(Table 26, 27) 두개골 중에서 이미 많은 연구에 사용되어 온

서골, 상사골, 인설골, 안하골, 구개골(Vladykov, 1962 ; Smith and Stearley, 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. neka*와 이보다 더 조상형으로 알려져 있는 휘어진 형인 왕연어, 은연어, 산천어, 무지개송어의 그룹을 나누는 형질로 알려져있다(Smith and Stearly, 1989). 이번 조사 결과에서는 주상악골의 형태는 무지개송어만 휘어진 형으로 3종 중 가장 조상형에 가깝게 나타났으며 압수 차이가 거의 없고 종 간에는 뚜렷한 차이가 나타나, 압수의 형태 변이가 심한 연어과 어류의 종 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 흥연어(*O. nerka*)에서도 볼 수 있으며(Nomura, 1953 ; Vladykov, 1962), 또 이들은 주상악골의 직선형을 가진 그룹이기도 하다. 연어와 달리 끝이 뾰족하고 둥근 산천어와 무지개송어는 왕연어, 은연어와 같은 특징을 가지고 있는 무리에 속한다(Smith and Stearly, 1989).

인설골의 길이에 대한 폭의 비는 3종 간의 차이가 압수 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 압수가 모두 32.1~32.6%범위로 비교적 폭이 좁게 나타났다(Vladykov, 1962). 이러한 뚜렷한 경향으로 미루어 인설골은 두개골의 몇몇 골편과 함께 중요한 분류형질로 인정되나 압수 간의 뚜렷한 차이로 인하여 종별 비교시에는 성이 고려되어야 할 형질로 판단된다.

각설골은 하설골과 상설골 사이에 위치한 넓적한 골격으로서 그 길이는 산천어,

연어, 곱사연어, 흥연어 등에서는 짧고, 무지개송어는 길다고 알려져 있으나 (Smith and Stearly, 1989), 본 조사대상이 된 연어, 산천어와 무지개송어 사이에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

꼬리지느러미의 주기조를 지지하는 하미축골(hypural bone)은 그 형태나 수가 전갱이 5개, 당멸치 9개(金, 1978), 주둥치 2개(Myoung and Kim, 1984), 복어류 2개(金과 金, 1985), 민어과 어류 2개(Kim and Kim, 1965) 등 종 분류형질로 잘 알려져 있는데 연어, 산천어, 무지개송어는 왕연어(*O. tshawytscha*), 흥연어(*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, 종간 분류 형질과 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 나타났다.

본 실험 결과 지금까지 연어과 어류의 분류 형질로 사용되어오던 지느러미 줄기수, 옆줄 비늘 수, 새파 수, 지느러미위의 반점 유무, 상사골, 구개골 등 골격 형질 외에 두개골의 부설골, 미축골수, 미병고, 등지느러미의 기저 길이, 안경 등이 새로운 분류 형질로 나타났다.

연어속 어류의 두개골에 있어서 서골, 부설골, 상사골, 악골 중의 전상악골,안골, 인설골 등은 연어류의 계통분류학상 중요한 형질로서 진화 방향이나 분화 정도를 잘 나타내고 있는데, 담수 생활기가 짧은 연어는 연어류 중에서 가장 늦게 진화한 곱사연어나 흥연어(Smith and Stearly, 1989)와 그 형태나, 골격 형질에 있어 유사한

그룹을 형성하고 있었다. 산천어는 뒷지느러미의 형태, 상사골, 인설골, 부설골, 두개골의 액골 사이의 연골의 노출형태, 안골의 전새개골과의 접속여부, 전상악골의 윗 골판형태, 설악골, 요대골 등 대부분 골격 형질과 체형 비교에서 무지개송어와 연어의 중간 형질을 띠고 있어 Jordan(1906)의 지적과 잘 일치하고 있으며, Smith and Stealy(1989)가 제시한 계통수와도 잘 일치하고 있다. 또 이러한 형태적 분류 형질의 진화 방향은 생활사에 있어서 무지개송어는 소하성 계통에서 분리되어 육봉형으로 분화 되었다는 설(Thorpe, 1982)에도 불구하고, 연어류 전체적으로 보면 진화 방향이 담수 생활형에서 담수 생활을 최소화하려는 *O. nerka*, *O. keta*, *O. gorbuscha* 쪽으로 진화했다는 설(Tchernavin, 1937 ; Hikita, 1962 ; Hoar, 1976)과 일치하고 있다. 또, 현생의 연어무리는 대부분 200만~700만년전인 鮮新世 또는 초기 更新世(Pleistocene)에 나타나며(Nordon, 1961), 일본에서는 산천어와 거의 같은 종으로 보이는 화석이 700만~2,600만년 전 지층(신생대 제3기)에서 출토되어 산천어가 진화학적으로는 무지개송어와 연어류 사이에 위치하는 종임을 뒷받침해주고 있다(久保, 1988).

이상에서 본 바와 같이 우리 나라 연어속 어류 3종은 형태 분석 결과 상사골, 주상악골, 인설골의 형태, 안후골과 전새개골의 접속 여부 등의 특징으로 보아 무지개송어가 가장 조상형에 가깝고 다음이 산천어, 연어 순으로 진화한 것으로 나타났다.

한편, 동위유전자 분석 결과로 미루어 우리 나라의 연어는 아시아 계군에 속한다고 할 수 있으나, 측선 비늘 수, 유문수의 수와 두개골의 서골 형태등에서 이미 조사된 북태평양산(Vladykov, 1962)과 상당한 차이를 나타내어 이러한 차이가 지역 개체군의 특징을 나타내는 것인지의 여부는 성, 나이 및 개체 크기를 고려하여 세밀한 조사가 필요하리라 생각된다.

要 約

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

연어의 초기 발생과정은 다른 연어속 어류와 비슷하였으며 성장 및 체형의 변화로 부상전의 자어기, 부상기, smoit기의 3단계로 나눌 수 있었다. 초기의 골격은 섭이 활동과 호흡에 관여하는 턱 및 아가미를 구성하는 골격이 먼저 골화하였으며 대부분의 골격은 부상기에 해당하는 전장 3~4cm범위에서 골화하였다.

연어의 수컷과 암컷은 두장, 등지느러미 기점거리, 체고, 미병고, 기름지느러미, 등지느러미의 크기에서 차이를 나타내었으며, 특히 연어의 수컷은 전장에 대한 두장이 24.7%로 암컷(21.7%)보다 컸고, 두장에 대한 주둥이의 길이와 위턱은 수컷이 암컷보다 크고, 눈과 짧은 암컷이 수컷보다 컸다. 표준 체장(PBL)에 대한 체고, 미병고, 등지느러미, 기름지느러미 길이는 모두 수컷이 컸다. 조사 대상이 된 6개 하천의 연어는 암컷에서 두장, 미병고, 기름지느러미의 길이, 주둥이, 위턱 길이, 뒷지느러미 형태에서 차이를 나타내었고, 수컷에서는 두장, 체고, 항문체장, 미병고, 미병장, 기름지느러미, 체고에서 하천 간 차이를 나타내었다. 연어의 하천별 체형의 유사도에 따른 집괴 분석 결과 암컷과 수컷 모두 북쪽의 북천, 남대천, 주수천과 남쪽의 삼척 오십천, 왕피천, 강구 오십천의 두 그룹으로 나누어 졌다. 이러한 형태적 차이의 원인은 확실하지 않으나, 조사된 형질중 두장, 미병고, 위턱의 길이는 암수 모두에서 하천간에 뚜렷한 차이를 나타내었으므로 앞으로 이런 형질을 중심으로 장기적인 조사가 필요하리라 생각되었다.

한국산 연어의 MDH-B(Malate dehydrogenase) 유전자좌는 aaaa, aaab, aabb의 genotype가 나타났으며 a가 0.98, b가 0.02의 빈도를 보였다. LDH-A2(Lactate dehydrogenase) 유전자좌에는 aa, ab형의 genotype가 나타났으며, a가 0.95, b가 0.05의 빈도를 보였다.

연어속 어류인 연어, 산천어, 무지개송어의 계측, 계수형질 및 골격을 비교한 결과 체형에선 암컷이 두장을 비롯한 13개, 수컷이 11개 형질에서 차이가 있었고, 계수 형질에선 유문수와 새파수에서 가장 뚜렷한 차이를 나타내었다. 이들 3종은 암, 수컷 모두에서 표준체장에 대한 체고, 미병고, 등지느러미 길이, 뒷지느러미의 길이와 두장에 대한 주둥이 길이, 안경, 위턱, 뺨의 비에서 차이를 보였다. 이중 두장에 대한 안경은 암수 모두에서 무지개송어, 산천어, 연어 순으로 크게 나타나 3종을 분류할 수 있는 새로운 형질로 나타났다. 유문수 수는 연어가 103~236개(평균 151개)로 무지개송어 37~84개(평균 56개), 산천어 23~63개(평균 41개)로 종간 좋은 분류 형질로 나타났다.

두부 골격 중에서는 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 체형 및 골격 형질 분석 결과 알려져 있는 분류 형질외에 안경, 부설골의 형태, 설악골의 형태등이 새로운 형질로 나타났고, 산천어는 연어와 무지개송어의 중간 형질을 가지고 있는 종으로 나타나, Smith and Stealy(1989)의 계통수와 잘 일치하였다.

参 考 文 献

- Alderdice, D.F, W.P. Wickett, and J. R. Brett. 1958. Some effects of temporary exposure to low dissolved oxygen levels on Pacific salmon eggs. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15(2) : 229-249.
- Allendorf, F. W., and S. R. Phelps. 1981. Use of frequencies to describe population structure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38 : 1507-1514.
- Amano, H., K. Hashimoto, and F. Matsuura. 1971. Starch gel electrophoresis of hemoglobin of "Funa". Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 37(1) : 48-54.
- Arai, K., and F. Yamazaki. 1979. Developmental changes of lactate dehydrogenase (LDH) isozymes in the hybrid between masu salmon(*Oncorhynchus masou*) and pink salmon(*O. gorbuscha*). Bull. Fac. Fish. Hokkaido. Univ. 30(2) : 124-128.
- _____. 1980. Developmental genetics on lactate dehydrogenase (LDH) isozyme during early embryogenesis in salmonids. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 31(3) : 223-228.
- Bartley, D. M., and G. A. E. Gall. 1990. Genetic structure and gene flow in chinook salmon populations of California. Trans. Ame. Fish. Soc. 119 : 55-71
- 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.
- _____. 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.
- _____. 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.

- _____. 1986a. Comparative developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from the Fraser River, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 252-262.
- _____. 1986b. Sexual dimorphism in the length of upper jaw and adipose fin of immature and maturing Pacific salmon (*Oncorhynchus*). Aquaculture. 58 : 269-276.
- _____. 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.
- _____. 1988. Variation in developmental biology of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in British Columbia. Can. J. Zool. 66(12) : 2634-2648.
- Beacham, T. D. and R. E. Withler. 1985a. Heterozygosity and morphological variability of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) from southern British Columbia and Puget Sound. Can. J. Genet. Cytol. 27(2) : 571-579.
- _____. 1985b. Heterozygosity and morphological variability of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in southern British Columbia. Genetical Soc. Great Britain. 54 : 313-322.
- _____. 1987. Developmental stability and heterozygosity in chum (*Oncorhynchus keta*) and pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) salmon. Can. J. Zool. 65(7) : 1823-1826.
- Berg, W. J., and S. D. Ferris. 1984. Restriction endonuclease analysis of salmonid mitochondrial DNA. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41 : 1041-1047.
- Berg, W. J., and G. A. E. Gall. 1988. Gene flow and genetic differentiation among California coastal rainbow trout populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45 : 122-131.
- Cavender, T. M., and R. R. Miller. 1982. *Salmo australis*, a new species of fossil salmonid from southwestern Mexico. Contrib. Mus. Paleontol. Univ. Mich. 26 : 1-17.
- Crozier, W. W., and A. Ferguson. 1986. Electrophoretic examination of the population structure of brown trout, *Salmo trutta* L., from the lough neagh catchment, Northern Ireland. J. Fish Biol. 28 : 459-477.

- Davis, M. W., and B. L. Olla. 1987. Aggression and variation in growth of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) juveniles in seawater : effects of limited rations. Can. J. Fish. Aquat. sci. 44 : 192-197.
- Dorofeyeva, Ye. A., Ye. A. Zinovyev, V. A. Kilukanov, Yu. S. Reshetnikov, K. A. Savvaitova, and G. Kh. Shaposhnikova. 1980. The present state of research into the phylogeny and classification of salmonoidei. J. Ichthyol. 20(5) : 1-20.
- Dymond, J. R., and V. D. Vladykov. 1934. The distribution and relationship of the salmonoid fishes of north America and north Asia. Proc. Fifth Pac. Sci. Congress (Canada) : 3741-3750.
- Garside, E. T. 1966. Developmental rate and vertebral number in salmonids. J. Fish. Res. Bd. Canada. 23(10) : 1537-1551.
- Gunther, A. 1866. Catalogue of fishes in the collection of the British Museum. Vol.6. 368pp.
- Hart, J.R. 1973. Pacific fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Bd. Canada. 180 : 740pp.
- Hashimoto, S. 1974. The effect of the water temperature on the development of chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum), eggs and sac fry. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 28 : 37-43(in Japanese).
- _____. 1979. A research on culture chum fingerlings for stocking—I. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 33 : 25-30(in Japanese).
- _____. 1982. Research on culture of chum fingerlings for stocking—II. Consistency of diet, feeding skull, frequency, time, and insufficient water flow. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 36 : 19-37(in Japanese).
- Henning, W. 1966. Phylogenetic systematics. University of Illinois Press, Urbana. 263pp.
- Hikita, T. 1962. Ecological and morphological studies of the genus *Oncorhynchus* (Salmonidae) with particular consideration on phylogeny. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery, No.17. 97pp.

- Hiyama, Y., Y. Nose, M. Shimizu, T. Ishihara, H. Abe, R. Sato, and T. Maiwa. 1972a. Predation of chum salmon fry during the course of its seawater migration—I. Otsuchi river investigation 1961~1963. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 38(3) : 211-221.
- _____. 1972b. Predation of chum salmon fry during the course of its seawater migration—II. Otsuchi river investigation 1964—1965. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 38(3) : 223-229.
- Hoar, W. S. 1976. Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 1234-1252.
- Hynes, R. A., E. J. Duke, and P. Joyce. 1989. Mitochondrial DNA as a genetic marker for brown trout, *Salmo trutta* L., populations. J. Fish. Biol. 35: 687-701.
- Irie, T. 1985a. Pccurrence and distribution of offshore migrating juvenile chum salmon along the Pacific coast northern Japan. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 51(5) : 749-754.
- _____. 1985b. The origins and migration routes of offshore migrating juvenile chum salmon along the Pacific coast of northern Japan. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 51(7) : 1103-1107.
- Jordan, D. S. 1906. Note on the salmon and trout of Japan. Ann. Zool. Jap. 5 : 161-162.
- Jordan, D. S., B. W. Evermann, and H. W. Clark. 1930. Checklist of the fishes of North and Middle America. Report of the U.S. Commissioner of Fisheries for 1928, appendix X. 670pp.
- Jordan, D. S., and C. H. Gilbert. 1883. A synopsis of the fishes of North America. US Natl. Mus. Bull. 16 : 1-1018.
- Jordan, D. S., and J. O. Snyder. 1902. A review of the salmonoid fish of Japan. Proc. U. S. Nat. Mus. 24 : 567-593.
- Kaeriyama, M. 1989. Comparative morphology and scale formation in four species of *Oncorhynchus* during early life. Japan. J. Ichthyol. 35(4) : 445-452.

- Kaeriyama, M., and T. Bunya. 1982. Morphological and ecological characteristics of phasic development from fry to fingerling in the chum salmon. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 48(11) : 1537-1544.
- 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(in Korean).
- Kanno, Y., and I. Hamai. 1969. On relative growth of chum salmon fry *Oncorhynchus keta* Walbaum. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 20(2) : 75-81(in Japanese)
- Kendall, A. W. Jr., and R. J. Behnke. 1984. Salmonidae: development and relationships. pages 142-149 in H. G. Moser, ed. Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and herpetologists special publication 1.
- Kendall, 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. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(3) : 287-295.
- _____. 1982. Correlation between geographic distance in population of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 48(12) : 1703-1709.
- _____. 1984. Relationship between average heterozygosity and river population size in chum salmon. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 50(4) : 603-608.
- 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—XIII(in Korean).
- Kitahara, T. 1904. Preliminary note on the salmon and trout of Japan. Ann. Zool. Japan. 3 : 117-120.

- Kobayashi, T. 1968. Some observation on the natural spawning ground of chum and pink salmon in Hokkaido. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 22 : 7-13.
- Leary, R. F., F. W. Allendorf, and K. L. Knudsen. 1989. Genetic difference among rainbow trout spawned on different days within a single season. The progressive Fish-Culturist 51 : 10-19.
- Linnaeus, C. 1758. Systema naturae. Facsimile of tenth edition. British Museum(Natural History). 1939.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. 337p. Wiley-Interscience, New York.
- Markert, C. L., and F. Moller. 1959. Multiple forms of enzymes : Tissue, ontogenetic, and species specific patterns. Proc. Nat. Acad. Sci. 45 : 753-763.
- Martin, W. R. 1949. The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. Toronto Studies, Biol., 58, Pub. Ont. Fish. Res. Lab., 70 : 1-91.
- Matsuoka, M. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the sea bream. Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab. 65 : 1-114.
- May, B., J. E. Wright, and M. Stoneking. 1979. Joint segregation of biochemical loci in salmonidae : Results from experiments with *Salvelinus* and review of the literature on other species. J. Fish. Res. Board Can. 36 : 1114-1128.
- Mook, D. 1977. Larval and osteological development of the sheephead, *Archosargus probatocephalus*(Pisces : Sparidae). Copeia. 1977. (1) : 126-133.
- Mori, T. 1934. On the geographical distribution of Korean salmonidae. Proc. Fifth Pac. Sci. Congress (Canada,1933). 5 : 3775-3793.
- 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) : 1-22(in Korean).

- Nakajima, M., A. Kijima, and Y. Fujio. 1986. Genetic feature of natural and cultured population of masu salmon. *Tohoku. J. Agr. Res.* 37 : 1-2.
- Neave, F. 1958. The origin and speciation of *Oncorhynchus* Trans. Roy. Soc. Can., 52 : 25-39.
- Nishida, H., and T. Kobayashi. 1971. Yolk absorption and translocation of liver in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) development. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch.* 25 : 35-43.
- Nomura, M. 1953. On the taxonomic characters in the mouth cavity of salmonoid fishes. *Japan. J. Ichthy.* 2 : 261-271(in Japanese).
- _____. 1954. On the taxonomic characters in the mouth cavity of salmonoid fishes. *Japan. 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.
- Numachi, K., Y. Matsumiya, and R. Sato. 1972. Duplicate genetic loci and variant forms of malate dehydrogenase in chum salmon and rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 38(7) : 699-706.
- Okada, S., and T. Nishiyama. 1970. Notes on morphological differences between the juveniles of chum and pink salmon in shore waters. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 20(4) : 277-287.
- Okazaki, T. 1982a. Geographical distribution of allelic variation of enzymes in chum salmon *Oncorhynchus keta*, river populations of Japan and the effects of transplantation. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 48(11) : 1525-1535.
- _____. 1982b. Genetic study on population structure in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab.* (19) : 25-116.
- _____. 1983. Genetics structure of chum salmon *Oncorhynchus keta* river populations. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 49(2) : 189-196.

- _____. 1986. Distribution, migration and possible origins of genetically different populations of chum salmon *Oncorhynchus keta* along the eastern coasts of northern Japan. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 52(6) : 983-994.
- Oshima, M. 1934. Life-history and distribution of the freshwater salmon founds in the water of Japan. Proc. Fifth Pac. Sci. Congress (Canada, 1933). V5 : 3751-3733.
- Parkinson, E. A. 1984. Genetic variation in populations of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) in British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41 : 1412-1420.
- Regan, C. T. 1914. The systematic arrangement of the fishes of the family, Salmonidae. Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. XIII(Eighth Series) : 405-408.
- Rounsefell, G. A. 1962. Relationships among North American salmonidae. US Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. No. 131, 58 : 171-185.
- Sano, S. 1951. On the stock of salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) in the coastal waters of Japan and their homing instinct. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 6(1, 2) : 1-10.
- _____. 1954. The ecological and propagation of genus *Oncorhynchus* found in northern Japan. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 14 : 21-89.
- Sato, R., and R. Ishida. 1977. Genetic variation in malate dehydrogenase and other isozymes in white muscle of ayu (*Plecoglossus altivelis*). Bull. Fish. Res. Lab. 27(2) : 75-84.
- Savvaitova, K. A. 1975. The population structure of *Salmo mykiss* in Kamchatka. J. Ichthyol. 15(6) : 876-888.
- Scott, W. B., and E. J. Crossman. 1973. Freshwater fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 184 : 966pp.
- Seeb, J. E., and G. D. Miller. 1990. The integration of allozyme analyses and genomic manipulations for fish culture and management. in electrophoretic and isoelectric focusing techniques in fisheries management. CRC Press, Boca Raron, FL. pp. 265-279.

- Seeb, J. E., and L. W. Seeb. 1986. Gene mapping of isozyme loci in chum salmon. *The Journal of Heredity*. 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. *America Fish. Soc.* 115 : 448-454.
- Shaw, C. R., and R. Prasad. 1970. Starch gel electrophoresis of enzyme-A compilation of recipes. *Biochemical Genetics*. 4 : 297-320.
- Shimizu, I. 1984. Characteristics of water supplies in salmon hatcheries of Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch.* 38 : 57-77.
- Smith, G. R., and R. F. Stearly. 1989. The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. *Fisheries*. 14(1) : 4-10.
- Sneath, P. H. A., and R. R. Sokal. 1973. *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 573pp.
- Soin, S. G. 1980. Types of development of salmoniform fishes and their taxonomic importance. *J. Ichthyol.*, 20(1) : 49-56.
- Takakazu, O. 1976. Early life history of the Gonostomatid fish, *Poll-ichthys maui*, in the Oceanic region of southern Japan. *Jap. J. Ichthyol.* 23(1) : 43-54.
- Tchernavin, V. V. 1918. The nuptial changes in the skeleton of the salmon. *Izvestica Otdela Rybovodstva*, 1(11) : 6-80.
- _____. 1937. Skulls of salmon and trout. *Salmon Trout Mag.* 88 : 235-242.
- Thompson, D. 1985. Genetic identification of trout strains. *Aquaculture*. 46 : 341-351.
- Thorpe, J. E. 1982. Migration in salmonids, with special reference to juvenile movements in freshwater.

- Utter, F., G. Milner, G. Stahl, and D. Teel. 1989. Genetic population structure of chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, in the pacific north-west. Fish. Bull. U. S. 87 : 239-264.
- Vasil'yev, V.P. 1975. Karyotypes of different forms of the Kamchatka trout, *Salmo mykiss* and the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Ichthyol. 15(6) : 889-900.
- Vladykov, V. D. 1962. Osteological studies on pacific salmon of the genus *Oncorhynchus*. Bull. Fish. Res. Board Can. 136 : 172pp.
- _____. 1963. A review of salmonid genera and their broad geographical distribution. Trans. R. Soc. Can. Series 4, Vol. 1, Section 3 : 459-504.
- Walbaum, J. J. 1792. Petri Artedi renovaati, i.e., bibliotheca et philosophia ichthyologica. Ichthyologiae pan III. Grywewaldiae. A. F. Roese. 723pp.
- Yamada, J. 1971. A fine structural Aspect of the development of scales in the chum salmon fry. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 37(1) : 18-29.
- Yamanaka, H., K. Yamaguchi, K. Hashimoto, and F. Matsuura. 1967. Starch-gel electrophoresis of fish hemoglobins-III. Salmonid fish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 33(3) : 195-203.
- Yoneda, T., and Y. Ishihara. 1973. Disc electrophoretic patterns of the blood serum proteins from chum salmon, *Oncorhynchus keta* and cherry salmon, *Oncorhynchus masou*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 24(2) : 76-89.
- Yoshiyasu, K., and Y. Humoto. 1972. Starch-gel electrophoresis of hemoglobins of freshwater salmonid fish in southwest Japan-I. genus *Salvelinus* (Char). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 38(7) : 779-788.
- Yoshiyasu, K. 1973a. Starch-gel electrophoresis of hemoglobins of freshwater salmonid fish in southwest Japan-II. Genus *Oncorhynchus* (Salmon). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39(1) : 97-114.
- _____. 1973b. Starch-gel electrophoresis of hemoglobins of freshwater salmonid fish in northeast Japan. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39(4) : 449-459.

- 고철환. 1988. 수리분류학. 237p. 성음사, 서울.
- 國立水産振興院. 1987. 韓國의 연어 人工孵化 防流事業 現況. 養殖資料集 6號 : 101p.
- 金甲泰. 金鍾斗. 朱泰根. 1967. 韓國 東海岸의 연어(해) 逆上動態와 人工孵化 防流에 대한 試驗, 水振淡水養殖試驗 事業報告(1964, 1965, 1966 종합) : 6-16.
- 金甲泰. 朱光淵. 1968. 연어(해) 人工孵化 및 標識防流. 水振淡水養殖 事業 報告. 3 : 18-39.
- 金英燮. 金容億. 1985. 참복科 魚類의 外部形態와 内部骨骼 比較. 釜山水大 研報 25(1) : 1-25.
- 金容億. 1978. 魚類學 總論. 170p. 太和出版社, 釜山
- 水産廳. 美國經濟協助處. 1967. 韓國의 연어, 송어 資源開發調查報告書, 5-36, 41-45.
- 水産廳. 美國經濟協助處. 1973. 大韓民國의 연어孵化場 調查報告 : 10-103.
- 吳奉世. 朱泰根. 1986. 연어 稚魚成長에 미치는 飼料의 水分含量의 影響에 대하여. 水振研究報告. 39 : 165-169
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 727p. 一志社, 서울.
- 鄭汐朝. 1972. 연어. 송어養殖에 關한 研修報告書. 404p. 水産廳.
- 韓國송어養殖協議會. 1990. 韓國송어養殖二十五周年記念集. 243p. 美成社, 江陵.
- 久保達郎. 1988. 日本のサケマス-その生物學と増殖事業. たくぎん總合研究所. 1988 : 30-38.
- 松原喜代松. 1966. 動物系統分類學 9(中). 531p. 中山書店, 東京.
- _____. 1979. 魚類の形態と檢索 I. p.789, 石崎書店, 東京.
- 山嶋和雄. 鈴木 亮. 1968. 日本産サケ屬 2, 3種における鱗相の比較研究. 淡水 年報. 18(1) : 49-59.
- 沖山宗雄. 1979. 稚魚分類學入門 ①. 幼期形態の讀みかた. 海洋と生物2, 1(2) : 53-59.

附 錄

Appendix I. Results of Duncan's multiple range test in female of *Oncorhynchus keta*.

HL / FL				CPD / PBL			
Duncan	Grouping	Mean	N RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N RIVER
	A	22.608	5 3		A	8.126	15 4
	A				A		
	A	22.258	8 6		A	8.125	8 6
	A				A		
	A	22.189	15 4		A	7.958	17 5
	A				A		
B	A	21.794	17 5	B	A	7.509	18 2
B				B	A		
B		21.294	18 2	B	A	7.404	5 3
B				B			
B		21.060	14 1	B		6.944	14 1

ADL / PBL				SnL / HL			
Duncan	Grouping	Mean	N RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N RIVER
	A	2.595	8 6		A	34.705	8 6
	A				A		
	A	2.368	5 3		A	34.483	15 4
	A				A		
	B	1.783	17 5		A	33.090	5 3
	B			B	A		
	B	1.653	14 1	B	A	32.616	17 5
	B			B	A		
	B	1.643	15 4	B	A	32.372	14 1
	B			B			
	B	1.538	18 2	B		30.793	18 2

UJ / HL				AL / AH			
Duncan	Grouping	Mean	N RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N RIVER
	A	60.794	5 3		A	123.011	8 6
	A				A		
	A	60.419	18 2		A	118.506	17 5
	A				A		
	A	60.044	14 1	B	A	116.838	15 4
	B			B	A		
	B	53.316	17 5	B	A	112.340	18 2
	B			B	A		
	B	52.900	15 4	B	A	111.112	5 3
	B			B			
	B	51.876	8 6	B		105.591	14 1

Appendix II-1. Results of Duncan's multiple range test in female of *Oncorhynchus keta*.

HL / FL				BD / FL					
Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER
	A	25.684	15	4		A	21.630	8	3
	A					A			
B	A	25.378	13	5		A	21.525	13	5
B	A					A			
B	A C	24.566	8	3	B	A	21.393	15	4
B	C				B	A			
B	C	24.360	6	1	B	A	21.264	10	6
	C				B	A			
	C	24.151	10	6	B	A	20.472	6	1
	C				B				
	C	23.906	16	2	B		20.074	16	2

BD / PBL				CPL / PBL					
Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER
	A	26.736	13	5		A	20.368	6	1
	A					A			
	A	26.541	15	4	B	A	19.342	10	6
	A				B	A			
B	A	25.675	10	6	B	A	19.332	16	2
B	A				B				
B	A	25.599	8	3	B		18.992	8	3
B					B				
B		24.617	6	1	B		18.579	15	4
B					B				
B		24.383	16	2	B		18.418	13	5

CPD / PBL				ADL / PBL					
Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER	Duncan	Grouping	Mean	N	RIVER
	A	8.500	10	6		A	3.372	10	6
	A					B	2.446	8	3
	A	8.497	15	4	B				
	A				B		2.370	15	4
	A	8.420	13	5	B				
B		7.686	8	3	B		2.365	6	1
B					B				
B		7.647	6	1	B		2.311	16	2
B					B				
B		7.534	16	2	B		2.256	13	5