

## 한국산 연어속 어류의 형태학적 연구 - I 연어, *Oncorhynchus keta*의 난 발생 및 자치어의 형태

명 정 구 · 김 용 익\*

한국해양연구소 · 부산수산대학교 해양생물학과\*

1989년, 1990년 12월 강원도 양양군 남대천에서 채포한 연어로부터 수정난을 받아 양양내수면연구소와 한국해양연구소, 부화, 사육실에서 난 발생 과정 및 자치어의 형태를 관찰하였다.

수정난은 평균 난경이 7.2mm이며 주황색, 적색을 띤 분리 침성난이다. 부화까지의 적산 온도는 480~531℃였다. 부화직후의 자어는 전장이 1.80~2.56cm범위이며 커다란 난황을 갖고 바닥에 누워 있었다. 부화후 35일이 지난 평균 전장 3.56cm인 자어는 난황을 완전히 흡수하고 체측에 7~11개의 parr무늬가 나타나 치어(fry)기에 이른다. 부화후 3개월이 지나면 평균 전장이 5.67±0.53cm로 자라고 몸은 은색 광택을 띠면서 스몰트(smolt)가 된다.

연어의 초기 발육과정은 성장 체형의 변화로 이루어 1) 부상전의 자어기, 2) 부상기, 3) 스몰트기의 3단계로 나눌 수 있었다. 부상기에는 전장에 대한 주둥이, 몸통 길이, 체고의 비성장 속도가 빨랐다.

### 서 론

연어(*Oncorhynchus keta*)는 왕연어(*O. tshawytscha*), 곱사연어(*O. gorbuscha*), 흥연어(*O. nerka*), 은연어 (*O. kisutch*), 시마연어(*O. masou*)등과 함께 연어과(Salmonidae) 연어속(*Oncorhynchus* spp.)에 속하는 어류로 북태평양과 북극해에 서식한다(Dymond and Vladykov, 1934; 鄭, 1977).

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, 방류하천의 생태(Hiyama *et al.*, 1972 a, b; Hashimoto 1982), 형태변화와 유영 및 섭이행동(Kaeriyama and Bunya, 1982), 산란 환경(Kobayashi, 1968), 부화에 미치는 환경요인(Hashimoto, 1974; Shimizu, 1984), 난황 흡수 및 간 발달(Nishida and Kobayasi, 1971), 방류치어의 사육(Hashimoto, 1979; Kaeriyama and Bunya, 1982), 치어의 상대성장(Kanno and Hamai, 1969), 비늘의 발달(Yamada, 1971; Kaeriyama, 1989), 강하치어의 성장(Davis and Olla, 1987), 강하치어의 형태(Okada and Nishiyama, 1970), 회유(Sano, 1951; Irie, 1985 a, b)등에 관한 연구가 있으며, 단편적이거나 초기 감모 현상과 형태적 생태적 변화 사이의 관계를 확실히 하여 효율적인 연어 자원관리를 하려는 노력이 계속되어 왔다.

우리나라의 연어에 대한 연구는 표지 방류(金 등, 1967; 金·朱, 1968), 초기사료 효과(吳·朱, 1986)에 대한 단편적인 연구가 있으며, 그외 양식에 대한 연구 보고서(鄭, 1972), 연어 송어 자원개발조사 보고(水産聽, 美國經濟協助處, 1967, 1973)가 있을 뿐이다.

본 연구는 한국산 연어 집단의 형태적 특징을 조사하기 위한 연구의 일환으로 우리나라 하천에 소상하는 연어를 대상으로 난에서 인공 부화 후 smolt까지의 난 발생 과정 및 초기 생활사에 있어서의 형태적 특징과 체형 변화를 조사하였다.

끝으로 본 연구의 진행에 있어 친어와 부화장 시설을 제공해주신 양양내수면연구소 임직원 여러분과 부화 사육, 자료정리에 애써 주신 한국해양연구소 생물공학실원, 부산수산대학교 해양생물학과 어류학 실험실원 일동께 감사드린다.

### 재료 및 방법

연어의 초기 발생과정은 1989년 12월, 1990년 12월 양양내수면연구소 실내부화실과 한국해양연

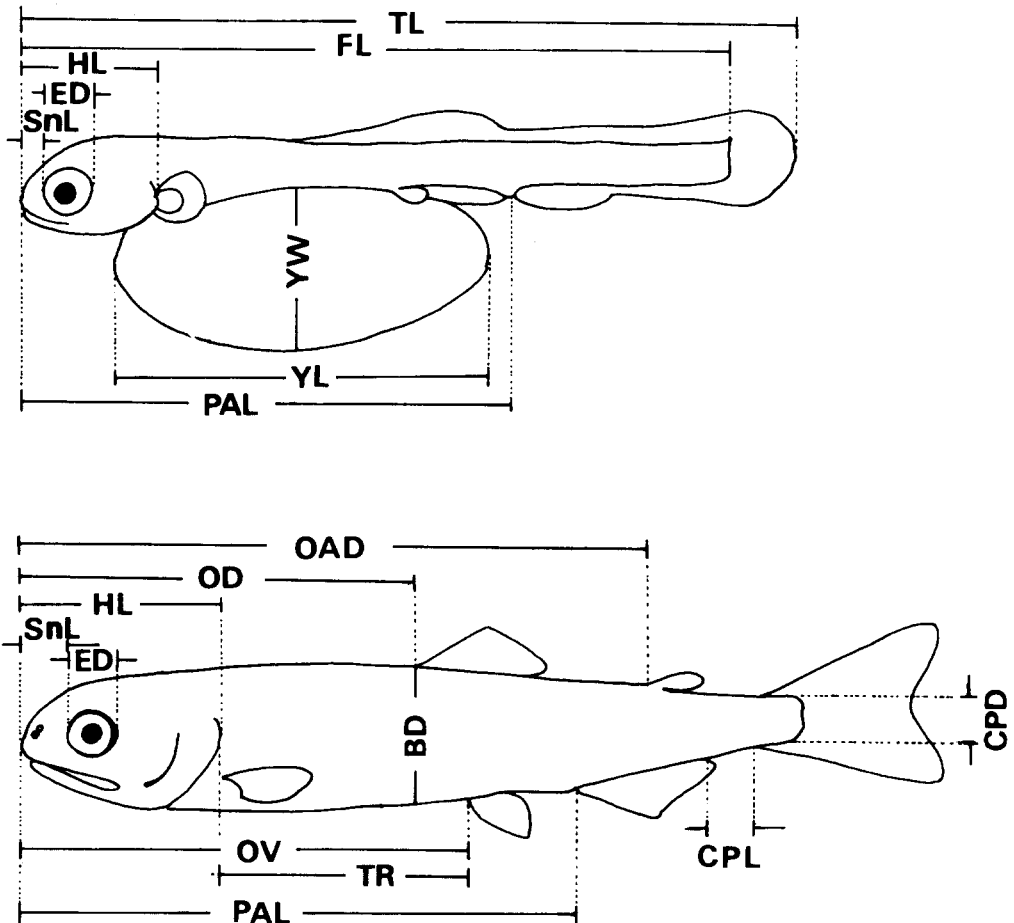


Fig. 1. Diagram showing the method of measuring body parts of *Oncorhynchus keta* a. alevin, b. fry and smolt.

TL, total length; FL, fork length; HL, head length; ED, eye diameter; SnL, snout length; PAL, preanal length; YL, yolk length; YW, yolk width; OAD, length of origin of adipose fin; OD, length of origin of dorsal fin; BD, body depth; OV, length of origin of ventral fin; CPL, caudal peduncle length; CPD, caudal peduncle depth.

구소 수조실에서 관찰하였으며, 인공수정용 채란과 채정은 강원도 양양군 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 옮겨졌으며, 발생이 진행되는 동안 수생균(水生菌)의 발생 억제를 위하여 말라카이트그린(4ppm/1시간)을 3일 간격으로 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 수정란을 포르말린 5% 용액에 고정시켰으며 고정된 난들은 입체 현미경 밑에서 난각을 제거한 후 발생단계와 형태를 관찰, 스케치 및 사진촬영을 하였다. 부화자어의 형태발달은 발안란을 한국해양연구소의 FRP 수조(1톤, 순환여과식)로 옮겨 부화시킨 자어를 대상으로 관찰하였다. 부상자어부터는 송어 초기 사료를 1일 5~6회씩 투여하였으며, smolt가 된 3월 7일부터는 해수에 순치시켜 해수사육을 실시하였다. 사육기간 중 수온은 9.8~23.5℃범위였다. 부화자어 관찰용 표본은 부화 후 2개월까지는 7일 간격으로, 그후는 20일 간격으로 10~60마리씩 무작위 추출하여 5% 포르말린에 고정된 총 363마리(전장 1.8~13.4cm)를 대상으로 하였다.

성장에 따른 체형의 변화는 성장속도의 변화가 나타난 부상전후와 스몰트기 전후의 변곡점을 기준으로 I, II, III 단계로 나누어 전장(TL)과 두장(HL)에 대한 몸각 부위(Fig. 1)를 Huxley의 상대성장식(Martin, 1949),  $\log Y = \log b + k \log x$ 으로 검토하였다.

표본의 몸 각 부위의 측정은 입체현미경과 1/20 vernier caliper를 사용하였으며 스케치는 입체현미경의 drawing tube를 사용하였다.

## 결 과

### 1. 난내 발생 과정

연어의 인공 수정된 수정란 및 발생 과정은 다음과 같다.

난: 연어알은 난황이 주황색 또는 붉은 빛을 띠며, 주홍색을 띤 수많은 소유구를 갖고 있는 분리침성난이다. 난각은 반투명하고 완전한 구형이 아니며 약간 찌부러진 모양을 하고 있다. 20개를 일렬로 배열한 후 측정된 알의 평균지름은 7.2mm, 알의 평균무게는 0.23g(성장 체장 61cm 개체)이었다.

난발생과정: 연어의 알은 난각이 반투명하여 현미경하에서의 발생과정의 관찰이 어려워 5% 포르말린 용액에 고정된 수정란의 난각을 핀셋으로 제거하면서 관찰한 난발생 과정은 다음과 같다.

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

6일째에는 배순이 자라 올라가기 시작하며(Fig. 2, D), 7일째 배체는 난황의 위로 차츰 신장되어 가며 배체의 몸에 16개 전후의 근절이 나타난다. 8일후에는 안포와 눈의 렌즈가 발달하고(Fig. 2, E) 11일후에는 40~45개의 근절이 발달하며 원구는 폐쇄 직전에 있다(Fig. 2, F). 12일째에는

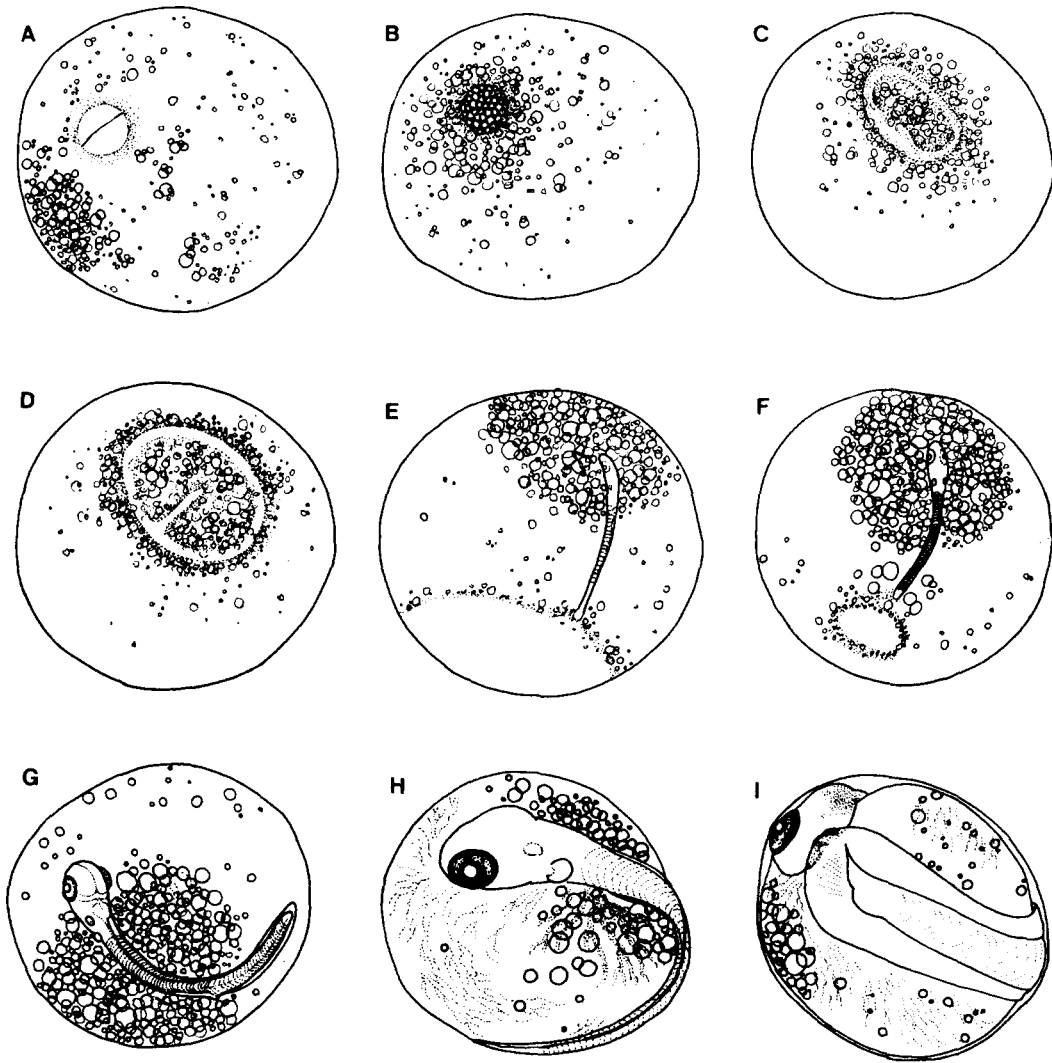


Fig. 2. The eggs development of *O. keta*.

A. 2cells stage, 10hours. after fertilization; B. Morula stage, 20-24hrs. after fertilization; C. Gastrula stage, 5days after fertilization(DAF); D. Embryonic shield stage, 60AF; E. Formation of the eye vesicles and somite, 8ADF; F. Overgrowth of yolk almost completed, 11ADF; G. Formation of membranous fin, 16ADF; H. Eyed egg stage, 23DAF; I. The embryo just before hatching, 35DAF.

62개(38+24)근절이 발달하며 가는 직선상의 소화관이 생기는데 이때 배체의 길이는 6mm전후이다. 그후 배체는 차츰 굽어지며 특히 머리 부분이 두화(頭化)현상을 나타내며, 16일경에는 눈의 가장 자리에 작은 과일상 흑색소포가 나타나기 시작한다. 이포 뒤쪽에 가슴지느러미가 나타나며 난황 위에는 혈관들이 식별된다. 이 시기에 꼬리가 난황에서 분리되고 막지느러미가 발달하며 꼬리의 근절은 29개이다(Fig. 2. G). 수정후 20일경부터는 난각을 제거하지 않은 상태에서도 검은 색을 띤 눈이

관찰되는 발안기(eyed egg stage)의 배체가 되는데 이 시기까지의 적산온도는 약 280℃였다. 배체는 난황 둘레의 약 1/2정도까지 성장하며, 23일경에 전 배체가 발안하였다(적산온도 319℃, Fig. 2. H). 수정 후 35일이 지나면 배체는 난황주위를 일회전할 정도까지 자라며, 막지느러미에는 등, 뒷지느러미의 기저원기와 돌기모양의 배지느러미가 나타나고, 척색 끝은 약간 위로 휘어지는데 아래에 5~6개의 꼬리지느러미 줄기가 희미하게 나타난다. 두정부에는 흑색소포가 나타나기 시작하여 회색을 띤다(Fig. 2. I).

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

## 2. 성장에 따른 형태발달

갯 부화한 연어자어(alevin)는 1.80~2.56cm 크기이며, 커다란 난황을 갖고 바닥에 누워 있으며 가끔 꿈틀거린다. 눈은 잘 발달되었고 홍채부분은 은색광택을 띠며, 등지느러미와 뒷지느러미에는 12개의 기저원기가 나타난다. 꼬리지느러미에는 19개의 줄기가 나타났다. 가슴지느러미와 배지느러미는 막상이다. 막지느러미는 가슴지느러미 부분 가장자리에서 시작하여 항문까지, 또 항문에서 난황까지 이어지며, 등지느러미와 뒷지느러미의 뒷쪽은 오목하다. 근절수는 64~65개(43~44+20~21)이다. 난황은 길이가  $0.94 \pm 0.09$ cm(평균±표준편차), 폭이  $0.47 \pm 0.04$ cm(n=61)의 크기였으며, 직경이 0.1cm 전후의 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. 3. A).

부화 7일후 자어는 전장이 2.10~2.87cm(평균  $2.45 \pm 0.20$ cm, n=38)이고, 몸전체의 흑색소포가 골고루 산재하며 등지느러미와 뒷지느러미의 윤곽이 나타나고 각각 7, 10개의 지느러미 줄기가 나타난다. 기름지느러미가 생길 부분의 막지느러미는 약간 볼록하다. 꼬리지느러미의 뒷 가장자리 윤곽이 직선형에 가깝게 변하고 지느러미줄기 사이에 작은 흑색소포가 발달하여 지느러미 중에서 처음으로 나타나고 있다(Fig. 3. B).

부화 14일후 자어는 전장이 2.22~3.28cm(평균  $2.78 \pm 0.25$ 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 갖추어진다(Fig. 3. C).

부화 20일후의 자어(전장 2.65~3.23cm)는 난황이 상당히 흡수되었으며 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. 아래턱과 위턱에 이빨이 발생하며, 흑색소포는 두부의 머리쪽과 몸통, 꼬리에 고루 분포하게 되며 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. 3. D).

부화후 약 30일이 지나면 전장이 2.82~3.39cm( $3.05 \pm 0.17$ cm, n=20)로 성장하며, 약 1/3정도가 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

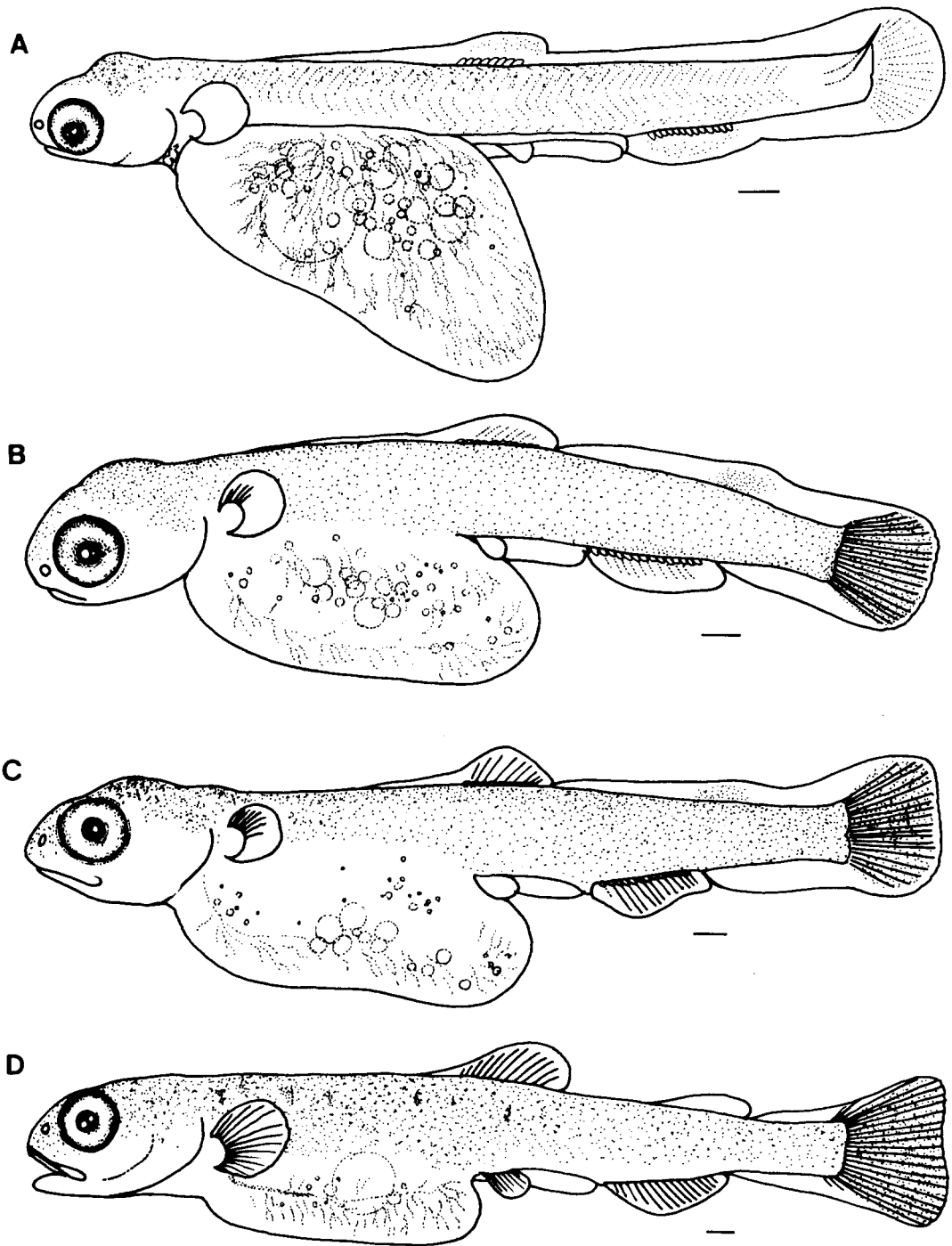


Fig. 3. The alevin of *O. keta*.

A. Hatched alevin, 22.4mm in total length : B. 7 days after hatching(DAH), 24.0mm in total length : C. 14DAH, 27.8mm in total length : D. 20DAH, 28.8mm in total length. scale bar: 1mm.

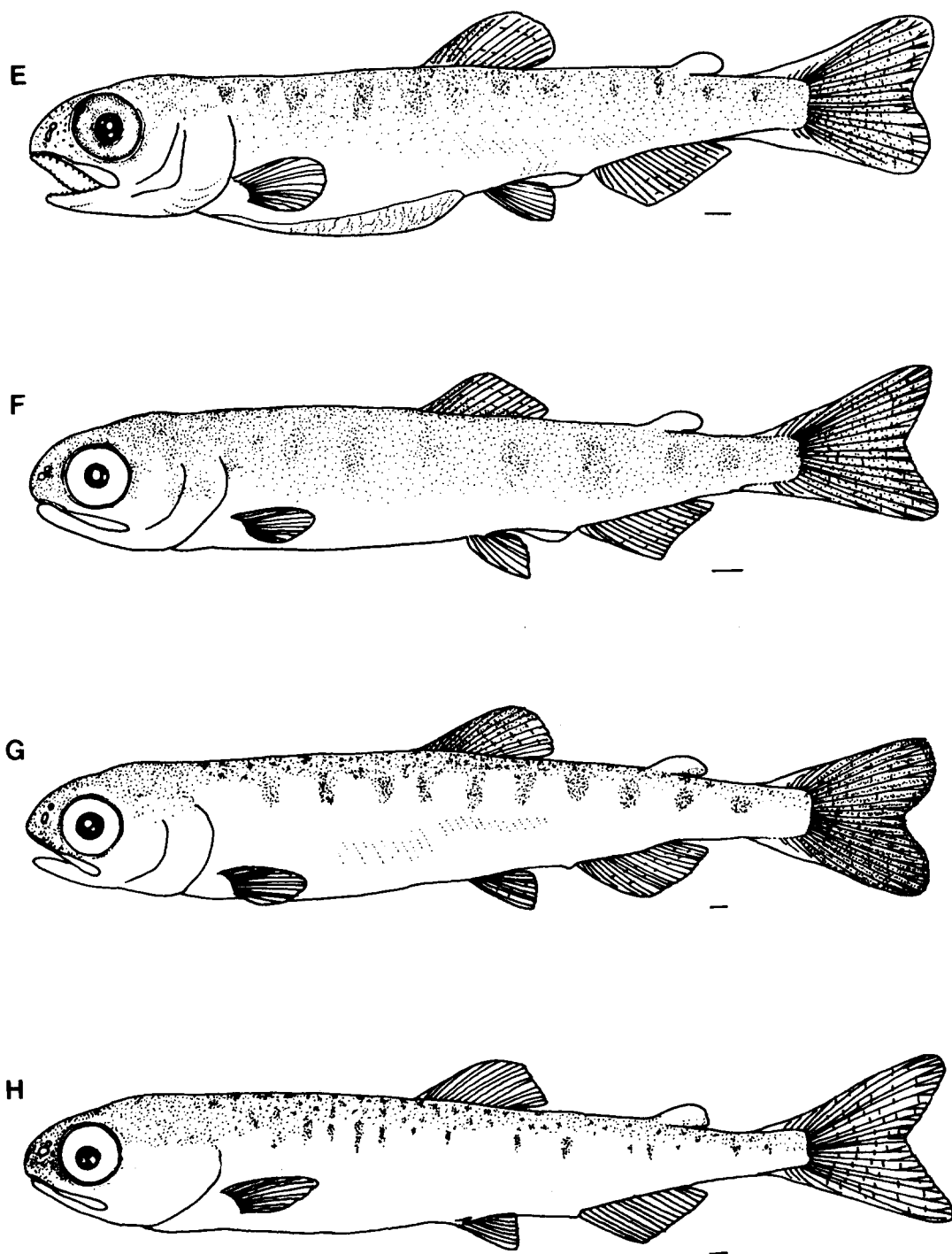


Fig. 4. The fry and smolt of *O. keta*.

E. 30days 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. 87DAH, 5.20mm in total length. scale bar: 1mm.

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 parr무늬가 희미하게 윤곽을 들어낸다(Fig. 4, 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, 기름, 가슴, 배, 뒷지느러미에는 흑색소포가 없다. 항문 바로 앞에 막지느러미가 흔적으로 남아 있으며 체측에는 7~11개의 parr무늬가 나타난다(Fig. 4, F).

부화후 56일경 전장 3.48~4.27cm 범위의 연어 치어는 뺨과 두부의 아래부분, 몸의 등쪽을 제외한 전체가 은색 광택을 띠며 presmolt기에 들어가며, 이때의 10개 전후의 parr무늬는 체측의 등쪽에 막대기형으로 존재한다. 주둥이에도 흑색소포가 밀집하며, 두정부에서 꼬리까지의 등쪽은 황록색을 띠며 희색이며 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 parr무늬가 거의 가려져 보이지 않는 개체(smolt)도 다수 나타난다(Fig. 4, G).

부화후 3개월이 지나면 평균 전장이  $5.67 \pm 0.53\text{cm}$  ( $n=60$ )로 자라고, 연어치어는 체측의 parr무늬가 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 담수생활기인 전단계에서는 나타나지 않았는데, smolt로 바뀌어 해수로 들어간 시기에 생각되는 이 단계에 최초로 나타나기 시작한다(Fig. 4, H). 이 피질돌기는 점차 커져서 5월(전장 7~8cm)이 되면 거의 배지느러미 기부길이 만큼 성장하며 전장이 10cm 이상으로 자라면 거의 성어의 피질돌기 크기로 자란다.

### 3. 성장에 따른 체형변화

부화후 연어 자어의 성장은 Fig. 3, 4에 나타난 바와 같이 성장함에 따라 급격한 형태변화는 나타나지 않으나, 난황흡수, 부상 및 스몰트화(smoltification)의 일련의 변태과정을 겪는다. 즉, 난황을 흡수하고 부상을 시작하는 시기와 부상후 먹이를 먹고 smolt화하기 시작하는 시기에서 성장의 변곡점이 나타났다(Fig. 5).

부화자어의 평균전장은  $2.27 \pm 0.19\text{cm}$  ( $n=61$ )이었으나 난황을 가지고 있는 alevin시기에는 비교적 빠른 길이성장을 나타내어 부화후 약 30일만에 평균전장  $3.05 \pm 0.17\text{cm}$  ( $n=38$ )로 성장하게 된다. 부상직전에 지느러미가 완성되고 난황을 대부분 흡수하게 되며 부화 60일 후까지 약 30일간은 성장속도가 매우 느려진다.

부화후 20일경 전장이 2.65~3.23cm일때 체측에 7~8개의 parr무늬가 나타나 smolt가 되기까지 8~11개로 증가하였다.

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

그 후 smolt가 된 연어 치어는 성장이 빨라져 해수 사육결과 부화후 90일경에는 평균 전장이 5.



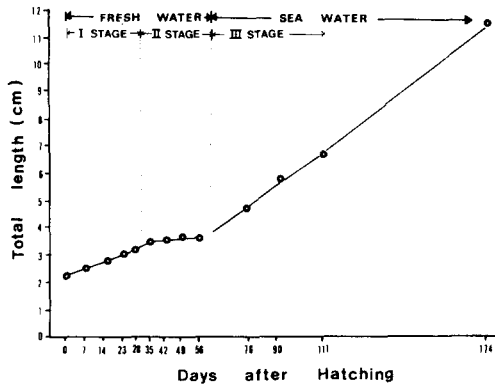


Fig. 5. Growth of alevin, fry and smolt of *Onchorynchus keta* in aquarium.

67±0.53cm(n=10), 180일경에는 9.88~13.41cm(평균 11.88±0.95cm)로 성장하였다. 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 3~4cm범위).

3단계 : 평균전장 4cm전후의 presmolt단계로 들어간 후, 빠른 성장을 보이는 단계.

각 단계에 있어서의 전장(TL)에 대한 두장(HL), 안경(ED), 주둥이 길이(SnL), 항문체장(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(DE), 주둥이 길이(SnL)에 대한 비성장률 Huxley의 상대성장식으로 검토한 결과는 Table 1에 나타내었다.

전장-두장 : 전장과 두장간의 상대성장식에서는 단계별 상대성장계수 k값이 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 k값이 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 k값을 각각 2.2126, 2.1789로서 전장의 성장에 비하여 주둥이의 성장은 매우 빠른 경향을 나타내었으며, stage III에서도 1.0786(p<0.05)로서 전장의 성장에 비해서는 빠른 성장을 나타내었다.

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=0.9296, p>0.05)을 하였고 stage III에선 k값이 1.1157로 전장보다 빠른 성장을 나타내었다.

전장-몸통길이(TR) : 몸통길이의 성장은 항문체장의 성장과 비슷한 경향을 나타내 stage I에선 0.5969(p<0.05)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.

Table 1. Growth inflection of body parts in *Oncorhynchus keta*. The single astrisk indicated that the difference is significant at the 5% level, and the double one indicated a significant difference at the 1%

	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
TI - 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	1.7325	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-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 1.6409로 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 흡수할때까지의 stage I에서는 전장의 성장에 비하여 두

장, 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.

## 고 찰

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).

연어의 알은 평균 직경이 7.2mm로 경골어류 중 비교적 큰 알을 낳는 도루묵의 3.1~3.4mm(明 등, 1989), 뚝지의 2.28~2.36mm(金 등, 1987), 노래미의 1.92~2.14mm(金·明, 1983)에 비하여 훨씬 컸다. 그러나 대부분 큰 알을 가지는 종들은 침성 점착란으로 강한 점착력을 가지고 바닥 암초나 해조류에 붙어 덩어리를 이루지만 연어의 알은 분리 침성란으로 알에 부착력이 없기 때문에 각각 분리되어 있는 점이 달랐다.

연어류의 난발생에 미치는 환경요인 중 수온은 부화까지의 소요 시간과 부화율에 큰 영향을 미치며(Alderdice *et al.*, 1978; Heggberget *et al.*, 1984), 연어는 개체나 집단에 따라 400~600℃범위의 넓은 적산온도를 갖는데(Groot and Margolis, 1991) 본 실험에서는 480℃에서 부화가 시작되어 531℃에서 완료하였다. 이 결과는 같은 연어속 어류인 곱사연어의 100~162℃(Groot and Margolis, 1991) 무지개송어의 300℃전후(韓國송어養殖協議會, 1990)보다는 길었고 *O. nerka* (Velsen, 1980), *O. tshawytscha* (Alderdice and Velsen, 1978), 은연어(海洋研究所, 1990)와는 비슷하였다.

연어의 부화 직후 자어는 전장이 1.80~2.56cm범위로 쥐노래미, 노래미, 도루묵, 미거지, 뚝지등 비교적 큰 알을 가진 경골어류의 부화 자어 크기가 0.5~1.1cm 범위인 것에 비하여 매우 컸으며, 같은 속 어류인 무지개송어의 평균 1.42cm(韓國海洋研究所, 1990) 및 산천어의 평균 1.62cm(韓國海洋研究所, 1990) 보다도 컸다. 연어의 산란장이 바닥에 자갈이 깔리고 물의 흐름이 있는 하천의 중, 상류인 점을 감안한다면 이처럼 커다란 부화 자어는 큰 난황을 갖고 운동력이 거의 없는 자어가 스스로의 힘으로 부상하여 유영할 수 있을때까지 바닥에 머물기에 적합한 것으로 생각되어졌다. 이처럼 큰 크기나 부화 직후 바닥에 누워있는 점을 제외하면 연어의 부화자어가 몸 길이의 거의 50%에 이르는 큰 난황을 갖고 있고 각 지느러미가 막지느러미 상태로 되어 있는 점 등은 크기가 수 mm 밖에 되지 않는 많은 경골어류의 자어와 거의 유사한 특징을 지니고 있었다.

연어는 부화한 후 약 30일간의 바닥 생활을 끝내고 부상을 하기 시작하는데 이 무렵 체측에 나타나는 막대 모양의 parr무늬는 곱사연어를 제외한 연어속 어류의 하천 생활기에 나타나는 특징이고 그 형태나 수는 이들 어류의 종 분류에 중요한 분류형질이다(Hikita, 1962). 연어 치어의 parr무늬는 8~11개로 가늘고 체측의 등쪽에 치우쳐져 있어 긴 타원형의 무늬가 6~9개인 산천어나 7개 전후의 무지개송어(Hikita, 1969; 韓國海洋研究所, 1990)와는 그 수나 형태로 구분이 가능하다.

연어는 담수 생활기가 부화후 약 3개월로서 담수에서 1~2년동안 머무르는 왕연어, 은연어(Groot and Margolis, 1991)에 비하여 짧고 따라서 부화 60일 후 전장이 3~4cm인 범위에서 부상(swim-up)완료와 함께 스몰트로 바뀌기 시작하였다. 연어는 이 시기를 전후로 주둥이, 체고 등의 전장에 대한 비성장 속도가 빨라지는 등의 체형 변화가 수반되어 자어기, 부상기, 스몰트기의 3단계

로 나눌 수 있었다. 이 중 연어의 부상기는 난황을 흡수하고 바닥에서 표층으로 떠 오르는 과정에서 성장 속도와 체형의 변화를 수반하는 점 등을 미루어 보아(Fig. 5, Table 1) 일반 경골어류의 자어기에서 치어기로 전환하는 변태기(渡部·服部, 1971; 沖山, 1979 a, b; Kohno *et al.*, 1983)와 일치한다고 생각되었다.

연어는 smolt가 되어 바다로 내려가면 연안 생활에 적응한 후 연안을 따라 이동하기 시작하는데(Sano, 1951, 1954; Irie, 1985 a, b), 이 시기의 크기는 전장 8cm 전후로 본 실험의 Ⅲ 단계에 해당하였다.

극지송어류(Coregonidae)와 연어송어류(Salmonidae)를 포함하는 연어형 어류는 경골어류 중에서 가장 큰 알과 부화 자어를 갖고 있으며 기름지느러미를 가지고 있는 것 이외에 생활사가 다양하고 주요 산업종인데 비하여 초기 형태발달이나 그 형태를 기초로 한 계통 분류학적인 연구는 아직 미진한 실정이다(Amer. Soc. Ichth. Herps. Spec. Publ. 1, 1983). 이들 무리의 생리, 생태적 특징을 파악하여 초기생활사를 이해하는 동시에 계통분류학적, 진화학적인 관계를 규명하기 위하여 초기 발달사에 대한 비교 연구가 필요하리라 생각되었다.

## 인용문헌

- Alderdice, D. F., and F. P. J. Velsen. 1978. Relation between temperature and incubation time for eggs of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). J. Fish. Res. Bd. Can. 35 : 69~75.
- 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. Can. 15(2) : 229~249.
- Amer. Soc. Ichth. Herps. Spec. Publ. 1. 1983. Ontogeny and systematics of fishes ; based on an international symposium dedicated to the memory of Elbert Halvor Ahlstrom. p.760. Allen Press. Lawrence.
- 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.
- 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.
- Groot, C. and L. Margolis. 1991. Pacific Salmon Histories. p.564. UBS Press. Vancouver.
- 韓國海洋研究所. 1990. 연어·송어類 養殖技術開發에 관한 研究(Ⅲ). 海洋研究報告. BSPGOO114~319~3. 29 3p. 서울.
- 韓國송어養殖協會會. 1990. 韓國송어養殖二十五周年記念集. p.243. 美成社. 강릉.
- 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. 25 : 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).
- Heggberget, T. G., and J. D. Wallace. 1984. Incubation of the eggs of Atlantic salmon, *Salmo*

- salar*, at low temperatures. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 41 : 389~391.
- 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. Jap. 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.
- Irie, T. 1985a. Occurrence and distribution of offshore migration Juvenile chum salmon along the Pacific coast of northern Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 51(5) : 749~754.
- . 1985b. The origins and migration routes of offshore migration juvenile chum salmon along the Pacific coast of northern Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 51(7) : 1103~1107.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 727p. 一志社, 서울.
- 鄭汝朝. 1972. 연어·송어·송어·송어·송어에 관한 研修報告書. 404p. 水産廳.
- 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. Jap. Soc. Sci. Fish. 48(11) : 1537~1544.
- Kanno, U., 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)
- 金甲泰·金鍾斗·朱泰根. 1967. 韓國 東海岸의 연어(해) 遡上動態와 人工孵化 放流에 관한 試驗·水振淡水養殖試驗 事業報告(1964, 1965, 1966종합) : 6~16.
- 金甲泰·朱光淵. 1968. 연어(해) 人工孵化 및 標識放流. 水振淡水養殖 事業報告. 3 : 18~39.
- 金容億·明正求. 1983. 노래미의 卵發生과 孵化仔魚. 韓水誌 16(4) : 395~400.
- 金容億·朴洋成·明正求. 1987. 뚝지의 卵發生과 친어仔稚魚. 韓水誌 20(2) : 157~165.
- 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.
- Kohno, H., Taki, Y., Ogasawara, Y., Shiroja, Y., Taketomi, M. and M., Inoue. 1983. Development of swimming and feeding functions in larval *Pagrus major*. Japan J. Ichthyol., 30(1), 47~60.
- 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.
- 明正求·金鍾萬·金容億. 1989. 實驗室에서 飼育한 도루묵의 卵發生 및 仔稚魚의 形態. 韓水誌 22(3) : 129~137.
- 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.
- 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.
- 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.

- 沖山宗雄. 1979a. 稚魚分類學入門 ① 稚魚の定義と型分け. 海洋と生物 1, 1(1) : 54~59.
- . 1979b. 稚魚分類學入門 ② 幼期形態の読みかた. 海洋と生物 2, 1(2) : 53~59.
- 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.
- Shimizu, I. 1984. Characteristics of water supplies in salmon hatcheries of Hokkaido. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Hatch. 38 : 57~77.
- Soin, S. G. 1980. Types of development of salmoniform fishes and their taxonomic importance. Japan. J. Ichthyol., 20(1) : 49~56.
- 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.
- . 1973. 大韓民國의 연어孵化場調査報告 : 10~103.
- 渡部泰輔 · 服部茂昌. 1971. 魚類の發育段階の形態的區分とそれらの生態的特徴. さかな, 7 : 54~59.
- Velsen, F. P. J. 1980. Embryonic development in eggs of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 49 : 19p.
- Yamada, J. 1971. A fine structural aspect of the development of scales in the chum salmon fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 37(1) : 18~29.

**Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces : Salmonidae)  
in Korea - I Egg development and morphology of alevin,  
fry and smolt of chum salmon, *Oncorhynchus keta*.**

Jung-Goo Myoung and Yong Uk Kim\*

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

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

In December of 1989 and 1990, matured adults of chum salmon were collected from Namdae-chun River in Yangyang-gun, Kangwon-do, Korea.

Artificial insemination was made at captured locations. The fertilized eggs were hatched in trough incubators and the larvae were reared in laboratories of the Yangyang Fisheries Institute and the Korea Ocean Research and Development Institute.

The fertilized eggs of this species were demersal and separated, and red in color with mean diameter of 7.2mm. The hatching took place from 480 to 531 degree(°C) days after fertilization.

The newly hatched alevins were 1.80 to 2.56cm in total length with big yolk and lied on the bottom. In 35 days after hatching, the alevin attained  $3.56 \pm 0.12$ cm in total length, and absorbed the yolk completely to become fry with 7 to 11 parr marks on the body. In 3 months after hatching, and the fries became smolt with silvery scales having 5.67-6.53cm in total length.

The early larval developments of chum salmon could be divided into three stages according to the changes in body shapes and length: larval stage before swim up, swim up stage and smolt stage. The growth of snout, trunk and body height to total length were faster than other body parts in swim up stage.