

## 연어, *Oncorhynchus keta* 전기자어의 난황흡수 및 초기성장

장창익 · 손명호\* · 성기백\*\* · 박인석\*  
부산수산대학교 수산과학대학 해양생산관리학과  
\*군산대학교 자연과학대학 해양자원육성학과  
\*\*국립수산진흥원 양양내수면연구소

### Yolk absorption and growth of chum salmon, *Oncorhynchus keta* alevin

Chang Ik ZHANG, Myoung Ho SOHN\*, Ki Baik SEONG\*\* and In-Seok PARK\*

Department of Marine Production Management, College of Fisheries Sciences,  
National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

\*Department of Marine Living Resources, College of Natural Sciences,  
Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

\*\*Yangyang Inland Fisheries Research Laboratory, NFRDA, Yangyang 218-820, Korea

The process of yolk absorption and the growth pattern of chum salmon, *Oncorhynchus keta* alevin were studied. Matured males and females of chum salmon were sampled from the Namdaechun River in the east coast of Korea, and then an artificial fertilization was carried out using their eggs and sperms. Fertilized eggs were incubated in controlled water temperature of 13°C and samples of 40 alevins were randomly taken at just hatching and at every three days between 12 days after hatching and yolk absorption. The means of total length and total weight of hatched alevins were respectively 1.97cm and 1.85g, and the yolk absorption took about 33 days after hatching, based on the morphological measurement. Growth curves of total length, total weight and somatic weight were fitted well with the Gompertz growth model. However, the shrinking in yolk-sac length, yolk-sac weight, yolk-sac height and yolk-sac volume revealed a linear phenomenon until the absorption of yolk was completed. The relative growth of chum salmon alevin, such as the relationship between total length and total weight, or between total weight and yolk-sac weight, was also studied.

**Key words :** *Oncorhynchus keta*, yolk absorption, growth curves, Gompertz growth model, relative growth

### 서 론

연어(*Oncorhynchus keta*, chum salmon 또는 dog salmon)는 연어과(Salmonidae) 연어속(*Oncorhynchus*)에 속하는 모천회귀성을 가지는 냉수성 어류로 북위 40° 이북의 북태평양 및 북극해와 이 해양으로 유입되는 하천에 널리 분포하고 있으며, 우리나라의 동해안으로도 회귀하여 오는 어류이다(Dymond and Vladykov, 1934; Chyung, 1977).

일반적으로 연어는 체장 100cm, 체중 20kg에 이르는 체형이 비교적 큰 어류로서 주요 수산국인 미국, 일본, 캐나다 등에서는 중요한 수산자원으로 취급하여 많은 관심을 가지고 오래 전부터 연구되어 오고 있는 어종이다(Bardach et al., 1972). 우리나라에서도 1970년대부터 연어류의 산업적인 중요성을 인식하여 동해안 연안어업자원 조성을 목적으로 정부차원에서 연어의 성숙난을 채취·인공수정, 부화시켜 치어방류사업을 대대적으로 실시하고 있으며 국가적인 관심이 고

조되고 있는 실정이다(Lim, 1990).

연어의 초기생활사에 관한 연구를 보면 수정부터 부화시까지의 적산수온에 기인된 부화일수에 관한 연구나 부상기 이후에서 치어시까지의 성장율이나 사망율에 관련된 연구는 많지만(Myoung and Kim, 1993) 부화 직후부터 난황흡수가 완료되는 부상기까지의 성장이나 사망과 관련된 연구는 미흡한 실정에 있다.

연어를 대상으로 한 전기자어기 및 후기자어기 이후의 초기 성장에 관한 연구를 살펴보면, 국외의 경우 미차체장(fork length)이 3cm~9cm의 개체들을 대상으로 체중과 체부위 길이와의 상관관계에 관한 연구(Kaeriyama and Bunya, 1982), 체장 2cm~4cm의 개체들을 대상으로 안경(eye diameter)과 두장(head length)과의 상관관계에 관한 연구(Kanno and Hamai, 1969)가 이루어진 바 있다. 국내의 경우, Myoung and Kim(1993)이 난내발생과정, 성장에 따른 형태변화 및 성장에 따른 체형변화를 연구한 것이 유일한 연구이다.

본 연구는 연어 전기자어의 부상기까지의 상세한 초기 성장에 관한 연구가 미흡한 점을 고려하여 국내에서 산업적으로 중요한 연어의 전기자어를 대상으로 부화기부터 부상기까지의 난황흡수과정과 난황의 형태변화를 조사하였으며, 여러 형질의 부화일수에 따른 상대성장, 형질간의 상대성장을 조사하여 차후 연어의 인공방류 및 양식사업에서의 기초자료로 사용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

1991년 11월 한국 동해안의 강원도 양양군 남대천(Fig. 1)으로 산란을 위하여 모친회귀하는 소하성 연어, *O. keta*의 성어 암컷 3마리와 수컷 7마리를 채집하여 연어의 난황흡수 과정 및 초기성장 연구용 친어로 사용하였다. 친어의 평균체장은 암·수 각각 62.7cm(SD=1.67), 58.9cm(SD=1.27)이었다. 채집된 친어로부터 알과 정자를 채취한 후 인공수정을 통하여 수정란을 아트킨스식 부화기로 부화시켰으며 부화 이후부터는 초기사육조에서 사육하였다. 수정 후부터 실험완료일인 부화 후 33일까지 사육수조의 수온은  $13 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지시켰다. 연어의 부화 직후와 부화 후



Fig. 1. Map showing the sampling site of chum salmon, *O. keta*(closed circle) in this study.

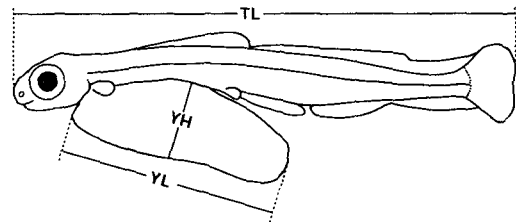


Fig. 2. Scheme of measurements for chum salmon, *O. keta* alevin. TL, total length; YH, yolk height; YL, yolk length.

12일, 15일, 18일, 21일, 24일, 27일, 30일 및 부화후 33일에 무작위로 각각 40마리씩의 연어자어를 표본하여 연구에 사용하였다.

무작위로 선별된 표본은 즉시 냉장 보관하였으며 각 개체를 대상으로 버니어 캘리퍼(vernier caliper)로 Fig. 2와 같이 전장(total length: TL)은 cm 단위로, 난황장(yolk length: YL) 및 난황고(yolk height: YH)는 mm 단위로 측정하였다. 난황부피(yolk volume: YV)는  $YV = (\pi/6) \times YL \times YH^2$  (Blaxter and Hempel, 1963)의 공식에 의해 계산하였다. 표본은 난황중의 측정을 용이하게 하기 위하여 중성포르말린으로 고정 후 전자저울(A & D Co., Japan)을 사용하여 전중(total weight: TW)은 g 단위로 측정하였으며 난황중(yolk weight: YW)은 고정된 표본에서 난황만을 적출하여 g 단위로 측정하였다. 체세포중량(somatic weight: SW)은  $SW = TW - YW$ 의 관계식에 의해 계산하였다.

부화 후 경과된 일수에 따른 연어의 초기성장 형태를 알아보기 위하여 각 부화 후 경과일수 별 평균 전장과 평균 전중, 평균 체세포중량을 구하여 성장식으로 나타내었다. 또한, 부화 후 경과일수별 평균 난황장, 평균 난황중, 평균 난황고 및 평균 난황부피를 구하여 난황의 흡수과정을 수식으로 나타내었다. 체장과 체중의 성장을 나타내는 모델로는 어류의 초기성장을 표현하는데 일반적으로 사용되는 Gompertz 성장식 (Zhang, 1991)을 적용하였다. Gompertz 성장식은

$$S_t = S_{\infty} e^{-\ln\left(\frac{S_{\infty}}{S_0}\right) \cdot e^{-Kt}}$$

여기서,  $S_t$ 는 시간  $t$ 에서의 체장(혹은 체중)

$S_{\infty}$ 는 이론적 최대체장(혹은 체중)

$S_0$ 는 시간  $t$ 가 0일 때의 이론적인 체장(혹은 체중)

$K$ 는 성장계수이다.

Gompertz 성장식의 파라미터인  $S_{\infty}$ ,  $S_0$  및  $K$ 의 추정에는 Kim and Zhang (1994)의 방법을 참조하였다. 또한, 전장의 성장에 따르는 전중 및 체세포중량의 상대성장 상태를 알아보기 위하여 전장-전중 및 전장-체세포중량의 관계식을 구하였다. 전장(TL)에 대한 중량(W)의 관계식으로는  $W = aL^b$ 식을 사용하였으며 파라미터  $a$ ,  $b$ 를 추정하기 위하여 양변에 자연대수를 취하여 아래와 같이 선형화하였다.

$$\ln W = \ln a + b \ln TL$$

부화 이후 일수가 경과하면서 어체의 길이와 무게가 성장함에 따라 난황이 흡수되는 형태를 알아보기 위하여 전장-난황장, 전중-난황중, 전장-난황고, 전장-난황부피의 관계식을 구하였다. 또한, 부화 후 난황이 흡수되면서 난황의 외부형태와 무게가 변해가는 경향을 알아보기 위하여 난황장-난황고와 난황장-난황중, 난황고-난황중, 난황중-난황부피 등의 관계를 구하였다.

## 결 과

### 1. 전기자어의 전장, 체중 및 체세포 중량의 성장

부화 직후, 그리고 부화 후 12일부터 부화 후 33일 까지 3일 간격으로 측정된 전기자어의 전장과 전중의 평균치와 표준편차는 Table 1과 같으며 이들의 부화 후 15일, 18일, 21일, 24일, 27일 및 33일이 경과된 시점에서의 외부형태는 Fig. 3과 같다.

부화 직후 전기자어의 평균 전장은 1.97cm이었으나 부화 후 12일에는 2.00cm, 15일에는 2.11cm, 24일에는 2.61cm로 급격한 성장을 보이다가 30일부터는 성장이 완만하여 33일에는 평균전장이 2.97cm였다. 경과일수에 따르는 연어의 전장의 성장식은  $TL = 3.0e^{-1.0939 \cdot e^{-0.1028t}}$  ( $r^2 = 0.7104$ )로 Gompertz 모델에 유의하게 ( $P < 0.05$ ) 적합되었다(Fig. 4). 평균 전중 역시 전장 성장과 유사한 형태를 보여 부화 직후에는 평균 체중이 1.85g이었으나 부화 후 33일에는 2.78g으로 성장을 하

Table 1. Morphometric measurements of means of total length (TL) and total weight (TW) of chum salmon, *O. keta* from hatching to 33days after hatching

Days after hatching	TL (cm)		TW (g)	
	MEAN	SD	MEAN	SD
0	1.9695	0.0128	1.8500	0.0160
12	1.9983	0.0238	1.9020	0.0150
15	2.1088	0.0093	2.0090	0.0120
18	2.2485	0.0099	2.1600	0.0130
21	2.4203	0.0088	2.2490	0.0150
24	2.6110	0.0092	2.4310	0.0230
27	2.7200	0.0140	2.5390	0.0320
30	2.8885	0.0153	2.6990	0.0460
33	2.9678	0.0181	2.7770	0.0500

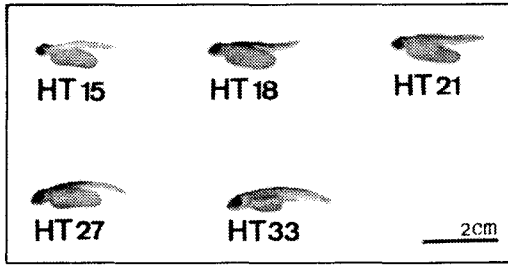


Fig. 3. External morphology of chum salmon, *O. keta* alevin at 15days(HT15), 18days(HT18), 21days(HT21), 27days(HT27) and 33 days(HT33) after hatching.

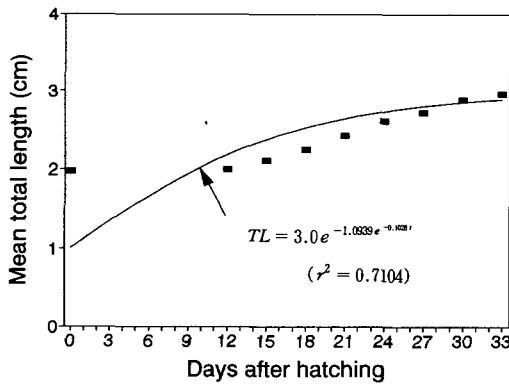


Fig. 4. Growth curve in total length of chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

였으며 Gompertz 모델에 유의하게( $P < 0.05$ ) 적합되어 성장식은  $TW = 2.8e^{-1.1002 \cdot e^{-0.1058t}}$  ( $r^2 = 0.6892$ )로 나타났다(Fig. 5A). 평균 체세포중량은 경과일수에 따라 전장이나 전중의 성장에 비하여 보다 급격한 증가를 보여 부화 직후 0.11g이었던 것이 부화 후 33일에는 1.90g으로 크게 증가하였으며 체세포중량의 성장식도 Gompertz 모델에 유의하게( $P < 0.05$ ) 적합되어  $SW = 1.9e^{-10.3656 \cdot e^{-0.1826t}}$  ( $r^2 = 0.6274$ )로 나타났다(Fig. 5B).

## 2. 전기자어의 난황흡수형태

전기자어의 난황은 부화 후부터 영양원으로 계속 사용되므로 일수가 경과함에 따라 점차 감소하였다(Table 2). Table 2는 부화 직후, 그리고 부화 후 12일부터 33일까지 3일 간격으로 측정된 전기자어의 난황장, 난황고, 난황중, 그리고 계산된 난황부피 및 체세포중량의 평균치와 표준편차를 보여준다. Table 2

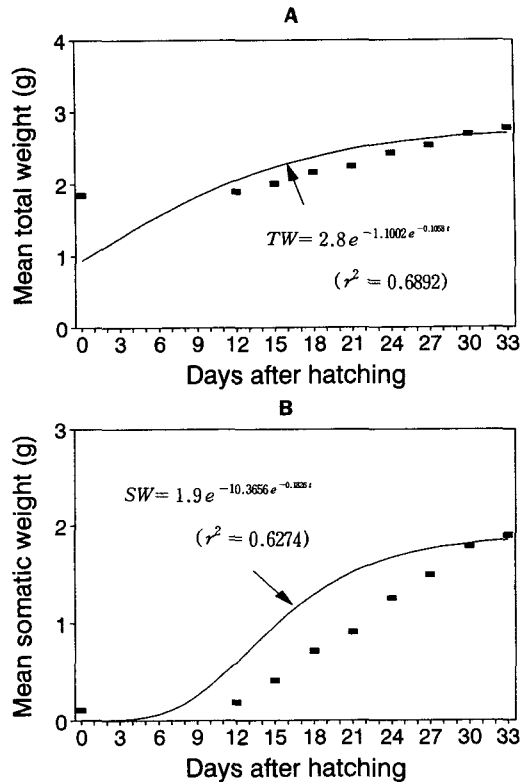


Fig. 5. Growth curves in total weight(A) and somatic weight(B) of chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

에서 보는 바와 같이 부화 후 33일이 경과하면서 난황이 거의 소실되었다.

부화 직후 전기자어의 평균 난황장은 13.9mm이었으며 부화 후 일수가 경과됨에 따라 Fig. 6A에서 보는 바와 같이 직선적으로 감소하였다. 부화 후 33일의 평균 난황장은 9.1mm로 나타났으며 부화 후 난황장의 감소식은 일수( $t$ ) 경과에 따라  $YL = 13.6751 - 0.1263t$  ( $r^2 = 0.9473$ )인 직선식으로 나타났다(Fig. 6A). 평균 난황고에 있어서도 부화 직후에는 4.97mm이었던 평균 난황고는 부화 후 33일에 4.51mm로 감소하였다. 난황고의 감소식은  $YH = 5.3709 - 0.0259t$  ( $r^2 = 0.8889$ )이었으며 일수에 따른 난황장의 감소에 비하여 그 감소경사가 다소 완만하였으나 역시 일수 경과에 따라 선형의 감소경향을 나타내었다(Fig. 6B). 연어 난황자어의 난황장과 난황고의 자료로 계산된 난황부피는 부화 직후에는 180.0mm<sup>3</sup>이었으나 부화 후 33일에는 96.3mm<sup>3</sup>로 나타나 감소식은  $YV = 193.0926 - 2.7175t$  ( $r^2 = 0.9341$ )로 역시 직선식이었다(Fig. 6C). 부

**Table 2. Morphometric measurements of yolk-sac length (YL), yolk-sac height (YH), yolk-sac weight (YW), yolk-sac volume (YV) and somatic weight (SW) of chum salmon, *O. keta* from hatching to 33 days after hatching**

Days after hatching	Measurements									
	YL (mm)		YH (mm)		YW (g)		YV (mm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>		SW (g) <sup>2</sup>	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0	13.9100	0.5234	4.9725	0.0836	1.7420	0.0110	179.9569	3.9974	0.1080	0.0070
12	12.0250	0.4170	5.1975	0.0758	1.7120	0.0240	169.9956	2.7602	0.1090	0.0100
15	11.2375	0.3540	5.2225	0.0821	1.5980	0.0250	160.2882	1.4730	0.4120	0.0140
18	11.4700	0.4232	5.0025	0.0821	1.4490	0.0190	150.0867	1.9798	0.7110	0.0080
21	10.8825	0.3853	4.9100	0.0831	1.3400	0.0120	137.1823	1.4392	0.9090	0.0040
24	10.7850	0.3685	4.7875	0.0812	1.1790	0.0100	129.2568	1.1163	1.2520	0.0170
27	10.6325	0.3777	4.5925	0.0755	1.0450	0.0340	117.2596	1.3314	1.4940	0.0070
30	10.3125	0.3919	4.4825	0.0833	0.9100	0.0060	108.3263	0.9287	1.7900	0.0400
33	9.0800	0.3537	4.5050	0.0835	0.8790	0.0060	96.3351	0.6147	1.8970	0.0440

<sup>1</sup>Yolk-sac volume was calculated using the formular  $YV=(\pi/6)\times YL\times YH^2$  (Blaxter and Hemple, 1963)

<sup>2</sup>Somatic weight was calculated using the formular  $SW=TW-YW$

화 후 경과일수에 따른 난황중은 부화 직후에는 1.74 g이었으나 부화 후 33일에는 0.88g으로 감소하여 그 감소식은  $YW=1.9337-0.0308t$  ( $r^2=0.8901$ )로서 직선적인 감소를 나타냈다(Fig. 6D).

### 3. 전기자어의 상대성장

부화 후 전기자어의 전장의 성장에 따른 전중과 체세포중량의 상대성장을 알아 보았다. 전장과 전중간의 상대성장식은  $TW=0.9807TL^{0.9529}$  ( $r^2=0.9961$ )의 비선형 곡선을 나타내었다 (Fig. 7A). 그러나 지수 b의 값이 거의 1에 가까운 0.95를 나타내어 거의 직선의 형태에 가까웠다. 부화 후 전기자어의 전장과 체세포중량간의 상대성장식은  $SW=0.003TL^{6.1780}$  ( $r^2=0.8953$ )이었는데 지수 b의 값이 전장과 전중간의 상대성장식에서와는 달리 6이 넘어서 지수곡선의 성장형태를 보였다.

### 4. 어체의 성장에 따른 난황형태의 변화

전기자어의 부화 후 일수가 경과하면서 어체의 길이가 성장함에 따라 난황장은 거의 직선적인 감소경향을 보였다. 전장과 난황장간의 관계식은  $YL=18.52-3.023TL$  ( $r^2=0.7536$ )로 나타났다(Fig. 8A). 전장이 성장함에 따라 난황고와 난황부피의 감소형태도 역시 직선적인 경향을 보였다. 전장과 난황고간의 관계식

은  $YH=6.6218-0.7260TL$  ( $r^2=0.9694$ )이었다(Fig. 8B). 전장이 성장함에 따르는 난황부피의 감소에서도 전장과 난황장간이나 전장과 난황고간의 관계에서와 마찬가지로 직선적인 역상관관계를 나타내었다. 전장과 난황부피간의 관계식은  $YV=330.9496-78.6659TL$  ( $r^2=0.8900$ )이었다(Fig. 8C). 한편, 어체의 체중이 성장함에 따라 난황중의 감소형태에 있어서도 완벽한 직선적인 감소경향을 보였다. 전중과 난황중간의 관계식은  $YW=3.5494-0.9746TW$  ( $r^2=0.9967$ )로 추정되었다(Fig. 8D).

### 5. 난황의 형태변화

연어자어의 부화 후 난황이 흡수되면서 난황의 외부형태가 상대적으로 변해가는 경향을 알아 보기 위하여 난황장과 난황고의 상대감소 형태를 나타내었다(Fig. 9A). 이들의 상대감소형태는 비선형의 감소관계를 나타내었다. 즉, 감소초기에는 난황장의 감소율이 큰데 비하여 난황고의 감소율은 작게 나타났으나, 감소중기에는 양자의 감소율이 비슷하다가 감소말기에 다시 난황장의 감소율이 더 크게 나타났다. 난황장과 난황중의 상대감소형태도 난황장과 난황고의 형태와 비슷한 비선형 감소관계를 보였다(Fig. 9B). 즉, 감소초기와 감소말기에는 난황장은 많이 줄어들었음에도 난황중은 별 변화가 없었으나 감소중기에는 난황장과

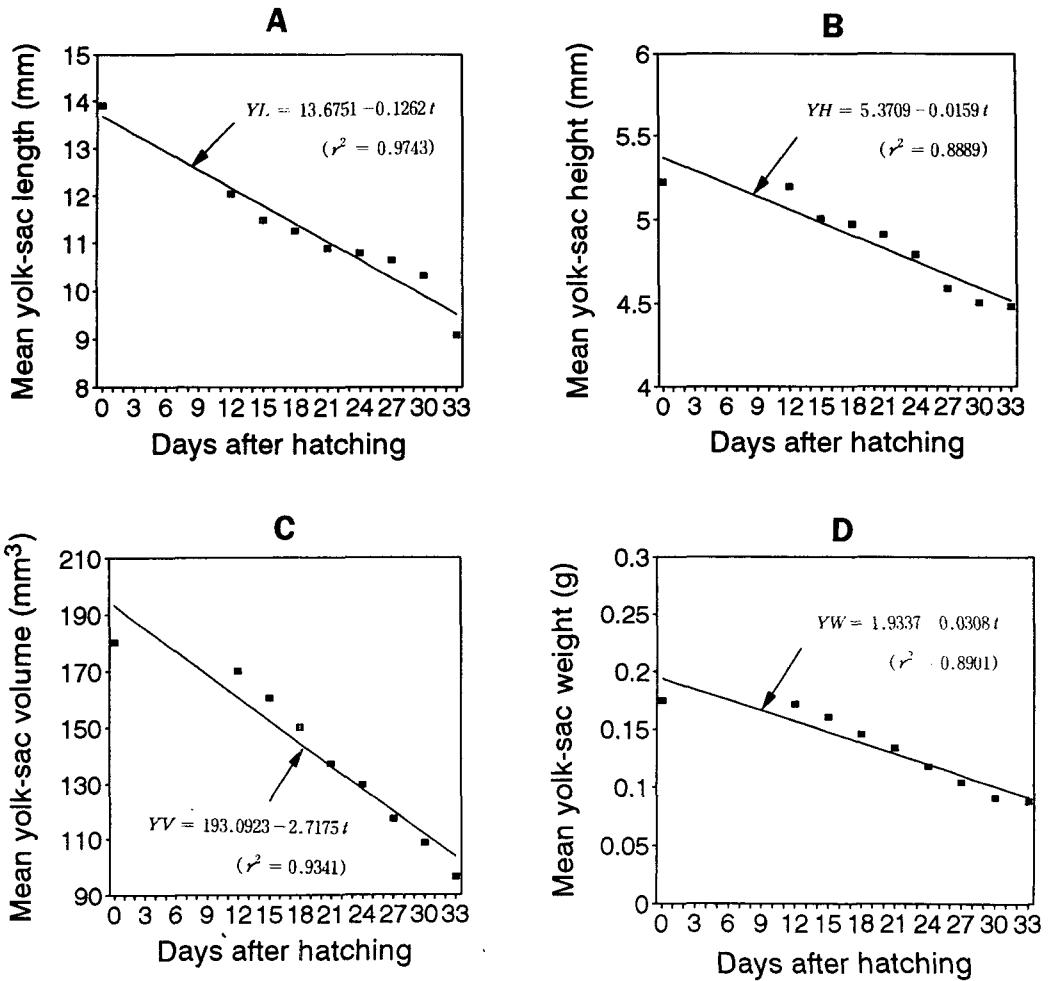


Fig. 6. Changes in yolk-sac length (A), yolk-sac height (B), yolk-sac volume (C), and yolk-sac weight (D) of chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

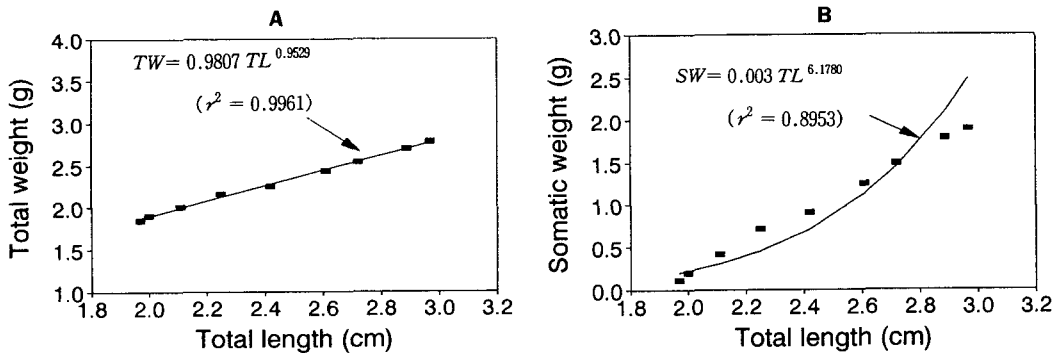


Fig. 7. Relationships between total length and total weight (A), and between total length and somatic weight (B) for chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

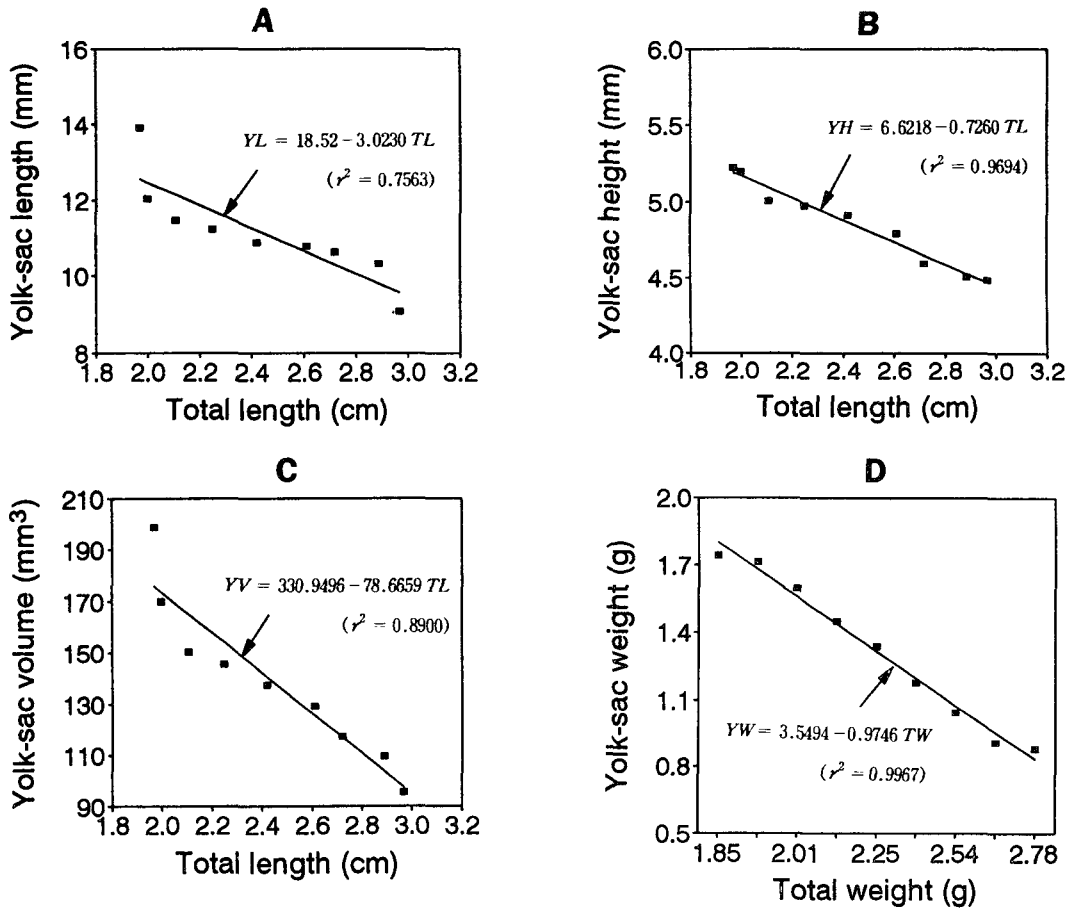


Fig. 8. Relationships between total length and yolk-sac length (A), between total length and yolk-sac height (B), between total length and yolk-sac volume (C), and between total weight and yolk-sac weight (D) for chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

난황중이 비슷한 비율로 줄어들었다. 따라서, 난황고와 난황중의 상대감소 형태를 살펴 본 결과 이들의 형태는 Fig. 9C와 같이 직선적인 감소관계를 보였다 ( $YW = -4.3916 + 1.1794YH$ ,  $r^2 = 0.9795$ ). 즉, 난황의 높이가 감소하는 비율은 난황의 무게가 감소하는 비율과 일치하였다. 한편, 난황중과 난황부피의 상대감소 형태를 살펴 본 결과에서도 Fig. 9D와 같이 이들간에는 거의 직선적인 감소관계를 보였다( $YW = -0.0718 + 0.01YV$ ,  $r^2 = 0.9003$ ). 그러나, 난황고와 난황중간의 관계만큼 명백한 직선을 나타내지는 않았다.

## 고 찰

태평양 연어의 난은 0~16°C의 범위에서 부화가 가능한 것으로 보고된 바 있다(Hokanson et al., 1973; Hayes et al., 1953; Peterson et al., 1977). 대서양 연어, *Salmo salar*인 경우 고온에서 부화된 난황자어는 적정 수온에서 부화된 난황자어보다 그 크기가 작았으며 (Peterson et al., 1977), 연어, *O. keta*에서는 부화수온이 8°C인 경우가 부화수온 4°C 및 12°C에 비해 난의 생존율이 높았을 뿐 만 아니라 난황자어의 크기도 크게 나타났다(Beachman and Murray, 1985). 본 실험에서는 부화 직후 난황자어의 전장이 1.97cm로 Myoung and Kim (1993)의 부화 직후 난황자어의 전장 2.27cm에 비해 다소 낮게 나타났는데 이와 같이 낮은 원인은 본 실험에서 부화에 사용된 사육수온 13°C

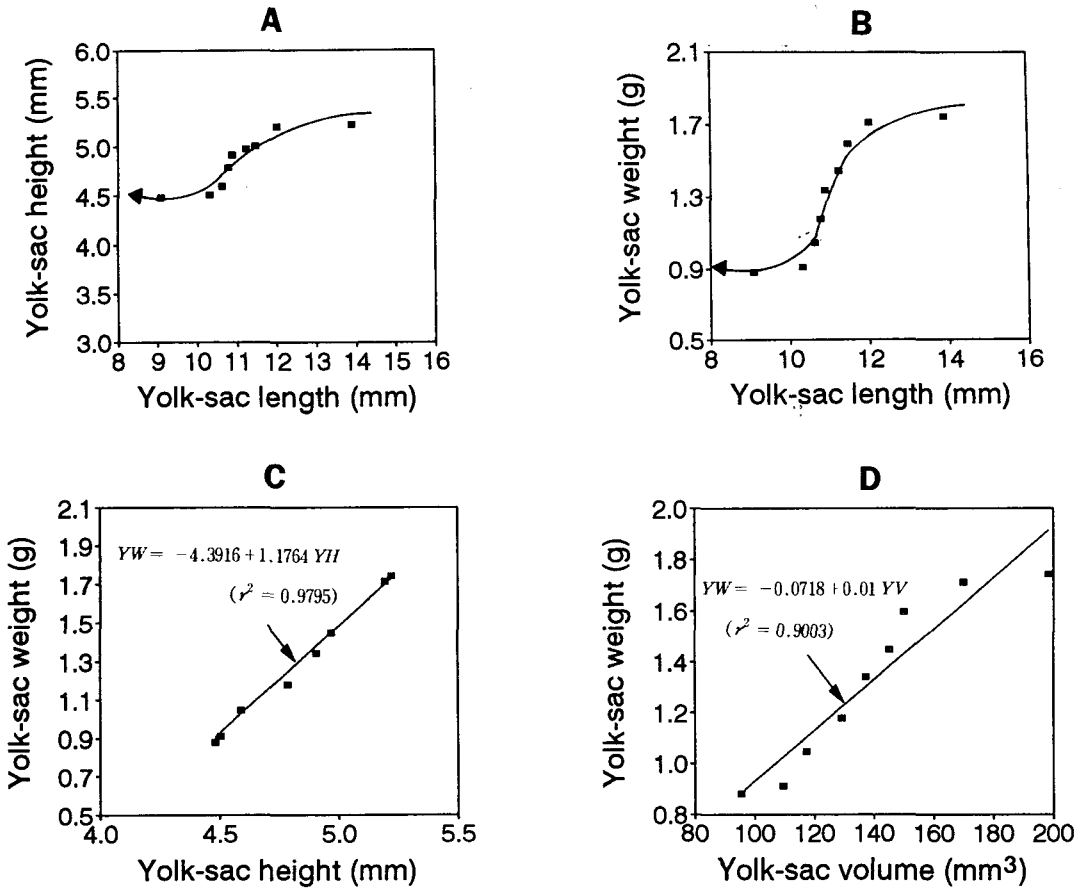


Fig. 9. Relationships between yolk-sac length and yolk-sac height (A), between yolk-sac length and yolk-sac weight (B), between yolk-sac height and yolk-sac weight (C), and between yolk-sac volume and yolk-sac weight (D) for chum salmon alevin from hatching to 33days after hatching.

가 Myoung and Kim (1993)이 사용한 사육수온보다 다소 높은 데 기인된 것으로 생각된다.

부화 후 일수경과에 따른 난황자어의 전장 및 전중, 체세포중량의 성장형태는 S자형의 곡선으로 성숙된 어류의 성장을 일반적으로 나타내는 성장식인 von Bertalanffy의 성장식 보다는 오히려 어류 초기 성장에 주로 사용되는 Gompertz 성장식이 적절하였다(Kim and Zhang, 1994). 성장의 완급을 나타내는 지수인 성장계수 K를 고려시 성장계수의 크기는 체세포중량, 전중, 전장의 순으로 나타났다(Figs. 4, 5). Myoung and Kim (1993)의 보고에 의하면 전장에서 전기자어는 부화 직후 2.27cm, 부화 후 20일 후 2.65~3.23cm로 부화 후 일수 경과에 따라 직선적인 성장을 나타냈

며 부화 후 약 35일부터 56일 사이에는 전장성장이 거의 일어나지 않는 시기로 부상기에 해당한다고 보고하였다. 따라서, 연어의 초기 성장을 완전하게 규명하기 위해서는 부상기에 해당하는 자료를 포함한 부상기 이후의 자료를 사용하여 성장을 연구하는 것이 필요하리라 사료된다.

연어의 초기 성장에 관련된 연구에서 부화된 연어가 며칠만에 난황흡수를 완료하여 부상을 시작하는지에 관한 연구는 아주 제한되어 있으며, 특히 난황흡수 시작부터 난황이 어떠한 형태로 감소되는지를 밝힌 연구는 전무한 실정이다. 부화 후 일수 경과에 따라 난황장은 직선적인 감소를 나타내었으며 감소율은 95%의 높은 결정계수를 보여 주었다(Fig. 6A). 부화 후



일수 경과에 따른 난황고 역시 선형식을 나타내었으나 그 감소경향은 난황장의 감소경향보다 낮게 나타나 연어에서 난황흡수시 난황고보다 난황장의 감소가 현저히 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. 부화 후 33일의 난황장, 난황고는 각각 9.1mm, 4.5mm를 나타내었으며 이 시기부터 부상을 시작하였다. 부화 후 일수 경과에 따른 난황부피는 난황장, 난황고의 결과와 같이 감소를 보이는 직선식을 역시 나타내었으며 감소 추세는 크게 나타났으며 난황무게의 감소경향도 비슷하게 나타났다. 결정계수를 기준으로 보면 일수 경과에 따른 감소형태의 직선식의 적합도는 난황장, 난황부피, 난황중, 난황고의 순서였다(Fig. 6). 이러한 난황의 무게 및 부피에서의 감소메카니즘은 연어의 난황자어는 광활성(photokinesis), 주지성(geotaxis) 및 류류성(rheotaxis)으로 인해 수중자갈사이의 아래쪽으로 이동하여 자체의 난황을 흡수하는 내생적 영양(endogeneous feeding)상태를 나타내며, 난황이 완전히 흡수된 부상자어는 위쪽으로 이동하여 외생적 영양(exogeneous feeding)상태로 전환된다(Dill, 1969; Dill, 1977; Brannon, 1972).

일차원인 길이에 대한 차원(dimension)을 나타내는 전장에 대한 전중의 상대성장 ( $TW=0.0981TL^{0.9259}$ ,  $r^2=0.9961$ )의 지수는 0.9529로 거의 1차원 對 1차원의 관계를 나타내어 연어의 전기자어의 체형이 성어의 3승 관계와는 현저히 차이를 나타내어 준다. 그러나, 전장과 체세포중량간의 상대성장의 지수는 6으로 전장-전중의 경우보다 훨씬 높았다. 이 현상은 연어자어의 전중은 체세포중량의 성장과 동시에 난황중의 감소에 따라 실제 성장량을 잘 나타내지 못하는 반면, 체세포중량은 난황중의 감소에 전혀 영향을 받지 않으므로 실제 성장량을 반영해 주기 때문이다. 결정계수는 거의 100%에 가까운 99.6%로 전장과 전중이 정확하게 일치된 상대성장 형태를 나타내었다. 이 시기를 조금 지난 미차체장 3cm와 9cm사이의 자어는 상대성장지수가 2.930~3.330 이었다는 보고가 있다(Kaeriyam and Bunya, 1982). 그러므로, 초기성장의 시기별 상대성장에 관한 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

어체의 성장에 따르는 난황형태의 변화에서 전장의 성장에 따라 난황장, 난황고, 난황부피는 모두 직선적인 역상관관계를 보였다. 결정계수를 기준으로 한 역

상관도는 난황고, 난황부피, 난황장의 순이었는데 모두 높은 값을 나타내었다. 전중과 난황중의 관계에서는 거의 완벽한 역상관관계를 나타내어 어체의 체중 증가에 비례하여 난황 중량의 감소를 보인 것으로 전기자어에서는 어체 체중증가가 단순히 난황의 내생적 영양에 의존함을 반영한 것이다.

부화 후 일수 경과에 따라 난황장, 난황고 및 난황중은 직선적으로 감소하였으나 이들 간의 상대적 변화에 있어서는 난황장이 감소함에 따라 난황중, 난황고의 상대적인 감소는 비선형으로 나타났다(Figs. 9A, 9B). 그러나, 난황고의 감소에 따라 난황중의 감소는 오히려 직선적으로 나타나 난황의 외형가운데 난황의 높이의 감소율이 난황의 무게의 감소율과 같음을 보여준다(Fig. 9C). 난황부피와 난황중의 상대감소 형태도 역시 직선적인 정비례 감소관계를 나타내었으나 난황고와 난황중간의 관계에 비하면 명백하지 않았는데 이는 난황부피가 난황고와 난황중의 함수이므로 난황고와 난황장의 중간관계에 있기 때문이다.

대서양 연어, *Salmo salar* 부상자어를 다양한 수온에서 사육시 적정수온 범위내에서는 고온일수록 부상자어의 길이성장이 높다는 보고가 있었으며(Peterson et al., 1977) 연어 부상자어의 생존율 조사에서도 수온 8°C에서 생존율이 가장 높게 나타났다는 보고가 있다(Beachman and Murray, 1985). 따라서, 초기 생활단계에서의 어류의 개체군 역학을 이해하기 위해서는 다양한 수온에서의 생존율과 아울러 부상기를 포함한 세부적인 측정항목에 대한 절대성장과 상대성장의 이해, 다양한 수온에서의 난황흡수 완료에 요하는 부화 후 경과 일수 등에 관한 연구가 요구된다.

## 요 약

연어, *Oncorhynchus keta* 전기자어의 부화 직후부터 부상기 이전까지의 난황흡수과정 및 체성장의 형태가 조사되었다. 한국 동해안 남대천에서 채포된 암수 친어로부터 채취한 알과 정자를 사용하여 인공수정을 시켰다. 사육수온은 13°C로 조절되었다. 부화 직후와 부화 후 12일부터 부화 후 33일까지 3일 간격으로 매 회 40마리의 난황자어가 임의로 표본되었다. 부화 직후 난황자어의 평균 전장 및 평균 전중은 각각 1.97

cm, 1.85g이었으며 난황흡수는 부화 후 33일에 거의 이루어졌다. 전장, 전중 및 체세포 중량의 성장곡선은 Gompertz의 성장모델에 잘 적합되었다. 그러나 난황장, 난황중, 난황고 및 난황부피는 난황흡수가 완전히 이루어지기까지 선형의 감소경향을 나타내었다. 아울러 전장과 전중 혹은 전중과 난황중 등의 상관관계를 나타내는 상대성장도 역시 조사되었다.

## 참 고 문 헌

- Bardach, J. E., J. H. Ryther and W. O. McLaren. 1972. Culture of the Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). In *Aquaculture, The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*. Wiley-Interscience, New York, 450~502.
- Beachman, T. D. and C. B. Murray. 1985. Comparative developmental biology of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from the Fraser River, British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 252~262.
- Blaxter, J. H. S. and G. Hempel. 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J. Cons. Perm. Int. Explor., Mer.*, 28, 211~240.
- Brannon, E. L. 1972. Mechanisms controlling migration of sockeye salmon fry. *Int. Pacific Salmon Fish. Comm. Bull.*, 21, 86
- Chyung, M. K. 1977. *The Korean Fishes*. Ilji-Sa, Seoul, 418~420.
- Dill, L. M. 1969. The sub-gravel behaviour of Pacific salmon larvae. In *Symposium on Salmon and Trout in Streams*, T. G. Northcote, ed., H. R. MacMillan Lectures in Fisheries, 1968, University of British Columbia, Vancouver, pp. 89~99.
- Dill, P. A. 1977. Development behaviour in alevins of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*S. gairdneri*). *Animal Behaviour*, 25, 116~121.
- Dymond, J. R. and V. D. Vladkov. 1934. The distribution and relationship of the salmonoid fishes of North America and North Asia. *Proc. Fifth Pac. Sci. Congress (Canada)*, 3741~3750.
- Hayes, F. R., O. Pelluet and E. Gorham. 1953. Some effects of temperature on the embryonic development of the salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.*, 31, 42~51.
- Hokanson, K. E. F., J. H. McCormick, B. R. Jones and J. H. Tucker. 1973. Thermal requirements for maturation, spawning and embryo survival of the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 975~984.
- Kaeriyama, M. and T. Bunya. 1982. Morphological and ecological characteristics of phase development from fry to fingerling in the chum salmon. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1537~1544 (in Japanese with English abstract).
- Kanno, U. and I. Hamai. 1969. On relative growth of chum salmon fry *Oncorhynchus keta* Walbaum. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 20, 75~81 (in Japanese with English abstract).
- Kim, S. and C. I. Zhang. 1994. *Fish Ecology*. Seoul Press, Seoul, 237pp.
- Lim, J. Y. 1990. A study on the production and the effect of sea ranching fingerling of anadromous chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum) in the eastern coast of Korea. MS. Thesis. Nat. Fish. Univ., Pusan, 28pp.
- Myoung, J. G. and Y. U. Kim. 1993. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea-I. Egg development and morphology of alevin, fry and smolt of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. *Korean J. Ichthyol.*, 5 (1), 53~67.
- Peterson, R. H., H. C. E. Spinney and A. Sreedharan. 1977. Development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs and alevins under varied temperature regimes. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 31~43.
- Zhang, C. I. 1991. *Fisheries Resource Ecology*. Woo-Sung Publ. Co., Seoul, 339pp.

1995년 4월 7일 접수

1995년 5월 20일 수리